

**ACADEMIA DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI  
INSTITUTUL DE INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI NANOTEHNOLOGII  
„D. GHIȚU”**

Cu titlu de manuscris

CZU 533.9

**HÎRBU AREFA**

**PROCESE DE EXCITARE ȘI RELAXARE A MOLECULELOR ÎN MEDII  
GAZOASE**

**133.01 – PROCESE FIZICE ÎN GAZE ȘI ÎN PLASMĂ**

Autoreferatul tezei de doctor în fizică

**CHIȘINĂU, 2016**

**Teza a fost elaborată** în cadrul Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „D. Ghițu” al Academiei de Științe a Moldovei

**Conducător științific:**

**CANȚER Valeriu**, acad., prof. univ., dr. hab. în științe fizico-matematice, specialitatea 01.04.10 – Fizica semiconductorilor și dielectricilor

**Consultant științific:**

**TOPALĂ Pavel**, prof. univ., dr. hab. în tehnică, specialitatea 242.05 – Tehnologii, procedee și utilaje de prelucrare

**Referenți oficiali:**

**LUCA Dumitru**, prof. univ., dr. ing., Universitatea „A.I. Cuza”, Iași, România

**POTLOG Tamara**, conf., dr., Universitatea de Stat a Moldovei

**Componența Consiliului Științific Specializat (Hotărârea CNAA nr. AT-6/1 din 20.11.2014):**

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| 1. <b>DOROGAN Valerian</b> , prof. univ., dr. hab., UTM                       | - <i>președinte al CȘS</i>          |
| 2. <b>EVTODIEV Igor</b> , conf. univ., dr. hab., USM                          | - <i>secretar științific al CȘS</i> |
| 3. <b>POPA Gheorghe</b> , prof. univ., dr. ing., UAIC, România                | - <i>membru al CȘS</i>              |
| 4. <b>SIDORENKO Anatolie</b> , prof. univ., dr. hab., m.cor., ILEN „D. Ghițu” | - <i>membru al CȘS</i>              |
| 5. <b>CARAMAN Mihai</b> , prof. univ., dr. hab., USM                          | - <i>membru al CȘS</i>              |
| 6. <b>PLOHOTNIUC Eugen</b> , conf. univ., dr., USARB                          | - <i>membru al CȘS</i>              |

Susținerea va avea loc la **27.06.2016, ora 15<sup>00</sup>** în ședința Consiliului Științific Specializat **D 31.133.01-01 „Procese fizice în gaze și în plasmă”** din cadrul Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „D. Ghițu” al Academiei de Științe a Moldovei, MD 2028, Republica Moldova, Chișinău, str. Academiei 3/3.

Teza de doctor, lucrările științifice în baza cărora se susține teza și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca Academiei de Științe a Moldovei și la pagina web a C.N.A.A. ([www.cnaa.md](http://www.cnaa.md))

**Autoreferatul a fost expediat la 27.05.2016**

**Secretar științific** al Consiliului Științific Specializat,  
conf. univ., dr. hab. în științe fizico-matematice

\_\_\_\_\_ **EVTODIEV Igor**

**Conducător științific:**

acad., prof. univ., dr. hab. în științe fizico-matematice

\_\_\_\_\_ **CANȚER Valeriu**

**Consultant științific:**

prof. univ., dr. hab. în tehnică

\_\_\_\_\_ **TOPALA Pavel**

**Autor:**

\_\_\_\_\_ **HÎRBU Arefa**

## Repere conceptuale ale cercetării

**Actualitatea temei.** Actualitatea temei de investigație și gradul de studiere a acesteia sunt argumentate de următoarele:

- generalizarea și argumentarea cercetărilor teoretico-experimentale a proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase;
- sistematizarea cunoștințelor privind obținerea plasmei descărcărilor electrice în impuls;
- dezvoltarea de noi cunoștințe prin concretizarea și elaborarea bazelor teoretice, privind procesele de interacțiune a canalului de plasmă al descărcărilor electrice în impuls cu corpuri solide;
- aplicații plasmei descărcărilor electrice în impuls la construcția noilor tipuri de generatoare cuantice și la excitarea multifotonică a substanțelor transparente.

**Noutatea științifică** a rezultatelor obținute constau în elaborarea electrozilor de construcție specială utilizați în generatorul de impulsuri pentru obținerea plasmei fără dispozitive auxiliare de ionizare preventivă a mediului gazos cercetat; utilizarea plasmei la excitarea multifotonică a moleculelor de sticlă optică și apariția radiației secundare în ea; cercetarea interacțiunii plasmei cu suprafețele metalice în vederea obținerii micro- și nano-structurilor.

**Semnificația teoretică** constă în analiza bazelor teoretice privind procesele fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase și a corpurilor solide.

**Valoarea aplicativă a lucrării** este asigurată de obținerea plasmei în condițiile de laborator care evită utilizarea unor dispozitive auxiliare de ionizare preventivă a mediului activ, ceea ce nu cere sincronizarea dintre descărcarea de bază și momentul când ionizarea interstițiului este maximală. În rezultatul interacțiunii plasmei căpătate cu suprafața diferitor materiale se obțin structurile de ordinul nanometric, iar însăși plasma poate fi aplicată la construcția generatoarelor cuantice în mediile gazoase neagresive, precum și în scopul sterilizării obiectelor din medicină.

**Implementarea rezultatelor științifice:** în baza rezultatelor din teza de doctor a fost eliberate 2 brevete de invenție și depuse 2 cereri privind procedeul și dispozitive de obținere a plasmei în condiții de laborator. Rezultatele teoretice și experimentale obținute au fost aplicate în pregătirea specialiștilor prin studii superioare de licență la Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, specialitatea „Fizica tehnologică”, Extensiunea Universității „A.I. Cuza”, Iași, România, la promovarea cursului „Fizica plasmei”.

**Problema științifică importantă** pusă spre rezolvare este analiza proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase în vederea obținerii plasmei fără ionizarea preventivă.

**Contribuțiile lucrării.** Teza este consacrată cercetărilor teoretico-experimentale privind procesele fizice de excitare și relaxare a moleculelor în medii gazoase. Baza teoretică a tezei este argumentată analiza stadiului actual privind metode de excitare și relaxare a mediilor gazoase și a corpurilor solide; cercetarea posibilităților de obținere a plasmei în condițiile de laborator care evită utilizarea unor dispozitive auxiliare de ionizare preventivă a mediului activ, ceea ce nu cere sincronizarea dintre descărcarea de bază și momentul când ionizarea interstițiului este maximală.

### **Contribuții teoretice:**

- studiul stadiului actual privind aplicarea plasmei descărcărilor electrice în impuls la excitarea nivelelor energetice oscilatorii ale moleculelor;
- descrierea tabloul general al dezvoltării străpunerii și generării avalanșelor la descărcarea electrică în impuls;
- analiza considerațiilor teoretice privind obținerea plasmei în medii gazoase;
- aprecierea fenomenelor de difuzie la descărcarea luminescentă.

### **Contribuții practice:**

- elaborarea instalațiilor experimentale pentru obținerea plasmei descărcărilor electrice în impuls în condiții de laborator și pentru determinarea constantei de timp de relaxare VT a moleculelor de H<sub>2</sub>;
- elaborarea electrozilor de construcție specială care permit formarea plasmei descărcărilor electrice în impuls fără ionizarea preventivă a mediului activ;
- excitarea multifotonică a moleculelor de SiO<sub>2</sub> și căpătarea radiațiilor secundare;
- modificarea microstructurii suprafețelor metalice și formarea nanostructurilor (asperități în forma conurilor Taylor, pelicule de oxizi, diferite clustere) la interacțiunea plasmei cu ele;
- implementarea rezultatelor cercetărilor teoretice și experimentale în promovarea cursurilor universitare.

În calitate de **obiect al cercetărilor** au servit procesele fizice ce au loc în mediile moleculare gazoase la excitarea și relaxarea lor, sticle optice, suprafețe metalice.

**Scopul și obiectivele tezei.** Scopul tezei este cercetarea teoretico-experimentală a proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase în vederea obținerii plasmei și analizei interacțiunii ei cu substanță. Pentru realizarea scopului tezei au fost focalizate următoarele obiective majore: studiul stadiului actual privind cercetările proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase; cercetarea teoretică și experimentală a condițiilor de obținere a plasmei în condiții de laborator; proiectarea și elaborarea instalației experimentale pentru obținerea plasmei în condiții de laborator; elaborarea modelului matematic referitor la cercetarea proceselor fizice în medii gazoase și interacțiunea plasmei cu substanță; cercetarea experimentală a interacțiunii plasmei cu corpuri solide.

**Publicații la tema tezei.** Rezultatele obținute și prezentate în teza de doctorat au fost publicate în 44 lucrări științifice, inclusiv: 4 fără coautori, 3 articole în reviste din străinătate recunoscute, 3 articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (Categorie C – 1 articol, Categorie A - 2), 1 articol în reviste aflate în proces de acreditare, 3 articole în culegeri de lucrări ale conferințelor internaționale, 13 teze ale comunicărilor la conferințe internaționale, 2 brevete de invenții, 3 cereri de brevet de invenție, 16 materiale la saloane de invenții.

**Volumul și structura tezei.** Lucrarea este compusă din introducere, cinci capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 120 titluri, 117 pagini (până la bibliografie), 160 formule, 47 figuri, 3 tabele.

**Cuvinte cheie:** descărcări electrice în impuls, plasmă, excitare, relaxare, mediu gazos, sticlă optică, suprafețe metalice.

## Conținutul tezei

**Introducerea** conține aspecte ce țin de actualitatea și importanța temei de cercetare, alegerea obiectului cercetării, formularea scopului și obiectivelor tezei de doctorat.

În introducere se evidențiază problema importantă pusă spre rezolvare – analiza proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase în vederea obținerii plasmei fără ionizarea preventivă. Cel mai important aport al electronicii cuantice în spectroscopie îl prezintă studiul stărilor excitate oscilator ale moleculelor poliatomiche. Excitarea poliatomică s-a transformat într-o metodă eficientă de cercetare a nivelelor de populare înaltă a moleculelor. Descrierea calitativă a excitărilor poliatomiche a cerut un studiu al spectrelor de tranziție oscilatorie a moleculelor cu populare înaltă energetică care a dus la apariția unei direcții noi și anume spectroscopia moleculelor. La moment există atât cantitativ cât și calitativ baza proceselor fotofizice și celor fotochimice care au loc în moleculele poliatomiche aflate într-un câmp electric și interacțiunea lor la rezonanță. Așa procese prezintă în primul rând o interacțiune neliniară a modei de rezonanță cu radiație infraroșie și în al doilea rând interacțiunea dintre modelele oscilatorii între ele datorită anarmonismului. Ambele aceste procese sînt legate între ele și stă la baza caracteristicii moleculei poliatomiche în câmpul electromagnetic.

**Capitolul I** sintetizează stadiul actual al cercetărilor teoretice și experimentale privind obținerea și aplicarea plasmei a descărcărilor electrice în impuls. În acest capitol au fost analizate la nivel național și internațional: limitele de existență a descărcărilor Townsend și mecanismul străpungerii sub formă de strimer; tabloul general al dezvoltării străpungerii; stadiul generării avalanșelor; străpungerea interstițiului la tensiuni ce depășesc valoarea statică; efectul accelerării continue; formarea străpungerii; metode de excitare a nivelelor energetice oscilatorii; ionizarea gazului în câmpul electric. Cea mai simplă metodă de creare a plasmei la temperaturi joase o reprezintă descărcările în gaze sub forma de impulsuri, variind presiunea și componentele mediului gazos, dimensiunile electrozilor și distanța dintre ei.

O atenție deosebită în acest capitol o prezintă metodele de excitare a moleculelor poliatomiche (fig. 1) [1].

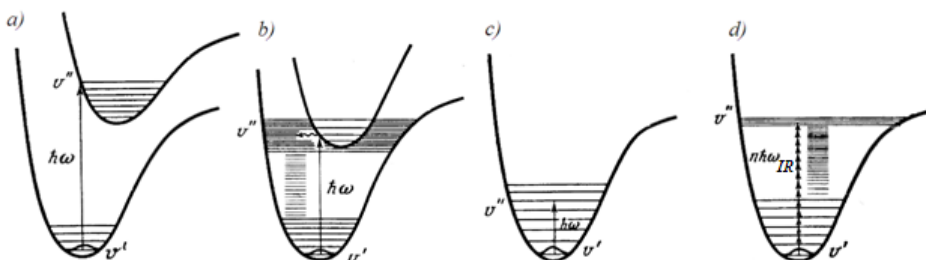


Fig. 1. Metode de excitare a moleculelor poliatomiche pentru nivelele superioare ale stărilor oscilatorii: a – excitarea stării electronice cu surplus de energie oscilatorie; b – conversia internă de energie a excitării electronice în energia oscilatorie; c – excitarea obertonilor superiori de oscilație; d – excitarea polifonică a nivelelor oscilatorii cu radiație infraroșie [1]

Dacă energia de excitare a stărilor oscilator-electronică a moleculei poliatomice este mai mică decât energia de disociere a moleculei în stare electronică de bază, atunci excitând-o cu raze ultraviolete sau infraroșii, molecula, datorită legăturilor neadiabactice a mișcărilor electronice sau oscilatorii, relaxează pe nivele oscilatorii înalte ale stării electronice de bază cu una și aceeași energie (fig. 1, a, d). În cazul când energia fotonului de excitare nu se află în rezonanță cu oscilațiile proprii ale moleculei poate avea loc conversie internă (fig. 1, b) sau excitarea obertonilor superiori de oscilație (fig. 1, c) [1].

Pentru apariția radiției secundare se aplică excitarea nivelelor oscilatorii înalte a moleculelor poliatomice cu radiații ultraviolete, lungimea de undă a căreia coincide cu banda fundamentală de absorbție. Acest caz corespunde relaxării electronice directe (fig. 2, a) [1].

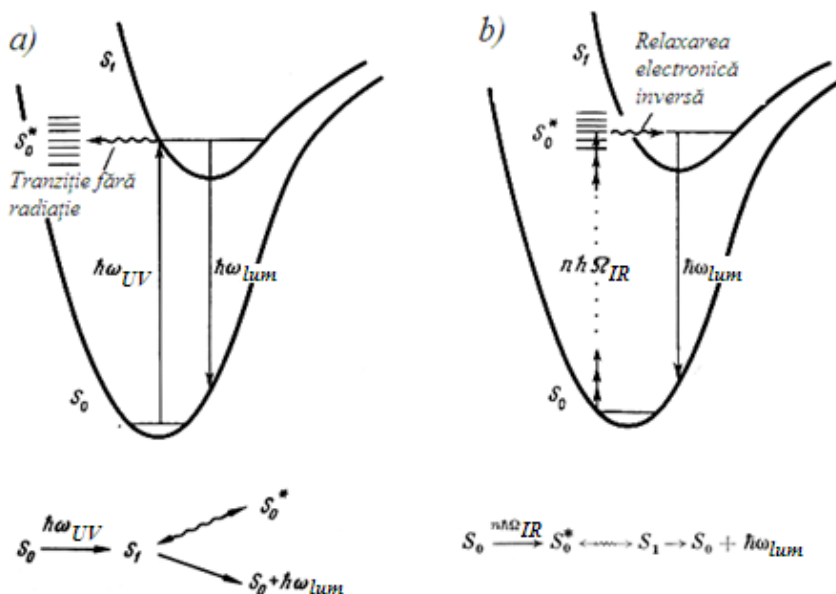


Fig. 2. Relaxarea electronică directă (a) și inversă (b) [1]

O altă metodă este cea a excitării multifotonice cu raze infraroșii. Aplicînd această metodă este posibilă excitarea nivelelor oscilatorii înalte a stării electronice de bază cu radiație infraroșie. Absorbînd la rezonanță un anumit număr de fotoni infraroșii molecula atinge nivelul excitării electronice, după care are loc relaxarea electronică inversă (fig. 2, b), însoțită de radiație secundară [1].

**În capitolul II** este prezentată metodică cercetărilor experimentale: elaborarea instalației experimentale pentru determinarea constantei de timp de relaxare a mediilor gazoase; descrierea instalației experimentale de formare a plasmei; construcția și modul de funcționare ale electrodului special pentru obținerea plasmei în condiții de laborator fără ionizarea prezentivă a mediului activ; este elaborată metodică cercetării interacțiunii plasmei cu substanță: cu sticle optice și cu suprafețe metalice; descrierea aparatului

matematic aplicat la cercetarea proceselor de excitare și relaxare; perfecționarea instalației experimentale cu scopul mării volumului și omogenității plasmei.

**Instalația experimentală pentru determinarea constantei de timp de relaxare a mediilor gazoase.** În fig. 3 [2, 3] este prezentată schema instalației experimentale destinată determinării constantei de timp a relaxării energiei oscilatorii. Măsurările relaxării pentru  $H_2$  la presiunea de 8 atm s-au efectuat în felul următor: chiuveta 1 se umplea cu gazul supus cercetării; cu ajutorul lentilei 2 se focaliza radiația laserului 3 care era orientat spre electrozii 4 prin fereastra optică 5. Radiația laser pătrunzând în chiuvetă 1 iniția străpungerea care iese din ea prin intermediul ferestrei 6 și era colimatată cu ajutorul lentilei 7. La electrozii 4 se aplica diferența de potențial de la sursă de tensiune înaltă 8 și în procesul disipării energiei oscilatorii acumulate de moleculele de  $H_2$  la generarea primei componente Stokes la împrăștierea Raman indusă în regiunea focarului avea loc încălzirea gazului. Ca rezultat se micșora densitatea lui și între electrozii 4 apărea descărcarea sub formă de scînteie.

Pentru a măsura energia acumulată de moleculele gazului cu ajutorul calorimetrului 9 era înregistrată energia primei componente Stokes selectată de filtrul optic 10. Cu ajutorul plăcuței plan paralele 11 o parte din radiație (I Stokes) era orientată spre fotoreceptorul 12. Întârzierile de timp între impulsul de pompage și impulsul curentului de descărcare era înregistrat cu ajutorul dispozitivului Rogovskii 13 și se măsura cu ajutorul laserului cu rubin ( $\lambda_{rad}=0,6943 \mu m$ ) cu modulare pasivă a factorului de calitate a rezonatorului. Durata impulsului de generare a laserului cu rubin era de 50 ns cu valoarea energiei impulsului de radiație cuprinsă în diapazonul de la 0,2 pînă la 0,8 J. Distanța focală a lentilelor 2 și 7 era de 75 mm. Mărimea interstițiului era egală cu 2,5 mm.

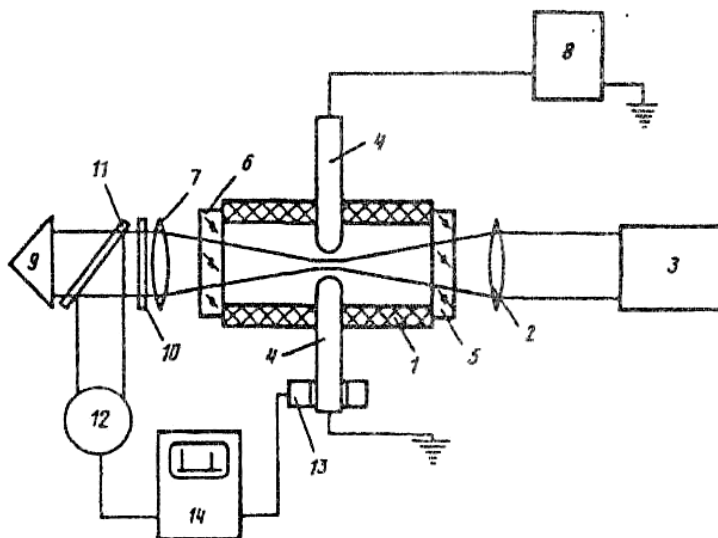


Fig. 3. Instalația experimentală pentru determinarea constantei de timp de relaxare [2, 3]:  
 1 – chiuveta cu gaz; 2, 7 – lentile; 3 – laserul cu rubin; 4 – electrozii; 5, 6 – ferestre optice;  
 8 – sursa de tensiune înaltă; 9 – calorimetru; 10 – filtru optic; 11 – placa optică plan paralelă; 12 – fotoreceptor; 13 – dispozitivul Rogovskii; 14 – osciloscop

Mărimea tensiunii de străpungere electrică se determina după ce în chiuveța a fost introdus gazul, în baza creșterii lente a tensiunii la electrozi, pînă în momentul cînd are loc străpungerea interstițiului, înregistrată cu ajutorul dispozitivului Rogovskii și osciloscopului. Mărimea tensiunii de străpungere constituia 22 kV la presiunea gazului din chiuveță de 8 atm.

**Instalația experimentală pentru obținerea plamei**, schema căreia este prezentată în fig. 4, constă din următoarele elemente [4-9]: sursa de alimentare de curent continuu care funcționează la tensiune  $U=25$  kV, eclatorul (Ecl.), bateria de condensatoare (C), rezistența de balast R, electrodul special 1 și contraelectrodul 2.

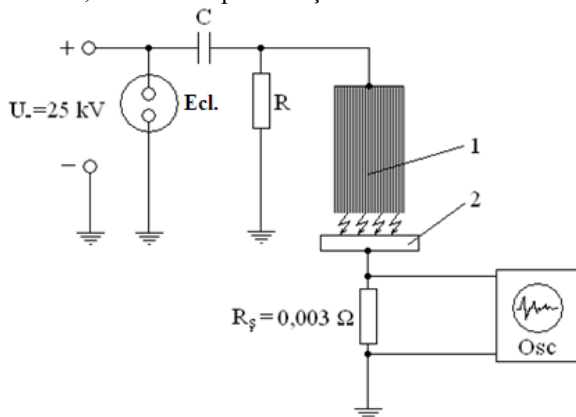


Fig. 4. Schema de principiu a instalației experimentale și măsurării parametrilor impulsurilor descărcărilor [4-9]: Ecl. – eclator, Osc – osciloscop cu memorie,  $R_s$  – rezistența de șunt; 1 – electrodul special; 2 – contraelectrod

Interstițiul dintre electrozi este  $S=7$  mm. Secțiunea transversală a electrodului special avea dimensiunea  $17 \times 7$  mm, în care erau localizate un număr de cca. 600 fire de cupru de diametrul 0,35 mm izolate între ele. Măsurarea parametrilor impulsurilor de curent (durata, forma și valoarea amplitudinei) [4-9] și vizualizarea lor se efectuează prin intermediul osciloscopului cu memorie Osc (C8-13), conectat paralel la șuntul coaxial cu rezistența activă  $R_s=0,003 \Omega$ . Parametrii energetici ai descărcărilor electrice în impuls a generatoarelor aplicate la formarea plamei au fost determinați prin integrarea semnalului înregistrat de osciloscop.

Un element aparte al instalației experimentale îl constituie **electrodul special** format din mai multe fire cu rezistență activă, care cauzează divizarea curentului de descărcare prin totalitatea de canale formate. Aceasta stimulează desfășurarea descărcării în impuls în mai multe canale simultan, ceea ce conduce la formarea unor densități mari de curent, iar aceasta conduce la sporirea randamentului utilizării energiei de descărcare și omogenizarea plamei din interstițiu.

În fig. 5 este prezentată construcția de ansamblu și în secțiune a electrodului-multicanal proiectat și elaborat în prezenta lucrare [10-15].



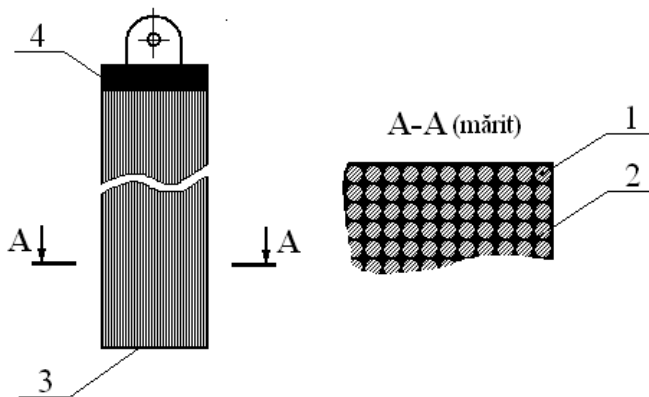


Fig. 5. Structura constructivă a electrodului-multicanal [15]:  
 1 – canale elementare; 2 – izolator; 3 – capul activ al electrodului-multicanal;  
 4 – borna de conectare

Construcția electrodului-multicanal propus în lucrare include: un sistem de canale de descărcare identice 1 conectate paralel între ele, lungimea cărora este determinată de diametrul lor și este cuprinsă în limitele de  $1 \div 1,5$  m), iar diametrele canalului în limitele  $0,3 \div 0,5$  mm. Canalele elementare reprezintă fire din cupru tehnic de marca M3 pentru a le asigura acestora rezistența activă de una și aceeași valoare. În scopul evitării străpungerii între canale acestea sunt izolate între ele cu un strat dielectric 2 cu grosimea de cca. 50-100  $\mu\text{m}$  din sticlă de cuarț, iar în scopul asigurării formării unui câmp electric echipotențial la capătul de lucru 3, acesta se execută sub formă de plan format din terminațiile circulare a acestor canale. Capetele opuse (libere) 4 ale acestor canale sînt conectate electric între ele prin lipire cu ultrasunet evitând prezența materialului izolator. Electrocul-multicanal propus funcționează în calitate de catod. La aplicarea unei diferențe de potențial în impuls, electrodul confecționat servește inițial în calitate de „tun electronic”, care sub acțiunea getului de electroni emiși provoacă ionizarea mediului de lucru – aer la presiune normală, iar când atinge valoare de ionizare maximă a mediului, automat și neîntrerupt în timp, se derulează descărcarea electrică a impulsului de bază și în interstițiul format de anod și catod apare plasma descărcării electrice. Străpungerea dintre canalele acestui electrod este omisă și prin aceea că ele reprezintă suprafețe echipotențiale pe întreaga lungime a electrodului. Dispozitivul propus are terminațiile capătului activ ale electrodului elaborat sub formă de ascuțișuri (dimensiuni mici în raport cu suprafața plană a anodului), iar contra-electrodul prezintă o suprafață plană continuă. Acesta asigură crearea între fiecare canal și această suprafață a unui câmp electric  $E_1$ , de 1,5 ori mai mare în raport cu câmpul  $E$  pe care îl creează două suprafețe plane continue și prin acesta se facilitează emisia electronică și amorsarea descărcării electrice în impuls, acesta funcționând la interstiiți 5...7 mm și diferențe de potențial aplicate asupra lui de 25 kV. Fiecare canal conductiv 1, în afară de rezistență activă  $R$ , mai posedă și o anumită inductanță  $L$ , determinată de diametrul și lungimea lui. Deaceea la suprafața de lucru a lui mai întîi apare diferența de potențial aplicată, apoi prin aceste canale va trece curentul, mărimea căruia este determinată de numărul total de canale și energia rezervată în bateria de condensatoare. Curenții care apar în canalele de descărcare electrică concurează între ei

datorită rezistenței active  $R$  și inductive a canalului ( $\omega L$ ), iar curentul total la descărcare este egal cu suma lor. S-a demonstrat experimental, că cu un așa electrod-multicanal care funcționează în regim de catod se asigură obținerea unui get de plasmă omogenă și distribuită într-un volum considerabil de ordinul  $1\div 3 \text{ cm}^3$  pentru o durată de  $0,25 \mu\text{s}$ . Totodată, durata de funcționare a electrodului-multicanal este practic nelimitată datorită distribuției uniforme a câmpurilor electrice și de temperaturile de pe suprafața lui activă.

**Metodica cercetării interacțiunii plasmei cu substanță.** Pentru cercetarea excitării moleculelor în sticle optice instalația experimentală a fost modificată (fig. 6, a) în scopul concentrării energiei luminescente la descărcarea electrică în impuls [16].

Cei doi electrozi între care se capătă plasma descărcărilor electrice în impuls prezintă tuburi metalice coaxiale rotunghiți la capătul liber, în interiorul cărora se află o sîrmă metalică izolată electric cu un tub din cuarț de electrozi (fig. 7). În așa mod construcția prezintă doi condensatori conectați în paralel. Schema echivalentă a generatorului de impulsuri este prezentată în fig. 6, b [16].

Capacitatea bateriei de condensatoare este  $C=1/12 \mu\text{F}$ , iar rezistența de balast constituie  $R=8,2 \text{ M}\Omega$ . Tensiunea sursei de alimentare a generatorului este  $U=25 \text{ kV}$ .

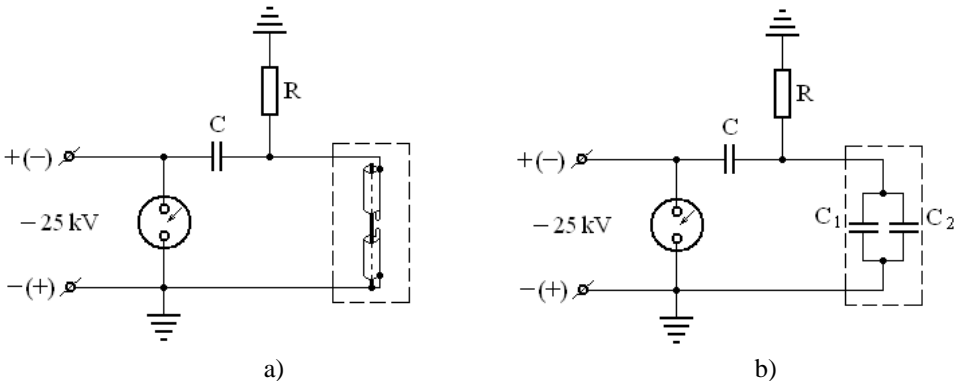


Fig. 6. Schema electrică de principiu (a) și echivalentă (b) a generatorului de impulsuri modificat pentru cercetarea excitării moleculelor în sticle optice [16]

Energia acumulată pe bateria de condensatoare:

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{1/12 \cdot 10^{-6} (25 \cdot 10^3)^2}{2} \approx 26(J)$$

Deoarece schema generatorului de impulsuri este unipolară și luînd în considerație pierderi în circuitul electric energia utilă degajată în interstițiu va fi:

$$W_G \approx 0,25 \cdot W_C = 6,5(J)$$

Capacitatea condensatoarelor din schema echivalentă (dimensiunile conform fig. 7) se calculează cu relațiile:

$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon_1\varepsilon_0L}{\ln \frac{a}{b}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3,75 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{\ln \frac{2}{3,5}} =$$

$$= 33,5 \cdot 10^{-12} (F) = 33,5 (pF)$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_2\varepsilon_0S}{d} = \frac{\varepsilon_2\varepsilon_0lh}{d} = \frac{1,00057 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 2,4 \cdot 10^{-15} (F) = 2,4 \cdot 10^{-3} (pF)$$

Aşa dar, capacitatea totală a celei de descărcare este:

$$C_{1-2} = C_1 + C_2 \approx C_1 = 33,5 (pF)$$

Capacitatea celei de descărcare determinată prin măsurare este  $C_{1-2} = 35 (pF)$  (utilizînd dispozitivul de frecvență înaltă pentru determinarea inductanței și capacității de tipul E7-5A).

Însăși instalația experimentală (fig. 7) constă din următoarele părți componente: 1 – “cutie neagră” (cutie din lemn vopsită în negru); 2 – sticla optică colorată supusă încercărilor; 3 – electrozi de lucru din cupru; 4 – tubul din cuarț; 5 – bară din cupru; 6 – dispozitiv de înregistrare (camera video) [16].

Cutia a fost vopsită în negru pentru evitarea reflecției fluxului luminos al plasmii descărcărilor electrice în impuls.

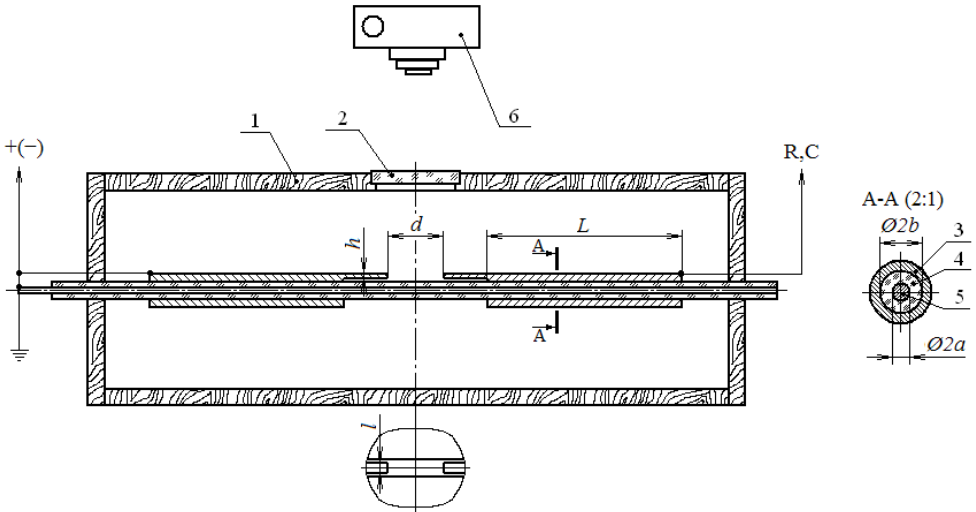


Fig. 7. Instalația experimentală pentru cercetarea excitării moleculelor în sticle optice [16]

În calitate de material de cercetare au fost utilizate sticlele optice colorate: de tipul TS (sticla întunecată), de tipul IKS (sticla infraroșie) și de tipul UFS (sticla ultravioletă). Caracteristicile spectrale ale sticlelor optice (dependența coeficientului de transparență de lungime de undă) este prezentată în fig. 12 [17-20]. După cum se vede din fig. 12, filtrele respective nu sunt transparente pentru regiunea vizibilă a spectrului, însă permit trecerea

radiației în regiunea infraroșie. În calitate de sursă de lumină de intensitate mare s-a folosit plasma descărcărilor electrice în impuls, formată de generatorul de impulsuri de tensiune schema electrică a căruia este prezentată în fig. 4.

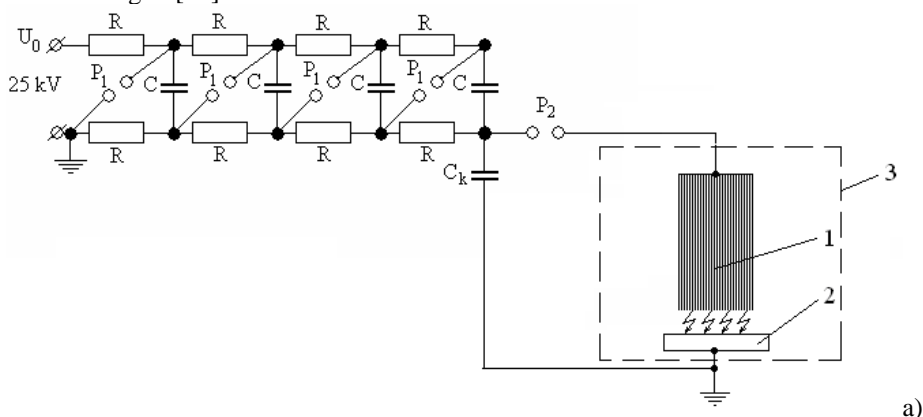
Fotografierea structurilor și micro-geometriei suprafețelor obținute în rezultatul acțiunii descărcărilor electrice în impuls au fost efectuate cu utilizarea microscopului metalografic XJM600T dotat cu sistem digital de înregistrare a informației. Analiza morfologiei (SEM – Scanning electron microscopy) și a compoziției chimice (EDX – Energy dispersive X-ray analysis) a straturilor superficiale a probelor supuse prelucrării, au fost efectuate cu ajutorul microscopului electronic de tip TESCAN dotat cu dispozitivele de analiză necesare. Cercetările au fost efectuate în Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova.

### Metode matematice aplicate la cercetarea proceselor de excitare și relaxare.

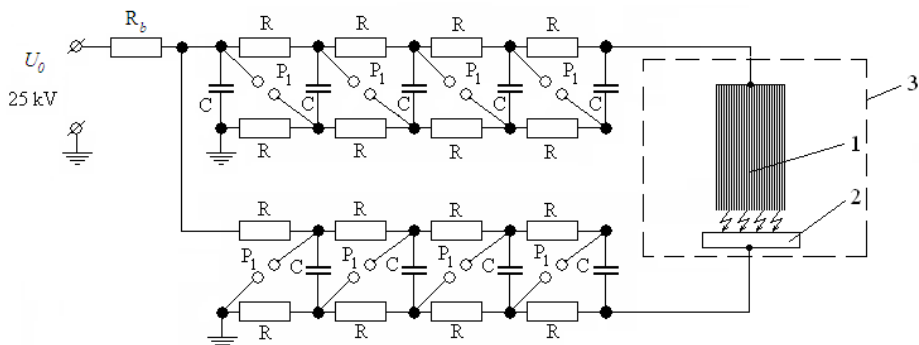
Pentru determinarea primului coeficient Townsend a fost folosită formula semiempirică  $\frac{\alpha}{p} = A \exp\left(-\frac{B}{E/p}\right)$  și coeficienții din literatură de specialitate pentru valorile reale ale intensității câmpului electric  $E$  și a presiunii  $p$ . Pentru determinarea timpului de întîrziere (coeficientului de timp de relaxare) ale descărcărilor electrice în mediul cercetat (aer) a fost utilizată metoda aproximării rezultatelor măsurărilor.

**Perfecționarea instalației experimentale.** În scopul sporirii eficienței de obținere a plasmă, cât și a omogenității acestei formațiuni în cea de-a patra formă de existență a materiei instalația experimentală a fost supusă unor transformări constructive și funcționale [21] și este descrisă în cele ce urmează.

Pentru a mări intensitatea câmpului electric  $E$  și respectiv mărimea interstițiului a fost aplicată schema unipolară (fig. 8, a) multiplicatoare de tensiune după Arkadiev-Marks a generatorului de impulsuri care a dat posibilitate de a avea între electrozi o tensiune de 60 kV și schema bipolară (fig. 8, b) care a dat posibilitate de a avea între electrozi o tensiune de 120 kV. Schemele date permit obținerea plasmă descărcărilor electrice în impuls de omogenitate sporită într-un volum de cca. 3 ori mai mare decât în cazul folosirii schemei din fig. 4 [22].



a)



b)  
Fig. 8. Schema electrică de principiu a generatorului de impulsuri după schema unipolară (a) și schema bipolară (b) multiplicatoare de tensiune după Arkadiev-Marks [21, 22]

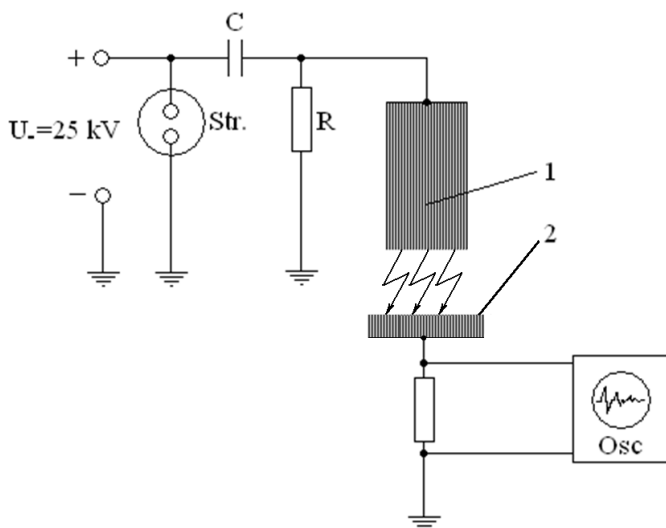


Fig. 9. Schema electrică de principiu a generatorului de impulsuri cu ambii electrozi de construcție specială [21]

O altă posibilitate de a mări omogenitatea și volumul plamei poate fi atinsă când ambii electrozi au o construcție specială (fig. 9). În cazul când se folosește construcția specială și pentru al doilea electrod (canale separate au diametrul de 5 ori mai mare și lungimea de 10 ori mai mică decât al primului electrod) aceasta permite mărirea interstițiului (și respectiv intensității câmpului electric) de 2 ori. Aceasta construcție a electrozilor duce la mărirea eficienței de autoionizare și plasma acestor tipuri de descărcări electrice este mai omogenă. Energia ce se degajă într-o unitate de volum a interstițiului se micșorează, în schimb calitatea plamei descărcărilor electrice este mai înaltă, ceea ce are prioritate față de schema când se utilizează primul electrod de construcție specială, iar celălalt prezintă suprafață metalică plană. Pe de altă parte auto-excitarea mediului activ este mult mai eficientă [21].

Procesele fizice privind obținerea plasmelor în medii gazoase (inclusiv aer) sunt analizate în **Capitolul III**. Rezultatele analizei permit a evidenția următoarele aspecte:

- dimensiunea maximală de separare a sarcinii poartă denumirea de lungime Debye. Pentru plasma de aer în condiții normale ea constituie  $d=2,2 \cdot 10^{-8}$  cm;
- criteriul de străpungere Townsend determină tensiunea de străpungere a spațiului gazos inclus între electrozi numai în acel caz, când câmpul electric format de componenta electronică și ionică, este mic în comparație cu câmpul electric omogen la faza inițială, astfel câmpul electric propriu a plasmelor poate fi neglijat dacă dimensiunea caracteristică a volumului ocupat de plasmă este mai mică decât raza Debye ( $r_0$ ).
- pentru fiecare tip de gaz tensiunea de străpungere se micșorează cu creșterea produsului  $p \cdot d$ , atinge un minim pentru o careva valoare  $(p \cdot d)_{min}$ , după care crește din nou.
- condiția Schottky, impune faptul, că în coloana pozitivă staționară de descărcare în regim de difuzie intensitatea câmpului electric care este aplicat la electrozi nu depinde de concentrația de electroni din mediul gazos, și nici de curentul descărcării electrice.
- în coloana pozitivă de difuzie distribuția electronilor de la axa de simetrie spre periferie se deosebește puțin de distribuția Schottky, chiar și în cazul apariției electronilor în apropierea axei de simetrie.
- gradul de contractare a descărcării este determinat de gradientul de temperatură în coloana pozitivă, frecvența de ionizare, cât, și de cea a coeficientului de recombinare în raport cu variația temperaturii gazului.
- contrația descărcării luminescente este cauzată de doi factori esențiali: creșterea curentului la descărcare și a presiunii gazului, descărcarea trece din regimul de difuzie în regimul de descărcare volumetrică iar neomogenitatea temperaturii gazului devine mai evidentă de la centrul axei de simetrie spre periferie.

**Capitolul IV** reprezintă rezultatele cercetărilor experimentale privind formarea și obținerea plasmelor descărcărilor electrice în impuls. Sunt cercetate condițiile străpungerii interstițiale în medii gazoase, fenomene însoțitoare formării plasmelor, sunt prezentate și interpretate rezultatele experimentale privind determinarea constantei de timp de relaxare oscilator-tranziționale a moleculelor.

În fig. 10 sunt reprezentate rezultatele măsurărilor întârzierilor în timp  $t_d$  a descărcării sub formă de scinteie față de impulsul de pompaj la variația energiei rezervate în diapazonul de la 0,1 pînă la 1 J/cm<sup>3</sup> în momentul inițial de timp a energiei oscilatorii  $E^0$  [2, 3].

După cum observăm din fig. 10  $t_d$  crește odată cu micșorarea lui  $E^0$ . Curba continuă din fig. 10 prezintă rezultatul aproximării tuturor punctelor experimentale a funcției  $t_d = -\tau \ln \left( 1 - \frac{q}{E_0} \right)$ . S-a dovedit, că curba teoretică cel mai bine corespunde rezultatelor măsurărilor în presupunerea că  $\tau$  este invers proporțional cu o mărime egală cu rădăcina pătrată din  $E^0$ .

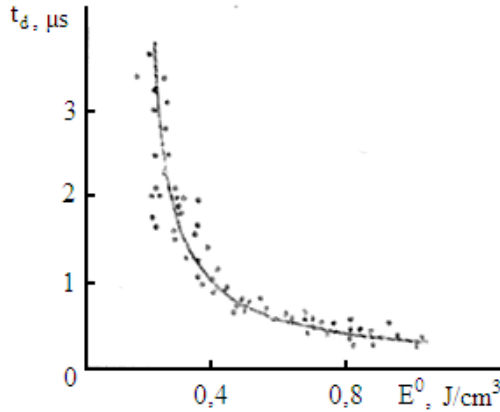


Fig. 10. Dependența timpului de întârziere  $t_d$  a curentului impulsului descărcării electrice prin scînteii față de impulsul radiației laser de mărimea energiei specifice oscilatorii rezervată  $E^0$ : linia continuă – calculul; punctele – experimentul. Presiunea 8 atm., temperatura inițială 300 K [2, 3]

Dacă  $E^0$  este mai mic decît o careva valoare, egală în condițiile experimentului cu  $0,2 \text{ J/cm}^3$ , descărcare nu are loc. Aceasta înseamnă că energia termică degajată în procesul de disipare este mai mică decît mărimea  $q$ .

Este necesar a remarca, că apariția descărcării sub formă de scînteie este cauzată de creșterea temperaturii de transport a gazului în regiunea de pompaj. Mărimea lui  $\tau$ , obținută din dependența funcțională prezintă mărimea medie a creșterii temperaturii cu  $\Delta T$ .  $\Delta T$  este creșterea temperaturii gazului ce corespunde degajării energiei termice de mărime  $q$  în intervalul de pompaj.

Micșorarea lui  $\Delta T$  se atinge în condițiile experimentului prin micșorarea diferenței de potențial aplicate electrozilor și a diferenței de potențial a străpungerii statice.

Mărimea  $\Delta T$  deasemenea depinde de raportul dintre dimensiunile transversale a regiunii de pompaj către distanța dintre electrozi. A fost stabilit experimental, că pentru mărimea raportului indicat, ce depășește valoarea 0,9, o parte din radiația laser ajunge la electrozi ceea ce condiționează inițierea descărcării în timpul impulsului de pompaj.

Din fig. 10 observăm că în condițiile experimentului  $q$  alcătuiește  $0,2 \text{ J/cm}^3$ . Mărimea  $\Delta T$  este egală cu raportul dintre  $q$  și capacitatea termică a unui  $\text{cm}^3$  de gaz la presiune constantă și este egală cu 25 K. După cum observăm din fig. 10 în regiunea valorilor mari ale lui  $E^0$  mărimea  $t_d$  slab depinde de  $E^0$ . Aceasta se explică prin faptul, că  $t_d$  în această regiune este determinat de timpul necesar pentru ca unda sonoră să parcurgă drumul de la centru regiunii de pompaj pînă la suprafața electrozilor.

Străpungerea interstițiului, cum a fost deja menționat în capitole I, II și III duce în continuare la formarea plamei în interstițiu. Procesele care se produc în acesta sunt continui în timp. Acestea pentru cazul precăutat diferă pe direcția axială. Astfel la suprafețele electrozilor iau naștere petele electrodice – anodice și catodice care prezintă surse punctiforme de energie termică și câmpuri electrice și care provoacă interacțiuni de natură termică și electrică cu aceste suprafețe.

În rezultatul cercetărilor efectuate pentru mărimi ale interstițiului  $d \geq 0,03$  mm, au fost stabilite condițiile favorabile pentru evidențierea caracterului multicanal al DEI. Această legitate a fost depistată pentru prima dată de I. Gh. Nekrașevici și I. A. Bacuto [23]. Cercetând caracterul discret al amprentelor de eroziune și desfășurată în timp a spectrogramelor descărcărilor electrice, autorii [23] au înaintat ipoteza unui mecanism de migrare a petelor electrodice, conform căruia, în fiecare moment de timp, curentul în impuls nu circulă prin toată zona de interacțiune a electrozilor, ci numai printr-o porțiune de suprafață mult mai mică, iar aceasta este funcție de locul în care se află pata electrodică la moment. Acest proces se realizează prin canale cu diametre foarte mici, care continuu „migreză” în zona descărcării. Datorită diametrului foarte mic al canalului descărcării în punctul de interacțiune („pata”) cu electrodul, densitatea de curent este mare, ( $10^7$ - $10^8$  A/cm<sup>2</sup>), ceea ce provoacă încălzirea și vaporizarea explozivă a materialului electrodului. După prelevarea prin vaporizare explozivă, canalul dispăre, ori se deplasează pe altă porțiune de suprafață. Rezultatul integral al eroziunii la o descărcare solitară este de fapt nu alt ceva decât un rezultat al eroziunilor elementare provocate de mulțimea de canale „migratoare” [23, 24].

În funcție de condițiile evoluției descărcării, în punctele de contact ale plasmăi din canalele de descărcare cu suprafețele electrozilor apar zone de interacțiune, denumite pete electrodice „reci” și „calde” [23-26].

Petele „reci” apar imediat după străpungerea interstițiului și „se mișcă” foarte repede (urma erozivă se prezintă sub forma unor cratere mici separate fără semne evidente de topire [25]), iar petele „calde” apar mai târziu pe locul celor „reci”, posedă o viteză mai mică „de mișcare” și produc o eroziune substanțial mai mare ca primele (în punctele de acțiune a lor apare faza lichidă a materialului electrodului [26]).

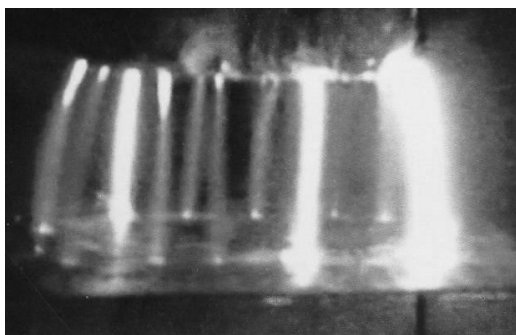


Fig. 11. Formarea petelor electrodice și a canalelor de plasmă la prelucrarea cu aplicarea DEI [24]

În fig. 11 sunt prezentate formațiunile de plasmă pentru cazul DEI la interstii de ordinul 10-25 mm, pentru tensiunea de încărcare a bateriei de condensatoare de 25 kV. Din acesta se observă clar că, formațiunile de plasmă (de formă sferică) iau naștere la suprafețele electrozilor (se observă zone luminoase evidente de formă sferică) din care apoi se dezvoltă canalul de plasmă preponderent de la catod spre anod. Rezultă că, petele electrodice sunt responsabile nu numai de efectele de natură electrică și termică ce se produc la suprafețele electrozilor, dar și de efectele ce se produc în interstiu.



**În capitolul V** a lucrării sînt prezentate rezultatele cercetărilor experimentale privind interacțiunea radiației plasmei cu sticle optice colorate, precum și interacțiunea termică și termo-chimică a plasmei cu suprafețele metalice.

Excitarea multifotonică cu lumina infraroșie a stărilor oscilatorii a moleculei de obicei are loc în limitele stărilor de bază electronice. Molecula poliatomică poate absorbi un număr mare de fotoni infraroșii și în așa mod energia oscilatorie a ei devine comparabilă cu energia stării de excitare electronice. Aceasta este posibil dacă energia minimă a stării excitate electronic este mai mică, decît energia de disociație a moleculei. Nivelul mediu al excitărilor oscilatorii care se obține în baza excitării multifotonice este funcție de dimensiunile moleculei și este limitat numai de canalul energetic al moleculei. Un alt proces non-adiabatic radiația căreia a devenit posibilă datorită excitării multifotonice o reprezintă ruperea electronului de la ionul negativ a moleculei. În acest caz, precum și în cazul relaxării electronice inverse (REI), ruperea electronului impune o activare oscilatorie minimă a anionului cu radiația infraroșie și existența legăturii mișcării electronice, cît și mișcării nucleului care are loc înaintea procesului de excitare multifotonică. Conform calculelor pentru relaxarea electronică inversă a moleculei și apariția radiației din spectrul vizibil este necesar ca molecula să absoarbă de la 20 pînă la 40 fotoni infraroșii:  $N_{IR} \cdot \omega_{osc} \approx \omega_{el}$  [22].

**Interacțiunea radiației plasmei cu sticle optice.** În continuare se prezintă rezultatele cercetărilor experimentale și analizele teoretice ale fenomenelor fizice secundare ce se produc la interacțiunea radiației produse de plasma descărcărilor electrice în impuls cu sticla de filtru. S-a constatat că, filtru infraroșu emite o radiație secundară în violet, filtrul întunecat emite o radiație secundară în verde, iar filtrele ultraviolete – radiație vizibilă în roșu (fig. 12). Fenomenele depistate se explică prin emiterea radiației secundare din motivul excitării multifotonice a moleculelor de  $\text{SiO}_2$  și translarea directă-inversă de pe un nivel energetic pe altul. Fenomenul depistat poate fi aplicat în construcția aparatelor ce funcționează în baza radiației monocromatice de lumină.

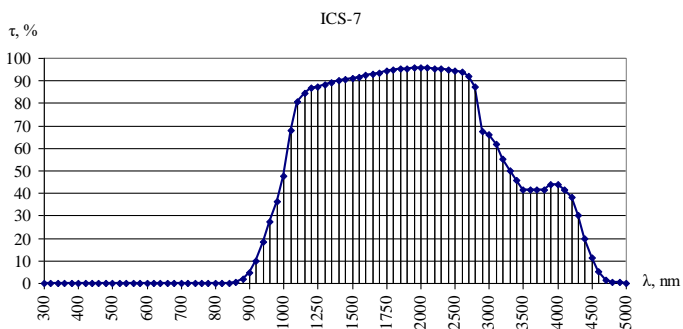
Lungimea de undă a radiației secundare în sticlele cercetate se calculează cu relația [16]:

$$\lambda = \frac{1}{\omega_{el}} = \frac{1}{\omega_{osc} \cdot N_{IR}}, \quad (1)$$

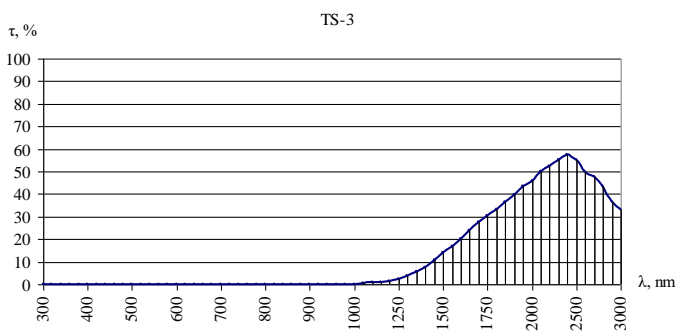
unde  $\omega_{osc} = 780 \text{ cm}^{-1}$  este unul din nivele oscilatorii de rezonanță (a benzii de absorbție) pentru moleculele de  $\text{SiO}_2$  [27];  $N_{IR}$  este numărul de fotoni infraroșii absorbiți.

Așa dar, pentru filtrele infraroșii numărul de fotoni infraroșii absorbiți este 33, iar pentru sticlele întunecate – este 24. În acest caz lungimea de undă a radiației secundare este 388,5 nm (culoare violetă) și 534,2 nm (culoare verde) respective [16].

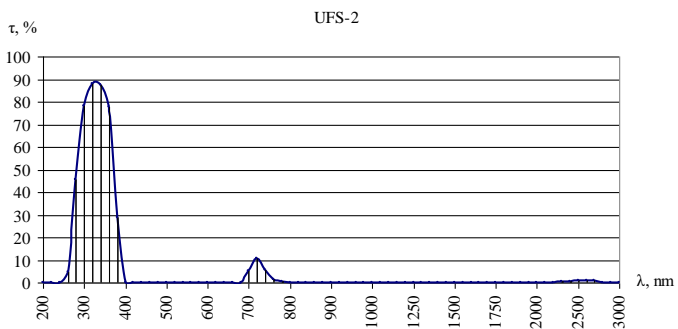
În cazul cercetării filtrelor de tipul UFS (ultraviolete) la excitarea cu plasma descărcărilor electrice în impuls în ele apare radiația secundară în roșu. Este cunoscut că la legătură neadiabatică sau spin-orbitală dintre diferiți termi are loc tranziția excitării electronice, corespunzătoare absorbției cuantului ultraviolet. Molecula fiind în stare excitată electronic trece spontan în stare de bază electronică cu emiterea unui cuant luminescent. În cazul respectiv un cuant ultraviolet excită două molecule de  $\text{SiO}_2$ . Numărul de fotoni absorbiți este  $18 \times 2 = 36$ , iar radiația secundară în aceste filtre are lungimea de undă 712,3 nm (culoare roșie) [16].



a)



b)

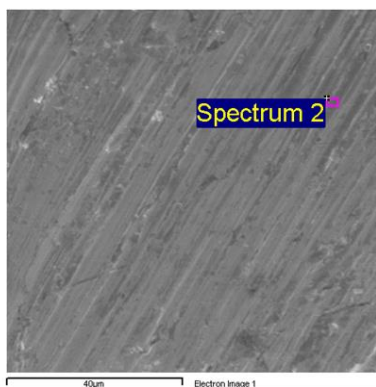


c)

Fig. 12. Radiația secundară la excitarea moleculelor de  $\text{SiO}_2$  în sticle optice prin interacțiunea fluxului luminescent al plasmei descărcărilor electrice în impuls:  
a – IKS-7; b – TS-3; c – UFS-2 [16-20]

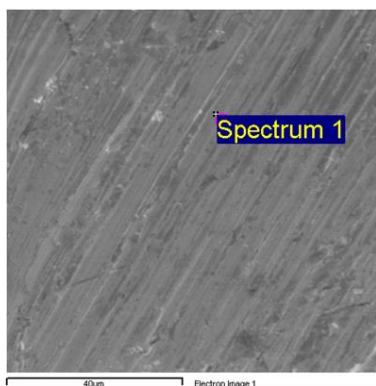
**Interacțiunea plasmă cu suprafețele metalice.** Suprafețele probelor se preparau prin lustruire până la stare de oglindă, iar după prelucrare acestea suportau anumite modificări: pe ele se atestau zone ale influenței termice de culoarea metalului proaspăt decapat (în acestea se produc procese de îmbogățire cu elemente ce se conțin în mediul de lucru (fig. 13) [24-26]) și zone în care s-a produs topirea suprafeței (acestea prezentau cratere sau meniscuri extrase și congelate sub formă de asperități conice (fig. 14) [28, 29]).

Pe parcursul efectuării experiențelor de formare a oxizilor pe suprafețe plane de W+10%Re proba a fost conectată în calitate de catod. În rezultat a fost obținut oxidul de wolfram 6-valent (oxid acid), judecând după conținutul atomic al suprafeței cercetate. În fig. 13 sînt prezentate rezultatele spectroscopiei EDX și imaginile obținute cu microscopul electronic.



Element	Weight%	Atomic%
C K	3.95	28.77
O K	5.10	27.90
W M	90.96	43.33
Totals	100.00	

a)



Element	Weight%	Atomic%
W M	100.00	100.00
Totals	100.00	

b)

Fig. 13. Rezultatele spectroscopiei a probei plane din W+10%Re după aplicarea DEI (a) și netratate (b) [29]

În apropierea zonei prelucrate se conțin oxizi de wolfram (fig. 13, a). În același timp probele identice curate care nu au fost tratate cu DEI conțin wolfram în cantitatea între 90 și 100% (fig. 13, b).

Din fig. 14 putem observa, că pe suprafața supusă interacțiunii cu canalul de plasmă apar zone în care chiar și la durate extrem de mici ale impulsurilor de curent se provoacă topirea locală. Din zonele de topitură sub acțiunea câmpului electric al descărcării se extrag meniscuri de formă conică, care ca rezultat al răcirii ultrarapide aceste sunt congelate pe suprafața prelucrată.

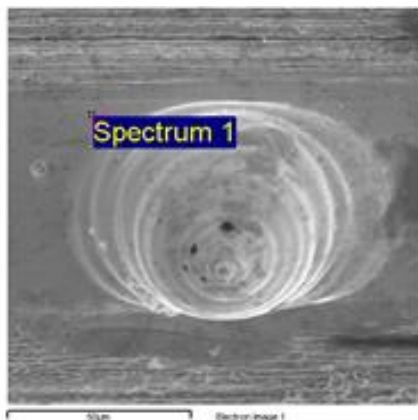


Fig. 14. Imaginea SEM a unui menisc de forma conului Taylor [29]

Divizarea canalului de plasmă într-o multitudine de micro-canale asigură formarea pe suprafața prelucrată a unui mare număr de meniscuri. Rezultatele cercetărilor executate anterior [28] au demonstrat, că un singur menisc extras de pe o porțiune de suprafață provoacă sporirea ariei acesteia de 8 ori. Dacă e să vorbim de capacitatea de emisie sau absorbție a suprafețelor, atunci este clar că aceasta este direct proporțională cu aria activă a suprafeței corpului, și în acest caz rezultatele obținute sunt benefice pentru aplicare în acest domeniu. Dacă în cazul aplicării descărcărilor electrice în impuls de tensiune joasă ( $10^2$  V) aria suprafeței prelucrate la o descărcare solitară constituie  $10...10^2 \mu\text{m}^2$  [26], atunci aplicarea descărcărilor electrice de tensiune înaltă și durată scurtă permite a spori prelucrarea de mai multe ori (de la  $5...100 \text{ mm}^2$ ). Cercetând capacitatea de emisie electronică a suprafețelor catodilor aplicați în construcția tunurilor electronice [28] s-a constatat, că în aceleași condiții de funcționare, catodii cu micro-geometrie sub formă de meniscuri asigură formarea fasciculelor de electroni cu o intensitate de 10 ori mai mare în raport cu cei cu suprafață netedă.

Ca rezultat al acțiunii plasmei căpătate cu suprafețele metalice în urma cercetării lor la microscopul electronic s-a depistat că pe ele se formează nanostructuri ce se deosebesc între ele după forma și proprietăți în dependență de tipul materialului de execuție a lor. În fig. 15 este prezentată morfologia stratului superficial al probelor prelucrate cu aplicarea plasmei căpătate cu ajutorul instalației experimentale.

Datorită faptului că temperatura în plasma obținută cu instalația experimentală elaborată atinge valori mai mari de  $10^4$  K cu durata de existență a ei de ordinul sutelor de nanosecunde, ea poate fi aplicată în tehnică la formarea nanostructurilor pe suprafețe metalice, cât și la distrugerea microorganismelor din biomedicină.

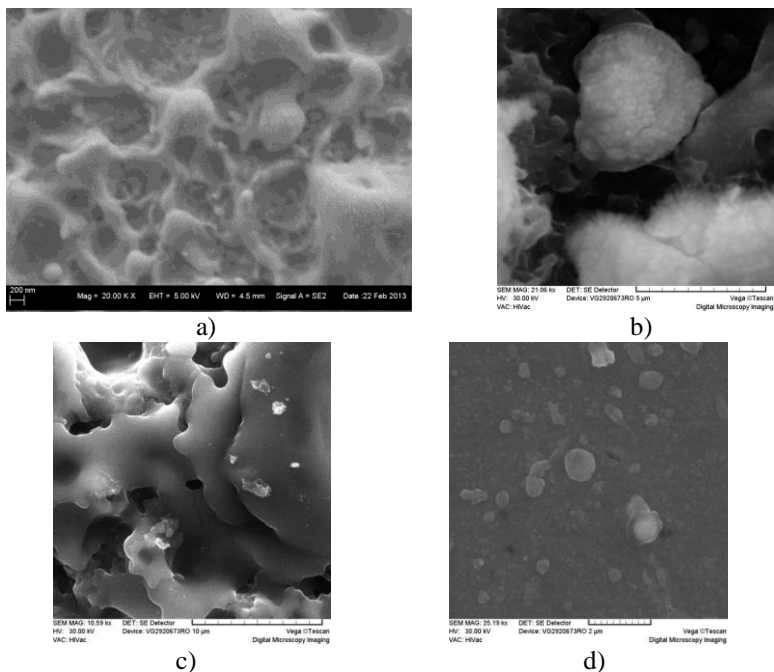


Fig. 15. Morfologia stratului superficial al electrodului 2 din fig. 4 format ca rezultat al interacțiunii plasmei cu suprafețele metalice ale probelor din:  
a) oțel 45; b) aliajul titanului BT8; c) aliajul aluminiului D16; d) bronz BrA5 [30]

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Din analiza rezultatelor cercetărilor teoretice și experimentale care prezintă realizarea obiectivelor tezei de doctorat, reiese următoarele **concluzii generale**:

1. Din analiza rezultatelor teoretice și experimentale privind procesele fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase reflectate în literatura de specialitate rezultă că cea mai simplă metodă de creare a plasmei la temperaturi joase o reprezintă descărcările în gaze sub forma de impulsuri, variind presiunea și componentele mediului gazos, dimensiunile electrozilor și distanța dintre ei, însă acesta metoda este insuficient cercetată.
2. Schema electrică a generatorului de impulsuri aplicată în cercetările experimentale privind interacțiunea plasmei cu substanță nu cere ionizarea preventivă a mediului activ (aer) datorită sporirii capacității de excitare prin construcția specială a electrozilor care permite obținerea unui get volumetric de plasmă omogenă (într-un volum de ordinul  $1\div 3 \text{ cm}^3$ ) pentru un impuls cu o durată de  $0,25 \mu\text{s}$ . Electrocul special îndeplinește funcție dublă: servește inițial în calitate de tun electronic, iar la atingerea stării de ionizare maximă a mediului, asigură automat și neîntrerupt în timp, derularea descărcării electrice a impulsului de bază cu formarea plasmei.
3. Analizând procesele privind obținerea plasmei în medii gazoase a fost calculată valoarea lungimii Debye și valoarea primului coeficient Townsend care pentru aer în condiții normale constituie  $d = 2,2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ ,  $\alpha=32$ .

4. Criteriul pentru amorsarea descărcării electrice luminescente este ca numărul critic de electroni să fie  $N_{cr} \leq 1,8 \cdot 10^8$ , iar în vederea sporirii volumului plasmei obținute este necesar a opera cu mărirea interstițiului și energia acumulată pe baterea de condensatoare ținându-se cont de faptul că este proporțional cu mărirea interstițiului  $S^{3/2}$  și energia descărcării  $W^{1/3}$ .

5. În baza analizei rezultatelor experimentale privind interacțiunea plasmei cu substanță reiesă că pentru mărirea constantă a capacității generatorului de impulsuri de cirent și a energiei acumulate pe el odată cu majorarea mărimii interstițiului sporește și raza coloanei de plasmă, ceea ce conduce la micșorarea coeficientului de concentrare a sursei de căldură pe suprafețele electrozilor și, respectiv, la micșorarea intensității deteriorării lor prin eroziune și sporește considerabil volumul sursei de radiație luminoasă.

6. S-a stabilit că în rezultatul ineracțiunii radiative a plasmei cu filtru infraroșu emite o radiație secundară în violet, filtrul întunecat emite o radiație secundară în verde, iar filtrele ultraviolete – radiație vizibilă roșie, aceste fenomene se pot explica prin emiterea radiației secundare din motivul excitării multifotonice a moleculelor de  $SiO_2$  și translarea directă-inversă de pe un nivel energetic pe altul. Fenomenul depistat poate fi aplicat în construcția aparatelor ce funcționează în baza radiației monocromatice de lumină.

7. În conformitate cu calculele teoretice, pentru relaxarea electronică inversă a moleculei de  $SiO_2$  și apariția radiației din spectrul vizibil este necesar ca molecula să absoarbă de la 20 până la 40 fotoni infraroșii:  $N_{IR} \cdot \omega_{osc} \approx \omega_{el}$ .

Cercetarea într-un domeniu nu pot finaliza printr-o teză de doctorat. Aceasta este doar o contribuție modestă în acest domeniu al cercetării. Din care motiv pentru viitor se propun următoarele **recomandări**:

- a aplica metoda de determinare a timpului de relaxare VT propusă în lucrare pentru alte tipuri de gaze de structură moleculară (azot, oxigen, bioxid de carbon, monoxid de carbon, etc.);
- a încerca alte metode de excitare a moleculelor de  $SiO_2$  în vederea transferului energiei oscilatorii din spectrul infraroșu și ultraviolet spre spectrul vizibil;
- de analizat posibilitatea autoionizării mediului activ prin modernizarea constructivă a electrozilor pentru a spori eficiența descărcării de bază în gaze;
- a proiecta și a elabora echipamente necesare pentru căpătarea radiațiilor coerente aplicînd metoda de excitare propusă în teza.

## BIBLIOGRAFIE

1. Лазерная спектроскопия колебательно-возбужденных молекул / Летохов В.С., Рябов В.А., Макаров А.А. и др. М.: Наука, 1990. – 278 с. ISBN 5-02-000095-7.

2. Авторское свидетельство СССР SU 1824548 А1. Способ определения времени колебательно-поступательной релаксации в газах / Ананьев В.Ю., Лобанов А.Н., Лыткин А.П., Хырбу А.В. 30.06.93. Бюл. № 24.

3. Ананьев В.Ю., Лобанов А.Н., Лыткин А.П., Хырбу А.В. Измерение постоянной времени колебательно-поступательной релаксации в сжатом водороде с использованием ВКР. Известия Академии Наук. Серия Физическая, т. 59, № 6, 1995, с. 100-108.

4. Pavel Topala, Arefa Hirbu, Alexandr Ojegov. New directions in the practical application of electro erosion, *Nonconventional Technologies Review* – no. 1/2011, pg. 49-56.

5. Pavel Topala, Arefa Hirbu, Alexandr Ojegov. Acțiunea plasmei descărcărilor electrice asupra suprafețelor metalice, *Fizica și Tehnologiile Moderne*, vol. 10, nr. 1-2, 2012, pg. 13-21.

6. Hirbu A. Plasma formation in the air medium under ordinary pressure and its interaction with solid metal surfaces. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. Vol. 14, No. 1-2, Chisinau, 2015, p. 119-126. ISSN 1810-648X.

7. Topala P., Kantser V., Hirbu A. Theoretical and experimental study of mechanisms governing the occurrence of electric discharges in gases. *Moldavian Journal of the Physical Sciences*. Vol. 14, No. 3-4, Chisinau, 2015, p. 221-230. ISSN 1810-648X.

8. Hirbu A., Topală P., Ojegov A. Auto-ionization plasma in laboratory condition. Tezele comunicărilor la Conferința Științifică Internațională „10 Years of Nanotechnology Development in the Republic of Moldova”, Bălți, 22-23 octombrie, 2012, p. 33.

9. Hirbu A., Topala P., Ojegov A. Auto-ionization laboratory plasma. *ModTech International Conference “Modern Technologies in Industrial Engineering”*, Book of abstracts, June 27-29, 2013, Sinaia, Romania, p. 359. ISSN 2286-4369.

10. Hirbu A., Topala P., Canțer V., Ojegov A. Multi-canal electrode for plasma formation by electrical discharges in impulse with auto-ionization. *Materials of the XIX-th International Exhibition of Research, Innovation and Technological Transfer Inventica 2015*. pp. 326-327. ISSN 1844-7880.

11. Hirbu A., Topala P., Canțer V., Ojegov A. Method and device for plasma formation by electrical discharges in impulse. *Materials of the XIX-th International Exhibition of Research, Innovation and Technological Transfer Inventica 2015*. pp. 327-329. ISSN 1844-7880.

12. Hirbu A., Topala P., Băncilă S., Ojegov A., Beșliu V. Construcția dispozitivului de obținere a plasmei fără ionizarea preventivă a mediului activ. „*Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Invățământul de performanță la disciplinele din ariile curriculare științe exacte și natural, obiective, strategii, perspective”*”. Universitatea de Stat din Tiraspol, Chișinău, 26-28 septembrie 2014, Chișinău 2015, p.165-170.

13. Hirbu A., Topala P., Ojegov A., Beșliu V. Aplicarea electrozilor de construcție specială pentru mărirea eficienței plasmei. *Catalog oficial Expoziția Internațională Specializată INFOINVENT*, 25-28 noiembrie 2015. AGEPI 2015. P. 91.

14. Topala P., Ojegov A., Beșliu V., Hirbu A., Pinzaru N. *Sculă cu mulți electrozi pentru prelucrarea suprafețelor prin descărcări electrice în impuls*. Brevet de invenție. MD 4325 C1 2015.09.30. Data publicării 2015.02.26.

15. Hirbu A., Topala P., Canțer V., Ojegov A. Electrode-multicanal destinat obținerii plasmei prin descărcări electrice în impuls cu auto-ionizare. Cerere de brevet de invenție. Nr. depozit: a 2013 0052. Data depozit: 2013.07.25.

16. Hirbu A., Topală P., Ojegov A. Secondary Radiation in Color Optical Filter Glasses by the Action of Plasma. *Modern Technologies in Industrial Engineering II*, ModTech 2014, Trans Tech Publications, Switzerland, pg. 158-163.

17. Цветное оптическое стекло и особые стекла. Каталог / Под ред. Г.Т. Петровского. – М.: Дом оптики, 1990. – 229 с.

18. И. Вейнберг. Каталог цветного стекла. М.: Машиностроение, 1967. – 62 с.

19. ГОСТ 9411-91. Стекло оптическое цветное. Технические условия. М.: Комитет Стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 48 с.

20. ГОСТ 23136-93. Материалы оптические. Параметры. Минск: Межгосударственный совет по метрологии, стандартизации и сертификации, 1993. – 22 с.

21. Hirbu A., Topala P., Băncilă S., Ojegov A., Beșliu V. Increasing excitation efficiency at plasma formation by electrical discharges. *The Third International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering*. Book of Abstracts. Romania, 2015. p. 258. ISSN 2286-4369.

22. Воробьев Г.А., Месяц Г.А. Техника формирования наносекундных импульсов. М.: Атомиздат, 1963. – 167 с.

23. Некрашевич И.Г., Бакуто И.А. Механизм эрозии металлов при электрическом импульсном разряде. В кн.: Сб. научных трудов ФТИ АН БССР, вып. 6, Минск: изд-во АН БССР, с. 193-215.

24. Ojegov Alexandr. Obținerea peliculelor subțiri de oxizi pe suprafețele metalice ale aliajelor de fier, cupru, aluminiu și titan, cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Autoreferatul tezei de doctor în tehnică. Editura “Tehnica UTM”, Chișinău, 2014, 32 p.

25. Topală P., Stoicev P. Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Chișinău: Editura Tehnica-Info, 2008, 265 p.

26. Topala P. Cercetări privind obținerea straturilor de depunere din pulberi metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Teza de doctorat în tehnică. București: Universitatea Politehnica, 1993, 161 p.

27. Ефимов А.М. Оптические свойства материалов и механизмы их формирования. СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 103 с.

28. Topala P., Guzman D., Rusnac V., Ojegov A., Besliu V. Specifics of Surface Micro-Geometry Modification under the Action of Temperature and Electric Field of Electrode Spots. Trans Tech Publications, Switzerland. Applied Mechanics and Materials Vols. 809-810. 2015. pp. 399-404.

29. Topala P., Ojegov A., Besliu V., Rusnac V., Guzman D., Hirbu A., Plesco I. Oxidation of Taylor cone-shaped asperities by application of plasma in normal condition. Romanian Association of Nonconventional Technologies. *Nonconventional Technologies Review*. Nr. 2, Romania. 2015. pp. 56-61. ISSN 2359 – 8646.

30. Hirbu A. Plasma formation in the air medium under ordinary pressure and its interaction with solid metal surfaces. Moldavian Journal of the Physical Sciences. Vol. 14, No. 1-2, Chisinau, 2015, p. 119-126. ISSN 1810-648X.



## LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE LA TEMA TEZEI

### 1. Articole în diferite reviste științifice

#### 1.1. în reviste din străinătate recunoscute

1. Ананьев В.Ю., Лобанов А.Н., Лыткин А.П., **Хырбу А.В.** Измерение постоянной времени колебательно-поступательной релаксации в сжатом водороде с использованием ВКР. Известия Академии Наук. Серия Физическая, т. 59, № 6, 1995, с. 100-108.
2. Topala P., **Hirbu A.**, Ojegov A. New directions in the practical application of electro erosion. Nonconventional Technologies Review – no. 1/2011, pp. 49-56. ISSN 1454-3087.
3. Topala P., Ojegov A., Besliu V., Rusnac V., Guzman D., **Hirbu A.**, Plesco I. Oxidation of Taylor cone-shaped asperities by application of plasma in normal condition. Romanian Association of Nonconventional Technologies. Nonconventional Technologies Review. Nr. 2, Romania. 2015. pp. 56-61. ISSN 2359 – 8646.

#### 1.2. în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4. Topala P., **Hirbu A.**, Ojegov A. Acțiunea plasmei descărcărilor electrice asupra suprafețelor metalice. Fizica și tehnologiile moderne, Vol. 10, nr. 1-2, 2012, pp. 13-21. Categoria C.
5. Topala P., Kantser V., **Hirbu A.** Theoretical and experimental study of mechanisms governing the occurrence of electric discharges in gases. Moldavian Journal of the Physical Sciences. Vol. 14, no. 3-4, Chisinau, 2015, pp. 221-230. ISSN 1810-648X. Categoria A.
6. **Hirbu A.** Plasma formation in the air medium under ordinary pressure and its interaction with solid metal surfaces. Moldavian Journal of the Physical Sciences. Vol. 14, no. 1-2, Chisinau, 2015, pp. 119-126. ISSN 1810-648X. Categoria A.

#### 1.3. în reviste aflate în proces de acreditare

7. **Hirbu A.** Electrode destinat obținerii plasmei în impuls cu funcție dublă. Fizica și tehnica, 2013, nr. 2, pag. 24-27. ISSN 1857-0437.

### 2. Articole în culegeri științifice

#### 2.1. culegeri de lucrări ale conferințelor internaționale

8. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Secondary radiation in color optical filter glasses by the action of plasma. Advanced Materials Research, Vol. 1036, Trans Tech Publications, Switzerland, 2014, pp. 158-163. ISSN: 1662-8985.
9. **Hirbu A.**, Topala P., Băncilă S., Ojegov A., Beșliu V. Căpătarea radiației coerente la interacțiunea plasmei cu substanță. Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Invățământul de performanță la disciplinele din ariile curriculare științe exacte și natural, obiective, strategii, perspective. Universitatea de Stat din Tiraspol, Chișinău, 26-28 septembrie 2014, Chișinău 2015, p.160-165.
10. **Hirbu A.**, Topala P., Băncilă S., Ojegov A., Beșliu V. Construcția dispozitivului de căpătare a plasmei fără ionizarea preventivă a mediului activ. Materialele Conferinței Științifice Internaționale „Invățământul de performanță la disciplinele din ariile curriculare științe exacte și natural, obiective, strategii, perspective.

### 3. Materiale/ teze la forurile ştiinţifice

#### 3.1. conferinţe internaţionale (peste hotare)

11. Ananiev V.Yu., Lytkin A.P., Suchkov A.F., **Hyrbu A.V.** Initiated by Stimulated Raman Scattering Spark Discharge in H<sub>2</sub>. International Conference on Phenomena in Ionized Gases ICPIG XX, Pisa, Italia, 8-12 July, 1991, p. 31.
12. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Secondary physical phenomena at the interaction of EDI plasma radiation and filter glass. ModTech International Conference "Modern Technologies in Industrial Engineering", Book of abstracts, June 27-29, 2013, Sinaia, Romania, p. 358. ISSN 2286-4369.
13. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Secondary excitement of SiO<sub>2</sub> molecules in ultra-violet glass via electrical discharges in impulse. ModTech International Conference "Modern Technologies in Industrial Engineering", Book of abstracts, June 27-29, 2013, Sinaia, Romania, p. 360. ISSN 2286-4369.
14. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Auto-ionization laboratory plasma. ModTech International Conference "Modern Technologies in Industrial Engineering", Book of abstracts, June 27-29, 2013, Sinaia, Romania, p. 359. ISSN 2286-4369.
15. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Secondary radiation in color optical filter glasses by the action of plasma. 2<sup>nd</sup> ModTech International Conference "Modern Technologies in Industrial Engineering", Book of abstracts, July 13-16, 2014, Gliwice, Poland, p. 279. ISSN 2286-4369.
16. **Hirbu A.**, Topala P., Bancila S., Ojegov A., Besliu V. Increasing excitation efficiency at plasma formation by electrical discharges. ModTech 2015. June 17-20, 2015. Mamaia, Romania The Third International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. Book of Abstracts. Romania, 2015. p. 258. ISSN 2286-4369.

#### 3.2. conferinţe internaţionale în republică

17. Ojegov A., **Hirbu A.**, Topala P. Dispozitiv de căpătare a plasmei în aer în condiţii normale. "Proprietăţile fizice ale substanţelor în diverse stări": Tezele comunicărilor la Conf. şt. intern., 9-10 oct. 2009, Bălţi: Presa univ. bălţeană, 2009, p. 28-29. ISBN 978-9975-931-66-3. CZU 54(082) P 94.
18. **Hirbu A.**, Băncilă S. Căpătarea radiaţiei luminescente la excitarea moleculei de SiO<sub>2</sub> cu raze infraroşii. "Proprietăţile fizice ale substanţelor în diverse stări": Tezele comunicărilor la Conf. şt. intern., 9-10 oct. 2009, Bălţi: Presa univ. bălţeană, 2009, p. 60-61. ISBN 978-9975-931-66-3. CZU 54(082) P 94.
19. **Hirbu A.**, Băncilă S. Particularităţile străpungerii mediilor gazoase sub acţiunea impulsului de tensiune. "Proprietăţile fizice ale substanţelor în diverse stări": Tezele comunicărilor la Conf. şt. intern., 9-10 oct. 2009, Bălţi: Presa univ. bălţeană, 2009, p. 61-62. ISBN 978-9975-931-66-3. CZU 54(082) P 94.
20. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Auto-ionization plasma in laboratory condition. Tezele comunicărilor la Conferinţa Ştiinţifică Internaţională „10 Years of Nanotechnology Development in the Republic of Moldova”, Bălţi, 22-23 octombrie, 2012, p. 33. ISBN 978-9975-50-085-9.

21. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. SiO<sub>2</sub> molecules excitement by electrical discharge plasma radiation. Tezele comunicărilor la Conferința Științifică Internațională „10 Years of Nanotechnology Development in the Republic of Moldova”, Bălți, 22-23 octombrie, 2012, p. 34. ISBN 978-9975-50-085-9.
22. Topala P., **Hirbu A.**, Ojegov A. Secondary light radiation obtained by the action of plasma. International Scientific Conference Light and Photonics: Science and Technology dedicated to International Year of Light and Light-based Technologies-2015. BOOK OF ABSTRACTS. 22nd May, 2015. Alecu Russo Balti State University, Republic of Moldova Bălți, 2015. p. 32. ISBN 978-606-93704-1-4.
23. **Hirbu A.** Formation of electrical discharge plasma at laboratory condition applying electrodes of special construction. International Scientific Conference Light and Photonics: Science and Technology dedicated to International Year of Light and Light-based Technologies-2015. BOOK OF ABSTRACTS. 22nd May, 2015. Alecu Russo Balti State University, Republic of Moldova Bălți, 2015. p. 29. ISBN 978-606-93704-1-4.

#### 4. Brevete de invenții, patente, certificate de înregistrare, materiale la saloanele de invenții

24. АС СССР SU 1824548 А1. № 4949695/25. Способ определения времени колебательно-поступательной релаксации в газах // В.Ю. Ананьев, А.Н. Лобанов, А.П. Лыткин, **А.В. Хырбу**. 30.06.93. Бюл. №24.
25. Патент РФ RU 2012117 С1. № 4950347/25. Пассивный затвор для модуляции добротности резонатора лазера // В.Ю. Ананьев, А.П. Лыткин, **А.В. Хырбу**. 30.04.94. Бюл. № 8.
26. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Excitarea moleculelor de SiO<sub>2</sub> în sticla întunecată TS-3. Catalogul oficial al Expoziției Internaționale Specializate INFOINVENT 2013, 19-22 noiembrie, 2013, p. 193.
27. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Excitarea moleculelor de SiO<sub>2</sub> în sticle infraroșii. Catalogul oficial al Expoziției Internaționale Specializate INFOINVENT 2013, 19-22 noiembrie, 2013, p. 193.
28. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Excitarea moleculelor de SiO<sub>2</sub> în sticla ultravioletă UFS-2. Catalogul oficial al Expoziției Internaționale Specializate INFOINVENT 2013, 19-22 noiembrie, 2013, p. 194.
29. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Formarea plasmei de laborator fără ionizarea preventivă a mediului activ. Catalogul oficial al Expoziției Internaționale Specializate INFOINVENT 2013, 19-22 noiembrie, 2013, p. 194.
30. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. SiO<sub>2</sub> molecules excitement in ultraviolet glass UFS-2. The 17th international salon of research and technological transfer „INVENTICA 2013”, p. 720-721.
31. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. Laboratory plasma formation without preventive ionisation of the active medium. The 17th international salon of research and technological transfer „INVENTICA 2013”, p. 721-722.
32. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. SiO<sub>2</sub> molecules excitement in infrared glasses. The 17th international salon of research and technological transfer „INVENTICA 2013”, p. 722.

33. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A. SiO<sub>2</sub> molecules exitement in dark glass TS-3. The 17th international salon of research and technological transfer „INVENTICA 2013”, p. 722-723.
34. Topala P., Tighineanu I., Ojegov A., **Hirbu A.** Procedeu de formare a straturilor nanometrice de oxizi și hidro-oxizi în stare amorfă. Cerere de brevet de invenție. Nr. depozit: a 2013 0049. Data depozit: 2013.07.25.
35. **Hirbu A.**, Topala P., Canțer V., Ojegov A. Procedeu și dispozitiv de obținere a plasmei prin descărcări electrice în impuls. Cerere de brevet de invenție. Nr. depozit: a 2013 0050. Data depozit: 2013.07.25.
36. **Hirbu A.**, Topala P., Canțer V., Ojegov A. Electrode-multicanal destinat obținerii plasmei prin descărcări electrice în impuls cu auto-ionizare. Cerere de brevet de invenție. Nr. depozit: a 2013 0052. Data depozit: 2013.07.25.
37. **Hirbu A.**, Topala P., Canțer V., Ojegov A. Multi-canal electrode for plasma formation by electrical discharges in impulse with auto-ionization. The 18th International Conference „Inventica 2014”, Editura PERFORMANTICA, pp.553-554. ISSN 1844-7880.
38. **Hirbu A.**, Topala P., Canțer V., Ojegov A. Method and device for plasma formation by electrical discharges in impulse. The 18th International Conference „Inventica 2014”, Editura PERFORMANTICA, pp.554-556. ISSN 1844-7880.
39. Topala P., Tighineanu I., Stoicev P., Ojegov A., **Hirbu A.** Method of formation nano-metric oxide and hydro-oxide strata in amorphous state. The 18th International Conference „Inventica 2014”, Editura PERFORMANTICA, pp.556-557. ISSN 1844-7880.
40. **Hirbu A.**, Topala P., Ojegov A., Beșliu V. Aplicarea electrozilor de construcție specială pentru mărirea eficienței plasmei. Catalog oficial Expoziția Internațională Specializată INFOINVENT 25-28 noiembrie 2015. AGEPI 2015. P. 91.
41. **Hirbu A.** Condiții de obținere a plasmei în medii gazoase și aplicarea ei în nanotehnologii. Catalog oficial Expoziția Internațională Specializată INFOINVENT 25-28 noiembrie 2015. AGEPI 2015. P. 91-92.
42. Topala P., Tighineanu I., Ojegov A., **Hirbu A.** Method of formation nano-metric oxide and hydro-oxide strata in amorphous state. Materials of the XIX-th Internation Exhibition of Research, Inovation and Tehnological Transfer Inventica 2015. pp. 329-331. ISSN 1844-7880.
43. **Hirbu A.**, Topala P., Canțer V., Ojegov A. Multi-canal electrode for plasma formation by electrical discharges in impulse with auto-ionization. Materials of the XIX-th Internation Exhibition of Research, Inovation and Tehnological Transfer Inventica 2015. pp. 326-327. ISSN 1844-7880.
44. **Hirbu A.**, Topala P., Canțer V., Ojegov A. Method and device for plasma formation by electrical discharges in impulse. Materials of the XIX-th Internation Exhibition of Research, Inovation and Tehnological Transfer Inventica 2015. pp. 327-329. ISSN 1844-7880.

## ADNOTARE

**Autor** – Hîrbu Arefa. **Titlul** – Procese fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase. **Lucrarea este compusă** din introducere, cinci capitole, concluzii generale, bibliografie din 120 titluri, 117 pagini (pînă la bibliografie), 166 formule, 47 figuri, 3 tabele. Rezultatele obținute sînt publicate în 51 lucrări științifice.

**Cuvinte cheie:** descărcări electrice în impuls, plasmă, excitare, relaxare, mediu gazos, sticlă optică, suprafețe metalice.

**Domeniul de studiu** – fizică. **Scopul tezei** este cercetarea teoretico-experimentală a proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase în vederea obținerii plasmei și analizei interacțiunii ei cu substanța. **Obiectivele lucrării:** studiul stadiului actual privind cercetările proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase; cercetarea teoretică și experimentală a condițiilor de obținere a plasmei în condiții de laborator; proiectarea și elaborarea instalației experimentale pentru obținerea plasmei în condiții de laborator; elaborarea modelului matematic referitor la cercetarea proceselor fizice în medii gazoase și interacțiunea plasmei cu substanță; cercetarea experimentală a interacțiunii plasmei cu corpuri solide.

**Noutatea și originalitatea științifică a lucrării constă în:** elaborarea electrozilor de construcție specială utilizați în generatorul de impulsuri electrice pentru obținerea plasmei fără dispozitive auxiliare de ionizare preventivă a mediului gazos cercetat; utilizarea plasmei la excitarea multifotonică a moleculelor de sticlă optică și apariția radiației secundare în ea; cercetarea interacțiunii plasmei cu suprafețele metalice în vederea obținerii micro- și nano-structurilor.

**Problema științifică importantă soluționată:** *analiza proceselor fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase în vederea obținerii plasmei fără ionizarea preventivă.*

**Importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării** este asigurată de: analiza bazelor teoretice privind procesele fizice de excitare și relaxare a mediilor gazoase și a corpurilor solide; obținerea plasmei în condițiile de laborator care evită utilizarea unor dispozitive auxiliare de ionizare preventivă a mediului activ, ceea ce nu cere sincronizarea dintre descărcarea de bază și momentul cînd ionizarea interstițiului este maximală; în rezultatul interacțiunii plasmei căpătate cu suprafața diferitor materiale se obțin structurile de ordinul nanometric, iar însăși plasma poate fi aplicată la construcția generatoarelor cuantice în mediile gazoase neagresive, precum și în scopul sterilizării obiectelor din medicină.

## АННОТАЦИЯ

**Автор** – Хырбу Арефа. **Тема** – Физические процессы возбуждения и релаксации газовых сред. **Работа состоит** из введения, пяти глав, выводов, библиографии, включающей 120 наименований, 117 страниц (до библиографии), 166 формул, 47 рисунков, 3 таблицы. Полученные результаты опубликованы в 51 научной работе.

**Ключевые слова:** электрические импульсные разряды, плазма, возбуждение, релаксация, газовая среда, оптическое стекло, металлические поверхности.

**Область исследования** – физика. **Целью диссертации** является теоретико-экспериментальные исследования физических процессов возбуждения и релаксации газовых сред для получения плазмы и анализа ее взаимодействия с веществом. **Задачи диссертации:** изучение текущего состояния по проблеме исследований физических процессов возбуждения и релаксации газовых сред; теоретические и экспериментальные исследования условий получения плазмы в лабораторных условиях; проектирование и разработка экспериментальной установки для получения плазмы в лабораторных условиях; разработка математической модели по исследованию физических процессов возбуждения и релаксации в газовых средах и взаимодействию плазмы с веществом; экспериментальные исследования взаимодействия плазмы с твердым веществом.

**Новизна и научная оригинальность работы** заключается в следующем: разработка электродов специальной конструкции, используемых в генераторе электрических импульсов для получения плазмы без вспомогательных устройств для предварительной ионизации исследуемой газовой среды; использование плазмы для многофотонного возбуждения молекул оптического стекла и появления вторичного излучения в нем; исследование взаимодействия плазмы с металлическими поверхностями с целью получения микро- и наноструктур.

**Решаемая научная проблема:** *анализ физических процессов возбуждения и релаксации газовых сред с целью получения плазмы без предварительной ионизации.*

**Теоретическое и прикладное значение** данной работы заключается в следующем: анализ теоретических основ по вопросу физических процессов возбуждения и релаксации газовых сред и твердых тел; получение плазмы в лабораторных условиях без использования вспомогательных устройств для предварительной ионизации рабочей среды, что не требует синхронизации основного разряда и моментом, когда ионизация межэлектродного промежутка максимальна; в результате взаимодействия получаемой плазмы с поверхностью различных материалов формируются наноразмерные структуры, а сама плазма может быть использована в конструировании квантовых генераторов в неагрессивных газовых средах, а также с целью стерилизации медицинских инструментов.

## ANNOTATION

**Author** – Hirbu Arefa. **Title** – Physical processes of excitement and relaxation of gaseous media. **The paper consists** of introduction, five chapters, general conclusions, bibliography containing a list of 120 sources, 117 pages (until the bibliography), 166 formulas, 47 figures, and 3 tables. The obtained results are published in 51 scientific papers.

**Key words:** electrical discharges in impulse, plasma, excitement, relaxation, gaseous medium, optical glass, metal surfaces.

**Field of study** – physics. **The purpose of dissertation** is theoretico-experimental investigations aimed at the physical processes of excitement and relaxation of gaseous media in view of plasma formation and analysis of its interaction with the substance. **The objectives of dissertation** are: the study of actual state on the investigations of physical processes of excitement and relaxation of gaseous media; theoretical and experimental investigations on the conditions of plasma formation in the laboratory conditions; design and development of experimental setup for plasma formation in the laboratory conditions; development of mathematical model on the investigations of physical processes of excitement and relaxation of gaseous media and plasma interaction with the substance; experimental investigations on plasma interaction with solid substance.

**Novelty and scientific originality of dissertation** consist in: the development of electrodes of special construction used in the generator of electrical impulses for plasma formation without additional devices for preventive ionization of the studied gaseous medium; the use of the plasma in multiphotonic excitement of optical glass molecules and the appearance of secondary radiation in it; the investigations on the plasma interaction with metal surfaces with the aim of micro- and nano-structures formation.

**The important scientific problem:** *the analysis of physical processes of excitement and relaxation of gaseous media with the aim of plasma formation without preventive ionization.*

**Theoretical importance and applied value of dissertation** are provided by: the analysis of theoretical bases on the physical processes of excitement and relaxation of gaseous media and solids; plasma formation in the laboratory conditions without the use of additional devices for preventive ionization of the active medium, that avoid synchronization between the main discharge and the moment when the ionization of the gap is maximal; as a result of interaction of the obtained plasma with the surface of different materials the nanodimensional structures are formed, and the plasma itself can be used in the construction of quantum generators in non-aggressive gaseous media, as well as with the aim of medicinal tools' sterilization.

**HÎRBU AREFA**

**PROCESE DE EXCITARE ȘI RELAXARE A MOLECULELOR ÎN MEDII  
GAZOASE**

**133.01 – PROCESE FIZICE ÎN GAZE ȘI ÎN PLASMĂ**

Autoreferatul tezei de doctor în fizică

---

Bun de tipar 01.06.2016  
Hârtie ofset. Tipar RISO  
Coli de tipar 2,0

Formatul hârtiei 60x84 1/16  
Tirajul 60 ex.  
Comanda nr. 260

---

Tipografia Universității de Stat „Alec Russo” din Bălți, m Bălți, str. Pușkin, 38  
Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți  
Presa universitară bălțeană, 2016