

# Particularitățile Efectelor Optice în Antimonidul de Galiu Dopat cu Nichel

Gheorghiu E., Guțuleac L., Mihălache A., Melinte V.  
Universitatea de Stat din Tiraspol  
Chișinău, Republica Moldova  
e.gheorghita@mail.ru

Caraman M.  
Universitatea de Stat din Moldova,  
Chișinău, Republica Moldova

Palachi L.  
Universitatea Liberă Internațională din Moldova  
Chișinău, Republica Moldova

**Abstract** – The particularities of gallium antimonide optical effects doped with nickel in various concentrations were investigated. Depending on the concentration of nickel it was experimentally registered a displacement of spectra of fundamental absorption in the diapason of small energies and an anisotropy of spectra according to the orientation of clusters.

**Termeni cheie** — antimonid de galium, clustere, incluziuni.

## I. INTRODUCERE

Problema comportării elementelor din grupa de tranziție, ca dopanți, este actuală și are cum un aspect teoretic așa și un aspect aplicativ de perspectivă. Particularitățile comportării neobișnuite a dopanților din grupa elementelor de tranziție este determinată de prezența unui moment magnetic mare excitat de structura energetică a substratului electronic incomplet (3d), care contribuie la formarea în banda energetică interzisă a diferitor stări localizate specifice. Gradul de solubilitate a acestei impurități în diferite combinații  $A^{III}B^V$  nu este mare, nu întrece (1÷2)% atomare. În concentrații mai mari aceste impurități formează niște incluziuni aciculare, numite clustere, structura cărora diferă de structura matricei de bază. Majorarea concentrației dopantului esențial contribuie la majorarea concentrației golurilor până aproximativ  $10^{20} \text{cm}^{-3}$ , la fel contribuie la micșorarea barierei Schottky făcând-o comensurabilă cu lungimea efectivă de tunelare a purtătorilor de sarcină prin bariera respectivă. Ca rezultat se poate de așteptat la schimbarea concentrației spinilor și tipului orientării magnetice în clustere și, respectiv, la modificarea esențială a proprietăților magnetice a eșantioanelor.

## II. REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI DISCUȚIA LOR

Eșantioanele de antimonid de galium studiate în această lucrare au fost obținute prin metoda modificată a topirii zonale. Concentrația nichelului introdus în procesul tehnologic a variat în intervalul (0,01÷3) procente atomare. Toate eșantioanele analizate au avut conductivitatea de tipul p. Majorarea concentrației nichelului contribuie la majorarea concentrației golurilor, rezultat confirmat din experimentele galvanomagnetice. Studiul efectelor galvanomagnetice în ansamblu cu proprietățile mecanice, utilizând metodele obișnuite, ne confirmă următoarele: antimonidul de galium

dopat cu nichel în concentrații mici de până la 0,01 procente atomare se obține în formă omogenă fără careva incluziuni. Deci nichelul în așa concentrații este solubil, se comportă ca un acceptor și am putea presupune că ocupă locul galiului în rețeaua cristalină a antimonidului de galium. În lingoul monocristalin de antimonid de galium dopat cu nichel în concentrații mai mari de 1% procent atomar, se evidențiază niște incluziuni aciculare cu un diametru de dimensiuni nanometrice orientate de-a lungul deplasării zonei topite, de-o structură chimică și cristalină, după părerea noastră, ce diferă de structura matricei de bază. Cu majorarea concentrației dopantului respectiv crește și densitatea cluster-ilor. Diagrama eșantioanelor utilizate pentru experimentală este prezentată în figura 1. În experiment s-au utilizat eșantioane confecționate din centrul lingoului cu diferite orientări a cluster-ilor. Instalația pentru înregistrarea spectrelor de absorbție a fost confecționată pe baza spectrofotometrului cu difracție MDR-

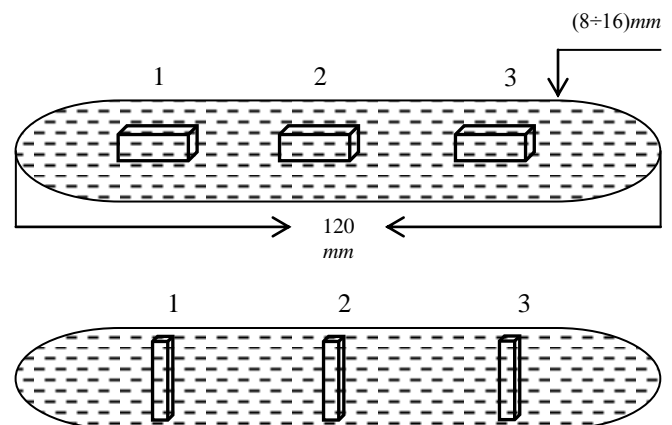


Fig. 1. Diagrama confectionării probelor de antimonid de galium dopat cu Fe, Mn, Ni în concentrații mai mari de 0,1% procente atomare.

- de-a lungul incluziunilor aciculare sedimentate în procesul tehnologic;
- perpendicular incluziunilor aciculare sedimentate în procesul tehnologic.

2. Se analizează segmentele spectrelor de absorbție din regiunea absorbției fundamentale.

În figura 2 sunt prezentate spectrele de absorbție ale antimonidului de galium nedopat (spectrul 1) și dopat cu nichel

în diferite concentrații înregistrate la temperatura de 80K (pentru orientarea cluster-ilor de-a lungul eșantionului lumina cade perpendicular pe eșantion și deci perpendicular pe orientarea cluster-ilor). După cum se vede din figură, deosebiri esențiale în forma spectrelor de absorbție nu se înregistrează. Din spectrul de absorbție a antimonidului de galiu nedopat, utilizând metoda cunoscută, am determinat lărgimea benzii energetice interzise, ca valoare  $(800 \pm 1) \text{ meV}$ . Acest rezultat corelează cu valoarea acestui parametru cunoscut în literatura de specialitate. Pentru eșantioanele de antimonid de galiu dopat cu nichel în diferite concentrații, rezultatele experimentale confirmă o deplasare practic paralel a spectrelor de absorbție în domeniul energiilor mici, păstrându-și forma. Valoarea deplasării depinde de concentrația dopantului și variază în intervalul  $(10 \div 30) \text{ meV}$  pentru diapazonul concentrației dopantului inclus  $(5 \cdot 10^{16} \div 3,2 \cdot 10^{18}) \text{ cm}^{-3}$ . Această deplasare servește ca indicator că atomii impurități de nichel formează în banda energetică interzisă a compusului GaSb stări energetice optic active. Creșterea rapidă a coeficientului de absorbție atât în antimonidul de galiu nedopat, cât și dopat cu nichel, în regiunea energiilor mici, este condiționată de concentrația relativ mare a golurilor libere.

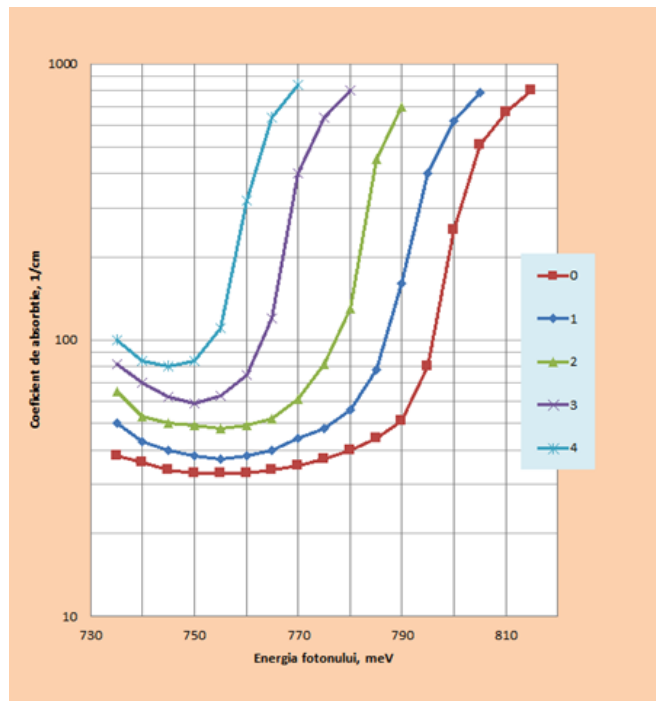


Fig. 2. Spectrele de absorbție ale antimonidului de galiu dopat cu nichel (T=80K): 0 – antimonid de galiu nedopat; 1 – GaSb concentrația  $2,8 \cdot 10^{16}$  atomi Ni; 2 – GaSb concentrația  $2 \cdot 10^{17}$  atomi Ni; 3 – GaSb concentrația  $5 \cdot 10^{17}$  atomi Ni; 4 – GaSb concentrația  $4 \cdot 10^{18}$  atomi Ni

Utilizând relația pentru variația lărgimii benzii energetice interzise în raport de concentrația dopantului din lucrarea [2], am calculat concentrația nichelului în antimonidul de galiu:

$$\Delta \varepsilon_g = 2,5 \cdot 10^5 \left( \frac{3}{\pi} \right)^{1/3} \frac{eN^{1/3}}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_s} \quad ; \quad (1)$$

unde  $\Delta \varepsilon_g$  - valoarea deplasării benzii fundamentale de absorbție exprimată în meV,  $e$  - sarcina electronului,  $N$  - concentrația impurităților exprimată în  $\text{cm}^{-3}$ ,  $\varepsilon_s$  - constanta dielectrică. Pentru antimonidul de galiu  $\varepsilon_s = 15,7$ . Datele obținute sunt prezentate în tabelul 1.

TABEL I. CONCENTRAȚIA NICHELULUI ÎN ANTIMONIDUL DE GALIU

Nr.	Concentrația nichelului inclus, $\text{cm}^{-3}$	$\Delta \varepsilon_g$ , meV	Concentrația nichelului calculată, $\text{cm}^{-3}$
1	$10^{14}$	0	-
2	$10^{16}$	10	$2,86 \cdot 10^{16}$
3	$5 \cdot 10^{16}$	12	$4,94 \cdot 10^{16}$
4	$2 \cdot 10^{17}$	22	$3,04 \cdot 10^{17}$
5	$5 \cdot 10^{17}$	25	$4,97 \cdot 10^{17}$
6	$2 \cdot 10^{18}$	30	$3,1 \cdot 10^{18}$

Datele tabelului confirmă o concordanță suficientă între concentrația nichelului inclus în procesul tehnologic și concentrația dopantului calculată având din experiment deplasarea energetică a frontierei absorbției fundamentale sub influența impurităților

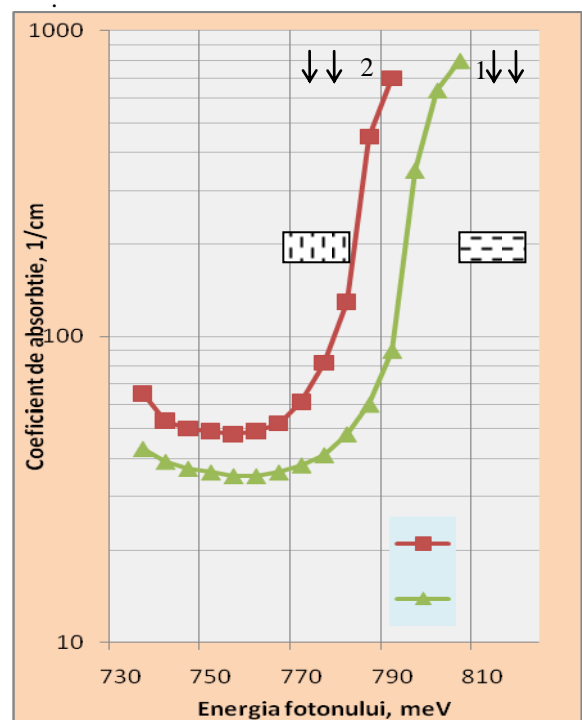


Fig. 3. Spectrele de absorbție ale antimonidului de galiu dopat cu nichel (concentrația nichelului  $5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ) înregistrate pentru diferite orientări față de lumina incidentă a clusterilor la temperatura de 80K.

Pentru concentrația nichelului mai mare de  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  se modifică esențial structura spectrului de absorbție determinată, după părerea noastră, de creșterea densității cluster-ilor și de orientarea lor mai mult haotică. În figura 3 sunt prezentate

spectrele de absorbție pentru proba 5 (din tabel) cu diferite orientări a cluster-ilor față de lumina incidentă înregistrate la temperatura de 80K.

Rezultatele prezentate în această figură confirmă că forma spectrelor de absorbție se păstrează, însă se înregistrează o asimetrie de (10÷15)% în raport de orientarea cluster-ilor. Acest rezultat confirmă că așa materiale pot fi aplicate pentru confecționarea polarizatoarelor.

### III. CONCLUZII

Rezultatele discutate mai sus permit formularea următoarelor concluzii:

1. S-au studiat particularitățile efectelor optice în antimonidul de galiu dopat cu nichel în concentrații de până la 3 procente atomare;
2. Spectrele absorbției fundamentale în raport de concentrația dopantului (lumina incidentă perpendicular pe direcția cluster-ilor) păstrându-și forma se deplasează în domeniul energiilor mici. Cunoscând valoarea deplasării am determinat concentrația dopantului;

3. În raport de orientarea cluster-ilor față de lumina incidentă s-a înregistrat o asimetrie de (10-15)% a spectrelor de absorbție. Acest rezultat confirmă posibilitatea utilizării antimonidului de galiu dopat cu nichel ca material pentru confecționarea polarizatoarelor.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Gheorghitse E., Gutsuleac L., Melinte V. Актуальные проблемы физики полупроводников. Дрогобыч, Украина, 2013.
- [2] Н. Сучкова, Д. Андрианов, Э. Омеляновская, Е. Рашевская. ФТП, 1975, т. 9, В. 1, с. 718.