

«ЗАТВЕДЖУЮ»

В.о. ректора Чернівецького національного



Білокурський Р.Р.

2024 р.

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ № 2

наукового семінару кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

від 10 червня 2024 р.

ГОЛОВА СЕМІНАРУ: доктор фізико-математичних наук, професор
Дуболазов О.В.

БУЛИ ПРИСУТНІ: д. ф.-м. н., проф. Максимяк П.П., д. ф.-м. н., проф. Борча М.Д., д. ф.-м. н., проф. Зенкова К.Ю., д. ф.-м. н., проф. Ангельський О.В., д. ф.-м. н., проф. Гудима Ю.В., д. ф.-м. н., проф. Сльотов М.М., д. ф.-м. н., доц. Склярчук В.М., д. ф.-м. н., проф. Ушенко Ю.О., д. ф.-м. н., проф. Фодчук І.М., д. ф.-м. н., проф. Головацький В.А., д. ф.-м. н., проф. Мохунь І.І., д. ф.-м. н., доц. Новіков С.М., к. ф.-м. н., доц. Бесага Р.М., к. ф.-м. н., доц. Струк Я.М. к. ф.-м. н., доц. Томка Ю.Я., к. ф.-м. н., доц. Гавриляк М.С., к. ф.-м. н., доц. Солтис І.В., к. ф.-м. н., ас. Мотрич А.В., к. ф.-м. н., ас. Городинська Н.В., к. ф.-м. н., ас. Курек Є.Г., к. ф.-м. н., ас. Кінзерська О.В., к. ф.-м. н., ас. Карачевцев А.О., к. т. н., ас. Огірко М.О., к. т. н., ас. Слоцька Л.С., к. ф.-м. н., снс. Іванський Д.І.

Всього 25 чоловік, з них 6 докторів та 7 кандидатів фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.05 «Оптика, лазерна фізика».

СЛУХАЛИ: Доповідь кандидата фізико-математичних наук, здобувача що самостійно підготував докторську дисертацію, Горського Михайла Петровича за матеріалами дисертаційної роботи «Поляризаційно-фазова структурність лазерних полів і діагностика оптичної анізотропії полікристалічної складової шарів м'якої речовини», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.05 «Оптика, лазерна фізика».

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича від «29» квітня 2024 р. (протокол № 7).

Горський М.П. у своїй доповіді виклав основні результати проведених досліджень за темою дисертаційної роботи, сформулював актуальність та мету роботи, наукову новизну, практичну цінність результатів і висновки.

По доповіді було задано 13 запитань, на які Горський М.П. дав обґрунтовані відповіді.

В обговоренні дисертаційної роботи прийняли участь Зенкова К.Ю., Максимяк П.П., Склярчук В.М., Слоцька Л.С., Мохунь І.І, Фодчук І.М., Головацький В.А., Ангельський О.В.

Було відмічено, що тема дисертації є актуальною. Горським М.П. проведено розробку нової багатопараметричної оптичної технології неруйнівного дослідження полікристалічної архітектури фазово-неоднорідних неорганічних і біологічних шарів, яка являє собою синтез інструментальних методів корелометрії, поляризаційної інтерферометрії, Стокс поляриметрії, цифрового алгоритмічного відтворення та фазового сканування полів комплексних амплітуд спекл-полів та алгоритмічного статистичного і масштабно-селективного (вейвлет) аналізу одержаних даних. Дисертація Горського М.П. є закінченою науково-дослідною роботою з обґрунтованими результатами та висновками.

У результаті обговорення доповіді Горського М.П. за матеріалами дисертаційної роботи семінар

ПОСТАНОВИВ: затвердити наступне

ЗАКЛЮЧЕННЯ

по дисертаційній роботі Горського Михайла Петровича

«Поляризаційно-фазова структурність лазерних полів і діагностика оптичної анізотропії полікристалічної складової шарів м'якої речовини»

Актуальність теми досліджень.

Основним недоліком поляриметричного та мюллер-матричного картографування виявилася залежність експериментальних даних від величини деполяризації лазерного випромінювання, яка не тільки інтегрально усереднює

поляризаційні розподіли, але й “руйнує” однозначність взаємозв’язків між поляризаційно-неоднорідними об’єктними полями та параметрами полікристалічної архітекtonіки фазово-неоднорідних шарів об’єктів неорганічної та біологічної матерії. Тому актуальним є створення нових, добре відтворюваних і більш точних методів лазерної поляриметрії.

Новим кроком у розвитку методів оптичної діагностики фазово-неоднорідних шарів стало успішне об’єднання поляриметричного і інтерферометричного методів. Тому перспективним завданням поляризаційної і кореляційної оптики виявляється розвиток універсального Стокс-поляриметричного описання формування лазерних полів фазово-неоднорідних шарів з оптично анізотропною полікристалічною архітектонікою на більш загальний випадок – розроблення комплексу новітніх, логічно-взаємопов’язаних діагностичних лазерних методів багатопараметричного кореляційного та поляризаційно-інтерференційного картографування об’єктних полів фазово-неоднорідних шарів для диференціальної діагностики часових і структурних змін оптично анізотропної полікристалічної архітектоніки шляхом цифрового алгоритмічного відтворення і дискретного фазового сканування розподілів комплексних амплітуд з відтворенням мап азимута і еліптичності поляризації парціальних складових з різною кратністю світлорозсіювання.

Слід очікувати, що об’єднання методів поляризаційного, інтерференційного, фазового і кореляційного картографування лазерних спекл полів повинно дати нову інформацію про морфологічну та оптично анізотропну структуру фазово-неоднорідних неорганічних і біологічних шарів на мікро- та макрорівнях їх архітектоніки або організації. Така інформація актуальна в багатьох фундаментальних застосуваннях поляризаційної і кореляційної оптики – дифузійна та фотоакустична томографія, флуорометрія, оптична когерентна томографія, фазова і конфокальна мікроскопія. Тому можна стверджувати, що оптична діагностика на основі поляризаційно-інтерференційної стокс-корелометрії з цифровим алгоритмічним відтворенням і фазовим скануванням полів комплексних амплітуд потребує подальшого розвитку в плані визначення взаємозв’язків між розподілами параметрів оптичної анізотропії фазово-

неоднорідних шарів з полікристалічною архітектонікою та експериментально виміряними пошаровими двовимірними розподілами параметрів поляризаційних та фазових зображень.

Отже, **актуальність дисертаційного дослідження зумовлена** необхідністю розробки нових комплексних, багатомірних підходів до аналізу поляризаційно-неоднорідних лазерних об'єктних полів, пошуку нових методів лазерної корелометрії об'єктів та поляризаційно-інтерференційних лазерних методів цифрового алгоритмічного відтворення і фазового сканування полів комплексних амплітуд з обчисленням сукупності мап азимутів і еліптичності різних фазових рівнів когерентного випромінювання перетвореного оптично анізотропними фазово-неоднорідними шарами у діагностиці та диференціації проявів механізмів оптичної анізотропії для розробки об'єктивних цифрових критеріїв оцінювання змін ієрархії полікристалічної архітектоніки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича за темами та проектами:

- Проєкт НФДУ “Новітні методи і системи багатофункціональної Мюллер-матричної поляризаційної і флуоресцентної томографії мікро та наноструктури мереж біологічних кристалів” (номер державної реєстрації 2020.02/0061)
- “Розробка новітніх методів і систем багатофункціональної флуоресцентної матричної поляриметрії молекулярних зображень оптично анізотропних біологічних шарів” (номер державної реєстрації 0120U102079). Здобувач – керівник НДР
- “Розробка новітніх методів і систем 3D Джонс-матричної мікроскопії полікристалічних плівок біологічних рідин” (номер державної реєстрації 0118U000144).
- “Розробка новітніх методів і систем Мюллер-матричної томографії полікристалічної структури дифузних біологічних шарів” (номер державної реєстрації 0118U000142).

- “Розробка новітніх поляризаційно-кореляційних і цифрових голографічних методів системи 3D інтроскопії полікристалічної структури біологічних шарів” (номер державної реєстрації 0119U100729).
- “Розробка новітніх методів і біомедичних систем поляризаційно-голографічної фракталометрії кристалітів тканин і рідин органів людини ” (номер державної реєстрації 0119U100725).
- “Біомедична корелометрія поляризаційних сингулярностей фазово-неоднорідних лазерних полів тканин і рідин органів людини ” (номер державної реєстрації 0116U001449).
- “Багатопараметричні поляризаційно-фазові методи цифрової голографічної томографії полікристалічних мереж тканин і рідин органів людини” (номер державної реєстрації 0116U001446).

Роль здобувача у виконанні цих науково-дослідних тем полягала у експериментальному вимірюванні поляризаційних та інтерференційних зображень та активної участі в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів і їх інтерпретації. Також дисертант приймав участь в отриманні дослідних зразків біологічних м'якої речовини біологічного та не біологічного походження.

Мета роботи полягає у розробці комплексу новітніх, логічно-взаємопов'язаних діагностичних лазерних методів багатопараметричного кореляційного та поляризаційно-інтерференційного картографування об'єктних полів фазово-неоднорідних шарів для диференціальної діагностики часових і структурних змін оптично анізотропної полікристалічної архітекtonіки шляхом цифрового алгоритмічного відтворення і дискретного фазового сканування розподілів комплексних амплітуд з відтворенням мап азимута і еліптичності поляризації парціальних складових з різною кратністю світлорозсіяння.

Наукова новизна. В даній роботі **вперше**:

1. Для діагностики процесів формування полікристалічних структур використано аналіз флуктуацій розсіяного когерентного випромінювання. Часова залежність дисперсії флуктуацій інтенсивності дозволяє виділити основні етапи процесу

формування. Флуктуації інтенсивності обумовлюються зміною в часі розмірів розсіюючих частинок і їх відносного показника заломлення, що пояснюється утворенням насиченого розчину кристалогідратів і його подальшою кристалізацією.

2. Розроблено математичну модель опису розсіювання когерентного випромінювання цементним тістом в процесі гідратації. Показано, що динаміка флуктуацій інтенсивності спекл-поля, утвореного в результаті розсіювання когерентного випромінювання цементним тістом в 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.

3. Проведено експериментальну апробацію багатоканального вектор-параметричного методу 2D поляризаційної фазометрії розподілів величини еліптичності мікроскопічних зображень оптично тонких і оптично-товстих шарів м'якої речовини - гістологічних зрізів фібрилярного міокарда і паренхіматозної печінки.

4. Проведено експериментальну апробацію поляризаційно-інтерференційного методу алгоритмічного відтворення і фазового сканування об'єктного поля комплексних амплітуд і обчисленням серії мап еліптичності у різних фазових вибірках мікроскопічних зображень оптично тонких і оптично-товстих гістологічних зрізів біологічних фібрилярних і паренхіматозних тканин.

5. Представлені та фізично проаналізовані експериментальні результати діагностичного застосування методів вектор-параметричного поляризаційного картографування і поляризаційно-інтерференційного цифрового алгоритмічного відтворення і фазового сканування комплексних амплітуд з визначенням сукупності поляризаційних мап азимута і еліптичності різних фазових вибірок у об'єктному полі біологічних шарів для диференціальної діагностики некротичних і патологічних змін оптично анізотропної полікристалічної складової біологічних тканин органів людини:

- Міокард – “ішемічна хвороба серця (ІХС) – гостра коронарна недостатність (ГКН)”.

- Матка – “доброякісні (міома) – злоякісні (карцинома)” пухлини.
- Простата – “злоякісні пухлини (аденокарцинома) з різним (середнім, 3+4 і низьким 4+4) ступенем диференціації за шкалою Глісона”.

6. У рамках статистичного аналізу розроблено цифрові маркери (центральні статистичні моменти різних порядків) і виявлено наступні максимальні рівні точності диференціальної поляризаційної (мапи азимута і еліптичності поляризації різних фазових вибірок об'єктного поля) діагностики некротичних і патологічних станів гістологічних зрізів біологічних тканин:

- Міокард “ІХС - ГКН”:
 - Інтегральні мапи еліптичності поляризації – хороший рівень $Ac(Z_{3,4}(\beta)) = 87,9\%$.
 - Пошарові фазові мапи еліптичності поляризації – хороший $Ac(Z_3(\beta, \theta = \pi/4)) = 87,5\%$, дуже хороший $Ac(Z_4(\beta, \theta = \pi/4)) = 91,7\%$ і відмінний $Ac(Z_{3,4}(\beta, \theta = \pi/8)) = 95,8\%$ рівні.
- Матка “міома - карцинома”:
 - Інтегральні мапи еліптичності поляризації – хороший рівень $Ac(Z_{3,4}(\beta)) = 85,7\%$.
 - Пошарові фазові мапи еліптичності поляризації – хороший $Ac(Z_3(\beta, \theta = \pi/4)) = 89,2\%$ дуже хороший $Ac(Z_4(\beta, \theta = \pi/4)) = Ac(Z_3(\beta, \theta = \pi/8)) = 91,7\%$ і дуже хороший $Ac(Z_4(\beta, \theta = \pi/8)) = 92,8\%$ рівні.
- Простата “3+4 - 4+4”:
 - Інтегральні мапи еліптичності поляризації – задовільний рівень $Ac(Z_{3,4}(\beta)) = 80,7\%$.
 - Пошарові фазові мапи еліптичності поляризації – задовільний $Ac(Z_{3,4}(\beta, \theta = \pi/4)) = 80,7\%$ і хороший $Ac(Z_{3,4}(\beta, \theta = \pi/8)) = 88,5\%$ рівні.

7. Розроблено дизайн та експериментально реалізовано структурно-логічну схему цифрового поляризаційно-інтерференційного масштабно селективного вейвлет аналізу фазових поляризаційних мап для діагностики трансформації полікристалічної структури біологічних фазово-неоднорідних шарів.

8. Досліджена ефективність вейвлет-аналізу сукупності алгоритмічно відтворених мап азимута і еліптичності поляризації різних фазових вибірок поля комплексних амплітуд біологічних тканин з наступними патологіями::

- Міокард – “ішемічна хвороба серця (ІХС) – гостра коронарна недостатність (ГКН)”.
- Легенева тканина – “астма – фіброз”.
- Простата – “злоякісні пухлини (аденокарцинома) з різним (середнім, 3+4 і низьким 4+4) ступенем диференціації за шкалою Глісона”.

9. Визначені та фізично обґрунтовані сценарії формування координатних мап різномасштабних вейвлет коефіцієнтів, які характеризують розподіли величини азимута і еліптичності поляризації багатократно розсіяного об’єктного поля оптично товстих шарів біологічних тканин різної морфологічної будови та патологічного стану у фазовій виборці $\theta=\pi/8$, де вплив кратно розсіяної компоненти мінімізований.

10. У рамках статистичного аналізу визначені діагностичні взаємозв’язки між статистичними моментами 1-го – 2-го порядків, які характеризують розподіли величини амплітуди різно масштабних вейвлет коефіцієнтів мап еліптичності поляризації дифузних мікроскопічних зображень та виявлені діагностичні рівні точності диференціації різних патологічних станів:

- Міокард – “ІХС - ГКН”:
 - Для малих масштабів $a_{\min}=15$ – відмінний рівень $Ac(Z1)=95,8\%$ і $Ac(Z2)=100\%$.
 - Для великих масштабів $a_{\max}=50$ – дуже хороший рівень $Ac(Z1,2)=91,7\%$
- Легенева тканина – “астма – фіброз”:
 - Для малих масштабів $a_{\min}=22$ – дуже хороший рівень $Ac(Z1)=92,3\%$ і відмінний $Ac(Z2)=100\%$ рівні.
 - Для великих масштабів $a_{\max}=43$ – максимальний рівень точності $Ac(Z1,2)=100\%$.
- Простата – “злоякісні пухлини (аденокарцинома) з різним (середнім, 3+4 і низьким 4+4) ступенем диференціації за шкалою Глісона”:

- для всіх масштабів $a_{\min} = 15$ та $a_{\max} = 55$ – відмінний 96,7%-100% рівень точності.

Відповідно до бази даних **Scopus** індекс Гірша здобувача рівний 22.

Практичне значення роботи:

У результаті виконання дисертаційного дослідження теоретично розроблено та експериментально обґрунтовано нову багатопараметричну оптичну технологію неруйнівного дослідження полікристалічної архітекtonіки шарів м'якої речовини неорганічного та біологічного походження, яка являє собою синтез інструментальних методів корелометрії, поляризаційної інтерферометрії, Стокс поляриметрії, цифрового голографічного відтворення та фазового сканування полів комплексних амплітуд спекл-полів та алгоритмічного статистичного і масштабно-селективного (вейвлет) аналізу одержаних даних, які є базовими в:

1. Дослідженні процесів формування твердих полікристалічних структур з м'якої речовини. Для цього використано аналіз флуктуацій розсіяного когерентного випромінювання. Часова залежність дисперсії флуктуацій інтенсивності дозволяє виділити основні етапи процесу формування. На цій основі запропоновано метод вивчення процесів гідратації і тверднення мінеральних в'язучих за динамікою спеклів у розсіяному лазерному випромінюванні.
2. Поляризаційно-інтерференційному методі фазового сканування об'єктного поля з цифровим голографічним 3D пошаровим відтворення розподілів комплексних амплітуд для диференціальної діагностики некротичних і патологічних змін оптично анізотропної полікристалічної складової біологічних тканин органів людини.
3. Вивченні фізичних закономірностей формування пошарових координатних розподілів азимута і еліптичності поляризації об'єктних лазерних полів оптично анізотропних шарів м'якої речовини – біологічних тканин з різною морфологічною будовою (фібрилярні та паренхіматозні) полікристалічної архітекtonіки.

4. Обґрунтуванні сукупності фізичних взаємозв'язків між статистичними і масштабно-селективними параметрами, які характеризують пошарові мапи азимута і еліптичності поляризаційно-неоднорідних об'єктних лазерних полів, та змінами розподілів параметрів, що описують лінійне та циркулярне двопоменезаломлення полікристалічних мереж шарів м'якої речовини
5. Диференціальної діагностики некротичних і патологічних змін оптично анізотропної полікристалічної складової біологічних тканин органів людини з наступними патологіями:
 - Міокард – “ішемічна хвороба серця (ІХС) – гостра коронарна недостатність (ГКН)”.
 - Матка – “доброякісні (міома) – злоякісні (карцинома)” пухлини.
 - Простата – “злоякісні пухлини (аденокарцинома) з різним (середнім, 3+4 і низьким 4+4) ступенем диференціації за шкалою Глісона”.
6. Масштабно-селективній диференціації пошарових мап азимута і еліптичності поляризації дифузних зображень біологічних тканин з наступними патологіями:
 - Міокард – “ішемічна хвороба серця (ІХС) – гостра коронарна недостатність (ГКН)”.
 - Легенева тканина – “астма – фіброз”.
 - Простата – “злоякісні пухлини (аденокарцинома) з різним (середнім, 3+4 і низьким 4+4) ступенем диференціації за шкалою Глісона”.

Апробація роботи. Основні результати досліджень, викладені у дисертаційній роботі, доповідались і обговорювались на семінарах кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи та Інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, а також на таких всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях (особисто або співавторами):

- 11th International Conference "Micro- to Nano-Photonics IV- ROMOPTO 2015", 1-4 September 2015, Bucharest, Romania.

- 12th International Conference on Correlation Optics (CorrOpt 2015), 14-18 September 2015, Chernivtsi, Ukraine.
- 13th International Conference on Correlation Optics (CorrOpt 2017), 11-15 September 2017, Chernivtsi, Ukraine.
- International Conference “SPIE Optics + Photonics 2017”, 6–10 August 2017, San Diego, USA.
- The 9th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies" (ATOM-N 2018), 23 - 26 August 2018, Constanta, Romania.
- International Conference “SPIE Optics + Photonics 2019”, 13–15 August 2019, San Diego, USA.
- 14th International Conference on Correlation Optics (CorrOpt 2019), 11-15 September 2019, Chernivtsi, Ukraine.
- 15th International Conference on Correlation Optics (CorrOpt 2021), 13-16 September 2021, Chernivtsi, Ukraine.
- 16th International Conference on Correlation Optics (CorrOpt 2023), 18-21 September 2023, Chernivtsi, Ukraine.
- Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, 31 August – 6 September , 2020, Wilga, Poland
- XX Optical Fibers and their Applications, (TAL 2023), 11-14 September 2023, Lublin, Poland

Публікації:

1. **Gorsky M.P.** Dynamic coherent light scattering by the cement with carbon nanotubes during hydration process / **Gorsky, M.P.**, Maksimyak, P.P. // Proc. SPIE. – 2018. – 10719. - 107192W.

(Готував дослідні зразки. Приймав активну участь в постановці задачі. Проводив експериментальні вимірювання, приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.)

2. **Gorsky M.P.** Optical sizing of cement particles / **Gorsky, M.P.**, Maksimyak, P.P. // Optica Applicata – 2017. – 47 (4) – 511-519.
(Готував дослідні зразки. Приймав активну участь в постановці задачі. Проводив експериментальні вимірювання, приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.).
3. **Gorsky M.P.** Application of speckle-field images processing for concrete hardening diagnostics / **Gorsky, M.P.**, Maksimyak, P.P. // Semiconductor physics, Quantum electronics and Optoelectronics. – 2015. – V.18(N.2). – P. 152-157.
(Готував дослідні зразки. Приймав активну участь в постановці задачі. Проводив експериментальні вимірювання, приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.).
4. **Gorsky M.P.** Additional approaches to solving the phase problem in optic / Zenkova, C.Yu., **Gorsky, M.P.**, Ryabiy, P.A., Angelskaya, A.O. // Applied Optics. – 2016. - 55 (12). - B78-B84.
(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).
5. **Gorsky M.P.** 2D Hilbert transform for phase retrieval of speckle fields / **Gorsky, M.P.**, Ryabiy, P.A., Ivanskyi, D.I. // Proc. SPIE. – 2016. - 9970. - 99701N.
(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).
6. **Gorsky M.P.** Pseudo-phase mapping of speckle fields using 2D Hilbert transformation / Zenkova, C.Y., **Gorsky, M.P.**, Ryabiy, P.A. // Optica Applicata. – 2016. – 46 (1). – 153-162.
(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Проводив комп'ютерне моделювання інтерференційних зображень. Брав активну участь в написанні статті).

7. **Gorsky M.P.**, Methods and means of Fourier-Stokes polarimetry and the spatial frequency filtering of phase anisotropy manifestations / Novakovskaya, O.Yu., Ushenko, A.G., Dubolazov, A.V., Ushenko, V.A., Ushenko, Yu.A., Sakhnovskiy, M.Yu., Soltys, I.V., Zhytaryuk, V.H., Olar, O.V., Sidor, M., **Gorsky, M.P.** // Proc. SPIE. – 2016. – 10010. – 100100L.

(Приймав активну участь у проведенні експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень. Приймав активну участь в створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

8. **Gorsky M.P.** Phase retrieval of speckle fields based on 2D Hilbert transform / Zenkova, C.Y., **Gorsky, M.P.**, Ryabyj, P.A. // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2015. – 24 (4). – 303-308.

(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Проводив комп'ютерне моделювання інтерференційних зображень. Брав активну участь в написанні статті.)

9. **Gorsky M.P.** Optical correlation technique for cement particle size measurements / **Gorsky, M.P.**, Maksimyak, P.P. // Proc. SPIE. – 2015. – 9809. – 980912.

(Проводив експериментальні вимірювання автокореляційних зображень цементних часток. Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

10. **Gorsky M.P.** The phase problem solving by the use of optical correlation algorithm for reconstructing phase skeleton of complex optical fields / Zenkova, C.Yu., **Gorsky, M.P.**, Ryabyi, P.A. // Proc. SPIE. – 2015. – 9258. – 92582B.

(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Проводив комп'ютерне моделювання інтерференційних зображень. Брав активну участь в написанні статті.)

11. **Gorsky M.P.** Methods of restoring spatial phase distribution of complex optical fields in the approximation of singular optics / Zenkova, C.Y., **Gorsky, M.P.**, Riabyi, P.A. // Romanian Reports in Physics. – 2015. – 67 (4). – 1401-1411.

(Проводив комп'ютерне моделювання зображень розподілів інтенсивності. Також приймав активну участь в аналізі отриманих результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.)

12. **Gorsky M.P.** Different approaches to phase restoration of distant complex optical fields / Zenkova, C.Yu., **Gorsky, M.P.**, Ryabiy, P.A., Gruia, I. // Optica Applicata. – 2015. - 45 (2). - 139-150.

(Проводив комп'ютерне моделювання зображень розподілів інтенсивності. Також приймав активну участь в аналізі отриманих результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.)

13. **Gorsky M.P.**, Cement hydration investigation by method of piezoelectric photoacoustics / Gorsky, M.P., Maksimyak, P.P. // Applied Optics. – 2014. – 53(10). – B159-B166.

(Проводив експериментальні вимірювання фотоакустичного відгуку. Приймав активну участь в постановці задачі та комп'ютерному моделюванні. Брав активну участь в написанні статті.)

14. **Gorsky M.P.** Optical correlation algorithm for reconstructing phase skeleton of complex optical fields for solving the phase problem / Angelsky, O.V., **Gorsky, M.P.**, Hanson, S.G., Lukin, V.P., Mokhun, I.I., Polyanskii, P.V., Ryabiy, P.A. // Optics Express. –2014. – 22 (5). - 6186-6193.

(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для моделювання отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті.)

15. **Gorsky M.P.** Complex degree of mutual anisotropy of linear birefringence and optical activity of biological tissues in diagnostics of prostate cancer / Ushenko, V.A., **Gorsky, M.P.** // Optics and Spectroscopy. – 2013. - 115 (2). - 290-297.

(Готував дослідні зразки біологічних тканин. Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень і приймав активну

участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті).

16. **Gorsky M.** 3D Mueller-matrix diffusive tomography of polycrystalline blood films for cancer diagnosis / Ushenko V., Sdobnov A., Syvokorovskaya A., Dubolazov A., Vanchulyak O., Ushenko A., Ushenko Y., **Gorsky M.**, Sidor M., Bykov A., Meglinski I. // Photonics. – 2018. - 5 (4). – № 54.

Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для розрахунку пошарових розподілів 3D мап еліптичності та азимуту поляризації лазерного випромінювання. Брав активну участь в написанні статті).

17. **Gorsky, M.P.** Photoacoustic investigations of cement hydration process / **Gorsky, M.P.**, Maksimyak, A.P. // Proc. SPIE. – 2013. – 9066. – 90661I.

(Готував дослідні зразки. Приймав активну участь в постановці задачі. Проводив експериментальні вимірювання, приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.).

18. **Gorsky, M.P.** Statistic analysis of topological transformation of birefringent structure matrix images of biological tissues / Karachevtsev, A.O., **Gorsky, M.P.** // Proc. SPIE. – 2012. – 8498. – 84980V.

(Готував дослідні зразки біологічних тканин. Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень і приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті).

19. **Gorsky, M.P.** Laser-radiation scattering by cement in the process of hydration: Simulation of the dynamics and experiment / **Gorsky, M.P.**, Maksimyak, P.P., Maksimyak, A.P. // Applied Optics. – 2012. – 51 (10). – C208-C214.

(Готував дослідні зразки. Приймав активну участь в постановці задачі. Проводив експериментальні вимірювання, приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті.).

20. **Gorsky, M.P.** Fourier-Stokes polarimetry of laser radiation scattered fields for diagnostics of dystrophic changes of biological tissues histological sections / **Gorsky, M.P.**, Kushneryk, L.Y., Tryphonyuk, L.Y., Sidor, M. // Applied Optics. – 2012. – 51 (10). – C170-C175.

(Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

21. **Gorsky, Mykhaylo P.** Dynamic coherent light scattering during consolidation of polycrystalline structure with short carbon fibers / **Gorsky, Mykhaylo P**; Maksimyak, Peter P; // Proc. SPIE. - 2019. – 11136. - 1113611.

(Проводив експериментальні вимірювання. Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для розрахунку розподілів розсіяного лазерного випромінювання. Брав активну участь в написанні статті. Брав активну участь в написанні статті).

22. **Gorsky, Mykhaylo P.** Fourier analysis of speckle fields / **Gorsky, Mykhaylo P** // Proc. SPIE. - 2020. – 1136. - 113690B.

(Готував дослідні зразки. Проводив експериментальні вимірювання інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

23. **Gorsky, MP.** Muller-matrix images of fluctuations of optical anisotropy parameters of biological diffusion layers / Ushenko, Yu A; **Gorsky, MP**; Tomka, Yu Ya; Sokolnuik, SO; Wanchuliak, O Ya; Kushnerik, L Yu; Golub, S; Besaga, R // Proc. SPIE. - 2018. – 10977. - 109773Z.

(Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

24. **Mykhailo Gorsky.** 3D Mueller matrix mapping of layered distributions of depolarisation degree for analysis of prostate adenoma and carcinoma diffuse tissues /

Volodymyr A. Ushenko, Benjamin T. Hogan, Alexander Dubolazov, Gennadii Piavchenko, Sergey L. Kuznetsov, Alexander G. Ushenko, Yuriy O. Ushenko, **Mykhailo Gorsky**, Alexander Bykov & Igor Meglinski // Scientific Reports. –2021. – 11. – 5162.

(Приймав активну участь в експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень і в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті).

25. **M P Gorsky**. Polarization singularity analysis of Mueller-matrix invariants of optical anisotropy of biological tissues samples in cancer diagnostics / V O Ushenko, L Trifonyuk, Y A Ushenko, O V Dubolazov, **M P Gorsky** and A G Ushenko // Journal of Optics. – 2021. – 23 (6). – 064004.

(Проводив експериментальні вимірювання інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

26. **Gorsky MP**. 3D Mueller Matrix Reconstruction of the Optical Anisotropy Parameters of Myocardial Histopathology Tissue Samples / Hogan BT, Ushenko VA, Syvokorovskaya A-V, Dubolazov AV, Vanchulyak OY, Ushenko AG, Ushenko YA, **Gorsky MP**, Tomka Y, Kuznetsov SL, Bykov A and Meglinski I // Front. Phys. – 2021. – 9. – 737866.

(Приймав активну участь в експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень і в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті).

27. **Gorsky, M**. Differential diagnosis in prostate tumors by the 3D Stokes-correlometry of layer-by-layer polarization-inhomogeneous images of polycrystalline blood films / Tryfonyuk, L., Shcheglovska, T., Bakun, O., Soltys, I., Maksymjak, G., **Gorsky, M.**, Dubolazov, O., Ushenko, Y., Pavlukovich, N. and Ushenko, O. // European Urology Open Science. – 2022. – 11. – S26-S27.

(Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та розрахунку статистичних та фрактальних параметрів еліптичності поляризації мікроскопічних зображень. Брав активну участь в написанні статті).

28. **Mykhailo Gorsky**. Optical anisotropy composition of benign and malignant prostate tissues revealed by Mueller-matrix imaging / Oleksii Sieryi, Yuriy Ushenko, Volodimir Ushenko, Olexander Dubolazov, Anastasia V. Syvokorovskaya, Oleh Vanchulyak, Alexander G. Ushenko, **Mykhailo Gorsky**, Yuriy Tomka, Alexander Bykov, Wenjun Yan, and Igor Meglinski // Biomed. Opt. Express. – 2022. – 13. – 6019-6034.

(Готував дослідні зразки біологічних тканин. Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень і приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті).

29. **Gorsky M.** 3D digital holographic polarimetry of diffuse optically anisotropic biological tissue object fields / Ushenko A, Zheng J, **Gorsky M**, Dubolazov A, Ushenko Y, Soltys I, Mikirin I, Chen Z, Wanchuliak O, Gordey I and Jingxian C // Front. Phys. – 2023. – 11. – 1288935.

(Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та створенні алгоритму та програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих експериментальних результатів. Брав активну участь в написанні статті).

30. **Mykhaylo Gorsky**. Scale-selective wavelet differentiation of layered phased maps of polarization azimuth for images of biological crystal networks / **Mykhaylo Gorsky**, Alexander Salega, Alexander Pavlyukovich, Yuliya Litvinenko, Oxana Kinzerska, Ivan Gordey, V. Sklyarchuk, and Zhebo Chen. // Proc. SPIE. – 2024. – 12938. - 129380Z.

(Готував дослідні зразки біологічних тканин. Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень і приймав активну участь в обробці та аналізі отриманих експериментальних результатів, їх інтерпретації та поясненні. Брав активну участь в написанні статті).

31. **Gorsky M.** Mueller matrix polarization interferometry of optically anisotropic architectonics of biological tissue object fields: the fundamental and applied aspects / Ushenko A, Dubolazov A, Zheng J, Bakun O, **Gorsky M**, Ushenko Y, Litvinenko O, Gordey I, Zhebo C and Sklyarchuk V // Front. Phys. – 2023. – 11. – 1302254.

(Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та розрахунку статистичних, кореляційних та фрактальних параметрів мап еліптичності поляризації лазерного випромінювання. Брав активну участь в написанні статті).

32. **Mykhaiko Gorsky.** 3D polarization-interference holographic histology for wavelet-based differentiation of the polycrystalline component of biological tissues with different necrotic states. Forensic applications / Alexander Ushenko, Alexander Dubolazov, Jun Zheng, Alexandra Litvinenko, **Mykhaiko Gorsky**, Yuriy Ushenko, Iryna Soltys, Olexander Salega, Zhebo Chen, and Oleh Wanchuliak // Journal of Biomedical Optics. – 2024. – 29(5). – 052920.

(Проводив експериментальні вимірювання поляризаційних та інтерференційних зображень. Приймав активну участь в постановці задачі та розрахунку статистичних, кореляційних та фрактальних параметрів пошарових розподілів 3D мап еліптичності поляризації лазерного випромінювання. Брав активну участь в написанні статті).

33. Zhengbing Hu , Yuriy A. Ushenko , Iryna V. Soltys , Oleksandr V. Dubolazov , **M. P. Gorsky** , Oleksandr V. Olar , Liliya Yu. Trifonyuk, Mueller-Matrix Tomography of Biological Tissues and Fluids. Digital Image Processing and Analysis Techniques, **Springer Singapore**, 2024. 115p., ISBN: 978-981-99-8227-1.

34. Ushenko, Y.A., **Gorsky, M.P.**, Dubolazov, A.V., Ushenko, A.G., Zheng, J. / Materials and Optical-Physical and Fluorescent Research Methods. In: Digital Information Methods of Polarization, Mueller-Matrix and Fluorescent Microscopy. **Springer Singapore**, 2023. 25p. ISBN: 978-981-99-4734-8.

35. Zhengbing Hu, Yuriy A. Ushenko, Iryna V. Soltys, Oleksandr V. Dubolazov, **M. P. Gorsky**, Oleksandr V. Olar & Liliya Yu. Trifonyuk / Differential Diagnosis of Tumors of the Prostate. Polarization-Singular Approach. In: Mueller-Matrix Tomography of

Biological Tissues and Fluids.. **Springer Singapore**, 2023. 53p. ISBN: 978-981-99-8227-1.

36. Zhengbin Hu, Yu. A. Ushenko, O. Yu. Litvinenko, **Mykhailo P. Gorsky**, O. Y. Vanchulyak, I. Mikirin, A. G. Ushenko & Igor Meglinski / Materials and Methods of Research in Laser Polarimetry Data Processing of Biological Tissues for Forensic Determining the Age of Injury. In: Laser Polarimetry of Biological Tissues. **LAP Springer Singapore**, 2023. 26p. ISBN: 978-981-99-1733-4.

37. Zhengbin Hu , I.L. Bezhenar , O.Y. Vanchulyak , A. G. Ushenko , Yu. A. Ushenko , **Mykhailo P. Gorsky** , Igor Meglinski / Laser Polarimetry of Biological Tissues. Computer Algorithms for Data Processing in Forensic Age Determination of Injuries. **Springer Singapore**, 2023. 99p. ISBN: 978-981-99-1733-4.

38. **M. P. Gorsky**, Methods of restoring spatial phase distribution of complex optical fields in the approximation of singular optics / C. Yu. Zenkova, M. P. Gorsky, P. A. Riabyi // Abstract of 11th International Conference on Optics “Micro- to Nano-Photonics IV”, September 1-4, 2015, Bucharest, Romania, P.53.

39. Горський М.П., Максимяк А.П., Максимяк П.П. Спосіб визначення терміну тужавіння зразка цементного тіста: пат. : 124956 Україна: МПК G01N 21/27, C04B 7/02. № u201711590; заявл. 27.11.2017; опубл. 25.04.2018, бюл. № 8.

40. Трифонюк Л.Ю., Ушенко О.Г., Ушенко Ю.О., Ушенко В.О., Дуболазов О.В., Томка Ю.Я., Мотрич А.В., Бесага Р.М., Підкамінь Л.Й., Горський М.П., Савка І.Г. Спосіб дифузного мюллер-матричного картографування для диференціації патологій біологічних тканин: пат. 148219 Україна: МПК G01N 33/48, G G01N 21/39. № u202006769; заявл. 21.10.2020; опубл. 22.07.2021, бюл. № 29.

41. Литвиненко О.Ю., Ушенко О.Г., Ушенко Ю.О., Ушенко В.О., Дуболазов О.В., Томка Ю.Я., Мотрич А.В., Солтис І.В., Ванчуляк О.Я., Горський М.П., Бачинський В.Т. Спосіб диференціальної дифузної мюллер-матричної діагностики причин настання смерті: пат. : 146956 Україна: МПК G01N 33/487, G01N 21/39. № u202006768; заявл. 21.10.2020; опубл. 01.04.2021, бюл. № 13.

42. Ушенко О.Г., Ушенко Ю.О., Ушенко В.О., Дуболазов О.В., Томка Ю.Я., Пашковська Н.В., Марчук Ю.Ф., Горський М.П. Спосіб градації вмісту білка в сечі за 3d джонс-матричною томографією полікристалічних плівок сечі: пат.

148217 Україна: МПК G01N 33/48, G01N 21/39. № u202006766; заявл. 21.10.2020; опубл. 22.07.2021, бюл. № 29.

Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту. За змістом дисертаційна робота Горського М.П. «Поляризаційно-фазова структурність лазерних полів і діагностика оптичної анізотропії полікристалічної складової шарів м'якої речовини» повністю відповідає спеціальності 01.04.05 - «Оптика, лазерна фізика».

Відповідність роботи вимогам до докторських дисертацій.

В результаті проведеного обговорення встановлено, що дисертаційна робота Горського М.П. «Поляризаційно-фазова структурність лазерних полів і діагностика оптичної анізотропії полікристалічної складової шарів м'якої речовини» є завершеним комплексним науковим дослідженням, за актуальністю, науковим рівнем та практичним значенням відповідає всім вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.05 «Оптика, лазерна фізика» і кафедра оптики і видавничо-поліграфічної справи рекомендує роботу до захисту в спеціалізованій вченій раді Д 76.051.01 Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Голова наукового семінару
доктор фіз.- мат. наук, професор



Дуболазов О.В.

Секретар семінару
кандидат фіз.- мат. наук, доцент



Солтис І.В.