

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност “професор“, обявен от ИФТТ-БАН в ДВ бр.13/16.02.2021 г. в професионално направление 4.1. „Физически науки“, научна специалност „Физика на кондензираната материя“, за нуждите на лаборатория “Физика на материалите и ниските температури”

Кандидат: Димитър Захариев Димитров, доктор, доцент в ИФТТ-БАН

Рецензент: проф. дфн Албена Паскалева Дончева, ИФТТ-БАН

Обща характеристика на представените материали

Единствен кандидат в конкурса за акад. длъжност „професор“ за нуждите на лаборатория „Физика на материалите и ниските температури“ към ИФТТ-БАН е доц. д-р Димитър Захариев Димитров. Кандидатът е представил всички необходими документи за участие в конкурса, изисквани съгласно Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности и специфичните изисквания на ИФТТ-БАН. Материалите изцяло покриват тематиката на конкурса. Представените документи са подредени изрядно, резултатите от научната дейност са представени коректно.

Д. Димитров завършва специалност „Технология на силикатите и свързващите вещества“, ВХТИ (ХТМУ) през 1981 и придобива квалификация инженер-химик. В периода 1984-1988 е редовен докторант във ВХТИ(ХТМУ) и през 1989 защитава дисертация на тема: „Синтез и изследване на среди за оптичен запис на информация“. В периода 1989 – 1994 г. извършва научно-изследователска дейност в няколко института в България (ЦЛАФОП - БАН, ЦИИТ, НИМОС), както и в Inst. of Optics “Daza de Valdes”, Мадрид като пост-докторант. От 1993 до 2003 работи в ЦЛАФОП-БАН като последователно заема длъжности химик, н.с. II и н.с. I ст. След това в продължение на почти 10 години работи в Industrial Technologies Research Institute, Taiwan, където извършва изследователска и развойна дейност в няколко области: оптично запаметяване и обработка на информация; силициеви фотоволтаични клетки; наноструктуриране на материали. През 2013 г. е избран за доцент в ЦЛАФОП-БАН. От юли 2014 е назначен в ИФТТ-БАН като изследовател по големия инфраструктурен проект ИНЕРА, REGPOT-2012-2013, където работи и до днес, заемайки академичната длъжност доцент (от 2016 г.).

Общият брой научни публикации на кандидата е 93, от които 35 статии в списания с импакт-фактор (ИФ), (21 в списания в Q1, 9 - в Q2) и 29 доклада, публикувани в пълен текст в сборници от конференции, както и 6 патента и 1 патентна заявка. Общият брой на забелязаните цитирания в научната литература е 520, Хирш индекс – 12.

Кандидатът е приложил за участие в конкурса общо 37 от научните си трудове. В представения списък най-ранната включена публикация е от 2013 г. Това доказва, че тези публикации не са ползвани в предшестващи процедури за придобиване на научни степени и звания. В конкурса кандидатът участва с еквивалент на хабилитационен труд (група показатели В), състоящ се от 7 публикации и с 27 статии и 2 патента, извън хабилитационния труд (група показатели Г). Всички те могат да бъдат тематично обединени в областта синтез и изследване на функционални материали за различни оптоелектронни приложения. От публикациите в хабилитационния труд 3 са в категория Q1; 3 - в Q2 и 1 със SJR, с което кандидатът събира 145 т. В пет от тези публикации Д. Димитров е първи или кореспондиращ автор, което е безспорно доказателство за водещия му принос. За две от публикациите е представил удостоверение за съществен принос от кореспондиращия автор. От представените научни активи по група показатели Г кандидатът събира общо 443 т., като 14 са с импакт-фактор (10 от тях в квантил Q1 или Q2). В конкурса, доц. Д. Димитров участва с 214 цитата на свои работи (т.е., 428 точки по показател Д.11, при необходими 200 точки).

Доц. Д. Димитров е съ-ръководител на дипломната работа на един магистър в Тайван, както и на дипломните работи на 3 бакалаври и 1 магистър от ЮЗУ – Благоевград. В момента е съ-ръководител на един задочен докторант. Прави впечатление много активната проектна дейност на кандидата през последните години. Той е ръководител на 4 национални научни проекта, както и на българския екип в 1 международен проект по програмата M-ERA-NET. Той също е участник в 6 международни проекта и 4 национални. Привлечените средства по ръководените от него проекти са почти 280 000 лв. Събраните точки по група показатели Е са 345.8, при минимум 150.

Както се вижда, по всички показатели точките на кандидата надвишават значително минималните национални изисквания за длъжност „професор“, както и специфичните изисквания на ИФТТ-БАН.

Обща характеристика на научната и научно-приложната дейност на кандидата

Доц. Димитров има дългогодишна научно-изследователска дейност (повече от 37 години) в областта синтез и изследване на функционални материали. Работите, с които участва в конкурса, са в основната си част експериментални. Централно място в дейността на кандидата заема получаването на нови функционални материали. Прави впечатление широката гама от технологични процеси за синтез, които се използват, в зависимост от вида и морфологията на изследвания материал – атомно послойно отлагане (ALD); различни разновидности на химично отлагане от газова фаза (CVD); израстване от високотемпературни разтвори; модифициран метод на Бриджман и пр. Получените материали след това се характеризират с широка гама от изследователски методики, за да

се установят и оптимизират свойствата им. Изследванията на свойствата на материалите винаги е обвързано с конкретно тяхно приложение, като се обръща особено внимание на оптични и оптоелектронни устройства и прибори. Всички изследвания са резултат от усилията на относително големи авторски колективи поради подчертания си интердисциплинарен характер. В основната си част колективите са международни. Това се дължи както на дългата работа на доц. Димитров в Тайван, така и на интензивното му сътрудничество с колеги от чужбина.

Основни научни и научно-приложни приноси

От представената авторска справка за научните приноси могат да се обособят пет основни тематични направления. Статиите, представени като хабилитационен труд, попадат в три от тези тематики.

Първата тематика разглежда синтез и характеризирание на слоеве ZnO легирани с Al (AZO) за приложение като прозрачни проводящи електроди в различни оптоелектронни устройства като алтернатива на широкоизползваните индиево-калаени окиси (ITO). Тук попадат работи A1 и A3 от хабилитационния труд, както и B3, B12, B13, B15, B19, B21 от списъка извън хабилитационния труд. AZO са обект на интензивни изследвания през последните години поради предимствата, които предлагат пред ITO – ниска цена, достъпност на материалите и по-висока прозрачност в ИЧ област. За израстване на AZO слоевете е използвана най-съвременната технология на атомно послойно отлагане (ALD), която позволява много прецизен контрол на дебелината и състава на слоевете. Разработен е технологичния процес за получаване на AZO и е оптимизиран състава на слоевете от гледна точка постигане на висока електропроводимост и висока оптична пропускливост. AZO слоевете са отлагани както върху твърди (стъкло; порьозен Al_2O_3), така и върху гъвкави органични (полиетилен терефталат, PET; полиетилен нафталат, PEN) и гъвкави неорганични (мусковитова слюда) подложки. Използването на неорганични прозрачни гъвкави подложки преодолява някои ограничения при органичните подложки, като например необходимост от ниска температура на отлагане. Изследвани са оптичната пропускливост и листовото съпротивление на слоевете, както и промяната на тези характеристики при голям брой (800-1000) цикли на огъване, в случаите когато AZO е отложен върху гъвкава подложка. Показано е, че AZO притежават конкурентни свойства на ITO (прозрачност и електрическа проводимост) и че слоеве AZO, отложени върху слюда, притежават по-висока прозрачност и по-ниско листово съпротивление в сравнение със структури AZO/PET. Въз основа на тези резултати са демонстрирани две приложения на AZO слоевете – дисплей с течни кристали с прозрачни електроди AZO/стъкло и гъвкави устройства с полимерно-диспергиран течен кристал (PDLC) с AZO/PET или AZO/слюда прозрачни електроди. Получени са обещаващи функционални параметри (задвижващо напрежение и време на реакция), което свидетелства за големия потенциал за приложение в бъдещи оптоелектронни прибори.

Приносите по тази тема бих класифицирала като научни (получаване на нови и потвърдителни данни) и научно-приложни (създаване на функционални устройства). Като оригинален принос считам резултатите, получени за структури AZO /сляда.

Втората тематична област обхваща изследвания на магнитните свойства и магнитокалоричен ефект (МСЕ) в монокристални материали, както и техни възможни приложения. В хабилитационния труд са включени две изследвания (А2, А7) на магнитокалоричен ефект в $TbVO_4$ и $TbMn_2O_5$. Демонстриран е силен магнитокалоричен ефект в $TbVO_4$, дължащ се на успоредно подреждане на Tb^{3+} магнитни моменти. Показано е, че ефектът остава константен в широк криогенен температурен интервал при достатъчно високи магнитни полета. Като резултат са получени рекордни стойности на капацитета на $TbVO_4$ като хладилен агент в сравнение с други магнито-калорични оксиди, работещи в аналогичен температурен интервал. В допълнение е установена и голяма магнитна анизотропия между лесната и трудна ос на намагнитване, което позволява получаване на силни термични ефекти чрез въртене на кристала в магнитно поле. Обратим ротационен магнито-калоричен ефект е получен и в кристали $TbMn_2O_5$ при въртене в относително слабо магнитно поле, което е от голяма практическа полза, тъй като ефектът може да се постигне и чрез постоянни магнити. Тези резултати отварят перспектива за разработване на нови охлаждащи системи за ниско-температурни и космически приложения, които се базират на ротация на кристала в магнитното поле, а не на преместването му вътре и извън него.

Към тази тематика се ключват и 6 статии (В11, В14, В16, В17, В18, В27) извън хабилитационния труд, в които обект на изследване отново са магнитните и магнитокалоричените свойства на различни различни мултифероиди от типа $RMnO_3$ ($R=Er, Dy$) и RMn_2O_5 ($R=Tb, Ho, Y$), където R са различни магнитни редкоземни елементи. Тук трябва да се отбележи установяването на гигантски МСЕ в хексагонален $ErMnO_3$, който се дължи на уникалните свойства на Er^{3+} магнитна подрешетка, и който е сравним с този в най-добрите орторомбични фази и няколко пъти по-голям от този в други хексагонални монокристали (напр. $h-HoMnO_3$). В тези изследвания, освен установяване на МСЕ в материалите, са изследвани локални структурни промени, които могат да влияят върху фероелектричните и магнитни свойства. Изследвани са магнитните обменни взаимодействия между Mn^{3+} , Mn^{4+} и R^{3+} подрешетките и е установено, че магнитният фазов преход, свързан с подреждане на магнитните моменти на R^{3+} , е причина за появата на МСЕ. Прилагането на магнитно поле по лесната ос на намагнитване поражда големи топлинни ефекти около температурата на подреждане на редкоземния елемент. Направена е също хипотеза, че размерът на магнитния редкоземен елемент играе съществена роля в магнитното подреждане (и следователно в магнито-калоричните свойства на материала) чрез модулиране на обменните взаимодействия.

Приносите по тази тема имат фундаментален научен характер, свързан с установяване на нови факти и тяхното обяснение. Посочени са и техни възможни практически приложения.

Третата тематична област, в която са насочени изследванията на кандидата, е свързана с изследване на функционални монокристални материали. В хабилитационния труд са включени три статии (A4, A5, A6), разглеждащи един от представителите на този клас материали, а именно LuVO_4 . Интересът към него е продиктуван от възможността да се използва като оптична среда в твърдотелни лазери с диодно напомпване, поради широката честотна лента, по-големите сечения на абсорбция и емисия в сравнение с други ванадати. Чрез използване на метода на израстване от високотемпературни разтвори са получени много големи по размер (в сравнение с други технологични методи) монокристали LuVO_4 . Направени са подробен кристалографски, оптичен и структурен анализ на получените кристали. Показано е, че те притежават голяма оптична прозрачност в диапазона 500-3000 нм, както и +0.2 двойно лъчепречупване от УВ до близката ИЧ област. Чрез поляризирана микро-Раманова спектроскопия са определени всички 12 раманово-активни фонона от първи ред в LuVO_4 .

Към тази тематика спадат и четири изследвания извън хабилитационния труд (B6, B10, B22, B24), в които се изследват различни мултифункционални кристални материали. Накратко приносите в тези изследвания могат да бъдат обобщени:

- Чрез модифициран метод на Бриджман са получени 3D топологични изолатори $\text{Bi}_2(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_3$ и легиран (с Cu, Ca, Co или Mn) Bi_2Se_3 . Получени са данни за механичните и електронните им свойства в зависимост от състава и концентрацията на легиращия елемент (B24)
- Характеризирани са оптичните фонони в CaMn_2O_4 (марокит) чрез поляризирана Раманова спектроскопия, включително температурно-зависими измервания и са определени симетриите на Раман-активните вибрационни модове. Установено е умекотяване на някои модове под температурата на антиферромагнитен преход (B22).
- Изследвани са вибрационните и оптични свойства на кристали $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (BTO), легирани с Ru и Rh, получени чрез израстване от високо-температурни разтвори. Получени са резултати, демонстриращи влиянието на Ru и Rh върху образуването на структурни дефекти и върху баланса между близко- и далекоструващите взаимодействия (B6).
- Чрез изследване с неутронна дифракция на магнитната структура на YbMnO_3 са получени съществени данни за магнитното подреждане на Mn^{3+} и Yb^{3+} , които могат да подпомогнат разбирането на магнитните свойства на този клас материали (B10).

Приносите по тази тема имат фундаментален научен характер, свързан с установяване на нови факти и тяхното обяснение.

Извън хабилитационния труд са представени изследвания и в други две теми. В първата от тях попадат девет статии (B1, B2, B4, B7-B9, B20, B23, B26) по синтез, изследване и приложение на 2D материали, като приносите в тях са както следва:

- Демонстрирана е възможността за синтез на еднослоен или многослоен графен чрез различни вариации на CVD метода и промяна параметрите на технологичния процес, включително манипулиране геометрията на газовия поток.
- Разработена е технология за синтез на графен с желани свойства (проводимост, прозрачност) и на неговия трансфер върху различни материали.
- Демонстрирано е приложението на получените графенови слоеве като гъвкави прозрачни електроди в различни устройства, като напр: електрооптични устройства с циклоолефинови полимерни слоеве, работещи в THz обхват; гъвкави оптоелектронни прибори и дисплеи на базата на диспергирани в полимер течни кристали.
- Демонстриран е синтез на 2D PtSe₂ слоеве чрез термично-подпомогната селенизация на Pt слой и са получени предварителни данни за тяхната структура и качество.

Приносите по тази тематика са приложни, свързани със създаване на нови технологии и нови устройства.

Последната тематика в дейността на кандидата е свързана със създаване на високо-ефективни силициеви слънчеви клетки. По нея са представени 3 труда – една публикация в научно списание и два патента – един издаден в САЩ и един - в Китай. Основните приноси в тях са:

- Предложен е прост мокър химически метод за наноструктуриране на силициевата повърхност, който осигурява по-ефективно поглъщане на светлината;
- Предложен е метод за формиране на слънчева клетка със селективен емитер;
- Предложена е конструкция на слънчева клетка с хетеропреход и контакт на неосветената страна.

Тук приносите имат изцяло приложен характер, свързани със внедряване на нови технологии и нови устройства.

Отражение на научните публикации на кандидата в нашата и чуждестранна литература

Работите на кандидата са намерили широк международен отзвук, като независимите цитирания, представени за участие в конкурса, които могат да се намерят в Web of Science или Scopus, са 214 (428 т). Общият брой независими цитирания са повече от 520, като 30 от тях са цитирания на патенти, чийто автор е доц. Димитров. Най-цитираната работа (Appl. Surf. Sci 208(12) (2013) 2926) има 107 позовавания в научната литература. Има и две работи (Mater. Sci. Eng. B, 107 (2004)1071; Appl. Phys. Lett. 108(10) (2016) 102401), които са цитирани по 35 пъти.

Критични забележки

Нямам критични забележки към научната дейност на кандидата или към значимостта на представените приноси.

Гореизложените факти ми позволяват да заключа, че доц. д-р Димитър Димитров удовлетворява всички изисквания както на ЗРАСРБ, така и на Правилника на ИФТТ за заемане на академичната длъжност „професор“. Представените ми материали по конкурса, посочените приноси и личните ми впечатления от кандидата ми дават основание убедено да препоръчам на научното жури да предложи на Научния съвет на ИФТТ да присъди на доц. д-р Димитър Захариев Димитров академичната длъжност „професор“ по професионално направление 4.1 „Физически науки“

17.06.2021

София

Изготвил:

(проф. дфн Албена Паскалева)

REVIEW

on a procedure for the occupation of the academic position of "Professor" in the professional field 4.1 "Physical Sciences", Scientific specialty ""Condensed Matter Physics ", according to the announcement in the Newspaper of State, issue 13/16.02.2021

Applicant: Dr. Dimitar Zahariev Dimitrov, Associated Professor at the Institute of Solid State Physics (ISSP) -BAS

Reviewer: Prof. DSc. Albena Paskaleva, Inst. Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences

General description of the materials presented

The only candidate in the competition for the academic position of "Professor" for the needs of the Laboratory "Physics of Materials and Low Temperatures" at ISSP -BAS is Assoc. Prof. Dr. Dimitar Zahariev Dimitrov. The candidate has submitted all the necessary documents for participation in the competition for the academic position "Professor", required by the Regulations on the terms and conditions for obtaining scientific degrees and for academic positions in BAS and the specific requirements of ISSP -BAS. The materials fully cover the topic of the competition. The presented documents are carefully arranged, the results of the scientific activity are presented correctly.

D. Dimitrov graduated in "Technology of silicates and binders", University of Chemical Technology and Metallurgy (UCTM) in 1981 and obtained the qualification of chemical engineer. In the period 1984-1988 he was a full-time doctoral student at UCTM and in 1989 he defended his PhD thesis on the topic: "Synthesis and research of media for optical recording of information". In the period 1989 - 1994 he carried out research in several institutes in Bulgaria, as well as in Inst. of Optics "Daza de Valdes", Madrid. From 1993 to 2003 he worked at Inst. of optical materials and technologies (IOMT)-BAS, successively holding the positions of chemist, research assistant II and I degree, then worked for almost 10 years at the Industrial Technologies Research Institute, Taiwan, where he conducted research and development in several areas: optical storage and information processing; silicon photovoltaic cells; nanostructuring of materials. In 2013 he was elected associate professor at IOMT-BAS. In July 2014 he was appointed at IFTT-BAS as a researcher on the large infrastructure project INERA, REGPOT-2012-2013, where he still works today, holding the academic position of associate professor (since 2016).

The total number of scientific publications of the candidate is 93, of which 35 articles in journals with impact factor (IF), (21 in journals in Q1, 9 - in Q2) and 29 full-text papers published in conference proceedings, as well as 6 patents and 1 patent application. The total number of observed citations in the scientific literature is 520, Hirsch index - 12.

The candidate has submitted for participation in the competition a total of 37 of his scientific papers. The earliest publication included in the list is from 2013. This proves that these publications have not been used in previous procedures for obtaining scientific degrees and positions. The candidate participates in the competition with the equivalent of habilitation work (indicator group B), consisting of 7 publications and with 27 articles and 2 patents, outside the habilitation work (indicator group G). Of the publications in the habilitation work 3 are in category Q1; 3 - in Q2 and 1 with SJR, with which the candidate collects 145 points. In five of these publications D. Dimitrov is the first or corresponding author, which proves his leading contribution. For two of the publications he presented a certificate of significant contribution from the corresponding author. From the presented scientific assets by group of indicators G the candidate collects a total of 443 points; 14 of the presented papers have impact factor (10 of them in quartile Q1 or Q2). In the competition, Assoc. Prof. D. Dimitrov participated with 214 citations of his works (i.e., 428 points on indicator D, with the minimum required 200 points).

Assoc. Prof. D. Dimitrov is a co-supervisor of one master thesis in Taiwan, as well as the diploma theses of 3 bachelors and 1 master from South-West University - Blagoevgrad. He is currently co-supervisor of a part-time doctoral student. The candidate has a very active project activity in last years. He is the leader of 4 national research projects, as well as a leader of the Bulgarian team in 1 international project under the M-ERA-NET program. He is also a participant in 6 international and 4 national projects. The funds raised from the projects managed by him are almost BGN 280,000. The collected points by group of indicators E are 345.8, with a minimum of 150.

As can be seen, in all indicators the collected points significantly exceed the minimum national requirements for the position of "professor", as well as the specific requirements of ISSP-BAS.

General characteristics of the scientific and applied activities of the applicant

Assoc. Prof. D. Dimitrov has many years of research (more than 37) in the field of synthesis and study of functional materials. The works submitted for the competition are mostly experimental. The main activity is the production of new functional materials by using a wide range of technological processes for their synthesis - atomic layer deposition (ALD); various types of chemical phase deposition (CVD); growth from high temperature solutions; modified Bridgman method, etc. The resulting materials are then characterized by a wide range of research techniques to establish and optimize their properties. Investigations of the materials properties are always associated with their specific application with a particular focus on the optic and optoelectronic devices. Most of the papers have relatively large number of co-authors due to the strong interdisciplinary nature of performed research. Most of the research teams are international due to the long work of Assoc. Prof. Dimitrov in Taiwan, as well as his intensive cooperation with colleagues from abroad.

Main scientific and applied contributions

Five main thematic directions can be distinguished from the presented author's reference for the scientific contributions. The articles presented as a habilitation paper fall into three of these topics.

The first topic considers the synthesis and characterization of Al-doped ZnO (AZO) layers for application as transparent conductive electrodes in various optoelectronic devices as an alternative to widely used indium tin oxides (ITO). This includes works A1 and A3 of the habilitation work, as well as B3, B12, B13, B15, B19, B21 from the list outside the habilitation work. AZO has been the subject of intensive research in recent years due to the advantages it offers over ITO - low cost, availability of materials and higher transparency in the IR range. The state-of-the-art atomic layer deposition (ALD) technology is used for the growth of AZO layers, which allows very precise control of the thickness and composition of the layers. The technological process for obtaining AZO has been developed and the composition of the layers has been optimized from the viewpoint of achieving high electrical conductivity and high optical transparency. AZO layers are deposited on both solid (glass; porous Al₂O₃) and flexible organic (polyethylene terephthalate, PET; polyethylene naphthalate, PEN) and flexible inorganic (mica) substrates. The use of inorganic transparent flexible substrates overcomes some limitations of organic substrates, such as the need for low deposition temperature. The optical transparency and sheet resistance of the layers were studied, as well as the change of these characteristics during a large number (800-1000) bending cycles, in the cases when AZO is deposited on a flexible substrate. It has been shown that AZOs have competitive properties to ITO (transparency and electrical conductivity) and that AZO layers deposited on mica have higher transparency and lower sheet resistance compared to AZO / PET structures. Based on these results, two applications of AZO layers are demonstrated – a liquid crystal display with transparent electrodes AZO / glass and flexible devices with polymer-dispersed liquid crystal (PDLC) with AZO / PET or AZO / mica transparent electrodes. Promising functional parameters (drive voltage and response time) have been obtained, which reveals the great potential for application in future optoelectronic devices.

I would classify the contributions on this topic as scientific (obtaining new and confirmatory data) and applied (creation of functional devices). As an original contribution I consider the results obtained for AZO / mica structures.

The second thematic area covers studies of magnetic properties and magnetocaloric effect (MCE) in single crystal materials, as well as their possible applications. Two studies (A2, A7) of magnetocaloric effect in TbVO₄ and TbMn₂O₅ are included in the habilitation work. A strong magnetocaloric effect in TbVO₄ has been demonstrated due to the parallel arrangement of Tb³⁺ magnetic moments. It is shown that the effect remains constant over a wide cryogenic temperature range at sufficiently high magnetic fields. As a result, record values of the capacity of TbVO₄ as a refrigerant were obtained in comparison with other magnetocaloric oxides operating in a similar temperature range. In addition, a large magnetic anisotropy has been found between the easy and difficult axis of magnetization, which allows to obtain strong thermal effects by rotating the crystal in a magnetic field. A reversible rotational magnetocaloric effect is also obtained in TbMn₂O₅

crystals when rotated in a relatively weak magnetic field, which is of great practical importance, as the effect can also be achieved by permanent magnets. These results open the prospect of developing new cooling systems for low-temperature and space applications, which are based on the rotation of the crystal in the magnetic field, rather than its movement inside and outside it.

This topic includes also 6 articles (B11, B14, B16, B17, B18, B27) outside the habitation work, in which the object of study are again the magnetic and magnetocaloric properties of various different multiferroics of the type RMnO_3 ($R = \text{Er, Dy}$) and RMn_2O_5 ($R = \text{Tb, Ho, Y}$), where R are different rare earth magnetic elements. It should be noted here the establishment of giant MCE in hexagonal ErMnO_3 , which is due to the unique properties of Er^{3+} magnetic sublattice, and which is comparable to that in the best orthorhombic phases and several times larger than in other hexagonal single crystals (e.g. h-HoMnO_3). In these studies, in addition to the establishment of MCE in the materials, local structural changes that may affect the ferroelectric and magnetic properties were investigated. The magnetic exchange interactions between the Mn^{3+} , Mn^{4+} and R^{3+} sublattices were studied and it was found that the magnetic phase transition associated with the arrangement of the magnetic moments of R^{3+} is the reason for appearance of MCE. The application of a magnetic field along the easy axis of magnetization causes large thermal effects around the temperature of arrangement of the rare earth element. It has also been suggested that the size of the magnetic rare earth element plays a significant role in the magnetic arrangement (and therefore in the magnetocaloric properties of the material) by modulating the exchange interactions.

The contributions on this topic have a fundamental scientific character, related to the establishment of new significant facts and their explanation. Their possible practical applications are also indicated.

The third thematic area, in which the candidate's research is focused, is related to the study of functional single-crystal materials. The habilitation paper includes three articles (A4, A5, A6), examining one of the representatives of this class of materials, namely LuVO_4 . The interest in it is dictated by the possibility to use it as an optical medium in solid-state lasers with diode pumping, due to the wide frequency band, larger absorption and emission cross sections compared to other vanadates. By using the method of growing from high-temperature solution, very large (compared to other technological methods) LuVO_4 single crystals were obtained. A detailed crystallographic, optical and structural analysis of the obtained crystals was performed. They have been shown to have high optical transparency in the range of 500-3000 nm, as well as +0.2 birefringence from UV to the near IR region. All 12 first-order Raman-active phonons in LuVO_4 were determined by polarized micro-Raman spectroscopy.

This topic also includes four studies outside the habilitation work (B6, B10, B22, B24), in which various multifunctional crystal materials are studied. Briefly, the contributions of these studies can be summarized as follows:

- 3D topological insulators $\text{Bi}_2(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_3$ and doped (with Cu, Ca, Co or Mn) Bi_2Se_3 were obtained by a modified Bridgman method. Data on their mechanical and electronic properties depending on the composition and concentration of the doping element (B24) were obtained.
- The optical phonons in CaMn_2O_4 (marquise) are characterized by polarized Raman spectroscopy, including temperature-dependent measurements, and the symmetries of the Raman-active vibration modes are determined. Softening of some modes below the antiferromagnetic transition temperature (B22) has been found.
- The vibrational and optical properties of $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (BTO) crystals doped with Ru and Rh obtained by growth from high-temperature solutions were studied. Results were obtained demonstrating the influence of Ru and Rh on the formation of structural defects and on the balance between near- and far- interactions (B6).
- Through neutron diffraction studies of the magnetic structure of YbMnO_3 , essential data have been obtained for the magnetic arrangement of Mn^{3+} and Yb^{3+} , which can help understanding the magnetic properties of this class of materials (B10).

The contributions on this topic have a fundamental scientific character, related to the establishment of new facts and their explanation.

Apart from the habilitation work, research is presented in two other topics. The first of them includes nine articles (B1, B2, B4, B7-B9, B20, B23, B26) on the synthesis, research and application of 2D materials, and their contributions are as follows:

- The possibility for synthesis of a single-layer or multilayer graphene by different variations of the CVD method and a change of the parameters of technological process, including manipulation of the gas flow geometry, is demonstrated.
- A technology for synthesis of graphene with desired properties (conductivity, transparency) and its transfer on different materials has been developed.
- The application of the obtained graphene layers as flexible transparent electrodes in various devices is demonstrated, such as: electro-optical devices with cycloolefin polymer layers operating in the THz range; flexible optoelectronic devices and displays based on polymer-dispersed liquid crystals.
- Synthesis of 2D PtSe_2 layers by thermally-assisted selenization of Pt layer is demonstrated and preliminary data on their structure and quality are obtained.

The contributions on this topic are applied, related to the creation of new technologies and new devices.

The last topic in the candidate's activity is related to the creation of highly efficient silicon solar cells. It presents 3 works - one publication in a scientific journal and two patents - one published in the United States and one - in China. The main contributions in them are:

- A simple wet chemical method for nanostructuring the silicon surface is proposed, which provides more efficient light absorption;

- A method for forming a solar cell with a selective emitter is proposed;

- A solar cell construction with heterojunction and contact on the back side is proposed.

These contributions are fully applied, related to the development of new technologies and new devices.

Reflection of the candidate's scientific publications in our and foreign literature

The works of the candidate have found a wide international recognition, as the independent citations submitted for participation in the competition, which can be found on the Web of Science or Scopus, are 214 (428 points). The total number of independent citations is more than 520, 30 of which are citations of patents authored by Assoc. Prof. Dimitrov. The most cited work (Appl. Surf. Sci 208 (12) (2013) 2926) has 107 references in the scientific literature. There are also two works (Mater. Sci. Eng. B, 107 (2004) 1071; Appl. Phys. Lett. 108 (10) (2016) 102401), which are cited 35 times.

Critical remarks

I have no critical remarks on the scientific activity of the candidate or on the significance of the submitted contributions.

The above facts allow me to conclude that Assoc. Prof. Dr. Dimitar Dimitrov satisfies all the requirements of both the national and the ISSP-BAS Regulations for the occupation of the academic position of "Professor". The submitted scientific assets to the competition, the contributions mentioned and my personal impressions of the applicant give me a reason to strongly recommend to the respected Scientific Jury to support the application and to propose to the Scientific Council of ISSP-BAS to award Associate Professor Dr. Dimitar Zahariev Dimitrov the academic position of "Professor" in the professional field 4.1 "Physical Sciences "

17.06.2021

.....

Sofia

Prof. DSc. Albena Paskaleva