

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПОЛЯРИЗАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ ОПТИЧНО ТОВСТИХ ШАРІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Експериментально підтверджена можливість застосування поляризаційного картографування оптично товстих біологічних тканин. Дослідження проведено за допомогою системи багатопараметричної лазерної поляриметрії. Застосовано модель процесів перетворення азимуту та еліптичності поляризації лазерного випромінювання. Знайдено статистичні критерії поляриметричної диференціації оптичних властивостей багатопараметричних біологічних тканин.

Ключові слова: поляризаційна діагностика, оптично товсті біологічні тканини, поляризаційне картографування, статистичні, кореляційні, фрактальні параметри, двопронезаломлення, мапа азимутів поляризації.

Abstract

The possibility of using polarisation mapping of optically thick biological tissues has been experimentally confirmed. The study was carried out using a multiparameter laser polarimetry system. A model of the processes of transformation of the azimuth and ellipticity of laser polarisation was used. The statistical criteria for polarimetric differentiation of optical properties of multilayered biological tissues are found.

Keywords: polarisation diagnostics, optically thick biological tissues, polarisation mapping, statistic, correlation, fractal parameter, birefringence, maps of the polarization azimuths.

Вступ

Відомо, що при діагностиці реальних біологічних тканин (БТ) органів людини важливу роль відіграють методи та засоби поляризаційної діагностики, які дозволяють отримувати достовірну інформацію за аналізом поляриметричних параметрів оптично товстих шарів БТ. Зазвичай за умов багаторазового розсіяння поляризаційна інформація про оптико-анізотропну будову об'єкту усереднюється і втрачається однозначність взаємозв'язків. В той же час, в роботах [1-4] запропонована узагальнена на випадок багатопараметричних полікристалічних мереж модель процесів перетворення азимуту та еліптичності поляризації лазерного випромінювання. Її особливістю полягає в тому, що опосередкована диференціація оптично товстих БТ проводиться на основі аналізу величин оцінок статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують відповідні поляризаційні мапи.

Метою даної роботи є експериментальне підтвердження діагностичних можливостей поляризаційного картографування оптично товстих БТ.

Результати дослідження

При проведенні експерименту використовувалися оптично товсті (коефіцієнт ослаблення 0,45 та 0,75) гістологічні крио-зрізи м'язової тканини (МТ) і дерми шкіри (ДШ).

Геометричні параметри сіток біологічних кристалів таких тканин істотно розрізняються. Архітектоніка МТ впорядкована - оптичні осі міозинових фібрил переважно прямолінійні. Для полікристалічної складової шару ДШ - оптичні осі двопронезаломлюючих колагенових фібрил криволінійні.

Дослідження проходили при використанні експериментальної установки системи багатопараметричної лазерної поляриметрії, що створена на кафедрі БМІОЕС ВНТУ під

керівництвом проф. Заболотної Н.І. Методика експериментального визначення координатних розподілів азимутів і еліптичності поляризації лазерних зображень біологічних тканин детально викладена у роботі [3].

На рис. 1 показана серія поляризаційних мап азимутів та еліптичностей шарів м'язової тканини з різною оптичною товщиною. Також отримані відповідні мапи для дерми шкіри при різній оптичній товщині.

Для оцінювання особливостей поляризаційних мап оптично товстих БТ різних типів використовувався набір статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли азимутів і еліптичностей, автокореляційні функції і логарифмічні залежності спектрів потужності таких розподілів.

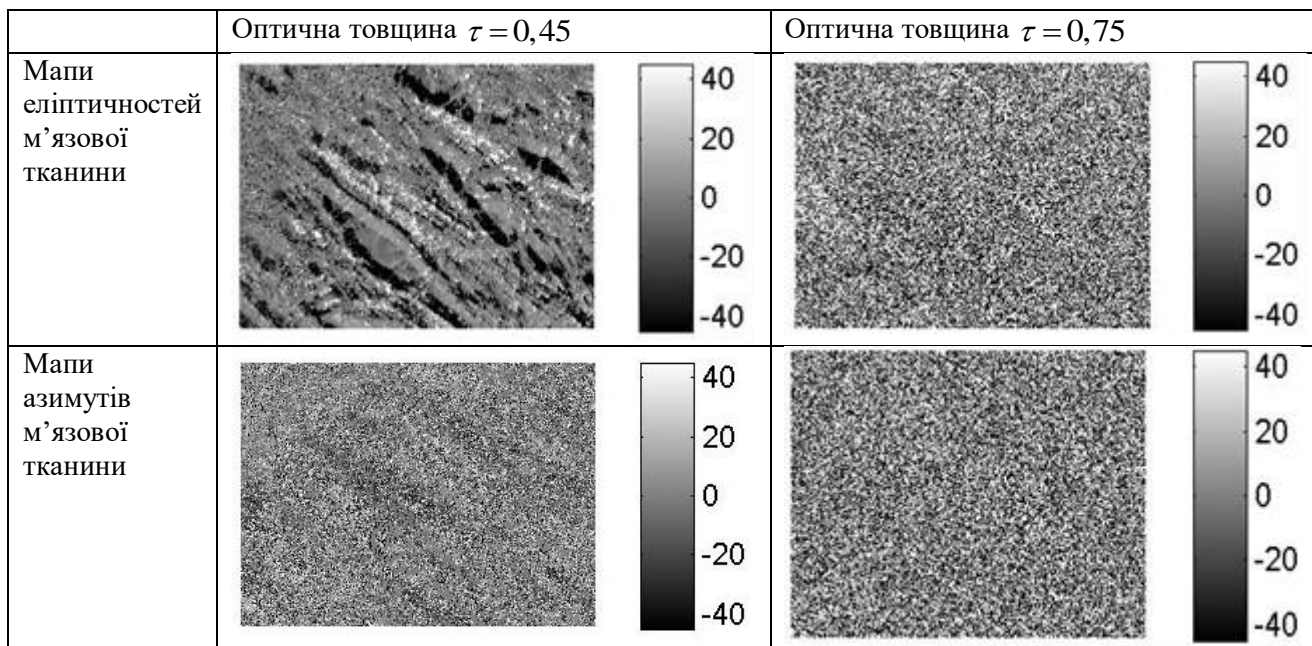


Рисунок 1 – Мапи азимутів та еліптичностей м'язової тканин різної оптичної товщини

З аналізу величин набору статистичних, кореляційних і фрактальних параметрів, які характеризують структуру розподілів азимутів і еліптичності поляризації зображень БШ при оптичній товщині ($\tau = 0,45$) отримано такі діагностично актуальні відмінності між діапазонами зміни:

- набору статистичних моментів $M_{3,4}$: для азимутів від 1,5 до 2 разів; для еліптичностей - від 2 до 3,4 разів;
- статистичного спектрального моменту W_2 : для азимутів до 1,8 разів.

Для випадку коефіцієнту ослаблення $\tau = 0,75$ єдиним діагностично актуальним є статистичний момент 4-го порядку M_4 - відмінності для азимутів та еліптичностей досягають 2 разів.

Висновки

Експериментально підтверджена адекватність моделювання методом суперпозиції матриць Мюллера поляризаційних властивостей багат шарових оптично товстих полікристалічних мереж на прикладі дослідження гістологічних зрізів реальних біологічних тканин – м'язової тканини. Це дозволило також узагальнити методику експериментальної двовимірної поляризаційної томографії на випадок оптично товстих шарів біологічних тканин різної морфологічної побудови.

На основі комплексного статистичного, кореляційного і фрактального підходу до аналізу поляризаційно – неоднорідних зображень багаторазово розсіюючих біологічних тканин виявлено взаємозв'язки між тенденціями зміни величин набору статистичних, кореляційних і фрактальних

параметрів, які характеризують розподіли азимутів і еліптичностей поляризації, і особливостями побудови двопронезаломлюючих сіток.

Виявлено статистичні критерії поляриметричної диференціації оптичних властивостей багат шарових структурованих і неструктурованих оптично товстих біологічних тканин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заболотна Н.І. Мюллер-матрична двовимірна томографія багат шарових полікристалічних мереж біологічних тканин і рідин/ Н.І. Заболотна, О.Г. Ушенко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2010. - №2(20). – С.156-162.
2. Заболотна Н.І. Аналітичні основи поляризаційного картографування багат шарових двопронезаломлюючих полікристалічних мереж / Н.І. Заболотна // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2011. - №2(22). – С.110-117
3. Заболотна Н.І. Принципи і методи поляризаційного картографування біологічних тканин / Н.І. Заболотна, Б.П. Олійниченко // Фотобіологія та фотомедицина.- 2010. - №3,4. – С.84-90.
4. Заболотна Н.І. Моделювання та аналіз Мюллер-матричних зображень багат шарових полікристалічних мереж з детермінованими розподілами орієнтацій них та фазових параметрів / Н.І. Заболотна, В.В. Шолога, Ю.Ю. Левандовська [та ін.] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2011. - №1(21). – С. 82 – 92.

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

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

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

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