

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук,
професора кафедри фізики напівпровідників
Ужгородського національного університету
Грабара Олександра Олексійовича
на дисертаційну роботу Салеги Олександра Вікторовича
«Поляризаційна корелометрія фазово-неоднорідних об'єктних полів
полікристалічних плівок біологічних рідин», поданої на здобуття
наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки
за спеціальністю 104 Фізика та астрономія

Актуальність теми виконаної роботи

Дисертаційна робота присвячена розвитку новітніх підходів у галузі лазерної біомедичної оптики, зокрема поляризаційно-кореляційного аналізу фазово-неоднорідних об'єктних полів біологічних середовищ. Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю створення високочутливих, об'єктивних і неінвазивних методів діагностики структурних і патологічних змін біологічних тканин, що є одним із пріоритетних напрямів сучасної фізики та біомедичної інженерії.

Особливої ваги набуває проблема підвищення інформативності методів оптичної діагностики за рахунок врахування складної ієрархічної організації біологічних середовищ, зокрема їх оптичної анізотропії та полікристалічної структури. У цьому контексті застосування поляризаційно-кореляційного підходу, вейвлет-аналізу та мультифрактальної обробки даних відкриває нові можливості для виявлення тонких морфологічних і молекулярних змін у тканинах.

Робота безпосередньо спрямована на вирішення актуальної науково-практичної проблеми - розробку системи об'єктивних діагностичних критеріїв для диференціальної діагностики патологічних станів (зокрема доброякісних і злоякісних пухлин), що має важливе значення для сучасної

медицини. Таким чином, тема дисертації є актуальною як з фундаментальної, так і з прикладної точки зору.

Наукова новизна і практичне значення роботи

Наукова новизна отриманих результатів полягає у створенні та теоретичному обґрунтуванні нового системного підходу до опису поляризаційних властивостей біологічних об'єктів на основі двоточкового Стокс-параметричного аналізу об'єктних полів. У роботі вперше:

- розроблено модель поляризаційно-кореляційного «двоточкового» Стокс-параметричного описання фазово-неоднорідних об'єктних полів біологічних тканин із різною ієрархією оптично анізотропної архітекτονіки;
- запропоновано систему азимутально-інваріантних поляризаційно-кореляційних параметрів, що дозволяють об'єктивно характеризувати структурні особливості дегідратованих полікристалічних плівок біологічних рідин;
- встановлено нові статистичні, вейвлет- та мультифрактальні взаємозв'язки між морфологічною структурою тканин і параметрами поляризаційно-кореляційних мап.

У даному дисертаційному дослідженні набули подальшого розвитку: методи поляризаційно-інтерференційного пошарового картографування біологічних об'єктів; підходи до цифрової голографічної реконструкції комплексних амплітуд об'єктних полів; застосування мультифрактального аналізу для дослідження оптично анізотропних середовищ.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості їх використання для розробки нових методів лазерної біомедичної діагностики; підвищення точності диференціальної діагностики пухлин (зокрема аденоми та аденокарциноми простати); створення програмно-

апаратних комплексів для аналізу біологічних зразків; впровадження у клінічну практику об'єктивних маркерів патологічних змін тканин.

Отримані результати мають значний потенціал для використання у медичній діагностиці, біофізиці та прикладній оптиці.

Апробація матеріалів дисертації

Основні результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на міжнародному науковому рівні. Зокрема, вони доповідалися та обговорювалися на міжнародних наукових форумах: Sixteenth International Conference on Correlation Optics (2023 р.) та Seventeenth International Conference on Correlation Optics (2025 р.). Результати дослідження висвітлені у наукових виданнях, зокрема, за темою дисертації опубліковано 18 статей у закордонних фахових виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus (з яких 4 належать до квартилю Q2 та одна до квартилю Q3), що свідчить про наукову значущість отриманих результатів та їх актуальність.

Обґрунтованість та достовірність одержаних результатів

Достовірність і обґрунтованість отриманих у дисертаційній роботі результатів забезпечується комплексним підходом до дослідження, який поєднує сучасні теоретичні моделі, експериментальні методи та розвинений математичний апарат обробки даних.

У роботі використано сукупність взаємодоповнюючих методів, зокрема:

- стокс-поляриметричне та корелометричне картографування;
- поляризаційно-інтерференційні методи пошарового аналізу;
- цифрову голографічну реконструкцію об'єктних полів;
- статистичний аналіз (моменти 1-4 порядків);
- вейвлет-аналіз та мультифрактальний-аналіз.

Застосування різних незалежних методів аналізу фізичних процесів забезпечує взаємну верифікацію отриманих результатів. Отримані експериментальні дані мають чітке фізичне трактування та узгоджуються з сучасними уявленнями про оптичну анізотропію та полікристалічну структуру біологічних тканин. Виявлені закономірності (зокрема, домінування статистичних моментів вищих порядків, закономірності зміни параметрів при фазовому скануванні, особливості мультифрактальних спектрів) є логічно обґрунтованими та повторюваними. Підтвердженням достовірності результатів є їх висока діагностична ефективність: досягнуто рівень точності диференціації патологічних станів до 97,7%, що свідчить про практичну надійність запропонованих методів. Таким чином, отримані результати є науково обґрунтованими та достовірними.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність

Дисертаційна робота має чітку, логічно вибудовану структуру та характеризується високим рівнем наукової аргументації. Робота складається зі вступу, огляду літератури, розділу матеріалів і методів дослідження, чотирьох розділів власних досліджень, узагальнення результатів, списку використаних джерел і додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення роботи. Огляд літератури демонструє глибоке знання сучасного стану проблеми, включаючи аналіз методів поляризаційної оптики, зокрема Мюллер-матричного картографування, та обґрунтування необхідності розвитку нових підходів.

Експериментальна частина виконана на високому науково-методичному рівні. Детально описано розроблені методи поляризаційно-кореляційного картографування, цифрової голографічної реконструкції та фазового сканування. Розділи власних досліджень містять значний обсяг

оригінальних результатів, які всебічно проаналізовані із застосуванням сучасних методів математичної обробки даних. Особливої уваги заслуговує комплексне використання статистичного, вейвлет- та мультифрактального аналізів.

Висновки дисертації повністю відповідають поставленим завданням і відображають основні наукові результати роботи.

У цілому дисертація є завершеною науковою працею, у якій вирішено важливу науково-практичну задачу. Дисертаційна робота відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами згідно з наказом № 759 від 31 травня 2019 року).

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У тексті роботи недостатньо описана процедура фазового сканування поля комплексних амплітуд біологічного шару, у зв'язку з чим не повністю зрозумілою для читача є процедура фазової селекції компонент спеклового поля з різною кратністю розсіювання.
2. Відсутній систематичний аналіз переваг запропонованого двоточкового методу поляризаційного картографування у порівнянні з можливими альтернативами.
3. Недостатньо обгрунтованим є питання подальшої практичної валідації розробленого методу у прикладних біомедичних завданнях.
4. Було б доречними провести порівняльний аналіз обраної схеми інтерферометра для поляризаційно-інтерференційного вимірювання з іншими можливими схемами, та більш детально обгрунтувати її вибір.

Очевидно, що ці зауваження стосуються викладу методичної частини роботи у тексті дисертації, і жодним чином не знижують цінності проведених досліджень та не впливають на їх загальну високу оцінку.

Відсутність порушення академічної доброчесності

Аналіз змісту дисертаційної роботи та публікацій за її тематикою дає підстави стверджувати, що робота виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності. Усі використані наукові джерела належним чином процитовані, результати інших дослідників коректно інтерпретовані з відповідними посиланнями. Представлені у роботі результати є оригінальними та отримані автором особисто або у співавторстві з чітким визначенням внеску здобувача. Публікація результатів у рецензованих міжнародних виданнях, що індексуються у наукометричних базах, додатково підтверджує їхню новизну та відсутність академічних порушень.

Загальний висновок

Дана дисертаційна робота є завершеною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають важливе значення для розвитку фізики оптичних явищ та біомедичної оптики. У роботі розв'язано актуальну науково-практичну задачу створення нових методів поляризаційно-кореляційного аналізу біологічних тканин, що забезпечують підвищення точності їх структурної та патологічної діагностики.

Таким чином, за рівнем наукової новизни, обґрунтованості результатів, практичної значущості та повнотою викладення матеріалу дисертаційна робота Салеги Олександра Вікторовича «Поляризаційна корелометрія фазово-неоднорідних об'єктних полів полікристалічних плівок біологічних рідин», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою

Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022р. №44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), а її автор Салега О. В. повністю заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Офіційний опонент:

професор кафедри фізики напівпровідників

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

доктор фіз.-мат. наук, професор



Олександр ГРАБАР

Підпис О.О. Грабара засвідчую:

вчений секретар ДВНЗ «УжНУ»



Олена МЕЛЬНИК