

УДК 621.396.96

В. А. Романюк, С. А. Горелишев, О. Ю. Іохов

КЛАСИФІКАЦІЯ І ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ СВІТЛОВІДБИВАЮЧИХ ПОКРИТТІВ РІЗНИХ ТИПІВ

Проаналізовані характеристики різних типів світловідбиваючих покриттів, що використовуються для збільшення енергії відбитого сигналу лазерних систем дистанційного контролю охороняємих територій.

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Застосування лазерних систем охорони територій й об'єктів, що знаходяться на них (підприємства, аеропорти, АЕС, спеціальні або військові об'єкти), значно підвищить їх безпеку. Разом зі збільшенням периметра охоронюваної території та довжини фізичного огороження підвищується можливість порушень. У сучасних лазерних системах охорони периметра використовують різні способи збільшення потужності відбитого сигналу (відношення сигнал/шум) для підвищення ймовірності виявлення порушення периметра з мінімумом фіктивних тривог.

Перспективним напрямком розв'язання такої задачі є застосування спеціальних світловідбиваючих покриттів (СВП). У такому випадку відбитий сигнал не розсіюється в різні напрямки, а потрапляє на вхід фотоприймача тим самим шляхом, що і випромінений. Енергія відбитого сигналу зменшується тільки внаслідок розсіювання та поглинання на трасі проходження променя. Використання СВП дозволить збільшити грані периметра і розміри території, що охороняється. Таким чином, розроблення методів підвищення енергії сигналу на вході фотоприймача є актуальним.

Метою статті є оцінювання ефективності різних типів СВП, які можуть бути застосовані в системах охорони об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Під час використання лазерного випромінювання в результаті інтерференції парціальних променів, відбитих від поверхні, яку складають різні ділянки з випадковими нахилом і висотою, в площині спостереження формується, так звана спекл-картина, що являє собою сукупність окремих плям (спеклів) [1]. У разі зсувів такої поверхні, наприклад через вібрації, у площині спостереження відбувається зсув спекл-картини, що може бути використано для аналізування вібрацій об'єктів. Крім того, зміни в структурі розподілу, який спостерігають, відбуваються також при відбитті променів від нерухомих об'єктів у випадку зміни турбулентних властивостей середовища поширення.

Істотного збільшення потужності прийнятого сигналу і, як наслідок, розширення можливостей практичного застосування методу, можна досягти за умови використання СВП замість поверхонь, що відбивають дифузно [2]. СВП являє собою сукупність елементарних світловідбивачів у вигляді мікроскокульок або мікропризм, розміри яких декілька десятків мікрометрів. Розсіяне випромінювання має просторово неоднорідний характер, що відповідає спекл-картині, однак діаграма спрямованості, шириною усього кілька градусів, зорієнтована завжди в напрямку випромінювача і не залежить від взаємної орієнтації нормалі до поверхні і напрямку падіння променя.

Як вже відзначалося, СВП структурно складаються з безлічі елементарних світловідбивачів, розташованих на підкладці. Сьогодні СВП використовують для виконання двох основних завдань: створення світлорозсіюючих проєкційних екранів [4] і виготовлення світловідбиваючих екранів, знаків безпеки, сигнальної розмітки, автомобільних номерів [3]. У першому випадку це, так звані, бісерні екрани, що мають баритову поверхню, вкриту шаром дрібних скляних кульок, діаметр яких 0,1...0,5 мм. Чим більше діаметр кульок, тим більшим є концентрований відбитий світловий потік і тим меншим є корисний кут розсіювання, мінімальне значення якого $\pm 7^\circ$ при половинному рівні зменшення яскравості відбитого світла [4].

Світловідбиваючі екрани та знаки безпеки зримо сприймаються світними у разі освітлення їхньої поверхні пучком (променем) світла, спрямованим з боку спостерігача. Світловідбиваючі плівкові покриття можуть бути таких типів [3].

1. Плівки із середньою інтенсивністю світловідбивання, оптичними елементами яких є сферичні лінзи (мікроскокульки), що знаходяться у прозорому полімерному шарі. Світловідбиваючі плівкові матеріали цього типу застосовують, коли знаки безпеки або сигнальну розмітку необхідно розрізнити зблизька за умови низького рівня фонового висвітлення.

2. Плівки з високою інтенсивністю світловідбивання, що складаються зі сферичних лінзових елементів, укладених у капсулу, наклеєних на полімерну основу й залитих шаром прозорого пластика. Світловідбиваючі плівки такого типу характеризуються більш високим коефіцієнтом світловідбивання, порівняно з першим типом, їх застосовують для виготовлення екранів, знаків безпеки і сигнальної розмітки, які необхідно розрізнити з далеких відстаней або за умов низького та середнього рівнів фонового висвітлення.

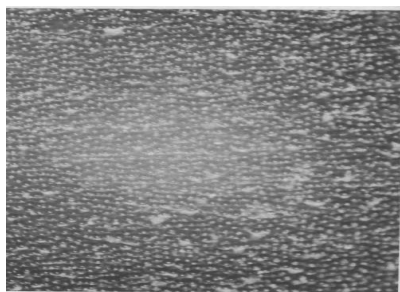
3. Плівки з оптичною системою у вигляді плоскогранных призматичних елементів, що знаходяться у прозорому полімерному шарі. Такі плівки характеризуються надвисоким коефіцієнтом світловідбивання, їх застосовують для виготовлення екранів і знаків безпеки, які встановлюють у особливо небезпечних місцях або на великих відстанях за будь-якого рівня фонового висвітлення.

Крім того, випускають світловідбиваючі лакофарбові матеріали (розчини або розплави), що містять оптичні елементи жовтого або білого кольорів.

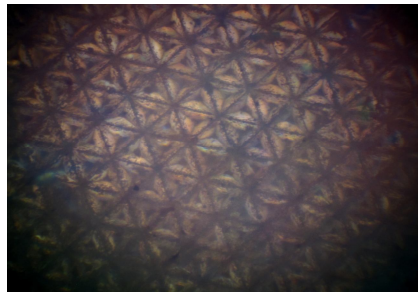
Особливості структури зумовлюють різний вигляд зображення СВП, залежно від умов освітлення й спостереження. На рис. 1 представлені зображення СВП 2 та 3-го типів відповідно, отримані шляхом фотографування за допомогою мікрооб'єктива для бістатичних умов підсвічування і спостереження.

На рисунку видно мікрокульки, нанесені на металеву фольгу (існують також варіанти нанесення їх на тканеву основу), вони хаотично розташовані на підкладці й істотно відрізняються за розмірами. Діаметр кульок 20...80 мкм, середній розмір 40...50 мкм.

На рис. 1, *а* представлено зображення структури СВП 2-го типу, виготовлене фірмою "ORAFOL" (серія 5000), пропонуваного також як матеріал для виготовлення реклами [5]. Розташування мікрокульок на підкладці хаотичне, середній їхній діаметр близько 50 мкм. Зображення кульок виглядають темними кружками на світлому тлі, тому що більша частина енергії відбивається ними у бік джерела підсвічування, а не у бік спостерігача (використовується бістатичний режим спостереження).



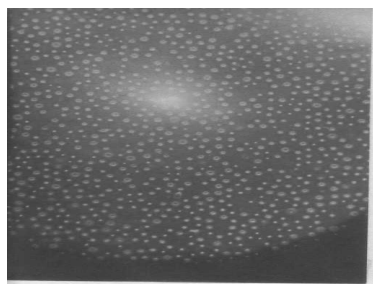
а



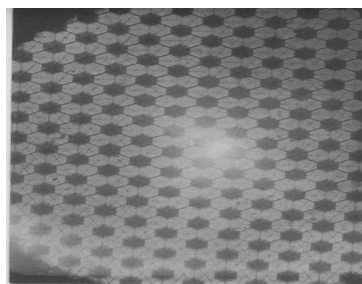
б

Рис. 1. Зображення, отримані шляхом фотографування за допомогою мікрооб'єктива: *а* – СВП 2-го типу; *б* – СВП 3-го типу

На рис. 1, *б* представлено зображення СВП 3-го типу на основі мікропризм, виготовлене фірмою "REFLEXITE". На відміну від двох попередніх випадків, структурні елементи виготовлені практично із прецизійною точністю, вони збігаються за розмірами і тому мають детермінований строго періодичний характер розташування на підкладці. Розмір однієї мікропризми дорівнює приблизно 100 мкм. Внаслідок бістатичного режиму спостереження робоча апертура тетраедричного світловідбивача виглядає темною, а світлі області відповідають "неробочим ділянкам".



а



б

Рис. 2. Зображення, отримані у автоколімаційному режимі спостереження з використанням світлоділительного кубика: *а* – СВП 2-го типу; *б* – СВП 3-го типу

На рис. 2 представлені зображення тих самих зразків СВП, отриманих у автоколімаційному режимі спостереження з використанням світлоділительного кубика. На рис. 2, *а* видно яскраві крапки правильної кругової форми, що відрізняються розмірами і хаотично розташовані на підкладці. Співвідношення "робочої" й "неробочої" поверхонь СВП можна оцінити як відношення сумарних площ світлих кружків і темних областей. На рис. 2, *б* представлено автоколімаційне зображення СВП 3-го типу. На ньому чітко видні ребра, що розділяють елементарні світловідбивачі, розташування яких свідчить про строго періодичний і регулярний характер їхнього компонування.

Очевидно, що сумарна робоча поверхня складає значно більше половини загальної освітлюваної поверхні.

Розміри і розташування освітлюваних областей на рис. 2 визначають і характер спостережуваної “тонкої” структури розсіяного за допомогою СВП когерентного лазерного випромінювання. Через випадкові розміри й розташування на площині окремих світловідбивачів СВП 1 та 2-го типів, які формують діаграми розсіяного випромінювання, у далекій зоні спостерігається, так звана спекл-структура, що характеризується випадковим розташуванням у площині спостерігача світлих і темних плям. Така структура (рис. 3, *а*) зафіксована у випадку висвітлення СВП променем гелієво-неонового лазера ЛГ-38 і мало відрізняється від структур 1 та 2-го типів. Випромінювання лазера попередньо розколімовувалося, а потім фокусувалося на дальності близько 10 м у пляму з мінімальними розмірами. Природно, що розмір спекла у цьому випадку був максимальним.

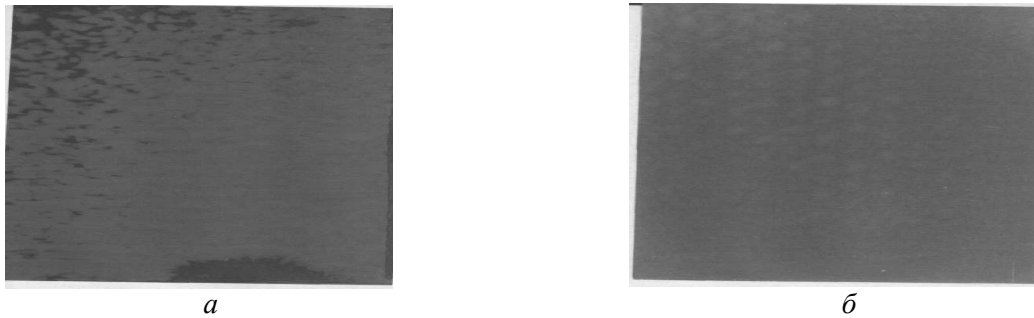


Рис. 3. Спекл-структура, що зафіксована після висвітлення СВП променем гелієво-неонового лазера:
а – СВП 2-го типу; *б* – СВП 3-го типу

Істотно інша картина спостерігається під час аналогічного висвітлення СВП 3-го типу: дифракційна картина з регулярним положенням у просторі локальних максимумів, що обумовлено однаковими розмірами й періодичним розташуванням окремих мікропризм (рис. 3, *б*). Отже, з міркувань зручності математичного опису й використання методів математичного моделювання 3-й тип СВП має безсумнівні переваги і є кращим для реалізації.

Висновок

Оцінено різні типи СВП з метою можливого застосування їх як матеріалів світловідбиваючих екранів для лазерних систем охорони периметра. Показано, що СВП 3-го типу мають безсумнівні переваги і є кращими для реалізації.

Список використаних джерел

1. Доля Г. Н. Принципы использования лазерных систем для предупреждения несанкционированного проникновения на территорию охраняемых объектов / Г. Н. Доля, В. А. Романюк, А. А. Горельшев, А. В. Кочин // Радиотехника : Всеукраинский межведомств. научно-техн. сб. – 2009. – Вып. 157. – С. 13–17.
2. Доля Г. Н. Измерение параметров вибраций объектов со светоотражающими покрытиями методом прямого фотодетектирования / Г. Н. Доля, А. В. Кочин, С. Н. Якименко, В. В. Живчук // Збірник наукових праць ХВУ. Вип. № 1 (39) – Х. : ХВУ, 2001. – С. 110–112.
3. ГОСТ Р12.4.026-2001. Государственный стандарт Российской Федерации. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. – Введ. 01.02.01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 72 с.
4. Справочник конструктора оптико-механических приборов / М. Я. Кругер и др. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1967. – 760 с.
5. Каталог продукции производственной фирмы “Промдизайн”. – Х. : “Промдизайн”, 2001. – 28 с.

Стаття надійшла до редакції 18.10.2010 р.