

ДІАГНОСТИЧНІ ОБМЕЖЕННЯ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЇ ТОМОГРАФІЇ ОПТИЧНО ТОВСТИХ БАГАТОШАРОВИХ ТКАНИН

В роботі досліджувались діагностичні можливості Мюллер-матричної томографії оптично товстих шарів ($\tau > 0,1$, де τ - оптична товщина середовища) багаторазово розсіюючих біологічних тканин (БТ) різної морфологічної побудови, що маскуються (екрануються) зовнішніми шарами, де має місце багаторазове розсіювання лазерного випромінювання. З фізичної точки зору така ситуація призводить до порушення однозначності взаємозв'язків між двовимірними розподілами елементів матриці Мюллера і двовимірними розподілами «орієнтаційних» та «фазових» томограм шару оптичної БТ $f_{ik}(X, Y) \Leftrightarrow \rho(X, Y); \delta(X, Y)$ [1]. Аналітично дана обставина унеможливорює адекватне застосування методу поляризаційного відтворення [1]. Тому актуальним є дослідження діагностичних можливостей лазерної поляриметриї багаторазово розсіяних лазерних полів у різних зонах дифракції.

Для проведення вимірювань застосовувалась розроблена багатofункціональна автоматизована система двовимірної Мюллер-матричної томографії шарів оптико-анізотропних БТ, детально описана в роботі [1], що функціонувала в режимі відтворення структури «екранованого» зовні біологічного шару двошарових структур та подальшого автоматизованого аналізу отриманих зображень (мап)[2,3].

За досліджувані біологічні матеріали було взято гістологічні зрізи шийки матки (двошарова структура «гладкий м'яз – сполучна тканина») з різними фізіологічними станами («норма» і «патологія»(дисплазія)) для двох «граничних» оптичних товщин, де діагностика фізіологічних станів ще можлива ($\tau_1 = 0,75$) і неможлива ($\tau_2 = 1,5$).

Порівняльний аналіз одержаних даних про структуру розподілів «орієнтаційного» y_{22} і «фазового» y_{44} елементів матриці Мюллера гладкого м'яза оптично – товстого шару тканини матки різного фізіологічного стану виявив значні відмінності між експериментально виміряними Мюллер – матричними зображеннями та відповідними томограмами ($y_{22}(m \times n) \rightarrow \rho(m \times n), y_{44}(m \times n) \rightarrow \delta(m \times n)$) і, поляризаційно відтвореними ($y_{22}^*(m \times n) \rightarrow \rho(m \times n), y_{44}^*(m \times n) \rightarrow \delta(m \times n)$), розподілами напрямів орієнтацій оптичних осей та величин фазових зсувів полікристалічних мереж. Дана обставина свідчить про переважний вплив (за рахунок багаторазового розсіяння) статистичної інтерференції різнополяризованих хвильових фронтів на процеси формування розподілів $y_{22}(m \times n) \rightarrow \rho(m \times n), y_{44}(m \times n) \rightarrow \delta(m \times n)$. Внаслідок цього і виникають розбіжності між експериментально визначеними і поляризаційно – відтвореними «орієнтаційними» і «фазовими» томограмами.

Для аналізу особливостей «орієнтаційних» та «фазових» мап досліджуваних шарів гладкого м'яза шийки матки різної оптичної товщини та різного фізіологічного стану ми використовували набір статистичних моментів 1-го – 4-го порядків ($M^{(i)}$), кореляційні моменти 2-го, 3-го, 4-го порядків ($Q^{(i=2,3,4)}$) і спектральні моменти $J^{(i=1,2,3,4)}$.

В таблиці 1 приведені значення статистичних, кореляційних і спектральних моментів, які характеризують координатні розподіли безпосередньо експериментально вимірянних і поляризаційно відтворених (двошарова структура «гладкий м'яз – сполучна тканина») «орієнтаційних» матричних елементів $y_{22}^*(m \times n)$ для двох «граничних» оптичних товщин. Аналогічні розрахунки були проведені і для «фазових» елементів $y_{44}^*(m \times n)$.

З аналізу даних, приведених у таблиці, видно, що відмінності між статистичними, кореляційними, спектральними моментами розподілів експериментально вимірянних і поляризаційно відтворених елементів $y_{22}(m \times n)$ тканини гладкого м'яза шийки матки різної оптичної товщини τ досягають 2 – 9 разів. Разом з тим метод Мюллер – матричного відтворення поляризаційних властивостей орієнтаційної і фазової оптико – анізотропної структури гладкого м'яза багатшарової тканини матки дозволяє диференціювати її різні фізіологічні стани до оптичних товщин $\tau \leq 0,75$. Найбільш діагностично ефективним для диференціації

оптичних властивостей здорового і онкологічно зміненого шару гладкого м'яза оптично товстої ($\tau \leq 0,75$) тканини шийки матки є:

- 3-й і 4-й статистичний моменти координатних розподілів $y_{22}^*(m \times n)$ – відмінності між ними лежать у межах від 1,5 (M_3) до 2 (M_4) раз; 4-й статистичний момент координатних розподілів $y_{44}^*(m \times n)$ – відмінності між їх значеннями досягають 2-х раз;
- 4-й кореляційний момент Q_4 - відмінності між ними складають 2,5 рази, і 1,85 разів відповідно.

Таблиця 1

y_{22}	$\tau_1 = 0,75$				$\tau_2 = 1,5$			
	Норма		Патологія		Норма		Патологія	
$M^{(1)}$	0,43	0,27*	0,39	0,27*	0,21	0,18*	0,19	0,16*
$M^{(2)}$	0,24	0,18*	0,21	0,18*	0,13	0,41*	0,14	0,34*
$M^{(3)}$	0,53	0,25*	0,1	0,15*	0,09	0,01*	0,07	0,02*
$M^{(4)}$	1,45	0,64*	0,89,	0,24*	0,14	0,07*	0,17	0,09*
$Q^{(2)}$	0,25	0,19*	0,22	0,29*	0,29	0,24*	0,24	0,26*
$Q^{(3)}$	0,16	0,54*	0,15	0,34*	0,03	0,09*	0,07	0,08*
$Q^{(4)}$	0,31	1,04*	0,54	0,47*	0,05	0,16*	0,08	0,19*
$J^{(1)}$	0,72	0,57*	0,7	0,59*	0,76	0,59*	0,78	0,51*
$J^{(2)}$	0,23	0,39*	0,26	0,33*	0,21	0,39*	0,23	0,36*
$J^{(3)}$	0,11	0,72*	0,13	0,66*	0,04	0,25*	0,05	0,32*
$J^{(4)}$	0,31	1,43*	0,36	1,65*	0,05	0,43*	0,07	0,51*

Встановлено, що для більших значень оптичної товщини $\tau \geq 1,5$ багатшарової біологічної тканини «орієнтаційне» і «фазове» «Мюллер – матричне томографування є неоднозначним і, внаслідок цього діагностично неефективним.

Література

1. Заболотна Н.І. Метод та система поляризаційного відтворення координатних розподілів елементів матриці Мюллера двошарових сіток біологічних кристалів/ Н.І. Заболотна //Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. - №1(23). – С.99-109.
2. Заболотна Н.І. Система фазової Мюллер-матричної томографії полікристалічних мереж біологічних тканин /Н.І. Заболотна, С.В. Павлов, Б.П. Олійниченко // Клінічна інформатика і теле-медицина. - 2011.-Т.7.- Вип.8. – С.68-75.
3. Заболотна Н.І. Система орієнтаційної Мюллер-матричної томографії полікристалічних мереж біологічних кристалів // Н.І. Заболотна, С. В. Павлов, В.В. Шолота, С.Є. Тужанський// Фотобіологія та фотомедицина. – 2011. – Т.8. - №2.