

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор др Соње Ашкрабић у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 20. 07. 2020. године именовани смо за чланове комисије за избор др Соње Ашкрабић у звање виши научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидаткиње и увида у њен рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај, у чијем прилогу се налази списак публикација кандидаткиње.

1. Биографски подаци кандидата

Соња Ашкрабић је рођена 18. јануара 1983. године у Сарајеву, у Босни и Херцеговини. Основну школу је похађала у Сарајеву и Београду. Завршила је Математичку гимназију у Београду. Дипломирала је на Физичком факултету у Београду, на смеру Теоријска и експериментална физика 2006. године, са просечном оценом 9,81. Тема дипломског рада била је “Карактеризација поликристалног и нанокристалног праха SeO_2 Рамановом спектроскопијом”. Завршила је једногодишње мастер студије 2007. године и докторирала марта 2014. године на Физичком факултету у Београду, на смеру за Физику кондензованог стања материје. Докторска дисертација под називом: “Фонони и дефектна стања у оксидним наноматеријалима”, урађена је под руководством др Зоране Дохчевић – Митровић са Института за физику у Београду.

Јануара 2007. године је запослена на Институту за физику у Београду, у Центру за физику чврстог стања и нове материјале, као истраживач-приправник. Јуна 2009. је изабрана у звање истраживач сарадник, а у звање научни сарадник децембра 2014. године. У текућем периоду је ангажована у Лабораторији за наноструктуре. Од 2007. до 2011. године била је укључена у рад пројекта тадашњег Министарства науке и технолошког развоја ОИ141047 “Физика нискодимензионих и нанометарских структура и материјала” (руководилац др Зоран Поповић). Од 2011. до 2019. године је била ангажована је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ОН171032 “Физика наноструктурних оксидних материјала и јако корелисаних система” (руководилац др Зорана Дохчевић-Митровић) и била је ангажована на пројекту III45018 “Наноструктурни мултифункционални материјали и нанокомпозити” (руководилац др Зоран Поповић) у периоду 2011-2017. Учесник је пројекта „ПВ-Ваалс“ под руководством др Горана Исића, који је одобрен за финансирање у оквиру програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије и чији почетак се очекује у јулу 2020. године.

У оквиру међународне сарадње учествовала је на пројекту из шестог оквирног програма FP6 Center of excellency for Optical Spectroscopy (2006-2009). Такође, учествовала је у више билатералних пројеката (са Шпанијом, Италијом, Немачком), SCOPES пројектом са Швајцарском и била је руководилац билатералног пројекта са Белорусијом „Металне и полупроводничке наноструктуре и њихова примена у визуелном осликавању биоматеријала“ у периоду 2016-2018.

Била је члан координационог одбора COST акције BM1403 „Raman for clinics“ у периоду 2014–2018. У оквиру COST акције „Raman for clinics“ била је на STSM боравку на Институту за фотонску технологију у Јени, Немачка на усавршавању у дизајну специјализованих Раман система за мерења на биолошким узорцима, у периоду 1. септембар – 15. октобар 2015. године.

Током досадашњег рада Соња Ашкрабић је аутор или коаутор 24 рада објављена у међународним часописима.

2. Преглед научне активности

Истраживачки рад Соње Ашкрабић одвија се у области физике кондензоване материје и обухвата проучавање вибрационих, електронских и оптичких својстава оксидних и хидроксидних наноматеријала, затим наноструктура II-VI халкогенида и 2D материјала. Кандидаткиња се бави истраживањема утицаја дефеката као што су: кисеоничне ваканције, површински адсорбоване молекулске групе, замена позиција јона у решетки и др. на претходно поменута својства. Кандидаткиња истражује и екситоне, оптичке особине и процесе наелектрисавања у полупроводничким танким слојевима планарних наноструктура. Њен рад обухвата примену и развој метода базираног на раманској спектроскопији и мултиваријантним алгоритмима надзираног и ненадзираног учења за анализу спектра, у изучавању интеракције наночестица са еукариотским ћелијама (хуманим ћелијским линијама in-vitro) и ткивима. Испитивани наноматеријали обухватају нанопрахове чистог церијум диоксида (CeO_2) и CeO_2 допираног елементима ретких земаља (Gd, Y, Nd, Pr), нанопрахове титанијум диоксида (TiO_2), TiO_2 допираног лантаном (La) и ванадијумом (V), композите титанијум диоксида и волфрам оксида (TiO_2/WO_3), наноштапиће празеодимијум хидроксида $\text{Pr}(\text{OH})_3$ допираног еуропијумом Eu^{3+} , комбиноване наночестице магнезијум ферита и баријум титаната ($\text{MgFe}_2\text{O}_4@ \text{BaTiO}_3$), ултра-танке филмове наноплочица CdSe/CdS, Лангмир-Блоџет филмове вишеслојног графена и нанометарске слојеве цинк селенида (ZnSe).

У оквиру научне активности Соња Ашкрабић има 24 рада објављена у међународним часописима, од чега 17 радова у међународним часописима M21 и M22 категорије.

У наредним поглављима су приказани резултати истраживања.

Хибридне мултифероичне $\text{MgFe}_2\text{O}_4@ \text{BaTiO}_3$ наноструктуре и дефектна стања у нанокристалним магнетним материјалима, HfO_2 , CeO_2 , Pr-CeO_2

Хибридне, мултифероичне језгро-омотач (core-shell) наночестице $\text{MgFe}_2\text{O}_4@ \text{BaTiO}_3$ представљају занимљив систем са потенцијално високим магнето-електричним (МЕ) ефектом, јер представљају комбинацију феримагнетног језгра (MgFe_2O_4) и фероелектричног омотача (BaTiO_3), са напрезањем дуж јединствене граничне површине. Магнезијум ферит (MgFe_2O_4) припада по структури делимично инверзним спинелима представљеним формулом $(\text{A}_{1-x}\text{B}_x)_\text{T}(\text{A}_x\text{B}_{2-x})_\text{O}\text{O}_4$ код којих део A^{2+} катјона попуњава октаедарске позиције (О) а део B^{3+} катјона замењује A^{2+} катјоне на тетраедарским позицијама (Т). Баријум титанат (BaTiO_3) има тетрагоналну $P4mm$ симетрију. Испитиван је МЕ ефекат и показано је да мултифероичне наночестице имају већи МЕ ефекат од BaTiO_3 , као и од $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-BaTiO}_3$ нанокompозита. Такође, највећи МЕ ефекат имају мултифероичне наночестице са највећим дијаметром MgFe_2O_4 , тј. највећом граничном површином између феримагнетне и фероелектричне фазе. Раманском спектроскопијом је показано да у спектрима мултифероичних наночестица доминирају вибрациони модови MgFe_2O_4 . Моделирањем спектра добијени су подаци о ширењу и померају A_{1g} и E_g вибрационих модова који одговарају вибрацијама кисеоничних јона услед спрезања два материјала.

Изучаване су структурне, вибрационе, магнетне особине као и дефектна стања нестехиометријских наночестица HfO_2 допираног итријумом. Резултати рендгенске дифракције су показали да са порастом садржаја итријума долази до фазне трансформације из моноклиничне у тетрагоналну и кубну фазу. Рамановом спектроскопијом је потврђено да долази до фазне трансформације са допирањем као и да су у итријум допираним узорцима присутни дефекти у виду кисеоничних ваканција. XPS мерења су потврдила да са порастом концентрације итријума и преласком у кубну фазу расте и концентрација кисеоничних ваканција. Магнетним мерењима је установљено постојање феромагнетизма на собној температури које потиче од трансфера електрона са дефектних стања кисеоничних ваканција на празна 5d стања хафнијума. Установљено је да феромагнетно уређење благо јача у тетрагоналној фази а да знатно слаби са појавом кубне фазе. Ово је објашњено формирањем дефектних комплекса итријума и кисеоничних ваканција различитих наелектрисања $(\text{V}_\text{O}\text{-Y}_\text{Hf})^+$, $(\text{V}_\text{O}\text{-Y}_\text{Hf})^{++}$ и $(\text{V}_\text{O}\text{-Y}_\text{Hf})^0$, при чему ови комплекси формирају дефектна стања у близини валентне зоне.

У Pr-допираним CeO_2 нанокристалима, магнетним мерењима је установљено да узорци показују феромагнетизам на собној температури, при чему Pr -допирање доводи до уништења феромагнетизма. Истраживања су показала да се Pr уграђује супституционално у целом испитиваном опсегу, делимично у облику Pr^{4+} а делимично у облику Pr^{3+} јона, при чему релативни удео Pr^{3+} јона расте са Pr допирањем. Истраживања су показала да при Pr допирању садржај кисеоничних ваканција расте. Да би се објаснило опадање сатурационе магнетизације са порастом концентрације јона предложено је објашњење базирано на механизму измене преко F центара. Недопирани нанокристали CeO_2 на собној температури испољавају феромагнетизам који се успоставља посредством кисеоничних ваканција са једним заробљеним електроном (F⁺ центара). Присуство Pr^{3+} јона у танком површинском слоју нанокристала, где су кисеоничне ваканције углавном смештене, доводи до драстичне деградације феромагнетизма. До овога долази услед формирања комплекса као што су

наведени: $\text{Pr}^{3+}\text{-V}_\text{O}\text{-Ce}^{3+}$ или $\text{Pr}^{3+}\text{-V}_\text{O}\text{-Pr}^{3+}$, локализације електрона на ваканцијама и креирања кисеоничних ваканција без заробљених електрона (F^0 центара), или са два заробљена електрона (F^{2+} центара), које не доприносе феромагнетизму. Формирање F^{2+} и F^0 центара смањује концентрацију F^+ центара и нарушава феромагнетизам у Pr-допираним CeO_2 узорцима. Присуство кисеоничних дефеката и њихова зависност од концентрације допанта анализирани су Рамановом спектроскопијом.

- Ann Rose Abraham, B. Raneesh, Tesfakiros Woldu, Sonja Aškračić, Saša Lazović, Zorana Dohčević-Mitrović, Oluwatobi Samuel Oluwafemi, Sabu Thomas and Nandakumar Kalarikkal. Realization of Enhanced Magnetolectric Coupling and Raman Spectroscopic Signatures in O–O Type Hybrid Multiferroic Core–Shell Geometric Nanostructures." *J. Phys. Chem. C* 121 (2017) 4352-4362.
- Z. D. Dohčević-Mitrović, N. Paunović, B. Matović, P. Osiceanu, R. Scurtu, S. Aškračić, M. Radović. "Structural dependent room-temperature ferromagnetism in yttrium doped HfO_2 nanoparticles." *Ceramics International* 41 (2015) 6970-6977.
- Novica Paunović, Zorana Dohčević-Mitrović, Rares Scurtu, Sonja Aškračić, Marija Prekajski, Branko Matović, and Zoran V. Popović. "Suppression of Inherent Ferromagnetism in Pr-Doped CeO_2 Nanocrystals." *Nanoscale* 4 (2012): 5469-76.

Фотокаталитички и адсорптивни процеси $\text{Pr}(\text{OH})_3\text{:Eu}^{3+}$ наноштапића, $\text{TiO}_2\text{-WO}_3$ композита, нанопрахова CeO_2 и $\text{SnO}_2\text{:Co}$

Адсорпција и фотокатализа су два процеса од великог значаја у пречишћавању вода од органских загађивача. Њихови механизми деловања се разликују, стога је за многе материјале пречишћиваче карактеристичан само један од ова два механизма, али у неким случајевима се оба механизма јављају у истом материјалу. Адсорпција подразумева везивања неке супстанце за површину материјала (ван дер Валсовим или ковалентни везама) и зависи од површинске енергије материјала. Фотокатализа у ужем смислу је процес креирања парова електрон-шупљина светлосном побудом, егзистирање парова неко време током кога се омогућавају оксидо-редукционе реакције на површини материјала - фотокатализатора. У оквиру истраживања кандидаткиње испитивана је повезаност тачкастих дефеката, површинских стања и оптичких особина са фотокаталитичким и адсорптивним процесима у нанокристалном $\text{Pr}(\text{OH})_3$ (чистог и допираниог Eu^{3+}) штапићасте морфологије, танким филмовима TiO_2/WO_3 композита, нанокристалном праху CeO_2 , Mg- допираним CeO_2 и Co- допираним SnO_2 .

Монофазни нанопрахови $\text{Sn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ ($x = 0; 0,01; 0,03; 0,05$) просечне димензије наночестица између 2,2 nm и 2,5 nm синтетисани су хидротермалном методом. SnO_2 има тетрагоналну рутил кристалну структуру и 4 Раман-активна вибрациона мода симетрија A_{1g} , B_{1g} , B_{2g} и E_g . У Рамановим спектрима чистог и допираних нанопрахова SnO_2 доминантан је мод на $\sim 570 \text{ cm}^{-1}$ који положају не одговара ниједном од претходно поменутих Раман активних модова у макрокристалу. Овај мод је последица вибрација кисеоничних ваканција и његов интензитет

показује велику концентрацију кисеоничних ваканција у површинском слоју наночестица. A_{1g} и E_g модови су значајно померени и проширени као последица фононског ограничења, јер је просечна димензија кристалита датих нанопрахова мања од Боровог ексцитонског радијуса за SnO_2 . Са порастом удела Co допанта у SnO_2 интензитет модова кисеоничних ваканција опада, тј. концентрација ових ваканција опада као последица повећања концентрације Co^{3+} јона у односу на Co^{2+} јоне и супституције Sn^{4+} јона Co^{3+} јонима који имају мањи јонски радијус. Иако је чист SnO_2 показао изузетна фотокаталитичка својства у разграђивању, допирани прахови су имали ослабљену фотокат. активност што је последица смањене концентрације кисеоничних ваканција и мање ефикасне UV апсорпције због повећања енергетског процепа са допирањем.

Проучаване су структурне, морфолошке, оптичке, електронске и фотокаталитичке особине 1Д наноструктура (наноштапићи) недопираног и Eu -допираног $\text{Pr}(\text{OH})_3$ које су синтетисане микроталасном-хидротермалном методом као и површинска стања. Досадашња истраживања су показала да овакве $\text{Pr}(\text{OH})_3$ структуре испољавају добра адсорптивна својства, захваљујући штапићастој морфологији и присуству OH^- веза на површини, али не и фотокаталитичке особине због великог енергетског процепа. Испитиване 1Д недопиране и допиране $\text{Pr}(\text{OH})_3$ наноструктуре, су показале фотокаталитичку активност при деградацији органске боје под утицајем ултраљубичасте светлости. Најефикаснија деградација регистрована је код $\text{Pr}(\text{OH})_3$ допираног са 1% и 5% Eu^{3+} . $\text{Pr}(\text{OH})_3$ допиран са 3% је испољио слабије фотокаталитичке особине, али врло добру адсорпцију, док је чист $\text{Pr}(\text{OH})_3$ показао добру адсорпцију а слабију фотокаталитичку активност. Комбинацијом Раманове спектроскопије, дифузне рефлектанце, фотоелектронске спектроскопије X -зрака, као и инфрацрвене спектроскопије показано је да је енергетски процеп смањен у случају $\text{Pr}(\text{OH})_3$ допираног са 1% и 3% Eu^{3+} , а да су у свим материјалима присутни дефекти у виду кисеоничних ваканција које настају у процесу синтезе. Концентрација кисеоничних ваканција расте са допирањем. Такође је уочено и присуство NO_3^- групе на површини, које потичу од коришћеног прекурсора KNO_3 . Закључено је да Eu^{3+} површинска стања, NO_3^- групе као акцептори и дефектна стања кисеоничних ваканција доприносе фотокаталитичкој активности, јер спречавају брзу рекомбинацију електрон-шупљина парова, а да се промена њихових концентрација може искористити за појачавање адсорптивних или фотокаталитичких особина $\text{Pr}(\text{OH})_3$ наноструктура.

Изучавани WO_3/TiO_2 композитни нанофилмови добијени процесом плазма електролитичке оксидације су показали знатно побољшане фотокаталитичке особине при разградњи органских загађивача (RG6 и MB9) у односу на чист TiO_2 под дејством видљиве и ултраљубичасте светлости. Рамановом спектроскопијом је показан пораст концентрације WO_3 фазе са продуженим временом синтезе. Преко карактеристичних вибрационих модова су праћене промене односа фаза $\text{WO}_3/\text{WO}_{2.96}$ са временом синтезе. Резултати мерења абсорбанце су показали ефективно смањење оптичког процепа TiO_2 услед присуства стања WO_3 и WO_{3-x} , што је корелисано са повећаном фотокаталитичком активношћу WO_3/TiO_2 .

- Z. D. Dohčević-Mitrović, V. D. Araújo, M. Radović, S. Aškrabić, G. R. Costa, M. I. B. Bernardi, D. M. Djokić, B. Stojadinović and M. G. Nikolić, "Influence of oxygen vacancy defects and cobalt doping on optical, electronic and photocatalytic properties of ultrafine $\text{SnO}_{2-\delta}$ nanocrystals", *Process. Appl. Ceram.* 14 (2020) 102-112.

- S. Aškrabić, V. D. Araújo, M. Passacantando, M. I. B. Bernardi, N. Tomić, B. Dojčinović, D. Manojlović, B. Čilija, M. Miletić and Z. D. Dohčević-Mitrović. "Nitrate-assisted photocatalytic efficiency of defective Eu-doped Pr(OH)₃ nanostructures". *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 19 (2017) 31756-31765.
- Zorana Dohčević-Mitrović, Stevan Stojadinović, Luca Lozzi, Sonja Aškrabić, Milena Rosić, Nataša Tomić, Novica Paunović, Saša Lazović, Marko G. Nikolić, Sandro Santucci. "WO₃/TiO₂ composite coatings: Structural, optical and photocatalytic properties", *Materials Research Bulletin*, 83 (2016) 217-224.
- N. M. Tomić, Z. D. Dohčević-Mitrović, N. M. Paunović, D. Ž. Mijin, N. D. Radić, B. V. Grbić, S. M. Aškrabić, B. M. Babić and D. V. Bajuk-Bogdanović." Nanocrystalline CeO_{2-δ} as Effective Adsorbent of Azo Dyes", *Langmuir* 3039 (2014) 11582-11590.
- Matović Branko, Luković Jelena, Stojadinović Bojan, Aškrabić Sonja, Zarubica Aleksandra, Babić Biljana, Dohčević-Mitrović Zorana. "Influence of Mg doping on structural, optical and photocatalytic performances of ceria nanopowders". *Processing and Application of Ceramics* 11 (2017) 304-310.

Примена Раманове спектроскопије у изучавању биолошких система

Значајан део рада кандидаткиње након претходног избора у звање је посвећен примени Раманове спектроскопије у изучавању биолошких система и њихове интеракције са неорганским наноструктурама. Главна тема је изучавање интеракција оксидних наночестица са хуманим ћелијским линијама гајеним in-vitro, која се реализује обрадом и анализом раманских спектра и раманских мапа ћелија након третирања наночестицама. Ово истраживање има интегративан приступ и обухвата синтезу одговарајућих наночестица, третирање хуманих ћелијских линија, Раманову спектроскопију, кодирање алгоритама за обраду података у R-у и развој модела за опис интеракције наночестица и ћелија. Кандидаткиња је руководилац теме и активно учествује у свим наведеним елементима истраживања са изузетком рада са ћелијама пре њиховог фиксирања. Дато истраживање је кандидаткиња покренула у матичној институцији након претходног избора у звање, а почетна знања из области је стекла на Институту за фотонску технологију у Јени где је у неколико наврата била на стручним боравцима. У досадашњем раду су коришћене две врсте наночестица CeO₂: нанопрах у чврстој фази и колоидне наночестице обложене декстраном. Синтетисани нанопрахови су накнадно дисперговани у води и ћелијском медијуму, док су колоидне честице у изворном облику додате у ћелијски медијум. Необложене наночестице, су коришћене ради побољшане интеракције ћелије са површинским дефектним стањима наночестица, а обложене наночестице су коришћене због одличне стабилности дисперзије и мање средње димензије која олакшава улазак у ћелије. Као модел еукариотских ћелија коришћене су туморске ћелије рака грлића материце, познате као HeLa. Ћелије су третиране у концентрацијама и временима које су биране на основу научне литературе, као стандардне концентрације коришћене у клиничким студијама третмана наночестицама. Након тога ћелије су мерене Рамановом спектроскопијом, око 1000 ћелија по узорку и спектри су анализирани методама: анализа главних компонената, парцијална линеарна регресија најмањих квадрата и линеарна дискриминативна анализа (енг. "PCA", "PLS" и "LDA") помоћу алгоритама

кодираних у R-у. Утврђена је разлика између групе Раман спектра добијених на нетретираним ћелијама и ћелијама третираним са две врсте наночестица. Највеће разлике су се јавиле у регионима карактеристичним за ДНК и неке од липидних молекулских група. Направљен је модел за класификацију ћелија који омогућава тестирање нових спектра и сортирање ћелија према ћелијском процесу који се одражава у раманском спектру. Резултати из ове теме су представљени у ниже наведеном раду у часопису *Analyst* и конференцијском раду у *Biomed. Spectrosc. Imag.*

Морфолошке и молекуларне промене које прате процес девитализације зуба анализиране су микроскопијом на бази атомских сила и раманском спектроскопијом ради утврђивања узрока повећане ломљивости зуба након девитализације. Раманском спектроскопијом је регистровано присуство других фосфатних фаза осим хидрокси апатита у девитализованим зубима: октакалцијум фосфата, дикалцијум фосфата дихидрата и трикалцијум фосфата које су биле у веома малој мери или сасвим одсутне у узорцима здравих зуба. Анализа положаја и ширина вибрационих модова показала је да долази до смањења хидратисаног слоја, промена у почетном хидрокси апатиту, кристализације других фосфатних фаза и тиме промене механичких особина дентина. Резултати у оквиру ове теме су приказани у наведеном раду у часопису *Dental Materials*.

- M. Miletić, S. Aškračić, J. Rüger, B. Vasić, L. Korićanac, A. S. Mondol, J. Dellith, J. Popp, I. W. Schie and Z. D. Dohčević-Mitrović, "Combined Raman and AFM detection of changes in HeLa cervical cancer cells induced by CeO₂ nanoparticles – molecular and morphological perspectives", *Analyst* 145 (2020) 3983-3995.
- R. Kiselev, I. W. Schie, S. Aškračić, C. Krafft and J. Popp, Design of a flexible Raman micro – spectroscopic system for cell identification, *Biomedical Spectroscopy and Imaging* 5 (2016) 115-127.
- K. Zelic, P. Milovanovic, Z. Rakocevic, S. Askračić, J. Potocnik, M. Popovic and M. Djuric. "Nano-structural and compositional basis of devitalized tooth fragility", *Dental Materials* 30 (2014) 476-486.

„2Д“ материјали: модулирање излазног рада допирањем вишеслојног графена

Међу бројним применама графена у електроници једна од перспективних је и његова употреба за израду транспарентних електрода у електронским уређајима. За ову употребу је важна могућност контроле и прилагођавања излазног рада графена излазном раду суседних активних слојева у уређају. Хемијским допирањем графена у раствору металних соли постиже се п или р допирање и модулација излазног рада. Лангмир-Блоџет филмови састављени од танких слојева (енг. „flakes“) вишеслојног графена, добијених течном ексофолијацијом и груписаних на површини раствор-ваздух, пренесени су на SiO₂/Si супстрате. Филмови су током синтезе директно допирани солима литијума и злата у раствору (концентрације 0.1 mg/ml), чиме је остварено п и р допирање, респективно. Рамановом спектроскопијом и анализом положаја, ширина и интензитета пикова у допираном графену је утврђено доминантно присуство ивичних дефеката (енг. „edge defects“). Фотоелектронском спектроскопијом X-зрацима је индикован механизам п-допирања у случају литијумских соли путем формирања

Li-O-C комплекса и механизам p-допирања трансфером наелектрисања са графена на Au у случају допирања злато-хлоридом. Микроскопијом на бази атомских сила мерен је излазни рад у овим филмовима и установљено да се његове вредности крећу од минималних 4.6 eV за допирање литијум-нитратом до 5.2 eV за допирање злато-хлоридом, док је вредност за недопирани графенски филм око 4.9 eV. Остварено модулирање излазног рада у распону од 0.7 eV показало је могућност ефикасног подешавања излазног рада у филмовима течно ексфолираног графена хемијским допирањем металним солима.

- I. Milošević, B. Vasić, A. Matković, J. Vujin, S. Aškračić, M. Kratzer, T. Griesser, C. Teichert and R. Gajić, “Single-step fabrication and work function engineering of Langmuir-Blodgett assembled few-layer graphene films with Li and Au salts”, *Sci. Rep.* 10 (2020) 8476.

Оптичке особине и наелектрисавање нанопластица CdSe/CdS

Нанопластице представљају наноструктуре са атомски равном површином и квантним ограничењем (“confinement”) у једној димензији, тј њихова дебљина је неколико атомских слојева, а латералне димензије су реда величине неколико десетина нанометара. Ове структуре у случају полупроводника II-VI типа (CdS, CdSe, and CdTe) имају изузетно занимљива оптичка својства, интензивну апсорпцију и висок степен конверзије апсорпције у емисију (фотолуминесценцију). С обзиром да се нанопластице састоје од неколико атомских слојева, подешавањем броја слојева, тј. дебљине нанопластица може се мењати положај апсорпционог максимума, а апсорпциона и емисиона трака су веома уске што је корисно за оптоелектроничке примене. Облагањем пластица једног полупроводника танким слојем (неколико атомских слојева) другог полупроводника постиже се стабилност ових структура и спречава гашење емисије (енг. „quenching“). Услед квантног ограничења у једном правцу полупроводничке нанопластице карактеришу дискретни електронски нивои. Наелектрисавање нанопластица представља потенцијалну методу за контролисање, тј. укључивање и искључивање фотолуминесценције, што је важно за примене у емисионим уређајима. Монослој CdSe/CdS нанопластица (CdSe језгро са омотачем од CdS) је електростатички депонован на субстрат SiO₂/Si на који је претходно нанет полиелектролит. Оптичке особине овог слоја и карактеристични екситони су карактерисани спектроскопском елипсометријом. Помоћу микроскопије на бази атомских сила испитиван је површински електрични потенцијал монослоја CdSe/CdS нанопластица (CdSe језгро са омотачем од CdS), пре и након наелектрисавања са АФМ пробом која се налази на одређеном електричном потенцијалу. Показано је да је „уписивање“ наелектрисања АФМ пробом довело до формирања кружних потенцијалних јама пречника неколико микрона и дубине неколико стотина милivolти. Такође је установљено да јачина, поларитет и трајање примењеног напона директно утичу на дубину и пречник индукованих потенцијалних јама, што отвара могућности за подешавање жељене густине наелектрисања у овом материјалу. Додатно, уз помоћ три мода рада АФМ уређаја извршене су операције уписивања, читавања и брисања наелектрисања.

- B. Vasić, S. Aškrabić, M. M. Jakovljević and M. Artemyev, "Local electrical properties and charging/discharging of CdSe/CdS core-shell nanoplatelets ", *Appl. Surf. Sci.* 513 (2020) 145822.
- A. Mikhailov, G. Isic, S. Askraabic, A. Antanovich, A. Prudnikau and M. Artemyev. Formation of mono- and multi-layered films of laterally oriented semiconductor colloidal nanoplatelets, *Phys. Chem. Appl. Nanostruct.* (2017) 345-348.

F – центри у нанокристалним праховима CeO₂

Кисеоничне ваканције у оксидним наноматеријалима могу и не морају да заробе један од два или оба електрона која заостају након што јон кисеоника напусти кристалну решетку, због чега могу представљати тзв. двоструко наелектрисане (F⁺⁺), једноструко наелектрисане (F⁺) или неутралне (F⁰) центре. Од типа ваканција које настају у оксидним наноматеријалима, унутар енергетског процепа нанокристала, зависи формирање различитих дефектних нивоа тј. стања. Коришћењем фотолуминесцентне (ФЛ) спектроскопије и електронске парамагнетне резонанце (ЕПР) испитиване су енергије дефектних стања различитих F центара у нанокристалним CeO₂ синтетисаним путем две хемијске методе, самопропагирајуће синтезе и хидротермалне синтезе, као и процеси који доводе до радијативне рекомбинације на собној и ниским температурама (до 20 K). Енергијска побуда система је остварена ласерским линијама Ar⁺ ласера које се налазе у видљивом делу спектра са таласним дужинама: 458 nm, 488 nm, 514 nm, чија је енергија побуде мања од вредности енергетског процепа за CeO₂ (E_g = 3.8 eV). За побуду је такође коришћена и ултраљубичаста линија (325 nm), чија је енергија приближно једнака E_g, са циљем да се детаљно испитају стања унутар забрањене зоне. Показано је да електронска стања која учествују у процесима апсорпције и емисије светлости представљају основна и побуђена стања поменутих F центара. Доминантне емисионе траке у ФЛ спектрима су центриране око положаја 2.1 eV и 2.4 - 2.5 eV. ФЛ трака на положају ~ 2.4 eV приписана је прелазу из побуђеног у основно стање F⁺ центра (ваканција са једним заробљеним електроном), а трака на положају ~ 2.1 eV је приписана прелазу између побуђеног и основног стања F⁰ центра (ваканција са два заробљена електрона). Показано је да F⁺ центри доминирају у узорку синтетисаном самопропагирајућом методом, а да F⁰ центри доминирају у узорку синтетисаном методом преципитације. ФЛ трака центрирана око 2.9 – 3.0 eV јавља се у спектрима оба узорка и приписана је прелазу између стања F⁺⁺ → 4f¹. Додатни ЕПР сигнали регистровани само у спектру узорка синтетисаног самопропагирајућом методом се могу приписати F⁺ центрима. Закључено је да различите методе синтезе, самопропагирајућа синтеза и преципитација, утичу на формирање различитих врста дефектних центара кисеоничних ваканција.

- S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, V. Araujo, G. Ionita, M. De Lima and A. Cantarero. "F centre luminescence in nanocrystalline CeO₂." *Journal of Physics D: Applied Physics* 46 (2013) 495306.

Утицај напрезања, величине честице и фонон-фонон интеракција на оптичке фононе у нанокристалном CeO₂

Кисеоничне ваканције су карактеристичне за све оксидне наноматеријале због повећаног односа површина/запремина при смањењу димензије честица до реда величине нанометра, али у нанокристалима CeO₂ су оне посебно изражене. Зависност микронапрезања нанокристалног CeO₂ од температуре и разграничење ефекта микронапрезања од раста честица са повећањем температуре одгревања (200 -500) °C анализирани су коришћењем резултата рендгенске дифракције и Раманове спектроскопије. Концентрација дефектних стања је праћена преко интензитета вибрационих модова који одговарају дефектним стањима у Рамановом спектру. Коришћењем модела фононског ограничења и параметара Ритвелдове анализе одређене су расподеле наночестица по димензијама за сваку температуру. Закључено је да је при повећању температуре одгревања доминантан ефекат смањења микронапрезања и да одгревање CeO₂ на средњим температурама (400 – 500) °C доводи до значајног уноса кисеоника у решетку и опадања концентрације кисеоничних ваканција, тј. приближавања структуре узорка идеалној стехиометријској.

Преко промена енергије и ширине Раман мода при загревању до виших температура (≤800 °C) и хлађењу до собне температуре анализирани су: фонон-фонон интеракције и њихова повезаност са променом средње димензије зрна нанокристала, јачином фононског ограничења, променом напрезања и концентрацијом кисеоничних ваканција. Коришћењем анхармонијског модела који су предложили Клеменс, Харо и Балкански, анализирана је промена положаја и ширине Раман мода под утицајем трофононских и четворофононских процеса у Gd-допираним CeO₂ наноправима. Утврђено је да на температурама испод 300 °C доминирају четворофононски процеси и ефекти локализације услед нанометарских димензија честица имају мање утицаја на Раманов мод него анхармонијски ефекти. На високим температурама, изнад 600 °C поново су доминантни трофононски процеси што говори о томе да је средња величина честица довољно порасла да би оне имале слично анхармонијско понашање као запремински кристал. Понашање два дефектна мода, повезана са присуством уведених и својствених кисеоничних ваканција праћено је током промене температуре система. Утврђено је да понашање интензитета ових модова иде у прилог формирању компликованијих дефектних домена који садрже уређене ваканције или већом покретљивошћу ваканција на високим температурама.

- S. Aškračić, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, N. Lazarević, V. Kahlenberg, and Z. V. Popović. "Oxygen Vacancy-Induced Microstructural Changes of Annealed CeO_{2-x} Nanocrystals." *Journal of Raman Spectroscopy* 43 (2012): 76-81.
- Z. V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, and S. Aškračić. "Raman Scattering on Nanomaterials and Nanostructures." *Annalen der Physik* 523 (2011): 62-74.

- S. Aškrabić, Z. D. Dohčević-Mitrović, M. Radović, M. Šćepanović, and Z. V. Popović. "Phonon-Phonon Interactions in $\text{Ce}_{0.85}\text{Gd}_{0.15}\text{O}_{2-\delta}$ Nanocrystals Studied by Raman Spectroscopy." *Journal of Raman Spectroscopy* 40 (2009): 650-55.

Раманово расејање на акустичким вибрацијама нанокристалног CeO_2 , TiO_2 и La-допираног TiO_2

У Рамановим спектрима нанокристала CeO_2 , у региону ниских учестаности, испод 50 cm^{-1} , је забележена појава нових модова. Појава ових модова је последица локализације акустичких фонона услед смањењења димензије честица, приликом чега се спрежу дисперзионе гране које одговарају акустичним фононима у монокристалу. За анализу Раманових модова на ниским фреквенцијама примењен је модел еластичне сфере, где се нискофреквентне вибрације нанокристала могу апроксимирати еластичним таласима чврсте сфере. Применом модела на експериментално добијене вредности енергија фонона који су регистровани у Рамановом спектру, одређена је вредност средње димензије честице у датом нанопраху. Зависност структурних и морфолошких особина наноправова TiO_2 од услова синтезе и садржаја La^{3+} јона испитивана је Рамановом спектроскопијом. Веома интензивни модови уочени у Рамановим спектрима ових наноправова приписани су анатаз фази. Нискофреквентне акустичке вибрација у Рамановим спектрима су анализирани моделом еластичне сфере и датом анализом је одређена расподела величине честица у TiO_2 наноправовима. Процењена расподела је искоришћена за прорачун интензитета најинтензивнијег E_g Рамановог мода у анатаз наноправовима применом модела фононоског ограничења. Прорачунати положај и асиметрично ширење одлично се подударују са карактеристикама E_g мода добијеним на основу измерених Раманових спектра TiO_2 наноправова.

- R. Kostić, S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović. "Low-Frequency Raman Scattering from CeO_2 Nanoparticles." *Applied Physics A* 90 (2008): 679-83.
- S. Aškrabić, R. Kostić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović. "Raman Scattering from Low Frequency Phonons Confined in CeO_2 Nanoparticles." *Journal of Physics: Conference Series* 92 (2007): 012042.
- M. Šćepanović, S. Aškrabić, M. Grujić-Brojčin, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, and Z. V. Popović. "Low-Frequency Raman Spectroscopy of Pure and La-Doped TiO_2 Nanopowders Synthesized by Sol-Gel Method ". *Acta Physica Polonica A* 116 (2009): 99-102.

Вибрациона и оптичка својства чистог и допираног нанокристалног TiO₂ анатаса и танких слојева ZnSe

Рамановом спектроскопијом је проучавано понашање оптичких модова у чистом TiO₂ и TiO₂ допираном La и V. У чистом TiO₂ су на основу промена Рамановог оптичког E_g мода услед просторног ограничења и модова који одговарају брукитној фази, процењени средња величина наночестица и удео брукитне фазе у праховима. Зависност структурних и морфолошких особина нанопрахова TiO₂ од услова синтезе и садржаја La³⁺ јона испитивана је Рамановом спектроскопијом. Установљено је да присуство лантана стабилише анатас структуру при загревању до 800°C у La – допираном TiO₂. Међу нанопраховима TiO₂ допираног V највеће промене у понашању оптичког E_g мода регистроване су у узорку са најбржим градијентом промене температуре приликом калцинације и најдужем трајању калцинације.

У Рамановим спектрима танких и ултра танких ZnSe слојева установљено је различито резонантно понашање. Спектри измерени $\lambda=442$ nm линијом HeCd ласера показују да је ова енергија блиска оптичком процепу нанокристалита у најтањим слојевима и вишеслојним структурама ZnSe, што указује да је величина кристалита у овим слојевима реда величине 10 nm. Кристаличност ZnSe филмова може се побољшати озрачивањем узорака ласерским снопом велике снаге (≥ 300 mW). Фотолуминесцентна мерења такође су потврдила да је у слојевима тањим од 100 nm присутна мешавина аморфне и кристалне фазе ZnSe, као и да удео кристалне фазе опада са смањењем дебљине слоја.

- Golubović, M. Šćepanović, A. Kremenović, S. Aškrabić, V. Berec, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović. "Raman Study of the Variation in Anatase Structure of TiO₂ Nanopowders Due to the Changes of Sol–Gel Synthesis Conditions." *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 49 (2008): 311-19.
- M. Šćepanović, S. Aškrabić, V. Berec, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, and Z. V. Popović. "Characterization of La-Doped TiO₂ Nanopowders by Raman Spectroscopy". *Acta Physica Polonica A* 115 (2009): 771-74.
- M. Šćepanović, S. Aškrabić, M. Grujić-BrojčIn, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, B. Matović, and Z. V. Popović. "Raman Study of Vanadium-Doped Titania Nanopowders Synthesized by Sol-Gel Method." *International Journal of Modern Physics B* 24 (2010): 667-75.
- D. Nesheva, M. J. Šćepanović, S. Aškrabić, Z. Levi, I. Bineva, and Z.V. Popović. "Raman Scattering from ZnSe Nanolayers". *Acta Physica Polonica A* 116 (2009): 75-77.
- D. Nesheva, M. J. Scepánovic, Z. Levi, S. M. Askrabic, Z. Aneva, A. Petrova, and Z. V. Popovic. "Structural Characterization and Photoluminescence of Znse Nanolayers." *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 11 (2009): 1351-54.

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Соња Ашкрабић је аутор или коаутор 24 рада у међународним часописима са ISI листе. Има 15 радова објављених у часописима категорије M21, 3 рада у часописима категорије M22 и 6 радова у часописима категорије M23.

У периоду након одлуке научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања, кандидаткиња је објавила 11 радова у међународним часописима са ISI листе, од тога 9 радова у часописима категорије M21 и 2 рада у часописима категорије M22.

Најзначајнији радови кандидаткиње су:

1. S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, V. Araujo, G. Ionita, M. De Lima and A. Cantarero.
"F centre luminescence in nanocrystalline CeO₂."
Journal of Physics D: Applied Physics **46** (2013): 495306.
M21, цитиран 44 пута по Scopus бази, без аутоцитата
2. M. Miletić, S. Aškrabić, J. Rüger, B. Vasić, L. Korićanac, A. S. Mondol, J. Dellith, J. Popp, I. W. Schie and Z. D. Dohčević-Mitrović,
"Combined Raman and AFM detection of changes in HeLa cervical cancer cells induced by CeO₂ nanoparticles – molecular and morphological perspectives"
Analyst **145** (2020) 3983-3995.
M21, није цитиран по Scopus бази
3. R. Kostić, S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović.
"Low-Frequency Raman Scattering from CeO₂ Nanoparticles."
Applied Physics A **90** (2008): 679-83.
M21, цитиран 40 пута по Scopus бази, без аутоцитата
4. S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, N. Lazarević, V. Kahlenberg, and Z. V. Popović.
"Oxygen Vacancy-Induced Microstructural Changes of Annealed CeO_{2-x} Nanocrystals."
Journal of Raman Spectroscopy **43** (2012): 76-81.
M21, цитиран 20 пута по Scopus бази, без аутоцитата
5. S. Aškrabić, V. D. Araújo, M. Passacantando, M. I. B. Bernardi, N. Tomić, B. Dojčinović, D. Manojlović, B. Čalija, M. Miletić and Z. D. Dohčević-Mitrović.
"Nitrate-assisted photocatalytic efficiency of defective Eu-doped Pr(OH)₃ nanostructures".
Physical Chemistry Chemical Physics **19** (2017) 31756-31765
M21, цитиран 1 пут по Scopus бази, без аутоцитата

У првом раду су коришћењем фотолуминесцентне (ФЛ) спектроскопије и електронске парамагнетне резонанце (ЕПР) испитивана дефектна стања тј. различити F центри у нанокристалним CeO_2 синтетисаним путем две хемијске методе, самопропагирајуће синтезе и преципитације, као и процеси који доводе до радијативне рекомбинације на собној и ниским температурама (до 20 K). Показано је да електронска стања која учествују у процесима апсорпције и емисије светлости представљају основна и побуђена стања F центара. ФЛ трака на положају ~ 2.4 eV приписана је прелазу из побуђеног у основно стање F^+ центра (ваканција са једним заробљеним електроном), а трака на положају ~ 2.1 eV је приписана прелазу између побуђеног и основног стања F^0 центра (ваканција са два заробљена електрона). Показано је да F^+ центри доминирају у узорку синтетисаном самопропагирајућом методом, а да F^0 центри доминирају у узорку синтетисаном методом преципитације. ФЛ трака центрирана око 2.9 – 3.0 eV јавља се у спектрима оба узорка и приписана је прелазу између стања $F^{++} \rightarrow 4f^1$. ЕПР сигнали регистровани само у спектру узорка синтетисаног самопропагирајућом методом приписани су F^+ центрима. Значајан резултат рада је регистровање дефектних стања овог типа и релативних положаја њихових побуђених и основних стања.

У другом раду је проучавана интеракција оксидних наночестица са хуманим ћелијским линијама гајеним *in-vitro*. Коришћене су две врсте наночестица CeO_2 : нанопрах у чврстој фази и колоидне наночестице обложене декстраном. Синтетисани нанопрахови су накнадно дисперговани у води и ћелијском медијуму, док су колоидне честице у изворном облику додате у ћелијски медијум. Необложене наночестице, су коришћене ради побољшане интеракције ћелије са површинским дефектним стањима наночестица, а обложене наночестице су коришћене због одличне стабилности дисперзије и мање средње димензије која олакшава улазак у ћелије. Као модел хуманих ћелија коришћене су туморске ћелије рака грлића материце, познате као HeLa, гајене у лабораторијским условима *in-vitro*. Ћелије су третиране у концентрацијама и временима које су биране на основу научне литературе, као стандардне концентрације коришћене у клиничким студијама третмана наночестицама. Након тога ћелије су мерене Рамановом спектроскопијом, око 1000 ћелија по узорку и спектри су анализирани методама: анализа главних компонената, парцијална линеарна регресија најмањих квадрата и линеарна дискриминативна анализом (енг. "PCA", "PLS" и "LDA") помоћу алгоритама кодираних у R-у. Утврђена је разлика између групе Раман спектра добијених на нетретираним ћелијама и ћелијама третираним са две врсте наночестица. Највеће разлике су се јавиле у регионима карактеристичним за ДНК и неке од липидних молекулских група. Направљен је модел за класификацију ћелија који омогућава тестирање нових спектра и сортирање ћелија према ћелијском процесу који се одражава у раманском спектру.

У трећем раду су изучаване нискофреквентне вибрације регистроване у раманским спектрима нанокристала CeO_2 . Појава ових модова је последица локализације акустичких фонона услед смањењења димензије честица, приликом чега се спрежу дисперзионе гране које одговарају акустичним фононима у монокристалу. За анализу Раманових модова на ниским фреквенцијама примењен је модел еластичне сфере, где се нискофононске вибрације

нанокристала могу апроксимирати еластичним таласима чврсте сфере. Значајан резултат рада је одређивање расподеле честица по димензијама на основу акустичког региона вибрационих спектра и показана подударност вредности средње димензије честице добијене применом модела еластичне сфере на акустичке модове и вредности добијене применом модела фононског ограничења на оптичке модове.

У четвртој раду је анализирана зависност микронапрезања нанокристалног CeO_2 од температуре и разграничење ефекта микронапрезања од раста честица са повећањем температуре. Микронапрезање зависи од разлика у параметрима решетке суседних ћелија и уско је повезано са нанометарском димензијом честица и кисеоничним ваканцијама. Нанопрахови CeO_2 су одгревани на температурама (200-500) °C и структурне и вибрационе особине су испитиване рендгенском дифракцијом и раманском спектроскопијом. Концентрација дефектних стања је праћена преко интензитета модова који одговарају дефектним стањима у Рамановом спектру. Закључено је да је при повећању температуре одгревања доминантан ефекат смањења микронапрезања и да одгревање CeO_2 на средњим температурама (400 – 500) °C доводи до значајног уноса кисеоника у решетку и опадања концентрације кисеоничних ваканција, тј. побољшања стехиометрије узорака.

У петом раду је испитиван утицај морфологије, дефектне структуре и површинских стања на фотокаталитичке и адсорпционе особине чистог и Eu^{3+} допираног $\text{Pr}(\text{OH})_3$. Комбинацијом раманске спектроскопије, дифузне рефлектанце, фотоелектронске спектроскопије X-зрака, као и инфрацрвене спектроскопије показано је да је енергетски процеп смањен у случају $\text{Pr}(\text{OH})_3$ допираног са 1% и 3% Eu^{3+} , а да су у свим узорцима присутне NO_3^- групе на површини као и кисеоничне ваканције, настале у процесу синтезе. Запажено је и повећање концентрације кисеоничних дефеката са допирањем. Значајан резултат овога рада је да је иначе фотокаталитички неактиван $\text{Pr}(\text{OH})_3$ са допирањем испољио добра фотокаталитичка и адсорпциона својства. У раду је показано да је присуство NO_3^- групе као акцептора, дефектних стања кисеоничних ваканција као и Eu^{3+} површинских стања главни разлог побољшане фотокаталитичке активности, а да се промена њихових концентрација може искористити за наизменично појачавање адсорптивних или фотокаталитичких особина $\text{Pr}(\text{OH})_3$ наноструктура.

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према Scopus бази на дан 27. јуна 2020. године, радови кандидаткиње су цитирани 562 пута, док је број цитата без аутоцитата свих аутора 514. Према истој бази, h-индекс кандидаткиње је 12. Подаци о цитираности са интернет странице Scopus базе су дати након списка свих радова.

3.1.3 Параметри квалитета часописа

У категоријама M21, M22 и M23, кандидаткиња је објавила радове у следећим часописима, где су подвучени они часописи у којима је кандидаткиња објављивала у периоду након одлуке научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања.

- 1 рад у Nanoscale (IF = 6.233)
- 1 рад у Applied Surface Science (IF = 6.182)
- 1 рад у Langmuir (IF = 4.457)
- 1 рад у Journal of Physical Chemistry C (IF = 4.484)
- 1 рад у Physical Chemistry Chemical Physics (IF = 4.449)
- 1 рад у Dental Materials (IF = 4.160)
- 1 рад у Analyst (IF = 4.019)
- 1 рад у Scientific Reports (IF = 4.011)
- 2 рада у Journal of Raman Spectroscopy (IF =3.526, IF =3.137)
- 1 рад у Ceramics International (IF = 2.758)
- 1 рад у Journal of Physics D : Applied Physics (IF = 2.521)
- 1 рад у Materials Research Bulletin (IF = 2.435)
- 1 рад у Applied Physics A (IF = 1.884)
- 1 рад у Annalen der Physik (IF = 1.844)
- 1 рад у Journal of Sol-Gel Science and Technology (IF = 1.433)
- 1 рад у Physica Scripta (IF = 1.296)
- 2 рада у Processing and Application of Ceramics (IF = 1.152, IF = 0.976)
- 1 рад у Journal of Optoelectronic and Advanced Materials (IF = 0.827)
- 3 рада у Acta Physica Polonica A (IF = 0.433, IF = 0. 433, IF = 0. 433)
- 1 рад у International Journal of Modern Physics B (IF = 0.402)

Укупна сума импакт фактора свих радова кандидаткиње је 63.48, након одлуке већа о предлогу за стицање претходног научног звања импакт фактор је 39.08, а након претходног избора у звање је 30.46. (Напомена: Наведени импакт фактори представљају максимални импакт фактор када се посматрају вредности за годину објављивања рада и претходне две године.)

Додатни библиометријски показатељи квалитета часописа у којима је кандидаткиња објављивала радове је дат у следећој табели. Она садржи импакт факторе (ИФ) радова, М поене радова по српској категоризацији научноистраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (СНИП). У табели су дате укупне вредности, као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора по чланку.

| Публикације М20 | ИФ | М остварено | СНИП |
|---------------------|--------|-------------|--------|
| Укупно | 39.083 | 87 | 13.509 |
| Усредњено по чланку | 3.553 | 7.909 | 1.228 |
| Усредњено по аутору | 5.336 | 10.622 | 1.817 |

3.1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Кандидаткиња је дала значајан допринос сваком раду на коме је учествовала, у виду мерења Раманове спектроскопије, фотолуминесценције, спектроскопске елипсометрије, моделирања вибрационих и оптичких спектра, анализе резултата, а у радовима који су у целини или највећим делом реализовани на Институту за физику је допринела и у осмишљавању проблематике и приступа решавању проблема. Такође, активно је учествовала у синтези неких од материјала испитиваних у истраживању (CeO_2 , Pr-CeO_2 , dextran- CeO_2 , филмови нанопластица CdSe/CdS), мерењима ван главне експертизе (дифузна рефлектанца, фотокаталитичка активност, динамичко расејање светлости), анализи резултата метода електронске парамагнетне резонанце и фотоелектронске спектроскопије X-зрацима.

Кандидаткиња је након доктората започела бављење новом тематиком: унапређењем примене Раманове спектроскопије у изучавању молекуларних промена у биоматеријалима (еукариотске ћелије, дентин). Сарађује са групом Др Ивана Шија са Института за фотонске технологије у Јени, Немачка на овој тематици.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Кандидаткиња је ментор на докторским студијама Мирјани Милетић, студенткињи Биолошког факултета Универзитета у Београду. У прилогу се налази одлука Научно-наставног већа Биолошког факултета у Београду о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора докторанткињи М. Милетић.

Кандидаткиња је у досадашњем раду обучавала мастер студенте и докторанте методама Раманове и фотолуминесцентне спектроскопије.

3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Радови објављени од избора у звање научни сарадник су експериментални радови. Четири рада имају мање од осам аутора и носе тежину 1. Радови који су захтевали више експерименталних техника и који су резултат сарадње са другим групама: четири рада са 9 аутора и два рада са 10 аутора, су на одговарајући начин нормирани као експериментални радови у природно-математичким наукама са више од седам аутора. Један рад са 10 аутора (рад у часопису *Analyst*) спада у експерименталне интердисциплинарне радове (коаутори су из области: физика, хемија, биологија, биомедицинско инжењерство) који се нормирају ако имају више од 10 аутора, тако да је овај рад рачунат са тежином 1.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Соња Ашкрабић је руководила пројектом „Металне и полупроводничке наноструктуре и њихова примена у визуелном осликавању биоматеријала“ у оквиру програма билатералне научне и технолошке сарадње између Републике Србије и Републике Белорусије за период 2016-2018.

Кандидаткиња је била члан координационог одбора (Management Comitee) COST акције BM1403 „Raman for clinics“ у периоду 2014–2018, која се бавила унапређењем методе и инструментације Раманове спектроскопије, као и алгоритама за анализу података ради примене у биомедицини.

На пројекту ПВ-Ваалс у оквиру програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије, чији се почетак очекује у јулу 2020. године, кандидаткиња руководи пројектним задацима #3 – Израда куплованих плазмонских наноструктура и Ван дер Ваалсових хетероструктура и #6 – Раманска и нискотемпературна фотолуминесцентна спектроскопија.

У прилогу су дати одлука Министарства просвете науке и технолошког развоја о финансирању билатералног пројекта са Белорусијом, извод са интернет странице COST акције BM1401 и изјава руководиоца пројекта ПВ-Ваалс.

3.5 Активности у научним и научно-стручним друштвима

Кандидаткиња је члан Друштва за керамичке материјале Србије. Рецензент је за часописе: *Materials Chemistry & Physics*, *Journal of Raman Spectroscopy*, *Physica Status Solidi b*, *Chemical Engineering Journal*. У прилогу су дати изводи из преписке са едиторима наведених часописа везано за рецензије радова.

3.6 Утицајност научних резултата

Утицајност научних резултата је представљена у поглављу 3.1, а у прилогу су дати подаци о цитираности са интернет странице Scopus базе.

3.7 Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

У радовима на којима је водећи или други аутор, кандидаткиња је имала кључан допринос у осмишљавању проблематике и избору приступа и методологије, експерименталном делу рада, моделовању и анализи резултата. Радове на којима је први аутор је написала у целини, а написала је значајан део једног рада на коме је други аутор. У случају осталих радова кандидаткиња је изводила експерименте раманске и фотолуминесцентне спектроскопије и/или моделовање добијених спектра, анализираше резултате и учествовала у писању већине ових радова. У три рада кандидаткиња је синтетисала испитиване узорке.

У току боравка на Институту за фотонске технологије кандидаткиња је дала допринос у развоју „line-scanning“ модула на Раман систему прилагођеном за снимање спектра еукариотских ћелија, који су дизајнирали чланови групе. Резултати рада су представљени у конференцијском раду у „Biomedical Spectroscopy and Imaging“. Експеримент је у целини изведен на Институту за фотонске технологије у Јени.

3.8 Уводна предавања на конференцијама и друга предавања

Кандидаткиња је држала предавање по позиву у Друштву за керамичке материјале Србије, у Београду 2011. године. Назив предавања је: "Луминесценција електронских стања у

енергетском процепу нанокристала CeO_2 допираних са Pr^{III} . У прилогу је дато позивно писмо за држање предавања.

4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

Остварени бодови по категоријама у периоду након одлуке научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања дати су у табели.

| Категорија | М бодова по раду | Број радова | Укупно М бодова (нормирано) |
|------------|------------------|-------------|-----------------------------|
| M21 | 8 | 9 | 72 (59.13) |
| M22 | 5 | 2 | 10 (8.57) |
| M33 | 1 | 2 | 2 |
| M34 | 0.5 | 6 | 3 |

Поређење са минималним квантитативним условима за реизбор у звање научни сарадник:

| Диференцијални услов- од првог избора у звање научни сарадник до избора у звање виши научни сарадник | Минималан број М бодова | Остварено (нормирано) |
|--|----------------------------|--------------------------|
| Укупно | 50 | 87 (72.7) |
| M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+ M90 | 40 | 84 (69.7) |
| M11+M12+M21+M22+M23 | 30 | 82 (67.7) |

Према Scopus бази, радови кандидаткиње су цитирани 562 пута, 514 пута без аутоцитата (27.6.2020). Према истој бази, h-фактор кандидаткиње је 12 (без аутоцитата свих аутора).

ЗАКЉУЧАК

Анализом научне активности и показатеља рада, као што су број радова, цитираност, квалитет часописа, међународна научна сарадња, рецензије у међународним часописима, вођење пројекта билатералне сарадње, менторство, закључили смо да кандидаткиња задовољава све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање виши научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

На основу наведеног, Научном већу Института за физику у Београду предлажемо да усвоји овај извештај и подржи предлог за избор др Соње Ашкрабић у звање виши научни сарадник.

У Београду, 28.07.2020. године

Чланови комисије:

1. Др Зорана Дохчевић-Митровић

научни саветник, Институт за физику у Београду

2. Др Борислав Васић

виши научни сарадник, Институт за физику у Београду

3. Др Стеван Стојадиновић

редовни професор, Физички факултет

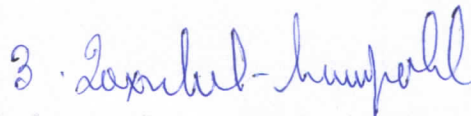
ЗАКЉУЧАК

Анализом научне активности и показатеља рада, као што су број радова, цитираност, квалитет часописа, међународна научна сарадња, рецензије у међународним часописима, вођење пројекта билатералне сарадње, менторство, закључили смо да кандидаткиња задовољава све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање виши научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

На основу наведеног, Научном већу Института за физику у Београду предлагемо да усвоји овај извештај и подржи предлог за избор др Соње Ашкрабић у звање виши научни сарадник.

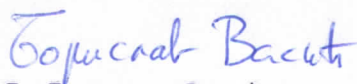
У Београду, 28.07.2020. године

Чланови комисије:



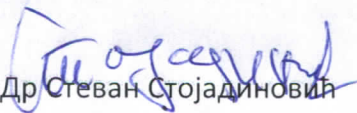
1. Др Зорана Дохчевић-Митровић

научни саветник, Институт за физику у Београду



2. Др Борислав Васић

виши научни сарадник, Институт за физику у Београду



3. Др Стеван Стојадиновић

редовни професор, Физички факултет