

**STRUCTURA SPECTRELOR DE REFLEXIE  
ALE ANTIMONIDULUI DE GALIU DOPAT CU FIER**

**Efim ARAMĂ<sup>1</sup>**, dr. hab., prof. univ.

**Eugeniu GHEORGHITĂ**, dr. hab., prof. univ.

**Alexei MIHĂLACHE**, dr.

**Leonid PALACHI<sup>2</sup>**, dr., conf. univ.

**Mihail CARAMAN<sup>3</sup>**, dr. hab., prof. univ.

**Victoria MELINTE**

Universitatea de Stat din Tiraspol

<sup>1</sup>Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „N. Testemițanu”

<sup>2</sup>Universitatea Liberă Internațională din Moldova

<sup>3</sup>Universitatea de Stat din Moldova

[e.gheorghita@mail.ru](mailto:e.gheorghita@mail.ru)

Este cunoscut faptul, că la energii a fotonilor  $\hbar\omega < \varepsilon_g$  în materialele semiconductoare atât în spectrele de reflexie și mult mai pronunțat în spectrele de absorbție, se evidențiază un șir de benzi optice legate de tranziții electronice cu participarea nivelelor impuritate. În regiunea IR benzile de absorbție la temperatura camerei, de obicei, sunt cauzate de vibrațiile rețelei cristaline. Totodată, în această regiune spectrală, în eșantioanele cu concentrații mari a purtătorilor de sarcină liberi, specific antimonidului de galiu nedopat și dopat ( $n, p \geq 10^{18} \div 10^{19} \text{cm}^{-3}$ ) se evidențiază interacțiunea luminii cu purtătorii de sarcină liberi.

S-au înregistrat și s-au analizat spectrele de reflexie FTIR la temperatura 293K pentru antimonidul de galiu dopat cu fier în cantități de la 0,38% până la 3% atomare. Din analiza acestor spectre s-a determinat corelația dintre structura spectrului de reflexie FTIR și gradul de perfecțiune a suprafeței de densitatea defectelor proprii și induse prin tratament mecanic. Analiza spectrelor de reflexie înregistrate a permis evidențierea următoarelor concluzii:

Pentru intervalul numerelor de undă  $(230-239)\text{cm}^{-1}$  se identifică ca reflexia monofonică în cristalele de antimonid de galiu. S-a determinat numărul de undă a fononului longitudinal optic egal cu  $240,9\text{cm}^{-1}$ . Doparea antimonidului de galiu cu fier contribuie la formarea unei benzi de reflexie cu maxim la 1,5eV, fapt care demonstrează indirect despre prezența unei faze cristaline noi la suprafața eșantioanelor de antimonid de galiu dopat cu fier.

O structură compusă au spectrele de reflexie în regiunea tranzițiilor electronice banda de valență-banda de conducție al antimonidului de galiu nedopat și dopat cu fier în diferite concentrații înregistrate la temperatura de 293K. Spectrul  $R(\hbar\omega)$  de la suprafața monocristalină de GaSb este compusă din două benzi cu maxime la 4,3eV și 2,05eV.

Totodată se evidențiază subbenzi cu intensități mai mici la energiile 2,60eV, 3,65eV, 4,68eV, 4,85eV și 5,01eV. Se propune un mecanism de identificare a acestor structuri legate de tranzițiile optice în punctul X – Van Hove.

S-au înregistrat un șir de particularități în spectrele de reflexie înregistrate pentru antimonidul de galiu dopat cu fier. Se demonstrează că fierul inclus în matricea antimonidului de galiu modifică structura benzilor electronice în particular în regiunea punctelor critice Van Hove.

S-a determinat energia fononilor transversali optici egală cu  $230,4\text{cm}^{-1}$ . Defectele granulare la suprafața plăcilor monocristaline de GaSb generează vibrații suplimentare a rețelei cristaline la numerele de undă  $225\text{cm}^{-1}$  și  $247\text{cm}^{-1}$ . Aceste vibrații sunt determinate de variația constantei fazei în legăturile Ga-Sb. S-a stabilit, în rezultatul tratamentului mecanic al suprafeței, rețeaua cristalină se deformează anizotrop. Fierul introdus în GaSb servește ca stabilizator al suprafeței probelor de GaSb supuse tratamentului mecanic. În rezultatul tratamentului mecanic al monocristalelor GaSb și GaSb<Fe> au loc trei tipuri distincte de deformații ale rețelei cristaline și respectiv trei tipuri de defecte de suprafața cu parametrii:  $r_1 = 1,06r_0$ ;  $r_{12} = 1,14r_0$ ;  $r_3 = 1,23r_0$ ;  $r_0$  - constanta rețelei cristaline.

Privitor la elementele de tehnologie preconizate prin metoda topirii zonale descrisă anterior s-au obținut monocristale de antimonid de galiu dopat cu fier în concentrații mari, cum ar fi (GaSb+20%Fe); (GaSb+30%Fe) ca aliaje, soluții solide  $\text{Ga}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Sb}$ . S-au cercetat efectele de transport în aceste aliaje la temperatura camerei.

S-a studiat influența tratării mecanice asupra structurii spectrelor de reflexie în regiunea benzii monofonice pentru antimonidul de galiu dopat cu fier. S-au înregistrat spectrele de reflexie de la suprafața nedeformată a antimonidului de galiu la temperatura camerei. Pentru intervalul numerelor de undă  $(230-239)\text{cm}^{-1}$ . Experimental se evidențiază o bandă întinsă de reflexie cu coeficientul de reflexie ( $R=0,8$ ) care, după părerea noastră; se identifică ca reflexia monofonică. Numărul de undă caracteristic pentru vibrația longitudinală optică a rețelei cristaline este foarte aproape de minimumul absolut ( $R=0,09$ ) cu frecvența  $240,4\text{cm}^{-1}$ . Cu ajutorul transformărilor Kramers-Kronig din spectrul  $R(\tilde{\nu})$  s-au determinat funcțiile optice  $\varepsilon_1(\tilde{\nu})$ ,  $\varepsilon_2(\tilde{\nu})$ ,  $n(\tilde{\nu})$  și  $k(\tilde{\nu})$ . Prin metoda variațiilor în limitele  $(228 \leq \nu_0 \leq 242)\text{cm}^{-1}$  și  $(0,09 \leq \gamma \leq 0,11)$  s-a ajuns la o coincidență satisfăcătoare a curbei experimentale  $R(\tilde{\nu})$  pentru coeficientul de atenuare  $\gamma=0,09$  și  $\nu_0=230,4\text{cm}^{-1}$ .

S-au studiat și structurile spectrelor de reflexie de la suprafața prelucrată mecanic a plăcilor de antimonid de galiu nedopat și antimonid de galiu dopat cu fier în concentrații de 1% și 3% în regiunea reflexiei monofonice. Din comparația rezultatelor experimentale pentru GaSb neprelucrat mecanic cu cele obținute pentru GaSb dopat prelucrat mecanic. Se evidențiază că banda de reflexie monofonică (regiunea spectrală  $1 \div 44\mu\text{m}$ ) de la suprafața prelucrată mecanic este puternic atenuată. Variația coeficientului de reflexie în această regiune de numai  $(15 \div 25)\%$  pe când în rețeaua de la suprafața

naturală a monocristalului este de 80%. Punctele caracteristice ale acestei benzi (minimul funcției  $R(\tilde{\nu})$  care se identifică cu vibrațiile longitudinal optice ale rețelei cristaline ( $\tilde{\nu}_{LQ}$ ) și maximul indentificat ca vibrație transversal-optic  $\tilde{\nu}_{TO}$  corespund numerelor de undă  $247\text{cm}^{-1}$  și  $225\text{cm}^{-1}$  respectiv. Majorarea numărului de undă pentru fononul longitudinal optic cu  $7\text{cm}^{-1}$  și o micșorare cu  $1,7\text{cm}^{-1}$  pentru  $\tilde{\nu}_{TO}$  indică despre deformarea rețelei cristaline mult mai pronunțat pe direcția perpendiculară la suprafața eșantionului.

Micșorarea cu  $\sim 20$  ori a coeficientului de reflexie normală în maximul benzii monofonice în rezultatul degradării (prin șlefuire) a suprafeței reflectante este cauzată de doi factori și anume: neluarea în considerație a reflexiei difuze de la suprafața eșantionului (granularea suprafeței este mai mare decât lungimea de undă a radiației incidente) și deformațiile mecanice propriu-zise a rețelei cristaline (GaSb).

Doparea antimonidului de galiu cu fier contribuie la formarea unei benzi de reflexie cu maxim la  $1,5\text{eV}$ , fapt care demonstrează indirect despre prezența unei faze cristaline noi la suprafața eșantioanelor dopate cu fier.

Din spectrul de reflexie în regiunea vibrației monofonice a probelor de antimonid de galiu dopate cu fier (concentrația pînă la 1% atomic), s-au calculat funcțiile optice luîndu-se în considerație frecvențele de vibrație a plasmei în cele două minime ( $\Gamma$  și  $L$ ). Funcțiile optice experimentale și cele calculate pe baza modelului benzii de reflexie simple s-au determinat frecvențele de vibrație a plasmei în minimele benzii de conducție s-a demonstrat că frecvențele de vibrație a plasmei sunt în slabă creștere.

Analiza structurii spectrelor de reflexie au permis determinarea experimentală a energiei fononilor transversali optici egală cu  $230,4\text{cm}^{-1}$ . Defectele granulare la suprafața plăcilor monocristaline de antimonid de galiu generează vibrații suplimentare a rețelei cristaline la numerele de undă  $225\text{cm}^{-1}$  și  $247\text{cm}^{-1}$ . Aceste vibrații sunt determinate de variația constantei fazei în legăturile Ga-Sb. S-a stabilit, în rezultatul tratamentului mecanic al suprafeței, rețeaua cristalină se deformează anizotrop. Fierul introdus în antimonidul de galiu servește ca stabilizator al suprafeței probelor de antimonid de galiu supus tratamentului mecanic. În rezultatul tratamentului mecanic al monocristalelor de antimonid de galiu nedopat și dopat cu fier au loc trei tipuri distincte de deformații ale rețelei cristaline și respectiv trei tipuri de defecte de suprafață cu parametrii  $r_1=1,06r_0$ ;  $r_2=1,14r_0$ ;  $r_3=1,23r_0$ ;  $r_0$  – este constanta rețelei cubice nedeformate.