

ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ РЕФЕРЕНТНИХ МАТРИЦЬ ДЖОНСА В СИСТЕМІ МЮЛЛЕР-ДЖОНС МАТРИЧНОЇ ПОЛЯРИМЕТРІЇ ПЛАЗМИ КРОВІ

¹ Вінницький національний технічний університет.

Анотація

В роботі здійснено експериментальне оцінювання похибок визначення значень елементів матриці Джонса для лінійного поляризатора з його референтною матрицею Джонса.

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

Abstract

An experimental evaluation of the values determination errors of Jones matrix elements for a linear polarizer with its reference Jones-matrix carried out.

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

Вступ

Задача оцінювання похибок вимірювань досліджуваних об'єктів та джерел їх виникнення у системах лазерної відеополяриметрії стимулює шляхи удосконалення таких систем для отримання їх покращених технічних характеристик. В роботі [1] було здійснено оцінювання теоретичної інтегральної та індивідуальної похибок вимірювань значень елементів матриці Мюллера біологічного шару в системі двовимірного Мюллер-матричного картографування на основі числа обумовленості характеристичної матриці системи. А в роботі [2] здійснено експериментальне оцінювання похибок визначення значень елементів матриці Мюллера (на прикладі напівфазової пластинки) з теоретично відомою матрицею Мюллера.

Метою даної роботи є аналіз похибок експериментального вимірювання значень референтних матриць Джонса об'єкту з лінійним двоприменезаломленням у системі Мюллер-Джонс матричної поляриметрії плазми крові із застосуванням статистичного аналізу отриманих розподілів індивідуальних похибок.

Результати дослідження

Алгоритм Джонс – матричного картографування реалізовано на архітектурі автоматизованої системи Мюллер-Джонс матричної поляриметрії, поданої на рис. 1. Детальніше про принцип та алгоритм функціонування даної системи подано в роботі [3-5]. В рамках поставленої в даній роботі мети, необхідно провести вимірювання матриці Джонса (дійсної складової елементів) об'єкта дослідження.

Об'єкт дослідження повинен бути з оптично неоднорідною структурою, для якої відомі теоретичні матриці Джонса (референтні матриці). Тому за допомогою вищезгаданої системи Мюллер-Джонс-матричної поляриметрії було проведено ряд вимірювань з таким тестовим об'єктом як лінійний поляризатор.

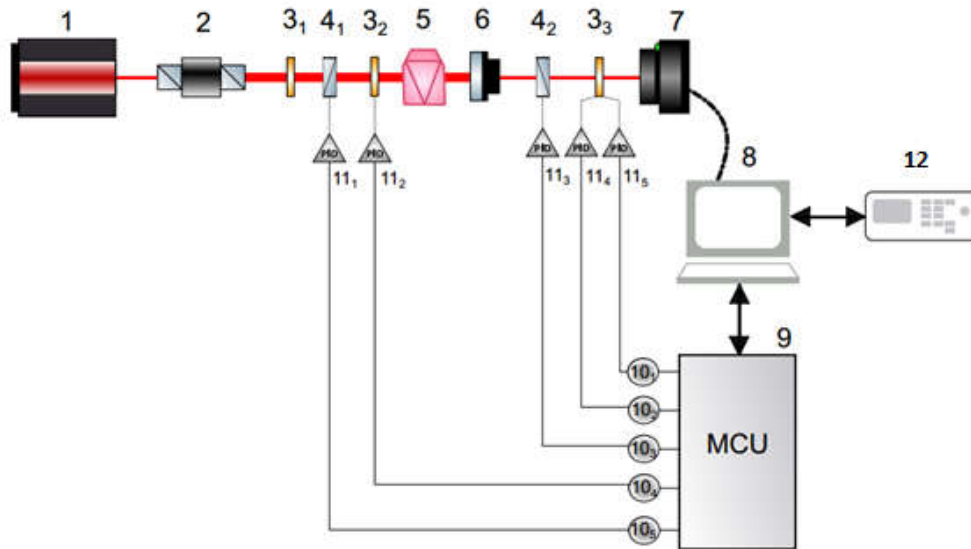


Рис. 1. Архітектура системи Мюллер-Джонс-матричної поляриметрії плазми крові

Даний поляризаційний елемент має параметри величини повороту ζ площини пропускання та у відповідності з цим характеризується такою матрицею Джонса [6]:

$$\{J\} = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (1)$$

Суть експерименту полягала в покроковому вимірюванні дійсної складової елементів матриці Джонса $R_{11;12;21;22}$ ($m \times n$) лінійного поляризатора з отриманням координатних розподілів похибок вимірних значень (різниця фактичних значень від значень референтної матриці для лінійного поляризатора) з їх подальшим статистичним обробленням.

Одержані результати з вимірювання координатних розподілів значень елементів матриці Джонса лінійного поляризатора та визначення статистичних характеристик координатних розподілів похибок наведено у таблиці 1. В таблиці прийняті позначення $\overline{\Delta R_{ik}}$ — середнє значення похибки визначення елемента R_{ik} ; $\overline{\overline{\Delta R_{ik}}}$ — дисперсія похибки;

Таблиця 1 - Об'єктивні параметри, що характеризують експериментальні похибки визначення розподілів ΔR_{ik}

Параметри	R_{11}	R_{12}	R_{21}	R_{22}
$\overline{\Delta R_{ik}}$	0,05	0,043	0,06	0,081
$\overline{\overline{\Delta R_{ik}}}$	0,02	0,017	0,019	0,028

Встановлено, що величина інтегральної (у межах $m \times n$) абсолютної похибки Δq вимірювань елементів $R_{11;12;21;22}$ лежить у межах 0,035–0,84.

Висновки

Здійснено експериментальне оцінювання похибок визначення значень елементів матриці Джонса для лінійного поляризатора з його референтною матрицею Джонса на експериментальній установці системи Мюллер-Джонс-матричної поляриметрії.

Величина експериментальної інтегральної відносної похибки лежить у межах від 3,5 % до 8,4 %, що є задовільним результатом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заболотна Н. І. Аналіз похибок визначення матриці Мюллера біологічного шару в системі двовимірного Мюллер-матричного картографування / Н. І. Заболотна, К. О. Радченко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2014. — № 2(28). — С. 62—70.
2. Заболотна Н. І. Похибки вимірювань референтних матриць мюллера в системі Мюллер матричного картографування біологічних шарів / Н. І. Заболотна // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2015. - № 1. - С. 109–117.
3. Zabolotna N. I. A multifunctional automated system of 2D laser polarimetry of biological tissues / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko // Proc. SPIE. — Vol. 9205, 92050V. — 2014.—doi: 10.1117/12.2062140.
4. Natalia I. Zabolotna; Sergii V. Pavlov; Kostiantyn O. Radchenko; Vladyslav A. Stasenko; Waldemar Wójcik, et al. Diagnostic efficiency of Mueller-matrix polarization reconstruction system of the phase structure of liver tissue, Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161E (December 18, 2015).
5. Zabolotna N.I. System of Mueller-Jones matrix polarizing mapping of blood plasma films in breast pathology / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko, M. H. Tarnovsiky // Proc. SPIE. – Vol. 10407, Polarization Science and Remote Sensing VIII; 1040714 (2017)
6. Джеррард А. Введение в матричную оптику / А. Джеррард, Дж. М. Берч. — М. : Мир, 1978. — 342 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 – молодший науковий співробітник кафедри біомедичної інженерії, 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. – junior researcher of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.