



**University of Chemical Technology & Metallurgy**

**Department of Physics , Thin Films Technology Lab**

1756 Sofia, 8 Kl.Ohridsky Blvd., Tel. +359 2 81 63 447 , Fax. +359 2 868 54 88

[p.petkov@uctm.edu](mailto:p.petkov@uctm.edu)   [plamen.petkov@abv.bg](mailto:plamen.petkov@abv.bg)

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурса за заемане на академичната длъжност **“Професор”** в област на висше образование **4.** Природни науки, математика и информатика, професионално направление **4.1.** Физически науки, научна специалност „Физика на кондензираната материя”, в Институт по физика на твърдото тяло “ Акад. Георги Наджаков “ – Б А Н, обявен в ДВ бр. 61/02.08.2022 г.

**Кандидат:** доц. д-р Ирина Елкова БИНЕВА

**Рецензент:** проф. д-р инж. Пламен Костадинов ПЕТКОВ, Департамент „ФИЗИКА“, Химикотехнологичен и Металургичен Университет

### 1. Данни за кандидатурата.

Представените по конкурса документи от кандидата съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в И Ф Т Т - Б А Н.

Кандидатът е представил пълен списък на научните си публикации – 67 бр.: - статии във реферирани издания -62 бр.; глави от книги – 3 бр.; автореферат на докторска дисертация; един патент и 71 участия с постерни и устни доклади на научни форуми.

За участие в конкурса доц. Бинева е представил списък от общо 27 заглавия на публикации в български и чуждестранни научни издания, една глава от книга и 35 доклада на международни научни форуми, от които - 8 поканени доклада и 2 пленарни такива. Представени са и 6 на брой други документи (във вид на служебни бележки и удостоверения от работодател, ръководител на проект, финансираща организация или възложител на проект и други подходящи доказателства), подкрепящи постиженията на кандидата. Така приложените документи дават възможност за цялостна обективна оценка на научната, преподавателската и административната дейност на кандидата.

## **2. Данни за кандидата.**

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 SiO<sub>x</sub> ” и получава научната и образователна степен “**Доктор по физика**”. През същата година е назначена на изборна длъжност - научен сътрудник II<sup>pa</sup> степен в секция ”Електрични и оптични свойства на широкозонни полупроводници”. Три години по-късно е повишена в научно звание - научен сътрудник I<sup>ba</sup> степен. Във връзка с промените в закона за кариерното израстване от 2011 г. заема академичната длъжност – главен асистент в същата секция на направление “Нанофизика”.

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.

През 2012 г. д-р Бинева се хабилитира като доцент в лаборатория „Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници“ направление „Нанофизика“ в ИФТТ-БАН. Като следствие от изследователската активност и научните приноси, девет години по-късно кандидатът оглавява и лабораторията и съвкупното направление „Нанофизика“. По настоящем доц. Бинева е член на НС при ИФТТ – БАН, член на ОС на БАН и на няколко отговорни комисии, както в състава на института, така и в ОС на БАН.

## **3. Обща характеристика на научните трудове и постижения на кандидата**

Научните интереси на кандидата определено са в областта на Физиката на кондензирана материя, като доц. Бинева съсредоточава своите търсения върху фотоелектрични и оптични свойства на широкозонни полупроводници за приложение в оптоелектрониката и сензориката.

Материалите по конкурса, напълно отговарят на минималните национални изисквания, които кандидатът надвишава около 2 пъти ( в група “В“ – 146 т., в група „Г“ – 353 т., в група „Д“ – 342 т. и в група „Е“ – 264 т.). Общият брой независими цитати на

тези статии е повече от 120 , като индексът на Хирш (h-index) е 10. Разпределението на научните статии по квартали също е много добро и напълно покрива изискванията на ИФТТ - БАН: - Q1 - 8 броя [B4, B5, Г1, Г5, Г8-10, Г15]; - Q2 - 6 бр. [B6, B7, Г2, Г11, Г12, Г17 ]; - Q4 - 12 бр. [B1, B8, B9, Г3, Г4, Г6, Г7, Г13, Г14, Г16, Г18, Г19]; SJR – 2 бр. [B2, B3].

Експерименталните резултати на хабилитанта се дължат в не малка степен и на участието в национални и международни научно-изследователски проекти финансирани основно от МОН-ФНИ, като в 6 от тях тя е участник, а на 2 проекта е ръководител. При изпълнението на проектите доц. Бинева се проявява като талантлив експериментатор и несъмнено водещ специалист в областта, като това ми съждение е резултат от позицията на автора в рецензираните статии.

Представените от кандидата научни трудове не повтарят такива от предишни процедури, както за придобиване на АД „Доцент“, така и за придобиване на ОНС „Доктор“.

След като се запознах с представените за участие в конкурса научни публикации заявявам убедено, че няма доказано по законоустановения ред плагиатство, сигнали или предположения за това.

В заключение научната продукция не само отговаря, но и съществено надхвърля минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на ИФТТ - БАН за заемане на АД „Професор“ в научната област и професионално направление на конкурса.

#### **4. Характеристика и оценка на преподавателската дейност на кандидата**

Хабилитантът определено притежава преподавателски талант и достатъчен преподавателски опит. Независимо от спецификата на дейността в Б А Н, доц. Бинева разработва няколко основни курса, включени в системата на обучението на специализанти и докторанти в рамките на Академията, като:

- “Въведение във физика на твърдото тяло” – през 2016;
- “AFM-елементарно въведение” – курс за докторанти през 2014;
- „Основи на атомно-силовата микроскопия” - курс за оператори на SPM– 24 часа теория и практика през май 2010;
- Обучение и ръководство на кандидат-оператори - 5 в периода 2008-2012.

През 2016 год. В рамките на „Програмата за подпомагане на младите учени в БАН“ е научен ръководител на гл. ас. д-р Теменуга Христова.

Тази фактология ми дава основания да оценя педагогическата дейност на кандидата, като напълно релевантна за условията в И Ф Т Т - Б АН.

## **5. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса**

Резултатите от изследванията имат определено научно-приложен характер и могат да се класифицират като получаване на нови данни и доказване на съществуващи хипотези с нови средства. Научната дейност на доц. Бинева определено е фокусирана върху синтеза, охарактеризирането и приложението на нови оксидни и не-оксидни (халкогенидни) материали за приложение в микроелектрониката и сензориката. Основните приноси могат да се систематизират както следва:

### **- 1. Характеризиране на нови халкогенидни материали;**

1.1. За пръв път е изследвана областта на стъклообразуване в системата  $As_2Se_3-Ag_4SSe-PbTe$ . Получени са данни за основните физикохимични свойства на някои стъклообразни фази от системата  $As_2Se_3-Ag_4SSe-PbTe$  и са определени границите, в които варират температурата на встъкляване, температурата на кристализация (тя се влияе силно от съдържанието на  $PbTe$  в стъклата).

### **- 2. Синтез и контрол на структурата и морфологията на наноструктурирани халкогенидни слоеве;**

2.1. Изследвано е поведението на тънки нанокристални слоеве от  $Zn_xCd_{1-x}Se$  с различен композиционен състав ( $x = 0.4, 0.6$  and  $0.8$ ), получени чрез вакуумно термично съизпарение на  $ZnSe$  и  $CdSe$ . Установени са ефектите от промяна на състава, дебелината на подслоевите, от отгряването в пещ при  $200\text{ }^\circ\text{C}$  и  $400\text{ }^\circ\text{C}$  в инертна атмосфера и ефекта на стареенето върху кристалната структура, микроструктурата, състава и повърхностната морфология. Показано е, че слоевете са подходящи за ориентация на течни кристали. Изследван е ефекта от отгряването и върху тъмновата и фотопроводимостта на слоевете чрез електрични и фотоелектрични измервания в температурния интервал  $-196\text{ }^\circ\text{C} - +150\text{ }^\circ\text{C}$ . Високата фотопроводимост на слоевете с ниско съдържание на  $Cd$  ( $Zn_{0.8}Cd_{0.2}Se$ ) заедно със ниската средноквадратична грапавост ги прави перспективни за приложение като фотодетектори;

2.2. Предложен е двуетапен процес за процеса на растеж на  $Zn_xCd_{1-x}Se$  слой - образуване на  $ZnSe$  и  $CdSe$  зърна с размер от няколко nm, последвано от  $Cd/Zn$  интердифузия през интерфейсите, стимулирани от несъответствието на решетката на  $CdSe$  и  $ZnSe$ .

2.3. За първи път системно е изследван ефект на стареенето в терциера Zn-Cd-Se с оглед индустриално приложение във фотоволтаиката заради възможността за модулиране на забранената им зона и константата на решетката чрез промени в състава;

2.4. Изследван е механизъмът на транспорт на зарядовите носители през квантовите точки (QD) ZnSe и CdSe с кубична структура в режим на слаба локализация. При ансамбите от ZnSe QD е установено, че механизъмът на транспорт в температурния обхват от 380 до 650 K е термийонна емисия, с ниво на уловките 0,37 eV над нивото на Ферми. Проводимостта на CdSe QD се определя от термично активирани зона-зона преходи с енергия на термичната забранена зона 1.85 eV в интервала 480 - 540 K и от термийонна емисия в интервала 300 - 480 K, с нива на уловките над нивото на Ферми;

2.5. Разработени са конвенционални химични и сонохимични подходи без използване на подложка за 3D ансамбли от квантови точки на индиев (III) сулфид, които позволяват отлагането на силно квантувани кубични  $\alpha$ -In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> нанокристали, плътно опаковани във формата на тънък слой. Беше наблюдавана метастабилна кубична структура при стайна температура (вместо термодинамично най-стабилната тетрагонална  $\beta$  модификация в случай на насипен материал), което се свързва с много малкия размер на кристалитите. Внасянето на ултразвук в реакционната система допринася за намаляване на средния размер на нанокристалите.

2.6. За първи път е предложен аблативен метод за трансфер на сонохимични квантови точки CuInS<sub>2</sub>. Чрез рентгенова дифракция, сканираща електронна микроскопия и атомно силова микроскопия са изследвани структурата и морфологията на отложените слоеве. Рентгенографският анализ на слоевете показва, че отложените слоеве са нанокристални, с преобладаваща кубична Cu<sub>1.7</sub>In<sub>0.05</sub>S фаза.

2.7. Разработена е нова технология - честотно асистирано термично изпарение във вакуум, за отлагане на слоеве с желана топография. За изследване на приложимостта на новия подход са изследвани топографията, морфологията, структурата и някои оптични и електрични свойства на слоеве от кристален телур, аморфен селен и стъклообразен As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, отложени по стандартен метод и при прилагане на входни честоти от звуковия спектър (50, 150 и 4000 Hz) върху подложките. Установено е силно влияние на кристалната структура на отлаганите материали върху топографията на получените слоеве. на образуването на слоя.

### **- 3. Материали и структури за приложение в сензориката;**

3.1. Установено е влиянието на дебелината върху повърхностната морфология на тънки слоеве от хексагонален телур, отложени с ниска скорост чрез стандартно термично

изпарение във вакуум и формирането на нано-нишки при слоевете с номинални дебелини 30 nm и 90 nm. Доказани са сензорните свойства на структури Si/Te/аквадаг с различни дебелини на активния телуров слой в пари на вода, етанол, ацетон и амоняк;

3.2. Получени са данни за фазовият състав на ZnO и морфологията на повърхността на слоеве, легирани с Al, отложени чрез спрей пиролиза и зол-гел метод. Доказана е добра сензорната ефективност на чистите и на легираните ZnO слоеве за откриване на вредни газове е проверена чрез измерване на съпротивление под наситени пари на етанол, ацетон, амоняк, диметиламин и формалин при стайна температура. Резултатите показват, че легирането с Al има значителен ефект върху сензорната чувствителност на тънките слоеве;

3.3. Демонстрирана е възможност на базата на планарната Si технология (редички от SiO<sub>2</sub> кантилеври покрити само от горната страна с Cr/Au да се разработи биохимичен сензор. Детектиран агент е тиолната група (-SH) на отложените биокомпоненти. Създадена е корелация между деклинацията на кантилевъра и концентрацията на агента.

#### **- 4. Силициеви наночастици в термично отложени слоеве от SiO<sub>x</sub>;**

4.1. Проведено е системно изследване на влиянието на времето и дължината на вълната на възбуждащата светлина върху спектъра и интензитета на фотолуминесценцията в слоеве, съдържащи Si наночастици и аморфни Si нанокластери. В слоевете, съдържащи a-Si наночастици са наблюдавани 2 ивици при облъчване със светлина с дължина на вълната 488 nm – едната (при 1.7 – 2.1 eV) е приписана 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<sub>x</sub>. Допълнителна ивица при 2,5 eV, дължаща се на рекомбинация през дефектни състояния в SiO<sub>x</sub> матрицата се наблюдава в спектрите, получени след облъчване с 442 nm линия на He-Cd лазер. Изследвана е фотолуминесценция от хомогенни и композитни (съдържащи аморфни, a-Si, или кристални силициеви наночастици), дебели слоеве от SiO<sub>x</sub> (x = 1.5, 1.7) при облъчване с електрони с енергия 20 MeV и доза 2.4.10<sup>14</sup> eI/cm<sup>2</sup>;

4.2. Установено е съществено влияние върху топография, микроструктура и морфология на SiO<sub>x</sub> и композитни образци Si-SiO<sub>y</sub>, съдържащи силициеви наночастици при облъчване с високоенергетични електрони (20 MeV и дози 7.2×10<sup>14</sup> eI/cm<sup>2</sup> и 1.4×10<sup>15</sup> eI/cm<sup>2</sup>). Установено е, че електронното облъчване води до съществено намаление на повърхностната грапавост на хомогенните образци, което се дължи на ефект на отгряване и причинява формиране на аморфна силициева нанофаза. При композитните слоеве облъчването води до подобряване на качеството на интерфейса между аморфните

наночастици и оксидната матрица и до поява на нови електрически активни дефекти в оксидната матрица;

4.3. При облъчване на слоеве от  $\text{SiO}_x$  ( $x = 1.2$ ) и композитни слоеве от  $\alpha(\text{nc})\text{-Si-SiO}_x$ , съдържащи аморфни Si наночастици/Si нанокристали с бързи неутрони  $4 \times 10^{17}$  n/cm<sup>2</sup> е установено, че облъчването не променя гладкостта на повърхността. В хомогенните слоеве облъчването причинява фазово разделяне, при което се увеличава съдържанието на кислород (от  $x = 1.2$  в необлъчените до  $x = 1.5$  в матрицата на облъчените слоеве) и се образува значително количество от чиста аморфна силициева фаза (коефициент на запълване 0.15). При неутронно облъчване на композитните слоеве с аморфни наночастици беше наблюдавано намаляване на относителния дял на чистата аморфна силициева фаза, дължащо се на намаляване на размера на наночастиците. Това е обяснено с допускане, че неутронното облъчване причинява редуциране на част от  $\text{SiO}_2$  до  $\text{SiO}_x$  и освободеният кислород намалява размера на Si наночастици чрез повърхностното им окисление и образуване на  $\text{SiO}_x$ . При слоевете с нанокристали е установена висока радиационна устойчивост.

4.4. Предложени са МОС структури за приложения като детектори и дозиметри, базирани на структура метал-силициев оксид-силиций, съдържащи Si нанокристали. Иновативен елемент е отпадането на вакуумните методи при отлагане на най-горния слой от силициев диоксид – формиращ се в процеса на израстване на нанокристалите. За детектиране и дозиметрия на гама лъчение е предложен нов подход на предварително зареждане на нанокристалите, което създава много бавно намаляващо вътрешно електрично поле и променя позицията на волт-капацитивната (C-V) характеристика на структурата. При облъчване в оксидната матрица на слоя с нанокристали се генерират зарядови носители, нанокристалите постепенно се разреждат и C-V характеристиката се връща към положението си преди зареждане. МОС структурите с нанокристали са с висока радиационна устойчивост, надеждност и бързина.

## **6. Критични бележки и препоръки**

Критични бележки нямам, а колкото до препоръки – една единствена - да не губи вяра във все по-растящото финансиране на науката в институтите на Академията.

## **7. Лични впечатления за кандидата**

Първите ми контакти с доц. Бинева датират от времето и като редовен докторант на проф. Нешева. Дотолкова, доколкото тематиката на секцията “Фотоелектрични и

отични явления в широкозонни полупроводници“ тангираше с научните търсения на ръководената от моя учител – проф. Христо Воденичаров лаборатория в ХТМУ, провеждахме редица съвместни експерименти. Следващите ни срещи бяха на конференции, отново общи експерименти и оценка на дисертационни проекти. Като NATO ASI директор имах удоволствието да представя на широка научна публика експерименталните постижения на групата, като за тези си участия д-р Бинева бе отличена от международно жури. Или казано накратко, личните ми впечатления от човека и учения Ирина Бинева определено са великолепни.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

След като се запознах с представените в конкурса материали и научни трудове и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научно-приложни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за приложението му и съответния Правилник на ИФТТ - БАН“ за заемане на академичната длъжност „Професор“ в научната област и професионално направление на конкурса. В частност кандидатът убедително надхвърля минималните национални изисквания в професионалното направление, като не е установено плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да предложи на компетентния орган по избора на Института по Физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“ при Българската Академия на Науките, да избере **доц. д-р Ирина Елкова Бинева** да заеме академичната длъжност „Професор“ в професионално направление 4.1. „Физически науки“ (Физика на кондензираната материя).

София, 19.11.2022 г.

Изготвил рецензията:

(проф. д-р инж. Пламен Петков)





**University of Chemical Technology & Metallurgy**

**Department of Physics , Thin Films Technology Lab**

1756 Sofia, 8 Kl.Ohridsky Blvd., Tel. +359 2 81 63 447 , Fax. +359 2 868 54 88

[p.petkov@uctm.edu](mailto:p.petkov@uctm.edu)   [plamen.petkov@abv.bg](mailto:plamen.petkov@abv.bg)

## **R E V I E W**

on the competition for the occupation of the academic position "Professor" in the field of higher education 4. Natural sciences, mathematics and informatics, professional direction 4.1. Physical sciences, scientific specialty "Physics of condensed matter", at the Institute of Solid State Physics "Acad. Georgi Nadjakov" – B A S, announced in State Gazette no. 61/02/08/2022

**Candidate:** Associate Professor Dr. Irina Elkova BINEVA

**Reviewer:** Prof. Dr. Eng. Plamen Kostadinov PETKOV, Department of "PHYSICS", University of Chemical Technology and Metallurgy

### **1. Application data.**

The documents submitted by the candidate during the competition correspond to the requirements of the national Law, the Rules for its application and the Regulations for the terms and conditions for acquiring scientific degrees and occupying academic positions in ISSP - BAS. The candidate has submitted a complete list of his scientific publications - 67 items: articles in refereed publications - 62 items; book chapters - 3 pcs.; author's abstract of a doctoral dissertation; one patent and 71 participations with poster and oral presentations at scientific forums. To participate in the competition, Assoc.Prof. Bineva submitted a list of 27 titles of publications in Bulgarian and foreign scientific publications, one book chapter and 35 reports at international scientific forums, of which - 8 invited reports and 2 plenary reports. Six other documents (in the form of official notes and certificates from an employer, project manager, funding organization or project contractor and other relevant evidence) supporting the applicant achievements are also presented. Thus, the attached documents enable a comprehensive objective assessment of the candidate scientific, teaching and administrative activities.

## **2. Data about the applicant.**

Irina Bineva was born in 1973 in Vratza. In 1991, she graduated with honors from his secondary education at the "Marie Curie" technical school and entered the Chemistry Faculty of Sofia University. Graduated from higher education in 1997 with a master's degree in organic and analytical chemistry. The following year after she successfully passed the competition and joined ISSP- BAS as a full-time doctoral student, where she has been working ever since. In 2004, he brilliantly defended his dissertation on "Silicon nano-sized particles in thermally deposited layers of SiOx" and received the scientific and educational degree "Doctor of Physics". In the same year, she was appointed to an elective position - II e degree research assistant in the "Electrical and optical properties of wideband semiconductors" section. Three years later, she was promoted to a scientific title - research associate, 1st degree. In connection with the changes in the law on career growth in 2011, she holds the academic position - chief assistant in the same section of the "Nanophysics" department. As a research scientist, Dr. Bineva specialized in the field of Surface Physics for a long time at the National Institute of Microtechnology, Bucharest, Romania and at Karl Osietzky University, Oldenburg, FR Germany. In 2012, Dr. Bineva qualified as an associate professor in the "Photoelectric and Optical Phenomena in Wideband Semiconductors" Laboratory, Department of "Nanophysics" at ISSP-BAS. As a consequence of the research activity and scientific contributions, nine years later the candidate heads the laboratory and the combined direction "Nanophysics". Assoc. Prof. Bineva is currently a member of the Scientific Council at ISSP - BAS, a member of the General Assembly of BAS and several responsible committees, both in the composition of the institute and in the General Assembly of BAS.

## **3. General characteristics of the scientific works and achievements of the candidate.**

The candidate's scientific interests are definitely in the field of Condensed Matter Physics, as Prof. Bineva focuses his research on photoelectric and optical properties of wideband semiconductors for application in optoelectronics and sensors. The competition materials fully meet the minimum national requirements, which the candidate exceeds about 2 times (in group "B" - 146 items, in group "D" - 353 items, in group "D" - 342 items and in group "E" - 264 items). The total number of independent citations of these articles is more than 120, with the Hirsch index (h-index) being 9. The distribution of scientific articles by quartiles is also very good and fully meets the requirements of IFTT - BAS: - Q1 - 8 issues [B4 , B5, D1, D5, D8-10, D15]; - Q2 - 6 pcs. [B6, B7, D2, D11, D12, D17 ]; - Q4 - 12 pcs. [B1, B8, B9, D3, D4, D6, D7, D13, D14, D16, D18, D19]; SJR – 2 pcs. [B2, B3]. The experimental results of the

habilitation student are due in no small measure to the participation in national and international scientific research projects financed mainly by the Ministry of Education and Research, in which she is a participant in 6 of them, and the leader of 2 projects. During the implementation of the projects, Dr. Bineva shows herself as a talented experimenter and undoubtedly a leading specialist in the field, and this opinion is the result of the author's position in the reviewed articles. The scientific works submitted by the candidate do not repeat those from previous procedures, both for the acquisition of the AP "Assoc. Prof." and for the acquisition of the degree "Doctor". After having familiarized myself with the scientific publications submitted for participation in the competition, I declare with conviction that there is no evidence of plagiarism, signals or assumptions about it in accordance with the law. In conclusion, the scientific production not only meets, but also significantly exceeds the minimum national requirements (under Article 2b, Paragraphs 2 and 3 of the national Law) and, accordingly, the additional requirements of ISSP - BAS for holding AP "Professor" in the scientific field and professionally direction of the competition.

#### **4. Characteristics and assessment of the candidate's teaching activity.**

The habilitation candidate definitely has teaching talent and sufficient teaching experience. Regardless of the specifics of the activity at BAS, Associate Professor Bineva develops several basic courses included in the training system for specialists and doctoral students within the Academy, such as:

- "Introduction to Solid State Physics" - in 2016; - "AFM-elementary introduction" - course for doctoral students in 2014;
- "Fundamentals of atomic force microscopy" - course for SPM operators – 24 hours of theory and practice in May 2010;
- Training and management of candidate operators - 5 in the period 2008-2012.

In 2016, within the framework of the "Program for supporting young scientists at the BAS", she was the scientific supervisor of Ch. Assistant Dr. Temenuga Hristova. This fact gives me reasons to evaluate the pedagogical activity of the candidate as fully relevant to the conditions in ISSP - B AS.

#### **5. Content analysis of the applicant's scientific and scientific-applied achievements.**

Research results have a decidedly scientific-applied nature and can be classified as obtaining new data and proving existing hypotheses with new means. Prof. Bineva's scientific activity is definitely focused on the synthesis, characterization and application of new oxide

and non-oxide (chalcogenide) materials for use in microelectronics and sensors. The main contributions can be systematized as follows:

**- 1. Characterization of new chalcogenide materials;**

1.1. The glass formation region in the  $\text{As}_2\text{Se}_3\text{-Ag}_4\text{SSe-PbTe}$  system has been investigated for the first time. Data were obtained on the main physicochemical properties of some glassy phases of the  $\text{As}_2\text{Se}_3\text{-Ag}_4\text{SSe-PbTe}$  system and the limits in which the glass transition temperature and the crystallization temperature vary (it is strongly influenced by the content of PbTe in the glasses) were determined;

**- 2. Synthesis, structure control and morphology of nanostructured chalcogenide layers;**

2.1. The behavior of thin nanocrystalline layers of  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Se}$  with different compositions ( $x = 0.4, 0.6$  and  $0.8$ ) obtained by vacuum thermal coevaporation of ZnSe and CdSe was investigated. The effects of changing the composition, the thickness of the sublayers, the annealing in a furnace at  $200\text{ }^\circ\text{C}$  and  $400\text{ }^\circ\text{C}$  in an inert atmosphere and the effect of aging on the crystal structure, microstructure, composition and surface morphology were determined. The layers are shown to be suitable for liquid crystal orientation. The effect of annealing on the dark and photoconductivity of the layers was investigated by means of electrical and photoelectric measurements in the temperature range  $-196^\circ\text{C} - +150^\circ\text{C}$ . The high photoconductivity of the low-Cd ( $\text{Zn}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Se}$ ) layers together with the low rms roughness make them promising for application as photodetectors;

2.2. A two-step process is proposed for the  $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Se}$  layer growth process - formation of ZnSe and CdSe grains with a size of several nm, followed by Cd/Zn interdiffusion across the interfaces stimulated by the lattice mismatch of CdSe and ZnSe;

2.3. For the first time, the effect of aging in the tertiary Zn-Cd-Se was systematically investigated with a view to industrial application in photovoltaics due to the possibility of modulating their band gap and lattice constant through changes in composition;

2.4. The mechanism of charge carrier transport through ZnSe and CdSe quantum dots (QDs) with a cubic structure in the weak localization regime is investigated. For ZnSe QD ensembles, the transport mechanism in the temperature range from 380 to 650 K was found to be thermionic emission, with a trap level 0.37 eV above the Fermi level. The conductivity of CdSe QDs is determined by thermally activated band-band transitions with a thermal band gap energy of 1.85 eV in the range 480 - 540 K and by thermionic emission in the range 300 - 480 K, with trap levels above the Fermi level;

2.5. Conventional chemical and support-free sonochemical approaches have been developed for 3D ensembles of indium(III) sulfide quantum dots that enable the deposition of

highly quantized cubic  $\alpha$ - $\text{In}_2\text{S}_3$  nanocrystals densely packed in thin layer form. A metastable cubic structure was observed at room temperature (instead of the thermodynamically most stable tetragonal  $\beta$  modification in the case of bulk material), which is associated with the very small size of the crystallites. The introduction of ultrasound into the reaction system contributes to the reduction of the average size of the nanocrystals;

2.6. An ablative method for the transfer of  $\text{CuInS}_2$  sonochemical quantum dots is proposed for the first time. The structure and morphology of the deposited layers were investigated by X-ray diffraction, scanning electron microscopy and atomic force microscopy. X-ray analysis of the layers showed that the deposited layers were nanocrystalline, with a predominant cubic  $\text{Cu}_{1.7}\text{In}_{0.05}\text{S}$  phase;

2.7. A new technology has been developed - frequency-assisted thermal evaporation in a vacuum, for depositing layers with a desired topography. To investigate the applicability of the new approach, the topography, morphology, structure and some optical and electrical properties of layers of crystalline tellurium, amorphous selenium and glassy  $\text{As}_2\text{Se}_3$ , deposited by a standard method and applying input frequencies from the sound spectrum (50, 150 and 4000 Hz) on the pads. A strong influence of the crystal structure of the deposited materials on the topography of the obtained layers was established. of layer formation.

### **- 3. Materials and structures for sensor applications;**

3.1. The influence of thickness on the surface morphology of thin layers of hexagonal tellurium deposited at low speed by standard thermal evaporation in vacuum and the formation of nano-threads for the layers with nominal thicknesses of 30 nm and 90 nm were determined. The sensor properties of Si/Te/aquadag structures with different thicknesses of the active tellurium layer in water vapor, ethanol, acetone and ammonia have been proven;

3.2. Data were obtained on the phase composition of ZnO and the surface morphology of Al-doped layers deposited by spray pyrolysis and the sol-gel method. Good sensing performance of pure and doped ZnO layers for detection of harmful gases was demonstrated by measuring resistance under saturated vapors of ethanol, acetone, ammonia, dimethylamine and formalin at room temperature. The results show that Al doping has a significant effect on the sensing sensitivity of the thin films;

3.3. A possibility was demonstrated based on the planar Si technology (rows of  $\text{SiO}_2$  cantilevers covered only on the top side with Cr/Au) to develop a biochemical sensor. The detected agent is the thiol group (-SH) of the deposited biocomponents. A correlation was established between the declination of the cantilever and the concentration of the agent;

#### **- 4. Silicon nanoparticles in thermally deposited layers of SiO<sub>x</sub>;**

4.1. A systematic study of the influence of the time and wavelength of the excitation light on the spectrum and intensity of photoluminescence in layers containing Si nanoparticles and amorphous Si nanoclusters was carried out. In the layers containing  $\alpha$ -Si nanoparticles, 2 bands were observed when irradiated with light with a wavelength of 488 nm – one (at 1.7 – 2.1 eV) was attributed to recombination in the nanoparticles (interband or carriers in tail states of the bands), and the second (at  $\sim$  2.3 eV) - of recombination through defects at the Si-SiO<sub>x</sub> interface. An additional band at 2.5 eV due to recombination through defect states in the SiO<sub>x</sub> matrix is observed in the spectra obtained after irradiation with the 442 nm line of a He-Cd laser. Photoluminescence of homogeneous and composite (containing amorphous,  $\alpha$ -Si, or crystalline silicon nanoparticles), thick layers of SiO<sub>x</sub> ( $x = 1.5, 1.7$ ) was investigated under electron irradiation with an energy of 20 MeV and a dose of  $2.4 \cdot 10^{14}$  el/cm<sup>2</sup>;

4.2. A significant influence on the topography, microstructure and morphology of SiO<sub>x</sub> and Si-SiO<sub>y</sub> composite samples containing silicon nanoparticles was found upon irradiation with high-energy electrons (20 MeV and doses of  $7.2 \cdot 10^{14}$  el/cm<sup>2</sup> and  $1.44 \cdot 10^{15}$  el/cm<sup>2</sup>). It was found that electron irradiation leads to a significant reduction of the surface roughness of the homogeneous samples, which is due to an annealing effect and causes the formation of an amorphous silicon nanophase. In the composite layers, the irradiation leads to an improvement of the quality of the interface between the amorphous nanoparticles and the oxide matrix and to the appearance of new electrically active defects in the oxide matrix;

4.3. Upon irradiation of SiO<sub>x</sub> layers ( $x = 1.2$ ) and composite layers of  $\alpha$ (nc)-Si-SiO<sub>x</sub> containing amorphous Si nanoparticles/Si nanocrystals with fast neutrons  $4 \cdot 10^{17}$  n/cm<sup>2</sup>, it was found that irradiation does not change the surface smoothness. In the homogeneous layers, the irradiation causes a phase separation in which the oxygen content increases (from  $x = 1.2$  in the unirradiated to  $x = 1.5$  in the matrix of the irradiated layers) and a significant amount of pure amorphous silicon phase (filling factor 0.15) is formed. Upon neutron irradiation of the composite layers with amorphous nanoparticles, a decrease in the relative proportion of the pure amorphous silicon phase was observed, due to a decrease in the size of the nanoparticles. This is explained by assuming that neutron irradiation causes reduction of part of SiO<sub>2</sub> to SiO<sub>x</sub> and the released oxygen reduces the size of Si nanoparticles by their surface oxidation and formation of SiO<sub>x</sub>. A high radiation resistance has been found for the layers with nanocrystals;

4.4. MOS structures have been proposed for applications such as detectors and dosimeters based on a metal-silicon oxide-silicon structure containing Si nanocrystals. An innovative element is the elimination of vacuum methods when depositing the topmost layer of

silicon dioxide – formed in the process of nanocrystal growth. For gamma radiation detection and dosimetry, a new approach of pre-charging the nanocrystals has been proposed, which creates a very slowly decreasing internal electric field and changes the position of the volt-capacitance (C-V) characteristic of the structure. Upon irradiation, charge carriers are generated in the oxide matrix of the nanocrystal layer, the nanocrystals are gradually discharged, and the C-V characteristic returns to its pre-charge position. MOS structures with nanocrystals have higher radiation resistance, reliability and speed.

#### **6. Critical notes and recommendations.**

I have no critical remarks, but as for recommendations - only one - not to lose faith in the ever-increasing funding of science in the Academy's institutes.

#### **7. Personal impressions of the candidate.**

My first contacts with Dr. Bineva date back to the time when I was a full-time doctoral student of Prof. Nesheva. To the extent that the topic of the section "Photoelectric and otic phenomena in wide-band semiconductors" coincided with the scientific research of the laboratory led by my teacher - Prof. Hristo Vodenicharov at the HTMU and in the conduct of joint experiments. The next meetings were at conferences, again general experiments and evaluation of dissertation projects. As NATO ASI director, I had the pleasure of presenting the group's experimental achievements to a wide scientific audience, and for these contributions, Dr. Bineva was awarded by an international jury. Or to put it briefly, my personal impressions of the person and scientist Irina Bineva are definitely magnificent.

### **CONCLUSION**

After having familiarized myself with the materials and scientific works presented in the competition and based on the analysis of their significance and the scientific and scientific-applied contributions contained in them, I confirm that the scientific achievements meet the requirements of national Law, the Regulations for its application and the relevant Regulations of ISSP - BAS" for holding the academic position "Professor" in the scientific field and professional direction of the competition. In particular, the candidate convincingly exceeds the minimum national requirements in the professional direction, as no plagiarism was found in the scientific works submitted for the competition. Based on the above, I recommend the scientific jury to propose to the competent authority for the selection of the Institute of Solid State Physics

"Acad. Georgi Nadjakov" at the Bulgarian Academy of Sciences, to elect Assoc. Prof. Dr. Irina Elkova Bineva to occupy the academic position " Professor" in professional field 4.1. "Physical Sciences" (Condensed Matter Physics).

ofia, 19.11.2022 г.

Prepared the review :

(Prof. Dr. Plamen Petkov)