

СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЇ АЗИМУТАЛЬНО НЕЗАЛЕЖНОЇ МЮЛЛЕР-ПОЛЯРИМЕТРІЇ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі описано удосконалену структуру системи для визначення довжин векторів із азимутально незалежних елементів матриці Мюллера біологічного шару. Оцінено достовірність діагностики стану біологічних тканин, реалізованої за допомогою удосконаленої системи.

Ключові слова: біологічна тканина, біологічний шар, діагностика, система, мюллер-поляриметрия.

Abstract

The paper describes an improved structure of the system for determining the lengths of vectors from azimuthally independent elements of the Mueller matrix of the biological layer. The reliability of diagnostics of the condition of biological tissues, implemented with the help of an improved system, was evaluated.

Key words: biological tissue, biological layer, diagnostics, system, Muller polarimetry.

Вступ

На сьогоднішній день розробка методів і систем лазерної поляризаційної діагностики біологічних тканин (БТ) має велике значення і є перспективним для виявлення на ранніх стадіях розвитку ракових захворювань. Це відбувається завдяки перевазі поляризованого випромінювання, яке використовується в таких системах у довільному діапазоні довжин хвиль і не збільшує інтенсивність випромінювання, яке могло б завдати шкоди об'єкту дослідження [1-4].

Але основною перевагою є можливість підвищити інформативність методів діагностики БТ шляхом реєстрації в мікронному масштабі змін оптичної анізотропії біошару (БШ) – стадії пухлинного процесу, зумовленої зміною молекулярного структурного порядку білків при ранній стадії. Це не властиво іншим діагностичним методам.

У методах поляризаційної діагностики для опису взаємодії лазерного випромінювання з лазерним випромінюванням використовується матриця Мюллера [1]. Критерії подальшої діагностики визначали на підставі дослідження зв'язку між розподілом елементів матриці Мюллера та відповідним фізіологічним станом досліджуваної біологічної тканини.

Метою даної роботи є удосконалення системи діагностування біологічних тканин з розширенням її функціональних можливостей.

Результати дослідження

Застосовано відомий феноменологічний метод для вимірювання повного набору мюллер-матричних зображень (ММЗ) досліджуваного біологічного шару. Для його реалізації застосовується архітектура системи лазерної мюллер-поляриметрії біологічних тканин.

Схема містить вимірювальний канал, який дозволяє отримати повний набір ММЗ, за таким алгоритмом.

1. За допомогою лазера на довжині хвилі 450 нм формується опромінюючий пучок поляризованого випромінювання.
2. За допомогою генератора поляризаційних станів змінюється тип поляризації лазерного пучка.
3. Через досліджуваний об'єкт (розташований на предметному столику), пропускається пучок, в результаті чого формується поляризоване випромінювання з розсіюванням відповідно до властивостей зразка.
4. За допомогою аналізатора змінюємо тип поляризації.
5. Здійснюємо фіксування відфільтрованих зображень на цифрову камеру.

Обчислювальним компонентом в даній схемі є комп'ютер.

Для покращення результатів використовувалися лише ММЗ, що є незалежними від кута повороту зразку БТ по відношенню до напрямку опромінення і розраховувалися довжини матричних векторів за наступними формулами:

$$\begin{aligned}V_{12+13}(x, y) &= \sqrt{m_{12}(x, y)^2 + m_{13}(x, y)^2}, \\V_{21+31}(x, y) &= \sqrt{m_{21}(x, y)^2 + m_{31}(x, y)^2}, \\V_{42+43}(x, y) &= \sqrt{m_{42}(x, y)^2 + m_{43}(x, y)^2}, \\V_{24+34}(x, y) &= \sqrt{m_{24}(x, y)^2 + m_{34}(x, y)^2},\end{aligned}$$

де $m_{ij}(x, y)$ – ММЗ.

Подальший аналіз та реалізація підтримки прийняття рішення здійснюється відповідно до інформативних ознак матричних векторів. Для цього обчислюються статистичні та кореляційні моменти 4-ох порядків, в результаті чого на кожен з матричних векторів маємо 8 інформативних ознак. Це дозволяє приймати рішення стосовно БШ на основі 32 ознак, де кожна з ознак має інформативний характер.

Оцінка достовірностей діагностики раку шийки матки за вказаним методом, реалізованим удосконаленою системою, дозволила визначити підвищення рівня до рівня 95%-97%.

Висновки

Використовуючи вектори незалежних ММЗ та підсистеми підтримки прийняття рішень в структурі системи мюллер-поляриметрії, вдалось розширити її функціональні можливості та покращити достовірність діагностування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alalia S. Polarized light imaging in biomedicine: emerging Mueller matrix methodologies for bulk tissue assessment. *Journal of Biomedical Optics*. 2015. Vol. 20(6). 061104.
2. Лазерна поляриметрія біологічних тканин. Діагностика пухлин жіночих репродуктивних органів / під ред. Ушенка О.Г., Пересунька О.П., Сенютовича Р.В.. Чернівці: Чернівецький нац. ун – т, 2010. 476 с.
3. Заболотна Н.І., Окарський Г.Г. Система автоматизованої двохвилевої мюллер-поляриметрії для оцінювання анізотропної структури гістологічних зрізів: *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2020. №1. С. 27 -37.
4. Заболотна Н.І., Бісікало О.В., Шолота В.В. Підтримка прийняття рішень в системі поляризаційної зображальної діагностики гістологічних зрізів за аналізом їх параметрів анізотропії. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2020. №2. С.29-40.

Заболотна Наталія Іванівна – професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com

Загоруйко Вадим Ігорович— студент групи ЛТО-22м факультету інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Zabolotna Natalia I. - Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: natalia.zabolotna@gmail.com

Zagoruyko Vadim I. – student of Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia