

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен  
„Доктор”

Професионално направление 4.1 „Физически науки” („Електрични, магнитни и  
оптични свойства на кондензираната материя”)

Автор на дисертационния труд: **Мария Димитрова Берова**

Тема на дисертационния труд: „**Наноразмерен оптически запис на информация в  
диамантено-подобен въглерод чрез фокусирана йонната имплантация**“

Рецензент: **Проф. дфн. Дориана Иванова Малиновска, ЦІ СЕНЕИ-БАН,**

Домашен адрес: **община Слатина, ул. Хемус бл. 61 А, ап. 20, София 1574**

Докторантката **Мария Димитрова Берова** е дипломирана през 1997 г. като магистър по инженерна физика - специалност „Квантова електроника и лазерна техника“ в СУ „Св. К. Охридски“. От 1993 г. досега работи като дизайнер в различни фирми. В периода 01.2013-31.12.2016 г. е била зачислена като редовен докторант в ИФТТ-БАН. През м. януари 2016 г. е отчислена с право на защита и през м. ноември 2017г. е представила успешно дисертационния си труд пред разширен семинар на направлението по “Физическа оптика и оптични методи“ при ИФТТ-БАН за предзащита и е открита процедурата за защита.

В дисертационния труд на **Мария Димитрова Берова** са представени резултати от изследвания, свързани със създаване на наноразмерен оптичен запис в диамантено-подобни въглеродни слоеве чрез метода на йонно-лъчевата имплантация. Темата на дисертацията е свързана с намиране на материали, в които е възможно осъществяване на запис на информация и които да предлагат подобро качество на записа – по-голяма плътност и стабилност във времето. Като материал за осъществяване на оптически запис на информация е избран диамантено-подобен въглерод. Изследвани са промените в структурата, морфологията, оптичните и електронните свойства на диамантено-подобни тетраедрични въглеродни (ta-C) тънки слоеве в резултат на

йонна имплантация на  $Ga^+$  в аморфната структура на тънки слоеве ta-C и възможността за запис на изображение чрез фокусирани йонни снопове.

Това определя проведените изследвания като актуални с безспорна фундаментална и практическа значимост за съвременната наука.

Дисертационният труд е написан на 146 страници, илюстриран е със 137 фигури (105 от тях са от литературни източници и схеми на експериментални апаратури) и 6 таблици (3 от които показват експерименталните данни от проведените от дисертантката изследвания. Използвани са 134 литературни източници, които включват и публикациите на дисертантката, на които се основава дисертационният труд. Представени са отделно списък с 8 публикации и списък на 11 доклада с участието на дисертантката, представени на научни форуми, на които се базират представените резултати в дисертационния труд. Дисертационният труд съдържа следните раздели:

1. Въведение – 6 и 1/2 страници;
2. Три раздела с преглед на литературни източници, представен на 66 страници;
3. Един раздел с описание на избраната технология и определяне на параметрите на йонната имплантация чрез симулационната програма SRIM - 3 страници;
4. Три раздела, представящи експерименталните резултати - 55 страници;
5. Приноси – 1 страница.
6. Изводи – 1 страница.

Материалът на дисертационния труд е представен като отделни формулирани озаглавени части, а не с номерирани глави, както обикновено е практиката при оформяне на дисертационни трудове.

Ще отбележа, че литературният обзор е представен подробно и задълбочено с подходящи илюстрации и може да бъде използван за подготовка на студенти и докторанти в областта на проведените изследвания.

Използваните литературни източници са публикувани в периода 1911г. до днес, като преобладаващи са тези, публикувани след 1970 г. Представеният литературен обзор е творчески анализиран и показва задълбочено познаване на състоянието на развитите технологии и подходящите изследвания по темата на дисертационния труд.

Целите на дисертационния труд са ясно формулирани: разработка на технология за йонно-лъчево модифициране на структурата и състава на нехидрогенизирани аморфни въглеродни диамантено-подобни тънки слоеве и изследване на промените на техните структурни, оптични и електро-физични свойства за целите на създаване наноразмерен оптичен запис на информация. Задачите, произтичащи от целите, са ясно, точно определени и логично обосновани за постигане на целите.

При изследванията по дисертацията са използвани успешно съвременни физични методи за изследване на структурата - Оптическа спектроскопия във видимата и инфрачервената област; Раманова спектроскопия; Рентгенова фотоелектронна спектроскопия; микроскопски изследвания чрез Сканираща електронна микроскопия и Трансмисионна електронна спектроскопия; Електронна дифрактометрия; Атомно-силова микроскопия.

В резултат на проведените експерименти чрез йонна имплантация на Ga йони в диамантено-подобни тънки слоеве е осъществен оптичен запис в диамантено подобен въглероден слой с висок контраст и стабилност във времето. Чрез фокусирана йонна имплантация са създадени микро-изображения. Показано е от експерименталните данни от проведените изследвания, че в резултат на йонната имплантация се наблюдава преструктуриране на диамантено подобните въглеродни слоеве (образуване на графитени кластери), което предизвиква промени на оптичните свойства, като увеличаване на графитената фаза води до увеличаване на коефициента на поглъщане, а появата на колоидални образувания от Ga - до увеличаване на коефициента на отражение. Получено е нарастване с около 2 пъти на коефициента на поглъщане, което е достатъчно за запис и четене на информация. Наблюдавано е увеличаване на проводимостта в резултат на имплантацията, но не се наблюдава увеличаването ѝ с увеличаване на дозата на имплантация, като това е обяснено с образуване на галиеви колоидни частици при по-високите дози, което възпрепятства протичането на електрони през проводящите графитени кластери.

Приносите на дисертационния труд могат да бъдат квалифицирани като:

- **Получаване на нови данни** – за пръв път е осъществено постигането на оптичен контраст в диамантено подобен въглерод, който е екологично чист материал, високоустойчив на топлинни, механични, химически въздействия, при използване на Ga йони - материал с ниска температура на топене, висока маса и е най-широко разпространен течно-метален източник за фокусирана йонна имплантация.
- **Получаване на потвърдителни данни** - промяна на структурата и оптичните свойства на тънкослойни материали в резултат на йонна имплантация.
- **Предложена е хипотеза за обяснение на получените резултати**- пререструктуриране на диамантено подобните въглеродни слоеве (образуване на графитени кластери), водещи до промяна на структурните и електрични свойства, както и образуване на Ga кластери.

Резултатите показват потенциал за приложение на метода на йонна имплантация за осъществяване на нано-размерен оптически запис на информация като се има предвид потенциала на съвременните системи за фокусирана йонна имплантация, което има определено значение за практиката.

Изследванията са проведени в рамките на проект **CareRAMM (Carbon resistive random access memory materials)** по тематичен приоритет **NMP.2012.2.2-2 'Materials for data storage'** (Материали за запис на информация) за изпълнение на финансиран договор по 7 РП на ЕК - **NMP3-SL-2012-309980**.

Не буди съмнение, че дисертантката има определен личен принос за представените резултати от експериментите, които са осъществени в колектив. Естеството на експериментите и сложността на използваните методи определят колективно провеждане на тази изследователска дейност.

Представените в дисертационния труд резултати са публикувани в 8 научни статии в научни списания, 3 от които са в списания с импакт фактор. Докторантката е представила резултатите на 11 международни научни конференции, научни семинари и научни сесии. Публикациите са в съ-авторство, като е представен разделетелен протокол.

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията, съдържа 31 страници и представя главно научните резултати, които съответстват на тези включени в дисертационния труд. Основните положения и научни приноси на дисертационния труд са правилно отразени.

Имам непосредствени впечатления от дисертантката от нейното представяне на научна конференция, където тя много подробно и компетентно обясни представените резултати от научни изследвания, включени сега в дисертационния й труд. Запознаването ми с представените материали в дисертационния труд ме убеди, че тя е един много добър научен специалист и изследовател, с висока компетентност в своята област.

Представеният дисертационен труд характеризира **Мария Димитрова Борова** като израстнал млад учен, способна да провежда самостоятелни изследвания с важно практическо приложение.

Имам някои забележки по отношение на техническото оформление на материалите. Считаю, че в надписите на фигурите, взети от литературни източници, които са използвани в литературния обзор в дисертационния труд, би следвало да се посочва източникът. Препоръчвам дисертационния труд и авторефератът да бъдат структурирани в номерирани глави, както е традицията за оформяне.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Изследванията в дисертационния труд на **Мария Димитрова Борова** имат логичен, последователен и завършен вид. Основната цел на изследванията е постигната. Докторантката **Мария Димитрова Борова** е усвоила и прилага

съвременните технологични методи и методи за охарактеризиране на материали за целите на нанотехнологиите. Представеният дисертационен труд и проведените научни изследвания както по обем, така и от гледна точка на научните приноси, напълно отговарят на изискванията за получаване на образователната и научна степеня "доктор" съгласно Закона за развитие на академичния състав на Република България, Правилника към него и Правилниците за прилагане на закона на БАН и ИФТТ-БАН. Това ми дава основание да дам положителна оценка на дисертационния труд и да препоръчам с пълна убеденост на почитаемото Научното жури да присъди на **Мария Димитрова Берова** образователната и научна степен "доктор".

08.03.2017 г.

София

Подпис:



/проф. дфн. Дориана Иванова-Малиновска/