

INFLUENȚA SUPRAFEȚEI DE DELIMITARE ASUPRA SPECTRELOR DE REZONANȚĂ A PLASMEI PURTĂTORILOR DE SARCINĂ ÎN BICRISTALELE $Bi_{1-x}Sb_x$ ($0,06 \leq x < 0,20$)

A. Gheorghîță, F. Munteanu, P. Untilă, B. Korolevski
Universitatea de Stat din Tiraspol

INTRODUCERE

Performanțele microelectronicii sunt determinate prin faptul, că în corpurile solide de o anumită structură sunt puse în evidență un șir de efecte specifice, datorită cărora aceste materiale sunt destul de solicitate de tehnica contemporană. Aceste probleme nu mai pot fi realizate numai prin modernizarea procedeelor tehnologice de obținere, fără a evidenția modificările spectrului de caracteristici sub influența diferitor sisteme de defecte structurale, dislocații, precum și fără a elucidă legăturile fizice de interacțiune a purtătorilor de sarcină (electroni, goluri) a purtătorilor elementari de informație (fotonii) cu aceste structuri. [1]

Suprafața de delimitare în diferite bicristale, fiind un defect intern bidimensional, desparte două faze fizice echivalente, evident, că suprafața de delimitare va modifica spectrul energetic al purtătorilor de sarcină destul de semnificativ cum în apropierea suprafeței Fermi așa și într-un diapazon energetic spectral mai extins.

Aliajele $Bi_{1-x}Sb_x$ în formă monocristalină sunt studiate destul de detaliat. [2] Aceasta înseamnă, că modificarea spectrului energetic al purtătorilor de sarcină sub influența suprafeței de delimitare prin comparație cu spectrul energetic al monocristalelor de aceeași compoziție poate fi identificată destul de exact.

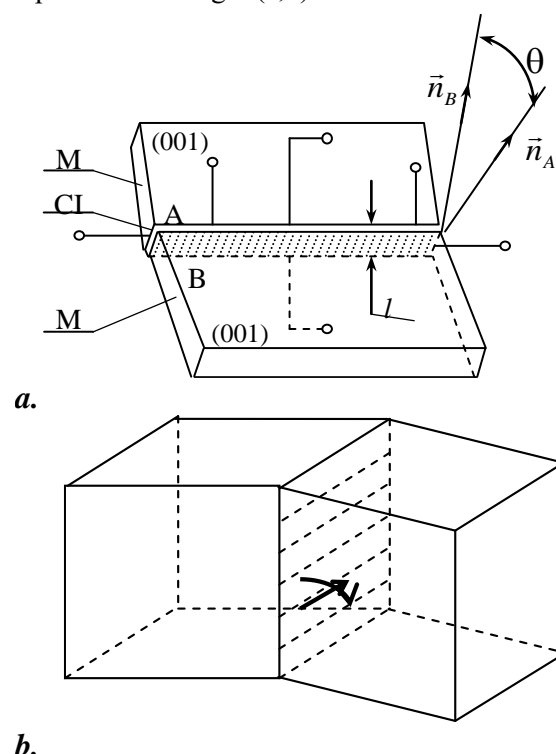
În lucrările [3,4] sunt analizate rezultatele influenței suprafeței de delimitare asupra spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în bicristale de $Bi_{1-x}Sb_x$ în apropierea suprafeței Fermi în baza studiului efectelor cuantice oscilatorii.

Modificarea spectrelor de reflexie sub influența suprafeței de delimitare în bicristale din $Bi_{1-x}Sb_x$ ($0,06 \leq x \leq 0,20$) în această lucrare este studiată în premieră.

1. REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI ANALIZA LOR

S-au studiat spectrele de reflexie a diferitor bicristale $Bi_{1-x}Sb_x$ ($0,06 \leq x \leq 0,20$) cu suprafața de delimitare de tip înclinare, tipul de conducție (n).

Bicristalele studiate s-au obținut prin metoda topirii zonale cu agent de cristalizare dublu, dopate în timpul procesului tehnologic cu telur în diferite concentrații. Spectrele optice de reflexie au fost ridicate de la suprafețele obținute la despicarea lingoului monocristalin, folosind lumina polarizată din domeniul spectral $(0,4 \div 50) \mu m$ la temperatura de 300K. Unghiurile de dezorientare ale cristalitelor au fost determinate cu ajutorul microscopului electronic. S-au studiat bicristale cu unghiuri de dezorientare în limitele $(0,6-10)^\circ$. Conform literaturii așa bicristale se consideră cu unghiuri mici de dezorientare. Structura geometrică a unui bicristal $Bi_{1-x}Sb_x$ ($0,06 \leq x \leq 0,20$) cu suprafața de delimitare de înclinare de tip înclinare este reprezentată în fig. 1(a,b).



b.

Figura 1. a. Poziția suprafeței de delimitare de tip înclinare într-un bicristal $Bi_{1-x}Sb_x$. MB – monoblocuri; CI – interfața cristalină; \vec{n}_A , \vec{n}_B – versorii la suprafețele monoblocurilor; θ – unghi de dezorientare. **b.** Structura geometrică a bicristalului $Bi_{1-x}Sb_x$ cu suprafața de delimitare de înclinare.

În figura 2 sunt prezentate spectrele de reflexie ridicate de la suprafața bicristalului $Bi_{0,88}Sb_{0,12}\langle Te \rangle$, unghi de dezorientare 6° în domeniul spectral $(10 \div 25)\mu m$. Spectrele de reflexie au fost ridicate cu ajutorul spectrofotometrului SPECORD 75IR, utilat cu un dispozitiv de măsurare a reflexiei ogindite în fascicule focalizate. Cu ajutorul unei diafragme cu lățimea $\Delta l = 0,3mm$ se selecta segmentul de suprafață a cristalului, iar cu un dispozitiv micrometric eșantionul se deplasa pe suprafața diafragmei așa, încât frontiera bicristalelor $BiSb$ să fie paralelă cu muchia diafragmei.

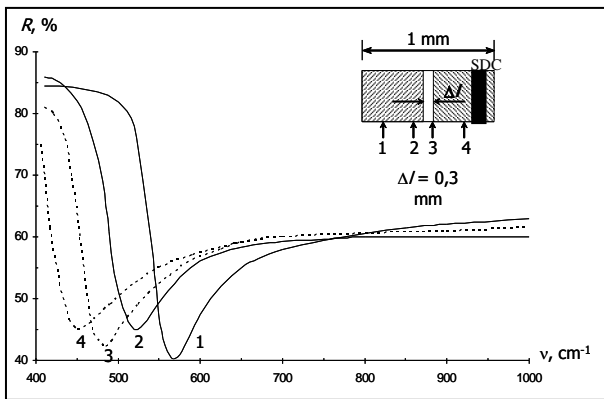


Figura 2. Spectrele de reflexie ridicate de la suprafața bicristalului $Bi_{0,88}Sb_{0,12}\langle n \rangle$ cu unghi de dezorientare 6° în funcție de coordonata sondei. Montajul – deplasarea sondei spre SDC.

Dimensiunea diafragmei a fost aleasă astfel, încât eroarea măsurărilor coeficientului de reflexie să nu depășească 10%. Schema dispozitivului de măsurare este prezentat în montajul la figura 2. La fel, pe acest montaj, sunt indicate domeniile de la care au fost ridicate spectrele corespunzătoare. După cum se vede din această figură dependențele $R(\bar{\nu})$ au forma caracteristică pentru reflexia în domeniul rezonanței plasmei purtătorilor de sarcină liberi. Minimul absolut al funcției $R(\bar{\nu})$ corespunde numărului de undă $\bar{\nu}_p$ de rezonanță a ansamblului de purtători de sarcină liberi.

Dacă admitem că în domeniul frontierei bicristalului parametrii cristalului m^* (masa efectivă), ϵ_∞ (constanta dielectrică) rămân neschimbați, atunci folosind relația

$$\omega_p = \left(\frac{Ne^2}{\epsilon_0 \epsilon_\infty m^*} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Pentru $\epsilon_\infty = 100$ și $m^* = 0,01m_0$ obținem concentrația purtătorilor de sarcină liberi la distanța

$\sim 0,4mm$ de frontiera bicristalului este de $2,6 \cdot 10^{18} cm^{-3}$ și micșorează până la $2,4 \cdot 10^{18} cm^{-3}$ pentru suprafața în care se conține și frontiera bicristalului (experimentul ne permite să ne apropiem de suprafața de delimitare la distanța de $20 \div 30 \mu m$, diametrul sondei de lumină.

Aceste rezultate ne permit să admitem că purtătorii de sarcină liberi sunt extrași din domeniul joncțiunii între cristaliți și în acest spațiu există un câmp electric intens, probabil că sunt atrași de suprafața de delimitare. Este un rezultat confirmat și de efectele cuantice oscilatorii. Totodată o parte din purtătorii de sarcină liberi pot fi captați la defectele cristaline, densitatea cărora în această regiune poate fi destul de mare.

În figura 3 este prezentat spectrul de reflexie ridicat în domeniul spectral infraroșu pentru unul din bicristalele $Bi_{0,88}Sb_{0,12}$. Dacă ținem seama că maximele funcției $R(\hbar\omega)$ sunt localizate în vecinătatea absorbției maxime, atunci evident că în domeniul bicristalului lumina se absoarbe selectiv.

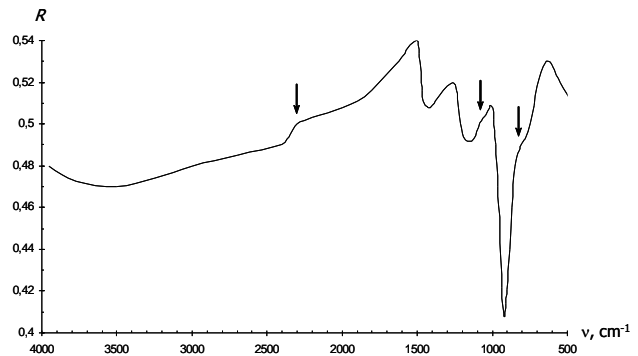


Figura 3. Spectrul de reflexie a bicristalului $n-Bi_{0,88}Sb_{0,12}$ în diapazonul spectral infraroșu la $T = 300K$.

Maximele absorbției corespund numerelor de undă $\bar{\nu}_1 = 635 cm^{-1}$; $\bar{\nu}_2 = 1005 cm^{-1}$; $\bar{\nu}_3 = 1256 cm^{-1}$; $\bar{\nu}_4 = 1506 cm^{-1}$. Totodată pot fi identificate și trei praguri localizate la $825 cm^{-1}$, $1040 cm^{-1}$ și $2200 cm^{-1}$.

Lungimea de undă a modei fundamentale a vibrațiilor proprii a legăturilor dintre Bi și Sb cu masele respectiv M_{Bi} și M_{Sb} aproximată din expresia oscilatorului armonic:

$$\lambda = 4\pi^2 c \sqrt{\frac{\mu}{k}},$$

unde c – viteza luminii, $\mu = \frac{M_{Bi} \cdot M_{Sb}}{M_{Bi} + M_{Sb}}$, iar k – constanta forțelor de interacțiune dintre atomii

respectivi este de $\sim 61\mu\text{m}$ sau în numere de undă

$$\frac{1}{\lambda} = 165\text{cm}^{-1}.$$

Evident aceste particularități depistate experimental ale spectrului de reflexie a bicristalelor poate fi determinat de excitarea a mai multor fononi sau se leagă cu vibrația perechilor Bi și Sb cu atomi ușori (O, H, C) captați în stratul de la suprafața bicristalului. În realitate pragul de la 825cm^{-1} foarte bine corelează cu moda rezonantă de vibrație a legăturilor SbO , egală cu 824cm^{-1} . Dar, după cum este cunoscut compusul antimonidului cu oxigenul se obține numai în condiții speciale (temperatură înaltă, catalizator etc.) Probabil la formarea legăturilor $Sb-O$ participă și câmpul electrostatic generat de extragerea sarcinilor electrice din domeniul frontierei bicristalului.

După cum se vede, diferențele $\nu_3 - \nu_2$ și $\nu_4 - \nu_3$ sunt egale cu $\sim 250\text{cm}^{-1}$, care poate fi una din caracteristicile energetice a vibrațiilor atomilor de Bi și Sb în bicristalele studiate.

CONCLUZII

1. S-au analizat spectrele de reflexie a luminii în domeniul frecvențelor de rezonanță a plasmei purtătorilor liberi de sarcină, precum și modificarea lor în raport cu coordonata sondei deplasată pe suprafața cristalului. Poziția minimumului frecvenței de rezonanță a plasmei și deplasarea lui pe suprafața eșantionului au permis determinarea concentrației purtătorilor de sarcină, masei efective, precum și modificarea acestor caracteristici în domeniul joncțiunii între cristalii.

2. S-au evidențiat că caracterul oscilatoriu al spectrului $R(\hbar\omega)$ pentru diapazonul spectral $(2\div 50)\mu\text{m}$ nu depinde de conținutul stibiului în aliaj. Perioadele oscilațiilor coeficientului de reflexie de ordinul $\sim 250\text{cm}^{-1}$ corespunde sau vibrațiilor atomilor de bismut și stibiu din suprafețele respective ale aliajelor $Bi_{1-x}Sb_x$ sau energiilor fononilor respectivi.

Bibliografie

1. **Matare G.** *Electronica defectov v poluprovodnikah. M., Mir, 1974, 463 str.*
2. **Giczu D., Golban N., Kanczer V., Munteanu F.** *Yavlenie perenosa v vismute i ego splavah. Kishinyov, Shtiincza, , 1983, 266 str.*
3. **Giczu D., Munteanu F., Onu M.** *Effect Shubnikova-de Gaaza v splavah $Bi_{1-x}Sb_x$ ($0\leq x\leq 0,25$). FNT, 1977, t. 3, № 9, s. 1149-1151.*
4. **Munteanu F., Dubkoveczkii Yu., Kim C., Kiosse G.** *FTT, 1997, t. 39, №10, s. 1713-1716.*
5. **Munteanu F., Onu M., Chistol V., Gheorghiuță A.** *Fifth General Conference of the Balkan Physical Union, August 25-29, Vrnjacka Banja, Serbia and Montenegro, 2003, p. 763-766.*