

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Васильківа Юрія Васильовича
«ТОПОЛОГІЧНІ ДЕФЕКТИ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В НЕОДНОРІДНИХ
ТВЕРДОТІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ І ІНДУКОВАНІ НИМИ ОПТИЧНІ ВИХОРИ»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика

Сингулярна оптика є однією з галузей фізики, які надзвичайно стрімко та ефективно розвиваються в останній час. Крім нового аспекту розуміння фундаментальних властивостей світла, принципи сингулярної оптики та експериментальні методи з їх застосуванням дозволяють вирішити низку технічних проблем, пов'язаних з кодуванням та передачею інформації, формуванням світлових полів різної форми тощо, і які створюють новий інструментарій для нанофізики, оптичної обробки інформації, новітніх методів оптичної діагностики. Завданнями дослідників у цій галузі є розробка методів формування сингулярних променів, експериментальне вивчення та аналіз особливостей їх поширення у різних оптичних середовищах, та їх взаємодії з неоднорідностями, індукованими зовнішніми полями. Всі ці завдання вирішувалися у представленій дисертаційній роботі.

Незважаючи на інтенсивні дослідження, які проводяться у даному напрямку, та значний об'єм інформації із сингулярної оптики, накопичений світовою наукою, вирішення проблем як коректного опису поширення променів із вортексами різного типу, особливо у низькосиметричних кристалах, так і розробки нових методів їх генерації, залишаються цікавими та важливими завданнями. Тому актуальність дисертаційної роботи Ю. В. Васильківа є безсумнівною.

За тематичною спрямованістю дисертація була пов'язана з планами науково-дослідних робіт Інституту фізичної оптики імені О.Г. Влоха, що виконувалися в рамках держбюджетних тем МОН України.

Загальна характеристика роботи. Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, списку літератури (320 джерел), а також двох додатків, з яких перший містить список праць та перелік конференцій, на яких доповідались основні результати дисертації, а другий - табульовані загальні види використовуваних у роботі аксіальних тензорів п'ятого рангу для різних груп симетрії кристалів.

П'ять із шести розділів роботи є оригінальними. Об'ємний оглядовий розділ та перелік використаної наукової літератури свідчать про глибоку обізнаність автора з тематикою досліджень. На всі джерела зроблені відповідні посилання як в огляді, котрий відображає

загальний стан досліджень в галузі, що стосується теми дисертації (розділ 1), так і при викладі та аналізі нових результатів, отриманих в дисертаційній роботі (розділи 2-6).

Оригінальна частина роботи включає декілька різних частин. В другому розділі автор детально розглядає можливості генерації оптичних вихорів неоднорідностями середовищ різного типу, зокрема: генетичними локальними напруженнями у скловидних зразках, штучно створеними неоднорідними напруженнями, що отримуються методом кручення кристалічного зразка, та напруженнями в околі структурних дефектів (дислокацій) кристалічної структури. У третьому розділі проаналізовано та експериментально досліджено оптичні сингулярності, що формуються у кристалах з керрівською нелінійністю шляхом створення неоднорідного електричного поля за рахунок специфічної конфігурації електродів, та проаналізовано особливості даного ефекту в кристалах різної симетрії. Четвертий розділ присвячений аналізу спін-орбітальної конверсії моменту імпульсу фотонів та оптимізації вибору матеріалів і методів його реалізації. У п'ятому розділі досліджується поведінка сингулярних світлових променів при їх акустооптичній дифракції, і зокрема зміни типу сингулярності, що виникають у таких процесах. Шостий розділ присвячений розгляду можливостей створення вортексів на основі неоднорідностей оптичної активності, індукованих торсійними напруженнями кристалічних та склоподібних середовищах.

В роботі ефективно поєднані експериментальні і аналітичні методи досліджень. Зокрема, ефективно використано матричний формалізм опису властивостей світлових хвиль та тензорний опис різних параметричних ефектів, що визначають їх поширення у кристалічних середовищах. Це дає можливості алгоритмізувати як теоретичний аналіз таких явищ, так і проведення відповідних розрахунків у конкретних матеріалах.

Поряд з розвинутими методиками вимірювань та аналізу, до важливих результатів дисертації слід віднести результати експериментального дослідження ефектів поширення сингулярних променів у окремих матеріалах, як склоподібних, так і кристалічних. У дисертації досліджено досить широке коло об'єктів, а саме кристали, що відносяться до різних класів симетрії. Такий вибір пов'язаний з головною ідеєю роботи – використання структурних дефектів матеріальних середовищ різного типу для генерації «дефектів» хвильових фронтів оптичних променів, разом із оберненою задачею, тобто аналізу структурних дефектів у оптичних матеріалах на основі дослідження створених ними оптичних сингулярностей. Слід відзначити перспективи практичних застосувань окремих отриманих результатів.

В дисертаційній роботі використано різні підходи, методи та зразки різних орієнтацій для різнобічного підтвердження об'єктивності отриманих результатів. При цьому застосовані як апробовані раніше методики, так і вдосконалені при виконанні даної роботи.

Отримано задовільні узгодження експериментальних та розрахункових даних. Таким чином, можна стверджувати, що результати досліджень, наукові положення і рекомендації автора щодо застосування отриманих в дисертації результатів є достовірними і обґрунтованими.

До найважливіших результатів, на мій погляд, можна віднести наступні.

1. Виявлення топологічних дефектів, викликаних неоднорідними залишковими механічними напруженнями в окремих склоподібних матеріалах та формулювання критеріїв їх виникнення, а також результати аналізу, що дозволяють розрізняти дво- та тривимірний розподіли параметрів оптичної анізотропії.

2. Показано, що гвинтові структурні дислокації у кристалах тригональної і кубічної сингоній приводять до виникнення топологічних дефектів орієнтації оптичної індикатриси та відповідно гвинтових дислокацій хвильового фронту світлового пучка. Виявлено вплив структурної орієнтації дислокації у кристалі на тип сингулярності світлового пучка.

3. Доведено, що неоднорідне електричне поле неоднорідної (конічної) конфігурації в монокристалічних та ізотропних матеріалах може бути використано для формування топологічних дефектів орієнтації оптичної індикатриси, що проаналізовано для всіх типів кристалічної симетрії на основі феноменологічного аналізу ефекту Керра в цих матеріалах.

4. Виявлено режим кросовера генерації оптичних вихорів у гауссівському пучку, в перехідних режимах, коли ефекти Покельса і Керра стають співмірними за величиною.

Практична цінність дисертаційної роботи визначається результатами вимірювань кристалооптичних характеристик досліджуваних у роботі склоподібних і кристалічних матеріалів, а також запропонованими в роботі аналітичними методами пошуку оптимальних складів та геометрій для формування топологічних дефектів, здатних генерувати сингулярності оптичних хвиль. Крім того, практичне значення мають окремі результати, зокрема експериментальне встановлення збереження фазової структури вихрового оптичного пучка при акустооптичній дифракції Бреґґа, виявлення генерації масиву вортексів з дробовими зарядами в умовах такої дифракції. Також, запропоновано конструкцію керованого градієнтного аксікона, принцип роботи якого базується на скручуванні кристалічного зразка.

Зауваження до дисертації.

1. В дисертації вказується, що відпал досліджених у роботі боратних стекол приводить до анігіляції топологічних дефектів. Мабуть цей висновок не є однозначним, оскільки експеримент проводився лише до та після відпалу, і немає експериментальних даних про зміни дефектності у процесі відпалу. Зокрема, дефекти могли дифундувати за межі зразка, а не лише анігілювати. Було б також важливо провести дослідження в матеріалах з добре вивченою структурою та природою наявних дефектів іншими методами.

2. В дисертації не проведено аналіз ефективності спін-орбітального перетворення при генерації вихорів на основі електрооптичного ефекту Керра. Тому залишається відкритим питання які матеріали могли б бути придатними для генерації оптичних вихорів подвійного заряду таким методом.

3. У дисертації наведено експериментальні результати з керування просторовим положенням оптичними вихорами на основі дифракції Брегга. На жаль, немає даних щодо поведінки вихорів при дифракції в режимі Рамана-Ната, що було б не менш важливо для практичних застосувань.

Висловлені зауваження жодним чином не ставлять під сумнів основні висновки роботи, скоріше є рекомендаціями або побажаннями, і не впливають на загальну високу оцінку даної дисертації.

Результати роботи повно і своєчасно опубліковані. Всього опубліковано 34 друковані праці, зокрема: 27 статей у фахових журналах, одна монографія, один патент та 5 тез доповідей на конференціях.

Зміст автореферату розкриває головні результати дослідження, його зміст повністю відповідає тексту дисертації. Дисертація добре оформлена та ілюстрована. Виклад змісту дисертаційної роботи відповідає вимогам наукового стилю та Державному стандарту з оформлення наукової та науково-технічної документації.

Висновок. Дисертація Васильківа Юрія Васильовича «Топологічні дефекти оптичних параметрів в неоднорідних твердотільних середовищах і індуковані ними оптичні вихори» є завершеним науковим дослідженням, яка за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, обґрунтованістю основних положень та висновків, а також за оформленням, повністю відповідає вимогам до докторських дисертацій, а її автор повністю заслуговує на присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Професор кафедри фізики напівпровідників
Ужгородського національного університету,
доктор фізико-математичних наук, професор

О. О. Грабар

Підпис О. О. Грабара підтверджую:
Вчений секретар УжНУ



О. О. Мельник