



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35374 (13) U
(51) МПК (2006)
G01J 1/04
G01J 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИМІРЮВАЧ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

1

(21) u200805632

(22) 30.04.2008

(24) 10.09.2008

(46) 10.09.2008, Бюл.№ 17, 2008 р.

(72) КУЗЬМИЧОВ ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ,
УА, САФРОНОВ БОРИС ВІКТОРОВИЧ, УА, БАЛ-
КАШИН ВАЛЕРІЙ ПЕТРОВИЧ, УА, ПРИЗ ІВАН
ОПАНАСОВИЧ, УА, ПОГОРЄЛОВ СТАНІСЛАВ
ВІКТОРОВИЧ, УА, КООНС ПЕТЕР

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИ-
ТЕТ ІМЕНІ В.Н. КАРАЗІНА, УА

(57) Вимірювач поляризації лазерного випроміню-
вання, що містить приймальний болометричний
пристрій у вигляді трьох ідентичних тонкодротяних

2

болометричних решіток, розміщених у близьких
перерізах оптичного пучка, елементи кожної з яких
з'єднані послідовно і заживлені від джерела по-
стійного струму через опори навантаження, який
відрізняється тим, що зазначені болометричні
решітки виконані з платини та кожна з них розмі-
щена під кутом $\pi/3$ до інших, крім того вимірювач
містить електронно-обчислювальну машину, під-
ключену до багатоканального швидкодіючого ви-
сокочутливого аналого-цифрового перетворювача,
до якого підключені опори навантаження зазначе-
них трьох болометричних решіток.

Корисна модель відноситься до лазерної
вимірювальної техніки, а саме до приладів
вимірювання параметрів і характеристик
поляризації імпульсного та безперервного
лазерного випромінювання.

У класичній оптиці відомі способи і засоби для
досліджень і вимірювання поляризації оптичного
випромінювання [1]. Для цього використовують
прозорі ізотропні пластинки, чверть хвильові й
півхвильові пластинки з одноосових кристалів,
призми Рошена, Волластона, Ніколя, Фуко, Глана-
Томсона й інших.

До недоліків зазначених засобів вимірювання
параметрів і характеристик поляризації лазерного
випромінювання можна віднести: малу вхідну апе-
ртуру, низькі рівні оптичної інтенсивності випроміню-
вання, обмежений спектральний діапазон, тру-
дноті виміру імпульсного випромінювання. В
роботі [2] показаний вплив нелінійності характери-
стики перетворення болометра на систематичні
похибки вимірюваних параметрів поляризації ви-
промінювання з довжиною хвилі 10,6 мкм.

Найбільш близьким до корисної моделі анало-
гом за сукупністю ознак є вимірювач напрямку по-
ляризації електромагнітного випромінювання [3],
що (з метою збільшення рівня оптичної інтенсив-
ності випромінювання, збільшення спектрального
діапазону вимірювань і можливості вимірювання

імпульсного випромінювання) містить приймаль-
ний болометричний пристрій у вигляді трьох іден-
тичних тонкодротяних болометричних решіток,
розміщених у близьких перерізах оптичного пучка,
елементи кожної з яких з'єднані послідовно і зажи-
влені від джерела постійного струму через опори
навантаження.

Недоліком цього способу є недосконала сис-
тема реєстрації проміжних робочих сигналів, за-
тримка отримання результатів.

Технічною задачею корисної моделі є удоско-
налення вимірювача поляризації лазерного ви-
промінювання з метою збільшення точності вимі-
рювання поляризації випромінювання, а також
рівня оптичної інтенсивності випромінювання,
розширення спектрального діапазону вимірювань і
створення можливості вимірювання імпульсного
випромінювання.

Поставлена задача вирішується тим, що у за-
пропонованій корисній моделі три ідентичні тонко-
дротяні болометричні решітки (з відомим коефіцієн-
том дихроїзму K_D), що являють собою
приймальний болометричний пристрій, виконані з
платини та кожна з них розміщена під кутом $\pi/3$ до
інших. Крім того, запропонований вимірювач поля-
ризації лазерного випромінювання містить елект-
ронно-обчислювальну машину, підключену до ба-
гатоканального швидкодіючого високочутливого

U
(13)
35374
(11)
UA
(19)

малоінерційного аналого-цифрового перетворювача, який, в свою чергу, підключений до опорів навантаження зазначених трьох болометричних решіток.

Технічна суть корисної моделі пояснюється кресленням. Болометричні елементи кожної решітки з'єднані послідовно і живляться постійним струмом від джерела напруги e через навантажувальні опори R_1, R_2, R_3 .

Решітки виконані з періодом λ , що забезпечує просторове інтегрування оптичного пучка з похибкою меншою ніж 1%. Сигнали, що реєструються з навантажувальних опорів болометричних решіток, e_1-e_3 , подаються на багатоканальний швидкодіючий і високочутливий аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і після нього до електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), де обробляються і запам'ятовуються.

Принцип устрою дії корисної моделі ґрунтується на залежності фактора ефективності поглинання (ФЕП) металевого циліндра від напрямку поляризації електричного поля випромінювання відносно геометричної осі циліндра. Ця залежність визначається коефіцієнтом дихроїзму K_D , що дорівнює співвідношенню ФЕП болометра для Н-поляризації випромінювання, коли вектор електричного поля перпендикулярний до осі болометра, до ФЕП болометра для Е-поляризації випромінювання, коли вектор електричного поля паралельний осі болометра.

Під час дії оптичного випромінювання частина його поглинається болометричними елементами решіток, що призводить до їх нагрівання і, як наслідок, до зростання електричного опору, що реєструється індикаторною системою АЦП.

Сигналами решіток U_i вважають відносні зростання їх опорів, тобто

$$U_i = \frac{\Delta R_i}{R_{0i}} = \frac{e_i - e_{0i}}{e_{0i}}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (1)$$

де i - номер решітки,

R_{0i} та ΔR_i - початкові опори решіток та їх приріст відповідно,

e_{0i} - напруги на опорах решіток від струму зсуву,

e_i - максимальні напруги на опорах решіток під час дії оптичного випромінювання.

У випадку лінійного режиму роботи болометрів, коли зміни опорів ΔR_i прямо пропорційні поглиненій ними оптичній енергії, сигнали решіток U_i і коефіцієнт дихроїзму болометрів K_D повністю визначають стан поляризації лазерного випромінювання. При вимірах з імпульсним випромінюванням необхідно, щоб теплова постійна часу болометричних елементів τ була набагато більше тривалості оптичного імпульсу t_u .

По сигналах U_i знаходять нормовані сигнали решіток U_{i0} за виразом

$$U_{i0} = 1.5(K_D + 1) \frac{U_i}{\sum_{i=1}^3 U_i} = k_i, \quad i = 1, 2, 3, \quad (2)$$

які дорівнюють поляризаційним коефіцієнтам взаємодії болометрів решіток з випромінюванням [4]. Поляризаційний коефіцієнт болометра k_i може змінюватися від 1,0, коли лінійна поляризація ви-

промінювання паралельна болометру, до K_D , коли ж поляризація перпендикулярна болометру.

Якщо ці умови не виконуються, то визначається значення косинуса кута здвигу між взаємно перпендикулярними складовими електричного поля за виразом [4]

$$\cos \delta = \pm \frac{\sqrt{3}(K_D + 1 - 2U_{i0})}{2[(K_D - U_{i0})(U_{i0} - 1)]^{1/2}}, \quad (3)$$

у якому індекс i змінюється циклічно з періодом 3. Цей вираз відноситься до визначення параметрів випромінювання щодо i -ої решітки.

Якщо $\cos \delta$ дорівнює одиниці, то кут δ дорівнює нулю й випромінювання лінійно поляризоване. Кут напрямку лінійної поляризації випромінювання в просторі визначається по одній з методик, описаних в [4], наприклад, за виразом

$$\varphi_i = \psi_i \pm \arcsin \left\{ \frac{1}{K_D - 1} \left[\frac{3}{2} (K_D + 1) \frac{U_i}{\sum_{i=1}^3 U_i} - 1 \right] \right\}^{1/2}, \quad (4)$$

де ψ_i - кути напрямків елементів решіток.

Одержали два кути $\pm \varphi_i$, щодо кутового напрямку болометричних елементів i -ої решітки. Аналогічним чином знаходять кути напрямків поляризації випромінювання щодо кутових напрямків болометричних елементів інших решіток. Неоднозначність виміру кута φ усувається збігом кутів щодо різних решіток у перерізах оптичного пучка.

Якщо $\cos \delta \neq 1$, то випромінювання еліптично поляризоване і його параметри визначаються в такий спосіб щодо i -ої решітки. Проекції відносних інтенсивностей випромінювання ζ_{xi}^2 й ζ_{yi}^2 на вісь із елементами i -ої решітки й перпендикулярної до неї будуть

$$\zeta_{xi}^2 = \frac{K_D - U_{i0}}{K_D - 1}; \quad \zeta_{yi}^2 = \frac{U_{i0} - 1}{K_D - 1}; \quad (5)$$

Кути напрямків осей еліпса поляризації випромінювання φ_{i1} й φ_{i2} визначаються за виразом [4]

$$\operatorname{tg} 2(\varphi_{i1,2} - \psi_i) = \pm \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{[(K_D - U_{i0})(U_{i0} - 1)]^{1/2}}{K_D + 1 - 2U_{i0}}. \quad (6)$$

В інтервалі кутів $[-\pi/2; +\pi/2]$ одержуємо два кути φ_{i1} й φ_{i2} і різниця між ними дорівнює $-\pi/2$ або $+\pi/2$. Відносні півосі еліпса поляризації випромінювання ζ_ξ й ζ_η , будуть визначатися співвідношеннями [4]

$$\zeta_\xi^2 = \zeta_{xi}^2 \cos^2 \varphi_{i1} + \zeta_{yi}^2 \sin^2 \varphi_{i1} + \zeta_{xi} \zeta_{yi} \sin 2\varphi_{i1} \cos \delta$$

$$\zeta_\eta^2 = \zeta_{xi}^2 \sin^2 \varphi_{i1} + \zeta_{yi}^2 \cos^2 \varphi_{i1} + \zeta_{xi} \zeta_{yi} \sin 2\varphi_{i1} \cos \delta. \quad (7)$$

Напрямок обертання електричного вектора випромінювання не визначають, тому що кут δ входить у парну функцію.

Технічний результат, якого можна досягти при використанні корисної моделі, виражений у тім, що з'являється можливість вимірювання як лінійної

поляризації, так і параметрів еліптичної поляризації інтенсивного широкоапертурного безперервного і імпульсного лазерного випромінювання, в широкому спектральному діапазоні, а також суттєвого збільшення точності вимірювання.

Вимірювач поляризації лазерного випромінювання працює наступним чином. При включенні корисної моделі напруга з опору решіток, в якості сигналів, поступає на багатоканальний, швидкодіючий, високочутливий і малоінерційний аналого-цифровий перетворювач і запам'ятовуються у електронно-обчислювальній машині. Після впливу оптичного випромінювання реєструються сигнали решіток U_i (на малюнку е) які є відносними приростами опорів решіток, та розраховуються їх нормовані значення U_{i0} за виразом (2) та косинус кута здвигу δ між взаємно перпендикулярними складовими електричного поля відносно і-ої решітки за формулою (3). Якщо він дорівнює одиниці, то випромінювання лінійно поляризоване і його кут нахилу φ_i визначають за виразом (4).

У випадку $\cos \delta \neq 1$, коли випромінювання є еліптично поляризованим, визначаються відносні інтенсивності випромінювання ζ_x^2 та ζ_y^2 на вісь з

елементами і-ої решітки і перпендикулярної до неї за формулою (5), а також кути напрямків осей еліпсу поляризації випромінювання (6) та відносні полюси еліпсу поляризації випромінювання ζ_ξ та ζ_η за виразами (7).

Джерела інформації:

1. Дитчберн Р. Физическая оптика. - М.: Наука. - 1965. - 632с.

2. Кузьмичев В.М., Кузьмичева Е.В. Измерение эллиптической поляризации интенсивного лазерного излучения нелинейными тонкопроволочными болометрами // Измерительная техника. - 1998. - №6. - С.19-22.

3. Катрич А.Б., Кузьмичев В.М. Измерение направления поляризации электромагнитного излучения // Импульсная фотометрия. - Л.: Машиностроение. - 1978. - вып.5. - 129-131.

4. Kuzmichov V.M., Pogorelov S.V., Kohns P. Measuring of laser radiation polarization state with three profile bolometric gratings // Proceedings of CAOL'2005, 12-17 September 2005, Yalta, Ukraine. - Vol.2, - P.216-219.

