



UNIVERSITATEA DE STAT „ALECU RUSSO” DIN BĂLȚI

ISSN 1857-0437

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

# **PHYSICS AND TECHNICS:** **Processes, models, experiments**

special issue dedicated to  
International Year of Light 2015

Revistă științifică a profilului de cercetare  
„Fizica și tehnologia mediilor materiale”

**1**  
**2015**

**Bălți**

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

**Anul fondării:** 2006

**Colegiul de redacție:**

Pavel Topală, dr. hab., prof., **redactor-șef**, Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova

Ion Tighineanu, academician, Academia de Științe a Moldovei

Valeriu Canțer, academician, Academia de Științe a Moldovei

Leonid Culiuc, academician, Academia de Științe a Moldovei

Alexandr Dikusar, membru corespondent, Academia de Științe a Moldovei

Petru Stoicev, dr. hab., prof., Universitatea Tehnică a Moldovei

Alexandr Mihailov, dr. hab., prof., Universitatea Tehnică din Donețk, Ucraina

Nicolai Zaicenco, dr. hab., prof., Academia Națională de construcție și arhitectură din Donbas, Ucraina

Dumitru Nedelcu, dr. ing., prof., Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași, România

Makio Naito, dr. ing., prof., Universitatea din Osaka, Japonia

Alexandar Makedonski, dr. ing., prof., Universitatea Tehnică din Sofia, Bulgaria

Andrzej Wrobel, dr. ing., Universitatea Tehnologică din Silezia, Gliwice, Polonia

Valeriu Ureadov, dr. hab., Institutul de Radiofizică, Nijnii Novgorod, Rusia

Laurențiu Slătineanu, dr. ing., prof., Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași, România

Gheorghe Popa, dr., prof., Universitatea „Alexandru Ioan Cuza”, Iași, România

Vasile Șaragov, dr. hab., conf., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova

Valeriu Dulgheru, dr. hab., prof., Universitatea Tehnică a Moldovei

Alexandru Balanici, dr., conf., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova

Valeriu Guțan, dr., conf., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova

Alexandr Ojegov, dr., lect., **secretar științific**, Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova

**Tehnoredactare:**

Alexandr Ojegov, dr., lect., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

**Design și aspectul paginii de titlu:**

Alexandr Ojegov, dr., lect., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

**Redactori:**

Ala Sainenco, dr., conf., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

Elena Sirota, dr., conf., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

Iulia Ignatiuc, dr., conf., Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

**Adresa redacției:** Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți,

str. Pușkin 38, 3100, Bălți, Republica Moldova

Tel.: (231)52368, fax: (231)52439

E-mail: [libruniv.usarb.md/publicatie/fizteh.htm](mailto:libruniv.usarb.md/publicatie/fizteh.htm)

**Tiparul:**

Tipografia Indigou Color

© Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

Presa universitară bălțeană, 2015

**ISSN 1857-0437**

## CUPRINS

<b>Evtodiev S., Velescu D., Evtodiev I.</b> Caracteristici numerice și legități statistice în teoria fiabilității.....	5
<b>Dmitroglu L.</b> Fotoluminescența monocristalelor GaSe intercalate cu Cd din soluție de CdCl <sub>2</sub> .....	11
<b>Negoită F.</b> Proiectul și programul științific al infrastructurii luminii extreme – fizică nucleară (ELI-NP)....	16
<b>Turtă C., Teodorescu V., Mihălache A., Gheorghiu E., Volodina G., Filoti G.</b> Structura centrelor impuritate formate de atomii de Fe în cristale GaSb. Difrakția de raze X, Spectroscopia XPS, microscopia electronică și Spectrografia Mossbauer.....	23
<b>Stoiev L., Popov T.</b> Burghiarea găurilor de recirculare în căruciori cu role.....	34
<b>Rotaru I.</b> Fotoluminescența structurilor nanolamelare cu puncte metalice obținute prin intercalarea monocristalului de GaS.....	41
<b>Dorohoi D., Tudose A., Ursu O., Dmirascu I.</b> Lumina și culorile în activitățile umane.....	44
<b>Benchea A., Babusca D., Morariu M.</b> Culoarea în terapia alternativă.....	50
DHC al Universității de Stat "Alec Russo" din Bălți, academicianul Ion Tighineanu la 60 de ani.....	62
Academicianul Valeriu Canțer, ilustru savant, manager inteligent și pedagog iscusit la 60 de ani.....	65
Exigențe privind prezentarea lucrărilor științifice pentru revista „Fizică și tehnică: procese, modele, experimente” .....	69
Requirements for presenting scientific papers for the journal „Physics and engeneering: processes, models, experiments” .....	71

## CONTENTS

<b>Evtodiev S., Veleșcu D., Evtodiev I.</b> Numerical characteristics and statistical legitimate in reliability theory.....	5
<b>Dmitroglu L.</b> Photoluminescence of GaSe single crystals intercalated by Cd from CdCl <sub>2</sub> solution.....	11
<b>Negoită F.</b> Extreme light infrastructure – nuclear physics (ELI-NP) project and research program.....	16
<b>Turtă C., Teodorescu V., Mihălache A., Gheorghită E., Volodina G., Filoti G.</b> Microscopy and Mössbauer studies of iron states in doped gallium antimonide.....	23
<b>Stoev L., Popov T.</b> Drilling of the recirculation holes of roller carriages.....	34
<b>Rotaru I.</b> Photoluminescence of nanolamellar structures with metal dots obtained by GaS monocrystal intercalation.....	41
<b>Dorohoi D., Tudose A., Ursu O., Dmित्रасcu I.</b> Light and colours in human activities.....	44
<b>Benchea A., Babusca D., Morariu M.</b> Color in alternative therapy.....	50
DHC of the Alecu Russo Balti State University, academician Ion Tighineanu at 60 years.....	62
Academician Valeriu Canter, illustrious scientist, intelligent manager and skillful pedagogue at 60 years.....	65
Exigente privind prezentarea lucrărilor științifice pentru revista „Fizică și tehnică: procese, modele, experimente” .....	69
Requirements for presenting scientific papers for the journal „Physics and engineering: processes, models, experiments” .....	71

CZU: 519.2(072.8)

## CARACTERISTICI NUMERICE ȘI LEGITĂȚI STATISTICE ÎN TEORIA FIABILITĂȚII

Evtodiev S.<sup>1</sup>, Veleșcu D.<sup>2</sup>, Evtodiev I.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Didact Vega SRL, bd. Ștefan cel Mare și Sfint, 200, MD-2004, Chișinău, Republica Moldova

<sup>2</sup>Universitatea de Stat din Moldova, str. Alexei Mateevici, 60, Chișinău, MD-2009, Republica Moldova

\*e-mail: [ievtodiev@yahoo.com](mailto:ievtodiev@yahoo.com)

Articolul dat se referă la caracteristicile numerice ale fiabilității și repartiția funcțiilor de fiabilitate după legitățile statistice din teoria fiabilității. Am studiat mai în detaliu Legea Gamma și Legea Weibull cu 1 parametru, 2 parametri și 3 parametri.

Cuvinte-cheie: fiabilitate, caracteristici numerice, legitățile statistice, nefiabilitate.

This paper refers to numerical characteristics of reliability features and reliability distribution functions after statistical regularities of reliability theory. We studied in more detail the Gamma Law and Weibull Law with 1, 2 and 3 parameters.

Keywords: reliability, numerical characteristics, statistical legitimated, unreliability.

### INTRODUCERE

Fiabilitatea unui sistem exprimă siguranța sa în funcționare. Este o funcție de timp  $R(t)$ , definită drept probabilitatea că, în condiții înconjurătoare specificate, sistemul să funcționeze adecvat, menținându-și parametrii prestabiliți în intervalul de timp  $[0;t)$ . Fiabilitatea are o valoare cuprinsă între 0 și 1 și este un aspect al calității.

Fiabilitatea din punct de vedere calitativ reprezintă aptitudinea unui sistem de a îndeplini corect funcțiunile prevăzute, pe durata unei perioade de timp, în condiții de exploatare specificate.

Există o diferență dintre fiabilitate și calitate. Fiabilitatea spre deosebire de calitate, este verificarea în timp a calității produsului aflat în exploatare.

Fiabilitate din punct de vedere cantitativ reprezintă probabilitatea ca sistemul să-și îndeplinească corect funcțiile prevăzute, pe durata unei perioade de timp date, în condiții de exploatare specificate.

La sistemele mai complexe, cunoscând fiabilitatea fiecărei componente în parte, se poate calcula fiabilitatea întregului sistem.

Oricât s-ar investi în vederea asigurării fiabilității unui sistem complex, nu se poate realiza o fiabilitate ideală, adică un sistem care să nu se degradeze în timp. În aceste condiții este necesar să se cunoască cât mai exact nivelul fiabilității reale, astfel încât, în funcție de acesta, să se stabilească durata misiunii

sistemului, perioada de revizie, elementele de rezervă, etc. Dacă notăm cu 1 nivelul fiabilității ideale și cu 0 fiabilitatea unui sistem care nu funcționează niciodată, putem face o reprezentare a costurilor de producție, întreținere și totale în funcție de nivelul de fiabilitate, de unde se observă că există un nivel optim al fiabilității pentru care cheltuielile totale sunt minime. Este necesară o exprimare univocă a fiabilității într-o formă cantitativă și o metodă de măsurare a fiabilității unui sistem concret, ceea ce presupune un model matematic și o metodologie de evaluare. Odată stabilite acestea, se poate concepe un control al nivelului de fiabilitate, nivelul optim fiind cel stabilit prin criterii economice.

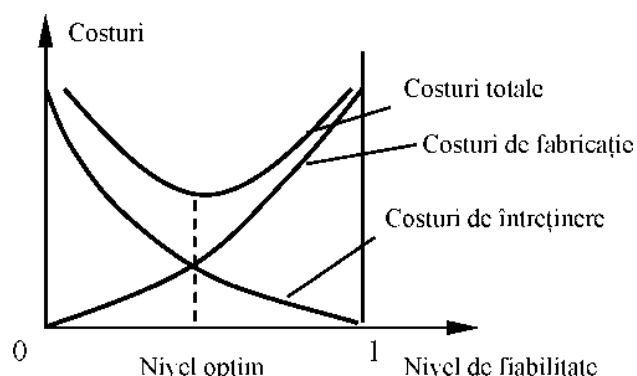


Fig. 1. Dependenta costurilor de producție, întreținere și totale în funcție de nivelul de fiabilitate [1]

Dezvoltarea teoriei fiabilității a influențat pozitiv așa domenii ca electronica, telecomunicațiile, sistemele de navigație,

sistemul energetic, sistemele urmărite și dirijate pe calculator, tehnica militara, etc.

În fig. 2 este reprezentată variația în timp a ratei de defectare a unui sistem tehnic.

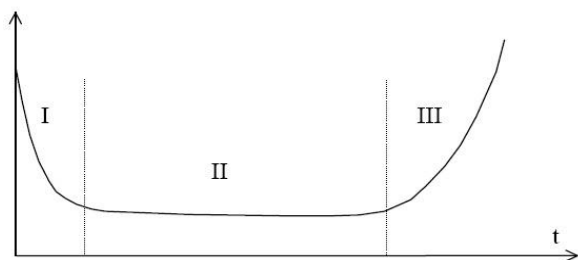


Fig. 2. Variația în timp a ratei de defectare a unui produs

După cum se observă, pe durata de viață a produsului există trei zone:

1. zona I care are o rată de defectare relativ mare, în care se manifestă defectele de fabricație ascunse ale produsului și care corespunde perioadei de rodaj, în care aceste defecte apar și se pot elimina;
2. zona II care corespunde zonei de funcționare normală, în care rata de defectare are valoare mică și aproximativ constantă;
3. zona III în care rata de defectare crește foarte mult, corespunde perioadei de îmbătrânire a echipamentului respectiv.

Această caracteristică este diferită de la un produs la altul, în funcție de tehnologia de realizare și de proiectarea produsului; se pot obține caracteristici pentru care zona I să fie practic inexistentă (prin folosirea de subansamble testate în prealabil), sau caracteristici la care zona II să fie foarte scurtă ca durată.

Caracteristicile numerice ale fiabilității sunt:

Valoarea medie  $M(T)$  – timpul de funcționare fără defectare.

Mediana  $t_{med}$  – timpul care arata probabilitatea ca sistemul se defectează la jumătate.

Modul  $t_{mod}$  – timpul cel mai probabil de defectare.

Dispersia  $D^2(T)$  – abaterea valorilor numerice de la medie.

Abaterea medie pătratică  $\sigma$  – gradul de uniformitate a performanțelor individuale a

unor sisteme de același tip din punct de vedere a fiabilității.

Cuantila/timp de garanție  $t_g/t_\alpha$  – timp în care proporția de elemente defecte dintr-o anumita colectivitate nu depășește numărul de defecte.

Funcțiile fiabilității sunt:

- 1) funcția de fiabilitate, care reprezintă totalitatea calităților unui sistem tehnic care determină capacitatea acestuia de a funcționa fără defecțiuni într-un interval de timp în anumite condiții date.
- 2) funcția de nefiabilitate, care se definește ca proprietatea unui sistem tehnic de a nu mai funcționa corect în condiții date.
- 3) densitatea de repartiție, care este densitatea de repartiție a defectelor, și reprezintă derivata funcției de nefiabilitate.
- 4) hazardul de defectare, care reprezintă riscul instantaneu de defectare al unui sistem sau al unei componente dintr-un sistem.

Funcția de fiabilitate are următoarele legi de repartiție:

- 1) Legea exponențială;
- 2) Legea normală;
- 3) Legea lognormală;
- 4) Legea Gamma;
- 5) Legea Weibull, care la rândul ei se împarte în:
  - Legea Weibull cu un parametru;
  - Legea Weibull cu doi parametri;
  - Legea Weibull cu trei parametri.

Folosind programul Microsoft Office Excel 2007 am introdus valorile numerice ale timpului  $t$  și parametrii prestabiliți. După care am calculat cu ajutorul formulelor funcția de fiabilitate  $R(T)$ ; funcția de nefiabilitate  $F(T)$ ; densitatea de repartiție  $f(T)$  și funcția hazard de defectare  $h(T)$ . Apoi am construit graficele funcțiilor date:

- a)  $R(t) = f(T)$ ;
- b)  $F(t) = f(T)$ ;
- c)  $f(t) = f(T)$ ;
- d)  $h(t) = f(T)$ .

Aceeași metodă de calcul am folosit pentru fiecare lege.

## LEGEA GAMMA ȘI REPARTIȚIA FUNCȚIILOR DE FIABILITATE

Legea Gamma este folosită în teoria fiabilității în cazurile în care pot exista defecțiuni parțiale. Legea Gamma se utilizează foarte des în cazul celei de-a doua defecțiuni. Ea se manifestă la sfârșitul duratei de viață a sistemului tehnic, adică în zona III (fig. 2).

În cazul legii Gamma funcția de fiabilitate  $R(t)$  are forma:

$$R(t) = \left( \sum_{k=0}^{p-1} \frac{(\alpha t)^k}{k!} \right) e^{-\alpha t}, p \in N \quad (1)$$

unde  $k=p-1$  și  $p$  reprezintă numărul defecțiilor parțiale până la defectarea completă,  $\alpha$  este rata defecțiilor și  $t$  este timpul.

Funcția de nefiabilitate  $F(t)$  are formula:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

Densitatea de repartiție  $f(t)$  este dată de funcția:

$$f(t) = \frac{\alpha}{(p-1)!} (\alpha t)^{p-1} \cdot e^{-\alpha t} \quad (3)$$

unde  $p$  reprezintă numărul defecțiilor parțiale până la defectarea completă,  $\alpha$  este rata defecțiilor și  $t$  este timpul.

Funcția hazard de defectare  $h(t)$  are forma:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (4)$$

Reprezentând grafic funcția de fiabilitate  $R(t)$ , funcția de nefiabilitate  $F(t)$ , densitatea de repartiție  $f(t)$  și funcția hazard de defectare  $h(t)$  în cazul legii Gamma cu parametrii  $\alpha = 3$ ;  $p_1 = 2,0$ ;  $p_2 = 1,0$ ;  $p_3 = 0,5$ , obținem (fig. 3).

## LEGEA WEIBULL ȘI CARACTERISTICILE NUMERICE ALE FIABILITĂȚII

Una dintre cele mai utilizate legi de distribuție în teoria fiabilității este distribuția Weibull. În funcție de complexitatea sistemului tehnic această lege poate depinde de un singur parametru, sau de mai mulți parametri ai sistemului tehnic. Depinzând de doi au trei parametri, distribuția Weibull poate modela fenomene a căror densitate de defectare poate fi crescătoare sau descrescătoare, și poate avea forme diferite.

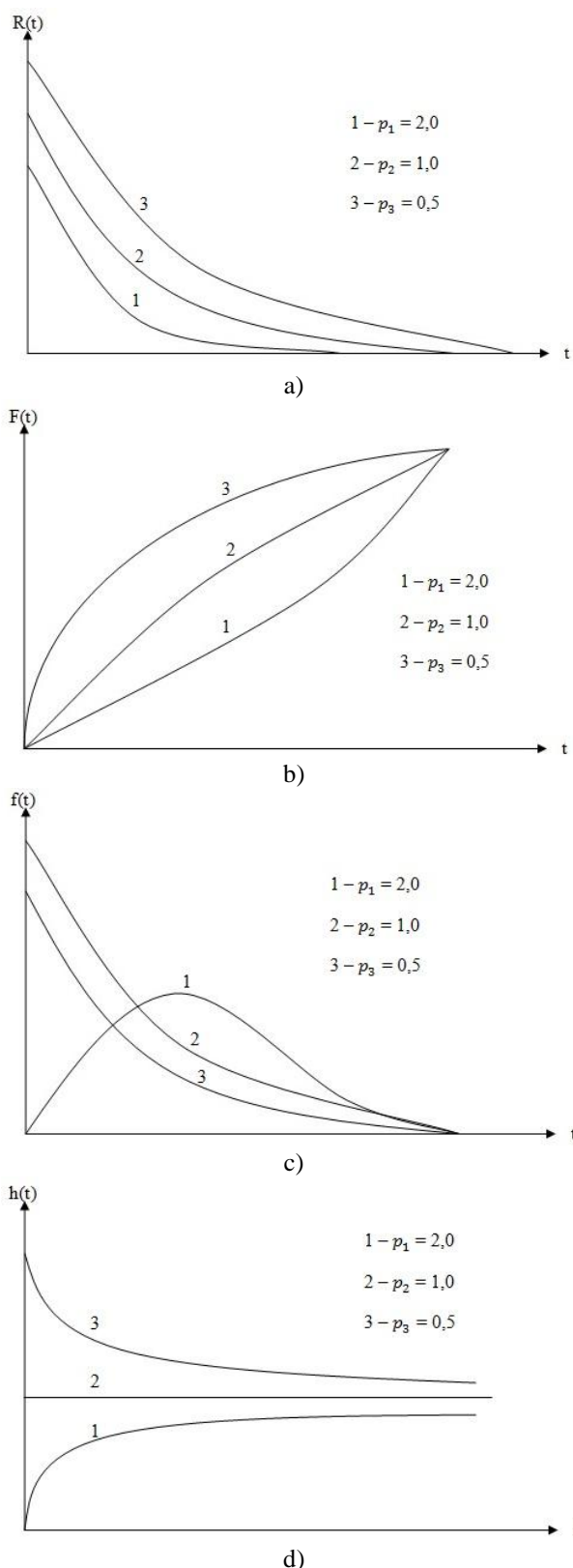


Fig. 3. Dependența funcțiilor de fiabilitate  $R(t)$  – a), nefiabilitate  $F(t)$  – b), densitatea de repartiție  $f(t)$  – c) și hazardul de defectare  $h(t)$  – d) ce urmează legea Gamma

Legea Weibull se manifestă zona de funcționare normală (zona II) și la sfârșitul duratei de viață a sistemului tehnic, adică în zona III (fig. 2).

### LEGEA WEIBULL CU UN PARAMETRU ȘI CARACTERISTICI NUMERICE ALE FIABILITĂȚII

Distribuția Weibull cu un parametru se consideră atunci când unul dintre parametrii distribuției Weibull cu doi parametri este constant, adică iar  $\beta = C$  care este constant. Această situație apare atunci când se presupune că parametrul de formă  $\beta$  este trecut dintr-o experiență trecută, identică sau similară.

În cazul legii Weibull cu un parametru funcția de fiabilitate  $R(t)$  are forma:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\Theta}\right)^C} \quad (5)$$

unde  $t$  este timpul,  $\Theta$  este parametru de scală (durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente, iar  $\beta = C$  care este constant.

Funcția de nefiabilitate  $F(t)$  are formula:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (6)$$

Densitatea de repartiție  $f(t)$  este dată de funcția:

$$f(t) = \frac{C}{\Theta} \left(\frac{t}{\Theta}\right)^{C-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\Theta}\right)^C} \quad (7)$$

unde  $t$  este timpul,  $\Theta$  este parametru de scală (durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente, iar  $\beta = C$  care este constant.

Funcția hazard de defectare  $h(t)$  are forma:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (8)$$

Reprezentând grafic funcția de fiabilitate  $R(t)$ , funcția de nefiabilitate  $F(t)$ , densitatea de repartiție  $f(t)$  și funcția hazard de defectare  $h(t)$  în cazul legii Weibull cu parametrii  $C = 2$ ;  $\Theta_1 = 0,5$ ;  $\Theta_2 = 1,0$ ;  $\Theta_3 = 1,5$  și  $\Theta_4 = 2,0$  obținem (fig. 4).

### LEGEA WEIBULL CU DOI PARAMETRI ȘI CARACTERISTICI NUMERICE ALE FUNCȚIEI DE FIABILITATE

În cazul distribuției Weibull cu doi parametri se cunoaște parametrul de formă  $\beta$  și parametrul de scală  $\Theta$ , care este durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente.

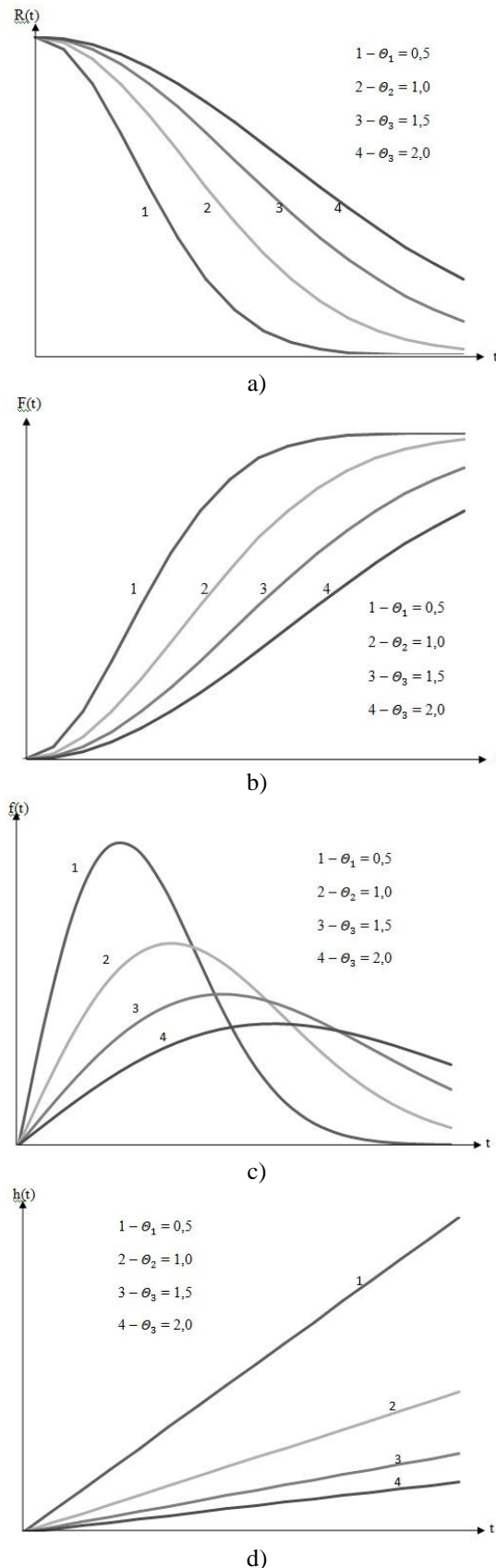


Fig. 4. Dependența funcțiilor de fiabilitate  $R(t)$  – a), nefiabilitate  $F(t)$  – b), densitatea de repartiție  $f(t)$  – c) și hazardul de defectare  $h(t)$  – d) ce urmează legea Weibull cu un parametru



În cazul legii Weibull cu doi parametri funcția de fiabilitate  $R(t)$  are forma:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\Theta}\right)^\beta} \quad (9)$$

unde  $t$  este timpul,  $\Theta$  este parametru de scală (durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente, iar  $\beta$  este parametru de formă.

Funcția de nefiabilitate  $F(t)$  are formula:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (10)$$

Densitatea de repartiție  $f(t)$  este dată de funcția:

$$f(t) = \frac{\beta}{\Theta} \left(\frac{t}{\Theta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\Theta}\right)^\beta} \quad (11)$$

unde  $t$  este timpul,  $\Theta$  este parametru de scală (durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente, iar  $\beta$  este parametru de formă.

Funcția hazard de defectare  $h(t)$  are forma:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (12)$$

În funcție de valoarea parametrului  $\beta$ , distribuția Weibull poate lua forma următoarelor distribuții:

- pentru  $\beta < 1$  distribuția Weibull trece în distribuția Gamma;
- pentru  $\beta = 1$  distribuția Weibull trece în distribuția exponențială;
- pentru  $\beta = 2$  distribuția Weibull trece în distribuția lognormală;
- pentru  $\beta = 3,5$  distribuția Weibull trece în distribuția normală.

Reprezentând grafic funcția de fiabilitate  $R(t)$ , funcția de nefiabilitate  $F(t)$ , densitatea de repartiție  $f(t)$  și funcția hazard de defectare  $h(t)$  în cazul legii Weibull cu parametrii  $\beta_1 = 1,0$ ;  $\beta_2 = 1,5$ ;  $\beta_3 = 2,0$ ;  $\beta_4 = 2,5$  și  $\Theta = 2$  obținem (fig. 5).

### LEGEA WEIBULL CU TREI PARAMETRI ȘI CARACTERISTICILE NUMERICE ALE FIABILITĂȚII

Distribuția Weibull cu trei parametri se utilizează atunci când se presupune ca nu au loc defectări înainte de momentul  $t = \gamma$ , de unde și denumirea parametrului este durata minimă de viață.

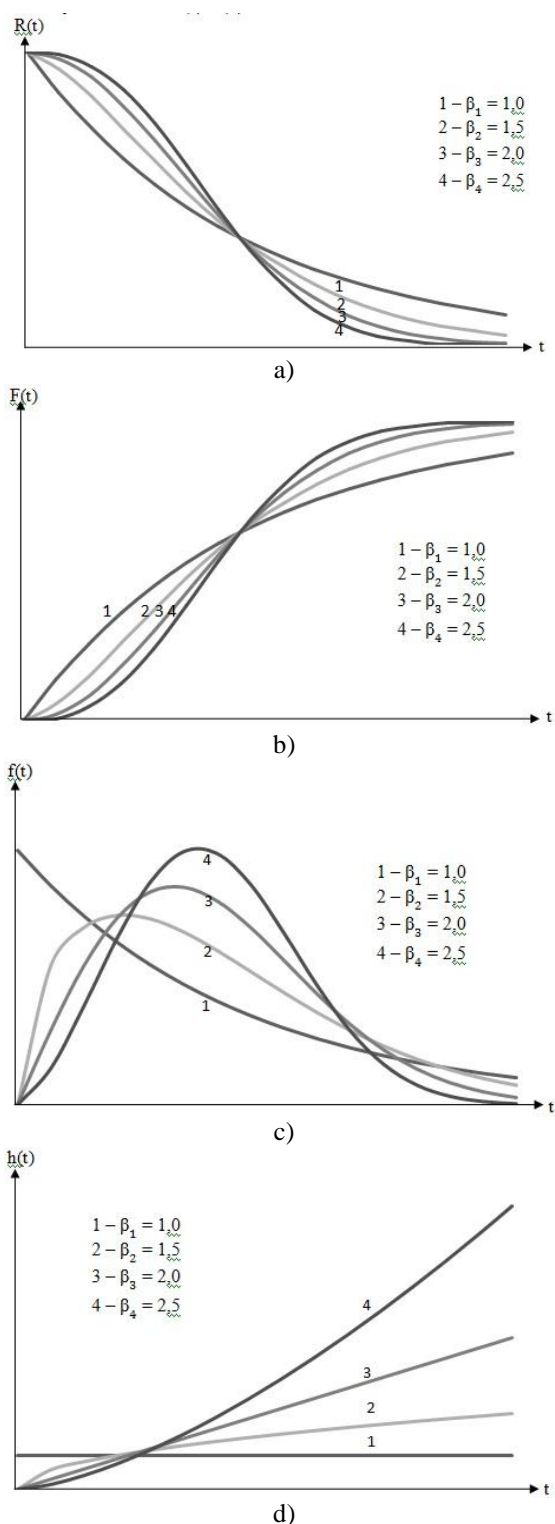


Fig. 5. Dependența funcțiilor de fiabilitate  $R(t)$  – a), nefiabilitate  $F(t)$  – b), densitatea de repartiție  $f(t)$  – c) și hazardul de defectare  $h(t)$  – d) ce urmează legea Weibull cu doi parametri

În cazul legii Weibull cu trei parametri funcția de fiabilitate  $R(t)$  are forma:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\Theta}\right)^\beta} \quad (13)$$

unde  $t$  este timpul,  $\Theta$  este parametru de scală (durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente,  $\beta$  este

parametru de formă, iar  $\gamma$  este parametru de localizare (durata minimă de viață).

Funcția de nefiabilitate  $F(t)$  are formula:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (14)$$

Densitatea de repartiție  $f(t)$  este dată de funcția:

$$f(t) = \frac{\beta}{\Theta} \left(\frac{t-\gamma}{\Theta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\Theta}\right)^\beta} \quad (15)$$

unde  $t$  este timpul,  $\Theta$  este parametru de scală (durata de viață până când se vor defecta un anumit procent de componente,  $\beta$  este parametru de formă, iar  $\gamma$  este parametru de localizare (durata minimă de viață).

Funcția hazard de defectare  $h(t)$  are forma:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (16)$$

Reprezentând grafic funcția de fiabilitate  $R(t)$ , funcția de nefiabilitate  $F(t)$ , densitatea de repartiție  $f(t)$  și funcția hazard de defectare  $h(t)$  în cazul legii Weibull cu parametrii  $\gamma_1 = 0,3$ ;  $\gamma_2 = 0,8$ ;  $\gamma_3 = 1,3$ ;  $\gamma_4 = 1,8$ ;  $\beta = 2$ ;  $\Theta = 1$  obținem (fig. 6).

### CONCLUZII

Deoarece un defect de funcționare nu poate fi niciodată exclus în cadrul unui anumit interval de timp, se poate prevedea o funcționare fără erori. Pentru aceasta se folosesc legile de distribuție ale fiabilității. Analizând aceste 2 legi în parte am observat că distribuția acestora diferă, însă comun este faptul că pentru toate legile de distribuție ale fiabilității, fiabilitatea scade cu timpul, iar nefiabilitatea crește. Cu cât dispersia este mai mică, cu atât fiabilitatea sistemului tehnic este mai mare. Inițial trebuie de găsit funcția de repartiție a defectărilor și stabilită legea de repartiție, iar apoi aflată fiabilitatea și caracteristicile numerice ale acesteia.

### BIBLIOGRAFIE

1. Baron T. ș.a. Calitate și fiabilitate. București: Tehnică, 1988, 165 p.
2. Ivas D., Munteanu Fl. Fiabilitate, mentenanță, disponibilitate și performabilitate. România: Prisma, 2000, 422 p.

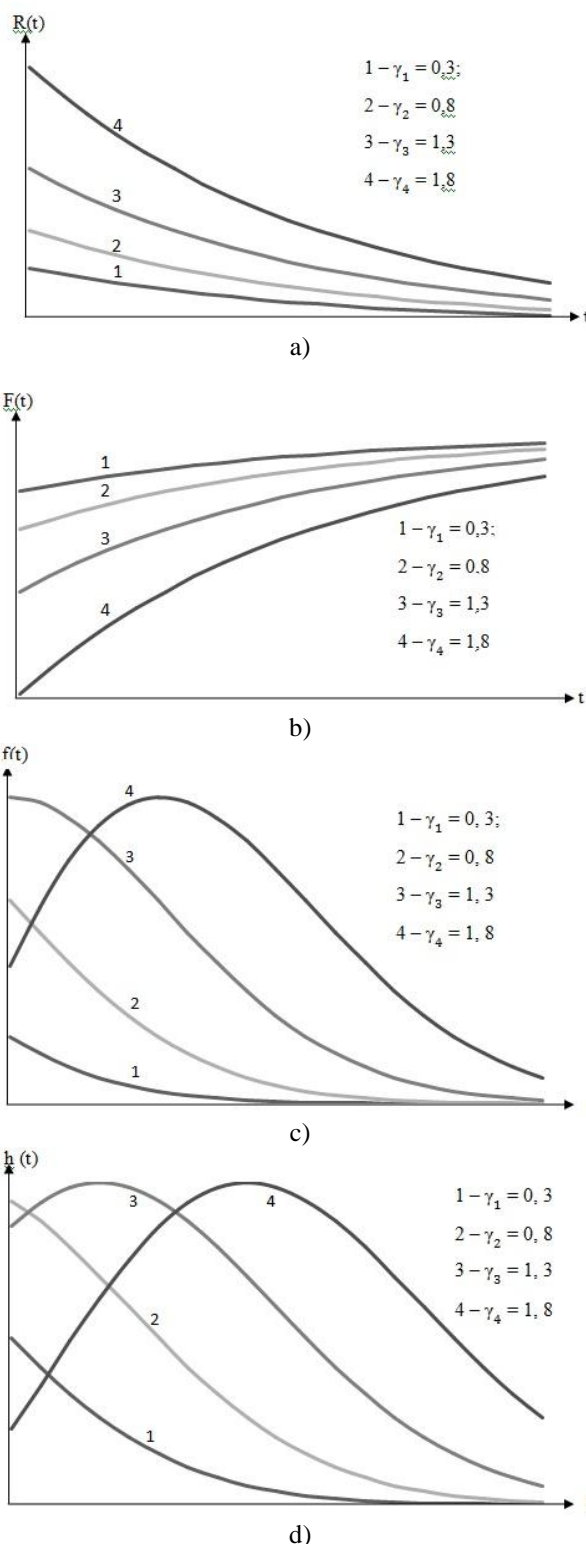


Fig. 6. Dependența funcțiilor de fiabilitate  $R(t)$  – a), nefiabilitate  $F(t)$  – b), densitatea de repartiție  $f(t)$  – c) și hazardul de defectare  $h(t)$  – d) ce urmează legea Weibull cu trei parametri

CZU: 621.315.592

## FOTOLUMINESCENȚA MONOCRISTALELOR GaSe INTERCALATE CU Cd DIN SOLUȚIE DE CdCl<sub>2</sub>

Dmitroglu L.\*

Universitatea de Stat din Moldova, str. Alexei Mateevici, 60, Chișinău, MD-2009, Republica Moldova

\*e-mail: [dmitrogloliliana@yahoo.com](mailto:dmitrogloliliana@yahoo.com)

Prin tratament termic la temperatura 753 K și 853 K a plăcilor monocristaline de GaSe în vapori de Cd, timp de la 10 min până la 24 h, s-a obținut un material compus din cristalite de CdSe și GaSe cu dimensiuni medii de 34 nm și, respectiv, 30 nm. În rezultatul interacțiunii atomilor de Cd cu atomii de Se, atât pe suprafața exterioară, cât și la interfața dintre împachetările Se-Ga-Ga-Se, se formează straturi de CdSe. Cristalitele de CdSe pe suprafață cresc sub forma de plăci pe direcția axei cristalografice C<sub>6</sub>. Spectrele de fotoluminescență (PL) la temperaturi de 78 K și 300 K ale compozitului, conțin benzile dominante din spectrele de emisie luminescentă a componentelor compozitului GaSe și CdSe.

Cuvinte-cheie: semiconductor, compozit, banda interzisă, energie, spectre de fotoluminescență.

The photoluminescence of lamellar GaSe single crystals obtained by vapor phase and electrolytic intercalation from aqueous solution of CdCl<sub>2</sub> was studied. By heat treatment at 753 K and 853 K of GaSe single crystal plates in Cd vapors during from 10 min to 24 hrs a new material, composed from CdSe and GaSe crystallites with the average dimensions of 34 nm and 30 nm respectively, was obtained. As a result of Cd atoms interaction with Se atoms the CdSe layers are formed on the external surface as well at Se-Ga-Ga-Se packing external surface. Cd<sup>2+</sup> ions electrochemically intercalated do not modify of the cristaline structure of the lamellar nanocomposite. CdSe crystallites on the surface are growing in the form of plates in the direction of C<sub>6</sub> crystallographic axis. The photoluminescence PL spectrum of the obtained from Cd vapors compoite at the temperatures of 78 K and 300 K contains dominant bands of the luminescence emission spectrum of GaSe and CdSe composite components but the PL spectrum of the composite obtained from H<sub>2</sub>O-CdCl<sub>2</sub> solution contains the non-phononic emission bands of the indirect non-excited excitons and of the indirect localized excitons.

Keywords: semiconductor, composite, band gap, energy, photoluminescence PL spectra.

### INTRODUCERE

Compușii din clasa semiconductorilor  $A^{III}B^{VI}$  în stare monocristalină reprezintă materiale stratificate compuse din împachetări elementare de tipul B-A-A-B, cu legături slabe între ele, realizate de forțe polarizaționale. În interiorul împachetărilor elementare acționează forțe ionic-covalente puternice [1]. GaSe, în stare monocristalină, este un material transparent optic într-un interval larg de lungimi de undă (0.6÷28 μm) [2, 3], cu conductibilitate electrică prin goluri [4] și bandă interzisă de ~ 2.0 eV [5]. Aceste proprietăți odată cu anizotropia structurală înaltă determină direcțiile prioritare de aplicare, care odată cu dispozitivele fotoelectrice [6], includ diverse aplicații optice liniare și neliniare de la modulatori electrooptici și generatori de oscilații electromagnetice în domeniul frecvențelor de ordinul THz [7]. Domeniul proprietăților compușilor stratificați, în particular a compusului GaSe, poate fi lărgit prin dopare

[8] și intercalare [9]. Elementele din grupele I, II, IV (Cu, Cd, Zn, Sn) și din grupa lantanidelor (Gd, Er) [10, 11], în calitate de dopant duc la mărirea concentrației golurilor de la  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  până la  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  [12, 13].

În lucrare se studiază structura cristalină, morfologia suprafeței și fotoluminescența microcompozitului GaSe și GaSe intercalat cu Cd din soluție de CdCl<sub>2</sub>.

### PROCEDURI EXPERIMENTALE

În calitate de material primar pentru intercalare s-au luat plăci monocristaline de GaSe crescute prin metoda Bridgman-Stockbarger, într-un cuptor cu trei secții. Din lingouri monocristaline de GaSe au fost despicate plăci plan-paralele, cu aria suprafeței de  $0.5 \div 2 \text{ cm}^2$  și grosimi de la 60 μm până la 300 μm. Eșantioanele selectate au fost de tip p, cu concentrația golurilor de  $2.5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ . Plăcile monocristaline au fost introduse în fiole din cuarț odată cu

cantitatea de  $2.5 \text{ mg/cm}^3$  de Cd metalic. După evacuarea atmosferei până la  $\sim 5 \cdot 10^{-5} \text{ Torr}$ , fiolele au fost ermetizate și apoi introduse într-un cuptor cu temperatura reglabilă în intervalul  $620\text{--}840 \text{ K}$ . Tratatul termic al fiolelor s-a petrecut la temperaturi de la  $753 \text{ K}$  până la  $830 \text{ K}$ , cu durata de 12 ore și 24 ore.

Compoziția chimică a eșantioanelor primare de GaSe și a materialului obținut prin intercalare s-au studiat prin metoda difracției de raze X (cu lungimea de undă  $\lambda_{\text{CuK}\alpha} = 0.154182 \text{ nm}$ ) la un difractometru DRON-4 și a difuziei combinate a luminii la o instalație micro-Raman.

Tabel. Parametrii de structură ai compusului GaSe tratate în vapori de Cd, la temperatura  $753 \text{ K}$

Nr. d/o	Valori experimentale			ICDD-JCPDS card			
	$2\theta(^{\circ})$	$I_{\text{ht-f}}$	Com pusul	PDF	$2\theta(^{\circ})$	$I_{\text{nt-f}}$	$hkl$
1	22,33	45,43	GaSe	811971	22,338	99.3	0 0 6
2	25,56	100	CdSe	NIST POWD-12	25,480	99.9	1 1 1
3	27,33	52,8	GaSe	370931	27,623	4	1 0 0
4	29,50	32,24	CdSe	NIST POWD-12	29,505	40	2 2 0
5	42,17	75,3	CdSe	1*	42,044	55	2 2 0
6	66,5	24,7	CdSe	2*	66,280	30	2 1 0
7	68,14	21,3	GaSe	796611	68,499	1	1 1 16
8	73,5	20,00	CdSe	811911	73,511	26	0 0 17
9	76,93	20,00	CdSe	1*	76,851	4	4 2 2

1\*Takohashi. Guvermental Industrial Research Institut Osaka, Japonia (1967)  
2\*General Electric Company, Wembley, England

Măsurări ale fotoluminescenței (FL) s-au efectuat la temperaturi din intervalul  $78\text{--}300 \text{ K}$ , la excitare cu radiația laser  $\text{N}_2\text{--He}$  cu  $\lambda = 337,4 \text{ nm}$  și puterea medie  $100 \text{ mW}$ .

## REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI INTERPRETĂRI

În Fig. 1, Inset 1 și Inset 2, sunt prezentate contururile liniilor XRD cu  $2\theta = 22.33^{\circ}$  de la planele cu indicii Miller (0 0 6) ale rețelei hexagonale  $\epsilon\text{-GaSe}$  și  $2\theta = 42.17^{\circ}$  de la planele cu indicii Miller (2 2 0) ale rețelei wurtzit de CdSe.

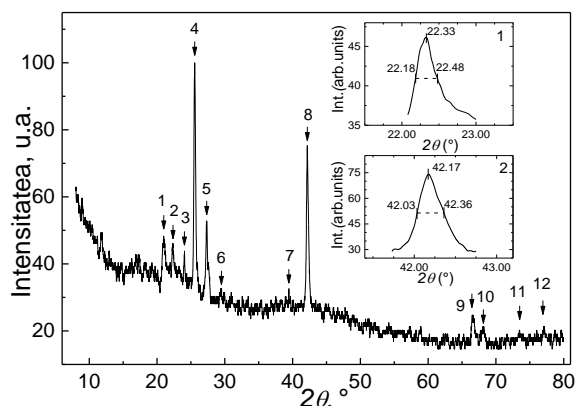


Fig. 1. Difractograma XRD a compusului GaSe intercalat cu Cd la temperatura  $753 \text{ K}$ .

Inset 1 - conturul liniei XRD cu  $2\theta = 22,33^{\circ}$  de la planele cu indicii Miller (0 0 6) ale rețelei hexagonale  $\epsilon\text{-GaSe}$ ;

Inset 2 - conturul liniei XRD cu  $2\theta = 42,17^{\circ}$  de la planele cu indicii Miller (2 2 0) ale rețelei wurtzit de CdSe

Semilățimea acestor reflexe XRD este de  $5,18 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$  și  $5,72 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ , din care se obțin dimensiunile medii ale cristalitelor de  $\sim 30 \text{ nm}$  pentru compusul GaSe și, respectiv  $\sim 34 \text{ nm}$  pentru CdSe. Parametrii rețelei hexagonale a cristalelor GaSe calculați după unghiurile  $2\theta$  ale planelor cu indicii Miller (0 0 4), (2 0 2) și (0 0 12) sunt  $a = 3.756 \text{ \AA}$ ;  $c = 15.863 \text{ \AA}$ .

Prin intercalarea lamelor de GaSe cu Cd, după cum se vede din difractograma XRD prezentată în Fig. 1 și Tab. 1, se formează un compozit alcătuit din microcristale de CdSe și GaSe.

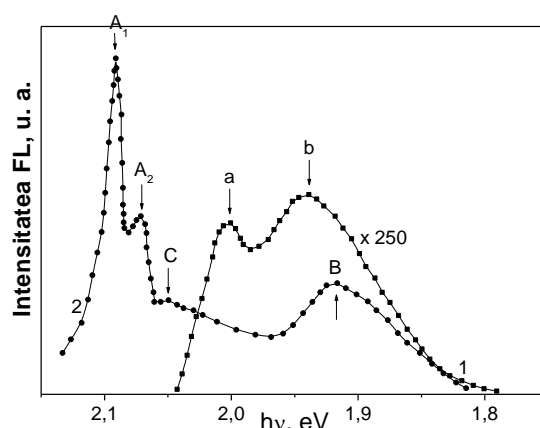


Fig. 2. Spectrele de fotoluminescență ale cristalelor  $\epsilon\text{-GaSe}$  la temperatura  $300 \text{ K}$  (curba 1) și la temperatura  $78 \text{ K}$  (curba 2). Excitare cu  $\lambda = 337,4 \text{ nm}$ , densitatea energetică  $\sim 100 \text{ mW/cm}^2$

La excitarea suprafeței (1000) a lamei monocristaline GaSe cu radiația  $\lambda=337,4$  nm (densitatea pe suprafață  $\sim 100\div 160$  mW/cm<sup>2</sup>) are loc emisia luminescentă (FL) de intensitate mică în regiunea roșie a spectrului (fig.2, curba 1).

Banda de emisie la această temperatură este compusă din două subbenzi, una „a” cu contur îngust cu maxim de intensitate la  $h\nu_1=2,0$  eV și alta „b” cu contur larg și maxim la  $h\nu_2=1,94$  eV. Energia maximului de intensitate a benzii FL de margine ( $h\nu_1$ ) coincide cu maximul de margine a distribuției spectrale a coeficientului de absorbție, particularitate de natură excitonică [14].

Corelația bună dintre spectrele de absorbție și spectrul FL din fig. 2 (curba 1) admite că banda „a” ( $h\nu_1=2,0$  eV) corespunde emisie luminescente a excitonilor direcți ( $n=1$ ). Dacă admitem că în intervalul de temperaturi  $78\div 300$  K energia de legătură a excitonilor direcți ( $R=20$  meV) nu depinde de temperatură, atunci lățimea benzii interzise directe la  $T=300$  K este  $E_a=2,025$  eV. Mult mai bogat este spectrul FL la temperatura 78 K. La micșorarea temperaturii de la cameră pînă la 78 K, intensitatea luminescenței se mărește cu mai mult de 200 ori (fig.3, curba 2). Totodată banda de margine odată cu deplasarea spre energii mari cu  $\sim 87$  meV se descompune în două subbenzi  $A_1$  ( $h\nu_1=2,092$  eV) și  $A_2$  ( $h\nu_2=2,072$  eV). Structura spectrului de emisie FL la  $T=80$  K în regiunea marginii benzii fundamentale este bine studiată în [15]. Linia de emisie FL a excitonilor direcți liberi la temperatura 80 K corespunde energiei 2,098 eV.

Așadar, putem considera că banda de margine  $A_1$  se obține în rezultatul emisie luminescente a excitonilor direcți localizați cu energia de legătură de  $\sim 6$  meV. Linia  $A_2$  cu energia 2,072 eV o putem considera ca prima repetare fononică a excitonilor direcți cu emisia fononului  $\sim 24$  meV. De asemenea, pragul C ( $h\nu_3=2,047$  eV) se interpretează ca emisia FL a excitonilor indirecti cu emisia fononului  $\sim 14$  meV. După cum se vede din comparația curbelor 1 și 2 din fig. 3, la micșorarea temperaturii de la 300 K la 78 K banda „b” slab se deplasează spre energii mici, amplificându-se substanțial după intensitate.

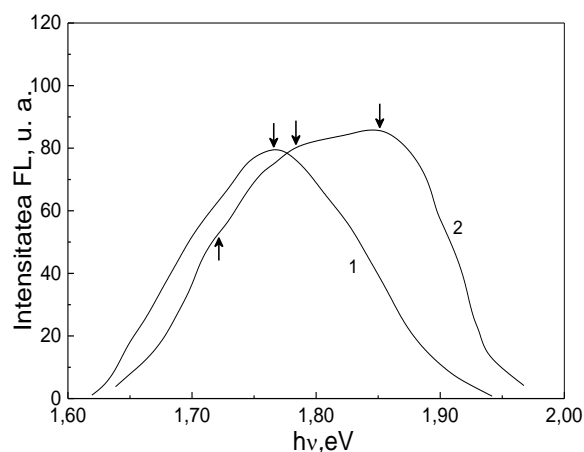


Fig. 3. Spectrele de fotoluminescență la temperatura 78 K a compozitului CdSe-GaSe obținut prin tratament termic al plăcilor de GaSe în vapori de Cd la temperatura 833 K, timp de 20 ore (curba 1) și la temperatura 300 K (curba 2)

Dinamica modificării intensității benzilor „b” și B poate fi interpretată dacă admitem că acestea se obțin în rezultatul recombinării luminescente donor-acceptor.

Pentru comparație analizăm spectrele de FL a compozitului CdSe-GaSe, obținut prin tratament termic a plăcilor GaSe în vapori de Cd și a compozitului obținut prin intercalare electrochimică din soluție de 5% de CdCl<sub>2</sub>.

Spectrul de FL La temperaturile 298 K și 78 K, al microcompozitului GaSe-CdSe obținut prin intercalare cu Cd la temperatura 853 K, conține atât banda impuritară caracteristică pentru GaSe (1,846 eV), cât și banda de emisie a compusului CdSe cu maxim la 1,72 eV ( $T=300$  K) și 1,79 eV ( $T=78$  K). De asemenea, la  $T=78$  K se observă o alungire a spectrului de PL pînă la  $\sim 1,65$  eV.

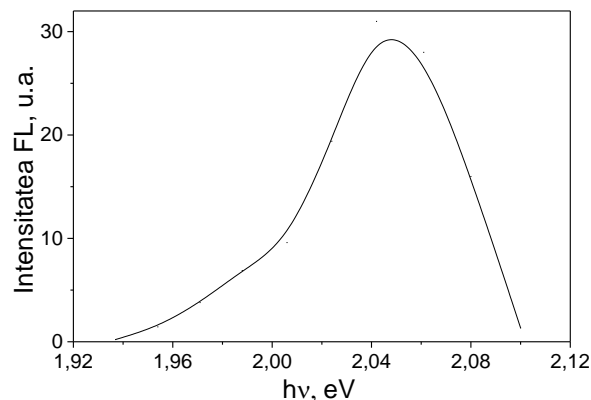


Fig. 4. Spectrul de fotoluminescență la temperatura 80 K a monocristalului de GaSe intercalat cu Cd din soluție de CdCl<sub>2</sub>, timp de 40 min

Suprafața plăcilor de GaSe supuse intercalării electrolitice rămîne fără schimbări pronunțate, necătînd la faptul că grosimea plăcilor se mărește cu  $\sim 30\%$  față de plăcile primare. Fotoluminescența a fost înregistrată de la suprafața (0001) a plăcilor GaSe intercalate cu ioni  $\text{Cd}^{2+}$  la temperatura 80 K (fig.4).

Straturile de ioni și atomi neutri de Cd, după cum se vede din fig. 4, ecranează legăturile excitonice, fapt care se manifestă prin absența benzii A (fig. 2) din spectrele FL a eșantioanelor de GaSe primare. Totodată, se modifică forma conturului benzii donor-acceptor caracteristică pentru fotoluminescența cristalelor GaSe nedopate, prin faptul că maximul benzii FL bine corelează cu lățimea benzii interzise a tranzițiilor optice indirecte (2,055 eV). Banda de FL a compozitului GaSe: $\text{Cd}^{2+}$  bine se descompune în două curbe elementare (gaussieni) cu maxim la 2,050 eV și 1,990 eV (fig. 5).

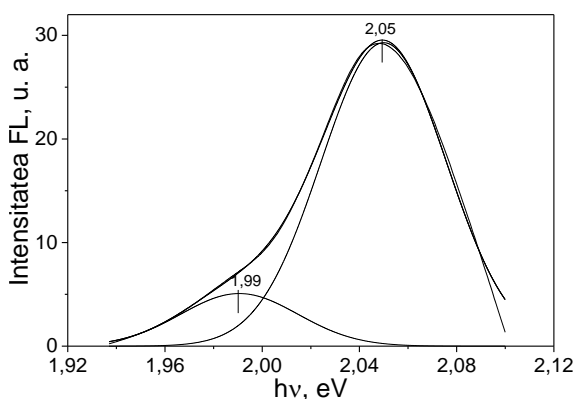


Fig. 5. Structura benzilor FL cu maxim la energia 2,05 eV

Banda FL cu maxim la 2,050 eV energetic coincide cu banda monofonică de emisie a excitonilor indirecti [16].

Cd dopat în GaSe în cantități de la 0,01 % at pînă la 1,0 % at, creează în banda interzisă a cristalelor GaSe două tipuri de nivele acceptoare cu energia 0,13 eV și 0,18 eV de la maximul benzii de valență în centrul zonei Brillouin [17]. La temperatura 80 K lățimea benzii interzise a compusului GaSe este egală cu 2,118 eV [18]. Privind la acești parametri, energetici (lățimea benzii interzise și energia nivelului acceptor), putem conchide că ionii  $\text{Cd}^{2+}$  implementați între planele

atomare de Se a două împachetări elementare (se-Ga-Ga-Se) megieșe sînt în stare liberă și nu modifică diagrama energetică a stărilor energetice din banda interzisă a compusului GaSe. Din diagrama schematică a nivelelor energetice în GaSe la 80 K [18], clar rezultă că în materialul studiat, odată cu banda de emisie a excitonilor indirecti care formează banda de emisie FL, dominantă (fig.5), are loc și anihilarea radiativă a excitonilor indirecti localizați, care formează banda de emisie FL cu maxim la 1,990 eV. Energia de legătură a excitonilor indirecti este egală cu 0,103 eV. Menționăm, că energii de legătură a excitonilor indirecti de ordinul 0,103 eV se obțin și în cristalele GaSe dopate cu Cu, în procesul de sinteză și de creștere a monocristalelor GaSe:Cd [18]. Astfel putem considera de ioni  $\text{Cd}^{2+}$  intercalați între împachetările stratificate Se-Ga-Ga-Se ecranează legăturile excitonilor directi (cu energia de legătură 21 meV), dar stimulează legarea perechilor electron-gol în punctul M al zonei Brillouin. Ecranarea efectivă a excitonilor directi de către ionii de Cd intercalați între împachetările elementare este datorată faptului, că raza excitonilor directi în GaSe este de ordinul a cîtorva ( $\sim$  trei împachetări) împachetări elementare, iar raza Bohr a excitonilor indirecti în GaSe este de ordinul a 6 Å, mărime care bine se încadrează în dimensiunile unei împachetări stratificate Se-Ga-Ga-Se.

## CONCLUZII

- microcristalitele de CdSe cresc preponderent pe direcția perpendiculară la suprafața naturală (0 0 0 1) a lamei de GaSe;
- formațiunile obținute prin microstructurarea lamelor GaSe și prin formarea compusului CdSe în micro- și nanoparticule, ecranează legăturile electron-gol (excitonul) în cristalele GaSe, dar stimulează FL excitonilor indirecti. Spectrele FL a compozitului microcristalin GaSe-CdSe este compus din benzile de emisie a excitonilor indirecti în cristalitele de GaSe și din banda de emisie recombinatorie în cristalitele CdSe;
- ionii  $\text{Cd}^{2+}$  nu modifică structura cristalină a plăcilor monocristaline de GaSe în care au fost intercalați, dar efectiv ecranează



legăturile excitonilor direcți cu raza mult mai mare decât grosimea împachetărilor elementare;

- spectrul de FL al nanocompozitului obținut prin intercalare electrochimică a ionilor  $Cd^{2++}$  în spațiul Van-der-Waals, conține benzile de emisie nonfononică ale excitonilor indirecti liberi și localizați.

### BIBLIOGRAFIE

1. Crystallography and Crystal Chemistry of Materials with Layered Structure, ed. by F. Levy, D. Reidel Publ. Company, Dordrecht-Holland/Boston, USA, 372 p. (1976).
2. V. G. Voevodin, O. V. Voevodina, S. A. Bereznaia, Z. V. Korotcenko, N. C. Fernelius, S. T. Goldstein, A. N. Morozov, S. Yu. Sarkisov. *Optical Materials*, 26, pp. 495-499 (2004)
3. K. L. Vodopyanov, L. A. Kulevskii. *Optics Communic.* 11, pp. 375-378 (1995)
4. Depeursinge, Y; Depeursinge, C. *Journal of Physics C: Solid State* 12, pp. 4851-4856 (1979)
5. Le Toullec R., Piccioli N., Chervin J.C. (1980). *Phys. Rev. B.* 22, pp. 6162-6170 (1980).
6. Кязым-заде А.Г., Агаева А.А., Салманов В.М., Мохтари А.Г. *ЖТФ* 77 (12), pp. 80-82 (2007).
7. L. Yan-Zhao, W. Xin-Bing, M. Liang, Z. Du-Luo, C. Zu-Hai. *Chin. Phys. Lett.* 28 (3), 034201 (2011).
8. A. Kuhn, R. Chevalier, and A. Rimsky. *Acta Crystallogr.* 31, pp. 2841-2842 (1975)
9. C. M. Julien, *Mater. Sci. Engin.*, R40 (2), pp. 47-102 (2003).
10. B. Gürbulak, M. Yildirim, S. Tüzemen, H. Efeoğlu and Y. K. Yoğurtçu. *J. Appl. Phys.* 83, pp. 2030-2034 (1998).
11. Yu-Kuei Hsu, Chen-Shiung Chang and Wen-Feng Hsieh. *Jpn. J. Appl. Phys.* 42, pp. 4222-4225 (2003).
12. S. Shigetomi, T. Ikari, H. Nakashima, *J. Appl. Phys.* 73 (9), pp. 4686-4688 (1993)
13. S. Shigetomi, T. Ikari and H. Nakashima. *J. Appl. Phys.* 80 (8), pp. 4779-4781 (1996)
14. A. Seyhan, O. Karabulat, B.G. Acmoglu, B. Astan, and R. Turan, *Cryst. Res. Technol.* 40/9 (2005) 893.
15. A. Kuhn, R. Chevalier, and A. Rimsky, *Acta Crystallogr.* 31 (1975) 2841.
16. V. Capozzi. *Phys. Rev. B* 23 (2), pp. 836-840 (1981).
17. S. Shigetomi, T. Ikari, H. Nishimura. *J. Appl. Phys.* 69 (11), pp. 7936-7938 (1991).
18. V. Capozzi and Minafra A. *J. Phys. C: Solid State Phys.* 14(29), pp. 4335-4346 (1981).

Prezentat la redacție la 7 mai 2015

## EXTREME LIGHT INFRASTRUCTURE – NUCLEAR PHYSICS (ELI-NP) PROJECT AND RESEARCH PROGRAM

Negoită F.\*

ELI-NP/IFIN-HH, 077125 Bucharest-Măgurele, Romania

\*e-mail: [negoita@nipne.ro](mailto:negoita@nipne.ro)

An overview of ELI-NP facility under construction and the parameters of its two main machines, the High-Power Laser System (HPLS) and the Gamma Beam System (GBS), are presented along with the broad fundamental and applied research program they will enable. More details are given for the high-power laser driven nuclear physics experiments and the instrumentation required by them.

Keywords: high power laser, gamma beam, nuclear physics, nuclear astrophysics.

Sunt prezentate facilitatea ELI-NP aflată în construcție și parametrii celor două principale instalații ale sale, Sistemul Laser de Mare Putere și Sistemul pentru Fascicul Gamma, împreună cu programul larg de cercetări fundamentale și aplicative pe care acestea îl deschid. Mai multe detalii sunt date privind experimentele de fizică nucleară bazate pe laseri de mare putere și instrumentația necesară acestora.

Cuvinte-cheie: laseri de mare putere, fascicul gamma, fizică nucleară, astrofizică nucleară.

### INTRODUCTION

ELI-NP [1] project will create in Măgurele, Romania a new European laboratory aiming to investigate a very broad range of science domains, from new fields of fundamental physics, new nuclear physics and astrophysics topics, to applications in material science, life sciences and nuclear materials management. It is one of the three pillars of Extreme Light Infrastructure (ELI), a large-scale laser-centered, distributed pan-European research infrastructure, involving beyond the state-of-the-art ultra-short and ultra-intense laser technologies. While the Romanian pillar is focused on nuclear physics, the ELI-

Beamlines [2] facility in Czech Republic is dedicated mainly to secondary (X-ray, electron, proton) sources and ELI-ALPS [3] in Hungary is devoted to generation and applications of ultrashort pulses down to attosecond duration.

ELI-NP is a complex facility which will host two machines of extreme performances:

- a very high intensity laser system with two arms of 10 PW each and a repetition rate of 1 pulse per minute
- a very intense ( $4 \times 10^4 \gamma/s/ev$ ), brilliant  $\gamma$  beam, 0.5% bandwidth, with variable energy up to  $E_{\gamma}^{\max} = 19.5 \text{ MeV}$ .

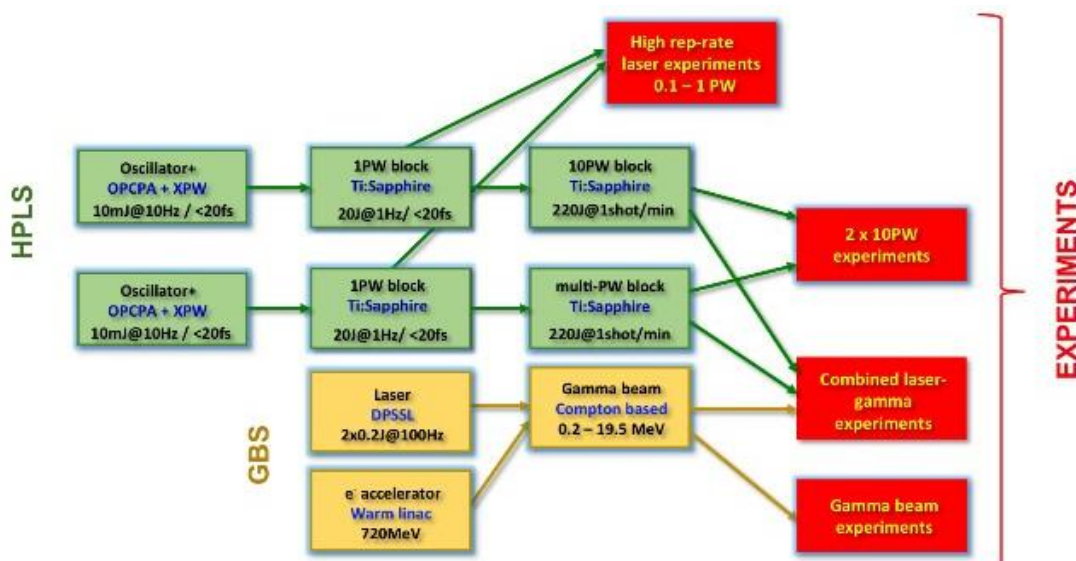


Fig. 1. Block diagram of the ELI-NP facility. Notations are explained in the text



The scientific program at ELI-NP has been defined with contribution of a broad international community, initially in the form of ELI-NP White Book [4] and recently

elaborated within ELI-NP Technical Design Reports [5] together with experimental instrumentation needed for the proposed studies.

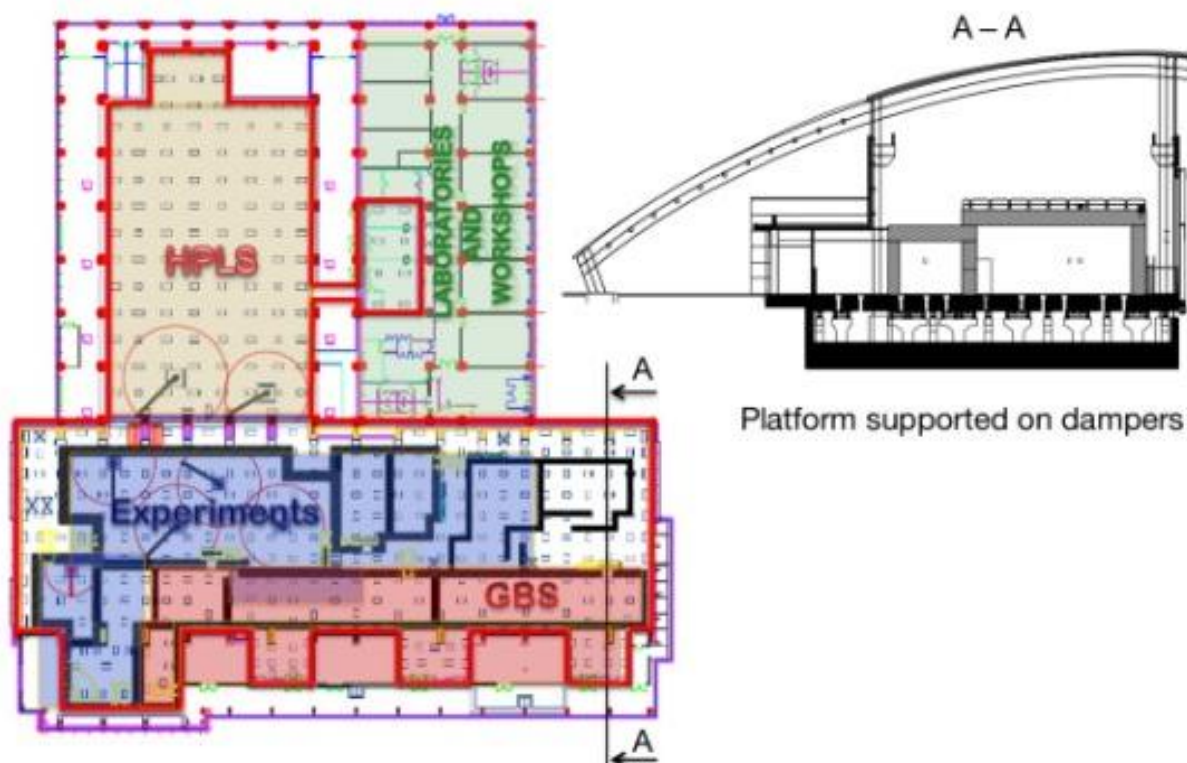


Fig. 2. The layout of ELI-NP experimental building and space allocation for various systems and activities. The approximate dimensions are 135 m  $\times$  120 m

### ELI-NP FACILITY OVERVIEW

In the Figure 1 the concept of the ELI-NP facility is presented as a block diagram. The layout of experimental building is shown in the Figure 2. Other buildings for offices, guesthouse, conference hall, and cafeteria will complete in a modern design the ELI-NP site.

The high power laser system is currently built by French company Thales. At Front End level, above 10 mJ energy pulse at 10 Hz repetition rate, with large bandwidth and high temporal contrast of  $10^{12}:1$  are achieved starting from a Ti:Sapphire oscillator and employing XPW (cross-polarized wave) filtering [6], OPCPA (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification) and other technologies. In order to increase the system availability two Front End modules are foreseen, working one at once. Each can feed two parallel Ti:Sapphire amplification chains increasing the pulse energy to more than 200 J and producing, after temporal compression, two synchronized 10 PW pulses

with repetition rate as high as one pulse per minute. Outputs from intermediary amplification stages can be compressed to deliver two 100 TW or 1 PW pulses, at 10 Hz or 1 Hz, respectively.

The High-Power Laser System (HPLS) will be installed in a clean room with surface of more than 2500 m<sup>2</sup>, excluding the adjacent technical corridors. Vacuum chambers for all the six compressors mentioned above are placed also in this clean room. As the 10 PW laser beam has a diameter of more than 50 cm, large diameter vacuum tubes are further used to distribute the laser pulses in different interaction chambers installed in the experimental area marked in blue in Figure 2.

The Gamma Beam System (GBS), currently being built [7] for ELI-NP by EuroGammaS Consortium, is based on Compton inverse process, the high energy  $\gamma$ -rays being produced by scattering of visible photons (515 nm wavelength) off the high energy electrons accelerated by (warm) linear accelerator. Laser pulses of picosecond

duration with energy in 100's of mJ range and repetition rates of 100 Hz are generated by a Diode Pumped Solid-State Laser (DPSSL). They are collided with electron pulses of up to 720 MeV energy originating from a photo-gun driven synchronously by another similar laser system converted to shorter (ultra-violet) wavelengths. Thus,  $\gamma$ -rays with tunable energy up to 19.5 MeV are produced. As the energy of the  $\gamma$ -rays depends on the scattered angle, adequate collimation allows to select only highest energies produced at a given electron energy with a resolution of  $\Delta E_\gamma/E_\gamma$  (RMS) = 0.5% and a spectral density of about  $10^3$  ph/eV/sec. These figures are determined by both laser pulses and electron bunches quality in terms of divergence, emittance, bandwidth, energy/charge, etc., integrating the results of several state-of-the art technologies in laser and accelerator science. In order to increase the photon number, a recirculation of the laser pulse at the interaction point is provided by multi-pass reflective optics and similar temporal structure of accelerated electron bunches. A gain factor of up to 32 can be obtained, resulting a time structure of the gamma beam of 100 macropulses per second each consisting of 32 micropulses (separated by 16 ns) and total flux of about  $10^9$  ph/sec. within FWHM.

The linear accelerator and the interaction point are placed in the area marked as GBS in the Figure 2. As gamma beam cannot be manipulated after production, the experimental room making use of it is positioned in the same direction as the linac. In order to provide some operational flexibility, a second interaction points is foreseen at a mid-point along the accelerator followed by a translation of few meters of acceleration direction. Here up to 3.5 MeV  $\gamma$ -ray will be produced with similar flux and bandwidth as at high energy interaction point.

Both HPLS and GBS, as well as experiments using HPLS, have to be operated in very demanding environments. First, low vibration condition is achieved by installing all the equipment on a thick concrete platform supported by dampers and decoupled from the rest of the building (see vertical section view in Figure 2). The stability of the air temperature is important not only for laser

rooms where the pulses are propagating in air, but also in all other areas since the temperature drifts implies dilatations and deformations changing the optical paths which should be kept constant at micrometer level. Therefore a strong HVAC (heating, ventilation and air conditioning) system is installed at ELI-NP powered by an impressive network of geothermal heat pumps.

Safety and Radioprotection have been integrated in all the relevant aspects of the building and equipment design. The pulsed and mixed radiation fields expected at ELI-NP have imposed specific calculations and detector systems for area monitoring. The uncertainties in radiation fields that will be generated by high power laser pulses are large because no simple extrapolation can be made from the existing measurements at 1 PW level to unprecedented 10 PW level. Consequently conservative radiation source terms have been taken as starting point in shielding calculations. Additionally, high power laser interaction with mater is expected to generate Electromagnetic Pulses (EMP) of high amplitude in the frequency range of 10 MHz – 30 GHz, which may affect humans or equipment. Again, a full range of protective measures have been integrated in the building and equipment design to assure that EMP outside experimental area are attenuated by more than 60 dB.

## HIGH POWER LASER EXPERIMENTS

The laser pulses delivered by HPLS are distributed in five experimental rooms (areas). These rooms and the main equipment installed in this area are shown in the Figure 3.

The E1 area is devoted to laser driven nuclear physics experiments, its interaction chamber will enclose focusing mirrors of the two 10 PW beams in various configurations with options to bring in also the 1 PW pulses at higher repetition rate. Details on physics cases to be addressed in E1 area and experimental equipment to be installed here will be presented further below.

The E6 experimental area will be used mainly for laser wakefield electron acceleration using a long focal length

parabolic mirror and probing the high field created by tightly focusing the second 10 PW beam. Although the Schwinger field  $E_S = 1.31 \times 10^{18}$  V/m required for spontaneous electron-positron pair creation out of the vacuum requires a laser intensity of  $2.3 \times 10^{29}$  W/cm<sup>2</sup>, which is still far beyond reach, several high-field QED processes will be accessible at ELI-NP at expected laser intensities of  $10^{22}$ – $10^{23}$  W/cm<sup>2</sup>. The use of solid target will allow to study the same phenomena in a high-density but lower energy regime of accelerated electrons. A large electron-spectrometer is proposed for up to 40 GeV electrons together with an adapted

beam dump. Other diagnostics are requested for: gamma-rays, electrons and positrons, protons and ions, plasma characterization, as well as for laser beam parameters

The two 10 PW pulses are also sent in the E7 where the high intensity laser field can be probed with gamma beam or high quality electron pulse delivered by the linear accelerator. Radiation reaction, electron-positron pair production in tunneling regime, vacuum birefringence and polarization properties of emission field in strong laser fields are other types of experiments proposed in this area [8]. Some other will be discussed in the end of next section.

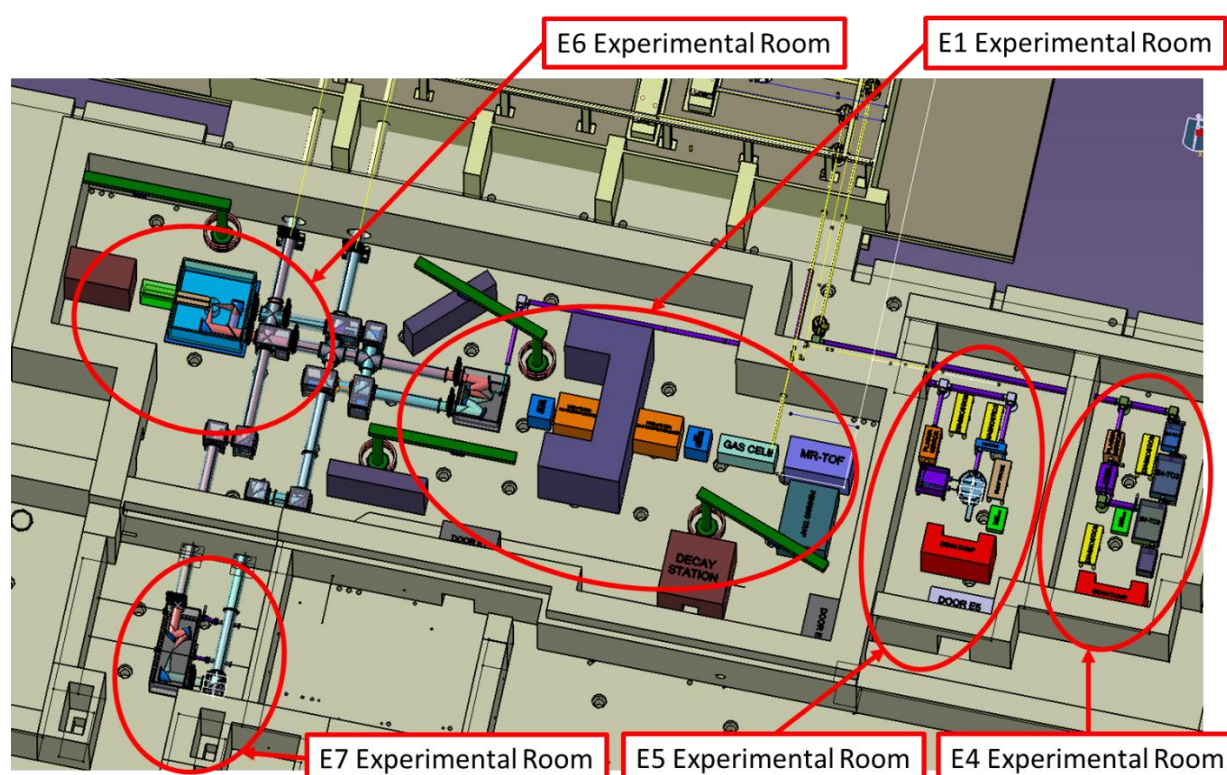


Fig. 3. The 3D model of high-power laser experimental rooms and associated equipment

The intermediary outputs of 1 PW and 0.1 TW are sent in the E5 and E4 experimental rooms, respectively. In E5 area, existing and future optimization of ionizing radiation production at 1 PW level will be used to study the mixed field short duration and high intensity pulses irradiation effects on materials. Laser induced shock acceleration will complete the type of extreme condition that can be created in E5 area for testing materials such as:

- accelerator components
- electronics for space science

- material science research (surface and volume modification, nanotechnology)
- biomedical samples (radiation effects on cells, tissues, organisms)
- radiation detectors
- optical components

E4 area is intended to be used for new diagnostics and measurement methods development. Also, high repetition (10 Hz) of 100 TW may be very convenient for some studies demanding acceleration at moderate energies and searching for low cross section reactions. Another type of studies proposed in

E4 is the search for dark matter and sub-eV particles, associated with breaking of fundamental symmetries in the context of particle physics and cosmology, through multi-color quasiparallel photon collisions [9-11].

In the remaining of this section we will focus on E1 experimental area. The proposed nuclear physics studies will take advantage mainly by high density of laser accelerated particle bunches, one of the parameters exceeding by order of magnitudes the values currently available in accelerator facilities. At intensities approaching  $10^{23}$  W/cm<sup>2</sup> achievable at ELI-NP, the dominance of RPA (Radiation Pressure Acceleration) mechanism for ion acceleration over TNSA (Target Normal Sheath Acceleration) is expected [12]. Especially in the “light sail” regime of RPA, quasi-neutral quasi-monoenergetic bunches with solid state density are predicted opening up the possibility for interaction between unstable reactions products, which is exploited in the proposed fission-fusion scenario [13] to access the region of neutron rich N~126 nuclei. This region of nuclear chart represents a waiting point in astrophysical r-process and therefore is very important in understanding the nucleosynthesis of heavy elements. A staged approach is taken into consideration: *i*) demonstrate the RPA for very heavy ions up to Thorium, *ii*) induce fission reactions in enough high density to produce fusion of fission products, *iii*) separate the nuclei of interest using electromagnetic spectrometers, *iv*) measurement of their  $\beta$ -decay properties in a decay station, *v*) measurement of masses with high accuracy devices, for example a Multi-Reflection Time-of-Flight (MR-TOF) Mass Spectrometer [14] or a Penning Trap [15,16]. Each of these devices are shown in Figure 3. The C shape big item represents the beam-dump required for energetic protons that can be created in high intensity laser interaction with solid target due to their surface contamination with hydrogenated volatile compounds present in the residual vacuum inside interaction chamber.

Another type of nuclear studies aims to measure the cross section for nuclear reactions of astrophysical interest in hot

plasma conditions similar, to some extent, to stellar environments. Indeed, screening effects due to electrons around nuclei are changing the cross section compared to the case of bare nuclei [17], however nuclear reactions cross sections were not measured in plasma conditions. Such plasma target can be created by laser pulses in gas target at various densities. A second laser pulse incident on a solid target could produce a high intensity bunch of accelerated ions inducing reactions before the expansion of plasma target. This scheme is proposed in E1 in order to benefit of high energy of uncompressed laser pulses but it could be done also at higher repetition rate with 0.1 PW pulse in E4 area, because the energies relevant for astrophysics are low.

Hot and dense plasma conditions are modifying not only nuclear reaction cross sections, but also the lifetime of nuclear states and other observables. Changes with factors as high as to  $10^9$  are predicted [18] for example in the case of <sup>26</sup>Al lifetime for plasma temperature range from 0.15 GK to 0.4 GK. A large number of mechanisms could be responsible for such modifications: photoexcitation, electron inelastic scattering, internal conversion and its inverse process called Nuclear Excitation through Electron Capture (NEEC), or resonant process between nuclear transition and atomic transitions called bound internal conversion and respectively Nuclear Excitation through Electron Transitions (NEET). However the NEEC process has never been observed while NEET was measured only in normal (cold target) conditions [19-21].

In some cases nuclear isomeric states with long lifetime can be excited to upper excited states decaying much faster to ground state and releasing the energy [22], an effect with possible application in high density energy storage and release on demand. To study such cases, the nuclear states of interest are proposed to be produced in the reactions induced by laser accelerated nuclei and then plasma will be created by a second laser pulse.

Special gamma detectors capable to measure in-situ the gamma ray emitted by nuclear states as soon as possible after the laser shot are currently under development.



Among the applications foreseen to be developed here using high power laser we can mention the high energy neutron generation for imaging, and carbon acceleration for hadron therapy.

The design of E1 vacuum interaction chamber that should host several configurations of focusing optics with large dimensions as well as many types of detectors and diagnostics is shown in Figure 4. It has an inside volume of about 24 m<sup>3</sup>.

The optical table supporting the focusing optics and the target system is directly connected to the anti-vibrational floor and decoupled with bellows from the vacuum enclosure.

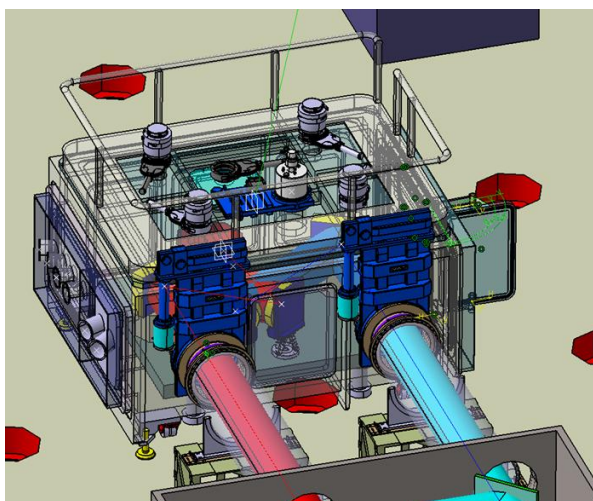


Fig. 4. The E1 Interaction chamber design. The two laser beams are shown in red and blue

In order to minimize the number of venting-pumping cycles, especially in case of solid targets that are destroyed at each laser shot, a target exchange system is foreseen to be installed on top of chamber.

It can be also used for insertion/extraction of passive diagnostics such as Radiochromic Films (RCF) or Image Plates (IP) that can give very valuable information additionally to active diagnostics which are more adapted for high repetition rate laser experiments.

## GAMMA BEAM EXPERIMENTS

Nuclear physics program addressed by high intensity gamma beams at ELI-NP is very broad. For energies below the nuclear separation energy, the absorbed photon is re-

emitted with same energy or a smaller. This process, called Nuclear Resonance Fluorescence (NRF), gives access to a multitude of information on studied nuclei:  $\gamma$ -ray transition energies, level energies, angular momentum quantum numbers, parity quantum numbers, resonant photon scattering cross sections, level lifetimes and decay widths,  $\gamma$ -decay branching ratios,  $K$ -quantum numbers, transition multiplicities and multipole mixing ratios, monopolar partial decay widths, and monopolar reduced transition rates. They will help collecting new nuclear structure data and understanding various phenomena: scissors mode in nuclear, parity violation, study of pigmy dipole resonance (PDR), dipole response and parity measurements in low abundance isotopes. For applications, an energy-tunable and quasi-monochromatic  $\gamma$  beam makes possible to detect and measure non-destructively any isotope in a material using NRF, due to the fact that the energy levels and  $\gamma$  transitions are unique isotopic fingerprints. This a key technology for nuclear industrial applications such as management of radioactive wastes, nuclear material accounting and safeguards, analysis of spent nuclear fuel and others.

At higher  $\gamma$ -ray energies, photonuclear reactions with particle (neutrons, protons or other charged particle) emission will be possible to be studied at ELI-NP with accuracy beyond any other existing  $\gamma$ -ray beam facility. Highly relevant for nuclear astrophysics, these studies are also important for understanding nuclear phenomena as Giant Dipole Resonance (GDR) or clusterization. The proposed studies of photofission of actinide targets will allow to get information both on fission products and on the fission process itself: fine structure of cross section resonances in relation with predicted super- and hiper-deformed states (before fission), ternary fission channels, etc.

Another type of application related to gamma beam is the production of a positron beam. Expected positron beam intensity is  $2 \times 10^6$  e<sup>+</sup>/sec. generated by an intense  $\gamma$ -beam of  $2.4 \times 10^{10}$   $\gamma$ /sec. with energies up to 3.5 MeV. In applied physics studies of Fermi-surfaces, defects, interfaces etc. positrons offer excellent diagnostics tools. Using fully

circularly polarized  $\gamma$ -beam we aim to obtain an intense, polarized positron beam with a polarization degree of 31-45%. Thus, the beam will have the world highest intensity of polarized positrons for material science studies and therefore it will become a unique tool for the investigation of magnetic samples.

## CONCLUSION

ELI-NP project, currently under implementation in Romania, will create a unique open access laser facility offering to the international user community unprecedented light sources starting with 2019. While centered on nuclear physics research and applications, the 2x10 PW laser system and the high intensity 20 MeV  $\gamma$  beam of ELI-NP will be used also for research in many other domains such as material science, life science, strong-field quantum electrodynamics or astrophysics.

## BIBLIOGRAPHY

1. <http://www.eli-np.ro>
2. <http://www.eli-beams.eu>
3. <http://www.eli-hu.hu>
4. ELI-NP WhiteBook, <http://www.eli-np.ro/documents/ELI-NP-WhiteBook.pdf>
5. <http://www.eli-np.ro/2015-tdr-final/>
6. Jullien A. et al, Appl. Phys. B 102, 769 (2010)
7. Adriani O. et al., Technical Design Report; EuroGammaS proposal for the ELI-NP Gamma beam System, arXiv:1407.3669v1 [physics.acc-ph].
8. Seto K., Prog. Theor. Exp. Phys 2015, 023A01 (2015).
9. Tajima T. and Homma K., Int. J. Mod. Phys. A vol. 27, No. 25, 1230027 (2012).
10. Homma K., Habs D., Tajima T., Appl. Phys. B 106:229-240 (2012).
11. Homma Kensuke, Hasebe Takashi, Kume Kazuki, Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 083C01.
12. Robinson A.P.L. et al., New J. Phys. 10 (2008) 013021.
13. Habs D. et al., Appl. Phys. B 103 (2011) 471.
14. Plass W.R. et al., Nucl. Instr. Phys. Res.. B 266 (2008) 4560.
15. Block M. et al., Eur. Phys. Jour. A 25 (suppl. 1) (2005) 49.
16. Mukherjee M. et al., Eur. Phys. J. A 35, 1-29 (2008).
17. Salpeter E.E., Australian Journal of Physics 7(3) (1954) 373.
18. Coc A. et al., Phys. Rev. C 61, 015801, 1999.
19. Kishimoto et al., Phys. Rev. Lett, 85, 1831 (2000).
20. Ahmad et al., Phys. Rev. C, 61, 051304 (2000).
21. Kishimoto et al., Nucl. Phys. A, 748, 3 (2005).
22. Gosselin G., Méot V., and Morel P., Phys. Rev. C 76, 044611 (2007).

Prezentat la redacție la 04 mai 2015

UDC: 621.315.592

## MICROSCOPY AND MOSSBAUER STUDIES OF IRON STATES IN DOPED GALLIUM ANTIMONIDE

Turtă C.<sup>1</sup>, Teodorescu V.<sup>2</sup>, Mihălache A.<sup>3\*</sup>, Gheorghiuță E.<sup>3</sup>, Volodina G.<sup>4</sup>, Filoti G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemistry, Academy of Sciences of Moldova, MD 2028 Chisinau, Academiei str. 3, Republic of Moldova

<sup>2</sup>National Institute of Materials Physics, Atomistilor str. 105 bis, P.O.Box MG-7, Ro-077125, Bucharest, Măgurele, Romania

<sup>3</sup>Tiraspol State University, Moldova, MD 2069 Chisinau, Gh. Iablocichin str. 5, Republic of Moldova

<sup>4</sup>Institute of Applied Physics, Academy of Sciences of Moldova, MD 2028 Chișinău, Academiei str. 5, Republic of Moldova

\*e-mail: [alexei.mihalache@gmail.com](mailto:alexei.mihalache@gmail.com)

A single crystal of gallium antimonide doped with 3 at.% <sup>57</sup>Fe was obtained via the Czochralski method. The Mössbauer investigations revealed four iron patterns - one diamagnetic and three Fe magnetically ordered sites, even at room temperature. The data suggested that iron containing compounds are formed at grain boundaries and the microscopy images revealed the presence of two types of boundaries and holes of different shape and size. The EDX spectrum provided different amounts of Fe in the crystal (GaSb) and, respectively, at the boundary area.

Keywords: gallium antimonide, iron-57, Mössbauer spectra, microscopy investigation

Monocristale omogene de antimonidul de galiu dopat cu izotopul de <sup>57</sup>Fe au fost crescute prin metoda zonei topite. Măsurătorile spectrelor Mössbauer la temperatura camerei demonstrează prezența a patru stări distincte a nucleelor de Fe. În cristalele GaSb dopat cu Fe se formează o fracție cu proprietăți magnetice bine pronunțate cu compoziția FeGa<sub>3</sub>. Această fracție se formează preponderent la frontiera dintre dislocații și defecte a rețelei cristaline.

Cuvinte-cheie: antimonidul de galiu, izotop-57, Spectrul Mössbauer, investigația microscopică

### INTRODUCTION

Gallium antimonide (GaSb) is one of binary group's semiconductors with narrow energy bandwidth, low electron effective mass and high mobility. It is a material with crystal lattice and adequate parameters of semiconducting properties suitable for building optoelectronic devices in the range from 0.8 to 4.3 μm. [1-3]. The influence of doping elements belonging to the 3d transitional metals Fe, Ni, Cr, Mn in the binary semiconductors, for instance, the gallium antimonide, on the new physical properties is of high relevance. Among other trends of a special interest is to obtain magnetic materials with polarized electrons in a high spin state, called dilute magnetic semiconductor (DMS) [4]. The most obvious advantage of these materials consists in the possibility to realize magnetic storage information with electronic readout in a single semiconductor device. As was demonstrated in [5] the spin injection may be carried out

when electrochemical potentials in the ferro-magnets will be split and the resistance of the ferro-magnet is of comparable magnitude to the contact resistance. Thorough studies of the Fe-Ga system function on the components' ratios and temperature resulted in the publication of the alloys state diagram where are indicating the stable intermetallic compounds and their compositions [6, 7]. The main intermetallic substances obtained are: the cubic  $\alpha$ -Fe<sub>3</sub>Ga, Pm 3 m space group, in the range of 20.6 - 26.3 at.% of Ga and has the solidification temperature, T<sub>c</sub> = 588 °C; the hexagonal  $\beta$ -Fe<sub>3</sub>Ga, space group P6<sub>3</sub>/mmc, existing in the limits of 24.3 - 32.0 at.% of Ga and crystallizes between 590 -700 °C; the monoclinic or tetragonal Fe<sub>3</sub>Ga<sub>4</sub> with composition in at.% Ga between 56.5 - 58.0, the space group C2/m has peritectic formation temperature 906 ± 2 °C; the  $\beta$ -Fe<sub>6</sub>Ga<sub>5</sub>, R3m space group, containing ~ 45 at. % of Ga, what exists in the narrower range of temperature 770 - 800

$^{\circ}\text{C}$ ; the  $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$ , with the same composition, which is characterized by C2/m space group and it is stable at temperature lower  $770^{\circ}\text{C}$ ; and finally the tetragonal  $\text{FeGa}_3$  space group P 4 n2.

According to [8,9] the Fe-Sb phase diagram consists of two phases: stoichiometric  $\text{FeSb}_2$  and  $\text{Fe}_{1+x}\text{Sb}$ . The component  $\text{FeSb}_2$  is stable in the limits of 45 – 67 at.% of Sb the temperature lowers  $738^{\circ}\text{C}$ . The space group of mono-crystal is Pnn2 ( $\text{FeSb}_{2-m}$  type structure)[10]. Each Fe atom is situated in interstitial sites of Sb atoms and is surrounded by six Sb atoms, while Sb atom is surrounded by three nearer iron atoms and one antimony atom. The structure of  $\text{FeSb}_2$  doesn't change at lower temperatures (4 -  $80^{\circ}\text{K}$ ), but the quadrupole splitting is changed;  $\text{FeSb}$  is crystalized in the range of 42 – 48 at.% Sb in  $\text{B8}_1$  structure type. The antimony atoms form a hexagonal close packed lattice and iron atoms are situated either in octahedral or tetrahedral interstices [11]. The NiAs-type  $\text{B8}_1$ , the phase  $\text{Fe}_3\text{Sb}_2$  ( $\epsilon$ ), has a homogeneity range of 40-47 at.% Sb with maximum liquids curve at  $1025^{\circ}\text{C}$  [12].

The role of doping atoms in semiconductors could be evidenced via indirect and direct experimental methods. The most ordinary (indirect) methods to investigate the role of doping atoms in a semiconductor host involve measurements of the electrical conductivity, galvanomagnetic effects, photo conductivity, thermo-electrical force etc. These methods, used in the investigation of semiconductor materials, provide the biggest part of information about the role and the state of enclosed atoms in semiconductors. However, the interpretation of data concerning the location of these centres, which can be substitutional, interstitial, and at the limit of the grain or on the vacancy places, requires great caution and finally is based on results obtained by direct methods such as: electronic paramagnetic resonance (EPR), nuclear magnetic resonance (NMR), nuclear quadrupole resonance (NQR), nuclear gamma resonance (Mössbauer spectroscopy, MS), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), perturbed angular correlations (PAC) etc. But these methods are not universal, such as electrical

conductivity or Hall Effect measurements, and therefore, they are applicable to a limited number of semiconductors (containing accessible isotopes the case of NMR and Mössbauer, valence and spin state - EPR) or to a restricted set of impurities enclosed atom present in them. It is well-known the role of electronic paramagnetic resonance spectroscopy method to the justified basics theory of the doped centres in semiconductors [13, 14].

During recent years in specific literature it has been accumulated a significant amount of data on doped centers in Fe-Ga, Fe-Sb systems and semiconductors of III-V type obtained by Mössbauer spectroscopy [15-23]. In [24] there was successfully demonstrated the spin injection at room temperature by introducing of  $\text{Fe}_3\text{Si}$  epitaxial layer into GaAs matrix. This result represents an example of ferromagnetic Heusler alloy ( $\text{Fe}_2\text{FeSi}$ ) which is a case of favorable spin injection. Considering that the solubility of doping semiconductors of III-V type is effectively small, in order to surpass the difficulties, it was chosen to work far from equilibrium by using epitaxial molecular flow (EMF) at low temperatures. For GaAs system the Curie temperature,  $T_c$ , values 60 K [25] and 159 K [26] were obtained. By switching to broadband semiconductors, GaN and ZnO, the values of  $T_c$  were significantly increased. Thus, in [27]  $T_c$  above 740K was obtained by 3% Mn doping in GaN matrix on  $\text{Al}_2\text{O}_3$  support. A theoretical study [28] showed that Cr and Mn dopants in cubic 3C-SiC polytype produce a ferromagnetic solid solution for both C and Si position, exhibiting different magnetic moments. Implantation of Fe in SiC did not lead to magnetic phase, but replacement of silicon (Si) by iron (Fe) (at low concentrations) in hexagonal  $\text{H}_6\text{SiC}$  polytype changed the crystal into a ferromagnetic phase. The electrical and optical properties of specified devices are widely affected by the doping material, which is usually realized by diffusion of desired element in semiconducting crystal [29]. The actual study reports on the grown of a p-type gallium antimonide doped with 3 wt.%  $^{57}\text{Fe}$ , the related optical and TEM images, and a large set of data obtained using  $^{57}\text{Fe}$



Mossbauer spectroscopy, performed at different temperatures (3-295)K.

## MATERIAL AND METHODS

*Sample synthesis:* Amounts of Ga,  $m = 0.6545$  g; Sb,  $m = 1.4250$  g; and  $^{57}\text{Fe}$ ,  $m = 0.0331$  g were loaded into optical quartz ampoule with thick-walls (2 to 3) mm and internal diameter  $\sim 12$  mm. The evacuation of the atmosphere alternates with a few washing cycles with argon. At the residual gas pressure of 10-5 mm Hg the ampoule containing sample was sealed and tightly connected to an electromagnetic vibrator (50 Hz) what assured a homogeneous mixture. Both the ampoule and vibrator were placed inside a tube type furnace. A constant temperature of  $900^{\circ}\text{C}$  was maintained for 24 hours. Afterwards the electrical supply was switched off and a free cooling of the furnace via its thermal inertia was realized. The obtained product was grinded into a powder and then introduced into the zone melting facility to grow the single crystal via Czochralski method. From the grown single crystal a mass of 0.040 g was separated, grinded into very fine powder and used as a sample (placed in a specific holder) for Mossbauer measurements.

*Mössbauer measurements.* The Mössbauer spectra were measured via Oxford Instruments Mössbauer-Spectromag 4000 Cryostat from Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe University. The temperature was varied within 3.0 -300 K. A  $^{57}\text{Co}$  source (3.7 GBq) in a rhodium matrix was used. The spectrometer was electrodynamic type with constant acceleration symmetrical waveform. Isomer shifts values are referred to Fe-metal at room temperature. The fits of the experimental data were performed using the wmoos and NORMOSS programs.

*X-ray diffraction measurements (XRD)* of powder were realized at the Institute of Applied Physics of the Academy of Sciences

of Moldova via DPOH-YM1 equipment. ( $\text{FeK}_{\alpha}$ -radiation, Mn filter,  $\theta/2\theta$  method.).

*Transmission electron microscopy (TEM)* images were acquired using a Jeol ARM 200F electron microscope. The ion thinning was performed using a Gatan PIPS model 691 device working at 5kV and 6 degrees incidence. Optical images were obtained using an AXIO-Zeiss- ObserverA1m microscope. For TEM specimen preparation, a slice with a thickness of about 500 microns was cut parallel with the basal plane from the cylindrical GaSb crystal sample, using a diamond wire devices. In a second step, the slice was cut in 9 smaller pieces. Finally, the 0.5mm x 2 mm x 2 mm GaSb piece was mechanically polished on both faces until the thickness of about 30 microns was realized and glued on the 3 mm copper TEM grid. This grid was then ion thinned to obtain a small hole in the middle. The edges of this hole are transparent to the electron beam in the microscope. The TEM specimen was oriented with the microscope axis parallel with the cylindrical axis of the initial cylindrical GaSb sample.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

Galium antimonide doped with Fe-57 isotope studied in this paper was obtained according with the description in the "experimental part". The Mössbauer spectra (MS) of GaSb-Fe sample (3 at.% of Fe-57) at different temperatures are presented in Fig.1.

At a first glimpse, the most remarkable aspect of the spectra is the existence at rather high temperature of 298 K (RT = room temperature) of three six-line patterns, suggesting the magnetic species for three iron locations. These sextets, also the centrally placed doublet, appeared over the whole temperature range (3-295 K) of Mössbauer measurements. The Mössbauer spectra parameters of investigated sample are presented in the table 1.

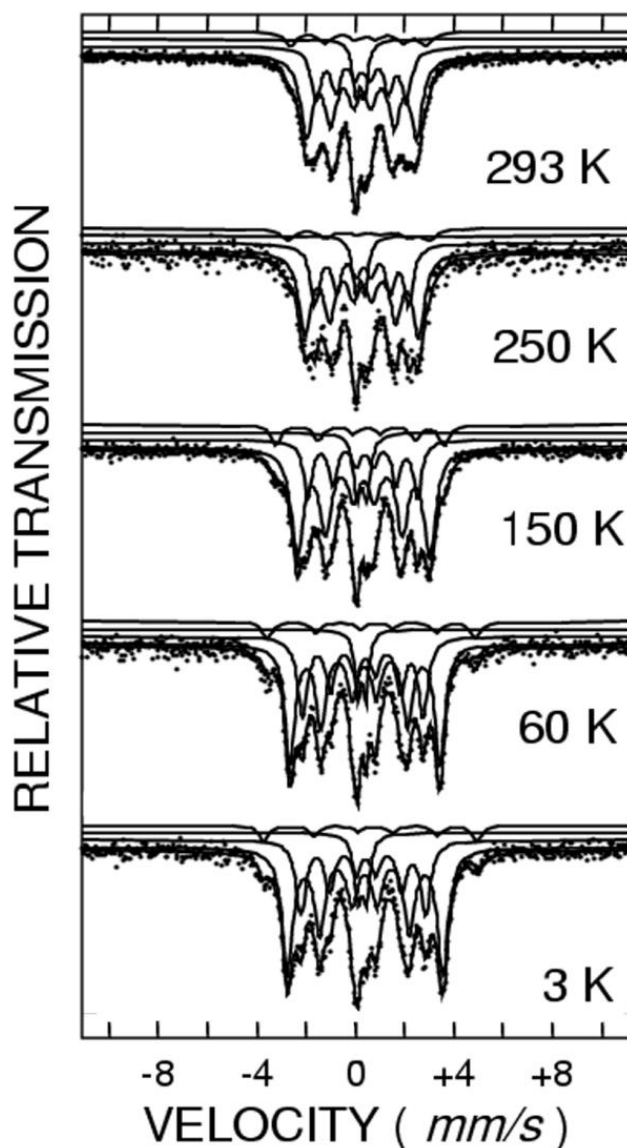


Fig.1. Mössbauer spectra of GaSb-Fe sample (3 at.% of Fe-57) at different temperatures

It is remarkable that the values (last column in the table) of relative area (proportional with amount of Fe ions on every of its location) remain in reasonable limits.

The presence of four different patterns in all exhibited Mössbauer spectra call the attention to a very important experimental feature. An homogeneous distribution of only 3 at.% enriched  $^{57}\text{Fe}$  inside the GaSb single crystal lattice (zinc blend cell), substituting either Ga or Sb atoms, normally would provide two doublets, corresponding to both tetrahedral surroundings of Ga and of Sb, showing identical distances to closest neighbours of different type and to second sphere of 12 neighbours of same type as the central ion of the coordination. In such case

both the IS and QS will show distinct figures due to peculiar bond of Fe with Ga and, respectively Sb, with higher values for Fe location on Ga sites. Previous attempts of doping with Mn (for example Mn in GaSb [30]) have failed to prove any substitution location. Therefore the presence of Fe in four sites suggest the formation of potentially well crystallized (preparation route) of binary or ternary type compounds. Such phases could exist mainly or only at dislocation or packing defects appearing during single crystal grows. These dislocations are developed preponderantly at the surface of the crystal and evolve inside of the crystal, function of processing temperatures and the stress induced by growing.

Table 1. Mössbauer spectra parameters of GaSb-Fe sample at different temperatures  
 $B_{\text{int}}$  – intern magnetic field around the iron nucleus, error =  $\pm 0.2$  T; QS – quadrupole splitting,  
 IS - isomer shift, W - full line width, errors of QS, IS, W =  $\pm 0.02$  mm/s;  
 A - relative area, error =  $\pm 1$  %; T\* - Tesla)

T(K)	Components	$B_{\text{int}}$ (T*)	mm/s			A (%)
			QS	IS	W	
3	1	19.5	0.03	0.48	0.56	56
	2	15.7	-0.10	0.48	0.57	30
	3	0.0	0.34	0.39	0.36	8
	4	26.8	-0.22	0.51	0.27	6
60	1	18.8	0.03	0.48	0.47	52
	2	15.2	-0.10	0.47	0.47	34
	3	0.0	0.33	0.38	0.28	7
	4	26.2	-0.21	0.48	0.47	7
150	1	16.7	-0.02	0.45	0.57	59
	2	13.8	-0.07	0.44	0.41	22
	3	0.0	0.39	0.37	0.36	10
	4	21.1	-0.26	0.44	0.39	9
250	1	14.3	-0.03	0.39	0.57	53
	2	11.8	-0.07	0.41	0.46	30
	3	0.0	0.37	0.32	0.32	8
	4	17.9	-0.32	0.40	0.46	9
293	1	13.8	-0.04	0.38	0.58	54
	2	11.4	-0.04	0.37	0.48	29
	3	0.0	0.32	0.31	0.32	8
	4	17.0	-0.23	0.36	0.56	9

Another significant feature is the continuous decrease of the IS with temperature proving the effect of second order Doppler shift [31].

The assignation of the patterns was related to Mössbauer existing data from literature and their analyses in terms of temperature and composition dependence of corroborated parameters.

According to the phase diagram (600 °C) of ternary FeGaSb system presented in Fig.1 of [12, 32] and phase diagrams of Fe-Ga and Fe-Sb [7, 8], at low concentrations of iron in FeGaSb system may be present the following phases: FeSb, FeSb<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub> ( $\epsilon$ ),

Fe<sub>3</sub>Ga, Fe<sub>6</sub>Ga<sub>5</sub>, Fe<sub>3</sub>Ga<sub>4</sub>, FeGa<sub>3</sub>, and epitaxial iron particles at nano-scale [33, 34].

The most facile choice was for the doublet case. Comparing the experimental values of Mössbauer spectra parameters for doublet (component 3) of the sample at RT (IS=0.31 mm/s, QS= 0.32 mm/s) (Table 1) with the literature data for MS doublets of Fe-Sb and Fe-Ga systems [15-17, 34-37] at the same temperature, one can see that they are closest to the diamagnetic FeGa<sub>3</sub> [38] (IS=0.28, QS=0.31 mm/s [37]). Checking the structures, the XRD diffractograms (Fig. 2a, 2b) confirm the presence of this compound.

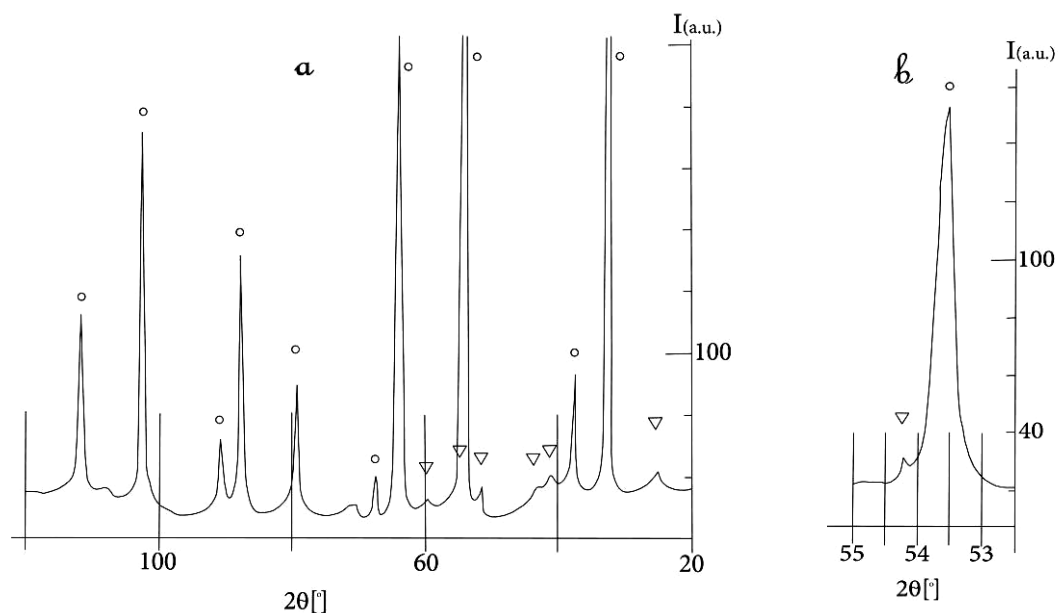


Fig. 2. a) X-Ray powder diffraction spectra of investigated sample GaSb-Fe (3%). o - spectrum's peaks for GaSb.  $\nabla$  - peaks for FeGa<sub>3</sub> substance. b) Lines separation 220 GaSb ( $d=2,156 \text{ \AA}$ ) and 212 FeGa<sub>3</sub> ( $d=2,126 \text{ \AA}$ )

There have been as well other possibilities for a paramagnetic component and among the first of them, it was the presence of FeSb<sub>2</sub>. However in the actual case it has to be completely excluded because the experimental values of QS (MS) are about 4 times lower (Table 1) than those reported in [15, 17, 18, 39], with values of QS = 1.26-1.29 mm/s and IS = 0.46-0.45 mm/s at RT.

Another alternative was amorphous  $\alpha$ -FeSb<sub>2</sub> or more close in values of IS and QS the amorphous compound Fe<sub>0.5</sub>Sb<sub>0.5</sub> [17] with QS = 0.44; 0.51 mm/s and IS = 0.43, 0.54 mm/s at RT and 4.2K, respectively, but these compounds are definitely out of any consideration, due to the process of growing single crystals. The data of Fe<sub>1.3</sub>Sb [40, 41] point to a doublet at RT but is showing two sextets, one very pronounced, with  $B_{\text{int}}$  around 11-12 T and the other one - close to 16-17 T at 5K, therefore are not suitable for our doublet assignation.

As specified above, the studied sample contains three sextet components (labelled 1, 2, 4) with different values of the internal magnetic field,  $B_{\text{int}}$ , equal to 13.8 T (1), 11.4 T (2) and 17.0 T (4) at 293 K. We note that these values are much lower than that characteristic of  $\alpha$ -Fe ( $B_{\text{int}}$ , 33 T), indicating the formation of systems with the composition Fe<sub>3</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>)<sub>2</sub> [19,20], or Fe<sub>3</sub>Ga<sub>4</sub>

[42], as well Fe<sub>3</sub>Ga or Fe<sub>1+x</sub>Sb [40,41] where  $x$  may cover a large range of values. It is worth noticing that from the beginning it was excluded the formation of Fe<sub>3</sub>Ga<sub>4</sub> compound [42], where 4 sextets are observed and related IS values are close to zero. The Fe<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub> alloys were studied in [43], with  $0.15 \leq x \leq 0.30$ . Those samples, obtained by ball milling, were studied by X-ray powder diffraction, magnetization, electro-conductibility, and Mössbauer spectroscopy methods in the large temperature interval 5 - 770K. The XRD data demonstrated the presence of three crystallographic phases:  $\alpha$  (Disorder (bcc)), stable within 15 to 20 at.% Ga;  $\alpha'$  (Order (bcc), FeAl<sub>3</sub>-DO<sub>3</sub>), stable within 20-30 at.% Ga; and  $\beta$  (Order (fcc), Cu<sub>3</sub>Au=LI<sub>2</sub>) stable within 25 -30 at.% Ga. There were determined Curie temperature,  $T_c$ , magnetic moment  $\mu$  ( $\mu\text{B}$ ) /atom,  $B_{\text{int}}$ , IS, QS and electro-resistivity. Later, close data were published in [44] for Fe<sub>100-x</sub>Ga<sub>x</sub>, where  $x=15.7, 17.0, 19.0, 22.4, 24.0$  obtained by ball milling. In both cases the values of  $B_{\text{int}}$ , IS and QS differ from our data.

For all magnetic components of here investigated sample the Curie temperatures,  $T_c$ , are higher than 293K and it is in good agreement with literature data. For example, in the ternary systems Fe<sub>3</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>)<sub>2</sub> and Fe<sub>3</sub>Ga<sub>2-y</sub>As<sub>y</sub>, where  $0.1 \leq x \leq 0.75$ ;  $0.21 < y$

$<1.125$ , it has been demonstrated by various physical methods the presence of magnetic ordered state with  $T_C$  quite high up to  $360\text{--}374\text{ }^\circ\text{C}$ , and magnetic properties strongly depend on the proportion of Ga and Sb amount surrounding the Fe [19,20, 35,36]. In one attempt to assign the observed 3 magnetically ordered components of the investigated sample we mainly used the results reported for  $\text{Fe}_3\text{Ga}_{2-x}\text{M}_x$ . According to [20, 35] the systems  $\text{Fe}_3(\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}_x)_2$  as well  $\text{Fe}_3(\text{Ga}_{1-x}\text{As}_x)_2$  have the  $\text{B8}_2$  hexagonal structure type belonging to  $\text{P63}/\text{mmc}$  space group, which is characteristic for  $\text{Ni}_2\text{In}$  type. In this structure there are two positions of Ni ions: with octahedral ( $\text{Oh}$ ,  $\text{NiIn}_6$ ) environment, and one asymmetrical  $\text{NiIn}_5$  environment. It is obvious that sextets 1st and 2nd should belong to octahedral environment (lower values of QS parameter), but the 4th – one to asymmetrical one. As stated above the most important approach in our analyses was the effect of presence of various elements from pnictide group on  $B_{\text{int}}$ , IS and eventually QS parameters in  $\text{Fe}_3\text{Ga}_2$  systems. From this point of view the data from [20, 35] suggest a composition rather poor in Sb and richer in Ga in direct relation with reported data in [20]. Indeed, the Table 9 in [20] revealed that

decreasing the Sb content from  $x=1$  to  $x=0.3$  the  $B_{\text{int}}$  (at RT) augment with  $1.5\text{--}1.7\text{ T}$ . Extrapolating, the RT values found for the two octahedral surrounding in our study (Table 1) the observed patterns could stand for a composition with Ga  $0.10\text{--}0.15$  and Sb  $1.90$  or  $1.85$ . In the study of Smith et al. [20] it was prepared a composition with  $x=0.10$  ( $T_C$  data with values around  $375\text{K}$ ) but any Mössbauer spectrum or parameters were not provided.

The Mössbauer line widths  $W$  (Table 1) for the sextets of all three positions are rather large as compared to the line width measured with our source and a standard  $\alpha\text{-Fe}$  absorber ( $W = 0.25\text{ mm/s}$ ). The large line width may be assumed to be an effect of the tiny modified non-equivalent surroundings and to relaxation processes. It should be noted that the mentioned components of the GaSb-Fe system are not formed via substitutions of either Ga or Sb in the GaSb single crystal but are formed at the boundary, hence, their influence on the magnetic, electrical and other properties will be peculiar. Starting to elucidate the above statements, the optical and electron microscopy measurements were envisaged.

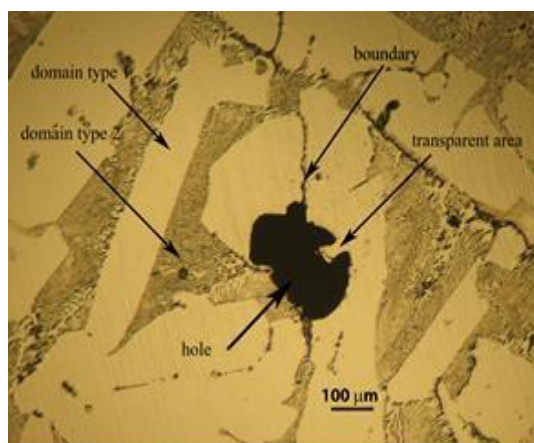


Fig. 3. Optical image (in reflexion) of axis the GaSb-Fe TEM specimen

The reflexion optical image of the “as prepared” TEM specimen is shown in Fig. 3. Two types of crystal domains are observed (transparent and grey) exhibiting large boundaries between them. The optical contrast is due to the ion beam etching for the

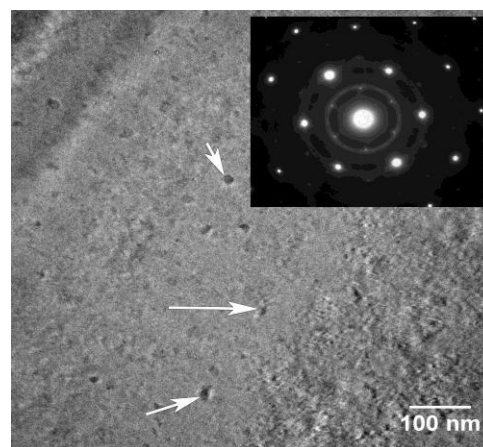


Fig. 4. Domain oriented in  $\langle 111 \rangle$  zone of the cubic GaSb structure

different crystallographic orientations of the two types of the domains. The areas near the edges of the black hole, situated in the middle of the image in Fig. 3, are transparent areas for the electrons in the microscope. Figure 4 shows a TEM image obtained in such a

transparent areas, representing the GaSb mono crystal structure in <111> orientation, demonstrated by the electron pattern inserted in the figure. The arrows in the Fig.4 show the presence of Ga precipitates on the GaSb TEM specimen surface, after several minutes of observations under the electron beam irradiation, being formed by diffusion of this element from the bulk.

As shown (Fig.5) in the energy dispersive X-ray spectra (EDX), the Fe amount in the crystal bulk areas is less than 0.3 at.%, while in the thick area (Fig. 6) of the specimen, obtained from the location on the boundaries, the Fe is present with about 2.5%. The excess Ga concentration observed in the thin areas of the TEM specimens has two causes. First one, it is the ion thinning process, which changes the sample concentration near the exposed surface, and

the second one is the electron irradiation in the microscope, which enhance the Ga diffusion on the TEM specimen surface. After several minutes of observations, nanometric precipitates of Ga appear on the specimen surface, (see Fig. 4). In the thick areas of the TEM specimen, the Ga and Sb concentration resulted from EDX spectra are quite equal, because the amount of the Ga on the surface is less important, comparing to the total amount of the Ga present in the bulk.

As can be observed optically, the boundary regions between the crystal domains are large (about 1 micron) and, as described above, have larger concentration of Fe (2.5 %) comparing to the bulk (less than 0.3 %). This large boundary region, showing also some polycrystalline structures, can be explain by the presence of the FeGa<sub>3</sub> structure, observed by X ray diffraction.

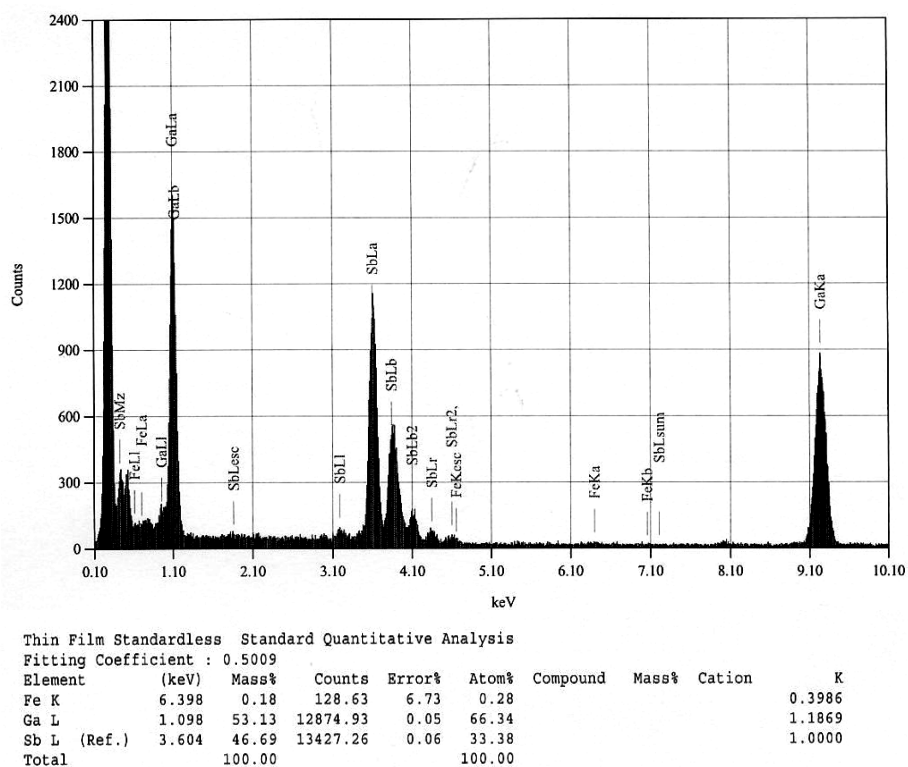


Fig. 5. The EDX spectrum from the thin transparent area of a bulk crystal after TEM observations. The Ga is showing a larger presence on the specimen surface, probably due to the ion thinning process

Due to the complex structure of the boundary region, there was not possible to obtain real transparent areas for TEM in these

regions, however the EDX spectra (shown in Fig. 6) could be acquired.

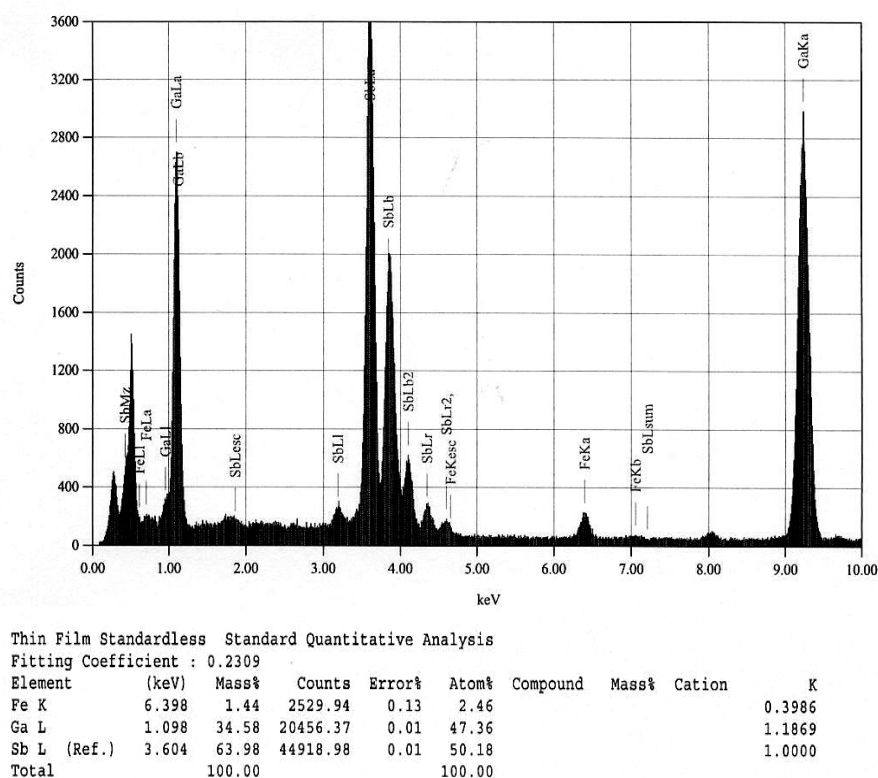


Fig. 6. EDX spectrum on the thick area of the specimen obtained from an area located on the boundaries between the crystal domains

These results considerably confirm and support the Mössbauer data and the related location of iron containing phases at grain boundaries. Such presence indeed could not substantially influence the physical properties of GaSb single crystal doped with a rather small amount of Fe.

## CONCLUSIONS

A single crystal of GaSb doped with 3 at.% Fe, was realized by Czochralski method in order to be investigated using Mössbauer Spectroscopy. The microscopy data, imperiously requested by MS results, revealed the formation of large mono-crystalline domains (GaSb) with optically visible boundaries (large of several microns) and holes between them. The EDX spectrum of the boundary area granted a presence of 2.5 at.% Fe concentration, while in the large domains of the crystal the Fe amount was less than 0.3 at.%.

The first output from Mössbauer data was that Fe does not substitute any of the elements constituting the GaSb single crystal. The Fe is present as binary ( $\text{FeGa}_3$ ) and ternary  $\text{Fe}_3(\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}_x)_2$  phases on the boundary

sites between crystallites. Some Mössbauer parameters like isomer shift, line width and fields at nucleus are specifically influenced by the ratio between Ga and Sb in the investigated Fe containing compounds.

## REFERENCES

1. Physics of Compounds of Group IV Elements and III-V Compounds. Ed by Madelung O., Landolt-Bornstein New Series, Group 3. Mir. Moscow, 1967.
2. A.G. Milnes, A.Y. Polyakov, Gallium antimonide device related properties, Solid-State Electron. 36, (1993) 803-818.
3. P.S. Dutta, H.L. Bhat, and Vikram Kumar, The physics and technology of galliumantimonide: An emerging optoelectronic material, Journal of Applied Physics. Volume May 81 Issue:9 (1997) 5821 – 5870.
4. H. Ohno, Making, Nonmagnetic Semiconductors Ferromagnetic, Science, 281 no. 5379 (1998) 951-956.
5. G. Schmidt, D. Ferrand, M. Molenkamp, A.T. Filip, and van B.J. Wees, Fundamental obstacle for electrical spin injection from a ferromagnetic metal into a diffusive



- Semiconductor, Phys. Rev. B, 62, (2000) R4790-R4793.
6. H. Okamoto, The Fe-Ga (Iron-Gallium) system. ASM International Bull. Alloy Phase Diagrams Vol.11, (1990) No 6, 576-581.
  7. H. Okamoto. Fe-Ga (Iron-Gallium)Section III: Suppl. Lit. Review. J. Phase Equilibria and Diff. Vol 25 (2004) No. 1, 100.
  8. H. Okamoto: "Fe-Sb (Iron-Antimony)" in Phase Diagrams of Ternary Iron Alloys, ed., ASM International, Materials Park, OH, (1993) pp. 366-370.
  9. K.W. Richter. H. Ioser, Reinvestigation of the binary Fe-Sb phase diagram, Journal of Alloys and Compounds, 247 (1997) 247-249.
  10. H. Holseth, A. Kjekshus, Copounds with the Marcasite Type Crystal Structure IV. \* The Crystal Structure of FeSb<sub>2</sub>. Acta Chimica Scand. 23, No.9, (1969) 3043-3050.
  11. M. Sladeczek, M. Miglierini, B. Sepiol, H. Ipser, H. Schicketanz and G.Vogl, Diffusion and Mechanism in the Hexagonal B8 of Fe-Sb, Structure of Defect and Diffusion Forum Vols.194-199 (2001) pp.369-374.
  12. V. Raghavan. Fe-Ga-Sb (Iron-Gallium-Antimony) JPEDAV (2004) 25:85-86. DOI: 10.1361/10549710417740. 1547-7037/ASM International.
  13. E.E.Vogel, and O.Mualin, M.A.de Orue, and J.Rivera-Iratchet. Jahn-Teller effect for Fe<sup>2+</sup> in III-V semiconductors. Phys.Rev. B, vol.44, number 4, 15 July (1991-II), 1579-1586.
  14. Wertz, & J.R. Bolton, Electron spin resonance: Elementary theory and practical applications. New York: McGraw-Hill 1972.
  15. Ch.S. Birkel, G. Kieslich, D. Bessas, T. Claudio, R. Branscheid, U. Kolb, M. Panthofer, R.P. Hermann, and W. Tremel, Wet Chemical Synthesis and Combined X-ray and Mossbauer Study of the Formation of FeSb<sub>2</sub> Nanoparticles, Inorg. Chem. 50 (2011) 11807- 11812.doi.org/10.1021/ic201940r.
  16. J.M. Borrego, J.S. Blazquez, C.F. Conde, A., Conde, S. Rothet. Structural ordering and magnetic properties of arc-melted FeGa alloys, Intermetallics 15 (2007) 193-200.
  17. C.L.Chien, Gang Xiao, and K.M.Unruh. Hyperfine interactions and magnetic properties of amorphous Fe-Sb alloys, Physical Review B, Vol.32, numb.9 (1985) 5582-5590.
  18. A. Farhan, M. Reissner, A. Leithe-Jasper, and W. Steiner, A high-field Mössbauer investigation on FeSb<sub>2</sub>, Journal of Physics: Conference Series 217 (2010) 012142 doi:10.1088/1742-6596/217/1/012142.
  19. M. Monciardini, L. Pareti, G. Turilli, R. Fomari, A. Paoluzia, F. Albertini, O. Moze, G. Calestani. Magnetic properties of Fe<sub>3</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub>)<sub>2</sub>, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 140-144 (1995) 145-146.
  20. N.A. Smith, P.J. Hill, E. Devlin, H. Forsyth, I.R. Harris, B. Cockayne and W.R. MacEwan, Structural and magnetic studies of B8<sub>2</sub>-type alloys represented by Fe<sub>3</sub>Ga<sub>2-x</sub>Sb<sub>x</sub>, Journal of Alloys and Compounds, 179 (1992) 111-124.
  21. G. Weyer, Defects in semiconductors- results from Mössbauer spectroscopy, Hyperfine Interact (2007) 177, 1-13. DOI 10.1007/s10751-008-9607-y.
  22. R. Hu, R.P. Hermann, F. Grandjean, Y. Lee, J.B. Warren, V.F. Mitrović, and C. Petrovic, Weak ferromagnetism in Fe<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>Sb<sub>2</sub>, PHYSICAL REVIEW B 76 (2007) 224422-1-224422-6, DOI: 10.1103/PhysRevB.76.224422.
  23. R.A. Pruitt, W. Marshall., C.M. O'Donnell, Mossbauer Spectroscopy in Group-III Antimonides, Phys. Rev. B 2 nr 7, 1 OCTOBER (1970). 2383-2390.
  24. A. Ionescu, C. A.F. Vaz, T. Trypiniotis, G. M.Gurtler, H. Garcia-Miquel, J.A.C. Bland, M. E. Vickers, R.M. Dalgliesh, S. Lanridge, Y. Bugoslavsky, Y. Miyoshi, L.F. Cohen and K. R.A. Ziebeck, Structural, magnetic, electronic, and spin transport properties of epitaxial Fe<sub>3</sub>Si/GaAs(001), Phys. Rev. B 71 (2005) 094401-094409.
  25. H. Ohno, A. Shen, F. Matsukura, A. Oiwa, A. Endo, S. Katsumoto and Y. Iye, (Ga,Mn)As:A new diluted magnetic semiconductor based GaAs, Appl.Phys.Lett. 69 (1996) 363-365, http://dx.doi.org/10.1063/1.118061 (3 pages).
  26. C.T. Foxon, R.P. Champion, K.W. Edmonds, L.Zhao, K.Wang, N.R.S. Farley, C.R. Staddon and B. Gallagher, The growth of high quality GaMnAs films by MBE, Journal of Materials Science: Materialistic Electronics, Vol.15, Num.11 (2005), 727-731,



- DOI:10.1023/BJMSE.0000043420.48864.072004.
27. T. Sasaki, S. Sonoda, Y. Yamamoto, K. Suga, S. Shimizu, K. Kindo and H. Hori, Magnetic and transport characteristics on high Curie temperature ferromagnet of Mn-doped GaN, *J. Appl. Phys.* 91 (2002). 7911-7913, [dx.doi.org/10.1063/1.1451879](https://doi.org/10.1063/1.1451879) (3 pages).
28. V.I. Shaposhnikov and N.A. Sobolev, The electronic structure and magnetic properties of transition metal-doped silicon carbide. *J. Phys. Condens. Matter*, 16 (2004) 1761-1768.
29. S.Dr. Derek. Chapter 6. Diffusion in Semiconductors, pp.121-135. In the book: Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Editors: Safa Kasap Prof., Peter Capper Dr. 2007. Doi:10.1088/0953-8984/16/10/008.
30. A. Wolska, K. Lawniczak-Jablonska, M.T. Klepka, A. Barcz, A. Hallen and D. Arvanitis, Study of the Local Environment of Mn Ions Implanted in GaSb, *ACTA PHYSICA POLONICA A*, Vol. 117 (2010) No. 2. 286-292.
31. R.V. Pound, G.A.Rebka, Gravitational Red-Shift in Nuclear Resonance, *Phys. Rev. Letters*, 3, (1959) 439-441, DOI:10.1103/PhysRevLett.3.439.
32. S. Deputier, N. Barrier, R. Guerin, and A. Guivarch, Solid state phase equilibria in the Fe- Ga-Sb ternary system at 600 °C, *J. Alloys Compd.*, 2002, 340, pp. 132-140.
33. D.R.S. Somauajulu, M. Sarkar, N.V. Ptel, K.C. Sebastian and M. Chandra, Mössbauer Study of Magnetic FeSb Dilute System Hyperfine Interactions 136/137 (2001) 424-431.
34. T.Yu.Kiseleva, E.E. Levin, A.A. Novakova, S.A. Kovaleva, T.F. Grigoreva, A.P. Barinova, N.Z. Lyakhov, Interaction between Iron and liquid Gallium in the course of intensive mechanical activation, *Proceed. Tenth Israeli-Russian Bi-National Workshop 2011 "The Optimization of Composition, Structure and Properties of Metals, Oxides, Composites, Nano- and Amorphous Materials"*, Jerusalem, Israel, June 20-23, 2011, p. 1-9.
35. C. Greaves, E.J. Devlin, N.A. Smith, I.R. Harris, B. Cockayne and W.R. MacEwan. Structural identification of the new magnetic phases  $Fe_3Ga_{2-x}As_x$ , *Journal of the Less- Common Metals*, 157 (1990) 315 – 325.
36. R. Harris, N.A. Smith, E. Devlin, B. Cockayne, W.R. MacEwan, G. Longworth. Structural, magnetic and constitutional studies of a new family of ternary phases based on the compound  $Fe_3GaAs$ , *Journal of the Less- Common Metals*, 146 (1989) 103 – 119.
37. G.L. Whittle, P.E. Clark and R. Cywinski, Vacancies and site occupation in Co-Ga-Fe alloys (Mossbauer study), *J. Phys. F: Metal Phys.* 10(1980) 2093-2104. Printed in Great Britain.
38. K. Umeo, Y. Hadano, S. Narazu, T. Onimaru, M. A. Avila, and T. Takabatake. Ferromagnetic instability in a doped band gap semiconductor  $FeGa_3$ . *PHYSICAL REVIEW B* 86, (2012) 144421 -144427.
39. J. Steger and E. Kostiner, Mössbauer effect study of  $FeSb_2$ , *J. Solid State Chem.* 5, (1972). 131-135.
40. P.J.Picone, P.E.Clark, Mossbauer measurements on lattice and interstitial iron atoms in  $Fe_{1-x}Sb_x$ . *Journ. Magn. Magnetic Materials*, 12 (1979) 233-238.
41. P.J.Picone, P.E.Clark, Magnetic ordering of interstitial iron in  $Fe_{1-x} Sb_x$ . *Journ. Magn. Magnetic Materials*, 25 (1981) 140-146.
42. N.Kawamiya, K.Adachi, Magnetic and Mossbauer Studies of Metamagnetic  $Fe_3Ga_4$ , *J.Phys.Soc.Jpn.* Vol.55, no.2 (1986) 634-640.
43. N.Kawamiya, K.Adachi, Y.Nakamura, Magnetic Properties and Mossbauer Investigations of Fe-Ga Alloys, *J.Phys.Soc. Jpn*, Vol.33, No.5 (1972) 1318-1327.
44. J.M. Gaudet, T.D. Hatchard, S.P. Farrell, R.A. Dunlap, Properties of Fe-Ga based powders prepared by mechanical alloying, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials.* 320 (2008) 821–829.

## BOHREN DER RÜCKLAUFBOHRUNGEN VON ROLLENWAGEN

Stoev L.\*, Popov T.

TU-Sofia, Faculty of Industrial Technology, Department Technology of Machine Tools and Manufacturing

\*e-mail: [lstoev@abv.bg](mailto:lstoev@abv.bg)

În acest articol sunt prezentate rezultatele cercetărilor privind burghierea găurilor de recirculare în căruciori cu role cu două tipuri diferite de instrumente de burghiere. Scopul experimentelor comparative efectuate este efectul de reducere a datelor în timpul burghierii și influența parametrilor geometrici specifici ale instrumentelor asupra dimensiunilor prescrise, formei, preciziei și rugozității găurilor de recirculare a căruciorilor cu role.

Cuvinte-cheie: birghiere, gaură de recirculare, cărucior cu role.

In this publication the research results during the drilling of the recirculation holes of roller carriages are presented with two different types of drilling tools. The aim of the performed comparative experiments is the effect of cutting data while drilling and the influence of specific geometric parameters of the tools on the prescribed dimensions, shape, accuracy and the roughness the recirculation holes of the roller carriage.

Keywords: drilling, recirculation hole, roller carriage.

### EINFÜHRUNG

Die Verwendung von Rollenwagen, Fig. 1 bei den gegenwärtigen Werkzeugmaschinen gewährleistet hohe Genauigkeit der geradlinigen Bewegung der verschiebbaren Baugruppen. Profilteile für solche Rolleinheiten werden in der Firma Petrov PM GmbH [1] in Mittelgroßserienfertigung

produziert. Alle Typvarianten kennzeichnen sich durch vorhandene Rücklaufbohrungen. In diesen werden zylindrischen Rollen verschoben, die mit den Maschinenführungen kontaktieren und die gleichmäßige, reibungslose und schwingungsarme Verschiebung der Einheiten auch bei langsamen Vorschubbewegungen gewährleisten.

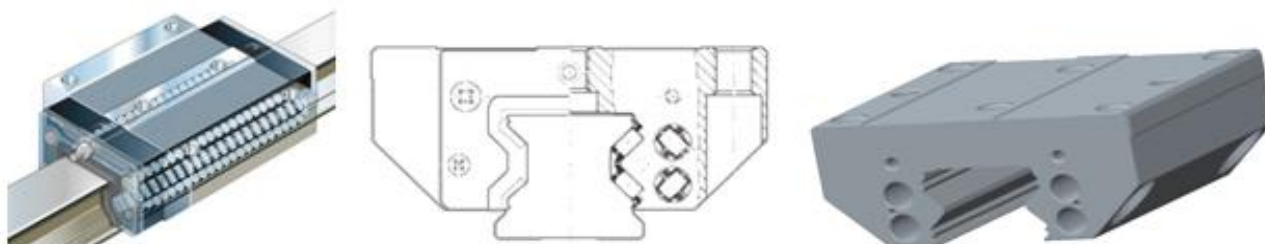


Fig. 1. Rollenwagen mit Rücklaufbohrungen

Um den Anforderungen der Firma Bosch Rexroth AG [2] für Produktivitätserhöhung bei der Bearbeitung der Rücklaufbohrungen der Rollenwagen gerecht zu werden, bei gleichzeitiger Gewährleistung der vorgeschriebenen Maß-, Formgenauigkeit und Rauheitsgüte, wurden zwei Arten von Werkzeugen beim Bohren von Tiefbohrungen bei Variation der Schnittparameter untersucht.

### AUSSTELLUNG

Die angenommene Folge bei der Bearbeitung der Rücklaufbohrungen in der Firma Petrov PM GmbH beinhaltet ein anfängliches Bohren einer kegeligen Führungsfläche mit Stufenbohrer mit Durchmesser  $\varnothing 11.05$  mm, der auch die Anfangsfase formt. Bei dem nächsten Gang werden endgültig die Rücklaufbohrungen mit einem zweiten Werkzeug bearbeitet.

Um den Prozess Bohren der Rücklaufbohrungen der Rollenwagen von legierter Stahl 100CrMo7-3 zu erforschen, wurde am Anfang ein Hartmetallbohrer der deutschen Firma MK-Tools [3], Fig. 2 angewendet. Er hat einen Durchmesser von  $\phi 11.03$  H7 und folgende charakteristische Merkmale: Hartmetallausführung K30/K40, zwei Hauptschneiden, verschleißfeste

Beschichtung MxF, Seitenspanwinkel  $30^\circ$ , Verjüngung 0.25-0.2/100 mm, wie auch spezielle „Quadro V10“-Geometrie. Diese Konstruktion gewährleistet eine Selbstausrichtung des Werkzeuges beim Bohren und garantiert die Erhaltung der vorgeschriebenen Rauigkeit der bearbeiteten Oberflächen.

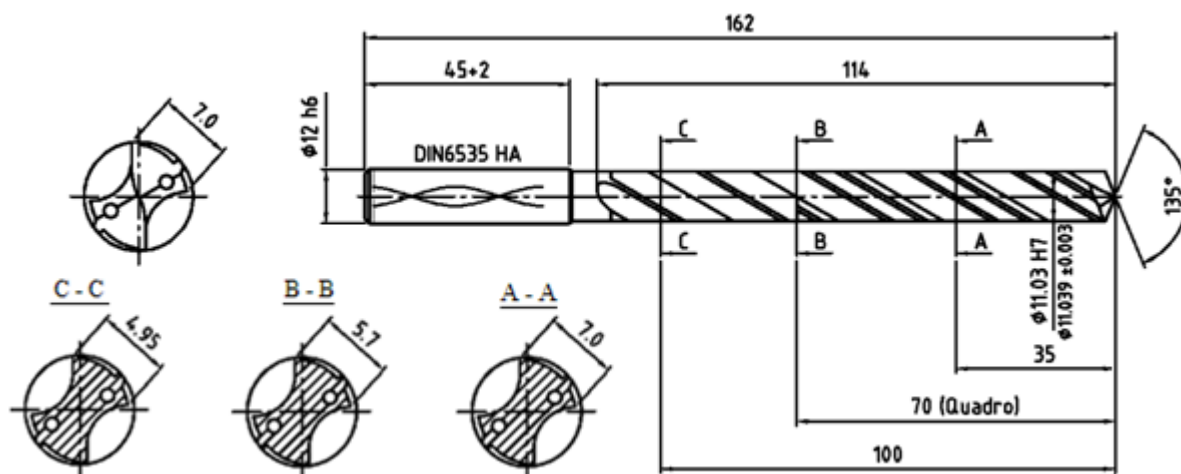


Fig.2 Hartmetallbohrer  $\phi 11.03$  H7 mit Innenkühlung der Firma MK-Tools [3]

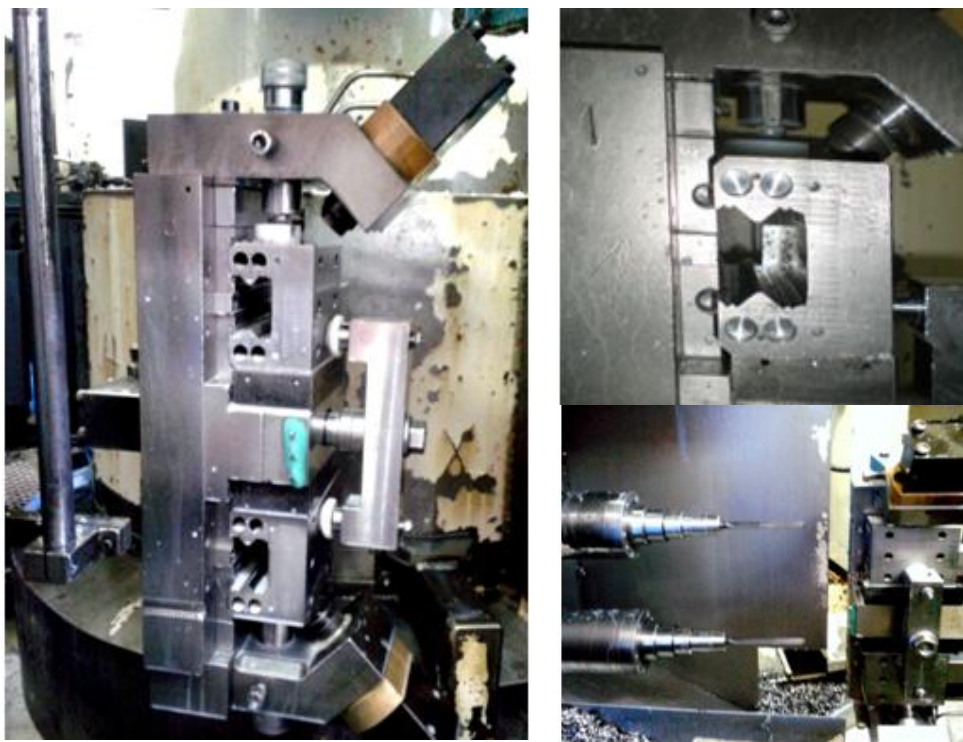


Fig. 3. Gleichzeitige Bearbeitung von zwei Rücklaufbohrungen der Rollenwagen, die in einer Mehrspannvorrichtung aufgespannt sind

Die Versuche wurden an einer spezialisierten Bohrmaschine BUSCH mit zwei Spindeln und numerischer Steuerung Sinumerik 840C der Firma Siemens durchgeführt. Um die Produktivität beim Bohren zu erhöhen werden zwei Rohlinge in hydraulischer Mehrspannvorrichtung aufgespannt, Fig. 3 und es wurden zwei Rücklaufbohrungen gleichzeitig bearbeitet [4].

Die konstanten Bedingungen bei den durchgeführten Versuchen waren:

- Material der bearbeiteten Rohlinge: 100CrMo7-3;
- Beschichtung des Bohrers: TiAlN;
- Bohrungslänge: 90 mm;

- 6 %-ge Lösung des Kühlmittels: Simpro 45 und Druck der Kühlschmierflüssigkeit: 25 bar.

Bei den durchgeführten Versuchen wurden folgende optimale Schnittdaten beim Bohren der Rücklaufbohrungen festgestellt: Schnittgeschwindigkeit  $v_c = 73$  m/min und Vorschub pro Zahn  $f_z = 0.052$  mm/Zahn. Bei diesen Bedingungen wurde eine minimale Streuung von  $6 \mu\text{m}$  der Durchmesser der nacheinander bearbeiteten vier Bohrer eines Rollwagens festgestellt. Die Rundabweichungen jeder Bohrung wurden in 16 gleichmäßig verteilten Punkten in einigen Querschnitten der Bohrungslänge mit Koordinatenmessmaschine Aberlink [5], Fig.4 vermessen.

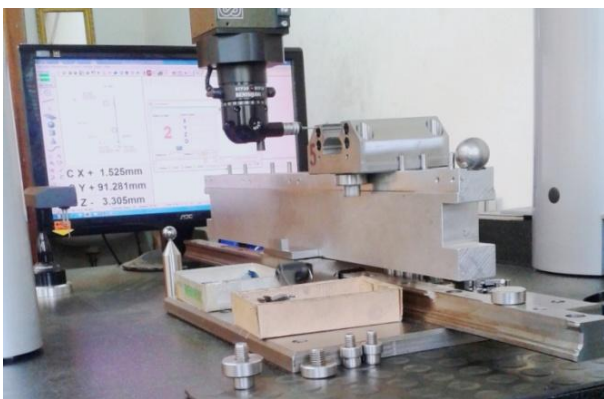


Fig. 4. Vermessung der Genauigkeit der Durchmesser der Rücklaufbohrungen eines Rollwagens mit Koordinatenmessmaschine Aberlink [5]

Auf Fig. 5 sind Beispielergebnisse von den Vermessungen in Längsrichtung einer Bohrung mit dem Messgerät TESA Rugosuf 90G [6] veranschaulicht. Nacheinander sind folgende charakteristische Merkmale dargestellt: Primärprofil, Welligkeit und Rauigkeit der Bohrung, die bei den optimalen Schnittdaten bearbeitet ist. Die automatisch berechnete Rauigkeit ist:  $R_a = 0.769 \mu\text{m}$ .

Die Lebensdauer des Bohrers  $\varnothing 11.03$  H7 der Firma MK-Tools, die als Gesamtlänge der bearbeiteten Bohrungen ermittelt ist, erreichte 50 m. In Fig 6 sind die Form und die Abmaßen von abgeschnittenen Spänen dargestellt, die ein gutes Spanbruch nachweisen. Die Oberfläche der bearbeiteten Bohrungen sieht optisch sehr gut aus, was die Forderungen der Firma Bosch Rexroth erfüllte.

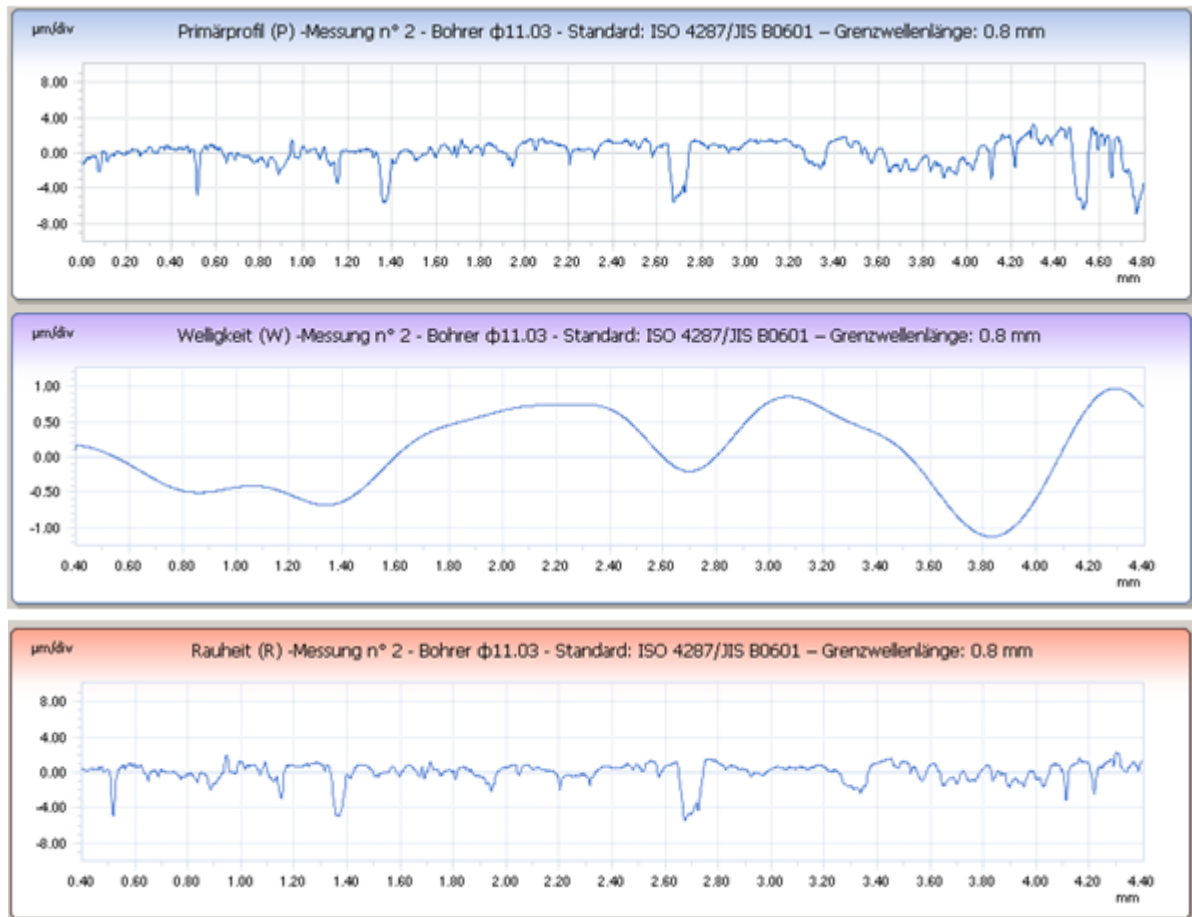


Fig. 5. Versuchsdaten für das Primärprofil, Welligkeit und Rauigkeit einer Rücklaufbohrung, die mit Bohrer  $\phi 11.03$  H7 der Firma MK-Tools bearbeitet ist



Fig. 6. Form und Abmaßen von abgeschnittenen Spänen beim Bohren von Rücklaufbohrungen mit dem Bohrer  $\phi 11.03$  H7 der Firma MK-Tools

Auf Fig. 7 ist der gleichmäßige Verschleiß der Hauptschneiden des Bohrers  $\phi 11.03$  H7 entlang seiner Länge dargestellt,

was ein Nachweis für richtig ermittelte Schnittdaten und passende Schneidbedingungen ist.





Fig. 7. Verschleiß der Hauptschneiden des Hartmetallbohrers  $\phi 11.03$  H7 nach 50 m Gesamtlänge der bearbeiteten Bohrungen

Bei den nächsten Versuchen wurde die Operation Bohren der Rücklaufbohrungen von Rollenwagen mit einem Hartmetallbohrer  $\phi 11.03$  H7, Fig. 8 mit Innenkühlung der italienischen Firma Sau, durchgeführt. Diese Konstruktion unterscheidet sich von der

vorherigen durch das Vorhandensein von noch zwei zusätzlichen Kühlbohrungen, die in der Nähe der Bohrer Spitze situiert sind. Ihre Position verbessert die Abfuhr der Späne und die Abkühlung der Hauptschneiden.

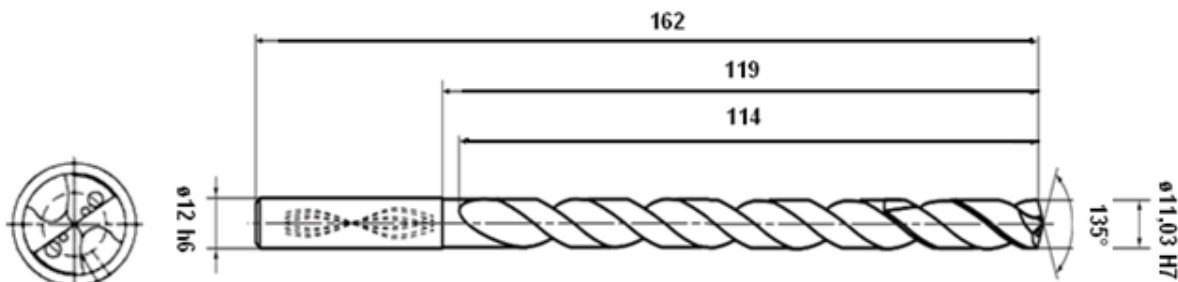


Fig. 8. Hartmetallbohrer mit 4 Kühlbohrungen

Bei den ersten Vergleichsversuchen mit dem Werkzeug der Firma Sau wurden die schon festgestellten optimalen Schnittdaten für den Bohrer der Firma MK-Tools:  $v_c = 73$  m/min,  $f_z = 0.052$  mm/Zahn verwendet. Es wurde aber ein schlechter Spanbruch, Fig. 9a

und Auftreten von erhöhten Schwingungen festgestellt, die zu einem intensiven und unregelmäßigen Verschleiß, so auch zu Durchmesser- und Formabweichungen führten.



$v_c = 73$  m/min,  $f_z = 0.052$  mm/Zahn  
a)



$v_c = 69$  m/min,  $f_z = 0.06$  mm/Zahn  
b)

Fig. 9. Form und Abmaßen der Späne beim Bohren von Rücklaufbohrungen mit dem Bohrer  $\phi 11.03$ H7 der Firma Sau bei den verschiedenen Schnittparameter

Bei den nächsten Versuchen wurde die Schnittgeschwindigkeit auf 69 m/min verringert und der Vorschub bis 0.06 mm/Zahn erhöht. Diese Maßnahmen

eliminierten die erzwungenen Schwingungen, verbesserten den Spanbruch, wofür die Form und die Abmaßen der dargestellten Späne auf Fig. 9b nachweisen.



Fig. 10. Gleichmäßiger Schneidenschleiß und minimale Abmaßen der Späne beim Bohren mit dem Werkzeug  $\phi 11.03H7$  der Firma Sau und bei  $v_c = 66$  m/min und  $f_z = 0.072$  mm/Zahn

Die erzielten Ergebnisse erfüllten die Anforderungen für Durchmesser- und Formgenauigkeit der bearbeiteten Rücklaufbohrungen, aber die festgestellte niedrige Lebensdauer erhöhte die Betriebskosten aufgrund der größeren Anzahl der verwendeten Bohrer und wegen ihres hohen Preises.

Beim Variieren der Schnittdaten wurde festgestellt, dass die Anforderungen an die Genauigkeit der Durchmesser, an die Form und Rauigkeit der bearbeiteten Rücklaufbohrungen bei  $v_c = 66$  m/min und  $f_z = 0.072$  mm/Zahn erreicht werden kann.

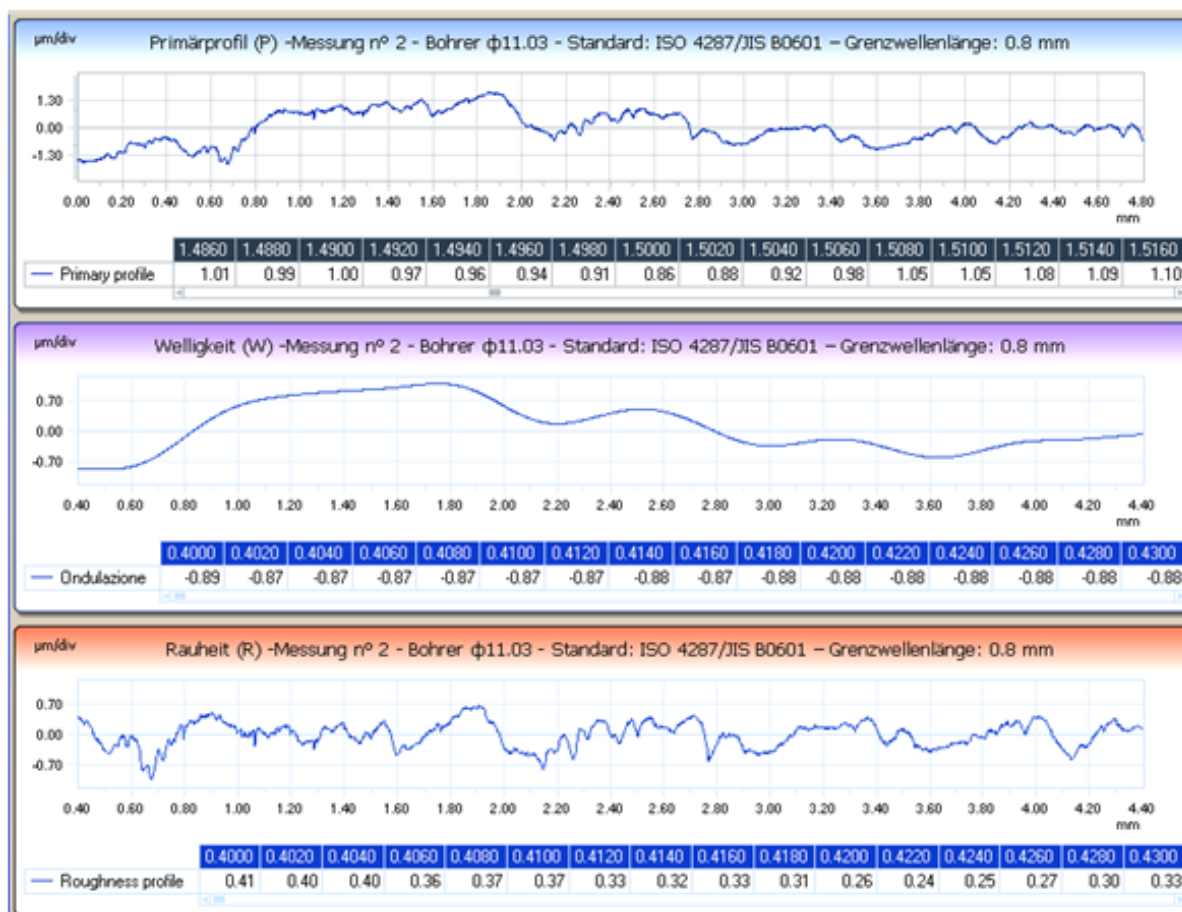


Fig. 11. Versuchsdaten für den Primärprofil, die Welligkeit und die Rauigkeit einer Rücklaufbohrung, die mit Bohrer  $\phi 11.03H7$  der Firma Sau bearbeitet ist

Bei diesen Schnittbedingungen hat sich die Lebensdauer des Werkzeuges, als Gesamtschnittlänge ausgeprägt, bis 60 m erhöht. Es wurde ein gleichmäßiger Verschleiß der Hauptschneiden und verbesserter Spanbruch registriert, die auf Fig. 10 dargestellt sind.

Beim Bohren mit  $v_c = 66$  m/min und  $f_z = 0.072$  mm/Zahn wurde eine minimale Streuung der Durchmesser der nacheinander bearbeiteten vier Bohrungen der Rollenwagen von 4  $\mu$ m festgestellt. Die optimierten Schnittparameter und der verbesserter Spanbruch gewährleisten eine Verbesserung der Rauigkeit der Bohrungen bis  $R_a = 0.241 \mu$ m, was vom Fig. 11 ersichtlich ist.

Die Versuchsergebnisse mit dem Bohrer der Firma Sau erfüllten die Anforderungen des Auftraggebers in Bezug auf Produktivität, Durchmesser Genauigkeit, Form und Rauigkeit der bearbeiteten Rücklaufbohrungen. Die niedrigeren Betriebskosten und die erhöhte Lebensdauer der Werkzeuge sind wegen der optimierten Schnittparameter und der Konstruktion des Bohrers mit noch zwei zusätzlichen Kühlbohrungen erreicht, die verbesserte Spanabführung und Abkühlung der Hauptschneiden gewährleisten.

### ZUSAMMENFASSUNG

Bei den durchgeführten Vergleichsversuchen ist die Auswirkung der

Geometrie, der Konstruktion und der Schnittparameter beim Bohren mit Werkzeugen der Firmen MK-Tools und Sau auf die Durchmesser- und Formgenauigkeit, auf die Rauigkeit der bearbeiteten Rücklaufbohrungen von Rollenwagen erforscht. Es wurde festgestellt, dass bei der Anwendung von einem Hartmetallbohrer der Firma Sau, mit verbesserter Abkühlung der Hauptschneiden und Spanabführung und bei den optimierten Schnittparameter:  $v_c = 66$  m/min und  $f_z = 0.072$  mm/Zahn, die Anforderungen des Auftraggebers, Firma Bosch Rexroth an die Genauigkeit der Durchmesser, an die Form und Rauigkeit der Oberflächen bei gleichzeitiger Gewährleistung einer erhöhten Produktivität und niedrigeren Betriebskosten, erfüllt werden.

### LITERATUR

1. <http://www.petrov-pm.com>, 13.03.2014.
2. <http://www.boschrexroth.com>, 13.03.2014.
3. <http://www.mk-tools-service.de>, 13.03.2014.
4. Ненков Н.Г., Александрова И.С.. Технологични системи и процеси в машиностроенето. Габрово, Университетско издателство "Васил Априлов", Габрово, 2006.
5. <http://www.aberlink.com>, 13.03.2014.
6. <http://www.tesagroup.com/>, 13.03.2014.

Prezentat la redacție la 9 mai 2015



CZU: 621.315.592

## FOTOLUMINESCENȚA STRUCTURILOR NANOLAMELARE CU PUNCTE METALICE OBTINUTE PRIN INTERCALAREA MONOCRISTALULUI DE GaS

Rotaru I.\*

Universitatea de Stat din Moldova, str. A. Mateevici 60, Chișinău, MD-2009, Republica Moldova

\*e-mail: [irina\\_rotaru87@mail.ru](mailto:irina_rotaru87@mail.ru)

În lucrare sunt studiate spectrele de fotoluminescență (FL) a cristalelor de *GaS* și *GaS* intercalat cu atomi de *Cd*. Intercalarea cu *Cd*, a lamelor de *GaS* s-a efectuat prin tratament termic la temperatura 750K, timp de 6 ore, în atmosferă de vapori ai metalului. Pe suprafața exterioară și în spațiul dintre împachetările *S-Ga-Ga-S* se formează puncte de *Ga*, aranjate preponderent sub formă de hexagoane deformate. Spectrul de FL a cristalelor *GaS* intercalate cu *Cd* conține o bandă cu contur simplu la temperatura  $T=293\text{K}$ ; și două benzi la  $T=78\text{K}$ . Banda cu maxim la 2,424 eV are structura compusă din repetări fononice ale emisieii excitonilor indirecti.

Cuvinte-cheie: fotoluminescență, *GaS*, *Cd*, intercalare.

In this work are studied photoluminescence (PL) spectra from *GaS* crystals and *GaS* crystals intercalated with *Cd* atoms. Metal atoms were intercalated by 6 hours heat treatment at the temperature of 750K in metal vapor atmosphere. Gallium dots are created on external surface and between *S-Ga-Ga-S* packages. This dots are arranged as distorted hexagons. PL spectra of *Cd* intercalated crystals contains one simple contour band at 293K, and two bands at 78K. Band with maximum at 2,424 eV has a complex structure, composed by phonon repeats of indirect excitons emission.

Keywords: photoluminescence, *GaS*, *Cd*, intercalation.

### INTRODUCERE

Compusul *GaS* se cristalizează în împachetări stratificate de tipul *S-Ga-Ga-S*. Legăturile de valență la suprafața împachetărilor sunt închise. Aceasta asigură o densitate joasă a stărilor de suprafață.

Compusul *GaS* este un semiconductor de tip *n*, cu bandă interzisă largă. Minimul absolut al benzii de conducție este localizat în punctului *M* a zonei Brillouin. Deoarece maximul benzii de valență este localizată în centrul zonei Brillouin, *GaS* este un semiconductor tipic cu bandă interzisă indirectă. Cercetătorii sunt interesați de acest material, deoarece are proprietăți optice și electrice, ce îl fac un material de perspectivă pentru dispozitive optico-electronice în regiunea UV și vizibil [1], [2], [3]. În cristalele nedopate prin măsurări electrice și fotoelectrice au fost determinate energiile nivelelor impuritate, localizate la 0,17 eV, 0,45 eV, 0,56 eV [4]. Fotoluminescența cristalelor *n* și *p-GaS* decurge prin recombinare donor-acceptor. Doparea cristalelor de *GaS* cu elemente din grupele I, II, V (*Cu*, *Zn*, *P*) conduce la formarea noilor benzi de FL.

În această lucrare sunt studiate morfologia suprafeței și FL lamelor de *GaS* în care au fost obținute structuri complexe cu

puncte metalice, prin intercalare cu atomi de *Cd*.

### METODA EXPERIMENTALĂ

Monocristalele de *GaS* au fost crescute prin metoda Bridgman, din componente elementare *Ga* (5N) și *S* (5N) luate în cantități stoichiometrice. Din cristale masive au fost despicate plăci cu grosimea de  $0,1\pm 0,5$  mm. Concentrația electronilor în *GaS* nedopat, măsurată la 420K, a fost de  $5\cdot 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>. Procesul de difuzie a atomilor de *Cd* s-a petrecut la temperatura de  $\sim 750\text{K}$ , timp de 6 ore. Presiunea vaporilor de *Cd* la această temperatură a fost de  $\sim 10$  mm col. Hg [5].

Fotoluminescența a fost măsurată la temperaturi de la 78K până la 300K. Temperatura probei a fost măsurată cu un termocuplu de tip T. Excitarea fotoluminescenței a fost efectuată cu radiația laser *He-N<sub>2</sub>* ( $\lambda=337,4$  nm; puterea medie  $\sim 100$  mWt). Spectrele de FL de la suprafața perpendiculară la axa *C*, au fost analizate cu monocromatorul de tip MDP-2, cu rețea de difracție 600 mm<sup>-1</sup> și a fost înregistrat cu un fotomultiplicator ФЭУ-59 cu catod multialcalin.

**REZULTATE EXPERIMENTALE**

În Fig. 1 este prezentată diagrama XRD a plăcilor de *GaS* intercalate cu *Cd*.

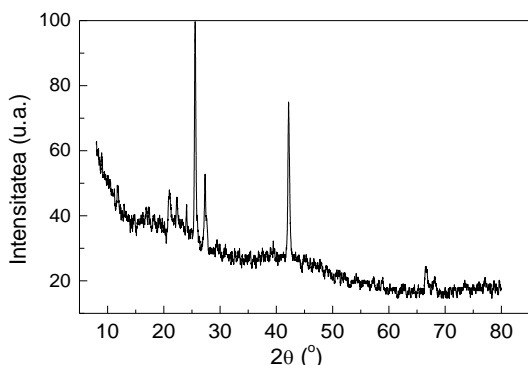


Fig. 1. Diagrama XRD a *GaS* intercalate cu *Cd*

Identificarea liniilor XRD este prezentată în tabel. După cum se vede din tabel în rezultatul tratamentului termic a plăcilor de *GaS* în vapori de *Cd* se obține microcompozitul *CdS-GaS*.

Analiza diagramei XRD înregistrate pentru *GaS* intercalat cu *Cd*

Valori experimentale		Card ICDD-JCPDS				
$2\theta(^{\circ})$	$I$ (u. a.)	Proba	PDF	$2\theta(^{\circ})$	$I$	$hkl$
23,22	8574	<i>GaS</i>	08-0417	23,082	700	0 0 4
25,14	148	<i>CdS</i>	47-1179	25,281	70	0 4 0
29,00	428	<i>GaS</i>	84-0499	29,261	820	1 0 1
29,92	222	<i>Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub></i>	14-0401	29,679	80	4 0 2
34,96	2532	<i>GaS</i>	08-0417	34,826	300	0 0 6
37,3	122	<i>GaS</i>	74-0227	37,074	268	1 0 4
44,00	90	<i>CdS</i>	77-2306	43,737	419	1 1 0
45,88	104	<i>GaS</i>	08-0417	45,594	500	1 0 6
47,12	756	<i>CdS</i>	77-2306	47,893	394	1 0 3
50,84	662	<i>CdS</i>	77-2306	50,948	60	2 0 0
73,46	770	<i>GaS</i>	08-0417	73,327	6	0 0 12
73,68	416	<i>GaS</i>	84-0499	73,412	240	0 0 12
74,00	254	<i>GaS</i>	84-0499	73,921	1000	1 0 11

Spectrele de FL a lamelei de *GaS* intercalate cu *Cd*, la 293K (Fig. 2) și la 78K (Fig. 3) sunt prezentate mai jos.

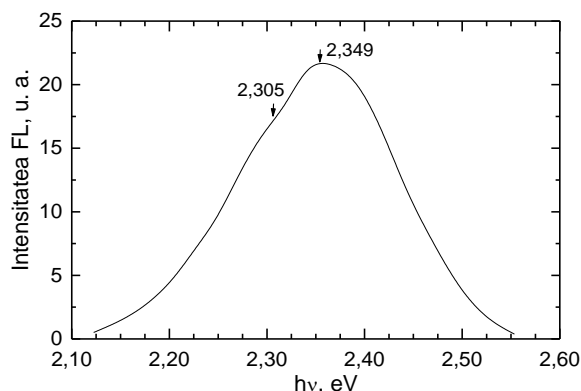


Fig. 2. Spectrul de FL, la  $T = 293K$ , a lamelei de *GaS*, intercalate cu *Cd*, la temperatura de 750K, 6 ore

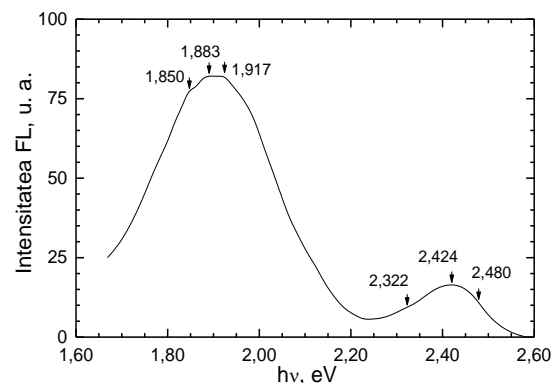


Fig. 3. Spectrul de FL, la  $T = 78K$ , a lamelei de *GaS*, intercalate cu *Cd*, la temperatura de 750K, 6 ore

După cum se poate observa în Fig. 2, spectrul de FL a lamei de *GaS*, la temperatura de 293K, decurge prin tranziții bandă de conducție (în punctul *M* al zonei Brillouin) – bandă de valență (în centrul zonei Brillouin), cu participarea fononilor transversal optici cu energia 34 meV. Micșorarea temperaturii, de la 300K până la 78 K, conduce la deplasarea benzii interzise spre energii mari cu ~ 70 meV (Fig. 4).

În Fig. 4 este prezentată dependența de temperatură a energiei maximului benzii interzise.

Coeficientul deplasării termice a benzii de FL de margine la 140÷280K este  $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$  și corespunde măsurărilor spectrelor de absorbție de la 78K până la 293K (Fig. 4, curve 2).

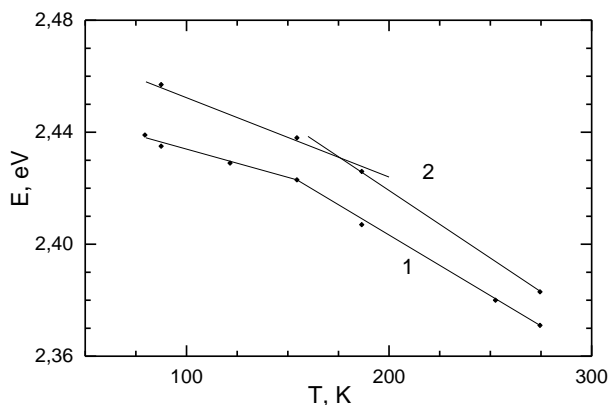


Fig. 4. Dependența de temperatură a energiei maximului,  $h\nu=2,43$  eV (curba 1) și lățimii benzii interzise indirecte (curba 2)

Lățimea benzii indirecte optice în cristalele de *GaS* la 78K este egală cu 2,457 eV. Prin aceasta putem concluziona că banda de FL cu maxim la 2,424 corespunde cu tranziții radiative indirecte, cu emisia fononilor 34 meV.

Coincidența coeficientului deplasării termice a descreșterii benzii indirecte la creșterea temperaturii cu coeficientul deplasării termice a benzii de FL de margine este un criteriu care permite să atribuim această bandă la tranziții radiative cu participarea fononilor.

În spectrul de FL la 78K predomină banda cu maxim la 1,883 eV. Conturul simetric al acestei benzi ne permite să presupunem că aceasta este emisie din centru acceptor către ionul donor de *Cd*. Este cunoscut că luminescența din centru este puternic atenuată la creșterea temperaturii și în același timp conturul benzii crește. În realitate, această bandă atenuază complet la  $\sim 130$ K.

## CONCLUZII

- FL lamelor monocristaline de *GaS* la temperatura camerei este determinată de tranziții radiative indirecte, cu participarea fononilor cu energia 34 meV.

- Atomii de *Cd* intercalați în *GaS*, stimulează tranzițiile radiative indirecte cu emisia fononilor și în același timp crează centre de fotoluminescență de tip donor-acceptor.

## BIBLIOGRAFIE

1. Electroabsorbtion of *GaS* around the Indirect Edge. Y. Sasaki, C. Hamaguchi, J. Nakai. 1975, J. Phys. Soc. Jpn. 38 (1975) 1698., Vol. 38 (6), pp. 1698-1702.
2. Surface Passivation of *InGaP/InGaAs/GaAs* Pseudomorphic HEMTs with Ultrathin *GaS* Film . N. Okamoto, N. Hara, H. Tanaka. 2000, IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. 47 (12), pp. 2284-2289.
3. Investigation of electronic properties of gallium sulfide single crystals grown by iodine chemical transport. G. Micocci, R. Rella, P. Siciliano, A. Tapore. 1990, J. Appl. Phys., Vol. 68 (1), pp. 138-142.
4. HALL EFFECT IN n-TYPE *GaS* . C. Manfredotti, R. Murri, A. Rizzo, L. Vasanelli. 1976, Solid State Commun., Vol. 19, pp. 339-342.
5. Иванов-Есипович Н.К. Физико-химические основы производства радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов. Высшая школа, 1979. стр. 205.

Prezentat la redacție la 7 mai 2015

## LIGHT AND COLOURS IN HUMAN ACTIVITIES

Dorohoi D.<sup>1\*</sup>, Tudose A.<sup>1</sup>, Ursu O.<sup>2</sup>, Dmirascu I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Al. I.Cuza University, Faculty of Physics, 11 Carol I Blvd., RO-700506 Iasi, Romania

<sup>2</sup>Al. I.Cuza University, Faculty of Economics and Business Administration, 11 Carol I Blvd., RO-700506 Iasi, Romania

<sup>3</sup>County School Inspectorate Vaslui, 2 Donici Street, RO-730122 Vaslui, Romania

\*e-mail: [ddorohoi@uiac.ro](mailto:ddorohoi@uiac.ro)

The results in scholar activities at physics hours in three high schools from Vaslui and Iasi districts show that the colour nuances influence the nervous system and the individual mental state. In the experiments organized using light green screens and black pencils or yellow screens and green pencils the grades were higher.

Keywords: colour, nuance, mechanism of coloured sight.

O serie de rezultate în activitățile școlare la orele de Fizică în trei licee din județele Vaslui și Iași au arătat ca nuanțele influențează sistemul nervos, și starea mentală individuală. În experimentele organizate cu table gri și carioka negre sau table galbene și carioka verde notele obținute de elevi au fost mai mari.

Cuvinte-cheie: culoare, nuanță, mecanismul vederii în culori.

### INTRODUCTION

Optical radiations from the visible range (400-800nm) are known as light.

Objects are perceived through the alternation of light and shadow created by the light sources.

Light is emitted by primary sources (sun, lamps) or can be reemitted by secondary sources illuminated by the former. Reemission is based on reflection, diffusion, refraction and so on.

Newton decomposed light using a quartz prism in its primary coloured components which give the sensation of red, orange, yellow, green, blue, indigo, or violet. The experiment made by Newton demonstrated for the first time that light is a superposition of coloured radiations obtained in the visible spectrum. The images, tables or graphs representing the light intensity dependence on wavelength is called spectrum.

The characteristic of the bodies through which a person observes differences between two adjacent surfaces with the same shape, equal dimensions and identical structures is called colour. The colour is a psychophysical and sensorial – receptive reality. From the physical point of view, the colours represent a restricted spectral range of light characterized by restricted values of wavelength and bandwidth, named colour stimuli.

The colour stimuli create the visual sensations by impressing the cones from the retina. The colour is only for the visual reception.

From the psychophysical point of view the intensity of colour sensation is proportional with the flux density transported by physical stimulus. From a sensorial perceptive point of view, the colour is a sensation characterized by a series of basic properties: nuance, luminosity, saturation.

**Nuance** is expressed by the words red, yellow, green, greenish-yellow, blue-green, grey, and it is connected to the spectral composition of the stimuli. The grey nuances are called neutral colours.

**Luminosity** is the colour quality expressed by brightness and it is an energetic characteristic of colour.

**Saturation** is the attribute of colour that helps distinguishing between two colours having the same nuance and brightness. It expresses the colour purity, giving us information about the presence of neutral colours in a colour stimulus of a certain nuance.

Colour is a three dimensional notion because it is characterized by three attributes:

$$S(S) = X(X) + Y(Y) + Z(Z) \quad (1)$$

Relation (1) shows that S quantity of colour stimulus S can be expressed by three

various stimuli  $(X), (Y), (Z)$  when they are mixed in quantities X, Y, or Z.

The colour stimulus achieved by mixture of three colour stimuli is considered to be obtained by additive composition. When a colour stimulus is obtained by eliminating a colour stimulus (absorbed or diffused), the process is called subtractive composition.

According to the results obtained in studies on colour, some laws were established:

- The human eye can establish three attributes of colour: nuance, luminosity, saturation.
- The colour can be continuously changed by a continuous variation of a flux of component stimuli.
- A mixture of two colour stimuli of the same colour induces a sensation of the same colour as the component visual stimuli, independent, on the spectral composition of the two stimuli.

The rules of colour stimuli composition are equivalent to the rules of mathematical operations (addition and subtraction) of colour; algebra has been developed on the colour space.

Comparing formula (1) which expresses the space position of vectors by three basic vectors (three versors of a coordinate system), the colour space in which each colour is represented by a point can be elaborated. In this analogy, the symbols  $(X), (Y), (Z)$  of the colour stimuli are equivalent to the versors and X, Y, Z are named colour components. In order to elaborate the colour space, the basic stimuli were chosen.

The spectral stimuli (with wavelengths form very short spectral range named bandwidth) are obtained by white light decomposition. The nuances of the spectral stimuli range are listed Table 1.

Table 1. Nuances and corresponding wavelengths of light

Nuance	$\Lambda(\text{nm})$	Nuance	$\Lambda(\text{nm})$
Red	630	Green	560- 490
Orange	630- 590	Blue	490- 450
Yellow	590- 560	Violet	450

The mixture of all spectral stimuli gives the stimuli of white light (neutral colour). Two colour stimuli which mixed in a determined proportion produce the neutral colour are called complementary colour stimuli. When a colour stimulus is extracted from neutral stimuli, the result is the complementary colour stimulus of the extracted one.

Three basic colour stimuli were chosen from the spectral stimuli (R), (G), (B) - RED, GREEN, BLUE with  $\Lambda=700\text{nm}$ ,  $\Lambda=546.1\text{nm}$  respectively  $\Lambda=435.8\text{nm}$  corresponding to the basically colour stimuli. The average spectral components  $\bar{R}(\Lambda), \bar{G}(\Lambda), \bar{B}(\Lambda)$  of all stimuli were measured.

Basic fictive stimuli were introduced with positive components because  $\bar{R}(\Lambda), \bar{G}(\Lambda), \bar{B}(\Lambda)$  are not all positive. The basic

fictive stimuli were noted by  $(X), (Y)$  and  $(Z)$  with their components X, Y, respectively Z.

They were adopted in 1931 by the International Commission on Illumination and define the Colorimeter Standard Observer.

The standardized values for the spectral stimuli having wavelengths in the spectral range (280-770nm) were listed. The basic stimulus in the Standard Colorimeter Observer is the efficiency of the eye cones:

$$\bar{V} = V(\Lambda) \quad (2),$$

$V(\Lambda)$  - lighting efficiency of the eye cones. The equienergetic neutral (grey) colour stimulus has the components:

$$\bar{X}_\omega = \bar{Y}_\omega = \bar{Z}_\omega = 0,3333 \quad (3)$$

Colorimeters (trichromatic photometers) were realized in order to measure the colours.

A scheme of trichromatic photometer is illustrated in Fig. 1.

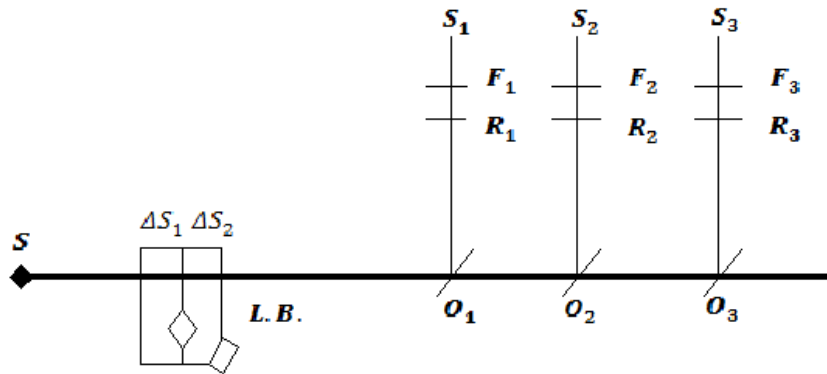


Fig. 1. The trichromatic photometer scheme

$\Delta S_1, \Delta S_2$  - diffusing surfaces for which the observed colour stimuli are the same with those used for their illumination.

$\Delta S_1$  - is illuminated by the source S and  $\Delta S_2$  is illuminated by three radiations emitted by the sources  $S_1, S_2$  and  $S_3$  (which produce different colour sensations for an adequate choice of filters  $F_1, F_2$  and  $F_3$  and reducible diaphragm  $R_1, R_2$  and  $R_3$  for the light fluxes.

### THE MECHANISM OF COLOURED SIGHT

The central fovea of the human eye (in the yellow spot area) contains cones and sticks, cells specialized in intercepting and analysing visible radiations. The central retina contains fovea with cones specialized in absorbance in the red, green and blue spectral ranges. The cones from the central fovea are specialized in the chromatic diurnal sight; they discriminate chromatic shades and nuances. The cones contain special pigments sensitive to a specific colour stimulus. Three pigments were evidenced in the human cones: the “red” cones have a pigment that absorbs in the red and orange spectral ranges, the “green” cones preferentially absorb the green range and the “blue” cones absorb radiations from the blue of visible range. The map of the visual range of each eye may be built using a special device called perimeter. All colours were observed in the central fovea; the red and green colours have a more restricted area, compared to yellow and blue. Besides the chromatic area, the human retina contains sticks, which are sensitive to neutral nuances. The sticks are able

to discriminate between achromatic nuances from white to black. They are responsible for the night sight, or for twilight observations. Each colour from the colour space can be obtained by the superposition of three colour stimuli (red, green, blue) with different luminosity and saturation. The interactions between three types of the human photo receivers determine the whole range of chromatic shades and colours. Thus, if the incident light on the human eye is monochromatic, the cones give the sensation of the nuance corresponding to the absorbed spectral range. Red, green, or blue are called primary colours. When the three types of the diurnal receivers are simultaneously excited by light equienergetic components (red, green, blue) the sensation of white is obtained. Every nuance in the colour space has a corresponding complementary nuance. The complementary nuances give neutral white colour when they are mixed. The incident radiative flux ( $\Delta\phi_i$ ) of a primary radiation illuminating the body surface can be transmitted ( $\Delta\phi_t$ ), absorbed ( $\Delta\phi_a$ ), reemitted in a fixed direction by reflection ( $\Delta\phi_r$ ) or in all directions by diffusion ( $\Delta\phi_d$ ). The bodies are observed by the visible radiations returning from their surfaces by reflection or diffusion phenomena. The conservation law of energy in the vicinity of the observed surface can be written as:

$$\Delta\phi_i = \Delta\phi_t + \Delta\phi_a + \Delta\phi_r + \Delta\phi_d \quad (4)$$

or

$$1 = \frac{\Delta\phi_t}{\Delta\phi_i} + \frac{\Delta\phi_a}{\Delta\phi_i} + \frac{\Delta\phi_r}{\Delta\phi_i} + \frac{\Delta\phi_d}{\Delta\phi_i} \quad (4')$$



$$I = T + A + R + D \quad (5)$$

The ratios:

$$T = \frac{\Delta\phi_t}{\Delta\phi_i}, A = \frac{\Delta\phi_a}{\Delta\phi_i}, R = \frac{\Delta\phi_r}{\Delta\phi_i} \text{ and } D = \frac{\Delta\phi_d}{\Delta\phi_i} \quad (6)$$

are called factors of transmission, absorbance, reflectance, and diffusion.

Based on the values of these factors, the surfaces are classified as it follows:

- Absolute transparent  $T=1$
- Absolute absorbent (black)  $A=1$
- Absolute reflectant  $R=1$
- Absolute diffusive  $D=1$

The bodies are observed through the radiations reemitted by their surfaces. Only the reemitted radiations that are complementary to those absorbed come back to the human eyes. So, only the colours complementary to those absorbed by the body surface will give the body colour.

Let us suppose that a surface absorbs in green. In white light, the surface is observed as being red. The same surface can give the filling to be black if from the incident beam the red color is missing.

The body colours are considered psychophysical phenomena because in appreciating them, both the visual and mental mechanisms are important.

Every person perceives the colours differently, because of the influence they exert on the human psychic, inducing different feelings. Some colours can irritate, or make us nervous, or they can give us the feeling of coldness, or loneliness, whereas some others can induce states of reverie, satisfaction, or they cheer us up.

## COLOUR IN SOCIAL LIFE

Due to their psychological effects, colours can be utilized in social activities, in the treatment of some diseases, or for didactic purposes, in order to induce the mood for acquiring new knowledge. The colours stimulate and change the spatial proportions "enlarging" or "reducing" the dimension of the objects; they can "warm up" or "cool up" the closed spaces. Some psychological effects of colours are listed in Table 2.

Table 2. The colour effects

NR.	COLOUR	CHARACTERISTICS
1.	White	Inspires expansion, easiness, suavity, purity, coldness, robustness
2.	Black	Induces quietness, depression, shyness and tender emotions
3.	Grey	Attenuates the action of the other colours
4.	Red	Excites, stimulates, mobilizes, facilitates the ideas association; it is a very warm colour
5.	Orange	Induces optimism, emotions, feelings of closeness and health, states of joy.
6.	Yellow	Induces states of vigilance predisposes to communication, stimulates. It is a warm colour.
7.	Green	Induces states of relaxation, meditation, equilibrium, contemplation.
8.	Blue	Induces calmness, quietness, reverie. It can slow down intellectual activities.
9.	Purple	Induces quietness, sadness, melancholy; it can discourage, being a very cold colour.

The colours influence one another. Therefore, near blue, all colours are cold, while near red, the same colour becomes warmer. Primary colours are vivid, inspiring dynamism, joy, movement. A primary colour combined with other colours gets pale, being deprived of luminosity and purity.

Colour luminosity is also important in inducing feelings. A colour seems deeper with

the decrease in its brightness. The chromatic contrasts can influence our feelings. The happiest chromatic contrasts are blue - white, black - yellow, green - red.

The black - white contrast is not a good choice, leading to the highest level of fatigue of the human eyes. The blackboards on which white pens are used are very tiresome, and they are not indicated for student activities, given

the fact that they increase fatigue and attenuate concentration. The best choice for boards would be a light yellow surface on which black fibre pens are used or a white surface and green fibre pens.

In the instructive-educational processes, the colours can positively influence perception, attention, increasing the degrees of understanding and memorizing.

Some colours or colour contrasts determine the degree of focusing by a better nervous connection. They can develop imagination, creativity, memory. Children raised in a chromatic varied environment with well - chosen nuances have a higher intelligence and imagination level compared to those raised in an achromatic environment. Colour nuances influence the nervous system and the individual mental state. For example, white determines the best concentration, blue and black slow down the intellectual activity, stimulating inhibitions. Red stimulates intellectual activity favouring the associations of ideas; yellow increases the ability to focus, and green stimulates creativity and the free association of ideas.

### COLOURS IN INCREASING THE EFFICIENCY OF THE INSTRUCTIVE EDUCATIVE ACTIVITIES

In our experiments, three sets of tests containing questions and problems of average difficulty were typed on:

- Blue paper with black pencil (experiment I)
- Light-green paper with black pencil (experiment II)
- Yellow paper with green pencil (experiment III)

Three classes comprising 23, 23 and 22 students from high schools in the Vaslui and Iasi Districts participated in the experiments, each class receiving all three coloured tests. The experiments were carried out in the same day during three hours separated by one sports or musical education class, in order to assure a relaxing pause between the tests for each class.

The results are illustrated in table 3 and Fig. 2.

Table 3. Number and percent of students obtaining grades from 1-10 in written examinations using different paper and pencil colours

GRADE	EXPERIMENT I (No. of students)	P%	EXPERIMENT II (No. of students)	P%	EXPERIMENT III (No. of students)	P%
2	2	2.9	0	0	0	0
3	4	5.9	3	4.4	2	2.9
4	6	8.8	4	5.9	3	4.4
5	9	13.2	10	14.7	11	16.2
6	12	17.6	13	19.1	18	26.5
7	15	22.1	19	27.9	13	19.1
8	12	17.6	12	17.6	9	13.2
9	5	7.4	6	8.8	7	10.3
10	3	4.4	1	1.5	5	7.4
Obs.	Blue + black pencil		Light green + black pencil		Yellow + green pencil	

From Table 4 it results that the number of grades equal or higher than 7 is the smallest in the third experiment, although in this experiment, the number of grades of 9 and 10 is considerably high.

The results obtained by using various nuances of paper and pencil in this experiment

are not very different, but the use of light green and yellow contributed to the increase in the number of grades of 9 and 10, proving that these nuances can determine an increase in the level of focus and stimulate creativity and the free association of ideas.



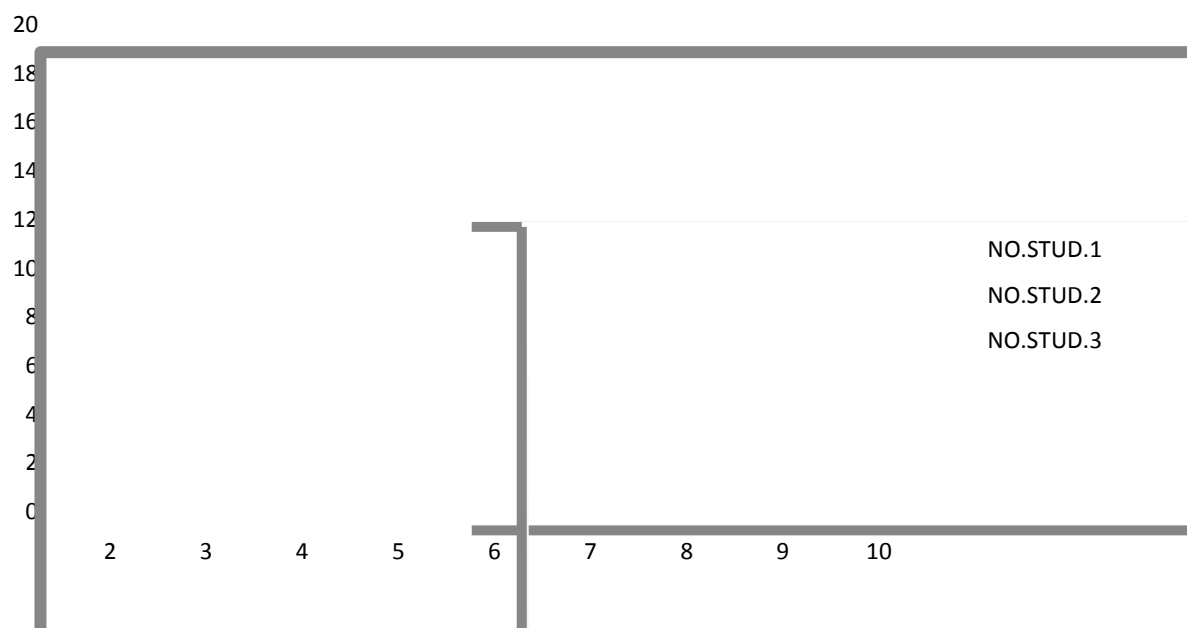


Fig. 2. Number of students vs. Obtained grades in experiments I, II, III

Table 4. Number and percents of grades depending on nuances of paper and pencil

VALUE OF GRADES	EXPERIMENT I	P%	EXPERIMENT II	P%	EXPERIMENT III	P%
$\geq 7$	35	51.5	38	55.9	34	50.0
$\geq 8$	20	29.4	19	27.9	21	30.9
9.10	8	11.8	7	10.3	12	17.6
Obs.	Blue- black pencil		Light green- black pencil		Yellow-green pencil	

## CONCLUSIONS

The colour of didactical materials can improve the results obtained in school activities. Every person perceives the colour differently to the influence the colour exerts on the human psychic inducing different feeling.

In the instructive – educational processes, the colour can positively influence perception, attention increasing the degrees of understanding and memorising.

## BIBLIOGRAPHY

1. Bruhat G. Course of Physique Generale, Ed. Masson, Paris, 1965.

2. Pop Valer. Bazele Opticii, Ed. Univ. Al.I.Cuza Iasi, 1988.

3. Wright W.D. The Measurement of Colour, Ed. Univ. of London, 1969.

4. Muresan P. Culoarea in Viata Noastra, Ed. Bucuresti, 1998.

5. Anatal A., Muresan P. Culoare, Armonie Confort, Ed. Enciclopedia, 1983.

6. Rossbach Sarah. Feng Shui si Arta Culoarelor, Ed. Teora, Bucuresti, 1997.

7. Evans R.M. An introduction on Colour, John Wiley & Sons NY, London, 1948.

8. Dorohoi Dana Ortansa. Optics Theory Experiments and Solved Problems, Ed. St. Procopiu, 1992.

Prezentat la redacție la 17 aprilie 2015

## COLOR IN ALTERNATIVE THERAPY

**Benchea A.<sup>1\*</sup>, Babusca D.<sup>1</sup>, Morariu M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>“Al.I.Cuza” University, Faculty of Physics, 11, Carol I Bvd. 700506, Iasi, Romania

<sup>2</sup> Zepter International Consultant on medical products, Iasi, Romania

\*e-mail: bencheacelia@yahoo.com

Colors are perceived by our eyes in all possible shades and intensities, and they affect our entire body. Chromo therapy is a natural method of treatment that uses the properties of colored light to produce favorable reactions to restore health. The Biopton lamp system is a medical device for therapy with light, which acts by supporting the regenerative capacity and balancing the body and helps the body to activate its own healing potential. A performed statistical calculation demonstrates the color efficiency in health.

Keywords: color, chromotherapy, properties of natural color spectrum, statistical calculation, Biopton therapy system.

Culorile sunt percepute de ochiul nostru în toate nuanțele și intensitățile posibile, și care ne influențează întreg organismul. Cromoterapia este o metodă naturală de tratament care utilizează proprietățile luminii colorate pentru a produce reacții favorabile restabilirii sănătății. Sistemul cu lampa Biopton este un aparat medical de terapie cu lumină, ce acționează prin sprijinirea capacităților de regenerare și echilibrare ale corpului și ajută organismul să-și activeze propriul potențial de vindecare. Un calcul statistic efectuat ne demonstrează eficiența culorii în ajustarea stării de sănătate.

Cuvinte-cheie: culoare, cromoterapi, proprietățile culorilor din spectrul natural, calculul statistic, sistem de terapie Biopton.

### INTRODUCTION

Chromo therapy is a natural method of treatment by color, which is easily integrated within the disciplines of complementary treatment. Chromo therapy focuses on human cells property of being influenced by electromagnetic waves. When human beings feel a disease, the body's electromagnetic field is unbalanced and chromo therapy's role is to adjust it. This technique includes simple principles of biology and psychology that relies on the laws of light, optics and electromagnetic phenomena. The luminous radiation contains

the radiation in the visible, ultraviolet, infrared field.

Color is a form of electromagnetic energy. It is a good remedy in herbal medicine. We are permanently and totally surrounded by electromagnetic waves, each of them having a specific wavelength and a certain speed of vibration (frequency).

The amount of energy of a light beam is proportional to its frequency, so that a light beam with a higher frequency has a higher energy than a light beam of low frequency.

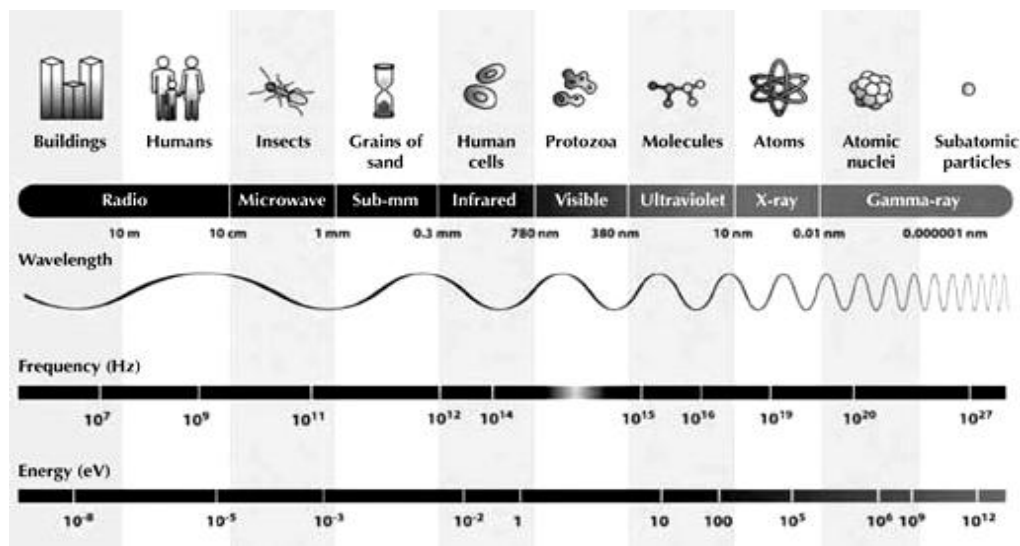


Fig. 1. Diagram of electromagnetic waves

The spectrum of colors and their meanings are concerns of chromo therapy, this one being another approach and treatment of body found in deadlock.

Chromo therapy is a set of techniques that uses the properties of colored light aimed to produce adverse psychological adjustment and health recovery.

The colors are divided into: warm colors (red, orange, yellow, brown), cold colors (blue,

green, purple), neutral colors (white, brown, beige). Warm colors, increase the energy flow and invigorate the tissues, stimulating blood circulation. Cold colors, slow the energy flow for inflammatory diseases and relaxation. Neutral colors, clean the energy drain, while mixed colors are regenerating, nourishing and healing. The complementary colors occur interest from optical point of view for getting other colors than the combined ones.

Table 1. Field of color

Nr.	Color	Wavelength range	Frequency range
1	red	~ 625 - 740 nm	~ 480 - 405 THz
2	orange	~ 590 - 625 nm	~ 510 - 480 THz
3	yellow	~ 565 - 590 nm	~ 530 - 510 THz
4	green	~ 520 - 565 nm	~ 580 - 530 THz
5	indigo	~ 500 - 520 nm	~ 600 - 580 THz
6	blue	~ 430 - 500 nm	~ 700 - 600 THz
7	violet	~ 380 - 430 nm	

In the 17<sup>th</sup> century, scientists were able to decompose the light rays by using a prism due to Isaac Newton, eminent physician. When the white light passes through a prism the decomposition into components that make up

the natural color spectrum (ROGVAIV): red, orange, yellow, green, blue, indigo and violet (the 7 primary colors of the rainbow) takes place.

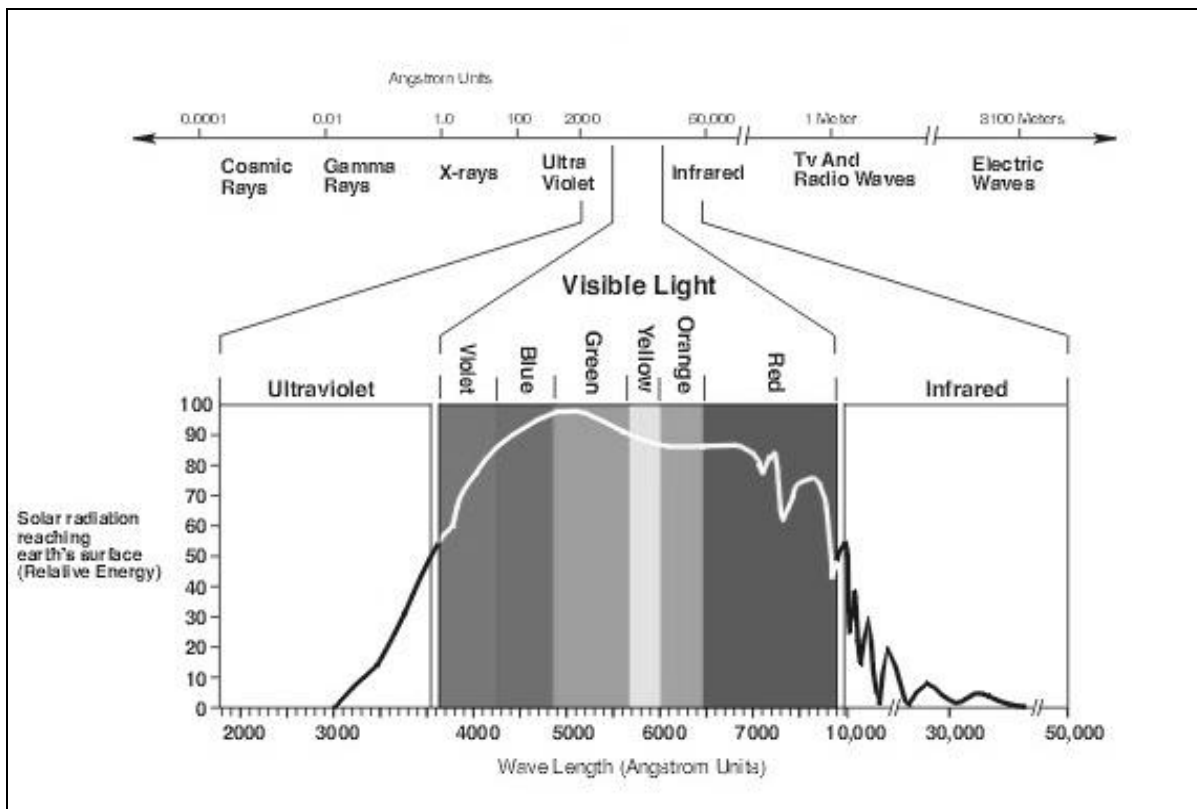


Fig. 2. Electromagnetic spectrum

Each of these colors is a monochromatic electromagnetic radiation, which has a certain frequency and wavelength and carries specific information, generating molecular effects in living structure.

The color therapy is based on the colors of the rainbow, which has been existing since ancient Egypt [1]. Chromotherapy targets the energy rebalancing the body and health, and the effects of colors action on the human body which can be set up by following certain functional and biochemical parameters before and after applying this natural therapy.

Our entire existence is full of colors' presence. It is useful to know the effects of each color on human being [2]. The experimental researches let us to understand that human being is not indifferent to the coloristic call coloristicii in the affective sphere, in the mood and in terms of health.

Colors are perceived by our eyes in all possible shades and intensities, being around us they acts on the brain, endocrine glands and release of hormones or other organic substances in the body, thus contributing to harmonize / harmonization or on the contrary, to psychical disorder influenced then in somatic. The disease symptoms are a sign of a lack or improper use of color and light by the cells and organs of the human body, due to factors such as lifestyle, environment. This imbalance can be corrected using the 366 frequency selective color.

Each color emits specific vibrations that affect living cells. The eyes are among the most sensitive organs exposed to colored rays, because they turn them into signals that are then decoded in the brain. But the light traverses / penetrates the skin, the muscles as well and even the skeleton, triggering chemical changes of the tissues. The human body receives waves of different colors, which have the ability to nourish and heal.

Chromotherapy is based on the fact that psychological functions respond to different colors [3]. Pineal glands (attached to the brain) control the daily rhythm of life. When light enters our eyes / skin, it crosses the neurological pathways towards the pineal glands. Different colors (wavelengths and different frequencies) are connected to certain

areas of the body and have various effects on physical and mental functions.

The eye and the human brain processes and decode the received information and manage to determine the color of the reflected rays transmitted through the object. The luminous receptors are those which transmit the information from the eye to the brain and plays an important role in the creation and perception of color sensation.

Chromotherapy can be used with other complementary therapies (aromatherapy, massage, and other) [4]. As practical methods for applying color therapy we can remember:

*The sunlight focusing on the affected area* – the partial or total exposure of the body to the sun exposure, the body being completely naked for 20 minutes.

*The use of "rainbow water "* - water is kept in a colored container and exposed to the sun or to a source of colored rays at 20°.

*"Breathe of colors"* - normal breathing, but imagining that the air is colored.

*Colored light* – the white light passes through colored filters and is directed to parts of the body or to the entire body. The source of light can be a photographic lamp to which colored filters can be differently applied or a slide projector bulb of 150-400 watts to which a colored filter is adjusted.

*Watching a color* - or flashes of colored lights are made for 30-60 minutes sitting down in silence or listening to a proper song.

*Garments* - certain colors of garments filter the light and the body absorbs it. Choosing the right shade of the garment can improve both mood and health problems.

*Consumption of colored food* - added in our diets it produces certain reactions in the body, nutritionists say that, according to color foods can improve the digestion, appetite and mood, chromo therapeutic people say that when we eat a certain food, the body absorbs the nutritive substances it contains, as well as their color and energy.

*Using colored semiprecious stones* - which besides their intrinsic properties and they provide a path to spiritual healing through the colors they display.

*Interiors color-* finding adequate colors for rooms can lead to the improvement of

mood, of the yield at the working place and of health.

*Inner view/ visualization* - is a method of treatment which is based on the power of concentration, the person who is suffering from a disease should imagine a ball of colored light/ a colored light sphere that surrounds the affected organ or the entire body.

*Laser* - is a particular form of chromo therapy and relies on the use of colors through their specific wave lengths (radio waves).

The Prescription of the colored light is indicated especially in cases of: premature skin aging, mental instability, power failure, fatigue, depression, anxiety, insomnia, obesity, immune deficiencies, attention disorders, menstrual disorders, decreases of libido, headache, swelling of extremities, abuse of drugs, suicidal tendencies, joint problems, fractures, burns, wounds etc.

Color therapy has been used since the Middle Ages, when the medicine men were appealing to colors to cure various emotions, illnesses or diseases. Thousands of years ago, in the Far East, China and India, filters of different colors obtained from plant pigments were used to treat various diseases.

Chromo therapy or color therapy has been practiced since ancient times (Heliopolis, Egypt, Iran, India, China) and people have acknowledged the healing properties of colors and they have expressed them in different ways.

Hippocrates, the great physician of antiquity (and scientist), was a resolute supporter of the therapeutic effect of sunlight, in which all colors are present.

Even the great oriental healer Avicenna (980-1037 AD), in one of the 450 of his works, treats the influence of color on mood, and health [5].

## CHARACTERIZATION AND USE OF COLOR

Chromo therapy is used as a helpful method of treatment and specialists who use it acknowledge that it contributes to the improvement of suffering by influencing directly or indirectly certain organs, by influencing the patient's psyche and mind. It is

important to know, according to the disease, what color will be beneficial for healing.

**Red** is considered a universal stimulant, it is the color of passion and optimism, it enhances the activity of any kind, it is the strongest color, the color of fire, blood and force of life. Due to its effects, for therapeutic use, moderate doses of red blue and green are generally recommended. Applying the red monochromatic light, speeds scarring and tissue healing are hurried up.

*Indications:* anemia, physical weakness, mental depression, rheumatic pain, fatigue, paralysis, tuberculosis, respiratory (bronchitis, colds), stress, blood disorders (poor circulation, hypotension), constipation, diseases related to the endocrine system, impotence.

*Contraindications:* inflammatory states, emotional disorders, hypertension, it is gradually used to choleric, irritable and stressed persons, color excess may cause conjunctivitis, fever.

**Orange** is considered the most intense color, a mixture of physical plan (red) with the mental plan (yellow). It is the color of heat, sensuality and emotions, it indicates optimism, cheerfulness, courage, love and fidelity, vitality, joy, ambition and lust for life balance. The electro-magnetic energy of orange color is on the same frequency vibration with the DNA chain (regenerating effect, anticancer).

*Indications:* in anxiety, depression, hypothyroidism, kidney and lungs diseases, spleen disorders, pancreas, nutrients assimilation, asthma, bronchitis, colds, epilepsy, gallstones, gout, tumors, menstrual disorders, fatigue, kidney diseases, rheumatism stress, disappointment, pessimism, fear, sexual disorders, overcoming inhibitions

*Contraindications:* to people under stress, senile dementia, asthma, hysteria, spasmophilia, hallucinations, it develops problems, disturbances in the small intestine and colon (constipation). Used in excess or incorrectly, it may generate extravagance, worries, vanity, unjustified fear, excessive emotion, memory problems and excessive culpability, excessive modesty, frustration, repression of natural intentions.

**Yellow** is the warmest, the most expansive, the most animated and the most cheerful, it is the sunlight, it invokes gold,

brilliance, energy, warmth, life, divinity, it causes mental activity, intelligence, wisdom, harmony, exaggerated analytical spirit.

*Indications:* in liver diseases, gallbladder disease, bloating, flatulence, cellulitis, colitis, constipation, diabetes, dyspepsia, eczema and skin disorders, edema, nervous exhaustion, spleen, small intestine, hemorrhoids, indigestion, headache, paraplegia, it strengthens the muscles and facilitates the digestive functions in psycho-neurosis.

*Contraindications:* fever, inflammation, heart palpitations, delirium, super-excitation. Prolonged or improper use leads to acidity, ulcer, cirrhosis, cramps or hemorrhoids, feelings of helplessness and anxiety, greed, predisposition to poor digestion.

**Green** is a soothing, mediator color, situated between hot and cold, it facilitates nerve disconnection, it symbolizes life, growth and rebirth, faith and healing, kindness and reconciliation, love, joy and optimism, color balance and self-control.

*Indications:* asthma, back pain, colds, cramps, erysipelas, fatigue, fever, heart disease, liver disease, hypertension, irritability, laryngitis, malaria, cancer, neuralgia, neurological disorders, sleepiness, ulcers, venereal diseases, neuroses.

*Contraindications:* The rejection of green color indicates, stiffness, inadequacy, intolerance, fanaticism, hostile reactions, jealousy, envy. Used in excess or green color indicates insecurity, greed, lack of self confidence, hate, lie.

**Blue** is the coldest and the purest of colors, it is the most immaterial of colors. It is a relaxing, soothing color with effect on the nervous system. It increases the rate of metabolic reactions and it is used in wound healing. Blue is the color of transcendent wisdom, harmony, clarity.

*Indications:* disturbances, to hyperactive children, gingival abscesses, toothache, throat diseases, throat pain, goiter, thrush, burns, colic, biliary crisis, nervous disorder, diarrhea, dysentery, headache, epilepsy, fever, chills, hemorrhoids, cholera, jaundice, inflammation of the intestines, eyes, sunstroke, insomnia, hysteria, menstrual pain, measles, pruritus, palpitation, rheumatism, spasms, wounds,

infections with bacteria and viruses, vomiting, insects stings, hot flashes (menopause).

*Contraindications:* scarlet fever, pathological thirst, stress.

**Indigo/purple** is a dark blue, the combination of intuitive intelligence and spirituality, expressing the wish for knowledge and finding the truth, attraction to paranormal (clairvoyants, healers), sense of responsibility, developed intuition, it purifies and calms, it influences seeing, sinuses and cerebral hemispheres.

*Indications:* in appendicitis, asthma, bronchitis, cataracts, seizures, delirium tremens, dyspepsia, deafness, eye disease, hyperthyroidism, nose bleedings, paralysis, pneumonia, tonsillitis, whooping cough, migraines, sinusitis, obesity, dementia, hallucinations, rheumatism, in obsessions.

*Contraindications:* used in excess it indicates the absence of spiritual concerns, lack of faith, paranoia, neurological and genetic disturbances, and intense erotic imagination.

**Violet** is the last color of the rainbow, it is related to spirituality and religion, it harmoniously combines the mental with the emotional, the physical with the spirit. It is a sacred and noble color, resulting from the combination of dark blue (desire / wish for knowledge) and red (dynamism).

*Indications:* in bladder diseases, and kidney cancer, abnormal bone growth, cerebrospinal meningitis, concussion, cramps, epilepsy, mental disorders, neuralgia, rheumatism, sciatica, skin diseases, tumors, neurosis, it improves digestion.

*Contraindications:* people suffering from neuroses or other psychiatric disorders. Rejecting this color is means disappointment, neglect ion, fear of socialization, obsession, disillusion, spiritual involution, carrying off faith.

## EXPERIMENTAL METHOD AND STATISTICAL

Biopton Light Therapy System [6] is a medical device with light therapy, so that the emission of light by Biopton such issue is similar to the part of electromagnetic spectrum produced by the sun, but that does not contain ultraviolet radiation. Biopton acts by



supporting the regeneration capacity and balancing the body and helps the body to activate its own healing potential. Since its coming into tissues, the solar energy helps the bio stimulation process, stimulating several biological processes from the body in a positive way which thus improves body functions.

Biopton provides a new and effective treatment, easy to use, which can be used in medical institutions, at home or within sports centers and postoperative recovery centers with no known side effects, has a short duration of treatment.

Biopton has many / multiple applications in medicine, including: wound and tissue healing; in rheumatology, it improves the sleep; in sports medicine, it allows quick rehabilitation of muscles and joints system; it is the treatment for contusions, dislocations, tension, spasms, cuts, bruises; it is also applied in physical therapy and rehabilitation.

Biopton has the following characteristics:

*Polarization:* it uses polarized light, there are oscillating waves in parallel planes where the emitted light reaches a stage of polarization of 95%, which increases the high degree of penetration. No UV rays or significant heat are emitted.

*Polychromatic:* the light is a polychromatic one, it does not contain a single wavelength (the laser) but several wavelengths both from the visible and the infrared field, the wavelength is between 480 nm-3400 nm, it does not contain ultraviolet radiation.

*Incoherence:* contrary to laser light, Biopton light is incoherent; it denotes that the beams are not synchronized.

*Low Energy:* the light has a low energy density, with positive Bio stimulators effects and stimulates various biological processes throughout the body.

If Biopton Light Therapy device is oriented perpendicular to the skin surface, the energy contained in the emitted light penetrates the skin tissues and stimulates the amelioration of biological reactions that help to improve skin appearance and structure [7-13].

Biopton therapeutic devices use 7 colors (red, blue, yellow, green, orange, indigo, violet), with 5 focal points (energy supply,

power and endurance, skin and body tissues, metabolism, start from inside), which are based on the principle of stimulating the chakras including the benefits of light. This therapy has been accepted as a new form of treatment in prevention, therapy and regeneration of the human body.



Fig. 3. System biopton light and colored filters

Every year, millions of people worldwide suffer from diseases and injuries. Only in Europe:

- 60 million people suffer from trauma
- 1 of 5 adults suffers from chronic pain
- 100 million people suffer from muscle and joint pain
- 100 million people are affected by arthritis or rheumatism
- 67 million people suffer from back pain in the lumbar and the upper area
- 4 million people suffer from wounds
- 12 million people suffer from TAS (seasonal affective disorder).

The standard treatment for these medical conditions is that of the medicines (allopathic medication) which have many potential side effects including: heart problems, liver problems, kidney problems, digestive problems, diarrhea, allergic reactions, nausea, dizziness. Some of the most effective ways to avoid medication side effects are the alternative and complementary therapies.

The successful use of light in medicine has a long history and even ancient civilizations-the Greeks, Egyptians, Arabs, understood the importance of light on health and its curative effects on humans. There is no life without light, because light is the main source of life and energy. Scientifically and medically it was turned out that many diseases and mental disorders are caused by the lack of light [14]. We spend 90% of time indoors without natural light, it is dangerous to our health and causes many diseases.

"Heliotherapy" was the first therapy with natural light used as an efficient medical treatment in preventing and treating various medical conditions.

In 1903 dr. Niels Ryberg Finsen, Danish physician, won the Nobel Prize awarded for phototherapy, marking in this way the acceptance and use of light therapy in modern medicine.

In 1933, the Indian doctor Dinshah Ghadiali [15] published a treatise in which he states that diseases are caused by the preponderance or lack of color. Color Therapy has developed through the intensive research of D. Ghadiali, inventing and the chromo therapy device called Bioptron as well.

Several patients have received treatment with Bioptron polarized light and color therapy with Bioptron device to which color filters have been added for 10 days.

The patients were initially subjected to questions and depending on the severity of diseases or ailments were in particular treated by polarized light and color therapy for a more efficient healing. The study was conducted to evaluate the effect of polarized light and color

therapy in wound healing and to improve general health.

A polarized light source (Bioptron lamp) was used with the following feature: 400-3400 nm wavelengths, the degree of polarization > 95%, the specific density of the power of 40mW / cm<sup>2</sup>, the light energy per minute of 2.4 J / cm<sup>2</sup>.

Each patient has been daily treated for 10 days with polarized light for 10 minutes at a distance of 10 cm and with the colors of the color filters attached to the device depending on the disease. Some particular considerations of the study it have been followed for 10 days: the color of the lesion, the degree of epithelization, the degree of inflammation, the tissue scarring and the subjective feeling of the patient.

The following images illustrate some of the many cases we dealt with Bioptron light (the images are taken from the literature of specialty but they are carried out in collaboration with people consulted by medical devices that are based on specialized medical training).

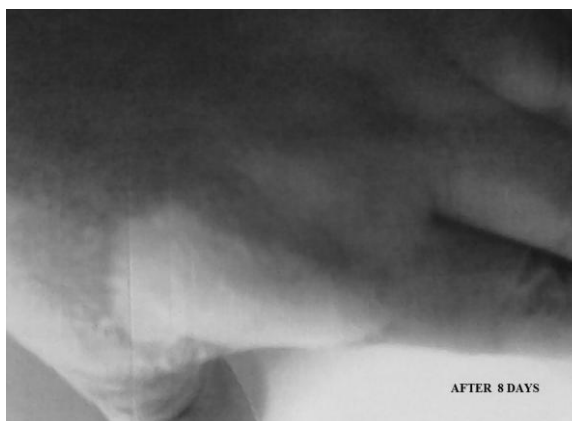


Fig. 4. Evolution of burns before and after application of the therapy

It can be noticed in Fig. 4 that the use of Bioptron light helps to heal and regenerate the damaged tissues, in this case a burn on the left hand, the color becomes lighter and the wound cleans and closes, reaching a total healing of the burn (because the wound was in medium

healing phase) and the patient's subjective feeling is very good.

Fig. 5 shows how the wound in the end stage begins to heal, and the color of the foot and of the lesion changes and the degree of inflammation decreases.

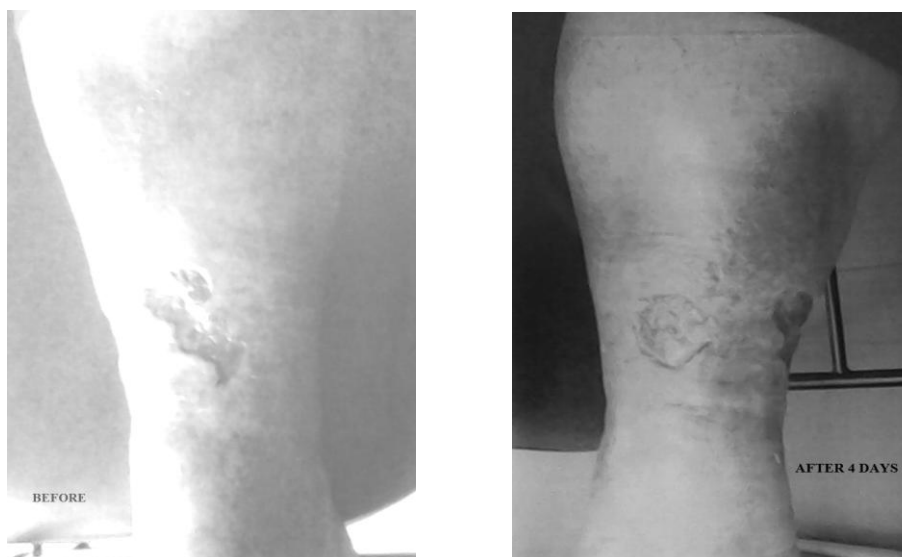


Fig. 5. Stage of a varicose ulcer before and after use of Bioptron light

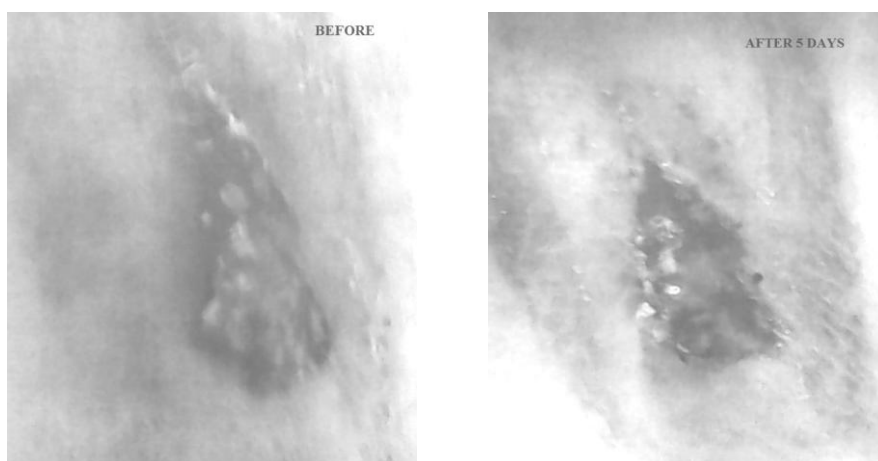


Fig. 6. Stage of a diabetic ulcer before and after light therapy

Be noticed in Fig. 6 how the wound in the initial stage has an abundant leak, it begins to heal, the ulceration stops, it clots, the lesion

changes in color, and the subjective analysis of the patient is good.

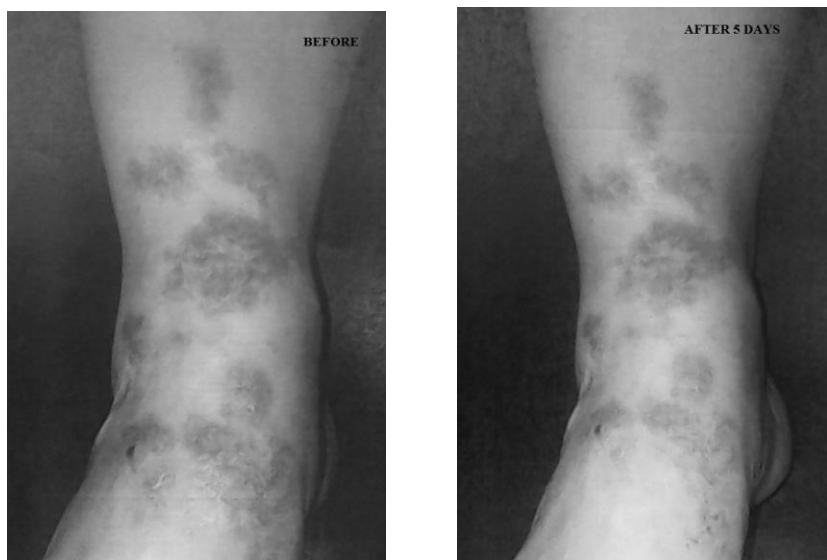


Fig. 7. Dermatological Status (Lichen Planus) before and after therapy

From Fig. 7 it is seen how a dermatological disease such as lichen plant which is an autoimmune disease may improve in a few sessions of therapy with light, the stains and the leg color change, the stains appear smaller and less pronounced, the degree of epithellization is pronounced and the patient's subjective analysis is favorable for treatment.

In all 4 cases and in other cases that were treated with Biopton polarized light and with the color therapy there was a favorable change of all private considerations (color lesion, the degree of epithellization, the degree of inflammation, the scar tissue and the patient's subjective feeling), which proves the efficiency of the action of the light in treating the disease. After the treatment of various diseases to people who have undergone therapy with Biopton polarized light were asked to express their opinions and to writes down their own subjective observations about this treatment. Thus we have:

- The Patient with lombosciatics and bursitis: "The amelioration of the back pain after the first 4 sessions, I found out after 10 days that the pain disappeared and the general state of health improved."

- The Patients with spondylitis and osteoarthritis: "The pain from the inter vertebral joints ceased - 2 lombosciatics joints, two coxo-femoral joints, after 22 sessions 3 week."

- The Patient with rheumatic and hyperthyroidism "The pain alleviated, the choking sensation and cardiac arrhythmia disappeared, I found out increased mobility of joints."

- A 79-year-old patient with osteoarthritis, deforming arthritis, allergy,

sinusitis and digestive problems: "After 6 sessions, choking sensation and knee pain disappeared, bloating, arthritis ameliorated, I sleep better."

- The Patient with gonarthrosis, gastritis and cervical spondylosis "After 9 sessions, the pain and bloating disappeared, knees gained a good mobility, the swellings especially at the right knee disappeared I can climb up and down the stairs more easily."

- The patient with bilateral medium hearing loss, right frontal sinusitis, arthritis, post fracture left wrist, "I have benefited of treatment with Biopton polarized light, in all diseases for 10 days. I mention that the relief of symptoms after following the treatment with Biopton is not a self-suggestion but a reality. "

Unlike Light Therapy, Color Therapy programs, the colors obtained by attaching the Biopton color filter device is applied to acupuncture points, acupuncture meridians segments, areas of energy, reflex areas. Using the seven colors of the spectrum, Color Therapy helps to the stimulation of the body's healing process.

A statistical study was performed on 37 patients (female and male) aged 40-77 years, who responded to the questionnaire on medical issues, including the most diseases.

Table 2. Categories of age on the 2 sexes

Nr.	Ages	No. sex female	No. sex male
1	40-50 years	5	2
2	51-60 years	13	5
3	61-70 years	3	4
4	71-77 years	3	2

Table 3. Incidence of disease among respondents according to age

Ages	Number of people						
	Rheum a-tism	Cardiovascu lar diseases	Overweig ht	Low immunit y	Allergy/ Respiratory deficiencies	Dermatologic al diseases	TAS
40-50	5	7	5	4	3	4	2
51-60	14	13	12	9	9	2	9
61-70	6	6	4	3	3	2	2
71-77	4	4	2	2	3	1	2

As shown in Table 2 and 3, most affordable and most vulnerable is the age of 3, most of women suffering from rheumatism in large proportions having cardiovascular disease and overweight.

Performing a statistical calculation based on the data presented in Table 4, we calculated the percentage for each color (Table 5).

Table 4. Application Guide polarized light and colors in different conditions

Nr.	Diseases	Problems / Symptoms	Duration of treatment	Number of sessions	Cromotherapy
1	Burns	Pain, bleeding	4-10 minutes	2 times per day	blue (4 min) orange (4 min)
2	Ulcerative Thrombophlebitis	Bleeding, pain	4-6 minutes	2 times per day	yellow (4 min) green (4 min)
3	Leg ulcers	Bleeding, pain	2-8 minutes	2 times per day	violet (5 min) yellow (1 min)
4	Rheumatoid Arthritis	Pain / swelling / stiffness in joints	4-10 minutes	2 times per day	red (5 min) blue (1 min)
5	Allergies	Redness, itching	4 minutes	2-3 times per day	orange (4 min)
6	Respiratory deficiencies	Cold, cold, cough, sore throat, sinusitis	6-8 minutes	2-3 times per day	blue (6 min) green (3 min) red (1 min)
7	Seasonal affective disorder	Bad mood, increased sleep, severe fatigue, increased appetite, weight gain, unhappiness	15-20 minutes	1 time per day, morning	orange (5 min) purple (1 min) violet (4 min) yellow (4 min)
8	Cardiovascular disease	Hypertension, angina pectoris, arrhythmia, heart failure	6-10 minutes	2-3 times per day	blue (6 min) yellow (6 min) green (6 min)
9	Dermatological	Acne, psoriasis, eczema, dermatitis, erythematous lupus	4-10 minutes	2 times per day	yellow (4 min) blue (4 min) orange (4 min)
10	Overweight	Cellulite, diabetes, osteoporosis, tired legs	6-10 minutes	2 times per day	green (6 min) yellow (6 min) blue (6 min) orange (4 min)
11	Digestive problems	Constipation, gastritis, gastric ulcer	6 minutes	2 times per day	yellow (6 min) violet (2 min) green (4 min)
12	Back Pain	Lombosciatics, lumbar spondylosis / cervical	6-8 minutes	2 times per day	purple (6 min) orange (1 min) blue (6 min)
13	Traumatisms		4-6 minutes	2 times per day	orange (5 min) purple (1 min) blue (4 min) yellow (6 min)

Table 5. Percentage of each color in relation to the number of diseases under discussion

No.	Color	Percentage (%)
1	Red	15.38
2	Orange	53.84
3	Yellow	61.53
4	Green	38.46
5	Blue	61.53
6	Indigo	23.07
7	Violet	23.07

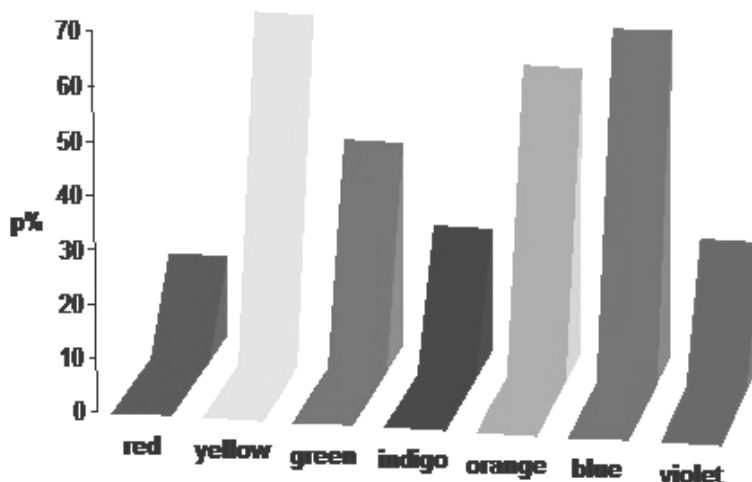


Fig. 8. Percentage of each color in relation to the number of diseases

As shown in Table 5 and Fig. 8 the largest share of the use of color in the treatment of many diseases is yellow and blue. The color blue is a good antiseptic and anti-inflammatory commonly used in wounds healing and not only, it can be used in combination with other colors. It is equally used in normal and correct

functioning of human body and is yellow which may be also associated with other colors in treating various diseases.

In Fig. 9 it is found the large numbers of people suffering from rheumatic diseases, mainly cardiovascular disease and overweight among people aged 51-60 years.

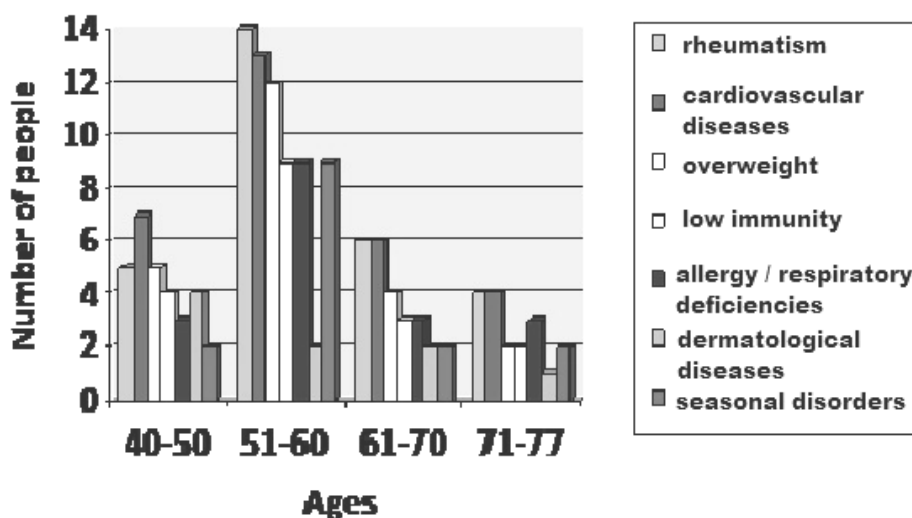


Fig. 9. Incidence of diseases according to age groups



## CONCLUSIONS

Light is essential to maintain health and prevent disease and Bioptron light activates cell growth, it strengthens the immune system, it stimulates all regeneration processes of the body. Color Therapy is a method in the treatment of different diseases, being as a to use colors through the bioptron polarized light to enhance, to restore the energy of our body and to protect our health.

## AKNOWLEGMENT

This work was supported by the strategic grant POSDRU/159/1.5/S/137750, Project "Doctoral and Postdoctoral programs support for increased competitiveness in Exact Sciences research" cofinanced by the European Social Found within the Sectorial Operational Program Human Resources Development 2007 – 2013.

## BIBLIOGRAPHY

1. Coclivo. Coloured light therapy: overview of its history, theory, recent developments and clinical applications combined with acupuncture. *Am J Acupunct.* 1999, 27:71–83.
2. Azeemi, Khawaja Shamsuddin. *Colour Therapy.* Karachi: Al-Kitab Publications; 1999.
3. Muresan P. *Culoarea in viata noastra,* Ed. Ceres, Bucuresti, 1998.
4. Traian D. Stanciulescu. *Terapia prin lumina. Fundamente biofotonice ale medicine complementare,* Ed. Cristal- Concept, Iasi, 2004.
5. Graham H. *Discover Colour therapy.* (2004) Ca USA: Ulysses Press; 1998.
6. [www.bioptron.com](http://www.bioptron.com)
7. Medenica L., Lens M. The use of polarized polychromatic non-coherent light alone as a therapy for venous leg ulceration, *Journal of Wound Care,* 2003,12(3):37-40.
8. Monstrey S., Hoeksema H., Saelens H., Depuydt K., Hamdi M., Van Landuyt K., Blondeel P. A conservative approach for deep dermal burn wounds using polarized-light therapy, *British Journal of Plastic Surgery,* 2002, 55:420-426.
9. S. Monstrey, H. Hoeksema, K. Depuydt, G. Van Maele, K. Van Landuyt, P. Blondeel, The effect of polarized light on wound healing, *European Journal of Plastic Surgery,* 2002, 24(8):377-382.
10. W. Vanscheidt, The effect of polarized light on wound healing, *European Journal of Plastic Surgery,* 2002, 24(8):383.
11. P. Iordanou, G. Baltopoulos, M. Giannakopoulou, P. Bellou, E. Ktenas, Effect of polarized light in the healing process of pressure ulcers, *Int. J. Nurs Pract.* 2002, 8(1):49-55.
12. T. Kubasova, M. Horvath, K. Kocsis, M. Feny, Effect of visible light on some cellular and immune parameters, *Immunology and Cell Biology,* 1995, 73:239-244.
13. P. Bolton, M. Dyson, S. Young, The effect of polarized light on the release of growth factors from the U-937 macrophage-like cell line, *Laser Therapy,* 1992, 33-37.
14. T. Samina, Yousuf Azeemi, S. Mohsin Raza, A critical analysis of chromotherapy and its scientific evolution, *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine,* 2005, 2(4):481-488; US National Library of Medicine National Institutes of Health.
15. D. Ghadiali, *Spectrochrome Metery Encyclopedia.* NJ, USA: Dinshah Health Society; 1997.

Prezentat la redacție la 17 aprilie 2015

## DHC AL UNIVERSITĂȚII DE STAT "ALECU RUSSO" DIN BĂLȚI, ACADEMICIANUL ION TIGHINEANU LA 60 DE ANI



Dacă am încerca să punem în evidență titlurile și funcțiile pe care le deține: academician, profesor universitar, doctor habilitat în științe fizico-matematice, Om emerit, prim-vicepreședinte al Academiei de Științe a Moldovei, director al Centrului Național de Studiu și Testare a Materialelor din cadrul UTM, (specialitatea „Nanotehnologii”), academician coordonator al Secției de Științe Inginerești și Tehnologice, DOCTOR HONORIS CAUSA a Universității de Stat ”Alecu Russo” din Bălți, etc., sa-r părea că acestea sunt suficiente pentru întregirea tabloului acestei personalități, acesteia din urmă i sa-r putea atribui, sau mai corect spus i sa-r asocia un șir de epitete pentru a înfrumuseța sau înobilă într-un fel sau altul portretul dînsului. Cred că voi reuși să fiu sincer și să nu supăr pe nimeni operând doar cu unele din faptele reale și rezultatele marcante ce-i aparțin pe bună dreptate.

Munca de cercetare realizată cu dăruire de sine și abnegație, și rezultatele obținute bine încheiate într-o lucrare integrală i-au permis să susțină cu succes teza de doctor habilitat în științe fizico-matematice la Institutul de Fizică Aplicată al AȘM în anul 1990. Pentru activitatea didactică fructuoasă, conducerea reușită a tezelor de doctor și elaborarea a numeroaselor materiale științifice și didactice i se conferă în anul 1993 titlul științifico-didactic de profesor universitar. Întrunind cu brio condițiile necesare, în anul 2007 este ales membru corespondent al Academiei de Științe a Moldovei. În continuare activează în funcția de vicepreședinte al AȘM, în anul 2012 fiind ales academician, iar în martie 2013 este ales prim-vicepreședinte al AȘM de către Asamblaea Academiei de Științe a Moldovei.

Interesele științifice ale dlui prof. Ion Tighineanu cuprind nanotehnologiile, micro- și nanostructurarea compușilor semiconductori, elaborări de metamateriale, cristale fotonice, nanocompoziți și dispozitive electronice și fotonice în baza lor. D-lui a dezvoltat o direcție nouă în domeniu – nanotehnologiile nelitografice în baza tratării materialelor cu ioni și creării condițiilor de auto-organizare. Cercetările ce s-au bazat pe acest concept au permis de a elabora metode noi de nanostructurare spațială a materialelor semiconductoare, în particular metoda litografiei sarcinii de suprafață, realizată prin inducerea cu ajutorul razei focalizate de ioni la energii mici a unei sarcini negative la suprafața semiconductorului care îl protejează de corodare electrochimică (Applied Physics Letters, Vol. 86, 174102, 2005). Pe parcursul ultimilor ani, echipa de cercetători condusă de academicianul Ion Tighineanu a propus și realizat următoarele metode nano-tehnologice bazate pe concepții noi:

Metoda creării rețelelor ordonate de nanotuburi din dioxid de titan cu diametrul intern dirijat (Brevet de invenție nr. 4063). Tehnologia a fost apreciată de site-ul NanoTechWeb.org din Marea Britanie (vezi <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/42313>), precum și de site-ul MaterialsViews.com din Germania (vezi <http://www.materialsviews.com/more-less-hollow-always-nano-titania-templates/>);

Metoda formării rețelelor ordonate de nanotuburi metalice incorporate în matrice de semiconductor. Tehnologia a fost apreciată de site-ul NanoTechWeb.org din Marea Britanie (vezi <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/34704>);

Metoda vizualizării directe a nanoarhitecturii spațiale a dislocațiilor într-un corp solid, care a fost apreciată de site-ul NanoTechWeb.org din UK, (vezi <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/44967>);

Metoda intensificării rezistenței la radiații a compușilor semiconductori prin nanostructurare, care a fost apreciată de site-ul NanoTechWeb.org din Marea Britanie (vezi <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/49261>);

Metoda de formare a membranelor ultrasubțiri de GaN suspendate pe nanocoloane de GaN, create în mod dirijat în același proces tehnologic. Tehnologia a fost apreciată de site-ul NanoTechWeb.org din Marea Britanie, (vezi <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/49261>);

Metoda intensificării emisiei undelor Terahertz la excitare optică prin procesarea nano-

matricelor semiconductoare cu ioni grei la energii mari (85 MeV  $\text{Kr}^{+15}$  și 130 MeV  $\text{Xe}^{+23}$ ), publicată în Applied Physics Letters, Vol. 97, 181921, 2010;

Metoda înscrierii directe a ghidurilor de undă în membrane constituite din nano-tuburi de  $\text{TiO}_2$ , publicată în Journal of Applied Physics, Vol. 114, 234302 (2013). Tehnologia a fost apreciată de site-ul NanoTechWeb.org din Marea Britanie (vezi <http://nanotechweb.org/cws/article/tech/55933>).

Nu ar fi corect, a nu pune în evidență și cele relatate de prestigiosul portal NanotechWeb.org din Londra referitor la cele mai impresionante elaborări în nanotehnologii la începutul anului 2015 cu denumirea "Electrodepunere prin salturi" realizată de către acad. Ion Tighineanu. Prim –vice președinte al AȘM împreună cu discipolul său dr. Eduard Monaico, colaborator științific la Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor din cadrul UTM și prof. Kornelius Nielsch de la Institutul de Fizică Aplicată din Hamburg, Germania.

Academicianul Ion Tighineanu are o contribuție majoră la dezvoltarea tehnologiilor de obținere a structurilor poroase de compuși semiconductori III-V și II-VI. Domnia Sa a propus și a dezvoltat litografia cu sarcină de suprafață, a elaborat elemente fotonice în baza coloanelor cu gradient transversal al indicelui de refracție, micro-lasere în baza materialelor nanocompozite și a structurilor de dimensiuni reduse de  $\text{ZnO}$ , etc. A demonstrat efectul benefic al nanostructurării asupra rezistenței la radiație a diferitor compuși semiconductori și a inițiat crearea unei infrastructuri nanotehnologice naționale. Este unul dintre cei mai citați savanți ai țării noastre, având indicele *Hirsch* egal cu 30, ceea ce reprezintă un record la nivel național. Rezultatele obținute au fost înalte apreciate la nivel internațional, fiind plasate pe copertele revistelor *Physica Status Solidi* din Germania și *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics* din Statele Unite ale Americii.

Dl academician Ion Tighineanu a publicat peste 600 de lucrări științifice, dintre care cca 300 în reviste internaționale recenzate. De menționat că, numai în revistele Applied Physics Letters și Journal of Applied Physics dl prof. Ion Tighineanu a publicat peste 40 articole. Este coautor a 5 monografiilor în limba engleză, două dintre ele la Editura Springer în Germania (2009 și 2014), și una la Editura „Woodhead Publishing” în Marea Britanie (2011). Promovează cu succes activitatea de invenție, fiind autor a peste 50 brevete de invenție care au fost apreciate cu 17 medalii de aur și argint la expoziții internaționale. În anul 2011 devine Laureat al *Medaliei* de Aur a Organizației Mondiale de Proprietate Intelectuală "Inventator remarcabil".

Dl prof. Ion Tighineanu a creat școala sa științifică în domeniul nano-tehnologiilor nelitografice și al materialelor noi fotonice. A fondat Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor dotat cu utilaj modern, în cadrul căruia activează mulți tineri talentați – absolvenți ai Catedrei de Microelectronică și Dispozitive cu Semiconductori (UTM). A pregătit 15 doctori în științe și doi doctori habilitați. A câștigat prin concurs 15 granturi științifice internaționale, ceea ce i-a permis să dezvolte o bază tehnologică și experimentală modernă. Colaborează cu zeci de universități și centre de cercetare din alte țări. Este recenzent la reviste științifice internaționale de prestigiu: Physical Review Letters, Physical Review B, Applied Physics Letters, Journal of Applied Physics, Nanotechnology etc. Este membru la o serie de asociații profesionale internaționale cum ar fi AAAS, MRS, Electrochemical Society, IEEE, OSA, SPIE etc., precum și membru al colegiilor de redacție la următoarele reviste internaționale: Semiconductor Science and Technology (Marea Britanie), European Journal of Engineering Education (Marea Britanie), Romanian Reports in Physics (România), Ukrainian Journal of Physics (Ucraina), Surface Engineering and Applied Electrochemistry etc. Din anul 2005 este reprezentantul plenipotențiar al Guvernului Republicii Moldova la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare din Dubna.

Meritele dlui prof. Ion Tighineanu au fost apreciate cu bursa Humboldt, Premiul Național al Republicii Moldova în domeniul Științei și Tehnicii, Diploma de Merit a Consiliului Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică și ordinul „Gloria Muncii”. A fost nominalizat „Savantul Anului 2005” în domeniul științelor reale.

O contribuție personală o are dl academician Ion Tighineanu în dezvoltarea cercetării științifice în cadrul Universității de Stat „Alec Russo” din Bălți.

Pe parcursul a mai multor ani, acad. Ion Tighineanu a condus Programul de Stat în domeniul Nano-tehnologiilor și nano-materialelor, în care a cooptat echipe de cercetători din laboratoarele „Tehnologii laser” și „Utilaje și tehnologii neconvenționale” de la USARB. Rezultatele obținute în cadrul Programului de Stat au fost publicate în două numere speciale ale revistei Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, California, Statele Unite ale Americii, Editor al acestor volume speciale fiind dl acad. Tighineanu. Una din problemele dificile cu care se confruntă cercetătorii bălțeni o constituie asigurarea cercetării cu echipament modern de cercetare. În baza a programului nominalizat, a fost

procurat un microscop metalografic dotat cu cameră digitală și a fost proiectat și confecționat un laser cu excimeri.

DI academician Ion Tighineanu participă activ în pregătirea specialiștilor prin masterat, doctorat și este consultant la tezele de doctor habilitat a colaboratorilor USAR, asigură accesul cercetătorilor bălțeni la utilajul modern de studiere a morfologiei suprafețelor, compoziției chimice și a celei de fază în Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, acordă asistență la interpretarea științifică a rezultatelor obținute, contribuie la conexiunea echipelor bălțene cu cele din institutele academice și ramurale de cercetare la nivel național și cu prestigioase centre din Germania, Portugalia, România, Italia, Israel, etc. La nivel internațional.

Cu deosebită plăcere dorim să subliniem că, l-am conșcut pe academicianul Ion Tighineanu:

-și în situații în care împrejurările păreau nefavorabile și păreau să nu conducă la obținerea rezultatului scontat; i-am admirat atunci călțățile de luptător, capacitatea de a înfrunța dificultățile, spiritul de a nu se lăsa înfrânt de situațiile dificile, de a căuta cu insistență și îndârjire soluții originale la rezolvarea problemelor cu care se confruntă;

-în calitate de luptător neobosit pentru sporirea prestigiului cercetării științifice naționale încorporând reușit în această activitate toate centrele

din țară, asigurându-le acces și suport pentru aderarea la comunitatea științifică internațională, punând în valoare cele mai frumoase și importante realizări ale savanților noștri și pe cele personale;

-în calitate de companion sociabil și plăcut, știind să creeze o atmosferă prietenească, să întrețină dar și să respecte cerințele unei discuții sincere, chiar și atunci când opiniile sale diferă de cele ale interlocutorilor săi; am admirat expunerea logică a și neagresivă argumentelor sale, într-un mod deosebit de diplomatic în așa fel încît discuția poartă amprenta unei dezbateri prietenești și colegiale, și din cre fiecare dintre interlocutori poate cîștiga, chiar și în cazul cînd din start se mențin opinii diferite.

Cu ocazia frumoasei aniversări, în semn de înaltă prețuire pentru aportul remarcabil în domeniul cercetării nanotehnologiilor la nivel național și internațional, pentru contribuția substanțială la pregătirea tinerei generații de cercetători și pentru că, prin vocație singulară și profesionalism de mare altitudine, ați marcat o etapă importantă în dezvoltarea societății științifice din Republica Moldova, Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului vă aduce cele mai sincere felicitări, dorindvă mulți ani de activitate și prosperitate.

*Cu deosebită considerațiune,*

*decanul Facultății de Științe Reale,  
Economice și ale Mediului de la  
Universitatea de Stat "Alecru Russo" din Bălți*

*dr.hab., prof.univ. Pavel Topala*

*Secretarul științific al Consiliului facultății*

*dr., conf.univ. Valeriu Abramciuc*



## ACADEMICIANUL VALERIU CANȚER, ILUSTRU SAVANT, MANAGER INTELIGENT ȘI PEDAGOG ISCUSIT LA 60 DE ANI



În contextul unei frumoase aniversări, avem onoarea să propunem atenției cercetătorilor, cadrelor didactice din instituțiile universitare și preuniversitare, doctoranzilor, masteranzilor, studenților, elevilor și tuturor celor interesați retrospectiva activității științifice, manageriale și didactice a distinsului academician, doctorului habilitat în științe fizico-matematice, profesorului universitar Valeriu CANȚER.

Personalitate marcantă a științei moderne din Republica Moldova, recunoscut în plan mondial ca un cercetător de seamă în domeniul fizicii stării condensate și ingineriei electronice, Valeriu CANȚER este originar din satul Zahorna, raionul Șoldănești. Formarea profesională a Măriei Sale a presupus angajare și consecvență. După absolvirea Facultății de Fizică a Universității de Stat din Chișinău (1977), a urmat doctoratul la Institutul de Fizică „P. N. Lebedev” din Moscova, în secția condusă de Vitali Ghinzburg (1916 - 2009), laureat al Premiului Nobel pentru Fizică (2003). În 1980, susține cu brio teza de doctor în științe fizico-matematice și revine la Academia de Științe a Moldovei, în Laboratorul de Fizică a Semimetalelor, monitorizat de academicianul Dumitru Ghițu, unde muncește până în prezent, ocupând succesiv toate treptele

ierarhiei științifice: cercetător științific (inferior, superior, coordonator, principal), șef de laborator (1992 - 2006), director-adjunct al Centrului LISES (1992 - 2000) și al Institutului de Fizică Aplicată (1997 - 2000). Devine director al Centrului LISES (2000 - 2006), academician coordonator al Secției Științe Fizice și Inginerești a AȘM (2000 - 2008). Din anul 2006, deține gradul de cercetător științific principal în cadrul Laboratorului „Structuri cu Corp Solid” al Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „Dumitru Ghițu” al AȘM. În 2009, a fost numit în funcția de președinte al Consiliului Național pentru Acreditare și Atestare al Republicii Moldova, instituție dirijată în continuare cu succes. Fiind unul din reprezentanții elitei științifice din Republica Moldova, fizicianul Valeriu CANȚER s-a impus, în sfera cercetărilor teoretice și experimentale, prin talent, calificare înaltă, orizont larg de cunoștințe și abnegație – calități ce l-au determinat să obțină rezultate științifice valoroase, cu impact internațional, în domeniul fizicii și ingineriei materialelor și nanostructurilor, electronicii corpului solid. Aria investigațiilor sale include atât gama de fenomene fizice abordate (tranziții de fază electronice, structură electronică, fenomene de transport și tunelare, efecte de cuantificare și de interfață, termoelectricitate etc.), cât și cea de materiale și sisteme ale stării condensate studiate: semiconductori, semimetale și supraconductori, inclusiv, nanostructuri cuantice.

A dezvoltat direcția științifică „Fizica materialelor și nanostructurilor neconvenționale și ingineria electronică”, cu o școală științifică recunoscută și apreciată la nivel mondial. Cercetările consacrate dezvoltării teoriei structurii și proprietăților electronice ale compușilor semiconductori și supraconductori, precum și ale structurilor cuantice, investigarea efectelor electronice de ordonare și coexistență a mai multor faze, elaborarea tehnologiilor și principiilor fizice noi în proiectarea microdispozitivelor

electronice s-au materializat într-o serie de realizări valoroase.

Pornind de la conceptul de ierarhizare a ordonărilor în rețeaua unui compus, Valeriu CANȚER a dezvoltat teoria structurii electronice a unor materiale neconvenționale cu legături de valență nesaturate în baza genezei spectrului din faza precursoră omogenizată cu legături din p-orbitale, cu ordonări structurale și chimice, stabilind natura benzii interzise înguste în compuși ternari și multinari. Conceptul pe care l-a elaborat i-a permis să identifice efectul de inversie a spectrului în aliaje de semiconductori de simetrie diferită și efectul de inversie dublă, generate de interacțiunea spin-orbitală și deformarea elastică. Astfel, a fost stabilită o gamă de materiale noi cu inversie a spectrului, care, în prezent, se înscriu în clasa izolatoarelor topologici, aceștia reprezentând o fază nouă a stării condensate.

În aceeași sferă de preocupări se înscrie ciclul de lucrări despre prezicerea stărilor electronice de interfață - stări topologice, stabilirea unor mecanisme noi de geneză a acestora prin ordonări electronice și structurale. A lansat conceptul de inversie a spectrului în suprafețe, identificând condițiile de realizare a stării cu bandă interzisă zero, care, în prezent, este definit ca stare semimetalică Weyl. De fapt, prin aceste cercetări s-a constituit un concept nou de inginerie a stărilor electronice.

Savantul a dezvoltat două metode noi de caracterizare a transportului electronic și termoelectric în materiale neconvenționale și nanostructuri: variațională și de analiză a spectrului mobilităților, prin care au fost realizate descrierea sistemică și studiul experimental al fenomenelor de transport în diferite materiale și structuri. În plus, academicianul a propus un model nou al stărilor de impurități în heterojuncțiuni și gropi cuantice și a elaborat conceptul de geneză a unor funcționalități noi ale nanostructurilor stratificate. Aceste cercetări se înscriu perfect în electronica de spin-spintronică, care se dezvoltă vertiginos în ultimii ani.

Odată cu structurile cvazibidimensionale stratificate, Valeriu CANȚER a valorificat aspecte noi în fizica și ingineria structurilor cu micro- și nanofir. În baza unei metode

originale dezvoltate în nanofire și doturi cuantice, a identificat efectele de cuantificare anizotropică. O gamă largă de cercetări se raportează la termoelectricitatea în sistemele cu dimensionalitate redusă, realizate în cadrul mai multor proiecte internaționale. Ilustrului fizician îi aparține și ideea de creștere a eficacității termoelectrice prin efectul de câmp electric, prin acțiunea sinergetică a acestuia cu cel de cuantificare dimensională. În anul 1987, după descoperirea supraconductivității la temperaturi înalte (vis realizat al academicianului Vitali Ghinzburg), savantul moldovean include în sfera sa de cercetare noi investigații și, concomitent, desfășoară activități de management al proiectelor. Pe parcursul a cinci ani, alături de academicianul Dumitru Ghițu în calitate de conducător, a coordonat două proiecte de anvergură (primele și ultimele în cadrul fostei URSS), cu o finanțare depășind-o pe cea a IFA AȘM și în care era antrenată circa jumătate din angajații acestei instituții. Proiectele respective au contribuit la formarea unei infrastructuri moderne de cercetare, cu centrul de criogenie.

Actualmente, renumitul savant Valeriu CANȚER explorează domeniul fizicii nanomaterialelor și al nanostructurilor, dezvoltând conceptul de reconfigurare a funcționalităților prin stările topologice de interfață. În această arie de investigații se includ și cercetările vizând termoelectricitatea în sistemele cu dimensionalitate redusă, realizate și în cadrul unor proiecte științifice internaționale. În perioada 2004 - 2008, Domnia Sa a fost conducătorul Programului de Stat în domeniul nanotehnologiilor și materialelor multifuncționale.

Contribuind substanțial la dezvoltarea cercetărilor tehnologice și experimentale ale materialelor și structurilor care deschid posibilități noi în electronica microdispozitivelor, omul de știință Valeriu CANȚER a implementat conceptul tehnologic de concreștere epixială a nanostructurilor prin ajustarea domeniilor, și nu a celulelor elementare, propunând platforma de concreștere a straturilor din materiale cu diferență mare a constantelor rețelei cristaline, dezvoltând metodele de epitaxie cu fascicol molecular și epitaxie chimică din aerosoli metaloorganici. A dezvoltat variante noi



constructive și de design a microdispozitivelor cu microfir și nanofir, cum ar fi microtermocuplul coaxial și cu efect de câmp. Rezultatele cercetărilor microstructurilor și microfiredelor s-au reflectat în crearea multiplelor dispozitive și produse (fotoconvertoare de infraroșu performante; traductori de presiune și temperatură; microrefrigeratoare și termocupluri termoelectrice). Elaborările din anii '90 ai sec. XX au fost implementate cu succes la Fabrica Topaz din Chișinău. Grație lor, această întreprindere tehnologică, în condițiile unei economii precare, s-a menținut pe linia de plutire. O parte importantă a cercetărilor sale aplicative a fost orientată spre elaborarea dispozitivelor cu destinație specială, cum ar fi tehnica de terahertz și tehnologii antigriindină. Menționăm că, în cadrul IEN, Domnia Sa a fondat Laboratorul de Fizică a Mediului, axat pe dezvoltarea unor metode și standuri de testare a instalațiilor antigriindină.

Academicianul Valeriu CANȚER este autorul unui număr impresionant de publicații științifice și didactice. La vârsta de doar 36 de ani, a editat, în colaborare cu profesorul universitar din Iași, Ion Nicolăescu, primul manual de Fizica Corpului Solid, în trei volume, utilizat în instituțiile de învățământ universitar de pe ambele maluri ale Prutului. Rezultatele științifice performante obținute au fost expuse în circa 500 de lucrări științifice, inclusiv 8 monografii și manuale, 30 de brevete de invenție. Elaborările realizate au fost apreciate cu 10 medalii la Saloane naționale și internaționale. A participat cu rapoarte și comunicări la numeroase conferințe științifice republicane și internaționale (Berna, Roma, Strasbourg, Londra, Paris, Barenos, Durban, Moscova, Grand Motte, Sinaia etc.).

În cadrul programelor internaționale INTAS, MRDA, BMBF, SCOPES, STCU, a desfășurat activități de cercetare cu parteneri din Anglia, Franța, Germania, Israel, Rusia, Ucraina. Este referent la mai multe reviste internaționale, expert în programele INTAS și Copernicus, profesor invitat la universități și centre de cercetare din Trieste, Warwick, Augsburg, Osnabruck, Iași etc.

Academicianul Valeriu Canțer are o contribuție notorie la pregătirea tinerelor cadre

științifice. În acest sens, îi evocăm activitatea didactică, în calitate de profesor, la Universitatea de Stat din Moldova, Universitatea AȘM și Universitatea Tehnică. Sub conducerea sa au susținut tezele 12 doctori și doctori habilitați în științe fizico-matematice, iar alții sunt la etapa de finalizare a cercetărilor de doctorat.

Academicianul Valeriu CANȚER îmbină cu succes activitățile de savant, de manager în sfera de cercetare și de mentor în educație. Este fondatorul și redactorul-șef al revistei *Moldavian Journal of the Physical Sciences* - prima publicație de limbă engleză din Republica Moldova; membru al colegiilor de redacție ale revistelor *The Annals: Metallurgy and Material Sciences*; *Fizica și Tehnologiile Moderne*, *Intellectus*, *Akados*; președinte al Comitetului internațional de expertiză al Institutului Unificat de Cercetări Nucleare din Dubna (Rusia); membru al Comitetelor de Program și de organizare a numeroaselor conferințe naționale și internaționale. Participă la elaborarea documentelor, programelor, actelor legislative și normative ce țin de activitatea științifică, de reformele din sfera de cercetare și învățământ, de relansare a economiei.

În cadrul CNAA, promovează cu consecvență modernizarea sistemului național de atestare și acreditare prin ralierea acestuia la standardele europene.

Savantul Valeriu CANȚER este membru al Academiei Internaționale de Termoelectricitate, Membru de Onoare al Institutului Internațional de Fizică (Marea Britanie), Membru de Onoare al Academiei de Arte și Științe Româno-Americane (SUA), membru al Comitetului Executiv al Societății Europene de Fizică, membru al Consiliului Executiv al Uniunii Balcanice de Fizică, Doctor Honoris Causa al Academiei Internaționale de Informatizare, Doctor Honoris Causa al Universității de Stat din Tiraspol, președinte al Societății Științifice „Omul și Universul”, președinte al Uniunii Societăților Tehnico-Științifice din Republica Moldova, președinte al Societății Fizicienilor din Moldova. De menționat activitatea fructuoasă a Dlui CANȚER în cadrul Societății Fizicienilor din Moldova, materializată în acordarea sprijinului necondiționat elevilor și

tinerilor cercetători pasionați de fizică, organizarea olimpiadelor și concursurilor republicane, contribuții la pregătirea lotului olimpic al Republicii Moldova, promovarea științei prin organizarea de manifestări științifice naționale și internaționale, susținerea discursurilor de popularizare a fizicii.

Rezultatele activității științifice prodigioase ale academicianului Valeriu CANȚER sunt confirmate și de numărul semnificativ de premii și mențiuni cu care a fost distins: Laureat al Premiului Republican pentru Tineret în domeniul Științei și Tehnicii (1983), Laureat al Premiului Național al Republicii Moldova în domeniul Științei și Tehnicii (2004), Premiul Prezidiului AȘM pentru activitate științifică (1992), Premiul anual VIP în știință (2002), titlul de „Om Emerit al Republicii Moldova” (2005), Ordinul „Gloria Muncii” (2010), Medalia AȘM „Dimitrie Cantemir” (2012).

Valeriu CANȚER întruchipează un model de inteligență, înțelepciune și devotament, un exemplu demn de urmat pentru cei tineri.

Venerabila aniversare a distinsului savant-fizician este un prilej fericit pentru a-i profila portretul complex: al savantului de certă valoare, al administratorului celei mai

importante instituții de management al cadrelor didactice și științifice, al pedagogului iscusit, al omului înzestrat cu calități deosebite. Fiind de natură o personalitate de acțiune, având un spirit mereu activ și inventiv, posedând o capacitate de muncă enormă, Domnia Sa a reușit să fondeze o școală științifică, să o susțină continuu, asigurându-i o bază materială avansată, selectând cu rigurozitate cadre tinere talentate. Dl CANȚER a investit în școala aceasta talentul de organizator, asiduitate și fermitate, consecvență și creativitate. Datoria de onoare i-a fost și rămâne a ști să dăruiască altora cunoștințele și experiența acumulate pe parcursul unei vieți fructuoase și demne de urmat.

În semn de prețuire a personalității Dumneavoastră care a adus contribuții remarcabile cercetării și învățământului superior național, în calitate de membru al unei generații ce prin vocație și profesionalism, a dat sens unei etape importante din existența societății științifice a Republicii Moldova, Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului de la Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, vă aduce cele mai sincere felicitări, cu urări de mulți ani, prosperitate și multe realizări!

*Cu deosebită considerațiune,*

*decanul Facultății de Științe Reale,  
Economice și ale Mediului de la  
Universitatea de Stat "Alec Russo" din Bălți*

*dr.hab., prof.univ. Pavel Topala*

*Secretarul științific al Consiliului facultății*

*dr., conf.univ. Valeriu Abramciuc*

**EXIGENȚE PRIVIND PREZENTAREA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PENTRU  
REVISTA  
„FIZICĂ ȘI TEHNICĂ: PROCESE, MODELE, EXPERIMENTE”**

**I. Destinația revistei**

Materialele prezentate în revistă 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.

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.

**II. Cerințe față de articolele prezentate**

**2.1. 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.

**2.2. 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.

**2.3. Întrebuințarea suportului electronic**

Materialele vor fi redactate în **Microsoft Word**, fontul **Times New Roman** și vor fi prezentate pe foi în formatul A4 (297X210 mm). Parametrii paginii: 25 - stînga (Left), 20 - sus (Top), 20 - jos (Bottom), 15 - dreapta (Right), 17,5 - antet (Header), 0 - subantet (Footer), 2 coloane. Dimensiunile fontului de imprimare - 12 points. Aliniatele – 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.

**2.4. Structura articolului**

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

*Titlul* se va da complet, maximum 3 rînduri, pe toată lățimea paginii (12points, 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 rând. 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 stângă (de ex.: „Tabelul 1”), după care, în același rând, 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 prezenta 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 coloanei. 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.

### III. 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.

## GUIDELINES FOR SUBMISSION OF SCIENTIFIC PAPERS TO THE JOURNAL „PHYSICS AND TECHNICS: PROCESSES, MODELS, EXPERIMENTS”

### I. The Journal Scope

The submitted materials should reflect recent achievements of Balti Sate University departments and research laboratories and of educational and research institutions from the Republic of Moldova and abroad.

The journal publishes scientific articles related to the following research areas:

- radio wave propagation in various media;
- development of numerically- analogical electronic devices;
- development of lasers and their application in material processing technologies;
- the study of external factor influence on the physical properties of the substance;
- classical and non-conventional technologies of material processing.

### II. Requirements for Article Submission

#### 2.1. General arrangements

Papers that have been published in other editions are not accepted. Articles should be accompanied by an extract from the minutes of the Chair/Laboratory/Scientific Seminar sitting where the papers had been discussed and recommended for publication. The submitted papers should be subject to the review of qualified specialists in the field, appointed by the editorial board.

#### 2.2. Paper format and rules for submission

A person may be the author and / or coauthor of at most two articles. The volume of an article should not exceed, as a rule, 7 pages.

Each article should include:

- UDC;
- the title in Romanian / Russian and English;
- information about the author / authors in Romanian / Russian and English;
- the abstract in Romanian / Russian and English;
- the article itself;
- the bibliography.

#### 2.3. Use of electronic support

Materials should be edited in **Microsoft Word**, **Times New Roman** font and page size should be A4 (297X210 mm). Page parameters: 25 - Left, 20 - Top, 20 - Bottom, 15 - Right, 17.5 - Header, 0 - Footer, 2 columns. Font size Print - 12 points. Paragraphs - 1 cm. Line Spacing within the same paragraph including the title and information about the author – one interval. Transference of words from one line to another is accepted. It is desirable that the last page should be complete.

#### 2.4. Structure of the article

*UDC* should be placed on the left side of the page.

*The title* should be complete, up to 3 lines, on the full width of the page (12 points, BOLD, CENTER, ALL CAPS).

*The information about the authors* should be given in bold in the language of the written paper in the following sequence: author's surname and first name (full), affiliation. If the co-authors are employees at the same institution, its name should be given only once.

*The abstract* should include a brief description of the subject matter, methods and research findings and should not exceed 10 lines. Font size - 10 points. The word "Abstract" should not be typed. *The introduction* should reflect the current state of research in the field. If need be, it will include a brief historical analysis. The introduction should end with an account of the paper aims.

*The main text* should include an account of the research methodology (experimental or theoretical), subject of research, equipment, measurement and observation methods, the precision and errors of the experiment methodology. It should include the results and their analysis. It is not allowed to repeat data in tables, drawings and texts.

*The conclusion* should briefly expound on the essence of conducted research highlighting the importance and degree of the novelty of results.

*The title of each paragraph* should be in bold. A space should be left between chapter titles and the text.

*One line space* is left before the text of each two index sub-chapter title. Paragraphs should be marked by the introduction of a "<Tab>". Bold type (no underlying) should be used to emphasize certain concepts.

*The tables* should be numbered with Arabic numerals on the left (e.g.: "Table 1"); this should be followed in the same line by the title and the table itself. The tables should be separated from the current text by one space. All the lines that form the table welding should have the same thickness (1 point). The font of the figures in the text of the table should be normal, 10 points. If the text contains a single table, it should not be numbered.

*The illustrations* (figures, charts, diagrams, photos, etc...) should be black and white, inserted in the main text or on separate sheets. All figures should be numbered with Arabic numerals (in order of their appearance in the paper) after which they should be explained. All signs and markings should be defined in the explanatory text. If there are physical dimensions, the measurement units should be indicated. In case the work contains only one figure it should not be numbered. The figures should be separated from the current text by a space. The photographs included in the text should be scanned at a minimum of 300 dpi (preferably 600 dpi) resolution and should be processed for a good contrast.

**It is not allowed to stick photos or drawings on separate sheets.** The notes on figures should be in numbers or letters with similar 10 point font characters. The explanatory text should be typed with the same character size - 10 points.

*Mathematical formulas.* **It is obligatory** to write all mathematical formulas using the equation editor of Microsoft Word processor for Windows 95/97/98/2000, (Version 6.0 /, Version 7.0, 2000) in italics, centered, each one should be typed beginning with a new line. The corresponding requirements should immediately follow the formula beginning with "where" and observing the order of signs in the equation or relation. If the text contains more equations or relations, they should be numbered with Arabic numerals at the end of the line on the right side of the column. A comma should be used after the letter - symbol is deciphered; the measurement unit should be indicated.

*The measurement units of physical dimensions* should be presented through the International System of Units (SI).

*The Bibliography.* The term "*Bibliography*" should be separated from the text by space. In the text, the references should be inserted by numbers enclosed in square brackets, e.g. [2], [5-7], and should come at the end of the article in a separate list in order of their appearance in the text. The references should be given in the source language. References to unpublished sources are not allowed.

### III. Concluding remarks

The information about authors and the abstracts in languages other than the source one should be placed after the bibliography. The content of the abstract presented in three languages should be identical.

The typed material should be presented both on a diskette and in a printed copy (with good contrast) signed by all authors (after the Bibliography).

One of the authors' address, telephone number and E-mail should be indicated for additional information.

The articles that do not meet the described requirements, the norms of language and style will be rejected.

The materials submitted to the editorial board will not be returned to the author.