

**Рисунок 3 – Изображение фрагмента изображения размерностью 64x78 элементов**

Из вышесказанного следует, что предложенная оптико-цифровая система записи-считывания голограмм с учетом дальнейшей модификации может использоваться для определения оптимальных схем при решении различных задач в области обработки и защиты информации с целью проработки технологических схем узкоспециализированных голографических приборов и систем для создания и внедрения в промышленном масштабе.

*Литература:* 1. Кольер Р., Беркхарт К., Лин. Л. // *Оптическая голография* / М.: Москва. 1973. 512 С. 686. 3. *Оптическая голография* / Под ред. Г. Колфилда. М.: Мир. 1982. т. 2. 414 С. 735. 3. Акаев А. А., Майоров С. А. // *Оптические методы обработки информации*, М.: Высш. шк., 1988. 74. С. 237. 4. W. Lee. Method for converting a Gaussian laser beam into a uniform beam, *Opt. Commun.* 36, 1981 2469-471.5. Chang-Yuan Han, Yukihiro Ishii, Kazumi Murata. Reshaping collimated laser beams with Gaussian profile to uniform profiles. *Appl. Opt.* Vol. 22, № 22, 1983 3644-3647. 6. J. R. Fienup. Phase retrieval algorithms : a comparison. *Appl. Opt.* 1982, 21, 2758 – 2769. 7. R. W. Gerchberg, W. O. Saxton. A practical algorithm for the determination phase from image and diffraction plane pictures. *Optik*, 1972, 35, 237–243.

УДК 681.7; 535.8

## **ФОРМУВАННЯ ВІДБИВАЛЬНИХ ОПТИЧНИХ МІТОК НА ОСНОВІ ХАЛЬКОГЕНІДНОГО СКЛА ДЛЯ СИСТЕМ ОПТИЧНОГО ЗАХИСТУ**

**Сергій Костюкевич, Петро Шепелявий, Леонід Муравський\*, Тарас Вороняк\*,  
Володимир Фітьо\*\***

*Інститут фізики напівпровідників НАН України, м. Київ,*

*\*Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів,*

*\*\*Національний університет “Львівська Політехніка”, м. Львів*

**Анотація:** Представлені результати запису на неорганічний резист кількох інтерференційних картин від різних комбінацій еталонної і трансформованої фазових масок. Показано, що халькогенідне скло є вдалим перспективним матеріалом для реалізації запропонованих відбивальних оптичних міток, які в свою чергу забезпечують високу ступінь захисту документів та інших об'єктів від підробки.

**Summary:** Results of the recording of several interference patterns with different combinations of the etalon and transformed phase masks with the use of the inorganic resist are presented in this work. It is shown that chalcogenide glasses are perspective material for the realization of the proposed reflective optical marks, which in their turn provide high level of the protection for the documents and other objects from counterfeiting.

**Ключові слова:** Оптичні мітки, неорганічний резист, корелятори спільного перетворення Фур'є.

Проблема підвищення рівня оптичного захисту різноманітних виробів від підробки є надзвичайно актуальною, оскільки постійно зростають можливості підробки оптичних міток завдяки інтенсивному вдосконаленню систем копіювання, запису та відтворення двовимірних масивів даних. У цьому плані досить перспективним є розвиток методів та технологій оптичного захисту, в яких використовують оптичні мітки на основі випадкових фазових масок [1, 2]. Серед них відмітимо технологію оптичного захисту та ідентифікації оптичних міток, що містять так звані трансформовані фазові маски [3–6]. Завдяки використанню таких масок у кореляційній системі ідентифікації формується вектор ідентифікаційних ознак, який порівнюється з вектором еталонних ознак. Наявність множини ідентифікаційних ознак, якими є віддалі між кореляційними піками у першому дифракційному порядку на виході оптичної схеми системи ідентифікації, що побудована на базі архітектури корелятора спільного фур'є-перетворення, дозволяє принаймні на порядок підвищити рівень захисту виробів від підробки в порівнянні з відомою технікою захисної верифікації.

Однак суттєвий недолік розроблених технологій оптичного захисту полягає у використанні лише пропускательних оптичних міток, що для переважної більшості об'єктів захисту є неприйнятним. Спроби отримати відбивальні оптичні мітки з випадковими фазовими масками, що записувалися на гнучкому носії, не дали бажаного ефекту через наявність значного рівня фазових шумів, які виникають при зчитуванні таких міток лазерним променем. Крім того, додаткові труднощі виникають за рахунок складної конструкції кореляційної системи ідентифікації, що не дозволяє ефективно вводити зображення відбивальної оптичної мітки в перший каскад корелятора.

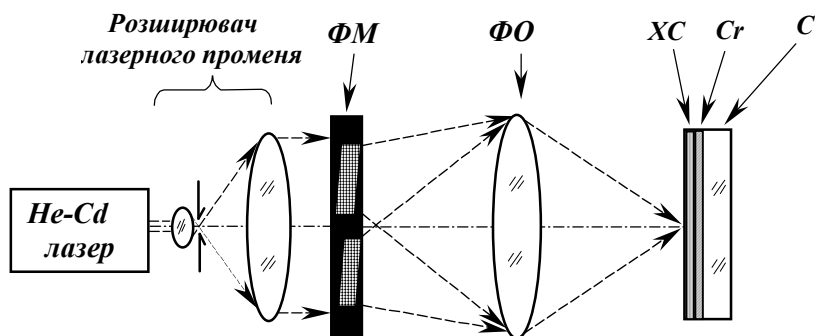
Для виготовлення відбивальних оптичних міток нами запропоновано використовувати халькогенідні скла (ХС). На таких матеріалах можна сформувати відбивальні оптичні мітки і в разі необхідності тиражувати, комбінуючи їх з оптичними мітками, що призначені для візуального оптичного захисту, наприклад, з райдужними голограмами. З оптичної мітки, що сформована на ХС, можна отримати до 2000 копій задовільної якості. Для спрощення конструкції та габаритів пристроїв ідентифікації відбивальних оптичних міток нами запропоновано використовувати оптичну мітку у вигляді фазової інтерференційної картини спільного енергетичного спектру, отриманого в результаті спільного фур'є-перетворення ідентифікаційної трансформованої фазової маски та еталонної фазової маски. У цьому випадку для ідентифікації такої відбивальної оптичної мітки, що записана на ХС, досить використати пристрій, який реалізує операцію фур'є-перетворення відбитого фазового зображення інтерференційної картини, тобто когерентно-оптичний фур'є-процесор [4, 5].

Використання ХС як неорганічного фоторезисту з високою роздільною здатністю ( $\sim 5 \cdot 10^3$  лін./мм) ґрунтується на ефекті фотостимульованої зміни розчинності плівок ХС в їх селективних розчинниках [7]. Самі плівки отримують термовакuumним напиленням. Цей ефект проявляється у зменшенні або збільшенні швидкості розчинення опромінених ділянок у порівнянні зі швидкістю розчинення початкового неопроміненого шару, в залежності від типу розчинника. Вважається, що в цих випадках має місце позитивне чи негативне селективне травлення шару ХС. Дані фоторезисти успішно використовуються для одержання голографічних дифракційних елементів, синтезованих голограм, кіноформів, оригіналів оптичних дисків (CD, DVD) тощо [8–10].

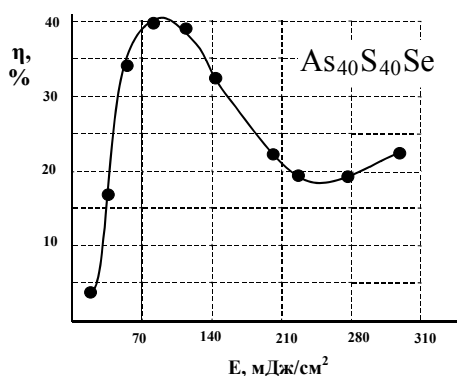
В даній роботі наведено результати формування відбивальних оптичних міток на основі фоторезистивних шарів  $As_{40}S_{60-x}Se_x$ , де  $x=0; 20$ . Дослідні зразки готувались шляхом послідовного термічного напилення у вакуумі при залишковому тиску  $<10^{-3}$  Па на скляну підкладку шару  $Cr$  товщиною 0,08 мкм і шару ХС товщиною  $\sim 1$  мкм. Експонування шару фоторезисту здійснювалось за схемою, що показана на рис. 1. В схемі використовувався He-Cd лазер ЛГ-70 ( $\lambda=441,6$  нм). Після експонування шару ХС проводилось його травлення у безводному органічному селективному травнику негативного типу [11, 12]. При цьому не експоновані ділянки фоторезистивного шару повністю видалялися, а експоновані залишалися на підкладці, утворюючи відбивальну фазову оптичну мітку.

На рис. 2 показана залежність дифракційної ефективності  $\eta$  від експозиції для матеріалу  $As_{40}S_{40}Se_{20}$ , а на рис. 3 схема зчитування відбивальних оптичних міток. Зчитування проводилось світлом від He-Ne лазера ( $\lambda_{зчит} = 632,8$  нм). На сформовану таким чином оптичну мітку можна напилити плівку, наприклад  $Cr$ , і в результаті збільшити дифракційну ефективність до 90...95 % та значно підвищити при цьому її зносостійкість.

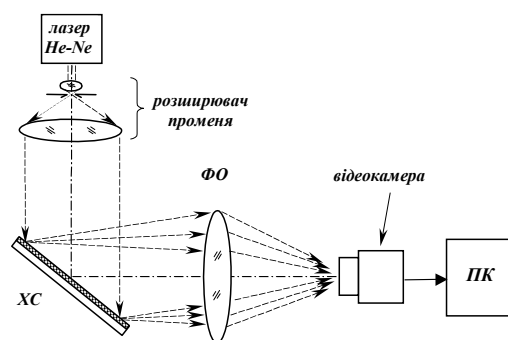
Оптична мітка формувалась в результаті запису на ХС спільного енергетичного спектра двох фазових масок: бінарної еталонної та виготовленої на її основі трансформованої [4, 5]. Зокрема, під час проведення експериментів використовувались три- та дев'ятифрагментні трансформовані фазові маски.



**Рисунок 1 – Схема запису відбивальних оптичних міток**  
 ФМ – опорна і трансформована фазові маски, ФО – фур'є-об'єктив, ХС – плівка халькогенідного скла, Cr – плівка Cr, С – скляна підкладка.



**Рисунок 2 – Залежність дифракційної ефективності  $\eta$  від експозиції E**  
 $\lambda_{\text{екс}}$  – 441,6 нм;  $\lambda_{\text{зчит}}$  – 632,8 нм



**Рисунок 3 – Схема зчитування відбивальних оптичних міток**

На рис. 4 показано вигляд кореляційних піків, отриманих в результаті фур'є-перетворення відбитого лазерного променя від оптичних міток, сформованих записом на ХС спільного енергетичного спектра : а) еталонної і трифрагментної, б) еталонної і дев'ятифрагментної фазових масок. Ця картина за допомогою цифрової відеокамери "TeгаCam Pro" (див. рис. 3) вводилась в персональний комп'ютер (ПК) для подальшого аналізу [4, 5].

Запропоновані відбивальні оптичні мітки мають ряд суттєвих переваг над оптичними мітками, що пропонувалися до цього часу [1–6]. Крім вже вищезгаданих переваг, відмітимо наступні:

- дана оптична мітка фактично є голограмою, тому з довільної її ділянки можна відновити записану інформацію, тобто при частковому пошкодженні чи забрудненні вона може бути легко ідентифікована;
- довговічність та зносостійкість навіть без нанесення спеціальних захисних покриттів;
- простота пристроїв для їх ідентифікації та швидкість ідентифікації, оскільки фур'є-перетворення реалізується в оптичному процесорі;
- завдяки високій роздільній здатності ХС, габарити пристроїв для ідентифікації запропонованих оптичних міток будуть близькими до габаритів, наприклад, зараз поширених кредитних карток.

Під час проведення експериментів авторами була реалізована спроба запису на одну площадку ХС кількох інтерференційних картин від різних комбінацій еталонної і трансформованої фазових масок. Комбінації відрізнялися як трансформованими масками, так і просторовою орієнтацією масок. В результаті виготовлення такої складної оптичної мітки всі ці комбінації були ідентифіковані.

Отже, ХС є вдалим перспективним матеріалом для реалізації запропонованих відбивальних оптичних міток, які у свою чергу забезпечують високий ступінь захисту документів та інших об'єктів від підробки. Якщо додати, що технологія виготовлення таких оптичних міток відпрацьована на високому рівні, то у

найближчому майбутньому їх можна успішно застосовувати в доповнення або на заміну райдужним голограмам.

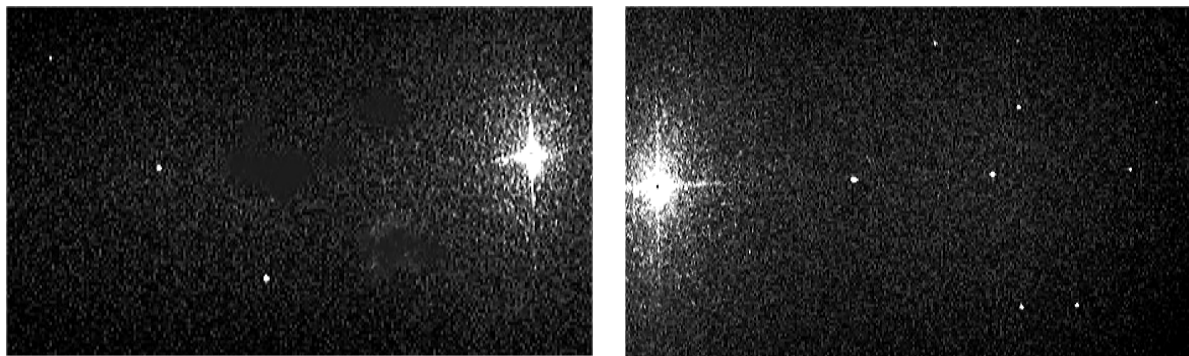


Рисунок 4 – Картина, отримана в результаті фур'є-перетворення відбитого лазерного променя від оптичних міток на основі халькогенідного скла

Література: 1. Javidi B., Horner J. L. *Optical pattern recognition for validation and security verification* // *Opt. Eng.* – 1994. – Vol. 33, № 6. – P. 1752–1756. 2. Патент США № 5,485,312 1/1996 *Optical pattern recognition system and method for verifying the authenticity of a person, product or thing* / Horner et al., G 02B 27/46. 3. L. I. Muravsky, V. M. Fitio, M. V. Shovgenyuk and P. A. Hlushak, “Separation of random phase mask in optical correlator for security verification,” *SPIE Proc.* 3466, pp. 267–277, 1998. 4. L. I. Muravsky, T. I. Voronyak, V. M. Fitio and M. V. Shovgenyuk, “Transformed phase mask and photoanisotropic material in optical correlators applied for security verification,” *Opt. Eng.* 38(1), pp. 25–32, 1999. 5. L. I. Muravsky, Ya. P. Kulynych, T. I. Voronyak, V. M. Fityo and S. A. Kostyukevych, “Transformed phase mask in a hybrid joint transform correlator for security verification”, *SPIE Proc.* 3804, pp. 233–240, 1999. 6. L. I. Muravsky, Y. P. Kulynych, O. P. Maksymenko, T. I. Voronyak, I. Y. Pogan', F. L. Vladimirov and S. A. Kostyukevych, “Comparative analysis of optical and hybrid joint transform correlators for security applications,” *SPIE Proc.* 4113, pp. 194–204, 2000. 7. Коломиец Б. Т., Любин В. М., Шило В. П. Фотостимулированные изменения растворимости ХСП // *Физ. и хим. стекла.* – 1978. – т. 4, № 3. – с. 351–357. 8. Indutnyi I. Z., Stronski A. V., Kostioukevitch S. A., Romanenko P. F., Shepeliavyi P. E., Robur I. I. *Holographic optical elements fabrication using chalcogenide layers* // *Opt. Eng.* – 1995. – v. 34, № 4. – p. 1030-1039. 9. Poleshchuk A. G., Churin E. G., Yurlov Yu. J., Mednikarov B. *Application of an evaporated photoresist (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) in the production of kinoform optical elements* // *J. Imag. Science.* – v. 30, № 3. – p. 132–135. 10. Indutnyi I. Z., Kostioukevitch S. A., Shepeliavyi P. E., Stronski A. V., Gladtschenko L. M. “Formation of optical disk direction paths and optical master disks with the help of inorganic resists” *SPIE Proc.* 1983, p.p. 464–465, 1993. 11. Пат. 2008285 Российской Федерации, МКИ<sup>6</sup> С 03 С 15/00, 23/00. Раствор для негативного травления халькогенидных стекол /Индутный И. З., Костюкевич С. А., Шепелявый П. Е. // *Открытия, изобр.* 1994. – № 4. 12. Пат. № 2165902 Российской Федерации, МКИ<sup>7</sup> С 03С 15/00, С 03С 23/00. Способ приготовления негативного селективного травителя для резистных слоев халькогенидного стекла As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> / Венгер Е. Ф., Костюкевич С. А., Шепелявый П. Е., Гольцов Ю. Г., Бородин Ю. О., Крючин А. А., Петров В. В. // *Бюл. Изобр. Российской Федерации.* – 2001. – № 12.

УДК 638.325.231

## ЛАЗЕРНАЯ ГРАВИРОВКА БУМАГИ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ

Борис Павлик

МЦ "Институт прикладной оптики" НАН Украины

*Аннотация:* Методами численного моделирования и аналитическими методами исследована возможность использования лазерной гравировки бумаги в качестве эффективного оптического метода защиты информации. Обсуждены основные процессы формирования многоуровневых защитных изображений. Показано, чем определяются основные характеристики защиты: ее гибкость, универсальность, оперативность нанесения и высокая степень защиты от подделки. Проведено сравнение расчетных характеристик с результатами натурального эксперимента.