

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Настишина Святослава Юрійовича «Матричні методи опису поширення світла через деформовані рідкокристалічні середовища», яку подано до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика

Актуальність дисертаційної роботи Настишина Святослава Юрійовича визначається розширенням кола застосувань оптичних систем, сформованих на базі рідкокристалічних комірок. Такі системи ефективно використовують для візуалізації інформації, дослідження властивостей поверхонь і навіть для керування траєкторією руху живих клітин. Для розробки і побудови нових сучасних рідкокристалічних пристроїв важливим є розвиток методів об'єктивного опису та аналізу оптичних властивостей систем рідкокристалічних комірок з деформованих рідких кристалів та рідкокристалічних середовищ із включеннями інших фаз.

За тематичною спрямованістю дисертація пов'язана з планами науково-дослідних робіт Львівського національного університету імені Івана Франка в рамках держбюджетних тем МОНУ, бюджетних тем НАНУ та Державного фонду фундаментальних досліджень. Актуальність теми додатково підтверджується фінансуванням роботи міжнародними науковими фондами.

Загальна характеристика роботи

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури (111 джерел).

В першому розділі проведено аналіз матричного методу Джонса та методу матриць траєкторій світлового променя. На основі літературного огляду сформульовано задачі для дослідження. Інші чотири розділи роботи є оригінальними. Список цитованої літератури свідчить про хорошу обізнаність автора з темою дослідження, усі джерела використовуються по суті як в огляді стану питання за темою дисертації, так і в частині представлення оригінальних результатів.

Робота містить аналітичний опис та аналіз впливу різних факторів на результат поширення світлового променя в довільному напрямку через неідеальну рідкокристалічну комірку. Автор обговорює проблеми застосування попередніх модифікацій матриць Джонса для загального розгляду при похилому поширенні світла. В дисертації запропоновано компактні представлення матриць до опису властивостей деформованих рідкокристалічних середовищ, включаючи холестерик із кроком закрутки, співмірним з довжиною світлової хвилі, а також запропоновано підхід для опису просторової дисперсії світла у рамках методу диференційних та інтегральних матриць Джонса.

Подібно як у випадку хвильової оптики, для зручності обчислень, матричний підхід опису поширення світла використовується у методах геометричної оптики, що є відомий як метод траєкторії світлового променя. У даній роботі цей метод застосований для опису оптичних аберацій у 3D-скануючій флуоресцентній конфокальній мікроскопії.

Об'єктивність результатів. Для вирішення поставлених завдань в роботі використано класичні уявлення про природу світла, відомі теоретичні методи та підходи геометричної та хвильової оптики, знання про оптичні властивості анізотропних середовищ. Отримані кінцеві результати порівнюються з літературними даними, одержаними іншими способами, а у деяких випадках – з експериментально отриманими зображеннями. На підставі цього можна стверджувати, що результати досліджень, наукові висновки і рекомендації автора є достовірними і обґрунтованими.

До найважливіших результатів роботи слід віднести наступні:

1. Отримано диференційні та інтегральні матриці Джонса для похилого поширення світла крізь деформовані рідкокристалічні комірки, зокрема твістовану, гібридну та альтернативно-твістовану нематичні комірки. Запропонований підхід застосування диференційних матриць Джонса дає можливість опису та аналізу похилого поширення світла в деформованих рідких кристалах у загальному вигляді на основі запропонованих компактних формул, на відміну від існуючих підходів, числових методів, які є надто громіздкими, а тому непридатними для аналітичного розгляду.

2. В рамках формалізму матриць Джонса, запропоновано підхід до опису явищ оптичної просторової дисперсії. Показано, що із врахуванням просторової дисперсії формалізм Джонса стає придатним для опису розсіювання світла на неоднорідностях просторового розподілу показника заломлення. Раніше вважалося, що формалізм Джонса непридатний для опису розсіювання світла.

3. Отримано диференційну та інтегральну матриці Джонса для холестерика з довільним кроком закрутки та з врахуванням ефекту селективного відбивання. Встановлено взаємозв'язок запропонованого підходу із традиційними методами опису оптичної просторової дисперсії через псевдотензор гірації, а також із підходом Могена для опису поширення світла в холестеріку. Показано, що ці відомі підходи можна отримати, як часткові випадки із запропонованого підходу диференційних та інтегральних матриць Джонса. Даний спосіб дає можливість значно спростити методіку розгляду поширення світла в холестерину, а це важливо для опису поширення світла в рідкокристалічних дисплеях.

4. Показано, що методом матриць траєкторії світлового променя (МТПС) можна ефективно описувати оптичні аберації у конфокальній мікроскопії, спричинені неоднаковістю показників заломлення середовищ, через які проходить світловий пучок. Крім того, продемонстровано, що опис поширення світлового пучка через сферичну поверхню можна проводити з допомогою МТПС розмірністю 2×2 . Раніше для подібних задач використовувались МТПС розмірністю 3×3 .

Авторові вдалось успішно розв'язати сформульовані в роботі задачі, а саме розвинути та оптимізувати для ефективного аналізу матричні методи опису поширення світла через деформовані рідкокристалічні середовища.

Цінність дисертаційної роботи для практики визначається такими результатами:

1) аналітичне представлення узагальнених матриць Джонса для похилого поширення світла через деформований рідкий кристал може бути використано для аналізу та пошуку шляхів вирішення проблеми, яка виникає при похилому куті споглядання дисплеїв, відомої в літературі з оптики рідкокристалічних дисплеїв як “viewing angle problem”, а також для передбачення індукованих зовнішніми полями оптичних ефектів, в т.ч. оптичних сингулярностей в анізотропних середовищах; 2) запропонований в роботі підхід диференційних та інтегральних матриць Джонса для опису оптичної просторової дисперсії може бути використаний в ході моделювання оптичних пристроїв, робота яких ґрунтується на явищах просторової дисперсії світла (зокрема томографів); 3) розвинений в роботі підхід матриці траєкторії світлового променя дозволяє здійснювати розрахунок і моделювання оптичних аберацій у конфокальній мікроскопії неоднорідних оптично анізотропних середовищ, у тому числі деформованих кристалічних матеріалів, орієнтаційно деформованих рідких кристалів та біологічних об’єктів.

Результати роботи повно і своєчасно опубліковані. Слід відзначити, що всі основні положення, які виносяться на захист, сформульовані на основі результатів, опублікованих в журналах з високим рейтингом.

Зміст автореферату повністю розкриває головні результати дослідження і не містить відсутніх в дисертації положень. Виклад змісту дисертаційної роботи відповідає вимогам наукового стилю та Державному стандарту з оформлення наукової та науково-технічної документації.

Зауваження та дискусійні положення дисертації. Незважаючи на високий рівень отриманих у дисертації Настишина С.Ю. досліджень, є підстави зробити такі зауваження:

1. Для опису та аналізу особливостей поширення світла в рідкокристалічних комірках, в роботі запропоновано підходи в рамках формалізму матриць Джонса, які в одних випадках спрощують аналіз (стосується опису похилого поширення світла через деформовані рідкокристалічні комірки), в інших – передбачають врахування значного переліку явищ (стосується опису просторової оптичної дисперсії). Також, рекомендовано застосовувати запропоновані підходи до визначення пружної константи кручення K_{22} нематиків в альтернативно твістованій нематичній комірці під дією зовнішнього (електричного чи магнітного) поля. Проте ніде, жодним чином не згадується похибка методу, чи хоча б приблизна її оцінка для конкретно вибраного реального випадку.

Аналогічне зауваження стосується випадку застосування матриць траєкторії світлового променя нижчої розмірності (2×2 замість 3×3) для опису оптичних аберацій у конфокальній мікроскопії. Варто б було порівняти похибки обидвох підходів.

2. У розділі 5 з допомогою матриць траєкторії світлового променя розмірністю 2×2 теоретично передбачено та експериментально підтверджено, що рідкокристалічний шар із плоскими гладкими поверхнями та просторово неоднорідним розподілом директора передається конфокальним мікроскопом як шар із шорсткою задньою поверхнею. Проте дослідникам, як правило, необхідно вирішувати обернену задачу: за отриманим експери-

ментально спотвореним зображенням відтворити форму реального об'єкта. Такий приклад, важливий для практичних застосувань, в роботі не розглядається.

3. В рукописі дисертації містяться нечисленні технічні огріхи, такі як: хибні посилання на рисунки, наприклад, у розділі 5, стор. 178, та некоректно оформлені літературні посилання, наприклад, [34].

Висловлені зауваження мають характер рекомендацій чи побажань. Вони не ставлять під сумнів основні висновки роботи і не впливають на загальну високу оцінку дисертації.

Висновок

Дисертація Настишина Святослава Юрійовича «Матричні методи опису поширення світла через деформовані рідкокристалічні середовища» є завершеною науковою роботою, яка за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, обґрунтованістю основних положень та висновків, а також за оформленням повністю відповідає вимогам п. п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор С.Ю. Настишин заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 – оптика, лазерна фізика.

Старший науковий співробітник
Фізико-механічного інституту
імені Г.В. Карпенка НАН України,
доктор фізико-математичних наук



Дем'янишин Наталія Михайлівна

