

Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerija

Aukščiausios kompetencijos specialistų rengimas, moksliniai tyrimai ir eksperimentinė plėtra, mokslui imlaus verslo vystymas lazerių srityje

Galimybių studija

Kompleksinei programai parengti

Lazerių ir šviesos mokslo ir technologijų asociacijos pavedimu

Parengė:

prof., hab.dr. V.Sirutkaitis (Vilniaus Universitetas)

prof., hab.dr. A.Piskarskas (Vilniaus Universitetas)

dr. G.Račiukaitis (Fizikos institutas)

dr. Z.Kuprionis (UAB Ekspla)

Vilnius

2007 m. gegužės mėn.

Turinys

Turinys	2
1. Įžanga	5
2. Esamos būklės apžvalga	8
2.1 Studijų sistemos apžvalga nagrinėjamo sektoriaus požiūriu	8
2.1.1. <i>Institucijos, rengiančios specialistus lazerių mokslui ir lazerinėms technologijoms</i>	8
2.1.2. <i>Specialistų ruošimas VU Fizikos fakultete</i>	9
2.1.3. <i>Lazerinės fizikos ir lazerinės technologijos magistrantų ruošimas VU Fizikos fakultete</i>	12
2.1.4. <i>Doktorantų, lazerių fizikos srityje, ruošimas VU Fizikos fakultete</i>	17
2.1.5. <i>Doktorantų, lazerių ir lazerinių technologijų srityje, ruošimas FI ir PFI Optoelektronikos laboratorijoje</i>	18
2.1.6. <i>Specialistų lazerius naudojančioms įmonėms ruošimas KTU</i>	19
2.1.7. <i>Specialistų ruošimas VGTU kietus lazerinius ir optinius kristalus auginančioms ir apdorojančioms įmonėms</i> ...	20
2.2. Mokslo sistemos apžvalga nagrinėjamo sektoriaus požiūriu	21
2.2.1. <i>Universitetai</i>	21
2.2.1.1. <i>Vilniaus universitetas</i>	21
2.2.1.1.1. <i>Kvantinės elektronikos katedra ir Lazerinių tyrimų centras</i>	21
2.2.1.1.1.1. <i>Fundamentiniai tyrimai lazerių ir lazerinių technologijų srityje VU KEK ir LTC</i>	26
2.2.1.1.1.1.1. <i>Ultraspartusis mokslas ir technologija</i>	26
2.2.1.1.1.1.2. <i>Didelio intensyvumo optika</i>	28
2.2.1.1.1.1.2.1. <i>Didelės vidutinės galios femtosekundiniai lazeriai</i>	28
2.2.1.1.1.1.2.2. <i>Trumpų impulsų stiprinimas naudojant parametrinį stiprinimą</i>	30
2.2.1.1.1.1.2.3. <i>Ekstremali optika ir spektroskopija</i>	31
2.2.1.1.1.1.3. <i>Parametriniai reiškiniai</i>	33
2.2.1.1.1.1.3.1. <i>Netiesinės X bangos – kūginės šviesos kulkos</i>	33
2.2.1.1.1.1.3.2. <i>Keturfotoniniai parametriniai reiškiniai dujose</i>	34
2.2.1.1.1.1.4. <i>Lazerinė nanofotonika</i>	36
2.2.1.1.1.1.4.1. <i>Ultraspartieji fotofizikiniai reiškiniai kristaluose, polimeruose, biomolekulėse, savitvarkiuose ir dirbtiniuose nanodariniuose</i>	37
2.2.1.1.1.1.4.2. <i>Femtosekundinės spektroskopijos metodų vystymas</i>	37
2.2.1.1.1.1.4.3. <i>Naujos kartos optinės mikroskopijos metodai</i>	39
2.2.1.1.1.2. <i>Taikomieji tyrimai VU KEK ir LTC</i>	39
2.2.1.1.1.2.1. <i>Lazerinių technologijų plėtra skaidrių terpių mikroapdirbime</i>	39
2.2.1.1.1.2.2. <i>Ultratrumpųjų impulsų lazerinės sistemos industrijai</i>	42
2.2.1.1.1.2.3. <i>Lazerinių komponentų ir lazerinių sistemų charakterizavimas</i>	44
2.2.1.1.1.3. <i>VU KEK ir LTC mokslinės veiklos produktyvumas per paskutinius 5 metus</i>	45
2.2.1.1.2. <i>Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų institutas</i>	46

2.2.1.2.	<i>Kauno technologijos universitetas</i>	48
2.2.1.2.1.	<i>Lazerinės technologijos makroapdirbime ir prototipavime</i>	48
2.2.1.2.2.	<i>Precizinių optomechaninių mazgų lazerinėms sistemoms kūrimas ir diegimas</i>	49
2.2.1.3.	<i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas</i>	51
2.2.2.	<i>Mokslo institutai</i>	52
2.2.2.1.	<i>Fizikos institutas</i>	52
2.2.2.1.1.	<i>Molekulinių darinių fizikos laboratorija</i>	53
2.2.2.1.2.	<i>Netiesinės optikos ir spektroskopijos laboratorija</i>	55
2.2.2.1.3.	<i>Taikomųjų tyrimų laboratorija</i>	56
2.2.2.1.4.	<i>Taikomieji tyrimai Fizikos institute</i>	57
2.2.2.1.4.1.	<i>Lazeriniai medžiagų apdirbimo būdai</i>	57
2.2.2.1.4.2.	<i>Koherentinės spinduliuotės generavimo ir stiprinimo būdai (su Ekspla)</i>	58
2.2.2.1.4.3.	<i>Lazerinė spektroskopija ir diagnostika (su Ekspla ir PFI)</i>	58
2.2.2.1.4.4.	<i>Nuotolinių atmosferos teršalų detektavimo metodų plėtra</i>	58
2.2.2.1.5.	<i>Fundamentalieji Tyrimai Fizikos institute</i>	59
2.2.2.1.5.1.	<i>Ultrasparčiosios spektroskopijos vystymas FI</i>	59
2.2.2.1.5.2.	<i>Nevienalyčių struktūrų optika ir spektroskopija</i>	61
2.2.2.1.5.3.	<i>Lazerio spinduliuotės sąveika su medžiaga</i>	62
2.2.2.2.	<i>Fizikos instituto mokslininkų ir mokslo darbuotojų skaičius ir amžiaus struktūra</i>	62
2.2.2.3.	<i>Fizikos instituto mokslinės veiklos produktyvumas per paskutinius 5 metus</i>	63
2.2.2.4.	<i>Puslaidininkų fizikos instituto Optoelektronikos laboratorija</i>	64
2.2.2.4.1.	<i>Fundamentiniai ir taikomieji tyrimai terahercinės spinduliuotės generacijos ir registravimo srityje PFI Optoelektronikos laboratorijoje</i>	66
2.3	<i>Verslo vystymo nagrinėjamame sektoriuje apžvalga</i>	68
2.3.1.	<i>Pagrindinės įmonės, gaminančios lazerius, lazerines sistemas ar komponentus joms</i>	68
2.3.2.	<i>Lazerinių įmonių dalyvavimas MTEP veikloje</i>	72
2.3.3.	<i>Lazerinių įmonių verslo pasiekimai</i>	76
2.3.4.	<i>Įmonės, naudojančios lazerius ir lazerines sistemas</i>	79
2.3.5.	<i>Verslo situacija pasaulyje</i>	82
2.3.6.	<i>Lietuvos Lazerių ir šviesos technologijų platforma Fotonika XXI</i>	87
3.	<i>Argumentuoti siūlymai</i>	91
3.1	<i>Ilgalaikis specialistų poreikis ir jo kitimo tendencijos</i>	91
3.2.	<i>Reikalavimai įgyjamai kvalifikacijai (žinioms ir gebėjimams)</i>	93
3.3.	<i>Siūlymai dėl studijų programų tikslų ir turinio pertvarkymo atnaujinimo</i>	93
3.4.	<i>Studijų proceso metodinės ir materialinės bazės pertvarkymas ir atnaujinimas</i>	95
3.5	<i>Dėstytojų ir mokslininkų kompetencijos (mokslinės ir pedagoginės) tobulinimas</i>	96
3.6	<i>Mokslininkų ir kitų tyrėjų poreikis, išskiriant poreikį versle</i>	96
3.7	<i>Specialistų rengimo, kvalifikacijos kėlimo ir stažavimosi užsienyje poreikiai</i>	97

3.8	<i>MTEP tematikų vystymas Lietuvoje bei MTEP programų finansuojamų iš valstybės biudžeto poreikis</i>	99
3.8.1.	<i>Fundamentiniai tyrimai</i>	99
3.8.1.1.	<i>Bendrojo naudojimo lazeriniai kompleksai</i>	99
3.8.1.2.	<i>Nacionalinės aprėpties galinga lazerinė impulsinė sistema „NAGLIS“</i>	101
3.8.1.3.	<i>Fundamentinių tyrimų kryptys</i>	102
3.8.2.	<i>Taikomieji tyrimai</i>	103
3.9.	<i>MTEP infrastruktūros atnaujinimo, sukūrimo ir vystymo poreikio</i>	104
3.10.	<i>Bibliotekų išteklių atnaujinimo, naujų prieigų prie periodinių mokslo leidinių duomenų bazių poreikis</i>	108
3.11.	<i>Integruoto mokslo, studijų ir verslo nagrinėjamoje srityje bendros infrastruktūros poreikis</i>	108
3.12.	<i>Organizacinių, teisinių, finansinių ir kitų galimybių kurtis „pumpurinėms“ įmonėms poreikis</i>	109
3.13.	<i>Verslo ryšių su mokslo ir studijų institucijomis stiprinimas</i>	110
3.14.	<i>Finansavimas, būtinas nagrinėjamos srities kompleksinei plėtrai 2008-2013 metais</i>	110
3.15.	<i>Kompleksinės programos vertinimo kriterijai</i>	111
3.15.1	<i>Rezultato vertinimo kriterijai</i>	111
3.15.2.	<i>Teigiamo poveikio vertinimo kriterijai</i>	112
4.	<i>Priedai</i>	113
4.1.	<i>Informacija apie 2006 m. patobulintą magistrinių studijų programą „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“</i>	113
4.2.	<i>Informacija apie 2007 m. patvirtintą naują magistrinių studijų programą „Lazerinė technologija“</i>	115
4.3	<i>Vykdyti ir vykdomi tarptautiniai projektai</i>	117
4.4.	<i>Aukštųjų technologijų plėtros 2003-2006 m. ir prioritetinių mokslo krypčių programų projektai</i>	120
4.5.	<i>Kiti VMSF finansuojami projektai</i>	121
4.6.	<i>Ūkio subjektų užsakomieji mokslinio tyrimo darbai</i>	122
4.7.	<i>Projektai 2007 m. gavę finansavimą (iki gegužės 30 d)</i>	124
4.8.	<i>ES struktūrinių fondų projektai</i>	126

1. Įžanga

Europos bendrijų komisijos komunikate Tarybai ir Europos parlamentui Nr 208¹ konstatuota, kad Europos universitetų modernizavimas, apimantis tarpusavyje susijusias universitetų veiklos sritis – švietimo, mokslinių tyrimų ir inovacijų, yra ne tik pagrindinė platesnės Lisabonos strategijos sėkmingumo sąlyga, bet ir platesnio judėjimo globalios ir žiniomis paremtos ekonomikos link dalis. Čia pripažįstama, kad moksliniai tyrimai ir eksperimentinė plėtra (MTEP) bei universitetai yra Europos konkurencingumo pagrindas. Kartu šiame dokumente pažymėta, kad Europos universitetai šiuo metu yra nepajėgūs daugeliu aspektų įgyvendinti savo potencialo. Todėl jie atsilieka augančioje tarptautinėje konkurencinėje kovoje dėl talentingų dėstytojų ir studentų, taip pat nesugeba pasinaudoti greitai besikeičiančia mokslinių tyrimų darbotvarke, sukurti kritinės masės bei užtikrinti kompetencijos ir lankstumo, kurie yra būtina sėkmingumo sąlyga. Šios Europos universitetų nesėkmės priežastimi taip pat yra pernelyg didelė valstybės kontrolė ir nepakankamas finansavimas. Nepakankamas finansavimas pasireiškia dideliu dvigubu finansavimo deficitu, kuris daro įtakos universitetuose vykdomam švietimui ir juose atliekamiems moksliniams tyrimams. Lietuvos universitetams, kurių finansavimas absoliutinėmis vertėmis atsilieka nuo ES-15 vidurkio eile ar net dar daugiau įgyvendinti savo potencialą darosi iš viso labai sunku. Ypač tai darosi sunku įgyvendinant Europos ir Lietuvos tikslą kurti daugiau ir geresnių darbo vietų.

Europos bendrijų komisijos komunikate Nr 152² konstatuota, kad Europa privalo stiprinti tris savo žinių trikampio polių: švietimą, tyrimus ir inovacijas. Universitetai vaidina esminį vaidmenį visose trijose srityse. Didesnės investicijos į universitetų atnaujinimą ir kokybę – tai tiesioginė investicija į Europos ir europiečių ateitį. Pasiekti aukštą kokybę galima turint visuotinius „aukščiausio lygio kompetencijos principus“ konkrečioje srityje. Aukščiausio lygio kompetencija nėra ilgalaikis pasiekimas: ją reikia nuolatos tobulinti. Kompetencija gali būti vos keliuose universitetuose, tačiau daug dažniau pasitaiko, kad ji egzistuoja atskiruose fakultetuose ar grupėse. Mokslinių tyrimų (kaip ir kitos veiklos) pobūdis ir intensyvumas ryškiai skiriasi tarp šalių, institucijų ir atskirų universitetų. Kiekvienas universitetas turi išnaudoti visas galimybes, atsižvelgdamas į savo privalumus ir prioritetus, ir todėl turi sugebėti nustatyti prioritetus ir sutelkti pastangas jiems pasiekti. Todėl šiame komunikate rekomenduojama sutelkti lėšas ir jas skirti tiek centrams ir tinklams, kurie jau yra puikūs (kurioje nors konkrečioje mokslinių tyrimų, mokymo ar visuomenės paslaugų srityje), tiek ir centrams ir tinklams, kurie potencialiai gali pasiekti aukštą lygį ir mesti iššūkį pripažintiems lyderiams.

Lazeriai ir lazerinės technologijos yra viena iš Lietuvos mokslo ir technologijų prioritetinių krypčių, minimų strateginiuose dokumentuose ir Aukštųjų technologijų plėtros programoje (ATPP)³. Ji turi trijų dešimtmečių tradicijas ir garsėja savo moksliniais pasiekimais bei tarptautiniu pripažinimu. Kartu lazerinės technologijos Lietuvoje jau virš 10 metų rodo didėjanti konkurencingumą, kai jų indėlis į pasaulinę lazerių rinką pastoviai didėja. Lazerinių technologijų gamybai plėtoti Lietuvoje yra susiformavusios išskirtinai geros pradinės sąlygos:

- a) universitetuose ruošiami aukštos kvalifikacijos specialistai;
- b) išplėtoti aukšto lygio moksliniai tyrimai;
- c) tyrimų rezultatų pagrindu sukurti produktai ir technologijos;
- d) produktai komercializuojami, gaminami ir realizuojami pasaulio rinkose;
- e) pačios lazerinės technologijos yra labai perspektyvios pasaulinės technologijos požiūriu;
- f) jų taikymo sritys labai plačios, todėl egzistuoja daugybė rinkos nišų.

Iš anksčiau minėtų trijų žinių trikampio polių: švietimo, tyrimų ir inovacijų galima konstatuoti, kad švietimas ir tyrimai lazerinių technologijų srityje Lietuvoje pagrindinai yra sukonzentruoti Vilniaus universiteto (VU) bei Fizikos (FI) ir Puslaidininkių fizikos (PFI) institutų tam tikruose padaliniuose. Taikomieji tyrimai aktyviai vykdomi ir Lietuvos lazerinėse bendrovėse arba jų vienu arba kartu su universitetais ir institutais, vykdam ATPP. Inovacijose lazerinių technologijų srityje Lietuvoje dalyvauja tiek VU, tiek FI ir PFI, tačiau dominuojantis vaidmuo šiuo metu, ko gero, priklauso Lietuvos lazerinėms bendrovėms, kuriančioms ir pateikiančioms pasaulio rinkoms naujus konkurencingus gaminius.

Kartu reikia pažymėti, kad Lietuvoje yra virš dešimties įmonių, kurios eksploatuoja lazerinius pramoninius pjaustymo įrenginius, pagamintus užsienyje. Pvz., UAB „Elga“, UAB „Šiaulių tauro detalės“, UAB „Karbonas“, AB Mašinų gamykla „Astra“ ir kt. Daugumoje tai įmonės, užsiimančios lakštinio metalo apdirbimu. Dalis įmonių tokią įrangą planuoja įsigyti artimiausiu metu. KTU Mechanikos ir mechatronikos fakulteto absolventai šiose įmonėse atlieka valdymo, inžinerinį darbą. Kai kuriose įmonėse dirba dabartiniai KTU studentai. Yra šiose įmonėse ir VGTU absolventų. Kita įmonių grupė, nors ir negausi, yra įmonės, užsiimančios kietųjų medžiagų, įskaitant ir lazeriuose naudojamas optines medžiagas, auginimu, pjaustymu ir apdirbimu. Šiose įmonėse valdymo ir inžinerinį darbą pagrindinai atlieka VGTU absolventai.

Kaip matysime vėliau iš pateiktų duomenų tam tikruose VU, FI, PFI, KTU, VGTU padaliniuose yra susiformavę aukščiausio lygio kompetencijos centrai tam tikrose lazerinių technologijų srityse, galintieji ruošti aukščiausios kvalifikacijos specialistus, vykdyti aukšto lygio mokslinius tyrimus bei diegti inovacijas. Todėl šių centrų infrastruktūros gerinimas, jų aprūpinimas modernia mokymo ir

mokslinė įranga, naujų perspektyvių mokslinių krypčių vystymas, darbo apmokėjimo sąlygų gerinimas turėtų įgalinti išlaikyti ir net išplėsti aukštą kompetenciją eilėje lazerinės technologijos sričių. Tuo pačiu tai sudarytų sąlygas Lietuvos lazerinių bendrovių konkurencingumo didinimui, naujų inovatyvių produktų kūrimui bei šio pramonės segmento apimčių didinimui.

Literatūra

1. Europos Komisijos komunikatas Tarybai ir Europos Parlamentui – „Universitetų modernizavimo plano įgyvendinimo rezultatai: švietimas, moksliniai tyrimai ir naujovės“ (Briuselis, 10.5.2006, KOM(2006) 208 galutinis).
2. Europos Komisijos komunikatas – „Europos intelektinių gebėjimų sutelkimas: sudaryti universitetams sąlygas visapusiškai prisidėti prie Lisabonos strategijos įgyvendinimo“ (Briuselis, 20.4.2005 KOM (2005) 152 galutinis).
3. Aukštųjų technologijų plėtros 2007–2013 metų programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2006 m. spalio 24 d. nutarimu Nr. 1048 (Žin., 2006, Nr. 114-4356).

2. Esamos būklės apžvalga

2.1 Studijų sistemos apžvalga nagrinėjamo sektoriaus požiūriu

2.1.1. *Institucijos, rengiančios specialistus lazerių mokslui ir lazerinėms technologijoms*

Šios studijos metu atliktos apklausos Lietuvos lazerių bendrovėse bei mokslo ir studijų institucijose, vykdančiose tyrimus lazerių ir lazerinių technologijų srityje, parodė, kad didesnė dalis jų darbuotojų aukštąjį išsilavinimą yra įgiję VU Fizikos fakultete (1 lentelė). Ypač didelis procentas VU Fizikos fakulteto absolventų (su fiziko diplomu, fiziko bakalauro diplomu, fiziko magistro diplomu bei fizikos daktaro laipsniu) dirba lazerius gaminančiose įmonėse, Vilniaus universiteto Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre, Fizikos, Puslaidininkių fizikos bei VU Taikomųjų mokslų instituto padaliniuose, vykdančiose tyrimus lazerių ir lazerinių technologijų srityje. VU Fizikos fakulteto absolventai tokiose įmonėse kaip Altechna, Ekspla, Šviesos konversija sudaro nuo 100 iki 80 % įmonės darbuotoju su aukštuoju techniniu išsilavinimu. VU, FI, PFI padaliniuose, vykdančiose tyrimus lazerių ir lazerinių technologijų srityje, VU Fizikos fakulteto absolventai sudaro virš 90 % dėstytojų ir mokslo darbuotojų. Nors lazerių bendrovėse dirba virš 35 mokslų daktarų, tačiau procentiškai mokslų daktarų ir ypač habilituotų daktarų skaičius yra didesnis VU, FI ir PFI padaliniuose, užsiimančiuose studentų ruošimu ir moksliniais tyrimais lazerių ir lazerinių technologijų srityje. Įmonėse, naudojančiose užsienyje pirktas lazerines sistemas pagrindinai metalinių konstrukcijų pjaustymui, taip pat dirba KTU ir VGTU absolventai. Taigi pagrindinė institucija rengianti pirmos, antros ir trečios pakopos specialistus Lietuvos lazerių bendrovėms bei mokslo ir studijų institucijoms, vykdančioms tyrimus lazerių ir lazerinių technologijų srityje, yra VU ir konkrečiai jo Fizikos fakultetas. Todėl institucijų rengiančių specialistus lazerių mokslui ir lazerinėms technologijoms apžvalgą pradėsime nuo VU Fizikos fakulteto.

Lentelė 1. Lazerinėse bendrovėse bei mokslo ir studijų institucijų padaliniuose, užsiimančiuose lazerinėmis technologijomis, dirbančių tyrėjų, inžinierių ir mokslininkų išsilavinimas

Institucija ar bendrovė	VU LTC	VU TMI LP	FI LP	PFI LP	Ekspla	Šviesos Konver- sija	Optida	Standa	Altechna
Viso darbuotojų	50	7	24	12	127	41	20	80	18
Darbuotojai su aukštuoju techniniu išsilavinimu	26	6	16	11	86	26	6	29	8
Darbuotojai, baigę VU Fizikos fakultetą	23	5	14	11	72	19	3	10	8

Iš jų 5 metų kursą	14	2	11	5	45	9	1	3	2
Iš jų su bakalauro laipsniu	1				6	3	2	3	4
Iš jų baigę LF ir OT magistrantūrą	8		3	2	21	10		4	2
Darbuotojai su aukštesniu techniniu išsilavinimu, baigę ne VU	3		2	0	14	3	3	20	0
Darbuotojai su daktaro laipsniu	14	3	14	5	16	11	2	1	1
Darbuotojai su habil. daktaro laipsniu	8	2	2	1	0	1		0	0

2.1.2. Specialistų ruošimas VU Fizikos fakultete

Kaip matosi iš 2 lentelės laikotarpiu nuo 2002 iki 2006 m. kasmet įstojusiu į VU Fizikos fakultetą bakalauro skaičius kito nuo 163 iki 202. 2005 ir 2006 m. į Fizikos fakultetą įstojo atitinkamai 202 ir 200 bakalaurai. Dabar yra priimama į tokias penkias bakalauro studijų programas: fizika, taikomoji fizika, telekomunikacijų fizika ir elektronika, kompiuterinė fizika, modernių technologijų vadyba. Pagal 3 lentelėje pateiktus duomenis galima konstatuoti, kad nubyrejusiu bakalauro absolūtus skaičius laidos baigusiose 2004-2006 m. mažėjo nuo 46 iki yra 40, kas sudarė nuo ~32 iki 25 % visų įstojusiu į pirmąjį kursą bakalauro. Pagrindinė ($\geq 90\%$) nubyrejimo priežastis yra nepažangumas.

Lentelė 2. VU Fizikos fakulteto studentų skaičiaus dinamika

Metai	Bakalauro įstojo	Bakalauro baigė	Magistrantų įstojo	Magistrų baigė	Įstojo į doktorantūrą	Baigė doktorantūrą
2002 m.	163	52	48	35	13	2
2003 m.	191	95	62	34	13	3
2004 m.	163	98	68	26	13	2
2005 m.	202	116	86	39	13	4
2006 m.	200	123	97	46	13	8

Kaip matosi iš 2.2 lentelės laikotarpiu nuo 2002 iki 2006 m. kasmet įstojusiu į VU Fizikos fakultetą magistrantų skaičius pastoviai augo nuo 48 magistrantų 2002 m. iki 97 magistrantų 2006 m. Dabar priimama į septynias magistrinių studijų programas: aplinkos ir cheminė fizika, kondensuotųjų medžiagų fizika ir elektronika, lazerinė fizika ir optinės technologijos, medžiagotyra ir puslaidininkių fizika, teorinė fizika ir astronomija, telekomunikacijų fizika ir elektronika, biofizika. Tačiau kaip matosi iš 4 lentelės magistrantų nubyrejimas yra didelis. 2004 m. jis siekė net 45 %, tačiau vėliau mažėjo ir 2006 m. nukrito iki 32,35 %. Pagrindinė magistrantų nubyrejimo priežastis yra

nesugebėjimas suderinti darbo su magistrantūros studijomis. Pagal apklausą, atliktą praėjusiais metais VU Fizikos fakulteto Lazerinės fizikos ir optinių technologijų magistrantūros programoje, galima teigti, kad pilną ar dalį darbo dienos dirba daugiau kaip 80 % pirmo kurso magistrantų, o vėliau dirba praktiškai visi. Tačiau tie, kurie dirba įvairiuose projektuose VU, FI, PFI nors ir gauna žymiai mažesnę atlygį, bet turi galimybę derinti darbo laiką su studijomis. Dirbantieji bendrovėse, yra apmokami žymiai geriau, tačiau jiems kartais kyla sunkumas derinant studijas su darbu. Jei papildomai sukuriama šeima ir tenka rūpintis mažais vaikais tai studijų derinimo su darbu ir šeima problemos dar pasunkėja ir dalis magistrantų tiesiog meta ar atideda kažkuriam laikui magistrines studijas. Iš kitos pusės tai dar stimuliuoja tas faktas, kad jie jau turi bakalauro diplomą ir kartais magistro diplomas jų artimiausiai padėčiai nėra toks svarbus.

Lentelė 3. VU Fizikos fakulteto bakalauro nubyreėjimo dinamika

Baigimo metai	Studijų nebaigusiu studentų skaičius	Studijų nebaigusiu studentų procentas
2004	46	31,94 %
2005	43	27,04 %
2006	40	24,54 %

Lentelė 4. VU Fizikos fakulteto magistrantų nubyreėjimo dinamika

Baigimo metai	Studijų nebaigusiu magistrantų skaičius	Studijų nebaigusiu magistrantų procentas
2004	22	45,83 %
2005	23	37,1 %
2006	22	32,35 %

Kaip matosi iš 5 lentelės VU Fizikos fakulteto studentų ruošime šiuo metu dalyvauja virš 40 profesorių, virš 40 docentų bei virš 40 mokslo darbuotojų. Profesorių skaičius ženkliai padidėjo 2004 m. kai dalis docentų apsigynė habilitacinius darbus. Bendras pedagogų ir mokslo darbuotojų skaičius per paskutinius trejus metus paaugo ~10 %. Tam dalinai pasitarnavo padidėjęs finansavimas už gerus darbo rezultatus, įgalinęs Fizikos fakultete nuo 2003 m. įdarbinti apie 20 studijas baigusiu ir disertacijas apsigynusių doktorantų. Dalinai tam buvo panaudotos ir išėjusių į pensiją aukštos kvalifikacijos pedagogų ir mokslo darbuotojų vietos. Kaip matosi iš Fizikos fakulteto darbuotojų amžiaus duomenų pateiktų 6 lentelėje didžiausia dalis dėstytojų ir mokslo darbuotojų yra 50-59 metų grupėje, sekanti 40-49 metų grupėje, tačiau paskutiniu metu atsirado gana didelis skaičius mokslo darbuotojų jaunesnių nei 30 metų ir eilė darbuotojų 30-39 metų grupėje. Todėl jei atlygio už darbą

pedagogams ir mokslo darbuotojams problema bus reikiamai sprendžiama tai jaunų kvalifikuotų darbuotojų, galinčių pakeisti išeinančius į pensiją Fizikos fakulteto pedagogus ir mokslo darbuotojus, turėtų užtekti.

Lentelė 5. VU Fizikos fakulteto darbuotojų skaičiaus dinamika

Metai	Viso pedagogų ir mokslo darbuotojų	Profesorių	Docentų	Mokslo darbuotojų
2003 m.	118	32	51	36
2004 m.	126	41	40	42
2005 m.	129	40	42	40
2006 m.	141	42	44	46

Lentelė 6. VU Fizikos fakulteto dėstytojų ir mokslo darbuotojų pasiskirstymas pagal amžiaus grupes ir mokslo sritis, kuriose dirbama, skaičius.

Mokslo darbuotojų grupės	Metai	Amžiaus grupės				
		Iki 30 m.	30-39 m.	40-49 m.	50- 59m	>60 m.
Mokslo darbuotojų (iš viso)	2003 m.	12	11	28	33	25
	2004 m.	11	8	26	35	24
	2005 m.	17	13	29	35	9
Mokslininkų (iš viso)	2003 m.	2	10	28	34	27
	2004 m.	3	7	25	36	26
	2005 m.	10	12	29	35	9
Habilituotų daktarų (iš viso)	2003 m.	0	0	5	11	12
	2004 m.	0	0	5	10	14
	2005 m.		3	6	14	5
Habilituotų daktarų, profesorių	2003 m.	0	0	1	9	12
	2004 m.	0	0	0	8	12
	2005 m.	0	1	4	9	3
Habilituotų daktarų, docentų	2003 m.	0	0	2	0	0
	2004 m.	0	0	2	0	1
	2005 m.	0	1	1	2	0
Habilituotų daktarų (be pedagoginio vardo)	2003 m.	0	0	2	2	0
	2004 m.	0	0	3	2	1
	2005 m.	0	1	1	3	0
Daktarų (iš viso)	2003 m.	2	10	23	23	15
	2004 m.	3	7	20	25	12
	2005 m.	10	9	23	21	4
Daktarų, docentų	2003 m.	0	0	9	13	14
	2004 m.	0	0	7	14	12
	2005 m.	0	1	10	15	4
Daktarų (be pedagoginio	2003 m.	2	10	14	10	1

vardo)	2004 m.	3	7	13	11	0
	2005 m.	10	8	13	7	0
Kitų mokslo darbuotojų (be mokslo laipsnio)	2003 m.	11	1	0	0	0
	2004 m.	8	1	1	0	0
	2005 m.	0	7	1	0	0

2.1.3. Lazerinės fizikos ir lazerinės technologijos magistrantų ruošimas VU Fizikos fakultete

Vilniaus universiteto Fizikos fakultete egzistuoja „Lazerinės fizikos ir optinių technologijų“ magistrinių studijų programa. Čia skaitomi lazerių fizikos, lazerių taikymo, netiesinės optikos ir kiti kursai. Studentai, baigę VU Fizikos fakulteto Lazerinės fizikos ir optinių technologijų magistrantūrą yra pagrindiniai kvalifikuoti specialistai priimami darbui su lazeriais į Lietuvos lazerines bendroves. Už šios krypties magistrantų ruošimą yra atsakinga Kvantinės elektronikos katedra ir Lazerinių tyrimų centras. Ją vykdant dalyvauja ir kitų katedrų (Bendrosios fizikos ir spektroskopijos, Kietojo kūno elektronikos, Puslaidininkų fizikos, Radiofizikos ir Teorinės fizikos) pedagoginis ir mokslinis personalas, o taip pat Fizikos ir Puslaidininkų fizikos institutų darbuotojai. Lazerinės fizikos ir optinių technologijų magistrinių studijų programa yra vienintelė programa Lietuvos aukštosiose mokyklose, ruošianti šiuolaikinės optikos ir lazerinės fizikos specialistus. Studijų programa „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“, Švietimo ir mokslo ministerijos akredituota be sąlygų 2005 metais. Jos tikslai yra tokie:

1. Patenkinti lazerinės fizikos specialistų poreikį Lietuvoje;
2. Parengti magistrinį išsilavinimą turinčius specialistus, atitinkančius tarptautinius standartus;
3. Lazerinių ir optinių technologijų teoriniu išmanymu ir praktiniais įgūdžiais, komunikacine bei informacine elgsena skatinti tarptautinį bendradarbiavimą ir kelti Lietuvos pramonės lygį.

Ji yra skirta ruošti specialistus aukštų technologijų pramonei, telekomunikacijų kompanijoms, mokslo, standartų, gydymo, ekspertizės ir komercijos įstaigoms. Apibendrinant 2002 -2006 m. statistinius duomenis, pateiktus 7 lentelėje galima pasakyti, kad priimamų į pirmąjį šios programos kursą magistrantų skaičius pastoviai didėjo ir 2006 m. buvo lygus 18. Į šią magistrantūros programą priimama daugiau bakalaurų (16,66-20,97 %) negu vidutiniškai tektų vienai programai (14,28 %). Baigusiu skaičius sudaro nuo 60 iki 84 % įstojusiu. Studentų nubyreėjimas pagrindinai susijęs ne su nepažangiu mokymusi, o su įsidarbinimu ir nesugebėjimu ar nenoru derinti studijas ir darbą.

Lentelė 7. VU Fizikos fakulteto magistrantūros „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“ studentų

dinamika

Metai	Priimtųjų skaičius	Priimtųjų skaičius procentais nuo viso priimtųjų skaičiaus	Baigusiųjų skaičius
2002	8	16,66 %	6
2003	13	20,97 %	9
2004	14	20,59 %	5
2005	17	19,77 %	11
2006	18	18,56 %	11

Lentelė 8. VU Fizikos fakulteto magistrantų, studijuojančių pagal programą “Lazerinė fizika ir optinės technologijos” nubyrežimo dinamika

Baigimo metai	Studijų nebaigusių magistrantų skaičius	Studijų nebaigusių magistrantų procentas
2004	3	37,5 %
2005	2	15,4 %
2006	3	21,4 %

Šiuo metu Vilniaus universitete yra gana palankios sąlygos kokybiškai vykdyti lazerinės fizikos ir optinių technologijų programą. Fizikos fakultete yra skaitomi įvairūs modernių technologijų (lazerių fizika, lazerių taikymai, netiesinės optikos, informacinės technologijos, medžiagotyros ir kt.) kursai. Fizikos fakultete yra tinkamai įrengtos mokomosios ir mokslinės laboratorijos, kuriose studentai gali įgyti praktinių įgūdžių. Ypač stiprios lazerių fizikos ir optinių technologijų mokslinės laboratorijos yra susiformavusios Kvantinės elektronikos katedros Lazerinių tyrimų centre, o taip pat VU Taikomųjų tyrimų institute. 2000-2004 m. pagal Švietimo ir mokslo ir Krašto apsaugos ministerijų bendrą programą buvo iš pagrindų renovuota VU Lazerinių tyrimų centro aparatūrinė bazė, įkurtas stambus bendro naudojimo femtosekundinis lazerinis kompleksas, kuriuo naudojasi studentai kursiniams ir diplominiams darbams rengti. Atlikdami šiuos darbus jie aktyviai įsijungia į mokslinį darbą ir dar būdami magistrinių studijų studentai jau tampa straipsnių ir pranešimų bendraautoriais. 2002-2003 m. m. Lazerinės fizikos ir optinių technologijų studijų programos studentai buvo 21 mokslinio straipsnio (jų tarpe 17 užsienio mokslo leidiniuose) ir 15 perskaitytų pranešimų mokslinėse konferencijose (jų tarpe 11 tarptautinių) bendraautoriai. Panašus produktyvumas buvo ir vėlesniais metais. Nuo 2004 m. sausio 1 d. Lazerinių tyrimų centrui tapus Europos jungtinės lazerių laboratorijos LASERLAB-Europe infrastruktūros dalimi, atsirado galimybė studentams atlikti diplominius darbus ir kituose ES lazerių mokslo ir technologijų centruose. Studentų mainuose vis svarbesnė tampa

Socrates/Erasmus programa taip pat įgalinanti magistrantus nuo 3 iki 12 mėnesių mokytis ir atlikti diplominius darbus užsienio universitetuose, su kuriais yra pasirašytos bendradarbiavimo sutartys.

Magistrinių studijų programos apimtis yra 80 kreditų. Iš jų privalomieji dalykai apima 66 kreditus, pasirenkamieji – 9 kreditus ir laisvai pasirenkamieji – 5 kreditus. Teorinių studijų dalykai (fizikinė kinetika, kietojo kūno lazeriai, netiesinė optika, kinetinė ir lazerinė spektroskopija, kvantiniai laukai, ultratrumpųjų impulsų optika, optiniai informacijos apdorojimo metodai, šviesolaidžių optika, teorinės fizikos rinkiniai skyriai ir kt., neįskaitant laboratorinių darbų ir seminarų) apima apie 32 kreditus, kas sudaro 40% visos studijų programos. Mokslinio tyrimo įgūdžių formavimo pagrindą studijų metu sudaro šie dalykai: kursinis darbas – 5 kreditai, rinkiniai darbai mokslinėse laboratorijose – 3 kreditai, specializacijos praktika – 8 kreditai, mokslinis seminaras – 2 kreditai ir magistro darbas – 15 kreditų. Jų bendra apimtis 33 kreditai, tai yra 41 % visos studijų programos apimties. Visi programos privalomieji ir pasirenkamieji dalykai yra apibūdinti 4.1-4.2 priede. Visumoje pagal šią programą ruošiami gero lygio specialistai, kurie sėkmingai dirbuojasi Lietuvos mokslo institucijose bei gamybinėse organizacijose (UAB: Eksma, Ekspla, Šviesos konversija, Standa), kuriose vykdomi lazerinės technikos tobulinimo ir gamybos darbai. Kai kurie čia paruošti specialistai sėkmingai dirbuojasi Vakarų Europos (J.K., Vokietija, Prancūzija, Nyderlandai, Austrija ir t.t.) ir Japonijos bei JAV mokslo centruose.

Glaudus mokslo, studijų ir aukštųjų technologijų įmonių bendradarbiavimas lazerinių technologijų srityje ne tik įgalina Lietuvoje gaminti lazerių produktus, kurie sėkmingai konkuruoja Vakarų rinkose, bet ir pasiekti aukštą studijų kokybę. Tačiau norint išlaikyti tokį aukštą Lietuvos lazerinių technologijų ir jų fundamentaliųjų bei taikomųjų tyrimų lygį, reikia kokybiškai naujos mokymo-mokslinės bazės bei kokybiškai ir kiekybiškai padidintų žmonių išteklių. Be jų tolimesnė lazerinių ir optinių technologijų raida Lietuvoje yra neįmanoma. Kokybiškai naujos mokymo-mokslinės bazės ir infrastruktūros sukūrimo uždavinius pradėjo spręsti 2004 metais Fizikos instituto ir Vilniaus universiteto pateiktas, o 2005 m. kovo mėn. 2 d. patvirtintas ES struktūrinių fondų BPD 1.5 priemonės projektas „*Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centras*“. Projektas yra suderintas su BPD 2.5 priemonės „Žmonių išteklių kokybės gerinimas mokslinių tyrimų ir inovacijų srityje“ projektu „*Aukščiausios pakopos lazerinių ir optinių technologijų specialistų ruošimas*“, kuris irgi yra patvirtintas 2005 m. kovo mėn. 2 d. ir kuris sprendžia aukščiausios pakopos (magistrantų, doktorantų) lazerinių ir optinių technologijų specialistų ruošimo kokybės ir kiekybės didinimo problemas. Šie specialistai yra reikalingi tiek Lietuvos mokslinėms institucijoms, tiek lazerinėms bendrovėms. Platesnė informacija apie šiuos projektus pateikta 4.8 priede.

Nuo 2006 m. liepos mėnesio vykdomas antro kvietimo 1.5 priemonės projektas „*Nacionalinio*

lazerių mokslo ir technologijos centro plėtra“, kuriame pagrindinis dėmesys skiriamas tolesniam infrastruktūros pertvarkymui, siekiant sudaryti tinkamas sąlygas doktorantams tęsti mokslinę veiklą lazerių ir lazerinių technologijų kryptyse Lietuvoje bei stiprinti tas lazerinių technologijų kryptis, kurios pripažintos ES 7BP.

Moderniose laboratorijose, aprūpintuose nauja įranga, magistrantus bus galima parengti taip, kad jie galėtų sėkmingai konkuruoti tiek Lietuvos, tiek pasaulinėje darbo rinkoje. Šiai dienai įsigyta įrangos už 820 tūkst. litų, renovuotos ~180 kv. m. patalpos. Šis projektas yra suderintas ir su BPD 2,5 priemonės „Žmonių išteklių kokybės gerinimas mokslinių tyrimų ir inovacijų srityje“ projektu „Aukščiausios pakopos lazerinių ir optinių technologijų specialistų ruošimas“, patvirtintu 2005 m. kovo mėn. 02 d. Šiuo projektu planuojama išplėsti bei modernizuoti mokymo, metodinę ir eksperimentinę lazerinių technologijų bazę. Vykdamas šį projektą bus sukurta eilė naujų ir atnaujinta dalis funkcionavusių laboratorinių darbų. Tam reikalingų medžiagų, komponentų ir kompiuterių pirkimui numatyta suma siekia apie 1 mln. litų. Taip pat yra skirtos šio projekto lėšos įsigyti knygų studentų mokymui.

Vykdamas šį BPD 2.5 priemonės projektą yra naujai parengti ar rengiami tokie studijų programos **“Lazerinės fizikos ir optinių technologijų”** dalykai:

1. Kietojo kūno lazeriai (4 kreditai).
2. Lazerinių medžiagų apdirbimas (5 kreditai).
3. Kvantinė optika (4 kreditai).
4. Šviesos šaltinių ir detektorių fizika ir technologija (4 kreditai).
5. Mokslinio ir gamybinio darbo rinka (3 kreditai).

Kitų dalykų turinys yra peržiūrėtas, atnaujinti dalykų sandų aprašai, nurodant naujausią mokymo literatūrą, kuri yra prieinama Fizikos fakulteto bibliotekoje.

Projekto vykdymo metu iki 2008 02 29 d. yra numatoma paruošti šios studijų programos vykdymui reikalingas metodines priemones ir vadovėlius:

1. Netiesinės optikos laboratoriniai darbai.
2. Kinetinės spektroskopijos laboratoriniai darbai.
3. Vadovėlis „Kietojo kūno lazeriai“.
4. Vadovėlis „Šviesolaidžių optika“.
5. Vadovėlis „Ultratrumpųjų impulsų optika“.

Kaip matosi iš 9 lentelės didelė dalis magistrų baigusią programą “Lazerinė fizika ir optinės technologijos” toliau renkasi doktoratūros studijas pagrindinai VU Fizikos fakultete, tačiau dalis stoja į doktoratūros studijas FI ir PFI bei užsienio mokslo centruose. Dalis įsidarbina Lietuvos lazerinėse

bendrovėse, mokslo institutuose bei kitose organizacijose.

Lentelė 9. VU Fizikos fakulteto magistrantūrą „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“ baigusių magistrų tolimesnė karjera

Baigimo metai	Viso baigė	Įstojo į doktorantūrą	Įsidarbino Lietuvos lazerinėse bendrovėse	Įsidarbino institutuose	Įsidarbino kitur
2002	6	3	2	1	0
2003	9	5	2	1	1
2004	5	5	0	0	0
2005	11	4	3	1	3
2006	11	4	4	0	3

Lietuvos lazerinių bendrovių ir mokslinių institucijų tolimesnis konkurencingumas ir plėtra didžiaja dalimi yra susijusi su aukščiausios kvalifikacijos specialistų, ne tik teoriškai, bet ir praktiškai įvaldžiusių šiuolaikines lazerines ir optines technologijas, ruošimu. Prie naujausių ir perspektyvių lazerinių ir optinių technologijų reiktų priskirti diodinio kaupinimo lazerines sistemas, standartizuotus lazerinių optinių elementų parametrų matavimo metodus, naujausius lazerinio medžiagų apdirbimo metodus, optinius elementus telekomunikacijoms, nanooptiką ir kitas sritis. Kai kurios naujos perspektyvios lazerinės ir optinės technologijos Lietuvoje iš viso nėra vystomos, o kitos yra vystomos nepakankamai, dėl to gresia pavojus, kad Lietuvos lazerinės bendrovės ne tik žymiai neišplės savo rinkos (ko siekiama įvairiomis programomis), bet po kurio laiko praras ir dalį esamos rinkos.

Lietuvos lazerinių bendrovių patirtis rodo, kad reikiama kvalifikacija unikalių lazerinių prietaisų kūrimui, konstravimui ir gamybai įgaunama tik baigus magistrantūros studijas ir bent 1-2 metus dalyvaujant eksperimentiniuose projektuose arba per doktorantūros studijas. Analizė, atlikta pagal Lietuvos lazerinių bendrovių pateiktą informaciją, leidžia teigti, kad joms ruošiamų aukščiausios pakopos specialistų magistrų studijose „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“ be dabar dėstomų lazerių fizikos dalykų turi būti įvesti teoriniai ir praktiniai dalykai, apimantys perspektyviausias šiuolaikines lazerines ir optines technologijas. Tinkamas kelias tą atlikti yra mokymo programose įvesti naują magistrinių studijų specializaciją „Lazerinės technologijos“ bei plėsti ir tobulinti šios srities doktorantų ruošimo programas.

Atsižvelgiant į šiuos Lietuvos lazerinių bendrovių poreikius bei lazerinių technologijų vystimosi pasaulines tendencijas bei panaudojant BPD 2.5 priemonės projekto „Aukščiausios pakopos lazerinių ir optinių technologijų specialistų ruošimas“ resursus **yra paruošta nauja technologijos mokslų**

krypties magistrinių studijų programa „Lazerinė technologija“. Ji buvo gerai įvertinta Studijų kokybės centre ir 2007 kovo 21 d., patvirtinta ŠMM. Nuo 2007 m. rudens vyks pirmasis priėmimas į šią programą. Jos dalykų ir dėstymo metodų sąrašas yra pateiktas 4.2 priede. Šioje programoje yra išplečiama technologinių dalykų dalis, apimanti konstrukcines medžiagas, optinių ir lazerinių elementų technologijas, lazerinės technologijos įrenginius, lazerinę techniką bei taikomąją optiką. Ši programa kaip tik ir orientuota į industrinių lazerių kūrimui reikiamų specialistų ruošimą. Pradiniais metais planuojama priimti į šią programą 8 magistrantus.

Nors dabartiniu metu magistrai baigusieji programą „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“ (LF ir OT) dominuoja tarp kitų programų magistrų lazerius gaminančiose bendrovėse, tačiau reikia pažymėti, kad PFI ir VU MTMI padaliniuose, užsiimančiuose lazeriniais tyrimais, yra artimas ar net didesnis skaičius magistrų baigusių programą „Medžiagotyra ir puslaidininkiai“. Kadangi kitų specializacijų magistrai neišskirti į atskirą grupę 1 lentelėje tai skirtumas tarp bendro VU Fizikos fakulteto absolventų skaičiaus ir sekančių 3 stulpelių sumos rodo kitas magistrines programas baigusių magistrų skaičių.

2.1.4. Doktorantų, lazerių fizikos srityje, ruošimas VU Fizikos fakultete

Kaip matosi iš 2 lentelės, paskutiniaisiais metais į VU Fizikos fakulteto doktorantūrą kasmet priimama po 13 doktorantų. Iš jų nuo 4 iki 7 tampa Kvantinės elektronikos katedros doktorantais. Bendras skaičius įvairių metų doktorantų, vykdančių teorinius ir eksperimentinius tyrimus lazerinių technologijų srityje, Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre, per paskutinius tris metus svyruoja tarp 14 ir 17. Visi jie įstojo į doktorantūrą baigę magistrinę programą „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“, Kita katedros doktorantų dalis (~7 doktorantai) yra daugiau susijusi su biofizikiniais tyrimais, tačiau daugumoje darbų vienas iš pagrindinių įrankių tyrimams yra lazeris. Todėl jų tyrimus irgi reikia priskirti biomedicininiais ir nanofotoniniams tyrimams, kuriuose naudojama lazerinė spinduliuotė. Ši stojančių į doktorantūrą magistrų dalis yra baigusi magistrinę programą „Biofizika“. Taigi bendras katedros doktorantų skaičius yra tarp 21 ir 24. Visi Kvantinės elektronikos katedros doktorantai priklauso Fizikos fakulteto fizikos krypties doktorantūrai. Imant visus Fizikos fakulteto doktorantus, baigusius doktorantūros studijas 2006 m., jų nubyrijimas siekė 38,46 %. Kvantinės elektronikos katedroje dirbančių doktorantų nubyrijimas yra tarp 16,67 ir 33,34 %. Kita problema yra, kad ne visi doktorantūrą baigę doktorantai laiku apsigina disertacijas. Yra dalis doktorantų, kurie po baigimo praėjus net keliems metams nepateikė disertacijų gynimui. Tai daugiau susiję su doktorantais, pradėjusiais dirbti ir tebedirbančiais Lietuvos lazerinėse bendrovėse. Kadangi disertacijos tyrimų tematika dažniausiai mažai persikloja su

darbu lazerinėje bendrovėje, tai ištraukus į darbus bendrovėse lieka mažai laiko tyrimams ir disertacijos rašymui. Kita problema kyla, kai doktorantas bendrovėse vykdo tyrimus su naujų konkurencingų produktų kūrimu. Tada bendrovės nėra suinteresuotos rezultatų skelbimu, nes jais gali pasinaudoti konkurentai, ir tokiu atveju iškyla problema su nepakankamu disertacijos gynimui publikacijų skaičiumi. Baigę doktorantūrą ir apgynę disertacijas jie tęsia darbą Vilniaus universitete, Fizikos institute, Lietuvos bendrovėse arba užsienio moksliniuose centruose. Kvantinės elektronikos katedros doktorantų apgintų disertacijų dinamika pateikta 10 lentelėje.

Lentelė 10. Kvantinės elektronikos katedros doktorantų apgintų disertacijų dinamika

Metai	Apgintų disertacijų skaičius	Įsidarbinimo vieta
2002	2	1- VU, 1 - EKSMA
2003	1	1- Šviesos konversija
2004	1	1 -VU
2005	0	
2006	2	1- VU, 1- FI
2007 (jau svarstytų katedroje)	3	

2.1.5. Doktorantų, lazerių ir lazerinių technologijų srityje, ruošimas FI ir PFI Optoelektronikos laboratorijoje

FI šiuo metu vykdo dvi doktorantūros studijų programas: vieną kartu su VU (Technologijos mokslų srities Medžiagų inžinerijos krypties šakose Medžiagų technologija (T150) ir Lazerinė technologija (T165) doktorantūros studijų programa) ir vieną Fizikos krypties programą kartu su Kauno Vytauto Didžiojo universitetu. Bendras doktorantų skaičius FI paskutiniaisiais metais svyruoja apie 25. Jų kitimo dinamika pateikta 11 lentelėje. Iš šio skaičiaus apie 10 įvairių metų FI doktorantų vykdo tyrimus lazerinių technologijų srityje.

Lentelė 11. Doktorantų skaičiaus kitimas Fizikos institute, įskaitant visas laboratorijas, per 2002-2007 metus

Metai	2002	2003	2004	2005	2006	2007*
Priimta naujai doktorantų skaičius	5	6	5	5	6	5
Besimokančių doktorantų skaičius.	21	19	20	20	23	
Sėkmingai apgynusių skaičius	3	8	1	1	4	
Nubyrejimas		2	1		1	

Įdarbinta institucijoje po gynimo	1	4			2	
-----------------------------------	---	---	--	--	---	--

- Planuojami

Doktorantų kiekį Fizikos institute riboja skiriamas finansavimas, taip pat patalpų lazerinėms laboratorijoms trūkumas, kol vyksta FI Lazerinio korpuso renovacija pagal Struktūrinių Fondų 1.5 priemonės projektus. Pagal vieną projektą „Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centras“, 2007 m. jau baigtos įrengti 5 laboratorijos. Dar keletas laboratorijų bus įrengta pagal kitą projektą „Nacionalinio lazerių mokslo ir technologijų centro plėtra“ iki 2008 m. vidurio. Tai sudarys sąlygas doktorantams vykdyti tyrimus šiuolaikinėse lazerių mokslo ir technologijų kryptyse.

PFI taip pat turi bendrą doktorantūrą su VU. 12 lentelėje pateikiama informacija apie doktorantų, reziduojančių PFI Optoelektronikos laboratorijoje, skaičiaus dinamiką per paskutinius penkerius metus.

Lentelė 12. Doktorantų skaičiaus kitimas PFI Optoelektronikos laboratorijoje per 2002-2007 metus

metai	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Priimta naujai doktorantų skaičius.		2		2		
Besimokančių doktorantų skaičius.		2	2	4	4	4
Sėkmingai apgynusių skaičius						
Nubyrėjimas		0	0	0	0	0
Įdarbinta institucijoje po gynimo						

2.1.6. Specialistų lazerius naudojančioms įmonėms ruošimas KTU

KTU Mechanikos ir mechatronikos fakulteto absolventai, išklausę modulius, susijusius su mašinų gamybos technologija (tame tarpe modulius, kuriuose dėstoma apie lazerines gamybos technologijas) gali dirbti (ir dirba) Lietuvos įmonėse, kurias užsiima metalo gaminių gamyba. Daugumoje tai įmonės, užsiimančios lakštinio metalo apdirbimu. Lietuvoje yra keletas įmonių, kurios eksploatuoja lazerinius pramoninius pjaustymo įrenginius ar planuoja artimiausiu metu juos įsigyti. Pvz., UAB „Elga“, UAB „Šiaulių tauro detalės“, UAB „Karbonas“, AB Mašinų gamykla „Astra“ ir kt. KTU Mechanikos ir mechatronikos fakulteto absolventai šiose įmonėse atlieka valdymo, inžinerinį darbą. Kai kuriose įmonėse dirba dabartiniai KTU studentai. Šiuo atveju tiesiogiai lazerines stakles prižiūrintys inžineriniai darbuotojai prieš darbą yra siunčiami į dviejų savaičių kursų, kur išmokami

dirbti su staklėmis bei atlikti smulkius derinimo darbus. Jei kyla rimtos problemos tai jas paprastai sprendžia tokias lazerines stakles gaminančios kompanijos atstovai. Tokiose lazerinių staklių sistemose lazeris yra nelabai didelė dalis, be to, ten paprastai naudojami CO₂ lazeriai yra gana patikimi, todėl aptarnaujančiam inžineriniam personalui tenka daugiau prižiūrėti mechaninę sistemą ir valdymą.

Kauno technologijos universiteto Mechanikos ir mechatronikos fakulteto Gamybos technologijų katedros dėstytojai mechanikos inžinerijos krypties doktorantūros studijose dėsto 5 studijų modulius. Katedroje kiekvienais metais mokslo daktaro disertacijas paruošia vidutiniškai 2 doktorantai. Dalis darbų yra susiję su lazerinėmis technologijomis.

Kartu reikia atžymėti, kad bendrovėje „Standa“ gaminančioje tiek lazerius, tiek optomechaninius mazgus apie trečdalį specialistų su aukštuoju mokslu sudaro VU Fizikos fakulteto auklėtiniai, kitą trečdalį sudaro KTU ir VGTU auklėtiniai, kurių yra maždaug po 5 bei dar trečdalis yra specialistai baigę aukštąsias tiksliosios mechanikos ir optikos, aviacijos ar specialaus konstravimo mokyklas pagrindinai Rusijoje iki 1990 metų. Mat Lietuvoje nebuvo ir dabar nėra universitetų kur mokama specializuotų tiksliosios mechanikos konstravimo ir gamybos dalykų, o jie būtini kuriant ir gaminant optomechaninius mazgus, naudojamus lazeriuose ir lazerinėse sistemose. KTU ir VGTU absolventai Lietuvos lazerinėse bendrovėse taip pat užsiima lazerių elektroninių komponentų konstravimu ir gamyba.

2.1.7. Specialistų ruošimas VGTU kietus lazerinius ir optinius kristalus auginančioms ir apdorojančioms įmonėms

Lazerinės staklės Lietuvoje valdo ir prižiūri taip pat ir nedidelė dalis VGTU Mechanikos fakulteto absolventų. Tačiau VGTU Mechanikos fakulteto padaliniai yra sukaukę daug darbo ir mokymo patirties kietų medžiagų apdorojime deimantiniais įrankiais bei yra dalyvavę priemonių tokiam apdirbimui kūrimo. Tie darbai pradėti daugiau kaip prieš trisdešimt metų kartu su buvusiu susivienijimu „Sigma“, kuriant pirmuosius kietus magnetinius diskus. Šiuo metu atliekami tyrimai su deimantiniais įrankiais, pjaustant kristalines medžiagas vidine deimantinio įrankio briauna, siaurinant pjūvio storį ir didinant įrankio patvarumą bei mažinant įtempimus pjūvio zonoje. Kartu su Lietuvos ūkio bendrovėmis atlikti kristalų auginimo bandymai Stepanovo bei Bagdasarovo metodais, tirtos šių kristalų savybės bei analizuotos jų panaudojimo sritys. Visa tai įgalina paruošti specialistus gebančius auginti, pjaustyti ir apdoroti kietus kristalus, naudojamus lazeriuose. Aišku skaičius reikalingų specialistų nėra didelės, nes tuo dabar užsiima tik 3 mažos Lietuvos bendrovės.

2.2. Mokslo sistemos apžvalga nagrinėjamo sektoriaus požiūriu

Moksliniai tyrimai lazerių, netiesinių optinių reiškinių, lazerinės spektroskopijos, lazerių ir šviesos taikymų, lazerinių technologijų kryptyse vystomi mokymo ir mokslo institucijose ar jų padaliniuose:

- Vilniaus universiteto Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre;
- Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų institute;
- Vilniaus Gedimino technikos universitete;
- Kauno technologijos universitete;
- Fizikos instituto Molekulinių darinių fizikos, Netiesinės optikos ir spektroskopijos, Taikomųjų tyrimų laboratorijose;
- Puslaidininkių fizikos instituto Optoelektronikos laboratorijoje.

Žemiau pateikiami mokslinių grupių, dirbančių šiose kryptyse veiklos rezultatai.

2.2.1. Universitetai

2.2.1.1. Vilniaus universitetas

2.2.1.1.1. Kvantinės elektronikos katedra ir Lazerinių tyrimų centras

Lazerinių technologijų mokslinio tyrimo ir eksperimentinės plėtros darbai VU yra pagrindiniai sukoncentruoti Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre. Šiuo metu čia dirba 8 profesoriai (habilituoti daktarai), 4 docentai (mokslų daktarai), 13 mokslininkų (mokslų daktarų), 10 techninių darbuotojų bei 23 doktorantai. Mokslinių- mokomųjų laboratorijų plotas yra apie 1000 kv.m. Be to, yra optikos dirbtuvės ir mechaninės dirbtuvės. VU Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre sukauptas virš 30 metų patyrimas lazerių fizikos ir lazerinių technologijų srityje. Kvantinės elektronikos katedra įkurta 1974. Vėliau dideli katedros aparatiniai kompleksai buvo sutelkti Lazerinių Tyrimų Centre, įkurtame 1982-aisias. Nuo 1975 m. 36 katedros nariai apsigynė daktaro disertacijas, o 6 gavo habilituoto daktaro vardą. Per šį laikotarpį sukaupta tarptautinį pripažinimą pelniusi kompetencija tokiose srityse kaip: netiesinė optika, optiniai parametriniai generatoriai ir stiprintuvai, ultratrumpųjų impulsų lazeriai, biofotonika, derinamų lazerinių šaltinių taikymas, standartizuoti lazerinių elementų parametrų matavimai bei lazerinė metrologija ir inžinerija.

Šiuo metu VU Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre yra šešios mokslinės grupės atitinkančios laboratorijas:

1. Biofotonikos grupė;
2. Impulsinių pluoštų netiesinės optikos grupė;
3. Lazerių nanofotonikos grupė;
4. Optikos charakterizavimo ir pažeidimo grupė;
5. Parametrinių reiškinių ir šviesos sūkurių grupė;
6. Trumpųjų impulsų optikos grupė.

VU Lazerių tyrimų centras turi didelę patirtį vykdant tarptautinius projektus, ypač pastaraisiais metais. 1999 m. VU Lazerių tyrimų centre buvo laimėta subsidija NATO "Mokslas taikai" programos projektui "LAZERINIS SPEKTROMETRAS" (vadovas Lietuvoje – prof. V. Sirutkaitis), kurio metu buvo sukurtas unikalus lazerinis kompleksas ribinėms optinių medžiagų savybėms plačiame spektriniame diapazone tirti. Toks kompleksas – vienintelis Europoje. Juo testuoti optines medžiagas gali ir kitų šalių mokslininkai bei lazerinės technikos gamintojai. 2000 m. VU Kvantinės elektronikos katedros ir Lazerių tyrimų centro kartu su VU Biochemijos ir Biofizikos katedra rengtas projektas CEBIOLA laimėjo Europos Sąjungos konkursą, kuriuo jiems suteiktas išskirtinio mokslo centro statusas. Tai buvo vienintelis išskirtinis mokslo centras Lietuvoje tarp dar 34 tokių pat centrų šalyse kandidatėse į ES. VU Lazerių tyrimų centro mokslinis potencialas bei Krašto apsaugos ministerijos ir Švietimo ir mokslo ministerijos bendros programos „MOKSLINIŲ CENTRŲ RENOVACIJA“ dalis apimanti VU Lazerių tyrimų centrą, žymiai atnaujinusi mokslinę bazę 2001-2002 m. sudarė sąlygas iš pradžių tapti tarptautinio ES lazerių centrų tinklo „LASERNET“ asocijuotu nariu, o nuo 2004 m. tapti pilnateisiu integruotos Europinės laboratorijos „LASERLAB-EUROPE“ nariu.

VU turi nemažus bazinės įrangos, tinkamos šiuolaikiniams lazeriniams ir optiniams tyrimams, išteklius. VU Lazerių tyrimų centro laboratorijose yra įrengti penki aparatiniai kompleksai:

1. Daugiafunkcinis lazerinis spektrometras lazerių elementų standartizuotiems parametrams tirti, sukurtas pagal NATO projektą "LAZERINIS SPEKTROMETRAS".
2. Bendro naudojimo femtosekundinis lazerinis kompleksas su Kero lęšio sinchronizuotu modų lazeriu "SUPERSPITFIRE" (Spectra Physics, JAV) ir optiniais parametriniais stiprintuvais "TOPAS" (Šviesos konversija, Lietuva) ir "TOPAS-WHITE" (Šviesos konversija, Lietuva).
3. Nd:Stiklo lazeris "TWINKLE" su faziškai moduluoto impulso regeneratyviniu stiprintuvu (Šviesos konversija, Lietuva) kartu su optiniais parametriniais stiprintuvais (Šviesos konversija, Lietuva) (2 vnt).

4. Pikosekundinių impulsų laboratorija skirta optinių parametrinių reiškinų tyrimams. Laboratorijoje instaliuota pikosekundinė Nd:YAG lazerinė sistema, skirta parametrinio šviesos stiprinimo ir generacijos reiškinų tyrimams. Didelis dėmesys skiriamas ir šviesos sūkurių (specifinių erdvinų šviesos darinių) optikai – jų sukūrimui, sklidimui erdvėje, transformavimuisi netiesinių reiškinų metu.
5. Ypač trumpų (~7 fs) impulsų lazerinė titano safyro sistema.

VU Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre dabar yra sukaupta modernios lazerinės ir matavimo įrangos maždaug už 6,5 mln Lt. Pagrindinė dalis (už virš 3,5 mln. Lt) įsigyta iš Krašto apsaugos ministerijos ir Švietimo ir mokslo ministerijos bendros programos „MOKSLINIŲ CENTRŲ RENOVACIJA“. Kita dalis įsigyta iš tarptautinių projektų NATO, ES 5 bei 6 BP bei Lietuvos Valstybinio mokslo ir studijų fondo finansuotų ir dabar finansuojamų kompleksinių bei aukštųjų technologijų programų. Kartu reikia atžymėti ir už Švietimo ir mokslo ministerijos lėšas renovuotas ir Europinius standartus atitinkančias laboratorines patalpas, kuriose randasi bendro naudojimo lazeriniai kompleksai.

Šiuo metu VU Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre yra vykdomi keturi ES 6 BP projektai susiję su lazerinėmis technologijomis arba aukščiausios kvalifikacijos specialistų ruošimu šioje srityje. Tai projektai LASERLAB – EUROPE, NOVIGLAS, ATLAS ir STELLA. Tai rodo VU Kvantinės elektronikos katedros ir Lazerinių tyrimų centro darbuotojų kompetencijos ir techninių galimybių, kai kuriose lazerinių technologijų srityse tarptautinį pripažinimą.

Keturių metų trukmės projektas LASERLAB - EUROPE - „Europos jungtinė lazerių laboratorija“ vykdomas 6BP specialiosios paprogramės "Mokslinių tyrimų infrastruktūros" rėmuose, o projekto vykdytojų konsorciumą sudaro 18 žinomiausių Europos lazerių laboratorijų. Šis projektas skirtas svarbiausių Europos lazerinių tyrimų infrastruktūrų efektyviam naudojimui ir vystymui ir jungia trijų tipų veiklas: bendradarbiavimo tinklų (Cooperation Networks) vystymą, bendrus tyrimų projektus (Joint Research Activities) ir tarptautinę prieigą moksliniams tyrimams (Transnational Access). Pažymėtina, kad EK grantas tarptautinei prieigai finansuoti Lietuvoje iki šiol yra vienintelis ir atspindi aukštą vykdomų lazerinių tyrimų lygį. Pagal Tarptautinės prieigos veiklą suplanuoti daugiau nei 30 užsienio mokslininkų vizitai į VU Lazerių tyrimų centrą ir per 4 metus 200 mokslinės lazerių tyrimo centro infrastruktūros darbo dienų bus skirta atvykstančių užsienio mokslininkų eksperimentams vykdyti. VU Lazerinių tyrimų centras taip pat dalyvauja dviejuose bendruose tyrimų projektuose. Vienas jų skirtas ultratrumpų lazerinių impulsų parametriniam stiprinimui, o kitas didelės smailinės galios ultratrumpų impulsų lazeriuose naudojamų optinių elementų ir dangų pažeidimo slenksčių standartizuotuose matavimuose bei tokių elementų ir dangų pažeidimo slenksčio didinimo

problemos sprendime.

Dviejų metų trukmės projektas NOVIGLAS - „Inovacinė didelės galios polikristalinio IAG:Nd lazerinė sistema metalinių paviršių ženkliniui, graviravimui, pjovimui ir gręžimui“ vykdomas 6BP specialiosios tyrimų ir technologinio vystymo programos „ES tyrimų sferos integracija ir stiprinimas“ rėmuose, o projekto vykdytojų konsorciumą sudaro 6 mažos ar vidutinės kompanijos ir 4 tyrimų centrai. Šio projekto tikslas sukurti automatinę lazerinę sistemą naudojant polikristalinį IAG:Nd, keraminę medžiagą pasižyminčią geresnėmis šiluminėmis ir optinėmis charakteristikomis bei mažesnėmis gamybos sąnaudomis. Sistemoje bus panaudotas diodinis kaupinimas. Sistema turėtų generuoti didelės vidutinės galios (200 W) 30 ns trukmės impulsus su pluošto kokybės parametru M^2 reikšme mažesne nei 5. Kartu su lazerine sistema bus kuriama lazerinė ženklinimo ir pjovimo galva. Sistema turėtų įgalinti ženklinti, graviruoti, pjauti ir gręžti bet kurį metalą. VU Lazerinių tyrimų centras dalyvauja lazerio optinės schemos kūrimo, parametrų įvertinimo bei technologiniuose išbandymuose. Tokių galingų lazerinių sistemų kūrimo bei jų spinduliuotės panaudojimo metalų apdirbimui VU Lazerinių tyrimų centrui neteko anksčiau dalyvauti, todėl tenka ištraukti į generacijos tyrimus su polikristaliniu IAG:Nd, įgauti įgūdžių su ypač didelės galios lazeriniais diodais, naudojamais kietojo kūno lazerių kaupinimui, vystyti lazerinės spinduliuotės ir medžiagos sąveikos tyrimus. Tam pirmiausia reikalinga nauja įranga, tokia kaip didelės galios diodiniai lazeriai, diodinių lazerių valdikliai, didelio dažnio lazerio laikinių parametrų valdikliai, įvairios lazerio pluošto skenavimo sistemos. Šis projektas tiesiogiai susijęs su modernių pramoninių lazerių ir lazerinių sistemų kūrimu.

VU Lazerinių tyrimų centras kartu su 4 institucijomis-partneriais iš kitų ES šalių vykdo 6BP projektą ATLAS (Advanced Training in Laser Science) – „Priešakinės Lazerių Mokslo Studijos“. Šis 4 metų trukmės projektas vykdomas 6BP specialiosios paprogramės EST ("Marie Curie Early Stage Training") rėmuose. Ši veikla nukreipta į jaunų perspektyvių mokslininkų-doktorantų kvalifikacijos kėlimą bendromis ES šalių mokslo institucijų pastangomis, sudarant jiems palankias sąlygas atlikti mokslinį darbą ir gilinti specialiąsias žinias bei įgūdžius įvairiuose vedančiuose mokslo centruose. Pagal šį projektą per 4 metus (2005-2008) VU privalo užtikrinti reikiamas sąlygas ir infrastruktūrą 72 mėnesių trukmės ES šalių mokslininkų eksperimentiniam darbui ir specialiosioms studijoms VU Lazerinių tyrimų centre. Visų pirma, projektas yra aukštos studijų kokybės Lazerių mokslo ir technologijų srityje tarptautinis pripažinimas ir kartu papildoma galimybė toliau ją gerinti. Projekto svarba Lietuvos doktorantų studijų kokybei kelti yra didžiulė ir glaudžiai siejasi su Lazerinių tyrimų centro vykdomais BPD 1.5 ir 2.5 priemonių struktūrinių fondų projektais („Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centras“ ir Aukščiausios pakopos specialistų ruošimas lazerinių ir optinių

technologijų srityje“. Sėkmingas projekto vykdymas ir šios veiklos tąsa atvertų galimybę Vilniaus universitetui įsijungti ir į kitas ES 6BP ir 7BP Marie Curie veikas, tokias kaip ToK (Host fellowship for the Transfer of Knowledge), RTN (Research and Training Networks) ir kt. Pažymėtina, kad šis EK projektas yra vienas iš dviejų VU ir visoje Lietuvoje vykdomų Marie Curie projektų, kurie Vilniaus universitetui suteikia Marie Curie prieigos institucijos statusą (Host Institution).

Nuo 2006-05-01 Vilniaus universitete, Kvantinės elektronikos katedroje pradėtas vykdyti projektas STELLA – Studies and Training in Experiments with Lasers and Laser Applications, (“Tarptautinė Marie Curie katedra “Lazerių taikymo ekselencijos centras”) 6BP specialiosios paprogramės EXC (Marie Curie Chair) rėmuose. Projekto tikslas - sukurti Europinį mokymo pavyzdinį centrą, kuriame jaunieji mokslininkai galės semtis bei dalintis pačiomis naujausiomis ir aktualiomis lazerių fizikos bei netiesinės optikos žiniomis. Pagal projektą STELLA numatytos 3 kasmetinės mėnesio trukmės lazerių taikymo eksperimentų vasaros mokyklos Lietuvos ir užsienio magistrantams ir doktorantams, kurių metu savo patirtimi dalysis žymiausi specialistai iš Lietuvos ir viso pasaulio, bus skatinamas tarptautinis bendradarbiavimas bei mokslinė veikla, kurios masės centras bus Vilniaus universitete. Taip pat įvyks paroda, atskleidžianti galias mokslo ir meno sąsajas plačiajai visuomenei bei moksleiviams. Pažymėtina, kad šis projektas yra unikalus ir vienintelis Lietuvoje, viso ES šalyse 2005 m. Marie Curie Chair projektus laimėjo tik 25 mokslininkai, o vienas iš jų dirba Vilniaus universitete, Kvantinės elektronikos katedroje, kuriai suteiktas Marie Curie Chair priimančios institucijos statusas. Tą nulėmė Kvantinės elektronikos katedros infrastruktūros galimybės, čia mokslinės laboratorijos yra modernizuojamos ir nuolat atnaujinamos, jų lygis atitinka šiuolaikinių kitų Europos lazerių laboratorijų lygį. Projekto svarba yra neabejotina, sėkmingas jo įgyvendinimas atvers naujas galimybes Vilniaus universitetui įsijungti ir į kitas ES BP6 veikas (šiuo metu yra pateiktas specialiosios paprogramės RTN projektas CONNET, susijęs su STELLA, ir kurio koordinatorius yra Vilniaus Universitetas (viso dalyvauja 8 institucijos iš Lietuvos, Didžiosios Britanijos, Prancūzijos, Ispanijos ir Italijos).

Ne mažiau svarbūs be ES 6 BP projektų yra VU Kvantinės elektronikos katedroje ir Lazerinių tyrimų centre kartu su partneriais iš kitų mokslinių institucijų bei lazerinių bendrovių vykdomi Lietuvos aukštųjų technologijų programos projektai. 2003-2006 metais VU Kvantinės elektronikos katedros ir Lazerinių tyrimų centro darbuotojai koordinavo tris Lietuvos Aukštųjų technologijų programos projektus. Tai yra:

1. DIOGENAS - Diodiniais lazeriais kaupinamos didelio skaičiaus lazerių sistemos mokslui ir pramonei.

2. SOPTDANGOS - Didelės energijos jonų srautais sutankintų optinių dangų technologijų sukūrimas.
3. JAGAS – Didelės vidutinės galios ~1 ps lazeris kelių optinių ciklų impulsų parametriniam stiprinimui.

Daugiau informacijos apie dabar vykdomus pagrindinius (jiems priskiriami tie, kurių biudžetas didesnis nei 100 tūkst. Lt) projektus yra pateikta 1 priede. Iš septinių 2007 m. gegužės mėnesį patvirtintų naujų Lietuvos Aukštųjų technologijų plėtros programos projektų VU atstovai koordinuos penkis naujus, o dar dviejuose bus kaip dalyviai. Vieną projektą koordinuos FI ir vieną PFI atstovai. Daugumoje projektų dalyvauja FI atstovai bei įvairios Lietuvos lazerinės bendrovės.

2.2.1.1.1.1. Fundamentiniai tyrimai lazerių ir lazerinių technologijų srityje VU KEK ir LTC

2.2.1.1.1.1.1. Ultraspartusis mokslas ir technologija

Viena iš sparčiai besivystančių šiuolaikinės fizikos kryptių yra ultratrumpų šviesos impulsų generacija, stiprinimas, valdymas ir detektavimas bei taikymai tiriant ultrasparčius fizikinius procesus atomo, branduolio, plazmos bei medžiagų fizikoje, kietojo kūno elektronikoje ir didelių energijos tankių fizikoje. Ši kryptis apimanti daug disciplinų nuo branduolio fizikos iki astrofizikos su taikymais nuo telekomunikacijų iki medicininės chirurgijos yra šiandien tarp labiausiai įdomių mokslo ir inžinerijos sričių ir užsienyje dažnai vadinama *Ultrasparčiuju mokslu ir technologija*. Ultrasparčiojo mokslo ir technologijos pavyzdžiais gali būti: optinis ryšys su terabitiniu greičiu naudojant 300 fs impulsus, didelio greičio elektronika (0,5 THz), medžiagų mokslas su mikroapdirbimu, lazerinis garinimas, reletyvistinės plazmos fizika, greitinamų pluoštų fizika, branduolio fizika, didelės energijos fizika, astrofizika, kosmologija, medicininiai taikymai akies chirurgijoje, tiksloji radiografija ir hadronų terapija.

Žymus progresas didelės galios femtosekundinių šviesos impulsų gavime ir taikymuose buvo pasiektas dėka šių mokslinių sprendimų ir jų techninio realizavimo:

- a) apie 1985 m. G. Mourou su bendradarbiais įdiegė moduluotų impulsų stiprinimą, kai yra stiprinamas daug kartų išplėstas pradinis impulsas ir tai įgalino pikosekundinių ir femtosekundinių impulsų energiją ir intensyvumą padidinti 10^3 - 10^6 kartų,
- b) apie 1991 m. kelios grupės (pirmieji apie tai paskelbė W. Sibbett su bendradarbiais) realizavo Kero lęšio modų sinchronizaciją, naują ultratrumpų impulsų generacijos metodą, įgalinusių generuoti stabilius femtosekundinės (60-150 fs) trukmės impulsus kietojo kūno plačiajuostėse terpėse,

- c) apie 1996 m. naudojant specialias priemones generuojamų impulsų trukmės lazeriuose buvo sumažintos iki ~5 fs titano safyro lazeriuose (žymus indėlis tame priklauso F.Krausz grupei),
- d) apie 1992 m. Vilniaus universitete (A.Piskarskas su bendradarbiais) buvo pasiūlytas femtosekundinių impulsų parametrinio stiprinimo metodas pradėtas plačiai taikyti įvairiose laboratorijose apie 2003 metus.

Pagrindiniai moksliniai sprendimai femtosekundinių šviesos impulsų gavime pirmiausiai buvo įgyvendinti komercinėse titano safyro lazerinėse sistemose, galinčiose generuoti ~150 fs trukmės impulsus su energija ~2 mJ ir pasikartojimo dažniu ~1 kHz. Viena tokia sistema vykdant bendrą KAM ir ŠMM. Programą „Mokslinių centrų renovacija“ kaip bendro naudojimo unikalių galimybių lazerinis kompleksas buvo nupirktas ir instaliuotas Vilniaus universiteto lazerinių tyrimų centre 2001 metais. Tai įgalino atlikti daug svarbių tyrimų tokiose ultragreitųjų procesų ir didelės galios impulsų naudojimo srityse kaip: femtosekundinių impulsų netiesinis sklidimas skaidriose terpėse, lazerio indukuotas pažeidimas skaidriose terpėse ir dielektrinėse dangose, ultragreitų procesų tyrimas puslaidininkinėse ir biomolekulinėse sistemose, THz impulsų generacija, netiesinių optinių procesų tyrimas. Šis kompleksas buvo naudojamas ir vykdant tyrimus bei suteikiant prieigą Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre Laserlab-Europe projekto dalyviams iš kitų ES šalių.

Tačiau per praėjusius penkerius metus šioje srityje įvyko dideli pokyčiai. Naudojant didesnės energijos (~200 mJ) femtosekundinius impulsus, gaunamus ~10 Hz dažniu veikiančiose lazerinėse sistemose, ir jais apšvitinant kietus taikinius galima aukštesnių harmonikų generacija bei dar trumpesnių atosekundinės trukmės impulsų generacija vakuuminėje UV srityje. Todėl per šį laikotarpį sparčiai vystėsi atosekundinių impulsų generacijos ir taikymo sritys. Kartu su femtosekundinių impulsų trukmės mažėjimu bei energijos didėjimu vyko intensyvumo didinimas tokių lazerių sufokusuotuose pluoštuose iki 10^{19} W/cm². Kartu atsirado ne tik teravatinės bet ir petavatinės galios sistemos. Tokių sistemų pavyzdžiais gali būti:

- a) Astra Gemini sistema, kuriama Rezerfordo laboratorijoje (JK) titano safyro pagrindu su tokiais parametrais: 2 sinchronizuoti pluoštai su 30 fs trukmės impulsais, kurių kiekvieno energija yra 15 J ir pasikartojimo dažniu 1 impulsas per minutę,
- b) Polaris sistema, kuriama Jenos universitete (Vokietija) iterbio lazerinių terpių ir diodinio kaupinimo pagrindu su tokiais parametrais: 150 fs trukmės impulsas su 8 J energija bei 1 impulso per minutę pasikartojimo dažniu,
- c) OPCPA sistema prie Vulcano lazerio, kuriama Rezerfordo laboratorijoje (JK) ir turėianti 10 PW smailinę galią ir kuriama stiklo sistemos bei parametrinio šviesos stiprinimo pagrindu.

Didžiausius femtosekundinių impulsų intensyvumus numatoma pasiekti ELI infrastruktūroje, įtrauktoje į Europos mokslinių infrastruktūrų (ESFRI) žemėlapi 2006 m. ir planuojamoje pastatyti Prancūzijoje iki 2013 metų. Pagal projektą ši lazerinė sistema turės 1 pluoštą su 350 J energijos ir 15 fs trukmės impulsu, kurio pasikartojimo dažnis bus 1 impulsas per minutę. Lazerinės sistemos sufokusuotas pluoštas turėtų įgalinti pasiekti 10^{23} W/cm² intensyvumą, kuriame jau turėtų būti stebimi reliatyvistiniai elektrodinaminiai efektai. Atosekundiniai impulsai generuojami su tokiais impulsais turėtų įgalinti stebėti elektronų dinamiką atomuose, molekulėse plazmoje ir kietuose kūnuose su atosekundine skiriamąja geba. Tokia sistema turėtų įgalinti ir didelės energijos kvantinių dalelių generaciją. Todėl ši sistema turės panaudojimą medicinoje, medžiagų moksle ir aplinkotyroje. Šios sistemos konstravimo išlaidos bus ~150 mln. Eurų su ~6 mln. Eurų eksploatacijos išlaidomis per metus.

Lietuva negali sau leisti panašių išlaidų kaip mokslinės infrastruktūros ELI kūrimas. Iš kitos pusės Lietuvoje sukūrus tokią infrastruktūrą nebūtų pakankamai kitų disciplinų vartotojų ir jos panaudojimas nebūtų eketyvus. Tačiau šią kryptį reikia vystyti nes ji yra perspektyvi ir tarpdisciplininė. Kai kuriuos perspektyvius tyrimus galima atlikti ir su žymiai mažesnėmis impulsų energijomis ir tada tokia sistema tampa žymiai pigesnė. Iš kitos pusės tokių sistemų kūrime Lietuvoje per šį penkmetį buvo sukauptas gana didelis patyrimas ir tokio tipo tik mažesnės energijos impulsų sistemos gali būti kuriamos savitu keliu. Todėl šią kryptį numatome vystyti kaip lazerių fizikos fundamentinių tyrimų kryptį. Kaip viena iš pagrindinių tokiems tyrimams vykdyti reikalingų sąlygų planuojama sukurti keletą bendrojo naudojimo femtosekundinių impulsų lazerinių sistemų. Jos bus kuriamos tiek naudojant Lietuvoje sukauptą patyrimą su iterbio lazerinėmis sistemomis ir parametriniu ultratrumpų impulsų stiprinimu, tiek ir įsigyjant komercines didesnės energijos titano safyro lazerines sistemas iš užsienio. Šios sistemos iš principo turi pasitarnauti ir taikomųjų uždavinių sprendimui bei naujų Lietuvoje įsisavintų produktų kūrimui ir išbandymui.

Siūlomos artimiausiai ateičiai (2007-2013 m.) fundamentinių tyrimų temos yra:

1. *Didelio intensyvumo optika,*
2. *Parametriniai reiškiniai,*
3. *Lazerinė nanofotonika.*

2.2.1.1.1.2. Didelio intensyvumo optika

2.2.1.1.1.2.1 Didelės vidutinės galios femtosekundiniai lazeriai

Kaip buvo minėta pastarojo dešimtmečio įspūdingi pasiekimai lazerių fizikoje ir inžinerijoje atvėrė plačias galimybes femtosekundinės ar net atosekundinės trukmės vyksmų tyrimuose. Šiuo metu

įvairiuose mokslo centruose jau kuriamos modulioto dažnio impulsų stiprinimo lazerinės sistemos generuojančios impulsus, kurių trukmė sudaro vos keletą optinių ciklų, o galia yra petavatų eilės. Tačiau tokių sistemų pasikartojimo dažnis paprastai yra žemas, o vidutinė galia neviršija 10W. Spinduliuotės ir medžiagos sąveikos tyrimuose aktualu turėti aukštą ne tik impulsinę, bet ir vidutinę lazerių sistemų galią, tuo būdu pažeminant žemos išeigos signalų registracijos slenkstį ir padidinant matavimų patikimumą. Šiuo metu artimiausi tikslai, kuriuos kelia lazerių sistemų mokslo tyrėjai yra patikimų kompaktiškų > 10 kHz pasikartojimo dažnio lazerinių sistemų generuojančių dešimčių vatų vidutinės galios trumpesnius nei 30 femtosekundžių impulsus sukūrimas. Tokios sistemos yra ypač efektyvios tokiose fundamentinėse lazerių fizikos srityse kaip aukštųjų harmonikų ir atosekundinės trukmės impulsų generacijos tyrimai. Iš kito pusės, yra akivaizdus tokių lazerinių sistemų poreikis taikomiesiems tyrimams medžiagų apdirbime femtosekundinės trukmės impulsais, medžiagų diagnostikoje naudojant netiesinės optikos metodus, THz dažnių spinduliuotės generavime, biomedicininuose taikymuose ir kt.

Iškelti uždaviniai gali būti išspręsti tik panaudojus priešakines lazerių inžinerijos koncepcijas ir geriausias lazerinės technikos pasiekimus. Diodinių lazerių panaudojimas kietojo kūno lazerių kaupinimui- vienas iš svarbiausių šiuolaikinių lazerinių sistemų elementų. Šiuo metu diodinių lazerių galios didinimo ir didelio skaisčio šviesos pluoštelių formavimo būdai yra gerai išvystyti ir gali būti sėkmingai pritaikyti specialių parametru lazerių kūrimui. Iš kitos pusės, pastarųjų metų darbai rodo, kad kuriant didelės vidutinės galios lazerius iterbiu legiruotos aktyviosios medžiagos yra gera alternatyvą jau seniai ir plačiai naudojamiems Ti: safyro ar neodimiu legiruotiems kristalams. Iterbio lazeriuose dėl ypač mažo kvantinio defekto aktyviuose elementuose išsiskiria žymiai mažiau šilumos, kas tiesiogiai veda prie mažesnių terminių aktyviųjų elementų apkrovų. Be to, tokios aktyviosios medžiagos kaip Yb:KGW, Yb:KYW pasižymi pakankamai plačia spektrine stiprinimo juosta, tinkamomis kaupinimo sugerties ir stiprinimo charakteristikomis leidžiančiomis efektyviai generuoti didelės galios femtosekundinius impulsus.

Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre per kelis dešimtmečius yra sukaupta didelė patirtis kuriant įvairių tipų itin trumpų impulsų lazerius. Pastaraisiais metais buvo sėkmingai įvykdyta keletas projektų, atliekant diodinio kaupinimo femtosekundinių iterbio lazerinių sistemų tyrimus. Gauti rezultatai, rodo geras perspektyvas didinti jų generuojamų impulsų energiją ir galią. Tačiau siekiant realizuoti iškeltus tikslus yra būtini tolimesni ir žymiai platesni tyrimai. Yra numatomos kelios artimiausių metų didelės galios femtosekundinių lazerių tyrimų kryptys:

1. *Iterbio lazerių kaupinimo sistemų lazerinių diodų pagrindu optimizavimas, didinant jų galią ir formuojant didelio skaisčio spinduliuotės kaupinimo pluoštus,*

2. *Naujų aktyviųjų lazerio medžiagų paieška, aktyviųjų elementų konfigūracijos optimizavimas,*
3. *Platus tyrimai numatomi termo-optinių efektų lemiančių didelės vidutinės galios lazerių generuojamų šviesos pluoštų kokybę tyrimai,*
4. *Optimalių lazerinių stiprinimo sistemų architektūros paieška, jų parametrų optimizavimas, užtikrinant patikimą lazerių darbą įvairiuose režimuose.*

Plečiant didelės vidutinės galios femtosekundinių sistemų taikymo galimybes taip pat bus atliekami tyrimai harmonikų generacijos, parametrinio šviesos stiprinimo srityse.

2.2.1.1.1.1.2.2. Trumpų impulsų stiprinimas naudojant parametrinį stiprinimą

Parametrinių reiškinių ir labai trumpų impulsų sąveikos su medžiaga optiniame diapazone tyrimai pastaruosius kelis dešimtmečius intensyviai vykdomi daugelyje Pasaulio mokslinių centrų tokių kaip Stenfordo universitetas (JAV), Livermoro laboratorija (JAV), Ecole Polytechnique (Prancūzija), Makso Planko Kvantinės optikos institutas (Vokietija) ir kt. Ypatingai darbai suaktyvėjo per pastaruosius 5 metus kai buvo parodyta, kad galima lazerinėse sistemose formuoti ir stiprinti fiksuoto dažnio femtosekundinės trukmės impulsus (~10-20 fs), o naudojant parametrinę šviesos generaciją kristaluose generuoti derinamus plačiame spektriniame diapazone femtosekundinės trukmės impulsus. Poreikis turėti labai tropus šviesos impulsus derinamus plačiame spektriniame diapazone mokslinėse laboratorijose yra susijęs su tuo, kad tokių impulsų panaudojimas spektroskopijoje įgalina ženkliai padidinti tyrimų laikinę skiriamąją gebą ir gauti papildomos informacijos apie sparčius procesus vykstančius kietuose kūnuose ir molekulinėse sistemose. Taip pat labai trumpų šviesos impulsų generavimo metodų tobulinimas yra svarbus šiuolaikinių komunikacijų priemonių plėtotės uždavinys. Kita labai trumpų šviesos impulsų taikymo sritis susijusi su galimybe formuoti ekstremaliai didelio intensyvumo spinduliuotę. Tokia spinduliuote veikiant specialius taikinius galima sukurti taškinio Rentgeno spinduliuotės šaltinius biomedicininiais taikymams, tirti šviesos, elektronų ir kitų elementarių dalelių sąveiką fundamentaliuose tyrimuose.

Moksliniai tyrimai šviesos parametrinių sąveikų srityje vystomi keliomis kryptimis. Tai naujų netiesinių medžiagų parametriniams dažnio keitikliams paieška ir parametrinių procesų skaidriose aplinkose fundamentiniai tyrimai naudojant žadinimui įvairios konfigūracijos šviesos pluoštus ir impulsus. Pagrindinis šios programos tikslas yra paieška būdų formuoti teravatų ir petavatų galios šviesos impulsus. Šviesos impulsų stiprinimas iki tera- ir petavatų galios yra apribotas dėl stiprinimo terpės optinio ardymo. Todėl moksliniai tyrimai siekiant suformuoti tokios galios šviesos impulsus vykdomi naudojant faziškai moduluotų šviesos impulsų stiprinimą. Būdo esmę sudaro tai, kad prieš

stiprinimo pakopą šviesos impulsai dispersinių elementų pagalba yra išplečiami laike, sustiprinami, o po to suspaudžiami priešingo ženklo dispersinių elementų spaustuose. Galimi du faziškai moduluotų šviesos impulsų stiprinimo būdai: stiprinimas aplinkose su užpildos apgrąža (lazerinėse terpėse) ir stiprinimas parametriniuose šviesos stiprintuvuose. Pastarasis būdas turi visą eilę pranašumų: galimybė formuoti aukšto kontrasto impulsus ($\sim 10^7$ - 10^8), didelis stiprinimo koeficientas ($> 10^8$), labai plati stiprinimo juosta (~ 100 GHz). Pirmąkart galimybė parametriškai stiprinti faziškai moduluotus šviesos impulsus buvo pademonstruota 1992 metais Vilniaus universiteto darbuotojų A.Dubiečio, G.Jonušausko ir A.Piskarsko darbe [*Opt. Comm.* **88**, 437 (1992)]. Šiandienai ši labai trumpų impulsų stiprinimo metodą kuriant teravatų ir petavatų galios lazerines sistemas naudoja Rezerfordo laboratorijoje (Didžioji Britanija), Makso Planko Kvantinės optikos institute (Vokietija) ir kt.

Numatomų tyrimų kryptys yra:

1. *Faziškai moduluotų femtosekundinių šviesos darinių parametrinio stiprinimo tyrimai siekiant nustatyti sąlygas ribinės trukmės (monociklinių) šviesos impulsų formavimui,*
2. *Femtosekundinių derinamo bangos ilgio ultravioletinio diapazono impulsų generacijos tyrimai norint sukurti dažnio keitiklį DNR aminorūgščių pažaidoms tirti.*

2.2.1.1.1.2.3. Ekstremali optika ir spektroskopija

Vienas iš pamatinių netiesinės optikos reiškinių yra šviesos saviveika skaidriose terpėse. Šį reiškinį sąlygoja stiprus ir trumpas galingos šviesos elektrinio lauko poveikis medžiagai – deformuojamas atomus supantis elektronų debesėlis – taip šviesa laikinai “pakeičia” medžiagos lūžio rodiklį. Ir nors šis pokytis yra labai mažas (10^{-2} - 10^{-4} eilės) ir trumpalaikis, to pilnai pakanka, kad šviesos pluoštas veiktų pats save. Tokiu būdu izotropinė medžiaga tampa lęšiška aplinka, iškraipanti bangos frontą. Viršijus taip vadinamą kritinę fokusavimosi galią medžiagoje, stebimas katastrofiškas pluošto matmenų mažėjimas (kolapsas), lemiantis medžiagos optinį suardymą. Tačiau, mažėjant šviesos impulsų trukmei, medžiagų atsparumas optiniam pažeidimui didėja, ir, naudojant keletą pikosekundžių ir trumpesnius ($< 10^{-12}$ s) impulsus, galima pasiekti itin didelį intensyvumą, kai šviesos saviveikos fizika praturtėja anksčiau nestebėtais efektais – baltos šviesos (kontinuumo) generacija, šviesos gijų susidarymu, labai lokalia medžiagos jonizacija ir tt. Sukūrus naujos kartos femtosekundinius lazerius, atgimė ir domėjimasis šviesos saviveikos reiškiniais.

Itin didelio intensyvumo femtosekundinių impulsų taikymai, kaip antai: šviesos gijų bei plataus spektro (superkontinuumo) generacija; atosekundžių trukmės aukštesniųjų harmonikų impulsų

generacija jonizuojant medžiagą; superkontinuumo generacija šviesolaidžiuose; erdvinių (nano)struktūrų formavimas (įrašymas) skaidrių medžiagų paviršiuje ir tūryje lėmė, kad būtent šią lazerių fizikos ir technologijos sritį galima išskirti kaip vieną labiausiai novatoriškų ir sparčiausiai besivystančių pastaraisiais metais. Nepaisant didelio susidomėjimo (nuolat augančio mokslinių publikacijų skaičiaus) ir net reikšmingų pasiekimų šioje srityje, fundamentalūs mechanizmai, lemiantys unikalias femtosekundinių impulsų paveiktos medžiagos bei banginių paketų transformacijas, nėra vienareikšmiai nustatyti. Tokia situacija didele dalimi sąlygota itin galingų ir trumpų šviesos impulsų sąveikos su medžiaga ypatumais, pasireiškiančiais sklindant šiems tiek skaidrioje terpėje, tiek ir esant rezonansams. Ypatinę šios sąveikos pobūdį lemia du veiksniai: 1) ekstremalūs laukai, sulyginami su vidiniais elektriniais laukais, rišančiais elektronus su atomo, molekulės ar kietojo kūno "šerdimi" (branduoliu); 2) ekstremalios trukmės, kurios daugeliu atveju yra trumpesnės už itin sparčių vyksmų medžiagoje trukmes, tad sąveikos pobūdį gali lemti ne tik optinio sužadavimo amplitudės, bet ir jo fazės evoliucija.

Tradicinė netiesinė optika ir lazerinė spektroskopija remiasi artinias, kai medžiagos netiesinis atsakas (jautris) dėstomas eilute, tariant, jog lazerio kuriamas elektrinis laukas yra daug silpnesnis, nei vidiniai elektriniai laukai, o sužadavimo fazės relaksacijos trukmė - žymiai trumpesnė, nei naudojamos lazerinių impulsų trukmės. Todėl numatomais 2007-2013 metų periodui eksperimentiniais ir teoriniais tyrimais (atsisakant tradicinės netiesinės optikos artinių) bus siekiama išsiaiškinti fundamentalius mechanizmus lemiančius reiškinių, vykstančių ekstremaliomis lauko ir medžiagos sąveikos sąlygomis, prigimtį. Tokie tyrimai, sėkmės atveju, įgalintų suprasti šiuos reiškinius, juos aprašyti, modeliuoti ir, tuo pačiu, vystyti esamus jų taikymus, bei ieškoti naujų. Žemiau išvardintos numatomos tokių tyrimų kryptys:

1. Ekstremali skaidrių medžiagų optika ir spektroskopija.

Planuojamais tyrimais bus tiriami procesai sukelti pažeidus skaidrioje medžiagoje (daugiafotonė jonizacija, šiluminis medžiagos ardymas, šviesos kontinuumo generacija, intensyvių šviesos impulsų sukulto netiesinio lūžio rodiklio kitimo dinamika ir t.t.); siekiama nustatyti fizikinius reiškinius, sąlygojančius liekamąjį lūžio rodiklio pokytį (nesant ardymo) skaidrioje medžiagoje; modeliuojama galingų ultratrumpų šviesos impulsų sklidimas skaidrioje terpėje su periodine lūžio rodiklio struktūra paviršiuje ir tūryje (fotoniniuose kristaluose); tiriamas galimas reliatyvistinių efektų poveikis.

2. Ekstremali nanostruktūrų optika ir spektroskopija.

Planuojami eksperimentiniai ir teoriniai nanostruktūrų: kvantinių taškų, 1D ir 2D (bei tarpinių dimensijų) darinių didelės laikinės skyros spektroskopiniai tyrimai. Pažymėtina, kad minėti

tyrimai priskirtini ekstremalios optikos sričiai dėl itin stiprios rezonansinės lauko ir medžiagos sąveikos, sąlygojamos didelių optinių šuolių į eksitonines būsenas matricinių elementų verčių. Antra vertus, ekstremalų šios sąveikos pobūdį lemia ir ilgos (lyginant su femtosekundėmis) tokių struktūrų rezonansinių sužadinių fazės relaksacijos trukmės.

3. *Netiesinė atomo optika ir spektroskopija ekstremalių sąveikų atveju.*

2.2.1.1.1.3. Parametriniai reiškiniai

2.2.1.1.1.3.1. Netiesinės X bangos – kūginės šviesos kulkos

Viena iš svarbiausių šiuolaikinės netiesinės optikos problemų yra labai mažų matmenų optinių bangų paketų formavimas, kurių trukmė yra lygi keletai femtosekundžių, o skersiniai matmenys keletui mikrometrų. Kadangi dispersinis impulsų plitimas ir pluoštų difrakcija sukelia tokių paketų skersinę ir išilginę difuziją, tai svarbiausias tikslas čia yra rasti tokias paketų sklidimo sąlygas, kad difuzijos įtaka būtų minimali. Tai yra įmanoma formuojant šviesos pluoštus pasižyminčius kampine dispersija. Jei šiuo atveju parenkamas tinkamas kampinės dispersijos dėsnis, tai paketo dispersinis plitimas yra kompensuojamas jo difrakcija, ir sklindančio bangų paketo erdvinio ir laikinio spektro komponentai lieka sufazuoti, gaunamos X-bangos. Šių bangų erdvinės ir laikinės charakteristikos yra tarpiai susiję, todėl svarbus yra sklindančių paketų erdvinės laikinės dinamikos pobūdis.

Bendradarbiaujant VU ir Italijos mokslininkams, 2003 m. pirmą kartą buvo stebėtas savaiminis X bangų radimasis, vykstant parametrinei šviesos bangų sąveikai netiesiniuose (dvejopo lūžio) kristaluose. X bangos pasižymi tuo, kad jų bangos vektoriai, yra nukreipti ne sklidimo kryptimi, o yra išsidėstę ant tam tikrų kūginių paviršių, ir dažnai apibūdinamos kaip daugiaspalviai Beselio pluoštai. Vaizdžiai kalbant, savaiminis tokių kūginių X-bangų susidarymas galėtų būti siejamas su šviesos savybe visada pasirinkti optimalų sklidimo kelią. Būtent dėl šios aplinkybės, vykstant bangų paketo saviveikai medžiagoje, įvyksta ir savotiška natūrali atranka: netiesinė sąveika bangų vektorius “išdėsto” taip, kad išlieka tik geriausiai sklidimo sąlygas atitinkančios dedamosios. Visumoje, Vilniaus universitete Kvantinės elektronikos katedroje yra sukauptas nemažas patyrimas tiriant šviesos pluoštų su kampine dispersija savybes tiesinėje ir netiesinėje optikoje: pakrypusių impulsų formavimas, jų sklidimas, X bangų fazinis sinchronizmas tribangėje sąveikose, X bangų parametrinė generacija.

Lyginant su įprastiniais Gauso formos (juos galime vadinti klasikiniiais) bangų paketais (turint omenyje laikinius ir erdvinius skirstinius), šviesos gijos, kaip ir Beselio pluoštai ar X-bangos,

pasižymi tuo, kad tik labai maža energijos dalis yra sukoncentruota siauroje intensyvioje smailėje. Todėl tokioms bangoms sklindant terpėje, sąveika su medžiaga vyksta tik siauroje intensyvios smailės srityje, kai tuo tarpu didžioji energijos dalis sklinda nesąveikaudama. Šios unikališkos šviesos kulkų savybės jau randa taikymų mokslo ir technologijos srityse, kuriose įprastinių Gauso formos bangų paketų panaudojimas yra mažai efektyvus, o kartais net ir vargiai įmanomas. Vienas pirmųjų taikymų, pasiūlytas šviesos gijoms žadinamoms ore – tai nuotolinis atmosferos teršalų aptikimas ir identifikacija balta šviesa. Šviesos gijos ore bei kitose dujose naudojamos ir valdomam elektros išlydžiui sukelti. Šiuo metu šviesos kulkų lėkio ilgis ore matuojamas kilometrais, ir žingsnis po žingsnio artėjama prie pirmojo lazerinio žaibolaidžio sukūrimo. 2007-2013 m. yra planuojama atlikti eksperimentinius ir teorinius tyrimus, kurie įgalintų:

1. *Suvokti erdvinę ir laikinę impulsinių pluoštų sklidimo dinamiką kvadratinio ir kubinio netiesiškumo terpėse plačiame trukmių (nuo nanosekundžių iki keletos femtosekundžių) intervale bei plačiame bangos ilgių ruože (nuo regimosios iki infraraudonosios srities).*
2. *Ištirti įvairius galimus šviesos paketų laikinės erdvinės dinamikos reiškinius: X-tipo ir O-tipo bangas, solitonus, optinius sūkurius, gijų susidarymą.*
3. *Kurti norimų ir kontroliuojamų parametrų šviesos darinius.*
4. *Remiantis gautais rezultatais išvystyti naujus eksperimentinės diagnostikos metodus, įgalinančius atlikti trimatę tomografiją bei sukurti netiesinės optikos prietaisus su gerai kontroliuojamais optinių signalų erdviniais ir laikiniais parametrais.*
5. *Vystyti didelės galios X bangų generaciją, pasinaudojant parametrinio faziškai moduluotų impulsų stiprinimo technologija. Galutinis tikslas būtų sukurti didelės energijos monociklinių šviesos impulsų šaltinį šiuolaikiniams didelių intensyvumų fizikos moksliniams bei taikomiesiems tyrimams.*
6. *Dvifotonų procesų inicijavimo galimybių selektyviajai šviesos terapijai biologinėse terpėse tyrimas naudojant lokalizuotus šviesos pluoštus.*

2.2.1.1.1.3.2. Keturfotoniniai parametriniai reiškiniai dujose

Koherentinės spinduliuotės generacijai ultravioletiniame (UV) ir vakuminio ultravioleto (VUV) spektriniuose diapazonuose naudojamos dujinės medžiagos (inertinės dujos, metalų garai bei plazma), kurios turi nemažai privalumų, lyginant su netiesiniais kristalais: jos skaidrios plačiame spektriniame diapazone, turi aukštą optinio pažeidimo slenkstį bei didelį netiesiškumą, lengvai atsistato po optinio pažeidimo, jose gali vykti daugiau ir įvairesnių netiesinių optinių procesų. Dujinių optinių elementų

matmenys praktiškai gali būti kur kas didesni, nei optinių kristalų matmenys, todėl didinant sąveikos ilgį, dujose galime palyginti lengvai pasiekti ir didelius naujų dažnių generacijos efektyvumus. Be to, naudodami skirtingų dujinių medžiagų mišinius, galime lengvai tenkinti fazinio sinchronizmo sąlygas, būtinas efektyviam šviesos generacijos procesui. Skirtingai nei kristalų, dujinių medžiagų atomų netiesines savybes galima gana lengvai įvertinti teoriškai, o tai svarbu eksperimentinių rezultatų aiškinimui ir teorinių skaičiavimų metodų tikslinimui.

Pagrindinis netiesinis procesas dujose, leidžiantis generuoti derinamo dažnio spinduliuotę yra keturfotonė parametrinė generacija. Šio proceso metu du žadinimo kvantai skyla į du derinamo dažnio šviesos kvantus. Toks šviesos generacijos metodas kol kas nėra plačiai naudojamas praktikoje, nes iki šiol beveik visuose eksperimentuose dujų žadinimui būdavo naudojami palyginti mažos galios nanosekundinės ar pikosekundinės trukmės šviesos impulsai. Atsiradus galingiems femtosekundinės trukmės impulsus generuojantiems lazeriams atsivėrė naujos galimybės keturfotoninės parametrinės šviesos generacijos būdu ultravioletinėje spektro srityje gauti derinamo dažnio spinduliuotę, tačiau kol kas šis parametrinis reiškinys (kaip ir kiti netiesiniai optiniai procesai, pasireiškiantys dujose) nėra pakankamai gerai ištyrinėtas.

Eksperimentai su femtosekundinės trukmės šviesos impulsais ir ksenono dujomis, atlikti Vokietijoje, Hanoverio universitete, parodė, kad didelis žadinimo impulsų intensyvumas gali labai stipriai išplėsti generuojamo keturfotoninės parametrinės liuminescencijos signalo spektro plotį, o tai leidžia gauti plačiai derinamo dažnio spinduliuotę. Be to, naujausi tyrimai atlikti Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre, parodė, jog naudojant netradicinius šviesos darinius (Beselio ar kūginius šviesos pluoštus) netiesinių medžiagų žadinimui, galima papildomai valdyti ir fazinio sinchronizmo sąlygas bei generuojamo signalo erdvines charakteristikas ir taip gauti efektyvią keturfotoninę parametrinę šviesos generaciją.

Todėl, siekdami sukurti efektyvius prietaisus leidžiančius generuoti šviesą UV ir VUV spektriniuose diapazonuose, planuojame atlikti kompleksinius teorinius ir eksperimentinius tyrimus. Eksperimentų su dujinėmis medžiagomis metu planuojame tirti, kaip keturfotoninės parametrinės šviesos generacijos savybės priklauso nuo dujų temperatūros, koncentracijos, kaupinimo impulsų trukmės, intensyvumo, spektro pločio bei kitų parametru; be to, labai svarbu išsiaiškinti ir konkuruojančių netiesinių procesų, trukdančių pasiekti efektyvų dažnio keitimą, savybes. Be to, analizuojant gautus rezultatus bei modeliuojant medžiagų ir šviesos impulsų sąveiką bus naudojami ir teorinio skaičiavimo metodai t.y. skaitmeniniu būdu sprendžiamos lygtys, aprašančios rezonansinį ir kvazirezonansinį šviesos impulsų sklidimą didelio netiesiškumo medžiagose.

2.2.1.1.1.4. *Lazerinė nanofotonika*

Femtosekundinių impulsų taikymas suteikia galimybę pasiekti ne tik labai aukštą laiko skyrą fundamentiniams ultrasparčiųjų fotofizikinių vyksmų tyrimams, bet ir subbangę (kelių dešimčių nanometrų) erdvinę skyrą. Pastaroji pasiekama dėl aštriai sufokusuotų trumpų šviesos impulsų netiesinės sąveikos su medžiaga labai mažame tūryje didžiausio šviesos intensyvumo srityje ir jau gana plačiai taikoma lazerinėje netiesinėje mikroskopijoje, kuri įgalina trimačių mikroobjektų tyrimus. Be to, galimybė sutrikdyti pusiausvyrą medžiagos būseną ne tik paviršiuje, bet ir tūryje ir pakeisti medžiagos savybes su nanometriniu erdvine skyra turi milžinišką ir dar toli gražu neišnaudotą technologinį potencialą. Nėra abejonių, kad šis potencialas jau netolimoje ateityje bus realizuotas trimačių mikroskopinių darinių, galinčių atlikti tam tikrą funkciją, gamybai. Tokių funkcijinių mikro ir nanodarinių poreikis labai platus – nuo cheminės, biocheminės ir biomedicininės analizės (itin siaurų kanalų skysčių laminariniam tekėjimui valdyti mikrofluidikoje gamyba), iki specialių mikrokorių - karkasų iš biologiškai suderinamų polimerų norimos rūšies ląstelėms auginti biotechnologijose ir biomedicinoje. Optoelektronikoje šios technologijos įgalins lazerio pluoštu formuoti mikrolazerius ir mikrorezonatorius, naujais fizikiniais principais veikiančias fotonines struktūras šviesos signalų valdymui, mikrošviesolaidžius. Tai visiškai nauja funkcijinių nanodarinių gamybos rūšis - gamyba kuri realizuojama manipuluojant femtosekundinio lazerio pluoštu ir dėl netiesinės šviesos sąveikos su medžiaga paveiktame tūryje modifikuojant medžiagos savybes arba sukelti norimos krypties fotoreakcijas.

Lazerinės nanofotonikos kryptis apimtų teorinius ir eksperimentinius tyrimus, kuriais siekiama sukaupti fundamentinių žinių apie itin trumpų šviesos impulsų netiesinę sąveiką su medžiaga ir šias žinias taikyti funkcijinių nanodarinių lazerinės gamybos pagrindams suformuoti, kokybei ir efektyvumui padidinti. Numatoma tyrimų kryptis ne tik padės pagrindus funkcijinių organinių ir neorganinių nanodarinių formavimo technologijoms bet ir sudarys pakankamą žinių, eksperimentinių metodų bei aparatūrinės bazės visumą sudėtingos nanodarinių sąveikos su šviesa – nanodarinių fotonikos tyrimams. Ši kryptis integruotų dvi unikalias tik femtosekundinių impulsų taikymo suteikiamas galimybes – technologinę galimybę sufokusuotu šviesos pluoštu iš esmės pakeisti medžiagos savybes labai mažame medžiagos tūryje ir galimybę išsamiai ištirti šviesa suformuotų naujų darinių fotonines savybes, lemiančias jų sąveiką su šviesa, fotoenergetiką ir funkciją arba taikymus. Nauja tyrimų kryptis remiasi jau vykdoma ir gilią tradicijas Lietuvoje turinčia VU ir FI mokslinė veikla ultrasparčiųjų vyksmų tyrimų srityje bei pastaruoju metu sparčiai plėtojamomis aukštos erdvinės skyros technologijomis, tokiomis kaip netiesinė lazerinė mikroskopija bei skaidrių terpių fotomodifikavimo tūryje technologija, įgalinanti tikslingai formuoti itin mažų matmenų

trimačius nanodarinius. Žinios apie nanodarinių sandaros ir erdvinės struktūros sąlygotas fotonines savybes yra pagrindas sėkmingam šių funkcijinių fotoninių elementų taikymui optoelektronikoje, ryšių sistemose, biomedicininėje diagnostikoje ir terapijoje. Šiems tyrimams plėtoti Lietuvoje yra labai palanki aplinka, kurią lemia gerai išvystytas VU LTC ir FI specialistų bendradarbiavimas su biofizikais ir biochemikais, medikais - onkologais, Lietuvos aukštųjų technologijų pramonės įmonėmis.

2.2.1.1.1.4.1. Ultraspartieji fotofizikiniai reiškiniai kristaluose, polimeruose, biomolekulėse, savitvarkiuose ir dirbtiniuose nanodariniuose

Medžiagoje femtosekundiniais šviesos impulsais inicijuotų procesų pobūdį, kryptį ir efektyvumą lemia labai sparčių fotofizikinių ir fotocheminių vyksmų visuma ir tarpusavio konkurencija. Todėl šviesos poveikio rezultatą galima numatyti ir valdyti tik gerai ištyrus tai, kas vyksta tiriamą sistemą veikiant šviesa ir kokie fizikiniai vyksmai lemia sistemos evoliuciją tuojau po tiriamo darinio sutrikdymo šviesa. Šių vyksmų sparta daugeliu praktinę reikšmę turinčių atvejų yra tokia didelė, kad jų tyrimui reikalinga visa eilė eksperimentinių metodų su femtosekundine laiko skyra. Šios aukštą laiko skyrą užtikrinančios tyrimo metodikos, pagrįstos labai trumpų šviesos impulsų panaudojimu tradiciškai vadinamos femtosekundine spektroskopija. Tai galingas ir gerai išvystytas instrumentas, leidžiantis panaudojant įvairias jo modifikacijas ištirti fizikinius kertinių fotoprocėsų, lemiančių bet kokios medžiagos ar funkcijinio darinio evoliuciją po sutrikdymo šviesa, pagrindus. Žinios, kurios sukaupiamos ultrasparčiųjų fotoreiškinų tyrimų metu, įgalina efektyviau valdyti proceso eigą ir suteikti jam norimą kryptį. Be to, tik tiriant funkcijinių fotoninių elementų veikimą aukštos laiko skyros metodais galima apčiuopti ir giliau suvokti svarbius fizikinius sąryšius tarp darinio struktūros ir fotoninės funkcijos. Tuo pačiu šie tyrimai atskleidžia, kaip reikia modifikuoti medžiagas arba lazerinius šviesos šaltinius, kad sąveikos su šviesa duotų pageidaujamą rezultatą. Todėl ultrasparčiųjų fotofizikinių reiškinų kristaluose, polimeruose, biomolekulėse, savitvarkiuose ir dirbtiniuose nanodariniuose tyrimas yra labai svarbus vystant lazerinės nanofotonikos kryptį. Tuo pačiu aukštos laiko skyros arba femtosekundinės spektroskopijos metodų ir aparatūrinės bazės vystymas yra neatsiejamas metodinis šių darbų pagrindas.

2.2.1.1.1.4.2. Femtosekundinės spektroskopijos metodų vystymas

Nors VU ir FI sukaupia šiuolaikinė femtosekundinės spektroskopijos eksperimentinė bazė ir ilgametė ultrasparčiųjų procesų tyrimo patirtis, vystant lazerinės nanofotonikos kryptį būtina atnaujinti

eksperimentinę bazę ir diegti naujas informatyvesnes metodikas, didinti naudojamų metodų laiko skyrą, plėsti spektrinį ruožą ir matavimų tikslumą bei eksperimentų atlikimo spartą. Kita vertus, vystantis lazerinei bazei atsiranda poreikis stebėti fotoprocesų evoliuciją vis kitomis sąlygomis, diktuojamomis technologinių procesų specifikos. Kartu su naujų femtosekundinių lazerių sukūrimu laboratorijose arba pasirodymu rinkoje atsiranda galimybė aukštos laiko skyros metodais stebėti medžiagos elgesį sąlygomis, artimomis toms, kurios pasiekiamos šių lazerių technologiniuose taikymuose. Technologijos, kurių pagrindą sudaro šviesa inicijuotos reakcijos tai itin aktualu, nes tik taip galima suprasti procesų fizikinius mechanizmus ir juos valdyti. Todėl nauji femtosekundiniai diodais kaupinami keitakūniai iterbio ir neodimio lazeriai, neabejotinai turintys labai plačias technologinių taikymų perspektyvas, turi lygiagrečiai tapti laiko skyros spektroskopijos instrumentais. Femtosekundinės spektroskopijos kompleksų naujų femtosekundinių lazerių pagrindu kūrimas ir vystymas yra vienas iš svarbių uždavinių sprendžiant lazerinės nanofotonikos krypties aprūpinimo pažangia įranga klausimus.

Esamų femtosekundinių spektroskopinių kompleksų kietakūnių Nd:stiklo ir Ti:safyro lazerių pagrindu galimybių plėtrai ketinama išplėsti tyrimams naudojamų bangos ilgių diapazoną nuo šiuo metu daugiausia naudojamos matomos ir artimosios infraraudonosios srities į minkštąją ultravioletinę (240 – 400 nm) ir vidutinę infraraudonąją (2 – 12 μm) sritį. UV srities spinduliuotė leis tiesiogiai tirti procesus, fotoreakcijų metu vykstančius su baltymais, o IR srities (virpesinė) spektroskopija leidžia gauti išsamesnę struktūrinę informaciją apie tiriamuose objektuose vykstančius procesus, nes yra tiesiogiai jautri atskirų molekulės branduolių virpėjimo dažniams.

Be to, ketinama įdiegti naujas spektroskopijos metodikas, leidžiančias ne tik stebėti biologinių ir fizikinių procesų eigą, bet ir juos valdyti. Šiam tikslui bus kuriamas daugiainpulsinis skirtuminės sugerties spektrometras, leidžiantis ne tik „stebėti“ nanodariniuose ir biologinėse sistemose vykstančias fotoreakcijas, bet ir jas kontroliuoti, manipuluojant sužadintų ir pagrindinės būsenos užpildomis, ir taip gaunant daugiau informacijos apie tiriamą sistemą. Daugiainpulsinės spektroskopijos vienas iš atvejų – femtosekundinė stimuliuotoji Ramano spektroskopija, panašiai kaip infraraudonosios srities spektroskopija, leidžia gauti struktūrinę (virpesinę) informaciją apie tiriamąją sistemą su femtosekundžių skyra.

Šiuo metu intensyviai plėtojama vadinamoji koherentinės kontrolės metodika, kai ultratrumpieji lazerio impulsai, panaudojant erdvinius amplitudės ir fazės modulatorius ir genetinius optimizacijos algoritmus, formuojami taip, kad būtų padidinta norimo fotoproducto išeiga. Be savo fundamentinės vertės (žinant, koks impulsas efektyviausiai sukelia fotoreakciją, galima išsiaiškinti ją lemiančius veiksniai), šie metodai turi ir akivaizdų praktinį pritaikymą spektroskopijoje ir

mikroskopijoje. Esant galimybei, ketinama impulsų formavimą pritaikyti FI ir VU FF LTC atliekamiems spektroskopijos ir mikroskopijos tyrimams.

2.2.1.1.1.4.3. Naujos kartos optinės mikroskopijos metodai

Mikroskopija, tradiciškai buvęs gamtos ir gyvybės mokslų metodas, šiuo metu vis plačiau taikoma ir taikomosiose srityse: kriminologijoje, medicinoje, farmakologijoje ir kt. Technologijų plėtra (nauji šviesos šaltiniai, nauji jautrūs CCD detektoriai, precizinė optika) šį metodą atpigino ir padarė plačiai prieinamą. Tuo pat metu plėtojasi naujos optinės mikroskopijos atmainos, tokios kaip daugiafotonė mikroskopija, netiesinė mikroskopija ir laiko skyros mikroskopija. Molekulių dinamikos tyrimus į naują lygmenį pakėlė pavienių molekulių spektroskopija, leidžianti stebėti atskirų molekulių savybes ir dinamiką, bei išvengti vidurkinimo molekulių ansamblio atžvilgiu. Mikroskopai taikomi ne tik objektų stebėjimui, tačiau ir mikro- bei nano-manipuliacijoms: naudojamas vadinamasis „optinis pincetas“, leidžiantis lazerio pluošto sąsmaukoje „pagauti“ ir „tampyti“ nanometrinių matmenų darinius, tokius kaip ląstelių organoidai; jais galima formuoti nanodarinius, pvz., dvifotonės fotopolimerizacijos būdu.

VU LTC jau vykdo nanodarinių ir biologinių objektų (audinių, ląstelių) mikroskopijos tyrimus, sukaupia nemaža patirtis įvairių fotosensibilizatorių panaudojime, t.p., nanodarinių formavime dvifotonės fotopolimerizacijos būdu. Ateityje planuojama toliau plėtoti įvairių fotosensibilizatorių tyrimus ir taikymus, taip pat diegti naujas netiesinės lazerinės mikroskopijos rūšis, naudojant femtosekundinius lazerius: daugiafotonę ir laiko skyros mikroskopiją. Daugiafotonė mikroskopija ypač tinka biologinės medžiagos tyrimams, nes sąveikauja su biologine medžiaga tik griežtai apibrėžtoje erdvinėje srityje. Taip mažiau pažeidžiama aplink esanti medžiaga, bei atsiveria galimybė įsiskverbti giliau į biologinį audinį, registruojant vaizdus ne tik iš audinio paviršiaus. Laiko skyros mikroskopija, įveda į registruojamus vaizdus naują – laiko – dimensiją, kuri leidžia ženkliai pagerinti vaizdų kontrastą. Sukaupia patirtis globalios vaizdų analizės srityje leis iki galo išnaudoti laiko skyros mikroskopijos teikiamus privalumus. Taip pat ketinama plėtoti nanomanipuliacijos ir nanostruktūrų formavimo metodikas.

2.2.1.1.1.2. Taikomieji tyrimai VU KEK ir LTC

2.2.1.1.1.2.1. Lazerinių technologijų plėtra skaidrių terpių mikroapdirbime

Femtosekundinių lazerių taikymas preciziam medžiagų mikroapdirbimui kelia vis didesnę

susidomėjimą dėl atsiveriančių išskirtinių galimybių. Femtosekundiniai impulsai (10^{-15} s) yra milijoną kartų trumpesni negu kelių nanosekundžių trukmės impulsai, kurie paprastai naudojami tradiciniuose pramoninėse lazerių mikroapdirbimo sistemose. Femtosekundinių impulsų ir medžiagos sąveika iš principo skiriasi nuo sąveikos su ilgais impulsais. Taikant nanosekundinius arba ilgesnius impulsus medžiagų apdorojime įprastai dominuoja terminiai procesai. Vykstant femtosekundinių impulsų ir medžiagos sąveikai tik labai maža energijos dalis yra perduodama šilumos pavidale ir perduodama medžiagai aplink lazerio apšviestą zoną. Tokiu atveju femtosekundiniai impulsai gali indukuoti neterminius struktūrinius pokyčius, kurie yra sukeliama tiesiogiai dėl netiesinių procesų anksčiau nei medžiagoje spėja išsiskirti šiluma. Toks greitas medžiagos savybių pasikeitimo režimas gali panaikinti terminius įtempimus ir minimizuoti šalutinius pažeidimus, apdirbant praktiškai bet kokią kietojo kūno medžiagą. Ilgesni impulsai paprastai pažeidžia medžiagą dar gerokai prieš tai, kai pasiekiamas reikalingas netiesiniams procesams įvykti intensyvumas.

Nors femtosekundinės sistemos yra kol kas brangios ir sudėtingos, netolimoje ateityje medžiagų apdirbimas femtosekundiniais impulsais bus panaudojamas tose srityse, kuriose nepritaikomos kitos medžiagų apdirbimo technologijos. Viena iš tokių sričių yra stiklų ir kitų skaidrių dielektrinių medžiagų mikroapdirbimas. Yra gerai žinoma, kad stiklo (arba kitos fotorefrakcinės medžiagos) savybės gali būti pakeistos apšviečiant ją šviesa. Ultravioletiniai (UV) lazeriai yra paprastai naudojami lūžio rodiklio pokyčiams suformuoti skaidrioje medžiagoje vykstant tiesinei spinduliuotės absorbcijai. Tačiau UV metodas turi tam tikrų trukumų. Daug stiklų nėra pakankamai fotojautrūs, kad suformuotų pakankamai didelį lūžio rodiklio pokytį juos apšvietus. Be to lūžio rodiklio pokyčiai su laiku relaksuoja iki pradinės vertės. UV jautrumas yra labai arti daugelio stiklų sugerties juostos krašto, kas neleidžia prasiskverbti UV spinduliuotei gilyn į tūrį. Tokiomis sąlygomis visiškai atmetama galimybė padaryti trimačius struktūrinius darinius.

Apdirbimas femtosekundiniais impulsais yra iš esmės kitoks. Jis yra pranašesnis ir perspektyvesnis dėl keleto priežasčių. Kai atliekamas medžiagos apdirbimas femtosekundiniais impulsais (pvz., juos stipriai fokusuojant), dėl mažos trukmės sugerta šiluma nespėja pereiti į aplinkinį tūrį impulso trukmės metu. Tai stipriai sumažina neigiamą šalutinį poveikį medžiagai. Tokiu būdu padidėja technologijos tikslumas ir atkartojamumas. Kitas svarbus privalumas yra tai, kad tiesinė absorbcija infraraudonojo ir matomojo diapazono šviesai stikluose yra nežymi, kas leidžia spinduliuotei be nuostolių prasiskverbti į medžiagos tūrį. Iš kitos pusės aukšti impulsų intensyvumai inicijuoja netiesinę absorbciją medžiagos tūryje, veikiant netiesiniams daugiafotoniams procesams. Dėl aukšto intensyvumo yra svarbus ir fotorefrakcinis Kero efektas (tiesinė lūžio rodiklio priklausomybė nuo intensyvumo), leidžiantis formuoti praktiškai beinerčines dinamines struktūras kai

kuriose skaidriose medžiagose.

Kai femtosekundinio lazerio impulsai yra stipriai fokusuojami į kietakūnių skaidrių medžiagų tūrį, intensyvumas židinio zonoje gali tapti pakankamai aukštas, kad įvyktų netiesinė absorbcija, kas sukelia lokalinę modifikaciją židinyje, nepaliečiant medžiagos paviršiaus. Modifikacija dažnai pasireiškia kaip lokalinis lūžio rodiklio padidėjimas nevykstant medžiagos suardymui. Priklausomai nuo įvairių sąlygų (energijos, fokusavimo, ekspozicijos ir kt.) gali būti sukurtas lūžio rodiklio padidėjimas nuo 10^{-6} iki 10^{-2} . Judinant bandinį židinio taško atžvilgiu, įvairios tūrinės fotoninės struktūros gali būti sukurtos, tarp kurių bangolaidžiai, gardelės, duomenų laikmenos, fotoniniai kristalai ir pan. Dėl deterministinės spinduliuotės ir medžiagos sąveikos prigimties ir poveikio atsikartojamumo tokie dariniai gali būti itin aukštos optinės kokybės. Sukurtos struktūros paprastai yra stabilios plačiame temperatūrų diapazone.

Svarbiausias tokio mikroapdirbimo metodo ypatumas yra galimybė integruoti didelį skaičių trimačių (3D) fotoninių darinių medžiagoje: nuoseklus atskirų darinių įrašymas medžiagos tūryje galiausiai suformuoja integruotą 3D fotoninę optinių signalų apdorojimo sistemą. 3D įrašymo galimybė ir technologijos paprastumas yra pagrindiniai šio metodo privalumai lyginant su litografijos procesu, paprastai naudojamu integrinių optinių grandinių sukūrimui medžiagos paviršiuje. Kita tokio metodo panaudojimo sritis yra tūrinis trimatis duomenų saugojimas. Jis susijęs su negrįžtamais pažeidimais skaidriose dielektrikuose stipriai fokusuojant femtosekundinius impulsus. Procesai yra inicijuojami dėl daugiafotonės absorbcijos ir todėl rodo stiprią netiesinę priklausomybę nuo lazerio intensyvumo. Impulsų energijai viršijant kritinę vertę atsiranda struktūriniai pažeidimai. Tokiu būdu indukuoti pažeidimai yra kontroliuojami mikronų ir netgi submikronų tikslumu. Neseni eksperimentai parodė, kad stiklo struktūrinės modifikacijos gali būti apribotos zonoje, daug mažesnėje (modifikuotos dėmės dydis siekia ~50 nm) už sufokusuoto pluošto sąsmaukos dydį, kuris paprastai yra kelių mikronai. Iš tokių elementų sudaryto duomenų masyvo talpa siekia 10^{13} bitų/cm³. Taip pat plačiai tiriamas optinis duomenų saugojimas fotopolimeruose ir kitose fotorefrakcinėse medžiagose.

Reiškiniai vykstantis skaidriose medžiagose veikiant femtosekundiniais impulsais dabar intensyviai tyrinėjami ivairiose pasaulio mokslinėse laboratorijose. Tikslus supratimas apie reiškinius susijusius su spinduliuotės ir medžiagos sąveika yra labai svarbus, ir ne tik fundamentiniu požiūriu. Daug sąveikos aspektų iki šiol lieka neaiškūs, ir, siekiant panaudoti tokia technologiją komerciškai, jie reikalauja detalesnio nagrinėjimo. Nežiūrint į tai, kai kurios pasaulio optinių technologijų įmonės (Translume, Clark-MXR, kt.) jau sugebėjo išvystyti šią novatorišką technologiją iki pakankamai aukšto lygio ir pradėjo taikyti ją telekomunikacijų tikslams. Tai realus žingsnis prie pilnai optinių elementų panaudojimo optinėse komunikacijos sistemose bei optinio kompiuterio sukūrimo.

Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre jau apie 5 metus atliekami femtosekundinių impulsų sklaidimo, medžiagos modifikacijų ir femtosekundinių impulsų sukulto pažeidimo tyrimai skaidriuose stikluose ir kvarce. Vykdomi tiek teoriniai, tiek eksperimentiniai tyrimai, todėl sukauptas patyrimas gali būti plečiamas kuriant tiek naujas informacijos užrašymo technologijas, tiek ir kuriant tam reikiamas pilnas lazerines sistemas arba bent fokusavimo ir skenavimo įrenginius naudojamus tokiose įrenginiuose. Toliau numatomi perspektyvūs tyrimai yra tokiose srityse:

1. Lazerinio medžiagų mikropadorojimo, mikrofabrikavimo ir mikroprototopavimo įrenginių ir komponentų kūrimas.

Submikrometrinės erdvinės skyros metodai, įrenginiai ir technologijos trimačių objektų prototipų ir šablonų gamybai, kurių veikimas pagrįstas dvifotonės fotopolimerizacijos reakcijomis. Kristalinių medžiagų mikroapdoravimo metodai ir įrenginiai paremti dvifotonio fotoamorfizavimo reiškiniais veikiant juos femtosekundiniais derinamo bangos ilgio impulsais.

2. Lazerinės spinduliuotės ir medžiagos sąveikos tyrimas įvairių trukmių impulsams:

- a) kokreitiems procesams skirtų lazerinio medžiagų apdirbimo sistemų kūrimas,
- b) Kūginių bangų technologijos. Femtosekundinių šviesos impulsų technologijų vystymas medžiagų apdirbime, taip pat naujos kartos itin trumpų ir galingų impulsų lazerių kūrime. Medžiagų apdirbime - fotoninių struktūrų kūrimas, optinės informacijos užrašymas panaudojant Beselio pluoštus bei šviesos gijas. Naujos kartos ultratrumpųjų lazerių technologijos: Parametrinių ribinių trukmių X-impulsų šviesos šaltinių bei stiprintuvų technologijų kūrimas.

2.2.1.1.1.2.2. Ultratrumpųjų impulsų lazerinės sistemos industrijai

Femto ir pikosekundinės lazerinės technologijos jau nustojo būti vien tik akademinis tyrimų objektas ir su kiekvienais metais jų taikymo sritys moderniojoje pramonėje vis labiau plečiasi. Šiuo metu ultra-trumpųjų impulsų galimo technologinio panaudojimo spektras apima precizinį mikro- ir nano-struktūrų formavimą beveik visose medžiagų tipuose (mikrosistemų gamybos technologijos, itin precizinis medžiagų apdirbimas, litografinių kaukių gamyba ir kt.), biomedicininis taikymas (mikro ir nano-chirurgija, oftalmologija, odontologija, tomografija, implantų gamyba ir kt.), taikymas telekomunikacijų ir informacijos technologijose (bangolaidžių gamyba, duomenų saugojimas, Tbit duomenų perdavimas).

Dar visai neseniai ultra-trumpųjų impulsų lazerinės sistemos buvo pernelyg sudėtingos, brangios ir nepakankamai patikimos jų praktiniam taikymams. Pastaruoju metu, dėka žymių pasiekimų

lazerių technologijose (diodinis kaupinimas, naujos aktyviosios medžiagos, inovaciniai lazerinių sistemų komponentai), rinkoje jau pasirodė kompaktinės ir patogaus naudojimo femto/pikosekundinės lazerinės sistemos. Svarbu pažymėti, kad šioje srityje Lietuvos lazerių technologijos jau turi svarbių pasiekimų. UAB MGF „Šviesos konversija bendradarbiaudama su VU Kvantinės elektronikos katedra sukūrė diodinio kaupinimo femtosekundinę lazerinę sistemą „PHAROS“, kuri neturi analogų pasaulyje tiek pagal savo parametrus, tiek pagal pritaikymo galimybes. Pirmosios šios sistemos demonstracijos parodė, kad ji sukėlė didelį rezonansą ne tik mokslinėje bendruomenėje, kur „Šviesos konversija“ yra gerai žinoma, bet ir sudomino kai kurias dideles kompanijas.

Jau egzistuojantys ir numatomi lazerinių technologijų taikymai reikalauja nenutrūkstamo tokių ultratrumpųjų impulsų lazerinių sistemų tobulinimo, didinant jų patikimumą, pritaikant jų parametrus konkrečioms taikymams, mažinant jų gamybos savikainą. Lietuvos lazerių sektoriui stiprinant ir plečiant jau turimas pozicijas pasaulinėje diodinio kaupinimo femto/pikosekundinių lazerių rinkoje būtina spartinti taikomuosius šios srities tyrimus panaudojant esamą įdirbį, pritaikant naujas idėjas ir lazerių gamybos technologijas, vystyti gamybos infrastruktūrą.

Yra numatomos šios pagrindinės ultratrumpųjų impulsų lazerinių sistemų kūrimo ir gamybos plėtros kryptys.

1. Didelio ryškio spinduliuotės šaltiniai diodinių lazerių pagrindu.

Diodinių lazerių pluoštų formuotuvų projektavimo metodikos vystymas, atskirų mikro-optikos elementų gamybos, precizinių mikro-optinių mazgų surinkimo ir testavimo technologijų plėtra, įvairių galių lazerinių diodų modulių tolydinės ir impulsinės veikos lazerių kaupinimui kūrimas ir gamyba.

2. Diodinio kaupinimo femto/pikosekundinių impulsų lazeriai.

Ultratrumpųjų impulsų lazerių diodinio kaupinimo schemų vystymas, naujų aktyviųjų medžiagų paieška, konkurencingų, kompaktiškų mažos-vidutinės galios lazerių vystymas užtikrinant jų išėjimo parametrų tinkamumą įvairiems taikymams, didelės vidutinės galios lazerinių sistemų dirbančių plačiame pasikartojimo dažnių diapazone kūrimas.

3. Plačiai derinami ultratrumpųjų impulsų parametriniai lazeriai.

Naujų TOPAS tipo parametrinių šviesos šaltinių modelių Ti:safyro lazerių sistemoms kūrimas, naujų ultravioletiniame, matomajame, infraraudonajame spektro diapazonuose derinamų parametrinių šviesos generatorių ir stiprintuvų diodinio kaupinimo lazerių sistemoms kūrimas ir gamybos plėtra.

4. Ribinių parametrų lazerinės sistemos.

Naujausių lazerių mokslo pasiekimų pritaikymas kuriant ribinių parametrų (kelių optinių ciklų stabilizuotos fazės impulsų) lazerines sistemas fundamentiniams tyrimams ir perspektyviniams taikymams.

2.2.1.1.1.2.3. Lazerinių komponentų ir lazerinių sistemų charakterizavimas

Norint palyginti pagamintų lazerinių elementų savybes su užsakytomis vartotojo, kuriuo bendru atveju yra arba lazerinės įrangos gamintojas Lietuvoje, arba užsienio pirkėjas, yra reikalingas lazerinių elementų parametrų charakterizavimas. Jis apima daugumą lazerinio elemento savybių matavimų. Lazerinio elemento kokybė yra nusakoma rinkiniu šių parametrų- atspindys, pralaidumas, optiniai nuostoliai, lazerio sukeltas pažeidimo slenkstis, paviršiaus kokybė ir mikrostruktūra bei savybių stabilumas veikiant įvairiems aplinkos faktoriams. Pirmi keturi kokybės parametrai tiksliai yra matuojami tik naudojant lazerinius optinių dangų tyrimo metodus, o paskutiniai elektroninius ir tunelinius mikroskopus. Optimetrolgija lazerinių elementų technologijoje yra labai svarbi ne tik pramoninio proceso kokybės kontrolėje, bet ir jų tyrimuose bei tobulinime. Šiuo atveju labai svarbūs tampa standartizuoti lazerinių elementų tyrimo metodai, nes tik taikant vienodas tyrimo metodikas galima sulyginti įvairiose vietose atliktų matavimų rezultatus bei palyginti įvairių kompanijų gaminamus produktus. Per paskutinį dešimtmetį patikrintos ir priimtos optinės sugerties, sklaidos, atspindžio bei lazerio sukulto pažeidimo slenksčio matavimų metodikos buvo įteisintos kaip Tarptautinės standartizacijos organizacijos (ISO) standartai ir būtent pagal juos turi būti atliekamas lazerinių elementų parametrų matavimas. Lazerinių elementų charakterizavimui būtina atitinkamo bangos ilgio, atitinkamos smailinės ir vidutinės galios lazerio spinduliuotė. Su vienu lazeriu galima atlikti tokius matavimus tik vienam ar keliems fiksuotiems bangos ilgiams. Platesniam optinių dangų ir komponentų charakterizavimui yra reikalingi derinami, intesyvios koherentinės spinduliuotės šaltiniai. Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centre vykdant NATO programos “Mokslas taikai” projektą “Lazerinis spektrometras buvo sukurtas koherentinį spektrofotometrą, įgalinantį atlikti atspindžio ir pralaidumo, sklaidos, kolorimetrinį sugerties bei lazerio sukulto optinio pažeidimo slenksčio matavimus plačioje spektro srityje. Tradiciniai spektrofotometriniai dangų tyrimo metodai negali pilnai patenkinti net spektrinių parametrų charakterizavimo reikalavimų, nes tokius matavimus dažnai būtina atlikti su kristalais, kurių matmenys tik keli milimetrai; be to optinių dangų pralaidumą ir atspindį būtina žinoti tam tikros poliarizacijos šviesai bei plačioje kampų ir spektro srityje. Naudojant lazerinius ir optinius elementus su optinėmis dangomis lazeriuose ir netiesinės optikos prietaisuose be spektrinių charakteristikų būtina žinoti jų sugertį, net jai esant gana mažai, bei lazerio sukulto optinio pažeidimo slenkstį. Sukurtas spektrofotometras bei jo testavimo stotys naudojamos su kitais lazeriais kokybiškai įgalina charakterizuoti didesnę dalį Lietuvoje gaminamų ar per Lietuvos firmas parduodamų lazerinių elementų, bet fiziškai gali atlikti tik kelis procentus reikalingų Lietuvos

bendrovėms darbų. Didėjant gamybos apimtims didėja charakterizavimo poreikis ir tampa būtina kurti testavimo stotis įgalinančias atlikti lazerinių elementų charakterizavimą pramoninėse sąlygose. Be standartizuotų parametrų matavimų neįmanoma tolimesnė naujų lazerinių elementų reikalingų naujoms industrinėms lazerinėms sistemoms kūrimo programa, tačiau tokioms testavimo stotims sukurti būtini šiuolaikiniai lazeriai, kurie pradiniu momentu turėtų būti įsigijami iš vedančiųjų tokių sistemų gamintojų Lietuvoje arba jų neesant užsienyje. Tolimesnė plėtra šioje srityje numatoma tokiose veiklose:

- a) vykdomi tyrimai ir įgautas patyrimas įgalina kurti Lietuvos lazerinių komponentų gamintojams reikiamą įrangą rutiniams matavimams, kurie turėtų atitikti pramoninius spartos reikalavimus ir būtų eksplotuojami pas gamintojus. Įrangos kūrime būtų derinamos kompanijų galimybės kuriant charakterizavimui reikiamus lazerius, o LTC būtų kuriama įranga matavimui bei matavimų metodika,
- b) gali būti kuriama nauja charakterizavimo įranga kitiems svarbiems lazerinių komponentų parametrams matuoti,
- c) panaudojant įgautą patyrimą galima kurti lazerinių komponentų charakterizavimo įrangą pardavimui kitiems klientams. Norint išplėsti pardavimų rinką numatoma kurti pigius matavimo kompleksus, kuriuose būtų panaudojami paprasti ir santykinai pigūs lazeriai (mikrolazeriai ar net diodiniai lazeriai).

2.2.1.1.1.3. VU KEK ir LTC mokslinės veiklos produktyvumas per paskutinius 5 metus

Lentelė 13. VU KEK ur LTC mokslinės veiklos produktyvumas

Metai	straipsniai ISI sąrašo žurnaluose	užsienio leidyklose išspausdintos monografijos	registruoti tarptautiniai patentai ir patentinės paraiškos	užsakomieji ūkio subjektų darbai: gautos lėšos kasmet, suma viso, t. Lt (kiekis)	tarptautiniai bendradarbiavimo projektai, skaičius
2002	15	1(skyrius)	0	210	3
2003	26	0	0	17	5
2004	22	0	0	74	5
2005	29	0	0	57	7
2006	20	1 (skyrius)	0	87	6
2007*	9	1 (skyrius)	0	0	5

sudarytos sutartys iki 2007 m. gegužės 30 d .

Imant paskutiniųjų penkių metų publikacijų statistika galima teigti, kad VU KEK ir LTC kasmet vidutiniškai paskelbia virš 20 straipsnių įtraukiamų į ISI sąrašą. Straipsniai skelbiami tokiuose žurnaluose kaip Phys. Rev. Lett., Phys. Rev. E, Opt. Lett., JOSA B, Opt. Commun., Appl. Phys. Lett., J. Phys. Chem., J. Opt. A: Pure Appl. Opt., Appl. Phys. B: Lasers and Optics, Solid State Phenomena, Proceedings of SPIE ir kituose.

VU Fizikos fakulteto darbuotojai naudojami VU prenumeruojamomis ir be mokėčio suteikiamomis duomenų bazėmis, kurių sąrašas skelbiamas VU bibliotekos internetiniame puslapyje. Tarp kitų duomenų bazių yra prieiga ir prie periodinių mokslo leidinių duomenų bazės SCIENCE DIRECT. Tiesa nežiūrint suteikiamų prieigos galimybių ne visi mūsų sričiai reikalingi pilni straipsnių tekstai yra prieinami ir norint juos gauti tenka prašyti mokslininkų, su kuriais bendradarbiaujama JAV ir kituose ES universitetuose, kad jie paimtų ir persiųstų tokių straipsnių tekstų failus.

2.2.1.1.2. Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų institutas

Taikomųjų mokslų instituto (TMI) Puslaidininkių optoelektronikos skyriaus Optinės diagnostikos sektoriuje keletą dešimtmečių vykdomi taikomieji darbai netiesinės optikos bei optoelektronikos srityse, kurios pagal minėtą LRV Nutarimą Nr.1645 yra laikomos “*ES, NATO ir Lietuvos mokslo ir technologijos prioritetais*” lazerių technologijų srityje. Be to, vykdomi darbai, besiremiant lazerinės spinduliuotės koherentiškumo teikiamomis galimybėmis metrologijoje patvirtina šio nutarimo išvalgą, kad “...*optinių technologijų veržlumą labiausiai lemia lazerinės (koherentinės šviesos) technologijos*”.

Šioje tyrimų srityje ženklų tiriamąjį ir taikomąjį potencialą parodė netiesiniai lazeriniai optinės diagnostikos metodai, atveriantys galimybę trumpu šviesos impulsu sužadinti medžiagą, pakeisti jos optines savybes, ir optiškai realiame laike sekti nepusiausviroviusius procesus sužadintoje terpėje. Optinės diagnostikos sektoriuje vykdyti tarpdisciplininiai tyrimai dinaminės holografijos, netiesinės optikos ir puslaidininkių fizikos srityse leido sukurti originalius tyrimo būdus - holografinius šviesa indukuotų dinaminių gardelių, arba realaus laiko keturbangio maišymo metodus, skirtus fotoelektrinių puslaidininkio parametrų nustatymui. Vilniaus universiteto tyrėjų darbai, panaudojusį vieną iš stipriausių optinių netiesiškumų - laisvųjų krūvininkų sukeltą lūžio rodiklio moduliaciją keturbangio maišymo schemoje puslaidininkio fotoelektrinius parametrų metrologijai - buvo pripažinti pionieriškais. Nuo 1990 m., bendradarbiaujant su Vakarų partneriais, holografiniai diagnostiniai metodai pradėti taikyti modernių puslaidininkinių junginių bei darinių tyrimams, užsimezgę ir plėtojosi ryšiai su Europos puslaidininkinių technologiniais centrais Prancūzijoje, Vokietijoje, Italijoje,

Švedijoje, taip pat JAV bei Japonijoje. Pastaraisiais metais tam ypatingai talkino NATO “Mokslas – Taikai” programos projektas „Optinė holografija“ (vadovas Lietuvoje – prof. K.Jarašiūnas), palaikęs lazerinių diagnostikos metodų ir prietaisų kūrimą. Šio projekto metu buvo išplėtoti netiesinės optikos diagnostiniai medžiagotyros metodai, o su industriniu partneriu UAB „Ekspla“ sukurti puslaidininkių fotoelektrinių parametrų matavimo holografiniai moduliai, neturintys analogų pasaulyje.

MTMI grupės techniniai resursai remiasi NATO ir EB skirtomis investicijomis. 2001-2005 m panaudota apie 700 tūkst. Lt. eksperimentinės tyrimų bazės esminiam atnaujinimui. Tyrėjai disponuoja šia įranga (trys eksperimentiniai standai) ir *know-how* :

1. Pikosekundinio keturbangio maišymo ir nanosekundinis diagnostikos standai :

- pikosekundinis lazeris PL2143 ir PL 2243 (penkios harmonikos),
- optinis parametrinis generatorius PG401,
- nanosekundinis lazeris NL202/TH (pirmos trys harmonikos),
- uždaro ciklo helio kriogeninė sistema Cryodine 22C (10-350 K),
- eksperimentinė įranga: optinės ir elektromechaninės komponentės, duomenų surinkimo sistemos, o taip pat CCD liniuotės, spektrometrai, energijos matuoklis, oscilografai, infraraudonųjų spindulių vizualizatoriai ir kt.

Turimą techninę bazę papildė šie intelektualiniai resursai:

- daugiametė patirtis optinių netiesiškumų bei holografinių metodikų realizavime, skaitmeniniai krūvininkų dinamikos modeliavimo algoritmai, o taip pat fotoelektrinių reiškinių puslaidininkinėse terpėse bei netiesinės optikos ir holografijos žinios, sukurtieji medžiagotyrai algoritmai puslaidininkių parametrų charakterizavimui;
- pastovūs bendradarbiavimo ryšiai su užsienio technologiniais centrais Europoje, JAV, Kinijoje, tiekiančiais tyrimams naujų technologijų bandinius.

Atliekami inovaciniai tyrimai pagrindinai remiasi tarptautiniu bendradarbiavimu ir projektais:

- EB programos Kompetencijos centro „Puslaidininkinės medžiagos ir prietaisai šviesos technologijoms - SELITEC“ (2003 – 2006 m., koordinatorius K.Jarašiūnas) užduotys siejasi su neardančios kontrolės kryptimi pagal paketą WP2.2 “All optical characterization of optoelectronic materials”. Čia plėtojami lazerinės diagnostikos metodai, skirti laisvųjų krūvininkų plazmos netiesiškumų dinamikai įvairiose aktualiose puslaidininkinėse medžiagose, skirtose ultravioletinei optoelektronikai (lazeriniams diodams, emiteriams-“šviestukams”, UV detektoriams), kietakūniams apšvietimui, didelės galios elektronikai. Prioritetas teikiamas nitridinių junginių tyrimams - GaN, InGaN, AlGaN epitaksiniai sluoksniai, sandaros bei tūriniai GaN kristalai, įvairiais būdais (garų fazės nusodinimo (MOCVD), pakartotinės epitaksijos (ELO), hidridinės bei molekulinės epitaksijos (HVPE,

MBE)) ir ant įvairių padėklų (safyro, SiC, arba Si) užaugintoms medžiagoms Europos bei JAV technologiniuose centruose. Perspektyvios didelės galios elektronikai medžiaga - silicio karbidas, jo politipai, legiravimo bei auginimo technologijos yra tiriamos bendradarbiaujant su Švedijos Linčopingo universitetu bei jungiantis į Europos Bendrijos 6BP Marijos Kiuri RTN “Promoting and structuring a Multidisciplinary Academic-Industrial Network through the 3C-SiC growth, characterisation and applications” (su 10 partnerių).

- Krūvininkų pernašos sukurto vidinio elektrinio lauko, stebimo per elektrooptinį efektą, tyrimai vykdomi pagal NATO CLG kontraktą Nr. 981731 “Defect engineering in photorefractive crystals for real-time holographic interferometry”. Tiriami didžiavaržiai fotorefraktyvūs CdTe, ZnTe bei InP kristalai, auginami Europos bei Kinijos technologiniuose centruose. Sukurtos metodikos, leidžiančios atskirti fotorefraktyvios difrakcijos komponentės (lūžio rodiklio moduliacija vidiniu elektriniu lauku) subnasosekundinę dinamiką, tokiu būdu tiesiogiai įvertinti technologines pastangas optimizuoti gilių priemaišinių centrų elektrinį aktyvumą. Lietuvos – Prancūzijos projektas “Gilibert” (2005 – 2006“ suteikia galimybę atlikti papildomus tyrimus dviejų bangų maišymo metodu tiriamose medžiagose partnerio bazėje.

- Metrologiniai aspektai, galimi per optiškai injektuoto nepusiausvirųjų elektronų sukinio dinamikos tyrimus rezonansiškai žadinamose kvantinėse sandarose, pradėti tirti su Makso Borno Optinės spektroskopijos institutu Berlyne. Tam talkina ir LASER LAB- EUROPE laboratorija šiame institute bei VU Kompetencijos centras SELITEC. Poliarizacinių gardelių dinamika leis tiesiogiai nustatyti elektronų judrį ir difuziją kvantiniuose dariniuose, susieti su auginimo technologija, prognozuoti sandarų panaudą sparčiuose lazeriniuose prietaisuose.

Darbus vykdo Optinės diagnostikos sektoriaus tyrėjų grupė, kurios sudėtyje 5 mokslininkai (2 habil. dr., 3 dr.), trys doktorantai, 1 inž. ir bakalaurinių studijų studentai. Mokslinėse laboratorijose 2003-2005 m. dirbo ilgalaikiams vizitams atvykę doktorantai ir mokslininkai iš Švedijos, Belgijos, Prancūzijos, Vokietijos. Per 2003-2005 metus grupė holografinės-lazerinės puslaidininkių diagnostikos srityje paskelbė 33 straipsnius tarptautinėje spaudoje bei 32 pranešimus tarptautinėse konferencijose.

2.2.1.2. Kauno technologijos universitetas

2.2.1.2.1. Lazerinės technologijos makroapdirbime ir prototipavime

Kauno technologijos universiteto Mechanikos ir mechatronikos fakulteto Gamybos technologijų katedra (ankstesnis pavadinimas „Gamybos sistemų katedra“) turi svarų įdirbį tiriant ir taikant lazerines technologijas makroapdirbime bei projektuojant ir kuriant naujų gaminių ir jų komponentų

prototipus. Katedros lazerinių technologijų laboratorijoje lazerinio makroapdirbimo technologijos yra tiriamos jau virš 15 metų. Gamybos technologijų katedros mokslinės veiklos pagrindinė kryptis yra šiuolaikinių konstrukcinių medžiagų apdirbimo technologijų kūrimas ir jų taikymų įvairiose mokslo ir technikos srityse tyrimas. Gamybos technologijų katedros mokslinį potencialą sudaro: 3 profesoriai habilituoti daktarai, 16 docentų daktarų, 3 vyresnieji mokslo darbuotojai daktarai, 4 doktorantai ir kt. Iš viso katedroje dirba 36 aukštos kvalifikacijos specialistai. Katedroje yra suformuotos penkios mokslo tyrimų grupės kurių pagrindinės mokslinės veiklos sritys – taikomieji tyrimai:

- tobulinant detalių, pagamintų iš įvairių medžiagų, eksploatacines savybes;
- kuriant naujas medžiagų su specifinėmis savybėmis atmainas;
- kuriant ir tobulinant efektyvias detalių paviršių apdorojimo technologijas, jų tarpe ir lazerines;
- kuriant integruotas gamybos, pagrįstos žinių bazėmis ir intelektualiais funkciniais moduliais, technologijos informacinės sistemas, naudojančias aukštąsias, jų tarpe ir lazerines, spartaus prototipavimo, technologijas;
- tiriant ir tobulinant technologinių įrenginių dinamines charakteristikas ir jų funkcionavimo kokybę;
- išnaudojant autovirpančių sistemų, kurių elementai pagaminti iš medžiagų su specifinėmis savybėmis, galimybes atsinaujinančios energijos šaltinių kūrimui ir tobulinimui.

Per pastaruosius 5 metus Gamybos technologijų katedros mokslininkai paskelbė 14 ISI duomenų bazėse referuotų straipsnių, virš 30 straipsnių, referuotų kitose tarptautinėse duomenų bazėse (INSPEC, COMPENDEX ir kt). Dalyvauta daugelyje stambių tarptautinių konferencijų, jų tarpe ir pasauliniuose kongresuose.

Užmegzti bendradarbiavimo ryšiai su Suomijos (Helsinkio ir Lappeenrantos technologijos universitetai), Vokietijos (Miuncheno ir Ilmenau technikos universitetai) Švedijos (Linkopingo technologijos universitetas), Didžiosios Britanijos (De Montforto universitetas), Latvijos (Rygos technikos universitetas), Estijos (Talino technikos universitetas), Kroatijos (Kroatijos metalurgų asociacija), Lenkijos (Krokuvos kalnakasybos ir metalurgijos universitetu, Poznanės technikos universitetas), Ukrainos (Chmelnickio nacionalinis universitetas) ir kt. partneriais.

2.2.1.2.2. Precizinių optomechaninių mazgų lazerinėms sistemoms kūrimas ir diegimas

Pastaruoju metu aktyviai vystosi nauja inovacinių aukštųjų technologijų įrenginių klasė – superaukšto tikslumo pozicionavimo ir daugiamačių poslinkių generavimo/matavimo sistemos,

pagrįstos „protingų medžiagų“ (*smart materials*) savybių ir inovatyvių technologinių idėjų ir sprendimų integracija. Daugiamačių judesių generavimui ir transformacijai numatoma panaudoti šiuolaikines pjezoaktyvias medžiagas, panaudojant tiek jų tiesioginį, tiek ir atvirkštinį pjezoeфекtus. Jau žinoma daug atvejų, kai klasikiniai elektros varikliai pakeičiami pjezoelektrinėmis pavaromis, įnešančiomis į sistemą daugiafunkciškumo savybes, t.y. „primityvųjį intelektą“. Vykiant tyrimus šioje srityje, planuojama išvystyti naujus judesių generavimo metodus, adaptacijos ir savidiagnostikos algoritmus ir metodus. Naujos koncepcijos galės būti taikomos kuriant plataus spektro technologinius lazerinius įrengimus, skirtus matavimui, apdirbimui, medžiagų savybių valdymui ir pan.

Siekiant patenkinti šiuolaikinių aukštų technologijų įrenginių poreikius planuojama apimti platų poslinkių generavimo/matavimo sistemų charakteristikų lauką: poslinkių eigą iki 5 nanometrų, minimalią skyrą – kelis nanometrus, greitis nuo 0,2 m/s iki 0,2m/mėn., laisvės laipsnių skaičius – nuo 1 iki 3. Tokia charakteristikų visuma su didele atsarga patenkintų naujai kuriamų lazerinių sistemų poreikius.

Projekto vykdytojų kompetencija: Kauno technologijos universitetas yra lyderis precizinių mechaninių sistemų kūrimo ir tyrimo srityje; dar 1981m. pasirodė pirmoji monografija, pašvęsta pjezoelektriniam varikliams (*R.Bansevičius, K.Ragulskis. Vibrovarikliai, Mokslas, Vilnius, 1988; vėliau pavadinta Vibromotors for Precision Microrobots (ISBN 0-89116054905), išleista Hemisphere Publishing Corp. JAV*). Tyrimai šioje ir gretimose srityse ypač suaktyvėjo 1999m. įkūrus KTU Pjezomechanikos institutą, kuris 1999 – 2007 metais vykdė 4 ES Framework tinklų projektus bei pramonės užsakymus protingų medžiagų kūrimo ir taikymo srityje.

Pjezoelektriniai įrenginiai ir komponentai lazerinėse sistemose

Panaudojant tiesioginį ir atvirkštinį pjezoeфекtus bei virpesių transformavimo į tolydinį ar žingsninį judesius, galimi įvairūs pjezoelektrinių įrengimų bei komponentų taikymai lazerinėse sistemose:

1. Vienos ir dviejų krypčių skeneriai, nukreipiantys lazerio spindulį erdvėje. Jie charakterizuojami didele skyra bei greitaeigumu.
2. Trijų laisvės laipsnių skeneriai, galintys moduluoti spindulio intensyvumą.
3. Didelės skyros (kelių nanometrų eilės) sukamojo ir slenkamojo judesio pjezoelektriniai varikliai.
4. Dviejų ir trijų laisvės laipsnių sistemos, skirtos tiek lazerio komponentų, tiek ir apdirbamos detalės pozicionavimui plokštumoje.

5. Pjezoelektriniai žemo ir aukšto dažnio objektyvų fokusavimo įrenginiai, pagrįsti: (a) rezonansinių virpesių transformavimu į tolydinį judesį; (b) kvazistatinių tampriųjų deformacijų optiniuose komponentuose (lęšiai, veidrodžiai) generavimu.
6. Aktyvios ir pasyvios žalingų aplinkos virpesių slopinimo sistemos, panaudojančios tiek tiesioginį (virpesių matavimui), tiek atvirkštinį (virpesių slopinimui ir kompensavimui) pjezoefektus.
7. Lazerinių sistemų optinių komponentų geometrinių parametrų koregavimo adaptyvūs įrenginiai, pagrįsti pjezoaktyvių elementų ir keitiklių galimybe (valdant sužadavimo zonų topologiją) generuoti įvairiatipius valdomų dydžių statinius ir dinaminis įtempimus ir tampriąsias deformacijas.

Svarbiu momentu vertinant tokių sistemų reikšmę Lietuvai reikėtų laikyti tai, kad dauguma minėtų taikymų gali būti apginti patentais arba (kai kuriais atvejais), pirminių idėjų prioritetą KTU autorių jau įtvirtintas mokslinėje spaudoje.

2.2.1.3. Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Vilniaus Gedimino technikos universitete vykdomi fundamentalūs ir taikomieji tyrimai kristalografijos bei puslaidininkių fizikos srityse, kuriant naujas ypatingai kietas medžiagas su naujomis unikaliomis mechaninėmis ir optinėmis savybėmis, tiriant jų savybes bei ruošiant naujus, nano technologijų lygmenyje apdorojimo metodus bei plečiant jų vartotojiškas savybes. Šia veikla užsiima keturios Mechanikos fakulteto katedros. Šioje srityje dirba 14 technologijos mokslo daktarų. Jie atlieka labai įvairius užsakomuosius bei mokslinius tiriamuosius darbus, kurie susiję su kietų medžiagų panaudojimu bei jų apdirbimo problemomis. Tai liečia ir medicininės įrangos kūrimą - dirbtiniai sąnariai su minimaliai dylančiomis trinties poromis, panaudojant leukosafyrą arba monokeramikinę medžiagą suformuotą, anoduojant titaninio sąnario kontaktinį paviršių. Šie darbai vykdomi su Vilniaus universiteto Eksperimentinės ir klinikinės medicinos instituto reumatologijos skyriumi. Nemažai problemų sprendžiama ir poligrafinės technikos srityje. Tai ypatingai tikslių, turinčių padidintą atsparumą dilimui, velenų kūrimas, ežektorių sukūrimas bei jų bandymai ir t.t. Daugiausia patirties ir atliktų darbų yra susiję su kietų medžiagų apdorojimu deimantiniais įrankiais bei priemonių tokiam apdirbimui kūrimas. Tie darbai pradėti daugiau kaip prieš trisdešimt metų kartu su buvusiu susivienijimu „Sigma“, kuriant pirmuosius kietus magnetinius diskus. Šiuo metu atliekami tyrimai su deimantiniais įrankiais, pjaustant kristalines medžiagas vidine deimantinio įrankio briauna, siaurinant pjūvio storį iki 0,05 mm ir didinant įrankio patvarumą bei mažinant įtempimus pjūvio zonoje. Vien per pastaruosius penkis metus šiose srityse paskelbta virš 26 straipsnių (ISI), dalyvauta

tarptautinėse mokslinėse konferencijose. Kartu su Lietuvos ūkio bendrovėmis atlikti kristalų auginimo bandymai Stepanovo bei Bagdasarovo metodais, tirtos šių kristalų savybės bei analizuotos jų panaudojimo sritys. Užmegzti glaudūs ryšiai su Šveicarijos, Kanados, Kazachstano bei Rusijos analogiškų tyrimų centrais bei laboratorijomis. Turima materialinė bazė, įgalina auginti bandomuosius kristalus horizontalios kristalizacijos metodu bei atlikti jų apdirbimą. Be lazerinio panaudojimo, šie kristalai perspektyvūs mikroelektronikos pramonei.

2.2.2. Mokslo institutai

Lazerių ir šviesos mokslas vystomas Fizikos institute ir Puslaidininkių fizikos institute, kurių laboratorijų veikla apžvelgiama. Mokslininkų sąjungos institute dirbama Saulės energetikos kryptyje (Saulės elementai).

2.2.2.1. Fizikos institutas

Fizikos institute yra trys laboratorijos, kuriose vykdomi fundamentiniai ir taikomieji moksliniai tyrimai, kuriant naujus lazerinius šaltinius, lazerines technologijas bei panaudojant lazerius fizikinių ir bio-cheminių procesų tyrimams. Šios laboratorijos turi unikalios arba naujos eksperimentinės ir technologinės įrangos ir mokslinių tyrimų, stendų.

MDFL - Molekulinių darinių fizikos laboratorija, vad. prof. L.Valkūnas

- Lazeriai: femtosekundinis Integra (Quantronix, įsigytas 2005 m. iš SF paramos);
- Pikosekundinis lazeris;
- Lazerinis spektrometras su laikine skyra.

NOSL – Netiesinės optikos ir spektroskopijos laboratorija, vad. prof. A.Dementjevas

- FTIR spektrometras Thermo Nicolet 870 (įsigytas 2006 m. iš SF paramos);
- Elipsometras SOPRA, įsigytas 2005 m. iš SF paramos.
- Paviršinių plazmonų spektrometras;
- Infraraudonos srities LIDARas (sukurtas ATTP projekte Lisatnas);
- Infraraudonas paviršinių bangų spektrometras;
- Fotoakustinis spektrometras;
- Derinamas infraraudonas (2-12μm) nanosekundinis lazeris;
- Elektroninis mikroskopas.

TTL – Taikomųjų tyrimų laboratorija, vad. dr. G.Račiukaitis

- Pikosekundiniai diodais kaupinami kieto kūno lazeriai: PL10100, PL2241, UAB Ekspla perduoti TTL naudojimui;

- Nanosekundiniai diodais kaupinami kieto kūno lazeriai: NL220, NL202, NL640;
- Lazerinio apdirbimo darbo stotis (3-jų koordinačių) AEROTECH, įsigyta 2006 m. iš SF paramos;
- Pozicionavimo įranga: galvanometriniai skeneriai, 1-os ir 2-jų koordinačių pavaros (Aerotech, Feinmess, 2005 m.);
- Optinių harmonikų generavimo moduliai, optiniai mikroskopai, CCD kameros, oscilografai, fotodetektoriai;
- Spektrofotometras Perkin-Elmer 950, įsigytas 2005 m. iš SF paramos;

2006-2008 m. vykdomas naujas SF projektas infrastruktūrai ir įrangai (1.5 priemonė), kuriame numatyta įsigyti mokslinės ir technologinės įrangos už 1,9 mln. Lt.

Fizikos institutas turi senas lazerinių technologijų ir spektroskopijos tradicijas. Lazerinių technologijų mokslinio tyrimo ir eksperimentinės plėtros darbai Fizikos institute vykdomi trijuose padaliniuose: Netiesinės optikos ir spektroskopijos, Molekulinių darinių fizikos ir Taikomųjų tyrimų laboratorijose. Šioje tematikoje čia dirba 2 profesoriai (habilituoti daktarai), 14 mokslininkų (mokslų daktarų), 8 techninių darbuotojų bei 8 doktorantai. Mokslinių laboratorijų plotas yra apie 400 kv.m. Su ES struktūrinių fondų parama vyksta Lazerinio korpuso renovacija, kuriame bus atnaujinta virš 800 kv.m. laboratorijų. Lazerių ir lazerinių technologijų mokslas Fizikos institute vystomi nuo jo, kaip savarankiškos mokslo institucijos įkūrimo 1977 m. 1982-1989 m. Fizikos institute intensyviai dirbo Lazerinių technologijų grupė, vystydama ir diegdama lazerius į gamybos procesus. Fizikos instituto mokslininkai turi sukaupę tarptautinį pripažinimą netiesinės optikos, ultra-sparčiosios ir plazmonų spektroskopijos, nuotolinio detektavimo srityse. 2004 m. bendradarbiaujant su UAB Ekspla buvo įsteigta Taikomųjų tyrimų laboratorija, kurios pagrindinis uždavinys yra eksperimentinės plėtros ir užsakomųjų darbų lazerių ir optinių technologijų srityje vykdymas.

2.2.2.1.1. Molekulinių darinių fizikos laboratorija

Molekulinių darinių fizikos laboratorijos (MDFL) mokslininkai taiko lazerinės spektroskopijos metodus mikro- ir nanopasaulio tyrimams. Laboratorijos mokslininkai, kartu su partneriais, dalyvavo 5 BP projekto vykdyme, skirtame lazerinio nuotolinio naftos dėmių aptikimo prietaiso sukūrimui.

Ultrasparčioji spektroskopija leidžia tirti pačius sparčiausius vyksmus medžiagose. Medžiagą paveikus šviesa joje formuojasi sužadintosios būsenos, keičiasi elektroninių debesėlių ir branduolių konfigūracijos. Daugelis elektroninių vyksmų tokie spartūs, kad tiriant juos kitais metodais stebimas tik jų rezultatas bet ne eiga. Šie vyksmai labai svarbūs tiek gamtoje, tokiose procesuose kaip fotosintezė, kurios metu šviesos energija paverčiame chemine energija, tiek panaudojant medžiagas

elektronikoje ir kitose technikos srityse. Spartėjant kompiuterinei technikai tolimesnė pažanga bus įmanoma tik keičiant elektronikos principus – pereinant nuo tūrinių puslaidininkinių medžiagų prie molekulinų ar neorganinių nanodarinių, kurie atliks dabartinių elektronikos elementų funkcijas. Vyksmų spartoms artėjant į pikosekundinę (10-12 s) femtosekundinę (10-15s) sritį femtosekundinė spektroskopija tampa vienu pagrindinių elektronikos įrankių.

Ultraspartieji optiniai ir optoelektriniai tyrimo metodai tampa labai svarbūs ir kitose optoelektronikos srityse tokiose kaip Saulės elementų ir kietakūnių šviestukų bei lazerių vystyme. Nors tai nuolatinės ar palyginti nesparčios veikos prietaisai, tačiau pradiniai elektroniniai vyksmai didele dalimi lemia jų darbo efektyvumą. Fizikos institute jau keli dešimtmečiai vystomi ultrasparčiosios spektroskopijos metodai ir jie taikomi organinių medžiagų ir struktūrų tyrimuose. Šiuo metu ir ateityje numatoma koncentruotis į organinių ir kompozicinių medžiagų ir struktūrų skirtų optoelektriniams prietaisams tyrimus. Šiam tikslui bus įsisavinami nauji tyrimo metodai, leidžiantys apjungti ultrasparčiuosius optinius ir elektrinius vyksmus, bei metodai įgalinantys tirti elektroninius vyksmus nanostruktūrose, ir plonuose medžiagos sluoksniuose įskaitant monomolekulinius sluoksnius. Šiam tikslui numatoma panaudoti tokius jautrius tyrimo metodus kaip paviršinių plazmonų rezonansas, bei įsisavinti pavienių molekulių spektroskopijos metodus. Pastarieji metodai ypatingai svarbūs, kadangi leidžia tirti reiškinius nehomogeninėse struktūrose nesuvidurkintus pagal skirtingų molekulių ansamblius. Iki šiol pavienių molekulių spektroskopijos metodus sunku derinti su ultrasparčiąja spektroskopija, todėl teks ieškoti naujų jautresnių spektroskopijos principų.

Kita Fizikos institute numatoma vystyti ultrasparčiosios spektroskopijos sritis tai jos taikymas molekuliniais ir biologiniams jutikliams. Šiems jutikliams vis plačiau taikomos molekulinės nanostruktūros. Jose vykstantys vyksmai dažniausiai paremti energijos ir krūvio pernaša kuri nanostruktūrose kur dominuoja nanometrinių pernešimo atstumai yra labai sparti. Todėl jų tyrimui ir vystymui būtini ultraspartūs metodai. Šiuo metu naudojami ultrasparčiosios spektroskopijos metodai dažnai per “grubūs”, nepakankamai tikslūs ir sudėtingi. Jų ateities perspektyvos didele dalimi priklauso ir nuo lazerinės technikos vystymo, kuri turi tapti patikimesnė, kompaktiškesnė ir pigesnė, taip pat ir nuo naujų matavimo metodų ir aparatūros.

Dalis FI MDFL vykdomų darbų nėra tiesiogiai susiję su lazerių mokslu ar šviesos technologijomis. Tačiau jie vienaip ar kitaip susiję su šviesa – vyksmai molekulėse ir nanodariniuose fotosintezės metu. Eksperimentiniuose tyrimuose vienas iš pagrindinių metodų yra sparčių procesų lazerinė spektroskopija su laikine skyra.

2.2.2.1.2. *Netiesinės optikos ir spektroskopijos laboratorija*

Netiesinės optikos ir spektroskopijos laboratorijos (NOSL) mokslininkai ir techninis personalas vykdo teorinius ir eksperimentinius tyrimus lazerio spinduliuotės charakterizavimo, netiesinės sąveikos srityse. Sukurtos originalios bangos fronto ir bendrojo astigmatizmo lazerio pluoštų sklidimo invariantų matavimo metodikos atitinkančios tarptautinės standartų organizacijos reikalavimams. Laboratorijoje kuriami ir vystomi nuotolinio medžiagų detektavimo, paviršiaus spektroskopijos metodai. Spektroskopiniams tyrimams taikomos paviršinių plazmonų, elipsometrijos, Furje infraraudonosios spektroskopijos metodai, įsisavinama artimo lauko mikroskopijos metodika. Vykdomi taikomieji lazerinės bei spektroskopinės įrangos kūrimo darbai, plėtojami lazerio impulsų amplitudinių ir fazinių parametrų kontrolės ir valdymo metodai. Vystomas dviejų krypčių, plačiakampis pluošto sklidimo metodas, tinkantis modeliuoti ir optimizuoti artimo lauko nano-optika. Nagrinėjamas subbanginių šviesos pluoštų formavimasis šviesolaidžių smailėse, kietakūniuose imersiniuose lęšiuose, super-didelės skiriamosios gebos artimo lauko struktūrose, bei jų panaudojimas terabitiniam optiniam informacijos užrašymui. Tiriamas šviesos pluošto sklidimas tiesinėse, netiesinėse, poliarizuotose fotoninių kristalų struktūrose ir jų panaudojimas naujų nano-matmenų prietaisų kūrimo skirtų optiniam informacijos apdorojimui. Laboratorijoje vykdomi Aukštųjų technologijų projektai (LISATNAS, DIOGENAS), Prioritetinės Lietuvos mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros projektas MODELITA ir užsakomieji verslo įmonių (lazerių ir jų komponentų gamintojų (UAB Altechna) bei vartotojų) darbai. Laboratorijos mokslininkai aktyviai dalyvauja COST, EUREKA projektu rengime ir įgyvendinime.

Paskutiniaisiais metais labai didelis dėmesys yra skiriamas nevienalyčių optinių medžiagų, pradedant nuo mikrostruktūrizuotų fotoninių kristalų ir šviesolaidžių ir baigiant nanostruktūrizuotomis metamedžiagomis su neigiamu lūžio rodikliu formavimui ir tyrimui. Tokios neįprastos struktūros leidžia naujoviškai organizuoti tiesinės ir netiesinės optikos bei lazerių fizikos procesus. Subbanginių skersinių matmenų trumpų šviesos impulsų formavimas tokiose terpėse tiesinės ir netiesinės optikos metodais yra viena iš aktualių šiuolaikinės lazerių fizikos krypčių. Todėl yra labai aktualūs neparaksialių šviesos impulsų formavimo, sklidimo, fokusavimo, vektorinių-polarizacinių savybių tyrimas ir jų transformacijos bei charakterizavimo metodų išvystymas. Efektyvi šviesos impulsų transformacija poliarizuotose struktūrose, fotoniniuose kristaluose bei metamedžiagose atveria naujas galimybes konstruojant optinius ir spektroskopinius prietaisus („nematomi objektai“, subbanginės fokusavimo sistemos), skirtus optiniam informacijos įrašymui, medžiagų lazeriniam apdirbimui ir jų savybių tyrimui.

Plonų plėvelių optinių savybių atsako į aplinkos dujų ar skysčių molekulių įtaką supratimas yra

aktualus paviršiaus spektroskopijos uždavinys. Tokio atsako registravimas gali būti panaudotas sparčių bekontaktinių sensorių kūrime. Tarp jų bene didžiausiu jautriu pasižymi plazmoninio rezonanso principu veikiančios sensoriaus. Jų technologijoms vystyti reikia gerai suprasti ir modeliuoti tiek pačių plazmonų savybes įvairiose terpėse, tiek ir fizikinius-cheminius procesus plonose (nm storio) sensorinėse plėvelėse ir struktūrose. Nors rinkoje jau pasirodo ir komerciniai plazmoninio tipo prietaisai, kaip Biacor tipo analizatoriai bei atskirų komponentų sensoriaus, tačiau tai tik pavieniai atvejai. Pastarųjų kelių metų pasiekimai spektroskopijoje vyksta dėka naujo tipo tolydžiai derinamų šaltinių (parametrinių generatorių, puslaidininkinių lazerių) spartaus vystymosi. Todėl derinamų lazerinių šaltinių kūrimas ir diegimas spektroskopinėse sistemose turi labai svarbų taikomąjį aspektą.

2.2.2.1.3. Taikomųjų tyrimų laboratorija

Taikomųjų tyrimų laboratorija (TTL), įkurta 2004 m. pagal bendradarbiavimo sutartį su UAB Ekspla specialiai lazerinių technologijų medžiagų apdirbimui tyrimams suaktyvinti. Atskiras skyrius vykdo optinių dangų gamybos technologijų tyrimus. Laboratorijoje vykdomi Aukštųjų technologijų projektai (MATILDA, SOPTDANGOS). Vykdamas projekto MATILDA darbus 2005m., buvo sukurta technologija lazerio pluoštu suformuoti matavimo linuocių rastro periodines ir aperiodines gardeles chromo sluoksnyje ant stiklo. Technologija paremta verslo partnerio UAB Brown & Sharpe Precizika techniniais reikalavimais. Užsakomieji verslo įmonių (lazerių ir jų komponentų gamintojų (UAB Ekspla, UAB Šviesos konversija, UAB Optida) bei vartotojų (UAB Brown & Sharpe – Precizika, AB Grąžtai) darbai sudaro žymią dalį Laboratorijos veiklos, kuriant ir diegiant lazerines medžiagų apdirbimo technologijas. Laboratorijos mokslininkai vykdo mokslinius darbus lazerio spinduliuotės sąveikai su apdirbamomis medžiagomis tirti, taip pat paieškinius darbus naujiems lazeriniams metodams medžiagų apdirbimui sukurti. Mokslinių darbų rezultatai pristatomi tarptautinėse bei respublikinėse konferencijose, spausdinami mokslinėje spaudoje bei patentuojami. Laboratorijos darbuotojai aktyviai dalyvauja, populiarinant lazerines medžiagų apdirbimo technologijas Lietuvoje.

Taikomųjų tyrimų laboratorija vykdo daug užsakomųjų darbų. Nuo įkūrimo 2004 m. jau įvykdė užsakomųjų mokslinių tyrimų Lietuvos ir užsienio verslo įmonėms už 300 tūkst. Lt. Dauguma darbų yra susijusių su lazeriniu medžiagų apdirbimu ir naujų technologijų paieškomis.

Planuojamos darbų kryptys:

- Struktūrų formavimas plonuose sluoksniuose lazerio spinduliuote:
- Paviršinės struktūros suformuotos lazerio spinduliuote:
- Periodinių struktūrų formavimas lazerio pluoštų kombinavimu:
- 3D struktūrų formavimas lazerio spinduliuote „bottom-up“:

- 3D struktūrų formavimas lazerio spinduliuote skaidriose terpėse.
- Didelės energijos šviesos impulsų generavimas šviesolaidiniuose lazeriuose
- Optiniai komponentai ir funkcinės optinės dangos lazeriams
- Suminio dažnio generavimo spektroskopija ir jos taikymas funkcinių paviršių tyrimams;

2.2.2.1.4. Taikomieji tyrimai Fizikos institute

2.2.2.1.4.1. Lazeriniai medžiagų apdirbimo būdai

Žemiau išvardijami procesai, medžiagų tipai ar taikymų sritys, kuriems artimiausiais metais bus skiriamas dėmesys, vykdant taikomuosius mokslinius tyrimus lazerinių technologijų kryptyje Fizikos institute bei Nacionaliniame lazerių mokslo ir technologijų centre, bendradarbiaujant su kitomis Lietuvos ir užsienio mokslo institucijomis ir verslo įmonėmis. Pradinis Fizikos instituto mokslininkų ir jų partnerių įdirbis buvo patikrintas sėkmingai vykdant Aukštųjų Technologijų Plėtros Programos projektą MATILDA 2005-2006 m. Darbai tęsiami kartu su Hanoverio lazerių centru, Leipcigo Leibnico paviršiaus modifikavimo institutu, Hamburgo-Harburgo technikos universitetu bei Ukrainos nacionalinio technikos universiteto „Kijevo politechnikos institutas“ Lazerinių technologijų tyrimo institutu.

1. Struktūrų formavimas plonuose sluoksniuose lazerio spinduliuote: Indžio-alavo oksidas (ITO) ir zinko oksidas (ZnO) yra svarbios medžiagos skaidrių kontaktų gamybai. Jie vartojami įvairiuose elektronikos prietaisuose ant stiklo ir polimerų padėklų. Metalų sluoksniai ant stiklo yra šablonų litografijai ir kaukių lazerio pluošto formavimui pagrindas. Be tokio tiesioginio taikymo, metalų sluoksniai yra įdomūs objektai funkciniam paviršiams suformuoti, įskaitant nanodaleles. Struktūros plokštiems ekranams (FPD), organiniams šviestukams ir jų pagrindu veikiančioms prietaisams (OLED), radijo dažnio identifikavimo įrenginiams (RFID), Saulės elementams. Plonasluoksniai elektronikos prietaisai, taip pat ir organinių medžiagų pagrindu

2. Paviršinės struktūros suformuotos lazerio spinduliuote. Mikrostruktūros: paviršiaus vilgumo valdymas, funkciniai paviršiai biotechnologijai, saviorganizuotos struktūros plonuose sluoksniuose; Nanostruktūros: raibuliai, saviorganizuotos struktūros, susidarančios dėl koherentinės spinduliuotės tiesioginio poveikio; nanodalelių generavimas iš plonų sluoksnių bei skysčiuose;

3. Periodinių struktūrų formavimas lazerio pluoštų kombinavimu. Interferenciniai efektai naudojami periodinėms struktūroms formuoti lazerio pluoštu; specialios formos lazerio pluoštų (sūkuriai ir t.t.) taikymas sktruktūrų formavimui medžiagose; optoelektroninių elementų formavimas (pvz. Brego gardelės) (R.Petruškevičius); Paviršiniai 2D fotoniniai kristalai – struktūrų, pasižyminčių fotoninių kristalų savybėmis, formavimas paviršiuje ir sluoksniuose

2.2.2.1.4.2. Koherentinės spinduliuotės generavimo ir stiprinimo būdai (su Ekspla)

1. Didelės energijos trumpų šviesos impulsų generavimas kieto kūno lazeriuose;
2. Didelės energijos šviesos impulsų generavimas šviesolaidiniuose lazeriuose;
3. Optiniai komponentai ir funkcinės optinės dangos lazeriams.

2.2.2.1.4.3. Lazerinė spektroskopija ir diagnostika (su Ekspla ir PFI)

1. THz diapazono spinduliuotės generavimo, detektavimo ir vaizdo atkūrimo būdai ir sistemos;
2. Suminio dažnio generavimo spektroskopija ir jos taikymas funkcinų paviršių tyrimams;

2.2.2.1.4.4. Nuotolinių atmosferos teršalų detektavimo metodų plėtra

Šiuo metu viso pasaulio mastu auga susirūpinimas klimato kaita. Tyrimai rodo, kad net labai mažos teršalų dujų koncentracijos iš esmės gali įtakoti fizikinius-cheminius procesus atmosferoje. Lazeriais galima kontroliuoti atmosferos bei vandens užterštumą, įtakojančius globalųjį atšilimą, šiltnamio efektą, ozono sluoksnio mažėjimą ir kt. Tačiau nuotolinės detekcijos metodai aktualūs ne tik civiliniuose (pramoninių emisijų detekcija, susijusi su radioaktyvių ar kt. cheminių teršalų, narkotinių medžiagų aptikimas), bet ir kariniuose taikymuose. Taršos šaltiniais gali būti sprogstamosios medžiagos, nešvarios bombos, kariniai įrenginiai ir kt. Padidėjusi terorizmo grėsmė reikalauja taip pat jautrių aptikimo metodų, visų pirma skirtų cheminiam ir biologiniam ginklui bei sprogmenims aptikti.

Šiems tikslams įgyvendinti geriausiai tinka vidurinėsios IR srities lidarai. Šioje spektro srityje yra vadinamoji molekulių pirštų atspaudų sritis, sutampanti su atmosferos skaidrumo langu. Ši sritis yra ir daugelio molekulių fundamentinių virpesių sritis, taigi jų sugertis čia yra didžiausia. Dideli molekulių sugerties skerspjūviai vidurinėje IR srityje ir būdingų tik konkrečioms molekulėms sugerties linijų gausa – tai sėkmingo LIDAR metodo pritaikymo prielaidos. Tačiau šio metodo plėtotę riboja tinkamų lazerinių šaltinių nebuvimas. Be to, kol kas LIDARai gali atpažinti dar nedaug rūšių dujų, labiausiai lakias ir žemo molekulinio svorio. Nepakankamai įsisavinta aromatinių angliavandenilių, jų nitritų ir karbonilų darinių, toksiškiems aplinkos teršalams: degimo dujoms, pramonės atliekoms, pesticidams, sprogmenų likučiams ir kt.

LIDAR metodo pagrindu išdirbti prietaisų prototipai leistų pasiūlyti Lietuvos optinių technologijų pramonei naujus ir konkurencingus produktus ir technologijas. Nuotolinės detekcijos metodas leidžia stebėti teršalų šaltinius iš patogaus taško bei įgalina sukurti tam tikros teritorijos užterštumo žemėlapi. Kita nuotolinių metodų panaudojimo sritis - tai fizikinių-cheminių procesų atmosferoje nustatymas. Metodikos, veikiančios realiaame laike ir be bandinių papildomo apdorojimo turi eilę privalumų, pasižymi greitaeigiškumu ir selektyvumu. Sumažinus šių technologijų kainą jos galėtų būti daug plačiau taikomos ne tik kariniams, bet ir civiliniams tikslams.

2.2.2.1.5. *Fundamentalieji Tyrimai Fizikos institute*

2.2.2.1.5.1. *Ultrasparčiosios spektroskopijos vystymas FI*

Ultrasparčioji spektroskopija leidžia tirti pačius sparčiausius vyksmus medžiagose. Medžiagą paveikus šviesa joje formuojasi sužadintosios būsenos, keičiasi elektroninių debesėlių ir branduolių konfigūracijos. Daugelis elektroninių vyksmų tokie spartūs, kad tiriant juos kitais metodais stebimas tik jų rezultatas bet ne eiga. Šie vyksmai labai svarbūs tiek gamtoje, tokiose procesuose kaip fotosintezė, kurios metu šviesos energija paverčiame chemine energija, tiek panaudojant medžiagas elektronikoje ir kitose technikos srityse. Fizikos institute numatoma vystyti molekulinę lazerinę spektroskopiją šiomis pagrindinėmis kryptimis:

1. Organinių optoelektronikai skirtų medžiagų optoelektrinė spektroskopija
2. Pavienių molekulių ir nanodarinių spektroskopija
3. Ultrasparčioji Rentgeno struktūrinė analizė
4. Koherentinė spektroskopija ir koherentinis reakcijų valdymas

Organinių optoelektronikai skirtų medžiagų optoelektrinė spektroskopija. Spartėjant kompiuterinei technikai tolimesnė pažanga bus įmanoma tik keičiant elektronikos principus – pereinant nuo tūrinių puslaidininkinių medžiagų prie molekulinių ar neorganinių nanodarinių, kurie atliks dabartinių elektronikos elementų funkcijas. Vyksmų spartoms artėjant į pikosekundinę (10^{-12} s) femtosekundinę (10^{-15} s) sritį femtosekundinė spektroskopija tampa vienu pagrindinių elektronikos įrankių.

Vystant ultrasparčiosios elektronikos prietaisus svarbu sujungti elektros ir šviesos galimybes, taigi būtina vystyti ultrasparčiuosius optoelektrinius tyrimo metodus. Ultraspartieji optiniai ir optoelektriniai tyrimo metodai tampa labai svarbūs ir kitose optoelektronikos srityse tokiose kaip Saulės elementų ir kietakūnių šviestukų bei lazerių vystyme. Nors tai nuolatinės ar palyginti nesparčios veikos prietaisai, tačiau pradiniai elektroniniai vyksmai didele dalimi lemia jų darbo efektyvumą.

Fizikos Institute jau keli dešimtmečiai vystomi ultrasparčiosios spektroskopijos metodai ir jie taikomi organinių medžiagų ir struktūrų tyrimuose. Numatoma koncentruotis į organinių ir kompozicinių medžiagų ir struktūrų skirtų optoelektriniams prietaisams tyrimus. Šiam tikslui bus įsisavinami nauji tyrimo metodai, leidžiantys apjungti ultrasparčiuosius optinius ir elektrinius vyksmus. Šalia femtosekundinės matomosios spektrinės srities sugerties ir liuminescencijos spektroskopijos bus vystomi tokie tyrimo metodai kaip infraraudonoji kinetinė spektroskopija leisianti tirti molekulių branduolių judėjimus, terahercinė laikinė spektroskopija įgalinti tirti ultrasparčiausias

krūvininkų judėjimo fazes. Nanosekundinės blyksninės fotolizės informacija bus derinama su optoelektriniais krūvininkų lėkio trukmės matavimais siekiant nustatyti krūvininkų koncentracijos ir judrio laikines priklausomybes.

Pavienių molekulių ir nanodarinių spektroskopija. Bus vystomi mikroskopijos su laikine skyra bei pavienių molekulių spektroskopijos metodai. Šie metodai įgalins tirti elektroninius vyksmus nanostruktūrose, ir plonuose medžiagos sluoksniuose įskaitant monomolekulinius sluoksnius. Šiam tikslui numatoma panaudoti tokius jautrius tyrimo metodus kaip paviršinių plazmonų rezonansas, bei įsisavinti pavienių molekulių spektroskopijos metodus. Pastarieji metodai ypatingai svarbūs kadangi leidžia tirti reiškinius nehomogeninėse struktūrose neužvidurkintus pagal skirtingų molekulių ansamblį. Iki šiol pavienių molekulių spektroskopijos metodus sunku derinti su ultrasparčiąja spektroskopija, todėl teks ieškoti naujų jautresnių spektroskopijos principų. Šių tyrimai padės monomolekulinius sluoksnius ir nanostruktūras taikyti molekuliniams ir biologiniams jutikliams. Nanostruktūrose vykstantys vyksmai dažniausiai paremti energijos ir krūvio pernaša kur dominuoja nanometrinių pernešimo atstumai ir pernaša yra labai sparti. Todėl jų tyrimui ir vystymui būtini ultraspartūs metodai. Šiuo metu naudojami ultrasparčiosios spektroskopijos metodai dažnai per “grubūs”, nepakankamai tikslūs ir sudėtingi. Jų ateities perspektyvos didele dalimi priklauso ir nuo lazerinės technikos vystymo, kuri turi tapti patikimesnė, kompaktiškesnė ir pigesnė, taip pat ir nuo naujų matavimo metodų ir aparatūros.

Ultrasparčioji Rentgeno struktūrinė analizė. Tai labai perspektyvi kinetinių vyksmų tyrimo sritis kadangi ji leidžia tiesiogiai stebėti molekulių branduolių judėjimą ultrasparčiojoje laiko skalėje. Naudojant didelės momentinės galios ultratrumpus šviesos impulsus generuojami Rentgeno spindulių blyksniai, kurie naudojami sužadintų medžiagų ir nanostruktūrų zondavimui.

Koherentinė spektroskopija ir koherentinis reakcijų valdymas. Koherentinė spektroskopija yra vienas iš moderniausių šiuolaikinės spektroskopijos metodų. Ji suteikia informaciją apie medžiagose vykstančius vyksmus, kuri nepasiekama jokiais kitais metodais. Tokie koherentinės spektroskopijos metodai kaip fotoninis aidas, trimatė koherentinė spektroskopija, leidžia tirti, ultrasparčius sužadinimo fazės relaksacijos vyksmus, energijos ir krūvio pernašą, greitus aplinkos kitimus ir pan.. Šiam tikslui naudojami ultratrumpi šviesos impulsai, kurių trukmė mažesnė nei medžiagos fazinės relaksacijos trukmė, t.y. trumpesni nei maždaug 20 fs.

Ultratrumpi šviesos impulsai, turintys platų spektrą pradedami taikyti reakcijų valdymui. Šiuo atveju impulsų koherentiškumas yra tikslingai “gadinamas”, taip, kad dažninė impulsų moduliacija skatintų reakcijų vyksmą. Tokiu būdu realizuojama unikali galimybė šviesos pagalba tikslingai keiti reakcijų spartas ir kelius.

2.2.2.1.5.2. *Nevienalyčių struktūrų optika ir spektroskopija*

Paskutiniaisiais metais labai didelis dėmesys yra skiriamas nevienalyčių optinių medžiagų, pradedant nuo mikrostruktūrizuotų fotoninių kristalų ir šviesolaidžių ir baigiant nanostruktūrizuotomis metamedžiagomis su neigiamu lūžio rodikliu formavimui ir tyrimui. Tokios neįprastos struktūros leidžia naujoviškai organizuoti tiesinės ir netiesinės optikos bei lazerių fizikos procesus. Subbanginių skersinių matmenų trumpų šviesos impulsų formavimas tokiose terpėse tiesinės ir netiesinės optikos metodais yra viena iš aktualių šiuolaikinės lazerių fizikos kryptų. Todėl yra labai aktualūs neparaksialių šviesos impulsų formavimo, sklidimo, fokusavimo, vektorinių-poliarizacinių savybių tyrimas ir jų transformacijos bei charakterizavimo metodų išvystymas. Efektyvi šviesos impulsų transformacija poliarizuotose struktūrose, fotoniniuose kristaluose bei metamedžiagose atveria naujas galimybes konstruojant optinius ir spektroskopinius prietaisus („nematomi objektai“, subbanginės fokusavimo sistemos), skirtus optiniam informacijos įrašymui, medžiagų lazeriniam apdirbimui ir jų savybių tyrimui.

- Sukurti efektyvius šviesos impulsų sklidimo ir sąveikos nevienalytėse pasyviose ir aktyviose terpėse skaitmeninio modeliavimo algoritmus;
- Sukurti dviejų kryptų neparaksialinius metodus, tinkančius modeliuoti ir optimizuoti šviesos pluoštų sklidimą fotoninių kristalų bangolaidinėse struktūrose;
- Kurti ir tobulinti impulsinių šviesos pluoštų ir optinių medžiagų parametrų matavimo ir charakterizavimo metodus;

Plonų plėvelių optinių savybių atsako į aplinkos dujų ar skysčių molekulių įtaką supratimas yra aktualus paviršiaus spektroskopijos uždavinys. Tokio atsako registravimas gali būti panaudotas sparčių bekontaktinių sensorių kūrimui. Tarp jų bene didžiausiu jautriu pasižymi plazmoninio rezonanso principu veikiantys sensoriai. Jų technologijoms vystyti reikia gerai suprasti ir modeliuoti tiek pačių plazmonų savybes įvairiose terpėse, tiek ir fizikinius-cheminius procesus plonose (nm storio) sensorinėse plėvelėse ir struktūrose. Nors rinkoje jau pasirodo ir komerciniai plazmoninio tipo prietaisai, kaip Biacor tipo analizatoriai bei atskirų komponentų sensoriai, tačiau tai tik pavieniai atvejai. Pastarųjų kelių metų pasiekimai spektroskopijoje vyksta dėka naujo tipo tolydžiai derinamų šaltinių (parametrinių generatorių, puslaidininkinių lazerių) spartaus vystymosi. Todėl derinamų lazerinių šaltinių kūrimas ir diegimas spektroskopinėse sistemose turi labai svarbų taikomąjį aspektą.

- Nustatyti baltymų formavimosi ant funkcionizuotų paviršių skystose terpėse ypatybes panaudojant naują spektrinę plazmon-elipsometrines metodikas; Pasiūlyti naujus algoritmus plazmoninių sensorių kūrimui;

2.2.2.1.5.3. *Lazerio spinduliuotės sąveika su medžiaga*

Lazerinis medžiagų apdirbimas yra svarbi gamybos technologija ir jos svarba auga, pereinant į mikro- ir nanotechnologijas. Tiksliam ir tikslingam medžiagos apdirbimui būtina suprasti procesus, kurie vyksta medžiagoje, kai ji sugeria lazerio spinduliuotę. Tiriami trumpų impulsų lazerio spinduliuotės sukelti medžiagos struktūros ir formos pokyčiai. Ikiabliaciniai struktūros pokyčiai kristalinėje gardelėje ar artimoje aplinkoje amorfinėse medžiagose pakeičia makroskopines medžiagų savybes. Skaidrioje terpėje tai pasireiškia liekamuoju lūžio rodiklio pokyčiu, puslaidininkėse medžiagose kinta elektrinio laidumo, fotojautrumo ar relaksacinės savybės. Formos pokyčiai atsiranda dėl terminio plėtimosi ar smūginių bangų poveikio, jei energijos tankis, veikiantis medžiagą nėra pakankamas sukelti garavimą ar cheminę destrukciją. Agregatinių būsenų pokyčiai: lydymasis, garavimas, plazmos formavimas, keičia lazeriu paveikto kūno formą ir yra esminis lazerinės abliacijos momentas. Tyrimai vykdomi aiškinantis lazerio spinduliuotės sukeltos medžiagų saviorganizacijos plonuose sluoksniuose priežastis. Didelio intensyvumo spinduliuotės poveikis lokalizuotai mikrotūryje sudaro ekstremaliais sąlygas, kurios galimos branduolinio sprogo sąlygomis. Naujų medžiagų ar jų struktūrinių būsenų susidarymas galimas, esant tokiam lazerio spinduliuotės poveikiui.

Fizikos institutas yra pareiškėjas kartu su VU vykdomame SF projekte pagal 1.5 priemonę „Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centras“ (NLMTTC), todėl šių, su lazeriais dirbančių laboratorijų veikla performuojama, perkeliama naujų MTEP projektų vykdymą į NLMTTC. Centras taip pat koordinuoja aukščiausios kategorijos specialistų rengimo projekto pagal SF 2.5 priemonę vykdymą.

Nacionalinio Lazerių Mokslo ir Technologijų Centro paskirtis yra NLMTTC bazėje įkurti mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtos centrą, galintį konkuruoti pasaulyje lazerinių ir optinių technologijų srityse, plėtoti lazerinių ir optinių technologijų tyrimus ir praktinį taikymą Lietuvoje, tapti ryšininiais tarp lazerių gamintojų ir potencialių lazerinių technologijų vartotojų.

2.2.2.2. *Fizikos instituto mokslininkų ir mokslo darbuotojų skaičius ir amžiaus struktūra*

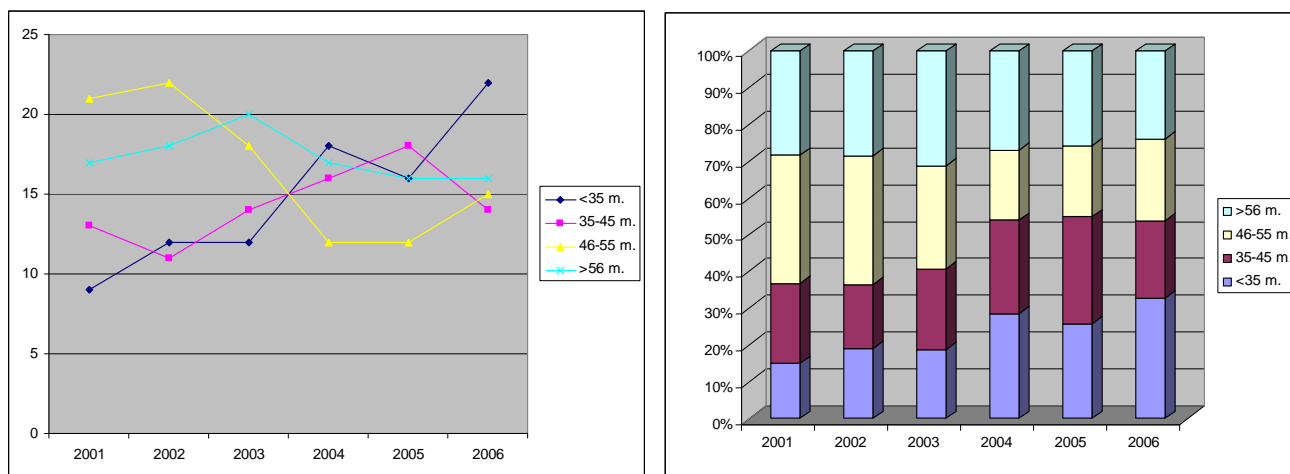
Fizikos institute paskutinius tris metus pastebimas jaunų mokslo darbuotojų skaičiaus didėjimas, kas rodo šio instituto atsigavimo ženklus.

Lentelė 14. Fizikos instituto mokslininkų ir mokslo darbuotojų skaičius ir amžiaus struktūra

metai	Viso	<35 m.	35-45 m.	46-55 m.	>56 m.
2001	60	9	13	21	17
2002	63	12	11	22	18
2003	64	12	14	18	20
2004	63	18	16	12	17

2005	62	16	18	12	16
2006	67	22	14	15	16
2007					

Šioje lentelėje nėra atskirti mokslininkai (mokslo daktarai) ir kiti mokslo darbuotojai.



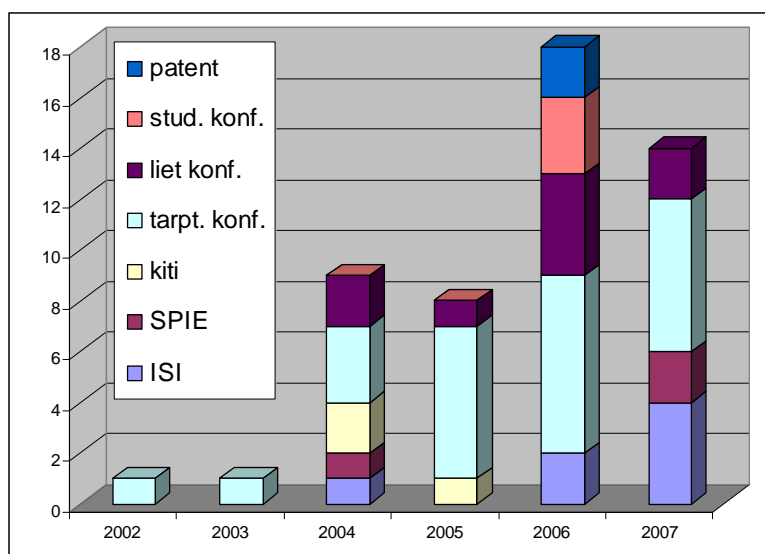
Pav. 1. Fizikos instituto mokslininkų ir mokslo darbuotojų skaičiaus dinamika pagal amžiaus grupes. Ryški tendencija jaunų žmonių pritraukimo į mokslinę veiklą. Tik subrendusių mokslininkų amžiaus grupėje yra mažėjimas, kuris parodo tolesnę mokslininkų karjerą versle arba valdiškose institucijose.

2.2.2.3. Fizikos instituto mokslinės veiklos produktyvumas per paskutinius 5 metus

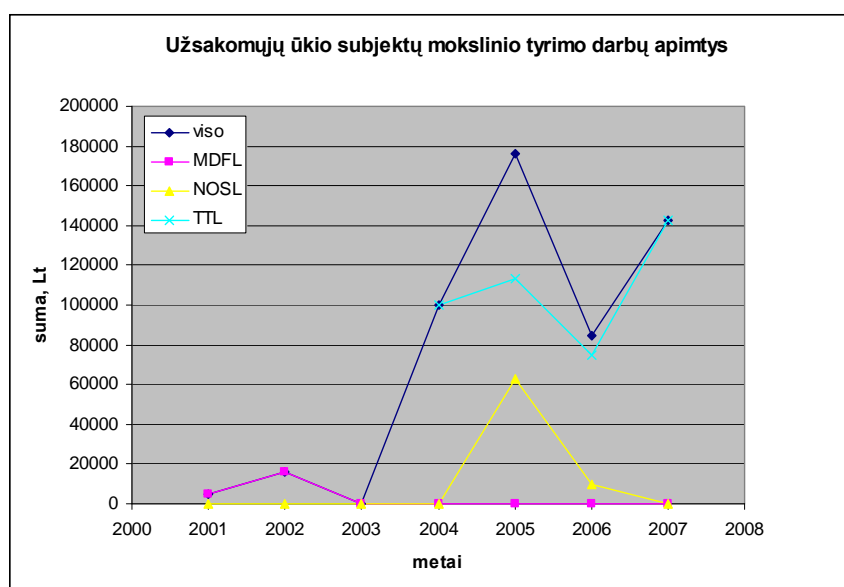
Lentelė 15. Fizikos instituto „lazerinių laboratorijų“: MDFL (Molekulinių darinių fizikos), NOSL (Netiesinės optikos ir spektroskopijos), TTL (Taikomųjų tyrimų –nuo 2004) mokslinės veiklos produktyvumas

metai	straipsniai ISI sąrašo žurnaluose (skaustuose, viso FI)	užsienio leidyklose išspausdintos monografijos	registruoti tarptautiniai patentai ir patentinės paraiškos	užsakomieji ūkio subjektų darbai: gautos lėšos kasmet, suma viso, t. Lt (kiekis)	tarptautiniai bendradarbiavimo projektai, skaičius
2000		1			1
2001	22 (46)			5,0 (1)	3
2002	10 (34)			16,0 (1)	2
2003	9 (24)				4
2004	13 (32)			100,0 (1)	4
2005	17 (41)		1 LT	176,4 (8)	5
2006	26 (48)		(2 LT paraiškos)	84,8 (4)	4
2007*				142,4 (3)	6

sudarytos sutartys iki 2007 m. balandžio mėn.



Pav. 2. Fizikos instituto Taikomųjų tyrimų laboratorijos Lazerinių technologijų skyriaus mokslininkų ir mokslo darbuotojų publikacijų dinamika per 2002-2007 m.



Pav. 3. Fizikos instituto „lazerinių“ laboratorijų vykdomų užsakomųjų mokslinio tyrimo darbų dinamika per 2000-2007 m.

Taikomųjų tyrimų laboratorija (TTL) buvo įkurta 2004 metais, pagal bendradarbiavimo sutartį su UAB Ekspla, siekiant intensyvinti mokslininkų dalyvavimo, tenkinant verslo poreikius moksliniams tyrimams. Nuo to laikotarpio suintensyvėjo tiesiogiai verslo užsakomų mokslinio tyrimo darbų apimtys Fizikos instituto „lazerinėse laboratorijose“.

2.2.2.4. Puslaidininkų fizikos instituto Optoelektronikos laboratorija

Daugiausia lazerinės tematikos darbų yra atliekama instituto Optoelektronikos laboratorijoje. Šioje laboratorijoje yra atliekami ultrasparčiųjų procesų puslaidininkiuose tyrimai ir yra kuriami

ultraspartūs puslaidininkinės optoelektronikos prietaisai. Puslaidininkių fizikos instituto Optoelektronikos laboratorijoje yra ši unikali arba nauja eksperimentinė ir technologinė įranga, stendai:

- Femtosekundinis Ti:safyro lazeris (Mira, Coherent) ir jo pagrindu veikiančios THz laikinės spektroskopijos bei optinio kaupinimo –THz zondavimo sistemos.
- Neatrūkios THz spinduliuotės generavimo sistema, besiremianti dviejų vienmodžių puslaidininkinių lazerinių diodų (Toptica Photonics) signalų optiniu maišymu.
- Spartaus terminio atkaitinimo įrenginys (Unitemp).

Tarp laboratorijos naudojamos technologinės įrangos išskirtini molekulinė pluoštelė epitasijos įrenginys, fotolitografijos įrenginys (Kulicke) bei kristalų pjaustymo ir poliravimo įranga.

Optoelektronikos laboratorijoje buvo sukurta originali GaAs epitaksinių sluoksnių su itin trumpomis, mažesnėmis už 1 ps krūvininkų gyvavimo trukmėmis, auginimo technologija. Šių epitaksinių sluoksnių pagrindu buvo sukonstruoti optoelektroniniai terahercinio dažnių diapazono emiteriai ir detektoriai. Laboratorijoje sukurtų technologijų įgyvendinimui, kartu su UAB Ekspla 2007 m. pradžioje buvo įkurta purpurinė įmonė UAB TeraVil, lazerinių terahercinės spinduliuotės siūstuvų ir imtuvų gamybai. Be to, laboratorijoje yra atliekami THz spinduliuotės generavimo femtosekundiniais lazerio impulsais apšviestuose įvairių puslaidininkinių paviršiuose tyrimai. Dalis šių tyrimų buvo finansuojama JAV Karinių oro pajėgų Europos mokslinių tyrimų tarnybos (EOARD). Duomenys apie laboratorijos mokslininkų ir mokslo darbuotojų skaičių, jų amžių bei produktyvumą pateikti 16 ir 17 lentelėse. Mokslininkai turi prieigą prie [periodinių mokslo leidinių duomenų bazės SCIENCE DIRECT](#).

Lentelė 16. Puslaidininkių fizikos instituto Optoelektronikos laboratorijos mokslininkų ir mokslo darbuotojų skaičius ir amžiaus struktūra.

metai	Viso	<35 m.	35-45 m.	46-55 m.	>56 m.
2002	5	2	1	2	1
2003	6	2	1	2	1
2004	6	2	1	1	2
2005	6	1	2	1	2
2006	6		3	1	2
2007	6		3	1	2

Lentelė 17. Puslaidininkių fizikos instituto Optoelektronikos laboratorijos mokslinės veiklos produktyvumas

metai	straipsniai ISI sąrašo žurnaluose	užsienio leidyklose	registruoti tarptautiniai	užsakomieji ūkio subjektų	tarptautiniai bendradarbiavimo

	(skaustuose, viso FI)	išspausdintos monografijos	patentai ir patentinės paraiškos	darbai: gautos lėšos kasmet, suma viso, t. Lt (kiekis)	projektai, skaičius
2000					
2001					
2002	4	0	0	0	3
2003	5	0	0	0	4
2004	10	0	0	0	6
2005	7	0	0	34	7
2006	5	0	0	125	3
2007*	5	0	0	40	2

sudarytos sutartys iki 2007 m. gegužės mėn.

2.2.2.4.1. Fundamentiniai ir taikomieji tyrimai terahercinės spinduliuotės generacijos ir registravimo srityje PFI Optoelektronikos laboratorijoje

Pastaraisiais metais stebimas ženklus susidomėjimo femtosekundiniais lazeriais paremtų impulsinių terahercinio spinduliuotės diapazono (THz) sistemų taikymo saugos sistemose augimas. THz sistemos pradėtos naudoti kuriant vaizdus, padedančius aptikti paslėptus ginklus, sprogmenis, kenksmingas chemines bei biologines medžiagas. Šis susidomėjimas gali būti paaiškinamas keletu faktorių:

- THz spinduliuotė gerai praeina per daugelį nemetalinių ir nepolinių terpių, todėl THz sistemos gali „matyti“ per tokias kliūtis, kaip įpakavimo medžiagos, kartonas, rūbai, avalynė, krepšiai ir t.t., ir tai leidžia pamatyti juose slepiamas potencialiai pavojingas medžiagas.
- Daugelis saugos požiūriu svarbių medžiagų, tokių kaip spogstamosios medžiagos, cheminiai ir biologiniai ginklai, pasižymi charakteringais THz dažnių ruožo spektrais, todėl šią aplinkybę galima panaudoti identifikuojant slepiamus objektus.
- THz spinduliuotė yra nejonizuojanti, todėl ji nekelia jokio pavojaus nei skenuojamo asmens, nei sistemos operatoriaus sveikatai.

Dauguma šiuo metu egzistuojančių THz diapazono spinduliuotės šaltinių yra ir labai brangūs ir palyginti sudėtingi, todėl jų platesnis taikymas yra gana ribotas. Skirtingai nuo jų, femtosekundinius lazerius naudojančios impulsinės optoelektroninės sistemos leidžia perkloti visą THz spinduliuotės spektrą, o jų koherentiškumas užtikrina didelį signalo ir triukšmo santykį, leidžiantį atlikti jautrius matavimus nepaisant foninės spinduliuotės lygio.

Pagrindiniai impulsinių optoelektroninių THz diapazono sistemų komponentai yra puslaidininkiniai fotoelementai, pagaminti iš medžiagų su itin trumpomis krūvininkų gyvavimo trukmėmis. Tokių medžiagų technologija ir tyrimai PFI Optoelektronikos laboratorijoje buvo atliekami dešimt pastarųjų metų; šie tyrimai, vykdomi taip pat bendradarbiaujant su eile užsienio mokslinių centrų, buvo finansuojami iš Europos Bendrijos ir NATO mokslinių programų projektų lėšų. Šių tyrimų rezultate buvo sukurta originali GaAs sluoksnių auginimo molekulinė pluoštelė epitaksijos (MBE) būdu technologija, leidžianti gauti medžiagą su nemažu elektronų judriu ir krūvininkų gyvavimo trukmėmis, keičiamomis nuo 100 fs iki 100 ps. Šios medžiagos pagrindu buvo pagaminti THz spinduliuotės emiterių ir detektorių prototipai, prilygstantys geriausiems pasauliniams tokių prietaisų pavyzdžiams. Laboratorijoje atlikti eksperimentai liudija, kad naudojant šiuos prietaisus kartu su femtosekundiniu titano-safyro lazeriu galima sėkmingai atlikti spektrinius matavimus THz diapazone.

2.3 Verslo vystymo nagrinėjamame sektoriuje apžvalga

2.3.1. Pagrindinės įmonės, gaminančios lazerius, lazerines sistemas ar komponentus joms

Lietuvos lazerių technologijų įmonės susikūrė 1985-1995 m. kaip natūrali ir logiška mokslinių tyrimų vykdytų (ir tebevykdomų) nuo 1970 m. Vilniaus Universitete bei Fizikos institute tąsa, siekiant pritaikyti mokslinių tyrimų rezultatus praktikoje ir tuo pačiu versle. Visos šios įmonės yra sukurtos privačia iniciatyva - įmonių steigėjai, vadovai ir vyriausieji specialistai yra mokslininkai ir inžinieriai - išėiviai iš minėtų mokslinių institucijų. Šiuo metu sėkmingai veikia virš 10 lazerių technologijų įmonių ir galima teigti, kad suformuota Lietuvos lazerių technologijų pramonės sektoriaus užuomazga.

Pagrindinės Lietuvos lazerių technologijų įmonės:

Eksma grupė (www.eksma.com; www.ekspla.com) susiformavo 2004 m. sausio mėn. UAB „Eksma“ ir UAB „Ekspla“ akcininkams apjungus akcinius kapitalus. UAB „Eksma“ savo istoriją skaičiuoja nuo 1983, o UAB „Ekspla“ nuo 1992 m. Eksma grupę sudaro dukterinės bendrovės:

- a) stambiausia Lietuvoje lazerių technologijų UAB „Ekspla“,
- b) UAB „Eksmos medicininės technikos centras“, UAB „Bioeksma“ (nuo 2005 m) (Ne lazerių technologijos).

Eksma grupė taip pat yra bendros Lietuvos Respublikos ir Rusijos federacijos įmonės „**Novosibirskij monokristal – Eksma**“, veikiančios Novosibirske (Rusijos Federacija) dalininkė. 2006 m. įkurta dar viena dukterinė įmonė – UAB „**Optolita**“, kurios veikla yra precizinis netiesinių kristalų poliravimas.

Pagrindiniai įmonės produktai: pikosekundiniai, nanosekundiniai lazeriai, parametriniai keitikliai, lazeriniai spektrometrai, lazeriniai technologiniai įrenginiai, optiniai komponentai, lazerių energetiniai blokai, medicininė ir laboratorinė aparatūra. Eksma gr. bendrovės pardavimų apimtys 2005 m. – 37 mln. Lt. Eksportas sudaro 70 proc. pardavimų apimties.

UAB Mokslinė gamybinė firma „Šviesos konversija“ (www.lightcon.com) įkurta 1994 metais. Šiuo metu joje dirba 40 darbuotojai, iš kurių 11 turi mokslų daktaro laipsnį. Savo veiklos pradžioje įmonė sukūrė ir pateikė rinkai tolydžiai derinamų itin trumpų impulsų parametrinių šviesos generatorių ir stiprintuvų komercinių produktų seriją „TOPAS“, kuri šiuo metu užima dominuojančią padėtį, apie 70-80%, pasaulinėje tokio tipo lazerių rinkoje. Šios serijos produktai yra parduoti daugiau nei 30-ies šalių fundamentinių tyrimų ir taikomojo mokslo institucijoms, o bendras parduotų įrenginių

skaičius yra apie 500.

Nuo 2000 metų „Šviesos konversija“ atlieka mokslinių tyrimų ir inžinierinius darbus kuriant diodinio kaupinimo kietojo kūno lazerius. Pastaraisiais metais įmonė sukūrė ir teikia rinkai naujos kartos iterbio femtosekundinę lazerinę sistemą savo architektūra ir techniniais parametrais ženkliai besiskiriančią nuo dabar tokių lazerių rinkoje dominuojančių Ti:safyro femtosekundinių sistemų. Įmonės sukurta diodinio kaupinimo lazerinė sistema, pasižyminti tokiais išskirtiniais parametrais kaip ~ 170 fs generuojamų impulsų trukmė, > 4 W spinduliuotės vidutine galia, 0,001- 400 kHz impulsų pasikartojimo dažnio derinimo diapazonas, turi akivaizdų konkurencinį pranašumą, lyginant su kitais šios klasės kitų firmų produktais. Tai kompaktiška, didelio patikimumo sistema, turinti plačias taikymo sritis realizuojant didelio tikslumo reikalaujančius pramonės procesus (metalų ir dielektrikų mikroapdirbimas, mikro ir nanostruktūrų formavimas), medicinoje (mikro ir nanochirurgija, oftalmologija, odontologija, optinė koherentinė tomografija), informacinėse technologijose (šviesolaidžių gamyba, duomenų saugojimo sistemos, Tbit spartos ryšiai) ir kitose srityse kuriant naujas medžiagas, tobulinant jų mechaninį apdirbimą.

Įmonė sparčiai plečia eksperimentinę mokslinių tyrimų ir gamybinę bazę. Ji šiuo metu orientuojasi ne tik į gerai pažįstamą mokslinę bet ir į industrinę rinką. „Šviesos konversijos“ tyrėjai ir inžinieriai pastoviai kuria inovatyvius, pasaulinėje rinkoje konkurencingus produktus, aktyviai dalyvauja nacionaliniuose Valstybinio mokslo ir studijų fondo, Struktūrinių fondų, „Phare“ programos, o taip pat ir Europos Komisijos mokslinių tyrimų projektuose.

Įmonė glaudžiai bendradarbiauja su Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centru. Pardavimų apimtys 2005 m. siekė 7 mln. Lt. Beveik visa produkcija eksportuojama.

UAB “STANDA” (www.standa.lt) – opto-mechaninių įrenginių mokslui, mokymui bei pramonei gamintoja. Standa įkurta 1987 m., pagrindinės veiklos kryptys – produkcijos kūrimas ir gamyba. Daugiau kaip 80% kompanijos gaminamos produkcijos parduodama į maždaug 50 pasaulio šalių (JAV, Japoniją, JK, Vokietiją, Meksiką, Taivanį, Australiją, Prancūziją, Italiją, Ispaniją, Austriją, Lenkiją, Norvegiją, Švediją, Suomiją, Daniją, Olandiją ir t.t.), pirkėjai – institutai, universitetai, kariniai bei pramoniniai tyrimų centrai iš aukščiau paminėtų valstybių. UAB “STANDA” savo produkcija įrengia ir aprūpina Vilniaus Universiteto, Kauno Technologijos Universiteto, Fizikos Instituto, Puslaidininkų Instituto ir kitas laboratorijas.

Įmonėje dirba apie 80 žmonių – 28 diplomuoti inžinieriai, 1 Gamtos mokslų daktaras, likusi dalis – techninis personalas bei darbininkai.

UAB “Standa” gaminama produkcija:

- Optiniai stalai;
- Pneumatinė vibro-izoliacinė sistema;
- Baziniai elementai ir bėgiai;
- Optikos laikikliai;
- Optikos pozicionavimo įrenginiai;
- Postūmio ir posūkio staliukai;
- Motorizuoti pozicionieriai automatizuotiems procesams;
- Žingsninių variklių valdymo plokštės;
- Mikrometriniai ir tikslaus reguliavimo sraigčiai;
- Opto-mechaninės sistemos (kintami atenuatoriai, B-kubai ir t.t.)
- Optika;
- Optiniai filtrai;
- Mokomoji kilnojama optikos laboratorija (mokykloms, koledžams bei universitetams).
- DPSS lazerio rinkinys mokymo bei tyrimų tikslams.
- Lazeriai.
- Spektro-analitinė aparatūra.

Projekto „Lazeriai mikroapdirbimui ir diagnostikai“ metu UAB Standa kuria sub-mikroninę pozicionavimo sistemą. Šiuo metu yra baigiamas dviejų koordinačių nanopozicionieriaus su 100 mm eiga XY koordinatėse, 50 nm tikslumu ir 150 mm/s maksimaliu postūmio greičiu prototipas.

Pardavimų apimtys 2005 m. sudarė 8 mln. Lt.

UAB „Optida“ (www.optida.lt) įkurta 1997 m. Šiuo metu UAB „Optida“ dirba dvidešimt darbuotojų. Daugiau negu 95 proc. visos įmonės veiklos sudaro optinių elementų dengimas interferencinėmis optinėmis dangomis. Tokiu būdu gaunami optiniai lazerio elementai – poliarizatoriai, skaidrinti langeliai, šviesos dalytuvai, veidrodžiai, dichroiniai dalikliai ir kt. Likusią įmonės veiklos dalį sudaro interferencinių filtrų, veidrodžių ir kitų optiniams prietaisams skirtų optinių elementų gamyba. Taip pat teikiamos optinių elementų spektrinių charakteristikų testavimo paslaugos.

UAB „Optida“ yra stambiausia optinių dangų gamintoja Lietuvoje. Pagrindiniai UAB „Optida“ klientai yra didžiausios Lietuvos lazerinės bei fotonikos įmonės: UAB „Ekspla“, UAB „Šviesos konversija“, UAB „Standa“, UAB „Altechna“, TŪB „Rimkevičiaus ir Gintauto bendrija“. Dalis UAB „Optida“ optinėmis dangomis dengtų lazerinių komponentų yra montuojama į šių įmonių gaminamas

lazerines sistemas, kita dalis eksportuojama į JAV ir Europos valstybes. Tiesiogiai arba per prekybos partnerius eksportuojama iki 95 proc. visos UAB „Optida“ produkcijos.

Siekdama gerinti optinių dangų kokybę ir plėsti gaminamų optinių dangų asortimentą įmonė investuoja savo lėšas į taikomųjų tyrimų fizikos srityje projektus, o tokių tyrimų srityje aktyviai bendradarbiauja su Fizikos institutu bei Vilniaus universiteto Lazerinių tyrimų centru.

UAB „Optida“ kartu su UAB „Ekspla“, Vilniaus universitetu, Chemijos institutu ir Fizikos institutu yra dalyvavusi 36 mėnesių trukmės Lietuvos valstybinio mokslo ir studijų fondo (LVMSF) dalinai finansuotame projekte „Didelės energijos jonų srautais sutankintų optinių dangų technologijų sukūrimas (Soptdangos)“.

Pardavimų apimtys 2005 m. – 1 mln. Lt.

UAB „Altechna“ įkurta 1996 m. Kompanijos specializacija lazerių technologijos ir lazerinių sistemų komponentai. Pagrindinės veiklos kryptys yra:

- Taikomieji tyrimai lazerinių technologijų srityje.
- Lazerinių sistemų komponentų gamyba.
- Lazerinės fizikos srities servisas ir konsultacijos mokslinėms, mokymo, universitetinėms įstaigoms, mokslinėms laboratorijoms ir gamybinėms įstaigoms.
- Lazerinės optikos ir mechanikos pardavimai.

UAB „Altechna“ aktyviai dalyvauja tarptautinėje lazerinių technologijų ir optikos rinkoje. Apie 90% visos produkcijos eksportuojama.

Pardavimų apimtys 2005 m. – 1,8 mln. Lt.

UAB „Geola“, įkurta 1992 m., yra tarptautinės GEOLA grupės kompanija. UAB „Geola“ specializuojasi lazerinės fotonikos ir holografijos srityse. Kompanija kuria galingas impulsines lazerių sistemas ir analoginės bei skaitmeninės holografijos sistemas.

UAB „TERAVIL“ įkurta 2006 m. Įmonės veikla: THz dažnių juostos komponentų ir sistemų kūrimas ir gamyba.

Gaminami THz emiteriai ir detektoriai bei THz spektroskopijos sistemos, veikiančios aktyvuojant juos 800 nm lazerių impulsais. Aktyvūs elementai gaminami iš žematemperatūrio GaAs (LTG GaAs). Pradedami įsisavinti ir LTG GaBiAs aktyvūs elementai, jautrūs ilgesnių bangos ilgių lazerių impulsams.

Rimkevičiaus ir Gintauto bendrija, įkurta 1991 m., yra precizinių optinių komponentų ir mazgų gamintoja ir tiekėja. Jos produkciją sudaro:

- Optiniai komponentai (lęšiai, prizmės, veidrodžiai, poliarizatoriai ir pan.)
- Dielektrinės ir metalinės dangos,
- Netiesiniai ir lazeriniai kristalai,
- Superploni optiniai komponentai,
- Optinių komponentų poliravimas ir padengimas,
- Mechaniniai komponentai.

UAB „OPTRONIKA“ – įkurta 2006 m., tai lazerinių ir optinių technologijų kompanija, besispecializuojanti lazerių šou, lazerinių projektorių, kitų lazerinių komponentų gamyboje. Veiklos kryptys:

- Lazerių šou
- Lazerinių projektorių gamyba
- Matomos srities daugiaspalviai lazeriai
- Sparčios lazerinio pluošto nutraukimo sklendės

UAB „Lazerinės idėjos“ - įkurta 2005 m., modernių lazerinių technologijų bendrovė, rengianti lazerių bei multimedia šou, gaminanti lazerines sistemas mokslui, pramonei ir reklamai

UAB „Aštuonetas“ įkurta 1994 metais. Steigėjai - aštuoni Fizikos instituto darbuotojai. Įmonė teikia lazerinio graviravimo, žymėjimo, smulkaus suvirinimo ir pjovimo paslaugas. Ant metalinių, medinių, stiklinių, plastmasinių gaminių užrašo pageidaujamą informaciją (logotipus, tekstus, skales ir t.t.). Lazeriu suvirina smulkias metalines detales, išpjauna miniatiūrinius elementus juvelyrams ir masinių renginių apšvietėjams. Bendrovėje kuriama lazerinio žymėjimo programinė įranga ir aparatūra.

2.3.2 Lazerinių įmonių dalyvavimas MTEP veikloje

Norėdamos išlaikyti savo produkcijos konkurencingumą greitai besikeičiančioje fotonikos rinkoje Lietuvos lazerių įmonės aktyviai dalyvauja MTEP veikloje. Galimybes vykdyti mokslinius tyrimus sudaro aukšta įmonių darbuotojų kvalifikacija. Lazerinėse įmonėse dirba virš 310 kvalifikuotų darbuotojų, iš kurių apie 30 – mokslo daktarų. Virš 70% darbuotojų turi aukštąjį išsilavinimą. Nemažai darbuotojų dirbdami tęsia mokslus aukštosiose mokyklose. Tokių darbuotojų pavyzdžiui Eksploje yra

18, Šviesos konversijoje - 4, Optidoje – 7. Virš 10% įmonių darbuotojų nuolat vykdo MTEP darbus. Kai kuriose įmonėse (Šviesos konversijoje, Optidoje) šis procentas sudaro daugiau nei 20% visų darbuotojų.

Lietuvos lazerinių technologijų įmonės kasmet 7 – 10 proc. pardavimo apimties (t.y. apie 3,2 – 5.7 mln. Lt) skiria taikomiesiems moksliniams tyrimams. Kai kurių įmonių biudžete ši dalis sudaro net iki 20% (Šviesos konversija, Optida).

Lentelė 18. UAB „Ekspla“ pastaraisiais metais vykdytų MTEP projektų apžvalga:

Projekto pavadinimas ir aprašymas	Lėšų šaltinis	Projekto rezultatai	Vykdyimo laikotarpis
Vidinis projektas “PL2000” skirtas pikosekundinio osciliatoriaus ir regeneratyvinio stiprintuvo, kaupinamų lazeriniais diodais tyrimams. Pirmas etapas buvo skirtas Nd:YVO osciliatoriaus su impulsų trukme mažesne už 20 ps schemos modeliavimui ir bandymams. Antrame etape tiriami regeneratyvinio stiprintuvo darbo režimai.	2003-2004 m. investuota 70851 Lt	Išbandyta keletas optinių lazerio schemų su Nd:YVO aktyviais elementais ir pasyviaja modų sinchronizacija naudojant pasyvius absorberius gauta impulsų trukmė 6 ps ir galingumas 0.5 W.	2003m. – 2005 m.
Vidinis projektas “Didelio pasikartojimo dažnio nanosekundinis lazeris”. Buvo pradėti darbai, įsivainant didelio dažnio nanosekundinių lazerių, kaupinamų lazeriniais diodais technologiją.	Per du metus investuota 88933 Lt	Buvo sukurtas prototipas lazerio generuojančio 10 ns trukmės, 6W vidutinės galios, 40 kHz pasikartojimo dažnio impulsus.	2003m. – 2004m.
Vidinis EKSPLOS projektas “Mikroapdirbimo impulsiniais lazeriais režimų tyrimas metaluose stikle ir silicyje”, kurio tikslas buvo mikroapdirbimo procesų, apdirbamų medžiagų ir taikymų paieška, žinojimo kaupimas, techninių reikalavimų ps-lazeriui suformulavimas remiantis rinkos, konkurentų ir potencialių taikymų apžvalga. Mikroapdirbimo su EKSPLOS ps-lazeriu pavyzdžių, naudojami rinkodaroje, pagaminimas	Per du metus investuota 225757 Lt	Nustatyti kai kurie gręžimo ir pjovimo ps- lazeriu režimai šiose medžiagose, pradėtos ruošti mikroapdirbimo tyrimų metodikos, suformuluoti reikalavimai technologiniam ps lazeriui	2003 m. - 2004 m.
EUREKA projektas Nr.2359 “Instrumentai ir standartų testinės procedūros lazerio pluoštui ir optikai charakterizuoti”. Projekte be EKSPLA dalyvavo Vilniaus Universiteto Fizikos ir Matematikos fakultetai, Fizikos Institutas ir Vytauto Didžiojo Universitetas .	Visas projekto biudžetas 510291 Lt, tame tarpe Ūkio ministerija per tris metus skyrė 290145 Lt subsidiją	2001m.sukurtos ultratrumpųjų lazerių spindulio charakterizavimo metodikos. 2002 m. sukonstruotas lazerio spindulio parametro M ² matavimo prietaiso prototipas 2003 m. buvo vykdomi lazerio spindulio parametro M ² matavimo prietaiso prototipo tobulinimo darbai, metodikų vystymas, programinio aprūpinimo kūrimas	2001 m. – 2003 m.
Europos Komisijos projektas “Laser fluorosensor for oil spot detection “FLUOSENSE”. Tiriamaoji studija, skirta preliminariam rinkos tyrimui, galimo projekto techninei užduočiai sudaryti ir tolimesnio projekto parengimui. Projekte be pareiškėjo dalyvavo Fizikos Institutas, Lietuva, Oldenburgo Universitetas, Vokietija, firma E.F.S.,	Visas biudžetas 90220 Lt iš jų Europos Komisija skyrė 67.677 Lt subsidiją	Paruošta paraiška EK 5BP projektui	2002 m.

Prancūzija, firma Trios GmbH, Vokietija, firma Lamor Corporation AB, Suomija. UAB "EKSPLA" buvo projektą koordinuojanti organizacija			
Aukštųjų technologijų plėtros programos projektas "Lazerinės infraraudonosios spektrometrinės atmosferos taršalų nuotolinio aptikimo sistemos (LISATNAS)", projekto registracijos Nr.B-03006. Projektas vykdytas kartu su Fizikos institutu, Biochemijos Institutu ir Lietuvos Karo Akademija.	2003 – 2006 m. EKSPLOS dalis biudžete 232660 Lt, EKSPLA investavo 120000 Lt	Sukurtos nuotolinio taršalų aptikimo metodikas naudojant lazerinį infraraudonosios srities spinduliavimą. Sukurtas vidutinės infraraudonos srities optinis parametris generatorius, sukonstruotas fotoakustinio atmosferos taršalų matavimo spektrometro prototipas, sukonstruotas nuotolinio taršalų aptikimo Lidaro maketas.	2003 m. – 2006 m.
Aukštųjų technologijų plėtros programos projektas Diodiniais lazeriais kaupiamos didelio skaisčio lazerių sistemos mokslui ir pramonei "Diogenas". Projekto tikslas ištirti didelio pasikartojimo dažnio ir didelės vidutinės galios lazerinių sistemų, kaupiamų didelio skaisčio lazeriniais diodais, veikimą. Projekte be EKSPLOS dalyvavo UAB "Šviesos konversija", Vilniaus universiteto Kvantinės elektronikos katedra, Fizikos institutas.	2003 – 2006 m. EKSPLOS dalis biudžete 374000 Lt,	VU paruošta laboratorija, padarytas ps oscilatorius, padaryti regeneratyvinio rezonatoriaus modeliavimai, padaryti eksperimentai tiriant ps impulsų stiprinimą Nd:YAG elemente.	2003 m. – 2006 m.
Europos Komisijos 5BP CRAFT projektas Laser fluorosensor for oil spot detection "FLUOSENSE", kontrakto No.EVK3-CT-2001-3001 (Lazerinis fluoresensorius naftos dėmių aptikimui). Projekto tikslas - sukurti prietaiso prototipą, kuris lazerinės fluorescencijos metodu nuotoliniu būdu ir realiame laiko mastelyje aptiktų naftos produktų teršalus vandens paviršiuje. Projekte be EKSPLOS dalyvavo Fizikos Institutas, Lietuva, Oldenburgo Universitetas, Vokietija, firma E.F.S., Prancūzija, firma Trios GmbH, Vokietija, firma Lamor Corporation AB, Suomija. UAB "EKSPLA" yra projektą koordinuojanti organizacija.	Visas EKSPLOS dalies projekte biudžetas 700000 Lt, iš jų EK skyrė 182000 Lt	Skurta fluorescentinė naftos dėmių vandens paviršiuje aptikimo metodika, nustatyti būsimo prietaiso parametrai, sukonstruotas ir išbandytas laboratorinis modelis, surinktas prietaiso prototipas, atlikta pradinė tokių prietaisų rinkos analizė.	2003 m. – 2005 m.
Taikomų mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros projektas, remiamas Europos Sąjungos Struktūrinių fondų „Lazeriai mikroapdirbimui ir diagnostikai“. Projekto partneriai UAB „Šviesos Konversija“, UAB "Optida", UAB "Standa"	Projekto biudžetas 6,768 mln. Litų, Struktūrinių fondų parama 4,434 mln. litų	Jau atlikti du trečdaliai projekto darbų: išbandyti technologiniai standai, kuriuose gautas iki 10W vidutinės galios, iki 100 kHz pasikartojimo dažnio, femtosekundinės ir pikosekundinės trukmės spinduliavimas. Nanosekundinės trukmės tyrimo stende gautas iki 15W spinduliavimo galingumas. Išbandytos įvairios parametrisinės generacijos schemas. Atliekami harmonikų generacijos tyrimai. Išbandytos naujos spinduliavimui atsparių dangų garinimo ir testavimo technologijos. Buvo atliekami eksperimentai suminio dažnio generacijos	Projekto trukmė 30 mėn. Pradžia 2005.04.01 ., pabaiga 2007.09.30 .

		mikroskopijos srityje. Sukurtas femtosekundinis lazeris buvo bandomas terahercinio spinduliavimo generacijos schemeje. Atlikti pikosekundinių, nanosekundinių lazerių bandymai Si apdirbimo, metalų pjovimo ir gręžimo stenduose. Sėkmingai atliekami nanopozicionavimo įrenginio kūrimo darbai. Vykdomi planuotų prototipų konstravimo darbai.	
--	--	--	--

UAB „Šviesos konversija“ taip pat aktyviai dalyvauja MTEP veikloje. Vien per pastaruosius 3 metus tokių projektų išdavoje buvo sukurti tokie komerciniai produktai kaip TUNA (siauro spektro skirtuminio dažnio generatorius), TOPAS White (nekoloniaros sąveikos parametrinis šviesos generatorius), atliktos TOPAS (parametrinių šviesos generatorių) modelių esminiai patobulinimai. Šie projektai buvo atlikti naudojant tik įmonės lėšas.

2001 m. MGF “Šviesos konversija” pagal sutartį su AB “Ekranas” sukūrė ir pagamino lazerinę stiklo lygio matavimo sistemą, skirtą matuoti stiklo masės lygį lydymo krosnyje. Prietaisas iki šiol sėkmingai eksploatuojamas gamyklos technologinėje linijoje. Šio projekto vykdymas buvo finansuojamas iš užsakovo lėšų.

2004-2005m. “Šviesos konversija” vykdė **Phare 2002 ESS programos “Parama verslo plėtrai” projektą** “Mikrooptinių elementų diodiniais lazeriams gamyba”, kuriuo buvo siekiama išvystyti mikrooptinių elementų, skirtų lazerinių diodų liniuočių pluoštų formavimui, gamybą, kokybės tikrinimo metodikas bei mikro-optikos elementų surinkimo technologiją. 61,12% projekto vykdymo išlaidų buvo dengiama iš Phare 2002 programos lėšų.

2003-2006m. “Šviesos konversija” kartu su Vilniaus universitetu, Fizikos institutu ir UAB „Ekspla“ vykdė valstybinės Aukštųjų technologijų plėtros programos projektą „Diodiniais lazeriais kaupinamos didelio skaisčio lazerių sistemos mokslui ir pramonei“ (“Diogenas”) (Programos registracijos Nr. B-03019), skirtą piko- ir femtosekundinių diodinio kaupinimo sistemų Nd ir Yb legiruotų lazerinių medžiagų pagrindu, bei jų priedėlių (dažnių keitiklių) tyrimams. Projektas buvo remiamas Valstybinio mokslo ir studijų fondo. Projekto biudžetas – 2700 tūkst. Lt, iš kurių apie 1/3 buvo projekto dalyvių gamybinių firmų indėlis.

Kitas Vykdyta Aukštųjų technologijų plėtros programos VMSF remiamas projektas „JAGAS“ (2005-2006). Bendra projekto sąmata – 529 250. Įmonės indėlis – 129 250.

Šiuo metu dalyvaujama Taikomų mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros projekte, remiamame Europos Sąjungos Struktūrinių fondų „**Lazeriai mikroapdirbimui ir diagnostikai**“.

UAB „Standa“ vykdyti MTEP projektai:

2003 rugsėjį vykdytas projektas su Arctic Diagnostics OY iš Suomijos. Projekto pavadinimas “Multiplexed Bioassays using the Two-Photon Excitation Method”.

2003 sausio mėnesį su Vision GmbH, Vokietija. Projekto pavadinimas “Development of a new patient-care surgical system based on a 2 micron diode laser technology”. Bendradarbiavimo projekto tikslas buvo sukurti naujos kartos lazerines sistemas su 2 mikrometrų bangos ilgio lazeriais.

2002 spalio – gruodžio mėnesiais vykdytas projektas su VĮ Vilniaus metrologijos centru, kurio metu suprojektuotas ir pagamintas 5 m ilgio laboratorinis stalas su įrenginiu tempimo jėgai sudaryti ir 3 tipų keičiamais laikikliais bei dvigubas įrankinis optinis mikroskopas su pozicionavimo vienoje ašyje 1 mikrometro tikslumu galimybe. Sutartis su VĮ Vilniaus metrologijos centru buvo sudaryta remiantis sąmata “Dėl lėšų įsigyti technines priemones, reikalingas ilgio matų, svarsčių ir motorinių transporto priemonių slėgio padangose matuoklių pirminės patikros laboratorijai įsteigti”.

2001 metų rugsėjo – gruodžio mėnesiais vykdytas projektas su Lietuvos Respublikos krašto apsaugos ministerija. Projekto esmė – pagaminti ir sumontuoti optinius stalus su įranga (įvairūs optikos laikikliai, pozicionieriai bei adapteriai) Krašto apsaugos ministerijoje. Krašto apsaugos ministerijai lėšas skyrė NATO.

Šiuo metu dalyvaujama Taikomų mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros projekte, remiamame Europos Sąjungos Struktūrinių fondų „**Lazeriai mikroapdirbimui ir diagnostikai**“.

UAB “Optida” kartu su Fizikos institutu, VU Chemijos fakultetu, VU Lazerinių tyrimų centru, ir UAB „Ekspla“, bei Chemijos institutu dalyvavo bendrame projekte “Didelės energijos jonų srautais sutankintų optinių dangų technologijos sukūrimas (Soptdangos)”. Vilniaus Universiteto, Chemijos instituto bei Fizikos Instituto dalyvavimas projekte yra finansuojamas Lietuvos Valstybinio mokslo ir studijų fondo, o bendrovės “Optida” bei “Ekspla” projekte dalyvavo nuosavomis lėšomis.

Šiuo metu dalyvaujama Taikomų mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros projekte, remiamame Europos Sąjungos Struktūrinių fondų „**Lazeriai mikroapdirbimui ir diagnostikai**“.

2.3.3. Lazerinių įmonių verslo pasiekimai

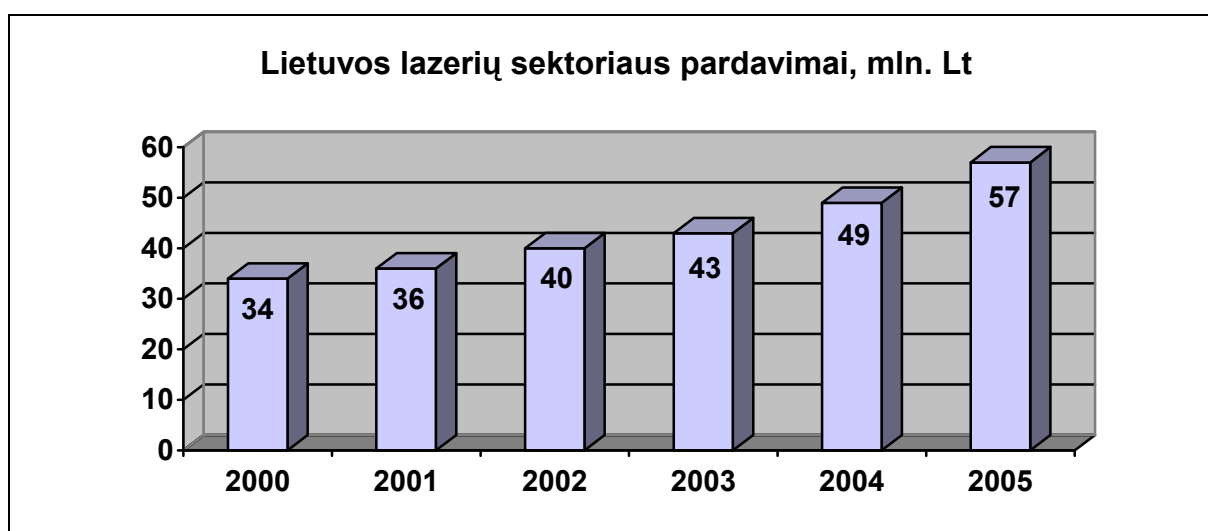
Lietuvos lazerių pramonės sektoriaus apimtys nėra išpūdingos absoliutiniais skaičiais, tačiau kai kuriuose segmentuose, pvz. mokslinių lazerių, siekia 5 proc. dalį pasauliniu mastu. Susiklosčiusi produktų (tuo pačiu ir pirkėjų) struktūra bei situacija mokslinės ir inžinerinės technikos (taip

vadinamas *Basic Research* sektorius) rinkoje, neleidžia prognozuoti spartesnio negu 10 proc. per metus augimo. Prognozuojami tempai geriausiu atveju gali užtikrinti, kad Lietuvos lazerių sektorius (jei nepasikeis produktai ir vartotojai) ir ateityje bus tik savotiškais „prieskoniais“ Lietuvos pramonės struktūroje. Ženklesnė lazerių sektoriaus plėtra įmanoma tik skverbiantis į kitus sparčiai augančius lazerių rinkos segmentus: lazerinių mašinų ir ekologinio monitoringo lazerinių prietaisų. Tam būtinas Lietuvos lazerių sektoriaus struktūrinis pertvarkymas, glaudesnė sąveika su mokslinėmis institucijomis, specialistų ruošimo įstaigomis.

19 lentelėje pateikiami Pagrindinių Lietuvos lazerių technologijų įmonių veiklos parametrai.

Lentelė 19. Pagrindinių Lietuvos lazerių technologijų įmonių veiklos parametrai.

Lazerių technologijų įmonių veiklos pagrindiniai parametrai, mln.Lt.									
	2003			2004			2005		
	Pardavimai	Pelnas	Darbuotojai	Pardavimai	Pelnas	Darbuotojai	Pardavimai	Pelnas	Darbuotojai
EKSMA gr. (EKSPLA, EMTC, Bioeksma)	28,1	2,4	129	32	2,7	141	36,5	3	145
ŠVIESOS KONVERSIJA	6,7	1,8	30	6,2	1,15	33	7	1,5	36
STANDA	5,2	2,2	50	5,9	2	62	8	2	70
OPTIDA	0,6	0,03	14	0,75	0,06	16	1	0,15	18
ALTECHNA	1,2	0,07	6	1,5	0,1	8	1,8	0,12	9
KITOS	1,2	0,1	15	2	0,15	18	2,5	0,15	20
VISOS KARTU	43	6,6	244	48,35	6,16	278	56,8	6,92	298

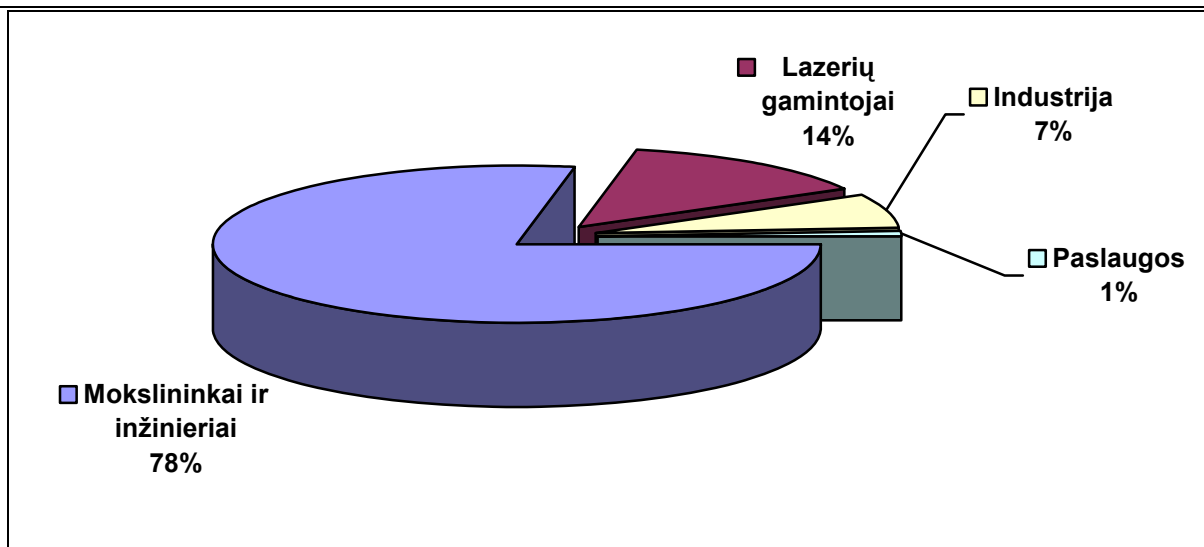


Pav. 4. Lietuvos lazerių technologijų įmonių pardavimų apimtys 2000 - 2005m.

Lietuvos lazerių technologijų įmonių produkcijos pagrindiniai pirkėjai yra mokslinės ir inžinerinės laboratorijos (taip vadinamas *Basic Research* sektorius), optiniai komponentai parduodami lazerių gamintojams.

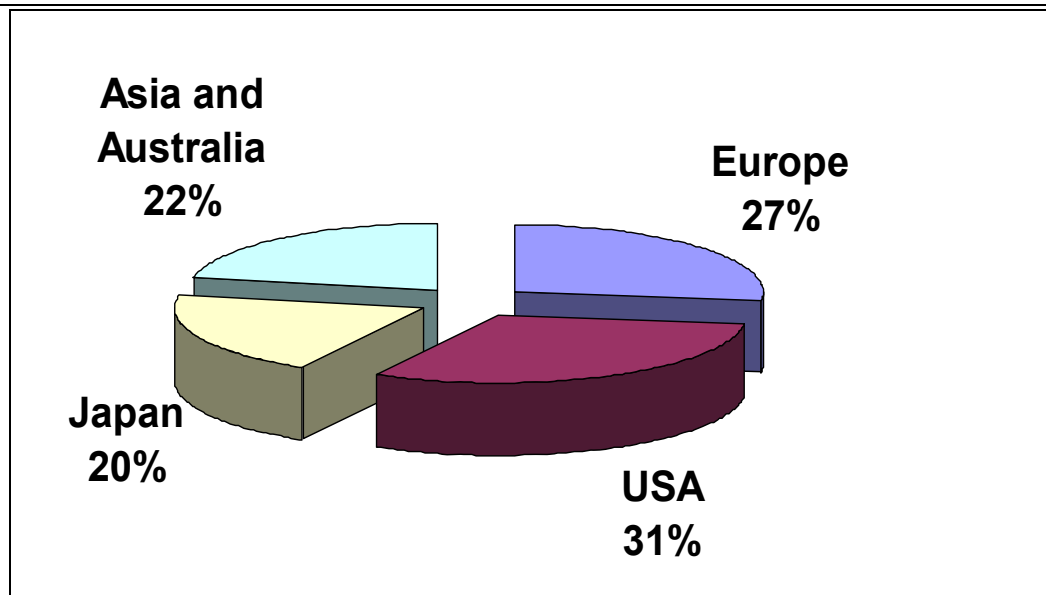
Yra sėkmingų bandymų kurti ir gaminti lazerines technologines sistemas industriniams vartotojams:

- UAB „UAB „Standa““ - lazerinio suvirinimo staklės;
- UAB „Eksma“, UAB „Ekspla“ - lazerinio ženklinimo mašinos –firmoms: ROLEX, SEYART, SAMSUNG.



Pav. 5. Lietuvos lazerių technologijų įmonių pirkėjų struktūra 2003-2004 m

Lietuvos lazerių technologijų įmonės virš 80 proc. savo produkcijos eksportuoja (2004 m. eksportas sudarė maždaug 38 mln. Lt).



Pav. 6. Lietuvos lazerių technologijų įmonių eksporto struktūra pagal geografines rinkas

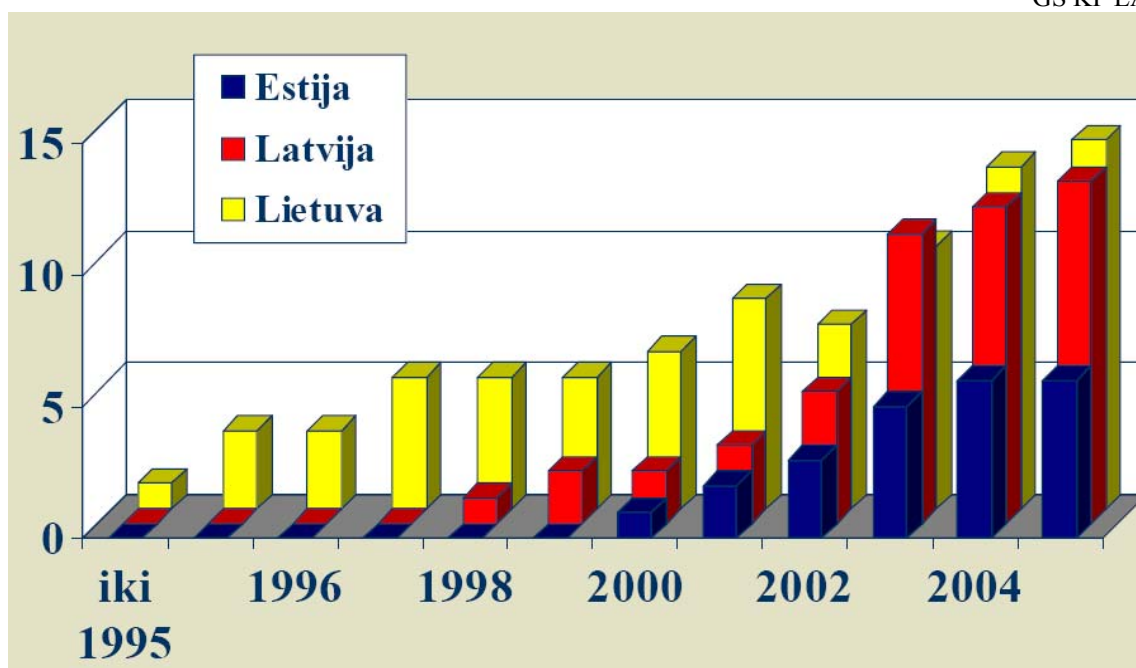
Lietuvos lazerių technologijų įmonės kuria gamina ir parduoda aukštos pridėtinės vertės produktus. Sukurta pridėtinė vertė siekia 60-70 proc. produkcijos pardavimo kainoje. Vidutinė pardavimų apimtis tenkanti vienam darbuotojui per metus yra maždaug 175 tūkst. Lt - tai beveik 2 kartus daugiau negu Lietuvos elektros ir optinių prietaisų pramonės sektoriuje. Darbo užmokesčio vidurkis lazerių technologijų įmonėse yra beveik 3 kartus didesnis negu šalies pramonėje.

Lietuvos lazerių technologijų įmonių vardai gerai žinomi pasaulyje. Per 10-15 metų pavyko įtikinti pirkėjus, kad Lietuvos lazerių gamintojai yra patikimi partneriai. JAV, Vokietijoje, Japonijoje, Didžiojoje Britanijoje, Indijoje ir daugelyje kitų valstybių sėkmingai funkcionuoja Lietuvos lazerių gamintojų produktų platinimo atstovų tinklas. Lietuvos įmonės nuo 1987 m. yra nuolatinės pasaulinių lazerių parodų dalyvės. Sukaupta solidi marketinginė ir pardavimų organizavimo visame pasaulyje patirtis. Lietuvoje pagamintus lazerius nusipirkę vartotojai (net Argentinoje, Australijoje, Malaizijoje, Indijoje, Taivane) yra patenkinti operatyviu sudėtingų įrenginių aptarnavimu.

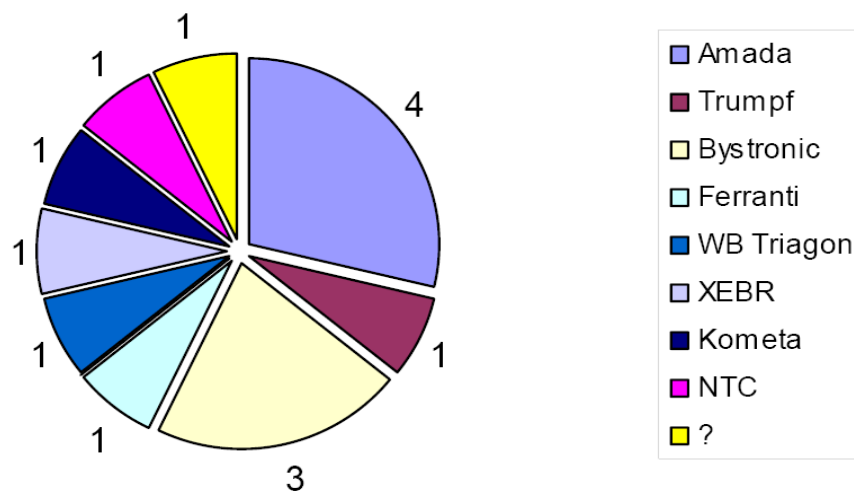
2.3.4. Įmonės, naudojančios lazerius ir lazerines sistemas

Lazeriai ir lazerinės sistemos naudojami Lietuvoje mašinų pramonėje, reklamos gamyboje, medicinoje ir juvelyrikoje.

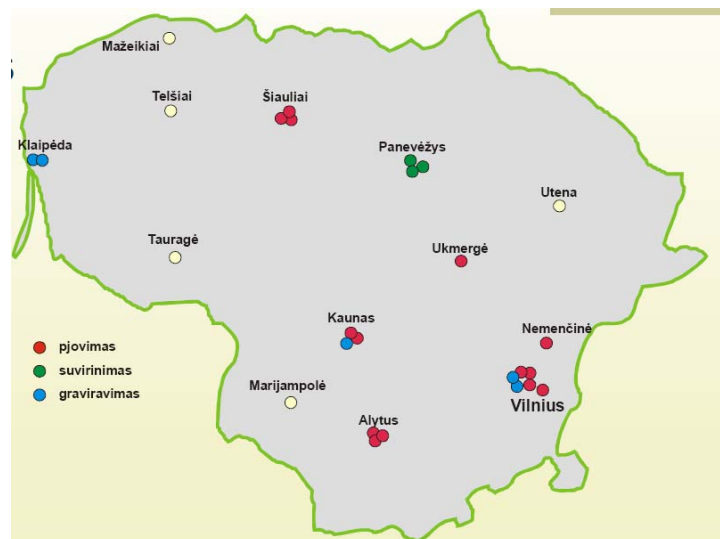
Mašinų pramonėje pagrindinai yra naudojamos galingos sistemos metalo lakštų pjaustymui. Didelės galios CO₂ lazeriniai apdirbimo centrai veikia apie 20 Lietuvos pramonės įmonių ir jų skaičius kasmet auga.



Pav. 7. Didelės galios (>500W) CO₂ lazerinių pjovimo sistemų instaliacija Pabaltijyje (2005 m. vasario mėn. duomenys).



Pav. 8. Didelės galios (>500W) CO₂ lazerinių pjovimo sistemų pasiskirstymas Lietuvoje pagal gamintojus (2005 m. vasario mėn. duomenys).



Pav. 9. Pramoninių lazerinių sistemų vartotojų pasiskirstymas Lietuvoje (2005 m. vasario mėn. duomenys).

Pirma pramoninė **lazerinė metalų pjovimo** sistema su 1,3 kW CO₂ lazeriu buvo instaliuota 1986 m. Alytuje, AB Astra. Ta sistema tebeveikia iki šiol. Naujos kartos lazerinės metalų pjovimo sistemos pradėtos instaliuoti 1997 m., atsigauant Lietuvos metalų apdirbimo pramonei (1997 m., AB Elga, Šiauliai, 1,8 kW CO₂ lazeris, BYSPINT 2512). Lietuvoje arba Pabaltijyje veikia visų garsiausių pasaulio pramoninių lazerinių sistemų gamintojų (Bystronics, Trumpf, Amanda, Finn Power) atstovai.

Lazerinis suvirinimas nėra paplitęs. Taškinio suvirinimo sistemos veikė daug metų AB Ekranas, (tame tarpe UAB Ekspla gamybos sistema), smulkių metalinių detalių kineskopų patrankoms surinkti. Panašaus tipo automatizuotos sistemos dabar dirba UAB Lifodas, gaminančiai matavimo įrangą telekomunikaciniams tinklams. Lazerinio suvirinimo technika taip pat naudojama dantų technikų, karūnėlių suvirinimui, bei juvelyrų. Šių sistemų yra apie 20 vnt.

Lazerinio graviravimo arba ženklinimo sistemos yra palyginti nebrangios. Jos plačiai naudojamos antspaudų gamybai, dovanų personalizavimui, gražtų ženklinimui. UAB Aštuonetas, atskilusi nuo Fizikos instituto 1992 m. bendrovė yra seniausia ir didžiausia šios srities įmonė, kurioje veikia virš 6 lazerinio ženklinimo sistemų. Panašų darbą lazeriai dirba šiuolaikinėse spausdinimo mašinose spaudos klišių ruošimui.

Lazeriai, naudojami Lietuvoje **medicinoje ir terapijoje** yra labai skirtingų kategorijų:

- | | | |
|----|--|------------|
| 1. | mažos galios terapiniai lazeriai (švitinimas, pašildymas) | 50-70 vnt. |
| 2. | galingesni terapiniai lazeriai (odos ligoms, apgamams, t.t.) | 15-20 vnt. |
| 3. | oftalmologiniai (eksimerų, Nd:YAG) | 15-18 vnt. |
| 4. | dantų technikai (CO ₂ , YAG: protezavimui, karūnėlių suvirinimas) | 20 vnt. |

Visa ši Lietuvoje naudojama lazerinė technika reikalauja priežiūros, kuria atlieka arba atvykstantys užsienio kompanijų specialistai, arba Lietuvos mokslininkai, turintys patirtį laisvu nuo darbo metu. Vienas specialistas fiziškai gali prižiūrėti iki 15 lazerių (UAB „Šviesos konversija“ darbuotojo dr. B.Bareikos asmeninė patirtis ir nuomonė). Lazerių ir lazerinių sistemų priežiūros inžinieriai Lietuvoje neruošiami, nors yra jų poreikis.

2.3.5. Verslo situacija pasaulyje

Lazerinės technologijos priskiriamos svarbiausioms 21 amžiaus technologijoms. Jų pagrindinės rinkos yra:

- a) informatika ir telekomunikacijos,
- b) gyvybės mokslai ir sveikatos priežiūra,
- c) gamyba,
- d) transportas,
- e) saugumas ir apsauga,
- f) apšvietimas ir energija,
- g) gamtosauga,
- h) pramogų verslas,
- i) maistas ir vanduo,
- j) fundamentiniai tyrimai.

Pagal žurnale Laser Focus World 2005 metais paskelbtus rinkos tyrimus įvairiose srityse naudojami lazeriai yra grupuojami į dvi dideles grupes - diodinius ir nediodinius. Srityse, kur nereikalingas geros lazerio pluošto kokybės bei didelės galios suderinimas, perspektyviausi yra diodiniai lazeriai, todėl ir jų pardavimai jau apie 10 metų sudaro daugiau kaip pusę visų parduodamų lazerių. Kaip matosi iš 20 lentelės parduodamų visų tipų lazerių apimtys 2001-2005 metais buvo tarp 4,3 ir 5,9 mlrd. JAV dolerių. Pardavimų kritimas 2002 m. susijęs su investicijų į telekomunikacines technologijas sumažėjimu, nes nepasitvirtino anksčiau prognozuoti jų augimo tempai. Nuo 2002 metų lazerių pardavimų apimtys pastoviai auga. Metinis augimas yra apie 10 %. Pagal JAV kompanijos In-Stat/MDR3 prognozes lazerių rinka 2006 metais turėjo būti apie 6,9 mlrd. JAV dolerių.

Lentelė 20. Pasaulinės komercinių lazerių pardavimo apimtys

	2001	2002	2003	2004	2005
Diodiniai lazeriai, %	65	56	63	59	61
Nediodiniai lazeriai,	35	44	37	41	39

%					
Bendra apimtis, mlrd. JAV dolerių	5,6	4,3	4,9	5,4	5,9

Diodiniai lazeriai Lietuvoje nėra gaminami, nes tam nėra nei reikiamos įrangos, nei atitinkamo patyrimo, todėl matomai įsilieti į šią pasaulinės rinkos sritį, bent artimiausią penkmetį, nebus realių sąlygų. Lietuvos lazerių gamintojai turi ilgametes tradicijas kietojo kūno lazerių gamyboje, kurie kaip matosi iš 21 lentelės duomenų yra labiausiai paplitęs nediodinių lazerių tipas. Šiuo metu labiausiai paplitę yra lempinio kaupinimo kietojo kūno lazeriai, tačiau sparčiai auga ir diodiniais lazeriais kaupinamų kietojo kūno lazerių dalis. Kitas kol kas plačiausiai naudojamas nediodinių lazerių tipas yra CO₂ lazeriai, tačiau Lietuvoje jų kūrime ir gamyboje taip pat nėra tradicijų ir patyrimo. Iš kitos pusės CO₂ lazerių užimama rinkos dalis didelių galių srityje (1-10 kW) pagal paskutinių metų rezultatus turėtų mažėti, nes jų vietą užima diodiniais lazeriais kaupinami šviesolaidiniai lazeriai, kurie irgi priskiriami kietojo kūno lazeriams.

21 lentelė. Pasaulinės nediodinių lazerių pardavimo apimtys pagal lazerių tipus 2004 ir 2005 m.

Lazerio tipas	2004 m.	2005 m.
	Apimtis, mln. JAV dolerių	Apimtis, mln. JAV dolerių
Lempomis kaupinami kietojo kūno lazeriai	650	700
Pratekantys CO ₂ lazeriai	520	550
Diodiniais lazeriais kaupinami kietojo kūno lazeriai	270	310
Užlydyti CO ₂ lazeriai	120	130
Šviesolaidiniai lazeriai	80	125

Kaip matosi iš 22 lentelėje pateiktų duomenų nediodiniai lazeriai plačiausiai naudojami medžiagų apdirbime. Antra sritis, kurioje plačiausiai naudojami nediodiniai lazeriai yra medicininė terapija, tačiau įeiti į šią pasaulinę rinką mažo ir vidutinio dydžio Lietuvos įmonėms gana sunku dėl didelių išlaidų ir ilgo laiko reikalingo įrangos sertifikavimui tiek Lietuvoje, tiek kitose šalyse. Sekanti nediodinių lazerių pardavimo rinka yra fundamentiniai tyrimai, kuriems ir yra gaminama didesnė dalis produkcijos. Toliau seka lazeriai matavimo prietaisams gamybai ir vaizdo užrašymui.

22 lentelė. Pasauliniai nediodinių lazerių pardavimai pagal naudojimo sritis 2004 m.

Sritis	Apimtis, mln. JAV dolerių
Medžiagų apdirbimas	1480
Medicininė terapija	400
Fundamentiniai tyrimai	150
Matavimo prietaisai	100
Vaizdo užrašymas	60
Jutikliai	28
Kitos	60

Pagal rinkos tyrimų bendrovės Optech Consulting, Vokietija, prognozes, lazerinių sistemų, skirtų medžiagų apdirbimui rinka nuo 3,9 mlrd. eurų 2003 išaugs iki 10,4 mlrd. eurų 2010 metais. Prognozuojamas vidutinis metinis augimas siekia 13,5%. Be to, turėtų keistis lazerių naudojamų medžiagų apdirbimui kokybinė sudėtis. Prognozuojama, kad lėtai augs CO₂ lazerių dalis, į šią rinką įsilies diodiniai lazeriai, kurių skaičius medžiagų apdirbime dabar labai mažas, bet jis augs gana sparčiai, bei labai sparčiai vystysis diodais kaupinami kietojo kūno lazeriai. Prognozuojama, kad lempinio kaupinimo kietojo kūno lazerių rinka liks ta pati ar net sumažės. 2005 metais sparčiai pradėjo augti šviesolaidinių lazerių, skirtų apdirbimui (suvirinimas, ženklėjimas) dalis rinkoje.

Lietuvos lazerių pramonė yra daugiausiai orientuota į įrengimų ir prietaisų moksliniams tyrimams gamybą. Susiklosčiusi produktų, o tuo pačiu ir pirkėjų struktūra bei situacija Fundamentinių tyrimų rinkoje, nesudaro pagrindo prognozuoti spartesnę nei 10-14 % per metus augimą. Prognozuojami tempai geriausiu atveju gali užtikrinti, kad Lietuvos lazerių pramonės sektorius (jei nepasikeis produktai ir vartotojai) ir ateityje bus tik savotiškais „prieskoniais“ Lietuvos pramonės struktūroje. Ženklesnė lazerių pramonės sektoriaus plėtra įmanoma tik skverbiantis į kitus sparčiai augančius lazerių rinkos segmentus: industrinių lazerių ir sistemų bei diagnostinių lazerinių sistemų. Tam būtinas Lietuvos lazerių sektoriaus struktūrinis pertvarkymas, glaudesnė sąveika su mokslinėmis institucijomis, specialistų ruošimo įstaigomis.

2.3.5. Europinė technologinė platforma „Fotonika 21“

Europinė technologinė platforma „Fotonika 21“ (www.photonics21.org) buvo įsteigta 2005 m gruodžio mėn remiantis industrijos, gaminančios fotonikos priemones, kurioms priskiriama ir lazerinė įranga, iškelta iniciatyva. Turėdama virš 350 narių iš 27 Europos šalių ši platforma apjungia daugumą pirmaujančios fotonikos industrijos įmonių bei MTEP organizacijų visoje Europoje. Todėl tai tampa

svarbiu dokumentu numatančiu fotonikos ir tuo pačiu lazerių srities plėtra ES vienam ar bent keliems artimiausiems dešimtmečiams. Terminas “fotonika” reiškia mokslą apie visapusišką šviesos panaudojimą. Jis apima šviesos generavimą, šviesos detekciją, šviesos transportavimą, šviesos valdymą ir stiprinimą bei svarbiausia šviesos panaudojimą kaip įrankį žmonijos naudai. Taigi fotonika apima lazerius, lazerines sistemas ir jų panaudojimą bei kitus šviesos šaltinius. Tikimasi, kad 21 amžius bus žinomas kaip fotonų amžius. Europinėje technologinėje platformoje “Fotonika 21” pažymima, kad fotonika yra viena iš svarbiausių technologijų 21 amžiui. Ji veikia visus mūsų gyvenimo aspektus ir yra labai svarbi Europos konkurencingumui. Fotonikos industrija vaidina pagrindinį vaidmenį užtikrinant lyderiavimą tokios srityse kaip informacinės ir ryšių technologijos, apšvietimas, gamyba, gyvybės mokslai ir sveikatos apsauga. Fotonika yra variklis technologinėms inovacijoms ir įgalina kurti produktus, kurie fotoninių komponentų ir technologijų vertę padidina daug kartų. Fotoninės technologijos jau esmingai pakeitė informacijos ir duomenų perdavimą sukurdamos pasaulinį interneto tinklą. Kadangi fotoninės technologijos jau veikia mes laimime dėl industrinės visuomenės suartėjimo su žinių visuomene ir to sąlygoto jų abiejų dinaminio augimo.

Fotonikos komponentų, sistemų ir vartotojams teikiamų optinių prekių rinkos analizė rodo, kad apie du trečdalius jos darbo jėgos sudaro mažos ir vidutinės bendrovės, o jų apimtys bei vystymosi tendencijos yra gana įspūdingos:

- a) net konservatyviais vertinimais pasaulinė fotonikos rinka 2005 m viršijo 150 mlrd, eurų, iš kurių 40 % susiję su informacinėmis ir komunikacinėmis technologijomis,
- b) optikos ir fotonikos industrijos metiniai augimo tempai žymiai viršija ekonomikos augimo tempus (pav. lazerių sektorius augo daugiau kaip 14 % per paskutinius 10 metų; o optikos ir fotonikos rinkos augimas gyvybės moksluose siekia net 38 %),
- c) prognozuojama, kad fotonikos rinka per artimiausius 10 metų padidės 3 kartus.

ES šiandien apie 200 tūkst. darbuotojų dirba fotonikos sektoriuje. Papildomai dar apie 2mln. darbo vietų ES, pagrindinai gamyboje, tiesiogiai priklauso nuo fotonikos produktų.

Keletas šiuolaikinių technologinių pasiekimų nebūtų buvę realizuoti be žymaus fotonikos indėlio. Šioje vystymosi pakopoje fotonika panaudojama tiek tiesiogiai, tiek netiesiogiai. Be to fotonika turi ypatingai didelį potencialą suteikiant Europos piliečiams įvairiapusių privalumus ir patogumus. Keletas šiandienos ir ateities pavyzdžių yra:

- Fotoninės technologijos įgalina milžiniškų duomenų srautų apdirbimą, saugojimą, perdavimą ir vaizdinimą; perduodami informacijos srautai pastoviai auga; ateityje optinės sistemos turi užtikrinti maždaug 1000 kartų didesnius perdavimo greičius, kurie bus įgyvendinami maždaug tiek kartų plečiant perduodamų dažnių juostą,

- Gamyboje lazerio šviesa yra naudojama kaip greitas ir tikslus įrankis daugeliui tikslų, medžiagų ir objektų, pradedant nuo milžiniškų okeaninių tanklaivių ir automobilių gamintojų iki smulkių nanostruktūrų. Šviesa yra terpė kuri užtikrina nenutrūkstamą gamybos procesą, nes mašinos pradeda matyti “skaitmeninėmis akimis”. Be to, fotonika skina kelią pigesnės ir efektyvesnės gamybos įdiegimui Europoje ateityje,

- Inovacinės apšvietimo sistemos leidžia prisiderinti apšvietimą prie nuotaikos ir saugo energiją; jei šviesos diodai bus įdiegiami apšvietimo sistemose agresyviai, tai 2010 metais gali įgalinti sutaupyti maždaug 2 milijardus barelių naftos per metus,

- Šiuolaikinė sveikatos apsauga buvo revoliucinuota panaudojus optinius metodus tikrinime, diagnostikoje, terapijoje ir chirurgijoje; tolimesnės inovacijos ir proveržiai matomai bus pasiekti tokiose srityse kaip mikrotyrimai bei nuotolinė diagnostika,

- Šviesa yra raktas gyvybės mikrokosmosui suprasti biotechnologijoje, farmacijoje ir genetikoje. Pavyzdžiui fotoniniai įrankiai gali manipuluoti ne tik molekulėmis, bet ir gyvomis ląstelėmis, nesukeldami joms žalos. Fotonika darys žymią įtaką, greičiau ir efektyviau kuriant gyvybę saugančius vaistus.

Inciatyvoje “Fotonika 21” svarbios fotonikos vystymo sritys yra sugrupuotos į tokias sritis:

1. Informacija, ryšiai ir vaizdinimas.
2. Apšvietimas ir vaizduokliai.
3. Gamyba ir kokybė.
4. Gyvybės mokslai ir sveikatos apsauga.
5. Apsauga ir saugumas, apimantieji aspektus nuo maisto kokybės, biologinės taršos iki nacionalinio saugumo.

Lazeriai ir lazerinės sistemos plačiai yra naudojami visose srityse. Lietuvos lazerinės bendrovės užima nedidelę pasaulinės rinkos dalį pagrindinai tik 3 srityje (gamyba ir kokybė). Tokiose fotonikos vystymo srityse kaip Gyvybės mokslai ir sveikatos priežiūra bei Apsauga ir saugumas buvo ir dabar yra vykdomi moksliniai projektai, kuriant kelis prototipus.

Norint įeiti į “fotonikos amžių”, kuris įgalintų pramonę ir mokslą realizuoti jų išskirtines iniciatyvas, užtikrinančias labai platų šviesos ir lazerių panaudojimą įvairiose srityse, ir tuo pačiu sukūrti darbo vietas ir turtą, yra būtinos sutelktos Europos šalių pastangos. Daug svarbių Europos pramonės šakų nuo lustų gamintojų ir apšvietimo, sveikatos apsaugos ir gyvybės mokslų iki erdvės tyrimų, gynybos, ir transporto bei automobilių sektoriaus yra priklausomos nuo tų pačių fotoninių arba daugumoje atveju lazerinių technologijų įvaldymo. Nesant ES lyderiavimo šviesos technologijose šios svarbios industrijos sritys taip pat būtų paliktos JAV ir Azijos dominavimui.

Norint pasiekti reikiamą lyderiavimą fotoninėse technologijose ir turėti naudą tiek ES, tiek jos piliečiams turi būti įvykdyta ambicinga programa:

1. Sukurti ar sutelkti reikiama mokslinių tyrimų infrastruktūra, įgalinanti vykdyti pramonei svarbias fotoninių (ir tuo pačiu lazerinių) komponentų, sistemų ir jų taikymų įvairiuose industrijos sektoriuose tyrimo ir plėtros veiklas,
2. Sukurti strateginiai ryšiai tarp mažų verslo įmonių, dirbančių fotonikos pramonėje, ir pagrindinių naudotojų pramonės, norint nustatyti ilgalaikius jų poreikius ir norint sukurti kritinę išteklių masę.
3. Vaisingai bendradarbiaujama ir išlyginama esama nacionalinės ir Europinės tyrimo ir plėtros veiklų fragmentacija.

Kaip pirmas tokios veiklos žingsnis yra visų dalyvių, pradžioje iškėlusių tik iniciatyvą „Fotonika 21 amžiui“, įsipareigojimas dalyvauti technologinėje platformoje „Fotonika 21“. Tai yra įrodymas, kad Europa siekia būti lydere pagrindinėse kryptyse fotonikos amžiuje. Norint pasiekti užsibrėžtus tikslus būtina formuoti verslo įmonių, tyrimo institucijų bei universitetų partnerystę ir tam reikalingi tam tikri politiniai kiekvienos šalies sprendimai. Tarp tokių sprendimų galima paminėti šiuos:

1. Viešasias ir privačias institucijas padaryti partneriais.
2. Derinti vertikalius ir horizontalius valdymo būdus.
3. Plėsti prieškonkurencinį bendradarbiavimą ir standartizaciją.
4. Ginti ir plačiau naudoti Europos intelektualinę nuosavybę.
5. Pritaikyti ir gerinti mokymo ir mokslinę bazę.
6. Kelti viešąjį supratimą ir plačiau perduoti tyrimų rezultatus plačiajai visuomenei.

2006 metais buvo paskelbtas Europinės technologinės platformos „Fotonika 21“ strateginių tyrimų planas „Towards a Bright Future for Europe“. Jame nurodyti tiek moksliniai, tiek technolginiai uždaviniai, kurie turėtų būti sprendžiami per artimiausius 8 metus.

Lietuvos Lazerių ir šviesos technologijų platforma Fotonika XXI

2006 gegužės 15 d. Vilniuje buvo pasirašytas Nacionalinės technologijų platformos **Fotonika XXI** steigimo protokolas. 2006 m. liepos 4 d. buvo pasirašyta jungtinės veiklos sutartis tarp šių įmonių: UAB „UAB „Eksma““; UAB „ALTECHNA“; UAB „UAB „Ekspla““; UAB „Šviesos konversija“; UAB „OPTIDA“; UAB „Eksperimentiniai lazeriai“ bei šių mokslo institucijų: Vilniaus universiteto (Lazerinių tyrimų centras ir Kvantinės elektronikos katedra) ir Fizikos instituto. Šios sutarties pasirašymas reiškia oficialią Lazerių ir šviesos technologijų platformos Fotonika XXI veiklos

pradžią.

Pagrindinis Lazerių ir šviesos technologijų platformos FOTONIKA XXI tikslas yra – sektoriaus konkurencingumo didinimas, perorientuojant lazerių technologijų įmonių gamybą nuo mokslinių, eksperimentinių produktų į nišines lazerių taikymo industrijoje ir ekologijoje sritis, kartu išplėtojant specifinių optinių komponentų, reikalingų tokiems taikymams kūrimą ir gamybą. Lietuvos Lazerių ir šviesos technologijų platforma FOTONIKA XXI buvo kuriama Lietuvoje kaip Europos technologinės platformos „FOTONIKA 21“ analogas. Lietuvos technologinės platformos FOTONIKA XXI bendrieji tikslai sutampa su Europos technologinės platformos FOTONIKA 21 tikslais. Tačiau Europinė technologinė platforma „FOTONIKA 21“, apjungdama daugumą pirmaujančių fotonikos industrijos įmonių bei MTEP organizacijų visoje Europoje ir turėdama virš 350 narių iš 27 šalių, turi didžiulę kompetenciją ir technines galimybes bei ambicingus tikslus tokiose srityse kaip informacinės ir ryšių technologijos, apšvietimas ir vaizduokliai, gamyba, gyvybės mokslai ir sveikatos apsauga, saugumas ir sauga. Lietuvoje iš fotoninių technologijų didėjančią konkurencingumą rodo tik lazerinės technologijos ir būtent su jų augimu siejami artimiausi Lietuvos Lazerių ir šviesos technologijų platformos FOTONIKA XXI pasiekimai.

2006 m. gale Lietuvos Ūkio ministerijai buvo paruošta šios platformos Strateginių tyrimų planas. Jis apima esamos situacijos aprašymą, privataus bei viešojo sektoriaus investicijų poreikį strateginių tikslų įgyvendinimui, Lazerių ir šviesos technologijų platformos FOTONIKA XXI sąsajas su Europos technologijų platformomis bei nacionalinėmis technologijų platformomis. Plane identifikuoti ilgalaikiai ir vidutinės trukmės sektoriaus plėtros tikslai, nustatyti kiekybiniai jų pasiekimo rodikliai. Vertinant šiandieninę lazerių ir šviesos technologijų situaciją pasaulyje bei Lietuvoje, atsižvelgiant į pasaulines lazerių ir šviesos technologijų plėtros tendencijas ir vertinant Lietuvos turimą gamybinį bei mokslinį potencialą buvo išskirtos keturios teminės MTEP kryptių grupės, kurių vykdymas turi užtikrinti, kad užsibrėžti strateginiai tikslai bus pasiekti.

Šios grupės yra:

1. Lazeriai ir šviesos šaltiniai industrijai, diagnostikai ir moksliniams tyrimams.
2. Preciziniai optiniai elementai lazeriams.
3. Lazerinės funkcinės sistemos.
4. Šviesos technologijos.

Kiekvienoje iš šių bendrų kryptių buvo identifikuotos konkrečios MTEP veiklos kryptys, turinčios didžiausią potencialą „proveržiu“. Jos yra gana detalios aptartos 3-oje šios studijos dalyje. Kartu yra apžvelgta penktoji grupė - studijos. Joje išskirtos tokios kryptys:

- 5.1. Esamų fotonikos krypties magistrinių studijų infrastruktūros gerinimas.

5.2. Naujų fotonikos krypties magistrinių ir doktorantūros studijų programų įvedimas ir jų vykdymui reikiamos infrastruktūros sukūrimas.

Strateginių kryptių aprašą taip pat papildo vidutiniu laikotarpiu numatomos įgyvendinti konkrečios priemonės. Dokumento pabaigoje aprašomas laukiamas socialinis – ekonominis Lazerių ir šviesos technologijų platformos FOTONIKA XXI tikslų įgyvendinimo poveikis. Jame prognozuojama, kad Lietuvos Lazerių ir optinių technologijų sektoriuje, per artimiausius metus sulaukus apie 125 mln. Lt finansinių investicijų į mokslą, taikomuosius ir eksperimentinės plėtros projektus, infrastruktūrą bei specialistų ruošimą (preliminariai planuojama tokia investicijų struktūra: ~30 proc. investuotų pačios įmonės, 70 proc. ES struktūriniai fondai ar valstybės biudžetas) ir realizavus lazerių technologijų sektoriaus struktūrinio pertvarkymo priemones, 2013-2015 m. galima tikėtis tokių rezultatų:

- būtų suformuotas lazerių ir šviesos technologijų pramonės sektorius, suderintas su moksliniais tyrimais, specialistų ruošimu (būtų pasiektas savaime besiplėtojančio ir augančio pramonės sektoriaus lygis, ty suformuota “kritinė masė”);
- sektoriaus pardavimų metinė apimtis siektų 500 mln. Lt, eksportas sudarytų ne mažiau 75 proc., būtų užtikrinta tolimesnė šio sektoriaus plėtros perspektyva;
- šiame sektoriuje dirbtų apie 700 darbuotojų;
- kasmet būtų sukuriama ne mažesnė kaip ~ 300 mln. Lt pridėtinė vertė, iš kurios ~ 100 mln. būtų mokesčiai valstybei;
- mokslo institucijos kasmet užsitikrintų ~25 mln. Lt. šio sektoriaus užsakymų moksliniams tyrimams;
- kiti Lietuvos pramonės sektoriai (tiksliosios mechanikos, elektronikos, IT) gautų apie 60 - 80 mln. Lt užsakymų per metus;
- Lietuvos vardas pasaulinėje rinkoje taptų modernių produktų šalies prekiniu ženklu, kas skatintų investicijas ir stimuliuotų naujų technologijų kryptių formavimąsi.

Lazerių technologijų sektoriaus spartesnės plėtros įtaka taip pat pasireikštų:

- Naujų pumpurinių įmonių kūrimusi specializuotame lazerinių technologijų verslo inkubatoriuje „Lazeropolyje“, kur tokioms įmonėms būtų sudaromos galimybės pradėti verslą, pasinaudojant vieša tyrimų infrastruktūra lengvatinėmis sąlygomis.
- Patrauklios aplinkos įvaizdžiu, skatinant užsienio investicijas į fotonikos, optinių ir šviesos technologijų ir kitas sritis.
- Formuojant Lietuvos kaip modernių technologijų pramonės šalies įvaizdį.
- Užtikrinant pagrindą ilgalaikiai Lietuvos ūkio aukštų technologijų sektoriaus plėtrai.

Kvalifikuoti specialistai. Atsiradusios naujos įmonės, išsiplėtę moksliniai tyrimai sudarys

prielaidas aukštos kvalifikacijos specialistams likti Lietuvoje. Per dešimtmetį jų poreikis išaugs nuo 300 dabar iki 800-900 darbuotojų 2017 metais. Iš kurių apie pusę bus mokslo daktarai ar magistrai.

Lietuvos Lazerių ir šviesos technologijų platformos Fotonika XXI sukūrimas parodo vykstančią Studijų, mokslo ir verslo integracija lazerių mokslo ir technologijų srityje. Ši integracija prasidėjo nuo Lazerių ir šviesos mokslų ir technologijų asociacijos įsteigimo, tačiau nacionalinės technologinės platformos strateginio tyrimų plano parengimas privertė tuos klausimus giliai išanalizuoti ir parengti bendrą nuomonę dėl vidutinės ir ilgalaikės trukmės MTEP veiklos prioritetų ir tikslų. Dabar reiks siekti užsibrėžtų tikslų.

Iš kitos pusės Studijų, mokslo ir verslo integracijai lazerių srityje padeda tokie faktoriai:

- a) tai, kad verslo atstovai įeina į magistrinių programų komitetus ir gali išsakyti savo nuomonę apie specialistų paruošimą,
- b) tai, kad dalis universitetų ir mokslo įstaigų darbuotojų dalį laiko papildomai dirba bendrovėse ir geriau žino, ko reikia ruošiamiems specialistams,
- c) glaudus pedagogų, mokslininkų, studentų ir bendrovių darbuotojų darbas vykdant bendrus ATPP projektus Lazerinių technologijų srityje,
- d) bendrų pumpurinių įmonių steigimas,
- e) bendrų laboratorijų steigimas.

3. Argumentuoti siūlymai

3.1 *Ilgalaikis specialistų poreikis ir jo kitimo tendencijos*

Lazerių technologijos magistrų poreikis:

Makroapdirbimas

Dabar yra virš 20 įmonių Lietuvoje, kuriose dirba pramoninės lazerinės sistemos, daugiausiai tai metalo lakštų pjovimo sistemos, augimas 3-5 per metus. 2005 m vasario mėn. vykęs lazerių vartotojų seminaras parodė, kad trūksta specialistų, kurie tinkamai ir kvalifikuotai galėtų prižiūrėti tokias sistemas ir optimaliai jas taikyti gamybos procesuose.

Lazerinio suvirinimo ir kiti procesai (be pjovimo) netaikomi, nes nėra specialistų. Gamybos įmonėse gali atsirasti poreikis 2-3 specialistai /metus.

Mikroapdirbimas

Tikėtinas purpurinių įmonių atsiradimas, kur pagrindine veikla būtų lazerinio mikroapdirbimo sistemos ar paslaugos - 2-5 specialistų/metams, nuo 2007 m.

Lazerių ir komponentų pramonė

lazerių technologijos specialistai reikalingi sistemų, jų komponentų ir technologinių procesų kūrimui bei gamybai - 5-10 specialistų/metams.

Mokslo institucijos

Taikomiesiems ir eksperimentinės plėtros tyrimams lazerinių technologijų kryptyje (FI, VU, KTU, VGTU) bei stoti į doktorantūrą ~ 5 /metus

Protu nutekėjimui ~ 3/metus

Žinant gerą mūsų studentų pasirengimą ir jaunų mokslininkų poreikį užsienyje, ypač Europoje ir JAV, bei atsivėrusias Europos sąjungos vidines sienas, niekaip nepavyks išvengti jaunų mokslininkų judėjimo tarp valstybių. Būtina išlaikyti ryšį su jais, išlaikant galimybes sugrįžti.

23 lentelė. Naujų specialistų (magistrų) poreikis per metus

	Veiklos kryptys	2-3 m.	5-7 m.	>10 m.
--	-----------------	--------	--------	--------

1.	Lazerinis makroapdirbimas	3	5	7
2.	Lazerinis mikroapdirbimas	2	4	8
3.	Lazerių ir komponentų pramonė	6	10	15
4.	Mokslo institucijos	5	6	7
5.	„Protų“ nutekėjimas	4	3	3
	VISO:	20	28	40

Dalis šių naujų specialistų įsidarbintų lazerinės technologijas kuriančiose ir naudojančiose įmonėse mokslinei arba inžinierinei veiklai. Kita dalis testų studijas doktorantūroje.

Iš kitos pusės 23 lentelėje pateikti skaičiai turi derintis su TP „Fotonika XXI“ nurodomais laikiamais rezultatais. Ten teigiama, kad atsiradusios naujos ar išaugusios esančios įmonės, išsiplėtę moksliniai tyrimai sudarys prielaidas aukštos kvalifikacijos specialistams likti Lietuvoje. Prognozuojama, kad lazerinių bendrovių darbuotojų skaičius 2013-2015 metais išaugs iki 700. Tai yra per artimiausius 7 metus prognozuojamas darbuotojų skaičiaus išaugimas būtų apie 350-400 žmonių. Jeigu skaitome, kad darbuotojų proporcinė sudėtis liks panaši su dabar esančia t.y. lazerių srities verslo įmonėse dirbs ~54 % su aukštuoju techniniu išsilavinimu, iš jų ~40 % fizikos fakulteto absolventai, iš jų ~17 % lazerių fizikos ir lazerinių technologijų krypties magistrų, iš jų ~11 % daktarų tai reikiamas verslo įmonės darbuotojų skaičius būtų toks:

Visas darbuotojų skaičius	-	400,
Darbuotojai su aukštuoju techniniu išsilavinimu	-	216,
VU Fizikos fakulteto absolventai	-	160,
KTU ir VGTU absolventai	-	46,
Lazerių fizikos ir lazerinių technologijų krypties magistrai	-	68,
Mokslų daktarai	-	44.

Įskaitant universitetus ir mokslo institucijas šis skaičius turi būti didesnis bent 20 %, kad patenkinti kadru kaitą bei įskaityti 10 % mokslininkų skaičiaus augimą. Jei vyks prognozuojamas mokslinių tyrimų augimas, didėjant gamybos apimtims, tai aukščiausios kvalifikacijos darbuotojų - magistrų, doktorantų ir daktarų skaičius turėtų išaugti dar bent 2 kartus.

Jei pažiūrėsime į specialistų ruošimo galimybes tai galime konstatuoti, kad reikiamą skaičių VU Fizikos fakulteto absolventų (nuo 160 iki 250 su visų augimo galimybių įskaitymu) galima

paruošti esant šiandieniniam (~150) baigiančių kasmet studentų skaičiui. Tačiau paruošti reikiama skaičių magistrų (nuo 68 iki 120 su visų augimo galimybių įskaitymu) per 6 metus sunkiai įmanoma nes yra per mažas priimamų ir baigiančių studentų skaičius į magistrines programas „Lazerių fizika ir optinės technologijos“ bei „Lazerinė technologija“. Reikia, kad dabar kasmet baigtų bent 15 magistrų, o tam turi būti priimami bent 22 studentai su bakalauro laipsniu. Tačiau didėjant magistrantų skaičiui turi didėti mokomosios ir mokslinės laboratorijos, kur jie mokosi praktinių dalykų ir atlieka mokslinius tyrimus. Tam turi būti išplečiama mokslinė ir mokymo infrastruktūra.

Dar sunkesnė reikimo skaičiaus daktarų rengimo problema. Per 7 metus neįmanoma paruošti ~40 lazerių fizikos ir technologijų daktarų, nes čios srities doktorantų skaičius yra mažesnis. Reikia didinti jų skaičių, tačiau jų darbui vėl reikalinga moderni infrastruktūra ir šiuolaikiniai prietaisai. Kartu reikalinga didesnis profesorių ir mokslininkų, galinčių vadovauti doktorantūros studijoms bei magistrų kursiniams ir baigiamiesiems darbams skaičius.

3.2. Reikalavimai įgyjamai kvalifikacijai (žinioms ir gebėjimams)

Kadangi 2006 metais vykdant ES struktūrinių fondų projekta „Aukščiausios pakopos lazerinių ir optinių technologijų specialistų ruošimas“ (Nr. ESF/2004/2.5.0-K02-VS-02/sut-160) VU Fizikos fakultete buvo patobulinta „**Lazerinės fizikos ir optinių technologijų**“ magistrinė programa bei paruošta nauja technologijos mokslų krypties magistrinių studijų programa „**Lazerinė technologija**“ tai reikalavimai įgyjamai kvalifikacijai juose yra suformuoti kiekvieno dalyko sande. Kaip pavyzdys gali būti tokie teiginiai iš poros dalykų sandų:

1. Išklauseš dalyką studentas turi suprasti pagrindinius lazerinio medžiagų apdirbimo fizikinius principus, technologinių įrenginių veikimo principus bei gebėti juos taikyti praktikoje,
2. Supažindinti su kvantiniu spinduliuotės aprašymu bei su pagrindiniais lazerių spinduliuotės bei nekoherentinių šviesos šaltinių sąlygojamais kvantinės optikos reiškiniais. Ugdomi gebėjimai: suvokti kvantinių reiškinų optikoje pasireiškimo sąlygas ir jų specifiką.

3.3. Siūlymai dėl studijų programų tikslų ir turinio pertvarkymo atnaujinimo

Siūlymai dėl studijų programų tikslų ir turinio pertvarkymo pateikti 24 lentelėje. Kadangi kaip minėta 3.2 paragrafe VU Fizikos fakulteto magistrinė programa „**Lazerinė fizika ir optinės technologijos**“ yra atnaujinta, o magistrinė programa „**Lazerinė technologija**“ naujai sukurta tai artimiausiu metu tokių pertvarkymų nereikia. Reikia tik stiprinti infrastruktūra t.y. plėsti mokslines ir mokomasias

laboratorija bei aprūpinti jas šiuolaikine moksline įranga. Susijusiose KTU ir VGTU Mechanikos ir mechatronikos tam tikrose magistrinėse programose turėtų būti labiau akcentuojamos lazerinės technologijos, bet norint vykdyti praktinį mokymą reikalinga bent minimali atitinkamos srities infrastruktūra ir įranga. Mokymas tik iš vadovėlių nesuteiks jiems reikiamų darbui praktinių įgūdžių. O jų labiausiai reikia aukštos kvalifikacijos specialistams ir jų darbdaviams. 24 lentelėje kartu pateikta verslo bendrovių informacija apie jiems reikiamus kitų sričių specialistus.

24 lentelė. Lazerių fizikos ir lazerinės technologijos studijų programos ir rekomenduojami jų patobulinimai

VU	FI kartu su VU	KTU	VGTU
Veikiančios magistrinės programos			
Lazerių fizika ir optinės technologijos (Fiziniai mokslai) (akredituota 2005 metais, patobulinta 2006 metais)			
Paruoštos magistrinės programos			
Lazerinė technologija (Technologiniai mokslai) (patvirtinta ŠMM 2007 metais)			
Veikiančios doktorantūros programos			
Fizika (Fiziniai mokslai)	Lazerinė technologija (Technologiniai mokslai)		
Poreikis tobulinti esamas programas			
Atlikta 2006-2007 metais	Reiktų patobulinti „Lazerinės technologijos“ doktorantūros programą	Dalį ruošiamų specialistų būtina supažindinti su šiuolaikinių lazerinių įrenginių	Dalį ruošiamų specialistų būtina supažindinti su lazerinių ir optinių medžiagų

		<p>panaudojimu makroapdirbime, nes tokie specialistai yra reikalingi įvairioms Lietuvos bendrovėms, dirbančioms gamybos ir statybos sferose</p>	<p>šiuolaikiniais apdirbimo metodais, nes tokie specialistai yra reikalingi besiplečiančioms Lietuvos lazerių bendrovėms</p>
Kitų sričių specialistų poreikis			
<p>1. Mechatronikos specialistai, galintieji konstruoti optinius- mechaninius mazgus lazerinėms sistemoms.</p> <p>2. Programavimo specialistai, galintieji kurti programas automatizuotam įrenginių valdymui bei automatizuotam duomenų surinkimui.</p> <p>3. Elektronikos specialistai, sugebantieji konstruoti greitaveikius elektroninius įrenginius lazerinėms sistemoms tiek diskretinius, tiek skaitmeninius.</p> <p>4. Medžiagotyros specialistai, suprantantys apie lazerinių sistemų reikalavimus juose naudojamoms medžiagoms bei įgalinantys jas tinkamai parinkti.</p>			

3.4. Studijų proceso metodinės ir materialinės bazės pertvarkymas ir atnaujinimas

Dalinis VU FF KEK ir LTC studijų metodinės ir materialinės bazės pertvarkymas ir atnaujinimas atliktas vykdant tris ES struktūrinių fondų projektus (informacija pateikta 3 priede). Tačiau tai tik nedidelė dalis reikalingų investicijų ypač į mokslinę infrastruktūrą ir įrangą. Nežiūrint keletos naujų laboratorijų sukūrimą, didinant ruošiamų specialistų skaičių jaučiamas didžiulis mokslinio darbo vietų trūkumas. Tai yra trūksta, tiek vietos laboratorijoms, tiek vietos darbui su kompiuteriu, kad būtų galima apdoroti tyrimų duomenis. O naujos laboratorijos turi būti aprūpintos nauja įranga. Reikalingos didelės lėšos tiek naujų laboratorijų įrengimui t.y. statyboms, tiek ir įrangai. VU KEK mokslinių - mokomųjų laboratorijų įrengimui reiktų ~2000 kv. metrų ploto pastato. Statyboms reiktų apie 20 mln Lt. Naują pastatą matomai būtų optimalu statyti prie esamo VU Lazerinių tyrimų centro. Preliminarus tokio pastato projektas jau buvo paruoštas iš ŪM lėšų skirtų lazerių verslo plėtros studijos ruošimui. FI doktorantų ruošimui reikalinga infrastruktūra taip pat turi būti sustiprinta. Tam turi būti skirtos lėšos esamų laboratorijų renovacijai ir naujos įrangos pirkimams.

3.5 *Dėstytojų ir mokslininkų kompetencijos (mokslinės ir pedagoginės) tobulinimas*

Tarptautinis lazerių srities tyrimų vykdomų VU, FI ir PFI pripažinimas susijęs su aukščiausios kvalifikacijos mokslininkais ir pedagogais, kurie praktiškai visi trumpesnę ar ilgesnę laiką stažavosi žymiuose užsienio mokslo centruose. Tai įgalino susipažinti su mokslinio darbo organizavimo tvarka geriausiuose mokslo centruose, įsilieti į perspektyvius tyrimus naujose srityse, užmegzti tarptautinį bendradarbiavimą, įsilieti į tarptautinius projektus, priėti prie pilnesnių duomenų bazių, išmokti dirbti su šiuolaikine įranga ir t.t. Taigi mokslininkų stažuotės užsienio mokslo centruose yra viena iš efektyviausių kompetencijos kėlimo formų. Tas ypač svarbu jauniems mokslininkams. Todėl turi būti numatytos lėšos tokių stažuotėlių vykdymui.

Stazuotės labai svarbios ir pedagoginės kompetencijos tobulinimui. Užsienio universitetuose galima susipažinti su ten naudojamais mokymo metodais ir jų praktine realizacija, su mokomųjų ir mokslinių laboratorijų įrengimu ir funkcionavimu. Tai kartu suteikia galimybę priėti prie geriau aprūpintų bibliotekų ir taip surinkti bent pradnę medžiagą naujai ruošiamiems kursams.

Kita svarbi kompetencijos įgavimo ir išlaikymo forma yra dalyvavimas mokslinėse konferencijose, kur pristatomi savo moksliniai rezultatai ir turima galimybė per trumpą laiką susipažinti su daugelio kitų mokslinių grupių darbo metodais ir rezultatais. Tai labai dažnai nurodo optimaliausią kelią išspręsti tiriamas problemas. Kartu konferencijose vyksta mokslinės anglų kalbos tobulinimas, užmezgami asmeniniai kontaktai, incijuojamas mokslinių grupių bendradarbiavimas. Dalyvavimui konferencijose taip pat turi būti skiriamos reikiamos lėšos, kuriomis dabar disponuoja pagrindiniai tarptautinius projektus vykdančios grupės. Tačiau tai suteikia kelionių į konferencijas galimybes tik mažai mokslininkų grupei.

3.6 *Mokslininkų ir kitų tyrėjų poreikis, išskiriant poreikį versle*

Dabar Lietuvoje lazerių ir lazerinių technologijų moksle ir versle dirba apie 370 žmonių, iš jų virš 50 mokslininkų, dirbančių universitetuose ir mokslo institucijose bei apie 30 mokslininkų lazerinėse bendrovėse. Atsižvelgiant į planuojamą šios verslo šakos plėtrą iki 10 kartų iki 2017, keliamus reikalavimus darbo našumo didinimui, mokslininkų ir darbuotojų skaičius turi išaugti 3 kartus iki 700-1000 žmonių. Pagal JAV statistiką, aukštųjų technologijų įmonėse darbuotojai pasiskirsto taip: 10% mokslininkai, 60% inžinieriai-konstruktoriai ir 30 % aukštųjų technologijų vadybininkai.

Bendras mokslininkų, dirbančių lazerių ir lazerinių ir optinių technologijų srityse skaičius iki 2017 turi išaugti iki 200, iš kurių pusė (100) dirbtų įmonėse. Lazerinių technologijų specialistų poreikis taip pat išaugs metalo apdirbimo ir mašinų pramonės įmonėse, kurios intensyviai diegia lazerines metalo lakštų pjovimo ir kitas lazerines technologijas.

3.7 *Specialistų rengimo, kvalifikacijos kėlimo ir stažavimosi užsienyje poreikiai*

Prognozuojami naujų specialistų rengimo, kvalifikacijos kėlimo ir stažavimosi užsienyje poreikiai pateikti 25 lentelėje. Šiuo metu Lietuvoje lazerių mokslo ir technologijų srityje dirba tik vienas užsienio specialistas (Prof. Dr. Paolo Di Trapani iš Italijos) laimėjęs ES projektą profesoriaus vietai kitame ES universitete t.y. VU ir gavęs finansavimą savo veiklai VU trijų metų laikotarpiui. Šiuo atveju jo atlyginimas yra didesnis nei Italijoje. Kitomis sąlygomis t.y. esant Lietuvoje priimtam apmokėjimui pakviesti tokio lygio specialistus nėra realu, nes atlygis už panašų darbą Lietuvoje yra bent 3 kartus mažesnis nei ES senbūvėse. Be to, čia iškyla kalbos ir nepakankamai išvystytos infrastruktūros (darželių ir mokyklų įvairių šalių užsieniečių vaikams) problemos. Kita problema susijusi su tuo, kad jei mes norime, kad inovacijos būtų kuriamos ir vystomos Lietuvoje ir jos neiškeliaus kartu su tokiu užsienio specialistu matomai reikia orientuotis į Lietuvos studentus, magistrantus ir doktorantus.

Todėl realus kelias iš Lietuvos kilusių specialistų rengimas, kvalifikacijos kėlimas ir stažavimas užsienyje. Rengiant specialistus ilgą laiką užsienyje atsiranda labai didelė protų nutekėjimo tikimybė, kadangi gabiems mūsų studentams siūlomos įvairios tolimesnių studijų ir įsidarbinimo galimybės, kurios daugeliu atveju viršija net stipriausių Lietuvos lazerinių bendrovių galimybes. Realus kelias siūsti gerus studentus tikslinėms magistrantūros ar doktorantūros studijoms. Šiuo atveju galima atrinkti gabiausius studentus, tačiau turi atsirasti paskatų sistema, kad būtent gabiausi norėtų vykti ir mokytis. Norint, kad tokie specialistai grįžtų matomai reikalingos tikslinės paramos programos su tam tikrais įsipareigojimais grįžus dirbti tam tikrą laiką Lietuvoje. Be to, reikia kelis kartus didinti apmokėjimą už darbą, kad tokie specialistai atsirastų universitetuose ir galėtų perduoti savo patyrimą didesnei grupei studentų. Kartu tokiems atvykusiems daktarams su įgūdžiais labai reikalingose naujose srityse turi būti numatoma didelė (~1 mln Lt) finansinė parama, kuri įgalintų sukūrti pradinę materialinę bazę tyrimams naujoje atsivežtoje kryptyje ir įgalintų suformuoti sąlygas naujos mokslinės grupės susikūrimui. Nežiūrint, kad čia minėtos sąlygos kol kas nėra išpildomos, dalis magistrų, užsienyje baigusių magistratūrą, bei daktarų, apsigynusių daktaro

disertaciją užsienyje, yra grįžę. Dalis grįžo trumpam laikui ir vėl išvažiavo. Priežastys daugumoje ekonominės t.y. mažas atlyginimas lyginant su buvusiu.

Stažavimasis ir praktikos artimiausiu laikotarpiu matomai yra efektyviausia ir galinti apimti didžiausią specialistų skaičių kvalifikacijos kėlimo forma. Aišku tam reikalingi tam tikri ryšiai, kad užsienio organizacijos sutiktų priimti mūsų specialistus. Be to, tam turi būti numatyti reikiami resursai studentų ir specialistų siuntimui ir išlaikymui bei tam tikras mokestis užsienio organizacijai už jų mokymą. Tam tikrais atvejais užsienio organizacija vieną ar kelis studentus gali priimti stažuotei ir be papildomo mokesčio jei studentas sugeba įsiliesti į ten vykdomus tyrimus arba vyksta abipusis specialistų pasikeitimas. Tačiau taip galima apsiekti keletu studentų, o jų skaičiui siekiant 20 ar daugiau tai darosi ne taip paprasta, nes nėra ekvivalentiško užsienio studentų skaičiaus. 2002-2006 m. vykdant Socrates ir Erasmus programas VU Fizikos fakultete studentų studijų procesas užsienyje buvo gana dažnas. Aišku jis dalinai sąlygojo ir protų nutekėjimą, nes išvykdavo geriausi studentai. Magistrinėse studijose reiktų siekti, kad praktiškai visi studentai atliktų bent 2-4 savaitių praktiką užsienyje arba pasistažuotų nuo 1 iki 6 mėnesių kitų šalių mokslinėse laboratorijose. Tai įgalintų geriau suprasti kaip mokymas ir moksliniai tyrimai vykdomi užsienio mokslo centruose, įgauti tam tikrų žinių, padėtų geriau išmokti anglų kalbą ir įgauti pasitikėjimo bendraujant su užsienio studentais ir dėstytojais.

Papildoma kvalifikacijos kėlimo forma yra užsienio ekspertų vykdomi mokymai ar bent kelių dienų seminarai Lietuvoje, kuriuose bent su pagrindiniais naujų ir perspektyvių lazerinių technologijų principais ir taikymais galėtų susipažinti gana daug studentų, doktorantų ir tos srities darbuotojų ir tai kartais padeda orientuotis kokias nauja kryptis reikia vystyti.

Kartu reiktų naudoti specialistų susigrąžinimo iš užsienio galimybes, tačiau esant tokiam atlyginimų skirtumui universitetuose ir mokslo istaigose Lietuvoje ir ES ar JAV toks kelias nėra realus. Verslo bendrovėse tas atotrūkis mažesnis, tačiau čia mažesnės socialinės garantijos dėl vystymosi perspektyvų. Iš kitos pusės darbuotojui dirbant ilgą laiką išvystytoje užsienio šalyje grįžimas atgal neatrodo perspektyvus dėl mažų atlyginimų, prastesnės mokslinės infrastruktūros, ribotų karjeros galimybių ir t.t. Todėl dabartiniu metu perspektyviausios atrodo trumpalaikės tokių iš Lietuvos kilusių specialistų pritraukimo galimybės. Jos atrodo tenkina abi puses ir įgalina dalinai perimti užsienio patyrimą. Tačiau norint tuos ryšius sutvirtinti ir padaryti ilgalaikiais reikia įvesti asocijuotų profesorių ir mokslo darbuotojų pareigybes, kurios būtų dalinai apmokamos ir joms būtų suteikiamos mobilumo lėšos, bei jos įgalintų žinomus iš Lietuvos kilusius specialistus vadovauti

studentų darbams ir net koordinuoti naujai kuriamų, tos srities grupių mokslinius darbus. Aišku tai turi būti daroma sutarimo principu su priimančiąja organizacija.

Lentelė. 25. Bendri specialistų rengimo Lietuvoje ir užsienyje, stažuočių užsienyje ir mainų poreikiai per metus.

	Bendri specialistų poreikiai per metus	2-3 m.	5-7 m.	>10 m.
1.	Ilgalaikis naujų specialistų poreikis	20	28	40
2.	Mokslininkų ir kitų tyrėjų poreikis	10	12	15
3.	Mokslininkų ir kitų tyrėjų poreikis versle	5	6	8
4.	Specialistų ir mokslininkų iš užsienio pakvietimo poreikis	2	3	2
5.	Specialistų ir mokslininkų iš užsienio pakvietimo poreikis versle	0	1	1
6.	Specialistų ir mokslininkų susigrąžinimo iš užsienio poreikis	2	4	3
7.	Specialistų ir mokslininkų susigrąžinimo iš užsienio poreikis versle	1	2	2
8.	Specialistų rengimo (visų studijų, dalinių studijų, praktikų ir pan.) užsienyje poreikis	8	16	28
9.	visų studijų	1	2	2
10.	dalinių studijų	2	4	6
11.	praktikų	5	10	20

3.8 MTEP tematikų vystymas Lietuvoje bei MTEP programų finansuojamų iš valstybės biudžeto poreikis

3.8.1. Fundamentiniai tyrimai

3.8.1.1. Bendrojo naudojimo lazeriniai kompleksai

Kaip buvo akcentuota 2.2.1.1.1 viena iš sparčiai besivystančių šiuolaikinės fizikos kryptių yra ultratrumpų šviesos impulsų generacija, stiprinimas, valdymas ir detektavimas bei taikymai tiriant urtrasparčiusius fizikinius procesus atomo, branduolio, plazmos bei medžiagų fizikoje, kietojo kūno elektronikoje ir didelių energijos tankių fizikoje. Ši kryptis apimanti daug disciplinų nuo branduolio fizikos iki astrofizikos su taikymais nuo telekomunikacijų iki medicininės chirurgijos yra šiandien tarp

labiausiai įdomių mokslo ir inžinerijos sričių ir užsienyje dažnai vadinama *Ultrasparčiuju mokslu ir technologija*. Vykdančios šios srities tyrimus daugelyje šalių kuriamos galingos ultratrumpų impulsų lazerių infrastruktūros, vykdančios nacionalinę arba net europinę misiją (ELI ir HIPER mokslinės infrastruktūros). Lietuva negali sau leisti kelių šimtų milijonų eurų vertės mokslinių šios srities projektų vykdymo. Iš kitos pusės Lietuvoje sukūrus tokios apimties mokslinę infrastruktūrą kažin ar būtų pakankamai kitų disciplinų vartotojų ir ar jos tarpdisciplininis panaudojimas būtų efektyvus. Tačiau šią kryptį reikia vystyti nes ji yra perspektyvi ir tarpdisciplininė. Kai kuriuos perspektyvius tyrimus galima atlikti ir su žymiai mažesnėmis impulsų energijomis ir tada tokia sistema tampa žymiai pigesnė. Iš kitos pusės tokių sistemų kūrimo Lietuvoje per šį penkmetį buvo sukauptas gana didelis patyrimas ir tokio tipo tik mažesnės energijos impulsų sistemos gali būti kuriamos savitu keliu, kuris gali išsirutulioti į naujus komercinius produktus. Be to, VU LTC mokslininkai yra kviečiami dalyvauti Pan-Europinės Ekstremalios šviesos infrastruktūros (ELI) kūrimo. Be to, norint Lietuvos mokslininkams dalyvauti sekančiame Laserlab-Europe projekte apjungiančiame stipriausias Europos laboratorijas tiriančias jau keliu optinių ciklų ar net atosekundinės trukmės impulsus bei jų taikymus reikalingas esminis infrastruktūros atnaujinimas. Todėl šią kryptį numatome vystyti kaip lazerių fizikos fundamentinių tyrimų kryptį. Kaip viena iš pagrindinių tokiems tyrimams vykdyti reikalingų sąlygų planuojama sukurti keletą bendrojo naudojimo femtosekundinių impulsų lazerinių sistemų. Jos bus kuriamos tiek naudojant Lietuvoje sukauptą patyrimą su iterbio lazerinėmis sistemomis ir parametriniu ultratrumpų impulsų stiprinimu, tiek ir įsigyjant komercines didesnės energijos titano safyro lazerines sistemas iš užsienio. Šios sistemos iš principo turi pasitarnauti ir taikomųjų uždavinių sprendimui bei naujų Lietuvoje įsisavintų produktų kūrimui ir išbandymui. Reiktų pažymėti, kad ankstesni tyrimai įeinatys į temą „Didelio intensyvumo optika“ pasitarnavo kuriant „Pharos“ lazerio prototipą, o tyrimai pagal temą „Parametriniai reiškiniai“ pasitarnavo kuriant parametrinio šviesos stiprintuvo TOPAS prototipą bei kitus parametrinių šviesos stiprintuvų ir generatorių prototipus. Dabar šie produktai yra geriausiai parduodami Lietuvos lazerinių bendrovių produktai.

Numatomas toks bendrojo naudojimo femtosekundinių impulsų lazerinių sistemų išplėtimas arba sukūrimas bei medžiagotyros centro sukūrimas:

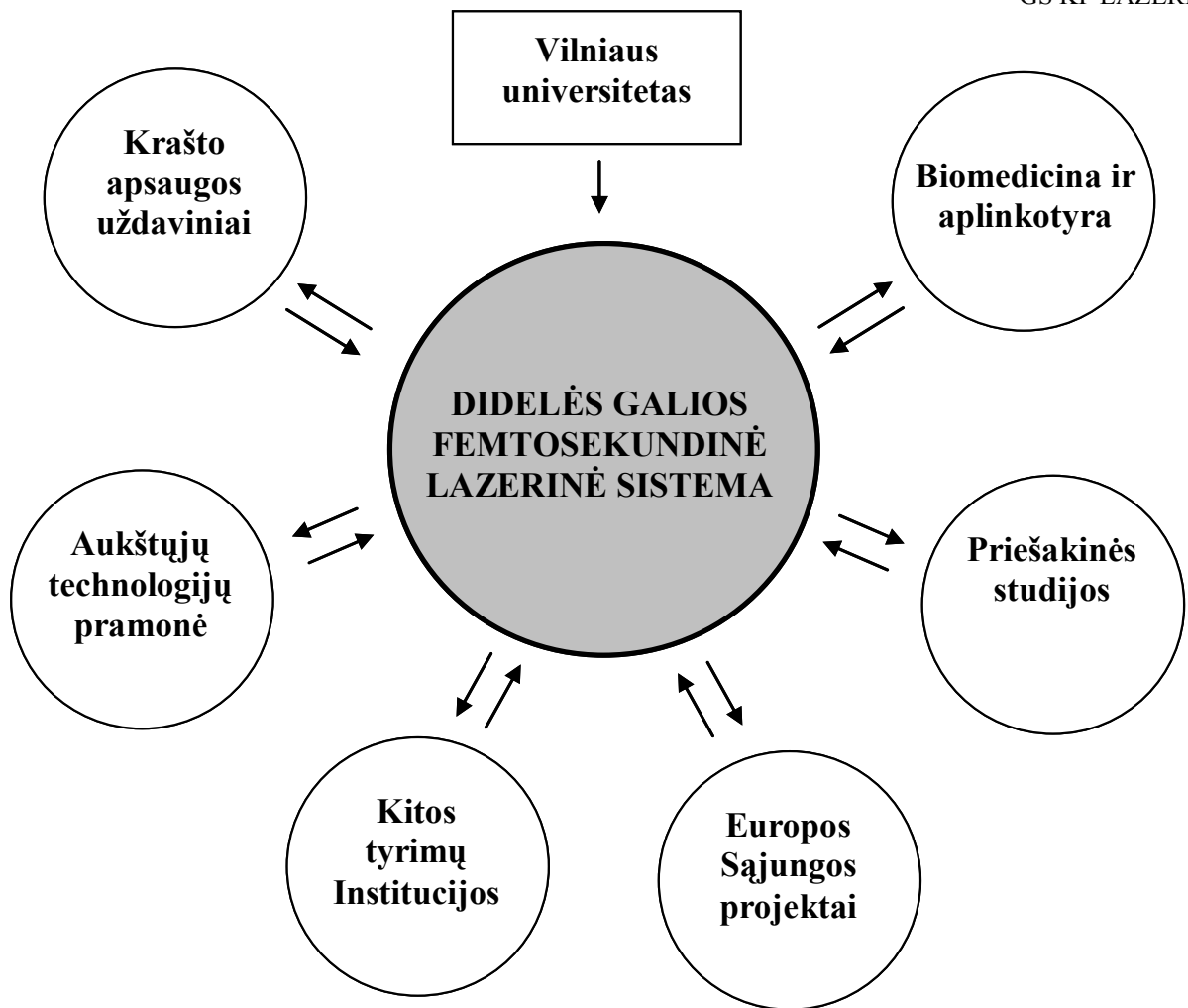
1. Esamos VU LTC titano safyro sistemos atnaujinimas ir išplėtimas didinant sustiprintų 100 fs trukmės 10 Hz pasikartojimo dažnio impulsų energiją iki ~100 mJ. (5 mln. Lt).
2. Bendro medžiagotyros centro lazerinių technologijų vystymui sukūrimas. (5 mln. Lt).
3. Naujos nacionalinės tarpinstitutinės prieigos didelės galios femtosekundinės lazerinės sistemos NAGLIS (**Nacionalinės aprėpties galinga lazerinė impulsinė sistema**) mokslo ir aukštųjų technologijų uždaviniams spręsti sukūrimas. (20 mln. Lt).

3.8.1.2. *Nacionalinės aprėpties galinga lazerinė impulsinė sistema „NAGLIS“*

Kaip buvo pabrėžta 2 dalyje VU KEK ir LTC atliekami tyrimai finansuojami Lietuvos ir ES projektų lėšomis. Tačiau šių lėšų nepakanka sukurti galingesnę lazerinę sistemą, todėl VU KEK ir LTC lazerinė aparatūra savo spinduliuotės galia atsilieka nuo kitų Europos laboratorijų. Didelės galios lazerinės sistemos stygius labai sunkina mokslo tyrimus ir studijas, o taip pat stabdo naujų technologijų Lietuvoje kūrimą ir plėtrą, neleidžia parengti specialistų turinčių darbo su didelės galios lazerine spinduliuote įgūdžių.

Pagrindinė idėja vystant didelės galios femtosekundinę sistemą yra parametrinių stiprintuvų ir kaupinimo lazerio stipraus užkrato formavimui panaudoti femtosekundinės Yb:KGW lazerinės sistemos generuojamus impulsus. Svarbiausias projekte kuriamos sistemos privalumas yra tai, kad Yb:KGW ir Nd:YAG lazerių stiprinimo juostos centrinis bangos ilgis skiriasi santykinai nedaug. Įvertinimai rodo, kad kaupinimo lazeriui naudojamo signalo intensyvumas gali būti eile ir daugiau didesnis nei lyginant su Ti: safyro osciliatoriaus naudojimo atveju, kas leis iš esmės pagerinti Nd:YAG lazerio išėjimo impulso kontrastą sustiprintos spontaninės emisijos atžvilgiu. Plataus spektro užkrato formavimui bus naudojamas kontinuumo generatorius, kaupinamas ~170 fs trukmės to paties Yb:KGW lazerio impulsais. Tuo būdu, numatomoje sistemoje būtų realizuota išimtinai optinė skirtingų lazerių tipų spinduliuotės sinchronizacija, leidžianti pilniau išnaudoti parametrinio čirpuotų impulsų stiprinimo metodikos potencialą kuriant didelės galios itin trumpų impulsų lazerinę sistemą.

Numatoma, kad optimizuojant naujo tipo čirpuotų impulsų stiprinimo metodiką itin plataus spektro impulsų stiprinimui ir naudojant optiškai sinchronizuotas iterbio ir neodimio femtosekundines ir pikosekundines lazerines sistemas bus galima generuoti 50-100 mJ, $>1000 \text{ cm}^{-1}$ spektro pločio impulsus, kurie galėtų būti spaudžiami iki sub-30 fs trukmių.



Lietuvoje sparčiai vystantis ir stiprėjant lazerių ir optikos pramonei, modernios didelės galios bendros prieigos femtosekundinės lazerinės sistemos atsiradimas sudarytų prielaidas sukurti **didelės galios lazerių inovacinių projektų mokslo ir studijų centra**, kurio veikloje būtų derinami mokslo, studijų, pramonės, gynybos, sveikatos ir aplinkos apsaugos poreikiai. Įgyvendinus šį projektą, būtų sukurtas šiuolaikinis femtosekundinis lazerinis kompleksas teikiantis ultramodernos mokslo infrastruktūros paslaugas nacionaliniams ir europiniams projektams vykdyti ir ruošti kvalifikuotus specialistus, gebančius kompetetingai veikti sparčiai vystantis ir plečiantis lazerių taikymams aukštųjų technologijų pramonėje, biomedicinoje, aplinkos tyrimo ir karybos moksluose (žiūr. 5 pav.)

3.8.1.3. *Fundamentinių tyrimų kryptys*

Naudojant išplečiamas bei kuriamas bendrojo naudojimo lazerines sistemas 2007-2013 m. turėtų būti vystomos tokios *fundamentinių tyrimų* kryptių grupės:

1. *Didelio intensyvumo optika,*
2. *Parametriniai reiškiniai,*
3. *Lazerinė nanofotonika.*

Kiekvienoje iš šių bendrų krypčių galima identifikuoti svarbiausias MTEP veiklos kryptis. Jos šiuo atveju yra:

1. Didelio intensyvumo optika (15 mln Lt)

- 1.1. Didelės vidutinės galios femtosekundiniai lazeriai
- 1.2. Trumpų impulsų stiprinimas naudojant parametrinį stiprinimą
- 1.3. Ekstremali optika ir spektroskopija
- 1.4. Lazerio spinduliuotės sąveika su medžiaga

2. Parametriniai reiškiniai (5 mln Lt)

- 2.1. Netiesinės X bangos – kūginės šviesos kulkos
- 2.2. Keturfotoniniai parametriniai reiškiniai dujose

3. Lazerinė nanofotonika (15 mln Lt)

- 3.1. Ultraspartieji fotofizikiniai reiškiniai kristaluose, polimeruose, biomolekulėse, savitvarkiuose ir dirbtiniuose nanodariniuose,
- 3.2. Femtosekundinės spektroskopijos metodų vystymas,
- 3.3. Naujos kartos optinės mikroskopijos metodai.
- 3.4. Nevienalyčių struktūrų optika ir spektroskopija.

3.8.2. Taikomieji tyrimai

Vertinant šiandieninę lazerių ir šviesos technologijų situaciją pasaulyje bei Lietuvoje, atsižvelgiant į pasaulines lazerių ir šviesos technologijų plėtros tendencijas ir vertinant Lietuvos turimą gamybinį bei mokslinį potencialą galima išskirti tris temines taikomųjų MTEP krypčių grupes:

1. Lazeriai ir šviesos šaltiniai industrijai, diagnostikai ir moksliniams tyrimams.
2. Preciziniai optiniai elementai lazeriams.
3. Lazerinės funkcinės sistemos.

Skaičiuojama, kad šių krypčių vystymui reikėtų **45 mln. Lt**. Valstybinis finansavimas turėtų sudaryti **30 mln. Lt**, verslas pasiruošęs investuoti **15 mln. Lt**.

Kiekvienoje iš šių bendrų krypčių galima identifikuoti konkrečias MTEP veiklos kryptis, turinčias didžiausią potencialą „proveržiui“. Jos yra:

1. Lazeriai industrijai, diagnostikai ir moksliniams tyrimams (15 mln. Lt)

- 1.1. Nauji diodais kaupinami lazeriniai šaltiniai
- 1.2. Šviesolaidiniai lazeriai
- 1.3. Keičiamo bangos ilgio lazeriai
- 1.4. Didelės galios ir aukštos spinduliuotės kokybės kietojo kūno lazeriai
- 1.5. Terahercinio spinduliavimo šaltiniai ir jutikliai saugumui, aplinkos monitoringui, medicinos diagnostikai, procesų ir kokybės kontrolei

2. Preciziniai optiniai elementai (9 mln. Lt).

- 2.1. Funkcinės medžiagos ir programuotųjų struktūrų dariniai nanofotonikai
- 2.2. Medžiagos ir komponentai didelės galios optinėms sistemoms
- 2.3. Optinių elementų gamybos technologijos
- 2.4. Optinių elementų standartizuotas charakterizavimas

3. Lazerinės funkcinės sistemos (21 mln. Lt).

- 3.1. Fotonikos taikymai: naujos fotonikos taikymų sritys; egzistuojančių technologijų pakeitimas
- 3.2. Lazerinis mikroapdirbimas ir mikrofabrikavimas
- 3.3. Lazerio spinduliuotės perdavimo ir manipuliavimo bei procesų kontrolės sistemos
- 3.4. Biomedicininės diagnostikos ir terapijos sistemos.

Šių krypčių perspektyvumas detaliau pagrindžiamas Lietuvos Lazerių ir šviesos technologijų platformos „Fotonika XXI“ strateginių tyrimų plane. Bendras lėšų poreikio kitimas artimiausiems 15 metų pateiktas 26 lentelėje.

26 lentelė. Lėšų poreikio pasiskirstymas pagal taikomąsias MTEP kryptis, įskaitant verslo indėlį, per penkerių metų laikotarpį.

	MTEP kryptys	Lėšų poreikis, mln. Lt		
		5 m.	5-10 m.	10-15 m.
1.	Lazeriniai šviesos šaltiniai	12	20	25
2.	Lazerinis medžiagų apdirbimas	9	16	20
3.	Diagnostikos ir spektroskopijos sistemos	9	15	20
4.	Komponentai lazeriams ir optinėms sistemoms	7	10	15
5.	Lazerinės mašinos, įskaitant medicinai	8	14	20
	VISO:	45	75	100

3.9. MTEP infrastruktūros atnaujinimo, sukūrimo ir vystymo poreikio

MTEP infrastruktūros atnaujinimo, sukūrimo ir vystymo poreikių suvestinė pateikta 27 ir 28 lentelėse.

27 lentelė. Fundamentinių tyrimų infrastruktūros atnaujinimo, sukūrimo ir vystymo poreikis

MTEP infrastruktūros pavadinimas	Priklausomybė	Renovacijos poreikis, mln Lt	Statybų poreikis, mln. Lt	Įrangos įsigyjimo poreikis, mln. Lt
Esamos VU LTC bendro naudojimo unikalių galimybių titano safyro lazerinės sistemos atnaujinimas ir išplėtimas	VU	2		3
Naujai kuriama lazerinė sistema NAGLIS	VU		10	10
Bendro medžiagotyros centro lazerinių technologijų vystymui sukūrimas	FI	2		3

28 lentelė. Taikomųjų tyrimų infrastruktūros atnaujinimo, sukūrimo ir vystymo poreikis

MTEP infrastruktūros pavadinimas	Priklausomybė	Renovacija, mln Lt	Statybos, mln. Lt	Įranga, mln. Lt
Industriinių lazerių laboratorija (šviesolaidinių lazerių tyrimas ir kūrimas, mikroapdirbimas trumpais impulsais)	FI	3		10
Optinių dangų laboratorija (optinių dangų kūrimas ir tobulinimas, naujų garinimo technologijų įsisavinimas)	FI	5		10
Lazerinio mikroapdirbimo laboratorija (mikroapdirbimas ir mikroprototipavimas femtosekundiniais impulsais, lazerinės spinduliuotės ir medžiagos sąveikos taikomieji tyrimai, femtosekundinės	VU KEK		5	10

lazerinės sistemos mikroapdirbimui)				
Lazerinių elementų standartizuoto charakterizavimo laboratorija (lazerinių elementų parametrų testavimas ir sertifikavimas)	VU KEK		2	5
Lazerinių technologijų laboratorija (lazerinių makrotechnologijų kūrimas ir tobulinimas prototipų bei technologinės įrangos gamyboje, naujų lazerinių mikroapdirbimo įrenginių bandymai)	KTU	0,5		4
Lazerinių sistemų optomechaninių mazgų laboratorija (Daugiamačių judesių generavimas ir transformacijos panaudojant šiuolaikines pjezoaktyvias medžiagas, panaudojant tiek jų tiesioginį, tiek ir atvirkštinį pjezoefektus)	KTU	0,5		2,5
Monokristalinių medžiagų auginimo ir apdorojimo technologijų laboratorija (kietų kristalinių medžiagų pjaustymas deimantiniais įrankiais, kitų apdorojimo metodų įsisavinimas ir vystymas)	VGTU	0,5		3
Optoelektronikos centras (puslaidininkiniams optoelektronikos prietaisams skirtų epitaksinių darinių technologijų vystymas, ultrasparčiosios optoelektronikos komponentų, diodinių lazerių, fotodetektorių kūrimas)	VU, PFI		4	6
Bendros priedos lazerinio apdirbimo centras VU (aprūpintas labiausiai paplitusiais ar perspektyviausiais lazeriniais medžiagų apdirbimo įrenginiais su kuriais galima mokyti studentus ir kartu suteikti galimybę bet kokių Lietuvos gamybos įmonių atstovams išbandyti lazerines technologijas savo technologinių problemų sprendimui)	VU KEK		3	5

Bendros priegos lazerinio apdirbimo centras KTU (aprūpintas labiausiai paplitusiais ar perspektyviausiais lazeriniais mediagų apdirbimo įrenginiais su kuriais galima mokyti studentus ir kartu suteikti galimybę bet kokių Lietuvos gamybos įmonių atstovams išbandyti lazerines technologijas savo technologinių problemų sprendimui, VU ir KTU centrų lazerinė įranga turi papildyti viena kitą, o nesidubliuoti, kad būtų didesnės bandymų galimybės)	KTU		3	5
---	-----	--	---	---

Dabartiniu metu lazerių mokslo ir technologijų laboratorijos yra pagrindinai VU ir FI patalpose, tačiau dalis mokslininkų dirba PFI, KTU, LŽŪU. Pertvarka būtina koncentruojant bendro naudojimo lazerinę, eksperimentų ir diagnostinę aparatūrą mokslo centruose, kurie formuojami VU Lazerinių tyrimų centre ir Fizikos institute pagal vykdomą grupę Struktūrinių fondų projektų „Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centras“. VU LTC ir Kvantinės elektronikos katedra išlieka kaip fundamentinių tyrimų lazerių ir optinių technologijų srityse flagmanas. Todėl čia numatoma toliau vystyti bendrosios priegos lazerines sistemas fundamentiniams tyrimams. Fizikos institute formuojamas branduolys taikomiesiems tyrimams naujo tipo lazerinių šaltinių ir lazerinių technologijų srityse. Tačiau kai kuriose taikomųjų tyrimų srityse prioritetus turi VU LTC, todėl ir čia bus formuojamas kai kurios taikomųjų tyrimų laboratorijos. Be to, atsiradus naujai „Lazerinės technologijos“ magistrnei programai tokia bazė reikalinga magistrų ruošimui bei moksliniams darbams. Lazerinių technologijų inžinerijos centrą būtina suformuoti KTU bazėje, įtraukiant mechatronikos ir elektronikos specialistus lazerinių technologijų diegimui ir lazerinių mašinų kūrimui. Monokristalinių medžiagų auginimo ir apdorojimo technologijų laboratorija planuojama įkurti VGTU, nes čia sukauptas šios srities potencialas ir jis reikalingas lazerių pramonės vystymuisi Lietuvoje.

Per artimiausius penkerius metus į mokslo infrastruktūros reorganizaciją ir koncentraciją šiuose centruose būtina investicija apie **99 mln. Lt.** Mokslinių tyrimų bazė bus plečiama taip pat verslo įmonėse. Tam lazerinės bendrovės yra numačiusios investuoti per artimiausius penkerius metus apie **15 mln. Lt.**

3.10. *Bibliotekų išteklių atnaujinimo, naujų priegų prie periodinių mokslo leidinių duomenų bazių poreikis*

Pilnatekstė prieiga prie periodinių mokslo leidinių duomenų bazių yra būtina, norint vykdyti šiuolaikinius mokslinius tyrimus ir neatsilikti mokslinių grupių konkurencinėje kovoje. Visos respublikos reikmėms reikia išplėsti Universitetų ir Mokslų akademijos bibliotekų prieigą prie elektroninių žurnalų bazių, perkeliant terminalus į formuojamus centrus. Tiesiogiai su vykdomomis MTEP tematikomis siejasi publikacijos, kurios gali būti pasiekiamos per šias duomenų bazines: *AIP; APS; INSPEC; Institute of Physics Publishing; Science Direct; Springer/Kluwer; SpringerLINK archyvas; SpringerLINK E-Books; Wiley InterScience; CRC net Databases; IEEE / IEL; ISI Essential Science Indicators; ISI Journal Citation Reports; ISI Proceedings; ISI Web of Science.*

Toliau turi būti numatyti kasmetiniai resursai naujų knygų pirkimui, nes dabar tik grupės turinčios 2.5 priemonės projektus nupirko tam tikrą kiekį naujų knygų, kurios su retomis išimtimis nebuvo atnaujintos nuo maždaug 1990 metų. Aišku tarp jų beveik nebuvo knygų anglų kalba, o būtent tokios knygos turėtų būti pagrindinės mokymosi priemonės magistrantams ir doktorantams. Kasmet turėtų būti skiriama bent 100 tūkst. Lt naujų knygų įsigijimui VU magistrantams studijuojantiems lazerių fiziką ir technologijas. Iki šiol beveik neatnaujintos knygos bakalauro studijų studentams. Tą irgi reikia padaryti, nes tai pirma pakopa specialisto ruošime ir nuo jos labai priklauso galutinis rezultatas.

3.11. *Integruoto mokslo, studijų ir verslo nagrinėjamoje srityje bendros infrastruktūros poreikis*

Siūloma, kad sėkmingam MTEP vystymui, mokslo, studijų ir verslo ryšių stiprinimui, naujų įmonių kūrimuisi reikalingas koordinuojantis **Nacionalinis integruotas lazerių mokslo, studijų ir verslo slėnis arba centras (NILS).**

Paskirtis: Integracija koordinavimo, resursų sutelktumo, roveržio krypties nustatymo ir pan. prasmėmis, tačiau nesiekiant griežtos visų dalyvių lokalizacijos vienoje geografinėje vietoje .

Tikslai: - daugiau ir geresnio visokio (ir bazinio ir EP) mokslo (taigi daugiau pinigų mokslui: projektams, įrangai, mokslininkų atlyginimams);

- geresni specialistai, geresnės jų ruošimo sąlygos (didesni dėstytojų atlyginimai, geresnės auditorijos ir laboratorijos);

- geresnis bendradarbiavimas ir tarpusavio partnerystė sistemoje :studijos-mokslas -verslas;

- sparčiau besiplėtojantis verslas (dėl geresnio mokslo ir geriau paruoštų specialistų)- daugiau brangesnių darbo vietų, didesnė AT dalis krašto BVP struktūroje- daugiau MTEP'o užsakomo ir finansuojamo iš verslo

Dalyviai: Vilniaus Universitetas, Fizikos institutas, kiti universitetai ir institutai, LŠMTA, atskiros verslo įmonės, VŠĮ "Saulėtekio slėnis", kiti dalyviai, savivaldybė (-ės), ministerijos....

Organizaciniai principai:- dalyviai yra tokio centro steigėjai (nuostatai ar reglamentas patvirtintas dalyvių-steigėjų) toks centras atlieka koordinatoriaus ir bendradarbiavimo užtikrinimo funkcijas, bet nėra juridškai pavaldus dalyviams (ar vienam iš jų), taip pat neturi jokių juridinių galių dalyviams steigėjams - aukščiausias tokio centro organas- koordinacinė taryba (komitetas) (balsų vietų skaičius koordinacinėje taryboje nustatomas pagal įnašų dydį ar kitaip), tarybos narius skiria ir atleidžia dalyviai (steigėjai) koordinacinės tarybos nariai už savo darbą taryboje gauna atlyginimą savotiškas tantjemas), kuri nustato dalyviai (steigėjai) atsižvelgdami į NILS veiklos rezultatus NILS gali steigti kolektyvinio naudojimo laboratorijas (mokomąsias, tyrimų, bandymų kontrolės...) ir infrastruktūros įstaigas (verslo inkubatorių, technologijų perdavimo centrą...) NILS gali nuomotis, nuomoti, įgyti, paskolinti ir tt. turtą - NILS veikla organizuojama projektiniu principu - Projektai gali būti finansuojami tiek pagal dalyvių tarpusavyje suderintas sutartis ir sutartas dalis, tiek betarpiškai iš tiesiogiai NILS'o suformuoto fondo (dalyvių tiksliniai įnašai, mecenatų, įvairių fondų ir valstybės parama). NILS gali teikti paraiškas ES SF ir kitų fondų paramai gauti. Techniniam (ir administraciniam) darbui atlikti (jei yra toks poreikis) centras gali samdytis tokias paslaugas teikiančią įmonę ar vieną iš dalyvių, galimas ir specializuotos tokias paslaugas teikiančios įmonės skūrimas (pvz VŠĮ, kurio steigėju būtų NILS)

Technologijų perdavimo centras (TPC) būtų vieta, kurioje susitiktų mokslininkai ir verslo atstovai, taikomųjų tyrimų metu sukauptos žinios būtų diegiamos pramonėje, verslui būtų suteikiama visokeriopos licenzijavimo, patentavimo, rinkų apsaugos paslaugos. Čia savo sukauptą patirtį galėtų diegti VU, FI, KTU, VGTU, PFI mokslininkai.

Sėkmingą naujų „pumpurinių“ įmonių steigimąsi turėtų palengvinti **Lazerių verslo inkubatorius (LVI)**. Ši struktūra turėtų užtikrinti organizacines, teises, finansines ir kitas paslaugas būtinas kuriantis naujoms įmonėms, ypač kai jų steigėjai yra verslo patirties neturintys išėiviai iš mokslo.

3.12. Organizacinių, teisinių, finansinių ir kitų galimybių kurtis „pumpurinėms“ įmonėms poreikis

Reikėtų įkurti tikrą, o ne formalų verslo inkubatorių lazerinėms įmonėms. Jame naujai įsikūrusioms įmonėms turėtų būti lengvatinėmis sąlygomis nuomojamos patalpos ir galbūt kai kurie prietaisai ar įrenginiai. Inkubatorius taip pat turėtų įmonėms teikti konsultacijas rinkodaros klausimais,

organizuoti bendrą įmonių pristatymą įvairiose pramonės parodose ir mugėse. Seniau dirbančios įmonės į tokių inkubatorių galėtų patekti tikrai mokėdamos už visas paslaugas rinkos kainą. Naujoms įmonėms turėtų būti teikiamas prioritetas ir valstybės finansuojamuose MTEP projektuose; dabartinė tvarka leidžia jau seniai dirbančioms įmonėms savotiškai parazituoti valstybės sąskaita, pačioms minimaliai investuojant į gaminių asortimento atnaujinimą. Nepriimtina padėtis, kai ta pati įmonė neprisiimdama didesnių įsipareigojimų, tačiau pretenduodama į sukurtus rezultatus, dalyvauja dideliame skaičiuje tos pačios programos projektu.

3.13. Verslo ryšių su mokslo ir studijų institucijomis stiprinimas

Orientuojantis į magistrantus, kuriems pagal mokymosi programą būtina atlikti du kursinius ir baigiamąjį darbą, jau galima būtų formuoti užduotis pagal bendrovių poreikius, jei tam reikalinga įranga yra nupirkta. Tokie tyrimai gal ir nebus tokie gilūs, tačiau problemos sprendimo galimybių įvertinimui jie turėtų būti užtenkami.

Doktorantai kadangi jie gali dirbti tyrimų temoje net 4 metus, be to, yra aukščiausios kvalifikacijos specialistai turėtų tapti optimalia darbo jėga bendrovių projektų sprendimui. Bendrovės turėtų formuluoti jiems reikalingų tyrimų temas, suplanuoti jiems atlikti reikalingos įrangos pirkimus, kad būtų su kuo atlikti tyrimus, po to padėti medžiagomis bei numatyti kelius kai po doktorantūros baigimo jau daktaras su bendrovei įgytų patyrimu taptų bendrovės darbuotoju ir vystytų joje naują kryptį, kurioje pradėjo dirbti būdamas doktorantūroje.

3.14. Finansavimas, būtinas nagrinėjamos srities kompleksinei plėtrai 2008-2013 metais

	Priemonė ar veiksmas	Kiekis, vnt	Poreikiai finansavimui, Mln.Lt
1.	Naujų programų (modulių) rengimas (VU)	1	0,4
2.	Programų atnaujinimas (KTU, VGTU)	2	0,4
3.	Studijų personalo kvalifikacijos tobulinimas, mobilumo skatinimas VU, FI, KTU, VGTU	4	4
4.	Studijoms naudojamų patalpų renovavimas VU, KTU, VGTU	3	3

5.	Studijoms naudojamos įrangos įsigijimas VU (2), FI, KTU, VGTU	5	10
6.	Mokslininkų mokslinės veiklos skatinimas VU, FI, KTU, VGTU, PFI	7	14
7.	Mokslinių darbuotojų mobilumo skatinimas VU, FI, PFI, KTU, VGTU		3
8.	MTEP naudojamų patalpų renovavimas 10 (FI), 2 (VU), 1 (KTU), 0,5 (VGTU)		13,5
9.	MTEP naudojamų patalpų statyba 20 (VU LTC), 3 (KTU), 4 (VU-PFI)		27
10.	MTEP įrangos įsigijimas 33 (VU), 23 (FI), 10 (KTU), 3 (VGTU), 6 (PFI-VU)		75
11.	Inkubatoriaus statyba		12
12.	VISO		164,3

Verslas per tą patį laikotarpį planuoja įdėti 37 mln. Todėl visa suma turėtų būti 201,3 mln. Lt.

3.15. Kompleksinės programos vertinimo kriterijai

Kadangi kompleksinė programa rengiama mokymo, mokslo ir verslo integracijai, pagrindiniai vertinimo kriterijai turi būti lazerių ir optinių technologijų pramonės plėtra Lietuvoje. Mokslo ir mokymo institucijų veikla, kuriai atiteks pagrindinė valstybės investicijų dalis, turi būti vertinama pagal paslaugų verslui ar naujų patentabilių idėjų generavimą.

3.15.1 Rezultato vertinimo kriterijai

- Parengtos ir įdiegtos technologijos (sutarti, kas tai yra);
- Įsteigtos pumpurinės įmonės;
- Patentai;
- Naujos „verslios“ MTEP tematikos;
- Parengti ir vykdomi 7BP projektai;
- Verslo įmonių užsakomieji darbai;
- ISI straipsniai;

3.15.2. Teigiamo poveikio vertinimo kriterijai

Verslo išlaidos MTEP, mln. Lt ir %

Lietuvoje pagamintų prekių ir paslaugų eksportas, %

Naujai įsisteigusią pumpurinių įmonių skaičius

Bendras sukurtų naujų darbo vietų skaičius

4. Priedai

4.1. Informacija apie 2006 m. patobulintą magistrinių studijų programą „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“

Studijų programos duomenys

Valstybinis kodas	62102P110
Studijų sritis	Fiziniai mokslai
Studijų kryptis (kodas)	Fizika (02P1)
Studijų programa	Lazerinė fizika ir optinės technologijos
Studijų programos atšakos (specializacijos), jei jų yra	- -
Studijų rūšis ¹	M
Studijų forma ² ir trukmė (metais)	D(2), V(2)
Programos apimtis kreditais	80
Suteikiamas laipsnis ir (ar) profesinė kvalifikacija	Fizikos magistras
Minimalus išsilavinimas	Bakalauro kvalifikacinis laipsnis

Studijų programos komitetas

Eil. Nr.	Pedagoginis vardas (mokslo laipsnis), vardas, pavardė	Pareigos
1.	prof. habil. dr. Algis Piskarskas	Kvantinės elektronikos katedros vedėjas
2.	prof. habil. dr. Algirdas Stabinis	Kvantinės elektronikos katedros profesorius
3.	prof. habil. dr. Valdas Sirutkaitis	Kvantinės elektronikos katedros profesorius
4.	prof. habil. dr. Aleksandr Dementjev	Fizikos institutas

¹ NU – neuniversitetinės; UP – universitetinės pagrindinės; M – magistrantūros; SP – specialiosios profesinės; Vn – vientisosios;

² D – dieninės; V – vakarinės; N – neakivaizdinės.

5.	dr. Rimantas Kraujalis	UAB „Ekspla“
----	------------------------	--------------

Magistro studijų programa „Lazerinė fizika ir optinės technologijos“

Pirmas kursas

I semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Kietojo kūno lazeriai	4	32	-	8	-	24	E
	Netiesinė optika	4	32				32	E
	Šviesolaidžių optika	3	32	-	16	-	-	E
	Optiniai informacijos apdorojimo metodai	4	48	8	8	-	-	E
	Lazerinis medžiagų apdirbimas	5	48	-	8	-	24	E
Iš viso:		20						

II semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Ultratrumpųjų impulsų optika	4	48	-	16	-	-	E
	Kinetinė ir lazerinė spektroskopija	4	48	-	16	-	-	E
	Pasirenkamasis dalykas	4						E
	Rinktiniai laboratoriniai darbai	3	16	-	-	-	48	G
	Mokslinis tiriamasis darbas	5						G
Iš viso:		20						
<i>Pasirenkamieji dalykai</i>								
	Kvantinė optika	4	48	-	16	-	-	E
	Šviesos šaltinių ir detektorių fizika ir technologija	4	48	-	16	-	-	E

Antras kursas

III semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Sinergetika, chaosas, fraktalai	3	32	-	16	-	-	E
	Optinis ryšys	3	32	-	-	-	16	E
	Moderniosios optikos pagrindai	3	48	-	-	-	-	E
	Pasirenkamasis dalykas	3						E
	Mokslinė tiriamoji praktika	8	-	-	-	-	-	G
Iš viso:		20						
<i>Pasirenkamieji dalykai</i>								
	Elektronikos ir fotonikos rinka	3	32	-	16	-	-	E
	Mokslinio ir gamybinio darbo rinka	3	32	-	16	-	-	E

IV semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Magistro baigiamasis darbas	20						G

4.2. Informacija apie 2007 m. patvirtintą naują magistrinių studijų programą „Lazerinė technologija“

Studijų programos duomenys

Valstybinis kodas	62108T1....
Studijų sritis	Technologijos mokslai
Studijų kryptis (kodas)	Medžiagų mokslas (08T1)
Studijų programa	Lazerinė technologija
Studijų programos atšakos (specializacijos), jei jų yra	-
Studijų rūšis ³	M
Studijų forma ⁴ ir trukmė (metais)	D(2)
Programos apimtis kreditais	80
Suteikiamas laipsnis ir (ar) profesinė kvalifikacija	Medžiagų mokslo magistras
Minimalus išsilavinimas	Bakalauro kvalifikacinis laipsnis

Programos rengimo grupė

Eil. Nr.	Pedagoginis vardas (mokslo laipsnis), vardas, pavardė	Pareigos	Telefonas (darbo ir mobilusis)	Elektroninio pašto adresas
1.	prof. habil. dr. Algirdas Stabinis	Kvantinės elektronikos katedros profesorius	(85) 236 6050 8 618 86 955	algirdas.stabinis@ff.vu.lt
2.	prof. habil. dr. Algis Piskarskas	Kvantinės elektronikos katedros vedėjas	(85) 236 6051 8 698 74 046	algis.piskarskas@ff.vu.lt
3.	prof. habil. dr. Valdas Sirutkaitis	Kvantinės elektronikos katedros profesorius	(85) 269 8715 8 610 04 721	valdas.sirutkaitis@ff.vu.lt
4.	dr. Gediminas Račiukaitis	Fizikos instituto laboratorijos vedėjas	(85) 2644868 8 687 25 672	graciukaitis@ar.fi.lt
5.	dr. Gintautas Šlekys	UAB „Altechna“ direktorius	(85) 264 9629	Gintas@altechna.com

³ NU – neuniversitetinės; UP – universitetinės pagrindinės; M – magistrantūros; SP – specialiosios profesinės; Vn – vientisosios;

⁴ D – dieninės; V – vakarinės; N – neakivaizdinės.

**Magistro studijų programa
„Lazerinė technologija“**

Pirmas kursas

I semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Lazerinės spinduliuotės ir medžiagos sąveika	4	48		16			E
	Techninė optika	4	48	8	8			E
	Lazerinė technika	4	48				24	E
	Netiesinė optika	4	32				32	E
	Inžinerinės medžiagos ir technologijos	4	48		16			E
	Iš viso:	20						

II semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Lazerinės technologijos pagrindai	4	32				32	E
	Taikomoji optika	4	48	16				E
	Rinktiniai laboratoriniai darbai	3	16				48	I
	Optoelektronika	4	48					E
	Kursinis darbas	5						G
	Iš viso:	20						

Antras kursas

III semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Lazerinio apdirbimo technologiniai įrenginiai.	3	32				16	E
	Optinių ir lazerinių elementų technologijos	3	32				16	E
	Šviesolaidinės informacinės sistemos	3	32		16			E
	Pasirenkamasis dalykas	3						E
	Gamybinė praktika	8						G
	Iš viso:	20						
<i>Pasirenkamieji dalykai</i>								
	Mokslinio ir gamybinio darbo rinka	3	32		16			E
	Optika ir elektronikos rinka	3	32		16			E

IV semestras

Sando kodas	Dalyko pavadinimas	Kr	Akademiniis darbas					A
			P	Pr	S	K	L	
	Magistro baigiamasis darbas	20						G
	Iš viso:	20						

4.3 *Vykdyti ir vykdomi tarptautiniai projektai*

(BP5, BP6, NATO, COST, EUREKA, dvišaliai, kiti)

VU KEK ir LTC

Projekto pavadinimas	CEBIOLA
Projekto vykdymo metai ir vieta	2003-2005 VU LTC , Biochemijos ir biofizikos katedra
Projekto tipas	6BP specialioji paprogramė
Projekto biudžetas, Lt	631 tūkst. eurų
Projektui skirtos paramos bendra suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	VU KEK 364,5 tūkst.eurų
Projekto pavadinimas	LASERLAB-EUROPE – Europos jungtinė lazerių laboratorija
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004-2007 VU FF LTC
Projekto tipas	6BP specialioji paprogramė “ Integruotos infrastruktūros iniciatyva (I3)”
Projekto biudžetas, Lt	57.627.232
Projektui skirtos paramos bendra suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	49.029.760, iš jų VU skirta 1 241 629 Lt

Projekto pavadinimas	NOVIGLAS – Inovacinė didelės galios polikristalinio Nd:YAG lazerinė sistema metalinių paviršių ženkliniui, graviravimui, pjovimui ir gręžimui
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004.11-2007.05, VU FF LTC
Projekto tipas	6BP specialioji tyrimo ir technologinio vystymo programa “ES tyrimų sferos integracija ir stiprinimas” (Integrating and strengthening the ERA, cooperative research projects (COOP-CT-2004, contract no. 512318)
Projekto biudžetas, Lt	2.575.7651
Projektui skirtos paramos bendra suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	VU iš šios sumos gauna 587 528 Lt

Projekto pavadinimas	ATLAS – Priešakinės lazerių mokslo studijos, kontraktas MEST-CT-2004-8048
Projekto vykdymo metai ir vieta	2005-2008
Projekto tipas	6BP specialioji paprogramė EST (Marie Curie Early Stage Training)
Projekto biudžetas, Lt	7.719.929
Projektui skirtos paramos bendra suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	VU iš tos sumos skirta 288 569,28 Eu = 996 370 Lt

Projekto pavadinimas	STELLA– Marie Curie katedra „Lazerių taikymo mokslo ir studijų centras sutartis MEXC-CT-2005-02710.
Projekto vykdymo metai ir vieta	2006-2009
Projekto tipas	6BP programa
Projekto biudžetas, Lt	516,740 tūkst. eurų

Projekto pavadinimas	INTAS projektas „Ultraspačiosios molekulių fotodisociacijos ir fotocheminių reakcijų dinamikos spektroskopija ir lazerinis valdymas“
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004.02- 2007.02
Projekto tipas	6BP INTAS specialioji paprogramė
Projekto biudžetas, Lt	125 000 Eu
Projektui skirtos paramos bendra	VU iš tos sumos skirta 7250 Eu = 25 033 Lt

suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	
--	--

Projekto pavadinimas	NATO projektas PST.CLG.980299 „Keturfotonė parametrinė derinamo dažnio šviesos impulsų generacija rezonansiškai žadinamose dujose“
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004-2006
Projekto tipas	NATO sujungtinis grantas
Projekto biudžetas, Lt	8500 Eurų
Projektui skirtos paramos bendra suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	VU iš tos sumos skirta 7250 Eu = 25 033 Lt

Projekto pavadinimas	Nauja nuotolinio mokymo forma: skaitmeninis kompendiumas
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004-2007 Vilnius
Projekto tipas	ES Leonardo da Vinči profesinio rengimo programa
Projekto biudžetas, Lt	274997 eurų
Projektui skirtos paramos bendra suma, Lt (iš jų pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt)	712133, iš jų VU skirta 187152 Lt

VMSF remiamas projektas vykdomas pagal Europos bendradarbiavimo mokslinių ir techninių tyrimų srityse programą COST P14

Projekto pavadinimas	“Lazerinės spinduliuotės ir medžiagos sąveika žadinant ultra trumpais, aukšto dažnio ir itin didelės galios impulsais: nuo atofizikos į petavatų fiziką” . Akronimas „ULTRA“
Projekto vykdymo metai ir vieta	2005–2007 m., Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	15000 Lt
Finansavimo šaltiniai	VMSF
Suteiktos paramos (jei buvo suteikta) bendra suma / pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt	15 000 Lt

VMSF remiami pagal tarptautines sutartis vykdomi projektai

Projekto pavadinimas	„Keturfotonė parametrinė derinamo dažnio šviesos impulsų generacija rezonansiškai žadinamose dujose“
Projekto vykdymo metai ir vieta	2005–2006 m., Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	20000 Lt
Finansavimo šaltiniai	VMSF
Suteiktos paramos (jei buvo suteikta) bendra suma / pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt	20000 Lt

Fizikos institutas (MDFL, NOSL, TTL)

Projekto pavadinimas	Programa ir fondas	Skirta, Lt	Vadovas	Metai
“Krūvio atskyrimas ir pernešimas molekulinėse sistemose”	TP, ŠMM	50.000	L.Valkūnas	2001
" Krūvio atskyrimas ir pernešimas molekulinėse sistemose",	Taivano mokslo taryba	13 750 USD	L.Valkūnas	2002

“Krūvio atskyrimas ir pernešimas molekulinėse sistemose”	TP, ŠMM	17.000	L.Valkūnas	2003
" FLUOSENCE Naftos dėmių lazerinis fluorescencinis detektavimas ",	BP5 CRAFT, koord. UAB Ekspla	237 300 EUR	V.Gulbinas	2003-2005
"Eksitonų sąveika su fotonais fotosintetiniuose pigmentų ir baltymų kompleksuose",	ŽILP, ŠMM	10.400	L.Valkūnas	2004
"Matmenų efektai nanokompozituose: Si-organiniai puslaidininkiai/ poruotos medžiagos	LT-UA, ŠMM	22.500	V.Gulbinas	2005-2006
E! 2566 EULASNET "Europos lazerių taikymų tinklas"	EUREKA, ŪkMin, VMSF	27.566 21.000 25.000 20.000 15.000	A.Dementjev	2001 2002 2003 2004 2005
E! 2359 CHOCLAB II, “Instrumentai ir standartų testinės procedūros lazerio pluoštui ir optikai charakterizuoti”	EUREKA, VMSF	76.050 84.300 96.000 104.400 110.000 55.000	A.Dementjev	2000 2001 2002 2003 2004 2005
E! 3483 EULASNET LASCAN, "Pažangus senų paveikslų, popieriaus, pergamentų ir metalo objektų lazerinis atnaujinimas"	EUREKA, VMSF	80.000	A.Dementjev	2006
P8, "Medžiagos ir sistemos optiniam duomenų užrašymui ir apdorojimui"	COST, VMSF	14.600 15.000 12.000	R.Petruškevičius	2003 2004 2005
P11, "Tiesinių, netiesinių ir aktyvių fotoninių kristalų fizika"	COST, VMSF	10.000 9.000	R.Petruškevičius	2005 2006
D35, „Nuo molekulių iki molekulinų prietaisų: elektroninių fotoninių magnetinių ir spintroninių savybių valdymas“	COST, VMSF	16.000	V.Gulbinas	2006

Sutrumpinimai:

ATTP - Aukštųjų technologijų plėtros programos projektas

LT-UA - Lietuvos ir Ukrainos dvišalio bendradarbiavimo mokslinių tyrimų srityje programos 2007-2008 metams projektas

MGP – Mokslininkų grupės projektas

MUP - Projektas pagal ministerijų užsakomas programos

PKP - Prioritetinių Lietuvos mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros kryptų programos projektas

TP - - tarptautinis projektas

ŪSP – Ūkio subjektų užsakymu vykdomi projektas, kofinansuojamas VMSF

ŽILP - Lietuvos-Prancūzijos bendradarbiavimo programos „Žiliberas“ projektas

ŠMM – Švietimo ir mokslo ministerija

TPA – Tarptautinių mokslo ir technologijų plėtros programų agentūra

VMSF – Valstybinis mokslo ir studijų fondas

Puslaidininkų fizikos instituto Optoelektronikos laboratorija

pavadinimas	programa ar fondas	lėšos, Lt	vykdymo terminai, m.
Defektų inžinerija žematemperatūrio GaAs sluoksniuose	JAV Karinių oro pajėgų Europos kosminių tyrimų agentūra (EOARD)	100.000	2002-03
PV-NAS-NET	BP5	88.000	2002-04
Terahercinės spinduliuotės sistemos	NATO "Mokslas taikai"	920.000	2002-05
Defektai ir difuzija puslaidininkuose	Šiaurės šalių mokslo akademija	20.000	2002-04
SELITEC	BP5	200.000	2003-06
THz spinduokliai iš siauratarpių puslaidininkų	JAV Karinių oro pajėgų Europos kosminių tyrimų agentūra (EOARD)	60.000	2004-05
Vario ir indžio chalkogenidų ir laidžių polimerų pagrindu pagaminti fotovoltiniai saulės elementai	INTAS	60.000	2004-07
Fotosklendės gigaherciniam optoelektroniniam strobavimui.	Savojos universitetas, Prancūzija	20.000	2005
Terahercinis detektorius.	Rusijos Mokslų Akademijos Mikrostruktūrų fizikos institutas, N.Novgorodas, Rusija.	11.000	2005
Terahercinio emiterio ir detektoriaus, paleidžiamų titano safyre lazerio impulsais sukūrimas	CEA/CESTA, Prancūzija	18.000	2006

4.4. Aukštųjų technologijų plėtros 2003-2006 m. ir prioritetinių mokslo krypčių programų projektai

VU KEK ir LTC

VMSF Aukštųjų technologijų programos

Projekto pavadinimas	Aukštųjų technologijų programos projektas „Diogenas” „Diodiniais lazeriais kaupinamos didelio skaisčio lazerių sistemos mokslui ir pramonei
Projekto vykdymo metai ir vieta	2003–2006 m., Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	1 600 000 Lt
Finansavimo šaltiniai	VMSF

Projekto pavadinimas	Aukštųjų technologijų programos projektas „Soptdangos”“ Didelės energijos jonais sutankintų optinių dangų technologijų sukūrimas“,
Projekto vykdymo metai ir vieta	2003-2006 m., Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	767 300 Lt
Finansavimo šaltiniai	VMSF

Projekto pavadinimas	Aukštųjų technologijų programos projektas „Jagas” „ Didelės vidutinės galios ~1 ps lazeris kelių optinių ciklų impulsų parametriniam stiprinimui“
Projekto vykdymo metai ir vieta	2005–2006 m., Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	400 000 Lt
Finansavimo šaltiniai	VMSF

Fizikos institutas (MDFL, NOSL, TTL)

Projekto pavadinimas	Programa ir fondas	Skirta, Lt	Vadovas	Metai
LISATNAS, "Lazerinės infraraudonos spektrometrinės atmosferos taršalų nuotolinio aptikimo sistemos"	ATTP VMSF	1.138.400	V.Vaičiškaitis	2003-2006
MATILDA, Medžiagų apdirbimas trumpų impulsų lazeriais ir jo diagnostika"	ATTP, VMSF	361.870	G.Račiukaitis	2005-2006
DIOGENAS, "Diodiniais lazeriais kaupinamos didelio skaisčio lazerių sistemos mokslui ir pramonei"	ATTP VMSF, VU-koordinatorius	70.000 50.000 20.000	A.Dementjevas	2003 2004 2005
DIOGENAS, "Diodiniais lazeriais kaupinamos didelio skaisčio lazerių sistemos mokslui ir pramonei"	ATTP VMSF, VU-koord.	40.000 60.000	R.Drazdys	2005 2006
SOPTDANGOS, "Didelės energijos jonų srautais sutankintų optinių dangų technologijų sukūrimas"	ATTP VMSF, VU-koord.	74.000 53.700 52.000 75.300	R.Drazdys R.Drazdys R.Buzelis R.Buzelis	2003 2004 2005 2006
ORGELITA, "Optinės elektroninės medžiagos ir technologijos naujos kartos vaizduokliams"	ATTP VMSF, VU-koord.	93.600	V.Gulbinas	2005-2006
MINATECH, "Naujų mikroreljefo formavimo technologijų tobulinimas ir diegimas"	ATTP, VMSF, KTU FEI – koord.	5.496 13.500	R.Petruškevičius	2005-2006
HI-NANO, "Hibridiniai nanodariniai: surinkimas, atpažinimas, manipuliavimas"	PKP, VMSF	356.000	R.Valiokas	2005-2006
MODELITA, "Heterogeninių procesų ir sistemų veikimo mechanizmų kompiuterinis modeliavimas"	PKP, VMSF, VU-koord.	30.000 28.000 30.000 30.500	A.Dementjevas	2003 2004 2005 2006

4.5. Kiti VMSF finansuojami projektai

VU KEK ir LTC

Projekto pavadinimas	„Fotosensibilizatoriaus selektyvaus kaupimosi uždegiminiame sąnaryje tyrimai“
Projekto vykdymo metai ir vieta	2005, Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	20000 Lt

Finansavimo šaltiniai	VMSF
-----------------------	------

Fizikos institutas (MDFL, NOSL, TTL)

Projekto pavadinimas	Programa ir fondas	Skirta, Lt	Vadovas	Metai
“Membraninių baltymų konformaciniai vyksmai”	MGP, VMSF	12.000	G.Trinkūnas	2001
"Dinaminė ir statinės eksitonų sklaida fotosintetiniuose anteniniuose pigment-baltyminiuose kompleksuose"	MGP, VMSF	34.000	L.Valkūnas	2006
"Fotoaktyvių baltymų elektrinio lauko prigimtis ir vaidmuo krūvininkų pernašoje"	MGP, VMSF	37.000	B.Kietis	2006
“Savitvarkių nanodarinių erdvinės struktūros tyrimai nenuostoviosios spektroskopijos metodais”	Vilniaus universitetas	6.490	V.Gulbinas	2003-2004
”Lazerinio fluorimetro nuolatiniam naftos teršalų aptikimo vandenyje įgyvendinamumo studija ir techninio projekto paruošimas”	ŪSP, VMSF	5.000	V.Gulbinas	2001
"PbS nanokristalais legiruoto stiklo panaudojimas Nd:YAG lazerio modų sinchronizacijai"	ŪSP, VMSF	16.000	V.Gulbinas	2002
"Mikroapdirbimo impulsiniais lazeriais režimų tyrimas metaluose, stikle ir silicyje"	ŪSP, VMSF	70.000	G.Račiukaitis	2004
"Akumuliacinių efektų įtakos medžiagų abliacijai tyrimas, naudojant didelio pasikartojimo dažnio trumpų impulsų lazerius"	ŪSP, VMSF	35.000	G.Račiukaitis	2006

Puslaidininkų fizikos instituto Optoelektronikos laboratorija

pavadinimas	programa	lėšos, t. Lt	vykdymo terminai, m.
Terahercinės spinduliuotės sistemos	TP, VMSF	20	2003
Terahercinės spinduliuotės sistemos	TP, VMSF	18	2004
Terahercinės spinduliuotės sistemos	TP, VMSF	18	2005
Ultrasparčiosios optoelektronikos komponentų, aktyvuojamų infraraudonojo diapazono lazerių impulsais, tyrimai	MGP, VMSF	25,9	2006
Ultraspartūs fotodetektoriai terahercinei optoelektronikai	ŪSP, VMSF	80	2006

4.6. Ūkio subjektų užsakomieji mokslinio tyrimo darbai

VU

KEK ir LTC 2001-2006 m. vykdyti užsakomieji darbai.

Pavadinimas	Metai	Užsakovas	Suma, Lt
Optinio parametrinio generatoriaus TOPAS 4/800 fs modernizavimas į TOPAS 4/800-NDFG versiją	2001	Quantronix Excel GmbH (Vokietija)	42000
Netiesinių kristalų savybių tyrimas ir optinių elementų charakterizavimas	2002-2004	UAB Altechna	22500
Derinamo dažnio nekolinearios sąveikos parametrinio stiprintuvo optimizavimas pikosekundinio neodimio stiklo lazerio kaupinimui	2002	Šviesos konversija	68000
Derinamo dažnio nekolinearios sąveikos parametrinio stiprintuvo optimizavimas pikosekundinio neodimio stiklo lazerio kaupinimui	2002	VMSF kofinansavimas	68000
Optinio parametrinio generatoriaus TOPAS 4/800 fs modernizavimas į TOPAS 4/800-SH/FH/Deep UV versiją	2002	Quantronix Excel GmbH (Vokietija)	72 820
TWINKLE tipo lazerių impulsų trukmės matavimo metodų optimizavimas	2004-2005	Šviesos konversija	95000
Ultratrumpų lazerinių impulsų vienablyksnių trukmės matavimo metodų optimizavimas	2005	VMSF kofinansavimas	25000
KDP kristalų, naudojamų megadžiauliniame lazeryje, pažeidimo mechanizmų ir defektų tyrimas	2005-2006	CEA/CESTA (Prancūzija)	34528
Vienablyksčio autokoreliacijos optimizavimas 30-60 ps trukmės impulsams	2006	Ekspla	27140
Ultratrumpųjų impulsų pilnas charakterizavimas koreliaciniais metodais	2006	VMSF kofinansavimas	23000
Veidrodžių lazerio indukuoto pažeidimo slenksčio nustatymas	2006	Rezerford Apelton Laboratory (JK)	9520

TMI 2001-2006 m. vykdyti užsakomieji darbai.

Pavadinimas	Metai	Užsakovas	Suma, Lt
Komercinio pikosekundinio lazerio ir parametrinio generatoriaus taikomumas puslaidininkinių medžiagų spektroskopijai keturbangio maišymo metodais	2001-2002	Ekspla	20000
Puslaidininkinių medžiagų holografinių diagnostikos metodų optimizavimas ir algoritmų sukūrimas	2004	Ekspla	7000
Modų sinchronizavimui skirto išisotinančio sugėriklio iš PbSe nanokristalų, suformuotų sol-gel stikle, sukūrimas	2004-2005	Ekspla	26000

Fizikos institutas (MDFL, NOSL, TTL)

Pavadinimas	Vykdė	Užsakovas	Suma, Lt	Metai
Lazerinio fluorimetro nuolatiniam naftos teršalų aptikimui vandenyje įgyvendinamumo studija ir techninio projekto paruošimas	MDF L	UAB Ekspla	5000	2001
PbS nanokristalais legiruoto stiklo panaudojimas Nd:YAG lazerio modulio sinchronizacijai	MDF L	UAB Ekspla	16000	2002
Mikroapdirbimo impulsiniais lazeriais režimų tyrimas metaluose, stikle ir silicyje	TTL	UAB Ekspla	100000	2004
Suprojektuoti ir pagaminti lazerio sklendes	NOSL	UAB Altechna	11981	2005
Lazerinio žymėjimo tyrimai, naudojant NL640 lazerį	TTL	UAB Ekspla	13000	2005
Lazerio spinduliuotės formavimo būdų paieška chromo sluoksnio nugarinimui nuo stiklo paviršiaus	TTL	UAB Brown & Sharpe – Precizika	5000	2005
Lazerinio mikroapdirbimo tyrimo metodikų sukūrimas, medžiagų mikroapdirbimo lazeriais tyrimai ir konsultacijos	TTL	UAB Ekspla	50000	2005
Minkštų diafragmų suformavimo stikle tūrinio lazerinio ženklinimo būdu algoritmo sukūrimas	TTL	UAB Ekspla	7700	2005
Femtosekundinių lazerių taikymo mikroapdirbimui galimybių studijos parengimas	TTL	MGF Šviesos konversija	7700	2005
Dviejų naujų lazerinių projektorių perdavimas	NOSL	UAB "Karaliaus dvaras ir partneriai"	51000	2005
Optinių dangų spektrinių charakteristikų stabilumo UV ir IR diapazone tyrimai	TTL	UAB Optida	30000	2005
Akumuliacinių efektų įtakos medžiagų abliacijai tyrimas, naudojant didelio pasikartojimo dažnio trumpų impulsų lazerius	TTL	UAB Ekspla	55000	2006
Lazerinio mikroapdirbimo staklių valdymo algoritmo parengimas	TTL	UAB Ekspla	7700	2006
Skylių grėžimas lazeriais silicyje	TTL	Xsil Ltd. (Airija)	12084	2006
Optinių elementų atsparumo lazerio spinduliuotės pramušimui, tyrimas	NOSL	UAB Optronika	10000	2006
Optinių dangų paviršinių savybių tyrimai	TTL	UAB Optida	29500	2007
Skylių grėžimas polimeruose lazeriu	TTL	Tetra Pak Packing Solutions AB (Švedija)	12948	2007
Tikslaus polimerų apdirbimo, panaudojant UV ir IR kieto kūno lazerius, tyrimai	TTL	UAB Ekspla	100000	2007
		viso	524613	

4.7. Projektai 2007 m. gavę finansavimą (iki gegužės 30 d)

Aukštųjų technologijų plėtros programos 2007-2009 m. projektai

Pavadinimas	Organizacija	Vadovas	Trukmė	Finansavimas 2007m.
B-07015 Hibridinio kaupinimo didelių energijų 30 fs impulsų parametrinio stiprinimo sistema	Vilniaus universitetas, MGF "Šviesos konversija", UAB "Ekspla"	dr. Arūnas Varanavičius	2007-2009	360,000
B-07014 Terahercų spektroskopijos sistemos	Puslaidininkų fizikos institutas, VU, UAB "Ekspla", "Teravil"	prof. habil. dr. Arūnas Krotkus	2007-2009	260,000
B-07008 Kietakūnis femtosekundinis lazeris akies ragenos chirurgijai	Vilniaus universitetas, MGF "Šviesos konversija"	prof. habil. dr. Osvaldas Rukšėnas	2007-2009	240,000
B-07031 Lazerinis mikroapdirbimas ir prototipavimas didelio pasikartojimo dažnio femtosekundiniais impulsais	Vilniaus universitetas, FI, UAB "Altechna"	prof. habil. dr. Valdas Sirutkaitis	2007-2009	300,000
B-07034 Plačiaspektriai mikrolazeriai spektroskopijai ir diagnostikai	Vilniaus universitetas, UAB "Altechna", "Standa"	prof. dr. Roaldas Gadonas	2007-2009	165,000
B-07030 Specialiosios paskirties optinės dangos lazeriams	Vilniaus universitetas, FI, UAB "Optida", "Optolita"	prof. habil. dr. Aivaras Kareiva	2007-2009	300,000
B-07012 Didelės impulso energijos skaidulinis lazeris	Fizikos institutas, VU, Mičigano universitetas, UAB "Ekspla"	dr. Kestutis Regelskis	2007-2009	300,000

Fizikos institutas (MDFL, NOSL, TTL)

"Bioimitaciniai membraniniai mikrodomenai. Formavimas ir tyrimai"	MGP, VMSF	33.000	M.Gavutis	2007
"Sužadavimo ir krūvininkų solvatacijos problema membraniniuose baltymuose"	MGP, VMSF	30.000	L.Valkūnas	2007
E! 3765 EULASNET II "Europos lazerių technologijos ir taikymų tinklas - II"	EUREKA, TPA	19.500	A.Dementjev	2007
E! 3483 EULASNET LASCAN "Pažangus senų paveikslų, popieriaus, pergamentų ir metalinių objektų lazerinis atnaujinimas"	EUREKA, TPA	130.000	A.Dementjev	2007
D35, "Nuo molekulių iki molekulinų prietaisų: elektroninių, fotoninių, magnetinių ir spintroninių vyksmų valdymas"	COST, TPA	20.000	V.Gulbinas	2007
P11, "Tiesinių, netiesinių ir aktyvių fotoninių kristalų fizika"	COST, TPA	17.000	R.Petruškevičius	2007
Nuotolinė cheminių taršalų ir sprogmenų detekcija	MUP, VMSF, KAM užsakymas.	100.000	V.Švedas	2007
Anglies nanovamzdelių modifikavimas dalelių pluoštu, siekiant sukurti nanovamzdelių tinklą	LT-UA, ŠMM	14.000	L. Valkūnas	2007
Anglies nanovamzdelių modifikavimas dalelių pluoštu, siekiant sukurti nanovamzdelių tinklą	LT-UA, VMSF	30.000	L. Valkūnas	2007
Modernių technologijų taikymo pramonėje sistemos sukūrimas veiklos efektyvumui didinti	LT-UA, ŠMM	16.000	G. Račiukaitis	2007

Moderniųjų technologijų taikymo pramonėje sistemos sukūrimas veiklos efektyvumui didinti	LT-UA, VMSF	39.600	G. Račiukaitis	2007
--	-------------	--------	----------------	------

4.8. ES struktūrinių fondų projektai

VU, FI

Projekto pavadinimas	“Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centras” Nr. BPD2004-ERPF-1.5-04-04/0006 /SUT- 156.
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004-03-02 - 2005-11 30 Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	3 000 000 Lt (VU tenka 1 500 000 Lt)
Finansavimo šaltiniai	CPVA

Projekto pavadinimas	„Aukščiausios pakopos lazerinių ir optinių technologijų specialistų ruošimas“ Nr. ESF/2004/2.5.0-K02-VS-02/sut-160
Projekto vykdymo metai ir vieta	2004-03-02 - 2008-03 02 Vilnius
Projekto biudžetas, Lt	3 799 300 Lt (VU tenka ~2,6 mln. Lt)
Finansavimo šaltiniai	ESFA

Projekto pavadinimas	“Nacionalinis lazerių mokslo ir technologijų centro plėtra” Nr. BPD2004-ERPF-1.50-12-05/0027
Projekto biudžetas, Lt	5,7 mln. Lt (VU tenka ~3 mln. Lt)
Finansavimo šaltiniai	CPVA
Suteiktos paramos (jei buvo suteikta) bendra suma / pareiškėjo tiesiogiai gauta paramos dalis, Lt	Per visą laikotarpį VU KEK ir LTC turėtų gauti 3000 000 Lt

Projekto pavadinimas	“Biofizika: magistrinių ir doktorantūros studijų programų modernizavimas” (2,5)
Projekto vykdymo metai ir vieta	2006-2008
Projekto biudžetas, Lt	Bendra projekto vertė 2,26 mln.Lt; KEK Biofotonikos grupės dalis 2006 m. – 452000 Lt.
Finansavimo šaltiniai	ESFA

Projekto pavadinimas	“Medicinos fizikinių technologijų ir nanofotonikos mokslo ir studijų centras (1.5)
Projekto vykdymo metai ir vieta	2006-2008
Projekto biudžetas, Lt	Bendra projekto vertė 6,85 mln.Lt; KEK Biofotonikos grupės dalis 2006 m. – 380000 Lt.
Finansavimo šaltiniai	CPVA

Projekto pavadinimas	“Medicinos fizikos ir nanofotonikos aukštųjų studijų realizacija“ (2.5)
Projekto vykdymo metai ir vieta	2006-2008
Projekto biudžetas, Lt	Bendra projekto vertė 3,14 mln.Lt; KEK Biofotonikos grupės dalis 2006 m. – 174000 Lt.
Finansavimo šaltiniai	ESFA

Projekto pavadinimas	“Bazinės įrangos atnaujinimas ir virtualiosios erdvės eksperimentiniams įgūdžiams lavinti sukūrimas specialistų rengimui prioritetinės mokslo kryptyse”(1.5)
----------------------	--

Projekto vykdymo metai ir vieta	2006-2008
Projekto biudžetas, Lt	Bendra projekto vertė 5,12 mln.Lt; KEK Biofotonikos grupės dalis 2006 m. – 160000 Lt.
Finansavimo šaltiniai	CPVA

Projekto pavadinimas	“Fizinių mokslų II ir III studijų pakopų pertvarka, jas pritaikant prioritetinių MTEP sričių vystymui” (2.5)
Projekto vykdymo metai ir vieta	2006-2008
Projekto biudžetas, Lt	Bendra projekto vertė 2,6 mln.Lt, KEK Biofotonikos grupės dalis 2006 m. – 82000 Lt
Finansavimo šaltiniai	ESFA