

МЕТОД БАГАТОХВИЛЬОВОЇ ЛАЗЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано сучасні методи та системи трьоххвильової лазерної поляриметрії для відтворення орієнтаційних та фазових параметрів структурної анізотропії біологічних тканин на довжинах хвиль 634 нм, 435 нм та додатковій довжині хвилі в діапазоні 488 нм - 405 нм.

Ключові слова: гістологічний зріз, трьоххвильове поляризаційне відтворення, анізотропна структура, мюллер-матричне зображення, інформативні ознаки, статистичні оцінки, кореляційні оцінки

Abstract

Modern methods and systems of three-wave laser polarimetry for reproduction of orientation and phase parameters of structural anisotropy of biological tissues at wavelengths of 634 nm, 435 nm and an additional wavelength in the range of 488 nm - 405 nm were analyzed.

Keywords: histological section, three-wave polarization reproduction, anisotropic structure, Muller-matrix image, informative features, statistical estimates, correlation estimates

Вступ

Поляризаційні методи та системи дослідження оптико-анізотропних біологічних об'єктів, зокрема оптично тонких гістологічних зрізів біологічних тканин, є достатньо інформативними та ефективними для застосування в системах медичної діагностики та судової медичної експертизи. Для їх повноцінного застосування в медичних закладах необхідна висока достовірність діагностичних систем та експресність.

Серед перспективних розробок та досліджень, присвячених даному напрямку, відзначимо методи та системи лазерної мюллер-відеополяриметрії та поляризаційно-фазові методи та системи прямого відтворення орієнтаційних та фазових параметрів анізотропії біологічних шарів (БШ), поданих у вигляді зображень [1, 2].

Відомі зображальні поляриметричні системи, описані в роботах [3, 4], забезпечують можливість вимірювань параметрів анізотропії на основі мюллер-матричних зображень БШ на двох довжинах хвиль 634 нм та 435 нм (або 405 нм). Разом з тим, застосування в таких системах опосередкованого методу вимірювання параметрів мікроструктурної анізотропії БШ при відсутності їх комплексного аналізу та відсутності формування моделей підтримки прийняття рішень (ППР) є стримуючими факторами для отримання максимально високого рівня достовірності діагностики.

Таким чином, розширення інформаційної повноти вимірювань системою прямого відтворення орієнтаційних та фазових параметрів анізотропії БШ шляхом проведення вимірювання на трьох довжинах хвиль 634 нм, 435 нм та додатковій довжині хвилі в діапазоні 488 нм - 405 нм із наступним комплексним комп'ютерним аналізом отриманих розподілів з формуванням ППР є основними чинниками подальшого підвищення достовірності діагностики гістологічних зрізів БШ в системах відеополяриметрії.

Отже, метою роботи є підвищення достовірності діагностики біологічних тканин в системі лазерної відеополяриметрії шляхом розвитку трьоххвильових методів відтворення орієнтаційних та фазових параметрів оптично тонкого біологічного шару та вдосконалення структури системи з подальшим автоматичним формуванням правила прийняття рішення.

Результати дослідження

У відому лазерну систему мюллер-матричного картографування, відтворення та аналізу оптично анізотропного БШ, що працює на довжинах хвилі лазера 0,634 мкм та 0,435 мкм [2], введено третій лазер, який працює на довжині хвилі 0,405 мкм, вибраній з вказаного вище діапазону. Лазери вмикають по чергову, при цьому формуються відповідні світлові інтенсивності, які подаються на входи світло об'єднувача, вихід якого оптично з'єднаний через коліматор із входом багатоканального поляризаційного опромінювача.

Враховуючи особливості побудови вищевказаної системи, метод багатохвильового відтворення та аналізу полікристалічної структури оптично тонких БШ за розподілами значень елементів матриці Мюллера полягає в наступних діях.

1. На довжині хвилі лазера 0,634 мкм опромінюємо послідовно біологічний шар по черзі лазерним випромінюванням одного із чотирьох різних типів поляризації ($\alpha_0 = 0^\circ; \alpha_0 = 90^\circ; \alpha_0 = 45^\circ; \beta = 45^\circ$), сформованих багатоканальним поляризаційним опромінювачем.
2. Здійснюємо по черзі поляризаційну фільтрацію ($\theta = 0^\circ; \theta = 90^\circ; \theta = 45^\circ; \theta = 135^\circ; \theta = \otimes; \theta = \oplus$) утворених лазерних поляризованих зображень за допомогою багатоканального поляризаційного аналізатора.
3. Реєструємо в площині камери серію із 24 поляризаційно відфільтрованих зображень.
4. По черзі алгоритмічно визначаємо координатні розподіли параметрів вектора Стокса через інтенсивності відповідних поляризаційно відфільтрованих лазерних зображень. Невідомий елемент матриці Мюллера визначаємо у кожному з отриманих рівнянь на основі вищеописаних параметрів вектора Стокса та відомих елементів матриці Мюллера.
5. Обчислюємо статистичні оцінки координатного розподілу та автокореляційних функцій розподілів елементів матриці Мюллера на довжині хвилі 0,634 мкм.
6. Здійснюємо опромінення послідовно біологічного шару на довжині хвилі 0,435 мкм по черзі лазерним поляризаційним випромінюванням одного із чотирьох різних типів поляризації ($\alpha_0 = 0^\circ; \alpha_0 = 90^\circ; \alpha_0 = 45^\circ; \beta_0 = 45^\circ$), сформованих багатоканальним поляризаційним опромінювачем.
7. Пункти 2-6 повторюємо, сформувавши статистичні оцінки координатного розподілу та автокореляційних функцій розподілів елементів матриці Мюллера на довжині хвилі 0,435 мкм.
8. Здійснюємо опромінення послідовно біологічного шару на довжині хвилі 0,405 мкм по черзі лазерним поляризаційним випромінюванням одного із чотирьох різних типів поляризації ($\alpha_0 = 0^\circ; \alpha_0 = 90^\circ; \alpha_0 = 45^\circ; \beta_0 = 45^\circ$), сформованих багатоканальним поляризаційним опромінювачем.
9. Пункти 2-6 повторюємо, сформувавши статистичні оцінки координатного розподілу та автокореляційних функцій розподілів елементів матриці Мюллера на довжині хвилі 0,405 мкм.
10. На основі отриманих статистичних оцінок координатного розподілу та автокореляційних функцій розподілів елементів матриць Мюллера, отриманих на трьох довжинах хвиль 0,635 мкм, 0,435 мкм та 0,405 мкм визначаємо інформативні ознаки диференціації змін оцінок, обумовлених патологічними станами БШ.

Висновки

Запропоновано метод трьоххвильового відтворення розподілу елементів Мюллер-матричних зображень оптично тонких гістологічних зрізів на довжинах хвиль 0,632 мкм, 0,435 мкм та 0,405 мкм. Проведений статистичний та кореляційний аналіз отриманих ММЗ дозволив збільшити кількість інформативних параметрів для проведення наступної діагностики та

диференціації фізіологічних станів досліджуваних гістологічних зрізів, що може слугувати чинником для підвищення достовірності оцінювання патологічних станів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Багатопараметрична джонс-матрична мікроскопія плівок біологічних рідин людини у діагностиці класифікації їхніх оптичних властивостей Чернівці / Ушенко О.Г., Савич В.О., Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Паранський М.Д. Чернівці: ЧНУ, 2015. 189 с.
2. Zabolotna N.I., Dovhaliuk R.Y. Orientational tomography of optical axes directions distributions of multilayer biological tissues birefringent polycrystalline networks. *Proc. SPIE*. 2013. Vol. 8873. 887313; doi: 10.1117/12.2048634.
3. Заболотна Н.І., Окарський Г.Г. Система автоматизованої двохвилевої мюллер-поляриметрії для оцінювання анізотропної структури гістологічних зрізів. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2020. Том 39, №1. С.27-37.
4. Ушенко В.О. Вектор-параметрична діагностика та диференціація проявів оптичної анізотропії біологічних полікристалічних мережб автореф. дис. ... канд .фіз.-мат. наук: 01.04.05. Київ. 2015. 20 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

Швидюк Олег Сергійович – аспірант, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olegshvydiuk@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

Oleh Shvydiuk S. – postgraduate, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : olegshvydiuk@gmail.com