

III. DIRECȚII DE CERCETARE, OBIECTIVE ȘI PRIORITĂȚI

III. Domeniul 6 : Optica si Fotonica

Echipa de lucru:

Acad. Dr. Voicu Lupei, Academia Romana, INFLPR (tema 1)

Prof. Dr. Tiberiu Tudor, Universitatea Bucuresti Facultatea de Fizica,

Prof. Dr. Aristide Dogariu, Prof. Optica CREOL, USA,

Dr. Edmond Turcu, Senior Scientist RAL, UK,

Prof. Dr. Mihai Lucian Pascu, (tema 5)

Dr. Adrian Petris, CS I, INFLPR (tema 2 si tema 3)

Dr. Daniel Ursescu INFLPR (tema 4)

Dr. Traian Dascalu, INFLPR (coordonare)

III. DIRECȚII DE CERCETARE, OBIECTIVE ȘI PRIORITĂȚI

III. Domeniul 6 : Optica si Fotonica

CUPRINS:

Problematică.

Tema I. Surse de fotoni

Situatia pe plan mondial

Realizari interne si expertiza:

Subiectul 1: surse coerente de fotoni

Subiectul 2: surse necoerente de fotoni

Tema II. Optica nelinara, informationala si cuantica

Situatia pe plan mondial

Realizari interne si expertiza:

Subiectul 1: Procese, materiale si structuri optice nelinere si metode de caracterizare

Subiectul 2: Functionalitati optice nelinere

Subiectul 3: Propagarea, procesarea si stocarea optica a informatiei

Subiectul 4: Optica si informatia cuantica

Tema III. Micro si Nano-optica, Plasmonica, Metamateriale

Situatia pe plan mondial

Realizari interne si expertiza:

Subiectul 1: Interactiunea lumina - materie la scara nano - procese lineare si nelinere

Subiectul 2: Functionalitati si sisteme la scara micro- si nano- pentru fotonica integrata

Subiectul 3: Plasmonica in structuri metalice sub-lungimea de unda

Subiectul 4: Cristale fotonice si metamateriale pentru domeniul optic

Tema IV. Procese ultrarapide, procese in camp fonic intens, laseri de mare putere

Situatia pe plan mondial

Realizari interne si expertiza:

Subiectul 1: Generarea, manipularea si diagnoza campurilor laser ultraintense

Subiectul 2: Generarea de campuri electromagnetice folosind campuri optice intense

Subiectul 3: Producerea si accelerarea de particule: electroni/ protoni/ ioni in camp laser

Subiectul 4: Fuziune asistata de laser, fizica materialelor aflate in camp laser intens

Tema V. Biofotonica, tehnologii optice de monitorizarea mediului, procese de interactie laser-materiale

Situatia pe plan mondial

Realizari interne si expertiza:

Subiectul 1: Biofotonica

Subiectul 2: Tehnologii optice de monitorizarea mediului

Subiectul 3: Procese de interactie a radiatiei laser cu materialele

III. DIRECȚII DE CERCETARE, OBIECTIVE ȘI PRIORITĂȚI

III. Domeniul 6 : Optica si Fotonica

Problematică. Optica-fotonica este definita ca acel domeniu al stiintei si ingineriei care cuprinde fenomene fizice si tehnologii asociate cu generarea, transmisia, manipularea, detectia si utilizarea luminii. Se extinde in ambele directii ale partii vizibile a spectrului electromagnetic atat cat aceste concepte se pot aplica. Optica si fotonica joaca un rol extrem de important in cresterea performantei economice si in calitatea vietii in mod particular in urmatoarele arii: sanatate, mediu, comunicatii transporturi, produse de consum.

Provocarile domeniului optica-fotonica in viitorul apropiat includ gasirea de noi materiale pentru laseri, optica nelinara, fosfori, scintilatori, o mai buna cunoastere a fenomenelor noi care apar la interactia pulsurilor laser de mare intensitate cu materia, studierea de noi procese optice la nivel micro si nano, dezvoltarea de aplicatii in domeniile de perspectiva (biofotonica, comunicatii optice etc). Cercetarile de frontiera in domeniul opticii si fotonicii includ materiale artificial structurate cu proprietati optice proiectate, cresterea eficientei laserilor pana la limita fenomenului fizic, studiul cuplarilor exciton-polariton-fonon, bionanofotonica in materiale organice si inorganice, integrarea de structuri de puncte cuantice cu materiale fotonice in domeniul vizibil si IR, etc.

III.6.1 TEME SI SUBIECTE

III.6.1.1 Tema: SURSE DE FOTONI

Tematica surselor de fotoni incadreaza toate procesele, fenomenele, dispozitivele, sursele naturale de producere de fotoni. In particular, in interesul acestei strategii, sursele de fotoni sunt clasificate in surse coerente si surse necoerente, ambele la fel de importante si cu un potential aplicativ urias astazi si in viitorul apropiat. In categoria surselor coerente includem laserii si fenomene asociate cu radiatia laser iar in categoria surselor necoerente includem fosfori, puncte cuantice, diode luminescente, lampi cu incandescență, lămpi cu descărcări în gaze, etc.

Situatia pe plan mondial.

In lume, in etapa actuala, se fac cercetari intense asupra laserilor cu corp solid, incluzand in aceasta categorie medii active cristaline, ceramice, amorfe, laseri tip fibra optica, laser tip disc subtire, laseri cu semiconductori, etc.

Datorita varietatii, eficientei, domeniului de lungimi de unda sau de putere, laserii cu solid sunt solutia preferata pentru multe aplicatii ale laserilor in medicina si biologie, prelucrarea materialelor, monitorizarea mediului, fizica si energia nucleara, aparare etc. Dezvoltarea surselor coerente de fotoni este determinata de adancirea cunoasterii in domeniul fizicii sistemelor cuantice si interactiei lor cu radiatia electromagnetica, precum si de cerintele specifice legate de dezvoltarea si identificarea de noi aplicatii ale laserilor. Dezvoltarea aplicatiilor laserilor se bazeaza pe proprietatile radiatiei laser ca purtator de energie sau informatie ori ca sursa monocromatica controlabila utilizata ca etalon sau pentru excitare selectiva si optimizarea acestor aplicatii impune diversificarea si specializarea surselor de radiatie si controlul strict al proprietatilor lor. Aceste deziderate se pot realiza printr-o abordare corelata a dezvoltarii celor trei parti componente ale laserului, mediul activ, sistemul de pompaj si rezonatorul laser.

Laserii cu solid acopera, prin emisie fundamentala sau modificata prin procese optice nelineare, domenii de lungimi de unda din UV pana in domeniul THz, iar regimul temporal se extinde de la emisie continua la pulsuri ultracurte in domeniul femtosecundelor. Domeniul de putere al laserilor individuali sau cuplati ajunge la sute de kW in regim continuu sau in pulsuri cu generare libera sau la puteri de varf de ordinul PW in cazul pulsurilor ultracurte in timp ce energia per puls poate ajunge la zeci de kJ per fascicul. Aceste surse de radiatie au determinat in ultimii ani o largire considerabila a ariei aplicatiilor si ca urmare li se acorda atentie deosebita in strategiile de dezvoltare a cercetarii in diferitele tari avansate, existand (Germania, Franta, Japonia. China etc) programe nationale in acest sens. Acest efort este evidentiat si prin cresterea numarului de lucrari sau comunicari stiintifice in domeniu si a pietei produselor fotonice sau a celor realizate prin utilizarea tehnicilor fotonice. Pe planul Uniunii Europene, fotonica si aplicatiile sale se regasesc in directiile principale de cercetare ale FP7. Un rol deosebit in dezvoltarea activitatilor in domeniu pe plan European il are Platforma Tehnologica

Europeana PHOTONICS 21: printre directiile principale in cercetarile de materiale fotonice evidentiata de Grupul de lucru (Work Group) 7 (cercetare si educatie) se evidentiaza si cele referitoare la materialele fotonice ceramice.

Sursele necoerente de fotoni au ca principal actor in cercetare fosforii cu conversie superioara (IR-VIS) cu o larga varietate de aplicatii ca markeri luminescenti in biologie si medicina (adancime de patrundere mare, toxicitate redusa, elimina efectul daunator al radiatiei UV utilizate in markerii clasici). Toate marile tari dezvoltate ale lumii au inclus in programele lor de cercetare tematica fosforilor cu conversie superioara pentru imbunatatirea randamentului celulelor fotovoltaice cu siliciu (se recupereaza o parte din radiatia solara neutilizata). De asemenea este foarte intens studiat tematica fosfori pentru conversia luminii UV sau albastre emise de LED-uri in lumina alba cu perspective extrem de interesante in privinta economiei de energie.

Realizari interne si expertiza: Pe plan national cercetarile privind sursele de fotoni se desfasoara cu precadere in INFLPR, in Sectia Laseri si in Laboratorul de Electronica Cuantica a Solidului (Lab. ECS). In Sectia Laseri cercetarile se concentreaza pe ingineria laserilor pe baza unor materiale si procese cunoscute si pe aplicatii ale laserilor in diferite domenii. In Lab. ECS se efectueaza cercetari corelate pe intregul lant material activ-sistem de pompaj-conceptia, realizarea si demonstrarea proprietatilor sursei de fotoni. Laboratorul de Electronica Cuantica a Solidului – INFLPR a fost organizat ca laborator in cadrul Institutului de Fizica Atomica Bucuresti in urma cu cca 40 de ani cu scopul introducerii si dezvoltarii in tara a cercetarilor de medii active laser cristaline si de laseri cu solid pe baza lor. Laboratorul a fost organizat ca un colectiv de cercetare multidisciplinar, pe parcursul activitatii conturandu-se trei directii principale de actiune, tehnologia materialelor, studiul proprietatilor si caracterizarea acestor materiale si cercetari de electronica cuantica, inclusiv de fizica aplicatiilor. Organizarea laboratorului a presupus activitati de mare tehnicitate si complexitate cu grad de noutate absoluta pentru Romania: specializarea personalului, dotarea tehnica, elaborarea unei strategii de cercetare complexe implicand stabilirea, prin efort propriu, a tehnologiilor de productie a mediilor active monocristaline, caracterizarea lor prin sisteme complexe de teste pasive si

active, cercetari complexe prin spectroscopie si rezonanta magnetica, cercetari privind dispozitive de control al regimului temporal de emisie, procese optice nelinere, studiul proceselor de emisie, realizarea de montaje experimentale si prototipuri de medii active laser, componente pasive, laseri cu solid si instalatii specializate cu laser. Realizarile Lab. ECS in domeniul surselor coerente de fotoni se materializeaza in peste 200 lucrari stiintifice publicate in reviste din baza ISI, peste 400 comunicari in conferinte stiintifice internationale, cca 20 brevete de inventie (din care 7 in strainatate, Japonia si SUA). Printre lucrarile cele mai semnificative in domeniu publicate in ultimii ani in reviste ISI se enumera

Phys. Rev. B. **41**, 10923 (1990), **47**, 14084 (1993), **49**, 7076 (1994), **51**, 8 (1995), **53**, 14818 (1996), **61**, 6087 (2000), **64**, 092102 (2001), **64**, 195108 (2001), **65**, 224518 (2002), *Appl. Phys. Lett.* **59**, 905 (1991), **79**, 590 (2001), **80**, 4309 (2002), **81**, 811 (2002), **81**, 2677 (2002), **82**, 844 (2003), **83**, 3653 (2003), **83**, 3659 (2003), **83**, 4086 (2003), **85**, 2685 (2004), **85**, 3959 (2004), **86**, 111118 (2005), *Opt. Lett.* **26**, 178 (2001), **27**, 234 (2002), **27**, 1791 (2002), **28**, 2366 (2003), **29**, 830 (2004), **31**, 1064 (2006), **34**, 2141 (2009), **35**, 1617 (2010), *Opt. Express* **13**, 7948 (2005), **14**, 670 (2006), **14**, 3282 (2006), **15**, 4893 (2007), **19**, 9378 (2011), *J. Appl. Phys.* **66**, 3792 (1989), **75**, 4652 (1994), **80**, 6610 (1998), **96**, 3057 (2004), **97**, 056104 (2005), **103**, 083116 (2008), **104**, 083102 (2008), **107**, 123110 (2009), **108**, 123111 (2010), *Opt. Commun.* **79**, 5 (1990), **81**, 186 (1991), **106**, 75 (1994), **123**, 115 (1996), **127**, 176 (1996), **155**, 611 (1998), **184**, 231 (2000), **195**, 225 (2001), **201**, 431 (2002), **204**, 399 (2002), **260**, 271 (2006) **284**, 388 (2011), *IEEE J. Quantum Electron.* **29**, 426 (1993), **34**, 1031 (1998), **38**, 240 (2002), **39**, 722 (2003), **42**, 240 (2008), **45**, 169 (2010), *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* **11**, 631 (2005), **11**, 682 (2005), *J. Opt. Soc. Amer. B* **19**, 360 (2002), **21**, 163 (2004), **21**, 1620 (2004), **23**, 1630 (2006), **27**, 1002 (2010), *Opt. Mat.* **16**, 137 (2001), **16**, 403 (2001), **19**, 95 (2002), **24**, 181 (2003), **24**, 353 (2003), **30**, 44 (2007), **30**, 164 (2007), **30**, 1781 (2008), **31**, 701 (2009), **31**, 744 (2009), **32**, 1333 (2010), **33**, 501 (2011), *J. Phys. Condens. Mat.* **5**, 235 (1993), **4**, L221 (1992), **7**, 8477 (10995), **9**, 2807 (1887), **10**, 9701 (1998), **11**, 3769 (1999), **14**, 1107 (2002), **18**, 579 (2006) etc.

Printre rezultatele deosebite recente se enumera cercetarile de pionierat privind proprietatile materialelor ceramice transparente (Lab. ECS a fost primul grup european si al treilea pe plan mondial, implicat in astfel de cercetari, in colaborare cu grupurile japoneze care au introdus aceste tipuri de materiale), si fundamentarea utilizarii pompajului direct in nivelul laser emitator in medii concentrate cu neodim, care a permis performante record pentru o serie de laseri cu solid etc. Rezultatele laboratorului se bucura de apreciere pe plan mondial (peste 2000 citari de catre autori straini in lucrari ISI, brevete de inventie sau lucrari de doctorat). In prezent in cadrul laboratorului se desfasoara proiecte de cercetare de anvergura privind noi tipuri de materiale (in particular materiale ceramice), procese fotonice si solutii constructive pentru surse fotonice. Rezultatele obtinute au fost favorizate de colaborarile internationale directe, care au permis accesul la echipamente moderne de cercetare. Activitatea de cercetare in tara si

posibilitatea dezvoltării activităților tehnologice și aplicative au fost influențate în mod negativ de lipsa fondurilor de cercetare și a investițiilor în echipament modern. În ciuda dificultăților materiale, rezultatele obținute certifică existența unei expertize bogate în fizică, tehnologia și caracterizarea mediilor active laser, proceselor de electronică cuantică și în construcția de laseri cu solid sau de instalații specializate cu astfel de laseri.

În privința surselor necoerente de fotoni expertiza existentă în țară se află preponderent în INFLPR și în INCDFM, ‘Raluca Ripan’ Inst. Cerc. Chimice Cluj-Napoca, Univ. Vest Timisoara, Univ. Babes-Bolyai Cluj-Napoca.

Au fost abordate cercetări asupra conversiei superioare și conversiei inferioare de fotoni pe întreg lanțul de sinteză, caracterizare și aplicații ale fosforilor. Printre lucrările cele mai semnificative în domeniu publicate în ultimii ani în reviste ISI se numără:

Journal of Luminescence **131** (5), 1052-1057 (2011); **101**, 87–99 (2003); **93**, 281–292 (2001); **128**, 741–743 (2008); Journal of Alloys and Compounds **507**, 470–474 (2010); **500** (2), 185-189 (2010); **497** (1-2), 201-209 (2010); **471** (1-2), 524-529 (2009); **471** (1-2), 421-427 (2009); Journal of Photochemistry A and Photobiology A-Chemistry, **215** (1), 17-24 (2010); Chalcogenide Letters, **7** (11), 621-624 (2010); Radiation Measurements, **45** (3-6), 602-604 (2010); International Journal of Photoenergy, 413915 (2009); Thin Solid Films **516** (23), 8431-8435 (2008); Physica Status Solidi B-Basic Solid State Physics **245** (1), 159-162 (2008); Optical Materials **30**, 1007–1012 (2008); **30**, 212–215 (2007); Physica Status Solidi C, **4**, (3), 1016-1019 (2007); **4** (3), 946-949 (2007); Journal of Physics-Condensed Matter **17** (50), 8069-8078 (2005); Physics Letters A **330** (3-4), 291-298 (2004). JOURNAL OF Optoelectronics and Advanced Materials **13** (2-4), 183-189 (2011); Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications **4** (12), 1937-1941 (2010)

Subiectul 1. SURSE COERENTE DE FOTONI

Obiectivul cercetării: Perfectionarea și dezvoltarea de noi surse coerente de fotoni pe baza rezultatelor recente ale cercetării fundamentale sau în vederea optimizării și abordării de noi aplicații. Accentul principal va viza laserii cu mediu activ solid (medii transparente dopate cu ioni activi laser, medii semiconductoare pompate optic).

Directii principale de cercetare:

- (i) Extinderea si diversificarea domeniilor de lungimi de unda a radiatiei coerente prin procese de emisie directa sau prin conversie nelineara a radiatiei fundamentale;
- (ii) Cresterea eficientei emisiei;
- (iii) Controlul regimului temporal al emisiei de la continuu la pulsuri ultracurte;
- (iv) Principii si modalitati de scalare in putere sau energie;
- (v) Controlul calitatii si proprietatilor fasciculelor coerente;
- (vi) Cresterea gradului de compactizare si simplitate constructiva, robustetii si fiabilitatii;
- (vii) Asigurarea unui grad sporit de integrare sau cuplare de functii;
- (viii) Producerea si studierea emisiei haotice a laserilor cu semiconductori;
- (ix) Reducerea si rationalizarea consumurilor de energie, contributii la realizarea de noi surse de energie (laseri pompaj solar, laseri pentru fuziune nucleara);
- (x) Identificarea de noi posibilitati de aplicare a surselor coerente de fotoni.

Continutul activitatii. Activitatile de cercetare se vor baza pe concepul de *abordare integrata mediu activ-sistem de pompaj-rezonator laser* si asigurarea unui grad optim de *corelare tehnologie-structura-proprietati-functionalitate*.

1. Cercetarile de materiale laser vor urmari realizarea de medii active conform cerintelor de exploatare maxima a proprietatilor spectroscopice ale centrilor activi, cerintelor impuse de sursele de pompaj (eficientizarea utilizarii radiatiilor de pompaj accesibile, controlul distributiei spatiale a absorbtiei radiatiei de pompaj si generarii de caldura) si celor de constructie a rezonatorului laser:

-cercetari spectroscopice (spectroscopie de absorbtie si emisie, spectroscopie laser, cinetica emisiei si caracterizarea proceselor radiative si neradiative etc) asupra mediilor transparente dopate cu ioni activi laser si modelarea preliminara a emisiei laser in vederea evaluarii potentialului de utilizare in laserii cu solid

-cercetari tehnologice pentru realizarea de medii active monocristaline sau medii policristaline transparente produse prin tehnici ceramice: medii cu compozitie sau dopaj controlabil spatial, medii monolitice compozite multifunctionale, structuri controlabile spatial (ghiduri de unda prin modificarea controlabila a indicelui de refractie)

-caracterizarea structurala, compozitionala si spectroscopica a mediilor active (varietatea, natura si structura locala a centrilor activi, starea cuantica – nivele de energie, probabilitati de tranzite, proprietatile dinamice ale emisiei, distributia diferitilor centri in matricea materialului gazda, transfer de energie), caracterizarea efectului factorilor controlabili (temperatura, concentratia centrilor activi) asupra proprietatilor spectroscopice si dinamice si evaluarea parametrilor de interes pentru emisia laser (sectiuni eficace de absorbtie si emisie, procese de largire omogena sau neomogena a liniilor spectrale, eficienta cuantica a emisiei)

-caracterizarea proprietatilor termice si mecanice.

Cercetarile privind mediile optice nelineare prin efecte de volum vor urmari identificarea de noi materiale capabile de efecte optice nelineare eficiente pentru noi domenii de lungime de unda fundamentala sau modificate nelinear. Cercetarile privind mediile nelineare prin procese atomice vor urmari caracterizarea proceselor de conversie inferioara sau superioara a emisiei prin procese de transfer de energie in interiorul sistemului de ioni activi sau prin sensibilizare.

2.2. Cercetarile privind procesele de pompaj vor urmari utilizarea eficienta a surselor de pompaj optic in vederea reducerii efectelor de dezexcitare parazite sau pentru scalarea in putere sau energie a laserilor cu solid:

-procesele de pompaj in regim de defect cuantic redus

-controlul spatial al radiatiei de pompaj

-identificare modalitatilor de pompaj cu sursele existente de pompaj de mare energie (lampi flash) sau a unor surse abundente (radiatia solara) a unor medii neabsorbante, prin procese de sensibilizare a emisiei

-procesele de pompaj cu recircularea radiatiei in interiorul mediului activ

-corelarea regimului de pompaj cu proprietatile termice ale mediului activ

2.3. Cercetari privind procesele de electronica cuantica si emisia laser

-modelarea fizico-matematica a proceselor de emisie functie de proprietatile mediului activ si de conditiile de pompaj

-cercetari privind extinderea domeniului de lungimi de unda de emisie de la THz la lungimi de unda scurte (violet)

-procesele de emisie laser acordabila sau cu lungimi de unda multiple

- creșterea eficienței emisie laser prin pompaj direct în nivelul emitor
- procese de control al regimului temporal al emisie prin comutarea factorului de calitate (procese active, pasive sau combinate), blocajul modurilor și emisie în pulsuri ultrascurte
- procese de emisie laser cu conversie neliniară prin procese în volum sau atomice
- procese de selecționare și control a lungimii de undă de emisie
- principii de scalare în putere sau energie a laserilor și amplificatorilor cu mediu activ solid

Subiectul 2. Surse necoerente de fotoni

Problematika. Perfecționarea și dezvoltarea de noi surse necoerente de fotoni pe baza rezultatelor recente ale cercetării fundamentale și/sau în vederea optimizării și abordării de noi aplicații. Extinderea și diversificarea domeniilor de lungimi de undă a radiației necoerente prin procese de emisie directă sau prin conversie inferioară sau superioară a radiației fundamentale. Creșterea eficienței emisie. Abordarea unor noi clase de materiale.

Obiectivele cercetării:

- ✓ obținerea de (nano)fosfori cu conversie superioară cu emisie eficientă în ultraviolet și în infraroșu apropiat pentru aplicații în biologie și medicină, creșterea eficienței unor catalizatori, epurarea apelor utilizate;
- ✓ obținerea de noi fosfori cu conversie superioară infraroșu-vizibil;
- ✓ obținerea de fosfori eficienți pentru conversia radiației solare neutilizate în radiație absorbită eficient în celulele fotovoltaice cu siliciu.
- ✓ obținerea de noi fosfori eficienți pentru iluminatul public cu indice de redare a culorilor îmbunătățit.
- ✓ creșterea eficienței unor catalizatori prin asocierea lor cu fosfori cu emisie în UV cu aplicații în epurarea apelor uzate.

Directii de cercetare.

A) Creșterea eficienței de emisie a fosforilor cu conversie superioară pentru aplicații în biologie și medicină: lărgirea bazei de materiale gazdă prin includerea altor medii parțial dezordonate.

Motivația: obținerea unor nanofosfori eficienți utilizabili ca markeri biologici. Scop: îmbunătățirea metodelor de diagnostic.

B) Fosfori cu conversie superioară pentru îmbunătățirea randamentului celulelor fotoelectrice: obținerea de fosfori eficienți pentru conversia radiației solare neutilizate în radiație absorbită eficient în celulele fotovoltaice cu siliciu. Motivația: Creșterea randamentului celulelor fotovoltaice cu siliciu. Scop: surse regenerabile de energie electrică.

C) Obținerea unor fosfori eficienți pentru realizarea diodelor luminescente cu emisie în alb pentru iluminatul public. S-au încercat multe combinații gazdă / dopanți pentru obținerea luminii albe urmărind îmbunătățirea indicelui de redare a culorii prin codoparea fosforilor. Motivația: diodele cu fosfor Ce:YAG sunt sărace în roșu. Scop: calificarea lor pentru iluminatul public cu consecințe extraordinare privind economia de energie și poluarea mediului.

III.6.1.2 Tema: Optica neliniara, informatională și cuantică

Optica neliniară studiază comportarea luminii în medii neliniare optice, în care polarizarea dielectrică depinde neliniar de câmpul electric al luminii. Optica informațională studiază lumina ca purtător de informație și procesarea optică a informației. Optica cuantică studiază aspectele cuantice ale luminii și ale interacției acesteia cu materia.

Situația pe plan mondial: Au fost dezvoltate metode neliniare puternice de manipulare a luminii prin modificarea și controlul lungimii de undă, a duratei pulsurilor, a fazei și a proprietăților statistice. S-au realizat dispozitive de comutație, procesare și stocare pentru calcul optic, spectroscopii de înaltă precizie, microscopii multifotonice de înaltă rezoluție. Au fost studiate și modelate scenarii puternic neliniare și foarte complexe pentru optica neliniară extremă în câmpuri intense (pulsuri de femto și attosecunde). A fost demonstrat controlul proprietăților neliniare prin nanostructurare. Au fost elaborate modele teoretice avansate în domeniul solitonilor optici și a dinamicii neliniare complexe, unele demonstrate experimental. Au fost realizate memorii cuantice, surse de fotoni singulari corelați, protocoale de comunicare cuantică în sisteme cu fibre optice.

Realizări interne și expertiză: Au fost modelate teoretic existența, generarea, stabilitatea solitonilor optici spațiali și spatio-temporali. A fost demonstrată experimental generarea solitonilor optici spațiali în medii neliniare fotorefractive, la diferite lungimi de undă, cu fascicule în undă continuă și cu pulsuri ultracurte. S-a realizat caracterizarea experimentală a solitonilor și a ghidurilor de undă solitonice în medii neliniare. A fost demonstrată ghidarea pulsurilor de fs în domeniul telecom (IR) cu ghiduri solitonice. Au fost modelate o serie de procese neliniare dinamice complexe. S-au elaborat modele teoretice și s-au realizat experimente complexe în mixajul undelor laser, generarea de armonici, procese neliniare în materiale fotonice avansate, laseri în medii aleatoare, difuzii stimulate. Au fost demonstrate creșterea și controlul răspunsului neliniar prin nanostructurarea materialelor neliniare. Au fost dezvoltate metode holografice de măsură. Au fost realizate modele teoretice în studiul fenomenelor cuantice disipative, corelării cuantice, procesării și transmiterii informației cuantice. Au fost investigate și modelate funcții termodinamice ale fotonilor în cavități cu invarianți adiabatici mici.

Activitatea de cercetare in acest domeniu se desfasoara cu precadere in INFLPR si IFIN HH dar contributi semnificative au UB, UPB, IMT, INOE 2000, Inst. Chim. ”Petru Poni”, INFM. Printre lucrarile cele mai semnificative in domeniu publicate in ultimii ani in reviste ISI se numara: (selectie)

Procese, materiale si structuri optice neliniare si metode de caracterizare Phys. Lett. A, **288**, 292-298 (2001); Opt. Commun. **208**, 427 (2002); **199**, 277-281 (2001); Phys. Rev. E **66**, 016605 (2002); Phys. Rev. Lett. **97**, 073904 -1-4 (2006), **67**, 026611-1-8 (2003), **88**, 073902-1-4 (2002), **89**, 273902 -1-4 (2002), **91**, 063904-1 -4 (2003) **105**, 213901 (2010), **95**, 023902 -1-4, (2005); J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **5**, S432-436 (2003); **3**, 466-469 (2001); J. Opt. B – Quantum Semicl. Opt. **6**, S341-S350 (2004) ; Appl. Phys. Lett. **85**, 2193-2195 (2004); J. Opt. B – Quantum Semicl. Opt. **7**, R53-R72 (2005); Opt. Lett. **31**, 1483-1485 (2006); **32**, 3173-3175 (2007); Opt. Express **15**, 10718-10724 (2007); **15**, 589-595 (2007); Phys. Rev. A **76**, 063818 -1-4 (2007); **77**, 033817 -1-6 (2008); **78**, 023824 -1-5 (2008); **72**, 1-11(2006); **77**, 043826 -1-5 (2008) *Functionalitati optice neliniare* Opt. Lett. **27**, 1631-1633 (2002); **35**, 1079-1081 (2010); Opt. Express **18**, 11689-11699 (2010); Opt. Commun. **191**, 133-140 (2001); **263**, 328-336 (2006); **208**, 427-431 (2002); **205**, 437-448 (2002); Appl. Optics **42**, 6439-6444 (2003); Appl. Phys. Lett. **84**, 40-42 (2004); Appl. Surf. Sci. **248**, 97-102 (2005); **248**, 484-491 (2005); J. Optoelectron. Adv. Mater. **3**, 769-776 (2001); **12**, 19-23 (2010); **7**, 2133-2140 (2005); Phys. Rev. A **77**, 063804 -1-11 (2008); Phys. Rev. Lett. **104**, 106802 -1-4 (2010); J. Opt. Soc. Am. B-Opt. Physics **27**, 1266-1271 (2010); J. Opt. A-Pure Appl. Opt. **12**, 015206-1-6 (2010); **8**, S477-S482 (2006); **12**, 015205-1-5 (2010)

*Propagarea, procesarea si stocarea optica a informatiei*J. Mod. Optics **48**, 1669-1689 (2001); IEEE J. Sel. Top. Quantum Electronics **8**, 591-596 (2002); Appl. Opt. **41**, 5512-5518 (2002); **41**, 2435-2439 (2002); **41**, 7187-7192 (2002); **42**, 4147-4151 (2003); **42**, 1932-1937 (2003); **48**, 4310-4319 (2009); **43**, 4208-4213 (2004); **41**, 7179-7186 (2002); Opt. Eng. **41**, 3316-3318 (2002); J. Phys. A – Math. Gen. **36**, 9577-9590 (2003); J. Optoelectron. Adv. Mater. **6**, 883-886 (2004); **9**, 2838-2846 (2007); **9**, 1071-1076 (2007); **6**, 57-62 (2004); **6** (2), 385-392 (2004); J. Opt. Technol.-Eng. Tr. **71**, 478-486 (2004); J. Phys. Soc. Jpn. **73**, 76-85 (2004); J. Opt. Soc. Am. A-Opt. Image Sci. **21**, 770-776 (2004); **18**, 926-931 (2001); **20**, 290-295 (2003); **26**, 274-277 (2009); Opt. Eng. **46**, 028201 (2007); J. Phys. A – Math. Gen. **41**, 415303 -1-14 (2008) *Optica si informatia cuantica* Opt. Quant. Electr. **33**, 239-252 (2001); Phys. Rev. Lett. **101**, 220403-1-4 (2008); **88**, - 153601-1-4 (2002); Optik **113**, 425-428 (2002); Phys. Lett. A **287**, 12-18 (2001); A **373**, 922-926 (2009); Prog. Optics **43**, 433-496 (2002); Fortschr. Phys. **51**, 510-520 (2003); Phys. Rev. A **78**, 043802 (2008); **79**, 014302-1-4 (2009); **67**, 012323-1 -12 (2003); **72**, 032331-1-10 (2005); **74**, 042306-1-5 (2006); Physica A **373**, 298-312 (2007); Laser Phys. **17**, 1001-1006 (2007); Phys. Scr. **T135**, 014033 -1-5 (2009) ; Opt. Spectrosc. **108**, 213-219 (2010)

Subiectul 2.1. Procese, materiale si structuri optice neliniare si metode de caracterizare

Motivatie: Dezvoltarea fizicii fundamentale a interactiei neliniare a luminii cu mediile optice.

Directii de cercetare:

- ✓ Procese optice neliniare de diverse ordine, in materia condensata, fluide si plasmе, in volum si la interfete.
- ✓ Noi materiale si structuri optice avansate pentru fotonica neliniara.
- ✓ Metode de caracterizare a neliniaritatilor optice.

Obiective: Modelarea si investigarea experimentală a unor procese neliniare in conversia de frecventa, solitoni optici, mixajul de unde laser, structuri optice dinamice, neliniaritati de ordin inalt, difuzii stimulate, neliniaritati in medii active, optica neliniara in campuri ultraintense. Dezvoltarea de noi materiale si structuri optice cu proprietati neliniare imbunatatite si controlabile. Dezvoltarea unor metode de caracterizare a raspunsului optic neliniar (Z-scan, mixaj de unde, spectroscopii).

- Tip cercetare: cercetare fundamentala (CF) si aplicativa (CA)
- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta materialelor, chimie, stiinta informatiei, stiintele vietii
- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, materiale, senzori, metrologie

Subiectul 2.2. Functionalitati optice neliniare

Motivatie: Utilizarea interactiei lumina-nanostructuri in noi functionalitati fotonice miniaturizate.

Directii de cercetare:

- ✓ Functionalitati fotonice de ghidare, divizare, cuplare, limitare, comutare, modulare, interconectare, senzori optici, etc.

Obiective: Modelarea si demonstrarea experimentală a unor functionalitati fotonice noi sau imbunatatite, cu aplicatii in dispozitive optice performante, integrabile cu tehnologiile electronice.

- Tip cercetare: CA si CF
- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, senzori, metrologie, sanatate
- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta informatiei si comunicatiilor, stiinta materialelor, stiintele vietii

Subiectul 2.3. Propagarea, procesarea si stocarea optica a informatiei

Motivatie: Cresterea rolului fotonicii in tehnologiile comunicatiilor si informatiei.

Directii de cercetare:

- ✓ Propagarea in ghiduri de unda induse de lumina sau prin alte metode. Ghiduri neliniare. Retele induse in ghiduri.
- ✓ Propagarea prin medii neomogene si corectarea aberatiilor.
- ✓ Procesarea optica a informatiei: metode holografice, mixaj de unde, conjugarea fazei, transformari matematice, corelatie, amplificare, modulare, multiplexare, comutare, calcul optic, afisare 3D, optica difractiva.
- ✓ Stocarea holografica si 3D, in camp apropiat, super-rezolutie.

Obiective: Modelarea teoretica si investigarea experimentală a proceselor, structurilor si sistemelor optice liniare si neliniare implicate in propagarea, procesarea si stocarea optica a informatiei cu aplicatii in functionalitati si dispozitive fotonice cu paralelism masiv, ultra-rapide, cu densitati mari de stocare, integrabile cu sistemele de procesare digitala a informatiei.

- Tip cercetare: CF si CA

- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta informatiei si comunicatiilor, stiinta materialelor, stiintele vietii

- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, materiale, senzori, metrologie, sanatate, mediu

Subiectul 2.4. Optica si informatia cuantica

Motivatie: Dezvoltarea cunoasterii si utilizarii potentialului luminii in comunicatiile cuantice.

Directii de cercetare:

- ✓ Teoria informatiei cuantice.
- ✓ Comunicatii cuantice si criptografie.
- ✓ Procese si sisteme cuantice cu un singur foton.

Obiective: Generarea, caracterizarea si utilizarea starilor comprimate, corelate si altor stari neclasice ale luminii. Dezvoltarea de noi algoritmi si protocoale in comunicatiile cuantice si implementarea lor. Noi materiale, platforme si dispozitive pentru procesarea informatiei cuantice.

- Tip cercetare: CF si CA

- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta informatiei si comunicatiilor

- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor

III.6.1.3 Tema: Micro- si nano-fotonica

Micro- si nano-fotonica studiaza si exploateaza interactia luminii cu materia structurata la nivelul lungimii de unda si sub-lungimea de unda a luminii.

Situatia pe plan mondial: Au fost demonstrate marirea si controlul raspunsului neliniar prin nanostructurare. Au fost demonstrate functionalitati fotonice ultraminiaturizate pentru tehnologia informatiei, surse de fotoni, senzori, optica cuantica. Au fost modelate si demonstrate micro-structuri optice dinamice complexe si solitoni optici. Au fost realizate spectroscopii imbunatatite, senzori bio-chimici femtomolari, manipularea complet optica, nano-ghidarea plasmonica. Au fost realizate microcavitati rezonante cu factori de calitate inalti si au fost demonstrate experimental functionalitati fotonice integrate bazate pe cristale fotonice. Au fost realizate metamateriale avansate si cu refractie negativa in IR apropiat.

Realizari interne: Au fost modelate teoretic si studiate experimental proprietatile optice ale unor materiale semiconductoare nanostructurate aleator (siliciu poros) si periodic – siliciu-pe-izolator (SOI). A fost demonstrata cresterea raspunsului neliniar in SOI, datorita confinarii campului electromagnetic si in puncte cuantice de CdTe, datorita confinarii cuantice. Au fost demonstrate functionalitati neliniare, complet optice bazate pe puncte cuantice. S-a demonstrat controlul rezonantelor plasmonice prin marimea si forma nanoparticulelor. Au fost realizate modelari ale propagarii campului electromagnetic in nanostructuri si metamateriale.

Activitatea de cercetare in acest domeniu se desfasoara in institutetele nationale de cercetare si in mari universitati: INFLPR, IFIN HH, UB, UPB, IMT, INOE 2000, Inst.

Chim. "Petru Poni", INFIM. Printre lucrarile cele mai semnificative in domeniu publicate in ultimii ani in reviste ISI se numara: (selectie)

Interactiunea lumina-materie la scara nano – procese liniare si neliniare J. Luminesc. **102**, 492-497 (2003); **128**, 751-753 (2008); J. Appl. Phys. **99**, 076106 - 076106-3 (2006); J. Optoelectron. Adv. Mater. **8**, 1377-1380 (2006); **9**, 605-609 (2007); **10**, S149 - S151 (2008); **12**, 43-47 (2010); **7**, 2721-2725 (2005); **9**, 733-736 (2007); J. Opt. A – Pure. Appl. Opt. **9**, S345-S349 (2007); Appl. Surf. Sci **253**, 6535-6538 (2007); J. Mater. Sci- Mater. Electron. **18**, S208-S211 (2007); Phys. Status. Solidi A - Appl. Mat. **205**, 1978-1982 (2008)

Functionalitati si sisteme la scara micro- si nano- pentru fotonica integrata Opt. Mater. **17**, 201-205 (2001); **30**, 72-75 (2007); **17**, 255-258 (2001); Appl. Opt. **42**, 1515-1519 (2003); Physica E **24**, 282-289 (2004); **25**, 492-496 (2005); Appl. Phys. Lett. **92**, 063118-1-3 (2008); **88**, 143121 - 143121-3 (2006); IEEE. J. Sel. Top. Quantum. Electr. **12**, 1242-1254 (2006); Eur. Phys. J-Appl. Phys. **35**, 29-36 (2006); J. Optoelectron. Adv. Mater. **9**, 625-628 (2007); **8**, 1635-1638 (2006); **12**, 119-123 (2010); **10**, 2285-2288

(2008); Nanotechnol. **19**, 325709 (2008); Nat. Phys. **4**, 869-872 (2008); J. Opt. A-Pure; Appl. Opt. **10**, 064012 -1-5 (2008); Mater. Lett. **63**, 1834-1836 (2009); Appl. Surf. Sci. **255**, 5480-5485 (2009)

Plasmonica in structuri metalice sub-lungimea de unda Nanotechnol. **18**, 255702 (2007); **21**, 235601 (2010); Appl. Phys. Lett. **95**, 193110-1-3 (2009); Phys. Rev. Lett. **104**, 106802 (2010); J. Optoelectron. Adv. Mater. **10**, 2282-2284 (2008); **9**, 772-775 (2007); **10**, 3265-3269 (2008); J. Opt. A-Pure Appl. Opt. **10**, 064010 -1-6 (2008); Optoelectron. Adv. Mater.-Rapid **3**, 1259-1263 (2009); Mater. Lett. **63**, 2520-2522 (2009); Opt. Commun. **283**, 3976-3984 (2010); J. Supercond. Nov. Magn. **23**, 1245-1249 (2010)

Cristale fotonice si metamateriale pentru domeniul optic Appl. Opt. **49**, 2161-2167 (2010); **40**, 6319-6326 (2001); Opt. Appl. **35**, 201-207 (2005); J. Appl. Phys. **101**, 2734876 -1-4 (2007); J. Optoelectron. Adv. Mater. **10**, 2298-2302 (2008); **10**, 3165-3168 (2008); Optoelectron. Adv. Mater.-Rapid **2**, 26-28 (2008); J. Appl. Phys. **106**, 053111 - 053111-4 (2009); J. Comput. Theor. Nanosci. **7**, 1032-1034 (2010); J. Supercond. Nov. Magn. **23**, 1421-1425 (2010)

Subiectul 3.1. Interactiunea lumina-materie la scara nano – procese liniare si neliniare

Motivatie: Dezvoltarea cunoasterii aspectelor fundamentale ale interactiei luminii cu materia structurata la nivelul lungimii de unda si sub-lungimea de unda.

Directii de cercetare:

- ✓ Procese optice liniare si neliniare in materiale fotonice micro- si nano-structurate.
- ✓ Materiale si nanostructuri artificiale avansate pentru fotonica.
- ✓ Metode de caracterizare a proprietatilor optice ale nanostructurilor.
- ✓ Procese optice in camp apropiat.

Obiective:

- ✓ Modelarea teoretica si caracterizarea experimentală a proprietatilor optice liniare si neliniare ale micro-si nano-structurilor.
- ✓ Controlul proprietatilor optice prin compozitia, dimensiunile si tipul nano-structurarii, in vederea optimizarii interactiei luminii cu nanostructurile.

- Tip cercetare: CF si CA

- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta materialelor, chimie, stiinta informatiei, stiintele vietii

- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, materiale, senzori, metrologie

Subiectul 3.2. Functionalitati si sisteme la scara micro- si nano- pentru fotonica integrata

Motivatie: Utilizarea interactiei lumina-nanostructuri in noi functionalitati fotonice miniaturizate.

Directii de cercetare:

- ✓ Platforme cu potential ridicat in fotonica integrata (siliciu, semiconductori din grupele III-V si II-VI, materiale organice si biologice).
- ✓ Functionalitati fotonice pasive si active in micro- si nano-structuri optice avansate.
- ✓ Nano-structurare cu laseri.
- ✓ Manipularea optica la scara micro si nano.
- ✓ Nanostructuri fotonice pentru conversia de energie.

Obiective:

- ✓ Conceperea, modelarea si demonstrarea unor functionalitati fotonice noi sau imbunatatite, acordabile, la nivele mici de putere, ultrarapide, miniaturizate, controlabile optic sau optoelectronic.
- ✓ Conceperea, modelarea si demonstrarea de detectori si senzori optici selectivi si cu sensibilitate mare.
- ✓ Conversia eficienta de energie utilizand nanostructuri fotonice. Integrarea fotonicii cu nanotehnologiile.

- Tip cercetare: CA si CF

- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, materiale, senzori, metrologie, energie

- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta materialelor, chimie, stiinta informatiei, stiintele vietii

Subiectul 3.3. Plasmonica in structuri metalice sub-lungimea de unda

Motivatie: Dezvoltarea cunoasterii si utilizarii interactiunii lumina-nanostructuri metalice si hibride in integrarea fotonica-electronica.

Directii de cercetare:

- ✓ Procese de interactie a luminii cu nano-structuri metalice cu diverse forme si distributii spatiale.
- ✓ Sisteme nano-plasmonice hibride si active.
- ✓ Plasmonica neliniara.

Obiective:

- ✓ Modelarea si investigarea experimentală a proprietatilor optice ale nanostructurilor metalice.
- ✓ Propagarea ghidata de nanostructuri metalice.
- ✓ Investigarea interfetelor metal/(dielectric, semiconductor) pentru aplicatii in comunicatii si senzori.
- ✓ Plasmonica ultrarapida. Integrarea structurilor plasmonice cu tehnologiile electronice.

- Tip cercetare: CF si CA

- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta materialelor, chimie, stiinta informatiei, stiintele vietii

- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, materiale, senzori, sanatate, metrologie

Subiectul 3.4. Cristale fotonice si metamateriale pentru domeniul optic

Motivatie: Dezvoltarea cunoasterii si ingineriei materialelor artificiale pentru manipularea luminii.

Directii de cercetare:

- ✓ Cristale fotonice liniare si neliniare.
- ✓ Metamateriale fotonice compozite, neliniare, cu indice de refractie negativ, active.

Obiective:

- ✓ Modelarea si caracterizarea proprietatilor optice ale metamaterialelor fotonice compozite si metamaterialelor cu refractie negativa, in functie de compozitie si structura.
- ✓ Conceperea si realizarea de cristale fotonice si metamateriale cu proprietati optimizate pentru functionalitati fotonice in diferite domenii spectrale.

- Tip cercetare: CF si CA

- Impact CF: dezvoltarea cunoasterii in fizica, stiinta materialelor, chimie, stiinta informatiei, stiintele vietii

- Impact CA: tehnologia informatiei si comunicatiilor, materiale, senzori, metrologie

III.6.1.4 Tema: Procese ultrarapide, procese in camp fonic intens, laseri de mare putere

Aceasta tema include subiecte de cercetare de mare actualitate aflate in legatura directa cu generarea campurilor fotonice intense ($>10^{16}\text{W/cm}^2$) si experimente bazate pe aceste campuri.

Situatia pe plan mondial: Sistemele laser cu pulsuri ultracurte sunt bazate pe o tehnologie emergenta cu un potential revolutionar prin aplicatiile posibile: permit realizarea, in mod controlat, a unor campuri electrice si magnetice uriase imposibil de realizat prin alte metode. Folosind astfel de campuri electrice si magnetice, pot fi realizate surse de radiatie de cele mai diverse tipuri (radiatie de la domeniul THz pana la raze X si gamma, electroni accelerati ultrarelativist, protoni si ioni accelerati, neutroni, si altele mai exotice, cum ar fi pozitronii). Aceste surse de radiatie sunt pulsate si au avantajul ca durata de puls este de ordinul femtosecundelor; ele au o gama foarte larga de aplicatii in stiintele naturii si vietii, de la medicina si pana la inginerie.

Facilitati si echipamente existente in lume: Pana in prezent exista cateva zeci de sisteme laser de clasa 10TW in intreaga lume. Puterea maxima atinsa de sisteme laser cu pulsuri in domeniul femtosecundelor este de 1.1 PW. Exista doar 3-4 sisteme cu puteri apropiate de 1 PW, majoritatea experimentelor utilizand puteri de pana la 200 TW.

Exista si un sistem de clasa PW cu pulsuri in domeniul sutelor de picosecunde, National Ignition Facility, in SUA, dedicat experimentelor de fuziune nucleara asistate de laser; de asemenea exista un sistem similar NIF in Franta (Megajoule) si un proiect pan-European – HiPER pentru cercetari in aceeasi directie.

Tematici de cercetare actuale pe plan mondial: Producerea, manipularea si masurarea pulsurilor laser ultraintense este activitatea esentiala pentru dezvoltarea unor aplicatii reproductibile si in consecinta utilizabile in industrie. Domeniul de caracterizare a pulsurilor este foarte acitiv la nivel international, fiind propuse noi metode si aparate de masurare a duratei pulsului, contrastului temporal, fazei spectrale, si asa mai departe, majoritatea bazate pe procese neliniare.

De asemenea, folosind pulsuri laser ultraintense, au fost demonstrate surse de radiatie din domeniul THz pana in domeniul razelor X si gamma. Radiatiile Thz au aplicatii in medicina si securitate, iar razele X in sisteme de imagistica la scala sub-micrometrica. De curand a fost creat un nou domeniu, attofizica, ce are la baza generarea de pulsuri de lumina in domeniul ultraviolet cu durate sub o femtosecunda. Aceste pulsuri isi pot gasi aplicatii la investigarea dinamicii norului electronic in molecule si in reactii chimice.

In domeniul surselor secundare generate laser, a fost demonstrata producerea de fascicule de electroni cu energii de pana la 1 GeV, protoni cu energii pana la cateva zeci de MeV, neutroni. Toate aceste surse sunt deocamdata demonstrative si perfectionabile. Aplicatiile avute studiate in acest moment se leaga de tratamentul tumorilor canceroase dar si de investigatii in fizica fundamentala a fenomenelor care necesita rezolutie temporala ridicata. Fuziunea asistata laser este un domeniu strategic a carui importanta trebuie subliniata. In prezent, in lume exista un sistem laser complex, NIF, care are ca misiune demonstrarea fuziunii asistata de laser, cu castig de energie, pana cel tarziu in 2012. Pe termen lung, SUA are un program de dezvoltare a unei centrale energetice bazata pe fuziune asistata de laser, LIFE2020. Franta are proiectul Megajoule iar Uniunea Europeana prospecteaza realizarea unui proiect similar, HiPER. Aceste proiecte sunt evaluate la cateva zeci de miliarde de euro. Pentru realizarea fuziunii cu laserul, sunt necesare investigatii laborioase ale starilor si proprietatilor materiei la temperaturi ridicate si densitati mai mari decat densitatea corpurilor solide, obtinute prin compresie cu laserul (Warm Dense Matter). Astfel de experimente, legate de identificarea de tranzitii de faza si de modificarea opacitatii materiei, se realizeaza la diverse facilitati de cercetare cu laseri ultraintensi.

Domeniul de cercetare este inca tanar, are mai putin de 10 ani, dar potentialul este inteles si promovat de comunitatea stiintifica. Facilitatea ELI-NP ce se are in vedere a fi construita este rezultatul demersurilor pan-europene in aceasta directie. S-a elaborat o carte alba cu experimentele propuse a fi realizate la aceasta facilitate, document disponibil pe internet, www.eli-np.ro

Realizari interne si expertiza: In Romania exista sisteme laser cu pulsuri ultrascurte cu rata de repetitie in domeniul MHz si energii mici pe puls, in domeniul nJ, sistem cu rata

de repetitie de 2 Khz si pulsuri de pana la 0.6 mJ si sistem la 10 Hz cu pulsuri de pana la 300 mJ care produce **17 TW**. Este in curs de achizitionare un laser de un **PW** cu pulsuri de pana la 25 J pe puls la o rata de repetitie de 0.1 Hz (state of the art la nivel mondial) care are punerea in functiune in anul 2013. Se fac demersurile pentru demararea proiectului ELI-NP (sistem cu doua brate a 10 PW fiecare). In Romania s-au realizat activitati novatoare privind producerea, manipularea si masurarea pulsurilor laser la facilitatile laser existente bazate pe know-how-ul existent in Romania. Au fost realizate cu succes experimente de generare a radiatiei electromagnetice; in particular, radiatii THz (folosind sisteme oscilator laser), ultraviolet si raze X moi. De asemenea, s-a realizat un laser cu raze X moi bazat pe plasma de Zirconiu. Pentru accelerarea de particule, experimente de fizica nucleara indusa cu laserul, fuziune asistata de laser si materie densa fierbinte (Warm Dense Matter) se afla in curs de realizare (pana in 2013) facilitatea Centrul de Tehnologii Avansate cu Laser care va avea un laser de 1PW si include o zona experimentală cu radioprotectia necesara realizarii unor astfel de experimente. De asemenea, o facilitate europeana de 20PW se va construi in viitorul apropiat la Magurele, facilitate care da un impuls puternic cercetarilor de laseri de mare intensitate.

In Romania s-au realizat activitati novatoare privind producerea, manipularea si masurarea pulsurilor laser la facilitatile laser existente bazate pe know-how-ul existent in Romania.

Colective experimentate in dezvoltarea acestei tematici se gasesc in INFLPR (partea de dezvoltare experimentală si teorie), IFIN-HH, UB, UBB, UPB, UAIC, ITIM, ISS (in modelare si teorie). Rezultatele obtinute in aceasta tematica, publicate in reviste de prestigiu, sunt:

APPLIED OPTICS, 2004, **43**, 1261-1265; OPT APPL, 2004, **34**, 25-29; IEEE J QUANTUM ELECTRON 2004, **40**, 1519-1523, 2007, **43**, 1183-1187; J PHYS-B-AT MOL OPT PHYS 2008, **41**, 1; EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL-SPECIAL TOPICS, 2009, **175**, 11-14; NEW JOURNAL OF PHYSICS 2008, **10**, 1; IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS 2004, **10**, 1329-1338; APPLIED PHYSICS B-LASERS AND OPTICS 2004, **78**, 863-867; 2004, **78**, 863-867 2010, **101**, 511-521; PHYSICAL REVIEW A, 2005, **71**, 1 ; 2006, **73**, 1; 2004, **69**; 2009, **80**; 2003, **68**; 2009, **80**, 1; 2009, **80**, 1; OPTICS EXPRESS 3, 2009, 17, 17700-17710 JOURNAL OF MODERN OPTICS 2010, 57, 977-983; OPTICS LETTERS **17** 2008, 33,2943-2945; 1, 2010, 35, 2798-2800; 2007, **32**, 1866-1868; J PHYS-B-AT MOL OPT PHYS 2006, **39**, 1

S1) generarea, manipularea si diagnoza campurilor laser ultracurte si ultraintense

Motivatie: sa dezvolte si sa consolideze expertiza romaneasca privind laserii pulsati ultraintensi pentru a facilita dezvoltarea unor tehnologii emergente noi de mare actualitate pentru societate

Obiective

- ✓ producerea, manipularea si masurarea pulsurilor laser
- ✓ cercetari privind pragul de distrugere al componentelor optice in camp laser ultraintens;

S2) generarea de campuri electromagnetice secundare in intregul domeniu spectral, de la radiatie THz la raze X si gamma, pulsuri de attosecunde si aplicatii

Motivatie: Acumularea de know-how pentru transfer catre industrie a aplicatiilor tehnologiei campurilor electromagnetice produse cu laserul

Obiective

- ✓ realizarea unor surse bazate pe generare de armonici de ordin superior in gaze sau pe tinte solide, cu perspectiva crearii unor pulsuri electromagnetice de durata in domeniul attosecundelor.
- ✓ dezvoltarea metodelor de generare, caracterizare si a aplicatiilor (in principal de imagistica) utilizand aceste surse in intreg domeniul spectral.
- ✓ extinderea domeniului spectral disponibil catre zona radiatiei gamma, prin imprastiere Compton pe fascicule de electroni ultrarelativisti in cadrul facilitatii ELI-NP, pana la 15 MeV pe cuanta.

S3) Producere si accelerare de particule: electroni/ protoni/ neutroni/ ioni, si aplicatii

Motivatie: Acumularea de know-how pentru transfer catre industrie a surselor de radiatie produse cu laserul

Obiective

- ✓ cercetari asupra accelerarii in camp laser intens a particulelor incarcate
- ✓ utilizarea in diferite aplicatii a particulelor produse cu laserul

S4) Fuziune asistata de laser, fizica materialelor aflate in camp laser intens

Obiectiv

Constituirea unor echipe mixte (fizica laserilor, fizica nucleara, plasma, fuziune, materiale) cu expertiza in realizarea unor experimente in acest domeniu strategic.

III.6.1.5 Tema: Biofotonica, tehnologii optice de monitorizare a mediului, procese de interacție cu materialele

Aceasta tema este prin excelență inter-/multi-disciplinară, iar strategia este abordată sistemic, întrucât utilizarea interacției radiației laser cu ținte de diferite naturi și mărimi, în apropiere sau la distanță schimbă radical calitatea rezultatelor și precizia determinărilor și îmbogățește, în ultima instanță, arsenalul de tehnici și tehnologii în biomedicină, protecția mediului și fizica materialelor (în particular a suprafeței) care sunt comune tuturor acestor domenii. Dat fiind faptul că tema privește, în esență, interacția fasciculelor laser/optice cu ținte de mare complexitate structurală, în care de multe ori efectul nu este instantaneu, obiectele de studiu nu pot fi modelate la nivel teoretic prin simplificări excesive și nu pot fi înlocuite prin ținte mai convenabile experimental.

Situația pe plan mondial:

Etapa actuală – reflectată de prezenta strategie - în care se află pe plan mondial și în țara noastră, este aceea de studiere a interacțiilor cu sistemele complexe fără simplificări/aproximări excesive astfel încât rezultatele obținute să poată fi mai ușor transferate în practica clinică, tehnologică sau de protecție a mediului.

Biofotonica va evolua exploziv pe termen mediu și lung incluzând cercetări de interacție a radiației laser cu biosisteme și dezvoltarea de tehnologii/aparate noi pentru aplicații biomedicale de laborator și/sau clinice, cu accent pe nanomedicină, imagistică optică medicală, farmacologia moleculară clinică, igienă publică și combaterea riscurilor biologice care pot apărea în medii închise și/sau deschise. Va fi materializat în practica clinică conceptul de adaptare a tratamentelor medicamentoase la structura genetică a fiecărui agent patogen și a fiecărui pacient, contribuindu-se astfel semnificativ la dezvoltarea unei noi abordări medicale: medicina personalizată adică adaptată la individ și nu la clase de pacienți. În felul acesta biofotonica are un loc de frunte în rezolvarea unui vechi dicționar/problema al medicinei: nu există boli ci bolnavi, iar tratamentele pentru o aceeași boală pot fi diferite prin adaptarea la nevoile și mai ales, limitările, impuse de starea curentă de sănătate a pacientului.

Tehnologiile optice de monitorizare a mediului sunt legate în mod natural de biofotonica și se referă în prezent la: dezvoltarea de echipamente laser noi pentru monitorizarea

urmelor de poluanti in mediu (aer/apa/sol/biosfera); punerea la punct de metode laser pentru controlul calitatii alimentelor stocate sau in curs de folosire; utilizarea caracterizarii globale a poluarii mediului masurata de organisme internationale de supraveghere transfrontaliera a calitatii aerului, apei, solului ca si a caracteristicilor biosferei (microorganismele, plante, animale, om etc); metode fotonice de productie a energiei curate cu sisteme integrate de celule solare montate pe pamant sau in spatiul cosmic apropiat.

Procesele de interactie a fasciculelor optice/laser cu materialele includ: dezvoltarea de metode laser in fizica materialelor si a suprafetei care privesc interactia fasciculelor pulsate ns, ps, fs cu tinte metalice/nemetalice/organice/ anorganice; interactia fasciculelor laser cw cu tinte pentru producerea de efecte controlate de mare precizie si reproductibilitate; studierea si caracterizarea de quantum doturi in conditii si medii variabile; aplicatii in tehnologiile neconventionale terestre si in spatiul cosmic, biomedicina si chimie avansata.

Tendinta si, in unele cazuri, realizarile de inceput pe plan mondial arata ca metodele laser, optice si spectroscopice raman singura alternativa viabila pentru rezolvarea avansata a unor intregi categorii de probleme in biofotonica, tehnologiile de monitorizare a starii si evolutiei mediului inconjurator ca si in obtinerea de materiale noi, cu proprietati speciale, dedicate aplicatiilor biomedicale, de mediu si tehnologice.

Realizari interne: Cercetarile de biofotonica au condus la obtinerea de rezultate - care sunt de pionierat pe plan mondial - ale cercetatorilor romani, in: obtinerea de medicamente modificate cu fascicule optice/laser si utilizarea lor in cazurile de dezvoltare a rezistentei multiple la tratament (exemplu: tulpini de *Staphylococcus Aureus* si *E-coli* rezistente la tratament, tesuturi tumorale), generarea de micro/nanoparticuli simple sau structurate ca vectori pentru transportul medicamentelor la tinte, producerea de micro si nanoparticuli cu continut controlat prin interactie cu fascicule laser, producerea de spume cu continut medicamentos prin interactie rezonanta si nerezonanta a solutiilor in volum mare sau in picaturi, cu fascicule laser. Toate aceste cercetari au fost abordate prin proiecte finantate de CNMP si, dat fiind caracterul lor multidisciplinar, sunt

dezvoltate, la initiativa partii romane, si in cadrul unor retele europene de tip COST sau in cadrul unor programe bilaterale de cercetare.

Tehnologiile optice de monitorizare a mediului dezvoltate in tara includ: punerea la punct de metode de spectroscopie laser (absorbție, LIF, LIP, Raman, FTIR, optoacustica, LIBS, CRDS, microscopie de fluorescenta etc) cu care se masoara urmele de poluanti in aer, ape, sol si biosfera, participarea la platforme de tip Food for Life finantate de EC in colaborare cu institutii active - in tara si strainatate - in stiinta alimentatiei, participarea la activitati si proiecte transfrontaliere de masurare a gradului de poluare a mediului cu mijloace laser/optice, dezvoltarea de componente ale sistemelor de producere a energiei pe baza de radiatie solara.

In interactia fasciculelor laser cu materialele s-au obtinut rezultate foarte bine cotate pe plan international: procesarea in volum sau pe suprafata a materialelor solide metalice, semiconductoare sau organice prin interactie cu fascicole laser pulsate de durata ns, ps, fs, studierea proceselor de fizica suprafetei in camp de radiatie laser si in atmosfera/conditii controlata/e si dezvoltarea pe cale de consecinta a aplicatiilor tehnologice industriale si biomedicale, obtinerea si studierea de quantum doturi.

Realizarile in tara mentionate succint sunt un punct de plecare solid in abordarea viitoare cu succes a cercetarilor specificate in actuala prognoza, constituind elementul de baza al caracterului realist al prognozei.

Cercetarile care au obtinut deja rezultate notabile au fost desfasurate de institutii de cercetare de interes national care sunt in principal INFLPR, INFM, INOE 2000, ITIM, IFIN-HH, UBB, UPB, UB, UAIC.

Rezultatele obtinute in aceasta tematica, publicate in reviste de prestigiu, sunt (selectie):

OPTICS COMMUNICATIONS 2009, **282**, 674-683; MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B-ADVANCED FUNCTIONAL SOLID-STATE MATERIALS, 2010, **169**, 159-168; JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 2005, **97**, 1; APPLIED PHYSICS B-LASERS AND OPTICS 2002, **74**, 465-468; JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 2010, **108**, 1; Journal of Applied Optics 2010, **12**, 843-851; Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures 2011, **6**, 29-35; APPLIED SURFACE SCIENCE 2011, **25**, 5255-5258; 2009, **255**, 5491-5495; 2011, **257**, 5250-5254; 2011, **257**, 5259-5264; 2005, **247**, 429-433; 2007, **253**, 6499-6503; APPLIED PHYSICS A-MATERIALS SCIENCE & PROCESSING 2011, **102**, 651-659; JOAM 2010, **12**, 63-67; Letters in Drug Design & Discovery 2010, **7**, 98-101; Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 2010, **365**, 83-88; Journal of Antimicrobial Agents 2010, **36**, 164-168; Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 2011, **382**, 246-250;

Obiectivul cercetării

Cercetări privind interacția fasciculelor laser/optice cu ținte de mare complexitate structurală (biologice, mediu, industriale), abordarea de noi aplicații fotonice pe baza rezultatelor fundamentale obținute.

Subiectul 1. Biofotonica :

Directii de cercetare:

- ✓ Metode laser în nanomedicina
 1. Instrumente analitice
 2. Nanomateriale și nanodispozitive
 3. Noi sisteme terapeutice
 4. Noi sisteme de livrare a medicamentelor
- ✓ Imagistica optică medicală
- ✓ Farmacologia moleculară clinică

Continutul activității.

Metode laser în nanomedicina

Până recent, nanostiintele și nanotehnologiile au constituit un domeniu specific fizicii și științei materialelor iar, în prezent, încep să aibă un impact asupra cercetării biomedicale și medicinei creând noul domeniu nanomedicina, care, deși în stare embrionică, crește foarte rapid și câștigă forță și importanță în comunitatea medicală prin locul pe care îl ocupă deja în diagnosticarea și terapia bolilor. În termeni generali, nanomedicina este definită ca știința și tehnologia diagnosticării, tratării și prevenirii îmbolnăvirilor și a rănilor traumatice, a ușurării durerilor și a păstrării și ameliorării sănătății omului prin folosirea instrumentelor moleculare și a cunoașterii la nivel molecular a corpului uman. Ea cuprinde în principal, patru subdiscipline legate prin corelări sistematice: instrumente analitice, nanomateriale și nanodispozitive, noi sisteme terapeutice și noi sisteme de livrare a medicamentelor.

Prognoza prevede să fie abordate următoarele activități de cercetare –dezvoltare specifice opticii, laserilor și spectroscopiei optice, organizând datele pe subdisciplinele menționate:

1. Instrumente analitice:

Abordarea de cercetări fundamentale și conexe privind hiperminiaturizarea sistemelor complexe de măsură, dezvoltarea de tehnologii bazate pe chipuri și a

biosensorilor nanometrici bazati pe sisteme de tip optica si spectroscopie pe chip. Dezvoltarea de sisteme complexe cu capete de masura si interventie laser nanometrice pentru analize si manevre asociate in situ. Dezvoltarea prioritara a metodelor bioanalitice bazate pe analize la nivel de o singura molecula pentru analiza tesuturilor normale si patologice, astfel incat sa se identifice rapid punctele de initiere si progresul bolii/maladiilor. Dezvoltarea de sisteme care sa identifice in vitro analiti complecsi in vederea aplicarii in ingineria tesuturilor si in medicina regenerativa.

2. Nanomateriale si nanodispozitive:

Obtinerea de materiale noi si de ansamble chimice de dimensiuni nanometrice pe baza interactiei radiatiei laser cu sisteme moleculare simple si complexe din categoria medicamentelor si asociatelor. Optimizarea tehnologiilor existente astfel incat ele sa raspunda cerintelor nanomedicinei prin folosirea metodelor de optica, spectroscopie si conexe aplicate impreuna: producerea materialelor la scara nanometrica si caracterizarea lor, asigurarea conditiilor de obtinere reproductibila - calitativ si cantitativ - a lor, dezvoltarea de nanodispozitive pentru utilizare ex vivo la nivel celular si/sau in vivo la nivelul pacientului, realizarea de sisteme 3D pentru afisarea semnalelor biomoleculare multiple. Proiectarea de materiale structurate mono- sau multi-functionale, obtinute cu metode laser, capabile sa tinteasca afectiuni specifice.

3. Noi sisteme terapeutice:

Dezvoltarea de suportii nanostructurati asistati optic, utilizati in ingineria tesuturilor si cercetarea asupra echipamentelor sensibile la biostimulari de aplicat in ingineria tesuturilor asistata de tratamente medicamentoase. Dezvoltarea de sisteme terapeutice bazate pe folosirea radiatiei laser, cu prioritate in cancer, bolile neurodegenerative si cardiovasculare, TBC si HIV/AIDS, combaterea imbatranirii. Pe termen lung, cercetarea de sisteme sintetice bioresponsive pentru livrarea intracelulara de substante terapeutice macromoleculare ca vectori sintetici

pentru terapia genelor. Dezvoltarea de sisteme cu autoreglare care contin nanostructuri inteligente ca biosensori cuplati la sisteme terapeutice de tratament.

4. Noi sisteme de livrare a medicamentelor:

Dezvoltarea de sisteme multifunctionale organizate spatial si punerea la punct de arhitecturi pentru diagnostic combinat cu livrare de medicamente la tinta (teranostica cu surse laser). Dezvoltarea de sisteme nanometrice de livrare a medicamentelor bazate pe optofluidica (laseri aplicati in micro- si nano-fluidica) care sa asigure administrarea medicamentelor prin caile naturale de acces ca: plamanii, ochii, pielea, urechile, caile digestive. Aplicarea nanotehnologiilor pentru proiectarea materialelor multifunctionale structurate capabile sa se adreseze unor boli specifice sau care sa aiba functionalitati care sa asigure transportul medicamentelor prin barierele biologice pe baza efectelor de tip hidro-/superhidro-fobicitate, oleo-superoleo-fobicitate etc.

Imagistica optica medicala

Va aborda procedurile de obtinere a imaginilor multimodale de inalta rezolutie ale biosistemelor de mici dimensiuni. Metodele laser vor fi folosite pentru colectarea in timp real a imaginilor de inalta rezolutie folosite pentru intelegerea biochimiei, a functiilor si organizarii subcelulare a organismului uman. Imagistica avuta in vedere va utiliza sisteme de monitorare a proceselor celulare si moleculare in vivo. Cercetarile bazate pe imagistica moleculara vor folosi metode optice si spectrale aplicate pe modele de animal translatate pe testele clinice, intr-o prima etapa. Pe termen lung, cercetarile vor avea in vedere sa asiste proiectarea de instrumente non-invazive, analitice, aplicate in vivo, cu mare reproductibilitate, sensibilitate si fiabilitate. Cercetarile fundamentale vor fi dedicate si detectiei simultane a mai multor molecule, analizei componentelor subcelulare la nivel molecular si inlocuirii anticorpilor ca reactivi de detectie in corpul uman. Metodele optice/laser de obtinere a imaginilor de foarte inalta rezolutie (la nivel de componente subcelulare) vor fi cuplate, de exemplu, in instrumentatia

avansata pentru diagnostica si tratamentul cancerului cu fascicule de particule incarcate (protoni, ioni de carbon, ioni de heliu, pioni etc).

Farmacologia moleculara clinica

Prognoza propune dezvoltarea unui nou subdomeniu al farmacologiei: obtinerea de noi medicamente si identificarea de noi metode de tratament si de aplicatii medicale propriu-zise ale acestora utilizand metode laser. Se vor efectua cercetari fundamentale de dezvoltare a metodelor laser in combaterea rezistentei simple si multiple la tratamente

achizitionate de bacteri, tumori etc. Cercetarile vor fi dedicate producerii si studierii modificarilor moleculare ale medicamentelor pentru care rezistenta la tratamente a fost semnalata/raportata; modificarile vor fi produse prin interactia medicamentelor cu radiatia laser si prin identificarea produsilor de reactie care permit utilizarea eficienta a medicamentelor iradiate in aceleasi cazuri in care a aparut rezistenta la tratamente. Vor fi dezvoltate/recomandate protocoale de tratament cu medicamentele modificate pe baza intelegerii mecanismelor de actiune a noilor forme de medicamente cu structurile moleculare ale bacteriilor (gram-pozitive si/sau gram-negative) si tesuturilor. Cercetarile vor utiliza metode de optofluidica si vor dezvolta noi vectori de transport a medicamentelor la tinta de tipul jeturilor de micro si nanopicaturi supersonice controlate de fascicule laser si produse astfel incat anumite tipuri de tesuturi localizate intre locul de productie a jeturilor si tesuturile tinta sa aiba actiuni fobice asupra lor. Vor fi cercetate metodele de productie a spumelor si emulsiilor cu laseri si vor fi abordate aplicatiile acestora in biomedicina si domeniile conexe, unul dintre domenii fiind extragerea de titei din cavitati in zacaminte considerate epuizate, iar altul depolurea solului prin utilizarea de spume. Un alt domeniu conex este industria alimentara in care caracterizarea cu metode laser a produsilor de tip emulsii (maioneze si similarele) sau spume (frisca si similarele, vinuri spumoase si similarele) si, mai ales stabilizarea lor prin adaugarea de surfactanti asistata laser conduc la noi clase de produse ecologice stabile si stocabile intervale de timp indelungat.

Subiectul 2. Tehnologii optice de monitorizarea mediului

Obiective:

- ✓ dezvoltarea de metode optice si echipamente asociate de ultima generatie pentru monitorarea urmelor de poluanti in mediu
- ✓ cercetari de depoluare tinta a mediului
- ✓ dezvoltarea de metodele fotonice pentru producerea energiei curate

Directii de cercetare:

- ✓ Echipamente laser de ultima generatie pentru monitorarea poluarii mediului
 - Metode/echipamente pentru masurarea urmelor de poluanti in aer/apa/sol/biosfera
 - Caracterizarea de la distanta a poluarii mediului prin cercetari transfrontaliere
 - Metode/echipamente de detectare rapida, in situ, a agentilor patogeni
- ✓ Metode/echipamente laser de masura a contaminarii cu poluanti a alimentelor
- ✓ Metode laser pentru pastrarea calitatii alimentelor locale traditionale.
- ✓ Metode fotonice de productie a energiei cu sisteme pe pamant/in cosmos

Continutul activitatii.

Vor fi dezvoltate metode optice si echipamente asociate de ultima generatie pentru monitorarea urmelor de poluanti in mediu (aer, apa, sol, biosfera) ca: metoda de laborator cavity ring down spectroscopy (CRDS) de monitorizare a urmelor de poluanti in aer, apa si probe biologice (inclusiv in cantitati foarte mici de proba: $< 1\mu\text{g}$), metoda LIBS pentru masurarea concentratiilor mici de poluanti in sol si probe biologice. Vor fi cercetate nivelele de contaminare cu poluanti a alimentelor lichide si solide, de origine animala si/sau vegetala, corelat cu poluarea mediului de origine a lor si, in alt plan, cu datele rezultate din cercetarile desfasurate pe platforme de tip Food for Life. O alta directie prioritara este dezvoltarea de metode laser pentru controlul calitatii alimentelor in contextul incurajarii, pastrarii si dezvoltarii, la nivel european a productiei

regionale, locale de alimente traditionale. Vor fi utilizate datele de caracterizare globala de la distanta a starii de poluare a mediului obtinute/primite de la organisme internationale de supraveghere a poluarii transfrontaliere. Informatiile colectate de sisteme de detectare de la distanta a poluantilor corelate cu cartografierea regionala (de exemplu Geographical Information Science - GIScience - and Remote Sensing & Laser Scanning technology) vor fi utilizate pentru dezvoltarea de noi concepte privind integrarea datelor obtinute prin scanare cu laser in infrastructurile spatiale de date. Cercetarile vor avea in vedere si elaborarea de metode si echipamente pentru detectarea rapida, in situ, a agentilor chimici si biologici patogeni raspanditi in mediu accidental sau voit. Vor fi dezvoltate metodele fotonice pentru producerea energiei curate pe baza sistemelor integrate de celule solare localizate pe pamant sau in spatiul cosmic apropiat si corelarea lor cu alte metode de obtinere curata a energiei, ca generatoarele eoliene si marine.

Un capitol distinct il constituie abordarea de cercetari de depoluare tintita a mediului, cu metode laser, cu aplicatii in special la nivelul distrugerii probelor foarte inalt toxice produse in cantitati mici pentru studii de laborator, inclusiv pentru distrugerea medicamentelor de inalta toxicitate utilizate in tratamente antibacteriene sau anticancer (exemple tipice vancomicina si medicamentele din clasa doxorubicinei).

Subiectul 3. Procese de interactie a radiatiei laser cu materialele

Obiective:

- ✓ cercetari multidisciplinare pentru explorarea materialelor hibride inovatoare inteligente de tip organic/anorganic
- ✓ cercetarile de fizica suprafetei in camp de radiatie laser, cu aplicatii in tehnologiile neconventionale terestre si in spatiul cosmic, biomedicina si chimie avansata.

Directii de cercetare:

- ✓ Interactia fasciculelor laser pulsate ns, ps, fs cu tinte pentru aplicatii tehnologice avansate.

- ✓ Interactia fasciculelor cw cu tinte pentru producerea de efecte reproductibile
- ✓ Producerea/studierea/caracterizarea de quantum doturi in conditii variabile
- ✓ Prelucari avansate de suprafete metalice cu fascicole laser in domeniul nm
- ✓ Materiale hibride inteligente de tip organic/anorganic asistat de fascicole laser
- ✓ Fizica suprafetei in camp laser: aplicatii in tehnologii terestre, cosmos, biomedicina, chimie

Continutul activitatii.

Metodele optice/laser vor fi dezvoltate in continuare pentru studii fundamentale in fizica materialelor si a suprafetei. Cercetarile fundamentale si tehnologice rezultante vor fi dedicate interactiei fasciculelor pulsate de durata ns, ps sau fs cu, dupa caz, materiale metalice, nemetalice, organice si anorganice, pentru aplicatii in tehnologiile avansate. Cercetari specifice vor privi interactia fasciculelor laser emise in unda continua cu tinte de diferite tipuri si dimensiuni pentru producerea de efecte controlate de mare precizie si reproductibilitate. Un capitol al acestei sectiuni va fi dedicat producerii, studierii si caracterizarii de quantum doturi in conditii si medii variabile.

Vor fi abordate prelucrarile avansate de suprafete metalice cu fascicole laser, ca de exemplu: taierile de mare precizie, durificarile prin tratarea suprafetelor in atmosfera controlata, generarea de masti, matrici si retele la nivel micrometric si nanometric. Vor fi antamate cercetari multidisciplinare pentru explorarea materialelor hibride inovatoare inteligente de tip organic/anorganic utilizand citoschelete bacteriale care se autoasambleaza, asistate de fascicole laser. Un capitol distinct il constituie cercetarile de fizica suprafetei in camp de radiatie laser, cu aplicatii in tehnologiile neconventionale terestre si in spatiul cosmic, biomedicina si chimie avansata.

III.6.2 Impact: Cercetarile prevazute vor mentine pozitia avansata in acest domeniu pe plan mondial. In conditiile unei finantari corespunzatoare, care sa permita dezvoltarea cercetarilor aplicative, va fi posibila abordarea valorificarii prin activitati productive. Se creeaza facilitati de nivel mondial pentru generarea, manipularea si diagnoza campurilor

laser ultrascurte si ultraintense care vor permite experimente multidisciplinare la care sa participe echipe de cercetare romanesti si internationale. In domeniul biofotonicii se vor dezvolta noi metode, tehnologii si sisteme laser care permit o abordare principial noua, cu puternic impact social in domeniul luptei impotriva rezistentei dezvoltate de bacterii, la tratamente multiple. Se vor dezvolta tehnici si metode optice de manipulare a medicamentelor, noi generatii de aparate laser pentru monitorarea poluarii mediului, cu puternic impact social, si va fi abordata problematica controlului de calitate al alimentelor (lichide, solide, moi) cu metode laser. Se vor extinde aplicatiile doturilor cuantice la tehnologii industriale si biomedicale de varf, inclusiv pentru materializarea conceptului de lab-on-a-chip sau sisteme optico-spectale-on-a-chip. Se creeaza resursa umana cu expertiza transferabila in industria high tec.

III.6.3 Analiza SWOT:

Strengths: - Existenta unor grupuri de performanta cu experienta complexa pe intreg spectrul de activitati

Weaknesses:

- finantare deficitara, nesistematica;
- politica de investitii in infrastructura pentru cercetare foarte deficitara si neechilibrata, care impiedica dezvoltarea cercetarilor proprii de laseri si favorizeaza achizitii de laseri din strainatate;
- selectia incompetenta, subiectiva, obstructionista si distructiva a temelor de cercetare in cadrul competitiiilor pentru proiecte, care submineaza dezvoltarea excelentei, continuitatea si finalizarea practica a cercetarilor;
- inexistenta unor companii romanesti puternice cu profil in domeniul opticii si sistemelor laser.

Opportunities:

- dezvoltarea puternica a domeniului si aplicatiilor sale pe plan mondial;
- proiectul CETAL si proiectul ELI;
- participarea la programe de cercetare in cooperare internationala;

Threats: -dezvoltarea mult mai rapida a domeniului in alte tari din toate categoriile (dezvoltate sau emergente – USA, EU, Japonia, China etc) atat prin politica de finantare a Statului cat si prin cerintele industriei

III.1.4 Obiective pe termen scurt și mediu

Obiective pe termen scurt (2012-2014):

- ✓ mentinerea centrelor de excelenta deja formate, stimularea acestora prin investitii noi in infrastructura de cercetare
- ✓ finalizarea proiectelor de investitii în infrastructura de cercetare, aflate în curs, in special a proiectului Centru de Tehnologii Avansate cu Laser (CETAL) care va oferi baza materiala pentru experimente ce folosesc laseri de clasa PW;
- ✓ formarea de echipe multidisciplinare pentru exploatarea eficienta a investitiei CETAL;
- ✓ formarea de parteneriate internationale care sa asigure dezvoltarea tematicilor de cercetare de nivel mondial in domeniul interactiei pulsurilor laser ultraintense cu materia asigurand astfel dezvoltarea resursei umane romanesti pentru viitoarele experimente ELI;

Obiective pe termen mediu (2015-2020):

- ✓ realizarea unui mediu de cercetare (finantare , management stiintific) flexibil care sa se adapteze cat mai usor la noile idei atat in cercetarea fundamentala cat si in cea aplicativa;

- ✓ realizarea unui parteneriat institute de cercetare – unități de învățământ cu o strategie de formare, motivare și stabilizare în România a cercetătorilor tineri cu mare potențial de a face performanță;
- ✓ creșterea ponderii cercetărilor aplicative și valorificarea rezultatelor prin transfer tehnologic;
- ✓ finalizarea proiectului european ELI-Nuclear Physics;
- ✓ încurajarea dezvoltării de spin-off-uri în domeniul optica-fotonica.

III.6.5 Recomandări pentru implementarea strategiei

- Recunoașterea opticii și fotonicii la nivel național ca domenii prioritare ale cercetării științifice și dezvoltării tehnologice („In september 2009 the European Commission designated photonics as one of five key enabling technologies for our future prosperity. This signifies not only the economic importance of photonics, but its potential to address what have been called the 'grand challenges' of our time” – Photonics 21).
- Stabilirea de programe de cercetare-dezvoltare la nivel național în optica și fotonica, pe termen mediu și lung și susținerea lor printr-o finanțare care să permită abordarea sistematică a cercetării și dezvoltarea cercetărilor fundamentale și aplicative;
- Politica de investiții în infrastructură conform rezultatelor și potențialului echipelor de cercetare;
- Stimularea cercetării de excelență și finanțarea corespunzătoare a cercetărilor performante ;
- Facilitățile de interes național gestionate în cadrul institutelor de cercetare să primească finanțare conform tematicii de cercetare;
- Accesul instituțional al cercetătorilor la literatura de specialitate din domeniu;
- Creșterea numerică, dezvoltarea și motivarea resursei umane cu înaltă calificare în optica, fotonica și domeniile conexe.

