

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд на тема

**Автор на дисертационния труд:** Георги Емилов Матеев, докторант в Институт по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“, Българска академия на науките (ИОМТ – БАН)

**Тема на дисертационния труд:** „Оптични свойства и приложения на нанокompозитни материали на основата на азобензени”

**Професионално направление:** 4.1 „Физически науки”

**Докторска програма:** „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”

**Научни ръководители:** проф. д-р Димана Назърова (ИОМТ-БАН) и доц. д-р Лиан Неделчев (ИОМТ-БАН)

**Рецензент:** доц. д-р Виолета Димитрова Маджарова, ИОМТ – БАН, научно жури, определено със заповед на директора на ИОМТ-БАН № РД-15-101/14.03.2022г.

### 1. Кратки биографични данни

Докторантът Георги Емилов Матеев е роден на 23.10.1987 г. През 2017 г. придобива магистърска степен от СУ „Св. Климент Охридски” по специалността Магистър по "Квантова електроника и лазерна техника". От 2014 г. и понастоящем работи като физик в Институт по оптични материали и технологии - Българска Академия на Науките в направление „Оптична метрология и холография”. Владее добре английски език. Участвал е в 4 научно-изследователски проекта по темата на дисертацията, в организационните комитети на две научни конференции и е съавтор на повече от 30 научни статии.

### 2. Актуалност на разработвания дисертационния труд

Темата на дисертационния труд на Георги Матеев е Оптични свойства и приложения на нанокompозитни материали на основата на азобензени. От литературния обзор става ясно, че азоматериалите са обект на множество изследвания през последните години поради възможността да се използват като среда за поляризационен запис. Интересът в последните години е към дотираните с наночастици азоматериалите, поради фотоанизотропните свойства и възможността за подобряване на фотоиндуцираното двулъчепречупване и на дифракционната ефективност на поляризационни холографски решетки. Получаването на такива нанокompозитни материали на основата на азобензени и проучването на техните оптични характеристики и свойства с цел разработването на подходящи среди за запис на поляризационни холограми и поляризационно зависими оптични елементи е една особено перспективна област в съвременната фотоника и поляризационна метрология. Настоящият дисертационен труд има за цел да установи влиянието на внедряването на наночастици в PAZO върху фотоанизотропните му свойства и намиране на оптимални условия за подобряване на фотоанизотропния отклик, както и да се моделира процеса.

За изпълнение на целите на дисертационния труд, Георги Матеев си е поставил следните задачи:

1. Установяване на параметрите на двулъчепречупването ( $\Delta n$ ), а също така и на дифракционната ефективност и повърхностния релеф при запис на поляризационни решетки в среди с наночастици с различен химичен състав и оптични свойства
2. Изследване на хиралните свойства на нанокompозити от PAZO и наночастици от титанов диоксид.
3. Монте-Карло моделиране на процеса на фотоиндуцираното двулъчепречупване.

### **3. Познаване на състоянието на проблема и анализ на литературните данни**

Представеният ми за рецензия дисертационен труд представлява детайлно изследване на оптичните свойства на нанокompозитни материали на основата на азобензени и приложението им в съвременната фотоника за поляризационен холографски запис. Дисертационният труд е описан на 123 страници, съдържа увод, 4 глави, използвана литература (списъкът с литература цитира 160 източника), списък на публикациите, използвани в дисертацията, списък на изнесените доклади по темата на дисертацията, списък на проекти по темата на дисертацията, в които е член на научния колектив и списък на забелязаните цитирания на публикациите, използвани в дисертацията. Дисертацията съдържа 80 фигури и 13 таблици. Литературният обзор е представен в Глава 1. Прегледът на литературните данни е обширен, като дори са разгледани литературни източници за описване на поляризацията на светлината от 1852 г. Различните методи за описване на поляризацията на светлината, механизмът на формиране на фотоиндуцирана анизотропия и методите за измерване на фотоиндуцирано двулъчепречупване са резюмирани и илюстрирани кратко и ясно, от което личи аналитичния подход на докторанта при представяне на научни данни и доброто познание на тематиката. По-голямата част (около 66%) от цитираната литература датира след 2005 г., което свидетелства за много доброто познание на Георги Матеев на новостите в областта на нанокompозитни материали на основата на азобензени.

### **4. Избраната методика на изследване и отговор на поставените цели и задачи в дисертационния труд**

Глава 2 разглежда методите за подготовка и получаване на слоевете и методите, използвани в дисертационния труд, като те са подбрани в зависимост от спецификата на наночастиците. Използвани съвременни методи за охарактеризиране на нанокompозитните слоеве: трансмисионна електронна микроскопия (TEM), сканираща електронна микроскопия (SEM), атомно-силова микроскопия (AFM), спектрофотометър, профилометър (Talystep), уред за оптично измерване на дебелини (Filmetrics). Представени са схемите за измерване на фотоиндуцираното двулъчепречупване при нанокompозитни материали, съдържащи  $\text{TiO}_2$ ,  $\alpha\text{-FeOOH}$ ,  $\text{ZnO}$  и биологично активни метални нанокompлекси: поляриметър Thorlabs PAX57. Раздел 2.5. представя предложения Монте-Карло модел на процеса на оптичен запис. Глава 3 представя схемата за холографски поляризационен запис и сравнителен анализ на оптичните свойства на поляризационните дифракционни решетки в нанокompозитните слоеве и в недотирани образци PAZO. Избраната методика за изследване е напълно подходяща за постигане на поставените цели.

По отношение на постигане на поставените цели за изследване на влиянието на внедряването на наночастици в PAZO върху фотоанизотропните му свойства и намиране на оптимални условия за подобряване на фотоанизотропния отклик считам, че те са постигнати и подробно описани в глава 2. Подробно е проучено влиянието на концентрацията и вида на разтворителя за наночастиците, както и дебелината на получения слой върху фотоиндуцирано двулъчепречупване. Резултатите от параметрите за изследване на фотоанизотропните свойства на слоевете са систематизирани в таблици към всеки раздел на глава 2. По отношение изследване на дифракционната ефективност и повърхностния релеф при запис на поляризационни решетки върху така получените слоеве и намиране на условия за максимална дифракционна ефективност, считам, че представените резултати в глава 3 напълно изпълняват тази поставена задача.

## **5. Научни и научно-приложни приноси**

Съгласна съм с формулираните научно-приложни приноси на дисертационния труд. Те са както следва:

- Установени са оптималните концентрации от наночастици за достигане на максимално двулъчепречупване във фотоанизотропни нанокомпозити, съдържащи азополимера PAZO и различни по химичен състав наночастици –  $\text{TiO}_2$ , гьотит,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Au}$ , биологично активни метални комплекси на основата на  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$ . Показана е уникалната форма на зависимостта на максималното двулъчепречупване за нанокомпозитите с гьотитни нанопръчици и наличието на два пика, което ние обясняваме със специфичната форма на нанопръчиците и наличието на два характерни размера. Достигнато е максимално увеличение от почти 70% на двулъчепречупването при дотиране на PAZO с 10 wt % гьотит спрямо недотиран образец. При нанокомпозитите с наночастици от  $\text{ZnO}$  за първи път, доколкото ни е известно, се изследват динамично спектралните зависимости на двулъчепречупването.
- Определени са параметрите на фотоиндуцираните хирални структури в нанокомпозити от PAZO и наночастици от титанов диоксид в зависимост от използвания при отлагането разтворител (вода/метанол), както и от концентрацията на наночастиците.
- Показани са зависимостите на максималната дифракционна ефективност и параметрите на индуцирания повърхностен релеф от концентрацията на наночастиците при поляризационен холографски запис в нанокомпозитни слоеве. За първи път, доколкото ни е известно, се изследват свойствата на дифракционни решетки в зависимост от концентрацията и големината на наночастици ( $\text{Au}$ ). Изказва се хипотезата за влиянието на създадения от наночастиците свободен обем в полимера като основен механизъм за подобряване на оптичните свойства на нанокомпозитите и на записаните в тях поляризационни дифракционните решетки.
- Разработен е ефективен числен модел за описание на поведението на PAZO при процеса на фотоиндуцирано двулъчепречупване. Моделът включва последователната симулация на запис, достигане на насищане, релаксация и изтриване на записа с кръгова поляризация и тази симулация е сравнена с

данни от реални експерименти с PAZO като е показано отличното съвпадение между теория и експеримент.

#### **6. Личен принос на докторанта**

Запознах се с Георги Матеев през 2015 г. при постъпването ми в ИОМТ-БАН, когато той беше още студент. Направи ми впечатление на човек с нестандартно мислене, упорит и трудолюбив. Наблюдавала съм го как ентусиазирано и с прецизност извършва експериментите. Прави ми много добро впечатление участието му в четири научноизследователски проекта, броя на публикациите му извън посочените в дисертационния труд и активното му участие на международни форуми.

Убедена съм, че огромният експериментален труд и анализът на експерименталните данни е извършен лично от него. Дисертационният труд и публикациите представени към дисертацията (в 3 от 6 докторантът е първи автор) ми дават основание да считам, че Георги Матеев има основна и водеща роля в тях.

#### **7. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

Във връзка с дисертационния труд са представени 6 публикации, в 3 от които Георги Матеев е първи автор. Две от публикациите са в списания с фактор Q4, една публикация е в списания с фактор Q3 и една публикация е в списания с фактор Q2. Георги Матеев е представял доклади в 17 научни форума, от които 12 международни (5 проведени в чужбина). Георги Матеев е участвал в 4 научно-изследователски проекта по темата на дисертацията. В Scopus са намерени 4 цитирания на индексирания в Scopus публикации, представени за дисертационния труд.

Георги Матеев е представил всички необходими документи за провеждане на защитата. Наукометричните данни във връзка с дисертацията отговарят на изискванията за придобиване на ОНС „доктор” в ЗРАСРБ.

#### **8. Оценка на автореферата**

Авторефератът е написан на 47 страници, илюстриран е с 57 фигури и 13 таблици, и отразява вярно основните резултати и научни приноси на дисертацията.

#### **9. Критични бележки и препоръки**

Дисертационният труд е написан на добър български език и се чете лесно. По същество има много малко допуснати правописни грешки и грешки при форматирането на някои от графиките и таблиците.

Имам следните забележки към дисертацията:

- За уравнение 1.13 не са обяснени величините  $S_2$  и  $S_3$ , а за уравнение 1.14 не е обяснена величината  $S_1$ .
- Дисертацията ще се обогати, ако към всички обобщителните таблици в разделите от глава 2 има кратко резюме и изводи по отношение на двойното лъчепречупване и времето на отклик, а не само в някои. Според мен, това е необходимо, тъй като всеки един раздел третира различни видове наночастици, които се използват за дотиране на PAZO, в резултат на което двойното лъчепречупване и времето на отклик са специфични за всеки един наноконструкт.
- Фигура 2.31 спектърът на поглъщане на образец PAZO не е показан за дължина на вълната по-малка от 380 nm

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

Към докторанта имам следните въпроси:

- 1) Какво представлява оптичен преход  $\pi \rightarrow \pi^*$  и преход  $n \rightarrow \pi$ , за който става въпрос на стр. 57 и стр. 58?
- 2) Защо не е използвана схема с поляриметър за измерване на двойното лъчепречупване при PAZO образците дотирани с  $\alpha$ -FeOOH наночастици?
- 3) Каква е спектралната разделителна способност на спектрометъра, използван за измерването на двулъчепречупването при нанокompозити, съдържащи ZnO наночастици?
- 4) Какво налага въвеждането на три допълнителни параметъра - TDE (%) – Total diffraction efficiency (Сумата от дифракционните ефективности на +1 и -1 порядъци); TPR (%) – Transmitted power ratio (Общата преминала мощност на  $DE_{+1} + DE_{-1} + DE_0$ ) и  $DE_{norm} (\%) = 100 \times TDE / TPR$ , които се използват само за изследване на дифракционните решетки, записани при  $2\theta=20^\circ$  върху дотирани с гьотитни нанопръчици PAZO образци?

#### 10. Заключение

Дисертационният труд представлява оригинално получени резултати, които са изложени систематизирано и в достатъчен обем в дисертацията. Те са публикувани в списания с фактор Q2-Q4 и са докладвани на множество международни форуми. Нямам съмнение, че приносът на Георги Матеев в проведените изследвания е значителен. Считам, че представеният ми за рецензия дисертационен труд по обем, научни приноси и наукометрични данни далеч превишава законовите изисквания за присъждане на образователната и научна степен „доктор” на Закона за развитие на академичния състав на Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, както и Правилника за развитие на академичния състав в ИОМТ-БАН. **Всичко гореизложено ми позволява да гласувам с „да” на заседанието на Научното жури и да препоръчам на Научното жури да присъди образователната и научна степен „доктор” по професионално направление: 4.1 „Физически науки”, научна специалност: „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя” на Георги Емилов Матеев.**

София, 09.05.2022 г.

Рецензент:

Замечено съгласно  
чл. 4, т. 1 от  
Регл. (ЕС) 2016/679

/доц. д-р Виолета Д. Маджарова/