

ARGUMENTAREA

direcției științifice „Fizica și tehnologia heterojoncțiunilor epitaxiale și structurilor multistrat, formate de compușii semiconductori II-IV și a dispozitivelor optoelectronice pe baza lor”

Direcția științifică legată de cercetarea heterojoncțiunilor în baza materialelor semiconductoare II-VI în premieră au fost inițiate și dezvoltate în continuare la catedra “Fizica semiconductoarelor” a Universității de Stat din Moldova. Un rol hotărâtor în obținerea dispozitivelor optoelectronice cu parametri performanți pe baza heterojoncțiunilor îl joacă tehnologia de obținere a heterojoncțiunilor cu calitate înaltă a interfeței dintre materiale, cu caracteristicile electrice și optice a straturilor necesare. Reieșind din aceasta a fost pusă problema de a elabora tehnologia de obținere a heterostructurilor epitaxiale și a structurilor multistrat cu posibilitatea de dirijare cu structura și lărgimea regiunii de trecere a heterojoncțiunilor și nivelul de dopare a materialelor-componente.

În baza cercetării complexe a cineticii de creștere, structurii suprafețelor de creștere a straturilor subțiri monocristaline ZnSe, ZnTe, CdSe, CdTe dopate cu diferite impurități, în dependență de parametrii principali a procesului epitaxiei din fază cu vapori, au fost dezvoltate bazele tehnologiei epitaxiale și au fost optimizate regimurile de obținere a straturilor subțiri. A fost demonstrată posibilitatea de modelare a cineticii cristalizării din fază gazoasă în cadrul teoriei creșterii cristalelor din vapori. În rezultat în premieră au fost obținute heterojoncțiunile epitaxiale ZnSe-ZnTe, ZnTe-CdSe, ZnSe-CdTe cu starea interfeței dirijată și structurile multistrat ZnSe-ZnTe-CdSe și ITO-ZnO-ZnSe-ZnTe în executare integrală, care prezintă o clasă nouă de heterostructuri epitaxiale în baza compușilor semiconductori II-VI.

Prin metode complexe de cercetare s-a stabilit compoziția și lărgimea regiunii de trecere de la interfața heterojoncțiunilor și structurilor multistrat. În baza cercetării complexe a proprietăților electrice, fotoelectrice și de luminescență au fost determinate mecanismele de transport al curentului în heterojoncțiunile formate de semiconductorii II-VI în dependență de starea interfeței și au fost construite diagramele energetice luând în considerație structura reală a regiunilor de trecere de la interfață.

În premieră a fost cercetat efectul electron-voltaic în heterojoncțiunile epitaxiale ZnTe-CdSe și ZnSe-ZnTe. S-a demonstrat, că absorbția cuantelor de lumină apărute la iradierea joncțiunilor cu fluxul electronic mărește lungimea de difuzie a purtătorilor de sarcină minoritari de 4-6 ori, ce majorează eficiența de transformare a energiei fluxului electronic în energie electrică până la 2,0%. În baza acestor heterojoncțiuni au fost elaborați detectori de fluxuri electronice cu sensibilitatea voltaică $2 \cdot 10^4$ V/W, sensibilitatea după curent 0,58-0,63 mA/mW, tensiunea de circuit deschis – 1,2 V.

A fost elaborată metoda dirijării cu proprietățile heterojoncțiunilor ZnTe-CdTe cu ajutorul luminii laser. În urma absorbției bifotonice fototensiunea heterojoncțiunii crește proporțional cu pătratul intensității luminii și la 300 K atinge valoarea de 1,4 V. La fel s-a observat că la intensități mari a luminii laser

are loc micșorarea lărgimii regiunii de sarcină spațială a heterojoncțiunii și în rezultat structura, pe intervalul de timp de acțiune a impulsului laser, se transformă într-o diodă tunel.

Pe baza cristalelor ZnSe cu memorie optică și relaxarea îndelungată a conductivității a fost elaborată tehnologia de obținere a heterojoncțiunilor ZnSe-ZnTe, ZnSe-CdTe care au proprietățile de memorie optică și comutare. În așa structuri datorită absorbției radiației recombinante proprii are loc automenținerea memoriei optice. Structurile dau posibilitatea de a transformare a radiației infraroșii ($\lambda=1,5 \mu\text{m}$) în radiație vizibilă ($\lambda=0,46 \mu\text{m}$).

Cercetările proceselor fizice în structurile multistrat ZnSe-ZnTe-CdSe și ITO-ZnO-ZnSe-ZnTe au arătat că divizarea perechilor gol-electron generate de lumină are loc la două joncțiuni, care sunt conectate optic în serie iar electric în paralel. În rezultat regiunea de fotosensibilitate se lărgeste ($0,46-0,85 \mu\text{m}$) și ($0,35-0,56 \mu\text{m}$) respectiv sumându-se la ambele joncțiuni. La iluminarea structurilor cu lumină integrală (AM 1.5), 300K randamentul alcătuiește 10,8% și 9,4%, fototensiunea sumară 1,78 V și 1,69 V respectiv. Pe baza cristalelor scintilatoare ZnSe(Te) au fost elaborate detectori de radiații ionizante ZnSe(Te)/ZnTe-CdSe de tipul scintilator – fotodiodă în executare integrală, cu sensibilitatea de 160 nA/cm^2 (R/min) în regiunea puterii de doză a razelor X: $10^{-1} - 10^4 \text{ R/h}$.

Prin depunerea consecutivă a straturilor subțiri CdS și CdTe prin metoda volumului cvasiînchis, pe suporturi de sticlă ($2 \times 2 \text{ cm}^2$) acoperite cu un strat de SnO_2 ($\rho \sim 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$, $T \sim 83\%$) au fost obținute heterojoncțiunile CdS-CdTe. Celulele solare pe baza acestor joncțiuni la 300K și iluminarea 80 mW/cm^2 au densitatea curentului de scurt-circuit $22,4 \text{ mA/cm}^2$, tensiunea de circuit deschis 0,83 V, factorul de umplere 0,56 și randamentul 12,4%.

Prin metode chimice și electrochimice a fost elaborată tehnologia de obținere a structurilor ITO-ZnO-ZnSe cu stratul de ZnO de grosime nanometrică (20-50 nm), fotosensibile în regiunea ultravioletă a spectrului $0,32-0,46 \mu\text{m}$, cu sensibilitatea spectrală $0,55 \text{ A/W}$, și sensibilitatea voltaică $3 \cdot 10^3 \text{ V/lm}$.

În rezultatul cercetărilor:

- Au fost create bazele științifice ale fizicii heterojoncțiunilor formate de compușii semiconductori II-VI, ca o parte componentă a direcției generale a fizicii heterojoncțiunilor.
- În baza heterojoncțiunilor și a structurilor multistrat au fost elaborate, la nivel de invenții detectoare de radiații optice, electronice, roentgen și γ ; celulelor solare; diode de luminescență pentru regiunea vizibilă a spectrului, elemente bistabile și convertoare a razelor infraroșii în vizibile.

Doctor habilitat în științe fizico-matematice,
profesor universitar

P.Gașin