

Д.Д. Попов, Д.М. Самойленко, О.В. Мірошніченко
Миколаївська філія Європейського університету

СПЕКТРАЛЬНЕ РОЗДІЛЕННЯ ЗАХИСНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ГОЛОГРАФІЧНОГО ЗАХИСТУ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

У статті представлені результати розробки методики захисту поліграфічної продукції за допомогою голографічного запису прихованих зображень. Розглянуто особливості просторового і частотного спектрального зміщення.

The article presents the results of development of methods for holographic protection of polygraph production. The methods base on hidden figures recording with spatial and frequency spectral shifting.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

З огляду на сучасні тенденції покращення правової культури суспільства звертає на себе увагу зростання кількості заходів з дотримання авторського права на об'єкти інтелектуальної власності. Основними напрямками діяльності в цьому напрямі є боротьба з поширенням підробок - незаконних копій або перевидань оригінальних авторських творів як електронного, так і друкованого (поліграфічного) характеру.

Беручи за мету розроблення та впровадження новітніх методів захисту поліграфічної продукції, можна виділити два аспекти відповідного захисту. За першим аспектом, під захистом можна розуміти неможливість несанкціонованого доступу до вмісту поліграфічної продукції, до цінності авторського здобутку. За другим – захист передбачає однозначну ідентифікацію оригінального твору, тобто упереджує свідоме придбання підробленої продукції або дозволяє покупцеві чи особі, що інспектує, однозначно засвідчити оригінальність походження екземпляру твору.

Захист вмісту, у зрізі першого аспекту, реалізується обмеженнями одночасного доступу до продукції та копіювальних засобів. Використання голографічного захисту, очевидно, призначене для розрізнення оригінальних та підроблених виробів.

Однією з особливостей голографічних зображень є можливість одночасного запису кількох образів на різних довжинах хвиль, до яких чутливий фотоматеріал голограми. За принципом суперпозиції світлових хвиль спектрально-розділені зображення не впливають одне на інше і відтворюються незалежно на різних довжинах хвиль відновлення.

З метою посилення надійності захисту одне з зображень може бути записане на довжині хвилі, до якої нечутливе людське око. Максимальний ступінь захисту може бути досягнутий при записі на довжинах хвиль, до яких нечутливі розповсюджені пристрої копіювання: сканери, ксерографи тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, постановка завдання

У роботі [1] запропоновано в якості захисних зображень використовувати образи фракталів, побудованих за певними схемами. Показано, що фрактальні зображення, самі по собі, можуть виконувати роль кодованого захисту. З метою забезпечення додаткового захисту зазначені зображення, у даній роботі, пропонується робити прихованими за допомогою спектрального зміщення образу при записі голограми.

З огляду на можливість приховування висуваються додаткові вимоги до техніки формування захисних голограм. Приховування зображення, у розумінні його спектрального зміщення, можливе як убік низьких, так і убік високих частот. Відносно видимого діапазону відповідні зміщення відповідають за використання інфрачервоної чи ультрафіолетової техніки.

Сучасний стан оптоелектронної та голографічної техніки дозволяє вільно оперувати як з інфрачервоними [2-4], так і з ультрафіолетовими [5] джерелами світла. Так само доступні відповідні приймачі світла [6-9] та фотоматеріали [10].

Спектральне зміщення зображення в ультрафіолетову область, з одного боку, дозволяє використовувати майже довільні фотоматеріали, оскільки чутливість до високоенергетичних ультрафіолетових квантів у фотоемульсій завжди висока. Проте, з іншого боку, висуваються додаткові вимоги до роздільної здатності матеріалу фотоплівки або прес-матриці при виготовленні штампуванням.

У інфрачервоній області, завдяки більшим у 2-3 рази довжинам хвиль, деталізація зображень значно гірша, проте, це дозволяє виготовляти прес-матриці і здешевлювати масове виробництво таких відбитків.

Оскільки задача розроблення захисних голограм передбачає їх масове виробництво, за завдання дослідження висунемо розроблення методик та рекомендацій щодо виготовлення голографічних відбитків, що містять приховані елементи зміщені у інфрачервону область спектру.

Виклад основного матеріалу дослідження

Виготовлення голограм на сьогоднішній час перестало бути складним коштовним процесом. Відповідно, захисна роль голограм втрачає свою ефективність. Маючи відмінні захисні властивості, самі по собі, голограми можуть бути підроблені вцілому, нівелюючи окремі конструктивні переваги. Підвищення надійності захисту голограм, з точки зору ускладнення їх підроблення, пропонується шляхом введення додаткових прихованих зображень.

Принцип запису та відтворення голограм дозволяє розділювати суміщені зображення як спектрально, так і просторово. Спектральне розділення реалізується записом прихованих зображень оптичними хвилями іншого діапазону, ніж основне зображення. Просторове розділення – записом під різними кутами падіння ініціюючої хвилі. З метою досягнення максимального захисного ефекту розглянемо можливість використання обох можливостей.

Розділення зображень за кутами відновлення достатньо просто реалізується при фотографічному створенні голограм, яке, як зазначалось вище, набагато дорожче. При створенні голограм за допомогою більш дешевого пресування забезпечується вплив лише на поверхню фольги, що несе зображення. В такому разі найкращі результати відповідають правильному підбору глибини модуляції поверхні ґратки зображення, за якого максимальна енергія відбивання буде

спрямована у бік одного з дифракційних максимумів. Зрозуміло, що такі ґратки передбачають плавну зміну профілю і висувають додаткові вимоги до якості виготовлення прес-форм. Як підсумок, можна стверджувати про доцільність просторового (кутового) розділення лише для зображень особливої відповідальності, виготовлення яких може бути досить коштовним.

Перший ступінь захисту спектрально-зсунутих зображень передбачає зміщення спектру у область, недоступну для людського ока. Відповідно до відносної спектральної світової ефективності ока [11] чутливість до світла з довжиною хвилі 700 нм становить 0,0041 (менше 0,5 %), 750 нм – 0,00012.

На фоні звичайного денного світла або яскравості основного зображення приховане зображення можна записувати на довжинах хвиль, більших за 700 нм. За відсутності просторового зміщення приховане зображення, записане на довжині хвилі 700 нм буде сприйматись як темно-червоний блиск на рівні 0,5 % від яскравості основного зображення.

На рис. 1 представлені електрооптичні характеристики напівпровідникових світлодіодів, виготовлених з різних матеріалів [12]. Як випливає з рисунка, для забезпечення відновлення таких зображень можна використовувати звичайний GaP світлодіод.

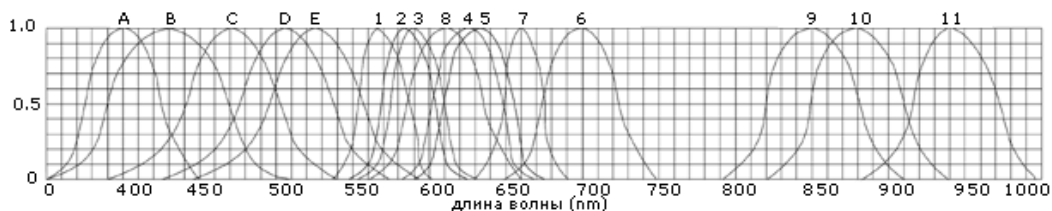


Рис. 1. Електрооптичні характеристики напівпровідникових світлодіодів, виготовлених з різних матеріалів (за даними [12])

1 - GaP 568nm	7 - GaAlAs/GaAs 660nm	A - GaN/SiC4 400nm
2 - GaAsP/GaP 585nm	8 - AlGalnP 610nm	B - GaN/SiC4 430nm
3 - AlGalnP 590nm	9 - GaAlAs 850nm	C - InGaN/SiC 470nm
4 - AlGalnP 625nm	10 - GaAlAs 880nm	D - InGaN/SiC 505nm
5 - GaAsP/GaP 635nm	11 - GaAs/GaAs &	E - InGaN/SiC 525nm
6 - GaP 700nm	GaAlAs/GaAs 940nm	

Запис зображення на хвилі з довжиною 700 нм поєднує переваги простоти відновлення та достатньої прихованості.

Другий ступінь захисту передбачає зміщення зображення у область, віддалену від видимого діапазону. Як правило, світло з такими довжинами хвиль примусово фільтрується в більшості сучасних копіювальних засобів. Світло, що виходить за межі видимого діапазону для копіювальних засобів є неінформативним: інфрачервоне – додатковим тепловим випромінюванням, ультрафіолетове – залишковим потоком від потужних ліній ртуті, що використовується в люмінесцентних лампах.

Використання ультрафіолетового зміщення, як вже зазначалось, доцільне при фотореєстрації голограм і значно ускладнює процес їх виготовлення при використанні голографічних прес-форм.

Інфрачервоне зміщення може бути реалізоване збільшенням просторового періоду прес-форм, при цьому для відновлення також можна використовувати досить доступні арсенід-галієві світлодіоди (9-11 на рис. 1).

Наприклад, світлодіод з найбільшим інфрачервоним зміщенням (за рис. 1) має максимальну потужність на довжині хвилі 940 нм або 0,94 мкм. Це майже удвічі перевищує довжину хвилі, що відповідає максимуму видимості ока (550 нм). Тобто для створення прес-форм з таким спектральним зміщенням діятимуть удвічі менші вимоги щодо точності профілю. Відповідно, вартість прес-форм для виготовлення голограм з прихованим зображенням збільшиться несуттєво.

Системи відтворення зображень також будуються на доступній елементній базі – арсенід-галієвих напівпровідникових елементах. Причому, для підсилення захисного ефекту разом з інформативним інфрачервоним світлодіодом можна використати інший світлодіод видимого спектру, який, з одного боку може сприйматись як індикатор ввімкнення пристрою та, з іншого, створювати враження про роботу пристрою у видимому діапазоні спектру.

Висновки і перспективи подальших розвідок:

Розглянуто методику введення прихованих зображень у захисні голограми для поліграфічної продукції.

Висвітлено принципи просторового та спектрального зміщення прихованих зображень, надано рекомендації по їх застосуванню.

Запропоновано використання інфрачервоного зміщення у область 940 нм, як найбільш зручного та такого, що вимагає мінімальних додаткових витрат.

Перспективи подальших досліджень вбачаються у аналізі спектральних характеристик поширених та спеціалізованих засобів копіювання з метою підбору максимально захищеної ділянки спектру для введення прихованих зображень.

1. *Самойленко Д.М., Мірошніченко О.В., Попов Д.Д. Використання фрактальних зображень для голографічного захисту поліграфічної продукції. // Наукові записки УАД. 2010. Вип.2(18). С.77-81*

2. *Characteristics and use of infrared detectors. Technical information / – Japan: Hamamatsu photonics K.K., Solid State Division. – 2004. – 43 p.*

3. *Moss T.S., Modern Infra-red Detectors / Advances in Spectroscopy. – 1959, v. 1, No 175*

4. *Norton P. HgCdTe infrared detectors / Opto-electronics review. – 2002. – v. 10, No 3. – pp. 159-174.*

5. *Ultraviolet edixeon. Taipei: EDISON OPTO CORPORATION. – 2006. – 6 p.*

6. *Источники и приемники излучения / Г.Г. Ишанин, Э.Д. Панков, А.Л. Андреев, Г.В. Польщиков. – СПб.: Политехника, 1991. – 240 с.*

7. *Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник / В.И. Иванов, А.И. Аксенов, А.М. Юшин. – М.: Энергоатомиздат. – 1988. – 448 с.*

8. *Аксененко М.Д., Бараночников М.Л. Приемники оптического излучения. Справочник. – М.: Радио и связь. – 1987. – 296 с.*

9. *Бараночников М.Л. Приемники инфракрасного излучения. Состояние разработок и промышленного выпуска, перспективы развития и прогнозы. Аналитический обзор. – М. – 1985. – 94 с.*

10. *Шатири Б.И. Инфракрасная фотография. – Наука в России. – 2002. – № 2. – с. 24-30*

11. *ГСИ. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения: ГОСТ 8.332-78. – [чинний від 1980-01-01]. – М.: Ордена „Знак почета” издательство стандартов. – 1979. – 6 с.*

12. Общие характеристики светодиодов G-Nor. [Электронный ресурс]: (Электро-оптические характеристики при $t=25^{\circ}\text{C}$) – Режим доступа.: <http://www.svl.com.ua/td/led/aboutgnor.htm>. – Электронні компоненти Світелком

13. Вакулин И.М. Обработка и представление спектров оптоэлектронных приборов / Вакулин И.М., Горбачев В.Э., Коробицын Б.В., Крисский С.К. // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2005. – № 1. – с. 99–103.

14. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. – СПб.: Питер. – 2003. – 928 с.