

УДК 396.375

Г.В. Рибалка

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ДЕПОЛЯРИЗУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ СВІТЛОПОВЕРТАЮЧИХ ПОКРИТТІВ В СКЛАДІ ПРОМЕНЕВИХ ІНФРАЧЕРВОНИХ СИСТЕМ

В роботі показана перспективність застосування променевих інфрачервоних систем, заснованих на реєстрації кутових флуктуацій відбитого випромінювання. Проведено аналіз та порівняння деполаризуючих властивостей світлоповертаючих покриттів двох типів. На основі експериментальних даних визначено ступені поляризації випромінювання, відбитого від покриттів.

Ключові слова: променеві інфрачервоні системи, світлоповертаюче покриття, ступень поляризації.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Системи охоронної сигналізації (СОС) з розширеними охоронними функціями виконують завдання охорони периметрів об'єктів та розвідки. Таким чином дані СОС застосовуються як рубіжно-сигналізаційні системи, так і розвідувально-сигналізаційні [1-3]. СОС на основі променевих інфрачервоних систем (ПІС) дозволяють одночасно здійснювати сигналізаційне блокування ділянки периметра об'єкту, виявляючи порушників, що перетинають рубіж, а також вести оптико-електронну розвідку на контрольованій площі в місцях імовірної появи порушників [2]. ПІС характеризуються безконтактністю дії, високою точністю, малою масою та невеликими габаритами, високою заводськістю, простотою установки та юстирування, а також широким спектром потенційних можливостей. Сигналізаційне блокування ділянки периметра об'єкту, що охороняється, та ведення оптико-електронної розвідки на основі лазерного дистанційного зондування є перспективним завдяки цілому набору унікальних якостей лазерного випромінювання.

ПІС складаються з передавача і приймача, що розташовуються в зоні прямої видимості. Сигнал тривоги в СОС формується при перериванні лазерного променя, що потрапляє на фотоприймальний блок. Відмітна особливість променевих систем - можливість створення дуже вузької зони виявлення, що особливо важливе для охорони об'єктів, навколо яких неможливо створити зону відчуження [2]. Проте, як і радіопробні, ПІС можуть застосовуватися тільки на прямолінійних ділянках периметрів або огорож.

Технічна реалізація ПІС припускає розташування передавача і приймача на одному кінці траси поширення лазерного променя повздовж периметру контрольованій площі, а на іншому – світловідбивача (у найпростішому випадку – дзеркала). Використання в якості світловідбивача світлоповертаючого покриття (СПП), що являє собою набір мікрокульок

або мікропризм [4] дозволяє значно збільшити дальність дії таких систем. Крім того, розсіяне на СПП випромінювання має у площині приймача характерну структуру у вигляді набору хаотично розташованих плям (спекл-структуру) [4].

Традиційні ПІС засновані на вимірюванні флуктуацій інтенсивності відбитого лазерного випромінювання при його розповсюдженні повздовж периметру контрольованій площі. Такі вимірювання, супроводжуються помилками, обумовленими зовнішнім фоновим випромінюванням, внутрішніми шумами фотоприймача і т.д. У той же час, турбулентність середовища периметру контрольованій площі призводить до флуктуацій показника переломлення на трасі і, як наслідок, до перекручування вигляду діаграми розсіювання випромінювання при його відбитті від СВІ. На основі цього ефекту можлива побудова ПІС, заснованих на реєстрації кутових флуктуацій відбитого випромінювання.

СПП виготовляються у вигляді двох основних модифікацій: на основі мікропризм з характерним розміром близько 100 мкм, видавлених в пластику з металізованими задніми відбивними гранями (СПП-1), або таких же мікропризм з повним внутрішнім відбиттям на межі задніх відбивних поверхонь з повітрям (СПП-2). При цьому СПП-1 мають кращі характеристики світлоповертання [5], а оптичні властивості таких покриттів (зокрема, поляризаційні) досліджені детальніше, ніж СПП-2.

Здатність як одних, так і інших покриттів змінювати поляризацію світла може мати істотне значення при формуванні дифракційної картини, що отримується в результаті розсіювання падаючого лазерного випромінювання (найчастіше лінійно поляризованого). Таким чином оптичні властивості СПП впливають на ефективність ПІС, заснованих на реєстрації кутових флуктуацій відбитого випромінювання.

Метою даної роботи є аналіз і порівняння деполаризуючих властивостей СПП-1 і СПП-2, а також оцінка впливу цього чинника на ефективність функціонування ПІС.

Основна частина

Деполяризаційні властивості СПП-1 і СПП-2 досліджувались на основі експериментальної установки, схема якої зображена на рис. 1. Газовий гелій-неоновий лазер 1 випромінював світло, що лінійно поляризоване у вертикальній площині. Коліматором 2 промінь розширювався та за допомогою дзеркала 3 (малої апертури, що відповідає діаметру пучка) направлявся на СПП, яки можливо було встановлювати таким чином, щоб падаючий промінь збігався за напрямком з нормаллю до решіток ($\alpha = 0^\circ$), а також розташовувати під кутом, коли нормаль до поверхні і напрямок падаючого променя становили кут $\alpha = 20^\circ$. Також, була можливість розгортати СПП на кут β навколо осі, співпадаючої з нормаллю до СПП. При вимірюваннях кут β мінявся дискретно з кроком 15° в межах від 0° до 360° . Розсіяне (дифрагироване на СПП) випромінювання за винятком центральної його частини попадало на сферичне дзеркало і потім через аналізатор 6 – на вхід фотоприймача 7. Значення амплітуди отриманого при цьому сигналу аналізувалася за допомогою осцилографу, перевід у цифровий вигляд та вимірювання здійснювалися за допомогою ЕОМ.

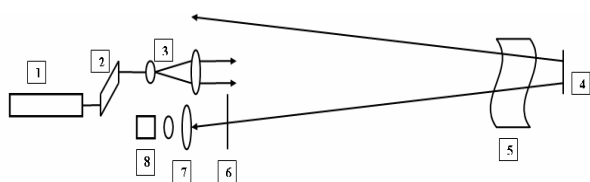


Рис. 1. Експериментальна установка для дослідження поляризаційних властивостей СПП

Для оцінки ступеня поляризації використовувався параметр [6]:

$$\Delta = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}), \quad (1)$$

де значення I_{\max} і I_{\min} визначалися експериментально шляхом обертання аналізатора 6.

Як відомо, значення параметру $\Delta = 1$ (або 100%) відповідає лінійно поляризованому світлу, а $\Delta = 0$ – повністю деполіаризованому або циркулярно-поляризованому світлу. На рис. 2 представлені отримані в результаті вимірів залежності параметру Δ від значень кутів β для СПП-1 (дві верхні криві) і для СПП-2 (дві нижні криві). Залежності на графіку, які зображені безперервними лініями, відповідають нормальному падінню світла на СПП, а переривчасті – похилому.

Аналіз наведених залежностей показує різний характер можливих станів ступеню поляризації розсіяного випромінювання для двох розглянутих типів СПП. Для решіток із металізованою задньою поверхнею (СПП-1) ступінь поляризації змінюється регулярним образом через кожні 90° від максимального значення $\Delta = 1$ до значень $\Delta = 0,5$, при цьому прак-

тично відсутня залежність цього параметра від кута нахилу решіток α .

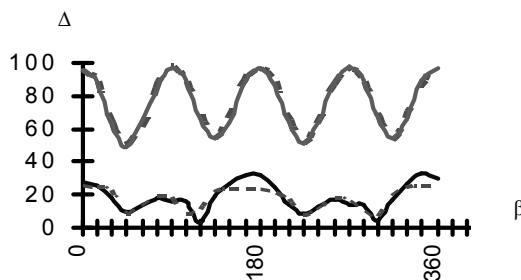


Рис. 2. Результати вимірів залежності параметру Δ від значень кутів β для СПП-1 (дві верхні криві) і для СПП-2 (дві нижні криві)

У цей же час, для решіток на основі повного внутрішнього відбиття на границі діелектрик-повітря (СПП-2) обмірювані значення ступеня поляризації значно нижче. Як й у першому випадку проглядається періодична залежність обмірюваних значень від кута розвороту решіток навколо осі β , що збігає з нормаллю через кожні 90° . Значення не перевищують величини $\Delta = 0,3$, а при деяких значеннях β знижуються практично до нуля, що свідчить про рівні значення складової електричного поля на ортогональних поляризаціях. При похилому падінні променя на СПП отримані закономірності залежності ступеню поляризації від кута β практично такі ж як і для нормального падіння.

Іншим питанням, яке необхідно розглянути для оцінювання впливу властивостей СПП на ефективність функціонування ПС, є аналіз величини розвороту в просторі напрямків, що відповідають максимальному (мінімальному) значенню інтенсивності світла, яке пройшло через аналізатор при зміні кута β . Для цього аналізатор спочатку встановлювався між елементами 2 і 3 схеми та у такий спосіб визначалася первинна орієнтація площини поляризації падаючого на решітки випромінювання. Потім аналізатор встановлювався перед фотоприймачем 7 і обертанням його навколо осі, що відповідає напрямку поширення світла, вимірювався такий кут γ щодо вихідного розвороту аналізатора, при якому спостерігалось його максимальне (мінімальне) проходження.

Результати вимірів для СПП-1 наведені на рис. 3, а для СПП-2 – на рис. 4, де по осі абсцис відкладені значення кутів β , а по осі ординат – кутів γ .

При цьому безперервні криві відповідають випадку нормального падіння променя на СПП, а переривчасті – похилому падінню.

Аналіз залежностей на рис. 3 показує, що кут γ періодично (також $\sim 90^\circ$) приймає значення як більше, так і менше нуля, при цьому в максимумі ці значення не перевищують 10° . Порівнюючи безперервні і переривчасті криві для нормального і похилого падіння можна відзначити, що вони досить близькі.

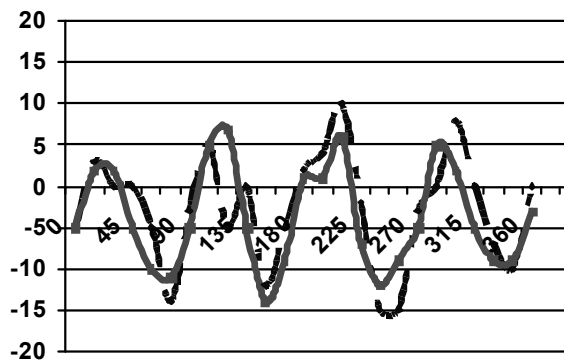


Рис. 3. Залежність інтенсивності світла від величини розвороту СПП-1

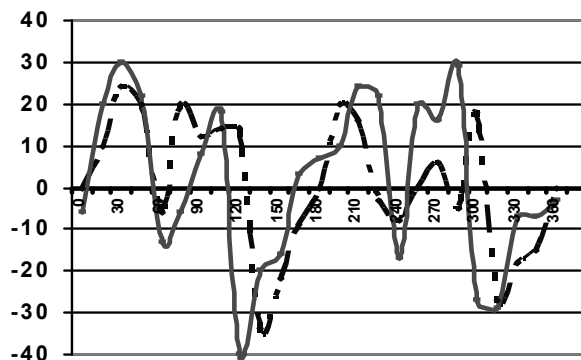


Рис. 4. Залежність інтенсивності світла від величини розвороту СПП-2

Інші значення, представлені на рис. 4, які отримані для СПП-2. Періодичність близько 90° по куту β проглядається значно гірше, спостерігається більша, ніж для СПП-1, залежність від кута падіння променя на решітки (нормальне або похиле падіння, безперервні або переривчасті лінії відповідно). Значення кута γ зростають у максимумі до 40° . У цілому, порівнюючи залежності на рис. 2 – 4, можливо відзначити, що СПП-2 значно сильніше спотворюють стан поляризації падаючого лазерного променя, ніж металізовані СПП-1.

Висновки

В роботі показано перспективність застосування СОС на ППС, заснованих на реєстрації кутових флуктуацій відбитого випромінювання.

Визначено, що СПП-1 відносно слабо змінюють властивості поляризації вихідного випромінювання, ступінь поляризації змінюється від 50 % до 100 %. В свою чергу СПП-2 практично повністю змінюють початковий характер поляризації зондувального випромінювання, ступінь поляризації приймає значення від 0 % до 30 %.

Отримані результати дозволяють розглядати використання СПП-1 для побудови ППС, заснованих на реєстрації кутових флуктуацій відбитого випромінювання.

Список літератури

1. Активные лучевые барьеры для охраны периметра [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://sio.su/down_011_3_def.aspx.
2. Введенский Б.С. Современные системы охраны периметров [Електронний ресурс] / Б.С. Введенский // Специальная техника. – 1999. – № 4. – Режим доступу: <http://ess.ru/publications/articles/vvedensky2/vednsky.htm>.
3. Звездинский С.С. Быстрозащитываемые средства обнаружения и системы охранной сигнализации [Електронний ресурс] / С.С. Звездинский // Специальная техника. – 2003. – № 5. – Режим доступу: http://ess.ru/publications/5_2003/zveginsky/zveginsky.htm.
4. Доля Г.Н. Сравнительный анализ возможностей методов интерферометрии для наблюдения фазовых неоднородностей в воздушной среде / Г.Н. Доля, А.Н. Катунин, В.М. Мазанов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – Вып. 2(20). – С. 61-64.
5. Russell A. Chipman. Qi-Bo Zhou Wavefront correcting properties of corner-cube arrays / Russell A. Chipman, Joseph Shamir, H. John Caulfield, // Applied Optics. – 1988. – Vol. 27, №. 15. – P. 233 – 245.
6. Стафеев С.К. Основы оптики: Учебное пособие / С.К. Стафеев, К.К. Боярский, Г.Л. Башнина. – СПб.: Питер, 2006. – 342 с.

Надійшла до редколегії 22.07.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ДЕПОЛЯРИЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА СВЕТОВОЗВРАЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ В СОСТАВЕ ЛУЧЕВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ СИСТЕМ

Г.В. Рыбалка

В работе показана перспективность применения лучевых инфракрасных систем, основанных на регистрации угловых флуктуаций отраженного излучения. Проведен анализ и сравнение деполаризующих свойств световозвращающих покрытий двух типов. На основе экспериментальных данных определены степени поляризации излучения, отраженного от покрытий.

Ключевые слова: лучевые инфракрасные системы, световозвращающие покрытия, степень поляризации.

THE DEPOLARIZING PROPERTIES OF RETROREFLECTIVE SHEETING PART OF BEAM INFRARED SYSTEMS

G.V. Rybalka

In the paper the prospects of using infrared ray systems based on measuring the angular fluctuations of the reflected radiation. The analysis and comparison of the depolarizing properties of the retroreflective-ing the two types of coatings. On the basis of experimental data, the degree of polarization of light reflected from surfaces.

Keywords: infrared beam system, reflective coatings, the degree of polarization.