

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: Мария Димитрова Берова, редовен докторант в Институт по физика на твърдото тяло „акад. Г. Наджаков“ (ИФТТ), БАН, професионално направление 4.1. Физически науки, научна специалност „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”

Тема на дисертационния труд: Наноразмерен оптически запис на информация в диамантено подобен въглерод чрез фокусирана йонна имплантация

Рецензент: Диана Димитрова Нешева-Славова, дфн професор в ИФТТ, БАН, член на научното жури съгласно заповед РД-09-16/13.02.2018 на Директора на ИФТТ

1. Кратки биографични данни за дисертанта

Мария Димитрова Берова завършва висше образование в Софийски Университет ”Св.Климент Охридски” през 1997 г. и получава магистърска степен по инженерна физика със специалност „Квантова електроника и лазерна техника”. В периода 1997-2002 г. се обучава в Нов български университет и става бакалавър по анимация. В този период работи в Медиаком АД – предпечат и дизайн на рекламни материали. С дизайн на рекламни материали и уебдизайн се занимава и като служител в ЕТ „Фрилансер“ (2002-2005) и Анимачо ЕООД (от 2005). През 2013 г. М. Берова е зачислена за редовен докторант в ИФТТ с ръководител доц. д-р Таня Цветкова, а от 01.01.2016 г. е отчислена с право на защита. По време на докторантурата тя е положила всички изпити и е удовлетворила изискванията на Центъра за обучение на БАН, като е събрала 1 036 точки по кредитната система на БАН при изискуем минимум от 250 точки.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Диамантоподобният въглерод е форма на аморфен въглерод, в която подобно на диаманта преобладава sp^3 конфигурация на връзките (тетраедрично насочени орбитали), поради което той е с висока твърдост, голяма химическа и термична стабилност и широка оптична забранена зона. Поради споменатите свойства, допълнени от висока гладкост на слоевете и нисък коефициент на триене, той получава много внимание в търсене на най-подходящи методи за получаване и на разнообразни приложения (защитни покрития на магнитни дискове, елементи на автомобили с голям ефект за опазване на околната среда, оптични прозорци, биомедицински покрития и др). Изследванията на възможностите за запис на информация в диамантоподобен въглерод чрез облъчване с фокусиран йонен сноп са в началото си, но са интересни от гледна точка на запис на информация с висока плътност и съхранението ѝ за дълъг период от време. Те може да доведат до намиране на по-евтина и екологична алтернатива на оптичните паметни бази на силициев карбид, при които записът се също се прави с фокусиран йонен сноп. Проучванията са актуални, защото количеството произвеждана информация бързо нараства и нуждите от надеждното ѝ съхранение при висока плътност също непрекъснато растат.

3. Данни за дисертационния труд

Дисертационният труд е много добре оформен технически. Написан е на 146 страници и включва: Съдържание, 9 части (Въведение и още 8 части, които ще наричам „глави“ с номерацията им в дисертацията), както и Приноси, Изводи, Списък с цитирана

литература, Списък на публикациите, включени в дисертацията и Списък с участия в конференции и докторантски срещи. Съгласно номерацията в дисертационния труд той включва 135 фигури и седем таблици. Оригиналните резултати са дадени в 32 фигури (12 от тях включват 2 или 3 фигури) и 2 таблици. Глави 2 до 4 съдържат само литературни данни, написани са на 56 страници и съдържат 62 фигури. Глави 5-9 са построени в две части – първа част разглеждаща или установеният от други автори метод на отлагане, или съответният използван метод за характеризиране и втора обикновено по-кратка част, в която се представят получените оригинални резултати и направените изводи.

4. Кандидатът познава ли състоянието на проблема?

В дисертацията са цитирани 134 литературни източника, включително десет доклада на конференции, на които дисертантката е съавтор. Цитирани са 11 монографии. Малко странно е, че при интензивните изследвания в тази област (аз много бързо намерих 3 обзора, излезли през 2002, 2009 и 2016 г.) не повече от 20% от цитираните статии са публикувани след 2000 г. Написаното в дисертацията говори за много добро познаване на принципа на йонната имплантация, като метод за модифициране на свойствата на материалите, на използваните йонни източници и конструкции на имплантатори и на използвания за отлагане на слоевете метод на филтрираната катодна дъга. Дисертантката познава в необходимата степен методите на оптичен запис на информация и принципите на работа на използваните методи за характеризиране. Представени са данни за свойствата на изследвания материал, свързани с проведеното изследване, както и за мястото му сред различните въглеродни модификации, но би могло да се даде по-подробен преглед на резултати на други автори. Като цяло впечатлението е, че кандидатът добре познава състоянието на изследванията и проблемите в областта на дисертационния труд.

5. Методика на изследване

За дефиниране на условията на имплантация на галиевите йони са правени предварителни пресмятания с комерсиална програма (SRIM), в резултат на което е постигната подходяща дълбочина на проникване на галиевите йони в слоя и е избегнато достигането им до подложките.

Информация за влиянието на имплантираните йони върху оптичните свойства, структурата, повърхностната морфология (включително процесите на разпръскване и формиране на нова фаза), количеството на sp^3 връзките и т.н. е получена чрез използване на добре подбран комплекс от съвременни методи за характеризиране на тънки слоеве. Използвани са спектрофотометрични измервания на пропускане (TS) и отражение (RS), спектрална елипсометрия (SE) и Раманова спектроскопия, трансмисионна и сканираща електронна микроскопия (ТЕМ и SEM), рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), атомно силова (AFM) и електрична атомно силова микроскопия (С-AFM). Бих искала да попитам как са реализирани експериментално С-AFM измерванията при слоеве, които са върху стъклена подложка? Като цяло получената информация не буди съмнение.

6. Кратка аналитична характеристика на естеството на материала, върху който се градят научните приноси на дисертационния труд

В дисертацията се работи по хипотеза за възможност за оптичен запис на информация в диамантоподобен въглерод (оптична памет в нов материал), като се използва имплантация с фокусиран йонен сноп. Посочени са потенциални предимства на подобна памет (използване на екологичен, по-евтин материал, високоустойчив на топлинни,

химически и механични въздействия) пред вече съществуваща памет на базата на силициев карбид, при която записът също се осъществява с фокусиран йонен сноп.

Накратко, в дисертацията са представени следните резултати:

За получаване на надеждни данни за промените в диамантоподобен въглерод, които предизвиква имплантация с фокусиран йонен сноп от галиеви йони, е направена широкопловна имплантация на тънки слоеве от диамантоподобен въглерод, получен с относително евтин метод.

Повърхностната морфология на неимплантирани и имплантирани с две различни дози слоеве е изследвана с TEM, SEM, AFM. Показано е, че в резултат на имплантацията се увеличава повърхностната грапавост и това е свързано с частично разпрашване на повърхността на слоя. В неимплантираните слоеве е установено наличие на малко количество графитна фаза. След имплантация е наблюдавано формиране на нова фаза на повърхността на слоевете, която се увеличава с увеличаване на дозата на имплантация. Установено е, че това са галиеви капки с аморфна структура, чийто размер нараства с увеличаване на дозата и присъствието им променя отражението на слоя.

Изследвано е влиянието на йонната имплантация върху съотношението на тетраедричната и графитна фази в слоевете, като са използвани Раманово разсейване, E-AFM и XPS. Наблюдаван е йонно индуциран фазов преход, при който намалява тетраедричната фаза и се увеличава графитната фаза, като количеството на графитната фаза нараства с увеличаване на дозата.

Проведените оптични измервания (TS, RS, SE), които са от особен интерес за подкрепа на издигнатата хипотеза, показват, че направената имплантация на галиеви йони с ниска енергия (20 keV) при всяка от двете дози води до значителни изменения на оптичните свойства на имплантираните слоеве. Коефициентът на поглъщане нараства до два пъти и в областта в цялата видима и дори малко повече в близката инфрачервена спектрална област (400 – 1200 nm). Такова нарастване може да удовлетвори изискванията за добър оптичен контраст при запис на данни.

С фокусиран сноп от галиеви йони с енергия 30 keV в диамантоподобен слой са реализирани микронни и субмикронни оптични изображения, с което е илюстрирана възможността за използването на такива слоеве за целите на оптическия запис на информация с висока плътност.

И така, чрез набор от допълващи се изследвания са получени добре съгласувани помежду си резултати, показващи промени във фазовия състав и морфологията на слоевете, които водят до необходимите за оптичен запис промени в оптичните свойства и е реализиран оптичен запис с фокусиран сноп от галиеви йони. Получените резултати подкрепят хипотезата, че е възможно в слоеве от диамантоподобен въглерод да се осъществи оптичен запис с висока плътност чрез използване на фокусиран йонен сноп от галиеви йони.

Научните приноси в дисертационния труд могат да се разгледат като формулиране и обосноваване на нова хипотеза чрез получаване на нови научни резултати в нейна подкрепа.

Предвид факта, че между системите с фокусирани йонни снопове най-разпространени са тези с фокусиран сноп от галиеви йони, преведеното изследване може да бъде използвано при по-нататъшна работа за практическо осъществяване на оптичен запис на информация в тетраедричен аморфен въглерод. Разбира се това са начални изследвания, а за практически приложения са необходими още много усилия в тази насока.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд. Личен принос на дисертанта

Дисертационният труд е основан на 8 публикации, три от които са в списания с импакт фактор (по Thompson Reuters) и три са в списание с импакт ранг (по Scopus, Elsevier). Няма данни за забелязани независими цитирания. Броят на публикациите надвишава минималните изисквания на ИФТТ за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ (минимум 3 публикации, от които поне една в списание с импакт фактор). Оценявам като успех на М. Берова, че една от статиите с импакт ранг е самостоятелна и въз основа на написаното в дисертацията допускам, че тя има съществен принос в литературния обзор и пресмятанията върху условията на имплантация на галиевите йони със SRIM програмата, участие в получаването на някои експериментални резултати, както и в обработката и дискусиата на резултатите. Ще бъде добре ако на защитата тя даде по-конкретна информация.

8. Автореферат

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията. Написан е ясно, илюстриран е много добре, правилно отразява основните положения и научните приноси в дисертацията.

9. Бележки, препоръки и въпроси

Дисертационният труд е много добре оформен, но на доста места стилът и терминологията не са достатъчно добри (например „Твърдото тяло обикновено има остро закривена повърхност, където отделните атоми са издадени по-навън и са изложени на полево разпрашване.“). Научната специалност на заглавната страница не е правилно написана. Забелязах погрешно цитирана литература и номерация на уравненията (на стр. 17 се появява текст „С помощта на уравнения (17),(26), (27) са...“, след като до този момент в текста са се появили 12 уравнения). Главно в началото на дисертацията литературата не е номерирана по реда на появата на съответното заглавие, в списъка накрая не е еднотипно цитирана и около 15% от източниците са цитирани непълно.

Имам критични забележки и препоръки и към съдържанието на дисертационния труд. По мое мнение заглавието не отразява правилно съдържанието на изследването. Всички изследвания са проведени върху образци, подложени на широкоплощна имплантация, а оптичен запис на информация с фокусиран йонен сноп е демонстриран само в глава 9. В дисертацията има голям брой фигури взети от чужди източници, към които няма цитат на източника, а това е задължително. Текстовете към част от тези фигури са твърде кратки и фигурите остават неясни. Някои фигури (2.2, 3.1, 3.16, 3.17 и др.) и таблица 3 не са цитирани в текста. Научните приноси, особено последният, не са достатъчно добре формулирани и не изтъкват новото в проведеното изследване.

В дисертационния труд е обърнато голямо внимание на образователната страна и това заслужава много добра оценка. Представянето на оригиналните резултати, обаче, е твърде схематично, в доста случаи дискусиата е в 1-2 изречения и се съобщават изводите, направени в публикациите. Например в глава 6 образователната част заема 9 страници с 4 фигури, а оригиналните резултати са разгледани на 4 страници и половина, представени са 4 оригинални фигури, като две от тях (6.8 и 6.9), отнасящи се до важните промени в коефициента на поглъщане и оптичната забранена зона изобщо не са цитирани в текста и не са дискутирани. Освен това в дисертацията многократно се говори за промени в електронната структура, свързани със създаването на дефекти в хода на имплантацията (стр.12, 20, 52, 57, 85, 90, 93) и тези промени се посочват като една от причините за

наблюдаваното намаляването на забранената зона и отместването на ръба на поглъщане. Добре би било да се направи опит за схематично илюстриране на тези промени в електронната структура на материала и в частност на дефектните състояния. В глава 8, в текста погрешно (сравнено с публикацията) се твърди, че на фигура 8.11а е показано ТЕМ изображение на неимплантиран образец и това води до объркване; на хистограмите на фигури 8.12-8.14 липсват мерни единици по остта „ x' “ и т.н.

Направените критични бележки целят привличане на вниманието на дисертантката към забелязаните проблеми в дисертационния труд, но не омаловажават научната стойност на изследването.

Имам и следните въпроси към дисертантката:

1. В дисертацията и публикация 5 са показани едни и същи ТЕМ снимки на имплантираните слоеве. Защо хистограмите в дисертацията за размерното разпределение на галиевите капки, (фигури 8.13 и 8.14) се различават от тези на фигури 4 и 5 в публикация 5 от списъка на дисертантката?
2. При разлагане на спектрите на Раманово разсейване са разграничени две ивици, за които на стр. 103 е написано „D и G пиковите се дължат на sp^2 връзките“. Следва „Стойностите на FWHM (full width at half maximum) за G и D пиковите: FWHMG and FWHMD са получени за трите вида образци. Стойностите на FWHMG за неимплантираните и имплантираните с дози D1 и D2 са 219,35 cm^{-1} , 209,45 cm^{-1} и 199,92 cm^{-1} , респективно. Наблюдава се намаляване на FWHMG. Това означава намаляване на съдържанието на sp^3 връзки и увеличаването на sp^2 “. Моля, дайте обосновка на последното изречение.

Заклучение

Въз основа на представения дисертационен труд и публикациите, на които той е основан, считам че Мария Димитрова Берова е получила добра научна подготовка, много добри резултати по темата на изследването и е натрупала опит в научно-изследователската работа, който ще ѝ бъде полезен при по-нататъшни изследвания в областта на дисертацията и при изследване на други материали и структури. Наукометричните данни са в съответствие с изискванията в ЗРАСРБ и Правилника към него, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в БАН и надвишават изискванията, приети от Научния съвет на ИФТТ, в допълнение към Правилника на БАН. Въз основа на това препоръчвам на уважаемото Научно жури да присъди на Мария Димитрова Берова образователната и научна степен „доктор“ по научната специалност на докторантурата.

05.04.2018 г.
гр. София

Изготвил:
/проф. дфн Д. Нешева/