

ЛАЗЕРНА СИСТЕМА ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ФАЗОВОЇ ДІАГНОСТИКИ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто методи визначення фазових зсувів у системах поляриметричної фазової діагностики. Запропоновано підхід до усереднення фазових мап, що дозволяє підвищити точність вимірювань. Проведено експериментальне дослідження розробленої системи поляризаційно-фазової діагностики біологічних шарів із автоматизованим аналізом даних. Отримані результати підтверджують можливість використання запропонованого методу для медичної діагностики.

Ключові слова: поляриметрична фазова діагностика, фазові зсуви, усереднення фазових мап, медична діагностика.

Abstract

The article considers methods for determining phase shifts in polarimetric phase diagnostics systems.. An approach to averaging phase maps is proposed, which allows increasing the accuracy of measurements. An experimental study of the developed system for polarization-phase diagnostics of biological layers with automated data analysis is conducted. The results obtained confirm the possibility of using the proposed method for medical diagnostics.

Keywords: polarimetric phase diagnostics, phase shifts, averaging phase maps, medical diagnostics.

Вступ

Розвиток сучасних інформаційно-вимірювальних технологій тісно пов'язаний із вдосконаленням оптичних методів та автоматизацією обробки даних. Використання лазерної поляриметрії в медичній діагностиці дозволяє покращити оперативність та точність виявлення патологічних змін у біологічних тканинах, доповнюючи класичні методи досліджень.

Зміни анізотропії біологічних тканин, що супроводжують різні захворювання, можуть бути визначені через аналіз фазових зсувів поляризованого світла. Відомі підходи дозволяють отримувати двовимірні фазові мапи [1-3], проте їх точність обмежена використанням окремих методів аналізу.

Недостатнє практичне застосування фазометрії в медичній діагностиці зумовлене обмеженими функціональними можливостями існуючих систем, зокрема відсутністю комплексного підходу до обробки фазових зображень.

Мета роботи – розширення можливостей системи поляризаційно-фазової діагностики біологічних тканин шляхом визначення усереднених фазових зсувів із використанням прямих та опосередкованих методів у поєднанні з автоматизованим класифікаційним аналізом.

Результати дослідження

У цій роботі було розроблено систему поляризаційно-фазової діагностики біологічних шарів із автоматичним аналізом даних. Основна увага зосереджувалася на розробці способу отримання усередненого розподілу елементів фазових зсувів лазерного зображення зразка, що дозволило б покращити точність і надійність діагностичних висновків.

Для цього в роботі було проведено аналіз трьох основних методів фазових вимірювань [1-3]: на основі вимірювань елементів вектора Стокса; на основі вимірювань матриці Мюллера; на основі прямого методу вимірювання фазових зсувів. Кожен із цих методів має свої переваги та обмеження. Метод вектора Стокса дозволяє отримати інформацію про поляризаційні характеристики випромінювання після проходження через біологічний шар, проте його результати залежать від геометричних і оптичних параметрів зразка. Метод матриці Мюллера дає більш комплексний аналіз фазових зсувів, але потребує складних обчислень і чутливий до експериментальних похибок. Прямий

метод фазометрії є найбільш надійним, оскільки дозволяє безпосередньо вимірювати фазові зсуви, проте він має обмежене застосування для неоднорідних тканин.

У роботі було запропоновано підхід, який об'єднує ці три методи в єдину систему для отримання усередненої фазової мапи біологічних шарів. Було розроблено алгоритми вимірювання, які включають етапи реєстрації фазових характеристик лазерного випромінювання, обчислення усереднених значень фазових зсувів та їх автоматичний аналіз. Запропонований підхід дозволяє отримати більш точні значення фазових зсувів, оскільки враховує особливості кожного з методів і дозволяє компенсувати їх обмеження.

Окрім вдосконалення методу вимірювань, важливим завданням було розроблення автоматизованої системи аналізу отриманих даних. Для цього було застосовано статистичний та кореляційний аналіз фазових мап біологічних шарів. Також в роботі виконано синтез експертної системи на основі нечіткої логіки, що дозволяє отримати рекомендоване рішення щодо результату діагностики.

Також продемонстровано результати експериментальних досліджень системи діагностики. Отримані результати показали, що запропонований підхід дозволяє досягти вищої точності діагностики порівняно з традиційними методами. Зокрема, поєднання трьох методів фазометрії дозволило отримати усереднені значення фазових зсувів з меншою похибкою, що покращує якість діагностичних висновків. Автоматизований аналіз фазових мап і система підтримки прийняття рішень також продемонстрували високу ефективність, що підтверджує можливість використання цієї технології в практичних медичних дослідженнях.

Висновки

Удосконалено систему фазової діагностики, реалізовано усереднення фазових зсувів трьома методами та автоматизовано їх аналіз. Розроблено алгоритми вимірювань, класифікації «норма»-«запальний процес» на основі нечіткої логіки та програмну реалізацію. Експериментально підтверджено підвищення достовірності діагностики на 0,8% порівняно з аналогами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заболотна Н.І., Павлов С.В., Олійниченко Б.П. Система фазової мюллер-матричної томографії полікристалічних мереж біологічних тканин. Клінічна інформатика і телемедицина. 2011. Т.7. Вип.8. С. 70–75.
2. Заболотна Н.І. Архітектура і алгоритми функціонування та аналізу даних двовимірних систем лазерної поляриметрії біологічних тканин . Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2013. №1(25). С. 54–65.
3. Заболотна Н.І., Павлов С.В. Діагностичні можливості орієнтаційної та фазової мюллер-матричної томографії полікристалічних мереж плазми крові .Фотобіологія і фотомедицина. 2014. №3,4. С. 101–106.

Заболотна Наталія Іванівна – д.т.н, доцент, професор кафедри біомедичної інженерії та оптикоелектронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, natalia.zabolotna@vntu.edu.ua

Смоляренко Сергій Олександрович – студент групи ЛТО-24 м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, місто Вінниця, e-mail: serhiy.19.09.qwerty@gmail.com

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

Smolyarenko Serhiy O. – student of group LTO, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: serhiy.19.09.qwerty@gmail.com