

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 emisiei 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*.

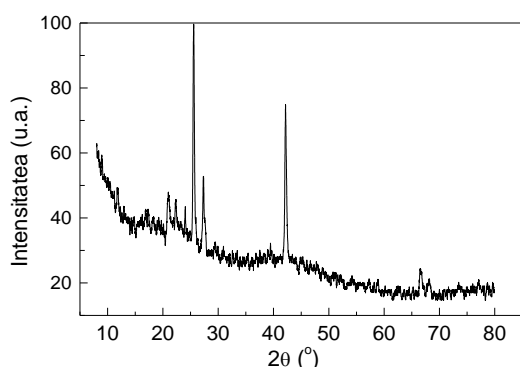


Fig. 1. Diagrama XRD a *GaS* intercalate cu *Cd*

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				
$2\theta$ (°)	$I$ (u. a.)	Proba	PDF	$2\theta$ (°)	$I$	$hkl$
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 lamei de *GaS* intercalate cu *Cd*, la 293K (Fig. 2) și la 78K (Fig. 3) sunt prezentate mai jos.

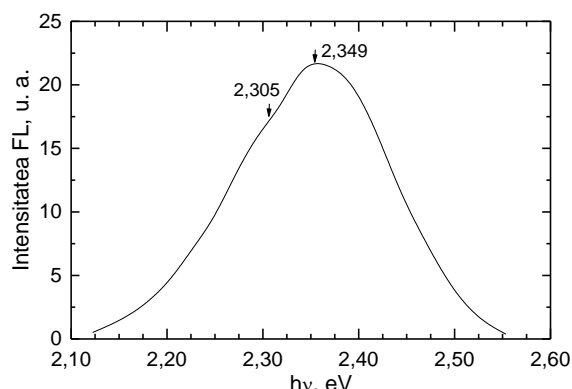


Fig. 2. Spectrul de FL, la  $T = 293K$ , a lamei de *GaS*, intercalate cu *Cd*, la temperatura de 750K, 6 ore

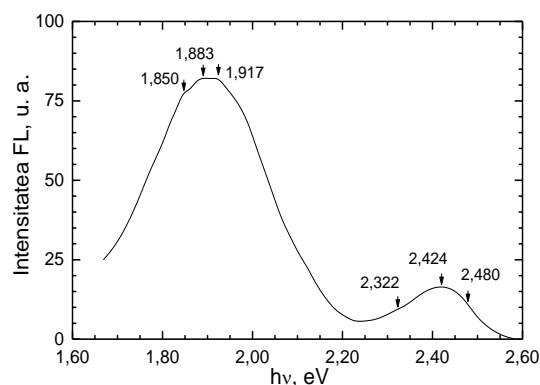


Fig. 3. Spectrul de FL, la  $T = 78K$ , a lamei de *GaS*, intercalate cu *Cd*, la temperatura de 750K, 6 ore

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  $\sim 70$  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).

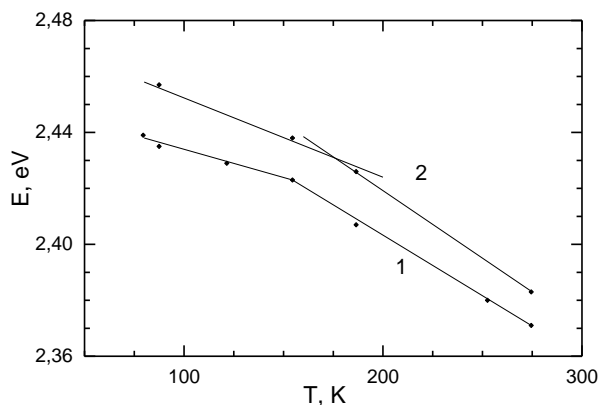


Fig. 4. Dependenta de temperatură a energiei maximului,  $h\nu=2,43$  eV (curba 1) și lățimii benzii interzise indirecte (curba 2)

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 ~ 130K.

## CONCLUZII

- FL lamelor monocristaline de *GaS* la temperature 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