

## REZUMAT

Proiectul 20.80009.5007.12. Materiale și structuri multifuncționale pentru detectarea radiațiilor electromagnetice.

Universitatea de Stat din Moldova

Conducător proiect : dr. Vatavu Sergiu

Structuri multistrat  $\text{Ag}/(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{0,01}$ ,  $\text{Ag}/(\text{As}_2\text{S}_3)_{(0,90)}(\text{SnSe})_{(0,10)}$  și  $\text{Ag}/(\text{As}_2\text{S}_3)_x(\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}/(\text{As}_2\text{S}_3)_x\text{Sn}_{1-x}$  au fost obținute pe substraturi de safir pentru studierea difuziei Ag sub acțiunea radiației X (5-50 keV, spectrul integral). Mărirea transmisiei ca urmare a difuziei Ag în stratul semiconductor sub acțiunea razelor X este de: 1,4% pentru structura  $\text{Ag}/(\text{As}_2\text{S}_3)_{(0,90)}(\text{SnSe})_{(0,10)}$  absorbția dozei de 0,55 Gy, 0,9% pentru  $\text{Ag}/(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}(\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{0,01}$  la o doză de 0,68 Gy și 1,2% pentru  $\text{Ag}/(\text{As}_2\text{S}_3)_x(\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}/(\text{As}_2\text{S}_3)_x\text{Sn}_{1-x}$  (0,57 Gy). În zonele iradiate cu raze X, ca urmare a difuziei Ag, viteza de gravare chimică a stratului semiconductor se modifică în comparație cu zonele neiradiate, ceea ce permite vizualizarea imaginilor înregistrate cu raze X prin gravare chimică.

Au fost elaborate cicluri tehnologice optime de sinteză a monocristalelor de ZnSe prin metoda reacțiilor chimice de transport și doparea lor concomitentă cu impurități de elemente din grupa V cu utilizarea I, Br, Cl în calitate de agent transportator, precum și sinteza nanopulberilor de ZnSe prin metoda solvotermală cu doparea lor în procesul de creștere cu elemente din grupa a V-ea (N, As). A fost studiată influența dopării concomitente a monocristalelor de ZnSe cu elemente din grupele V (P, As, Sb, Bi) și a VII (Cl, Br, I) asupra formării centrelor radiative de FL. Doparea rezultă în formarea centrelor acceptoare asociative FL activatoare de tipul (ASeVBSVII), cu maxime localizate în regiunea 570-580 nm. A fost propus un mecanism de formare a benzii radiative noi.

S-a demonstrat eficacitatea sporită a unor solvenți (etanol, propanol) pentru acetatul de zinc aplicat la obținerea straturilor de nucleație de ZnO pe n-Si(111) prin metoda cvasi hidrotermală în vederea obținerii barierelor pentru GaN.

Au fost preparate straturi monofazice de  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> prin metoda CSS și determinată evoluția structural morfologică în funcție de parametrii tehnologici.

Condițiile de preparare a straturilor subțiri A<sub>2</sub>B<sub>6</sub> influențează puternic structura și proprietățile suprafețelor acestora. Mărirea temperaturii suportului (CdS/ZnO:Al/Sticlă) duce la mărirea dimensiunii medii a cristalitelor (55 nm) și la micșorarea tensiunilor mecanice în straturile subțiri. Concentrația maximă a purtătorilor de sarcină în straturile de CdS este de  $7 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  pentru substraturile de ZnO:Al.

Aplicarea tehnologiilor HVPE, depunerea din aerosol, metaloorganică, magnetron și spray piroliză a permis prepararea fotodectoarelor cu sensibilitate sporită în intervalul spectral cu 400-950 nm, cu maxim al sensibilității la 850 nm.

Fotodetectori UV în bază de ZnSe cu structura metal-semiconductor-metal, având contacte hibride cu folosirea nanofirelor de Ag și contactelor din Ni/Au, au fost preparate și cercetate la tensiune de până la 15 V. Dispozitivul are sensibilitate după curent maximă de 0,58 A W<sup>-1</sup> la 15 V (325 nm). Dependența detectivității de tensiunea aplicată are formă de V. Detectivitatea maximă este de  $5,49 \times 10^{10}$  cm Hz<sup>1/2</sup> W<sup>-1</sup> la 15 V.

Mărirea concentrației de dopare a regiunii colectorului de la  $1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup> până la  $8 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup> în structuri cuantice polare c-plane Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/GaN cu o singură groapă de potențial și bariere cuantice duble (Al, x=0,30) rezultă în micșorarea lățimii barierei induse de la ~ 50 nm la 10 nm și contribuie la mărirea ratei proceselor de tunelare rezonantă. Doparea n-tip a colectorului ( $1 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>) în structuri cuantice polare c-plane Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/GaN cu două gropi de potențial cuantice și bariere cuantice triple (Al, x=0,25) rezultă în energia rezonantă ~ 0,24 eV.

## Summary

Ag diffusion in the semiconductor layers as a result of X-ray irradiation (5-50 keV integral spectrum) of the multilayer Ag/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>0,99</sub>(Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>)<sub>0,01</sub>, Ag/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>(0,90)</sub>(SnSe)<sub>(0,10)</sub> and Ag/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>x</sub>(Bi<sub>2</sub>Se)<sub>1-x</sub>/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>x</sub>Sn<sub>1-x</sub> structures on sapphire has been investigated. Ag diffusion in the semiconductor layer as a result of X-rays increases optical transmission by: 1,4% for the Ag/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>(0,90)</sub>(SnSe)<sub>(0,10)</sub> structure (absorbed dose of 0,55 Gy, 0,9% for Ag/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>0,99</sub>(Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>)<sub>0,01</sub> (0,68 Gy) and 1,2% for Ag/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>x</sub>(Bi<sub>2</sub>Se)<sub>1-x</sub>/(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>x</sub>Sn<sub>1-x</sub> (0,57 Gy). The chemical etching speed of the irradiated area of semiconductor changes with respect to the non-irradiated area, which allows the visualization of recorded X-ray images by chemical etching. Technology and optimal synthesis modes for ZnSe single crystals by chemical transport reactions as well as co-doping with V-group elements with the use of I, Br, Cl as a transport agent, are developed. ZnSe nanopowders synthesis by solvothermal method and the doping with V-group elements (N, As) in the growth process are elaborated. The influence of co-doping of ZnSe single crystals with V-group elements (P, As, Sb, Bi) and VII-group elements (Cl, Br, I) on the formation of radiative centres and photoluminescence (PL) spectra has been studied. It has been established that co-doping with these elements leads to the formation of (ASeVBS<sub>Se</sub>VII) associative acceptors of activator PL responsible for new wide PL bands (peak intensity at 570-580 nm).

The increased efficiency of selected solvents (ethanol, propanol) for zinc acetate for preparation of ZnO nucleation layers onto Si(111) by use of quasi hydrothermal method, targeting their application as barriers for GaN, has been proven.

Single phase, CSS deposited,  $\alpha$ -Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub> have been prepared. The structural and morphological properties evolution as a result of technological parameters variation has been established.

The preparation conditions for A<sub>2</sub>B<sub>6</sub> thin films are highly affecting their structural and surface properties. The higher the substrate temperature is (CdS/ZnO:Al/Glass) the higher the average grains sizes are (55 nm) and the less mechanical tensions are formed in the film. Maximum charge carrier concentration in CdS is of  $7 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  for ZnO:Al substrates.

The use of HVPE, aerosol, metalorganics, magnetron sputtering and spray pyrolysis technologies results in preparation of high sensitivity photodetectors in 400-950 nm spectral range, having peak sensitivity at 850 nm. ZnSe-based metal-semiconductor-metal UV photodetector with hybrid Ag-nanowire and Ni/Au contacts have been prepared and investigated in 15 V range. The device has maximum responsivity of 0,58 A W<sup>-1</sup> at 15 V (325 nm). The dependence of detectivity vs. applied bias voltage has a V-shape behavior. The maximum detectivity is  $5,49 \times 10^{10} \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$  at 15 V.

Doping level increase of collector contact from  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  to  $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  in polar c-plane Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/GaN quantum structures with one quantum well and double quantum barriers (Al, x=0,30) results in decreasing polarization-induced collector barrier width from ~ 50 nm to 10 nm and enhances resonant tunneling. n-type doping of collector ( $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) in polar c-plane Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N/GaN quantum structures and with two quantum wells and triple quantum barriers (Al, x=0,25) results in resonance energy ~ 0,24 eV.