

## КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ КОРЕЛОМЕТРИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Наведено опис методу та системи лазерної поляриметричної діагностики біологічних тканин на основі розподілу комплексного ступеня взаємної поляризації із комп'ютерним аналізом даних та класифікатором.*

**Ключові слова:** біологічна тканина, лазер, система корелометричної діагностики, комплексний ступень взаємної поляризації, інтелектуальний аналіз даних.

### *Abstract*

*A description of the method and system of laser polarimetric diagnostics of biological tissues based on the distribution of the complex degree of mutual polarization with computer data analysis and a classifier is given.*

**Keywords:** biological tissue, laser, system of correlometric diagnostics, complex stage of mutual polarization, intelligent data analysis

Сучасні лазерні поляриметричні системи для автоматизованого вимірювання та аналізу поляризаційних параметрів біологічних тканин (БТ) знайшли своє використання в діагностиці запальних процесів та онкологічних захворювань на ранніх етапах розвитку. При цьому однією із вимог до таких систем є досягнення високого рівня достовірності проведення зазначеної діагностики.

Виділяють групу «одноточкових» методів поляриметричного та мюллер-матричного картографування, згідно з якими визначають мапи азимутів, еліптичностей поляризації поля випромінювання, розсіяного досліджуваними зразками, а також мапи мюллер-матричних елементів БТ з їх наступним статистичним та кореляційним аналізом [1]. Достовірність діагностики шарів БТ в таких системах є досить високою, але обмежується внаслідок азимутальної залежності вимірних параметрів від кута повороту зразків відносно лазерного поляризованого опромінюючого пучка [2].

Для усунення цього недоліку застосовують групу «двоточкових» корелометричних методів аналізу координатних розподілів величини азимута та еліптичності поляризації полів когерентного випромінювання, запропонованих у [3]. На відміну від «одноточкових» методів корелометричні методи визначають ступінь кореляції між паралельними компонентами поляризації амплітуди світлових коливань у різних точках розсіяного поля лазерного випромінювання.

В даній роботі розглядається метод корелометричної діагностики БТ на основі вимірювання та інформаційного аналізу такого двоточкового параметру як комплексний ступень взаємної поляризації (КСВП)  $V(x_1, x_2)$  [3], яка визначається за формулою

$$V(x_1, x_2) = \frac{(U_x(x_1)U_x(x_2) - U_y(x_1)U_y(x_2))^2 + 4U_x(x_1)U_x(x_2)U_y(x_1)U_y(x_2)\exp(i(\delta_2(x_2) - \delta_1(x_1)))}{(U_x^2(x_1) + U_y^2(x_1))(U_x^2(x_2) + U_y^2(x_2))},$$

де  $x_1, x_2$  – координати двох точок;  $U_x(x_1, x_2), U_y(x_1, x_2)$  – значення інтенсивностей мікроскопічного зображення гістологічного зрізу біологічної тканини в точках з координатами  $x_1, x_2$ ;  $\delta_1, \delta_2$  – фазовий зсув в точках з координатами  $x_1, x_2$ .

Система для лазерної корелометричної діагностики, яка реалізує вказаний метод вимірювань на основі обчислення КСВП, включає традиційні блоки: напівпровідниковий лазер, що працює на довжині хвилі 638 нм, коліматор, лінійний поляризатор і перша фазова чвертьхвильова пластинка для отримання правоциркулярно поляризованого лазерного пучка, об'єктний блок, проєкційний блок, шестиканальний блок поляризаційного аналізу, цифрова камера для реєстрації мікроскопічних зображень та комп'ютер і блок керування елементами системи.

Сутність методики визначення координатного розподілу КСВП зводиться до наступного.

Застосовується така методика експериментальних вимірювань розподілу значень модуля.

1. Формують за допомогою лінійного поляризатора і чвертьхвильової пластинки циркулярно поляризований опромінюючий пучок.
2. Вимірюється без блоку поляризаційного аналізу координатний розподіл ( $m \times n$ ) інтенсивності зображення біологічної тканини  $I(m \times n)$ , де  $m \times n$  - сукупність пікселів цифрової камери.
3. Встановлюють блок поляризаційного аналізатора при відсутності чвертьхвильової пластинки в ньому і орієнтують взаємноортогональні осі пропускання, для кожного з ортогональних положень вимірюють розподіли значень інтенсивності.
4. Вимірюють розподіли параметрів вектора Стокса для кожного окремого пікселя зображення, що фіксується камерою.
5. Розраховують мапи азимутів, еліптичностей та фазових зсувів за відомими формулами на основі вимірних інтенсивностей.
6. На основі вимірних інтенсивностей для кожного з ортогональних положень та отриманих фазових зсувів за вищенаведеною формулою обчислюємо розподіл КСВП.

Зазначимо, що комп'ютер містить модулі визначення координатного розподілу значень модуля КСВП; блок обробки даних для кореляційного співставлення станів поляризації у різних точках поляризаційних мап зображень БТ; блок багатопараметричного аналізу отриманих розподілів КСВП для визначення інформативних ознак; базу знань; класифікатор, а також інтерфейс користувача.

В якості інформативних ознак обрано оцінки статистичних та кореляційних моментів отриманих розподілів КСВП. Класифікатор будується на основі виведених моделей, побудованих на нечіткій логіці.

Враховуючи, що в роботі [3] виявлено стабільність сукупності статистичних, кореляційних параметрів, які характеризують координатні розподіли КСВП, до поворотів досліджуваного шару БТ, можливі перспективи отримання підвищення достовірності діагностики є очевидними.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zabolotna N.I., Sholota V.V., Okarskyi H. H. Methods and systems of polarization reproduction and analysis of the biological layers structure in the diagnosis of pathologies. *Proc. SPIE*. 2020. Vol. 11369, 113691S. P. 501-513.
2. Mueller-matrix invariants of optical anisotropy of the bile polycrystalline films in the diagnosis of human liver pathologies / Ushenko V. A. et al. *Proc. SPIE*. 2015. Vol. 9599. 959920.
3. Дуболазов О.В. Багатофункціональна стокс-корелометрія поляризаційно-неоднорідних об'єктних полів оптично-анізотропних біологічних шарів: автореф. д.фіз.-мат. наук:01.04.05. Чернівці. 2021. 40 с.

**Заболотна Наталія Іванівна** – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: natalia.zabolotna@vntu.edu.ua

**Бондар Ярослав Сергійович** — студент гр. ЛТО-22 м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: hideacc95@gmail.com

**Zabolotna Natalia I.** – Dr.Sc. (Eng.), Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: natalia.zabolotna@vntu.edu.ua

**Bondar Yaroslav S.** - student of the group LTO-22 m, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : hideacc95@gmail.com