

CZU: 539.216:535.8 + 537.311.322

## STRUCTURI FOTSENSIBILE PE BAZĂ DE SEMICONDUCTORI CALCOGENICI STICLOȘI DIN SISTEMUL As-Se-S PENTRU ÎNREGISTRAREA INFORMAȚIEI OPTICE

Vladimir PRILEPOV, Nadejda NASEDCHINA, Dorin SPOIALĂ, Arcadi CHIRIȚA

Universitatea de Stat din Moldova

A fost elaborată tehnologia de depunere în vid a straturilor subțiri din sistemul As-Se-S într-un câmp electrostatic de tensiune înaltă. Experimental este arătat că straturile subțiri de semiconductori calcogenici sticloși obținute prin metoda evaporării termice în vid în prezența câmpului electrostatic de intensitate înaltă au o eficacitate difracțională de ordinul +1 sporită, în comparație cu cele obținute în absența câmpului.

**Cuvinte-cheie:** semiconductori calcogenici sticloși, straturi subțiri, eficacitate difracțională, holografie.

### PHOTOSENSITIVE STRUCTURES BASED ON GLASSY CHALCOGENIDE SEMICONDUCTORS OF THE As-Se-S SYSTEM FOR RECORDING THE OPTICAL INFORMATION

Vacuum deposition of thin layers of the As-Se-S system into a high voltage electrostatic field was elaborated. Experimentally it was shown that thin layers of glass chalcogenic semiconductors obtained by the vacuum evaporation method in the presence of the high intensity electrostatic field have an increased diffractive efficiency in comparison with the same samples obtained in the absence of the electrostatic field.

**Keywords:** chalcogenide glassy semiconductors, thin films, diffraction efficiency, holography.

### Introducere

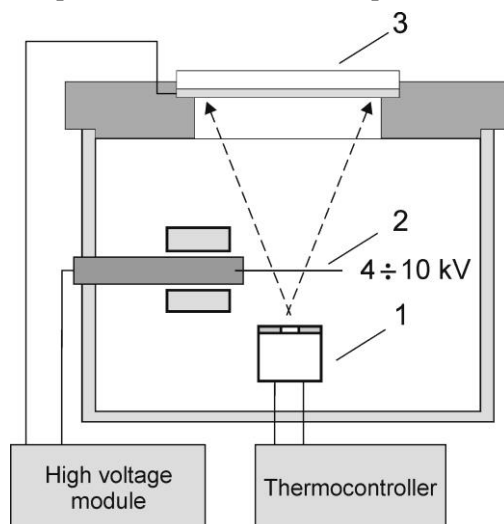
Interesul științific față de semiconductorii calcogenici sticloși (SCS) din sistemul As-Se-S este asociat cu posibilitatea utilizării acestora ca medii de înregistrare a informației optice. Fotosensibilitatea înaltă permite utilizarea SCS pentru a crea suporturi pentru înregistrarea informației optice. Mai mult ca atât, în SCS din sistemul As-Se-S au loc transformări fotostructurale bine pronunțate, care se manifestă, în special, prin procesele reversibile de fotoîntunecare (photodarkening) sau fototransparentizare (photobleaching) a stratului subțire sticlos sub acțiunea radiației luminoase. Acest fapt permite înregistrarea informației optice direct în stratul subțire de SCS. În [1] sunt prezentate rezultatele studiilor privind înregistrarea rețelelor de interferență în straturi subțiri a sistemului As-Se-S într-un câmp electrostatic de tensiune înaltă. Ca urmare a cercetării, s-a constatat că aplicarea tensiunii înalte (în procesul de înregistrare a hologramelor) către straturile  $As_2S_3$ - $As_2Se_3$  crește viteza schimbărilor fotostructurale și eficacitatea difracțională a rețelelor holografice înregistrate [1].

Scopul cercetărilor noastre constă în modificarea procesului clasic de obținere a straturilor subțiri din sistemul As-Se-S, care cuprinde metodele evaporării termice în vid, prin introducerea fluxului materialului evaporat dintre evaporator și suport într-un câmp electrostatic cu intensitate înaltă. Acest fapt trebuie să ducă, după părerea noastră, la majorarea fotosensibilității straturilor SCS direct în procesul de obținere, dar nu doar în procesul de înregistrare a hologramelor cercetat în [1].

### Rezultate și discuții

A fost elaborată tehnologia de depunere în vid într-un câmp electrostatic cu tensiune înaltă (4-10 kV) a straturilor subțiri de semiconductori calcogenici sticloși din sistemul As-Se-S. Tehnologia obținerii straturilor subțiri a fost elaborată în instalația cu vid de tip VUP-4, la care s-au efectuat modificările necesare. În calitate de suporturi au fost folosite plăci de sticlă cu substraturi conductibile de ITO (indium tin oxide). În camera cu vid, în spațiul dintre sursa de evaporare a semiconductoarelor (1) și substrat (3), a fost instalat un sistem proiectat în baza electrodului de tensiune înaltă din wolfram cu diametrul de 30  $\mu$ m (2) (Fig.1). De la modulul extern de tensiune înaltă, care permite reglarea tensiunii în intervalul 4-10 kV, tensiunea se aplică către electrodul din wolfram și stratul conductibil de ITO de pe suport (Fig.1). Construcția sistemului de alimentare permitea schimbarea polarității tensiunii aplicate, însă cele mai bune rezultate au fost obținute în cazul când polaritatea pozitivă a sursei era aplicată către electrodul din wolfram.

Probele SCS au fost obținute într-un singur ciclu de vid: pe prima jumătate a suportului se depunea un strat SCS fără câmp, apoi evaporatorul a fost închis cu un ecran mobil, iar a doua parte a suportului a fost introdusă în zona de condensare și depunerea a fost efectuată în prezența câmpului electric.



**Fig.1.** Prezentarea schematică a instalației pentru obținerea semiconductorilor As-Se-S în câmp electrostatic de intensitate înaltă: 1) evaporator; 2) electrodul de wolfram cu diametrul de 30  $\mu\text{m}$ ; 3) suport de sticlă cu substrat de ITO.

Compoziția materialelor pentru evaporare a fost stabilită cu ajutorul raportului dintre amestecurile mecanice inițiale ale semiconductorilor calcogenici sticloși în evaporator. Această metodă este dificilă din cauza mecanismelor și a vitezelor diferite de evaporare a componentelor inițiale. De exemplu,  $\text{As}_2\text{S}_3$  se evaporă congruent, iar  $\text{As}_2\text{Se}_3$  – necongruent [2]. În afară de aceasta, temperatura optimă de evaporare a  $\text{As}_2\text{S}_3$  este mai mică decât cea a  $\text{As}_2\text{Se}_3$ .

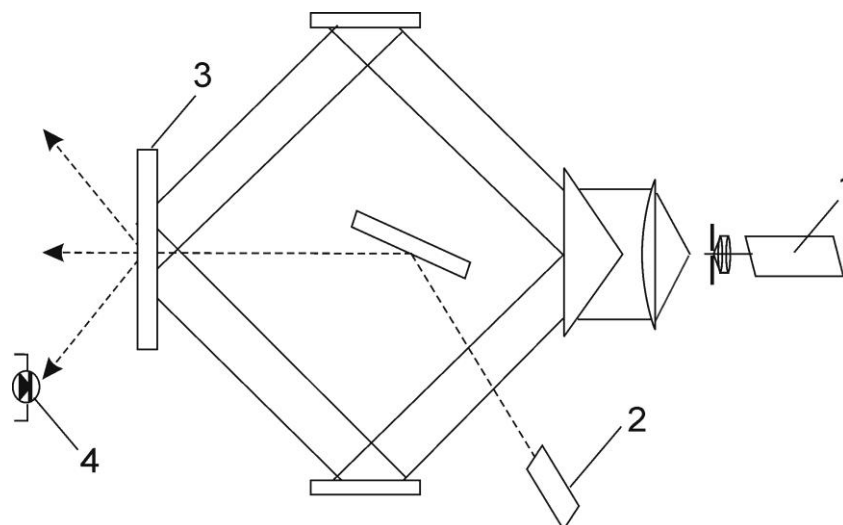
Pentru obținerea maximumului de fotosensibilitate spectrală în vecinătatea lungimii de undă  $\lambda=532$  nm au fost cercetați compușii obținuți prin condensarea amestecului mecanic în raport (X)at.% $\text{As}_2\text{S}_3$ :(100-X)at.% $\text{As}_2\text{Se}_3$ . Grosimea optimă a straturilor semiconductoare fotosensibile folosite pentru obținerea purtătorilor fototermoplastici trebuie să aparțină intervalului 1,5÷2,0  $\mu\text{m}$ . Coeficientul de absorbție optică a acestor straturi este  $\alpha>10^4$   $\text{cm}^{-1}$  în apropierea lungimii de undă  $\lambda=532$  nm. Ca rezultat, au fost determinate regimurile tehnologice optime de obținere a straturilor semiconductoare, la care vitezele de condensare a fiecărui material semiconductor sunt egale și ating valoarea de  $v_{\text{cond.}}\approx 0,03$   $\mu\text{m/s}$ . Regimurile tehnologice stabilite, precum: temperatura de evaporare  $t_{\text{evap.}}$ , timpul de încălzire a evaporatorului  $\tau_{\text{încalz.}}$ , durata evaporării  $\tau_{\text{evapor.}}$ , viteza condensării stratului  $v_{\text{cond.}}$ , gradul de vid  $p$  în timpul procesului de evaporare și grosimile straturilor obținute  $d$ , sunt prezentate în Tabelul 1.

**Tabelul 1**

**Regimul tehnologic de obținere a straturilor subțiri de SCS**

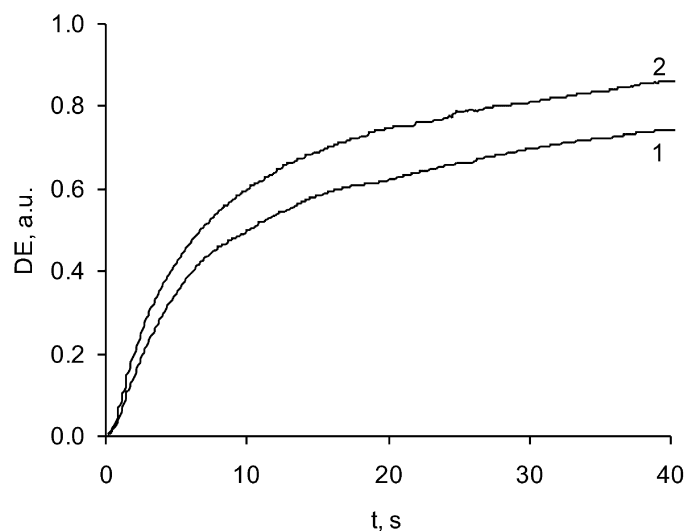
Tipul semiconductorului	$t_{\text{evap.}}$ , $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{încalz.}}$ , min.	$\tau_{\text{evapor.}}$ , s	$v_{\text{cond.}}$ , $\mu\text{m/s}$	$p$ , mm.cl.Hg	$d$ , $\mu\text{m}$
50at.% $\text{As}_2\text{S}_3$ :50at.% $\text{As}_2\text{Se}_3$	330	13	50	0,03	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,5$
$\text{As}_2\text{S}_3$	335	13	50	0,03	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,5$

Efectele transformărilor fotostructurale în straturile subțiri cu compoziția 50at.% $\text{As}_2\text{S}_3$ :50at.% $\text{As}_2\text{Se}_3$  și  $\text{As}_2\text{S}_3$  au fost studiate în timpul înregistrării rețelelor holografice. Instalația holografică a fost construită în baza laserului de tip DPSS Nd:Yag cu lungimea de undă 532 nm (Fig.2).



**Fig.2.** Prezentarea schematică a instalației holografice: 1) DPSS Nd:Yag laser cu lungimea de undă 532 nm; 2) DPSS Nd:Yag laser cu lungimea de undă 635 nm; 3) Proba; 4) Fotodetector S120C-PM100USB Thorlabs.

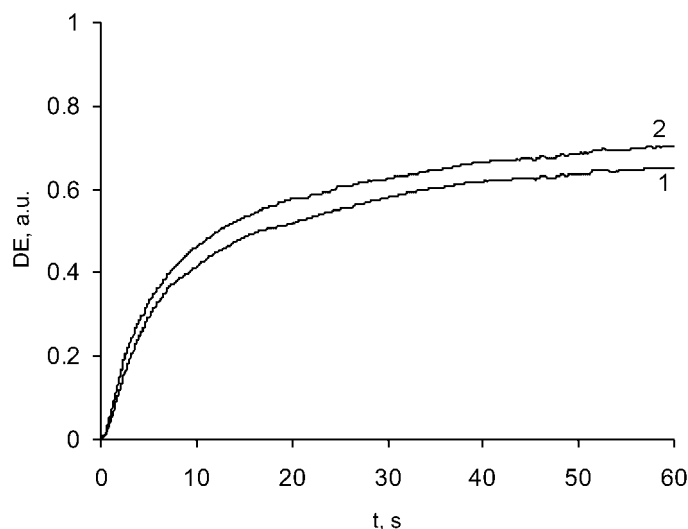
Cinetica creșterii eficacității difracționale a fost cercetată prin iluminarea hologramei cu radiația laser cu lungimea de undă 635 nm și intensitate redusă ( $50 \text{ nW/cm}^2$ ), care nu afectează procesul de fotostructurare în straturi  $50\text{at.}\% \text{As}_2\text{S}_3:50\text{at.}\% \text{As}_2\text{Se}_3$ . Intensitatea semnalului în primul ordin de difracție a fost măsurată cu fotodetectorul de tip S120C-PM100USB (Thorlabs). În Figura 3 este prezentată cinetica creșterii eficacității difracționale de ordinul +1 pentru straturi subțiri  $50\text{at.}\% \text{As}_2\text{S}_3:50\text{at.}\% \text{As}_2\text{Se}_3$  obținute în vid în absența câmpului electrostatic (curba 1) și la tensiunea aplicată 9,5 kV (curba 2).



**Fig.3.** Cinetica creșterii eficacității difracționale de ordinul +1 pentru straturile subțiri  $50\text{at.}\% \text{As}_2\text{S}_3:50\text{at.}\% \text{As}_2\text{Se}_3$  obținute prin metoda evaporării termice în vid: 1) în absența câmpului electrostatic; 2) la aplicarea tensiunii 9,5 kV.

Din Figura 3 se observă că straturile subțiri în baza compusului  $50\text{at.}\% \text{As}_2\text{S}_3:50\text{at.}\% \text{As}_2\text{Se}_3$  obținute prin evaporare în vid la o tensiune de 9,5 kV au o fotosensibilitate mai mare comparativ cu probele obținute în absența câmpului electrostatic.

Studii similare au fost efectuate și pentru straturi subțiri de  $\text{As}_2\text{S}_3$ . În Figura 4 este prezentată cinetica creșterii eficacității difracționale de ordinul +1 pentru straturi subțiri  $\text{As}_2\text{S}_3$  obținute în vid în absența câmpului electrostatic (curba 1) și la tensiunea aplicată 9,5 kV (curba 2).



**Fig.4.** Cinetica creșterii eficacității difracționale de ordinul +1 pentru straturi subțiri  $As_2S_3$  obținute prin metoda evaporării termice în vid: 1) în absența câmpului electrostatic; 2) la aplicarea tensiunii 9,5 kV.

Din Figura 4 se observă că straturile subțiri de  $As_2S_3$  obținute prin evaporare în vid la o tensiune de 9,5 kV au o fotosensibilitate mai mare comparativ cu probele obținute în absența câmpului electrostatic.

#### Concluzii

Straturile subțiri  $As_2S_3$  și  $50at.\%As_2S_3:50at.\%As_2Se_3$  au fost obținute folosind metoda evaporării termice în vid atât în condiții obișnuite, cât și în prezența câmpului electrostatic de intensitate înaltă. Au fost studiate și comparate procesele de înregistrare a rețelelor holografice folosind metoda transformărilor fotostructurale în straturile subțiri  $As_2S_3$  și  $50at.\%As_2S_3:50at.\%As_2Se_3$  obținute în condiții obișnuite și în prezența câmpului electrostatic de intensitate înaltă. S-a stabilit că folosirea câmpului electrostatic de intensitate înaltă în timpul procesului de evaporare duce la o creștere semnificativă a eficacității difracționale în procesul de înregistrare a hologramelor atât în straturile subțiri  $As_2S_3$ , cât și în straturile subțiri în baza soluțiilor solide de  $50at.\%As_2S_3:50at.\%As_2Se_3$  fără introducerea suplimentară a unei surse de tensiune înaltă în celula de înregistrare a hologramelor.

**Notă:** *Lucrarea a fost efectuată în cadrul Programului instituțional 15.817.02.34A.*

#### Referințe:

1. NASTAS, A. Influence of the electrical field on the formation process of holographic diffraction gratings (HDG) in vitreous chalcogenide semiconductors. In: *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 2005, vol.7(4), p.1823-1829.
2. НОВОСЕЛЮВА, А.В., ПАШИНКИН, А.С. *Давление пара летучих халькогенидов металлов*. Москва: Наука, 1978.

#### Date despre autori:

**Vladimir PRILEPOV**, cercetător științific superior în LCȘ *Înregistrare Fototermoplăstică*, Universitatea de Stat din Moldova.

**E-mail:** compovx@mail.ru

**Nadejda NASEDCHINA**, cercetător științific în LCȘ *Înregistrare Fototermoplăstică*, Universitatea de Stat din Moldova.

**Dorin SPOIALĂ**, cercetător științific în LCȘ *Fotonica și Metrologie Fizică*, Universitatea de Stat din Moldova.

**E-mail:** spodor@mail.ru

**Arcadi CHIRIȚA**, cercetător științific coordonator în LCȘ *Înregistrare Fototermoplăstică*, Universitatea de Stat din Moldova.

**E-mail:** chirizza@yahoo.com

*Prezentat la 25.04.2019*