

## ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ РЕЛЬЕФНО-ФАЗОВЫХ ГОЛОГРАММ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

Аркади КИРИЦА, Олег КОРШАК, Владимир ПРИЛЕПОВ, Юрий ЖИДКОВ,  
Надежда НАСЕДКИНА, Штефан РОБУ, Алексей ЧОРНЫЙ

НИЛ фототермопластической записи

A fost investigată posibilitatea înregistrării informației optice pe purtători fototermoplastici pe bază de semiconductori calcogenici sticloși prin metoda rastrării interferențiale.

A fost demonstrată posibilitatea înregistrării simultane a rețelelor interferențiale și a hologramelor.

In this paper, the possibility of optical information recording on photothermoplastic media based on chalcogenide glasses semiconductor by means of interference rasterizing has been investigated. The possibility of recording of interference gratings and holograms in simultaneous recording process has been shown.

### Введение

При регистрации голограмм в реальном масштабе времени основными параметрами оптического носителя являются разрешающая способность, фоточувствительность, дифракционная эффективность и время регистрации изображения. Фототермопластические носители (ФТПН) на основе халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) обладают высокими значениями основных параметров записи [1]. Известны ФТПН на основе органических [2,6] и неорганических [1,4,5] фоточувствительных полупроводников, которые отличаются не принципом записи, а только основными голографическими параметрами. ФТПН на основе органических полупроводников обладают разрешающей способностью  $4000 \text{ mm}^{-1}$ , дифракционной эффективностью до 40% [1] и чувствительностью до  $3 \cdot 10^6 \text{ cm}^2/\text{J}$  [7]. ФТПН на основе неорганических халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) характеризуются разрешающей способностью до  $2200 \text{ mm}^{-1}$ , дифракционной эффективностью до 27% и чувствительностью до  $5 \cdot 10^6 \text{ cm}^2/\text{J}$  [1]. Показана возможность успешного применения ФТПН в голографической микроскопии и интерферометрии в реальном масштабе времени [1,5].

### Эксперимент

Получены и исследованы ФТП носители для регистрации голограмм в реальном масштабе времени. На гибкую лавсановую ленту (1, рис. 1а) наносился прозрачный электрод хрома (2) толщиной  $0,05 \text{ }\mu\text{m}$ . Поверх металлического электрода наносился фотополупроводниковый слой халькогенидного стеклообразного полупроводника системы As-Se-S (3) в интервале толщин  $0,2- 2,6 \text{ }\mu\text{m}$ . Термопластический слой (4) на основе пластичных сополимеров и олигомеров наносился кюветно-менисковым методом из раствора термопластика в толуоле в интервале толщин  $0,2- 0,7 \text{ }\mu\text{m}$ .

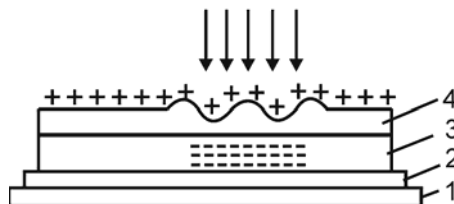
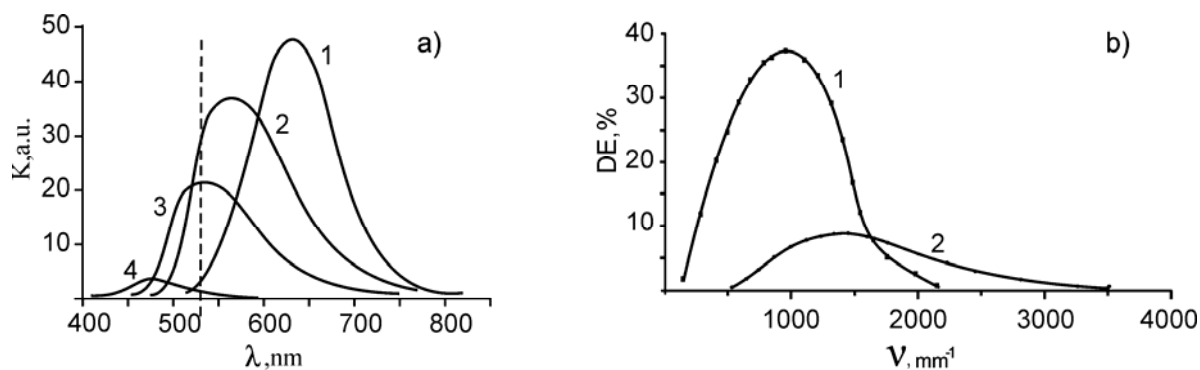


Рис.1. а) Фототермопластический носитель: 1 – лавсан, 2 – прозрачный металлический электрод, 3 – фотополупроводник системы As-Se-S, 4 – термопластик.

Исследуемые ФТП носители разрабатывались для регистрации голограмм в лазерном излучении  $\lambda = 532 \text{ nm}$ . Голографическая чувствительность ФТП носителей зависит от состава полупроводникового слоя ХСП. Расчетный состав ХСП с максимальной фоточувствительностью в излучении  $\lambda = 532 \text{ nm}$  представляет собой структуру  $\text{As}_2\text{S}_3-72 \text{ mol.}\%$ ,  $\text{As}_2\text{Se}_3-28 \text{ mol.}\%$ . Получены тонкие пленки ХСП

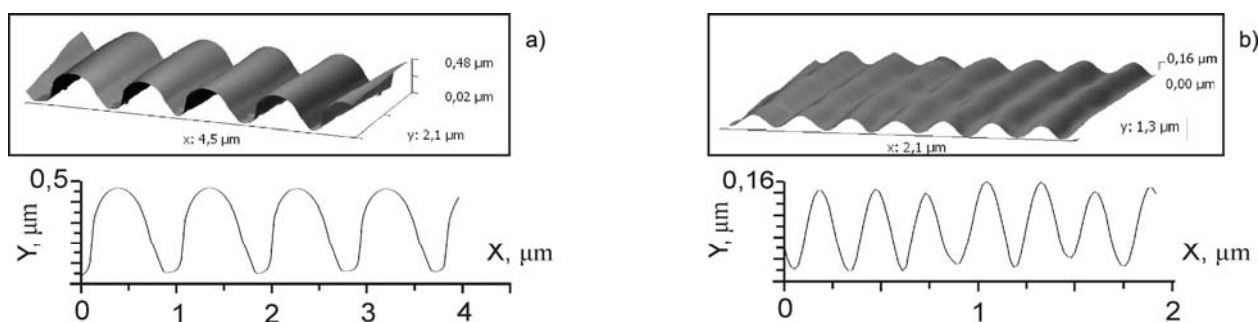
$As_2S_3$ -72 mol.%,  $As_2Se_3$ -28 mol.% в интервале толщин 0,2–2,6  $\mu m$  и исследована их спектральная фотопроводимость. На рис.2а представлена спектральная зависимость кратности фотоответа  $K$ , определяемая как  $(I_F - I_D) / I_D$ , где  $I_F$  и  $I_D$  – значения светового и темного тока через образец.



**Рис.2.** а) Спектральная зависимость кратности фотоответа в зависимости от состава ХСП: 1 –  $As_2Se_3$ ; 2 –  $As_4S_3Se_3$ ; 3 –  $As_2S_3$ -72 mol.%;  $As_2Se_3$ -28 mol.%; 4 –  $As_2S_3$ ; б) Зависимость дифракционной эффективности от пространственной частоты при толщине термопластика: 1 –  $D = 0,5 \mu m$ ; 2 –  $D = 0,2 \mu m$ .

Для полученного состава  $As_2S_3$ -72 mol.%,  $As_2Se_3$ -28 mol.% (кривая 2, рис.2а) максимум спектральной фоточувствительности совпадает с расчетным ( $\lambda = 532$  nm) при кратности фотоответа  $K = 22$ , что не является лучшим параметром для ХСП. Для состава  $As_2Se_3$  при  $\lambda = 655$  nm кратность фотоответа  $K = 49$ , в то время как для  $As_2S_3$  при  $\lambda = 475$  nm показатель  $K = 8$ . Очевидно, что увеличение процентного содержания сульфида мышьяка в системе As-Se-S приводит к снижению фоточувствительности тонких пленок ХСП. Максимальную кратность фотоответа при  $\lambda = 532$  nm удалось получить для синтезированного молярного раствора  $As_4S_3Se_3$  (кривая 2, рис.2а). Как видно из графика, максимум спектральной фотопроводимости для  $As_4S_3Se_3$  приходится на  $\lambda = 560$  nm ( $K = 36$ ), но при этом для  $\lambda = 532$  nm кратность фотоответа составляет  $K = 29$ , что превышает значение  $K$  для состава  $As_2S_3$ -72 mol.%,  $As_2Se_3$ -28 mol.% с максимумом спектральной фотопроводимости при  $\lambda = 532$  nm.

Получены и исследованы голографические характеристики ФТП носителей на основе тонких пленок  $As_4S_3Se_3$  и термопластика различного состава: сополимера бутилметакрилата и стирола (50:50) и олигомера поли-N-эпоксипропилкарбазола. При регистрации дифракционных решеток максимальные значения дифракционной эффективности (DE), разрешающей способности и голографической чувствительности были получены для ФТП носителей с термопластическим слоем на основе поли-N-эпоксипропилкарбазола. На рис.2б представлена зависимость дифракционной эффективности от пространственной частоты записи для ФТП носителей с толщиной термопластического слоя  $D = 0,5 \mu m$  и  $D = 0,2 \mu m$ . Для ФТПН с толщиной термопластика  $0,5 \mu m$  была получена рельефно-фазовая решетка с  $DE = 37\%$  (с учетом поглощения в ФТП носителе) при резонансной частоте записи вблизи  $1000$  mm<sup>-1</sup> (кривая 1, рис 2б), что позволило приблизиться к максимально достигнутому значению в  $DE = 40\%$  для ФТП носителей [2]. Анализ поверхности на AFM микроскопе показал синусоидальный профиль решетки (рис.3а) с глубиной пространственной модуляции  $\mu = 0,42$ , что позволяет получить высокое значение DE [3].



**Рис.3.** Поверхностный рельеф дифракционной решетки: а)  $\nu = 1000$  mm<sup>-1</sup>; б)  $\nu = 3500$  mm<sup>-1</sup>.

На ФТПН с толщиной термопластика  $0,2 \mu\text{m}$  были зарегистрированы дифракционные решетки с пространственной частотой  $3500 \text{ mm}^{-1}$  при  $DE = 1\%$  (кривая 2, рис.2b). Высокая разрешающая способность достигается при малых толщинах термопластика, что приводит к малой глубине профиля  $0,16 \mu\text{m}$  (рис.3b) и, соответственно, низким значениям DE. Пороговая голографическая чувствительность ФТПН на основе  $\text{As}_4\text{S}_3\text{Se}_3$  и термопластического слоя из поли-N-эпоксипропилкарбазола для когерентного излучения  $\lambda = 532 \text{ nm}$  составила  $S = 4 \cdot 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{J}^{-1}$  при  $DE = 1\%$ .

#### **Выводы**

Разработаны и получены фототермопластические носители на основе халькогенидных стеклообразных полупроводников с высокими значениями разрешающей способности, дифракционной эффективности и голографической чувствительности. Показана возможность успешного применения ФТПН при регистрации рельефно-фазовых голограмм в реальном масштабе времени.

#### **Литература:**

1. Chirita A. Real-time scaling of micro-objects by multiplexed holographic recording on photo-thermo-plastic structure // Journal of Modern Optics, 2010, v.57, p.854-858.
2. Credelle T., Spong F. Thermoplastic media for holographic recording, Holographic Recording Materials, Editor: H.Bjelkhagen, Proc SPIE, 1996, v.MS130, p.619-633.
3. Palmer C. Diffraction grating hand book, 4 edit. - New York, 2000.
4. Panasyuk L.M., Nastas A.M. Image recording on photothermoplastic media with different thicknesses of the thermoplastic layer // Optics and Spectroscopy Journal, 2003, 94, no.6, p.959-961.
5. Nastas A.M., Andriesh A.M., Bivol V.V., Slepnev I.N. and Prisakar A.M. Recording Double-Exposure Interferograms on a Photothermoplastic Carrier in Photoinduced and Photothermoplastic Regimes // Technical Physics Letters, 2009, 35, no.4, p.375-376.
6. Aleksandrova E.L. High-sensitivity polyimide structures for photothermoplastic data recording // Journal of Optical Technology, 2003, 70, p.109-113.

*Notă: Lucrarea a fost elaborată în cadrul Proiectului instituțional 11.817.05.12A finanțat de către CSȘDT al AȘM.*

*Prezentat la 03.05.2012*