

РЕЦЕНЗИЯ

Вх. № 326 / 22.11.2013 г.

от дфзн Тинко Александров Ефтимов,
професор в Пловдивски университет «Паисий Хилендарски», гр. Пловдив

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен 'доктор'

в област на висше образование 4. „Природни науки, математика и информатика“

професионално направление 4. 1. „Физически науки“

докторска програма 01.03.22 „Физика на вълновите процеси“

Автор: Иван Панайотов Бодуров

Тема: *Изследване на оптични и холографски характеристики на наноструктури третирани в коронен разряд.*

Научен ръководител: проф. дфзн Симеон Съйнов

доц. д-р Теменужка Йовчева

1. Общо описание на представените материали

Със заповед № РД-15-366/ 29.10.2013 на Директора на Института по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“ при Българска академия на науките съм определен за член на научното жури за осигуряване на процедура за защита на дисертационен труд на тема: *„Изследване на оптични и холографски характеристики на наноструктури третирани в коронен разряд“* за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование: 4. „Природни науки, математика и информатика“, 4. 1. „Физически науки“ по научна специалност 01.03.22 „Физика на вълновите процеси“.

Автор на дисертационния труд е Иван Панайотов Бодуров, редовен докторант, отчислен с право на защита към *Института по оптически материали и технологии* при Българска академия на науките с научни ръководители проф. дфзн. Симеон Съйнов и доц. д-р Теменужка Йовчева.

Представеният от Иван Панайотов Бодуров комплект материали на хартиен носител е в съответствие със Закона за развитие на академичния състав на Република България и Правилника за приложението му и съдържа необходимия брой документи.

2. Кратки биографични данни за докторанта

Докторантът е придобил магистърска степен „физик“ по специалност „Физика на кондензираната материя“ в Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ през 2010 г. Завършил е специалност „Физика“ в Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ през 2010 г. От януари 2012 г. до октомври 2013 г. е работил в Институт по оптически материали и технологии при Българска академия на науките, заемайки длъжност физик към секция „Оптични материали“, работна група „Хибридни нанокompозитни материали“. Специализирал е в Corvinus University of Budapest - Будапеща, Унгария

3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи

Проведените изследвания, групирани в две основни области на оптиката – рефрактометрия и холография, имат определено научно-приложен характер. Актуалността на тематиката се обосновава от това, че получените резултати представляват интерес за наноразмерната холография и за материалознанието при разработването на нови оптични материали и ефекта от третирането им с коронен разряд.

4. Познаване на проблема

Авторът е представил литературен обзор върху нанокompозитни материали и филми като по-детайлно е представил оптичните свойства на три вида полимерни нанокompозитни материали TiO_2 , ZnO , порьозни нанокристали AlPO-18 . Представени и коментирани са и теориите за смесване като са приведени седем най-често срещани уравнения, описващи смесването. Направен е обзор на холографския запис, на електро-оптичните ефекти в полупроводници, както и на дифузия на сребро в халкогенидни полупроводници. Това показва отлично познаване на представените в литературата резултати. Творчески са разглеждани 93 литературни източника, като основен дял заемат научните статии, отпечатани в реномирани списания с IF след 2000г.

5. Методика на изследването

Използван е съвременният метод за получаване на тънки филми – спин коутинг. Чрез лазерна рефрактометрия са определени показателите на пречупване и дисперсионните зависимости на нанокompозитни материали и тънки филми. За изучаване на влиянието на електричното поле върху промените на ПП и на ДЕ на холографския запис в наноразмерни структури е прилагано електричното поле на коронния разряд – лесно практически осъществим метод, който често е използван в съвременните технологии на третиране на материалите. За първи път е приложена холографска релаксационна спектроскопия за изследване процесите на дифузия на сребро и влиянието върху дифракционната ефективност по време на холографски запис в аморфни халкогенидни полупроводници.

6. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Глава II. Експериментални методи и установки представя използваната постановка на лазерен микрорефрактометър, работещ на три различни дължини на вълната 635 nm, 532 nm и 405 nm. Подробно е изведена работната формула, описваща действието на лазерния рефрактометър. Разгледана е универсална установка за холографски запис във външно електрично поле, детайлно е представена теорията на дифузията и по-специално втория закон на Фик, както и експерименталния метод на spin coating.

Глава III. Анализ на дебелината на филми от ПММА и изследване на зависимостта на показателя на пречупване от дебелината.

Тази глава изследва няколко проблема. На първо място е проверена експериментално зависимостта на дебелината на нанослой, нанасян по метода на спин коутинг в зависимост от оборотите и концентрацията на изходната течност. Установени са стойностите на основните параметри от предложената от други автори степенна зависимост. Тези резултати имат технологично значение. На второ място е измерването на дисперсионните зависимости на филми от ПММА с различни дебелини и, което е от особено значение, на показателя на пречупване от дебелината на филмите!

Глава IV. Изследване на показателя на пречупване на нанокompозитни филми.

Тази глава е посветена на измерването на спектрите на пропускане, показателя на пречупване, дисперсионните зависимости и влиянието на електричното поле върху показателя на пречупване на нанокomпозитни филми от поливинилалкохол, съдържащи наночастици от TiO_2 и AlPO-18 както и на нанокomпозитни филми от полиметилметакрилат с частици от ZnO и TiO_2 . Спектралните зависимости за пропускането за ПВА (поливинилалкохол) с кристали AlPO-18 и ПММА с частици ZnO и TiO_2 са свършено различни както по стойности, така и по функционална зависимост. Във всички проби пропускането е достатъчно високо, за да имат изследваните материали практическо приложение.

Впечатление прави силното влияние на присъствието на наночастици върху показателя на пречупване до около 0.02 r.i.u., което дава основание да се мисли за специфични приложения, свързани с модифициране на свойствата на оптични вълноводни среди.

Оригинални са резултатите по промяна на показателя на пречупване на тънки филми след зареждане в коронен разряд, а физичното им обяснение като дължащо се на два конкуриращи се процеса – образуване на пори, водещо до намаляване на показателя на пречупване и на инжектиране на йони – водещо до повишаване на показателя на пречупване, считам за физически издържано. Най-силно е влиянието на зареждането при филми от ПММА с ZnO, а най-слабо при ПММА с TiO_2 .

Изследването на зависимостта на относителната разлика на показателя на пречупване от концентрацията за образци от ПВА с наночастици от TiO_2 и AlPO-18, както и на ПММА с наночастици на ZnO и TiO_2 потвърждават предложената в литературата квадратична зависимост. Оригинални и физически значими са резултатите за постоянството на отношението b/a , което е в потвърждение на другаде изведена теоретична зависимост.

Глава V. Холографски записи в наноразмерни слоеве As_2S_3 .

Тази глава съдържа оригинални резултати за влиянието на електричното поле върху дифракционната ефективност при холографски запис в наноразмерни халкогенидни филми. Полученото увеличаване на дифракционната ефективност между 10 и над 30 пъти е многозначителен сам по себе си резултат. От приведените зависимости става ясно, че стойността на експозицията, при която се наблюдава максимума на дифракционната ефективност нараства с дебелината на филма при отрицателно зареждане. Установено е също така, че третирането с положителна корона

не води до промяна на ДЕ. Предложените обяснения на наблюдаваните резултати с позоваване на три ефекта:

ефектът на *Poole – Frenkel*, ефектът на *Franz-Keldysh* и дифузия на метални йони на хрома са физически издържани.

Установено е много добро удовлетворяване на правилото на Мос за връзката между показателя на пречупване на полупроводници и ширината на забранената зона.

Изследването на дифузията на сребро в аморфни халкогенидни филми от системата As_2S_3 е посредством следене на изменението във времето на дифракционната ефективност при холографски запис с използване на затихващи вълни при непрекъсната експозиция и със спиране на експозицията, със и без зареждане. Установени са значителни разлики в стойностите на времеконстантите и съответно в коефициента на дифузия.

7. Приноси и значимост на разработката за науката и практиката

Така представените резултати документират научно-приложни постижения, които могат да бъдат групирани в четири подгрупи, а именно:

А) Технология за контролиране на ПП на нанокomпозити

- i) Получени са нови експериментални резултати, които показват, че големината на ПП на 4 вида нанокomпозити може фино да бъде контролирана с внасянето на различни наночастици с различна концентрация, както и чрез третирането им в коронен разряд с различна полярност.

Б) Потвърждаване на другите формулирани теоретични зависимости или апроксимации, а именно:

- ii) Експериментално е потвърдена квадратичната зависимост на ефективния ПП от концентрацията на наночастиците в приближение на малък фактор на запълване за изследваните полимерни нанокomпозитни филми.
- iii) Емпирично е получено уравнение, описващо зависимостта на дебелината на филма от скоростта на въртене на подложката и от концентрацията на полимерния разтвор. Установено е намаляване на ПП с увеличаване на дебелината на филма.

В) *Върхови резултати*

- iv) За пръв път е получено 10 пъти увеличение на ДЕ – при холографски запис с прилагане на електрично поле в АХП с дебелина 100 nm и увеличение на ДЕ 30 пъти – при запис в АХП с дебелина 29 nm.

Г) *Модификация на метода на холографска релаксационна спектроскопия.*

- v) Получени са нови експериментални резултати за коефициента на дифузия на сребро в обема на АХП от As_2S_3 чрез използване на бърз метод на холографска релаксационна спектроскопия. За първи път са получени стойности за коефициента на дифузия на сребърни йони при прилагане на електричното поле на коронен разряд.

Получените резултати са от научно-приложно значение и с редица ценни приложения във вълноводни оптични структури с нанопокрития.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Дисертационният труд е написан на базата на шест научни труда, два от които са публикувани в списания с импакт фактор: Journal of Optics и Applied Optics и една в международно реферирано издание Journal of Physics: Conference Series. Пет от публикациите са на английски език, а една е на български език. Публикациите са с двама и повече съавтори. На три от публикациите докторантът е първи автор. Основните експериментални резултати са докладвани и обсъждани на пет национални и международни конференции.

9. Лично участие на докторанта

Въз основа на съавторството в приведените публикации и на личните ми впечатления от работата на докторанта считам, че приносът на Иван Бодуров е недвусмислен във всичките изследвания и решаващ в публикациите, в които той е на първо място. Приносът му във всички горе-формулирани подгрупи е равномерно разпределен.

10. Автореферат

Представеният автореферат точно и по същество представя количеството и качеството на извършената научна работа и постигнатите резултати. Заключениеята и основните приноси са точно формулирани.

Авторефератът е изработен съгласно изискванията.

11. Критични забележки и препоръки

Към автора има следните забележки и препоръки:

1. На фигури 32 до 35 коефициентът на детерминация е даден в проценти, което не е правилно. Правилно са представени стойностите на този коефициент в таблиците 5 и 15.
2. Налице са редица правописни грешки и пропуски като напр. на стр 120 изписано „проводник“, вместо „полупроводник“.
3. От графиките на Фиг. 36 би могла да се извлече зависимост за стойността на експозицията, при която се наблюдава максимум на ДЕ от дебелината на слоя.

12. Лични впечатления

Познавам Иван Бодуров от 5 години като студент на ФФИТ и като хоноруван преподавател. Личните ми впечатления от дисертанта Иван Бодуров са отлични.

13. Препоръки за бъдещо използване на дисертационните приноси и резултати

Считам, че резултатите по промяна на показателя на пречупване с добавяне на наночастици имат потенциално приложение в разработката на оптични сензори, предимно на основата на оптични вълноводи и препоръчвам на дисертанта да проучи тези възможности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният дисертационният труд безусловно *съдържа научни и научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката* и нанотехнологиите и напълно **отговарят на** изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на

ЗРАСРБ и съответния Правилник на БАН. Представените материали и дисертационни резултати **напълно** съответстват на специфичните изисквания на БАН, приети във връзка с Правилника за приложение на ЗРАСРБ.

Дисертационният труд показва, че докторантът Иван Панайотов Бодуров **притежава** задълбочени теоретични знания и професионални умения по научна специалност Физика на вълновите процеси като **демонстрира** качества и умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.

Поради гореизложеното, убедено давам своята **положителна оценка** за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и **предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен 'доктор'** на Иван Панайотов Бодуров в област на висше образование: 4. „Природни науки, математика и информатика“, професионално направление 4. 1. „Физически науки“, докторска програма 01.03.22 „Физика на вълновите процеси“.

21.11. 2013 г.
гр. Пловдив

Рецензент:

Проф. дфзн Тинко Ефтимов