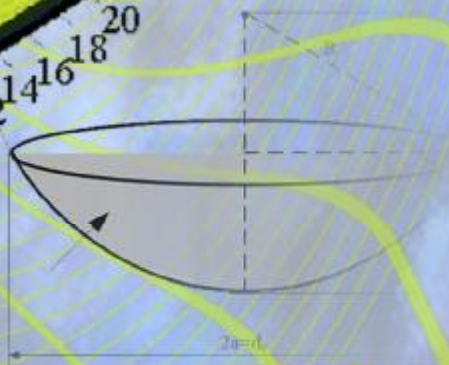
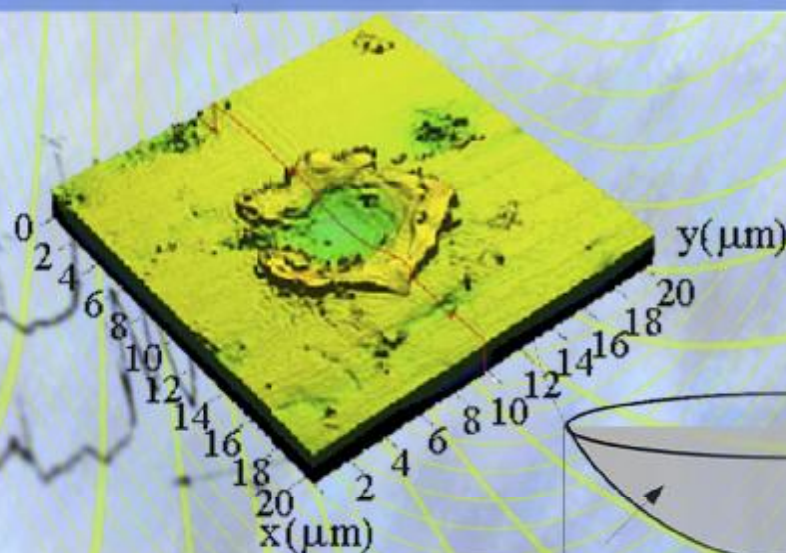




# Fizică și Tehnică:

*Procese, modele, experimente*





**UNIVERSITATEA DE STAT „ALECU RUSSO”**

ISSN 1857-0437

# **FIZICĂ ȘI TEHNICĂ:** **procese, modele, experimente**

**Revistă științifică a profilului de cercetare  
„Proprietățile fizice ale substanțelor în diverse stări”**

**2**  
**2008**

**Bălți**

**Fondatorul:** Universitatea de Stat „Alec Russo”

**Anul fondării:** 2006

**Colegiul de  
redacție:**

Nicolae Filip, *Academician al Academiei Internaționale a Școlii Superioare, Universitatea „Alec Russo”, Moldova (redactor-șef)*  
Dumitru Ghițu, *Academician al A.Ș. din Moldova*  
Valeriu Canțer, *Academician al A.Ș. din Moldova*  
Alexandr Dikusar, *prof. dr. hab., Membru cor. al A.Ș. din Moldova*  
Petru Stoicev, *conf. dr. hab., Universitatea Tehnică, Moldova*  
Gheorghe Popa, *prof. dr., Universitatea „Al.I.Cuza”, România*  
Valeriu Ureadov, *dr. hab., Inst.de Radiofizică, Nijnii Novgorod, Rusia*  
Eugen Plohotniuc, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova*  
Virgil Cheptea, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova*  
Alexandru Balanici, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova (secretar științific)*

**Tehnoredactare:** Alexandr Ojegov, *asist. univ.*

**Design și aspectul**

**paginii de titlu:** Ghenadie Cabac, *asist. univ.*

**Redactori:** Ala Sainenco, *conf. dr.*  
Elena Sirota, *conf. dr.*  
Lara Aladin, *lect. sup.*

**Recenzenți:** Eugen Gheorghiiță, *prof. dr. hab., Universitatea de Stat din Tiraspol*  
Petru Gașin, *prof. dr. hab., Universitatea de Stat din Moldova*  
Petru Stoicev, *conf. dr. hab., Universitatea Tehnică, Moldova*  
Florentin Paladi, *conf. dr., Universitatea de Stat din Moldova*  
Valentina Nicorici, *conf. dr., Universitatea de Stat din Moldova*

**Adresa redacției:** Universitatea de Stat „Alec Russo”,  
str. Pușchin 38, 3100, Bălți, Republica Moldova  
Tel.: (231)24561, fax: (231)33039  
E-mail: [TFMI.Decan@usb.md](mailto:TFMI.Decan@usb.md)  
<http://fizteh.usb.md>  
<http://libruniv.usb.md/publicatie/fizteh.htm>

**Tiparul:** Tipografia Universității de Stat „Alec Russo”

© Universitatea de Stat „Alec Russo”,  
Presa universitară bălțeană, 2008

**ISSN 1857-0437**

## CUPRINS

<i>Andrian Gheorghiuță, Eugen Gheorghiuță, Vladimir Ivanov-Omskii, Leonid Guțuleac, Igor Postolachi, Pantelei Untilă</i> Efecte optice în semiconductoarele semimagnetice $Hg_{1-x}Mn_xTe$ , $Hg_{1-x-y}Cd_xMn_yTe$ .....	7
<i>Mihail Popa, Gheorghe Ioan Rusu</i> Efectul Seebeck în compuși semiconductori organici.....	20
<i>Mihail Popa, Gheorghe Ioan Rusu</i> Cercetarea dependenței de temperatură a conductivității electrice la straturile subțiri semiconductoare de ZnSe.....	28
<i>Vitalie Beșliu</i> Modelarea procesului de durificare a metalelor prin descărcări electrice în impuls, utilizând metoda rețelei neuronale.....	37
<i>Pavel Pereteatcu, Alexandr Ojegov, Dina Gherțriken, Vladimir Mazanco</i> Cercetarea compoziției fazice a acoperirilor din molibden pe fier și oțel la prelucrarea prin scînteii electrice.....	43
<i>Pavel Pereteatcu, Vitalie Beșliu, Vladislav Rusnac, Alexandru Balanici, Alexandr Ojegov, Valentin Mihailov</i> Cercetarea rezistenței la uzură a straturilor superficiale obținute la alierea prin scînteii electrice în câmp magnetic.....	47
<i>Vladislav Rusnac</i> Distribuția temperaturii în electrozi și interstițiu la aplicarea descărcărilor electrice în impuls.....	52
<i>Nicolae Cănanău, Dalia Elena Cănanău</i> Studiu asupra procesului de laminare cu cilindri planetari.....	56
<i>Георгии́ Дука, Василий́ Шарагов</i> Структура поверхностных слоев листового стекла, выщелоченного кислотными газами, по данным ИК спектроскопии.....	61
Rezultatele cercetărilor științifice obținute în anul 2008 în cadrul profilului de cercetare „Proprietățile fizice ale substanțelor în diverse stări”.....	69
<i>Simion Băncilă</i> Cercetarea proprietăților fizice (termice a vîscozității și tensiunii superficiale) într-un interval larg al stărilor 300-2500K.....	70
<i>Virgil Cheptea</i> Studierea influenței deformațiilor anizotropice și a prelucrării electrice prin scînteie asupra proprietăților fizice ale metalelor și semimetalilor.....	71

<i>Ion Olaru, Valeriu Guțan</i>	
Cercetarea proceselor de obținere și modificare dirijată a proprietăților compuşilor semiconductori ZnO, In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZnAl <sub>2</sub> S <sub>4</sub> prin influență cu radiație laser UV și UVV.....	73
<i>Valeriu Guțan, Ion Olaru</i>	
Elaborarea laserului cu excimer XeCl pentru aplicații tehnologice.....	75
<i>Nicolae Filip</i>	
Monitorizarea ionosferei acționată de procese seismice.....	77
<i>Eugeniu Plohotniuc</i>	
Proiectarea digitală a sistemelor radio/telecomunicații.....	79
<i>Pavel Topală, Alexandru Balanici</i>	
Cercetări privind modificarea structurală, a compoziției chimice și microgeometriei suprafețelor pieselor în regimul de întreținere a descărcării electrice în impuls pe pete electrodice „reci” și „calde”.....	81
<i>Шарагов В. А.</i>	
Исследование природы воздействия электромагнитных полей на неорганические стекла.....	91
<i>Шарагов В. А.</i>	
Разработка технологии модифицирования поверхности стеклоизделий газообразными реагентами.....	92
Exigențe privind prezentarea lucrărilor științifice pentru revista „Fizică și tehnică: procese, modele, experimente” .....	96

## CONTENTS

<i>Andrian Gheorghita, Eugen Gheorghita, Vladimir Ivanov-Omskii, Leonid Gutuleac, Igor Postolachi, Pantelei Untila</i> Optical Effects In Semimagnetic Semiconductors $Hg_{1-x}Mn_xTe$ , $Hg_{1-x-y}Cd_xMn_yTe$ .....	7
<i>Mihail Popa, Gheorghe Ioan Rusu</i> The Seebeck Effect in Compound Organic Semiconductors.....	20
<i>Mihail Popa, Gheorghe Ioan Rusu</i> The Study of Temperature Dependence of the Electrical Conductivity of ZnSe Semiconductors Thin Films.....	28
<i>Vitalie Beshliu</i> Modelling of Hardening Process of Metals by Applying Electric Discharges in Impulse Using the Neuron Model.....	37
<i>Pavel Pereteatcu, Alexandr Ojegov, Dina Ghertsriken, Vladimir Mazanco</i> A Study of Phase Composition of Molybdenum Coverings on Iron and Steel Obtained by Electric Spark Processing.....	43
<i>Pavel Pereteatcu, Vitalie Beşliu, Vladislav Rusnac, Alexandru Balanici, Alexandr Ojegov, Valentin Mikhailov</i> The Investigations of Wearing Resistance of Surface Stratum Got at Electro- Spark Alloying in the Magnetic Field.....	47
<i>Vladislav Rusnac</i> Temperature Distribution in the Workpiece at Applying Electric Discharges in Impulse.....	52
<i>Nicolae Cananau, Dalia Elena Cananau</i> A Study on Planetary Rolling Process.....	56
<i>Gheorghe Duca, Vasilii Sharagov</i> The Structure of the Surface Layers of the Sheet Glass, Dealkalized with Acid Gases, According to Infrared Reflection Spectroscopy.....	61
The Research Results Obtained in 2008 within the Framework of the Research Field „Physical Properties of Substances in Diverse States”.....	69
<i>Simion Bancila</i> Investigation of Physical Properties (Thermal of Viscosity and Superficial Tension) in a Large Interval of States 300 – 2500K.....	70
<i>Virgil Cheptea</i> A Study of Anisotropic Deformations Influences and of Electric Processing by Sparks on Physical Properties of Metals and Semimetals.....	71

<i>Ion Olaru, Valeriu Gutan</i>	
Investigation of the Processes of Obtaining and Guided Modification of the Properties of Semi Conductive Compounds ZnO, In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZnAl <sub>2</sub> S <sub>4</sub> by Influencing Them with Laser Radiation UV and UVV.....	73
<i>Valeriu Gutan, Ion Olaru</i>	
Elaboration of a Laser with XeCl Excimer for Technological Applications....	75
<i>Nicolae Filip</i>	
Monitoring of the Ionosphere Influenced by Seismic Processes.....	77
<i>Eugeniu Plohotniuc</i>	
Digital Projection of Radio/Telecommunication Systems.....	79
<i>Pavel Topala, Alexandru Balanici</i>	
Research on Structural Modification, Chemical Composition and Micro Geometry of Machine Pieces Surfaces in the Regime of Maintenance of an Electric Impulse Discharge on “Cold” and “Hot” Electrode Spots.....	81
<i>Sharagov V. A.</i>	
Research into the Nature of Influence of the Electromagnetic Fields on Inorganic Glasses.....	91
<i>Sharagov V. A.</i>	
Elaboration of a Technology of Modifying Glassware Surfaces with Gaseous Reagents.....	92
Requirements for the Presentation of Scientific Papers for the Journal „ <i>Physics and Technics: Processes, Models, Experiments</i> ” .....	96

CZU 621.315.592.

## EFECTE OPTICE ÎN SEMICONDUCTOARELE SEMIMAGNETICE $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ , $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$

**Andrian Gheorghită**, l.sup.dr.; **Eugen Gheorghită**, prof.dr.hab.;  
**Leonid Guțuleac**, conf.dr.; **Igor Postolachi**, conf.dr.; **Pantelei Untilă**, conf.dr.

(Universitatea de Stat din Tiraspol, Chișinău, Moldova)

**Vladimir Ivanov-Omskii**, prof.dr.hab.

(Institutul Fizico-Tehnic „A. Ioffe” AȘ Rusia, Sankt-Petersburg)

În lucrare se analizează particularitățile influenței temperaturii, a câmpului magnetic și a concentrației componentelor asupra modificării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în semiconductoarele semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  ( $0,08 \leq x \leq 0,2$ ),  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  ( $0 \leq x \leq 0,2$ ;  $0 \leq y \leq 0,23$ ). Eșantioanele studiate în această lucrare au fost obținute prin metoda epitaxiei de fază lichidă în sistem închis din soluții îmbogățite cu telur pe substraturi orientate  $\langle 111 \rangle$  de telurid de cadmiu în regim termodinamic determinat de structura diagramelor de fază a aliajelor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  [1]. Concentrația purtătorilor de sarcină în urma procesului de coacere, reieșind din măsurătorile galvanomagnetice, n-a depășit  $(1,2 \div 1,5) \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ .

În lipsa câmpului magnetic exterior, la temperaturile  $(4,2 \div 300) \text{ K}$  spectrele de absorbție a semiconductoarelor semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  au aceeași formă ca și spectrele de absorbție a materialelor nemagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  cu parametrii spectrului energetic egali. Se analizează influența temperaturii, a câmpului magnetic și a componenței asupra modificării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină.

Studierea comportamentului frontierei de absorbție fundamentale a semimagneticelelor a permis calcularea integralelor interacțiunii de schimb  $N_0\alpha$  și  $N_0\beta$ .

Rezultatele experimentale se explică în cadrul modelelor teoretice Kane, Pidgenon-Brown.

### Introducere

Un interes deosebit se acordă în literatura de specialitate semiconductoarelor semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  ca materiale de perspectivă pentru confecționarea, pe baza lor, a receptoarelor de radiații infraroșii în diapazonul spectral  $(3 \div 5)$  și  $(8 \div 12) \mu\text{m}$  [2,3,4]. Actualmente, pentru confecționarea receptoarelor de radiații infraroșii din acest diapazon, se folosesc, în principiu, aliajele  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  [4]. În baza acestor aliaje, se construiesc receptoare cu caracteristici performante. Deși există succesele în tehnologia materialelor cunoscute în acest domeniu, totuși există o serie de probleme legate de stabilitatea materialelor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , determinată de migrația necontrolată a defectelor rețelei cristaline și a ionilor de mercur în volumul și în stratul de suprafață. Nivelul înalt de modernizare a tehnologiei de obținere a acestor materiale nu permite compensarea acestor neajunsuri. În această situație, destul de actuală devine problema materialelor noi, multifuncționale, cu aceleași caracteristici energetice ca și  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , dar care ar poseda cu o stabilitate a caracteristicilor electronice mai înaltă. Anumite rezultate, în această ordine de idei, sunt determinate de



introducerea în aliajul ternar  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  a unei componente suplimentare sau înlocuirea cadmiului cu un alt element, de exemplu, manganul, fierul sau zincul.

Rezultatele indicate în literatura de specialitate [4,6] confirmă că introducerea sau înlocuirea cadmiului cu mangan și obținerea semiconductoarelor semimagnetice ternare  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și cuaternare  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  contribuie la obținerea materialelor cu o stabilitate mai ridicată, la îmbunătățirea proprietăților mecanice și se manifestă pozitiv asupra stabilității caracteristicilor fizice a receptoarelor de radiație infraroșie. Perspectiva materialelor semimagnetice ternare  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și cuaternare  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  creează o serie de probleme de cercetări suplimentare atât tehnologice, cât și a proprietăților fizice ale acestor materiale. Una dintre aceste probleme, de exemplu, este cercetarea spectrului energetic al purtătorilor de sarcină și modificarea acestuia sub influența concentrației cadmiului și a manganului, sub influența temperaturii și a câmpului magnetic, standardizarea experimentală a funcției  $e_g = e_g(x, y)_T$  ( $e_g$  - lărgimea benzii energetice interzise) etc.

În această lucrare se pun în evidență rezultatele experimentale ale influenței temperaturii, câmpului magnetic și concentrației cadmiului și manganului asupra modificării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  obținute în baza ridicării spectrelor de absorbție la diferite temperaturi în câmpul magnetic exterior și în lipsa câmpului magnetic.

Rezultatele experimentale au fost obținute pentru intervalul de temperaturi  $4,2 \div 300 \text{ K}$  și diapazonul de câmpuri magnetice de până la  $6T$ . S-au studiat peliculele epitaxiale  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  ( $0,018 \leq x \leq 0,23$ ),  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  ( $0 \leq x \leq 0,2$ ;  $0 \leq y \leq 0,23$ ).

## 2. Tehnologia obținerii peliculelor epitaxiale $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ , $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ și metodică experimentului

Eșantioanele studiate în această lucrare au fost obținute prin metoda epitaxiei de fază lichidă în sistem închis din soluții îmbogățite cu telur, pe substraturi orientate  $\langle 111 \rangle$  de telurid de cadmiu în regim termodinamic determinat de structura diagramelor de fază a aliajelor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  [1]. Temperatura substratului de telurid de cadmiu în procesul de obținere a peliculelor a variat în intervalul de temperaturi ( $873 \div 933$ )K iar presiunea suplimentară a vaporilor de mercur în sistemul închis n-a depășit  $0,1 \text{ atm}$ . Regimul tehnologic de obținere a peliculelor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ , cu conținutul nominalizat, a fost ales în conformitate cu diagrama de stare a aliajului respectiv. Procesul tehnologic a permis obținerea peliculelor omogene după conținut de conductivitate electrică de tipul  $-p$ . Următoarea etapă a procesului tehnologic a fost coacerea peliculelor în vapori de mercur timp de  $4 \div 8$  ore la  $T=573\text{K}$ . Concentrația golurilor peliculelor după procesul de coacere n-a depășit  $(1,2 \div 1,5) \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Densitatea dislocațiilor peliculelor studiate în această lucrare n-a fost mai mare de

$(4\div 6)\cdot 10^4 \text{ cm}^{-2}$ . S-a verificat și stabilitatea caracteristicilor fizice ale peliculelor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  în timp, în raport cu peliculele  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ . După 6 luni de păstrare a peliculelor în atmosferă, rezultatele experimentale obținute confirmă o stabilitate cu 20% mai mare decât stabilitatea respectivă a caracteristicilor fizice ale peliculelor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  cu aceeași lărgime a benzii energetice interzise.

Peliculele  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  au fost supuse și cercetărilor röntghenostructurale în scopul determinării repartiției omogene a componentelor aliajului pe dimensiunile geometrice (grosime, suprafață) ale peliculelor. Aceste studii experimentale au permis să evidențiem o omogenitate suficientă a peliculelor pe o grosime de  $20\div 60 \mu\text{m}$  pentru aliajul  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $20\div 30 \mu\text{m}$  pentru aliajul  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ .

Efectele optice s-au studiat cu ajutorul unei instalații montate în baza spectrometrului SPM-2. Pentru studierea efectelor de transparență în diapazonul spectral respectiv peliculele au fost eliberate mecanic, de substrat și instalate liber într-un modul confecționat din aluminiu cu o ferestruică respectivă. Cunoscându-se din experiment transparența optică și grosimea peliculei, s-a determinat coeficientul de absorbție, conform concepției expuse în [7] și dependența acestui coeficient de energia fotonilor incidenți, adică s-a obținut spectrul experimental  $a = a(hw)$  și modificarea lui sub influența temperaturii și a câmpului magnetic. Spectrele de absorbție teoretice s-au calculat, utilizându-se modelul energetic al semiconductorilor cu lărgimea îngustă a benzii energetice interzise [8,9].

### 3. Rezultatele experimentale și discuția lor

#### 3.1. Influența temperaturii asupra modificării spectrelor de absorbție

În fig. 1 sunt prezentate spectrele de absorbție ale peliculei epitaxiale  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  ( $x = 0,16$ ;  $y = 0,02$ ) ridicate la temperaturile  $4,2\text{K}$  (curba 1);  $55\text{K}$  (curba 2);  $80\text{K}$  (curba 3) în lipsa câmpului magnetic. Din aceste rezultate, se observă că spectrele primite reprezintă niște segmente din spectrele de absorbție respective; frontiera absorbției are aceeași formă la acele temperaturi, la care s-au realizat experimentele; forma abruptă a structurii spectrului de absorbție confirmă calitatea superioară a peliculelor  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  studiate și un nivel tehnico-științific satisfăcător al procesului tehnologic de obținere a peliculelor; la micșorarea temperaturii, forma spectrului de absorbție, înregistrat experimental, nu se schimbă, dar se deplasează neobișnuit, spre deosebire de semiconductoarele din grupa  $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ , în diapazonul spectral al energiilor mici. Forma spectrului de absorbție (exemplul din fig. 1) ne permite să conchidem că structura spectrelor de absorbție este determinată de tranzițiile optice directe de tipul „banda energetică de valență a golurilor grele – banda energetică de conducție”, după cum se demonstrează și în lucrarea [14]. În baza concepțiilor descrise în [7], din spectrele de absorbție înregistrate, s-a determinat lărgimea benzii energetice interzise  $e_g = e_g(x, y)_T$ ;

$e_g = e_g(T)_{x,y}$ ;  $e_g = e_g(B)_{x,y,T}$ ;  $\left(\frac{de_g}{dT}\right)_x = f(x)$ ;  $\left(\frac{de_g}{dT}\right)_y = f(y)$ ;  $\left(\frac{de_g}{dB}\right)_T = f(x)$ . În

mod analogic, s-au ridicat și analizat spectrele de absorbție pentru peliculele de  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  cu diferite concentrații a manganului, pentru care, folosindu-se aceleași concepții fizice, s-au determinat funcțiile de mai sus.

În fig. 1, liniile continue reprezintă spectrele de absorbție teoretice, calculate în cadrul modelelor teoretice Pidjenon-Brown și Kane [7,8], care descriu suficient spectrul energetic al purtătorilor de sarcină în materiale cu lărgimea îngustă a benzii energetice interzise pentru regiunea frontierei absorbției fundamentale și cu concepția tranzițiilor optice directe.

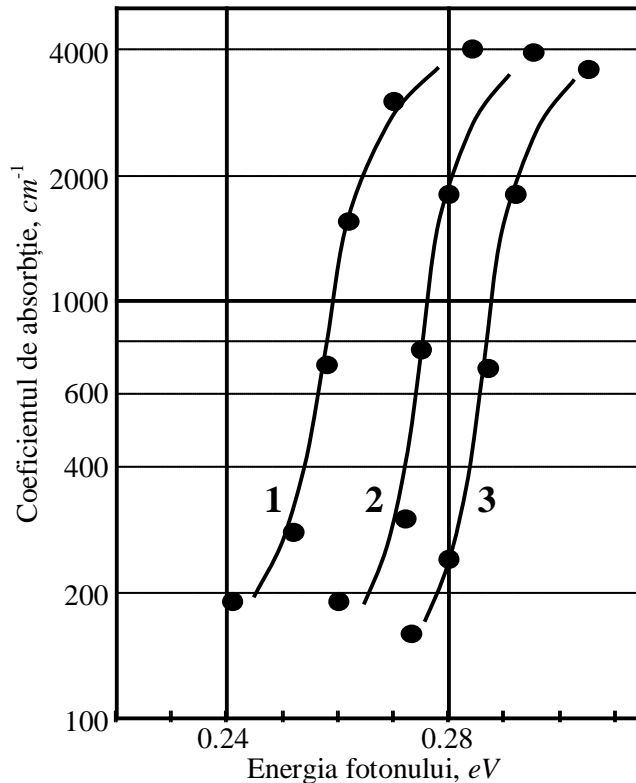


Fig.1. Spectrele de absorbție ale peliculelor epitaxiale  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  ( $x=0,16$ ;  $y=0,02$ ) înregistrate în lipsa câmpului magnetic la temperaturile:

1) 4.2 K; 2) 55 K; 3) 80 K.

Puncte – experiment; linii continue – spectre de absorbție calculate teoretic

Concordanța dintre spectrele de absorbție experimentale cu cele teoretice s-a obținut folosindu-se în calcule următoarele caracteristici: masa efectivă a electronilor  $(m_e^*/m_0) = 2,4 \cdot 10^{-2}$  și masa efectivă a golurilor grele  $m_{hh}^* = 0,43m_0$ ;

energia disipării spin-orbită  $\Delta = 1\text{eV}$ ; constanta dielectrică  $\epsilon_0 = 16$ ; elementul matricial de interacțiune  $P = 8,3 \cdot 10^{-8} \text{eV} \cdot \text{cm}$ . Folosindu-se spectrele de absorbție fundamentale în cadrul concepției tranzițiilor optice directe „banda de valență a golurilor grele – banda de conducție”, s-a determinat lărgimea benzii energetice interzise în funcție de componența aliajului și de temperatură. Rezultatele obținute sunt incluse în figurile 2, 3 și 4. În fig. 2 sunt reprezentate dependențele lărgimii benzii interzise de concentrația manganului pentru diferite pelicule  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  la  $T = 300\text{K}$ , obținute din spectrele experimentale de absorbție și spectrele de iradiere.

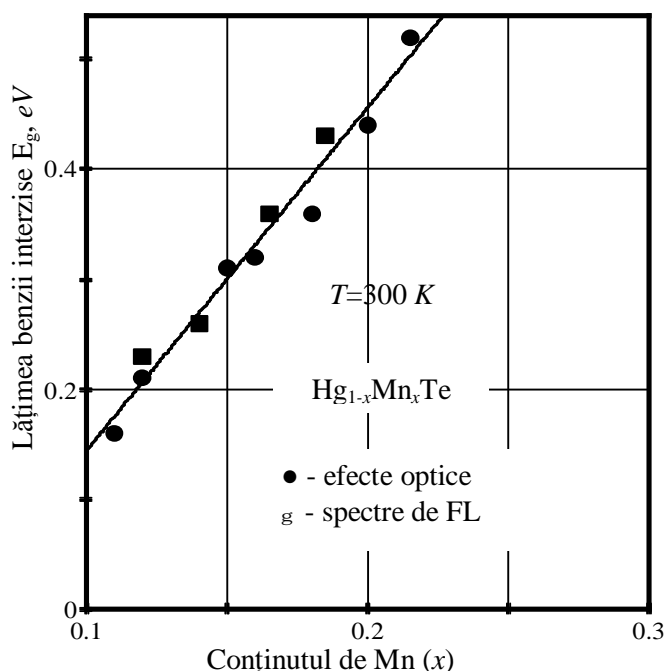


Fig.2. Dependența lărgimii benzii energetice interzise de conținutul manganului  $E_g = E_g(x)$  pentru sistemul ternar  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  determinată din structura spectrelor de absorbție (●) și spectrelor de iradiere FL (■) pentru temperatura de  $300\text{K}$

Datele experimentale pentru funcția  $e_g = e_g(x)_T$  confirmă o dependență neliniară care, cu un anumit grad de exactitate în cadrul metodei pătratelor mici, poate fi aproximată ca o dependență liniară confirmată prin linia continuă din această figură. Paralel cu efectele de absorbție pentru determinarea lărgimii benzii energetice interzise s-au utilizat spectrele de iradiere. Spectrele de iradiere (spectrele FL), după structura lor au forma unei fâșii largi, analizându-le după metodă cunoscută de separare a spectrelor Aliantz-Fogh. Presupunând că aportul esențial în această tranziție aparține tranziției de tipul „bandă energetică de conducție – banda energetică de valență”, după maximul fâșiei dispersate, am determinat lărgimea benzii energetice interzise. Rezultatele experimentale pentru

funcția  $e_g = e_g(x)$ , obținute din analiza structurii spectrelor de absorbție și a spectrelor de fotoluminescență, sunt prezentate pentru sistemul ternar  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  la  $T=300\text{K}$  în fig. 2. Rezultatele experimentale obținute în urma acestor investigații cu pelicule de aceeași componență corelează suficient între ele.

Investigații de același fel s-au realizat și pentru peliculele cuaternare  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  cu diferite concentrații de cadmiu și mangan la diferite temperaturi. Spectrele de absorbție pentru peliculele cuaternare la temperatura dată, în lipsa câmpului magnetic, au aceeași formă ca și spectrele de absorbție ridicate pentru pelicule ternare prezentate în fig. 2. Folosindu-se aceeași procedură, s-a determinat pentru aceste materiale lărgimea benzii energetice interzise și modificările acestui parametru în funcție de temperatura, concentrația componentelor și prezența câmpului magnetic de o anumită geometrie.

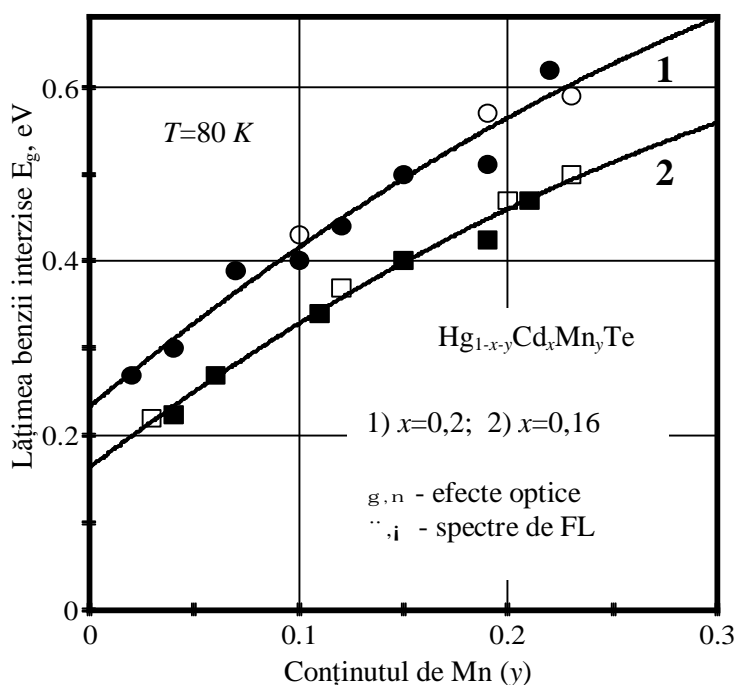


Fig. 3. Dependenta  $E_g = E_g(y)_{x,T}$  pentru peliculele epitaxiale  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  1)  $x=0,2$ ; 2)  $x=0,16$  determinată din spectrele de absorbție ( $\bullet, \circ$ ) și spectrele de iradiere ( $\blacksquare, \square$ ). Liniile continue sunt calculate cu formula (1)

Dependenta lărgimii benzii energetice interzise de parametrii aliajului este prezentată în fig. 3 pentru două pelicule cu concentrația cadmiului  $x = 0,2$  (curba 1) și  $x = 0,16$  (curba 2) în funcție de concentrația manganului. Rezultatele sunt obținute din spectrele de absorbție și spectrele de fotoluminescență ridicate la temperatura  $80\text{K}$ . După aceeași metodă, au fost obținute rezultatele reprezentate în fig. 4, pentru  $y = 0,12$  în funcție de concentrația cadmiului ridicate din aceleași experimente.

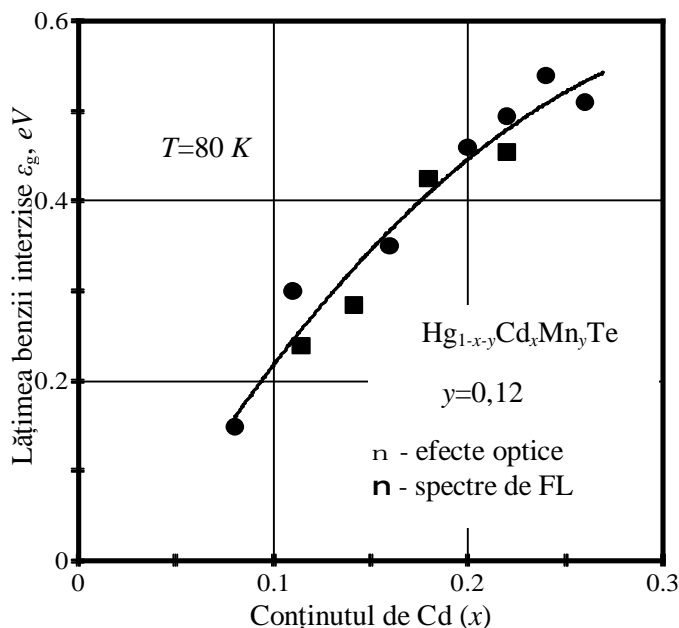


Fig. 4. Dependența  $e_g = e_g(x, y)_T$  pentru peliculele epitaxiale  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_y\text{Mn}_y\text{Te}$  ( $y=0,12$ ) determinată din spectrele de absorbție ( $n$ ) și spectrele de iradiere ( $n$ ). Linia continuă este calculată prin formula (1)

Cele prezentate în fig. 2, 3 și 4 ne permit să conchidem: cu mărirea concentrației manganului în  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ , frontiera absorbției fundamentale se deplasează în diapazonul spectral al energiilor mari. În cazul peliculelor cuaternare  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_y\text{Mn}_y\text{Te}$  constatăm următoarele: pentru o peliculă cu același conținut de cadmiu (fig. 3), odată cu mărirea concentrației manganului în aliaj, frontiera absorbției fundamentale (lărgimea benzii energetice interzise) se deplasează la fel în diapazonul energiilor mari; pentru aceeași concentrație a manganului, la mărirea concentrației cadmiului în aliaj, frontiera absorbției fundamentale se deplasează, de asemenea, în diapazonul spectral al energiilor mari. Aceste rezultate ne permit să constatăm pentru sistemul  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_y\text{Mn}_y\text{Te}$  că, variind în anumite intervale de concentrații conținutul cadmiului și manganului, putem obține materiale cu aceeași lărgime a benzii energetice interzise, dar cu concentrații diferite de mangan. Aceasta este o concluzie destul de importantă pentru studiarea experimentală a interacțiunii de schimb, determinată de specificul manganului ca și component al aliajului respectiv.

Comparând spectrele de absorbție ridicate la temperatura dată pentru peliculele  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_y\text{Mn}_y\text{Te}$ , discutate mai sus, cu cele prezentate în lucrările [9,10] pentru pelicule de  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , menționăm: materialele semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_y\text{Mn}_y\text{Te}$  cît și materialele nemagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , cu aceeași lărgime a benzii energetice interzise la aceeași temperatură,

în lipsa câmpului magnetic exterior, au aceeași formă. La această concluzie se ajunge comparându-se rezultatele lucrării date cu cele prezentate în [14, 17].

Liniile continue din fig. 3, 4 reprezintă calcule teoretice ale funcției  $e_g = e_g(x, y)_T$ . Este evident faptul că, pentru valorile componentelor aliajului  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ , este necesară obținerea unei funcții ce ar reflecta dependența structurii și a componentei aliajului și energia tranzițiilor optice directe. În cadrul modelului unui cristal virtual, expus în lucrarea [12], pentru calcularea funcției  $e_g = e_g(x, y)_T$ , s-a folosit următoarea expresie analitică:

$$e_g(x, y)_T = \frac{(1-x-y)(xe_{12}(z) + ye_{13}(l) + xy e_{23}(s))}{(1-x-y)(x+y) + xy}, \quad (1)$$

unde  $e_{12} = e_g(\text{Hg}_{1-z}\text{Cd}_z\text{Te})$ ;  $e_{23} = e_g(\text{Mn}_s\text{Cd}_{1-s}\text{Te})$ ;  $e_{13} = e_l(\text{Mn}_l\text{Cd}_{1-l}\text{Te})$ ;

$$z = \frac{(2x+y)}{2}; \quad s = \frac{1-x+y}{2}; \quad l = \frac{(2y+x)}{2}.$$

Formele analitice ale funcțiilor  $e_{12}$ ;  $e_{13}$ ;  $e_{23}$  utilizate sunt asemenea celor cunoscute în lucrările [12, 13, 14, 15]. Analizându-se rezultatele obținute din experimentele optice și de iradiere, menționăm o corelare satisfăcătoare a curbelor experimentale cu cele teoretice în diapazonul de concentrații studiat.

Având spectrele absorbției fundamentale, s-a calculat  $\left(\frac{de_g}{dT}\right)_x = f(x)$  pentru  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\left(\frac{de_g}{dT}\right)_{x,y} = f(x, y)$  pentru  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ .

Deplasarea frontierei absorbției fundamentale în funcție de temperatură în  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  se poate explica în baza cunoscutei concepții de explicare a formei funcției  $e_g = e_g(T)_x$  pentru  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , descrisă în lucrarea [14]. Valorile numerice ale coeficientului termic al benzii energetice interzise pentru materialele semimagnetice studiate sunt aproximativ de două ori mai mari decât cele cunoscute pentru  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  cu aceeași lărgime a benzii energetice interzise. Una dintre cauzele obținerii acestor valori poate fi structura cristalografică diferită pentru combinațiile  $\text{HgTe}$ ,  $\text{CdTe}$  și  $\text{MnTe}$ .

### 3.2. Influența câmpului magnetic exterior asupra modificării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ și $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$

Rezultatele obținute confirmă că, în lipsa câmpului magnetic exterior, spectrele de absorbție fundamentală a semimagneticilor  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$ , materialele cu lărgimea îngustă a benzii energetice interzise, la temperaturi joase, au aceeași formă ca și materialele nemagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ . În scopul studierii restructurării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în

câmpul magnetic, s-au ridicat spectrele de absorbție ale materialelor semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  în câmpul magnetic exterior cu inducția de  $6T$  la temperatura de  $4,2K$ .

Forma segmentului spectrului absorbției fundamentale pentru  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  (lărgimea îngustă a benzii energetice interzise) în câmpul magnetic exterior este aceeași ca și în lipsa câmpului magnetic la  $4,2K$ , numai că este deplasată în diapazonul spectral al energiilor mici.

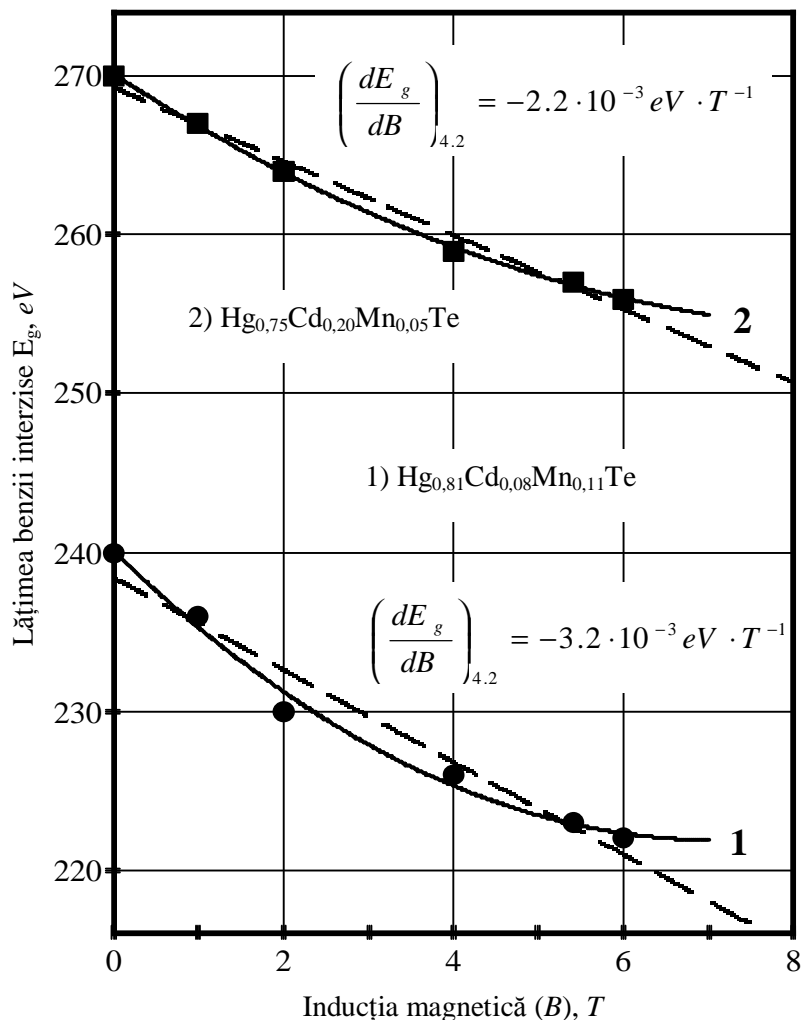


Fig.5. Dependența  $E_g = E_g(B)_{x,y,T}$  pentru pelicule epitaxiale  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  la  $T=4,2 K$

Folosindu-se aceeași procedură experimentală, s-a determinat lărgimea benzii energetice interzise în câmpul magnetic și modul în care se modifică acest parametru în câmpul magnetic  $e_g = e_g(B)$ .



Pentru două pelicule din  $Hg_{0,81}Cd_{0,08}Mn_{0,11}Te$  și  $Hg_{0,75}Cd_{0,2}Mn_{0,05}Te$  la temperatura de  $4,2K$  din spectrele  $a = a(B)_{hw}$ , s-a determinat forma experimentală a funcției  $e_g = e_g(B)$ . Rezultatele sunt prezentate în fig. 5. Din spectrele de absorbție fundamentală, în lipsa câmpului magnetic, avem  $e_g(0) = 240meV$  pentru aliajul  $Hg_{0,81}Cd_{0,08}Mn_{0,11}Te$  și  $e_g(0) = 270meV$  pentru aliajul  $Hg_{0,75}Cd_{0,2}Mn_{0,05}Te$ . Spectrele de absorbție, pentru peliculele enunțate la  $T = 4,2K$ , în diferite câmpuri magnetice, au fost folosite pentru calcularea experimentală a lărgimii benzii energetice interzise. Datele obținute sunt prezentate prin puncte în fig. 5. Extrapolând această dependență experimentală pentru  $B \rightarrow 0$ , primim  $e_g$  pentru  $B = 0$ . Rezultatele obținute din această extrapolare corelează cu cele primite din forma spectrelor de absorbție ridicate în lipsa câmpului. Folosindu-se rezultatele experimentale, s-a calculat  $\left(\frac{de_g}{dB}\right)_T$  pentru aceste pelicule. Am obținut următoarele valori:

$$\text{pentru peliculele } Hg_{0,81}Cd_{0,08}Mn_{0,11}Te \quad \left(\frac{de_g}{dB}\right)_T = 3,2 \cdot 10^{-3} eV \cdot T^{-1},$$

$$\text{pentru pelicula } Hg_{0,75}Cd_{0,2}Mn_{0,05}Te \quad \left(\frac{de_g}{dB}\right)_T = 2,2 \cdot 10^{-3} eV \cdot T^{-1}.$$

Diagrama nivelelor Landau, calculată în cadrul modelului teoretic Pidgenon-Brown [9], ținându-se cont de interacțiunea de schimb specifică materialelor semimagnetice, este reprezentată în fig. 6. Diagrama prezentată în această figură confirmă deplasarea anomală la frontiera absorbției fundamentale în câmpul magnetic pentru  $Hg_{1-x}Mn_xTe$  și  $Hg_{1-x-y}Cd_xMn_yTe$ . Folosind concepția acestei diagrame energetice (spre deosebire de materialele nemagnetice, nivelul energetic  $e_B(-1)$  în câmpul magnetic se deplasează pe diagrama energetică în sus), s-a calculat deplasarea frontierei absorbției fundamentale în câmpul magnetic. Linia continuă în fig. 5 reprezintă deplasarea teoretică a frontierei absorbției fundamentale (nivelul coeficientului de absorbție  $\sim 500cm^{-1}$ ) în câmpul magnetic la temperatura  $4,2K$ . Menționăm corelarea satisfăcătoare a datelor experimentale cu cele teoretice. Parametrii variaționali pentru obținerea corelației datelor experimentale cu cele teoretice sunt integralele de schimb pentru banda energetică de conducție ( $N^\circ\alpha$ ) și pentru banda energetică de valență ( $N^\circ\beta$ ). Coinidență satisfăcătoare s-a obținut pentru  $|N_0\alpha| = 0,42eV$ ;  $|N_0\beta| = 0,8eV$ . Aceste valori corelează cu cele cunoscute din analiza experimentelor privitor la spectroscopia purtătorilor de sarcină în câmpul magnetic pentru aceste pelicule [18].

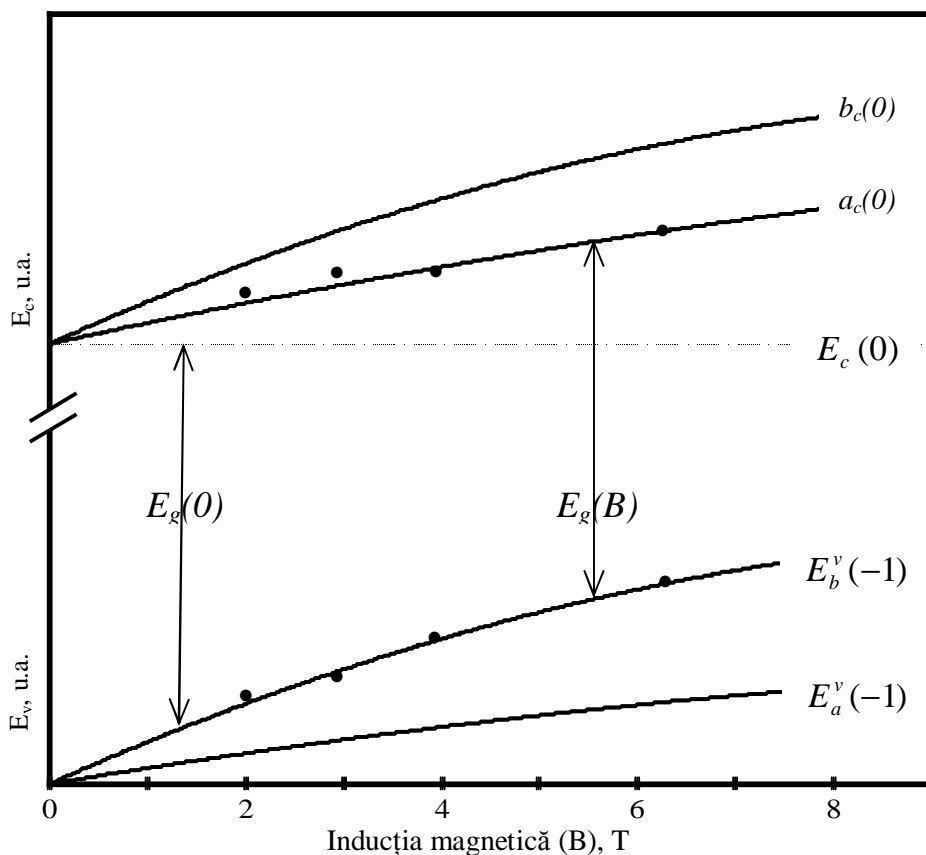


Fig.6. Diagrama energetică a nivelelor Landau calculată conform [8].

(● – date experimentale)

La fel, din deplasarea frontierei de absorbție fundamentale în câmpul magnetic, s-au determinat masele efective ale electronilor și golurilor. Valorile corelează cu cele folosite în calculele spectrelor de absorbție în lipsa câmpului magnetic. Pentru parametrii reduși ai lui Landinger, s-a folosit  $\tilde{g}_1 = 3,3$ ;  $\tilde{g}_2 = 0,3$ ;  $\tilde{k} = 0$  [18].

#### 4. Concluzii

Rezultatele experimentale obținute în această lucrare permit formularea următoarelor concluzii:

1. Forma segmentelor spectrelor de absorbție, studiate pentru diferite temperaturi și conținuturi, pentru  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  este identificată ca tranziții optice „banda energetică de valență a golurilor grele – banda energetică de conducție”;
2. În lipsa câmpului magnetic, micșorarea temperaturii contribuie la deplasarea frontierei absorbției fundamentale a materialelor semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$

și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  (materiale cu banda energetică interzisă îngustă) în diapazonul spectral al energiilor mici. În mod experimental, s-a calculat

coeficientul termic al benzii energetice interzise  $\frac{de_g}{dT} = f(x)$ ;  $\frac{de_g}{dT} = f(x, y)$ ;

3. Din datele experimentale pentru  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  și  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  s-au determinat formele de influență a temperaturii și a compoziției asupra funcțiilor  $e_g = e_g(x)$ ;  $e_g = e_g(x, y)$ ;  $e_g = e_g(T)_x$ ;  $e_g = e_g(T)_y$ . Folosindu-se concepțiile modelelor energetice Kane și Pidgenon-Brown s-au calculat spectrele teoretice ale absorbției fundamentale. S-a demonstrat că, în lipsa câmpului magnetic exterior, spectrele absorbției fundamentale au aceeași formă ca și spectrele absorbției fundamentale pentru materialele nemagnetice cu banda energetică îngustă, spre exemplu  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ ;
4. În câmpul magnetic exterior la temperaturi joase (4,2K), frontiera absorbției fundamentale se deplasează anomal în diapazonul spectral al energiilor mici.

Din datele experimentale s-a calculat  $\left(\frac{de_g}{dB}\right)_T = f(x, y)$ . Folosindu-se această

dependență, s-au determinat masele efective ale purtătorilor de sarcină și integralele de schimb pentru banda de conducție ( $N_o\alpha$ ) și pentru banda energetică de valență ( $N_o\beta$ ).

### Bibliografie

1. Untilă, P. I.// Epitaxia de fază lichidă a semiconductoarelor semimagnetice  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  și studierea proprietăților lor. Disertația de doctor în științe fizico-matematice, Leningrad, 1988, 136 p.
2. Furdyna, I.K.// I. Vac. Science Tehnol., 1982, v. 21, Nr. 1, 220 p.
3. Фурдына, И.К. Полумангнитные полупроводники. М. Наука, 1987. 500 p.
4. Георгицэ, Е.И., Иванов-Омский, В.И., Постолаки, И.Т., Унтила, П. Г.// Изв. Вузов СССР. Физика, 1990, т. 33, №4, с. 114-116.
5. Rogalski, A.// Infrared Phys. 1991, v. 31, Nr. 2, p. 117-166.
6. Wal, A., Caprile, C., Franciosi, A., Debska, U. // J. Vac. Science Tehnol., 1986, v. A3, Nr. 14, p. 818-882.
7. Уханов, Ю.И. Оптические свойства полупроводников. М. Наука, 1984, 300 p.
8. Kane, T.O.// J. Phys. Sem. Sol., 1957, v. 1, Nr.4 p. 249-261
9. Pidjenov, C.R., Brown, R.N.//Phys. Rev., 1966, v. 146, p. 575.
10. Венгер, Е.Ф., Гасан-Заде, С. Г., Стриха, М.В., Шепельский, Г.А. // ФТП, 2007, т. 41, В. 3, с. 276-281.
11. Ляпилин, И.И., Цидильковский, И.М.// УФН, 1985, т. 146, с. 35-80.
12. Williams, C. K., Glisson, T. H., Hanses, I.R., Littejohn//J. Electron. Mater., 1978, v. 7, p. 639.

13. Finkman, E., Schacham, S.E.// J. Appl. Phys., 1984, v. 56, Nr. 10, p. 2896-2900.
14. Gheorghită, E., Guțuleac, L., Postolachi, I., Korolevski, B. //Meridian Ingineresc, 2008, p. 60.
15. Becla, P., Wolff, R., Aggarwal, A.// J. Vac. Science Technol, 1985, A3, p. 116.
16. Girit, W., Furdyna, I., Semiconductors and Semimetals, v. 25 (Edited by R. Willardson and Beer), Academic, Boston, 1988.
17. Несмелова, И.М., Кошелева, В. И., Барышев, Н. С., Черкасов, А.П.//ФТП, 1977, т. 11, В. 11, с. 2173-2175.
18. Георгицэ, Е. И., Иванов-Омский, В.И., Мовилэ, В. Ф., Цыпишка, Д.И.// Письма в ЖТФ, 1991, т. 17, № 14, с. 69-73.

CZU 621.315.592.

## OPTICAL EFFECTS IN SEMIMAGNETIC SEMICONDUCTORS $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ , $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$

**Andrian Gheorghita**, Senior lecturer, PhD; **Eugen Gheorghita**, Professor, Doctor Habilitat; **Leonid Gutuleac**, Associate Professor, PhD; **Igor Postolachi**, Associate Professor, PhD; **Pantelei Untila**, Associate Professor, PhD  
(State University of Tiraspol, Chisinau, Moldova)  
**Vladimir Ivanov-Omskii**, Professor, Doctor Habilitat  
(Physico-Technical Institute “A. Ioffe”, AS Russia, Sankt-Petersburg)

This paper analyzes the particularities of the influence of temperature, magnetic field, the concentration of components on the modification of the energetic spectrum of charge carriers in  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  ( $0,08 \leq x \leq 0,2$ ),  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  ( $0 \leq x \leq 0,2$ ;  $0 \leq y \leq 0,23$ ) semimagnetic semiconductors. The samples studied in this work were obtained by the method of liquid phase epitaxy in closed system from solutions enriched with Tellurium on oriented substrata  $\langle 111 \rangle$  of Cadmium Telluride in a thermodynamic regime determined by the structure of phase diagrams of  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  and  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  alloys. [1] The concentration of charge carriers after the process of determined baking according to galvanometric measuring has not surpassed  $(1,2 \div 1,5) \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ .

On the basis of the experimental study of optical effects it is mentioned that in the absence of the external magnetic field at temperatures  $(4,2 \div 300) \text{ K}$  the absorption spectra of  $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  and  $\text{Hg}_{1-x-y}\text{Cd}_x\text{Mn}_y\text{Te}$  semimagnetic semiconductors have the same form as the absorption spectra of  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  non-magnetic materials with equal parameters of energy spectrum. The influence of temperature, magnetic field and composition on the modification of the energy spectrum of charge carriers is analyzed.

The study of the frontier behaviour of the fundamental absorption in the external magnetic field allowed the calculation of integrals of change interaction for the conduction energy band  $N_0\alpha$  and the valence energy band  $N_0\beta$ .

The experimental results are explained by Kane, Pidgenon-Brown theoretical models.

Prezentat la redacție la 07.07.08

CZU: 535.37

## EFECTUL SEEBECK ÎN COMPUȘI SEMICONDUCTORI ORGANICI

**Mihail Popa**, l.sup.dr.

(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Moldova)

**Gheorghe Ioan Rusu**, prof.dr.

(Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, România)

În această lucrare se studiază dependența de temperatură a coeficientului Seebeck pentru șase poli (azometin uretani) aromatici sintetizați recent. Pentru măsurători au fost folosite eșantioane sub formă de straturi subțiri depuse din soluție. În calitate de solvent s-a folosit dimetilformaldehida.

S-a determinat că polimerii investigați posedă caracteristici semiconductoare tipice. S-a stabilit o corelație dintre structura moleculară a polimerilor și valorile parametrilor care definesc proprietățile lor semiconductoare.

### Introducere

Semiconductorii organici sunt materiale de perspectivă pentru dezvoltarea tehnologiilor de producere a diapozitivelor cu corp solid (termistorilor, senzorilor, fotodetectorilor, celulelor solare organice etc) [1–3].

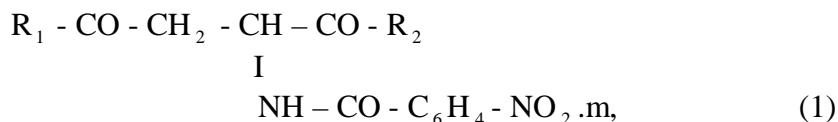
În ultimii ani, un număr mare de dispozitive semiconductoare sunt produse pe bază de straturi subțiri organice. Structura și proprietățile straturilor organice depind mult de metoda de depunere și de condițiile de preparare a lor [4–6]. Depunerea din soluție a straturilor subțiri organice are o serie de avantaje față de celelalte metode (depunerea chimică din vapori, evaporarea tehnică în vid etc.), deoarece permite obținerea straturilor subțiri organice pure cu grosimi diferite, cu structură compactă și cu diferite dimensiuni ale cristaliților.

Lucrarea respectivă își propune scopul de a prezenta unele rezultate privind dependența de temperatură a coeficientului Seebeck în straturi subțiri organice.

### Metodica experimentală

#### 1. Formula chimică și modul de preparare a eșantioanelor

Compușii semiconductori (polimerii) studiați reprezintă niște poli (azometin uretani) aromatici și corespund următoarei formule moleculare:



unde substituenții  $R_1$  și  $R_2$  sunt indicați în tabelul de mai jos:

Tabel 1

## Substituenții compușilor semiconductori organici

Compus	$R_1$	$R_2$
RG – 11	- OH	- OH
RG – 12	- OH	- OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
RG – 13	- OH	NH-CH <sub>2</sub> -COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
RG – 14	- OH	NH-CH(CH <sub>3</sub> )-COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
RG – 51	- NH <sub>2</sub>	- OH
RG – 52	- NH <sub>2</sub>	- OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>

Depunerea s-a efectuat din soluție sub formă de straturi subțiri. În calitate de solvent s-a folosit dimetilformaldehida. S-au folosit suporturi din sticlă (lame de microscop), care au fost tăiate cu diamantul de diferite dimensiuni (1,5x1,5cm, 1,5x3,5cm, 2,0x4,0cm.).

Grosimea straturilor a fost cuprinsă între 0.86 și 1.57  $\mu\text{m}$  și a fost determinată cu ajutorul microscopului interferențial MII – 4 (tip Linnik).

Anterior depunerii, pentru îndepărtarea impurităților, suporturile au fost introduse în amestec cromic unde au fost ținute timp îndelungat (peste 24h). După aceea, au fost scoase și clătite cu apă distilată de câteva ori. Pentru îndepărtarea urmelor de săruri, suporturile au fost clătite și în alcool etilic (98%) și puse la uscat.

## 2. Determinarea coeficientului Seebeck și trasarea graficului

Un aranjament experimental pentru măsurarea coeficientului Seebeck  $a_s$  și studiul dependenței acestuia de temperatură este prezentat schematic în fig. 1 [7].

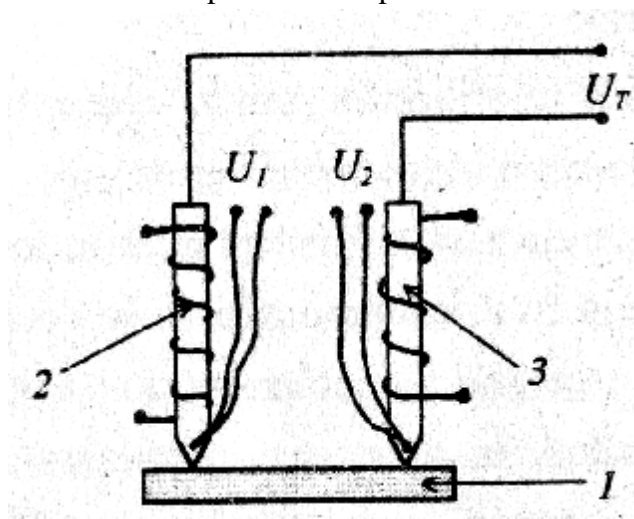


Fig. 1. Dispozitiv experimental pentru studiul dependenței de temperatură a coeficientului Seebeck

Pe eșantionul semiconductor care urmează să fie studiat (1) sînt amplasate două sonde metalice (2) și (3), care pot fi încălzite fiecare, prin efect Joule, prin intermediul a două circuite de încălzire (cuptorașe). În vîrfurile punctiforme ale celor două sonde, se află introduse cîte un termocuplu. Prin măsurarea t.t.e.m. date de fiecare termocuplu ( $U_1$  și  $U_2$ ), se poate determina temperatura fiecărei sonde și diferența de temperatură dintre acestea.

Tensiunea termoelectromotoare Seebeck ( $U_T$ ) se măsoară direct între cele două sonde. Pentru măsurarea ei se poate folosi un milivoltmetru sau un potențiomtru compensator.

Este recomandabil să se încălzească numai una dintre sonde, deoarece în acest fel variază atît diferența de temperatură  $\Delta T = T_2 - T_1$ , cît și temperatura medie din probă  $T = (T_1 + T_2)/2$ .

O altă posibilitate este de a conecta cel de-al doilea cuptoraș la un interval de timp după conectarea primului, în felul acesta, diferența de temperatură rămînînd constantă, poate varia numai temperatura medie din probă.

Din datele experimentale obținute, se calculează valoarea coeficientului Seebeck  $a_s$  utilizîndu-se relația :

$$a_s = \frac{U_T}{\Delta T} = \frac{U_T}{T_2 - T_1}, \quad (2)$$

pentru fiecare temperatură medie a probei.

### 3. Determinarea raportului mobilităților purtătorilor de sarcină

În teoria fenomenelor de transport [1,6,7], pentru semiconductorii intrinseci ( $n = p = n_i$ ), coeficientul Seebeck se determină prin relația:

$$a_s = - \frac{k_B}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \left( \frac{5}{2} - s - \frac{E_F}{k_B T} \right), \quad (3)$$

în care cu  $b$  s-a notat raportul mobilităților purtătorilor de sarcină:

$$b = m_n / m_p, \quad (4)$$

unde  $m_n$  este mobilitatea electronilor, iar  $m_p$  - mobilitatea golurilor. Termenul  $E_F$  indică poziția energetică a nivelului Fermi, iar  $s$  este un parametru care depinde de natura mecanismului de împrăștiere:  $s = \frac{1}{2}$  în cazul împrăștierii pe vibrațiile acustice,  $s = -\frac{1}{2}$  în cazul împrăștierii pe vibrațiile optice și  $s = \frac{3}{2}$  pentru împrăștieria pe impuritățile ionizate.

Dacă masele efective ale celor două tipuri de purtători de sarcină sînt egale ( $m_n^* = m_p^*$ ), atunci  $E_F \approx -E_g/2$  (originea acestor energii se consideră nivelul  $E_c$ ) și relația (3) se scrie simplu:

$$a_s = -\frac{k_B}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \left( \frac{5}{2} - s + \frac{E_g}{2k_B T} \right), \quad (5)$$

Pe baza relației (5) se poate determina experimental raportul mobilităților  $b$ , dacă se cunoaște lărgimea benzii interzise,  $E_g$  și mecanismul de împrăștiere. Dacă  $b$  și  $s$  nu variază pe intervalul de temperatură studiat, atunci dependența  $a_s = f\left(\frac{1}{T}\right)$  este liniară și din panta acestei dependențe se determină parametrul  $b$ .

Întradevăr, dacă  $a_{s1}$  este valoarea coeficientului Seebeck al probei studiate la temperatura  $T_1$ , iar  $a_{s2}$  - valoarea aceluiași coeficient la temperatura  $T_2$ , atunci conform relației (5) se poate scrie:

$$a_{s1} = -\frac{k_B}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \left( \frac{5}{2} - s + \frac{E_g}{2k_B T_1} \right), \quad (6)$$

și

$$a_{s2} = -\frac{k_B}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \left( \frac{5}{2} - s + \frac{E_g}{2k_B T_2} \right). \quad (7)$$

Făcînd diferența, în urma calculelor se obține :

$$b = \frac{1 + \frac{2e}{E_g} \left[ \frac{Da_s}{D\left(\frac{1}{T}\right)} \right]}{1 - \frac{2e}{E_g} \left[ \frac{Da_s}{D\left(\frac{1}{T}\right)} \right]}, \quad (8)$$

unde  $Da_s = a_{s2} - a_{s1}$ , iar  $\Delta\left(\frac{1}{T}\right) = \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$ .

Relația (8), dedusă pentru  $b$ , este valabilă pentru domenii de temperatură în care conducția semiconductorului este intrinsecă. La deducerea acestei relații s-a considerat că, pe domeniul de temperatură ( $T_1 \div T_2$ ), parametrii  $b$  și  $s$  nu variază odată cu temperatura. Se poate vedea ușor că raportul  $Da_s/\Delta(1/T)$ , care figurează în



relația (8), reprezintă panta tangenței duse la curba  $a_s = f\left(\frac{1}{T}\right)$  în punctul de abscisă  $1/T$ , unde  $T = (T_1 + T_2)/2$ .

Deoarece termenul  $1/T$  este un număr foarte mic, în unele cazuri se recurge la graficul  $a_s = f\left(\frac{10^3}{T}\right)$ , iar din panta liniară a acestuia se determină parametrul  $b$ .

#### 4. Determinarea naturii purtătorilor de sarcină majoritari prin metoda termosondei

În cazul semiconductoarelor, apariția tensiunii termoelectromotoare se explică prin faptul că în regiunea cu temperatură mai mare concentrația purtătorilor de sarcină este mai mare decât în regiunea cu temperatură mai mică. Această diferență de concentrație duce la difuzia purtătorilor spre regiunea mai rece care se încarcă negativ sau pozitiv în funcție de tipul acestor purtători.

Prin urmare, semnul diferenței de potențial măsurate între cele două regiuni cu temperaturi diferite, poate da informații privind semnul (natura) purtătorilor majoritari dintr-o probă semiconductoare.

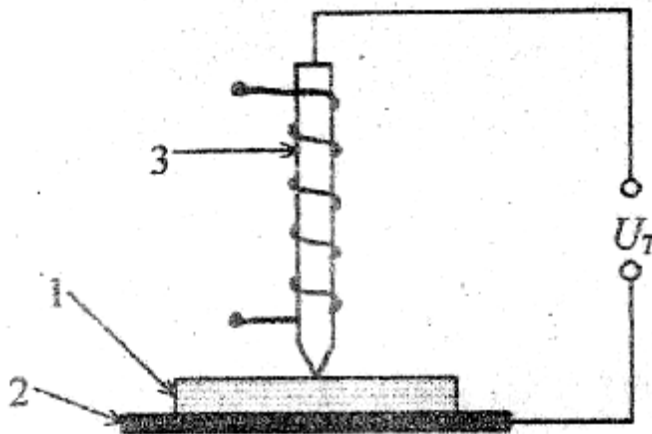


Fig. 2. Termosonda folosită la determinarea naturii purtătorilor de sarcină majoritari

Un dispozitiv experimental care poate fi folosit în acest scop este prezentat schematic în fig. 2. Proba semiconductoare (1) se plasează pe o placă metalică (2). O sondă metalică (3) încălzită cu un mic cuptoraș este presată pe materialul semiconductor. Ca urmare a apariției efectului Seebeck, între sondă și placa metalică apare o tensiune electrică al cărei sens (semn) depinde de natura purtătorilor de sarcină. Astfel, dacă semiconductorul este de tip n (purtătorii de sarcină sunt electronii), sonda va avea un potențial pozitiv față de placa metalică,

iar dacă semiconductorul este de tip p, potențialul sondei va fi negativ față de placa metalică.

În felul acesta, determinînd semnul diferenței de potențial între sondă și eșantion, se poate stabili natura purtătorilor majoritari dintr-o probă semiconductoare

### Rezultate experimentale

Pentru o serie de eșantioane, a fost studiată dependența de temperatură a coeficientului Seebeck la straturi subțiri organice. În fig. 3 sunt prezentate dependențele  $a_s = f(10^3/T)$  obținute.

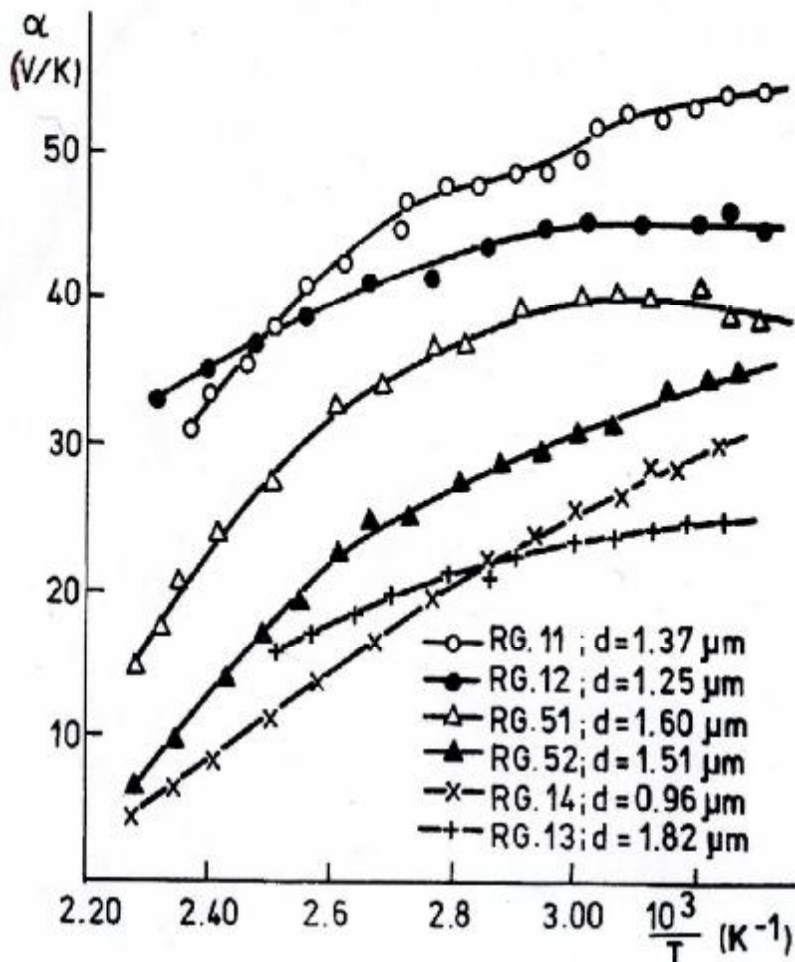


Fig. 3. Dependența de temperatură a coeficientului Seebeck la straturi subțiri organice

În domeniul conducției extrinseci (domeniul temperaturilor mai mici), coeficientul Seebeck crește odată cu creșterea temperaturii. În acest domeniu de

temperatură predominantă purtătorii de sarcină extrinseci, care pot fi electronii în cazul semiconductoarelor de tip  $n$  sau golurile în cazul semiconductoarelor de tip  $p$ . Semnul coeficientului Seebeck coincide cu semnul purtătorilor de sarcină majoritari. În domeniul de trecere la conducția intrinsecă sunt generați și purtătorii de sarcină de semn contrar (pentru că în domeniul conducției intrinseci concentrațiile celor două tipuri de purtători de sarcină sunt egale), ceea ce are ca rezultat o scădere a coeficientului Seebeck.

Deci teoretic, dependența de temperatură a coeficientului Seebeck prezintă un maxim al cărui poziție se deplasează spre domeniul temperaturilor mai mari odată cu creșterea concentrației atomilor de impurități din eșantion.

Pentru toate probele studiate coeficientul Seebeck a avut valori negative, ceea ce implică o conducție de tip  $n$ .

În cazul eșantioanelor RG. 12 și RG. 51 (fig. 3) apare maximul dependenței  $a_s = f(10^3/T)$  la temperatura de circa 300K. Pentru  $T > 300K$  coeficientul Seebeck începe să scadă datorită creșterii concentrației electronilor și trecerii în domeniul conducției intrinseci. Pentru celelalte eșantioane (fig. 3) se manifestă numai domeniul conducției intrinseci.

În tabelul 2 sunt indicate valorile obținute pentru raportul mobilităților purtătorilor de sarcină  $b$ . Lărgimea benzii interzise (energia de activare termică a conducției electrice),  $E_g$ , a fost determinată din dependențele de temperatură a conductivității electrice  $\ln S = f(10^3/T)$ . Rezultatele experimentale privind determinarea parametrului  $E_g$  pentru polimerii respectivi sunt descrise în lucrarea [8].

Tabel 2.

Valorile parametrilor caracteristici ale eșantioanelor investigate

Compus	d ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta T$ (K)	$E_g$ (eV)	b	s
RG – 11	1.37	293-425	0.96	0.97	2.4
RG – 12	1.25	295-435	1.16	1.16	2.3
RG – 13	1.82	300-400	1.72	1.72	2.1
RG – 14	0.96	295-478	1.54	1.54	2.2
RG – 51	1.60	300-453	1.20	1.20	2.3
RG – 52	1.51	300-451	1.34	1.34	2.2

Din extrapolarea dependenței  $a_s = f(10^3/T)$  (care în domeniul conducției intrinseci este o dreaptă) pentru  $10^3/T \rightarrow 0$ , din relația (4) deducem:

$$a_s' = -\frac{k_B}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \left( \frac{5}{2} - s \right), \quad (9)$$

unde  $a_s'$  este valoarea coeficientului Seebeck pentru  $10^3/T = 0$ . Din relația (9) obținem:

$$s = \frac{5}{2} + \frac{e}{k_B} \cdot \frac{b+1}{b-1} a_s', \quad (10)$$

care ne permite să determinăm parametrul  $s$ .

Folosindu-se metoda respectivă, au fost estimate valorile parametrului  $s$  pentru toate eșantioanele studiate, iar rezultatele sunt indicate în tabelul 2.

Dacă în domeniile respective de temperatură ar predomina împrăștierea pe centrele de impurități ionizate, ar trebui să avem  $s = 1,5$ . Conform rezultatelor indicate în tabelul 2, se poate deduce că în semiconductorii respectivi predomină și alte mecanisme de împrăștiere (împrăștierea pe limitele cristalitelor, împrăștierea pe defectele structurale etc. ).

### Concluzii

Dependența de temperatură a coeficientului Seebeck în straturile subțiri organice permitea obținerea de informații importante cu privire la natura mecanismului de conducție, raportului mobilităților purtătorilor de sarcină și natura mecanismelor de împrăștiere.

### Bibliografie

1. Moss, T.S., Landsberg, P.T., (Eds), *Handbook on Semiconductors, Basic Properties of Semiconductors*, Amsterdam-New York-London-Tokio, North-Holland, 1992, 504 p.
2. Liebman, J. F., Greenberg, A., *From Atoms to Polymers*, Cambridge, VCH Publishers, 1989, 202 p.
3. Vsevolodov, N.D., *Biomolecular Electronics*, Boston-Basel-Berlin, Birkhauser, 1998, 352 p.
4. Maissel, L. I., Glang R., (Eds), *Handbook of Thin Film Technology*, New York, McGraw-Hill, 1970, 658 p.
5. Kazmerski, L. L., *Polycrystalline and Amorphous Thin Films as Devices*, New York, Academic Press, 1980, 324p.
6. Spînulescu I., *Fizica straturilor subțiri și aplicațiile acestora*, București, Ed. Științifică, 1975, 458 p.
7. Rusu, G.G., Baban C., Mihaela Rusu, *Materiale și dispozitive semiconductoare (lucrări de laborator)*, Iași, Editura Universității „Al. I. Cuza”,
8. Sunel, V., Basu, Cr., Rusu, G.I., Popa, M.E, Gologoz, R., *Studies on the electron transport properties of some N – (m-nitrobenzoil) – asparagic derivatives in thin films*, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> international workshop: Materials for electronics, Bucharest, Romania, 21-23 may 2001, p. 323-326.

CZU: 535.37

## THE SEEBECK EFFECT IN COMPOUND ORGANIC SEMICONDUCTORS

**Mihail Popa**, Senior lecturer, PhD  
(Alec Russo Balti State University, Moldova)  
**Gheorghe Ioan Rusu**, Professor, PhD  
(Al. I. Cuza University of Iasi, Romania)

The paper is a study of the temperature dependence of Seebeck coefficient for six azometin uretani aromatic poles recently synthesized. For measurement were used samples in the shape of thin films of deposited solution. Dimethylformaldehyde was used as a solvent.

It was established that the investigated polymers possess typical semiconductor characteristics. A correlation between the molecular structure of polymers and the parameter values that define their semiconductive parameters was established.

Prezentat la redacție la 25.12.08

CZU: 538.9

## CERCETAREA DEPENDENȚEI DE TEMPERATURĂ A CONDUCTIVITĂȚII ELECTRICE LA STRATURILE SUBȚIRI SEMICONDUCTOARE DE ZnSe

**Mihail Popa**, I.sup.dr.  
(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Moldova)  
**Gheorghe Ioan Rusu**, prof.dr.  
(Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, România)

Straturile subțiri de ZnSe au fost depuse pe suporturi de sticla prin evaporare termică în vid în volum cvasi-închis. Ca rezultat al tratamentului termic, ce constă din câteva cicluri de încălzire/răcire succesive într-un domeniu determinat de temperaturi ( $\Delta T=300-500K$ ), dependența de temperatură a conductivității electrice devine reversibilă. Acest fapt indică o stabilizare a structurii straturilor.

### Introducere

Dintre parametrii caracteristici materialelor semiconductoare, cel mai intens studiată în prezent este conductivitatea electrică.

Studiul influenței temperaturii asupra conductivității electrice a straturilor subțiri semiconductoare oferă informații nu numai asupra mecanismelor de

conducție care acționează în straturile respective, dar poate pune în evidență și eventualele modificări de structură care pot avea loc în strat în procesul încălzirii acestora [1, 2].

Scopul acestei lucrări este de a prezenta unele rezultate experimentale privind dependența de temperatură a conductivității electrice a straturilor subțiri semiconductoare de ZnSe.

### Detalii experimentale

Pentru determinarea conductivității electrice a straturilor subțiri, rezistența electrică a acestora a fost măsurată în mod direct cu un multimetru de tip KEYTHLEY 2010 (care poate măsura rezistențe electrice cu valori cuprinse între  $10^{-6}\Omega$  și  $10^8\Omega$ ), iar temperatura probei a fost determinată cu ajutorul unui termocuplu de cupru-constantan fixat pe suprafața stratului [3].

Rezistivitatea electrică a unui strat subțire poate fi determinată din relația:

$$\rho = R \frac{A}{l}, \quad (1)$$

unde  $A$  este aria secțiunii transversale,  $A = d \cdot L$ ,  $d$  este grosimea stratului,  $L$  – lățimea stratului, iar  $l$  – lungimea stratului (distanța dintre electrozi) [3].

Obținem:

$$\rho = R \frac{d \cdot L}{l}, \quad (2)$$

și, respectiv, conductivitatea electrică:

$$\sigma = \frac{l}{d \cdot L} \cdot \frac{1}{R}. \quad (3)$$

Temperatura stratului subțire de ZnSe a fost calculată din relația:

$$T_{\text{str}} = T = \frac{U_S(\text{mV})}{\alpha_S} + T_{\text{cam}} + 273,15 \text{ (K)}, \quad (4)$$

unde  $\alpha_S = 0,033 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  reprezintă coeficientul Seebeck pentru termocuplul de cupru-constantan, iar  $T_{\text{cam}}$  este temperatura camerei [3].

În teoria fenomenelor de transport [1, 6, 9, 10] dependența conductivității electrice de temperatură este descrisă de relația

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_g}{2k_B \cdot T}\right), \quad (5)$$

unde  $\sigma_0$  este conductivitatea electrică la  $0^\circ\text{C}$ , iar  $\sigma$  este conductivitatea electrică la temperatura  $T$ .

Dacă logaritmăm relația (5), obținem:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_g}{2k_B} \cdot \frac{1}{T}. \quad (6)$$

De regulă, expresia (6) se mai scrie și sub forma:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_g}{2k_B \cdot 10^3} \cdot \frac{10^3}{T}. \quad (7)$$

Se reprezintă dependența  $\ln \sigma = f(10^3/T)$ . (8)

### Rezultate experimentale

Pentru straturile subțiri de ZnSe, dependența de temperatură a conductivității electrice a fost studiată în timpul unor tratamente termice constând dintr-o serie de încălziri și răciri succesive (cu rata de temperatură 6K/min) efectuate în domeniul de temperaturi 300 – 500K.

În fig. 1 – 8 sunt reprezentate dependențele  $\ln \sigma = f(10^3/T)$  pentru unele straturi subțiri policristaline de ZnSe ( $d = 0.15 - 0.99 \mu\text{m}$ ), preparate prin metoda evaporării în vid, pe suporturi neîncălzite de sticlă ( $T_{\text{sup}} = 300\text{K}$ ), cu rata de depunere  $r_d = 1.30 - 1.60\text{nm}$ .

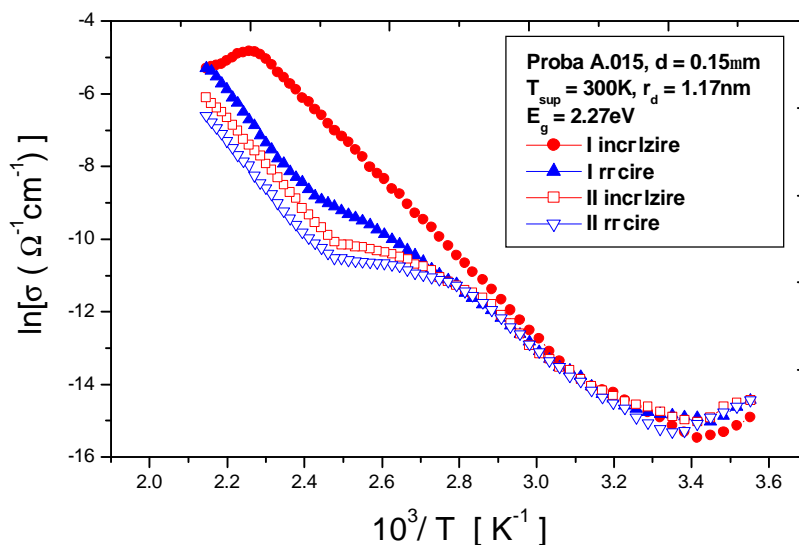


Fig. 1. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.015

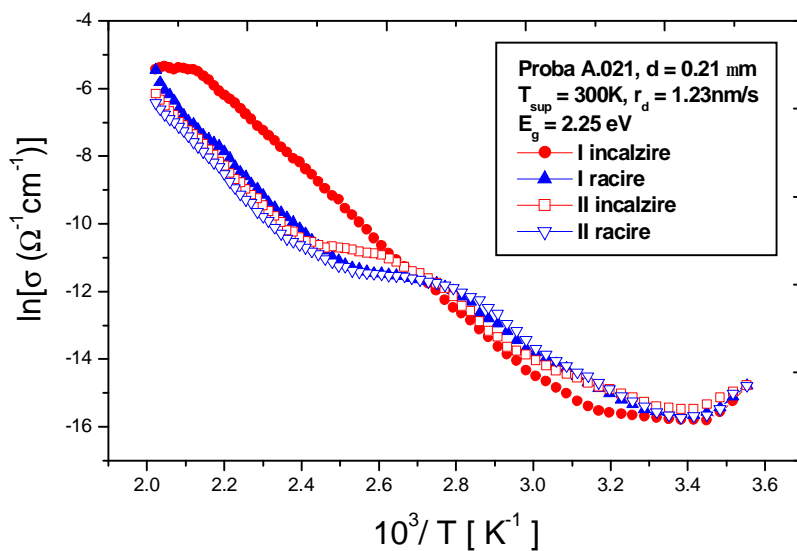


Fig. 2. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.021

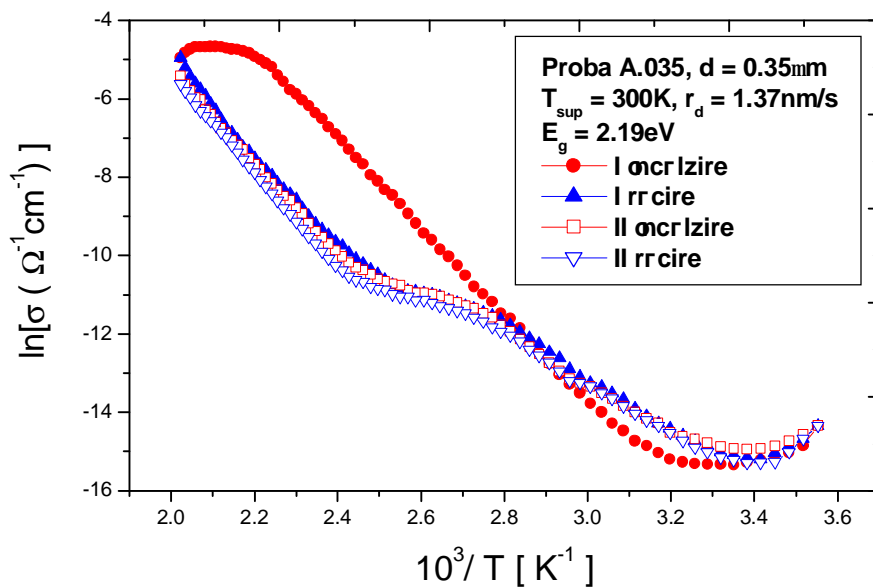


Fig. 3. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.035



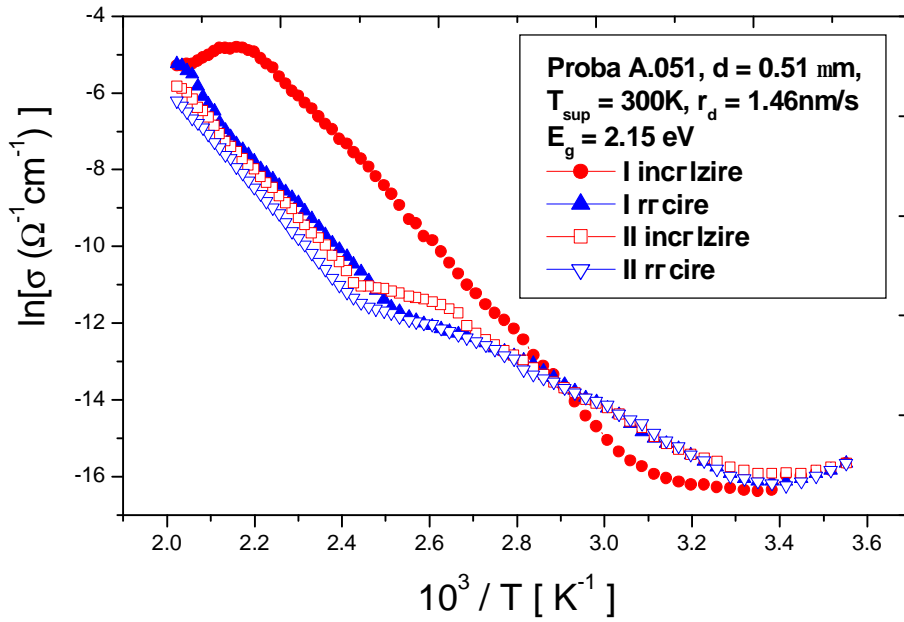


Fig. 4. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.051

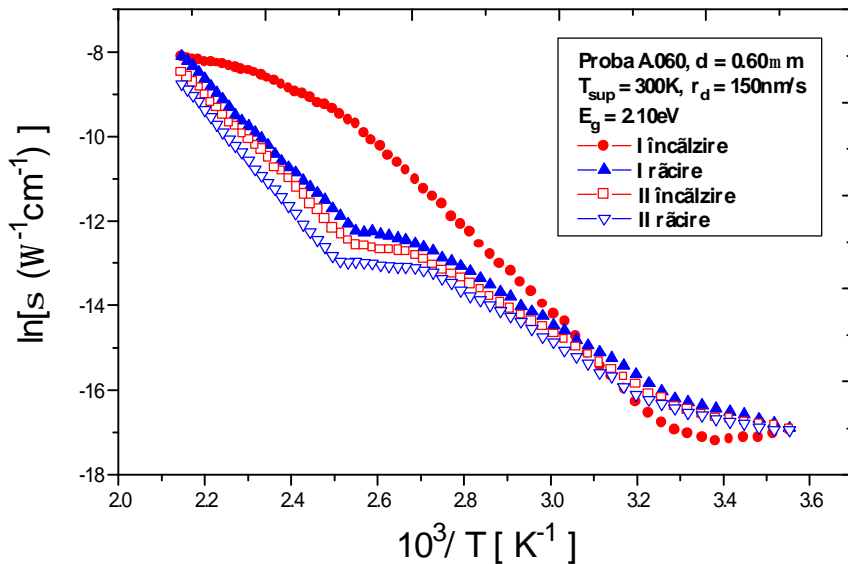


Fig. 5. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.060

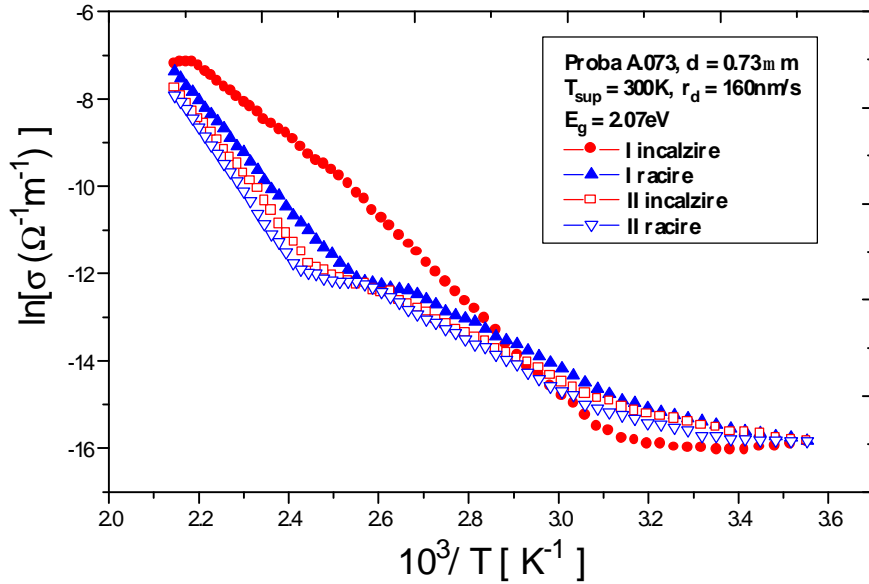


Fig. 6. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.073

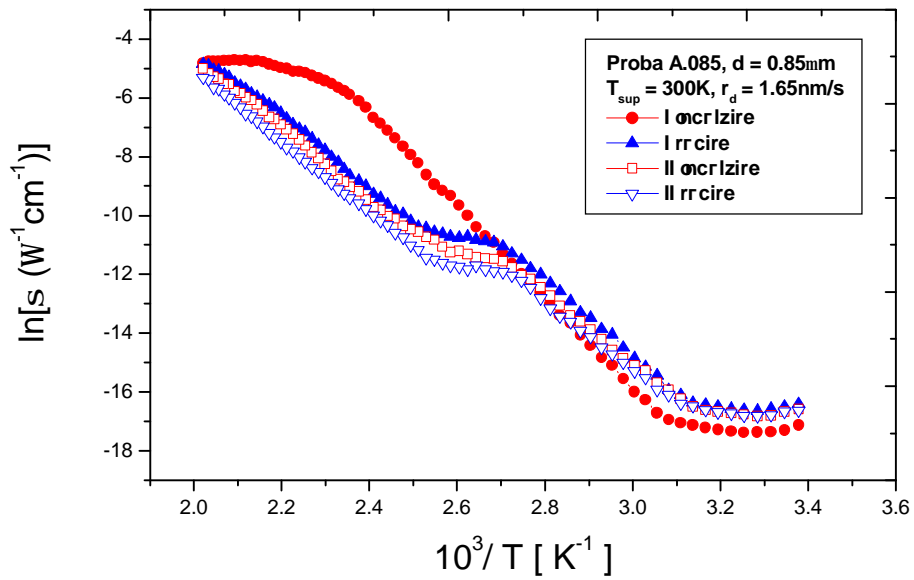


Fig.7. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.085

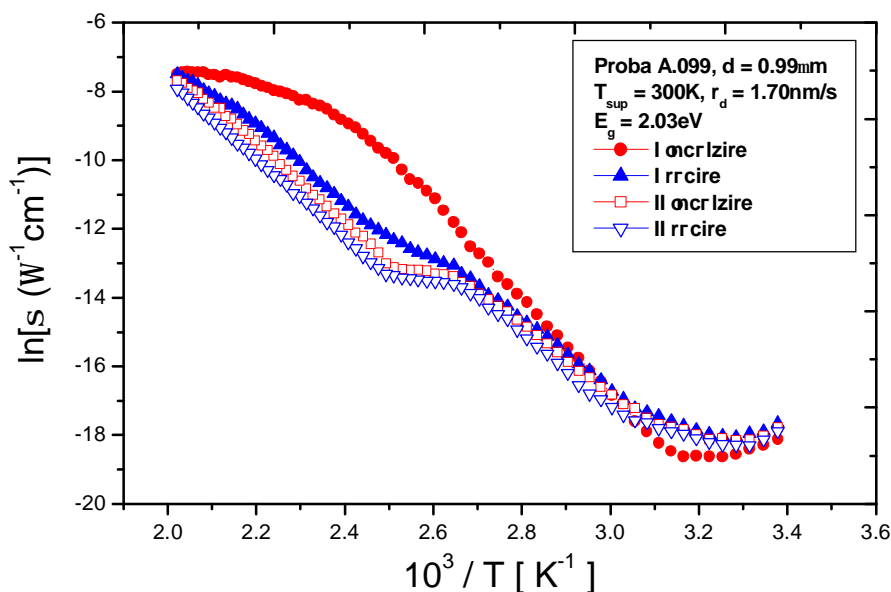


Fig. 8. Dependența de temperatură a conductivității electrice pentru proba A.099

În timpul primei încălziri are loc o creștere accentuată a conductivității electrice, iar spre sfârșit creșterea lui  $\sigma$  se diminuează, ca la final să devină o valoare constantă. În timpul primei răciri, cât și în următorul ciclu de încălzire-răcire, curbele devin reversibile și prezintă trei porțiuni distincte:

- prima porțiune, situată în domeniul temperaturilor mici, în care se presupune că straturile prezintă o *conducție extrinsecă*;

- a doua porțiune, situată în domeniul temperaturilor intermediare, în care conductivitatea electrică rămâne aproximativ constantă sau chiar scade odată cu creșterea temperaturii, determinată, probabil, de scăderea mobilității purtătorilor de sarcină (acesta reprezintă *domeniul de epuizare*);

- a treia porțiune, în care se consideră *conducția intrinsecă*, situată în domeniul temperaturilor mai ridicate.

Din panta în domeniul conducției intrinseci a dependențelor  $\ln\sigma = f(10^3/T)$  s-a determinat lărgimea benzii interzise a ZnSe. Valorile găsite pentru  $E_g$  au variat între 2.27eV (pentru stratul cu grosimea de 0.15 $\mu$ m) și 2.03eV (pentru cel cu  $d = 0.99\mu$ m).

În tabelul de mai jos sunt prezentate unele date referitoare la eșantioanele ale căror dependențe  $\ln\sigma = f(10^3/T)$  sunt prezentate în Fig. 1 – 8. Odată cu creșterea grosimii straturilor subțiri de ZnSe, valoarea lărgimii benzii interzise,  $E_g$ , determinată din panta conducției intrinseci, se micșorează. Acest fapt a fost

observat și în cazul valorilor  $E_g$ , determinate din dependențele  $\alpha^2(h\nu)^2 = f(h\nu)$ , care sunt analizate detaliat în lucrarea [7].

Evoluția valorilor  $E_g$  și  $\Delta E_{ex}$  funcție de grosimea straturilor subțiri de ZnSe depuse pe suporturi neîncălzite de sticlă

Proba	d ( $\mu\text{m}$ )	$T_{sup}$ (K)	$r_d$ (nm/s)	$E_g$ (eV)	$\Delta E_{ex}$ (eV)
A.015	0.15	300	1.17	2.27	0.60
A.021	0.21	300	1.23	2.25	0.58
A.035	0.35	300	1.37	2.19	0.58
A.051	0.51	300	1.46	2.15	0.57
A.060	0.60	300	1.50	2.10	0.56
A.073	0.73	300	1.60	2.07	0.54
A.085	0.85	300	1.65	2.05	0.53
A.099	0.99	300	1.70	2.03	0.52

Prezența porțiunii determinate de conducția extrinsecă în dependențele  $\ln\sigma = f(10^3/T)$  ne duce la ideea că în straturile studiate sunt prezente nivele energetice adiționale localizate adânc în interiorul benzii interzise. În cristalele de ZnSe, defectele native sunt atomii interstițiali de zinc ( $Zn_i$ ) și vacanțele de seleniu ( $V_{Se}$ ). Nivelele donore,  $Zn_i$ , sunt situate mai jos de minimumul benzii de conducție ( $\Delta E_d = 0,90\text{eV}$ ) [2, 4], iar nivelele acceptoare,  $V_{Se}$ , sunt localizate mai sus de marginea superioară a benzii de valență ( $\Delta E_a = 0,01\text{eV}$ ) [2, 4]. În domeniul de temperaturi ( $k_B T = 0.026 - 0.043\text{eV}$ ), impuritățile puțin adânci (donorii și acceptorii) sunt ionizate termic [5, 6] și nivelul Fermi este situat aproape de mijlocul benzii interzise.

Din pantele curbelor  $\ln\sigma = f(10^3/T)$  în domeniul conducției extrinseci (fig. 1-8) au fost determinate valorile energiei de activare termică,  $\Delta E_d$ , care variază între 0.52eV și 0.60eV, în domeniul de temperaturi  $T < 500\text{K}$  (vezi tabelul). Probabil, aceste valori pot fi atribuite unor complexe defect – impuritate de tip  $Zn_i - V_{Se}$ . Valorile mai mici pentru energia de activare pot fi atribuite zincului interstițial ionizat [2].

În domeniul temperaturilor ridicate mecanismul conducției electrice poate fi bine descris prin aplicarea modelului conducției în bandă, în timp ce în domeniul temperaturilor mai mici conducția poate fi explicată pe baza unor modele elaborate pentru straturi subțiri policristaline.

### Concluzii

Studiind dependența de temperatură a conductivității electrice la straturile subțiri policristaline de ZnSe, s-a stabilit că dependențele de tip  $\ln\sigma = f(10^3/T)$  devin reversibile după câteva cicluri de încălzire-răcire și că, de regulă, prezintă trei

porțiuni: porțiunea conducției extrinseci (la temperaturi mici), domeniul de epuizare și porțiunea conducției intrinseci (la temperaturi mari). Din panta conducției intrinseci a fost determinată lărgimea benzii interzise a ZnSe.

Valoarea energiei de activare termică a conductivității electrice, determinată din panta conducției intrinseci a curbelor de tip  $\ln\sigma = f(10^3/T)$ , se micșorează odată cu creșterea grosimii straturilor subțiri policristaline de ZnSe.

### Bibliografie

1. Физика и химия соединений  $A^{II}B^{VI}$ , под. ред. С. А. Медведева, Москва, Изд-во “Мир”, 1970.
2. Недеогло, D.D., Симашкевись, А.В., Электрические и люминисцентные свойства селенида цинка, Кишинев, Штиинца, 1984.
3. Popa, M. E., Rusu, G.I., Dispozitiv pentru studiul dependenței de temperatură a conductivității electrice la straturile subțiri semiconductoare, Fizică și Tehnică: Procese, modele experimente, Bălți, 1/2007, p. 30-36.
4. Bhargava, R.(Ed.), Properties of Wide Bandgap II –VI, Semiconductors Inspection, London, 1997.
5. Jain, M.(Ed.), II – VI Semiconductor Compounds, World Scientific, Singapore, 1993.
6. Wolf, H.F., Semiconductors, Wiley, New York, 1971.
7. Popa, M. E., Contribuții la studiul proprietăților electrice și optice ale unor compuși semiconductori binari în straturi subțiri: Rezumatul tezei de doctorat, Universitatea “Al. I. Cuza”, Iași, 2003, 56p.

CZU: 538.9

## THE STUDY OF TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF ZnSe SEMICONDUCTORS THIN FILMS

**Mihail Popa**, Senior lecturer, PhD  
(Alec Russo Balti State University, Moldova)

**Gheorghe Ioan Rusu**, Professor, PhD  
(Al. I. Cuza University of Iasi, Romania)

Zinc selenide thin films were deposited onto glass substrates by the quasi – closed volume technique under vacuum.

After a heat treatment, consisting of several successive heating/cooling cycles within a determined temperature range ( $\Delta T=300-450K$ ) the temperature dependence of the electrical conductivity becomes reversible. This fact indicates the stabilization of the film structure.

Prezentat la redacție la 25.12.08

C.Z.U. 621.7/.8

## **MODELAREA PRIN METODA REȚELEI NEURONALE A PROCESULUI DE DURIFICARE PRIN DESCĂRCĂRI ELECTRICE ÎN IMPULS**

**Vitalie Beșliu, ing.dr.**

(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Moldova)

În această lucrare sunt comparate rezultatele experimentale cu cele teoretice, utilizându-se modelarea prin metoda rețelei neuronale pentru a prezice teoretic un set de parametri inițiali ai procesului de tratare termochimică, în scopul micșorării numărului de experiențe.

### **Introducere**

În prezent, durificarea suprafețelor pieselor se realizează atât prin metode clasice, cât și prin metode netradiționale, cum ar fi tehnologiile neconvenționale. Acestea permit durificarea suprafețelor pieselor cu forme complicate și dimensiuni foarte mici la care metodele clasice nu pot fi aplicate. Printre aceste metode se numără și durificarea prin descărcări electrice în impuls.

La durificarea prin descărcări electrice în impuls, cu electrozi executați din grafit, în aer, la temperatura camerei, aceștia fiind conectați în calitate de anod sau catod [1,2], pe suprafața piesei s-a atestat, în ambele cazuri, o mărire de microduritate mai mult sau mai puțin eficientă.

Pentru a spori considerabil microduritatea suprafeței piesei, în unele lucrări sunt folosite descărcările electrice în impulsuri bipolare pentru cazul când electrodul-sculă este confecționat din grafit, iar piesa – din oțel. Acestea sînt descrise în lucrările [3,4,5].

În ultimul timp, în scopul micșorării numărului de experiențe, sunt folosite diferite metode de analiză teoretică, una dintre ele fiind modelarea prin metoda rețelei neuronale [6,7], care permite precizarea unor rezultate experimentale.

### **Metodica cercetărilor experimentale**

În scopul predicției valorilor microdurității stratului superficial, a fost utilizat software-ul de rețele neuronale NNMODEL 3.1. Valorile microdurității microșlifurilor, prealabil prelucrate prin descărcări electrice cu impulsuri bipolare, au fost determinate inițial experimental, după metoda prezentată în lucrările [3-5]. Metoda rețelei neuronale permite obținerea unui model dinamic al procesului de tratare termochimică a suprafeței piesei prin descărcări electrice în impuls. În rezultatul obținerii unei rețele neuronale antrenate, după învățarea acesteia cu cazuri reale, se poate interoga această rețea în scopul predicției microdurității stratului superficial pentru un set nou de parametri ai procesului de tratare

termochimică a suprafeței piesei prelucrate cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls.

Modelarea cu rețelele neuronale presupune următoarele etape:

- 1) crearea bazei de date, bazându-se pe datele experimentale de intrare și ieșire;
- 2) crearea modelului rețelei neuronale prin stabilirea variabilelor de intrare și ieșire;
- 3) alegerea parametrilor de rulare a rețelei neuronale;
- 4) inițializarea și antrenarea rețelei neuronale;
- 5) obținerea rezultatelor rețelei neuronale și analiza lor.

Experimental, au fost stabilite 21 de cazuri ce reprezintă seturi de valori ale paramerilor de intrare și, corespunzător, de ieșire.

Parametrii de conducere ai procesului de tratare sunt:  $W_c$  [J] – energia pe bateria de condensatoare,  $S$  [mm] – mărimea interstițiului,  $n$  – numărul de treceri,  $W$ [J] – energia în interstițiu (se calculează ținându-se cont de randamentul instalației experimentale). Parametrul ce indică rezultatele obținute se caracterizează prin microduritatea  $H_{max} \times 10^8$  [Pa]. Toți acești parametri formează matricea de date a rețelei neuronale.

Fiecare parametru devine o variabila a matricii de date, având rol de parametri de intrare (V2-V5) și de ieșire (V6).

Modelul rețelei neuronale indică variabilele de intrare și variabilele de ieșire, pentru a se realiza conexiunile între datele de intrare și rezultate. Variabilele stabilite ca ieșiri, sunt cele care vor fi calculate de către algoritmul rețelei neuronale, în vederea predicției valorilor acestora și pentru date de intrare, care nu se afla în matricea de date, dar care sunt în intervalul de antrenare al acestora (fig.1). De exemplu, intervalele de variație ale variabilelor sunt următoarele:  $W_c$ (J)-[0,64 – 1,40],  $S$  (mm)-[0,5-2,0],  $n$ -[1,0-4,0],  $W$  (J)-[0,26-0,65],  $H$  (Pa)[12,0-175,2],  $h$  ( $\mu$ m)-[4,0-14,0].

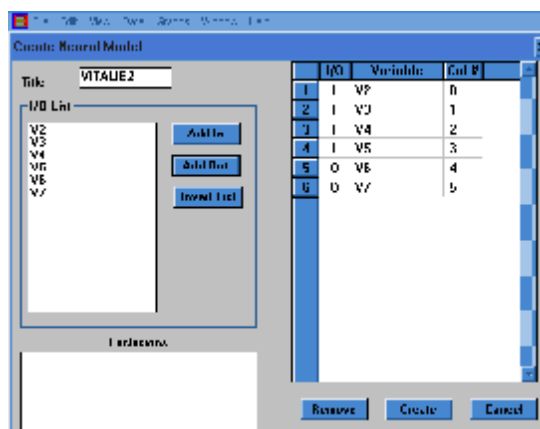


Fig.1. Crearea modelului rețelei neuronale

Modelul rețelei neuronale are șase variabile, cu următoarele notații și semnificații: V2- $W_c$  (J), V3-S (mm), V4-n (numărul de treceri), V5-W (J), V6-H(Pa), V7- h ( $\mu\text{m}$ ).

Pentru a obține valorile prezise ale valorilor de ieșire cu erori mici, valorile de interogare ale rețelei neuronale antrenate NNMODEL trebuie să aparțină intervalelor de antrenare mai sus menționate.

Parametrii numerici ce determină calcularea variabilelor de ieșire, sunt, în principal, următorii: numărul de straturi de neuroni ascunși, numărul pașilor de antrenare, eroarea maxim acceptată de calcul și algoritmul de oprire a predicției.

### Rezultatele obținute și analiza lor

Pentru determinarea microdurității stratului superficial prin tratarea termochimică cu descărcări electrice în impuls, se poate consulta preliminar rețeaua neuronală antrenată. Aceasta poate face o estimare a valorilor V6, când una din variabilele de intrare V2-V5 posedă o valoare diferită față de cele de antrenare, însă se află în intervalul determinat experimental.

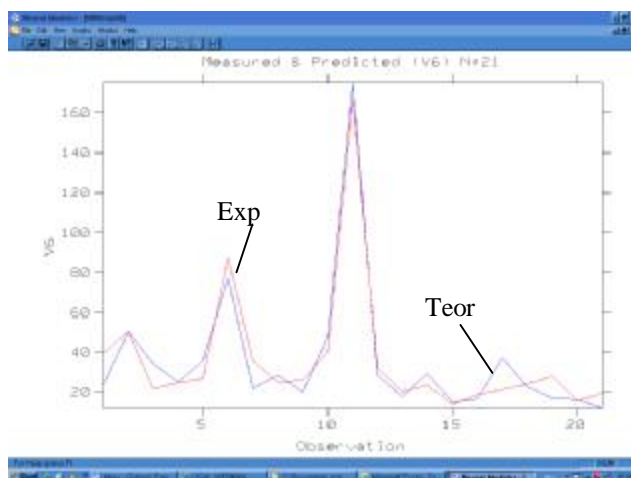


Fig.2. Comparația valorilor masurate cu cele prezise prin antrenarea rețelei neuronale NNMODEL pentru parametrul H (microduritatea)

În fig.2 este prezentată variația microdurității pentru cazul experimental și cel obținut în rezultatul utilizării rețelei neuronale, pentru o matrice de 21 cazuri experimentale. Putem observa că rezultatele obținute pe cale experimentală și cele prezise cu ajutorul rețelei neuronale se supun aceluiași legități. Abaterile valorilor prezise nu depășește 10%. Prin urmare, putem afirma cu certitudine că utilizarea rețelei neuronale asigură destul de exact predicția rezultatelor ce vor fi obținute și asigură micșorarea cantității de încercări.



Așadar, având la dispoziție rețeaua neuronală, ce reprezintă un model dinamic, se poate efectua interogarea rețelei cu valori diferite de cele experimentale, dar care se află în intervalul de variație al variabilelor.

În fig.3 este prezentată dependența microdurității față de energia acumulată pe baterie de condensatoare (sau ce degajată în interstițiu, dacă se ține cont de randamentul instalației). Se observă că odată cu mărirea energiei pe baterie de condensatoare, crește și valoarea microdurității stratului superficial. Creșterea acestui parametru reflectă întru totul caracterul variației energiei degajate în interstițiu odată cu sporirea cantității de energie acumulată pe baterie de condensatoare a generatorului de impulsuri de curent.

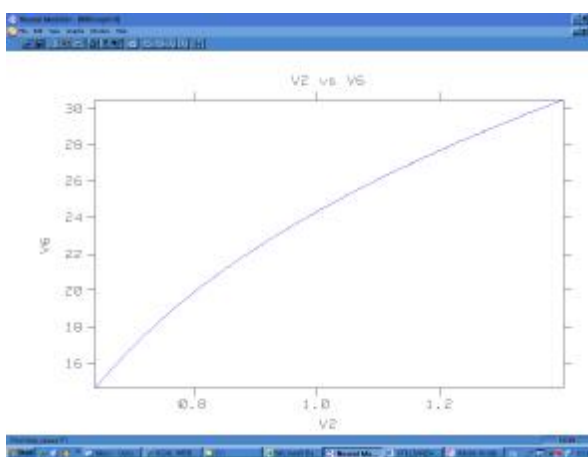


Fig.3. Dependenta microdurității  $H_{max}$  de valoarea energiei de pe baterie de condensatoare  $W_c$

Efectul pe care îl au celelalte variabile asupra dependentei V2-V6 este prezentat în figurile ce urmează.

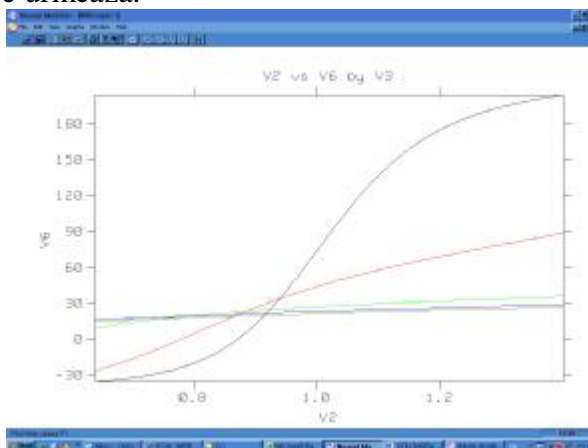


Fig.4. Variația microdurității  $H_{max}$  funcție de energia acumulată pe baterie de condensatoare a generatorului de impulsuri de curent pentru diferite valori ale mărimii interstițiului: 1 –  $S=0,5\text{mm}$ ; 2 –  $S=1\text{mm}$ ; 3 –  $S=2\text{mm}$

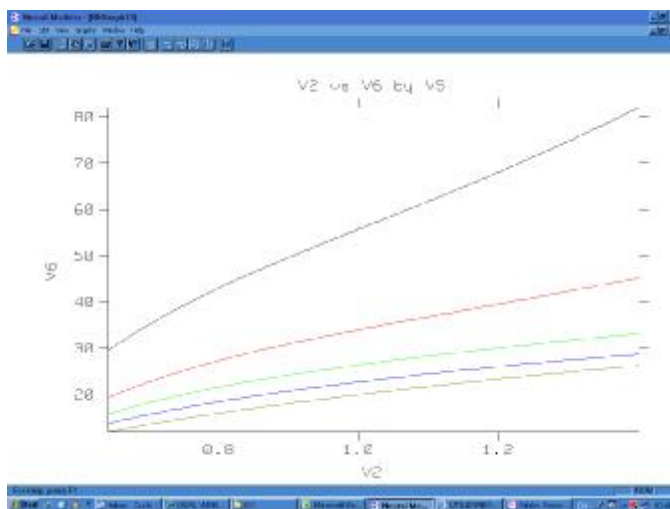


Fig. 5. Variația microdurității  $H_{\max}$  funcție de energia de pe batereea de condensatoare pentru diferite valori ale energiei degajate în interstițiu: 1 –  $W=0,58J$ ; 2 –  $W=0,42J$ ; 3 –  $W=0,26J$ ; 4 –  $W=0,47J$ ; 5 –  $W=0,65J$

Rezultatele prezentate în fig.4 indică asupra faptului că sporirea microdurității în funcție de energia acumulată pe batereea de condensatoare a generatorului de impulsuri de curent poartă un caracter complex și poate avea și valori negative. Posibil că valorile negative semnalizate de rețeaua neuronală corespund cazului când stratul superficial suferă modificări structurale de revenire. Pentru toate celelalte valori ale energiei, microduritatea sporește odată cu creșterea energiei atât din motivul caracterului complex al proceselor de difuzie a elementelor de aliere în stratul superficial, cât și din motivul răspândirii căldurii în suprafața piesei.

Variația microdurității, ca funcție de energia de pe batereea de condensatoare, pentru diferite valori ale energiei degajate în interstițiu, atestă faptul că aceasta crește odată cu cantitatea de energie degajată. Acest caracter al funcției microdurității de energie degajată în interstițiu reflectă întru totul caracterul redistribuirii energiei între suprafețele electrozilor și canalul de plasmă al descărcării electrice în impuls (fig.5).

## Concluzii

Putem afirma că aplicarea rețelei neuronale permite destul de exact să descriem și să prezicem efectele obținute, fapt care micșorează esențial numărul de încercări experimentale necesare pentru elaborarea tehnologiei de tratare termochimică a suprafețelor cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls.

## Bibliografie

1. Topala, P., Beshliu, V. Graphite deposits formation on innards surface on adhibition of electric discharges in impulses// BULLETIN OF THE POLYTEHNIC INSTITUTE OF IASSY. 2008.T.LIV. P.105-111.
2. Topala, P., Stoicev, P., Epureanu, A, Beshliu, V. “The hardening of steel surfaces on the sections for electrosparkle alloyage// International Sientific and Technical conference Machinebulding and technospere of the XXI centry. Donetk 2006. P.262-266.
3. Beșliu, Vitalie. Cercetări privind cementarea stratului superficial al suprafețelor pieselor din oțel cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls// FIZICA ȘI TEHNICA: Procese, modele, experimente. 2008. Nr.1.P.90-96.
4. Beșliu, Vitalie. Influența tratării termochimice prin aplicarea descărcărilor electrice cu impulsuri bipolare asupra microdurității și grosimii stratului superficial// UASM, Simpozion Științific Internațional „Agricultură, modernă- realizări și perspective”. Chișinău. 2008. P.175-178.
5. Beșliu, Vitalie. Cercetări privind tratarea termică și termochimică a suprafețelor pieselor prin descărcări electrice în impuls/ Rezumatul tezei de doctorat. Galați, 2008. 56p.
6. Rusnac, V. Modelarea prin metoda rețelei neuronale a procesului de modificare a microgeometriei suprafeșelor metalice aplicând descărcările electrice în impuls// UASM, Simpozion Științific Internațional „Agricultură, modernă- realizări și perspective”. Chișinău. 2008, P.160-164.
7. Горбань, А.Н., Россиев, Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск. Наука (Сиб. отделение), 1996, 276 с.

C.Z.U. 621.7/.8

## MODELLING THROUGH THE NEURON MODEL OF HARDENING PROCESS APPLYING ELECTRIC DESCARGES IN IMPULSE

**Vitalie Besliu**, Engineer, PhD  
(Alec Russo Balti State University, Moldova)

In this paper the experimental results are compared with the theoretical ones using the neuron model to predict theoretically a set of initial parameters of thermo-chemical treatment process with the purpose of decreasing the number of experiments.

Prezentat la redacție la 04.12.08

CZU: 539.374.4

## CERCETAREA COMPOZIȚIEI FAZICE A ACOPERIRILOR DIN MOLIBDEN PE FIER ȘI OȚEL LA PRELUCRAREA PRIN SCÎNTEI ELECTRICE

**Pavel Pereteatcu**, l.sup.dr.; **Alexandr Ojegov**, doctorand  
(Universitatea de Stat "Alecu Russo" din Bălți, Moldova)

**Dina Ghertriken**, dr.; **Vladimir Mazanco**, prof.dr.hab.  
(Institutul de Fizica Metalelor, NANU, Kiev)

A fost studiată prin metoda spectroscopiei Mössbauer, analizei radiometrice și röntgenstructurale penetrarea atomilor și formarea fazelor de tranziție în zona de interacțiune a metalului de bază cu acoperire. A fost stabilită diferența în formarea fazelor și viteza de migrare a atomilor pentru fier și oțel, investigate pentru a arăta influența atomilor de carbon asupra transferului de masă. Au fost determinate fazele de tranziție în straturile de material a suprafeței durificate obținute la prelucrarea prin scînteii electrice.

Procesul alierii prin scînteii electrice (ASE) poate fi calificat drept o metodă de prelucrare a materialelor prin impuls de o mare intensitate, care contribuie la apariția transferului de masă și formărilor de fază anormale, analogic cu deformația mecanică [1,2], ținînd cont de existența unor factori de influență auxiliară. Astfel, temperaturile înalte duc la apariția în straturile superficiale a zonelor cu topire sau amestec mecanic, în dependență de proprietățile materialelor. Însă începînd cu o anumită adîncime, migrarea și redistribuirea atomilor între fazele inițiale și cele noi apărute decurg în stare solidă [3]. În acest fel, pentru dirijarea intenționată a proceselor formării acoperirilor este necesar a se studia particularitățile interacțiunii elementelor în condițiile ASE pentru fiecare caz concret aparte.

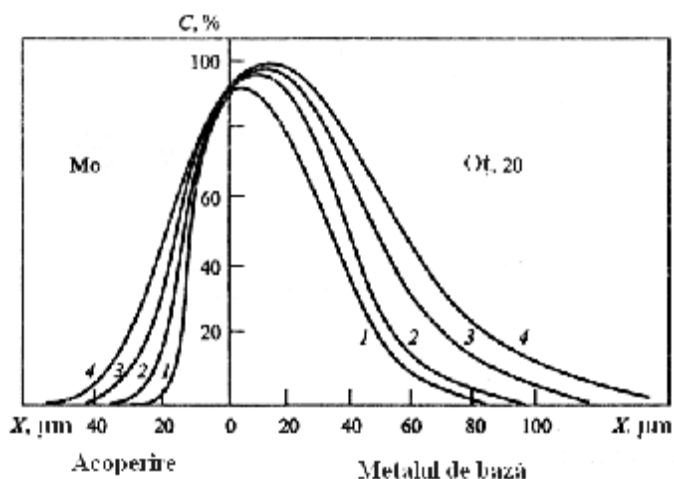


Fig. 1. Profilurile concentraționale a distribuției atomilor izotopilor fierului  $^{56,59}\text{Fe}$  în oțel și molibden după ASE cu energiile de  $W = 0,3 \text{ J}$  (1);  $0,9 \text{ J}$  (2);  $3,14 \text{ J}$  (3);  $6,4 \text{ J}$  (4)

Pentru formarea acoperirilor cu ajutorul descărcărilor electrice, a fost utilizată instalația „Elitron” [4]. Distribuția elementelor în acoperire și metalul de bază s-a studiat cu ajutorul izotopului fierului  $^{56,59}\text{Fe}$  prin metoda analizei radiometrice în straturi. Componenta fazică a acoperirilor, obținute prin ASE, s-a cercetat prin metodele analizei röntgenostructurale și spectroscopia Mössbauer cu ajutorul izotopului stabil al fierului  $^{57}\text{Fe}$ .

Analiza profilurilor concentraționale a distribuirii atomilor marcați ai fierului în oțelul 20 și molibden a demonstrat că ele nu pot fi descrise printr-o dependență exponențială simplă, ca în cazul altor procedee de solicitare prin impuls, avînd un caracter mai complicat. În acest caz tipic este existența a nu mai puțin de un maximum de concentrație pentru fiecare valoare a energiei descărcării  $W$ . După cum se vede, cînd se precaută curbele prezentate pe fig. 1, la creșterea valorii  $W$ , maximumurile de concentrație se distribuie la o adîncime mare. Astfel, dacă pentru  $W=0,3$  J valoarea maximală a concentrației se află aproape la suprafață, atunci pentru  $W=6,4$  J deplasarea maximumului constituie aproximativ  $15\ \mu\text{m}$  în adîncimea metalului de bază. Însă după granițele stratului superficial dependența  $c=f(x)$  pentru toate valorile energiei  $W$  poate fi aproximată cu o dependență exponențială de adîncimea pătrunderii atît în metalul de bază, cît și în acoperire. În afară de schimbarea poziției maximumului, la creșterea energiei se schimbă, de asemenea, și adîncimea pătrunderii fierului  $^{56,59}\text{Fe}$ , aproximativ cu 10 și 15 %, corespunzător pentru molibden și oțel. Încetinirea migrației fierului în oțel, în comparație cu fierul, se explică prin prezența atomilor de carbon în structura cristalină a rețelei materialului în formă atît de soluție solidă, cît și cementită, analogic după cum are loc la deformarea prin șoc [5]. Micșorarea adîncimii pătrunderii în acoperirea de molibden, la depunerea lui pe oțel, este legată de transferul concomitent în el a atomilor de carbon, care se conțin în oțel și, de asemenea, formarea fazelor carbidice.

Tabelul 1

Influența energiei descărcării asupra redistribuirii conținutului fazelor în acoperirea de molibden pe oțel

Componenta de fază	Mo	$\alpha\text{-Fe}$	$\alpha\text{-Mo}$	$\text{Mo}_2\text{N}$	$\text{Mo}_2\text{C}$
Energia $W$ , J	Concentrația relativă C, %				
0,3	100	20	10	<1	<1
0,9	100	4	12	10	<1
3,14	100	0	15	15	<1
6,4	100	0	15	15	1

Analiza röntgenostructurală a acoperirilor de molibden pe oțelul 20 a demonstrat că, sub acțiunea ASE, apare o zonă difuzională cu un număr mare de componente fazice. În afară de fierul și molibdenul pur, în ea sînt prezente soluții

solide a molibdenului în fier și a fierului în molibden, carburi și nitruri a molibdenului. Odată cu creșterea energiei descărcării în impuls, crește grosimea acoperirilor, fapt asupra căruia indică micșorarea intensității maximumurilor de difracție a fierului, prezența nitrurilor molibdenului, în același timp conținutul nitrurilor nu se schimbă semnificativ (tabelul 1).

Această particularitate poate fi explicată prin diferite mecanisme de formare a fazelor. Apariția nitrogenului în acoperire este legată de captarea lui din aer la ionizarea în plasma descărcării prin scînteii, deoarece pătrunderea atomilor de carbon este limitată de concentrația lui în oțel. În afară de aceasta, creșterea mărimii energiei descărcării conduce la o omogenizare mai mare în formarea fazelor. Astfel, maximumurile difracționale pe röntgenogramele zonei difuzionale devin mai puțin „spălate” (fig. 2). De menționat faptul că în acoperiri lipsesc oxizii atât a molibdenului, cât și a fierului. În afară de aceasta, în acoperire și zona de tranziție între acoperire și metalul de bază, nu se depistează faze intermetalide chiar pentru  $W=6,4$  J, cu toate că există condiții de echilibru [6].

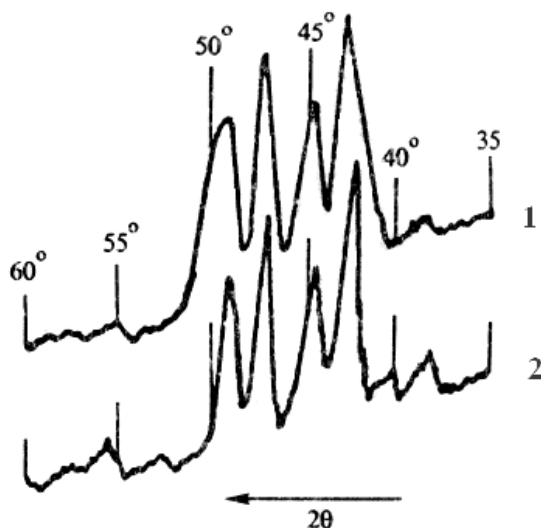


Fig. 2. Maximumurile difracționale a planurilor (100), (002), (001) a  $\text{Mo}_2\text{C}$  și (111) a  $\text{Mo}_2\text{N}$  la prelucrarea cu energiile 0,3 J (1); 0,9 J (2)

Pentru o definiție mai exactă a posibilității de formare a intermetalizilor s-au utilizat metode de cercetare, care se deosebesc printr-o sensibilitate mai mare, cum ar fi metoda spectroscopiei electronice Mössbauer. În afară de aceasta, pentru excluderea influenței posibile a prezenței carbonului, experimentele se efectuau pe perechea molibden-fier. Aceasta a permis evidențierea în stratul subțire a acoperirii de molibden pe fier o cantitate mică de fază intermetalidică  $\text{Fe}_x\text{Mo}_{x-1}$  neechilibrată. Cantitatea ei însă nu este suficientă pentru determinarea simetriei și compararea cu substanța intermetalidică  $\text{Fe}_2\text{Mo}$  ( $\lambda$ -faza).

La depunerea acoperirii de fier pe monocristalul de molibden apar faze asemănătoare. Astfel, la energia descărcării  $W=6,4$  J, apar soluții solide cu același conținut de element dizolvat, nitruri de molibden și fier și substanța intermetalidică cu încălcarea stehiometriei echilibrate  $Fe_{1,9}Mo$ . Este necesar de subliniat că fazele de carburi nu apar, ca în cazul interacțiunii molibdenului în oțel, deoarece cantitatea dioxidului de carbon în aer este ne semnificativă în comparație cu nitrogenul, iar alte surse de atomi de carbon în acoperire și în metalul bazei nu există. În afară de aceasta, în acoperire, adică din partea fierului se fixează atomii de oxigen. În substratul acoperirii se depistează aproape de 12 % (at) de oxigen, nelegat de oxizi. Se poate admite că oxigenul se află în formă de soluție în fier și în soluția molibdenului în Fe- $\alpha$ . În metalul de bază (Mo) atomii de oxigen nu s-au depistat ca și în cazul când molibdenul a servit drept material de acoperire, iar fierul și oțelul – ca materiale de bază.

Astfel, în acoperirile de molibden pe oțel 20, în rezultatul interacțiunii acoperirii și a materialului de bază cu elementele ușoare, se formează faze de pătrundere cu dispersie înaltă care contribuie la durificarea lor.

### Bibliografie

1. Дубовицкая, Н.В., Захаров, С.М., Лариков, Л.Н., Мазанко, В.Ф. Массоперенос железа при воздействии электрического разряда // Укр. физ. журн. – 1982. – 27, №1. – с. 65-70.
2. Михайлов, В.В., Перетятку, П.В., Герцрикен, Д.С., Мазанко, В.Ф. Влияние магнитного поля на структуру и фазовый состав покрытий, полученных при электроэрозионном легировании // Электрообработ. металлов. – 1995. - № 4. – с. 15-19.
3. Герцрикен, Д.С., Тышкевич, В.М., Прилуцкий, В.С., Фальченко, В.М. Формирование интерметаллических покрытий на основе  $Pt_3Zr$  при электроискровой обработке металлов // Металлофизика. – 1993. – 15, № 6. – с. 85-87.
4. Паспорт АИИЗ.299.157 ПС Академии Наук МССР ИПФ. Опытный завод, 1984.
5. Арсенюк, В.В., Герцрикен, Д.С., Мазанко, В.Ф., Фальченко, В.М. Міграція атомів у метастабільному твердому розчині залізо – аргон // Доп. НАН України. – 1997. - № 8. – с. 108-112.
6. Вол, Д.Е. Структура и свойства двойных металлических систем. Т. 2. – Москва: Физматгиз, 1962. – 983 с.

CZU: 539.374.4

## **A STUDY OF PHASE COMPOSITION OF MOLYBDENUM COVERINGS ON IRON AND STEEL OBTAINED BY ELECTRIC SPARK PROCESSING**

**Pavel Pereteatcu**, Senior lecturer, PhD; **Alexandr Ojegov**, post-graduate student  
(Alec Russo Balti State University, Moldova)

**Dina Ghertsriken**, PhD; **Vladimir Mazanco**, Professor, Doctor Habilitat  
(Institute of the Physics of Metals, NANU, Kiev)

Penetration of atoms and formation of transition phases in a zone of interaction of the main metal and plated covering was studied by methods of Mössbauer spectroscopy, radiometric and X-rays analysis. The difference in the phase formation and velocity of migration of atoms was established for iron and steel, which is connected to the influence of carbon atoms upon mass transfer. The phases, which result in hardening surface strata of material under the pulse processing, were determined.

Prezentat la redacție la 03.12.08

CZU: 621.048.4

## **CERCETAREA REZISTENȚEI LA UZURĂ A STRATURILOR SUPERFICIALE OBTINUTE LA ALIEREA PRIN SCÎNTEI ELECTRICE ÎN CÂMP MAGNETIC**

**Pavel Pereteatcu**, l.sup.dr.; **Vitalie Beșliu**, ing.dr.; **Vladislav Rusnac**, ing.dr.;  
**Alexandru Balanici**, conf.dr.; **Alexandr Ojegov**, doctorand  
(Universitatea de Stat „A. Russo” din Bălți, Moldova)

**Valentin Mihailov**, dr.  
(Institutul de Fizică Aplicată, Moldova)

În lucrare sînt prezentate rezultatele încercărilor tribologice a straturilor superficiale obținute la acțiunea cîmpului magnetic asupra procesului de aliere prin scînteii electrice (ASE). Cercetările experimentale efectuate au demonstrat că acoperirile obținute în condițiile ASE cu suprapunerea cîmpului magnetic, se uzează mai puțin față de aceleași acoperiri depuse prin procedeul ASE tradițional.



Încercările tribologice a straturilor superficiale, obținute la acțiunea energetică suplimentară asupra procesului ASE s-au efectuat în două etape. Mai întâi, s-a apreciat rezistența la uzură a acoperirilor cu ajutorul instalației, a cărei schemă principală este prezentată în fig.1.

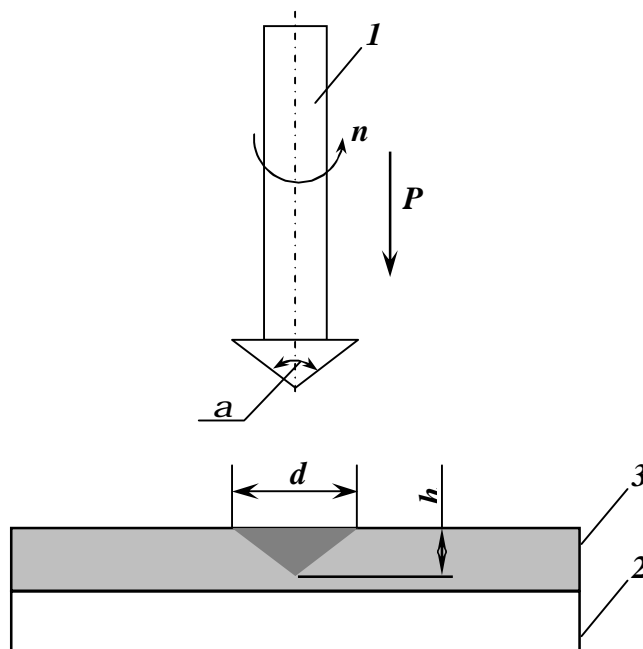


Fig. 1. Schema de măsurare a rezistenței la uzură: 1 - dispozitiv de centrare cu indentor; 2 - eșantion; 3 - acoperire; d - diametrul ampreței; h - adâncimea pătrunderii indentorului; n - frecvența de rotație a indentorului; P - forța, aplicată indentorului;  $\alpha$  - unghiul la vârful indentorului ( $\alpha = 90 - 150^\circ$ )

Ea permite măsurarea parametrilor uzurii stratului supus prelucrării, ținându-se cont de grosimea și microduritatea acoperirii. Calculul rezistenței la uzură a materialului constă în determinarea diametrului și a adâncimii ampreței obținute la rotirea indentorului de diamant cu excentricitatea nu mai mare de  $0,1 \mu\text{m}$ .

Precizia măsurărilor constituie  $\sim 1,0 \mu\text{m}$ . Dacă am considera dimensiunile ampreței pe eșantionul-etalon, acoperit prin metoda tradițională de aliere cu scînteii, drept 100%, atunci raportul dimensiunilor ampreței pe eșantioanele cercetate, cu acoperiri obținute prin ASE, în câmp magnetic față de dimensiunile etalonului, poate fi considerat drept unitate de rezistență la uzură pentru procedul dat de încercări.

Eșantioanele pentru încercări au fost supuse prelucrării la regimuri optime de ASE în câmp magnetic. Au fost create condiții de obținere a unor acoperiri de grosime mai mare și de o calitate mai înaltă pentru perechea dată de materiale a anodului și a catodului. Astfel, la depunerea acoperirilor din argint, energia descărcării  $W_d$  și inducția câmpului magnetic B s-au ales, pornindu-se de la condiția

pierderilor minimale, irecuperabile, a argintului și obținerea unei acoperiri uniforme și continue. Parametrii optimali pentru depunerile de argint constituie  $W_d = 0,1$  J și  $B = 0,06$  T. Dacă acoperirea se efectuează cu electrozi din Ni, Cr, Al, grafit, aliajele ВЖЛ-2, BK8 și BK20, energia descărcărilor constituie 0,9-1,0 J, iar inducția câmpului magnetic  $B = 0,074$  T. În cazul acoperirii cu aliajele BK8 și BK20, valorile optime ale inducției câmpului magnetic reprezintă, respectiv, 0,07 T și 0,04 T.

În urma unor încercări prealabile au fost obținute următoarele rezultate (vezi tabelul de mai jos):

Tabelul

Rezultatele încercărilor la uzură a acoperirilor pe suprafețe din oțel 3, obținute la ASE în câmp magnetic (rezistența la uzură este exprimată în % față de rezistența la uzură a acoperirilor formate prin metoda clasică a ASE)

Materialul electrozului de prelucrare	Rezistența la uzură a acoperirilor după ASE, %	Rezistența acoperirilor obținute prin ASE în câmp magnetic, %
Ni	100	165
Cr	100	182
Al	100	115
Ag	100	132
Grafit МПГ-Б	100	145
Aliaj ВЖЛ-2	100	210
Aliaj BK8	100	178

În cea de-a doua etapa a cercetărilor, eșantioanele cu acoperiri analoge erau supuse încercărilor la uzură la mașinile de frecare standard MI-1 și CMT-1.

Au fost alese următoarele regimuri de exploatare:

a) uzare fără lubrifianți (frecare uscată), presiunea de contact –  $140 \text{ N/cm}^2$ , viteza relativă de alunecare –  $0,3 \text{ m/s}$ ;

b) uzare în condiții de frecare semilichidă, presiunea de contact –  $700-750 \text{ N/cm}^2$ , viteza relativă de alunecare –  $1,3 \text{ m/s}$ .

Aceste regimuri au fost alese în scopul creării unor condiții apropiate celor de exploatare pentru un șir de cupluri cinematice.

În calitate de lubrifiant a fost ales uleiul industrial И-20А, care se introducea în zona de rodaj cu viteza de 3-4 picături pe minut. Acoperirile prin aliere cu scînteii electrice se depuneau pe generatoarea cilindrică a unei role cu diametrul de 50 mm. Lungimea de contact a suprafeței de rodaj cu rola constituia aproximativ 100 mm, fapt care a permis o creștere substanțială a timpului de rodaj.

În unele cazuri, suprafețele acoperite prin ASE cu nichel, argint și crom, au fost netezite cu o bilă dură cu diametrul de 12 mm din oțel ИХ-15, cu ajutorul

dispozitivului de netezire cu arc, la o sarcină de apăsare de 300N. Viteza de rotație a piesei (rolei) și viteza de avans a suportului se stabilesc în corespundere cu recomandările prof. D.D. Papșev [1] și constituie respectiv  $v = 50 \dots 100$  m/min,  $S = 0,15 \dots 0,2$  mm/rot. Acoperirile obținute pe baza carburii de wolfram (BK8, BK20) se netezesc, mai întâi, cu bila dură, iar apoi cu netezitor din diamant cu raza de 1,5 mm, la o sarcină de solicitare  $P = 10 \dots 20$  kN și avans de 0,05 mm/s [2], în scopul obținerii unei rugozități  $R_a = 3,0 \dots 0,32$   $\mu\text{m}$ , recomandate pentru suprafețele perechilor de rodaj (cinematice) [3].

Rezultatele încercărilor, în urma cărora se determină uzura suprafețelor acoperite în timp, sunt prezentate în fig. 2.

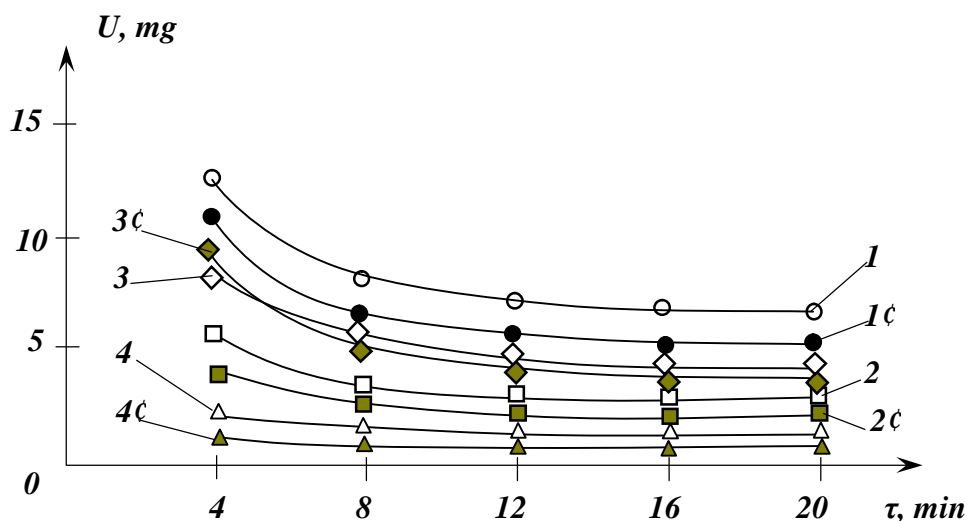


Fig. 2. Uzura în timp a acoperirilor ASE la alierea tradițională: 1 - Al; 2 - Cr; 3 - Ni; 4 - grafit la ASE în câmp magnetic; 1' - Al; 2' - Cr; 3' - Ni; 4' - grafit

După cum se vede din fig. 2, acoperirile obținute în condițiile ASE cu suprapunerea câmpului magnetic se uzează mai puțin, față de aceleași acoperiri, depuse prin procedeul ASE tradițional. Aceasta ne demonstrează faptul că, pentru aceleași condiții, suprapunerea câmpului magnetic în zona alierii cu scânteii electrice contribuie la îmbunătățirea calității acoperirilor (cantității, uniformității, densității) în baza unei mai bune aderențe a fazei lichide pe suprafața catodului, despre care se menționează în [4, 5].

Acest efect se observă mai puțin în cazul alierii cu grafit, deoarece nu are loc formarea stratului acoperirii pe suprafața prelucrată (catodului), dar are loc difuzia carbonului în ea.

### Bibliografie

1. Папшев, Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхности пластическим деформированием. – М.: «Машиностроение», 1978, - 152 с.
2. Хворостухин, Л. А. и др. Обработка металлопокрытий выглаживанием. – М.: «Машиностроение», 1980, - 63 с.
3. Костецкий, Б. И. Трение, смазка и износ в машинах. – М.: «Техника», 1970, - 395 с.
4. Михайлов, В. В., Перетятку, П. В. Интенсификация электроискрового легирования путем прямого действия тока на рабочие электроды. ЭОМ, 1987, № 2, с. 90-92.
5. Михайлов, В. В., Перетятку, П. В., Герцрикен, Д. С., Мазанко, В. Ф. Влияние магнитного поля на структуру и фазовый состав покрытий, полученных при электроэрозионном легировании. ЭОМ, 1995, № 4, с. 15.

CZU: 621.048.4

## THE INVESTIGATIONS OF WEARING RESISTANCE OF SURFACE STRATUM GOT AT ELECTRO-SPARK ALLOYING IN THE MAGNETIC FIELD

**Pavel Pereteatcu**, Senior lecturer, PhD; **Vitalie Beșliu**, Engineer, PhD; **Vladislav Rusnac**, Engineer, PhD; **Alexandru Balanici**, Associate Professor, PhD;  
**Alexandr Ojegov**, post-graduate student  
(Alecu Russo Balti State University, Moldova)  
**Valentin Mikhailov**, PhD  
(Institute of Applied Physics, Moldova)

In the paper are presented the results of wearing tests of surface stratum got at applying the magnetic field in the process of electro-spark alloying (ESA). The experimental investigations showed that coverings got in condition of ESA with application of the magnetic field wears out less than coverings set down by the classical method of ESA.

Prezentat la redacție la 06.04.07

C.Z.U.621.7/.9

## DISTRIBUȚIA TEMPERATURII ÎN PIESA DE LUCRU LA APLICAREA DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULS

Vladislav Rusnac, ing.dr.

(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Moldova)

În lucrare sunt precăuțați factorii principali ai căldurii, generate de descărcările electrice în impuls. Se prezintă distribuția temperaturii în piesa de lucru, demonstrându-se că acestea îi revine un rol esențial în procesele de prelucrare dimensională, formare a straturilor de depunere și de modificare a microgeometriei suprafețelor pieselor metalice.

Este cunoscut că în procesul descărcărilor electrice în impuls, pe suprafețele anodului și a catodului, se degajă o anumită cantitate de căldură, care duce la încălzirea și topirea unei cantități de material de pe acestea, cu formarea craterelor care pot avea forma unei calote sferice [1]. În afară de aceasta, în procesul prelucrării cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls (fie prelucrarea dimensională, formarea straturilor de depunere sau modificarea microgeometriei suprafețelor), se observă transformarea structurală a materialului electrozilor datorită temperaturii înalte în zona de lucru [2].

Căldura generată de descărcarea electrică  $Q_{d.e.}$  se compune din trei componente principale [3,4] și anume căldura transmisă anodului  $Q_a$ , căldura transmisă catodului  $Q_k$  și căldura transmisă prin canalul de descărcare  $Q_c$ :

$$Q_{d.e.} = Q_a + Q_k + Q_c. \quad (1)$$

Căldura transmisă anodului se compune, la rândul, ei dintr-o sumă de călduri parțiale

$$Q_a = Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{a3} + Q_{a4}, \quad (2)$$

unde:  $Q_{a1}$  este căldura transmisă prin cedarea energiei cinetice a particulelor incidente;  $Q_{a2}$  – căldura obținută prin efect Joule-Lenz;  $Q_{a3}$  – căldura obținută prin agitația termică a particulelor la suprafața anodului;  $Q_{a4}$  – căldura transmisă de particulele neutre din canalul de plasmă, încălzite în coloană și antrenate spre anod.

Se cunoaște [4] că  $Q_{a2}$  nu depășește 10% din  $Q_a$ , iar  $Q_{a3}$  și  $Q_{a4}$  sunt neglijabile în raport cu  $Q_{a1}$ . Din acest motiv relația (2) poate avea forma:

$$Q_a = Q_{a1} + Q_{a2}. \quad (3)$$

Similar, pentru catod avem:

$$Q_k = Q_{k1} + Q_{k2}. \quad (4)$$

Din studiile macroscopice asupra repartiției căldurii în interstițiu, ajungem la următorul bilanț termic:

$$Q_{d.e.} = Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{k1} + Q_{k2} + Q_c + Q_i \quad (5)$$

unde:  $Q_c$  este căldura transmisă prin canalul de descărcare a mediului în care are loc prelucrarea;  $Q_i$  – căldura pierdută în sistem.

În realitate, apar schimburi de căldură între elementele sistemului, așa încât bilanțul termic trebuie reconsiderat. Astfel, căldura consumată pentru prelevarea de material se distribuie celor doi electrozi prin răcirea particulelor erodate în mediul dielectric. Căldura obținută prin efectul Joule-Lenz se transmite aproape în întregime masei electrozilor. Astfel:

$$Q_{a1} = Q_{a1k} + Q_{a1a} + Q_{a1c}, \quad (6)$$

$$Q_{k1} = Q_{k1k} + Q_{k1a} + Q_{k1c}. \quad (7)$$

Căldura dezvoltată în canalul descărcării electrice se transmite mediului de lucru:

$$Q_c = Q_{cc}. \quad (8)$$

În final, obținem următoarea ecuație a bilanțului termic în procesul descărcărilor electrice în impuls:

$$Q_{d.e.} - Q_i = (Q_{a2} + Q_{a1a} + Q_{k1a}) + (Q_{k2} + Q_{k1k} + Q_{a1k}) + (Q_{cc} + Q_{a1c} + Q_{k1c}). \quad (9)$$

În timpul procesului eroziv, temperaturile ridicate ale descărcărilor electrice provoacă modificări structurale ale stratului de suprafață.

În prezent se cunoaște [5] că procesul de distribuție a temperaturii în suprafețele electrozilor depinde de următorii factori [1,6]: energia degajată în interstițiu, distanța la care se află petele electrodice „calde” față de suprafețele electrozilor, capacitatea termică specifică  $c$  a materialului din care sunt confecționați electrozi, densitatea  $r$  a materialului electrozilor și pierderile de energie care au loc în procesul descărcărilor electrice în impuls.

Vom precăuta cazul când pata electrodică se găsește la distanța  $h_{p.e.}$  față de suprafața electrodului. Această pată electrodică (sursă punctiformă de căldură) iradiază căldura uniform în toate părțile. Prin urmare, frontul de topire a materialului electrozilor se va deplasa după o sferă [1].

În figura de mai jos este prezentată distribuția temperaturii în piesa de lucru sub formă de izoterme în procesul descărcării electrice în impuls pentru energia impulsului de descărcare  $W = 0,54J$  și durata de acțiune a sursei punctiforme de căldură  $\tau = 0,008s$ .

Temperatura piesei de lucru pentru punctul care se găsește în zona canalului de descărcare poate fi determinată prin relația:

$$T = T_0 + \frac{qhW_s}{(crh_{p.e.}^3)}, \quad (10)$$

în care  $T_0$  - temperatura inițială a electrodului;  $q$  - parametrul de temperatură;  $h$  - randamentul utilizării energiei impulsului de descărcare;  $W_s$  - energia degajată în interstițiu;  $c$  - capacitatea termică specifică;  $r$  - densitatea materialului electrodului;  $h_{p.e.}$  - distanța până la sursă de căldură. Parametrul  $q$ , care reflectă conductibilitatea termică  $a$  a electrodului și timpul de acțiune  $t$  a sursei de căldură, se calculează prin relația:

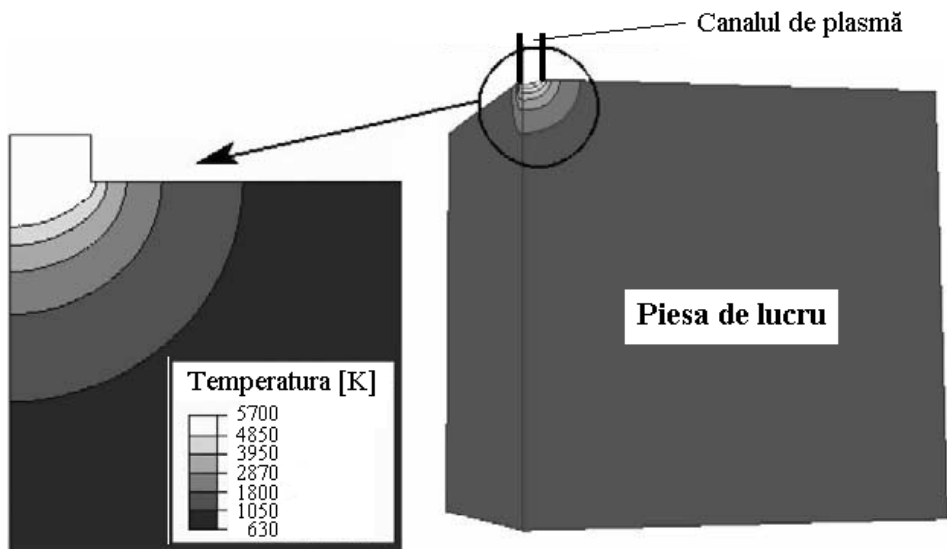
$$q = \frac{e^{-\frac{1}{4}F_0}}{8pF_0\sqrt{pF_0}}, \quad (11)$$

în care  $F_o = \frac{at}{R^2}$  reprezintă criteriul lui Furie.

Coeficientul  $h$  depinde de mediul în care are loc prelucrarea, conductibilitatea termică a electrodului, densitatea materialului electrodului și poziționarea electrozilor unul față de altul.

Pentru prelucrarea dimensională, valoarea acestui coeficient se găsește în limitele  $h \approx 0,19...0,24$ .

În figura de mai jos, este prezentat modelul de distribuție a temperaturii în piesa de lucru sub formă de izoterme pentru cazul când pata electrodică (sursă punctiformă de căldură) se găsește la distanța  $h_{p.e.}$  față de suprafața acesteia.



Distribuția temperaturii în piesa de lucru în procesul descărcărilor electrice în impuls  
( $W_c = 0,54 \text{ J}$ ,  $\tau = 0,008 \text{ s}$ )

Din acest model se observă că frontul de temperaturi se distribuie în în electrodul-piesă după o semisferă, fapt care explică obținerea craterelor pe suprafețele electrozilor sub formă de calotă sferică.

### Concluzii finale

- La aplicarea descărcărilor electrice în impuls, în apropierea electrozilor apar pete electrodice care reprezintă surse punctiforme de căldură.
- În procesul descărcărilor electrice în impuls, sursele punctiforme de căldură se găsesc la o anumită distanță față de suprafețele electrozilor.
- În procesul descărcărilor electrice în impuls frontul de topire a materialului electrozilor se va distribui sub formă de sferă.

### **Bibliografie**

1. Topală, Pavel, Stoicev, Petru, Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, Chișinău, 2008, 265 p.

2. Сафронов, И. И., Цуркан, И. В. и др., Электроэрозионные процессы на электродах и микроструктурно-фазовый состав легированного слоя, Chișinău, Știința, 1999, 590 p.

3. Rusnac, Vladislav, Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor la formarea straturilor de depunere prin metoda electroeroziunii, Rezumatul tezei de doctorat, Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, Romania, 2008, 57 p.

4. Nanu, Aurel, Nanu, Dan, Prelucrarea dimensională prin eroziune electrică în câmp magnetic, Editura Facla, Timișoara, 1981, 307 p.

5. Topală, Pavel, Bălcănuță, Nicolae, Caracteristicile electrodinamice ale descărcărilor electrice în impuls, Tehnologii moderne, Calitate, Restructurare. Culegere de lucrări științifice, Chișinău, 2001, p.203-208.

6. Topală, Pavel, Cercetări privind obținerea straturilor de depunere din pulberi metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls., Rezumatul tezei de doctorat., București., Universitatea politehnică., 1993., 32 p.

C.Z.U.621.7/.9

## **TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE WORKPIECE AT APPLYING ELECTRIC DISCHARGES IN IMPULSE**

**Vladislav Rusnac**, Engineer, PhD  
(Alec Russo Balti State University, Moldova)

The paper deals with the main factors of heat generated by electric discharges in impulse. The distribution of temperature in the workpiece is given while demonstrating that it plays an essential role in the processes of dimensional treatment, the formation of deposition layers and of microgeometry modifications of metal piece surfaces.

Prezentat la redacție la 05.12.08



CZU: 621.9.048

## A STUDY ON PLANETARY ROLLING PROCESS

**Nicolae Cananau, Dalia Elena Cananau**  
(University DUNAREA DE JOS of Galati, Romania)

The paper presents the study results concerning the cynamatics and dynamics of the planetary rolling and the specific features of semi-planetary rolling.

### Introduction

The planetary rolling confers high productivity, low material and energetic specific consumption, facilities for work mechanization and automation.

There are cases when the technological conditions for the fabrication of semi-products or for special properties assurance of the semi- products, as in the case of the continuous cast of slabs, the induction of superficial compression stress is necessary.

In this cases using of planetary or semi-planetary rolling is recommended.

The principled scheme of semi-planetary rolling showed in figure 1 [1].

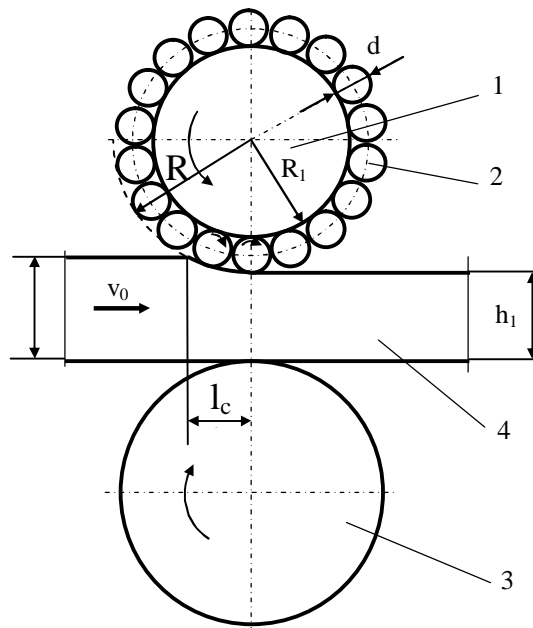


Fig. 1. Scheme of semi-planetary rolling:  
1-planetary cylinder, 2-satellite cylinder,  
3-inferior cylinder, 4-semi-product

### Analysis of deformation conditions to semi-planetary rolling

Because the satellite cylinder has small diameter, in comparison with inferior cylinder, the strain state will be localized to marginal layer to contact surface of semi-product and planetary cylinder.

Suppose the movement of semi-product is described by speed  $v_0$  constant. The revolution of the inferior cylinder is also, constant and corresponds to speed  $v_0$ .

The planetary cylinder may be turned in sense of the speed  $v_0$  (equi-current) or in contraire sense (counter-current).

Suppose the axis of planetary cylinder is included in vertical plan of inferior cylinder and the rotation sense corresponds to direct sense of the semi-product displacement (fig. 2).

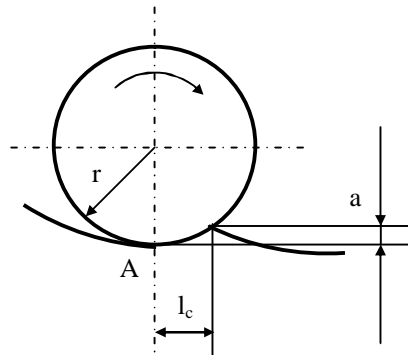


Fig. 2. Deformation zone

Denote  $n$  number of satellite cylinders.

The angle between two successive satellite cylinder is:

$$\theta = \frac{360^0}{n} \quad \text{sau} \quad \theta = \frac{2\pi}{n}, [\text{rad}]. \quad (1)$$

The time between the successive planetary cylinder is:

$$\Delta t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{1}{n \cdot N}, \quad (2)$$

where  $\omega$  is the angular speed and  $N$  is the revolution of the superior cylinder.

Thus, the advance of semi-product between two satellite cylinders will be:

$$l_c = v_0 \cdot \Delta t, \quad (3)$$

and represents a dimension of the contact surface between satellite cylinder and material.

Denote  $l$  the dimension of this contact surface. This depends by the reduction of the thickness of semi-product:

$$l = \sqrt{2(R + d) \cdot \Delta h}. \quad (4)$$

Supposed that the deformation to inferior cylinder is negligible. The force to the satellite cylinder is:

$$F = p \cdot B \cdot l_c = p \cdot B \cdot v_0 \cdot \frac{1}{n \cdot N}. \quad (5)$$

In this relation,  $p$  is the mean deformation pressure and  $B$  is the width of semi-product. Consequently, the force depends by the revolution of the planetary cylinder. The diminution of force is result of increasing of planetary cylinder revolution.

For calculation of the mean pressure, we consider a slip line into deformation zone (fig. 3).

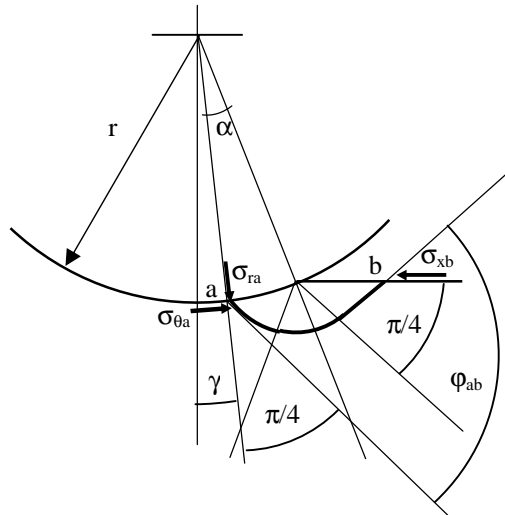


Fig. 3. Slip line into the deformation zone

As result of the Hencky theorem, the relation for calculation of stress  $\sigma_{ra}$  is [2]:

$$\sigma_{ra} = R_d (1 + \varphi_{ab}). \quad (6)$$

The deviation angle  $\varphi_{ab}$  is:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \gamma, \quad (7)$$

and

$$\sigma_{ra} = -R_d \left( 1 + \frac{\pi}{2} - \gamma \right). \quad (8)$$

The elementary force to the contact surface is:

$$dF = |\sigma_{ra}| \cdot B \cdot r \cdot d\gamma. \quad (9)$$

After integration for  $\gamma \in [0, \alpha]$  we obtain the formula for calculation of mean pressure:

$$p = R_d \cdot \alpha \cdot \left(1 + \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right), \quad (10)$$

where  $R_d$  is the deformation resistance of the material.

### Establishing of trace equation of deformed surface

The trace of the contact surface is described by the point M (see fig. 4). The motion of this point, relative to the fixed coordinate system, with the base point O, is composed by the rotation motion of the planetary cylinder and linear motion of the semi-product. We consider the contra-current case.

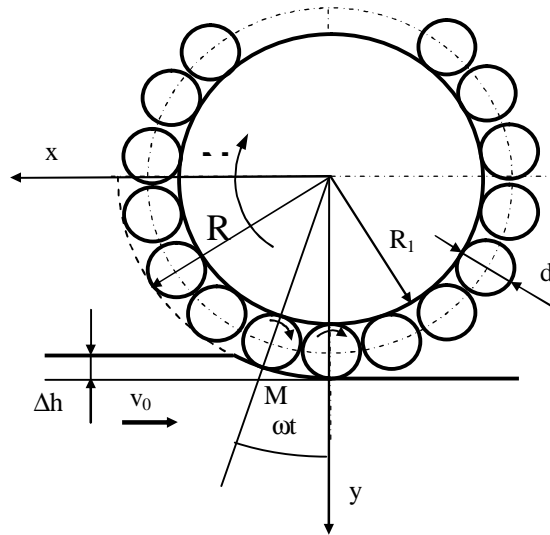


Fig. 4. Scheme for calculation of trajectory equation

To the moment  $t$  the coordinates of point M are described by the following relations:

$$x = R \cdot \sin(\omega t) + v_0 \cdot t; \quad y = R \cdot \cos(\omega t), \quad t \in [0, t_0],$$

where  $t_0$  is the time of effective contact between the satellite cylinder and semi-product. Is the time from entrance and exit of satellite cylinder in contact with semi-product.

We denote  $\Delta h$ , the variation of thickness made by the planetary cylinder. We have:

$$y_0 = R - \Delta h = R \cdot \cos(\omega t_0),$$

and

$$t_0 = \frac{1}{\omega} \cdot \arccos\left(\frac{R - \Delta h}{R}\right). \quad (13)$$

For normalization we admit the parameter  $\eta = (t/t_0)$ , and  $\eta \in [0, 1]$ .

After the elimination of the trigonometric functions in the relations (11) we obtain:

$$(x - v_0 \cdot t_0 \cdot h)^2 + y^2 = R^2, y \in [R - \Delta h, R]. \quad (14)$$

The relation (14) represents the equation of the trace of deformation surface.

### Conclusions

In the special cases, the superficial deformation of the long semi-product the semi-planetary rolling is necessary. This fact awards the advantage of the controlled stress and strain states.

This method induces a favorable stress state in the superficial layer of the long semi-product.

The semi-planetary rolling enables, for example, the continuous casting of the slabs from steels alloyed with manganese, chrome and other added elements and eliminates the superficial fissures and finally the defects to the rolled product.

The kinematics and dynamics of the semi-planetary rolling is a complex process and its study is necessary.

### References

1. Cananau, N. Teoria deformării plastice. Universitatea din Galați, 1995.
2. Dragan, I. Tehnologia deformării plastice. Editura didactică și pedagogică, București, 1979.
3. Kachanov, L. Éléments de la théorie de la plasticité. Editions Mir, Moscou, 1975.
4. Sokolovskii, V. Teoria plasticității. Editura tehnică, București, 1972.
5. Adrian, M. Tehnologia laminării. Editura didactică și pedagogică, București, 1977.

CZU: 621.9.048

## STUDIUL ASUPRA PROCESULUI DE LAMINARE CU CILINDRI PLANETARI

**Nicolae Cănanău, Dalia Elena Cănanău**  
(Universitatea DUNĂREA DE JOS din Galați, România)

Lucrarea prezintă rezultatele studiilor efectuate cu privire la cinematica și dinamica laminării cu cilindri planetari și particularitățile laminării semi-planetare.

Prezentat la redacție la 29.09.08

УДК 666.11.01

## **СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА, ВЫЩЕЛОЧЕННОГО КИСЛЫМИ ГАЗАМИ, ПО ДАННЫМ ИК СПЕКТРОСКОПИИ**

**Георгий Дука**, акад. докт. хаб.  
(Академия наук Молдовы)

**Василий Шарагов**, доц. докт. хаб.

(Государственный университет им. А. Руссо, Республика Молдова)

Анализируются ИК спектры отражения листового стекла, подвергнутого термохимической обработке газообразными реагентами. Листовое стекло обрабатывалось газами в лабораторных и производственных условиях. Для термохимической обработки стекла применялись диоксиды серы и углерода, дифтордихлорметан, дифторхлорметан, смеси дифтордихлорметана с диоксидом серы. Устанавливаются режимы обработки листового стекла: температура - от комнатной до 950 °С, объем реагента на одну обработку – до 15 л, продолжительность – до 15 мин. Рассматривается механизм взаимодействия стекла с газообразными реагентами.

### **Введение**

Природа реакции стекла с кислыми газами (оксидами серы и углерода, хлоридом водорода и др.) изучается около ста лет. Механизм взаимодействия промышленных стеклоизделий с кислыми газами сводится к выщелачиванию поверхностного слоя на глубину ориентировочно 1 мкм, при этом степень его обесщелачивания достигает 60 %. Двух- и трехкомпонентные силикатные стекла выщелачиваются кислыми газами на глубину до 30 мкм. Термохимическая обработка промышленных стеклоизделий кислыми газами повышает их химическую стойкость в несколько раз, при этом также возрастает их механическая прочность на 20-30 %, микротвердость и термостойкость – на 10-20 % [1]. Значительное повышение химической стойкости стеклянной тары происходит при ее обработке фторсодержащими соединениями [1-3]. Механизм такого взаимодействия не выяснен.

Для исследования поверхностных слоев стекла применяются различные методы физико-химического анализа: электронная спектроскопия для химического анализа, рентгеновская фотоэлектронная спектрометрия, вторичная ионная масс-спектроскопия, инфракрасная (ИК) спектроскопия отражения, Оже-электронная спектроскопия и многие др. [4 - 6].

Фундаментальные исследования по выяснению механизма коррозии поверхности силикатных стекол проведены при помощи ИК спектроскопии отражения [7-12 и др.]. Экспериментально доказано, что воздействие на стекло воды, водных растворов различных веществ и других реагентов

сопровождается обогащением его поверхности кремнеземом, о чем свидетельствует кажущееся смещение полос в области примерно 1060 и 960  $\text{см}^{-1}$  в сторону увеличения волнового числа.

Цель проведенных экспериментов заключалась в выяснении возможности применения ИК спектроскопии отражения для исследования структуры поверхностных слоев листового стекла, подвергнутого обработке газообразными реагентами.

### Методика эксперимента

Объектом исследований являлось листовое стекло следующего химического состава (массовые доли, %): 72,55  $\text{SiO}_2$ , 1,83  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,10  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 7,65  $\text{CaO}$ , 3,61  $\text{MgO}$ , 13,57  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,46  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,31  $\text{SO}_3$ . В качестве газообразных реагентов применялись технические диоксиды серы и углерода, дифтордихлорметан, дифторхлорметан, смеси дифтордихлорметана с диоксидом серы (при разном объемном соотношении этих газов).

Методика обработки стекла газообразными реагентами следующая. В лабораторных экспериментах пластинки листового стекла помещались в электрическую трубчатую печь при комнатной температуре. Скорость нагревания образцов стекла составляла 5-10  $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . При достижении заданной температуры в печь подавался газообразный реагент из баллона. Расход газового реагента контролировался и регулировался ротаметром типа РС - 3А. Максимальная относительная погрешность измерения объема газа не превышала  $\pm 3\%$ . После окончания обработки стекло охлаждалось в отключенной печи со скоростью 2-5  $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . Образцы из печи вынимались при температуре не выше 100  $^{\circ}\text{C}$ . Абсолютная погрешность регулирования температуры не превышала  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

Лабораторные режимы обработки стекла: температура изменялась от комнатной до 700  $^{\circ}\text{C}$ , объем реагента на одну обработку – до 15 л, продолжительность – до 15 мин.

В производственных условиях термохимическая обработка листового стекла дифтордихлорметаном и сернистым газом была проведена на системе вертикального безлодочного вытягивания. Лента стекла обдувалась газовым реагентом на стадии ее формования при температуре от 600 до 950  $^{\circ}\text{C}$ . Для обработки применялись перфорированные трубы из жароупорной стали. Трубы находились в районе верхних и нижних холодильников по обе стороны от ленты стекла на расстоянии от 5 до 15 см.

После термохимической обработки на поверхности стекла образовались продукты реакции в виде налета. Для получения ИК спектров применялись образцы, с которых налет стирался ватой.

ИК спектры отражения снимались на приборе UR-20 в области 400-4000  $\text{см}^{-1}$ . Максимальная абсолютная погрешность волнового числа при 400  $\text{см}^{-1}$  составляет  $\pm 4 \text{ см}^{-1}$ , при 700  $\text{см}^{-1}$  –  $\pm 5 \text{ см}^{-1}$  и при 4000  $\text{см}^{-1}$  –  $\pm 10 \text{ см}^{-1}$ .

## Полученные результаты и их обсуждение

На первой стадии лабораторных экспериментов изучалось влияние температуры на взаимодействие стекла с газообразными реагентами. Для этого температура обработки изменялась от комнатной до 600 °С. Прочие условия обработки (объем реагента на одну обработку, влажность газовой среды, продолжительность обработки и др.) оставались неизменными.

Спектры листового стекла исходного (без обработки) и обработанного реагентами (дифтордихлорметаном, дифторхлорметаном, диоксидом серы и смесями этих газов) при температурах 20, 100 и 200 °С не отличались между собой. Это означает, что химическое взаимодействие между стеклом и газами при данных условиях отсутствует. Изменения на ИК спектрах стекла, подвергнутого воздействию вышечисленных реагентов, выявлены при температуре 300 °С. В дальнейшем были сняты ИК спектры отражения листового стекла, которое было обработано газообразными реагентами при температуре от 400 до 600 °С. В качестве примера на рис. 1 представлены ИК спектры отражения листового стекла, обработанного дифтордихлорметаном при температуре от 400 до 600 °С.

Данные рис. 1. свидетельствуют о том, что существенные изменения в ИК спектрах отражения листового стекла, обработанного дифтордихлорметаном, происходят при температуре 500 °С и достигают максимума при температуре 600 °С. В первую очередь вызывают интерес изменения в положениях полос в области примерно 960 и 1060 см<sup>-1</sup>.

Известно [7-14], что пик спектра в области примерно 1060 см<sup>-1</sup> обусловлен валентными связями ≡Si-O-Si≡. Смещение этого пика в область с более высоким значением волнового числа свидетельствует об обогащении поверхностных слоев стекла кремнеземом. Рис.1 наглядно демонстрирует, что повышение температуры обработки стекла от 300 до 600 °С приводит к тому, что полоса в области 1060 см<sup>-1</sup> занимает положение с большим значением волнового числа. Аналогичным образом изменяется меньший пик в области примерно 470-480 см<sup>-1</sup>, однако степень изменения в этом случае значительно слабее (см. рис.1). Меньший пик характеризует деформационные колебания связи ≡Si-O-Si≡ [7, 8, 14].

Обогащение поверхностных слоев листового стекла кремнеземом объясняется соответствующим уменьшением щелочных компонентов. Об этом свидетельствует изменение положения полосы, ответственной за связь ≡Si-O-Me (Me – щелочной катион), в области примерно 960 см<sup>-1</sup>. Данная полоса на спектрах, полученных после термохимической обработки образцов листового стекла дифтордихлорметаном, занимает положение с большим значением волнового числа (см. рис. 1). Экспериментально доказано, что такое изменение на ИК спектрах отражения щелочно-силикатных стекол вызвано уменьшением концентрации Na<sup>+</sup> в поверхностных слоях образцов [7-



13]. Справедливость такого вывода косвенно подтверждается данными по измерению микротвердости листового стекла, обработанного дифтордихлорметаном [15]. В наших экспериментах микротвердость стекла возрастала с повышением температуры обработки дифтордихлорметаном, что приводило к снижению концентрации  $\text{Na}^+$  в его поверхностных слоях. Следовательно, приведенные результаты по ИК спектроскопии отражения позволяют утверждать, что термохимическая обработка листового стекла дифтордихлорметаном сопровождается выщелачиванием его поверхностных слоев.

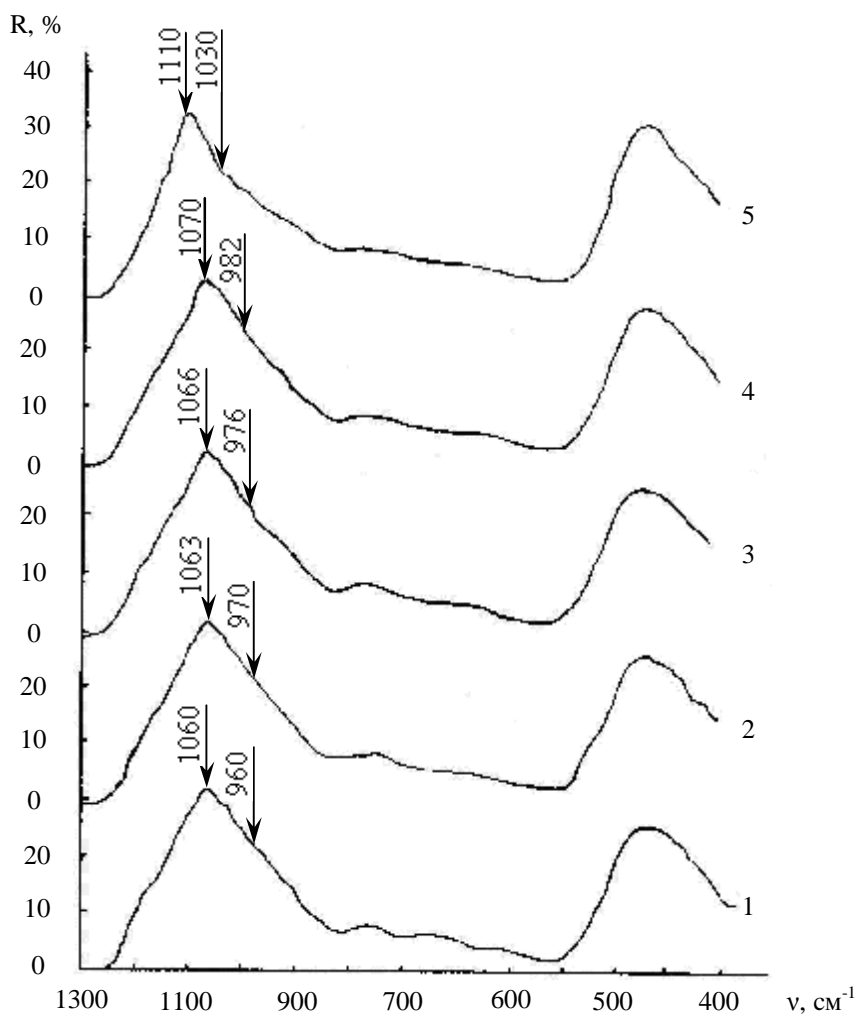


Рис. 1. ИК спектры отражения листового стекла исходного (1) и обработанного дифтордихлорметаном при температуре 300 (2), 400 (3), 500 (4) и 600 (5) °С  
Продолжительность обработки – 15 мин, объем газового реагента – 15 л.

На рис. 2. показаны ИК спектры отражения листового стекла, обработанного при температуре 600 °С разными газообразными реагентами (при одних и тех же условиях).

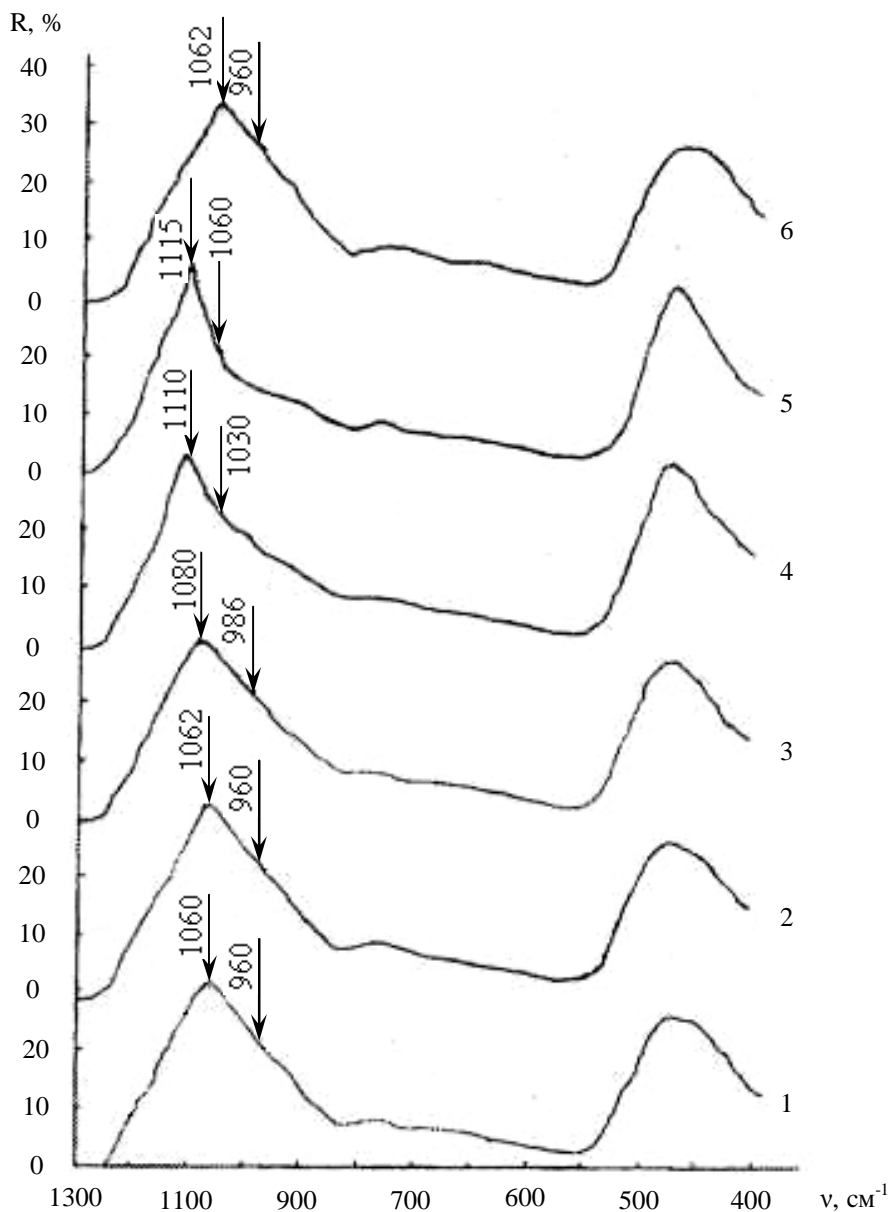


Рис. 2. ИК спектры отражения листового стекла исходного (1) и обработанного при температуре 600 °С диоксидом углерода (2), диоксидом серы (3), дифтордихлорметаном (4), смесью дифтордихлорметана с диоксидом серы в объемном соотношении 1:1 (5), а также после дополнительной термообработки (6). Продолжительность обработки – 15 мин, объем газового реагента – 15 л.

Изменения в положении полос в области 1060 и 960  $\text{см}^{-1}$  показывают, что термохимическая обработка листового стекла дифтордихлорметаном, диоксидом серы и смесью дифтордихлорметана с диоксидом серы приводит к его выщелачиванию. Наибольший эффект в экстракции из стекла  $\text{Na}^+$  достигается при использовании для обработки смесей дифтордихлорметана с диоксидом серы. Спектры стекла, обработанного дифтордихлорметаном и дифторхлорметаном, подобны. При увеличении продолжительности обработки и объема реагента интенсивность выщелачивания возрастает.

В литературе приводятся противоречивые сведения о способности углекислого газа выщелачивать промышленные стекла [1, 16-18]. Данные рис.2 убедительно свидетельствуют об отсутствии химического взаимодействия между листовым стеклом и диоксидом углерода.

При термохимической обработке листового стекла газообразными реагентами в лабораторных условиях образцы повторно нагреваются. Установлено [1, 19], что дополнительная термообработка стекла может существенно влиять на состояние поверхности стекла и его свойства. В наших экспериментах дополнительная термообработка стекла проводилась в условиях, аналогичных термохимической обработке, но без газовых реагентов. Рис. 2 иллюстрирует положение, что дополнительная термообработка листового стекла практически не повлияла на состав и структуру его поверхностных слоев. Следовательно, степень структурных преобразований поверхностных слоев листового стекла зависит от интенсивности протекания химической реакции между щелочными компонентами стекла и газовыми реагентами и не связана с температурной диффузией  $\text{Na}^+$ .

Изменения на ИК спектрах, снятых с листового стекла, обработанного дифтордихлорметаном и диоксидом серы в производственных условиях, менее существенны по сравнению с лабораторными экспериментами.

Таким образом, ИК спектры отражения эффективно и точно отражают процесс химического взаимодействия стекла с газовыми реагентами.

### Заключение

Впервые при помощи ИК спектроскопии отражения установлено, что химическое взаимодействие между листовым стеклом и газообразными реагентами (дифтордихлорметаном, дифторхлорметаном, диоксидом серы и смесями дифтордихлорметана с диоксидом серы) происходит при температуре 300  $^{\circ}\text{C}$  и выше.

На ИК спектрах образцов, полученных после термохимической обработки вышеперечисленными реагентами, полосы в области примерно 960 и 1060  $\text{см}^{-1}$  занимают положение с более высоким значением волнового числа. Для пика в области примерно 1060  $\text{см}^{-1}$  это свидетельствует об

обогащении поверхностных слоев стекла кремнеземом. Соответственно, увеличение значения волнового числа для полосы в области примерно  $960\text{ см}^{-1}$  вызвано уменьшением концентрации  $\text{Na}^+$  в поверхностных слоях образцов. Из этого следует, что термохимическая обработка листового стекла газовыми реагентами сопровождается его выщелачиванием. Изменение пика в области примерно  $470\text{--}480\text{ см}^{-1}$  можно использовать только для качественной регистрации процесса выщелачивания стекла газовыми реагентами, так как степень изменения данной полосы не достаточна для количественного измерения и сопоставления.

Установлено, что увеличение продолжительности обработки и объема реагента приводит к усилению процесса выщелачивания стекла. Наибольшие изменения состава и структуры поверхностных слоев листового стекла происходят при использовании для термохимической обработки смесей дифтордихлорметана с диоксидом серы. Диоксид углерода и дополнительная термообработка листового стекла практически не изменяют состав и структуру его поверхностных слоев.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения ИК спектроскопии отражения для исследования структуры поверхностных слоев стекла, подвергнутого обработке газообразными реагентами.

### Список литературы

1. Шарагов, В. А., *Химическое взаимодействие поверхности стекла с газами*, Кишинев, 1988, 130 с.
2. Ryder, R. J., Poad, W. J., Pantano, C. G. *Improved Internal Treatments for Glass Containers*, J. Can. Ceram. Soc, 1982, V. 51, p. 21-28.
3. Hubert, F. *Improving the chemical durability of hollow glass containers by combined fluorine -  $\text{SO}_3$  treatment*, Riv. star. sper. Vetro, 1986, V. 16, № 6, p. 29-35.
4. Rupertus, V., Bange, K. *Sophisticated techniques for studying glass surfaces*, International Congress on Glass. Extended Abstracts, 2001, Vol. 1, p. 2-11.
5. Бузник, В. М. *Ядерная спектроскопия стекла (обзор)*, Физ. и химия стекла, 2000, Т. 26, № 1, с. 3-29.
6. Hench, L. L. *Chemical and compositional analysis of glass surfaces*, Riv. Stn. Spr. Vetro, 1990, V. 20, №6, p. 123-135.
7. Sanders, D. M., Person, W. B., Hench, L. L. *Quantitative Analysis of Glass Structure with the Use of Infrared Reflection Spectra*, Appl. Spectrosc, 1974, V. 28, № 3, p. 247-255.
8. Hench, L. L. *Characterization of glass corrosion and durability*, J. Non-Cryst. Solids, 1975, V. 19, p. 27-39.

9. Takashima, H., Saito, H. *Change of Infra-red Reflection Spectra of the Silicate Glass Corroded with Moisture*, J. Ceram. Soc. Jap, 1977, V. 85, № 7(983), p. 311-317.
10. Takashima, H., Saito, H. *Relation between Infra-red Reflection Spectra and Corrosion State of Silicate Glass with Acid and Alkaline Aqueous Solution*, J. Ceram. Soc. Jap, 1977, V. 85, № 9(985), p. 472-474.
11. Geotti-Bianchini, F., De Riu Luca, Gaqtiardi, G, a. a. *New interpretation of the IR reflectance spectra of SiO<sub>2</sub>-rich films on soda-lime glass*, Glastech. Ber, 1991, V. 64, № 8, p. 205-217.
12. Балашова, С. Ю., Баранова, Г. И., Белюстин, А. А. и др. *ИК спектроскопическое исследование взаимодействия натриевоалюмосиликатных электродных стекол с водными растворами*, Физ. и химия стекла, 2000, Т. 26, № 5, с. 718-728.
13. Шольце, Х. *Изучение поверхностных слоев выщелоченных натриевокальцевосиликатных стекол методами секционирования и ИК – спектроскопии*, Физика и химия стекла, 1975, Т.1, №6, с. 567-571.
14. *Инфракрасные спектры щелочных силикатов*, Под ред. А. Г.. Власова и В. А. Флоринской, Ленинград, 1970, 344 с.
15. Sharagov, V. *Properties of sheet glass thermochemically treatment by difluorodichloromethane*, Proc. of the XX International Congress on Glass. Kyoto (Japan), 2004. CD-ROM. 4 p.
16. Schleifer, P., Bugajski, W., Kubacki, W. *Badania wplywu procesu chemotermicznego na zwiekszenie wytrzymalosci mechanicznej szkla*, Szklo i ceram, 1968, R. 19, № 8, s. 225-228.
17. Lombardo, T., Lefevre, R. A., Geotti-Bianchini, F., Cachier, H. *Carbonaceous contamination on float glass surface exposed to atmospheric pollution in Paris*, Book of Abstracts of the 6-th European Society of Glass Science and Technology, 2002, p. 207.
18. Douglas, R. W., Isard, J. O. *The Action of Water and of Sulphur Dioxide on Glass Surfaces*, J. Soc. Glass Technol., 1949, V. 33, № 154, p. 289-335.
19. Scholze, H. *Glass: Nature, Structure, and Properties*, New-Iork, Berlin, Springer-Verlag, 1991, 356 p.

CZU 666.11.01

**THE STRUCTURE OF THE SURFACE LAYERS OF THE SHEET GLASS, DEALKALIZED WITH ACID GASES, ACCORDING TO INFRARED REFLECTION SPECTROSCOPY**

**Gheorghe Duca**, Academician

(Academy of Sciences of Moldova)

**Vasili Sharagov**, Associate Professor, Doctor Habilitat

(Alec Russo Balti State University, Moldova)

The purpose of this article is to analyze the Infrared reflection spectra, received for the sheet glass which was exposed to thermochemical treatment with gaseous reagents. The sheet glass was exposed to gas treatment both in laboratory and industrial conditions. For thermochemical treatment of glass such substances as sulfur and carbon oxides, difluorodichloromethane, difluorochloromethane and the mixture of difluorodichloromethane with sulfur dioxide were used. The regimes of treatment of sheet glass are the following: temperature – between room temperature and 950 °C, the volume of the reagent per one treatment – up to 15 l, duration – up to 15 min., flow rate of reagent – up to 15 l. The mechanism of interaction of the surface of sheet glass with gaseous reagents is discussed.

Prezentat la redacție la 28.09.08

**REZULTATELE CERCETĂRILOR ȘTIINȚIFICE  
OBȚINUTE ÎN ANUL 2008 ÎN CADRUL PROFILULUI DE  
CERCETARE „PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE  
SUBSTANȚELOR ÎN DIVERSE STĂRI”**

În cadrul profilului de cercetare „Proprietățile fizice ale substanțelor în diverse stări” se efectuează investigații axate pe 9 teme (proiecte) de cercetare, cu finanțare din buget, câștigate prin concurs de către membrii a 5 grupuri de lucru. La ședința Consiliului științific al Facultății Tehnică, Fizică, Matematică și Informatică din 15.11.08 (procesul-verbal nr. 3), unde s-au analizat totalurile activității științifice, s-a decis ca cele mai importante rezultate științifice obținute de către colectivele de cercetare să fie prezentate pe fiecare temă aparte.

## CZU 536.4

**CERCETAREA PROPRIETĂȚILOR FIZICE (TERMICE A VÎSCOZITĂȚII ȘI TENSIUNII SUPERFICIALE) ÎNTR-UN INTERVAL LARG AL STĂRILOR 300-2500K**

Conducător științific: **Simion Băncilă**, conf. dr.

În scopul studiului experimental al parametrilor termici (difuzivității, capacității și conductibilității termice) ai metalelor lichide în intervalul temperaturilor 300-2500 K, se utilizează o variantă a metodei undelor radiale de temperaturi elaborată de autor. Rezistența electrică a accelerași probe se determină prin metoda potențiomtrică.

Prezenta lucrare constituie un studiu experimental al stării lichide a unor substanțe. Scopul primordial al acestor investigații pentru anul 2008 a presupus soluționarea problemei privind caracterul mișcării termice în lichide.

Una dintre problemele importante ale cercului examinat de probleme o constituie cercetarea particularităților de manifestare a mișcării termice în metalele lichide, a influenței electronilor din metal asupra proprietăților termodinamice și studierea rolului lor în procesele de transfer. Studiarea proprietăților metalelor lichide este o problemă prioritară și pentru tehnica nouă, dat fiind faptul că metalele lichide se folosesc tot mai larg în energetica nucleară, tehnica rachetară, energetica MHD, precum și în metalurgie.

În studierea proprietăților termice ale metalelor lichide este importantă cercetarea capacității termice într-un vast interval de stări și compararea ulterioară a legităților de comportare a acestei caracteristici termodinamice a metalelor lichide cu legitățile similare pentru substanțele nemetalice monoatomice și evidențierea particularităților specifice doar metalelor lichide. Pentru elucidarea rolului electronilor și al conductivității în procesul de transfer de căldură în metalele lichide este necesară studierea conductivității termice și a celei electrice, analiza comportării numărului Lorentz.

Esența metodei undelor radiale de temperaturi constă în următoarele: modelul ce se cercetează prezintă un cilindru cav sau o celulă umplută cu un metal lichid formată de două tuburi cilindrice coaxiale. Suprafața cavității (sau a tubului cilindric exterior) este supusă unei încălziri periodice, în urma bombardării cu electroni. Oscilațiile temperaturii (luminozității) suprafeței opuse se înregistrează prin metoda fotoelectrică. Difuzivitatea termică se găsește după timpul caracteristic, determinat prin compararea curbelor periodice de variație a puterii de încălzire cu curbele de variație a temperaturii, pentru o geometrie impusă a sistemului. Pentru determinarea capacității și a conductivității termice, s-a folosit informația despre aceleași curbe, luându-se în considerație valorile absolute ale oscilațiilor temperaturii și a variației puterii.

A fost perfecționată instalația destinată studiului experimental al proprietăților fizice termice ale metalelor lichide (s-a finisat asamblarea unui amplificator de curent continuu în baza microschemelor).

Au fost continuate lucrările de acumulare a rezultatelor experimentale privind dependențele  $C_p=C_p(T)$ ;  $a=a(T)$ ;  $\lambda=\lambda(T)$  în intervalul temperaturilor 300-2500 K pentru metalele In, Sn, Pb, Ga și Tl.

Au fost organizate experiențe privind controlul omogenității câmpului de temperatură în spațiul camerei vidate unde se află proba de cercetare. Au fost prezentate și publicate 3 articole:

1. Băncilă, Simion, Ciobanu, Adela. Studiul experimental al conductivității electrice a metalelor lichide // Fizică și Tehnică: Procese, modele, experimente. – 2008, nr.1, p.35-45.
2. Cheptea, Virgil, Băncilă, Simion. Măsurarea capacității termice specifice prin metoda calorimetrului adiabatic. // Fizică și Tehnică: Procese, modele, experimente. – 2008, nr.1, p. 45-48
3. Cheptea, V., Băncilă, S. Aplicarea metodei reglării lente a procesului de încălzire la studierea proprietăților termofizice ale problemelor metalice // *STUDIA Universitaris*, seria Științe ale Naturii, USM, Chișinău, 2008, nr. 11 (12).

## **INVESTIGATION OF PHYSICAL PROPERTIES (THERMAL OF VISCOSITY AND SUPERFICIAL TENSION) IN A LARGE INTERVAL OF STATES 300 – 2500K**

Research Conductor: **Simion Bancila**, Associate Professor, PhD

Aiming at the experimental study of thermal parameters such as diffusivity, capacity and thermal conductivity of liquid metals at temperature interval 300 – 2500 K, a method of radial waves of temperatures elaborated by the author is used. Electrical resistance of the same samples is determined by potentiometric method.

CZU 539.3:669

## **STUDIAREA INFLUENȚEI DEFORMAȚIILOR ANIZOTROPICE ȘI A PRELUCRĂRII ELECTRICE PRIN SCÎNTEIE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR FIZICE ALE METALELOR ȘI SEMIMETALILOR**

Conducător științific: **Virgil Cheptea**, conf. dr.

Este descrisă o nouă variantă a metodei calorimetrului adiabatic și o variantă a metodei reglării lente a procesului de încălzire, utilizate la măsurarea parametrilor termofizici a probelor metalice

Scopul cercetărilor la această temă, în anul 2008, a constat în extinderea cercetărilor în intervalul de temperaturi joase. Necesitatea acestei extinderi se explică prin faptul că, la temperaturi joase, parcursul liber al fononilor se mărește și



ei devin sensibili la prezența neomogenităților și a impurităților din cristal, care apar în rezultatul alierii prin scînteie. Acest fapt permite de a studia influența lor asupra interacțiunii fonon – fonon, fonon – electron, fonon – neomogenități, electron – neomogenități, care, în fond, condiționează modificarea proprietăților fizice ale cristalelor, în particular, a conductivității termice și electrice, a capacității termice specifice. Pentru stabilirea dependenței funcționale a acestor parametri de temperatură, este necesară efectuarea măsurărilor într-un interval de temperaturi destul de larg .

Realizarea acestei condiții e posibilă dacă măsurările încep de la temperaturi cît mai joase, de exemplu, de la temperatura heliului lichid sau a azotului lichid. Rezolvarea problemei a necesitat elaborarea unor noi variante a metodelor de măsurare a parametrilor termofizici.

Pentru măsurarea conductivității termice a fost utilizată metoda reglării lente a procesului de încălzire și răcire a probelor metalice, fiind realizată într-o nouă variantă, în baza aparatului IT- $\lambda$ -400, care permite efectuarea măsurărilor în intervalul de temperaturi 78÷700 K. Eroarea sumară în determinarea conductivității termice a probelor cercetate este de circa 5 ÷7 %. Pentru măsurarea capacității termice specifice a fost realizată o variantă a metodei calorimetrului adiabatic utilizînd aparatul IT-c-400. În varianta propusă, pentru determinarea capacității termice, este suficient de a măsura în experiențe un singur parametru - timpul de întîrziere a probei în raport cu calorimetrul, dar nu doi parametri cum reiese din metoda clasică a calorimetrului adiabatic. Experimental, această variantă se realizează montînd la suprafețele de jos ale calorimetrului și ale fiolei două termocupluri identice. În experiență se măsoară timpul de întîrziere a indicațiilor lor ca funcție de temperatură. Răcirea pînă la temperatura de 78 K s-a efectuat cu azot lichid. Încălzirea probei are loc cu viteza 0,1 grad/s pînă la 700 K.

Metodele descrise au fost utilizate la măsurarea capacității termice specifice și a conductivității termice a probelor din Cu aliate cu Ag, a probelor din oțel aliate cu Cr, a probelor din titan aliate cu Cr. Unele rezultate prealabile, referitor la dependența conductivității termice ( $\lambda$ ) și a capacității termice specifice ( $c$ ) de temperatură și de gradul de prelucrare prin aliere au fost prezentate la ședința consiliului științific al facultății TFMI. Caracteristicile, analiza fenomenelor fizice legate de transportul de căldură și teoria metodelor utilizate, de asemenea, analiza erorilor posibile la efectuarea măsurărilor la instalațiile prezentate mai sus sînt sistematizate în două articole:

1. Cheptea, V., Băncilă, S. Aplicarea metodei reglării lente a procesului de încălzire la studierea proprietăților termofizice ale probelor metalice // Analele Științifice ale Universității de Stat din Moldova seria științe fizico-matematice, Chișinău 2008, ISSN 1811-2641.
2. Cheptea, V., Băncilă, S. Măsurarea capacității termice specifice prin metoda calorimetrului adiabatic. Fizică și Tehnică: procese, modele, experimente, 2008, nr. 1, p. 45 – 49, ISSN 1857-0437.

## **A STUDY OF ANISOTROPIC DEFORMATIONS INFLUENCES AND OF ELECTRIC PROCESSING BY SPARKS ON PHYSICAL PROPERTIES OF METALS AND SEMIMETALS**

Research Conductor: **Virgil Cheptea**, Associate Professor, PhD

A new variant of adiabatic calorimeter method is described and a variant of the method of slow adjustment of the warming up process used at measurement of thermo physical parameters of metallic samples.

CZU 621.3:549.5

## **CERCETAREA PROCESELOR DE OBȚINERE ȘI MODIFICARE DIRIJATĂ A PROPRIETĂȚILOR COMPUȘILOR SEMICONDUCTORI ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnAl<sub>2</sub>S<sub>4</sub> PRIN INFLUENȚĂ CU RADIAȚIE LASER UV ȘI UVV**

Conducător științific: **Ion Olaru**, conf.dr.;

Executor responsabil: **Valeriu Guțan**, conf.dr.

Este prezentată o instalație experimentală pentru sinteza structurilor și straturilor din oxid de zinc în plasmă obținută prin descărcare electrică în impuls. Este descrisă schema dispozitivului electronic pentru formarea și modularea plasmei, precum și construcția camerei în care sînt studiate regimurile tehnologice de sinteză. Sînt analizate unele rezultate experimentale preventive.

O posibilă soluție de rezolvare a problemei dirijării procesului de sinteză a structurilor și straturilor din oxid de zinc în condiții de plasmă este utilizarea unor impulsuri de tensiune înaltă, modulate amplitudic pentru crearea descărcărilor în arc întrerupte. În acest scop, a fost proiectată și elaborată o instalație experimentală care permite sinteza structurilor de oxid de zinc în condiții dirijate ale descărcării electrice de tensiune înaltă în impuls.

Pe parcursul anului 2008 au fost obținute următoarele rezultate:

- A fost elaborată și asamblată instalația experimentală pentru sinteza structurilor și straturilor din oxid de zinc în plasmă obținută prin descărcare electrică în impuls.
- Au fost realizate lucrări experimentale de sinteză a structurilor de ZnO în mediu de oxigen prin evaporarea zincului cu plasmă modulată și depunere pe suport dielectric. Au fost obținute, în premieră, structuri cristaline de ZnO în formă de microsfele.
- Au fost studiate posibilitățile dirijării procesului de sinteză a structurilor sferoidale în condiții de plasmă obținută prin utilizarea impulsurilor de tensiune înaltă modulate amplitudic.

- ° A fost studiată și determinată în premieră posibilitatea obținerii structurilor de ZnO prin influență cu radiație laser IR.
- ° Au fost obținute structuri filiforme, în formă de bare hexagonale, tuburi și determinate unele regimuri tehnologice pentru obținerea dirijată a acestor forme.
- ° Au fost analizate, preventiv, proprietățile structurilor obținute prin caracterizarea morfologică a suprafeței cu microscopie electronică și prin analiza spectrelor de fotoluminescență.

Publicații:

1. Guțan, V., Olaru, I., Negritu, M., Siminel, A. ZnO microstructures obtained by IR laser radiation influence // Abstracts of 3rd International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics, Chishinau, 2008, Moldova, p. 50.
2. Guțan, V., Olaru, I., Radcenco, M., Negritu, M., Cerneleanu, A. Synthesis of ZnO structures in plasma obtained by impulse electrical discharge // Abstracts of 3rd International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics, Chishinau, 2008, Moldova, p. 51.
3. Guțan, Valeriu, Olaru, Ion, Radcenco, Mihail, Negritu, Mihail, Cerneleanu, Andrei. Instalație experimentală pentru sinteza structurilor de ZnO în plasmă obținută prin descărcare electrică în impuls // Fizică și Tehnică: Procese, modele, experimente. Universitatea de Stat "Alecru Russo": Presa universitară bălțeană, 2008, nr.1, p. 49-52. ISSN 1857-0437.

## **INVESTIGATION OF THE PROCESSES OF OBTAINING AND GUIDED MODIFICATION OF THE PROPERTIES OF SEMI CONDUCTIVE COMPOUNDS ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnAl<sub>2</sub>S<sub>4</sub> BY INFLUENCING THEM WITH LASER RADIATION UV AND UVV**

Research Conductor: **Ion Olaru**, Associate Professor , PhD;

Responsible for implementation: **Valeriu Gutan**, Associate Professor , PhD

The work presents an experimental installation for the synthesis of structures and layers of zinc oxide in plasma obtained by electric discharge in impulse. It describes the scheme of an electronic device for the formation and modulation of plasma as well as the construction of the room in which the technological regimes of synthesis are studied. Some preventive experimental results are analyzed.

CZU 544.53:621

## ELABORAREA LASERULUI CU EXCIMER XeCl PENTRU APLICAȚII TEHNOLOGICE

Conducător științific: **Valeriu Guțan**, conf.dr.;Executor responsabil: **Ion Olaru**, conf.dr.

Sînt descrise particularitățile de proiectare și elaborare a laserului cu excimer XeCl pentru aplicații tehnologice. Au fost proiectate și elaborate blocurile și sistemele componente ale laserului. A fost realizat un sistem de pompaj prin descărcare electrică transversală cu sistem integrat de preionizare ultravioletă a mediului activ gazos. A fost asamblată instalația laser și obținută radiația laser. Sînt realizate lucrări experimentale de optimizare a acumulatorului de energie și a sistemului de preionizare ultravioletă.

Reieșind din principiul de pompaj prin descărcare electrică transversală cu ionizare preventivă ultravioletă a mediului activ gazos, a fost elaborată instalația laser cu excimer (în baza laserului cu XeCl), care este formată din următoarele blocuri și sisteme:

- 1) camera laser;
- 2) sistemul de pompaj cu sistem integrat de ionizare preventivă;
- 3) blocul de alimentare de tensiune joasă;
- 4) convertorul de tensiune înaltă;
- 5) blocul electronic de dirijare al laserului;
- 6) sistemul de vacuumare și formare a mixturii gazoase.

În prima etapă a proiectului (anul 2007), au fost realizate lucrări de proiectare și testare a unor caracteristici a machetelor în funcțiune a sistemelor enumerate mai sus, iar în etapa a doua (anul 2008) au fost realizate lucrări de confecționare, asamblare, testare și optimizare a parametrilor energetici ai laserului.

Optimizarea parametrilor laserului a fost realizată în baza studierii experimentale a proceselor de acumulare a energiei și introducere în mediul activ gazos și a proceselor de ionizare preventivă a mixturii gazoase pentru obținerea descărcării difuze.

Pe parcursul anului 2008 (etapa a doua a proiectului) au fost realizate și obținute următoarele rezultate:

- 1) a fost confecționat corpul camerei laser;
- 2) au fost confecționați electrozii superior și inferior de pompaj;
- 3) au fost confecționate elementele de asamblare și etanșare;
- 4) a fost asamblată camera laser și testată la vacuum și presiune înaltă;
- 5) au fost confecționate elementele sistemului de pompaj;
- 6) au fost confecționate elementele sistemelor de preionizare prin descărcare pe suprafața dielectricului și prin descărcare spațială;
- 7) a fost confecționat sistemul electronic al laserului;
- 8) au fost asamblate integral camera laser și sistemele de preionizare și pompaj;
- 9) a fost elaborat proiectul și confecționate elementele sistemului de vacuumare și formare a mixturilor gazoase;

10) a fost confecționat corpul instalației laser și realizate lucrări de asamblare a instalației laser în întregime;

11) au fost efectuate lucrări experimentale de testare și ajustare a convertorului de tensiune joasă și de optimizare a sistemului electronic în întregime;

12) au fost studiate procesele de acumulare și introducere a energiei în mediul activ gazos ionizat preventiv prin descărcare pe suprafața dielectricului. Au fost identificate și analizate fazele temporale ale procesului de pompaj.

Sistemul de preionizare elaborat, spre deosebire de cele existente, este proiectat ca parte componentă a sistemului de pompaj.

Blocul de alimentare elaborat posedă următoarele caracteristici:

- energie maximă acumulată  $E = 25\text{J}$ ;
- frecvența maximă de repetiție  $F = 30\text{ Hz}$ ;
- putere medie a blocului  $P = 1\text{kW}$ ;
- limitele de reglare a reținerii  $\tau = 5 \div 100\ \mu\text{s}$ ;
- tensiune reglabilă de încărcare  $U = 100 \div 1000\text{V}$ ;
- tensiunea de pompaj  $U_p = 2500 \div 25000\text{V}$ ;

Blocul de alimentare întreține următoarele funcții:

1. menținerea automată a valorii tensiunii de încărcare selectate.
2. dirijarea interioară cu frecvența de repetiție și sincronizarea sistemelor exterioare de măsură.
3. dirijarea manuală și exterioară cu frecvența de repetiție.
4. sincronizarea laserului cu semnale de la aparatele de măsură.

Parametrii laserului cu excimer XeCl:

Lungimea de undă	- $\lambda = 308\text{ nm}$
Durata impulsului	- $\tau = 15 - 20\text{ ns}$
Energia max în impuls	- $E = 50\text{ mJ}$
Frecvența de repetiție	- $f = 1 - 30\text{ pps}$
Resursa	- $10^5\text{ pulsuri}$



Fot.1. Camera laser cu acumulatorul de energie

Instalația laser elaborată poate fi utilizată în următoarele domenii tehnologice:

- tehnologii de sinteză și depunere a nanostructurilor în baza fenomenului de ablație;
- tehnologii de prelucrare a suprafețelor cu scopul îmbunătățirii proprietăților în baza fenomenului de annealing (lecuirea defectelor, activarea centrelor, recristalizarea);
- tehnologii de micromarcare a materialelor din ceramică, sticlă, polimeri prin ablație, marcarea fotochimică prin schimbarea culorii, marcarea codurilor matriciale 2D;
- confecționarea micropieselor de forme complicate prin ablația semifabricatelor (formare 2,5D).

1. Guțan, Valeriu, Olaru, Ion, Radcenco, Mihail, Negritu, Mihail, Cerneleanu, Andrei. Particularități de elaborare a laserului cu excimer XeCl // Fizică și Tehnică: Procese, modele, experimente. Universitatea de Stat "Alec Russo", Presa universitară bălțeană, 2008, nr.1, p.53-59.

## **ELABORATION OF A LASER WITH XeCl EXCIMER FOR TECHNOLOGICAL APPLICATIONS**

Research Conductor: **Valeriu Guțan**, Associate Professor, PhD;  
Responsible for implementation: **Ion Olaru**, Associate Professor, PhD

The work describes the particularities of projection and elaboration of a laser with XeCl excimer for technological applications. Blocks and component systems of the laser were projected and elaborated. A pumping transversal electric discharge system with an integrated system of ultraviolet preionization of the active gaseous medium was implemented. A laser installation was assembled and laser radiation was obtained. Some experimental works of energy accumulator and of ultraviolet preionization system optimization are achieved.

### **CZU 550.3**

## **MONITORIZAREA IONOSFEREI ACȚIONATĂ DE PROCESE SEISMICE**

Conducător științific: **Nicolae Filip**, prof.dr.hab.

Cercetările în cadrul temei „Monitorizarea ionosferei acționată de procese seismice” sînt direcționate spre depistarea fenomenelor ionosferice inițiate de procesele seismice în regiunea Balcano-Carpatică și elaborarea modelului fizico-matematic al variațiilor parametrilor ionosferei în regiunea dată sub acțiunea proceselor seismice.

Prezentul proiect are drept scop cercetarea proceselor dinamice în ionosferă prin metode radiofizice în cazul activizării fenomenelor seismice în regiunea Balcano-Carpatică. Conform datelor experimentale obținute în ultimii 10-15 ani de către stațiile de sondare radio verticală și oblică din Japonia, SUA, Bulgaria, Rusia prin recepționarea frecvenței critice a stratului ionosferic F2 ( $f_0F2$ ) în regiunile cu activitate seismică, se poate afirma următoarele: în procesul activizării proceselor seismice au loc schimbări în concentrația și repartizarea electronilor și ionilor stratului ionosferic F2; în regiunea de epicentru cu 24 de ore înainte de cutremur se observă variația valorii frecvenței critice a stratului ionosferic F2; cu 24...48 de ore înainte de cutremur are loc intensificarea oscilațiilor amplitudinei semnalului radio recepționat cu perioadele de 1 și 2 ore; fenomenele înregistrate depind de intensitatea procesului seismic și sînt specifice pentru regiunea geografică concretă.

În ultimii ani, diferite centre radiofizice efectuează cercetări intensive în scopul depistării fenomenelor ionosferice, acționate de procesele seismice în diferite zone ale Terei însă, până în prezent, nu sînt determinate mecanismele fizice care provoacă schimbări în straturile ionosferice. Se presupune că fenomenele observate reprezintă o clasă nouă de fenomene cauzate de interacțiunea dintre variațiile cîmpului geomagnetic, inițiate de procesele seismice, și ionosferă care provoacă variația profilului concentrației purtătorilor de sarcină a straturilor ionosferice și modificarea condițiilor de propagare ale undelor.

Pentru anul 2008 au fost planificate următoarele activități: organizarea unui sistem de sondare în regim de lucru nonstop automatizat, utilizat pentru acumularea datelor experimentale despre starea ionosferei în regiunea Balcano-Carpatică; elaborarea algoritmilor și a programelor de prelucrare a datelor experimentale; prelucrarea și analiza datelor experimentale, obținute prin măsurări radio; depistarea fenomenelor dinamice ionosferice specifice, inițiate de procesele seismice; elaborarea modelului fizico-matematic a variațiilor parametrilor ionosferei în regiunea dată sub acțiunea proceselor seismice.

În anul 2008 au fost obținute următoarele rezultate: a fost elaborat modelul difuziei ambipolare a plasmei ionosferice în lipsa și prezența cîmpului magnetic; a fost determinată durata de existență a neomogenităților ionosferice în prezența mecanismului de dispersie; au fost elaborate două sisteme de sondare cu semnale modulate în frecvență a ionosferei care pot funcționa în regim de lucru nonstop (24 ore în zi) în banda de frecvențe 1-30 MHz; au fost obținute ionogramele în regim oblic direct de sondare a ionosferei naturale pe traseele Cipru-Bălți, Inskip(Anglia)-Bălți, Irkutsk(Rusia)-Bălți și Troițk(Rusia)-Bălți; pentru prima dată a fost înregistrat semnalul reflectat de la neomogenități ionosferice artificiale obținute prin încălzirea ionosferei cu un jet puternic de unde radio pe traseul Troițk(Rusia)-SURA(Rusia)-Bălți; a fost elaborată programatura necesară pentru prelucrarea statistică a datelor experimentale obținute prin măsurări radio; au fost obținute dependențele variației  $f_{F2}$  de timp, de activitatea magnetică și solară. Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în două articole și o monografie:

1. Plohotniuc, E. Monitoring of ionosphere communication channels // Fizică și tehnică: procese, modele, experimente. Bălți, Presa universitară bălțeană, 2008, nr. 1, p. 67-77. ISSN 1857-0437
2. Plohotniuc, E. Operating principles of LFM ionosondes // Fizică și tehnică: procese, modele, experimente. Bălți, Presa universitară bălțeană, nr. 1, 2008, p.78-89. ISSN 1857-0437
3. Blaunstein, N., Plohotniuc, E. Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar. New York, CRC Press, Taylor&Francis Group, 2008, 577 p. ISBN 978-1-4200-5514-6



## **MONITORING OF THE IONOSPHERE INFLUENCED BY SEISMIC PROCESSES**

Research conductor: **Nicolae Filip**, Professor, Doctor Habilitat

Investigations within the framework of the research theme Monitoring of the Ionosphere Influenced by Seismic Processes are directed at hunting out ionospheric phenomena initiated by seismic processes in the Balkan – Carpatian region and at elaborating a physical – mathematical model of ionosphere parameters variations in the region under the influence of seismic processes.

CZU 004:537

## **PROIECTAREA DIGITALĂ A SISTEMELOR RADIO/TELECOMUNICAȚII**

Conducător științific: **Eugeniu Plohotniuc**, conf.dr.

Cercetările în cadrul temei „Proiectarea digitală a sistemelor radio/telecomunicații” se referă la elaborarea unui produs de program pentru proiectarea sau reproiectarea automatizată a traseelor de radio/telecomunicații în Republica Moldova.

Prezentul proiect are drept scop elaborarea unui produs de program și a unei tehnologii automatizate de proiectare a traseelor de radio, de televiziune și de telefonie celulară pe teritoriul Republicii Moldova, care ar permite prognozarea și evitarea situațiilor cu efect negativ asupra procesului de comunicare.

Elaborarea tehnologiei automatizate de proiectare a traseelor de radio/telecomunicație reprezintă o problemă actuală pentru țările cu rețele multiple de radio, televiziune și telefonie celulară. Începând cu anul 2000, în țări ca Germania, Franța, Marea Britanie, SUA, se îndeplinesc lucrări de elaborare a tehnologiei automatizate de proiectare și renovare a traseelor de radio/telecomunicații. Tehnologia automatizată de proiectare a traseelor de radio/telecomunicație permite de a exclude, în procesul proiectării traseului de comunicație, fenomenele care micșorează calitatea și eficacitatea canalelor de comunicație (depistarea localităților neacoperite de semnalele canalelor radio/teledifuziunii naționale în mod operativ, depistarea localităților unde are loc suprapunerea canalelor de comunicație cu semnale de frecvențe apropiate, prognozarea nivelului de distorsiuni electromagnetice în localitatea instalării emițătorului, prognozarea fluctuațiilor semnalului util).

Pentru elaborarea tehnologiei automatizate de proiectare a traseelor de radio/telecomunicație este necesar de a folosi legitățile propagării undelor radio în diverse medii, un aparat matematic corespunzător și harta tridimensională a teritoriului vizat.



Pentru anul 2008 au fost planificate următoarele lucrări: elaborarea modelului fizico-matematic și a algoritmilor de calcul a traiectoriilor propagării undelor electromagnetice prin canale atmosferice; elaborarea hărții digitale 3D a teritoriului Republicii Moldova.

În anul 2008 au fost obținute următoarele rezultate: au fost cercetate procesele de refracție, absorbție (atenuare) și reflecție a undelor radio în intervalul de frecvențe 1-20 GHz cauzate din troposferă; au fost elaborate modele empirice de calcul a intensității semnalului radio în punctul de recepție la propagare prin hidrometeori (ploaie, ninsoare, ceață) și diverse gaze; a fost elaborată o tehnologie nouă de proiectare a hărții spațiale cu ajutorul setului de programe Virtual Terrain Project (VTP).

Tehnologia de proiectare a hărții spațiale include următoarele etape: identificarea surselor posibile de date brute satelitare referitoare la hărțile geografice. În cazul dat, ca sursă de informație, a fost ales site-ul Universității din Maryland (SUA), unde datele satelitare reprezintă niște fișiere cu extensa .tif (GeoTiff) ale porțiunilor de hărți geografice; prelucrarea imaginilor satelitare cu ajutorul softului Ilwis și obținerea regiunilor geografice ale Republicii Moldova (în urma combinării datelor au fost obținute nouă fișiere care reprezintă nouă regiuni geografice, fiecare din ele având o parte a Republicii Moldova); unirea regiunilor geografice cu ajutorul programului VTP care permite importarea fișierelor cu extensa .tif și salvarea lor ca o singură hartă în 3D; construirea conturului Republicii Moldova și fixarea pe hartă a localităților.

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate într-un articol.

1. Plohotniuc, E.. Un model parametric de propagare a undelor radio în mediul urban // Fizică și tehnică: procese, modele, experimente. Bălți, Presa universitară bălțeană, 2006, nr. 1, p. 52-63.

## **DIGITAL PROJECTION OF RADIO/TELECOMMUNICATION SYSTEMS**

Research Conductor: **Eugeniu Plohotniuc**, Associate Professor, PhD

Investigations within the framework of the research theme Digital Projection of Radio/Telecommunication Systems aim at the elaboration of a program for automatic projection or reprojection of radio /telecommunication routes in the Republic of Moldova.

CZU 621.9.048.4

## **CERCETĂRI PRIVIND MODIFICAREA STRUCTURALĂ, A COMPOZIȚIEI CHIMICE ȘI MICROGEOMETRIEI SUPRAFĂȚELOR PIESELOR ÎN REGIMUL DE ÎNTREȚINERE A DESCĂRCĂRII ELECTRICE ÎN IMPULS PE PETE ELECTRODICE „RECI” ȘI „CALDE”**

Conducător științific: **Pavel Topală**, conf.dr.hab.;

Executor responsabil: **Alexandru Balanici**, conf.dr.

Tema de cercetare are ca obiectiv studiul fundamental și aplicativ al fenomenelor electroerizive în dezvoltarea de mai departe a tehnologiilor neconvenționale de prelucrare a materialelor. Rezultatele prezentate se aplică la modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor în vederea sporirii proprietăților de absorbție și emisie, cât și durificarea straturilor de suprafață la adâncimi mici.

Realizarea cercetărilor științifice la tema sus menționată a permis la elaborarea și demonstrarea experimentală a unor noi ipoteze științifice. Dintre cele mai importante, pot fi menționate următoarele:

Petele electrodice servesc în calitate de surse de căldură și câmpuri electrice de intensitate înaltă.

Forma de calotă sferică a craterului pe suprafața prelucrată (fig. 1) indică asupra faptului că sursa de căldură (pata electrodică anodică sau catodică) care provoacă încălzirea suprafețelor este punctiformă, fiind situată la o înălțime  $h_{p.e.}$  față de suprafața prelucrată. În mod logic, apare întrebarea: de ce o numim pată electrodică (cu suprafață plană), și nu sursă punctiformă de căldură de formă sferică? Posibil că această denumire a fost dată din motivul imaginilor obținute prin metodele de fotografiere și filmare a acesteia, care provocau apariția unei imagini plane pe placa fotografică [4, 6, 15]. Luînd în considerație faptul că imaginea unui corp sferic pe o suprafață plană totdeauna reprezintă o imagine plană (cerc), putem admite că din acest motiv i-a fost dată denumirea de pată – cauzată și de mișcarea cu viteze relativ mari [1, 3, 18].

O altă întrebare este care este motivul că în aceste “pete” se degajă o mare cantitate de căldură? Răspunsul poate fi dat numai analizînd funcțiile pe care acestea le îndeplinesc. Pentru a asigura circulația curenților în conturul de descărcare și interstițiu, acestea îndeplinesc lucrul de extragere a particulelor încărcate din electrozi. În același timp, în acestea are loc frînarea ionilor încărcăți pozitiv în pata catodică în procesul apropierii acestor particule de ea și frînarea electronilor emiși (posibil, și a ionilor negativi formați în mediul de lucru) de catod în pata anodică la apropierea lor de aceasta. Din momentul ce electronii emiși de către catod trec de pata catodică, aceștia sunt supuși, într-o careva măsură, frînării de către cea care i-a extras din corpul solid. Similar, sunt supuși frînării ionii pozitivi atît în pata propriu zisă, cât și după trecerea de ea. În acest caz, am

putea face o analogie cu trioda, care, în cazul de față, are, în calitate de componente, respectiv: catodul (sau anodul), „pata” electrodică catodică (ori anodică) și canalul de plasmă.

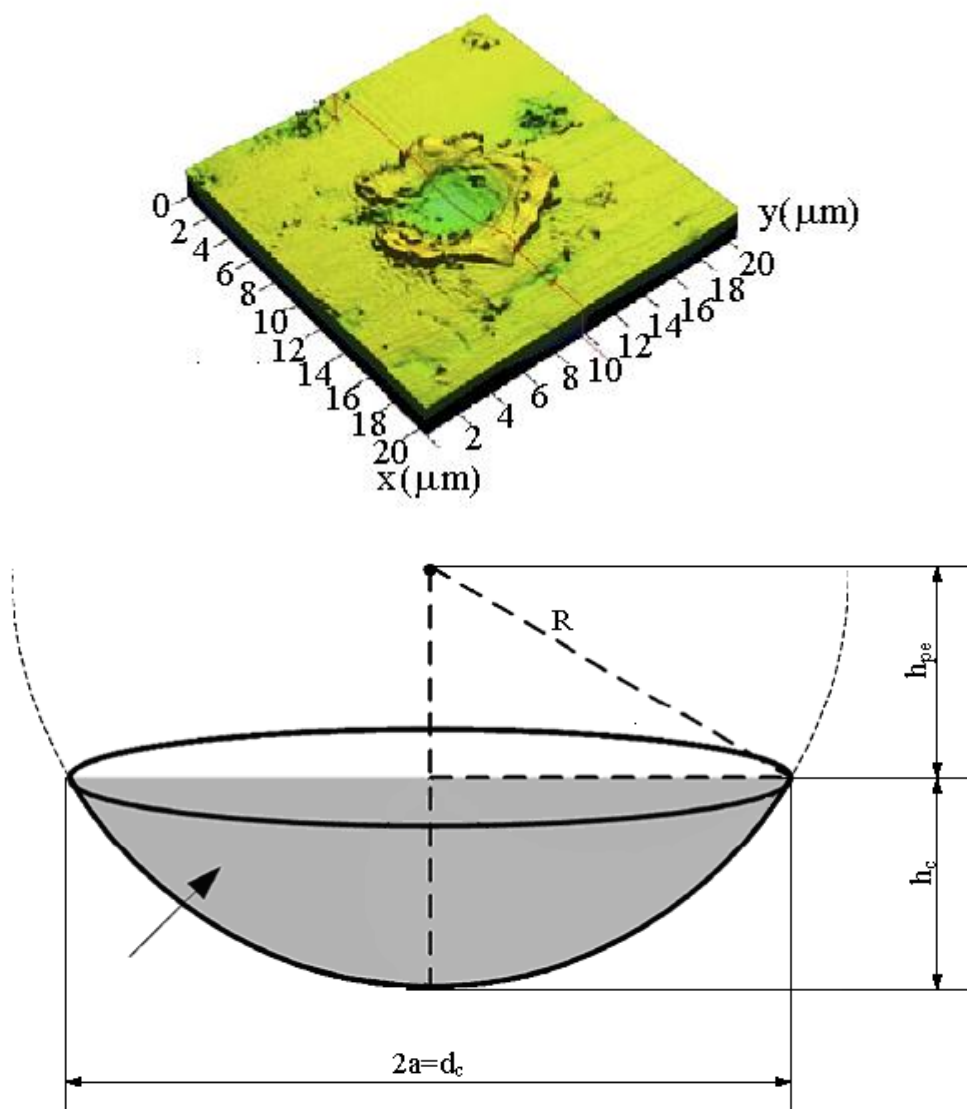


Fig.1 Vederea generală a unui crater de eroziune format de o pată electrodică punctiformă

Din cele expuse mai sus, am putea determina la ce distanță de suprafața prelucrată se află așa-numitele pete electrodice. Acceptînd că petele electrodice sunt punctiforme și situate la o înălțime  $h_{p.t.}$  față de suprafața prelucrată (fig. 1), pentru raza vectoare de acțiune a cîmpului electric al petei electrodice putem scri următoarea relație:

$$R = h_c + h_{p.e.}, \quad (1)$$

în care  $h_c$  și  $h_{p.e.}$  sunt, adâncimea craterului și, respectiv, înălțimea la care se află pata electrodică față de suprafața de prelucrat. Formarea craterului este cauzată de energia ce se degajă în sectorul de sferă cu volumul format de două corpuri geometrice: calota sferică a craterului și conul, a cărei generatoare este raza vectoare  $R$ , care se sprijină pe sursa punctiformă de energie și pe marginea craterului. Astfel, pentru determinarea înălțimii centrului petei electrodice față de suprafața prelucrată, pot fi scrise două relații după cum urmează:

$$h_{pe} = R - h_{cs}, \quad (2)$$

$$h_{pe} = \sqrt{R^2 - a^2}. \quad (3)$$

Egalînd părțile stîngi ale ecuațiilor (2) și (3) și executînd transformările respective, vom obține pentru raza vectoare următoarea relație:

$$R = \frac{h_{cs}^2 + a^2}{2h_{cs}}, \quad (4)$$

în care -  $R$  este raza calotei sferice,  $h_{cs}$  - înălțimea calotei sferice ce mărginește craterul de eroziune. Din relația (2), după modificările respective, poate fi determinată grosimea stratului anodic sau catodic, cunoscînd parametrii craterului obținut la electroeroziune:

$$h_{pe} = \frac{a^2 - h_{cs}^2}{2h_{cs}} \quad (5)$$

Astfel, în conformitate cu relația (5), cunoscînd parametrii craterului format la electroeroziune, putem determina înălțimea la care se află sursa de căldură ce a provocat apariția acestuia. În cazul în care se ia în considerație relația dintre diametrul craterului și adâncimea lui, determinate în mod experimental în lucrările [1, 5, 15, 18] și confirmată mai recent de către autorii lucrărilor [7, 21], obținem:

$$2a = 9,6236h_{cs} + 0,0101 \quad (6)$$

Dacă ținem cont de faptul că diametrul craterului obținut constituie  $10^{-6} \dots 10^{-5}$  m, atunci ușor putem observa că și înălțimea la care se află sursa de energie termică și cîmp electric este de același ordin.

Luînd în considerație cele expuse mai sus, putem descrie procesul de eroziune electrică ca un fenomen integral și complex, ce trece prin următoarele faze [1, 7, 21]:

- amorsarea descărcării electrice în impuls cu formarea canalului de conductivitate. Aceasta contactează cu suprafețele electrozilor prin intermediul petelor electrodice „reci”;

- dezvoltarea canalului de plasmă care, contactînd cu suprafețele electrozilor prin intermediul petelor electrodice „calde”, provoacă topirea suprafețelor;

– perturbarea suprafeței metalului lichid cu formarea meniscului de formă semirotundă (sub acțiunea mișcării convective termice, a cîmpului electric de intensitate înaltă, a forțelor gravitaționale și a celor de tensiune superficială);

– în cazul intensităților mari ale curenților de descărcare în interstițiu, iau naștere, simultan, două sau mai multe canale. Din suprafețele electrozilor se extrag, respectiv, două sau mai multe meniscuri (acestea se pot contopi din cauza forțelor Lorentz, prin intermediul cărora interacționează curenții paraleli de aceeași direcție);

– sub acțiunea cîmpului electric, datorită distribuției superficiale a sarcinii electrice, are loc formarea picăturilor prin scurgerea lichidului electrizat în direcția de acțiune a cîmpului;

– dacă forțele de tensiune superficială sunt depășite după valoare de cele electrodinamice, are loc ruperea picăturilor de pe suprafața meniscului cu transferurilor pe suprafața electrodului opus sau expulzarea din interstițiu. Este evident că procesele expuse mai sus se produc simultan, pe suprafețele ambilor electrozi. Astfel, după ruperea particulelor are loc mișcarea în sensuri opuse a două fluxuri de particule: cele de dimensiuni mai mari provin de la anod, iar cele de dimensiuni mai mici de la catod. Anume prin acesta poate fi explicat procesul de amestecare a materialelor electrozilor cu formarea de noi aliaje la formarea straturilor de depunere;

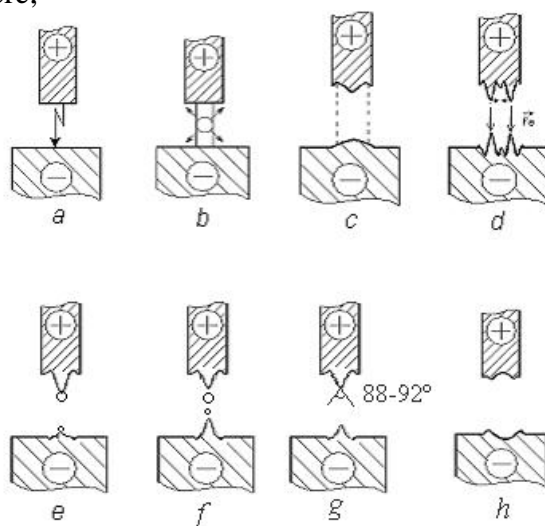


Fig. 2. Fazele procesului electroeroziuni în condiții normale

– în procesul formării și ruperii picăturii, meniscul emisferic se transformă în unul conic cu unghiul de la vîrf cuprins în limitele de 88...92° (adică unghiul de alunecare a lichidului constituie cca 45°, acesta fiind un unghi optim). Conurile Taylor pot servi și în calitate de emiteri de ioni care permit a elucidarea procesului de electroeroziune în stare de vapori;

– când descărcarea electrică ia sfârșit, pot avea loc două situații: dacă materialul extras sub formă de menisc reușește să se cristalizeze pînă la scurgerea în direcție inversă, atunci acesta își păstrează forma și dimensiunile; în cazul în care materialul nu s-a cristalizat, sub acțiunea forței de tensiune superficială sau și sub acțiunea forței de greutate, acesta se scurge în direcție opusă, alunecînd pe suprafața semisferică a craterului și este expulzat din ea, cristalizîndu-se sub formă de undă concentrică pe marginile acestuia.

În baza celor expuse mai sus, au fost constatate și realizate următoarele [1, 7, 10, 15, 20, 21]:

– procesul de descărcare electrică în impuls poate fi aplicat la modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice;

– în procesul cercetărilor experimentale au fost determinate condițiile minime și maxime de apariție a meniscurilor de formă conică pe suprafețele pieselor metalice;

– suprapunerea câmpului magnetic în procesul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice joacă un rol deosebit;

– formarea completă a meniscurilor (conurilor Taylor) este posibilă la un interstițiu a cărui valoare constituie  $S = 0,2\text{mm}$ ;

– în baza instalației destinate pentru modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice, proiectate și elaborate de către colectivul de cercetare, pot fi construite echipamente tehnologice industriale.

Concepția modelului fizic de transfer a materialului electrodului-sculă, executat din grafit, pe suprafața piesei supuse prelucrării prin descărcările electrice în impuls, în regim de subexcitare, pleacă de la analiza rezultatelor experimentale obținute anterior de autorii lucrărilor [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10]. S-a stabilit că o eroziune mai evidentă a grafitului are loc pentru conectarea electrodului în circuitul de descărcare a generatorului de impulsuri de curent în calitate de catod.

În lucrările [14, 21], autorii au stabilit că cantitatea de material prelevat de pe suprafața electrodului, în procesul descărcărilor electrice în impuls, poate fi determinată prin relația:

$$m = kRU_e \int_0^t i(t)dt, \quad (7)$$

în care  $k$  este un coeficient de proporționalitate;  $\rho$  - densitatea materialului electrodului;  $U_e$  - căderea de tensiune la suprafața electrodului;  $i$  - valoarea momentană a curentului descărcării electrice în impuls;  $\tau$  - durata descărcării electrice în impuls.

Pentru aceleași condiții de tratare termică sau termochimică, în conformitate cu lucrările [1, 5, 8, 17, 21, 23], poate fi scris raportul:

$$\frac{m_a}{m_c} = \frac{U_a}{U_c}, \quad (8)$$

în care  $m_a$  și  $m_c$  sunt, respectiv, masa erodată a anodului și catodului, iar  $U_a$  și  $U_c$  – căderile de tensiune la suprafețele anodului și catodului. Dacă ținem cont de faptul că eroziunea electrodului din grafit este mai mare în cazul conectării lui în calitate de catod, rezultă că și căderea de tensiune la suprafața lui este mai mare:

$$U_c > U_a. \quad (9)$$

Odată cu sporirea căderii de tensiune la suprafața electrodului-catod, crește și cantitatea de energie degajată la suprafața lui, care este egală cu:

$$W_c = U_c \int i(t) dt. \quad (10)$$

În conformitate cu teoria electroeroziunii, materialul este prelevat de pe suprafața anodului sub formă de ioni pozitivi, pe când din cea a catodului sunt emiși, în esență, electroni. Aceste constatări nu sunt valabile și pentru electrodul executat din grafit, utilizat în calitate de catod. Dacă ținem cont de faptul că procesul electroeroziunii este unul electrochimic, ce decurge la temperaturi înalte, putem presupune că procese recombinatorice și disociative au loc atât la suprafața electrodului-anod a electrodului-catod, cât și în canalul de plasmă.

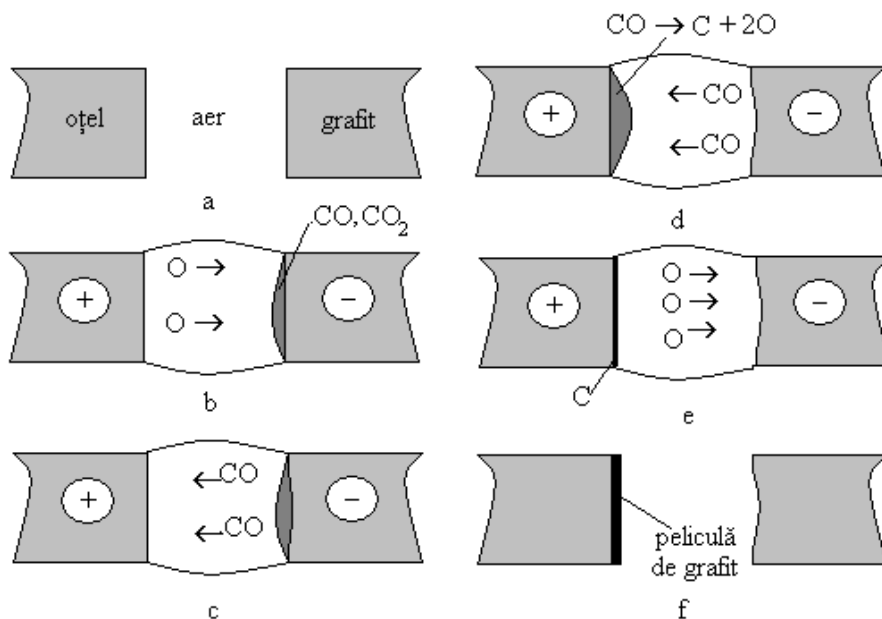
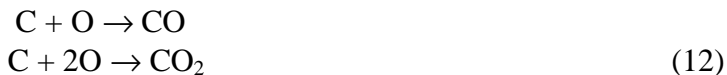


Fig. 3. Modelul fizic al formării peliculei de grafit pe suprafața piesei sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls: a) starea inițială a electrozilor; b) formarea oxidului și bioxidului de carbon; c) electrizarea moleculei de gaz; d) reacția de recombinare a grafitului; e) formarea pelicului de grafit și oxigenului; f) starea finală a electrozilor

Reeșind din condițiile reale de tratare termică sau termochimică (fig. 3, a) (mediul de lucru aer, la presiunea atmosferică), am putea presupune că, datorită faptului că oxigenul din canalul de plasmă interacționează mai intensiv cu suprafața electrodului-catod, au loc reacții de oxidare cu degajarea oxidului de carbon CO și, posibil, formarea bioxidului de carbon CO<sub>2</sub> conform reacțiilor (fig. 3, b):



Drept confirmare a proceselor de oxidare a grafitului la suprafața catodului pot servi rezultatele obținute de către autorii lucrărilor [1, 13, 14, 19] referitor la procesele de formare a peliculelor de oxizi pe suprafețele pieselor metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Oxidul de carbon în plasma descărcării electrice în impuls se electrizează negativ prin captarea unui electron și este supus deplasării spre suprafața anodului-piesă (fig. 3, c).

Datorită faptului că energia degajată la suprafața anodului este mai mare decât cea în interstițiu, molecula de gaz se disociază în ioni de carbon și oxigen (fig. 3,d). Cei de oxigen revin în canalul de plasmă, executând din nou oxidarea superficială a catodului, iar cei de carbon se recombina la suprafața anodului, formând pelicula de grafit (fig. 3,e). În continuare, pelicula de grafit formată pe suprafața piesei, sub acțiunea căldurii degajate la interfața cu plasma din canalul de descărcare, este supusă proceselor de difuzie în suprafața piesei, cu formarea stratului durificat. Nu este exclusă și eroziunea unei cantități de grafit de pe această suprafață în ultimă fază. În baza acestui model au fost realizate următoarele [2, 3, 4, 6, 12, 13, 19]:

- a fost concepută și realizată o instalație experimentală, ce permite tratarea termică și termochimică, precum și formarea peliculelor de grafit pe suprafața pieselor, aplicând descărcările electrice în impuls, în regimul petelor electrodice „reci”;

- au fost determinați parametrii funcționali și constructivi principali ai instalației, care influențează procesul de tratare termică;

- s-a realizat tehnologia de tratare termică și termochimică a suprafețelor piesei cu aplicarea impulsurilor unipolare și bipolare de curent;

- s-a realizat sporirea microdurității suprafeței prelucrate la utilizarea electrodului-sculă executat din grafit în regim de anod, catod și combinat ;

- s-a realizat formarea depunerilor din grafit pe suprafața piesei;

- s-a observat că la depunerea din grafit, utilizând impulsurile unipolare, microduritatea stratului alb este de circa 1,5-2 ori mai mare decât microduritatea materialului de bază;

- s-a stabilit, în mod experimental, că microduritatea suprafeței tratate cu electrod-sculă (anod-catod) executat din grafit, la descărcări electrice cu impulsuri bipolare, crește până la 10 ori față de microduritatea inițială a materialului piesei;



– cercetările experimentale au demonstrat faptul că microduritatea suprafeței tratate cu electrod-sculă (catod-anod) executat din grafit cu impulsuri bipolare crește până la 18 ori față de microduritatea materialului de execuție al piesei;

– s-a stabilit că grosimea stratului superficial, tratat cu impulsuri bipolare, variază în limitele 5-14 $\mu$ m pentru regimurile de prelucrare studiate;

– s-a determinat, experimental, că există o anumită grosime limită a stratului superficial, după care acesta se distruge;

– în baza instalației experimentale realizate, poate fi concepută o instalație industrială destinată tratării termice sau termochimice prin descărcări electrice în impuls.

Rezultatele cercetărilor efectuate de membrii colectivului de cercetare au fost reflectate în următoarele lucrări:

1. Topală, P., Stoicev, P. Tehnologii de prelucrarea a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. TEHNO-INFO. Chișinău, 2008. 265 p.
2. Topală, Pavel, Ojegov, Alexandr. Formation of oxide thin pellicles by means of electric discharges in pulse // Annals of the Oradea University. Fascicle of management and technological engineering, volume VII (XVII), România, ISSN 1583-0691, CNCSIS „Clasa B+”, 2008. p. 309.
3. Topală, Pavel, Pînzaru, Natalia. Criteria for projecting tool-electrodes applied in the formation of surface layers with electric discharges in pulse// Annals of the Oradea University. Fascicle of management and technological engineering, volume VII (XVII), România. ISSN 1583-0691, CNCSIS „Clasa B+”, 2008. p. 310.
4. Topală, Pavel, Ojegov, Alexandr. Formation of oxide thin pellicles by means of electric discharges in pulse // Annals of the Oradea University. Fascicle of management and technological engineering, volume VII (XVII), CD-ROM România. ISSN 1583-0691, CNCSIS „Clasa B+”, 2008. p. 1824-1829.
5. Topală, Pavel, Pînzaru, Natalia. Criteria for projecting tool-electrodes applied in the formation of surface layers with electric discharges in pulse // Annals of the Oradea University. Fascicle of management and technological engineering, volume VII (XVII), CD-ROM, România. ISSN 1583-0691, CNCSIS „Clasa B+”, 2008. p.1830-1835.
6. Pereteatcu, Pavel. Contribuții privind intensificarea alierii prin scînteii electrice la acțiunea cu surse energetice din exterior // Autoreferat al tezei de doctor în tehnică / Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, - 2008. 20 p.
7. Rusnac, Vladislav. Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor la formarea straturilor de depunere prin metoda electroeroziunii // Rezumat tezei de doctor în tehnică / Universitatea „Dunarea de Jos” din Galati, România, 2008. 58 p.
8. Beșliu, Vitalie. Cercetări privind tratarea termică și termochimică a suprafețelor pieselor prin aplicarea descărcărilor electrice în impuls // Rezumat tezei de doctor în tehnică / Universitatea „Dunarea de Jos” din Galati, România, 2008. 54 p.
9. Topală, Pavel, Slătineanu, Laurențiu, Dodun, Oana, Pînzaru, Natalia. Influence of some factors on the powder deposition process by electrical discharges //

MECHANICS Proceedings of the International Scientific Conference. Rzeszów University of Technology, Poland. Rzeszów, June 2008. ISSN 0209-2689, 2008. p. 277-282.

10. Rusnac, Vladislav. Modelarea prin metoda rețelelor neuronale a procesului de modificare a microgeometriei suprafețelor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls // Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Lucrări științifice, V. 21. Chișinău, 2008, p. 160-164, ISBN 978-9975-64-132-6.

11. Topală, P., Stoicev, P., Balanici, A., Pînzaru, N. Упрочнение и восстановление деталей машин нанесением покрытий из порошковых материалов электроимпульсными разрядами // Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Lucrări științifice, V. 21. Chișinău, 2008, c. 164-170, ISBN 978-9975-64-132-6.

12. Topală, P., Ojegov, A. Protejarea suprafețelor cilindrice interioare a țevelor industriale cu pelicule de oxizi obținute la aplicarea descărcărilor electrice în impuls // Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Lucrări științifice, V. 21. Chișinău, 2008, p. 171-174, ISBN 978-9975-64-132-6.

13. Beșliu, V. Influența tratării termochimice prin aplicarea descărcărilor electrice cu impulsuri bipolare a supra microdurității și grosimii stratului superficial // Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Lucrări științifice, V. 21. Chișinău, 2008, p. 175-178, ISBN 978-9975-64-132-6.

14. Topală, Pavel, Beșliu, Vitalie. Graphite deposits formation on innards surface on athibition of electric discharges in impulses // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași. Tomul LIV (LVIII), fasc. 2, Secția Construcției de mașini / 12<sup>th</sup> International Conference-TMCR-2008. Iași, România, May 29-31, 2008, p. 105-111, ISSN 1011-2855..

15. Topală, Pavel, Rusnac, Vladislav. Experimental investigations concerning the extraction of cone meniscus on metal surfaces with electrical discharge machining (EDM) adhibition // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași. Tomul LIV (LVIII), fasc. 2, Secția Construcției de mașini / 12<sup>th</sup> International Conference-TMCR-2008. Iași, România, May 29-31, 2008, p. 113-120, ISSN 1011-2855.

16. Topală, Pavel, Alexandr, Ojegov. Formation of oxide thin pellicles by means of electric discharges in pulse // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași. Tomul LIV (LVIII), fasc. 2, Secția Construcției de mașini / 12<sup>th</sup> International Conference-TMCR-2008. Iași, România, May 29-31, 2008, p. 121-128, ISSN 1011-2855.

17. Topală, Pavel, Pînzaru, Natalia. Criteria for projecting tool-electrodes applied in the formation of surface layers with electric discharges in pulse // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași. Tomul LIV (LVIII), fasc. 2, Secția Construcției de mașini / 12<sup>th</sup> International Conference-TMCR-2008. Iași, România, May 29-31, 2008, p. 129-135, ISSN 1011-2855.

18. Topală, P., Stoicev, P. Applied electric discharges in impulse of development non-conventional technologies // Пятая Международная Конференция «Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий». Тезисы докладов. 22-26 сентября 2008, Большая Ялта, Жуковка. Автономная Республика Крым, Украина. p. 41.
19. Beșliu, Vitalie. Cercetări privind cementarea stratului superficial al suprafețelor pieselor din oțel cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls // FIZICĂ ȘI TEHNICĂ: procese, modele, experimente. Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, 2008, nr. 1, p. 90-96, ISSN 1857-0437.
20. Rusnac, Vladislav. Cercetări experimentale privind modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice prin metoda electroeroziunii. // FIZICĂ ȘI TEHNICĂ: procese, modele, experimente. Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, 2008, nr. 1, p. 97-104, ISSN 1857-0437.
21. Pavel, Topală. Studiul fundamental și aplicativ al efectelor electroerozive în tehnologiile neconvenționale / Autoreferat al tezei de doctor habilitat în tehnică, - Ch., 2008, 51 p.
22. Топала, П.А., Стойчев, П.Н., Баланич, А.М., Пынзару, Н.А. Исследования изменения интенсивности формирования покрытий из порошковых материалов с применением импульсных разрядов // Материалы международной конференции „ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ”, часть 2, - Санкт-Петербург, 2008. с.172-183.

## **RESEARCH ON STRUCTURAL MODIFICATION, CHEMICAL COMPOSITION AND MICRO GEOMETRY OF MACHINE PIECES SURFACES IN THE REGIME OF MAINTENANCE OF AN ELECTRIC IMPULSE DISCHARGE ON “COLD” AND “HOT” ELECTRODE SPOTS**

Research Conductor: **Pavel Topala**, Associate Professor, Doctor Habilitat;  
Responsible for implementation: **Alexandru Balanici**, Associate Professor, PhD

The objectives of the research theme are fundamental and applied studies of electro erosive phenomena in further development of non-conventional technologies of material processing. The presented results are applied to modifying the micro geometry of machine pieces surfaces with a view to increasing the properties of absorption and emission as well as to hardening surface strata at small depths.

УДК 666.1.053

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СТЕКЛА

Научный руководитель: **Шарагов В. А.**, доц. докт. хаб.

Исследуются структурные изменения в неорганических стеклах (модельных и промышленных), подвергающихся воздействию постоянного, переменного и импульсного магнитных полей. Устанавливается, что термомагнитная обработка повышает микротвердость стекла на 10-15 %.

Промышленные стеклоизделия с момента их формирования кратковременно или постоянно подвергаются воздействию электромагнитных полей (ЭМП). Взаимодействие промышленных стекол с физическими полями является до настоящего времени не изученной областью исследований. Знание механизма такого взаимодействия позволит оптимизировать условия эксплуатации стекла и целенаправленно использовать термомагнитную обработку для повышения его физико-химических свойств.

Цель проведенных исследований заключалась в исследовании природы взаимодействия ЭМП с неорганическими стеклами.

Объектами исследований являлись синтезированные стекла системы  $MeO-B_2O_3$  ( $MeO - MgO, CaO, BaO$ ) и промышленные стеклоизделия разного назначения: стеклянная тара (банки и бутылки) из обесцвеченного стекла, бутылки из темно-зеленого стекла, листовое стекло, сортовая посуда и светотехнические изделия из обесцвеченного и молочного стекла, ампулы из обесцвеченного медицинского стекла. Образцы стекла подвергались воздействию постоянного, переменного и импульсного магнитных полей.

Для проведения исследований были спроектированы и изготовлены опытные установки для обработки разных видов стекла в лабораторных и производственных условиях ЭМП. Определены параметры и изучена топология магнитных полей в воздушных зазорах сердечников электромагнитов и индукторов разной формы и размеров. Необходимо отметить, что ЭМП характеризуются высокой однородностью. Были установлены основные параметры обработки стекла ЭМП в лабораторных экспериментах: модуль вектора магнитной индукции – до 0,25 Тл, напряженность – 0,1 МВ/м, плотность тока - 120 МА/м<sup>2</sup>, температура – 20-600 °С.

Впервые исследованы структурные изменения в неорганических стеклах под воздействием ЭМП с помощью метода НФ-секционирования. Установлено, что после термомагнитной обработки скорость растворения стекла снижается. Микротвердость образцов стекла под воздействием ЭМП

возрастает на 10-15 %. Прирост микротвердости и степень структурных изменений в стекле зависят от значения модуля вектора магнитной индукции и ориентации магнитных силовых линий относительно плоскости образцов, температуры и длительности магнитной обработки. Определены оптимальные режимы термомагнитной обработки разных по составу стекол.

Методика эксперимента разрабатывалась и совершенствовалась на основе системного анализа. Были опубликованы 3 статьи:

1. Sharagov, V., Azarenko, O., Lysenco, G., Botezatu, V. Section etching of flat glass treated by impulse magnetic field // Abstracts of the 4th International conference on materials and condensed matter physics. - Chisinau, 2008. - P.100.

2. Шарагов, В. А. Влияние электромагнитных полей на механические свойства промышленных стекол // Труды Международной научно-практической конференции „Высокотемпературные материалы и технологии в XXI веке”. -Москва, 2008. - С.127-131.

3. Шарагов, В. А., Ботезату, В. П., Олару, І. М. Вплив імпульсного магнітного поля на мікротвердість тарного скла // Збірник наукових праць. Українська науково-практична конференція «Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку», Вінниця, 2008. - С. 238 – 239.

## **RESEARCH INTO THE NATURE OF INFLUENCE OF THE ELECTROMAGNETIC FIELDS ON INORGANIC GLASSES**

Research Conductor: **Sharagov V. A.**, Associate Professor, Doctor Habilitat

Structural changes in inorganic glasses (both modeled and industrial) subjected to the influence of constant, variable and impulse magnetic fields have been investigated. Thermo magnetic processing increases by 10 – 15% the glass micro hardness.

УДК 666.1.053

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ ГАЗООБРАЗНЫМИ РЕАГЕНТАМИ**

Научный руководитель: **Шарагов В. А.**, доц.докт.хаб.

Исследована природа химического взаимодействия жидких и газообразных реагентов с промышленными стеклами. Определены оптимальные режимы и разработана технология термохимической обработки промышленных стеклоизделий жидкими и газообразными реагентами.

Главными недостатками большинства видов стекла являются низкая механическая прочность, плохая термостойкость и недостаточная химическая стойкость. Цель проведенных исследований заключалась в исследовании природы взаимодействия химически активных газообразных веществ с неорганическими стеклами и разработке технологии повышения эксплуатационных свойств и надежности промышленных стеклоизделий. Объектами исследований явились промышленные стеклоизделия разного назначения: стеклянная тара из обесцвеченного, темно-зеленого и коричневого стекла; листовое стекло; сортовая посуда и светотехнические изделия из обесцвеченного, розалинового и молочного стекла; ампулы из обесцвеченного медицинского стекла; декоративные элементы из хрустального стекла. В качестве газообразных реагентов применялись технические  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CHF}_2\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$  и смеси разных газов. Для термохимической обработки (ТХО) также использовались растворы  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HNO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Эксперименты проводились в лабораторных и производственных условиях.

В процессе исследования установлено, что химически активные газы и жидкие реагенты экстрагируют из стекла катионы щелочных металлов. Процесс выщелачивания стекла реагентами включает ряд физико-химических явлений. Скорость выщелачивания стекла ограничивается диффузией щелочных катионов из его толщи к поверхности. Был проведен термодинамический анализ вероятности выщелачивания промышленных стекол разными реагентами. Установлено, что высокотемпературное выщелачивание промышленных стекол жидкими и газообразными реагентами радикально улучшает их химическую стойкость, при этом также происходит повышение их термомеханических свойств. ТХО реагентами образцов стекла в лабораторных условиях повышает его прочность при статических и динамических нагрузках в 1,5 раза, микротвердость на 10-20 %, водо- и кислотостойкость в 3-7 раз, термостойкость на 10 %. Наибольший эффект в повышении свойств стекла достигается при его выщелачивании смесями  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  с  $\text{SO}_2$ . Было замечено, что в производственных условиях ТХО стеклянной тары фторсодержащими реагентами увеличивает на 1-2 порядка водостойкость и на 20-30 % механическую прочность стекла. Установлена тесная связь между скоростью выщелачивания стекла газовыми реагентами, физико-химическими свойствами, составом и структурой его поверхностного слоя. Доказано, что максимальное повышение свойств стекла достигается при наибольшей толщине выщелоченного слоя и степени его обесщелачивания. Определены оптимальные режимы и разработана технология ТХО промышленных стеклоизделий жидкими и газообразными реагентами.

Установлены достоинства и недостатки применения жидких и газообразных реагентов для повышения эксплуатационных свойств промышленных стекол разного назначения. Выявлено сходство и различие в

процессах выщелачивания стекла газовыми реагентами, водой, разными растворами и воздействием плазмы электрических разрядов.

Методики эксперимента разрабатывались на основе системного анализа. Были опубликованы 2 статьи:

1. Sharagov, V. Mechanical properties of industrial glassware from the position of system analysis // Abstracts of the 4th International conference on materials and condensed matter physics. Chisinau, 2008. - P.99.

2. Шарагов, В.А. Покращення властивостей скла за допомогою системного аналізу // Збірник наукових праць. Українська науково-практична конференція «Хімічна та екологічна освіта: стан і перспективи розвитку», Вінниця, 2008. - С. 236 – 238.

## **ELABORATION OF A TECHNOLOGY OF MODIFYING GLASSWARE SURFACES WITH GASEOUS REAGENTS**

Research Conductor: **Sharagov V. A.**, Associate Professor, Doctor Habilitat

The nature of chemical interaction of liquid and gaseous reagents with industrial glasses has been investigated. Optimal regimes have been determined and a technology of thermo chemical processing of industrial glassware with liquid and gaseous reagents has been elaborated.





---

## **Exigențe privind prezentarea lucrărilor științifice pentru revista „Fizică și tehnică: Procese, modele, experimente”**

### **I. Destinația revistei**

Materialele prezentate vor reflecta realizările obținute în ultimii ani în cadrul catedrelor, laboratoarelor de cercetări științifice ale USB, instituțiilor de învățământ și de cercetare din Republica Moldova și de peste hotarele ei.

### **II. Cerințe față de articolele prezentate**

#### **1. Dispoziții generale**

Nu se vor admite pentru publicare materiale care au fost publicate în alte ediții. Articolele vor fi însoțite de extrasul din procesul verbal al ședinței de catedră, al laboratorului sau seminarului științific la care au fost discutate și propuse pentru publicare. Lucrările primite la redacție vor fi recenzate de specialiști calificați în domeniul respectiv, numiți de colegiul de redacție.

#### **2. Structura lucrărilor și regulile de prezentare**

O persoană poate fi autor sau/și coautor la maximum două articole. Volumul unui articol nu va depăși, ca regulă, 7 pagini.

Fiecare articol va cuprinde:

- CZU;
- titlul în limbile română /rusă și engleză;
- date despre autor/autori în limbile română/rusă și engleză;
- rezumatul în limbile română/rusă și engleză;
- articolul propriu-zis;
- bibliografie.

#### **2.1. Întrebuițarea suportului electronic**

Materialele vor fi redactate în **Microsoft Word**, fontul **Times New Roman** și vor fi prezentate pe foi în formatul B5 (257×182mm). Parametrii paginii: 25 - stînga (Left), 20 - sus (Top), 20 - jos (Bottom), 15 - dreapta (Right), 17,5 - antet (Header), 0 - subantet (Footer), orientarea portret. Dimensiunile fontului de imprimare - 12 points. Aliniatale – 1 cm. Spațiul dintre liniile (Line Spacing) aceluiași paragraf, inclusiv titlul lucrării și informațiile despre autori - un interval. Se va accepta cu trecerea cuvintelor dintr-un rînd în altul. Ultima pagină, în limita posibilităților, va fi completă.

## 2.2. Structura articolului

*CZU* se va situa în partea stîngă a paginii.

*Titlul* se va da complet, maximum 3 rînduri, pe toată lățimea paginii (14 points, BOLD, CENTER, ALL CAPS).

*Informațiile despre autori* se vor da cu aldine, în limba în care este scrisă lucrarea, în următoarea consecutivitate: Prenumele și Numele autorului (complet), afilierea. Dacă coautorii lucrării sînt angajații aceleiași instituții, denumirea ei se va da o singură dată.

*Rezumatul* va cuprinde descrierea succintă a obiectului, metodelor și rezultatelor cercetării și nu va depăși 10 rînduri. Mărimea caracterilor – 10 points. Cuvîntul „Rezumat” nu se va indica.

*Introducerea* va reflecta stadiul actual al cercetărilor în domeniu. În caz de necesitate, va cuprinde o scurtă analiză istorică. Introducerea se va încheia cu expunerea scopului lucrării.

*Conținutul lucrării* va include expunerea metodicii cercetării (experimentală sau teoretică), obiectul cercetării, echipamentul, metodele de măsurare și de observare, precizia și erorile metodicii experimentului. Se vor indica rezultatele obținute și analiza lor. Nu se va admite repetarea datelor în tabele, desene și texte.

*În concluzii* se va expune succint esența cercetării efectuate, relievăndu-se importanța și gradul de noutate a rezultatelor obținute.

Titlul fiecărui paragraf se va evidenția cu aldine. Titlurile de capitol vor fi separate de textul curent printr-un spațiu.

În fața textului fiecare titlu de subcapitol cu doi indici se lasă un spațiu liber de un rînd. Aliniatele se vor marca prin introducerea unui „<Tab>”. Pentru scoaterea în relief a unor concepte se vor folosi aldinele (**fără subliniere**).

*Tabele* se vor numerota cu cifre arabe în partea dreaptă, la sfîrșitul rîndului (de ex.: „Tabelul 1”), după care, în următorul rînd, va urma denumirea și tabelul propriu-zis. Tabelele vor fi separate de textul curent printr-un spațiu. Toate liniile ce formează coroaiajului tabelului vor avea aceeași grosime (1 points). În tabela textuală cifrele se vor scrie cu fontul 10 points, normal. Dacă textul va conține un singur tabel, acesta nu se va numerota.

*Ilustrațiile* (figurile, schemele, diagramele, fotografiile etc.) se vor prezintă în alb-negru, inserate în textul de bază sau pe foi aparte. Toate figurile se vor numerota cu cifre arabe (în ordinea apariției lor în lucrare), după care se va da legenda lor. Toate semnele sau marcările ilustrate se vor defini în legendă. În cazul mărimilor fizice, se vor indica unitățile de măsură. Dacă lucrarea va conține o singură figură, ea nu se va numerota. Figurile vor fi separate de textul curent printr-un spațiu. Fotografiile introduse în text se vor scana cu o rezoluție de minim 300 dpi (preferabil 600 dpi) și se vor prelucra pentru un contrast bun.

**Nu se admite lipirea fotografiilor sau desenelor pe foi separate.** Adnotările de pe figuri se vor face în cifre sau litere cu înălțimea caracterelor echivalentă fontului 10 points. Legenda se va culege cu 10 points.

*Formule matematice.* Toate formulele matematice se vor scrie, **ÎN MOD OBLIGATORIU**, cu editorul de ecuații din procesorul de texte Microsoft Word for Windows'95/, 97/, 98/, 2000, (Version 6.0/,Version 7.0, 2000) italice, centrat, prin culegerea fiecăreia din rând nou. Exigențele corespunzătoare vor urma imediat după formulă și se vor introduce prin „unde”, respectându-se ordinea semnelor din ecuație sau relație. Dacă textul va conține mai multe ecuații sau relații, acestea se vor numerota cu cifre arabe la sfârșitul rândului, în partea dreaptă a foii. După descifrarea simbolului-literă, se va pune virgula, apoi se va indica unitatea de măsură.

Unitățile de măsură ale mărimilor fizice se vor prezenta în sistemul internațional de unități (SI).

*Bibliografia* Termenul „Bibliografie” va fi separat de textul curent prin spațiu. În text, referințele se vor insera prin cifre încadrate între croșete, de exemplu: [2],[5-7], și se vor prezenta la sfârșitul articolului într-o listă aparte, în ordinea apariției lor în text. Referințele bibliografice se vor da în limba originalului. Nu se vor accepta referințe la surse nepublicate.

Referințele vor fi prezenta în modul următor:

- a) revistele și culegerile de articole: numele autorilor, titlul articolului, denumirea revistei (culegerii) cu paginile de început și sfârșit (ex.: Castro P. R- curve behavior of a struct ural steel //Engl. Fract. Mech.-1984.-V.19.-N2.-P341-357);
- b) cărțile: numele autorilor, denumirea completă a cărții, locul editării, anul editării, numărul total de pagini (de ex.: Матвеев А.Н Молекулярная физика: Учеб. для физ. Спец. вузов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.:Вышш. шк.,1987.-360с.);
- c) referințe la brevete (adeverințe de autor): în afară de autori, denumire și număr, se indică și denumirea, anul și numărul Buletinului de invenții în care a fost publicat brevetul (ex.: Nicolescu A. Robot indrustial// Brevet de invenție nr. 1344 MD. Publ- BOPI, nr.7,1996);
- d) în cazul tezelor de doctorat, referințele se dau la autoreferat, nu la teză (ex.: Bologa A. Generarea și utilizarea electroaerosolilor apoși/ Autoreferat al tezei de doctor habilitat în științe tehnice.- Chișinău,1998.-16p.).

### 3. Observații finale

Informația despre autori și rezumatele în alte limbi decît originalul se vor plasa după bibliografie. Conținutul rezumatului expus în trei limbi va fi identic.

Materialul cules se va prezenta pe dischetă, precum și într-un exemplar printat (cu contrastul bun) semnat de toți autorii (după bibliografie).

Pentru relații suplimentare se va indica adresa, numărul de telefon și E-mailul unuia dintre autori.

Articolele care nu vor corespunde cerințelor expuse, normelor limbii și stilului vor fi respinse.

Materialele prezentate la redacție nu se vor restitui autorului.

În revistă se publică articole științifice ce țin de următoarele domenii de cercetare:

- propagarea undelor de radio în diverse medii;
  - elaborarea dispozitivelor electronice analogico-numerice;
  - elaborarea laserilor și aplicarea lor în tehnologiile de prelucrare a materialelor;
  - studierea influenței factorilor exteriori asupra proprietăților fizice ale substanței;
  - tehnologii clasice și neconvenționale de prelucrare a materialelor.
- 

*The journal publishes scientific articles that cover the following research fields:*

- *radio-wave propagation in various media;*
  - *elaboration of analogo-numeric electronic devices;*
  - *elaboration of lasers and their application in materials processing technologies;*
  - *study of the influence of exterior factors on physical properties of substances;*
  - *classical and unconventional technologies of materials processing.*
- 

Журнал принимает к публикации работы, связанные со следующими областями научных исследований:

- распространение радиоволн в различных средах;
- разработка аналого-цифровых электронных устройств;
- разработка лазеров и их применение в технологии обработки материалов;
- изучение влияния внешних факторов на физические свойства веществ;
- классические и нетрадиционные технологии обработки материалов.

# **FIZICĂ ȘI TEHNICĂ:** **Procese, modele, experimente**

**Revistă științifică a profilului de cercetare  
“Proprietățile fizice ale substanțelor în diverse stări”**