

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“

професионално направление 4.1 “Физически науки“, специалност „Физика на кондензираната материя“ (Многофункционални наноструктурирани и наноразмерни материали и нанотехнологии за мехатрониката и медицината) за нуждите на ЦЛПФ-БАН, Пловдив, съгласно обявата в ДВ брой 52 от 16.06.2023 г.,

с кандидат: гл. ас. д-р Николай Стефанов Петков от ЦЛПФ-БАН, Пловдив

Рецензент: Евгения Петрова Вълчева, дфн, професор, Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“

1. Обща характеристика на представените материали

Единствен кандидат по обявения конкурс е гл. ас. д-р Николай Стефанов Петков. Кандидатът е представил всички материали за конкурса, изисквани от Закона за развитие на академичния състав в Република България.

Д-р Петков се е дипломирал през 2001 г. като магистър по специалност „автоматика и системотехника“, с професионална квалификация инженер по автоматика и системотехника от Технически Университет – София, филиал Пловдив. През 2009 г. защитава дисертация за придобиване на образователната и научна степен доктор по научната специалност "Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника" на тема „Автоматична настройка на регулатори и диагностика“, изготвена в Технически Университет – София, филиал Пловдив, факултет "Електроника и Автоматика", катедра "Системи за управление".

През периода 2003 г. - 2005 г. д-р Петков е хоноруван асистент в Технически университет – София, филиал Пловдив, факултет "Електроника и Автоматика", катедра "Системи за управление". Води упражнения за студенти по дисциплините „Приложни методи за управление на технологични процеси“ и „Технически средства за автоматизация“.

От 2007 г. до 2010 г. работи в ЦЛПФ-БАН последователно като инженер по автоматизация и н.с. Пост., а от 2011 г. до сега като гл. ас. През целия период след дипломирането си до сега д-р Петков предприема многобройни специализации и обучения в Технически университет Грац, Австрия, както и в няколко университета в Република Чехия, където тематиките като наноматериали, съвременни технологии и иновации и материалознание, допълват и доразвиват научната експертиза на д-р Петков в областта на физиката на кондензираната материя. Така заедно с основната му специалност „автоматика и системотехника“ д-р Петков придобива професионален профил, подходящ за научната тематика на ЦЛПФ.

Пълният списък на научните трудове на д-р Петков включва общо 43 публикации, от които 27 са реферирани в SCOPUS/WoS (12 с IF фактор). Научните публикации са цитирани общо 68 пъти, от които 48 са реферирани в SCOPUS/WoS. Индексът на Хирш за цитируемостта на публикациите е 4. Д-р Петков участва в конкурса с 27 публикации и 48 цитирания според SCOPUS/WoS. Представен е списък със значителен брой участия в национални и международни конференции и участия в научни проекти. Представените от кандидата в табличен вид данни, съгласно изискванията за заемане на академичната длъжност "доцент", заложили в Закона за развитие на академичния състав в РБ (ЗРАСРБ) и правилниците на БАН включват, както следва:

- по критерий А - дисертация за научна степен "доктор" (50 точки);
- по критерий В - 7 публикации с индекси Q2 (2), Q3 (4), Q4 (1), общо 112 т. при изисквани 100 т.;
- по критерий Г7 - 20 статии (общо 245 т. при изисквани 220 т. според Правилник за прилагане на ЗРАС - ИФТТ);
- по критерий Д – 92 точки от посочени цитати (при изисквани 60 т.);
- критерий Е – 30 т. (при изисквани 0 т.).

По последния критерий гл. ас. Петков показва активна дейност като участник в научни проекти. Искан да отбележа участието на д-р Петков към „Център за високи технологии в областта на наноразмерни и наноструктурирани слоеве и свръхтвърди покрития” (2008 г. – 2010 г.), Оперативна програма „Развитие и конкурентоспособност на българската икономика” (2007 – 2013 г.) и Договор с Ф „НИ” „Оборудване и методика за характеризиране на микро и нанотвърдост на свръхтвърди материали и покрития” (2008 г. – 2010 г.) и Европейски проект INCO – СТ – 2005 – 016805. RTCNANOHARD, които позволяват на ЦПФ да оборудва нова технологична база и съвременни апаратури за характеризиране на твърди покрития.

Д-р Петков има участия в редица научни форуми и конференции с доклад или като организатор. Бил е гост-лектор в Технически университет Либерец, катедра Материалознание, Република Чехия, където е изнесъл лекция на тема „Тънки покрития – формиране, характеризиране, свойства и приложения”.

Представената справка за изпълнение на минималните изисквания е изготвена съгласно Web of Science/Scopus. Обобщените данни напълно отговарят на количествените показатели от изискванията на ЗРАСРБ и изискванията на БАН-ИФТТ.

2. Обща характеристика на научната, научно-приложната и педагогическата дейност на кандидата (научни области и проблеми; подготвени докторанти и дипломанти).

Научната и научно-приложната дейност на д-р Николай Петков е в областта на:

- контрол и подобряване на физическите процеси на отлагане на покрития от парова фаза (електродъгово изпарение и магнетронно разпръскване);

- Технология за нанасяне на твърди и свръхтвърди покрития, двукомпонентни и многокомпонентни покрития, еднослойни и многослойни покрития, наноструктурирани, нанокомпозитни и градиентни покрития;

- PVD процеси: вакуумна плазма, управление и усъвършенстване на плазмените процеси, и математическо моделиране на процесите.

Научните приноси на Николай Петков са предимно в областта на модифициране на метални повърхности чрез катодно-дъгово отлагане от парова фаза на твърди и свръхтвърди износоустойчиви покрития и изследване на физико-механичните и трибологичните им свойства. Участва в разработването на технологии за различни видове покрития и подобряване и управление на оборудване за производство на твърди покрития, изработени от карбиди, нитриди и карбонитриди чрез метода на PVD. В допълнение осъществява хардуерна и софтуерна поддръжка на оборудване за получаване на свръхтвърди наноструктурирани и нанокомпозитната покрития.

Кандидатът е формулирал в авторската си справка основни направления и приноси, с които съм съгласна и оценявам, както следва.

1. Моделиране на процеса на катодно-дъгово изпарение - разработен е модел (метод) за изчисление на количеството изпарен материал на катода като функция на тока на електрическата дъга. Извършена е верификация на модела (сравнението между изчислените резултати за алуминиеви и хромови катода и експериментално получените данни за същия тип катода), която показва разумно съвпадение.

2. Получаване и изследване на карбонитриди на основата на Ti и Cr. Нанесени са серии титан карбонитридни (TiCN) и серия хром карбонитридни (CrCN) покрития чрез катодно-дъгово отлагане от парова фаза, и е изследвана зависимост от използвания въглероденосител. Изследвано е влиянието върху стехиометрията, структурата, механичните и трибологичните свойства на покритията от редица параметри на нанасянето. TiCN покритията са нанесени върху хирургична стомана AISI 316 и върху подложки от алуминиеви сплави, инструментална стомана EN ISO HS 6-5-2. Изследвана е и е анализирана биосъвместимостта на TiCN покрития нанесени върху хирургична стомана AISI 316.

Направено е сравнение на механичните и трибологични свойства на TiCN и CrCN покрития отложени при идентични условия на нанасяне. Направено е заключение, че TiCN показва по-високи стойности на твърдостта, адхезията, коефициента на триене и скоростта на износване на покритието в сравнение с CrCN.

3. Получаване и изследване на многослойни нанокомпозити.

Изследвани са AlSiN покрития, получени чрез метода на катодно-дъгово отлагане от парова фаза, като са изследвани морфологията на повърхността, структурата, механичните и трибологични свойства покритието. Изследван е ефектът на елементите Ti и Cr (както и тяхното количество), когато се добавят към процеса на израстване на AlSiN - нанесени са AlTiSiN и AlCrSiN покрития чрез метода на катодно-дъгово отлагане от парова фаза.

Получените резултати позволяват да се нанесе покритие върху инструменти, на основата на елементите Al, Cr, Ti, Si и N при температура от 400 °C, с желаните най-добри механични и трибологични свойства в зависимост от техните приложения (по-специално за обработка на закалени и незакалени стомани).

4. Получаване и изследване на многослойни нитриди

Многослойни CrN/TiN нанопокрития са нанесени чрез катодно-дъгово отлагане от парова фаза, при температура 300°C. Установено е, че механичните и трибологичните свойства на многослойните CrN/TiN покрития са по-добри от тези на единичните слоеве изграждащи структурите. Този ефект е обяснен с това, че намаляването на периода на модулация води до намаляване на размера на кристалите и води до увеличаване на твърдостта според закона на Хол-Петч ($H \sim d^{-1/2}$, d е размерът на зърното). Установен е период на модулация от 8,8 nm, при който се достигат най-добрите параметри на многослойните нанослойни покрития CrN/TiN. Направено е заключение, че многослойните CrN/TiN покрития са подходящи за индустриално приложение, по-специално за нанасяне върху металообработващи инструменти.

Разработени са и наноразмерни многослойни покрития на основата на алуминий и титан. Всяка многослойна Ti-Al-Si-N структура на покритията е изградена от 49 би-слоя с различна дебелина ($8 \div 13$ nm) и различно съотношение на титана към алуминия. Установено е, че тези покрития са подходящи за нанасяне върху металообработващи инструменти. Измерените коефициенти при сухо триене са в интервала $0,22 \div 0,36$. Нанесени са и изследвани две групи TiN/AlTiN и AlTiN/TiN наноразмерни многослойни покрития. Броят на би-слоеве е в интервала $103 \div 207$, а дебелините на би-слоеве са от 11,6 nm до 26,3 nm.

Д-р Петков има педагогическа дейност като хоноруван асистент и две години е водил упражнения за студенти по дисциплините „Приложни методи за управление на технологични процеси” и „Технически средства за автоматизация” в Технически университет – София, филиал Пловдив. Ръководил е един успешно защитил дипломант.

3. Основни научни и/или научно-приложни приноси с оценка до каква степен те са лично дело на кандидата.

Научните трудове, с които д-р Петков участва в конкурса са с научна и научно-приложна значимост и обогатяване на съществуващи знания. Основни приноси са разработване и изследване на твърди и свръхтвърди нанокompозитни покрития, многослойни покрития за индустриални приложения. Разработени са нанокompозитни покрития и покрития с периодично модулиран състав, съчетаващо свръхтвърдост и висока устойчивост на еластични и пластични деформации. Разработените нови технологии за нанасяне на покрития чрез катодно-дъгово отлагане от парова фаза, са подходящи за внедряване върху реални инструменти – напр. медицински инструменти и импланти и др.

Анализът и преценка на така формулираните приноси ги характеризират като създаване на нови методи за получаване на материали за тънкослойни покрития за

приложение в практиката и обогатяване на съществуващи знания и теории в материалознанието. В статиите, включени в хабилитационния труд (критерий В – 7 работи) д-р Петков е първи автор, което категорично определя неговия основен принос в публикуваните разработки и резултати.

Инженерните познания и умения на д-р Петков в областта на автоматизация и методи за управление на технологични процеси, както и допълнителната специализация в областта на физичното материалознание го определят като изграден учен с експертизата, която има потенциал за развитие в тематиката „приложна физика“ на ЦЛПФ.

4. Към представените материали по конкурса нямам критични забележки. Всички материали са изготвени прецизно и в съответствие с изискванията на закона.

5. След като се запознах с представените по конкурса документи, материали и научни трудове, и след анализ на тяхната значимост и съдържащите се в тях научни, научно-приложни и приложни приноси, мога да направя заключение, че наукометричните показатели изпълняват и дори надхвърлят по всички показатели специфичните изисквания на ЗРАСРБ и Правилника на БАН-ИФТТ. Научната квалификация на гл. ас. д-р Петков отговаря на изискванията за академичната длъжност „доцент“ по професионално направление 4.1. Физически науки, специалност „Физика на кондензираната материя“.

Дата 28.10.2023 г.

Изготвил:

/подпис/

REVIEW

by competition for the academic position "docent" professional direction

4.1 "Physical sciences", specialty "Physics of condensed matter"

(Multifunctional nanostructured and nanosized materials and nanotechnologies for mechatronics and medicine) for the needs of CLPF-BAS, Plovdiv, according to the announcement in State Gazette No. 52 of 16.06.2023,

with candidate: ch. Assistant Professor Nikolay Stefanov Petkov, Ph.D

Reviewer: Evgenia Petrova Valcheva, D Sc, Professor, Faculty of Physics of SU "St. Kliment Ohridski"

1. General characteristics of the presented materials

The only candidate for the announced competition is Ch. Assistant Professor Nikolay Stefanov Petkov, PhD. The candidate has submitted all materials for the competition required by the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria.

Dr. Petkov graduated in 2001 with a master's degree in automation and systems engineering, with a professional qualification as an engineer in automation and systems engineering from the Technical University - Sofia, Plovdiv branch. In 2009, he defended a dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree of doctor in the scientific specialty "Elements and devices of automation and computer technology" on the topic "Automatic adjustment of regulators and diagnostics", prepared at the Technical University - Sofia, branch Plovdiv, faculty " Electronics and Automation", Department of "Control Systems".

During the period 2003 - 2005, Dr. Petkov was a part-time assistant at the Technical University - Sofia, Plovdiv branch, Faculty of Electronics and Automation, Department of Control Systems. Leads exercises for students in the disciplines "Applied methods for managing technological processes" and "Technical tools for automation".

From 2007 to 2010, he worked at the National Academy of Sciences and Arts as an automation engineer and senior engineer. 2nd century, and from 2011 until now as ch. during the entire period after his graduation until now, Dr. Petkov undertook numerous specializations and studies at the Technical University of Graz, Austria, as well as at several universities in the Czech Republic, where topics such as nanomaterials, modern technologies and innovations, and material science complement and further develop Dr. Petkov's scientific expertise in condensed matter physics. Thus, together with his main specialty "automation and systems engineering", Dr. Petkov acquires a professional profile suitable for the scientific subject of CLPF.

The complete list of Dr. Petkov's scientific works includes a total of 43 publications, of which 27 are referenced in SCOPUS/WoS (12 with IF factor). The scientific publications were cited a total of 68 times, of which 48 were referenced in SCOPUS/WoS. The Hirsch index for the citation of publications is 4. Dr. Petkov participated in the competition with 27 publications and 48 citations according to SCOPUS/WoS. A list with a significant number of participations in national and international conferences and participations in scientific projects is presented. The data submitted by the candidate in tabular form, in accordance with the requirements for holding the academic

position of "associate professor", laid down in the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Belarus (ZRASRB) and the regulations of the BAS include the following:

- according to criterion A - dissertation for the scientific degree "doctor" (50 points);
- according to criterion B - 7 publications with indexes Q2 (2), Q3 (4), Q4 (1), a total of 112 items out of the required 100 items;
- according to criterion G7 - 20 articles (total 245 items with required 220 items according to the Regulations for the implementation of ZRAS - IFTT);
- according to criterion D – 92 points from specified citations (for a required 60 points);
- criterion E – 30 points (if 0 points are required).

According to the last criterion ch. Associate Professor Petkov shows active activity as a participant in scientific projects. I would like to note Dr. Petkov's participation in the "Center for High Technologies in the Field of Nanosized and Nanostructured Layers and Superhard Coatings" (2008 - 2010), Operational Program "Development and Competitiveness of the Bulgarian Economy" (2007 - 2013) d.) and Contract with F "NI" "Equipment and methodology for characterization of micro and nanohardness of superhard materials and coatings" (2008 - 2010) and European project INCO - CT - 2005 - 016805. RTCNANO HARD, which allow of CLPF to equip a new technological base and modern equipment for the characterization of solid coatings.

Dr. Petkov has participated in a number of scientific forums and conferences with a report or as an organizer. He was a guest lecturer at the Technical University of Liberec, Department of Materials Science, Czech Republic, where he gave a lecture on "Thin coatings - formation, characterization, properties and applications".

The presented reference for meeting the minimum requirements has been prepared according to Web of Science/Scopus. The summarized data fully comply with the quantitative indicators from the requirements of the RSARB and the requirements of the BAS-IFTT.

2. General characteristics of the candidate's scientific, scientific-applied and pedagogical activities (scientific fields and problems; prepared doctoral and graduate students).

The scientific and scientific-applied activity of Dr. Nikolay Petkov is in the field of:

- control and improvement of the physical processes of vapor phase coating deposition (electro-arc evaporation and magnetron sputtering);
- Technology for applying hard and ultra-hard coatings, two-component and multi-component coatings, single-layer and multilayer coatings, nanostructured, nanocomposite and gradient coatings;
- PVD processes: vacuum plasma, control and improvement of plasma processes, and mathematical modeling of the processes.

Nikolay Petkov's scientific contributions are mainly in the field of modification of metal surfaces by cathodic arc vapor deposition of hard and superhard wear-resistant coatings and research of their physico-mechanical and tribological properties. He is involved in the development of technologies for various types of coatings and the improvement and management of equipment for the production of hard coatings made of carbides, nitrides and carbonitrides by the PVD method. In addition, it provides hardware and software support for equipment for obtaining superhard nanostructured and nanocomposite coatings.

The candidate has formulated in his author's reference main directions and contributions, with which I agree and appreciate, as follows.

1. Modeling of the cathodic arc evaporation process - a model (method) was developed to calculate the amount of evaporated material at the cathode as a function of the electric arc current. Model verification (the comparison between calculated results for aluminum and chromium cathodes and experimentally obtained data for the same type of cathodes) was performed, which showed a reasonable match.

2. Preparation and study of carbonitrides based on Ti and Cr. A series of titanium carbonitride (TiCN) and a series of chromium carbonitride (CrCN) coatings were deposited by cathodic arc vapor deposition, and the dependence on the carbon carrier used was investigated. The influence on the stoichiometry, structure, mechanical and tribological properties of the coatings by a number of application parameters was investigated. TiCN coatings were applied to AISI 316 surgical steel and to aluminum alloy substrates, tool steel EN ISO HS 6–5–2. The biocompatibility of TiCN coatings applied to AISI 316 surgical steel was investigated and analyzed.

A comparison was made of the mechanical and tribological properties of TiCN and CrCN coatings deposited under identical deposition conditions. It is concluded that TiCN shows higher values of hardness, adhesion, coefficient of friction and wear rate of the coating compared to CrCN.

3. Preparation and study of multilayer nanocomposites. AlSiN coatings obtained by the method of cathodic arc deposition from the vapor phase were investigated, and the surface morphology, structure, mechanical and tribological properties of the coating were investigated. The effect of Ti and Cr elements (as well as their amount) when added to the AlSiN growth process was investigated - AlTiSiN and AlCrSiN coatings were deposited by the cathodic arc vapor deposition method. The obtained results allow to apply a coating on tools, based on the elements Al, Cr, Ti, Si and N at a temperature of 400 °C, with the desired best mechanical and tribological properties depending on their applications (in particular for machining of hardened and unhardened steels).

4. Preparation and study of multilayer nitrides. Multilayer CrN/TiN nanocoatings were deposited by cathodic arc vapor deposition at a temperature of 300°C. It was found that the mechanical and tribological properties of the multilayer CrN/TiN coatings are better than those of the single layers building the structures. This effect is explained by the fact that a decrease in the modulation period leads to a decrease in the size of the crystals and leads to an increase in the hardness according to the Hall-Petch law ($H \sim d^{-1/2}$, d is the grain size). A modulation period of 8.8 nm was found to achieve the best parameters of CrN/TiN multilayer nanolayer coatings. It is concluded that CrN/TiN multilayer coatings are suitable for industrial application, in particular for application on metalworking tools.

Nanoscale multilayer coatings based on aluminum and titanium have also been developed. Each multilayer Ti-Al-Si-N coating structure is made up of 49 bi-layers with different thickness (8÷13 nm) and different ratio of titanium to aluminum. These coatings have been found to be suitable for application to metalworking tools. The measured dry friction coefficients are in the range 0.22 ÷ 0.36. Two groups of TiN/AlTiN and AlTiN/TiN nanoscale multilayer coatings were deposited and investigated. The number of bi-layers is in the range 103 ÷ 207 and the thicknesses of the bi-layers are from 11.6 nm to 26.3 nm.

Dr. Petkov has a pedagogical activity as a part-time assistant and for two years he led exercises for students in the disciplines "Applied methods for managing technological processes" and "Technical tools for automation" at the Technical University - Sofia, Plovdiv branch. It was supervised by a successfully defended graduate.

3. Basic scientific and/or scientific-applied contributions with an assessment to what extent they are the candidate's personal work.

The scientific works with which Dr. Petkov participated in the competition are of scientific and scientific-applied significance and enrichment of existing knowledge. Main contributions are development and research of hard and superhard nanocomposite coatings, multilayer coatings for industrial applications. Nanocomposite coatings and coatings with a periodically modulated composition, combining superhardness and high resistance to elastic and plastic deformations, have been developed. The developed new technologies for applying coatings by vapor phase cathodic arc deposition are suitable for implementation on real tools - e.g. medical instruments and implants etc.

The analysis and evaluation of the contributions formulated in this way characterizes them as creating new methods for obtaining materials for thin-layer coatings for application in practice and enriching existing knowledge and theories in material science. In the articles included in the habilitation work (criterion B – 7 works), Dr. Petkov is the first author, which definitely determines his main contribution to the published developments and results.

Dr. Petkov's engineering knowledge and skills in the field of automation and methods for controlling technological processes, as well as the additional specialization in the field of physical materials science, define him as a well-established scientist with the expertise that has potential for development in the "applied physics" subject of CLPF.

4. I have no critical comments regarding the submitted materials for the competition. All materials are prepared precisely and in accordance with the requirements of the law.

5. Having familiarized myself with the documents, materials and scientific works presented at the competition, and after analyzing their significance and the scientific, scientific-applied and applied contributions contained in them, I can conclude that scientometric indicators fulfill and even exceed all indicators the specific requirements of the RSARB and the Regulations of the BAS-IFTT. The scientific qualification of Ch. assistant professor Dr. Petkov meets the requirements for the academic position "associate professor" in professional direction 4.1. Physical Sciences, Condensed Matter Physics.

Date 28.10.2023

Prepared by:
/signature/