

## РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент” по професионално направление 4.1 Физически науки (Електронни свойства на наноразмерни тънкослойни системи), обявен в ДВ бр. 36/29.04.2025 г. от Института по минералогия и кристалография-БАН

**Кандидат:** ас. д-р Петър Йорданов, Институт по минералогия и кристалография, БАН

**Рецензент:** проф. д-р Ружа Харизанова, Химикотехнологичен и металургичен университет

### 1. Описание на представените материали по конкурса.

В обявения от Института по минералогия и кристалография – БАН конкурс за заемане на АД „доцент” по професионално направление 4.1 Физически науки (Електронни свойства на наноразмерни тънкослойни системи), обявен в ДВ бр. 36/29.04.2025 г., участва един кандидат, д-р Петър Йорданов Йорданов от ИМК-БАН.

По обявения конкурс д-р Йорданов е представил всички документи, които се изискват от ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИМК-БАН. Кандидатът е представил свидетелство за съдимост и медицинска бележка, а също и служебна бележка от ИМК-БАН за стаж по специалонстта.

В конкурса ас. д-р Петър Йорданов участва с 15 публикации в реферирани и индексирани списания, представил е списък с 4 участия в конференции, 2 патента и 2 участия в научни договори и проекти. Представените трудове не повтарят научните трудове, използвани за присъждане на ОНС „доктор”.

Така подадените документи отговарят на минималните изисквания на ИМК-БАН за заемане на длъжността „доцент” в ПН 4.1 Физически науки.

### 2. Професионално и академично развитие.

Д-р Петър Йорданов завършва висшето си образование като придобива ОКС „Магистър“ по специалността „Химия и Физика“ от Химически факултет към Софийски Университет „Св. Климент Охридски“ през 2000 г. През 2003 г. придобива втора ОКС „Магистър“ по специалността „Интегрална и дискретна оптоелектроника в оптичните комуникации“ към катедра „Физика на Полупроводниците“ на Физически факултет към Софийски Университет „Св. Климент Охридски“. Между 2004 и 2009 г. работи по и защитава успешно докторската си дисертация на тема „Спектроскопско изследване на  $\text{CaMnO}_3/\text{CaRuO}_3$  свръхрешетки и  $\text{YTiO}_3$  монокристали“ в областта на Физическите науки под ръководството на проф. Б. Каймер и със съдействието на проф. Г. Денингер в Институт по физика на твърдото тяло „Макс Планк“ – Щутгарт и Щутгартски Университет, Германия.

Професионалният си опит д-р Йорданов придобива като физик в катедра „Физика на Полупроводниците“ към Софийски Университет „Св. Климент Охридски“ през периода от 2000 до 2003 г. След това работи като физик в Институт по физика на твърдото тяло „Макс Планк“ – Щутгарт, Германия (2004-2022 г.), където основно получава умения в областта на синтеза на поликристални материали и наноразмерни тънкослойни системи и тяхното характеризиране, изследване на структурата и електронните им свойства, а също определяне и моделно описание на термоелектрични им свойства (коефициент на Зеебек), придобива умения за изготвяне на прототипи на устройства, чието действие се базира на ултрабърз напречен термоелектричен ефект. От м. ноември 2024 г. кандидатът заема длъжност „асистент- физик“ в Института по минералогия и кристалография „Академик Иван Костов“ към БАН.

### 3. Наукометрични данни за представените по конкурса материали и области на научни интереси.

В настоящия конкурс за заемане на АД „доцент“, обявен от Института по минералогия и кристалография – БАН по направление 4.1 Физически науки (Електронни свойства на наноразмерни тънкослойни системи), д-р Петър Йорданов участва с общо 15 публикации (от 17 приложени статии две се отнасят до защитата на ОНС „доктор“) в реферирани и индексирани списания, 4 участия в конференции, 2 патента и 2 участия в научни договори и проекти. Представените общо 15 на брой научни трудове не повтарят тези, използвани за придобиване на ОНС „доктор“ и се отнасят до получаването, изследването и моделното описание на тънкослойни инаноразмерни материали с перспективни фотоелектрични, магнитни и термоелектрични свойства и допълнителното характеризиране на техните структура и морфология, а също конструирането на термоелектронни устройства, работещи на базата на Зеебек ефект. Признавам и съм изготвила рецензията си на база на всички представени по конкурса научни публикации, макар, че е редно да се отбележи, че поставената под номер 14 в списъка с научни трудове по конкурса публикация

P. Kaya, Y. E. Suyolcu, F. Baiutti, P. Yordanov, G. Christiani, F. Wrobel, E. Benckiser, V. Keimer, H.U. Habermeyer, G. Gregori, G. Logvenov, P. Aken, J. Maier, **Atomic-scale Considerations on LaNiO<sub>3</sub>-La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> Heterostructures: Interface—thermoelectricity Relationship, *Microscopy and Microanalysis* 26, 2626 (2020), DOI:10.1017/S1431927620022230**

като обем и форма е по-скоро разширено резюме, а не кратко научно съобщение. При все това то е публикувано в списание с висок импакт фактор и може да се зачете.

Приложените публикации са разделени на две групи: едната е по показател В, вместо хабилитационен труд и съдържа 4 работи, а втората се състои от 11 статии, които са по показател Г и включват работите, приложени съгласно допълнителните изисквания на ИМК-БАН. Статиите, заместващи хабилитационния труд, са: 4 статии в списания с квантил Q1 и отговарят на 100 точки. От приложените статии всички са в списания с импакт фактор. По показател Г кандидатът участва с два патента (50т.) и общо 10+1 статии (225 т.+20 т.) с

квартили: Q1 - 7; Q2 – 2; Q3 – 2. Отново всички публикации са отпечатани в списания с импакт фактор.

Според представените материали, общият брой на независимите цитирания на трудовете на д-р Йорданов е около 400, като в около 1/3 от тях той е водещ автор, а в останалите 2/3 има значим научен принос при получаване на данните и интерпретацията на издигнатите научни хипотези. Съгласно Scopus, h-факторът на кандидата е 12.

Броят на цитиранията на научните трудове на д-р Йорданов по конкурса е 50 без да се включват преки и косвени автоцитати, съгласно Scopus, което отговаря на 100 т. Най-цитирани са работи 13 (общо 30 цитирания) и 10 (10 цитирания) от представените като хабилитационен труд, които са посветени съответно на проблемите на получаването на тънки филми от PdCoO<sub>2</sub> върху Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> подложки и изследване на Зеебек ефект в тях и получаване на епитаксиални тънки филми от Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9</sub> върху различни кристални подложки с цел реализиране на високо ефективен термоелектричен ефект.

Така общият точков актив на д-р Йорданов за показатели В и Г по конкурса е 345 т., което отговаря на и даже надхвърля изискванията на ИМК-БАН за тези два индикатора. По останалите показатели точковият актив на кандидата е както следва: показател А – 80 т. при необходими 80 т.; показател Д – 100 т. от изискуеми 50 т. Така може да се заключи, че д-р Петър Йорданов отговаря като наукометрични данни, съгласно приложените по конкурса материали, на минималните изисквания на ИМК-БАН по всички показатели – общ актив на кандидата 525 т. при изискувани 450 т.

#### **4. Основни научни и научно-приложни приноси.**

Основните научни и научно-приложни разработки в трудовете на д-р Петър Йорданов, представени по конкурса, се изразяват в получаване и характеризиране на транспортните свойства и създаване на модели за описване на тези свойства за поликристални образци и наноразмерни тънкослойни филми и хетероструктури. Те са в следните направления: 1) синтез на нови функционални материали, съчетаващи две или повече транспортни свойства: поликристални образци, епитаксиално израствани наноразмерни тънкослойни системи - филми и хетероструктури върху монокристални подложки; 2) комплексно рентгеноструктурно и спектроскопско характеризиране на получените материали и 3) изследване и моделен анализ на транспортните свойства на получените материали – магнитни свойства, електропроводимост и термоелектрични свойства (основно определяне на коефициент на Зеебек и измерване на времеви характеристики и ефективност на преобразуването на енергия при ултрабърз напречен термоелектричен ефект, генериране на електромагнитно излъчване в терагерцовата област).

##### **4.1. Научни приноси в публикациите, заместващи хабилитационния труд.**

Основните приноси в тази част от научните трудове на д-р Петър Йорданов могат да се обобщят както следва.

Получени са поликристални тънки слоеве от PdCoO<sub>2</sub> върху *c*-ориентирани, както и върху неправилно ориентирани вицинални сапфирени Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> подложки,

което е позволило определянето на термоелектричните характеристики и по-точно коефициента на Зеебек по главните кристалографски направления, което е трудно решим на практика проблем поради липсата на достатъчно големи монокристали с аналогични свойства. Изследвани са температурната зависимост и зависимостта на термоелектричните свойства от условията на получаване на синтезираните материали и е показано, че получените на практика стойности, отговарят на предсказаните теоретично характеристики (работи 13, 15 и 17). Важността на направените в тези работи изследвания се определя от нуждата от създаване на ефективни и достатъчно мощни емитери на терахерцово лъчение, каквито се явяват някои слоеви оксиди на преходните метали поради естествената анизотропия в електронните им свойства. Счита се, че получените на базата на тези оксиди електронни устройства имат значителен потенциал за приложение в терахерцовата образна диагностика, безконтактна дефектоскопия, бърза комуникация с предаване на големи масиви от данни, спектроскопия и изследване на нелинейни явления.

Друг материал, върху който е работил кандидатът и проявява перспективни термоелектрични свойства с възможност да се реализира в него ултрабърз напречен ефект на Зеебек и да се използва като част от терахерцови емитери, е  $\text{La}_{1.84}\text{Sr}_{0.16}\text{CuO}_4$ . Този материал също е получен под формата на тънки филми и са изследвани, а също така моделирани, термоелектричните му свойства в широк температурен интервал (работа 17).

Като следващ принос в работите на д-р Йорданов може да се открие получаването и характеризирането, а също изследването на термоелектричните свойства на друг съставен оксид на преходните метали,  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  под формата на тънък епитаксиален слой върху различни кристални подложки. Костарирано е наличието на аномално висок коефициент на Зеебек, комбиниран с включването на допълнителен проводящ механизъм в подложките от  $\text{SrTiO}_3$  и  $\text{LaAlO}_3$  при температури, надвишаващи  $450^\circ\text{C}$ . Установена е същността на този допълнителен механизъм за случая и така е обяснен изключително високият коефициент на Зеебек, който се отчита в получените материали. Като резултат е получен съставен материал, който е кандидат за прилагане при създаването на термоелектричен преобразувател с висока ефективност (работа 10).

#### **4.2. Научни приноси в публикациите извън хабилитационния труд.**

В работите, представени извън хабилитационния труд, основните приноси на кандидата отново са свързани със синтеза на поликристални образци, епитаксиално израстване на наноразмерни тънкослойни системи - филми и хетероструктури върху монокристални подложки, извършване на рентгеноструктурно характеризиране, спектроскопски изследвания, изследване на транспортните свойства и основните параметри, характеризиращи тези свойства – електропроводимост, коефициент на Зеебек, измерване на времеви характеристики при ултрабърз напречен термоелектричен ефект, генериране на електромагнитно излъчване в терахерцовата област, моделен анализ на процесите в поучаваните материали.

В работи 1 и 2 научният принос може да се определи като получаването на тънки полупроводникови слоеве от  $\beta\text{-FeSi}_2$  и  $\text{Mg}_2\text{Si}$  по метода на йонната

имплантация и тяхното спектроскопско характеризирание с IR и UV-Vis спектроскопии.

Следващ научен принос по показател  $\Gamma$  е изследването на две системи: монокристален феромагнитен изолиращ  $\text{YTiO}_3$ , и свръхрешетки, състоящи се от тънки слоеве от парамагнитния проводящ  $\text{CaRuO}_3$  и антиферомагнитния изолиращ  $\text{CaMnO}_3$ . За двата вида материали е направено детайлно спектроскопско характеризирание с използване на IR и UV-Vis спектроскопия, а също с рентгеново-абсорбционна спектроскопия и разсейване, както и дихроизъм с кръгово поляризирана светлина и са определени основните оптични характеристики в различните кристалографски направления (работи 5, 7). За итриевия титанат е изследвано и поведението в магнитно поле като зависимост от температурата, кристалографското направление, и силата на приложеното магнитно поле (работа 6). При свръхрешетките  $\text{CaRuO}_3/\text{CaMnO}_3$ , са установени профилите на преразпределение на свободни електронни носители и магнитното състояние. В статия 4 е детайлно изследвана оптичната проводимост по  $c$ -остта на поредица от монокристали от високотемпературни свръхпроводници  $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $R=\text{Y, Nd, La}$ ). Следващата част от научните приноси на кандидата по този показател е свързана с получаването на съставни оксиди на преходните метали под формата на поликристални образци, тънки филми и хетероструктури, израстнати върху монокристални подложки и изследване, а също моделиране, на техните електрични и термоелектрични свойства, в частност на възможността за реализация на ултрабърз напречен термоелектричен ефект в терагерцовия честотен диапазон в тях, за следните тънкослойни материали:  $\text{PdCoO}_2$ ; свръхрешетки от  $\text{LaNiO}_3/\text{LaAlO}_3$  (001), отложени върху  $\text{SrTiO}_3$  подложки и  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  (работи 12, 13, 14 и 16).

В работа 7 е извършено комплексно спектроскопско характеризирание на свръхрешетки, състоящи се от парамагнитния проводящ  $\text{CaRuO}_3$  и антиферомагнитния изолатор  $\text{CaMnO}_3$ , с цел детайлно описание на техните транспортни свойства. Приносът в тази работа е, че се установява, че плътността на свободните електронни носители и валентното състояние на Ru в  $\text{CaRuO}_3$  слоевете на свръхрешетката не се различава съществено от тези, характерни за обемни образци и че се наблюдава преразпределение на електрони от  $\text{CaRuO}_3$  в  $\text{CaMnO}_3$ , с което се потвърждават резултатите от теоретични изчисления за тази комбинация от материали, извършени на базата на теорията на функционала на плътността (DFT). Установената дълбочина на проникване на електроните в  $\text{CaMnO}_3$  е около 3-4 параметъра на елементарната клетка, което е значително по-голямо от очакваното и предполага възникването на магнитни полярони на границата между двата материала.

В работа 9 е направено изследване на термоелектричните свойства – коефициент на Зеебек и топлопроводимост, които са основните фактори, определящи ефективността на преобразуване за композитните системи  $\text{SiAlON}$  и  $\text{SiC}$ , с добавени съответно 5 и 10 обемни %  $\text{TiCN}$ .

Друг съществен принос в работите по показател  $\Gamma$  е успешното синтезиране на нестабилния на въздух монокристален и таблетирани фосфид  $\text{Ag}_6\text{Ge}_{10}\text{P}_{12}$  и неговото характеризирание като структура, а също и като термоелектрични свойства с помощта на температурно зависим рентгеноструктурен дифракционен анализ, квантово-химични теоретични изчисления и термоелектрични измервания.

Изказано е предположение и е показано, че съединението  $\text{Ag}_6\text{Ge}_{10}\text{P}_{12}$  има потенциал като високо ефективен термоелектричен материал (работа 11).

В заключение трябва да се отбележи, че приносите в работите на д-р Йорданов могат да бъдат основа на бъдещи теоретични и експериментални изследвания в областта на термоелектричните явления, протичащи в съставни метални оксиди и да послужат като предпоставка за синтез на материали с контролируема топло- и електропроводимост.

### **5. Личен принос на кандидата.**

В представените по конкурса материали, личните приноси на д-р Петър Йорданов се изразяват в следното. Извършване на измервания и интерпретация на спектроскопски данни от IR и UV-Vis спектроскопия и данни от рентгеноструктурен анализ, и измерване на електрични и магнитни свойства на изучаваните системи – тънки филми върху монокристални подложки и монокристални образци (работи 1-8). Следващ личен принос на кандидата е детайлното изследване и анализът на термоелектричните свойства на синтезираните в работи (9, 11, 12, 14) материали.

В статия 10, д-р Петър Йорданов има водеща роля и основен принос в синтеза на поликристален  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ , израстването на голям брой тънки филми от  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  от поликристална мишена по метода на импулсно-лазерно отлагане върху различни монокристални подложки и детайлното изследване и интерпретацията на данните за термоелектричните свойства и характеристики, а също в разработването на модела за обясняване на наблюдаваното явление.

В статия 13 личният принос на д-р Петър Йорданов се изразява в израстването на наноразмерни тънки филми от  $\text{PdCoO}_2$  върху подложки от  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , установяване на оптималните параметри в процеса на импулсно-лазерно отлагане, експериментално измерване на коефициента на Зеебек и електрическото съпротивление в различни кристалографски направления в широк температурен интервал, рентгеноструктурното характеризирание на образците, включително на степента на насочено нарастване, изследване на топологията чрез атомно-силова микроскопия, оценка на потенциалното възможно генерирано напрежението в тънките филми при проведения експеримент с лазерни импулси.

В работа 15, д-р Петър Йорданов има водеща роля и принос в измерването на Зеебек коефициентите и електропроводимостите на получените поликристални образци от  $\text{PdCoO}_2$  в температурния интервал 300 -1000 K като зависимост от атмосферата и в създаването на модела, описващ наблюдаваните термоелектрични ефекти.

Статия 16 има обзорен характер, като д-р Петър Йорданов има главен принос в частите, отнасящи се до изследване и характеризирание на системите с аномално нарастване на коефициента на Зеебек при високи температури за тънки филми и хетероструктури на базата на  $\text{LaNiO}_3$  и в частта, обобщаваща научната работа по  $\text{PdCoO}_2$ .

В статия 17, кандидатът има водеща роля и принос в израстването на наноразмерни тънки филми от  $\text{PdCoO}_2$  върху подложки от  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , измервания с наносекунден лазер с цел реализация и определяне на основните характеристики на напречен Зеебек ефект в получените материали. Следващ личен принос на

кандидата в тази работа е участие в анализа на данните, тяхната интерпретация и написването на ръкописа.

Следващ принос на кандидата е като главен изобретател в два патента - европейски и световен (П1,П2), касаещи работата по изясняване на механизма за генериране на терахерцово електромагнитно лъчение на базата на ултрабърз напречен термоелектричен ефект в тънки филми от  $\text{PdCoO}_2$ ; анализ и моделно описание на генерираното терахерцово лъчение; разработване и въвеждане на модел на неравновесна термична дифузия; оценка на параметрите, влияещи върху мощността и спектралното разпределение на генерираното излъчване. Методът е демонстриран и описан моделно и в друг материал – тънки филми от  $\text{La}_{1.84}\text{Sr}_{0.16}\text{CuO}_4$ .

Във всички работи по настоящия конкурс, д-р Петър Йорданов е участвал активно в интерпретацията на получените данни и подготовката на ръкописите.

#### **6. Критични бележки и препоръки към научните трудове на кандидата.**

Значими критични забележки по представените материали и демонстрираната от кандидата компетентност в тях нямам.

#### **7. Заключение.**

Ас. д-р Петър Йорданов Йорданов е представил материали по конкурса, които отговарят и даже по част от критериите надхвърлят показателите, определени за заемане на академичната длъжност „доцент“ в Института по минералогия и кристалография – БАН. Въз основа на казано по-горе – добре избраната и актуална научна тематика, качеството и количеството на представените научни трудове, ясно откритите лични научни приноси на кандидата като изследовател и учен, с убеденост препоръчвам

**ас. д-р Петър Йорданов**

да заеме академичната длъжност „доцент“ по професионално направление 4.1 Физически науки (Електронни свойства на наноразмерни тънкослойни системи) в Института по минералогия и кристалография – БАН.

Дата:

03.09.2025 г.

Рецензент:

**Заличено съгласно  
чл.2 от ЗЗЛД**

проф. д-р Ружа Харизанова