

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЛЬЕФНО-ФАЗОВЫХ ГОЛОГРАММ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ НА ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОМ НОСИТЕЛЕ

Аркадий КИРИЦА, Олег КОРШАК, Василе РОТАРУ

НИЛ фототермопластической записи

În lucrare sunt cercetate proprietățile de polarizare ale purtătorului fototermoplastic în bază flexibilă tereflalat etilenic, cu un strat sensibil la lumină din semiconductor halcogenic sticlos $As_2Se_{3(0.5)}-As_2S_{3(0.5)}$ și termoplastic în bază de poliexopropilcarbazon. Sunt studiate proprietățile de polarizare ale rețelelor interferometrice și ale hologramelor de fază-relief înregistrate pe purtătorii fototermoplastici.

The polarization properties of the photothermoplastic carrier are studied in this work. The carrier is made up of a photosensitive layer of vitreous chalcogene semiconductor $As_2Se_{3(0.5)}-As_2S_{3(0.5)}$ and a photothermoplastic layer of polyexopropilcarbazole base and is sedimented on a flexible support of ethylenterftalat. The polarization properties of the interferometer gratings and relief-phase holograms recorded on this carrier are especially investigated.

Фототермопластический носитель (ФТПН, рис.1) состоит из лавсановой подложки (1) на основе этилентерефталата толщиной $d=175$ мкм, прозрачного металлического электрода (2) на основе SnO_2 , светочувствительного полупроводника (3) на основе твердого раствора $As_2Se_{3(0.5)}-As_2S_{3(0.5)}$ ($d=1,5$ мкм) и термопластического слоя (4) на основе полиэксопропилкарбазола ($d=0,7$ мкм).

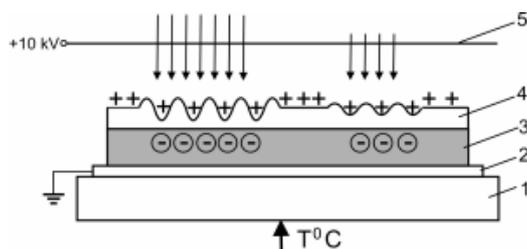


Рис.1. Фототермопластический носитель: 1 – лавсановая подложка, 2 – металлический электрод SnO_2 , 3 – $As_2Se_{3(0.5)}-As_2S_{3(0.5)}$, 4 – термопластический слой, 5 – коронирующий электрод.

Под действием коронирующего потенциала на разогретой до пластического состояния поверхности термопластика [1] формируется рельефное изображение голограммы.

В отсутствие поверхностной деформации были исследованы поляризационные свойства ФТПН в циркулярно поляризованном излучении He-Ne лазера с длиной волны $\lambda=0,63$ мкм. При падении под некоторым углом циркулярно поляризованного пучка на поверхность ФТПН (рис. 2), прошедший световой сигнал проходит через линейный поляризатор 4 и попадает на фотоприемник 5.

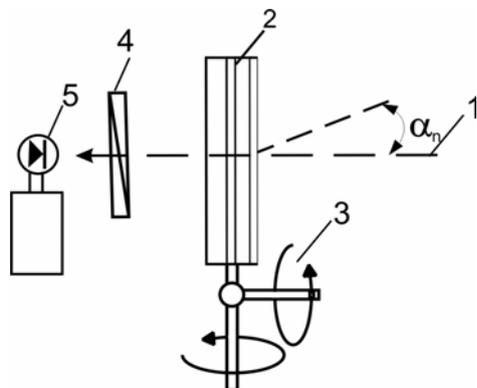


Рис.2. Схема для изучения поляризационных свойств ФТПН: 1 – пучок He-Ne лазера, 2 – ФТПН, 3 – поворотное устройство, 4 – линейный поляризатор, 5 – фотоприемник.

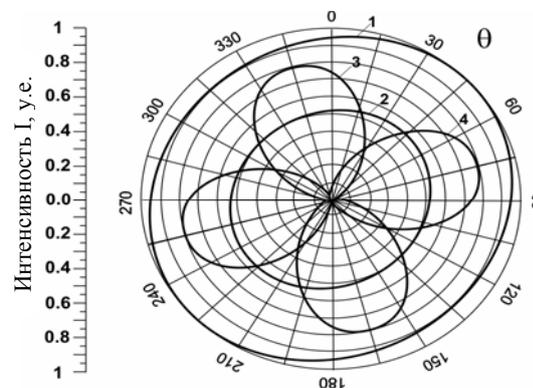


Рис.3. Угловая диаграмма поляризации лазерного излучения: 1) поляризация падающего пучка; 2) $\alpha=24^\circ; 34^\circ$; 3) $\alpha=6^\circ; 28^\circ; 46^\circ; 60^\circ; 70^\circ; 78^\circ$; 4) $\alpha=14^\circ; 38^\circ; 54^\circ; 64^\circ; 73^\circ$.

Угловая диаграмма поляризации светового пучка в зависимости от углов падения представлена на рис.3. Как видно из графика, при углах падения $\alpha_3=6^\circ; 28^\circ; 46^\circ; 60^\circ; 70^\circ; 78^\circ$ и $\alpha_4=14^\circ; 38^\circ; 54^\circ; 64^\circ; 73^\circ$ поляризационные кривые обладают явно выраженными максимумами и минимумами (кривые 3 и 4 соответственно), а при углах $\alpha_2=24^\circ; 34^\circ$ – сохраняют циркулярную поляризацию, но меньшей интенсивности, чем падающий световой сигнал ввиду процесса поглощения в полупроводниковом слое. Отметим, что кривые 3 и 4 взаимно перпендикулярны, и интенсивность в максимумах ($\Theta=155^\circ; 345^\circ$ для кривой 3 и $\Theta=75^\circ; 255^\circ$ для кривой 4) вдвое превышает среднюю интенсивность для прошедшего циркулярно поляризованного пучка (кривая 2). Последнее позволяет предположить, что при углах падения α_1 и α_2 прошедший через ФТПН циркулярно поляризованный сигнал преобразуется в частично линейно поляризованный, что позволяет использовать это свойство исследуемого носителя для поляризационного восстановления рельефно-фазовых голограмм. Исследования показали, что основными поляризационными свойствами обладает лавсановая подложка, а полупроводниковый слой, SnO_2 и термопластик существенных дополнений не вносят.

На сконструированной экспериментальной установке (рис.4) зарегистрированы интерференционные решетки на исследуемом ФТПН.

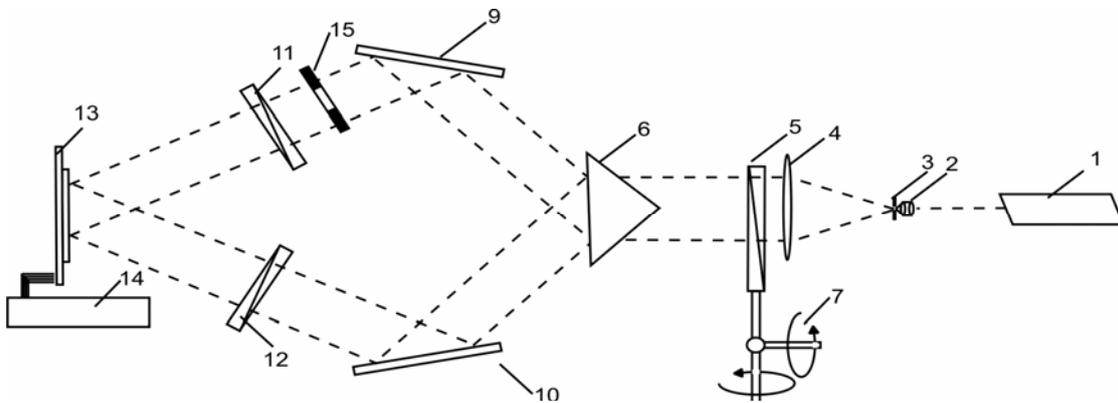


Рис.4. 1 – He+Ne лазер, 2 – микрообъектив, 3 – микродиафрагма, 4 – калиматор, 5 – поляризатор, 6 – призма, 7 – поворотное устройство, 9,10 – зеркала, 11,12 – линейный поляризатор, 13 – ячейка ФТПН процесса, 14 – блок управления, 15 – тест-объект.

Пространственная частота записи $\gamma=380\text{мм}^{-1}$ подбиралась из условия Брэгга таким образом, чтобы угол отклонения δ первых порядков дифракции совпадал с углом $\alpha=\delta=14^\circ$ согласно диаграмме рис.3. На предложенной установке при размещении в плоскости предметного пучка тест-объекта в виде прозрачного символа B на непрозрачном фоне зарегистрированы фазовые голограммы плоского объекта на той же частоте $\gamma=380\text{мм}^{-1}$.

При освещении таких голограмм расширенным циркулярно поляризованным лазерным пучком по схеме рис. 5, исходное изображение восстанавливается в зависимости от угла поляризации Θ линейного поляризатора 4.

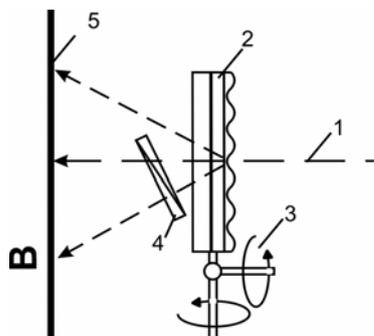


Рис.5. Схема для восстановления голограммы символа B .

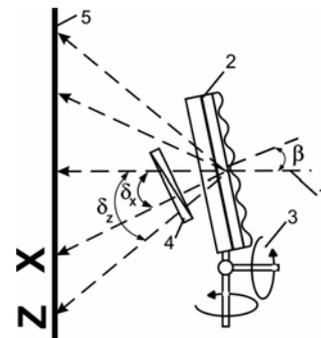


Рис.6. Схема для восстановления двухэкспозиционной голограммы.

Угловые диаграммы распределения дифракционной эффективности η от Θ для интерференционной решетки и голограммы символа B представлены на рис.7. Как видно из графика, восстановленные голограммы обладают явно выраженными максимальными и минимальными значениями дифракционной эффективности в зависимости от Θ . На рис. 8 представлены фотографии восстановленного изображения голограммы символа B при различных углах поляризации Θ .

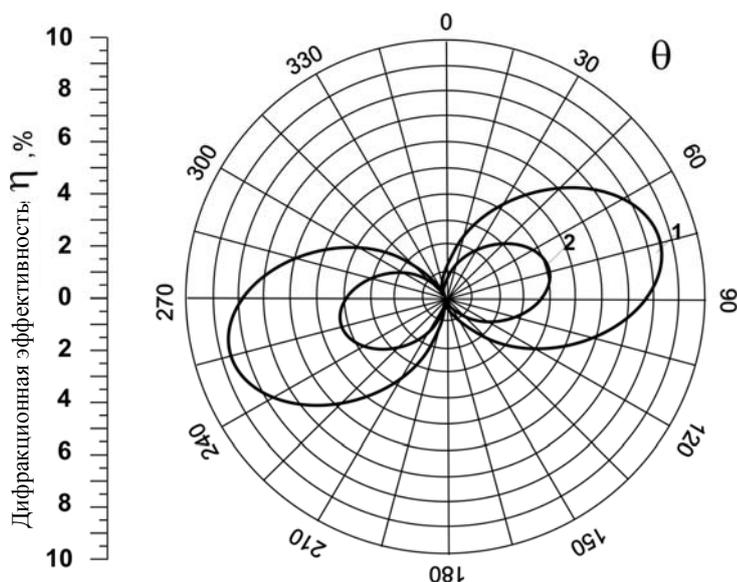


Рис.7. Угловая диаграмма поляризации лазерного излучения: 1) интерференционная решетка, 2) голограмма символа B .

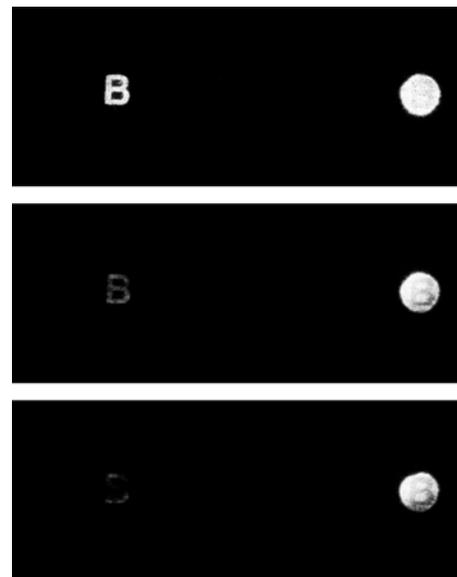


Рис.8. Восстановленное изображение голограммы символа B в зависимости от угла Θ .

При $\Theta = 75^\circ$ изображение на экране восстанавливается в полном объеме ($\eta = 3\%$), при $\Theta = 120^\circ$ восстановление наблюдается с дифракционной эффективностью $\eta = 1,5\%$ и при $\Theta = 165^\circ$ изображение практически полностью исчезает ($\eta = 0,1\%$). Однако для достижения того же эффекта нет необходимости в подборе пространственных частот для строгого выполнения условия $\delta = \alpha_1$ или $\delta = \alpha_2$. Достаточно при восстановлении голограммы установить угол падения считывающего пучка β таким образом, чтобы выполнялись условия $\beta + \delta = \alpha_1$ или $\beta + \delta = \alpha_2$.

Для увеличения плотности регистрируемой информации на одном кадре зарегистрирована двухэкспозиционная голограмма плоских тест-объектов в виде прозрачных символов X и Z на непрозрачном фоне на пространственных частотах $\gamma_x = 480 \text{ mm}^{-1}$ и $\gamma_z = 700 \text{ mm}^{-1}$ соответственно. Для таких пространственных частот углы отклонения первых дифракционных максимумов составляют $\delta_x = 18^\circ$ и $\delta_z = 28^\circ$ и не соответствуют углам α_1 и α_2 для кривых 3 и 4, рис.3. Однако если освещать голограмму под углом $\beta = 10^\circ$ (рис. 6), то через лавсановую подложку пучки пройдут под углами $\beta + \delta_x = 28^\circ$ и $\beta + \delta_z = 38^\circ$, что будет соответствовать углам α_1 и α_2 диаграммы, рис.5. В таком случае очередность восстановленных изображений X и Z будет зависеть от угла поляризации Θ линейного поляризатора 4. Зависимость распределения дифракционной эффективности η от Θ для такой голограммы представлена на угловой диаграмме рис.9. Очевидно, что появляется возможность как совместного, так и поочередного восстановления изображений исходных объектов X и Z . Как видно из рис.10, при $\Theta = 25^\circ$ восстанавливаются оба изображения, при $\Theta = 75^\circ$ восстанавливается только X и при $\Theta = 165^\circ$ на экране наблюдается только изображение символа Z . При угле $\Theta = 75^\circ$ частично исчезает и нулевой максимум, что объясняется дополнительным углом падения β при восстановлении изображения по схеме рис.6.

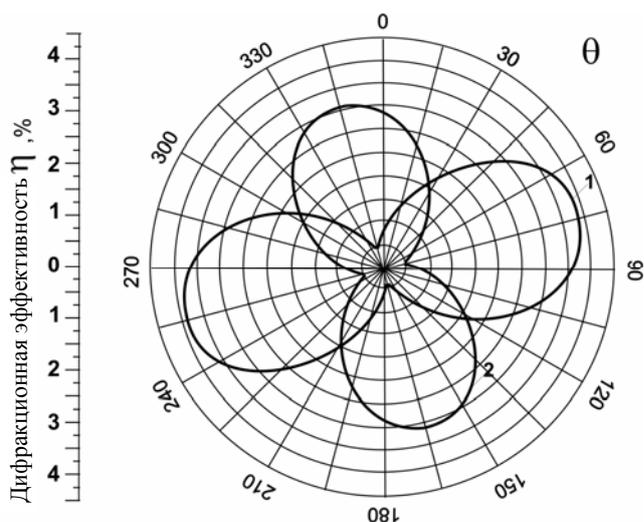


Рис.9. Угловая диаграмма поляризации лазерного излучения восстановленных голограмм: 1) символ X ($\nu=480 \text{ mm}^{-1}$), 2) символ Z ($\nu=700 \text{ mm}^{-1}$).

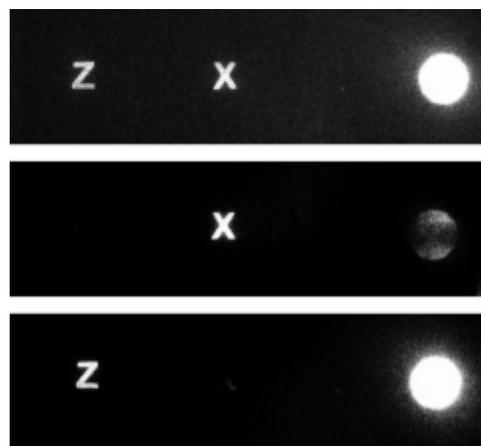


Рис.10. Восстановленное изображение двухэкспозиционной голограммы в зависимости от угла Θ .

Таким образом, использование поляризационных свойств ФТПН позволяет увеличивать плотность регистрируемой информации на одном кадре. При восстановлении двухэкспозиционных рельефно-фазовых голограмм в циркулярно поляризованном излучении очередность появления изображений на экране будет определяться угловой поляризацией световых пучков, отклоняющихся в первые порядки дифракции.

Литература:

1. Panasiuk L.M., Kiritsa A.B., Chapurin I.V. Use of Photothermoplastic Media to Record Rainbow Holograms // Optics and Spectroscopy. - 1995. - Vol.78. - No.4. - P.617-618.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. - Москва: Наука, 1975.

Работа выполнена в рамках проекта 06.408.035F

Prezentat la 18.01.2007