

СИСТЕМА МЮЛЛЕР-ДЖОНС-МАТРИЧНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОПТИКО- АНІЗОТРОПНИХ СЕРЕДОВИЩ

¹ Вінницький національний технічний університет.

Анотація

В роботі запропоновано вдосконалену систему Мюллер-Джонс-матричної поляризаційної діагностики з розширеними діагностичними можливостями для класифікації та диференціації оптико-анізотропних середовищ.

Ключові слова: матриця Джонса, матриця Мюллера, поляризація, діагностика.

Abstract

Improved Mueller-Jones matrix system of polarization diagnostics with extended diagnostic capabilities for a classification and differentiation of optical-anisotropic agents were proposed in this paper.

Keywords: Mueller matrix, Jones matrix, polarization, diagnostics.

Вступ

За допомогою новітніх методів лазерної поляриметрії, які використовуються для діагностики оптико-анізотропних середовищ, становиться можливим отримання принципово нових результатів при дослідженнях будови і стану таких об'єктів. Розробка нових методів вимірювання і обробки поляризаційно-неоднорідних зображень оптико-анізотропних середовищ обумовлює прогрес у розвитку методів лазерної поляриметрії і головною задачею цих методів є отримання нових діагностичних критеріїв для класифікації і диференціації досліджуваних оптико-анізотропних об'єктів.

Метою даної роботи є розширення функціональних можливостей існуючої мультифункціональної системи двовимірної лазерної поляриметрії [1] за рахунок імплементації комбінованого методу Джонс-Мюллер-матричного картографування та аналізу досліджуваних оптико-анізотропних середовищ.

Результати дослідження

Під Джонс-Мюллер-матричним картографуванням будемо розуміти комплекс окремих експериментальних кроків для вимірювання координатних розподілів сукупності елементів матриць Мюллера та Джонса з подальшим аналітичним (статистичним, кореляційним, фрактальним) алгоритмічним аналізом масивів одержаних даних з метою визначення критеріїв (взаємозв'язків) діагностики і диференціації параметрів анізотропії фазово-неоднорідних досліджуваних об'єктів. Алгоритм Джонс-Мюллер – матричного картографування реалізовано на архітектурі автоматизованої системи двовимірної поляриметрії, поданої на рис. 1 [2].

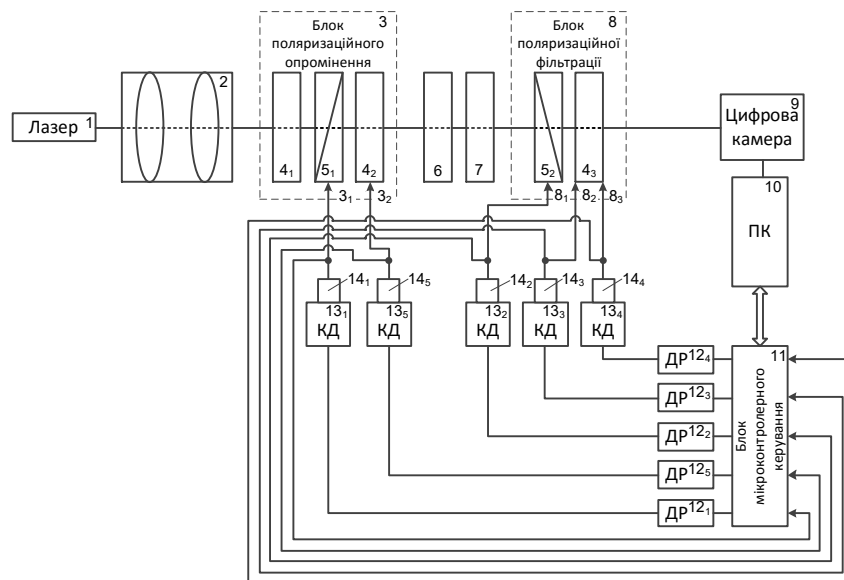


Рис. 1. Мультифункціональна автоматизована система двовимірної поляриметрії

Система містить містить: лазер 1 довжиною хвилі $\lambda = 0,638$ мкм, який випромінює пучок, що потрапляє через коліматор 2, який формує розширений пучок променів, до блоку поляризаційного опромінення 3. Блок 3 формує лазерний пучок з довільним азимутом та еліптичністю поляризації $I(\alpha, \beta)$ за допомогою двох чвертьхвильових пластинок $4_1, 4_2$ та лінійного поляризатора 5_1 ; проєкційний блок 7, кутова апертура якого узгоджена із індикатрисою розсіяння лазерного пучка, формує зображення оптико-анізотропного шару об'єкту 6, які попередньо відфільтровані блоком поляризаційної фільтрації 8, в площині цифрової світлочутливої камери 9. Блок поляризаційної фільтрації 8 складається із лінійного поляризатора 5_2 і чвертьхвильової пластинки 4_3 . При застосуванні багатофункціонального поляризаційного фільтру – аналізатора 8 вимірюють координатні розподіли значень інтенсивностей поляризаційно відфільтрованих лазерних зображень оптико-анізотропного шару 6, які через захоплювач кадрів відеокамери 9 передаються до комп'ютера 10 і там же зберігаються. Керування положенням вказаних поляризаційних елементів здійснюється за допомогою спеціального блоку мікроконтролерного керування 11. Для організації обміну між основною програмою комп'ютера 10 та блоком 11 застосовується командний режим. Основними функціями блоку 11 є керування поворотами та позиціонування двигунів 13_1-13_5 через драйвери двигунів 12_1-12_5 . Обертальні пристрої рухомих поляризаційних елементів схеми оснащені позиційними датчиками 14_1-14_5 , через які організовано зворотний зв'язок із блоком мікроконтролерного керування 11 [2].

Суть загального експерименту полягає у визначенні розподілів елементів матриці Мюллера та Джонса досліджуваного зразка оптико-анізотропного середовища, яким в даному випадку є зразок плазми крові людини. Перевагою запропонованої системи двовимірної поляриметрії є універсальність, яка дозволяє за допомогою варіації положень її структурних елементів та зміною прошивки драйверу мікроконтролерного керування адаптувати систему для проведення двох принципово різних за методикою експериментів.

Згідно алгоритму визначення розподілів елементів матриці Мюллера, який описано у [3], в ході експерименту отримуємо сукупність із 24 – х зображень, на основі яких по черзі визначаються координатні розподіли чотирьох параметрів вектора Стокса для серії відповідних зондуємих лазерних зображень і на їх основі формуються елементи матриці Мюллера досліджуваного об'єкту.

Відповідно, після визначення розподілів елементів Матриці Мюллера, визначаються розподіли елементів матриці Джонса. Згідно методики, яка описана у [4], необхідно провести вимірювання та алгоритми для визначення дійсної складової всіх чотирьох елементів матриці Джонса, які є відповідно «орієнтаційним», «фазовим» та «орієнтаційно-фазовим» елементами, що характеризують будову досліджуваного зразка плазми крові людини.

Аналіз отриманих розподілів відповідних елементів матриці Мюллера та елементів матриці Джонса зводиться до їх кількісної оцінки на основі визначення набору статистичних

моментів 1^{го}-4^{го} порядків, а також визначенні кореляційних моментів 1^{го}-4^{го} порядків, а також у проведенні фрактального аналізу (знаходження спектрів потужностей відповідних розподілів елементів матриці Мюллера та Джонса та розрахунок спектральних статистичних моментів 1^{го}-4^{го} порядків).

Порівняння та аналіз відповідних статистичних, кореляційних та спектральних моментів, можуть слугувати діагностичними критеріями для подальшої класифікації та диференціації досліджуваних оптико-анізотропних об'єктів. В свою чергу, порівняння між собою аналогічних статистичних, кореляційних та спектральних моментів розподілів елементів матриці Джонса та Мюллера надає принципово нову можливість для визначення рівня адекватності отримуваних даних. Відповідно, даний підхід може бути використаний у задачах діагностики для отримання додаткових діагностичних параметрів.

Висновки

На основі запропонованої системи двовимірної лазерної поляриметрії, яка є універсальною та адаптованою до проведення експериментів по визначенню розподілів матриць Джонса та Мюллера, відкривається потенційно нова можливість для отримання принципово нових діагностичних критеріїв в задачах класифікації та диференціації досліджуваних оптико-анізотропних об'єктів. Тому подальша робота буде спрямована на аналіз та обґрунтування запропонованої методики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zabolotna N. I. A multifunctional automated system of 2D laser polarimetry of biological tissues [Електронний ресурс] / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko // Proc. SPIE 9205 Reflection, Scattering, and Diffraction from Surfaces IV . – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1904401>.
2. Заболотна Н.І. Архітектура і алгоритми функціонування та аналізу даних двовимірних систем лазерної поляриметрії біологічних тканин / Н.І. Заболотна // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. - №1(25). – С.54-65.
3. Zabolotna N. I. Polarization laminated cartography of multilayer biological tissues [Електронний ресурс] / N. I. Zabolotna // Proc. SPIE 8338 Tenth International Conference on Correlation Optics. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1200522>.
4. Багатопараметрична Джонс-матрична мікроскопія плівок біологічних рідин людини у діагностиці та класифікації їхніх оптичних властивостей / [О. Г. Ушенко, В. О. Савич, Ю. О. Ушенко та ін.]. – Чернівці, 2015. – 189 с.

Заболотна Наталія Іванівна – канд.техн.наук, доцент кафедри лазерної і оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: natalia.zabolotna@gmail.com;

Радченко Костянтин Олегович – аспірант кафедри лазерної і оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Zabolotna Natalia I. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Laser and Optoelectronics engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: natalia.zabolotna@gmail.com;

Radchenko Kostiantyn O. – PhD student of Laser and Optoelectronics engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.