

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд на тема

„Кохерентна оптична метрология: методи и реализация с пространствен светлинен модулатор”

представен за получаване на образователната и научна степен “доктор”

Тематично направление: 4.1. „Физически науки”

Специалност: „Физика на вълновите процеси”

Автор на дисертационния труд: **Наталия Димитрова Берберова, ИОМТ – БАН**

Научен ръководител: **проф. дфн Елена Стойкова и доц. д-р Петър Шарланджиев**

Рецензент: **доц. д-р Виолета Димитрова Маджарова, ИОМТ - БАН**

1. Кратки биографични данни

Докторантката Наталия Димитрова Берберова е родена 23 юли 1985 г. През 2010 г. придобива магистърска степен от СУ „Св. Климент Охридски” по специалности „Квантова електроника и лазерна техника” и „Безжични мрежи и устройства”. От 2010 г. и понастоящем работи като асистент – физик в Институт по оптични материали и технологии - Българска Академия на Науките в групата „Холография и оптична метрология”. Владее много добре английски език и има основни познания по немски език и руски език. Има три специализации в чужбина, съответно в Южна Корея Финландия и Тайван. Участвала е в три научно-изследователски проекта.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Оптичната метрология е неизменна част от безразрушителния и безконтактен контрол и в изучаването на различни динамични процеси и явления в реално време. От особен интерес са оптичните профилометрични методи, които използват кохерентни източници на светлина, поради вродената си висока разделителна способност и чувствителност. Друг клас от методи, използващи спекъл ефекта, привличат интерес поради възможността си за прилагането за диагностика в медицината. В последните десетилетия тези оптични кохерентни методи особено бурно се развиват особено силно като диагностични методи в медицината и при оценката на различни материали за протези. В този смисъл, поставената цел на дисертационния труд, а именно, разработване на кохерентни оптични методи в профилометрията и в изучаването на динамични явления посредством спекъл, е една актуална тема с широк спектър на приложение. Считаю, че поставената цел и изпълнението на задачите за нейното постигане са допринесли в разработването на оптични кохерентни методи с приложения в медицината, индустрията и околната среда.

3. Познава ли дисертанта състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал?

Дисертационният труд цитира общо 222 източника, от които литературният обзор (глава първа от дисертацията) включва 186 източника. В литературния обзор е направен

задълбочен преглед на различните профилометрични методи, наличните пространствено светлинни модулатори и различните методи за динамичен спекъл анализ.

Литературният обзор е написан ясно и показва, че Наталия Берберова познава отлично състоянието на проблема. Много добре са представени наличните пространствени светлинни модулатори и перспективите за приложението им в профилометрията.

Считам, че докторантът познава отлично проблема и оценява творчески литературния материал.

4. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставената цел и задачи на дисертационния труд?

Избраният подход за числово моделиране на синусоидална дифракционна решетка, генерирана с пространствено светлинен модулатор (ПСМ) с цел получаване на оптимални експериментални условия напълно отговарят на поставената първа задача. Избраните подход за конструиране на симулатор на динамичен спекъл и за оценка на различните алгоритми за динамичен спекъл анализ напълно отговарят на поставената втора задача.

5. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Докторантът си е поставил за цел разработването на методи за кохерентна оптична метрология в областта на профилометрията и динамичния спекъл анализ, които се реализират с цифрови дифракционни оптични елементи, генерирани с фазов пространствен светлинен модулатор. За постигане на тази цел са формулирани следните две задачи: 1) генериране на синусоидална фазова решетка с пространствен светлинен модулатор за проектиране на синусоидални ивици в оптичната профилометрия; и 2) подобряване на статистическата обработка в динамичния спекъл анализ с интензитетно-базирани поточкови алгоритми.

Дисертационният труд е представен в дисертация, която съдържа 165 страници и включва титулна страница, съдържание списък на съкращенията, използвани в дисертацията, увод, 4 глави, заключение, приноси, списък на публикациите, включени в дисертацията, списък на забелязани цитати на авторските публикации, списък на участията в научни форуми и списък на използваната литература. Глави 2-4 включват описание на компютърно моделиране и експериментални резултати. Резултатите от числовото моделиране и проведените експерименти са представени с 93 фигури и 5 таблици.

В глава 2 са представени резултатите от теоретичния анализ на разпределението на интензитета в проектираните ивици за случая на точков източник, в зависимост от отстоянието му от решетката и неговата дължина на вълната. Анализирани са синусоидална фазова решетка и амплитудна фазова решетка по отношение на условията, при които се елиминират Талбот равнините с нулев контраст на ивиците и се постига висок контраст за голям интервал от разстояния по надлъжната ос. Намерено е граничното разстояние на източника на светлина, при което не се наблюдават Талбот равнини и контрастът е постоянен и висок. Оценени са грешките при възстановяване на 3D

повърхност, дължащи се на по- високите хармонични в ивичните структури, проектирани със СФР, като е използван стандартен тестов обект. Намерени са оптималните параметри на профилометричната схема, при които грешката при възстановяване на профила на обекта е сведена до минимум. Аналитично получените параметри са потвърдени експериментално с помощта на холографска синусоидална фазова решетка. Намалено е влиянието на спекъл шума върху резултатите, като е използван източник с намалена времева кохерентност.

Глава 3 представя резултатите от прилагането на ПСМ за генериране на синусоидална фазова решетка (СФР), която може да бъде манипулирана софтуерно. Оценен е шумът, дължащ се на грубото квантуване на фазата от ПСМ, чрез симулация на разпространение в свободното пространство на разходящ кохерентен светлинен сноп, отразен от генерирана с ПСМ синусоидална фазова решетка. Симулацията е направена за 8-битов ПСМ, какъвто е реално използваният ПСМ в експериментите. В експерименталната част допълнително е намалено влиянието на спекъл шума с използване на светодиода.

Глава 4 представя алгоритъм за динамичен спекъл анализ за характеризиране на скоростта на протичане на процеси и създаване на симулатор на динамично спекъл поле с помощта на ПСМ. Демонстриран е нов поточков интензитетно-базиран алгоритъм за динамичен спекъл анализ (модифицирана структурна функция (МСФ)), бързодействието на който е по-голямо в сравнение с конвенционалните алгоритми от този клас. Предложен е метод за оценка на ефективността на даден алгоритъм чрез анализ на функцията на плътността на вероятността на построената оценка. Разработеният интензитетно-базиран алгоритъм е приложен на практика върху покрит с полиестерен лак метален обект с издатини и вдлъбнатини за създаване на различна активност и проследяване на изсъхването на листо грах. Проведено е експериментално тестване на симулатора с генериране на поредица от спекъл изображения с ПСМ, което показва, че получената карта на активността точно отразява зададената активност в различните области. Показана е възможността за използване на генератора на динамичен спекъл за тестване на различни видове алгоритми.

6. Научни и научно-приложни приноси

Основните приноси, получени в настоящата дисертация, по моя преценка са следните:

- Теоретично са намерени оптималните условия за кохерентно осветяване на амплитудни и фазови синусоидални решетки за целите на профилометрично измерване, като е постигнат постоянен контраст по надлъжната ос в интервала от 0.25 m до 2 m. Теоретичните резултати са потвърдени експериментално за синусоидална фазова решетка, записана като тънка холограма.
- Предложен е метод за намаляване на влиянието на спекъла върху профилометричните измервания. Методът се основава на намаляване на времевата кохерентност, с използване на лазер в многомодов режим на работа.

- Конструираната оптична схема е използвана за профилометрично измерване на обекти със сложна структура и е постигната 1% относителна грешка при определяне на формата на обекта.
- Успешно е приложен 8-битов фазов ПСМ за генериране на синусоидална фазова решетка. Експериментално е осъществено подобряване на качеството на профила на проектираните ивици чрез използване на фазов модулатор с модулация $\pi/2$ и осветяване с лазер в многомодов режим на работа.
- Разработен е нов поточков интензитетно-базиран алгоритъм за динамичен спекъл анализ, изпълнението на който е по-бързо от конвенционалните алгоритми, но със съпоставимо качество.
- Предложен е метод за оценяване на качеството на интензитетно-базираните поточкови алгоритми чрез оценяване на функцията на плътността на вероятността на флукуациите в построената карта на активността.
- Разработен е симулатор на изображения на динамичен спекъл с фазов ПСМ, който позволява тестване на различни алгоритми за динамичен спекъл анализ.

7. До каква степен приносите в дисертационния труд са личен принос на докторанта?

Нямам съмнение, че дисертационният труд и приносите в него са в голяма степен заслуга на докторанта, тъй като в по-голямата част (9 от 13) от научните трудове, включени в дисертацията тя е първи или втори автор. При представянето и на предварителната защитата, пролича задълбоченото и познаване на темата и без затруднение отговори на всичките зададени въпроси.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Списъкът на научните публикации, върху които е изграден дисертационния труд, включва общо 13 труда, от като 3 са статии в научни списания с импакт фактор (ИФ), 4 са статии в списания с импакт ранк (ИР), 2 са статии в книги и 4 са публикации от конференции в пълен текст. Изнесени са 2 устни доклада и 10 постерни доклада. Отбелязани са общо 4 цитирания в международната литература на публикациите, включени в дисертацията.

9. Оценка на автореферата

Авторефератът е написан на 47 страници, илюстриран е с 57 фигури и отразява вярно основните резултати и научни приноси на дисертацията.

10. Критични бележки и препоръки

Дисертационният труд е написан много добре, на добър български език и се чете лесно. По същество има много малко допуснати грешки, основно в символите в някои от формулите, което може да се дължи на несъвместимост на софтуери при отпечатването. Имам следните забележки към дисертацията:

- Литературният обзор обхваща значителен по обем източници, но не личи достатъчно ясно мястото на дисертационния труд в избраното научно поле;

- Дисертационният труд не включва кратко заключение след всяка глава, което аз намирам като минус в представянето на изследователския труд;
- На няколко места в дисертацията се използват качествени определения като “по-добро”, “приемливо”, особено в експерименталната част и е трудно да се направи количествена преценка.

Смятам, че отбелязаните пропуски, не влияят съществено на качеството на дисертацията и общото добро впечатление, което дава тя.

Към докторантката имам следните въпроси:

- 1) При възстановяването на фазата в глава 2 са използвани четири и пет стъпкови алгоритми. С кой от алгоритмите са получени резултатите на стр. 71 и 72 и защо е предпочетен той. Защо не е използван Фурие анализ за възстановяване на фазата?
- 2) Провеждани ли са експерименти за изучаване на динамични промени във формата на обекта и доколко предложеният профилометричен метод е приложим за изучаване на динамични явления?
- 3) Какви са минималните височини на обект, които могат да бъдат определени с предложения профилометричен метод?

11. Заключение

Дисертационният труд представлява оригинално получени резултати, които са изложени систематизирано и в достатъчен обем в дисертацията. Те са публикувани в престижни международни списания и са докладвани на множество международни форуми. Нямам съмнение, че приносът на дисертанта в проведените изследвания е значителен. Считам, че представеният ми за рецензия дисертационен труд по обем, научни приноси и наукометрични данни далеч превишава законовите и препоръчителни изисквания на Закона за развитие на академичния състав на Република България и правилника за прилагането му, както и приетите от ИОМТ изисквания за присъждане на образователната и научна степен „доктор”. Всичко гореизложено ми позволява да препоръчам на уважаемото жури да гласува положително за присъждане на образователната и научна степен „доктор” по тематично направление 4.1. „Физически науки”, специалност „Физика на вълновите процеси” на Наталия Димитрова Берберова.

София, 04.07.2016 г.

Рецензент:

/доц. д-р Виолета Д. Маджарова/