

РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЛАЗЕРНОЇ ПОЛЯРИМЕТРИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Сучасні дослідження в області медичної діагностики виявляють значний потенціал лазерної поляриметрії як доповнення до традиційних лабораторних аналізів. Ця робота представляє інноваційний підхід до використання поляриметричних методів для аналізу біологічних рідин, зокрема жовчі, з метою виявлення та діагностики захворювань, таких як жовчокаменева хвороба та цукровий діабет.

Ключові слова: лазерна поляриметрія, медична діагностика, фазова анізотропія, амплітудна анізотропія, жовчокаменева хвороба, цукровий діабет.

Abstract

Modern research in the field of medical diagnostics reveals significant potential for laser polarimetry as a supplement to traditional laboratory analyses. This work presents an innovative approach to using polarimetric methods for the analysis of biological fluids, particularly bile, with the aim of detecting and diagnosing diseases such as cholelithiasis and diabetes.

Keywords: laser polarimetry, medical diagnostics, phase anisotropy, amplitude anisotropy, gallstone disease, diabetes mellitus.

Вступ

Методи лазерної поляриметрії використовують унікальні оптичні властивості біологічних рідин для аналізу їх морфологічного стану. Вони забезпечують можливість виявлення кореляцій між різними параметрами поляризації, що відкриває шлях для розробки нових або вдосконалення існуючих діагностичних методів.

Властивості подвійно заломлювати світло та обертати площину поляризації лазерного випромінювання при взаємодії із біологічним шаром (БШ), що має оптико-анізотропну кристалічну структуру, застосовують для вимірювання розподілів поляризаційних об'єктних та польових параметрів. На основі встановлення зв'язків між ними розроблено різноманітні методи для високоінформативної медичної діагностики, в тому числі й таких захворювань жовчовивідної системи як жовчокаменева хвороба та цукровий діабет.

Використовуючи оптичну модель шару жовчі людини як матрицю [1], що містить ізотропну та анізотропну рідкокристалічну складову, розроблено спосіб та систему для лазерної поляриметричної діагностики плівок жовчі [2], що працює на довжині хвилі 0,632 мкм. Вимірювання на одній довжині хвилі обмежують можливості вказаного метода і системи.

Система лазерної поляриметричної діагностики біологічних шарів (БШ), розроблена у Вінницькому національному університеті і описана в роботах [3], дозволяє в автоматизованому режимі вимірювати параметри фазової анізотропії у вигляді мап напрямів орієнтації оптичних осей та мап фазових зсувів БШ на двох довжинах хвиль. При цьому підвищується достовірність діагностики гістологічних зрізів, проведеної за допомогою цієї системи.

Проте плівки жовчі не досліджувались за допомогою даної системи. Крім того, актуальним при діагностиці є врахування в подальшому не лише параметрів фазової анізотропії плівок жовчі, але й амплітудної анізотропії, до яких відносять лінійний та циркулярний дихроїзм.

Результати дослідження

Було проведено удосконалення архітектури лазерної двохвильової системи поляризаційного картографування плівок жовчі, розширивши її функціональні можливості за рахунок комплексного вимірювання, аналізу та класифікації показників фазової та амплітудної анізотропії плівок жовчі при медичній діагностиці на довжинах хвиль 632 нм та 405 нм. Розроблено блок-схеми алгоритмів вимірювань фазових мап, орієнтаційних мап, мап лінійного дихроїзму, мап циркулярного дихроїзму. Наведено блок-схему статистичного аналізу вимірних мап із обчисленням статистичних моментів відповідно 1-го-4-го порядків вимірних параметрів. Далі на основі вимірювань та аналізу було наведено приклади розроблених моделей підтримки прийняття рішення при проведенні діагностування типу "норма"- "патологія", синтезованих за правилами нечіткої логіки. Експериментальне дослідження проводилось із вимірюванням чотирьох типів вказаних параметрів плівок жовчі при діагностиці цукрового діабету 2-го типу.

Щодо вимог до досліджуваних зразків плівок жовчі слід зазначити, що їх готує лікар, наносячи набрану за допомогою зонду жовч на поверхню лабораторного скла. Висушування жовчі в подальшому відбувається при кімнатній температурі протягом доби. Також слід відмітити, що плівки жовчі відносять до оптично тонких біологічних шарів.

Висновки

Проведене розширення функціональних можливостей лазерної двохвильової системи поляризаційного картографування плівок жовчі відбулось за рахунок комплексного вимірювання та аналізу показників фазової та амплітудної анізотропії плівок жовчі при медичній діагностиці на довжинах хвиль 632 нм та 405 нм. Це дозволило підвищити достовірність діагностики цукрового діабету 2-го типу до 92,8% на довжинах хвиль 632 нм та 405 нм при вимірюваннях та аналізі фазових мап, мап коефіцієнтів лінійного та циркулярного дихроїзму, що на 2,3% вище, ніж у найкращого аналога. Також було модернізовано експериментальну установку з використанням двох напівпровідникових лазерів, поляризаційних фільтрів, фазових пластинок та системи керування на базі мікроконтролера ATmega 16. В свою чергу це дослідження підкреслює значення автоматизації та оптимізації поляриметричних систем для розширення їх застосування у медичній діагностиці. Розробка таких систем відкриває нові перспективи для виявлення та лікування захворювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи лазерної поляриметрії. Біологічні рідини / Ушенко О.Г., Бойчук Т.М., Заболотна Н.І. та ін. / під ред. Ушенка О.Г., Бойчука Т.М.. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. 656 с.
2. Спосіб лазерної поляриметрії діагностики полікристалічних мереж плівок біологічних рідин: пат. 93346 Україна:МПК6 А61В 18/20, G01N 33/49; заявл.30.04.2014, опубл. 25.09.2014.
3. Заболотна Н.І., Окарський Г.Г. Система автоматизованої двохвильової мюллер-поляриметрії для оцінювання анізотропної структури гістологічних зрізів. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2020. Том 39, №1. С.27-37.

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

Ніколенко Максим Сергійович – студент групи ЛТО-23м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, місто Вінниця, e-mail: nead4sd@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

Nikolenko Maxim S. - student of group LTO-23 m, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: nead4sd@gmail.com.