

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Заболотної Наталії Іванівни на тему «Багатопараметричні поляризаційно-фазові методи і засоби відтворення та аналізу структури полікристалічних біологічних шарів при оцінюванні патологічних станів», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Актуальність теми дисертації. На сьогоднішній день поляризаційні методи та відповідні їм засоби оптико-електронних технологій здобування інформації про структурну неоднорідність біологічних шарів, таких як гістологічних зрізів біологічних тканин та плівок біологічних рідин характеризуються високою чутливістю поляризаційних параметрів поля оптичного випромінювання, розсіяного біологічним шаром, до змін його оптико-геометричних характеристик. Це є суттєвою перевагою поляризаційних методів в діагностичних застосуваннях.

Поляризаційна діагностики біологічних структур реалізує методи картографування азимутів, еліптичностей поляризації зображень та методи картографування елементів матриці Мюллера (мюллер-матричних зображень), в якій «зашифрована» інформація про його оптичну анізотропію, які реалізують діагностику патологічних станів (доброякісні, злоякісні пухлини, некротичні зміни) біологічних тканин органів людини. При цьому виявляються взаємозв'язки між набором статистичних, кореляційних і фрактальних характеристик параметрів, які визначають координатну оптико-анізотропну структуру оптично тонких біологічних шарів, та станами «норма – патологія».

Однак методи та засоби поляризаційного та мюллер-матричного картографування біологічних фазово-неоднорідних об'єктів ще не знайшли достатнього практичного використання, тому що виникають труднощі із співставленням баз діагностичних даних, які одержані на різних приладах та засобах, відсутній єдиний теоретичних та методологічний підхід при розробці систем поляризаційної діагностики багат шарових біологічних структур, наслідком чого є недостатня достовірність оцінювання їх патологічних станів.

Тому тема дисертаційної роботи Заболотної Н. І., яка присвячена створенню теоретичних засад, методів і засобів багатопараметричного поляризаційного відтворення та об'єктивного аналізу структури фазово-неоднорідних біологічних об'єктів (гістологічних зрізів біологічних тканин та плівок біологічних рідин) з метою підвищення достовірності оцінювання патологічних станів є актуальною і відповідає потребам сьогодення. Актуальність теми дисертації підтверджується також і тим, що вона виконувалась у рамках держбюджетної тематики Вінницького національного технічного університету, де здобувач була відповідальним виконавцем.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– виконана диференціація на групи мюллер-матричних зображень гістологічних зрізів багат шарових біологічних тканин та плівок біологічних рідин за величинами двопротенезаломлення та орієнтації оптичних осей їх

полікристалічних мереж, яка дозволила розробити нові методи двовимірного поляризаційного відтворення структури багат шарових біологічних шарів та виконати їх класифікацію на стани «норма – патологія»;

– набув подальший розвиток методу двовимірного відтворення полікристалічної структури оптично тонких біологічних шарів на основі їх мюллер-матричного картографування шляхом доповнення методу комплексним аналізом статистичних характеристик координатних, автокореляційних розподілів та логарифмічних залежностей спектрів потужності розподілів значень відтворених орієнтаційних та фазових параметрів анізотропії біологічних шарів;

– розроблено метод прямої поляризаційної реконструкції та аналізу координатного розподілу орієнтаційних та фазових параметрів полікристалічної структури оптично тонких біологічних шарів, який полягає у поляризаційно-кутовому скануванні серією лазерних пучків, узгодженої поляризаційно-фазової фільтрації лазерного зображення, селекції відфільтрованих зображень при формуванні умов поляризаційної візуалізації детермінованих орієнтацій осей та оцінюванні ступеня випадковості, координатної однорідності та масштабної самоподібності отриманого розподілу.

– розроблено теоретичні основи мюллер-матричного відтворення координатних розподілів орієнтаційних та фазових параметрів структури екранованого зовні внутрішнього шару двошарової біологічної тканини, які полягають у формуванні оптимального стану поляризації опромінюючого лазерного пучка із гнучким стокс-поляриметричним зворотнім зв'язком, що дозволило підвищити достовірність поляризаційного діагностування патології реальних двокомпонентних біологічних тканин;

– сформована концепція побудови системи поляризаційно-фазового відтворення та аналізу параметрів анізотропії біологічних шарів, яка за рахунок комплексного застосування методів прямого та мюллер-матричного відтворення розподілів орієнтаційних і фазових параметрів оптично тонких парціальних та екранованих зовні біологічних шарів, а також статистичного аналізу координатних, автокореляційних розподілів та логарифмічних залежностей спектрів потужності розподілів значень вимірних параметрів, дозволила здійснити об'єктивне та достовірне оцінювання патологічних станів органів, при забезпеченні експериментальної гнучкості системи та розширених функціональних можливостях;

– визначені метрологічні характеристики систем мюллер-матричного відтворення орієнтаційно-фазової структури біологічних шарів на основі комплексного статистичного, кореляційного та фрактального методу опису двовимірних розподілів похибок. Це дозволило визначити сукупність нових об'єктивних критеріїв, таких як коефіцієнти лінійності автокореляційних функцій, коефіцієнти фрактальності, для оцінювання та підвищення точності поляризаційно-фазових систем відтворення та аналізу структури біологічних шарів при оцінюванні фізіологічних станів органів людини.

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується аргументованою постановкою мети й задач дослідження, повнотою формулювання умов, в яких вони розв'язуються та необхідними припущеннями і обмеженнями щодо застосування результатів, використанням сучасного математичного апарату та програмного забезпечення. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасних методів, а саме: теорії взаємодії лазерного випромінювання з неоднорідним біологічним середовищем; методів стокс-поляриметрії; системного аналізу; лінійної алгебри; математичного моделювання; кореляційного та фрактального аналізу; теорії побудови оптико-електронних вимірювальних систем та теорії алгоритмів; теорії похибок вимірювань; методів планування експерименту.

Достовірність отриманих результатів підтверджується їх узгодженням із теоретичними висновками, експериментами та чисельними розрахунками, а також впровадженням розроблених теоретичних засад та методів багатопараметричного поляризаційно-фазового відтворення та аналізу структури фазово-неоднорідних парціальних та багат шарових біологічних структур у розробку відповідних біомедичних систем поляризаційного діагностування.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання. Цінність наукових результатів роботи полягає в тому, що в ній розроблено теоретичні засади, методи та засоби поляризаційного відтворення та об'єктивного аналізу структури фазово-неоднорідних біологічних об'єктів, що дало можливість на цій основі підвищити достовірність оцінювання патологічних станів в системах поляризаційної діагностики гістологічних зрізів парціальних та двошарових біологічних тканин та плівок біологічних рідин.

Практична корисність роботи обумовлена тим, що здобувачем розроблено схемотехнічні рішення та програмно-алгоритмічні засоби для реалізації кожного із запропонованих методів, а також створена експериментальна установка мультифункціональної багатопараметричної автоматизованої системи, яка може бути застосована в предметних галузях біомедичної діагностики та судово-медичної експертизи.

Окремі результати дисертаційної роботи впроваджені у такі установи: Комунальна міська установа «Обласне бюро судово-медичної експертизи» Держохорони здоров'я Чернівецької обласної державної адміністрації; Буковинський державний медичний університет (БДМУ) – кафедра клінічної імунології, алергології та ендокринології та кафедра травматології, ортопедії та нейрохірургії); Чернівецький національний університету ім. Юрія Федьковича, а також в навчальний процес кафедри судової медицини та медичного правознавства БДМУ, кафедри лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького національного технічного університету.

Повнота викладення в публікаціях та апробація роботи. Основні наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, достатньо повно відображені в публікаціях здобувача і пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях.

За темою дисертації опубліковано 50 наукових праць, у тому числі: 1 монографія (у співавторстві); 20 статей у наукових періодичних фахових виданнях України (з них 11 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз); 7 статей у закордонних наукових виданнях, які входять до наукометричної бази Scopus; 4 статті у наукових періодичних виданнях України (з них 3 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз); 13 тез доповідей у матеріалах конференцій, 5 патентів України на корисну модель.

Структура дисертації цілком відповідає логіці й послідовності рішення поставлених задач. Дисертація складається із анотацій, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зазначено зв'язок з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та задачі, об'єкт та предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію роботи, впровадження результатів та публікації.

У першому розділі проведено аналіз методів та засобів поляризаційного діагностування оптико-анізотропної структури гістологічних зрізів біологічних тканин і плівок біологічних рідин, які застосовуються для оцінки патологічних станів органів людини. Визначено актуальність розробки нового класу методів та засобів поляризаційно-фазового відтворення структурної анізотропії біологічних шарів при оцінюванні патологічних змін. В результаті проведеного аналізу визначено науково-прикладну проблему, сформульована мета та визначені завдання, які мають бути вирішені.

Другий розділ присвячено розвитку теоретичних основ та розробці нових поляризаційно-фазових методів відтворення та об'єктивного аналізу оптико-анізотропної структури полікристалічних біологічних шарів при оцінюванні патологічних змін. Запропоновано модель оптико-анізотропних властивостей біологічних шарів на основі вектор-параметричного опису трансформації поляризованого випромінювання при розповсюдженні через біологічний шар, передавальна функція якого характеризується матрицею Мюллера в кожній точці. Розглянуто модель двошарової біологічної тканини та показана неоднозначність відтворення орієнтаційно-фазової структури внутрішнього шару в умовах багаторазової взаємодії лазерних променів з окремими структурними елементами двошарового зразка біологічної тканини.

Запропоновано наближений модельний підхід до вирішення поставленого завдання із застосуванням статистичного, кореляційного і фрактального аналізу параметрів трансформації поляризаційно-фазових характеристик випромінювання багат шаровими біологічними структурами.

В роботі також розроблено метод прямого (без обчислення мюллер-матричних зображень) поляризаційно-фазового відтворення орієнтаційно-

фазової структури оптично тонкого біологічного шару на основі поляризаційно-кутового сканування зразка серією лінійно поляризованих лазерних пучків з подальшою поляризаційною фільтрацією.

Показано, що при так званих «оптимальних» станах поляризації опромінюючого лазерного випромінювання реалізується більш простий аналітичний вигляд матричного рівняння двошарової біологічної тканини.

За результатами аналізу статистичних характеристик координатного розподілу та фазових параметрів двошарової біологічної тканини знаходяться інформативні параметри подальшої диференціації їх станів, обумовлених патологічними змінами.

Третій розділ присвячено розробці архітектури та принципів функціонування систем лазерної поляризаційної діагностики біологічних тканин та біологічних рідин, які реалізують розроблені в дисертації методи мюллер-матричного картографування та прямого відтворення та аналізу структури біологічних шарів при оцінюванні патологічних станів. Розглянуто особливості архітектур запропонованих парціальних систем поляризаційної діагностики біологічних шарів, які мають різний інформаційний рівень реалізованих функцій, а саме: системи прямого відтворення та аналізу орієнтаційної мапи оптично тонких біологічних шарів; системи поляризаційного відтворення координатних розподілів елементів мюллер-матричного зображення, орієнтаційних і фазових мап двошарових біологічних тканин; багатопараметричної системи поляризаційно-фазового відтворення та аналізу параметрів анізотропії планарних зразків біологічних тканин та рідин.

У четвертому розділі проведено аналіз метрологічних характеристик систем поляризаційно-фазового відтворення та аналізу структури біологічних шарів. Оцінено діапазони лінійності вимірювань, координатні розподіли похибок вимірювань, що дозволило об'єктивізувати диференціацію змін оптико-геометричної будови полікристалічних мереж біологічних шарів, викликаних патологічними станами.

П'ятий розділ присвячено розробці та апробації створеного варіанта реалізації багатопараметричної зображальної системи поляризаційно-фазового відтворення та аналізу параметрів анізотропії полікристалічної структури біологічних шарів. Експериментально підтверджено можливості системи у відтворенні набору мюллер-матричного зображення парціальних шарів двошарової біологічної тканини на прикладі дослідження біологічної структури «дерма шкіри» – «м'язова тканина»).

Шостий розділ наведено результати діагностичних застосувань розроблених методів та систем. Підтверджено ефективність застосування шести запропонованих методів поляризаційно-фазового відтворення та аналізу полікристалічної структури біологічних шарів на прикладі диференціації двох вибірок печінки пацієнтів: «здорових» «хворих на гепатит» пацієнтів.

У додатках наведено опис розробленого алгоритмічно-програмного забезпечення, експериментальні методики та результати експериментів. Представлено акти впровадження результатів розробки та список опублікованих праць за темою дисертації.

Автореферат дисертації ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні наукові положення, практичну значимість і висновки. Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з встановленими вимогами.

Недоліки та зауваження щодо змісту дисертації та автореферату:

1. Пункти наукової новизни 2, 3 та 4 закінчуються практично однаковою фразою «що дозволяє підвищити достовірність оцінювання станів...». Підвищення достовірності оцінювання станів досягнуто за рахунок застосування всіх розроблених в дисертації методів, тому варто було конкретизувати умови застосування розроблених в пп. 2, 3, 4 наукової новизни методів та їх внесок в кінцевий результат – підвищення достовірності.

2. В розділі 1 проведено аналіз методів та засобів поляризаційного діагностування оптико-анізотропної структури біологічних шарів, але детальний опис відомих структур засобів лазерної поляриметрії, які наведені в підрозділі 1.4, є зайвим, його можна винести в Додатки, крім того, вказаний матеріал не відображено в авторефераті.

3. Для відтворення структури внутрішнього шару на фоні зовнішнього шару варто було вказати можливість чи неможливість застосування методу зміни фокусування лазерного променя, який реалізовано в двошарових оптичних дискових накопичувачах DVD.

4. В розділі 2 зустрічаються елементи огляду.

5. Для наведених в третьому розділі трьох архітектур систем поляризаційно-фазового відтворення та аналізу структури біологічних шарів варто було вказати області їх застосування, тому що архітектура багатопараметричної системи (рис. 5 автореферату та відповідний йому рис. 3.8 дисертації) включає функціональні можливості попередніх.

6. У п'ятому розділі варто було більш детально вказати особливості програмної реалізації експериментальної установки (організація головної програми, інтерфейсу користувача, бази даних та ін.), в Додатках наведено лише програми реалізації окремих математичних методів.

7. Не зрозуміло, за яким критерієм (байеса, мінімакс чи інший) та яким методом проводилася класифікація 2-х станів «норма-гепатит», показники достовірності якої наведені в Табл. 5 автореферату та в Табл. 6.9, 6.10, 6.12, 6.14 дисертації.

8. Текст дисертації насичений специфічними термінами, об'єм дисертації досягає максимально-допустимих норм.

9. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату виконано акуратно, послідовно, логічно, але у тексті дисертації зустрічаються незначні технічні помилки, зокрема:

– текстові позначення рис. 1, 2, 6, 8, 9 автореферату та відповідних їм рисунків дисертації менші мінімально-допустимих, крім того, не на всіх рис. позначені осі координат;

– замість терміну «прямий круговий циліндр» застосовано термін «прямолінійний циліндр» (стор. 10 автореферату), та ін.

Однак зазначені зауваження не носять принциповий характер і не знижують цінності проведеного здобувачем дослідження, актуальності, новизни та практичної значущості дисертаційної роботи.

Висновки, щодо відповідності дисертації встановленим вимогам.

Дисертація є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові науково-обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати в галузі медичного приладобудування, що в сукупності вирішують актуальну науково-прикладну проблему створення теоретичних засад, методів і систем поляризаційно-фазової реконструкції та аналізу полікристалічної структури біологічних шарів на основі формування оптимальних станів поляризації опромінюючого лазерного пучка, які забезпечують можливість аналітичної селекції, інструментального мюллер-матричного та прямого відтворення та диференціації змін орієнтаційних та фазових параметрів оптичної анізотропії біологічної структури, обумовлених патологічними станами, що підвищило достовірність діагностування гістологічних зрізів парціальних і багатошарових біологічних тканин і плівок біологічних рідин.

Вважаю, що представлена дисертаційна робота «Багатопараметричні поляризаційно-фазові методи і засоби відтворення та аналізу структури полікристалічних біологічних шарів при оцінюванні патологічних станів» за актуальністю вибраної теми, обсягом та рівнем виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, новизною досліджень, значенням для науки і практики відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а здобувач, Заболотна Наталія Іванівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи.

Офіційний опонент,
професор кафедри обчислювальної
техніки та програмування Національного
технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»,
доктор технічних наук, професор



А. І. Поворознюк

Підпис Поворознюка А.І. засвідчую
Вчений секретар
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»




Заковоротний О.Ю.