# STRUCTURA, PROPRIETĂȚILE OPTICE ȘI FOTOLUMINESCENTE ALE NANOFIRELOR DE β-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ PE SUBSTRAT DE GaSe:Eu

## STRUCTURE, OPTICAL PROPERTIES AND PHOTOLUMINESCENCE OF THE β-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ NANOWIRE ON GaSe:Eu SUBSTRATE

*Virginia GURĂU*
*Dumitru UNTILA, ORCID: 0000-0001-5552-4977*
*Iuliana CARAMAN, ORCID: 0000-0002-6805-6655*
*Igor EVTODIEV*
*Universitatea de Stat din Moldova*
*Universitatea de Studii Politice și Economice Europene „Constantin Stere”*

**CZU: 621.3**

e-mail: virgurau@yahoo.com
e-mail: dumitru.untila@yahoo.com;
e-mail: iucaraman@yahoo.ca
e-mail: ievtodiev@yahoo.com

$\beta$-$Ga_2O_3$ este un semiconductor cu bandă largă. La temperatura camerei, lărgimea benzii interzise a starturilor subțiri din nanofire/nanolame se găsește în intervalul 4,5-4,6 eV [1, 2]. Acest material face parte din categoria materialelor cu grupa spațială $C_{2/m}$, în care ionii $Ga^{3+}$ ocupă nodurile cristalografice tetraedrice și octaedrice [3]. Se consideră că vacanțele de oxigen formează în banda interzisă a acestui compus un nivel donor adânc, cu energia de ~1 eV. Prezența acestui nivel donor determină conductibilitatea electrică prin electroni (tip *n*). Raza covalentă a ionului $Eu^{3+}$ este de ~2 ori mai mare decât a ionului $Ga^{3+}$, fapt care se manifestă prin deformarea rețelei cristaline monoclinice a compusului $\beta$-$Ga_2O_3$. Materialul $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ fiind optic transparent într-un interval larg de lungimi de undă, care acoperă domeniul UV – IR apropiat.

În lucrare se studiază structura cristalină, morfologia suprafeței, absorbția în regiunea marginii benzii fundamentale și fotoluminescența straturilor de pe substrat de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ pe substrat de GaSe:$Eu^{3+}$. Diagramele XRD și spectrele Raman demonstrează că stratul de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ obținut prin tratament termic în atmosferă a lamelor monocristaline de GaSe:$Eu^{3+}$ are structură monoclinică cu parametrii rețelei $a$ = 12,23Å, $b$ = 3,04Å, $c$ = 5,80Å și $\beta$ = 103,7°. Această structură este confirmată prin spectrele Raman înregistrate în intervalul numerelor de undă 199 $cm^{-1}$, 320 $cm^{-1}$, 346 $cm^{-1}$, 416 $cm^{-1}$, 475 $cm^{-1}$, 658 $cm^{-1}$ și 764 $cm^{-1}$. Același ansamblu de benzi de vibrație se obține și în straturile din nanofire/nanolame de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$. Totodată, se evidențiază bine influența ionilor de $Eu^{3+}$, care se manifestă prin atenuarea intensității relative a benzilor Raman, odată cu majorarea concentrației atomilor de Eu în cristalele primare de GaSe:$Eu^{3+}$.

Lărgimea benzii interzise ($E_g$) a straturilor nanostructurate de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ a fost determinată din analiza spectrelor de reflexie difuză folosind funcția Kubelka-Munk [4]. Din analiza dependentelor spectrale $(F(R__)\cdot hv)^2 (F(R_d)\cdot hv)^2$ de energie a fotonilor s-a determinat $E_g^d = 4{,}53\ eV E_g^d = 4{,}53\ eV$, mărime care este în bună corelare cu $E_g^d$ $E_g^d$ în ansambluri de nanofire de $\beta$-$Ga_2O_3$ [5].

Straturile nanostructurate de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ și plăcile de GaSe dopate cu 1% at. și 3% at. de Eu sunt materiale fotoluminescente în regiunea oranj-roșu a spectrului. Fotoluminescența (FL) acestor materiale a fost excitată cu radiație cu lungimea de undă 337,4 nm (3,68 eV) și 405 nm (3,06 eV). Spectrul de FL la temperatura camerei pentru plăcile monocristaline de GaSe:$Eu^{3+}$ și pentru stratul alcătuit din nanofire și nanolame de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ conține un șir de benzi cu contur îngust și cu maxime centrate la lungimile de undă 579,4 nm; 593,2 nm; 615,6 nm; 618,1 nm. Suplimentar acestea conțin două benzi cu structură complexă, cu maxime de intensitate la lungimile de undă 655,4 nm și 702,9 nm în cazul plăcii de GaSe:$Eu^{3+}$ și, respectiv, 578,8 nm; 592,3 nm; 612,8 nm și 617,8 nm – în cazul straturilor nanostructurate de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$. Deplasarea spre energii mari ale benzilor de emisie a ionilor $Eu^{3+}$ din straturile nanostructurate de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$, față de cele emise de ionii $Eu^{3+}$ din plăcile hexagonale de GaSe, poate fi determinată de dimensiunile reduse ale nanofirelor / nanolamelor de $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$.

În Figură este prezentată diagrama procesului de excitare și de emisie a FL nanoformațiunilor $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$ la excitare cu radiația laser cu lungimile de undă 337,4 nm și 405 nm.

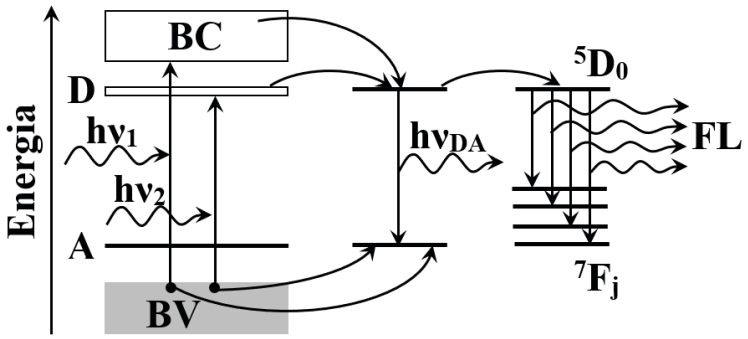



Fig. Diagrama procesului de excitare și de emisie a FL nanoformațiunilor $\beta$-$Ga_2O_3$:$Eu^{3+}$, la excitare cu radiația laser cu lungimile de undă 337,4 nm și 405 nm

***Referințe:***

1. SPRINCEAN, V. et al. Crystallinity and optical properties of β-$Ga_2O_3$/$Ga_2S_3$ layered structure obtained by thermal annealing of $Ga_2S_3$ semiconductor. In: *Materials Science in Semiconductor Processing*, 2021, *121*, pp. 105314.
2. ARORA, K. and Kumar, M. Sputtered-growth of high-temperature seed-layer assisted β-$Ga_2O_3$ thin film on silicon-substrate for cost-effective solar-blind

photodetector application. In: *ECS Journal of Solid State Science and Technology*. 2020, 9(6), pp. 065013.

3. GELLER, S. Crystal structure of β-$Ga_2O_3$. In: *The Journal of Chemical Physics*. 1960, 33(3), pp. 676-684.
4. MURPHY, A.B. Band-gap determination from diffuse reflectance measurements of semiconductor films, and application to photoelectrochemical water-splitting. In: *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2007, 91 (14), pp. 1326-1337.
5. GIRIJA, K. et al. Morphology controllable synthesis of parallely arranged single-crystalline β-$Ga_2O_3$ nanorods for photocatalytic and antimicrobial activities. In: *Chemical Engineering Journal*. 2014, 236, pp. 181-190.