

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Горського Михайла Петровича

«ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ФАЗОВА СТРУКТУРНІСТЬ ЛАЗЕРНИХ ОБ'ЄКТНИХ
ПОЛІВ І ДІАГНОСТИКА ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ
СКЛАДОВОЇ ФАЗОВО-НЕОДНОРІДНИХ ШАРІВ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика

Дисертаційна робота Горського Михайла Петровича присвячена розробленню аналітичних алгоритмів та експериментальній апробації сукупності новітніх лазерних методів поляризаційно-кореляційного, поляризаційно-інтерференційного та пошарового фазового картографування оптично анізотропних неорганічних і біологічних шарів з полікристалічною складовою.

Полікристалічна складова фазово-неоднорідних шарів характеризується сукупністю різних механізмів оптичної анізотропії - лінійним і циркулярним двопроменезаломленням і дихроїзмом.

Для опису взаємодії лазерного когерентного поляризованого світла з такими складними полікристалічними структурами об'єктивно необхідні багатопараметричні аналітичні підходи до обробки експериментальних даних. До таких підходів відносяться лазерна корелометрія спекл-полів; вектор-параметричне описання станів поляризації світлових пучків та Джонс або Мюллер-матричне представлення параметрів оптичної анізотропії полікристалічної архітекtonіки фазово-неоднорідних неорганічних і біологічних шарів.

На цій основі розроблено та експериментально апробовано різноманітні системи кореляційної, поляризаційної та Джонс і Мюллер-матричної діагностики оптичної анізотропії полікристалічної архітекtonіки неорганічних і біологічних об'єктів.

Розширенням функціональних можливостей кореляційних і поляризаційних методів діагностики полікристалічної складової фазово-неоднорідних шарів став інтерференційний підхід до аналізу поляризаційної структурності лазерних об'єктних спекл-полів неорганічних і біологічних шарів, які мають складну просторово-орієнтаційну організацію. Тому актуальним є розроблення, аналітичне обґрунтування та експериментальна апробація нових технік лазерної поляриметричної діагностики полікристалічної архітекtonіки мереж дифузних біологічних тканин у 3D форматі. Слід очікувати, що синтез методів поляризаційного, матричного, поляризаційно-кореляційного картографування та цифрового Фур'є відтворення розподілів комплексних амплітуд об'єктного поля фазово-неоднорідних шарів повинно дати нову для томографії, мікроскопії, флуориметрії інформацію про оптично анізотропну структуру біологічних тканин.

Тому дослідження, які виконані Горським М.П. є **актуальними** і представляють практичний інтерес.

Дисертант успішно впорався з поставленими в роботі задачами і отримав такі **нові важливі наукові результати**:

1. Показано, що динаміка флуктуацій інтенсивності спекл-поля, утвореного в результаті розсіяння когерентного випромінювання цементним тістом у процесі гідратації, містить інформацію про розчинення цементних мінералів із утворенням вільного гідроокису кальцію та кремнієвої кислоти, утворення зародків кристалів тобермориту, зрощування цих кристалів та формування цементного каменю.

2. Розроблено модель формування поляризаційної структурності лазерних об'єктних полів і визначені взаємозв'язки між розподілами азимута і еліптичності поляризації та лінійним і циркулярним двоприменезаломленням оптично анізотропних молекулярних комплексів і фібрилярних мереж.

3. Запропоновано вектор-параметричний метод 2D-поляризаційної фазометрії розподілів величини азимута і еліптичності мікроскопічних зображень біологічних фазово-неоднорідних шарів з різною ієрархією

полікристалічної архітектоніки.

4. Автором розроблено поляризаційно-інтерференційний метод алгоритмічного відтворення і фазового сканування об'єктного поля комплексних амплітуд з обчисленням серії мап азимута і еліптичності поляризації у різних фазових вибірках мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин, а також проведено експериментальну апробацію цього методу.

5. Вперше у рамках статистичного аналізу даних методів вектор-параметричного поляризаційного і поляризаційно-інтерференційного картографування установлені цифрові маркери (центральні статистичні моменти різних порядків) диференціальної поляризаційної діагностики некротичних і патологічних станів.

6. Розроблено дизайн та експериментально реалізовано структурно-логічну схему цифрового поляризаційно-інтерференційного масштабно селективного вейвлет аналізу поляризаційних мап азимута і еліптичності різних фазових вибірках об'єктного поля біологічних шарів у проведенні диференціальної діагностики некротичних і патологічних змін оптично анізотропної полікристалічної складової біологічних тканин органів людини.

7. Визначені та фізично обґрунтовані діагностичні взаємозв'язки між статистичними моментами 1-го – 2-го порядків, які характеризують розподіли величини амплітуди різно масштабних вейвлет коефіцієнтів мап азимута і еліптичності поляризації мікроскопічних зображень біологічних фазово-неоднорідних шарів різної морфологічної будови та патологічного стану.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів та висновків, які зроблені на їх основі, забезпечуються чіткою постановкою дослідницьких задач та ретельним вибором теоретичних підходів до кожної з них, а експериментальних даних – використанням комплексу відомих перевірених методів, зокрема, методів 2D Стокс-поляриметрії.

Необхідно відмітити **практичне значення** дисертаційної роботи М.П. Горського. Запропоновані в роботі засоби поляризаційно-

інтерференційного картографування з цифровим алгоритмічним відтворенням полікристалічних мереж біологічних тканин і рідин органів людини можуть стати базисними у сукупності скринінгових методів обстеження населення на важкі патології (діабет, гепатит, рак) та інфекції, які мають широке розповсюдження серед населення України та світу. Своєчасне виявлення таких патологій забезпечить значне зменшення витрат на лікування, ліжко-дні, соціальні та страхові виплати. Розроблені дисертантом методи можуть стати підвалинами для формування новітніх систем лазерної поляризаційно-чутливої томографії та засобів неруйнуючої (неінвазивної) діагностики з використанням принципів Стокс-поляриметрії і корелометрії об'єктних спекл-полів у різноманітних галузях біології, екології, медицини, а також мікро- та наноелектроніці, оптичному приладобудуванні, будівництві.

Про **наукову цінність** отриманих М.П. Горським результатів свідчить його науковий доробок: 32 статі у престижних наукових закордонних та фахових виданнях, які входять до міжнародних науко-метричних баз (Scopus, Web of Science), 4 патенти, співавторство в 5 монографіях. Основні положення дисертаційної роботи, що виносяться на захист, пройшли апробацію на міжнародних конференціях, семінарах, тощо.

Дана дисертаційна робота виконувалась в рамках тематики наукових досліджень, які проводяться на кафедрі оптики і видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича за темами «Новітні методи і системи багатофункціональної Мюллер-матричної поляризаційної та флуоресцентної томографії мікро- та наноструктури мереж біологічних кристалів», «Розробка новітніх методів і систем новітніх методів і систем 3D Джонс-матричної мікроскопії полікристалічних плівок біологічних рідин» та ін.

Результати, які представлені в докторській дисертації Горського М.П., в повній мірі висвітлені в публікаціях автора. Автореферат та анотація дисертації адекватно передають її зміст. За своєю спрямованістю, науковими

результатами та висновками дисертаційна робота цілком відповідає спеціальності 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Слід зауважити, що разом із вагомими здобутками та важливими результатами робота має певні недоліки, серед яких я хотів би відзначити наступні:

1. У роботі не проведено послідовного порівняльного аналізу ефективності методів традиційного поляризаційного картографування і технік поляризаційно-інтерференційного цифрового пошарового відтворення мап величини азимута і еліптичності поляризації мікроскопічних зображень зразків нативних гістологічних зрізів біологічних тканин. Окрім цього не вказані конкретні переваги диференціальної діагностики змін полікристалічної архітектури у алгоритмічно відтвореному полі комплексних амплітуд для фазових вибірок малої величини.
2. При математичній обробці поляризаційних мап мікроскопічних зображень статистичні моменти 1-го порядку, що характеризують розподіли оптичних параметрів, відрізняються від середніх значень, які демонструють відповідні діаграми частот (наприклад: дані таблиці 2 та рис.8 фрагменти (4), (6) автореферату). Хотілося б мати аргументовані коментарі автора з цього приводу.
3. Застосування циркулярно поляризованої опорної хвилі у формуванні інтерференційних розподілів спекл-полів нативних гістологічних зрізів біологічних тканин чітко фізично обґрунтовано. Проте, не ясно яку роль відіграє така хвиля у алгоритмах Фур'є перетворення при пошаровому відтворенні поляризаційних мап.
4. В своїй роботі автор використовує значну кількість дуже громіздких позначень. Наведення в додатку відповідної таблиці з їх розшифровкою може спростити сприйняття матеріалу, тим більш, що логіка цих позначень не завжди є достатньо прозорою.

Приведені недоліки не зменшують важливість отриманих в дисертаційній роботі результатів і не знижують її наукової цінності.

Дисертант повністю виконав поставлені в дисертаційній роботі завдання. Без сумніву, отримані результати мають наукову новизну та практичну цінність. Висновки дисертаційної роботи відображають основні положення, які виносяться на захист. Дисертаційне дослідження Горського М.П. “Поляризаційно-фазова структурність лазерних об’єктних полів і діагностика оптичної анізотропії полікристалічної складової фазово-неоднорідних шарів” є **завершеною науковою роботою.**

Вважаю, що за актуальністю теми, обсягом, науковою новизною, практичною цінністю отриманих результатів і висновків дисертаційна робота “Поляризаційно-фазова структурність лазерних об’єктних полів і діагностика оптичної анізотропії полікристалічної складової фазово-неоднорідних шарів” відповідає всім вимогам п. 7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 року №1197, щодо докторських дисертацій, а її автор, Горський Михайло Петрович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Професор кафедри оптики
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
доктор фізико-математичних наук, доцент



О.В. Макаренко

ПІАПИС ЗАСВІДЧУЮ
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
КАРАУЛЬНА
12.05.

