

CZU: 621.315.59:539.213

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4457428>

## SEMICONDUCTORI CALCOGENICI STICLOȘI PE BAZĂ DE As-Se-S DOPAȚI CU STANIU PENTRU ÎNREGISTRAREA INFORMAȚIEI OPTICE

Vladimir PRILEPOV, Nadejda NASEDCHINA, Dorin SPOIALĂ, Leonid MATEI, Arcadi CHIRIȚA

Universitatea de Stat din Moldova

Au fost cercetate proprietățile optice și fotoelectrice ale straturilor subțiri pe bază de semiconductori calcogenici sticloși din sistemul arsen-seleniu-sulf dopate cu staniu.

**Cuvinte-cheie:** semiconductori calcogenici sticloși, fotoconductivitate, schimbări fotostructurale.

### CALCOGENIDE GLASSY SEMICONDUCTORS BASED ON THE As-Se-S DOPED WITH TIN FOR RECORDING OF OPTICAL INFORMATION

The optical and photoelectric properties of thin films based on arsenic-selenium-sulphur chalcogenide glassy semiconductors doped by Sn were investigated.

**Keywords:** chalcogenide glassy semiconductors, photoconductivity, photostructural changes.

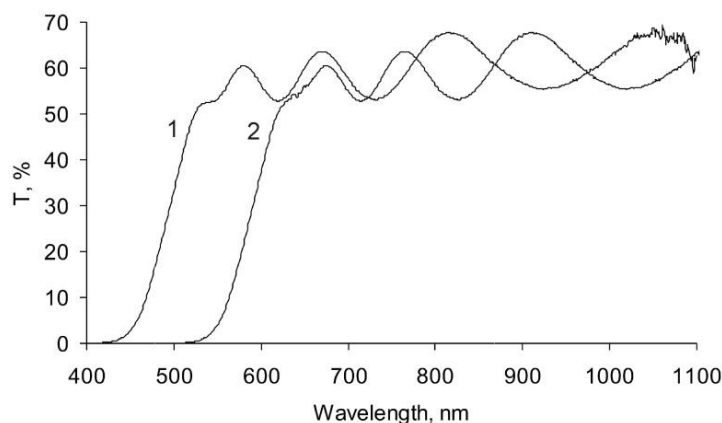
#### Introducere

Înregistrarea informației optice este una dintre direcțiile de perspectivă ale utilizării practice a purtătorilor fotosensibili pe bază de semiconductori calcogenici din sistemul As-Se-S. În procesul electrofotografic aceste materiale posedă o sensibilitate holografică înaltă (de ordinul  $10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{J}^{-1}$ ) și o putere de rezoluție avansată de până la  $4000 \text{ mm}^{-1}$  [1-2]. Potențialul de utilizare a acestor medii în microscopia holografică, interferometria în timp real și înregistrarea hologramelor de impuls au fost prezentate în [3]. De asemenea, creșterea fotosensibilității semiconductoarelor calcogenici dopați cu Sn a fost prezentată în [4].

Obiectivul acestei lucrări rezidă în studierea proprietăților optice și electrofizice ale straturilor subțiri din sistemul As-Se-S dopate cu Sn pentru înregistrarea informației optice.

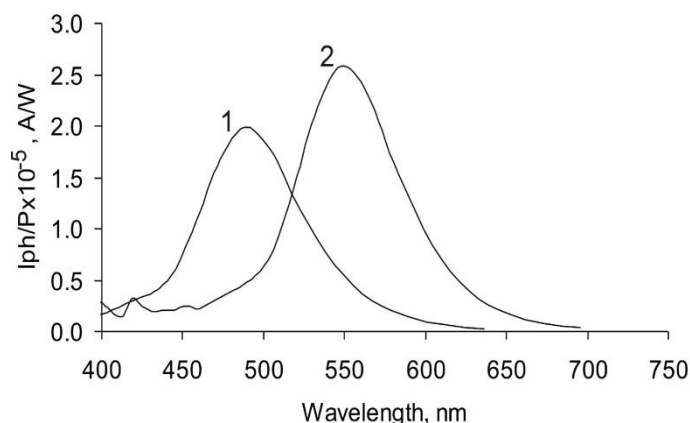
#### Experiment

Straturile subțiri  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$  au fost obținute folosind metoda evaporării termice în vid la temperatură evaporatorului de  $390^\circ\text{C}$ . În calitate de suport au fost folosite plăci de sticlă acoperite cu un strat conductiv de ITO. În Figura 1 (curba 1) este reprezentată dependența spectrală a transitanței optice în domeniul lungimilor de undă 400-1100 nm pentru structura sticlă-ITO-  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ . Grosimea stratului  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$  este de  $1,2 \mu\text{m}$ .



**Fig.1.** Dependența spectrală a transitanței: 1)  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ , 2) 60at.%  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ : 40at.%  $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ .

Pentru a studia caracteristicile electro-optice ale straturilor obținute, dependența spectrală a fotosensibilității a fost măsurată ca raportul dintre fotocurent și puterea semnalului de iluminare. În Figura 2 (curba 1) este reprezentată dependența spectrală a fotoconductivității stratului subțire  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ .

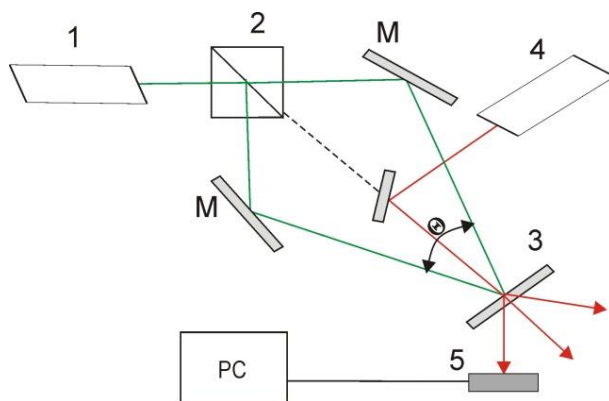


**Fig.2.** Dependenta spectrală a fotosensibilității: 1)  $(As_2S_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ , 2) 60at.%  $(As_2S_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ :40at.%  $(As_2Se_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ .

Regiunea de fotosensibilitate spectrală pentru  $(As_2S_3)_{0,99}Sn_{0,01}$  este cuprinsă în domeniul 400-600 nm cu un maximum bine pronunțat la 470 nm. Așadar, pentru înregistrarea mai efectivă a rețelelor de difracție cu ajutorul radiației laser la lungimea de undă  $\lambda = 532$  nm este necesară o deplasare a maximumului fotosensibilității în regiunea verde a spectrului.

Din acest motiv, pentru obținerea eșantioanelor cu fotosensibilitatea maximă în vecinătatea lungimii de undă  $\lambda = 532$  nm a radiației laser s-a obținut o soluție solidă de 60at.%  $(As_2S_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ :40at.%  $(As_2Se_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ . Dependenta spectrală a transmitanței structurii sticlă-ITO-60at.%  $(As_2S_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ :40at.%  $(As_2Se_3)_{0,99}Sn_{0,01}$  obținute prin metoda evaporării termice în vid este prezentată în Figura 1 (curba 2). Regiunea de fotosensibilitate spectrală a straturilor obținute se află în intervalul 450-650 nm cu un maxim aflat în regiunea lungimii de undă  $\lambda \approx 550$  nm (Fig.2, curba 2).

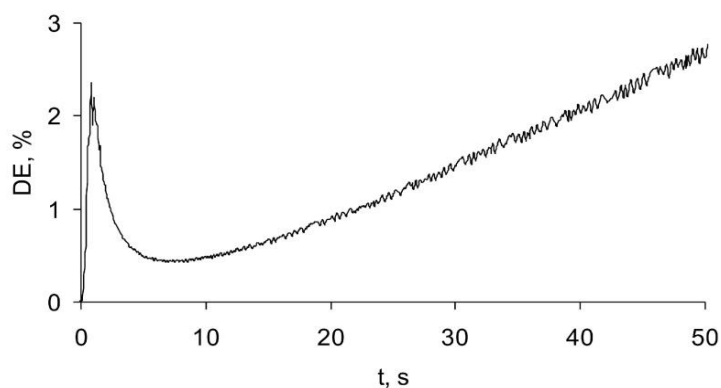
Studiile schimbărilor fotostructurale [3] și ale așa-numitului „mass-transport effect” [5-6] sub acțiunea radiației coerente laser au fost efectuate la instalația optică reprezentată schematic în Figura 3.



**Fig.3.** Instalația optică: 1 – laser  $\lambda = 532$  nm; 2 – divizor, 3 – eșantion; 4 – laser 635 nm; 5 – fotodetector.

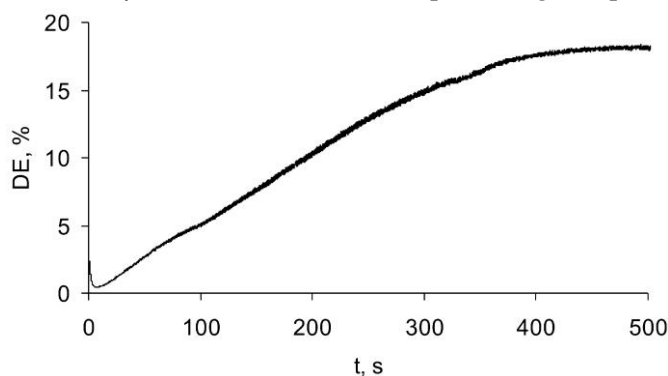
Un fascicul laser coerent cu lungimea de undă  $\lambda = 532$  nm (1, Fig.3) este împărțit printr-un cub de divizare în două fascicule, care sunt convergente la un unghi  $\theta$  pe suprafața probei (3). Perioada imaginii de interferență formată depinde de unghiul de convergență  $\theta$  al fasciculelor laser. Vectorul de polarizare este direcționat perpendicular benzilor de interferență (polarizarea PP). Pentru a măsura cinetica creșterii eficienței de difracție se utilizează o sursă laser (4) cu lungimea de undă  $\lambda = 635$  nm. Intensitatea fasciculului laser  $\lambda = 635$  nm este de  $30 \text{ nW/cm}^2$ , ceea ce nu afectează procesul de fotostructurare a eșantionului în timpul înregistrării. Intensitatea semnalului de difracție a fost măsurată folosind un fotodetector PM100 ThorLabs. Pentru înregistrarea rețelelor de difracție intensitatea totală a fasciculelor laser de 532 nm a fost fixată la valoarea de  $960 \text{ mW/cm}^2$ .

În Figura 4 este reprezentată cinetica creșterii eficienței de difracție pentru o structură cu strat subțire de soluție solidă 60at.%  $(As_2S_3)_{0,99}Sn_{0,01}$ :40at.%  $(As_2Se_3)_{0,99}Sn_{0,01}$  cu grosimea de  $1,2 \mu\text{m}$ .



**Fig.4.** Cinetica creșterii eficienței de difracție.

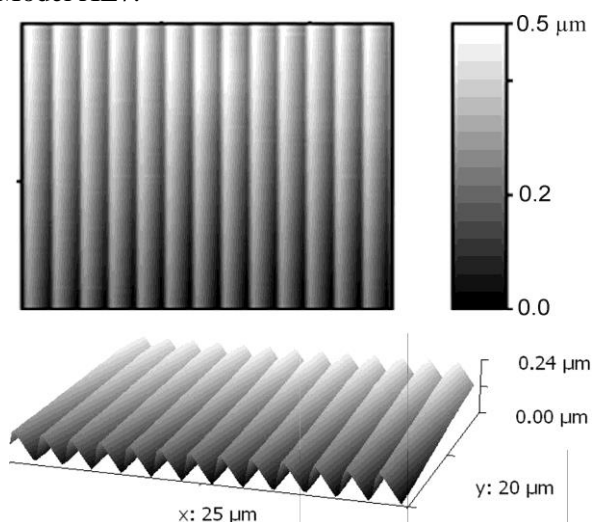
Așa cum se poate observa din Figura 4, în momentul inițial al înregistrării rețeaua de difracție este înregistrată prin metoda fotostructurării și timp de 1,6 secunde eficiența de difracție atinge o valoare maximă de 2,3%. Ulterior, are loc procesul de ștergere a rețelei și eficiența de difracție scade până la 0,6%. Peste 8 secunde de la începutul înregistrării începe a predomina „mass-transport effect” și eficiența de difracție crește monoton. Cinetica creșterii eficienței de difracție într-un domeniu de timp mai larg este prezentată în Figura 5.



**Fig.5.** Cinetica creșterii eficienței de difracție.

După cum se poate observa din Figura 5, eficiența de difracție crește în timp, ieșind la saturație timp de aproximativ 380 de secunde și atingând valoarea maximă de aproximativ 18%.

În Figura 6 sunt prezentate imagini ale rețelei de difracție obținute cu ajutorul microscopului de forță atomică (AFM) de tip Park Systems, Model XE7.



**Fig.6.** Imagini AFM ale rețelei de difracție.

Rețeaua de difracție cu frecvența spațială de  $600 \text{ mm}^{-1}$  are un profil sinusoidal. Adâncimea profilului este de  $0,24 \mu\text{m}$ , ceea ce explică valoarea înaltă a eficienței de difracție.

### Concluzii

Semiconductorii calcogenici sticloși din sistemul As-Se-S dopați cu staniu au o sensibilitate electrofotografică înaltă într-un diapazon larg al spectrului vizibil. De asemenea, structurile obținute în baza straturilor subțiri din soluții solide de tip 60at.%  $(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$ : 40at.%  $(\text{As}_2\text{Se}_3)_{0,99}\text{Sn}_{0,01}$  permit înregistrarea rețelelor de difracție cu valori înalte ale eficienței de difracție la înregistrarea prin „mass-transport effect”.

### Referințe:

1. CHIRITA, A., KUKHTAREV, N., KUKHTAREVA, T., KORSHAK, O., PRILEPOV, V. JIDCOV, I. *Laser Physics*, 2013, no23, p.036002-036006.
2. CHIRITA, A., KUKHTAREV, N., KUKHTAREVA, T., KORSHAK, O., PRILEPOV, V. *Journal of Modern Optics*, 2012, no59,16, p.1428-1433.
3. CHIRITA, A. *Journal of Modern Optics*, 2010, no57, p.854.
4. CHIRITA, A., DIMOV, F., PRADHAN, S., BUMACOD, P., KORSHAK, O. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 2012, no7, p.415.
5. Gertners, U., TETERIS, J. Photo-induced Mass Transport in Thin Films of Amorphous  $\text{As}_2\text{S}_3$ . In: *Physics Procedia*, 2013, no44, p.45-51.
6. ACHIMOVA, E. et.al. Direct surface relief formation on  $\text{As}_2\text{S}_3$ -Se nanomultilayers in dependence on polarization states of recording beams. In: *Optical Materials*, 2015, no47, p.566-572.

*Notă: Autorii menționează cu recunoștință sprijinul financiar oferit de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare și de Universitatea de Stat din Moldova în cadrul Proiectului „Materiale și structuri multifuncționale pentru detectarea radiațiilor electromagnetice” nr. 20.80009.5007.12*

### Date despre autori:

**Vladimir PRILEPOV**, doctor în științe tehnice; cercetător științific superior, LCȘ *Fizica Semiconductorilor și Dispozitivelor*, Institutul de Cercetare și Inovare al USM.

**E-mail:** prilepov.vladimir@usm.md

**Nadejda NASEDCHINA**, cercetător științific, LCȘ *Fizica Semiconductorilor și Dispozitivelor*, Institutul de Cercetare și Inovare al USM.

**E-mail:** nnasedchina@usm.md

**Dorin SPOIALĂ**, cercetător științific, LCȘ *Fizica Semiconductorilor și Dispozitivelor*, Institutul de Cercetare și Inovare al USM.

**E-mail:** spoiala.dorin@usm.md

**Leonid MATEI**, laborant superior, LCȘ *Fizica Semiconductorilor și Dispozitivelor*, Institutul de Cercetare și Inovare al USM.

**E-mail:** leonod.matei@mail.ru

**Arcadi CHIRIȚA**, doctor în științe fizice; cercetător științific coordonator, LCȘ *Fizica Semiconductorilor și Dispozitivelor*, Institutul de Cercetare și Inovare al USM.

**E-mail:** achirita@usm.md

**ORCID:** 0000-0002-0817-6102

*Prezentat la 30.11.2020*