

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурса за заемане на академичната длъжност “доцент” по научно направление 4.1. “Физически науки”, научна специалност 01.03.25 (Структура, механични и термични свойства на кондензираната материя)” в ИФТТ- БАН, обявен в ДВ бр.6/20.01.2012

Кандидат: ИРИНА ЕЛКОВА БИНЕВА, главен асистент, доктор по физика.

Рецензент: Пламен Костадинов ПЕТКОВ, професор, д-р, инж. (Х Т М У)

1. Общи положения и кратки биографични данни за кандидата.

Конкурсът за заемане на академичната длъжност ”доцент” е обявен в ДВ бр.6/20.01.2012 год. за нуждите на Института по физика та твърдото тяло – БАН. В конкурса участва един единствен кандидат – гл. ас. д-р Ирина Елкова Бинева от същия институт.

Ирина Бинева е родена през 1973 г. в гр. Враца. През 1991 г. завършва с отличие средното си образование в техникум “Мария Кюри” и постъпва във Химическия факултет на Софийския Университет. Висше образование завършва през 1997 г. със степен - магистър по органична и аналитична химия. На следващата година, след успешно издържан конкурс, постъпва като редовен докторант в ИФТТ – БАН, където работи и досега. През 2004 г. защитава блестящо дисертация на тема „Силициеви наноразмерни частици в термично отложени слоеве от SiOx ” и получава научната и образователна степен “**Доктор по физика**”. През същата година е назначена на изборна длъжност - научен сътрудник II-ра степен в секция ”Електрични и оптични свойства на широкозонни полупроводници”. Три години по-късно е повишена в научно звание - научен сътрудник I-ва степен. Във връзка с промените в закона за кариерното израстване от 2011 г. заема академичната длъжност – главен асистент в същата секция на направление “Нанопизика”.

В битността си на учен-изследовател д-р Бинева специализира в областта на Физиката на повърхността продължително време в Националния Институт по Микротехнологии, Букурещ, Румъния и в Университет Карл Осиецки, Олденбург, ФР Германия.

Научната дейност на д-р Ирина Бинева, която ще бъде анализирана по-долу, е в областта на Физика на твърдото тяло и в частност – фотоелектрични и оптични свойства на широкозонни полупроводници за приложение в оптоелектрониката и сензориката.

2. Трудове и дейности, с които кандидатът участва в конкурса.

Главен асистент Бинева се представя на конкурса със значителна по обем научна продукция, добре популяризирана в специализирани международни и национални научни списания, както и на реномирани международни научни форуми. Тези констатации могат да се обосноват от следните наукометрични показатели:

- а) Научни публикации – **30** бр., които могат да се разделят на следните групи:
 - глави от книги – **3** бр.;
 - публикации в специализирани международни списания с ИФ – **18** бр.;
 - публикации в специализирани списания без ИФ и доклади на международни научни форуми, отпечатани в пълен текст – **9** бр.;
- б) Автореферат на защитена докторска дисертация – **1** бр.;
- в) Авторски свидетелства за изобретения в България – **1** бр.;
- г) Участие с доклади на международни научни конференции, – **29** бр.,
- д) Ръководство и участие в научно-изследователски проекти – общо **11** бр., в т.ч. финансирани от DAAD, Germany, ФНИ и ЕБР;

Общият ИФ е около 15, като само за тези трудове броят на независимите цитирания е повече от 160. Тематично всички представени трудове са в областта на обявения конкурс - (Структура, механични и термични свойства на кондензираната материя). Наукометричните показатели на д-р Бинева отговарят напълно на препоръчителните показатели за заемане на академичната длъжност „доцент”, съгласно Правилника на ИФТТ-БАН за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности (чл. 5, т. 3), като още веднъж бих искал да отбележа внушителния брой цитирания на научните трудове, което недвусмислено говори за качеството на научния продукт на секция ”Електрични и оптични свойства на широкозонни полупроводници”.

3. Обща характеристика на научно-изследователската и педагогическа дейност

Научната дейност на гл.ас. д-р Ир. Бинева е изцяло в областта на физиката на полупроводниковите материали – структура, оптични и електрични свойства на кристални и аморфни материали. Тематично тя може да се консолидира в 3 основни направления, а именно:

- Изследване структурата, оптичните и електрични свойства в различни тънкослойни кристални и аморфни материали - (халкогениди, силиций и метални оксиди);
- Разработка на нови технологични процеси за получаване на наноструктурирани тънки слоеве, включващи двумерни или нулеворазмерни халкогенидни материали или силиций с кристална или аморфна структура;
- Характеризиране на нови наноструктурирани халкогениди синтезирани с различни техники; изследване възможността за приложението им в оптоелектрониката и сензориката.

Педагогическата дейност на д-р Бинева, макар и да е отразена скромно в представените за конкурса материали, трябва да получи определено положителна оценка. През 2010 год. кандидатът подготвя лекционен курс „Основи на атомно-силовата микроскопия” с хорариум 24 часа, който се явява основен при подготовката на оператори на “SPM”. За периода 2008-2012 год. под нейно ръководство са обучени пет оператора.

Тя е била консултант на няколко дипломни работи на студенти от ФзФ на СУ, посветени на изследване на оптичните свойства на сложни широкозонни полупроводници.

Естествено, пожелателно е да се активизира дейността и за подготовката и израстването на млади хора, не само дипломанти, но и след хабилтацията и на докторанти в ИФТТ, като се използват и сключените двустранни договори с някои престижни университети.

4. Основни научни и научно-приложни приноси на кандидата.

Въз основа на анализа на представените в конкурса материали, основните приноси се свеждат до синтез и охарактеризиране на нови материали основно в тънкослоен вид. Тези приноси по същество са приложно-фундаментални, тъй като за някои от обектите са установени и фундаментални константи. Приносите могат да бъдат структурирани както следва:

I. Силициевы наноразмерни частици в аморфна матрица

1. Структурни изследвания

- Получени на стабилни, хомогенни слоеве от SiO_x с желан състав [3,6,32]
- Изучени на условията за фазово разделяне в получените слоеве - намерени са подходящи условия на термично третиране на тези слоеве, при което се израстват аморфни или кристални Si наночастици, съответно в матрица от SiO_x или SiO₂ [3,5,6,11]. Рамановите спектри потвърждават присъствието на аморфна фаза от силиций в слоевете, отгreti при температури

между 400 и 700°, индиректно доказателство за присъствието на аморфни наночастици [5, 6, 32] и нанокристална в тези, отгряти при температури $\geq 1000^\circ\text{C}$ [5, 6].

- Изследвани са получените кристални наночастици

Направено е систематично изследване на връзката на кислородното съдържание на слоевете и параметрите на отгряване с формата, размера, гъстотата и размерното разпределение на получените нанокристали [5,7,23,24,32].

2. Фотолуминесценция

За първи път е наблюдавана е интензивна фотолуминесценция при стайна температура както от Si нанокристали, така и от аморфни Si нанокластери. По отношение на Si нанокристали е доказано, че фотолуминесценцията е свързана с междузонна рекомбинация в нанокристали с размер $> 2.5\text{ nm}$, а при по-малки нанокристали - с рекомбинация през локализирани състояния на интерфейса Si-SiO₂ [5]. Установена е интензивна луминесценция и от Si нанокластери, като е установена и зависимостта от термичното третиране и кислородно съдържание в слоевете [8,14, 15]. В слоевете, съдържащи a-Si наночастици са наблюдавани 2 ивици при облъчване със светлина: с дължина на вълната 488 nm (при 1.7 – 2.1 eV), която се дължи на рекомбинация в наночастиците (междузонна или на носители в опашкови състояния на зоните), а втората (при ~ 2.3 eV) - на рекомбинация през дефекти на интерфейса Si-SiO_x [8, 14]. Допълнителна ивица при 2,5 eV, дължаща се на рекомбинация през дефектни състояния в SiO_x матрицата се наблюдава в спектрите, получени след облъчване с 442 nm линия на He-Cd лазер [15]. Проведените температурни изследвания на фотолуминесценцията потвърждават тези заключения и показват, че при аморфните наночастици междузонната рекомбинация доминира при размери $\leq 2\text{ nm}$, а при по-големи размери доминираща е рекомбинацията през опашкови състояния [29].

3. Електрични свойства

На базата на електрични (волт-амперни характеристики и зависимост на тъмновата проводимост от температурата) и фотоелектрични измервания на Al/изолатор/Si (МИС) структури, в които изолаторния слой е дебел 1 μm SiO₂ слой, съдържащ Si нанокристали е установен механизмът на електронен транспорт като е изяснена ролята на Si наночастици [9, 10, 20]. Изследвани са волт-капацитивни и волт-проводимостни характеристики на МИС структури с тънък 15 nm Si-SiO₂ слой с и без отделно отложен тунелен слой [18, 23, 24]. Наблюдаван е ефект на памет при всички структури, като ефектът е най-силен при структурите върху n-Si подложки без специално отложен тунелен слой. Доказано е, че ефектът на памет се дължи на залавяне на заряди в силициевите наночастици. Показано е, че различието в началния състав на SiO_x слоевете води до различия в поведението на структурите и този факт може да се използва за разработване на структури, които да се зареждат с малки приложени напрежения и да имат добри характеристики на съхранение на заряда. [18, 23, 24, 27, 31].

II. Наноструктурирани халкогенидни слоеве

1. Тънки нанокристални слоеве от ZnSe и Zn_xCd_{1-x}Se

Получени са тънки слоеве от ZnSe посредством термично изпарение във вакуум. Така полученият слой (с обща дебелина между 30 nm и 1 μm) е изграден от подслоеве с дебелина около 1 nm [21].

Направено е изследване на структурата и оптичните свойства на слоеве от ZnSe с Раманово разсейване, AFM и елипсометрия. В слоевете по тънки от 100 nm е установено, че при тези дебелини те съдържат както кристална фаза със случайна ориентация на зърната, така и аморфна фаза [21, 22]. Направени са заключения за увеличаване на обемната фракция от a-ZnSe с намаляване на дебелината на слоя и за деформация на кристалната решетка в нанокристалите [21]. Наблюдавано е нарастване на кристалната фаза при увеличаване на мощността на

облъчването с 488 nm линия на Ag^+ лазер. AFM данни показват, че свежите слоеве не са порьозни и са с висока гладкост [21, 22, 26, 28].

2. Многослойни структури от ZnSe/SiO_x

Проведено е структурно, оптично и електрично характеризирани на многослойни структури от ZnSe/SiO_x. Чрез спектрални измервания на фототока и Раманово разсейване е показано, че оптичната ширина на забранената зона на ZnSe нараства с намаляване на дебелината на слоевете в многослойната структура [16, 17]. Направено е сравнение на експериментални и симулирани спектри на Раманово разсейване в многослойните структури от ZnSe/SiO_x. То потвърждава предположението за локализация на носители на заряд и фонони в слоевете от ZnSe и показва наличие на повърхностни моди [16].

3. Многослойни структури и композитни слоеве от ZnSe/CdSe

Използвана е оригинална техника за получаване на композитни слоеве, съдържащи нанокристали от CdSe, която е базирана на отлагане на многослойни структури от редуващи се два вида слоеве със съотношение на дебелините 1:20, като по-дебелите слоеве (на ZnSe) се получават без прекъсване на отлагането (стандартно отлагане), а тънките - чрез стъпково отлагане. При това се формират самоасемблирани нанокристали от CdSe с размери 3-8 nm, вградени в матрица от ZnSe. Получени са и многослойни структури от ZnSe/CdSe с изкуствена периодичност посредством последователно стъпково отлагане на слоеве с еднаква дебелина (2,5 – 10 nm) от двата материала, при което нанокристалите се формират върху гладката (с амплитуда на грапавост 1-2 nm) повърхност на матричния материал [2, 4].

Изследвани са оптичните спектри на ZnSe/CdSe многослойни структури. В получените по фотоелектричен път спектри на поглъщане е наблюдавана фина структура при енергии, по-големи от ширината на забранената зона, което доказва наличие на размерно квантуване на електронните състояния в нанокристалите и увеличаване на оптичната ширина на забранената зона с намаляване на размера им [4].

С Раманово разсейване са изследвани композитни слоеве и многослойни структури от ZnSe/CdSe. В получените спектри, освен пиковете на двата основни материала, са наблюдавани и пикове, характерни за нееластично разсейване на светлината в $Zn_xCd_{1-x}Se$. Направено е заключение за сплавяване на CdSe с матричния материал. То е по-силно изразено при композитните слоеве и е свързано с лесното заместване на Zn и Cd и формиране на обща подрешетка на металните атоми. При термично третиране ($T = 300^\circ C$) дебелината на сплавения интерфейсен слой в тези многослойни структури и композитни слоеве се увеличава, което дава основание за заключение, че при най-малките размери на нанокристалите в композитните слоеве подходящо термично третиране може да доведе до формиране на нанокристали от ZnCdSe в матрица от ZnSe [2].

III. Изследване на елементи за микроелектрониката и оптиката

- Предложен е нов подход и е защитен български патент за изготвяне на метал-изолатор-силиций (МИС) структури от типа Al/c-Si/на(нк)-Si-SiO_x/SiO₂/Al, подходящи за електронни паметни, в които върху подложката от кристален n- или p-Si не е отложен стандартно отлаганият от другите изследователи тунелен слой от SiO₂. Тунелният слой се формира по време на отгряване на структурите, едновременно с израстването на силициевите наночастици [31].

- Интегриран оптичен сензор за микропозициониране

Сензорът е създаден с цел да установи позицията на обект в обхват от 0-300µm. Структурата му е основана на полимерен оптичен вълновод (SU8 – стандартен негативен фоторезист), разделен на три „лъча”, интегриран с многоелементен фотодетектор върху Si подложка. Получената структура е наблюдавана със СЕМ и е характеризирана с електрични измервания (волт-амперни характеристики на МСМ структурата) [12].

- Ti/Al Омови контакти за суб-микронни устройства

Посредством електричните модове на сканиращия сондов микроскоп – Електростатична силова микроскопия (EFM) и Повърхностен потенциал (SP) (или Келвинова сонда) са изследвани електричните свойства на многослойни Омови контакти на основата на Ti/Al с два типа на бариерния слой – Ti и Mo, предназначени за HEMT (high electron mobility transistors) на базата на GaN/AlGaN. Показано е, че съпротивлението на контакта зависи главно от съотношението Ti/Al, като увеличаването му води до увеличаване на съпротивлението на контакта. Установено е, че Ti/Al/Ti/Au композиция с отношение $Ti/Al = 0.43$ показват най-ниско контактно съпротивление и най-малки вариации в SP сигнала. [25].

- Кантиливри за приложение в биосензориката

С използване на планарна Si технология са проектирани и създадени редици от SiO₂ кантиливри с дебелина 1,2 μm, дължина 150 μm и 80 μm широчина с разстояние между тях 140 μm. Направено е заключение, че създадените кантиливри са достатъчно чувствителни и гъвкави и могат да бъдат използвани за биохимични приложения [12, 13].

Изследван е ZnO като подходящ материал за биосъвместим интерфейс между кантиливъра и биологичния елемент. Установено е, че слоевете имат наноструктурирана грануларна повърхност, подходяща за свързване на биоматериали, докато тяхната грапавост остава много ниска дори при дебелина на слоя около 1 μm. Наблюдаваният позитивен и напълно обратим фотопластичен ефект, причинен от облъчването с UV светлина показва увеличаване на твърдостта до 25%. Показано е, че покритието от ZnO играе двойна роля – осигурява биосъвместим интерфейс между кантиливъра и биологичния елемент и повишава чувствителността на кантиливъра към малки количества вещество. Високата чувствителност на кантиливрите ги прави подходящи за приложение в биосензориката и като газови сензори [19, 25].

5. Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранна литература.

Трудовете на гл.ас Бинева представляват съществен принос в областта на физиката на полупроводниковите материали. Те имат отношение както към фундамента на науката, така и към практиката и са получили вече положителна оценка и международно признание, израз на което е доста широкото цитиране на значителна част от тях в научната литература, докладите на автора на престижни международни научни форуми, както и съвместните публикации и доклади с чуждестранни специалисти.

Представена е справка за 167 цитати по отношение на съвкупния научен продукт на д-р Ирина Бинева, което само по себе си е отличен атестат за международното признание на нейната изследователска дейност. От представените за конкурса 32 материала, в 12 тя се явява първи автор, което показва **водеща и роля** при провеждане на по-голямата част от изследванията. Естествено, тук трябва да отбележа и трите глави от книги, публикувани от известни международни научни издателства, което недвусмислено доказва, че научната продукция на младите учени от школата на проф. Диана Нешева-Славова е достойна на световната научна общественост.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Високата научна квалификация на гл.ас. д-р Ирина Бинева в областта на физиката на полупроводниците за мен е безспорна. Тя е напълно изграден млад учен с вкус към научно-приложни изследвания с важно значение за практиката, а също така и организатор на актуални изследвания и високо технологичен сервиз в сферата на физиката на повърхността. Научни

постижения на кандидата свидетелстват за нейната много добра научна подготовка в областта на физиката на твърдото тяло и специално изучаването на широкозонните полупроводници и откликът в свойставата на инкорпорирани наноразмерни кълстери.

По своя обем и качество, всички наукометрични показатели на д-р Бинева отговарят, а някои надхвърлят значително препоръчителните изисквания за заемане на академичната длъжност „доцент” в Правилника на ИФТТ-БАН за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности (чл. 5, т. 3).

На базата на всичко гореизложено, препоръчвам на **Научното жури** при Института по физика на твърдото тяло – БАН гл.ас. д-р **Ирина Елкова Бинева** да бъде избрана да заеме академичната длъжност **“ДОЦЕНТ”** по научно направление 4.1. “Физически науки”, научна специалност 01.03.25 (Структура, механични и термични свойства на кондензираната материя)” за нуждите на ИФФТ – БАН.

21.04.2012 г., София

РЕЦЕНЗЕНТ:



/проф. д-р инж. Пл.ПЕТКОВ/