

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност „Професор” по професионално направление 4.1 Физически науки, научна специалност: „Физика на кондензираната материя”, за нуждите на направление „Нанозфизика“ при ИФТТ-БАН, обявен в ДВ бр.61 от 02.08.2022 г.

**Кандидат:** Ирина Елкова Бинева, доцент в направление „Нанозфизика”, лаборатория „Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници”, Институт по физика на твърдото тяло при БАН

**Рецензент:** Николай Недялков Недялков, проф. дфн в Институт по електроника при БАН

Доц. д-р Ирина Бинева е единствен кандидат по посочения конкурс. Тя заема академичната длъжност “доцент” в лаборатория „Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници” в Институт по физика на твърдото тяло (ИФТТ) при БАН. Завършва Софийски университет “Св. Климент Охридски”, Химически Факултет през 1997г. От 1998 г. работи в Институт по физика на твърдото тяло, като през годините заема различните научни степени и академични длъжности, до длъжността „доцент“ присъдена ѝ през 2012. Доц. Бинева защитава успешно докторска дисертация в ИФТТ, през 2004 г. в научното направление “Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”. От 2021 г. тя е ръководител на направление „Нанозфизика“ и ръководител на лаборатория „Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници” в ИФТТ. Има опит в работа в чуждестранни лаборатории, като може да се отбележи едногодишната постдокторска специализация в National Institute for Research and Development in Microtechnologies (ИМТ-Bucharest).

Представените документи по конкурса и тяхното съдържание дават възможност за ясна оценка и анализ на научната, научно-приложната и педагогическа дейност на кандидата. Представените научни публикации са 29, от които една глава от книга. 16 от публикациите са в списания с импакт фактор, 12 са публикувани в списания с импакт ранк. По отношение на Минималните изисквания по Чл. 29, ал. (1), т. 5 от ЗРАСРБ, кандидатът участва в конкурса с 9 публикации, еквивалентни на хабилитационен труд (Показател В), като 4 от тях са в издания с импакт фактор. По показател Г са представени 20 публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни, извън хабилитационния труд, като една от тях е глава от книга. Броят на цитатите за участие в конкурса е 171. Представените по показател В публикации, не са използвани за придобиване на образователната и научна степен „доктор” и за заемане на

академичната длъжност „доцент“, което е изискване на ЗРАСРБ. По показател Е са представени данни за ръководство на проект с ФНИ, на млад учен в Програма за подпомагане на младите учени в БАН, 2016 г и на колектив по проект от спогодбата за научно сътрудничество между Българската академия на науките и Македонската академия на науките и изкуствата. Доц. Бинева е участвала или участва в 10 международни и национални научноизследователски проекти. Представена е и информация за привлечени по проекти средства. Съгласно представените данни, точките съответстващи на наукометричните показатели отговарят на Минималните изисквания по Чл. 29, ал. (1), т. 5 от ЗРАСРБ и изискванията приети от НС на ИФТТ, като в по-голяма част те значително надхвърлят необходимите. Трябва да се отбележи, че само четири от публикациите, представени за участие, са от период, преди заемането на академичната длъжност „доцент“, което е доказателство за активността на кандидата и качествена работа в актуални тематики понастоящем.

Научноизследователската дейност на доц. Бинева е насочена към получаване и характеризирание на наноструктурирани материали, разработване на методи за модификация на техните свойства и демонстриране на ефективни приложения на тяхна база. В серия от публикации са представени изследвания върху тънки халогенидни слоеве и 3D структури от нанокристали от  $Zn_xCd_{1-x}Se$ ,  $ZnSe$ ,  $CdSe$ ,  $In_2S_2$ ,  $CuInS_2$ . Те включват детайлно характеризирание на материалите по отношение на морфология, състав, структура, както и отражението на промяната експерименталните условия на получаване и последваща обработка върху тази характеристики. Изследван е и ефекта на промяна на тези параметри с времето (ефекта на стареене) при  $Zn_xCd_{1-x}Se$  за продължителен етап, какъвто не е представян досега от други автори. Разработени са и модифицирани методи за получаване на такива структури. Демонстрирано е приложение на ултразвукови вълни в процеса на синтез. Показано е, че с такива методи се въвеждат допълнителни експериментални параметри, които съществено могат да повлияят на свойствата на получените материали. За получаване на слоеве от  $CuInS_2$  е използвана техниката на импулсно лазерно отлагане за пренос на материал върху подложка, като са установени параметри, които определят съществена промяна на морфологията на отложените слоеве. Разработен е метод на честотно асистирано термично изпарение, който дава възможност за ефективна модификация на морфологията на слоеве от  $Te$ ,  $Se$  и стъклообразен  $As_2Se_3$ . В друга група работи са разгледани основни характеристики на структури с приложение като сензорни елементи. Те са на базата на  $Te$ ,  $ZnO:Al$  и функционализирани  $SiO_2$  микроструктури. Освен детайлното характеризирание на

получените материали, са представени и резултати от приложения като газови сензори, като са посочени някои оптимални характеристики, които определят висока чувствителност към амоняк и етанол. Научноизследователската дейност на кандидата се допълва от комплексни изследвания на свойствата на наноразмерни слоеве  $\text{SiO}_x$ , съдържащи Si наночастици. Следвайки конкретни приложения, основно свойство на разглежданите структури е фотолуминесценцията и влиянието на параметрите на получаване и последваща обработка върху нейния интензитет и спектрално представяне. Като такава обработка е разгледано облъчване с високо енергетични електрони и бързи неутрони. Установени са съществени промени в структурата на материалите и съответно в техните електрични свойства (волт-капацитивната характеристика). Това е основание да бъде предложено тези материали да бъдат използвани като детектори на вискоенергетични лъчения, такива във близката инфрачервена до ултравиолетовата области и дозиметри.

Научната и научно-приложната дейност на доц. Бинева са в модерна област, която привлича значителен интерес от страна на научната общност и от индустрията. Тя е свързана с получаване и характеризиране на наноструктури, които се доказват, като високоефективни алтернативи в установени технологии, но са и основа на нови такива. Наноразмерните материали, демонстрират свойства, които обемните материали не притежават, като важна особеност е, че те могат да се модифицират значително чрез промяна на техните пространствени характеристики. Тази особеност дава възможност да се разработват принципно нови технологии и да се търсят нови решения на проблеми с висока социална значимост. Изследванията на доц. Бинева са в тази област, като дават съществен принос за развитието ѝ. Материалите, които са обект на нейните изследвания са такива с потенциални атрактивни приложения, като възобновяеми източници на енергия, сензорни елементи за замърсители и опасни лъчения, в медицината, при разработването на памети. Детайлният анализ на разглежданите материали с използване на стандартни методи, определя достоверност на представените резултати и база за ефективна оптимизация на техните свойства, а също така и за разработване на фундаментална картина за разбиране на механизмите и процесите, валидни в наносвета. Педагогическата дейност на доц. Бинева включва провеждането на различни курсове, практики и обучения, главно свързани с Атомно-силовата микроскопия. Провела е курс за докторанти през 2014. Била е научен ръководител на млад учен в проект от Програма за подпомагане на младите учени в БАН, 2016 .

Основните научни и научно –приложни приноси на кандидата могат да се определят като значително обогатяване на познанията за конкретни класове от наноструктурирани материали и получаване и доказване на нови факти за техните свойства, разработване на технологии за формиране и модифицирането им след тяхното получаване. Получени са нови данни за характеристиките на  $Zn_xCd_{1-x}Se$ , по отношение на техния състав и структура (B4.1-B4.3), като трябва да се посочат специално резултатите по модификация на свойствата вследствие на огряване и стареене, като за последното са представени данни за срок от 6 месеца, продължителност, която не е изследвана от други автори. Демонстрирано е приложение за ориентация на течни кристали [Г7.4]. Разработен е подход за формиране на 3D ансамбли от квантови точки от  $In_2S_3$ , който позволява отлагането на кубични  $\alpha-In_2S_3$  нанокристали, във формата на тънък слой, при който се прилага ултразвук в процеса на синтезиране. Това води и до намаляване на размера на кристалите до около 2 nm и увеличаване на ширината на забранената зона. Приложен е и метода на импулсно лазерно отлагане за получаване на слоеве от нанокристален  $Cu_{1.7}In_{0.05}S$  (B4.8). Показано е, че методът може да се прилага за получаване на структури с желани параметри, тъй като промяната на някои експериментални параметри (плътността на лазерната енергия) води до значителна промяна на структурата и морфологията на слоевете. Като съществена разработка може да се посочи методът за честотно асистирано отлагане, приложено за формиране на слоеве от кристален телур, аморфен селен и стъклообразен  $As_2Se_3$  [B4.5]. Методът позволява съществено влияние върху морфологията на формираните структури. Като нови резултати, могат да се посочат изследванията върху системата  $As_2Se_3-Ag_4SSe-PbTe$  получени чрез метод на охладената стопилка. Като съществени приноси в научно-приложен план, могат да се посочат резултатите получени за слоеве от телур и системата  $ZnO-Al$ , използвани като газови сензори (B4.9, Г7.16, Г7.17). За тях е демонстрирана висока чувствителност към амоняк и етанол при стайна температура. Към този тип материали спадат и наноразмерни слоеве  $SiO_x$ , съдържащи Si наночастици, за които са получени доказателства, че могат да бъдат използвани като детектори и дозиметри. Представените изследвания са подкрепени от солидни анализи на получените материали, като те са използвани за формиране на една фундаментална картина, която дава обяснение за механизмите на формиране и основните свойства на наноструктурите. Тези познания могат да бъдат използвани и при изследвания на други материали.

Представените от кандидата приноси са отразени в 29 публикации, от които една глава от книга. 16 от публикациите са в списания с импакт фактор, 12 са публикувани в

списания с импакт ранк. В публикациите, които са съответстващи на реабилитационен труд, доц. Бинева е или първи или кореспондиращ автор или е втори от двама автори. Това е доказателство за съществен принос в тези работи. Като качество за работата могат да се посочат публикациите в Journal of Physical Chemistry C (B4.4) ИФ=4.814 с 15 цитата; в Surface and Coatings Technology (B4.5) ИФ=2.139, цитирана 5 пъти, в Journal of Physical Chemistry C ИФ= 4.520, цитирана 47 пъти; в Materials Chemistry and Physics, ИФ= 2.084, цитирана 11 пъти. Посочените издания са добре известни в областта, с висок импакт фактор, което е доказателство за качествена научно-изследователска работа, актуална тематика и представяне на оригинални резултати. Представените 171 цитата за участие в конкурса са на публикации по тематиките от посочените приноси, с които кандидата участва в конкурса, като има значителен брой от последните 5 години. Това също доказва актуалността на тематиката и качеството на работа. Значителна част от цитатите включват споменаване на определени резултати и са използвани за основа за нови изследвания, което ги причислява към т.н. „съществени цитати“. Като примери могат да се посочат такива на статии Г7.1, Г7.17.

Трябва да се отбележи, че извън представените за участие в конкурса материали, доц. Бинева притежава значителна научна и научно-приложна продукция. Има общо 67 публикации, един регистриран патент, над 500 цитирания, h индекс 9 (8 по Scopus). Взела е участие като ръководител или участник в над 20 научноизследователски проекта. Има участия на над 70 конференции. Тези данни потвърждават впечатлението, че кандидата е изграден учен със значителни познания и умения в областта на нанотехнологиите. Нямам критични бележки по оформлението и представянето на материалите, както и по същността на авторската справка за конкурса.

## Заклучение

Запознаването ми с резултатите от научно-изследователската дейност на доцент Ирина Бинева ми дава основание да считам, че тя е един учен със значителен принос в областта на получаването и характеризирането на дву- и тримерни наноструктури, с познания и възможност да определя и ръководи научни изследвания на високо международно ниво. Количествените показатели за нейната научна дейност съответстват на критериите, зададени от ЗРАСРБ и НС на Институт по физика на твърдото тяло, необходими за заемането на академичната длъжност „професор“. На базата на гореспоменатото изразявам подкрепата си към кандидатурата на доц. Ирина Бинева и препоръчвам на

Научното жури да подкрепи и предложи на НС на Институт по физика на твърдото тяло, тя да бъде избрана на академичната длъжност „професор” по направление 4.1. Физически науки.

28.11.2022

проф. дфн Н. Недялков

## REVIEW

according to a competition for the academic position of "Professor" in professional field 4.1 Physical sciences, scientific specialty: "Physics of condensed matter", for the needs of the "Nanophysics" Department at Institute of solid state physics - BAS, announced in Newspaper of the state No. 61 of 02.08.2022 .

Candidate: Irina Elkova Bineva, Associate Professor in the "Nanophysics" Department, "Photoelectric and Optical Phenomena in Wide bandgap Semiconductors" Laboratory, Institute of Solid State Physics at Bulgarian Academy of Sciences

Reviewer: Nikolai Nedyalkov Nedyalkov, Professor, Doctor of Science at the Institute of Electronics at BAS

Associate Professor Dr. Irina Bineva is the only candidate for the presented competition. She holds the academic position of "associate professor" in the laboratory "Photoelectric and optical phenomena in wide bandgap semiconductors" at the Institute of Solid State Physics (ISSP) at BAS. Assoc. prof. Bineva graduated from Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Chemistry in 1997. Since 1998, she has been working at the Institute of Solid State Physics, holding various scientific degrees and academic positions over the years, up to the position of "Associate professor" awarded to her in 2012. Assoc. prof. Bineva successfully defended her doctoral dissertation at ISSP, in 2004 at the scientific direction "Electrical, magnetic and optical properties of condensed matter". Since 2021, she is the head of the "Nanophysics" department and the head of the "Photoelectric and optical phenomena in wide bandgap semiconductors" laboratory at ISSP. He has experience working in foreign laboratories, and one-year postdoctoral specialization at the National Institute for Research and Development in Microtechnologies (IMT-Bucharest) can be noted.

The submitted documents for the competition and their content provide an opportunity for a clear assessment and analysis of the candidate's scientific, applied and pedagogical activities. There are 29 scientific publications presented, of which one is a book chapter. 16 of the publications are in journals with an impact factor, 12 are published in journals with an impact rank. Regarding the Minimum requirements under Art. 29, para. (1), item 5 of the Law for Development of the Academic Staff in Republic of Bulgaria (LDASRB), the candidate participates in the competition with 9 publications equivalent to a habilitation thesis (Indicator C), 4 of which are in publications with an impact factor. According to indicator D, 20 publications are presented in publications that are referenced and indexed in world-renowned databases, outside of the habilitation thesis, and one of them is a chapter of a book. The number

of citations for participation in the competition is 171. The publications presented under the C indicator were not used to obtain the educational and scientific degree "doctor" and to hold the academic position "associate professor", which is a requirement of the LDASRB. According to indicator F, data are presented for the management of a project with the National Science Fund, of a young scientist in the Program for Supporting Young Scientists at the BAS, 2016, and of a team under a project from the agreement on scientific cooperation between the Bulgarian Academy of Sciences and the Macedonian Academy of Sciences and Arts .

Assoc. Prof. Bineva has participated or is participating in 10 international and national research projects. Information is also presented on the funds attracted by the projects. According to the data presented, the points corresponding to the scientometric indicators meet the minimum requirements under Art. 29, para. (1), item 5 of the LDASRB and the requirements adopted by the Scientific Council of the ISSP, and for the most part they significantly exceed the necessary ones. It should be noted that only four of the publications submitted for participation are from a period before holding the academic position of "associate professor", which is proof of the candidate's activity and quality work in currently relevant topics.

Assoc. Prof. Bineva's research activity is aimed at obtaining and characterizing nanostructured materials, developing methods for modifying their properties and demonstrating effective applications based on them. A series of publications presents research on thin halide films and 3D nanocrystal structures of  $Zn_xCd_{1-x}Se$ , ZnSe, CdSe,  $In_2S_2$ ,  $CuInS_2$ . They include a detailed characterization of the materials in terms of morphology, composition, structure, as well as the effect of changing the experimental conditions of preparation and subsequent processing on these characteristics. The effect of changing these parameters with time (aging effect) was also investigated in  $Zn_xCd_{1-x}Se$  for a prolonged stage, which has not been presented by other authors for the data of publication. Modified methods for obtaining such structures have also been developed. The application of ultrasonic waves in the synthesis process has been demonstrated. It is shown that such methods introduce additional experimental parameters that can significantly affect the properties of the obtained materials. To obtain  $CuInS_2$  layers, the pulsed laser deposition technique was used to transfer material onto a substrate, and parameters were established that determined a significant change in the morphology of the deposited layers. A method of frequency-assisted thermal evaporation was developed, which enables effective modification of the morphology of layers of Te, Se and glassy  $As_2Se_3$ . In another group of works, basic characteristics of structures with application as sensor elements are considered. They are based on Te, ZnO:Al and functionalized  $SiO_2$  microstructures (cantilevers). In



addition to the detailed characterization of the obtained materials, results from applications such as gas sensors are also presented, and some optimal characteristics that determine high sensitivity to ammonia and ethanol are indicated. The candidate's research activity is complemented by complex studies of the properties of nanosized SiO<sub>x</sub> layers containing Si nanoparticles. Following specific applications, the main property of the considered structures is the photoluminescence and the influence of the preparation and post-processing parameters on its intensity and spectral representation. Irradiation with high-energy electrons and fast neutrons has been considered as such treatment. Significant changes were found in the structure of the materials and, accordingly, in their electrical properties (voltage-capacitive characteristic). This is a reason to propose that these materials be used as detectors of high-energy radiation, in the near-infrared to ultraviolet regions, and dosimeters.

Assoc. Prof. Prof. Bineva's scientific and applied activities are in a modern field that attracts significant interest from the scientific community and industry. It is related to the preparation and characterization of nanostructures, which are proven to be highly effective alternatives in established technologies, but are also the basis of new ones. Nanoscale materials demonstrate properties that bulk materials do not possess, an important feature being that they can be significantly modified by changing their spatial characteristics. This feature makes it possible to develop fundamentally new technologies and to search for new solutions to problems of high social significance. Prof. Bineva's research is in this field, making a significant contribution to its development. The materials that are the subject of her research are those with potential attractive applications, such as renewable energy sources, sensor elements for pollutants and dangerous radiation, in medicine, in the development of memory devices. The detailed analysis of the considered materials using standard methods determines the reliability of the presented results and a basis for effective optimization of their properties, as well as for the development of a fundamental picture for understanding the mechanisms and processes valid in the nanoworld.

Assoc. Prof. Bineva's pedagogical activity includes conducting various courses, practices and trainings, mainly related to Atomic Force Microscopy. She conducted a course for doctoral students in 2014. She was the scientific supervisor of a young scientist in a project from the Program for Supporting Young Scientists at the BAS, 2016.

The main scientific and applied contributions of the candidate can be defined as a significant enrichment of knowledge about specific classes of nanostructured materials and obtaining and proving new facts about their properties, developing technologies for forming and modifying them after they are obtained. New data were obtained on the characteristics of

$Zn_xCd_{1-x}Se$ , regarding their composition and structure (B4.1-B4.3), and the results of the modification of the properties due to annealing and aging should be specifically mentioned, and for the latter, they are presented data for a period of 6 months, a duration not studied by other authors. An application to liquid crystal orientation has been demonstrated [G7.4]. An approach for the formation of 3D quantum dot ensembles of  $In_2S_3$  has been developed, which allows the deposition of cubic  $\alpha$ - $In_2S_3$  nanocrystals, in the form of a thin layer, where ultrasound is applied in the synthesis process. This also leads to a decrease in the crystallite size to about 2 nm and an increase of the band gap. The method of pulsed laser deposition was also applied to obtain layers of nanocrystalline  $Cu_{1.7}In_{0.05}S$  (B4.8). It is shown that the method can be applied to obtain structures with desired parameters, since the change of some experimental parameters (laser energy density) leads to a significant change of the structure and morphology of the films. As a significant development, the method of frequency-assisted deposition applied to the formation of layers of crystalline tellurium, amorphous selenium and glassy  $As_2Se_3$  [B4.5] can be pointed out. The method allows a significant influence on the morphology of the formed structures. As new results, it can be mentioned the studies on the  $As_2Se_3$ - $Ag_4SSe$ - $PbTe$  system obtained by the melt quenching method. The results obtained for tellurium layers and the  $ZnO$ - $Al$  system used as gas sensors (B4.9, G7.16, G7.17) can be mentioned as significant contributions in a scientific-applied way. They have been shown to be highly sensitive to ammonia and ethanol at room temperature. This type of material also includes nanosized  $SiO_x$  films containing Si nanoparticles, for which evidence has been obtained that they can be used as detectors and dosimeters. The presented studies are supported by solid analyzes of the obtained materials, which have been used to form a fundamental picture that explains the formation mechanisms and basic properties of nanostructures. This knowledge can also be used in the research of other materials.

The contributions presented by the candidate are reflected in 29 publications, of which one is a book chapter. 16 of the publications are in journals with an impact factor, 12 are published in journals with an impact rank. In the publications corresponding to a habilitation thesis, Prof. Bineva is either the first or corresponding author or the second of two authors. This is evidence of a substantial contribution to these works. As examples of quality for the work the publications in the Journal of Physical Chemistry C (B4.4) IF=4.814 with 15 citations; in Surface and Coatings Technology (B4.5) IF=2.139, cited 5 times, in Journal of Physical Chemistry C IF= 4.520, cited 47 times; in Materials Chemistry and Physics, IF= 2.084, cited 11 times can be given. The mentioned publications are well-known in the field, with a high impact factor, which is proof of quality research work, current topics and presentation of

original results. The presented 171 citations for participation in the contest are on publications on the topics of the specified contributions with which the candidate participated in the contest, with a significant number from the last 5 years. This also proves the topicality of the subject and the quality of work. A significant number of citations include mention of certain results and have been used as a basis for new research, which ranks them among the so-called "substantial quotations". As examples, articles G7.1, G7.17 can be mentioned.

It should be noted that apart from the materials submitted for participation in the competition, Prof. Bineva has a significant scientific and scientific-applied output. There are a total of 67 publications, one registered patent, over 500 citations, h index 9 (8 on Scopus). She has taken part as a leader or participant in over 20 research projects. He has participated in over 70 conferences. These data confirm the impression that the candidate is a well-rounded scientist with considerable knowledge and skills in the field of nanotechnology.

I have no critical remarks on the layout and presentation of the materials, as well as on the essence of the author's contributions for the competition.

## Conclusion

My acquaintance with the results of the research activity of associate professor Irina Bineva gives me reason to consider that she is a scientist with a significant contribution in the field of obtaining and characterizing two- and three-dimensional nanostructures, with knowledge and the ability to define and lead scientific research at a high international level. Quantitative indicators of her scientific activity correspond to the criteria set by the LDASRB and the requirements adopted by the Scientific Council of the Institute of Solid State Physics, necessary for the occupation of the academic position "professor". On the basis of the above, I express my support for the candidacy of Prof. Irina Bineva and recommend to the Scientific Jury to support and propose to the Scientific Council of the Institute of Solid State Physics that she be elected to the academic position of "professor" under professional field 4.1. Physical sciences.

28.11.2022

Prof. N. Nedyalkov