

Відгук
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Дуболазова Олександра Володимировича «Багатофункціональна Стокс-корелометрія поляризаційно-неоднорідних об'єктних полів оптично-анізотропних біологічних шарів»

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

Дисертація присвячена розробці багатофункціональної Стокс-корелометрії поляризаційно-неоднорідних полів шляхом удосконалення традиційних поляризаційних і розробки нових поляризаційно-кореляційних, інтерференційних і цифрових голографічних методів, які забезпечують одержання комплексної інформації про дво- та тривимірні розподіли поляризаційних і фазових параметрів лазерних полів, сформованих полікристалічними мережами біологічних шарів різної морфологічної будови та фізіологічного стану.

Актуальність роботи. У провідних лабораторіях світу оптичні методи діагностики біологічних об'єктів та візуалізації їх структури займають одне з важливих місць завдяки їхній високій інформативності, а також можливості багатофункціонального (фотометричного, спектрального, поляризаційного та кореляційного) моніторингу досліджуваного середовища. Саме на цій основі дисертантом розроблено різноманітні системи поляризаційної та Мюллер-матричної діагностики оптичної анізотропії біологічних об'єктів. Наразі новітнім напрямком серед поляриметричних методів досліджень стала цифрова лазерна поляриметрія мікроскопічних зображень біологічних шарів. Вона базується на використанні методів поляризаційного картографування з одержанням координатних розподілів значень азимутів і еліптичності за перебігом точок поляризаційно-неоднорідних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин і полікристалічних плівок біологічних рідин. З метою визначення об'єктивних параметрів, які характеризують зміни топографічної структури одержаних поляризаційних мап, застосовується комплексний статистичний, кореляційний та фрактальний аналізи. Такі підходи у запропонованому методі називають “одноточковими”. Основним недоліком

такого “одноточкового” поляриметричного опису виявилася погана відтворюваність експериментальних даних внаслідок залежності величини азимута та еліптичності поляризації поля від кута повороту зразка відносно напрямку опромінення.

Узагальненням поляриметричного картографування став кореляційний, а саме “двоточковий” підхід до аналізу координатних розподілів значень азимутів та еліптичності поляризації полів когерентного випромінювання. Такий теоретичний аналіз застосовано для описання кореляційної узгодженості між станами поляризації різних точок поляризаційно-неоднорідних лазерних полів шляхом використання відповідного “двоточкового” параметру – комплексного ступеня взаємної поляризації (КСВП).

Проте, полікристалічна структура зразків реальних біологічних шарів має складну просторово-орієнтаційну організацію. Тому актуальним є розроблення нових технік поляриметричної діагностики біологічних тканин у 3D форматі. Слід очікувати, що синтез методів “одноточкового” і “двоточкового” поляризаційного картографування та цифрового голографічного відтворення пошарових мап комплексних амплітуд об’єктного поля повинно надати нову інформацію про морфологічну та оптично-анізотропну структуру біологічних тканин і рідин.

Тому з огляду на зазначене **актуальність дисертаційного дослідження** Дуболазова О.В. зумовлена необхідністю розробки новітніх комплексних підходів до аналізу поляризаційно-неоднорідних об’єктних полів біологічних тканин і рідин, і пошуку у зв’язку з цим нових підходів для реалізації методів Стокс-поляриметрії, поляризаційно-кореляційного та інтерференційного картографування під час їхньої діагностики та диференціації проявів специфічного формування їхньої фазової анізотропії.

Про актуальність дисертаційного дослідження свідчить також його зв’язок з науковими програмами, планами і темами науково-дослідницьких робіт кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Під час виконання тем та дисертаційної роботи здобувач особисто брав участь в плануванні, організації та проведенні експериментальних вимірювань координатних розподілів модуля і фази “двоточкових” параметрів вектора Стокса, мап локального контрасту інтерференційних розподілів поляризаційно-неоднорідних зображень та пошарових поляризаційних мап і брав активну участь у обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів і їх інтерпретації та поясненні.

Обґрунтованість і достовірність результатів, викладених у дисертаційній роботі, забезпечена використанням комплексу апробованих сучасних взаємодоповнювальних методів дослідження поляризаційно-неоднорідних полів: Стокс-поляриметрия, поляризаційна інтерферометрія і цифрова голографія.

Високий рівень обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації, забезпечено:

– професійним вирішенням автором низки наукових завдань, що сприяло реалізації поставленої мети дослідження, та адекватністю структурно-логічної схеми дослідження відповідно до визначеної мети;

– використанням широкої джерельної бази за темою дисертації і достатнім масивом аналітичних даних, зазначених у списку використаної літератури, який налічує 265 джерел;

– відповідністю предметної спрямованості дисертаційного дослідження до паспорту наукової спеціальності 01.04.05 – оптика, лазерна фізика;

– достатньою географією місць представлення роботи та великою кількістю апробацій отриманих результатів на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

До наукової новизни одержаних результатів слід віднести наступне:

1. Узагальнено та обґрунтовано сукупність “одноточкових” і “двоточкових” поляризаційних і кореляційних параметрів полів лазерного випромінювання, перетвореного оптично-анізотропними біологічними шарами, шляхом застосування поляризаційного “двоточкового”; поляризаційного та

інтерференційного підходів і Стокс-корелометрії із застосуванням опорної хвилі.

2. Встановлено величини та діапазони зміни набору об'єктивних параметрів, які характеризують випадкову (статистичні моменти 1-го – 4-го порядків), кореляційну (кореляційні моменти 2-го і 4-го порядків) та масштабну-самоподібну (дисперсія розподілу логарифмічних залежностей спектрів потужності) структуру мап 3-го і 4-го параметрів “двоточкового” вектора Стокса в площині поляризаційно-неоднорідних мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин зі структурованою та паренхіматозною оптично-анізотропними складовими.

3. Вперше методом Стокс-корелометричного картографування виявлено та проаналізовано фізичні процеси стосовно зміни оптичної анізотропії (розподіли напрямів оптичних осей і фазова модуляція) зразків біологічних структурованих (нирка) і паренхіматозних (печінка) тканин внутрішніх органів пацюка, які зумовлені системною патологією (діабет).

4. Вперше апробовано Стокс-корелометричну методику в диференціації слабких змін оптичної анізотропії полікристалічних плівок плазми крові здорових донорів і хворих на рак простати.

5. Вперше розроблено та експериментально апробовано поляризаційно-інтерференційну методику в диференціації слабких змін оптичної анізотропії полікристалічних плівок синовіальної рідини колінного суглоба людини з різною післяопераційною патологією реактивний та асептичний синовіт.

6. Вперше визначено ефективність у диференціації слабких фазових змін масштабного-селективного вейвлет-аналізу мап локального контрасту інтерференційних розподілів мікроскопічних зображень полікристалічних плівок біологічних рідин і встановлено взаємозв'язки між статистичними моментами 1-го – 4-го порядків, які характеризують лінійні залежності амплітуди вейвлет-коефіцієнтів на різних масштабах відповідної спеціальної функції та розподіли оптичної анізотропії мереж біохімічних кристалів плівок синовіальної рідини.

7. Вперше розроблено і експериментально апробовано метод 3D Стокс-поляриметрії для поляризаційно-неоднорідних об'єктних полів плівок біологічних рідин з різною просторовою симетрією полікристалічних мереж на основі пошарового цифрового голографічного відтворення розподілів величини еліптичності поляризації з використанням опорної лазерної хвилі.

8. Вперше встановлено ефективність методу 3D поляризаційного картографування полікристалічних мереж у диференціації оптично-анізотропних плівок сечі здорових донорів і хворих на альбумінурію та виявлено найбільш чутливі до змін оптичної анізотропії полікристалічних плівок сечі фазові перерізи розподілів еліптичності поляризації, а також окремі статистичні і кореляційні параметри, що їх характеризують.

9. Вперше розроблено метод 3D Стокс-корелометрії об'єктних полів плівок біологічних рідин на основі застосування опорної лазерної хвилі та пошарового цифрового голографічного відтворення розподілів комплексних амплітуд з наступним визначенням відповідних мап модуля і фази параметрів “двоточкового” вектора Стокса.

10. Вперше реалізовано масштабно-селективну диференціацію велико- і дрібномасштабних складових координатних розподілів величини модуля і фази параметрів “двоточкового” вектора Стокса у пошарових перерізах поля комплексних амплітуд полікристалічних плівок сечі.

Автореферат в повній мірі відображає матеріал, викладений в дисертаційній роботі.

Практичне значення роботи. Результати досліджень, проведених в рамках цієї дисертаційної роботи, мають велике практичне значення для створення новітніх технологій біомедичного аналізу фізіологічних систем і контролю їхнього функціонування з метою покращення якості життя відповідного організму.

Результати даного дисертаційного дослідження дозволять розробити нові принципи створення систем неруйнівної поляризаційно-кореляційної масштабно-селективної діагностики фазово-неоднорідних об'єктів біологічного походження, включаючи тканини і рідини органів людини.

Розроблена сукупність новітніх методів вейвлет - аналізу топографічної структури поляризаційних і поляризаційно-кореляційних мап мікроскопічних зображень біологічних шарів надасть можливість реалізації об'єктивної та експресної медичної діагностики та диференціації ступеня важкості різноманітних патологічних станів.

Застосовані методики цифрової голографічної томографії полікристалічних мереж біологічних тканин і рідин органів людини можуть стати базисними у сукупності скринінгових методів обстеження населення на важкі патології, які все ще мають широке розповсюдження серед населення України та світу.

Зазначені в дисертації підходи є базисом для формування новітніх систем поляризаційної томографії та засобів неруйнівної (неінвазивної) діагностики з використанням принципів поляризаційної та кореляційної оптики, масштабно-селективного вейвлет-аналізу відповідних мап для поляризаційно-неоднорідних полів у різноманітних галузях біології, екології, медицини, а також в технологіях мікро- і наноелектроніки та оптико-електронному і напівпровідниковому приладобудуванні.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В дисертації недостатньо чітко проаналізовано з фізичної точки зору засади щодо азимутальної залежності координатних розподілів величин азимута і еліптичності поляризації в точках цифрових мікроскопічних зображень оптично-анізотропних шарів біологічних тканин та полікристалічних плівок біологічних рідин.
2. Для оцінки масивів експериментальних даних стосовно поляризаційно-кореляційних та поляризаційно-інтерференційних мап дисертантом успішно застосовується комплексний статистичний, кореляційний і фрактальний аналізи. Проте, в якості додаткового інструменту для підвищення достовірної точності отриманих даних застосовується вейвлет-аналіз без достатнього, на мою думку, аналітичного обґрунтування.
3. Відомим фактом в оптиці є використання в Стокс-поляриметрії сукупності чотирьох параметрів вектора Стокса. За аналогією слід було б очікувати використання і чотирьох параметрів “двоточкового” вектора Стокса.

Проте, автор без достатньої фізичної аргументації обмежився розглядом лишень мап модуля і фази третього і четвертого параметрів “двоточкового” вектора Стокса. Це потребує пояснення.

4. Робота не позбавлена також певних недоліків представлення значного за обсягом матеріалу, наприклад: низька якість графічного представлення рисунків 3.12, 5.1, 5.4, а також зустрічаються граматичні помилки та описки. Введену автором аббревіатуру окремих ключових слів чи виразів слід було б винести на окрему сторінку, що полегшило б ознайомлення з текстом дисертації, наприклад : МНАТ функцію використано як в тексті автореферата і дисертації, так і в самих висновках у п.6, проте повний її запис був би тут доречнішим.

Проте зазначені зауваження не знижують загального позитивного враження про дисертацію Дуболазова О.В. і не ставлять під сумнів достовірність і обґрунтованість висновків та положень, що виносяться на захист. Текст автореферата повністю відповідає змісту дисертації.

Вважаю, що за актуальністю теми, обсягом, науковою новизною, практичною цінністю отриманих результатів і зроблених висновків дисертаційна робота Дуболазова Олександра Володимировича «Багатофункціональна Стокс-корелометрія поляризаційно-неоднорідних об'єктних полів оптично-анізотропних біологічних шарів» відповідає усім вимогам МОН України, які ставляться до докторських дисертацій, а її автор Дуболазов Олександр Володимирович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Завідувач кафедри оптики фізичного факультету
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка
доктор фіз.-мат. наук, професор

Л.В. Поперенко

Підпис Поперенка Л.В. засвідчую:
Декан фізичного факультету,
доктор фіз.-мат. наук, професор



М.В. Макарець