

RECEȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare

La data: _____

AVIZAT

Secția AȘM _____

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL
privind executarea proiectului de cercetări științifice
fundamentale (instituțional)
pentru anii 2015 - 2018

Proiectul „Cercetarea modificării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în antimoniul de galiu sub influența dopanților din grupele elementelor de tranziție și pământuri rare și a interacțiunii donor-acceptor”

Cifra Proiectului **15.817.02.19F**

Direcția Strategică **16.02 Materiale, tehnologii și produse inovative**

termen de executare: 31 decembrie 2018

Directorul proiectului

Postolachi Igor
(numele, prenumele)

(semnătura)

Rectorul Universității

Coropceanu Eduard
(numele, prenumele)

(semnătura)

Consiliul științific/senat

Chiriac Liubomir
(numele, prenumele)

(semnătura)

L.Ș.

Chișinău 2018

Rezumat

Problema comportării elementelor din grupa de tranziție cu învelișul de electroni 3d-necomplet în antimoniul de galiu și în alte componente cu proprietăți de semiconductoare are o relevanță în aspect teoretic și în aspect aplicativ. Pentru perioada de raportare, în conformitate cu planul calendaristic al proiectului, au fost realizate următoarele:

A fost perfectat regimul tehnologic de obținere a monocristalelor de antimonid de galiu dopat cu fier, mangan, gadoliniu pentru diapazonul de concentrații a dopantului (1÷20)% atomare prin metoda topirii zonale și metoda Bridgman–Stockbarger ceea ce a permis obținerea monocristalelor de antimonid de galiu dopat cu elemente din grupa de tranziție (3d) și din grupa pământuri rare (4f) cu diferite concentrații în diapazonul (1÷20)% atomare. Au fost realizate tratamente termice în vidul cu presiunea de 10^{-3} mm a coloanei de mercur și temperatura 500°C timp de 60 ore, 80 ore și 100 ore pentru $GaSb+20\%Fe$, $GaSb+20\%Mn$ și $GaSb+30\%Mn$. S-au obținut aliajele ternare de tipul $Ga_{1-x}Fe_xSb$ și $Ga_{1-x}Mn_xSb$ pentru $x = 0,05$; $x = 0,10$; $x = 0,15$; $x = 0,20$; $x = 0,30$.

Pentru monocristalele obținute s-au înregistrat și analizat spectrele FTIR înregistrate pentru antimoniul de galiu nedopat și dopat cu fier în diferite concentrații și influența stratului de la suprafață asupra modificării spectrelor de reflexie. Datele experimentale au permis determinarea energiilor fononilor optici longitudinali și transversali.

Dependențele experimentale au permis identificarea particularităților de structură a spectrelor de reflexie pentru domeniul spectral $(1,0\div 5,2)eV$ determinate de structura punctelor critice Van Hove. Experimental s-a stabilit că în rezultatul tratamentului mecanic al suprafeței, rețeaua cristalină a GaSb se deformează anizotrop. Fierul introdus în GaSb servește ca stabilizator al suprafeței probelor de GaSb supuse tratamentului mecanic. În rezultatul tratamentului mecanic al monocristalelor de antimonid de galiu nedopat și dopat cu fier în diferite concentrații au loc trei tipuri distincte de deformație ale rețelei cristaline și respectiv trei tipuri de defecte de suprafață. S-au determinat parametrii acestor deformații.

S-au înregistrat spectrele de reflexie ale antimoniului de galiu dopat cu fier și mangan în concentrații de până la 3% atomare, care au permis identificarea unor particularități de structură a spectrelor de reflexie ale GaSb nedopat și dopat cu fier și mangan. De asemenea a fost înregistrată o structură deosebită în GaSb dopat cu fier și mangan în aceeași concentrație. S-a identificat structura energetică a particularităților benzilor și subbenzilor de reflexie determinate de modificarea spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în regiunea punctelor critice Van Hove.

Au fost studiate proprietățile magnetice ale aliajelor $FeGa_{1,3}$, $FeSb$, $FeGa_3$. S-au obținut dependențele susceptibilității magnetice de temperatură și de inducția magnetică. A fost analizată

informația referitoare la proprietățile magnetice, la determinarea susceptibilităților magnetice ale aliajelor dintre Fe și Ga, și dintre Fe și Sb. S-a analizat interacțiunea spin-orbitală pentru materialele cercetate.

Au fost analizate, în baza datelor experimentale, mecanismele de împrăștiere a purtătorilor de sarcină în antimoniul de galiu dopat cu elemente din grupa de tranziție. S-a evidențiat un nou mecanism de relaxare pentru antimoniul de galiu dopat cu gadoliniu și s-au calculat caracteristicile acestui mecanism. S-a demonstrat că gadoliniul în antimoniul de galiu formează un nivel acceptoriu cu energie mică de localizare. S-a demonstrat, că gadoliniul în concentrații de până la 2% atomare contribuie la micșorarea concentrației defectelor proprii a antimoniului de galiu. Au fost obținute, aliajele structurale de forma $Ga_{1-x}Fe_xSb$ și $Ga_{1-x}Mn_xSb$, pentru care au fost ridicate dependențele experimentale ale susceptibilității magnetice de temperatură pentru compușii FeGa și FeSb. Au fost determinate constantele din legea Curie-Weiss pentru materialele FeGa și FeSb.

Pentru obținerea filmelor subțiri de antimoniu de galiu nedopat și dopat cu fier prin metoda descărcărilor electrice pe suport de siliciu a fost elaborată instalația experimentală a generatorului de impulsuri de curent. Filmele obținute de *GaSb*, *GaSb(Fe)* și *GaSb(Mn)* pe suport de *Si* sunt fotosensibile, în special, în diapazonul IR și formează joncțiune *p-n*. Pentru structurile obținute au fost cercetate dependențele experimentale a fotocurentului de tensiunea aplicată ($I=f(U)$), dependența caracteristicii volt-amperice de temperatură în diapazonul 100-300K, dependența fotocurentului de intensitatea fluxului luminos ($I(L)$) și dependența fotocurentului integral de temperatură ($I(T)$).

În premieră au fost obținute filme subțiri antimoniului de galiu și antimoniului de galiu dopate cu fier și mangan pe suport de *Al* și *Si* prin ablație laser. Studiul spectrelor de difracție în raze *X* pentru filmele subțiri de *GaSb*, *GaSb(Fe)* și *GaSb(Mn)* obținute prin ablație laser a pus în evidență existența componentelor inițiale din ”țintă”, inclusiv a structurilor de tipul *Fe-Ga*, *Fe-Sb* și *Mn-Ga*. De asemenea, s-a stabilit, că la doparea puternică cu *Fe* a rețelei de antimoniu de galiu se formează cluster de tipul Fe_3Ga_4 și *FeSb*. Rezultatele cercetărilor influenței structurilor de tipul cluster din *GaSb* au pus în evidență modificări a spectrului energetic al purtătorilor de sarcină. S-a stabilit că excesul de atomi de fier ocupă în rețeaua cristalină locurile interstițiale de înaltă simetrie magnetică.

Rezultatele obținute demonstrează că antimoniul de galiu posedă niște proprietăți neobișnuite pentru efectele optice și pentru proprietățile galvanomagnetice, spre deosebire de materialele cu proprietăți pur magnetice. În aspect aplicativ s-a demonstrat că impuritățile de *Fe*, *Gd* și *Mn* stabilizează suprafața cristalului, efect destul de esențial pentru confecționarea diferitor dispozitive optoelectronice.