

Raport științific

privind implementarea proiectului 269/5.10.2011, cod CNCSIS PN-II-ID-PCE-2011-3-0650, in perioada 5 octombrie 2011 – 4 octombrie 2016, adresa web: <http://spectroscopy.phys.uaic.ro/laser-ablation-project-2011.html>

Titlu proiect:

Studiul interacțiunii polimer-radiatie laser in atmosfera controlata. Obținerea de filme nanostructurate prin ablatie laser. Aplicatii/The study of polymer-laser radiation interactions in controlled atmosphere. Laser ablation nanostructured thin films layers. Applications

Context

Cunoasterea legatilor si a principiilor fundamentale fizice si chimice la nivel nanometric, permite abordarea si obtinerea de nanotehnologii cu impact asupra dezvoltarii unor aplicatii de varf care vizeaza obtinerea de nanocomponente si nanosenzori; noile materiale fiind guvernate de efecte cuantice sunt caracterizate de proprietati fizice unice ce difera fundamental de cele ale structurilor de plecare. In acest context, s-a demonstrat ca o parte din substraturile pe baza de polimeri organici prezinta o serie de avantaje fata de cele anorganice: sunt mult mai flexibile, ofera un domeniu variabil de rigiditate si pot adopta diferite forme in urma actiunii unor „stimuli” externi. Mai mult, proprietatile materialului polimeric pot fi ajustate in functie de cerintele specifice prin modificare chimica sau prin varierea conditiilor de polimerizare si/sau reticulare. Micro- si nanostructurile obtinute pe un suport polimeric pot fi extrem de utile pentru o varietate mare de aplicatii, precum obtinerea de circuite conductoare sau substraturi pentru controlul adeziunii, inasa indiferent de natura provenientei lor, nanoparticulele polimere sunt considerate structuri stabile, in contrast cu alte sisteme.

Sunt cunoscute studii la nivel international legate de fenomenele de nanostructurare si acestea urmaresc obtinerea unor materiale capabile sa genereze o structura cu suprafata “controlabila”. Problemele actuale sunt inasa legate de faptul ca nu se face o legatura directa intre structura chimica a polimerului utilizat si mecanismul de nanostructurare. In acest sens, in literatura de specialitate sunt dezvoltate o serie de modele teoretice dar si mecanisme care cauta sa explice procesele de reordonare a suprafetei azo-materialelor, bazate pe doua tipuri de fenomene: primul grup de presupune o reorganizare a materialului polimeric si o comprimare a acestuia sub actiunea radiatiilor UV, iar al doilea grup pleaca de la ipoteza deplasarii materialului polimeric (curgere fotoindusa). In acest context studiile noastre sunt

indreptate în special spre structura chimică a polimerului și mai ales cum aceasta va influența tipul de mecanism și implicit procesul de nanostructurare (comprimare sau curgere). Pentru elucidarea acestor aspecte, a fost studiată într-o primă etapă literatura de specialitate privind anumite clase de polimeri cu arhitecturi diferite, cu lanțul de bază flexibil, semi-flexibil sau rigid și având conectate în catena laterală tipuri de diferite de cromofori.

Dintre procesele care au atras atenția în acest domeniu multidisciplinar al nanotehnologiei, ordonarea moleculară și supramoleculară este considerată de perspectivă, deoarece la nivel molecular, cromofori precum grupele azobenzenice sunt recunoscuți pentru aranjamentul fotoindus, în urma reacției reversibile de izomerizare trans-cis-trans, caz în care rezultă o distribuție aproape perpendiculară a momentelor de dipol al tranziției față de direcția de acțiune a vectorului intensitate câmp electric al radiației optice liniar polarizată.

Activitățile de cercetare realizate

Pentru îndeplinirea obiectivelor propuse în proiect au fost realizate următoarele activități de cercetare:

- A. Studiul polimeri de tipul polysiloxani, polimeri ce au gruparea diazobenzen perpendiculară pe lanțul polimeric:
 - Au fost obținute straturile subțiri polimere pe suport de cuarț și sticlă specială transparentă în domeniul UV până la 260 nm, folosind metoda de depunere spin coating.
 - Au fost studiate spectrele FTIR-ATR ale straturilor polimerice de grosime 80-120nm.
 - Au fost studiate efectele fotocromice ale radiațiilor optice în straturile subțiri polimere și în soluții de dimetil formamida.
 - Au fost evidențiate procesele dinamice ale fotoizomerilor trans- și cis-.
- B. Obținerea și caracterizarea de nanostructuri (polimer, metal, materiale feromagnetice, calcogenuri) prin ablație laser:
 - Au fost obținute și analizate nanostructuri polimer/metal prin implementarea unor nanoparticule metalice pe filme polimere.
 - Au fost depuse straturi subțiri de ferită de cobalt stoichiometrică și dopată cu elemente din grupa pământurilor rare (PR) prin ablație laser, folosind valori diferite ale parametrilor experimentali implicați.
 - Au fost analizate o serie de calcogenuri cu potențial aplicativ ridicat (cu aplicații importante în multe ramuri ale științei: biologie, medicină, chimie, fizică, etc.), fiind remarcate în special prin costuri scăzute și tendința de superminiaturizare : memorii ultrarapide, amplificatori și surse laser, senzori optici, etc.
- C. Influența caracteristicilor pulsului laser și a parametrilor experimentali asupra dinamicii plasmă de ablație laser:
 - Am folosit tehnici spectrale specifice plasmă tranzitorii și de imaginerie ultrarapidă ICCD pentru caracterizarea și rezolvarea spatio-temporală a plumei de ablație laser dar și metode electrice de diagnoză (sonde cilindrice mobile în volumul de plasmă, în condiții de presiune și potențial țintă variate). Aceste tehnici au fost aplicate plasmelor de ablație obținute în diferite condiții experimentale: fluență, durata pulsului laser, frecvența de repetiție, presiune gazului de lucru etc.
 - Au fost studiate oscilațiile electrice care apar în circuitele electronice ale unor electrozi plasați în vecinătatea plumei de ablație laser (ținte, pereți, sonde, etc) sub incidența plumei de ablație laser.

- Au fost analizate influența diferitelor materiale (tip țintă) asupra dinamicii plamei de ablatie laser. Rezultatele au fost comparate cu cele obținute în studiul plamei staționare asupra unor formațiuni de plasmă neomogene cu structură de potențial nemonotonă. Aceste structuri au fost identificate ca fiind straturi duble respectiv straturi multiple de plasmă, funcție de condițiile experimentale.
- Au fost efectuate, de asemenea, cercetări privind simularea condițiilor de funcționare a motoarelor de propulsie cu efect Hall (PPS100- ML, Hall Effect Thruster) utilizat pentru corecția orbitelor sateliților geostaționari, PIVOINE-2G (ICARE laboratory), CNRS Orleans, France.

Măsurătorile efectuate, cu importanță nu numai din punct de vedere al cercetării fundamentale, dar și aplicative, au avut în vedere găsirea unor varii condiții experimentale pentru identificarea unor valori critice care să asigure obținerea unor rezultate competitive. Abordarea și obținerea de nanotehnologii cu impact asupra dezvoltării unor aplicații de vârf care vizează obținerea de nanocomponente și nanosenzori presupune studiul unor noi materiale guvernate de efecte cuantice și cu proprietăți fizice unice, ce diferă fundamental de cele ale structurilor de origine (material masiv).

Principalele rezultate experimentale

A. Studiul polimeri de tipul polysiloxani, polimeri ce au gruparea diazobenzen perpendiculara pe lantul polimeric

Au fost obținute spectrele electronice de absorbție și fluorescență ale poliuretan-cumarinei în diverși solvenți polari și în stare de film. Benzile electronice de absorbție în solvenți polari suferă deplasări spre lungimi de undă mari. Spectrul electronic de absorbție al poliuretan-cumarinei posedă două benzi, iar acestea au fost atribuite tranzițiilor $\pi-\pi^*$. Spectrele electronice de fluorescență ale poliuretan-cumarinei au fost obținute în dimetilformamidă (DMF), tetrahidrofuran (THF) și în stare de film. Pentru obținerea spectrelor de fluorescență s-au folosit următoarele surse de radiații: 310nm Hg ; 365nm Hg; radiația laser N₂ (337nm) și radiațiile laser Nd-YAG (Quantel) 266nm, respectiv 532nm. S-a constatat că deplasările maximelor benzilor de fluorescență în solvenți polari sunt mai mari decât deplasările maximelor benzilor de absorbție în aceiași solvenți. Acest lucru ne arată că momentul de dipol electric în stare excitată (μ_e) este mai mare decât momentul de dipol în stare fundamentală (μ_g) ($\mu_e > \mu_g$). Aceste deplasări spre lungimi de undă mari ale maximelor benzilor electronice ($\Delta\nu=3000-5000 \text{ cm}^{-1}$) indică faptul că în stare de film, DMF și THF există nanoagregate ale poliuretan-cumarinei. Pentru a obține mai multe informații despre aceste nanostructuri au fost studiate proprietățile foto-fizice și foto-chimice ale poliuretan-cumarinei sub acțiunea excitării sistemelor moleculare folosind $\lambda_{exc}=266 \text{ nm}$ respectiv $\lambda_{exc}=532 \text{ nm}$. Studiile spectrelor de absorbție și de fluorescență au evidențiat faptul că, sub acțiunea radiațiilor cu $\lambda > 310\text{nm}$, poliuretan-cumarina formează fotodimeri. Din compararea intensităților benzilor de fluorescență de la 375nm în stare de film și 375nm în DMF rezultă că fotodimerizarea poliuretan-cumarinei în stare de film se produce în special la suprafața acestuia. Pentru a confirma acest rezultat s-a studiat procesul de fotodimerizare a poliuretan-cumarinei în stare de film cu ajutorul metodelor AFM. S-a studiat, de asemenea, suprafața unui film obținut prin spin-coating în două cazuri. Suprafața neiradiată și aceeași suprafață iradiată cu radiația laserului cu azot în impulsuri ($\lambda = 337\text{nm}$). Imaginile de deflecție confirmă faptul că nanoagregatele formate apar în număr mai mare atunci când suprafața filmului este iradiată cu radiația laserului cu azot, $\lambda = 337\text{nm}$. Au fost evidențiate o serie de rezultate preliminare privind acțiunea fasciculelor laser în impulsuri (2 picosecunde) asupra acelorași polimeri de

tip poliuretan-cumarină. Au fost efectuate măsurători spectrale și de imaginerie ICCD a plumei de ablație laser și au fost depuse straturi subțiri PLD de grosimi diferite.

B. Obținerea și caracterizarea de nanostructuri (polimer, metal, materiale feromagnetice, calcogenuri) prin ablație laser

Au fost implementate prin ablație pe substraturi de poliimida nanoparticule metalice (Cu, puritate 99,4% și Ni, puritate 99,6 %). Studiile care se referă la capacitatea de structurare a suprafeței straturilor subțiri polimere au arătat că o influență semnificativă o au condițiile de iradiere (gama de frecvențe și valorile energiilor). Implementarea de nanoparticule metalice în filme polimere trebuie să se facă luând în considerare mai mulți factori. Dintre aceștia amintim: proprietățile electronice și optice ale nanostructurilor ce se obțin, controlul grosimilor filmelor depuse, cercetări detaliate ale geometriei particulelor din nanostructurile obținute, luarea în considerare a diferitelor procese de difuzie care conduc la modificarea dimensiunilor particulelor și la forma de distribuție a acestora, măsurători ale proprietăților optice și electronice ale matricilor obținute (nanoparticule metalice-polimer). Au fost obținute straturile subțiri polimere pe suport de cuarț și sticlă specială transparentă în domeniul UV și IR (CaF), folosind metoda de depunere spin coating. Au fost cercetați următorii polimeri sintetizați în acest scop: Polyimide (șase polimeri) și Poliuretan cumarina. Facem precizarea că polimerii studiați au fost sintetizați la Institutul de Chimie Macromoleculară "P.Poni" Iași. Metodele chimice și structurale de analiză au confirmat structura chimică atribuită compusilor.

Din analiza proprietăților structurale ale straturilor subțiri de ferită de cobalt s-a observat că, în cazul straturilor de ferită de cobalt dopată, este necesară o temperatură mai mare a substratului pentru obținerea structurii de tip spinel. În urma analizei rezultatelor de spectroscopie Raman s-a observat prezența unor tensiuni mecanice de compresie în straturile subțiri, odată cu folosirea unor temperaturi mai mari în timpul depunerilor. Prezența PR în straturile subțiri de ferită de cobalt nu a determinat formarea fazei reziduale de ortoferită de PR ca în cazul materialelor masive. Mai mult decât atât, rezultatele analizelor structurale și magnetice au confirmat substituția Fe din structura de tip spinel cu ioni de PR. S-a observat că folosirea unei temperaturi mai mari a substratului determină o îmbunătățire a răspunsului magnetic. Pentru a evita depunerea particulelor de dimensiuni micrometrice pe substrat, dar fără a diminua semnificativ rata de depunere, pentru ablația materialului s-a folosit radiația laser provenită de la un laser TiSafir (femtosecundă). Rezultatele analizelor structurale efectuate au indicat formarea unei structuri cristaline de tip spinel cu direcții cristalografice preferențiale de creștere. Datorită fluenței mult mai mici și ratei mari de repetiție a pulsurilor laser s-au obținut straturi subțiri cu uniformitate ridicată într-un timp mult mai scurt. Rata de depunere estimată a fost mai mare cu aproximativ un ordin de mărime decât cea observată pentru depunerile cu laserul Nd-YAG. Și în cazul acestor straturi au fost detectate tensiuni mecanice interne, dar de extindere.

C. Influența caracteristicilor pulsului laser și a parametrilor experimentali asupra dinamicii plumei de ablație laser:

Pentru o clasă specială de chalcogenuri GLS (gallium lanthanum sulphide) nedopate și dopate cu Er și Pr s-a evidențiat importanța regimului laser (durata pulsului laser) și a fluenței laser asupra dinamicii plumei de ablație laser (densități, temperaturi de excitație, viteze de expansiune, etc), asupra geometriei plumei de ablație laser. Au fost utilizați diferiți regimuri laser după cum urmează: în regimul nanosecundă, s-a folosit laser cu lungimea de undă de 532 nm, durata pulsului de 10 ns, frecvența de repetiție 10 Hz și fluențe de ordinul a 4 J/cm^2 .

În regimul picosecundă s-a folosit laser cu lungimea de undă de 800 nm, durata pulsului de 2 ps, frecvența de repetiție 100 Hz și fluențe de ordinul a 1 J/cm^2 . Pentru iradiere cu laser femtosecundă, durata pulsului laser a fost de 120 fs și caracteristici similare cu regimul ps. Datele preliminare au arătat modificări importante de la un regim la altul a plumei (reflectată prin măsurătorile de imagerie ICCD) cât și prin măsurătorile spectrale de emisie optică rezolvate spațial și temporal. Pentru caracterizarea individuală a fiecărei specii chimice prezente în plasma, au fost efectuate măsurători spectrale specifice plasmei tranzitorii. Astfel, funcție de regimul laser au fost înregistrate spectre la diferite distanțe de tinta, pentru felii de plasma cu grosimi de 0.2 mm. Din profilurile spațiale și temporale au fost identificate temperaturile de excitare ale diferitelor specii de particule precum și evoluția temporală a densităților electronice. Rezultatele preliminare arată o structurare a plumei de ablație laser în care compoziția chimică cât și regimul de iradiere laser joacă un rol fundamental. Măsurătorile preliminare arată de asemenea existența unei zone de accelerare a plumei de ablație laser. Acest fenomen a fost subiectul unor articole de acest gen și se presupune că la originea acestei accelerări stă la bază acțiunea «stratului dublu de plasma» format prin separarea sarcinilor electrice din pluma în timpul expansiunii.

Spre deosebire de regimul nano, în cazul regimului femto pluma de ablație laser prezintă o dinamică complet diferită. Elementele dopante contribuie la creșterea substanțială a timpului cu un ordin de mărime cât pluma de ablație laser emite radiații în spectrul UV-VIS. De asemenea după aproximativ 1000 ns, pluma de ablație laser, pentru ambii dopanți, are o tendință de fragmentare iar pluma capătă o expansiune mai lentă. De asemenea, comparativ cu studiile efectuate pînă în prezent se observă pentru prima dată o filamentare a plumei de ablație laser începând cu 3000 ns (GaLaSP $^{3+}$) respectiv 4000 ns (GaLaSE $^{3+}$). Rezultă de aici că profilul plumei de ablație laser suferă modificări substanțiale în timpul expansiunii. Astfel, dacă în general profilul plumei de ablație laser ascultă după o lege de tip $[\cos]^n(\alpha)$, în regimul «clasic» $n=8$, în cazul sus amintit acest indice are valori mult superioare. Pluma de ablație laser capătă o geometrie filamentară începând de la distanțe de 11 mm de țintă și ar putea influența calitatea stratului PLD.

LOASL împreună cu grupul de cercetători de la Universitatea de Științe și Tehnologie Lille 1 din Franța (prof. C. Focșa) a observat prezența în plasma de ablație laser a unor fenomene oscilatorii. Astfel de fenomene a tras atenția comunității științifice internaționale și a fost subiectul mai multor lucrări invitate și publicații ISI. Pentru a înțelege complexitatea fenomenelor de autostructurare și oscilatorii din plasma de tranziție laser se impune un studiu profund mergând de la natura materialului iradiat, diferitele condiții experimentale (gaz de lucru, distanță de observație, fluența laser, regim laser, etc.) și de asemenea trebuie găsit un aparat matematic care să modeleze aceste fenomene. Primele rezultate preliminare au fost făcute utilizând laseri pulsați cu durata pulsului de ordinul nanosecundelor. Cercetările noastre au evidențiat faptul că structura oscilatorie are la baza procesele elementare din pluma de ablație laser (ciocniri de excitare și ionizare, recombinații) depinde de natura electrică a țintei iar structura în ansamblu prezintă în timpul evoluției dinamici diferite de la marginea țintei spre substratul spre care înaintează pluma pentru depuneri de straturi subțiri. Astfel de autostructurări a plumei de ablație laser ar putea induce proprietăți diferite mergând de la stoichiometrie și proprietăți optice ale straturilor depuse prin tehnica PLD. În opinia noastră aceste fenomene sunt cu atât mai importante cu cât suportul PLD este mai aproape de țintă. Cercetările noastre au fost focalizate de asemenea pe utilizarea unor ținte din materiale cu mase atomice într-o varietate mare de valori (Aluminiu, Mangan, Cupru, Wolfram, Nichel, Telur etc.) folosind iradiere laser în regim femtosecundă.

Lucrări ISI

1. C. Focsa, S. Gurlui, S. Pellerin, N. Pellerin, D. Pagnon, M. Dudeck, L. Balika, Laser-induced breakdown spectroscopy in a running Hall effect thruster for space propulsion, *Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy*, 74-75 pp. 184 - 189, (2012).
2. P. Nica, M. Agop, S. Gurlui, C. Bejinariu, C. Focsa, Characterization of Aluminum Laser Produced Plasma by Target Current Measurements, *Jpn. J. Appl. Phys.* 51, 106102 (2012).
3. M. Agop, P. Nica, O. Niculescu, D. G. Dimitriu, Experimental and theoretical investigations of the negative differential resistance in a discharge plasma, *J. Phys. Soc. Japan* 81, 064502 (2012).
4. S. Gurlui, D. G. Dimitriu, N. Cimpoesu, E. Buruiana and M. Strat, Photo-(physical and chemical) properties of polyurethane coumarin in polar solvents and thin films state, Submitted at *European Polymer Journal*, 2012.
5. G. Dascalu, G. Pompilian, B. Chazallon, O. F. Caltun, S. Gurlui, C. Focsa, Femtosecond pulsed laser deposition of cobalt ferrite thin films, *Applied Surface Science*, Volume 278, p. 38-42 (2013).
6. S. Gurlui, G. O. Pompilian, P. Nemec, V. Nazabal, M. Ziskind, C. Focsa, Plasma Diagnostics in Pulsed Laser Deposition of GaLaS Chalcogenides, *Appl. Surf. Science*, 278, p. 352-356 (2013).
7. D. G. Dimitriu, M. Aflori, L. M. Ivan, V. Radu, E. Poll, M. Agop, Experimental and theoretical investigations of plasma multiple double layers and their evolution to chaos, *Plasma Sources Sci. Technology*, 22, 035007 (2013).
8. P. Nica, S. Gurlui, M. Osiac, M. Agop, C. Focsa, Electrical Characterization of Femtosecond Laser-Produced Plasma from Various Metallic Targets, in review.
9. S. Gurlui, E. Buruiana, Photo-responsive behavior of novel polyurethane coumarins, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, in review.
10. G. Bulai, S. Gurlui, O. F. Caltun, C. Focsa, Pure and rare earth doped cobalt ferrite laser ablation: space and time resolved optical emission spectroscopy, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* Vol. 10, No. 3, July - September 2015, p. 1043 – 105.
11. D. G. Dimitriu, S.A. Irimiciuc, S. Popescu, M. Agop, C. Ionita and R.W. Schrittwieser, On the interaction between two fireballs in low-temperature plasma, *Physics of Plasmas* 22, 113511 (2015).
12. R. W. Schrittwieser, C. Ionita, C. T. Teodorescu-Soare, O. Vasilovici, S. Gurlui, S. A. Irimiciuc, D. G. Dimitriu – Spectral and electrical diagnosis of a complex space-charge configuration inside and around a spherical grid with hole, *Physica Scripta*, in review.

Lucrări BDI

(revista este indexată în BDI, Zentralblatt MATH și este recunoscută CNCSIS B+)

1. D. G. Dimitriu, M. Aflori, L. M. Ivan, E. Poll, M. Agop – Transition to chaos through sub-harmonic bifurcations in plasma. I. Experiment, *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi, section Mathematics. Theoretical Mechanics. Physics*, Vol. 58, No. 4, 2012, pp.: 29-35.
2. M. Agop, E. Poll, D. G. Dimitriu, M. Aflori, L. M. Ivan - Transition to chaos through sub-harmonic bifurcations in plasma. II. Fractal hydrodynamics, *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi, section Mathematics. Theoretical Mechanics. Physics*, Vol. 58, No. 4, 2012, pp.: 37-55.
3. E. Poll, M. Agop, D. G. Dimitriu, M. Aflori, L. M. Ivan - Transition to chaos through sub-harmonic bifurcations in plasma. III. Theoretical modeling, *Bulletin of the Polytechnic*

Lucrări invitate

1. S. Gurlui, C. Focsa, Development of Laser-Produced Plasma Technology. Fundamentals and Applications, 8th BPU, the 8th General Conference of Balkan Physical Union, 5-7 July 2012, Constanta, Romania.
2. O. G. Pompilian, G. Dascalu, S. Gurlui, C. Focsa, Processing and characterization of advanced materials by laser ablation techniques, 9th International Conference on Physics of Advanced Materials, 20 - 23 September 2012, Iasi, Romania.
3. O. G. Pompilian, G. Dascalu, S. Gurlui, C. Focsa, Laser-induced plasma: fundamentals and applications, Physics Conference TIM-12, 27-30 November 2012, Timisoara, Romania.
4. S. Gurlui, P. Nica, M. Agop, M. Osiac, C. Focsa, Peculiar Behavior of Plasma Plumes Generated by Femtosecond Laser Ablation of Metallic Targets, 12th International Conference on Laser Ablation, 6-11 October 2013, Ischia, Italy (O-09).
5. S. Gurlui, P. Nica, M. Agop, M. Osiac, C. Focsa, Two-Temperature Plasmas Generated by Femtosecond Laser Ablation of Metallic Targets, 16th International Conference on Plasma Physics and Applications, June 20-25, 2013, Magurele, Bucharest, Romania.
6. C. Focsa, S. Gurlui, High Technological, Potential Materials, Explored by Laser, Ablation, The 5-th National Conference of Applied Physics, May 23 - 24, 2013, Iasi, Romania.
7. R. Schrittwieser, C. T. Teodorescu-Soare, D. G. Dimitriu, S. Gurlui, C. Ionita, O. Vasilovici, Complex space charge structures excited by a spherical grid cathode, 16th International Balkan Workshop on Applied Physics, July 7-9, 2016, Constanta, Romania.

Conferințe naționale și internaționale

1. R. Cimpoesu, O. Pompilian, N. Cimpoesu, D. Ghe. Dimitriu, S. Gurlui, and C. Focsa, UV-pulsed laser deposition of polymer thin films: fundamentals and applications, Physics Conference TIM – 11, 24 - 27 November 2011, Timisoara, Romania, (poster presentation).
2. S. Gurlui, I. Lihtetchi, V. Hurduc, D. Ghe. Dimitriu, and M. Strat, Nanostructured polymer surfaces and nanoagregates of some diazobenzene polymers in film sate, Physics Conference TIM – 11, 24 - 27 November 2011, Timisoara, Romania, (poster presentation).
3. L. Balika, C. Focsa, S. Gurlui, S. Pellerin, N. Pellerin, D. Pagnon and M. Dudeck, Laser Ablation in a Hall Effect Thruster for Space Propulsion, E-MRS Spring 2012 - Symposium V, 2012.
4. G. Dascalu, G. Pompilian, B. Chazallon, V. Nica, O. F. Caltun, S. Gurlui, C. Focsa, Rare earth doped cobalt ferrite thin films deposited by PLD, E-MRS Spring 2012 - Symposium V, 2012.
5. S. Gurlui, G. O. Pompilian, P. Nemec, V. Nazabal, M. Ziskind, C. Focsa, Plasma Diagnostics in Pulsed Laser Deposition of GaLaS Chalcogenides, E-MRS Spring 2012 - Symposium V, 2012.
6. R. Cimpoesu, S. Gurlui, O. Pompilian, M. Lohan, N. Cimpoesu, C. Focsa, Thermo-elastic solicitation of a shape memory alloy enhanced with thin polymer films through pulsed laser deposition technique, 8th BPU, The 8th General Conference of Balkan Physical Union, 5-7 July 2012.
7. S. Gurlui, D. Dimitriu, M. Strat, Optical and Spectral Properties of Polyurethane Coumarine. Self-organization phenomena induces nanoaggregate formations, 8th BPU, The 8th General Conference of Balkan Physical Union, 5-7 July 2012.

8. S. Gurlui, N. Cimpoesu, M. Strat, Selforganization phenomena in polyurethane coumarine film. The study of formation of nanoagregates by means of AFM and SEM methods, 8th BPU, The 8th General Conference of Balkan Physical Union, 5-7 July 2012.
9. M. Agop, D. G. Dimitriu, S. Gurlui, Negative Differential Resistance of the Discharge Plasma through Fractal Space-Time Theory, Proceedings, 5th Chaotic Modeling and Simulation International Conference, 12 – 15 June 2012, Athens Greece Proceedings, 5th Chaotic Modeling and Simulation International Conference.
10. M. Agop, D. G. Dimitriu, S. Gurlui, Modeling of a Scenario of Transition to Chaos in Plasma through Sub-harmonic Bifurcatio, 5th Chaotic Modeling and Simulation International Conference, 12 – 15 June 2012, Athens Greece Proceedings, 5th Chaotic Modeling and Simulation International Conference.
11. O. G. Pompilian, G. Dascalu, I. Mihaila, S. Gurlui, M. Olivier, P. Nemec, V. Nazabal, N. Cimpoesu, C. Focsa, Pulsed Laser Deposition of Gallium Lanthanum Sulphide Chalcogenide Thin Films, 12th International Conference on Laser Ablation, 6-11 October 2013, Ischia, Italy (P2-69).
12. O. Niculescu, M. M. Cazacu, M. N. Dănilă, D. G. Dimitriu, S. Gurlui, M. Agop – Magnetosphere double layers and aurora borealis. Acceleration mechanisms and instabilities, Environmental Legislation, Safety Engineering and Disaster Management (ELSEDIM), Cluj-Napoca, Romania, 2012.
13. S. Gurlui, O. Niculescu, D. G. Dimitriu, C. Ionita, R. Schrittwieser – Spectral investigations of two simultaneous fireballs in plasma, Physics Conference TIM-12, Timisoara, Romania, 2012.
14. O. Niculescu, S. Gurlui, D. G. Dimitriu, C. Ionita, R. Schrittwieser – Optical Emission Spectroscopy and Nonlinear Dynamics Analysis of Two Fireballs Simultaneously Obtained in a Cold Diffuse Plasma, 31st ICPIG, July 14-19, Granada, Spain, 2013.
15. O. Niculescu, S. Gurlui, D. G. Dimitriu, C. Ionita, R. Schrittwieser – Study on the Interaction of two Complex Plasma Structures. Optical Emission Spectroscopy and Nonlinear Dynamics Analysis, PLASMA-2013, September 2-6, Warsaw, Poland, 2013.
16. G. Dascalu, S. Gurlui, P. Nemec, O. Pompilian, C. Focsa, Nano-, Pico- and Femto-second Laser Ablation of Pure and Rare-earth-doped Gallium Lanthanum Sulphide: A Comparative Study by Space- and Time-resolved Optical Emission Spectroscopy, International Conference on Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS 2014), 2014, Beijing, China.
17. G. Dascalu, O. G. Pompilian, I. Mihaila, S. Gurlui, P. Hawlova, P. Nemec, V. Nazabal, C. Focsa, Pure and Rare-Earth Doped Gallium Lanthanum Sulphide Amorphous Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition in Various Temporal Regimes, European Materials Research Society (E-MRS) Spring Meeting, E-MRS 2014, Lille, France.
18. R. Boidin, S. Gurlui, G. Dascalu, P. Nemec, V. Nazabal, C. Focsa, Pulsed Laser Deposition of Ge-Sb-Se glasses: A plasma plume dynamics study, European Materials Research Society Spring Meeting, E-MRS 2014, Lille, France.
19. G. Bulai, O. Caltun, S. Gurlui, M. Feder, B. Chazallon, C. Focsa, Structural and magnetic properties of rare earth doped cobalt ferrite thin films grown by pulsed laser deposition, International Conference on Thin Films, 2014, Dubrovnik, Croatia.
20. R. Boidin, J. M. Kfoury, S. Gurlui, G. Dascalu, P. Nemec, V. Nazabal, C. Focsa, Space- and Time-Resolved Optical Emission Spectroscopy of Plasma Plume Dynamics in Laser Ablation of Ge-Sb-Se Chalcogenide Glasses, International Conference on Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS 2014), 2014, Beijing, China.
21. G. Bulai, O. Pompilian, V. Nazabal, P. Nemec, B. Chazallon, S. Gurlui, C. Focsa, Influence of ablation conditions on the structural and optical properties of Ge-Sb-Te based thin films deposited by PLD, Electroceramics Conference, 2014, Bucharest, Romania.

22. G. Dascalu, O. Pompilian, S. Gurlui, P. Nemeč, C. Focsa, Space- and time-resolved optical emission spectroscopy of transient plasma generated by ns and fs laser ablation of Pr- and Er-doped GaLaS, European Materials Research Society Spring Meeting, E-MRS 2014, Lille, France.
23. G. Dascalu, O. Pompilian, N. Cimpoesu, V. Nazabal, P. Nemeč, P. Hawlova, B. Chazallon, S. Gurlui, C. Focsa, Improved surface structure and chemical composition of Ge-Sb-Te thin films grown by femtosecond and picosecond PLD, European Materials Research Society Spring Meeting, E-MRS 2014, Lille, France.
24. G. Bulai, V. Nica, B. Chazallon, S. Gurlui, C. Focsa, Influence of rare earth addition on structural and magnetic properties of cobalt ferrite thin films, EMRS Spring Meeting, 2015, Lille, France.
25. G. Bulai, B. Chazallon, I. Dumitru, S. Gurlui, C. Focsa, Influence of deposition conditions on rare earth doped cobalt ferrite thin films obtained by PLD, Conference on Laser Ablation, 2015, Cairns, Australia.
26. G. Bulai, S. Gurlui, B. Parvatheeswara Rao, Ovidiu Florin Caltun, Alternating target laser ablation deposition of Cu doped cobalt ferrite thin films, International Conference on Magnetism, 2015, Barcelona, Spain.
27. G. Bulai, A. Fifere, I. Dumitru, M. Pinteala, C. Focsa, S. Gurlui, Structural and magnetic properties of cobalt ferrite nanoparticles obtained by laser ablation in liquid, International Conference on Magnetism, 2015, Barcelona, Spain.
28. M. Strat, N. Cimpoesu, V. Pohoata, E. Buruiana, G. Bulai, S. Gurlui, Selforganization of Nanoagregates Polyurethane Coumarins, Frontiers in Polymer Science, 2015, Riva del Garda, Italy.
29. F. Husanu, G. Bulai, M. Pinteala, C. Focsa, S. Gurlui, Studiul nanoparticulelor de ferită de cobalt obținute prin ablație laser în lichid, Conferința Națională Fizica și Tehnologiile Educaționale Moderne, Iași, 2015, Romania.
30. S.A. Irimiciuc, S. Gurlui, P. Nica, M. Agop, M. Osiac, C. Focsa, Langmuir Probe Measurements on Femtosecond Laser Ablation of Several Metals, EMRS Spring Meeting, 2015, Lille, France.
31. S.A. Irimiciuc, S. Gurlui, P. Nica, M. Agop, M. Osiac, C. Focsa, Electrical and optical investigation of plasma plumes generated by femtosecond laser ablation of various metals, The 13th Conference on Laser Ablation (COLA-2015) Cairns, Australia.
32. S.A. Irimiciuc, S. Gurlui, P. Nica, M. Agop, M. Osiac, C. Focsa, Optical and electrical investigations of transient plasmas generated by femtosecond laser ablation, XXXII ICPIG, 2015, Iasi, Romania.
33. B.C. Hodoroaba, S. A. Irimiciuc, G. Bulai, C. Focsa, S. Gurlui, Studiul plasmei de ferita de cobalt produsa prin ablatie laser, FTEM, 2015, Iasi, Romania.
34. S. Gurlui, G. Bulai, M. M. Cazacu, A. Timofte, A. Cocean, S. Irimiciuc, V. Pelin, B. Albina, N. Cimpoesu, P. Nica, M. Agop, M. Ziskind, C. Focsa, Space-and-time-resolved spectroscopy of transitory laser ablation plasma, International EMMI Workshop in Plasma Physics at FAIR, GSI Darmstadt, July 11th-13th 2016 Workshop on Plasma Physics at FAIR.
35. G. Bulai, B. Chazallon, A. Popa, D. Toloman, F. Iacomi, S. Gurlui, C. Focsa, Influence of rare earth addition in cobalt ferrite thin films deposited by PLD, EMRS Spring Meeting, 2016, Lille, France.
36. S. Irimiciuc, R. Boidin, G. Bulai, S. Gurlui, P. Nemeč, V. Nazabal, C. Focsa, Laser ablation of $(\text{GeSe}_2)_{100-x}(\text{Sb}_2\text{Se}_3)_x$ chalcogenide glasses: Influence of the target composition on the plasma plume dynamics, EMRS Spring Meeting, 2016, Lille, France.
37. G. Bulai, O. Pompilian, S. Gurlui, P. Nemeč, V. Nazabal, N. Cimpoesu, B. Chazallon, C. Focsa, Structural and optical properties of Ge-Sb-Te chalcogenide thin films deposited by

nanosecond, picosecond and femtosecond laser ablation, International Conference on Physics of Advanced Materials 2016, Cluj-Napoca, Romania.

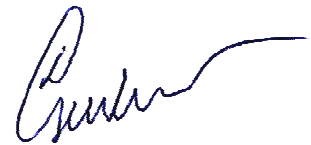
38. S. A. Irimiciuc, B. C. Hodoroaba, S. Gurlui, M. Agop, P. Nica, C. Focsa, Space-and time-resolved Langmuir probe investigations of nanosecond laser ablation plasma plumes, International Conference on Physics of Advanced Materials 2016, Cluj-Napoca, Romania.

39. A. Cocean, V. Pelin, M. M. Cazacu, S. Gurlui, F. Iacomi, Thermal doping effect on the limestone under laser irradiation, International Conference on Physics of Advanced Materials 2016, Cluj-Napoca, Romania.

40. S. Gurlui, C. T. Teodorescu-Soare, D. G. Dimitriu, R. Schrittwieser, C. Ionita, Optical and electrical investigations of a complex space charge structure excited by a spherical grid cathode with hole, 27th Symposium on Plasma Physics and Technology, 2016, Prague, Czech Republic.

Septembrie 2016

Director proiect,
Conf. univ. dr. Silviu Gurlui

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. Gurlui', with a long horizontal flourish extending to the right.