Рецензія

Доктора фізико-математичних наук, професора,
Професора, завідувача кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича
Ушенка Олександра Григоровича на дисертаційне дослідження Ткачука Владислава Миколайовича «Кореляційно-оптичні властивості вуглецевих наночастинок в задачах дослідження фазово-неоднорідних об'єктів»

Актуальність дисертаційного дослідження.

Актуальність теми дисертації Ткачука Владислава Миколайовича «Кореляційно-оптичні властивості вуглецевих наночастинок в задачах дослідження фазово-неоднорідних об'єктів» обумовлена пошуком нових підходів діагностики із застосуванням вуглецевих наночастинк в якості зонда складних оптичних полів, отриманих при взаємодії випромінювання із фазово-неоднорідним об'єктом, величина неоднорідності якого різниться за висотою, та пошуку шляхів діагностики неоднорідностей надгладких поверхонь, величина неоднорідності яких є меншою за довжину хвилі.

У дисертаційній роботі на основі різноманітних, добре апробованих аналітичних і числових наближень хвильової, сингулярної оптики, оптики ближнього поля та методів комп'ютерного моделювання продемонстровано підходи діагностики складного оптичного поля, сформованого при взаємодії випромінювання із фазово-неоднорідним об'єктом та діагностики поверхонь, які характеризується різною величиною неоднорідностей розподілу структури поверхні.

Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі оптики і видавничо-поліграфічної справи у межах кафедральних тем "Розробка новітніх методів та систем діагностики структурно-чутливих характеристик оптично анізотропних напівпровідникових та біологічних шарів", № держреєстрації: 0117U001154 (2018-2020 рр.), "Дослідження дії енергетичних потоків на мікро та наночастинки у складних оптичних полях", № держреєстрації: 0120U102076 (2020-2022 рр.), "Розробка комплексу новітніх методів багатохвильової вектор-параметричної поляризаційної інтроскопії полікристалічних

плівок біологічних рідин органів людини", № держреєстрації: 0122U001980 (2022-2024 рр.)

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість дисертаційного дослідження, результатів та висновків забезпечено логікою подання матеріалу наукової роботи, послідовністю викладу, різноманітністю джерельної бази, широкою апробацією результатів, висновками, поданими до кожного розділу, а також загальними висновками дисертації. Основні положення і висновки дисертаційної роботи викладені у 10 наукових працях. Зокрема, всі вони індексовані у Scopus і в Web of Science (одна стаття у журналі з Q=1, одна у журналі з Q=2). Матеріали дисертації доповідалися і опубліковані у 3 тезах доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Структура дисертації

У дисертацію входять: вступ, чотири розділи, висновки до розділів, загальні висновки та список використаних джерел. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею. Висновки, рекомендації та пропозиції, що характеризують, зокрема, наукову новизну дослідження, одержані автором дисертації особисто. Основні результати дисертації у повній мірі відображені у публікаціях.

Наукова новизна

Результати і висновки дисертації, які становлять наукову новизну, включають наступні аспекти:

1. За допомогою модифікованого гідротермічного методу синтезовано вуглецеві наночастинки із значним дипольним моментом, розміром порядка 80 нм для діагностики оптичного спекл-поля та порядку 50-70 нм для діагностики надгладких поверхонь. Вуглецеві наночастинки характеризуються значним поглинанням на довжині хвилі 405 нм, мінімальним поглинанням на довжині хвилі 633 нм випромінювання He-Ne лазера та максимум інтенсивності люмінесценції якої відповідає довжині хвилі 530 нм. Мінімальне поглинання на довжині хвилі 633 нм, при якій формується оптичне спекл-поле, обумовлює достатню оптичну силу, що діє на вуглецеву наночастинку та відповідає за її рух в енергетично неоднорідному оптичному полі.

2. Продемонстровано новий підхід використання вуглецевих наночастинок для діагностики оптичного поля з відтворенням точок мінімума інтенсивності із сингулярностями та без них. Досліджуване оптичне поле сформоване взаємодією випромінювання із фазово-неоднорідним об'єктом, велична неоднорідностей якого співрозмірна із довжиною хвилі.

3. Синтезовані в ході виконання роботи вуглецеві наночастинки було використано як зонд оптичного поля для відновлення інформації про розподіл інтенсивності, шляхом оцінки швидкості руху вуглецевих наночастинок та їх траєкторії руху.

4. Використання перетворення Гільберта для відтворення фазової карти оптичного спекл-поля є недостатнім, оскільки втрачається інформація про розподіл точок мінімума інтенсивності з сингулярностями та без них. Використання вуглецевих наночастинок, як способу візуалізації точок мінімума інтенсивності із сингулярністю та точок мінімума інтенсивності без сингулярностей, відкривають нові можливості у вивченні складних оптичних полів та відтворення об'єктів-вивчення у реальному масштабі часу.

5. Сформовано умови градієнтної пастки для утримання вуглецевих наночастинок у вибраному положенні для аналізу поверхні, вважаючи, що наночастинки орієнтовані у вертикальному положенні, яке забезпечується впливом зовнішнього електричного поля на дипольний момент наночастинок. Використання оптичного вихрового пучка дозволяє гасити люмінесценцію сусідніх наночастинок від захопленої, градієнтною пасткою, та забезпечує покращення контрасту картини розподілу інтенсивності.

6. Було показано, що вуглецеві наночастинки зі значним дипольним моментом та структуровані пучки із значною повздовжньою компонентою можна залучати для діагностики надгладких поверхонь, розмір неоднорідностей яких є меншим за довжину хвилі, з доланням межі поперечної роздільної здатності згідно з теорією Аббе.

7. Здійснено реконструкцію тримірного ландшафту нагладких поверхонь через вимірювання величини інтенсивності вуглецевих наночастинок, розподілених по поверхні та оцінено точність розподілу неоднорідностей відтвореного ландшафту,

шляхом порівняння розподілу висот при орієнтації вуглецевих наночастинок вздовж лінії напруженості зовнішнього електричного поля та перпендикулярно до виділених елементарних ділянок досліджуваної поверхні.

Практичне значення одержаних результатів.

У науково-дослідній сфері – дослідження, які показані у третьому розділі, дозволять застосувати вуглецеві наночастинки для діагностики складного оптичного поля, сформованого від взаємодії випромінювання із фазово-неоднорідним об'єктом, а розроблену теорію можна використати для моніторингу та контролю стану параметрів віддалених об'єктів. Запропоновані у дисертаційній роботі підходи і методи, дозволяють застосувати вуглецеві наночастинки, в якості зонду поверхні, для діагностики надгладких поверхонь, величина неоднорідності яких є меншою за довжину хвилі, що може бути використано для діагностики неоднорідностей дисплеїв, сенсорних датчиків, фотоелектронних пристроїв, тонкоплівкових транзисторів, освітлювальних елементів

У навчальному процесі - елементи дисертації можна ввести у спеціалізовані курси для студентів магістратури. Отримані результати можна використати для створення посібників або методичних матеріалів.

Зауваження.

1. У дисертації показано підхід діагностики фазово-ноднорідних об'єктів та надгладких поверхонь, чи можливо застосувати даний підхід для флуоресцентних поверхонь?
2. У третьому розділі дисертації показано відновлення фазової інформації, яка втрачається при використанні перетворення Гільберта, однак код програми в тексті чи додатках не наведено, здалося б розмістити код у додатках.
3. У дисертації присутні незначні орфографічні та пунктуаційні описки.

Однак висунуті дискусійні положення не заперечують наукових досягнень дисертації Ткачука Владислава Миколайовича та не впливають на висновок про належний рівень рецензованого дослідження, його загальну позитивну оцінку.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Ткачука Владислава Миколайовича «Кореляційно-оптичні властивості вуглецевих наночастинок в задачах дослідження фазово-

неоднорідних об’єктів», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія за її актуальністю, науково-теоретичним рівнем, новизною постановки та розв’язання проблеми, практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам пунктів б, 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 2022 р. №44 (із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №341 від 21.03.2022 р.). Ткачук Владислав Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Рецензент
доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри оптики і видавничо-поліграфічної справи
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича Олександр УШЕНКО

Підпис Ушенка О. засвідчую
Учений секретар Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича
" 11 " жовтня 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ * ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА * Код 02071240 *