

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОЛОГРАФІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ

С. Ф. Гавенко, О. Р. Назар, І. М. Назар

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Варто зазначити, що за сучасними голографічними технологіями майбутнє. На жаль, до недавнього часу в Україні голограмам не приділялося належної уваги. Сьогодні ситуація докорінно змінилася: розроблена нормативна база, яка регулює виготовлення та використання голографічної продукції, зокрема сучасних голографічних захисних елементів. Особливість голографічних товарних знаків полягає в їхньому яскравому візуальному сприйнятті, вони легко запам'ятовуються та розрізняються. Досвід роботи із замовниками голографічної продукції показує, що здебільшого не кожен із них до кінця розуміє, що він хоче отримати та як буде виглядати голограма. Тому доцільно надати інформацію про природу голографічного зображення, принципи його формування, різновиди голограм. Варто приділити увагу голографічному способу захисту сучасної поліграфічної продукції.

Розглянуто призначення, функції та поліграфічні способи нанесення на різноманітну продукцію голографічних зображень. Проаналізовано сучасні методи створення голограм, описано алгоритм виготовлення матриці для перенесення голографічних зображень методом тиснення.

Ключові слова: *голограма, голографічні зображення, захист, тиснення, поліграфічна продукція, алгоритм виготовлення матриці, тривимірні зображення, райдушна голограма.*

Постановка проблеми. Стрімкий і невпинний розвиток поліграфічної промисловості в Україні та світі характеризується широким впровадженням інноваційних високопродуктивних технологій, високоякісних матеріалів та сучасного устаткування. Зрозуміло, що сучасний арсенал захисту поліграфічної продукції значно багатший, ніж можливості фальсифікаторів. Тому основне завдання фахівців із захисних технологій найперше полягає в забезпеченні нерентабельності підробки, а також умілому виборі та використуванні захисних технологій для різноманітної поліграфічної продукції. Варто приділити увагу голографічному способу захисту сучасної поліграфічної продукції. Адже голограми справедливо вважають практично невразливим, спеціальним та найдосконалішим захисним знаком. Це також один із поліграфічних способів захисту прав, а може, й у багатьох випадках і життя споживачів, захисту доходів і престижу виробників якісних легальних виробів, а також економіки нашої держави загалом. Надійний захист від фальсифікації забезпечують складові новітніх процесів їх виготовлення на стадії формування зображень, використання сучасних матеріалів, спеціальних друкарських технологій та післядрукарської обробки.

Мета статті — на основі літературних джерел навести класифікацію сучасних голограм для захисту поліграфічної продукції; класифікувати методи створення голограм; описати алгоритм виготовлення матриці для перенесення голографічних зображень методом тиснення, провести аналіз технологічного процесу виготовлення голограм та можливості його застосування для захисту поліграфічної продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основоположником голографії став англійський фізик Денеш Габор, який у 1948 р. відкрив голографічний метод запису електромагнітних хвиль та назвав це голографією.

Голографія (від грецьк. «голос» — повний, «графо» — пишу) — це спосіб одержання об'ємних зображень предметів на фотопластинці за допомогою когерентного випромінювання лазера. Голографічний метод запису хвильових фронтів на фотопластинці, на відміну від фотографічного, який створює тільки плоске зображення, дає повну картину об'єкта. Однак якість перших голограм була невисокою, оскільки для її створення використовували примітивні газорозрядні лампи.

У 1962 р. були запропоновані ще два методи запису хвильових фронтів, які значно розширили можливість голографії. Відомий учений Ю. М. Денисюк розробив новий метод запису голограм на тонких шарах емульсії у зустрічних пучках. Американські вчені Е. Лейт та Ю. Упатінекс винайшли так звану двопробеневу схему голографії.

Активний розвиток голографії почався у 1962–1963 рр. у зв'язку з винайденням лазерів, які дають змогу отримати когерентне випромінювання, необхідне для запису голограм. Перші високоякісні лазерні голограми отримав у 1968 р. відомий фізик Ю. М. Денисюк. У 70-х роках американському фізику Л. Кроссу вдалося створити ще більш складну голограму — мультиплексну. Потрібно зазначити, що справжнім поворотом для масового використання продукції голографії став винахід С. Бейтона — райдужна голограма.

Отже, голографія виникла на базі двох технічних наук: оптики та радіотехніки. Важливо зазначити, що голографія стала популярною не тільки серед вузького кола фахівців. Адже саме голографія відкриває нові шляхи для досліджень у різноманітних сферах застосування та вдосконалення виробничих процесів. Осторонь не залишилась і поліграфічна промисловість.

Голографія — це спеціальна технологія фотографування, за допомогою якої отримують тривимірні (об'ємні) зображення об'єктів. Цей процес став можливим завдяки двом властивостям світлових хвиль: дифракції та інтерференції. У процесі візуалізації голограми в певній точці простору проходить накладання двох хвиль (опорної та об'єктної), яке утворюється в результаті розділення лазерного променя. Опорну хвилю формує безпосередньо джерело світла, а об'єктна — відображається від предмета. У ділянці перетину обох променевих пучків розміщується фотопластина, на якій «віддруковуються» темні смуги залежно від розподілу електромагнітної енергії (інтерференції). Особливістю таких голограм є те, що зображення видиме за природного освітлення під світлом електричної лампи.

Райдужна голограма значно яскравіша, ніж звичайна, але кут її огляду звужений по вертикалі, і тому її можна розглянути під певним кутом нахилу. Та щоб збільшити кут огляду на одну фотопластинку, змінюючи умови запису, наносять кілька об'єктів. Як результат — окремі фрагменти голограми одночасно будуть забарвлені різними кольорами, а також голограму можна буде розглядати у значно ширшому діапазоні кутів.

Складним та багатоступеневим процесом є виготовлення райдужних голограм. Найперше треба здійснити вибір об'єкта. Найчастіше зображення компонується із фотошаблонів або синтезують на комп'ютері, хоча можна використовувати і реальний предмет. Наступний крок — запис пропускну голограми. Після чого здійснюють запис райдужної голограми та її подальшу обробку [1, 7].

Відомо, що голограма — це спеціальний захисний знак, складний багаторівневий об'єкт. Сьогодні його можна створити за допомогою інноваційних досягнень оптики, лазерних технологій, математичного моделювання, комп'ютерних технологій та матеріалознавства. Безумовно, що використання голограм створює певні умови, за яких виготовлення підробки стає абсолютно економічно не вигідним і до того ж юридично небезпечним. Як свідчать дані [2, 3], повний цикл виробництва голограм вимагає лише фінансових затрат вартістю не менше 500 тис. дол. США.

Для надійного захисту та оздоблення друкованої продукції використовують різні види сучасних голограм (рис 1.) [1].



Рис. 1. Класифікація голограм

Як відомо [1], 3D-голограми — це об'ємні голограми, які передають тривимірні реальні об'єми у масштабі 1 : 1:

- 2-D-голограми — використовують двовимірну графіку, а вся інформація міститься в одній площині;
- 2-D/3-D-голограми — об'ємні голограми, що містять декілька простих зображень, розташовані на різній глибині та висоті;
- цифрові голограми — це голограми, створені на комп'ютері, які дають змогу синтезувати різні об'єкти, зображуючи їх за допомогою растрових елементів;
- геліограми — створені на лінійній графіці в одній площині з належною видимістю.

Голографія — метод отримання зображень різних об'єктів, який базується на інтерференції світла. Голограма — це інтерференційна картина, яка зареєстрована у вигляді структури з мікрорельєфом, нанесеної на металізований лаковий шар, через який відбивається світло, що дає змогу утворювати характерні візуальні ефекти без використання будь-яких фарб. Такий спосіб створення оптичного ефекту однозначно унеможливило копіювання голограм на доступному устаткуванні. При відповідному виготовленні голограм підробити чи скопіювати ці елементи практично неможливо. Це суттєво зменшує ризик підробки, а особливо оперативної.

Оптичні елементи захисту розміщені на дифракційно-оптичних структурах, які перебувають у шарі фольги. Для виготовлення голограм застосовують низку дуже складних і точних процесів, наприклад лазерну інтерференційну фотореєстрацію об'єкта, Фур'є-кодування, комп'ютерний синтез, растровий запис. На одну голограму можна записати десятки зображень, створити тривимірні зображення зі стереоскопічними й об'ємними ефектами [2, 3].

Технологічні методи створення голограм класифікують за такими основними ознаками (рис. 2).

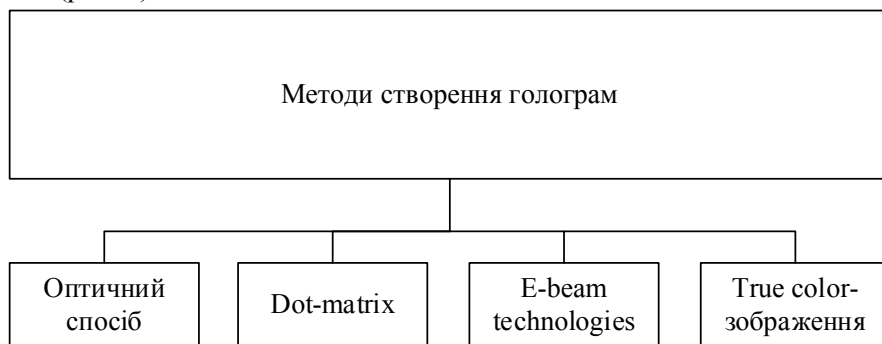


Рис. 2. Сучасні методи створення голограм

Оптичний спосіб запису базових голограм виконують із використанням:

- реальних 3D-об'єктів у масштабі 1 : 1;
- плоских двовимірних райдужних зображень 2D, 2DHR;
- 2D/ 3D-псевдооб'ємних зображень, які складаються з декількох плоских планів, розміщених на різній глибині;
- 3D-стереограм — з комп'ютерною чи мультимасковою генерацією зображення, максимально подібного до реального об'єкта;
- True Color-зображення — відтворення повноколірного об'єкта в реальних кольорах.

Dot-matrix — спосіб запису базових голограм із використанням спеціальних лазерних установок і генерацією зображення за допомогою комп'ютерних програм із використанням:

- плоских двовимірних райдужних зображень 2D, 2DHR;
- 3D-стереограм;
- True Color-зображення.

E-beam technologies — спосіб запису базових голограм із використанням спеціальних електронних установок і генерацією зображення з використанням:

- плоских двовимірних райдужних зображень 2D, 2DHR;
- 2D/3D;
- 3D-стереограм;
- True Color-зображення.

Відомі гібридні системи для створення голограм Kinemax, Interferential microlithography «Alphagram», Diagram. Можливо створити базові захисні голограми із суміщенням вказаних вище способів, наприклад оптичного методу і Dot-matrix; оптичного методу і E-beam technologies та ін. [4, 5].

Технологічний процес виробництва голограм охоплює такі основні етапи:

- дизайн — проект, тобто перш ніж розпочати виготовлення голограми, виробник має узгодити із замовником вимоги до цього виду продукції. Для цього потрібно у макеті дизайну узгодити розміри окремих елементів, характер динаміки зображення, шрифти, приховані зображення, мікротексти, нанотексти та інші захисні елементи. Це дає підстави для підготовки інформації для системи комп'ютерної генерації голограми або виготовлення фотошаблонів, які відповідають різним просторовим шарам чи різнокольоровим елементам зображення;
- виготовлення оригіналу голограми, а саме скляної пластинки з нанесеним тонким шаром фоторезисту. Зазвичай товщина фоторезисту становить 1–3 мкм;
- хімічна обробка фоторезисту, після чого в резисті створюється мікрорельєф, який формує всі подальші оптичні ефекти;
- виготовлення майстер-голограми. Це, по суті, найвідповідальніший етап виробництва, оскільки на цій стадії формується рельєфне райдужне зображення. Потрібно зауважити, що залежно від типу голограм можуть застосовуватися різноманітні технології та засоби. Наприклад, зображення 2D/3D записується в два етапи: спочатку за допомогою фотошаблонів записується проміжна проникна голограма, а після цього — відбиваюча фазово-рельєфна майстер-голограма. На противагу цьому, синтезовані голограми формуються на фоточутливому матеріалі за один етап;
- рекомбінація. Одинична голограма має розмір від одного до декількох квадратних сантиметрів. Стандартна нікелева матриця має розмір 15×15 см. Тому необхідно перед перенесенням на металеву матрицю голографічного зображення провести рекомбінацію — заповнити голографічним зображенням усю площу, яка відповідає розміру матриці. Така технологічна операція виконується на проміжному носії оптичним або механічним методом;
- виготовлення матриці для тиснення голограм. У цьому випадку використовують певну технологію — гальванопластику. Спочатку рельєф оригіналу металізують вакуумним напиленням срібла, яке, зрозуміло, не створює рельєфу, а лише використовується як струмопровідне покриття. Після чого на металізовану голограму в гальванічній ванні нарощують доволі товстий та міцний шар нікелю (приблизно 200 мкм). Такий нікелевий дзеркальний оригінал слугує

еталоном. З нього виготовляють тонкі робочі форми, які і використовують для безпосереднього тиснення на плівковому носії.

Узагальнена блок-схема виробництва майстер-матриці для виробництва радужних голограм представлена на рис. 3.

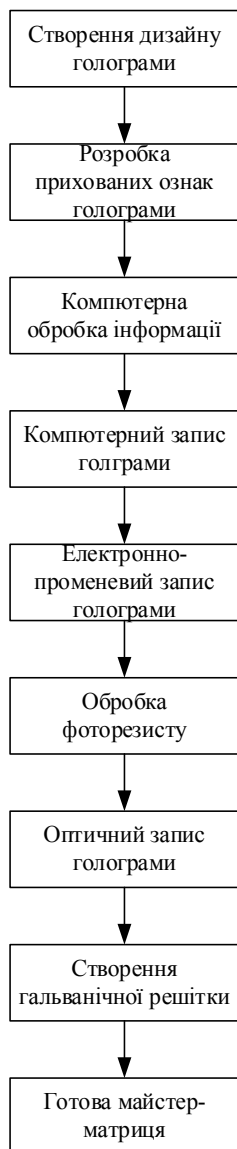


Рис. 3. Узагальнена блок-схема виготовлення майстер-матриці для тиснення голограм

Процес тиражування голограм полягає в тисненні матрицею голографічного зображення на металізованому полімерному матеріалі. Тиснення здійснюється на тигельному, плоскодрукарському устаткуванні, а також високопродуктивних ротаційних пресах фірм, серед яких Bobst (Швейцарія), Baier Heidelberg (Німеччина),

Kawomit (Греція), YAWA (Китай). Наступний етап — нанесення клейового шару. Під час виготовлення фольги для гарячого тиснення на стрічку з голограмами наноситься термоклей. Якщо необхідно виготовити наклейки, то на голографічну основу наноситься шар клею, який захищається папером із силіконовим покриттям. Висікання наклейок здійснюють на устаткуванні для висікання. Зрозуміло, що фігурне висікання підвищує захисні властивості голограм, але, на жаль, вимагає виготовлення дорогих штампів та переналадження устаткування. Такі наклейки віддають замовнику у вигляді аркушів або стрічки з розташуванням голограми в один рядок (рис. 4).

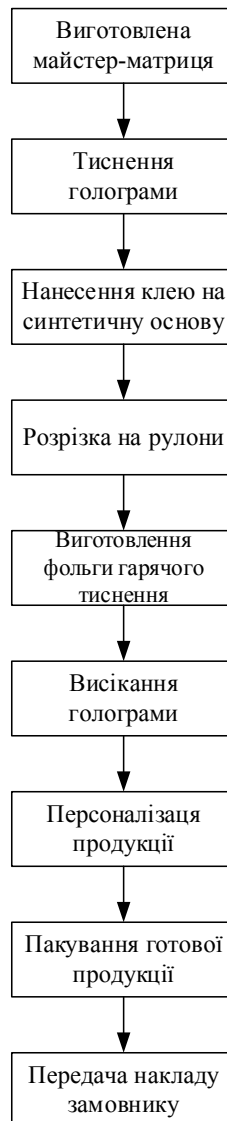


Рис. 4. Узагальнена блок-схема виготовлення голографічної продукції

Наклеювання голографічних етикеток може здійснюватися вручну або за допомогою стандартних пресів гарячого тиснення [6].

Необхідно зазначити також, що існує низка додаткових операцій, які суттєво підвищують захисні властивості голограм. До однієї з них належить індивідуальна нумерація голограм, яку можна здійснити за допомогою лазера або із застосуванням термотрансферного принтера. Цікавим способом є також деметалізація — процес видалення частини металевого покриття голограми. Безперечно, це більш складна та енергоємна технологія. Величезною її перевагою є те, що підробляти деметалізовані голографічні захисні елементи, без сумніву, практично неможливо.

Висновки. Отже, в результаті аналітичних досліджень підтверджено, що голограми є спеціальними голографічними захисними знаками, які призначені для маркування, оздоблення та захисту товарів, супровідної документації, цінних паперів із можливістю їхнього візуального та інструментального контролю. Застосування голограм спеціалісти вважають ефективним та надійним захистом від підробок на сучасному етапі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оздоблення друкованої продукції: технологія, устаткування, матеріали: навч. посіб. / Гавенко С. Ф., Лазаренко Е. Т., Мамут Б. Г., Самбульський М. В., Циманек Я., Якуцевич С., Ярема С. М. Київ-Львів: Ун-тУкраїна; УАД, 2003. 179 с.
2. Запоточний В. Й. Технології захисту цінних паперів: навч. посіб. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. 149 с.
3. Киричок П. О. Захист цінних паперів та документів суворого обліку: навч. посіб. Київ: НТТУ «КПІ», 2008. 368 с.
4. Захист друкованої продукції: навч. посіб. / Лазаренко Е. Т., Маїк В. З., Шевчук А. В., Жидецький С. В. Львів: УАД. 2007. 99 с.
5. Бойко В. В., Гавенко С. Ф., Запоточний В. Й. Захист інформації поліграфічними технологіями. Інформаційна безпека: матеріали наук.-практ. конф. (26–27 березня 2009 р.) / Нац. ун-т «Львів. Політехніка», Київ. нац. ун-т внутр. справ, Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. Київ, 2009. С. 235–239.
6. Стефанов С. Способы печатания, применяемые в полиграфии. Москва: Репроцентр, 2002. 34 с.
7. Голография: методы и аппаратура / под ред. Гинзбурга В. М. Москва, 1974. 374 с.

REFERENCES

1. Havenko, S. F., Lazarenko, E. T., Mamut, B. H., Sambulskyi, M. V., Tsymanek, Ya., Yakutsevych, S., & Yarema, S. M. (2003). Ozdoblennia drukovanoi produktsii: tekhnolohiia, ustatkuvannia, materialy. Kyiv-Lviv: Un-tUkraina; UAD (in Ukrainian).
2. Zapotochnyi, V. Y. (2013). Tekhnolohii zakhystu tsinnykh paperiv. Lviv: Vyd-vo Lvivskoi politekhniky (in Ukrainian).
3. Kyrychok, P. O. (2008). Zakhyst tsinnykh paperiv ta dokumentiv suvoroho obliku. Kyiv: NTTU «KPI» (in Ukrainian).
4. Lazarenko, E. T., Maik, V. Z., Shevchuk, A. V., & Zhydetskyi, S. V. (2007). Zakhyst drukovanoi produktsii. Lviv: UAD (in Ukrainian).

5. Boiko, V. V., Havenko, S. F., & Zapotochnyi, V. Y. (2009). Zakhyst informatsii polihrafichnyimi tekhnolohiiamy. Informatsiina bezpeka: materialy nauk.-prakt. konf. (26–27 bereznia 2009 r.) / Nats. un-t «Lviv. Politehnika», Kyiv. nats. un-t vnutr. sprav, Skhidnoukr. nats. un-t im. V. Dalia. Kyiv, 235–239 (in Ukrainian).
6. Stefanov, S. (2002). Sposoby pechataniia, primeniaemye v poligrafii. Moskva: Reprotcentr (in Russian).
7. Golografiia: metody i aparatura. (1974). Pod red. Ginzburga, V. M. Moskva (in Russian).

ANALYTICAL RESEARCH OF HOLOGRAPHIC PROTECTION TECHNOLOGIES

S. F. Havenko, O. R. Nazar, I. M. Nazar

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
havenko@point.lviv.ua*

It should be noted that future lies with modern holographic technologies. Unfortunately, until recently the proper attention has not been given to holograms in Ukraine. Today the situation has radically changed. The normative base has been developed, which regulates the production and use of holographic products, including modern holographic protective elements. The peculiarity of holographic trademarks is their vivid visual perception, they are easily memorable and differed. The work experience with customers of holographic products shows that in most cases, customer doesn't fully understand what he wants to get and how the hologram will look like. Therefore, it is advisable to provide the information about the nature of the holographic image, principles of its formation, varieties of holograms. It is important to pay attention to the holographic method of protecting modern printing products. After all, holograms are considered to be virtually invulnerable, special and most perfect protective sign. It is also one of the printing methods for protecting the rights, and in many cases consumers' lives, income protection and the prestige of quality legal producers, as well as the economy of our state as a whole. The reliable protection against falsification provides the components of the newest processes of their production at the stage of image formation, the use of modern materials, special printing technologies and post-printing processing.

The purpose, functions and printing methods of holographic images application on various products have been considered. The modern methods of holograms creation have been analyzed; the algorithm of matrix production for holographic images transfer by the stamping method has been described.

Keywords: *hologram, holographic images, protection, stamping, printing products, algorithm of matrix production, three-dimensional images, iridescent hologram.*

Стаття надійшла до редакції 07.02.2018.

Received 07.02.2018.