

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност „професор“, обявен от ИФТТ-БАН в ДВ бр. 78 от 04.10.2019 г. в професионално направление 4.1. „Физически науки“, научна специалност „Физика на кондензираната материя“

Кандидат: Петър Методиев Рафаилов, доктор, доцент в ИФТТ-БАН

Рецензент: Дианка Димитрова Нешева-Славова, дфн, професор в ИФТТ-БАН

1. Обща характеристика на представените материали

(Цитираните по-долу показатели и квартали са дефинирани в Правилника за прилагане на ЗРАС РБ, Професионално направление 4.1, Таблици 1 и 2)

Доц. д-р Петър Методиев Рафаилов е единствен кандидат и за участие в конкурса е представил всички изисквани материали. Списъците на публикациите, с които той участва в конкурса за „професор“ са включени в Авторската справка. Добре би било да има отделен списък на публикациите, както се изисква в правилата на ИФТТ към ЗРАС РБ.

Доц. Рафаилов получава средното си образование в Немската езикова гимназия в София, а през 1994 г. завършва висше образование по Физика в СУ "Св. Климент Охридски" със специалност "Физика на ядрото и елементарните частици". Следва период на докторантура и успешна защита през 2000 г. на дисертация за „доктор“ на тема "Раманова спектроскопия на фулерени, фулерено-производни съединения и въглеродни нанотуби" (*показател А1*). През 1999 г. доц. д-р Петър Методиев Рафаилов е назначен като „физик“ в ИФТТ, където последователно заема длъжностите физик (до 2002г.), н.с. II ст. (2002 -2005 г.), н.с. I ст. (2005 -2007 г.) и от 2007 г. той е „доцент“ в ИФТТ. В периода 2000-2005 г. той е на следдокторска специализация в Техническия Университет в Берлин. Владее свободно немски и английски език.

Научните трудове, представени от доц. Рафаилов в показател *B4* – хабилитационен труд са 10 броя (номерирани А1-А10; 3 бр. - в квартал Q1, 4 бр. - в Q2, 1 бр. - в Q4 и 2 бр. - в издание със SJR без IF; в 8 публикации е първи или кореспондиращ автор) и осигуряват 187 точки при мин. 100. Те са излезли в периода 2001-2019 г. Всички научни трудове, общо 26 (номерирани В1-В26), представени в показател *I7*, са публикувани след защитата на дисертацията за „доктор“ и конкурса за „доцент“ и не са включени в базата данни на НАЦИД, за покриване на минималните национални изисквания за заеманата от д-р Рафаилов академична длъжност „доцент“. Те са: в квартал Q1- 6 бр., Q2- 7 бр., Q3- 2 бр., Q4- 3бр., издание със SJR без IF – 8 бр. и осигуряват 436 точки при мин. 220 т. В 9 от тези публикации кандидатът е втори автор, в 8-трети, в останалите - на 4-то и по-задно място. Представен е списък с 349 независими цитирания на 40 публикации (698 т. по *D11* при мин. 200 т.). С висока цитируемост са работите с номера 9 (58 пъти), 11 (53 пъти), 5 (39 пъти) и 2 (33 пъти) в списъка с цитирания. Трябва да се отбележи също цитирането „по същество“ на резултатите докладвани в работи А1, А2, А6. Доц. Рафаилов е бил зам. ръководител на работен пакет 3 в голямомасщабния инфраструктурен проект на ИФТТ ИНЕРА (2013-2017 г.) по 7-ма рамкова програма на ЕК. Има доказателства за участие в 6 научни проекта с международно и смесено финансиране, 1 от които е NATO Reintegration Grant, както и за участие в 16 проекта, финансирани от Фонд „Научни изследвания“. Списъкът с доклади на конференции включва 28 доклада, от които 4 – пленарни.

Доц. Рафаилов е съавтор на повече от 80 публикации с над 540 забелязани независими цитирания и Хирш индекс 12. В периода 2013 – 2016 г. той е ръководител на Лаборатория „Израстване на кристали“ и направление „Физика на материалите“, а от 2016 г.

е ръководител на Лаборатория „Физика на материалите и ниските температури“ в ИФТТ. Член е на организационни комитети на три научни форума.

Доц. Рафаилов има и значителна педагогическата дейност. Тя е главно в ТУ Берлин и включва водене на упражнения на студенти в рамките на лекционен курс „Въведение във физиката за инженери“, на лабораторно упражнение по Раманова спектроскопия в рамките на „Практикум за напреднали“ и подготовка на двама успешно защитили дипломанти. В ИФТТ-БАН, заедно с проф. М. Господинов, той е консултант на един успешно защитил докторант. Точките по показател Е са общо 275 т. при мин. 150 т.

Активите на доц. П. Рафаилов много надвишават минималните национални изисквания в Правилника към ЗРАС РБ и изискванията в Правилниците на БАН и ИФТТ. Те го представят като учен, който работи активно, има сериозни научни приноси и педагогически опит и постиженията му са добре познати и използвани от международната научна общност.

2. *Обща характеристика на научната и научно-приложната дейност на кандидата*

Във всички представени в *B4* научни трудове на доц. д-р Петър Рафаилов ключова роля играе Рамановата спектроскопия, която е съчетана с други съвременни методи за характеризиране (главно рентгенова дифракция, но и магнитни измервания, инфрачервено пропускане, диференциална сканираща калориметрия, спектроскопска елипсометрия, SEM, AFM). Това е областта, в която той е специалист и има водеща роля. Рамановата спектроскопия играе съществена роля и в публикациите извън хабилизационния труд (показател *I7*). Изследваните обекти са с различна структура и размерност (силенитни кристали, перовскити, течни кристали, стъкла и стъклокерамики, въглеродни материали с ниска размерност и др.), с различен състав и легиране (от тройни да много сложни оксиди, въглеродни материали, магнезиев диборид, халкогениди и др.) и различни свойства (свърхпроводници, топологични изолатори, магнитни материали и т.н.). Целите на изследванията при различните материали са различни - уточняване на кристалната структура, изучаване на промени при легиране и промяна на температурата, изучаване на електрон-фононното взаимодействие, информация за размера на кристалитите, проследяване на фазови преходи и т.н. Тези цели се постигат с използване на различни условия на експеримента, в това число използване на поляризирана Раманова спектроскопия (A1, A2, A5.), измервания при различни температури (A2), in-situ измервания (A4), фокусиране на петното на повърхността на образеца (A7, A8). Обединяващото в тези изследвания е това, че доц. Рафаилов, познавайки разнообразните възможности на Рамановата спектроскопия, използва подходящ за целите на конкретно изследване подход за получаване на търсената информация и успешно я интерпретира.

3. *Основни научни и научно-приложни приноси*

Приносите на кандидата съм обединила по групи изследвани материали, като в началото вниманието е насочено главно към приносите в *индикатор B4* „Хабилизационен труд-научни публикации“. При повечето приноси акцентът е поставен върху резултатите, получени с Раманова спектроскопия, за които доц. Рафаилов има водеща роля.

❖ За *свърхпроводника* MgB_2 е установено е, че наблюдаваният вибрационен мод при 600 cm^{-1} не е свързан с примесна фаза, а е E_{2g} -модът на чистия MgB_2 . Потвърдено е, че той е със силна анхармоничност и силно взаимодейства с електронната система и е установено, че показва значителна температурна зависимост. Направено е заключение,

че високият фон под тази линия е свързан главно с луминесценция, а не с електронно Раманово разсейване. (A1, A2) Тези резултати са привлекли интереса на редица чуждестранни учени.

❖ *Наноразмерен въглерод*

- От in-situ измерено Раманово разсейване от работен електрод, изграден от снопове от едностенни въглеродни нанотръбички, който е потопен във воден разтвор на KCl в електрохимична клетка е направено заключение, че при достатъчно високи приложени напрежения ($> 1 \text{ V}$) протича интеркалация на хлоридни радикали в пространствата между нанотръбичките в сноповете и електрохимична функционализация. С това изследване е показано, че чрез Раманова спектроскопия, след подходящо калибриране, могат да бъдат наблюдавани и дори контролирани началните етапи на интеркалацията (A4)
- Чрез химично отлагане от газова фаза върху медно фолио, повърхността на което е предварително обработена при висока температура в среда, съдържаща кислород с цел намаляване на центровете на зародишообразуване, успешно е получен еднослоен графен с добра хомогеност и малко дефекти. Данните за електричните му свойства показват, че е подходящ за приложение като прозрачен проводник в хибридни оптоелектронни структури. (A7, A8) Резултатите от Раманова спектроскопия показват, че с подходящи промени на условията на отлагане може да се стимулира образуване на качествен двуслоен графен с различни ъгли на разориентация и контрол на броя на слоевете. (A10)

❖ *Нанокompозити 'течен кристал – нановъглерод'*

- При серия нанокompозити от матрица от течния кристал 7OBA с вградени едностенни въглеродни нанотръбички (ЕСВНТ) с различна концентрация са наблюдавани няколко нови, нетипични за този течен кристал фази, които са с нови оптични и електрооптични свойства. Намерени са най-подходящите концентрации на ЕСВНТ в матрицата, които осигуряват необходимата съвместимост между двата материала и са получени данни за взаимодействието на материалите. (A6, B14, B18) При нанокompозити 'ахирален течен кристал 8OBA - функционализирани ЕСВНТ', наличието на нанотръбичките води до обемно подреждане и процес на хирализация. Освен това при добавяне на ЕСВНТ или графенови нанолъспи към 7OBA/8OBA течна-кристална матрица е наблюдавана поява на фероелектрична фаза. (B14, B16, B21, B24)
- Получена е информация за влиянието на легирането на нематичния течен кристал E7 с едностенни въглеродни нанотръбички или графенови наночастици в различни концентрации. Доказано е, че движението на въглеродните НТ намалява нехомогенността на електричното поле, повърхностната поляризация намалява, когато въглеродните нанотръбички достигнат до електродите, а добавянето на графенови наночастици към E7 влияе на ориентационния порядък в течния кристал. (B4 и B26)

❖ *Обемни оксидни кристали, стъкла и керамики*

- Получени са данни за влиянието на легирането върху структурните дефекти и баланс между близкодействащите и далекодействащите взаимодействия в силенидни кристали от $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, легирани с Ru, Os и кристали от $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, легирани с Ru и Rh. Установено е, че ефектът на рутения при силиката и титаната е противоположен и това е свързано с различно разпределение на рутения по възможните оксидационни състояния в двата типа кристали. (A3, A9). Установено е още, че легирането на

$\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ със селен с висока концентрация води до деформиране на Si-O_4 тетраедрите и значително увеличение на дължината на Bi-O връзките, дължащо се на включване на желязо от стопилката. Уточнено е, че структурата на новосинтезирано съединение $\text{Bi}_{36}\text{MgP}_2\text{O}_{60-\delta}$ е кубична, тип силенит и че интензивните линии в Рамановият спектър на съединението се дължат на трептения на Bi-O полиедрите, а по-слабите линии при високочестотните трептения - на MO_4 тетраедрите. (B1, B5, B6)

- За два вида боратни кристали, BaBiVO_4 и $\text{CaBi}_2\text{B}_2\text{O}_7$, перспективни за приложения в нелинейната оптика, е направен пълен групово-теоретичен анализ, измерени са поляризационни Раманови спектри и чрез сравнение с инфрачервени спектри на пропускане са определени симетриите на голяма част от фононите в центъра на зоната на Брилуен. Установено е, че в нискочестотната част на вибрационните спектри се наблюдават предимно вибрации на Bi-O полиедри, а във високочестотната част - вибрации на $[\text{VO}_3]^{3-}$ йонни групи. (A5)
- За първи път успешно са израстнати мултифероични кристали от $\text{La}_2\text{CoMnO}_6$, легирани с различни концентрации на олово, платина или комбинация от двата примеси и въз основа на Рамановите спектри са направени заключения за тяхната структура. За част от легираните с Pb кристали е предположено, че е смес от орторомбична фаза (без подреждане на Co и Mn) и моноклинна фаза (с далечно $\text{Co}^{2+}/\text{Mn}^{4+}$ подреждане), а в друга част е установена преобладаващо подредена $\text{Co}^{2+}/\text{Mn}^{4+}$ структура със статистически равномерно заместване на Co^{2+} йоните с Mn^{3+} . При двойнолегиран кристал прилагането на поляризирана Раманова спектроскопия потвърждава заключението за наличие предимно на моноклинна структура. (B2, B8, B10)
- Получени са данни за локалната структура на стъкла от системите M-Bi-B-O (M=Sr, Ca), които са обещаващи материали за нелинейната оптика и биха могли да заместят оловните стъкла. Установено е, че при малки съдържания на бор в стъклата преобладават $[\text{VO}_3]$ структурни групи, при обогатени на бор стъкла преобладаващи са $[\text{VO}_4]$ групите, но съотношението $[\text{VO}_3]/[\text{VO}_4]$ не зависи от алкалоземния метал. (B3) При добавяне на Eu в Ba-Bi-B-O стъкла е наблюдавано образуване на смесени кристали от Bi-Eu-O, които са с кубична структура при по-малките концентрации на Eu и с ромбоедрична – при по-големите. (B7)
- Синтезирана е нова композитна стъклокерамика, състояща се от немагнитна стъклообразна матрица и анизотропна кристална фаза от BiFeO_3 с магнитни свойства, подобни на тези на мултифероичните наночастици от BiFeO_3 . (B12) Синтезирана е и серия от твърди разтвори от системата Bi-Fe-Ga-Sb-O, които представляват интерес за приложение във фотокатализата, електрооптиката, проявяват феро- и феримагнетизъм и т.н. Въз основа на Рамановите спектри е направено заключение за голям структурен безпорядък твърдите разтвори. (B22)
- За първи път чрез комбиниране на поляризирана Раманова спектроскопия и въртене на образците по различни кристални оси са определени честотите на няколко напречни оптични фона на монокристали от CuV_2O_4 , известни дотогава само от изследвания на инфрачервено поглъщане (B15). Идентифицирани са Раманови фонони в монокристали от LuVO_4 с близки честоти, но различни симетрии и големи разлики в сечението на разсейване. За целта е приложен нов подход, използващ измерване на Раманови спектри при различна ориентация на завъртане на кристалите в равнината на поляризация на възбуждащия лазер. (B19, B20).
- ❖ Успешно са израстнати тройни кристали с 3D топологични изолаторни свойства - $\text{Bi}_2(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_3$, а кристали от бинарния топологичен изолатор Bi_2Se_3 са легирани с Cu,

Са, Со и Мп за подобряване на свойствата му. Кристалите са еднофазни, слости с ромбодрична структура и са интересни за изследването и разработването на нови устройства, основаващи се на топологичните им свойства. (В9)

По мое мнение научните приноси на доц. П. Рафаилов се включват в категориите: (а) доказване с нови средства на съществени нови страни на вече съществуващи научни области, проблеми, теории; (б) създаване на нови методи на измерване и нови технологии за направа на различни материали; (в) получаване и доказване на нови факти и получаване на потвърдителни факти.

4. Бележки и препоръки по представените трудове

Нямам съществени критични бележки към публикациите, с които доц. П. Рафаилов участва в конкурса.

5. Заключение

Въз основа на направения анализ на научната продукция на кандидата, цитиранията, доклади на международни форуми, работа в чужбина, участие в научни проекти и педагогическа дейност, считам, че доц. д-р Петър Рафаилов значително надвишава минималните изисквания в Правилника към ЗРАС РБ, ЗРАС-БАН и Изискванията на ИФТТ, БАН за условията и реда на заемане на академичната длъжност „професор”. Представените материали по конкурса, формулираните приноси и личните ми впечатления от доц. Рафаилов ми дават основание без колебание да изразя **положително становище** и да подкрепя кандидатурата му за заемане на академичната длъжност „професор” в Институт по физика на твърдото тяло акад. „Г. Наджаков” към Българска академия на науките, професионално направление 4.1. „Физически науки“, научна специалност „Физика на кондензираната материя“.

10.02.2020 г.

Подпис:

/проф. дфн Д. Нешева-Славова/

REVIEW

on a procedure for the occupation of the academic position "Professor" in the professional field 4.1. "Physical Sciences", specialty "Condensed Matter Physics", according to the announcement of the Institute of Solid State Physics, Bulgarian Academy of Sciences in the State Gazette, issue 78/04.10.2019

Candidate: Petar Metodiev Rafailov, Ph.D., Assoc. Professor at ISSP-BAS

Reviewer: Dianka Dimitrova Nesheva-Slavova, Dr.Sci., Professor at ISSP-BAS

1. General characteristics of the submitted materials (the groups of indicators and quartiles cited below are defined in the Implementing Regulations of the Law on Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria (ZRAS RB), Professional field 4.1, Tables 1 and 2)

Assoc. prof. Petar Metodiev Rafailov is the only candidate and has submitted all the required materials for participation in the competition. Lists of publications with which he participates in the competition for "professor" are included in the Author's information file. It would be good to have a separate list of publications, as required by the ISSP R&D Rules.

Assoc.prof. Rafailov received his secondary education at the German Language High School in Sofia, and in 1994 he completed his higher education in Physics at Sofia University "St. Kliment Ohridski" with specialty in "Physics of the nucleus and elementary particles". In 2000 he successfully defended a doctoral thesis entitled "Raman spectroscopy of fullerenes, fullerene derivatives, and carbon nanotubes" and received PhD diploma. (*indicator A1*). In 1999 Dr. Petar Metodiev Rafailov was appointed as a "physicist" at the ISSP, where he consistently held the positions of physicist (until 2002); n.s. II (2002 -2005), n.s. I (2005-2007) and since 2007 he is "assoc.prof." in the ISSP. From 2000 to 2005 he completed his postdoctoral specialization at the Technical University of Berlin. Fluent in German and English.

The research articles presented by assoc. prof. Rafailov in *indicator B4* - habilitation work are 10 (numbered A1-A10; 3 - in quartile Q1, 4 - in Q2, 1 - in Q4 and 2 - in journals with SJR without IF; in 8 publications it is first or correspondent author) and provide 187 points at required min. of 100 points. They were published in the period 2001-2019. All scientific papers, totaling 26 (numbered B1-B26), presented in *indicator G7*, were published after the defense of the dissertation for "doctor" and the competition for "associate professor" and were not included in the NACID database to cover the minimum national requirements for the academic position of assoc.prof. Dr. Rafailov. They are in quartile: Q1-6, Q2-7, Q3-2, Q4-3, in journals with SJR without IF – 8, and provide 436 points at a min. of 220 points. In 9 of these publications the candidate is the second author, in 8 - the third author, in the rest - in the 4th and back place. A list of 349 independent citations to 40 publications was presented (698 points in *D11* at min. 200 points). Most frequently cited are articles with numbers 9 (58 times), 11 (53 times), 5 (39 times) and 2 (33 times) in the citation list. It should also be noted the "substantial" citations of the results reported in articles A1, A2, A6. Assoc.prof. Rafailov was Deputy. head of Work Package 3 in the large scale ISSP INERA Infrastructure Project (2013-2017) under the 7th EC Framework Program. There are evidences of his participation in 6 internationally and mixed funded research projects, 1 of which is a NATO Reintegration Grant, as well as participation in 16 projects

funded by the National Research Fund. The list of conference reports includes 28 presentations, 4 of which are plenary talks.

Assoc.prof. Rafailov is co-author of more than 80 publications with over 540 noted independent citations and Hirsch index 12. From 2013 to 2016 he was the head of the Laboratory "Crystal Growth" and the Division "Materials Physics" at the ISSP, since 2016 he is Head of the Laboratory "Materials and Low Temperature Physics". He was a member of the Organizing Committees of three scientific forums.

Assoc.prof. Rafailov also has considerable pedagogical activity. It is mainly at the TU Berlin and includes conducting student exercises in the course "Introduction in Physics for Engineers", Raman Spectroscopy lab exercises within an "Advanced Practicum", and advisor in the preparation of two successfully defended diploma works of graduates. At ISSP-BAS, together with Prof. M. Gospodinov, he was a consultant to a successfully defended thesis of a PhD student. In total the points in the group of *indicators E* are 275 at a minimum of 150 points.

The achievements of assoc.prof. P. Rafailov far exceed the minimum national requirements in the ZRAB RB and the requirements in the Regulations of BAS and ISSP. They present him as a scientist who works actively, has serious scientific contributions and pedagogical experience and his research results are well known and used by the international scientific community.

2. General characteristics of the applicant's scientific and applied activities

In all the scientific papers presented in *B4* by assoc.prof. Dr. Petar Rafailov the Raman spectroscopy plays a key role and this is the area where he is a specialist and has a leading role. Of course the Raman spectroscopy is applied in combination with other modern methods of characterization (mainly X-ray diffraction, but also magnetic measurements, infrared transmission, differential scanning calorimetry, spectroscopic ellipsometry, SEM, AFM). Raman spectroscopy also plays a significant role in publications outside of the habilitation work (*indicator G7*). The objects under study are of various structures and dimensions (silenite crystals, perovskites, liquid crystals, glasses and glass ceramics, low-dimensional carbon materials, etc.), with different compositions and doping (from triple to very complex oxides, carbon materials, magnesium diboride, chalcogenides, etc.) and different properties (superconductors, magnetic materials, topological insulators, etc.). The objectives of the studies on different materials are different - determination of the crystal structure, study of doping and temperature induced changes, study of electron-phonon interaction, information on the size of crystallites, tracing of phase transitions, etc. These goals are achieved by using various experimental conditions, including the use of polarized Raman spectroscopy (A1, A2, A5), measurements at different temperatures (A2), in-cyto measurements (A4), spot focusing on the sample surface (A7, A8). The unifying element of these studies is that assoc.prof. Rafailov, knows well the great variety of resources of the Raman spectroscopy and uses them to arrange measurements suitable for the purpose of a particular study, and successfully interprets the information obtained.

3. Basic scientific and applied scientific contributions

Below the applicant's contributions are combined into groups of researched materials, with the focus primarily on the contributions to *indicator B4* "Rehabilitation Work-Scientific

Publications". Most formulated contributions focus on the results obtained by Raman spectroscopy, for which assoc.prof. Rafailov has a leading role.

❖ It is concluded for the *superconductor* MgB₂ that the observed vibrational mode at 600 cm⁻¹ is not related to any impurity phase, but it is the E_{2g} mode of pure MgB₂. It is confirmed that this mode is highly anharmonic and strongly interacts with the electronic system, as well as it is found that it exhibits significant temperature dependence. (A1, A2) These results have attracted the interest of a number of foreign scientists.

❖ *Nanosized carbon*

- In-cito Raman scattering is carried out on a working electrode made up of single-wall carbon nanotube bundles immersed in an aqueous KCl solution in an electrochemical cell. It is concluded that intercalation of chloride radicals occurs at sufficiently high applied voltages (> 1 V) in the spaces between the nanotubes in the bundles and electrochemical functionalization takes place. This study shows that, at appropriate calibration, the initial stages of intercalation can be observed and even controlled by Raman spectroscopy. (A4)

- By chemical vapor deposition onto a copper foil, the surface of which was pretreated at high temperature in an oxygen-containing medium to reduce the nucleation centers, a single-layer graphene with good homogeneity and few defects is successfully obtained. Data about its electrical properties indicate that it is suitable for use as a transparent conductor in hybrid optoelectronic structures. (A7, A8) Raman spectroscopy results show that, with appropriate variations in the deposition conditions, formation of high-quality two-layer graphene with different angles of misorientation and control of the number of layers can be stimulated. (A10)

❖ *'Liquid Crystal – Carbon' Nanocomposites*

- Several new liquid crystal phases, with new optical and electro-optical properties are observed in a series of nanocomposites '7OVA liquid crystal matrix - single-wall carbon nanotubes (SWCNT) with different concentrations'. The most appropriate concentrations of SWCNT in the matrix are found to provide good compatibility between the two materials and data on the interaction of the materials are obtained. (A6, B14, B18) In nanocomposites 'achiral liquid crystal 8OVA – functionalized SWCNT' the presence of nanotubes leads to bulk ordering and chiralization process. In addition, the appearance of a ferroelectric phase is observed upon the addition of SWCNT or graphene nanosheets to the 7OBA / 8OBA liquid crystal matrix. (B14, B16, B21, B24)

- Information is obtained on the effect of doping of nematic liquid crystal E7 with single carbon nanotubes or graphene nanoparticles at different concentrations. The movement of carbon NTs is shown to decrease the inhomogeneity of the electric field, the surface polarization decreases when the carbon nanotubes reach the electrodes, and the addition of graphene nanoparticles to E7 affects the orientation order in the liquid crystal. (B4 and B26)

❖ *Bulk oxide crystals, glasses and ceramics*

- Data on the effect of doping on structural defects and the balance between short-range and long-range interactions in Ru, Os doped sillenite Bi₁₂SiO₂₀ crystals and Ru and Rh doped sillenite Bi₁₂TiO₂₀ crystals are obtained. The ruthenium doping of silicate and titanate is found to have the opposite effect in the two types of crystals which is related to the different distribution

of ruthenium by the possible oxidation states. (A3, A9). It is also found that doping of $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ with high concentration selenium leads to deformation of Si-O_4 tetrahedra and a significant increase in the length of Bi-O bonds due to the incorporation of iron from the melt. It is proven that the structure of the newly synthesized $\text{Bi}_{36}\text{MgP}_2\text{O}_{60-\delta}$ compound is cubic, sillenite type, and that the intense lines in the Raman spectrum of the compound are due to oscillations of Bi-O polyhedra and the weaker lines at high frequency oscillations are related to MO_4 tetrahedra. (B1, B5, B6)

- For two types of borate crystals, BaBiBO_4 and $\text{CaBi}_2\text{B}_2\text{O}_7$, with promising applications in nonlinear optics, a complete group-theoretical analysis is made, polarization Raman spectra are measured and symmetries of most phonons at the center of the Brillouin zone are determined by comparison with infrared transmission spectra. It is found that vibrations of Bi-O polyhedra are mainly observed in the low-frequency part of the vibration spectra, and vibrations of $[\text{BO}_3]^{3-}$ ion groups appear in the high-frequency part. (A5)

- $\text{La}_2\text{CoMnO}_6$ multiferroic crystals are successfully grown for the first time, doped with different concentrations of lead, platinum, or a combination of the two impurities, and conclusions about their structure are drawn based on the Raman spectra. It is assumed for a part of the Pb-doped crystals that they are mixture of orthorhombic phase (without Co and Mn alignment) and monoclinic phase (with far $\text{Co}^{2+}/\text{Mn}^{4+}$ alignment). In the other part a predominantly ordered $\text{Co}^{2+}/\text{Mn}^{4+}$ structure is established with statistically uniform replacement of Co^{2+} ions with Mn^{3+} . For double-doped crystals, the application of polarized Raman spectroscopy confirms the conclusion about a predominantly monoclinic structure. (B2, B8, B10)

- Data are obtained on the local structure of glasses from M-Bi-B-O (M = Sr, Ca) systems, which are promising materials for nonlinear optics and could replace lead glasses. It is found that $[\text{BO}_3]$ structural groups predominate at low boron content in the glasses, while in boron-rich glasses the $[\text{BO}_4]$ groups predominate, but the ratio $[\text{BO}_3] / [\text{BO}_4]$ is independent of alkaline earth metal. (B3) Formation of mixed crystallites of Bi-Eu-O is observed with the addition of Eu in Ba-Bi-B-O glasses. The crystallites have a cubic structure at lower concentrations of Eu and rhombohedral structure at larger ones. (B7)

- A new composite glass ceramics is synthesized which consists of a non-magnetic glassy matrix and an anisotropic crystalline phase of BiFeO_3 with magnetic properties that are similar to the properties of multiferroic BiFeO_3 nanoparticles. (B12) A series of solid solutions from the Bi-Fe-Ga-Sb-O system are also synthesized, which are of interest for use in photocatalysis, electro-optics, exhibit ferro- and ferrimagnetism, etc. Based on the Raman spectra, a great structural disorder of the solid solutions is concluded. (B22)

- By original combination of polarized Raman spectroscopy and rotation of samples along different crystal axes the frequencies of several transverse optical phonons of CuB_2O_4 single crystals are determined which were known only from infrared absorption studies (B15). Raman phonons in LuVO_4 single crystals with similar frequencies but different symmetries and large differences in scattering cross section are identified. For this purpose, a new approach is applied, using Raman spectra measurement with different orientation of crystal rotation in the plane of polarization of the laser excitation. (B19, B20).

❖ Triple crystals with 3D *topological insulating* properties - $\text{Bi}_2(\text{Se}_x\text{Te}_{1-x})_3$ are successfully grown, and crystals from the binary topological insulator Bi_2Se_3 are doped with Cu,

Ca, Co and Mn to improve its properties. The crystals are single-phase, rhombohedral and are of interest in the study and development of new devices based on their topological properties. (B9)

To my opinion, the scientific contributions of assoc. prof. P. Rafailov are included in the categories: (a) proving with new means of significant new sides of already existing scientific fields, problems, theories; (b) the creation of new measurement methods and new technologies for making different materials; (c) obtaining and proving new facts and obtaining confirmatory facts.

4. Notes and recommendations on submitted papers

I have no significant critical comments on the publications with which Prof. P. Rafailov participated in the competition.

5. Conclusion

Based on the analysis of the applicant's scientific publications, citations, reports at international forums, research work abroad, participation in scientific projects and teaching activities, I think that assoc. prof. Dr. Petar Rafailov significantly exceeds the minimum requirements in the Regulations to ZRAS RB, ZRAS-BAS and the Requirements of the ITTT, BAS for the conditions and order of occupation of the academic position "Professor". The presented materials on the competition, the formulated contributions and my personal impressions of assoc. prof. Rafailov give me a reason to express a **positive opinion** and to strongly support his application for the academic position of "Professor" at the Institute of Solid State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences, professional field 4.1. "Physical Sciences", scientific specialty "Physics of Condensed Matter".

12.02.2020

Signature:

/Prof. D.Sc. Diana Nesheva-

Slavova/