

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за реизбор др Бранка Хацић у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику одржаној 25.01.2022. именовани смо у комисију за реизбор др Бранке Хацић у звање научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад и публикације, Научном већу Института за физику подносимо овај извештај.

1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Др. Бранка Хацић рођена је 06.09.1976. у Београду, Србија. Дипломирала је 9. децембра 2004. на Физичком факултету, Универзитета у Београду, смер Општа физика, са просечном оценом 8,81 (осам и 81/100) у току студија и са оценом 10 (десет) на дипломском испиту. Постдипломске студије на смеру "Експериментална физика кондензованог стања материје" уписала је школске 2005./2006. године.

10. децембра 2007. године стекла је звање магистра физичких наука на Физичком факултету Универзитета у Београду са средњом оценом свих положених испита 9,80 (девет и 80/100), одбраном магистарске тезе под називом "Вибрациона спектроскопија $Pb_{1-x}Mn_xTe$ добијеног Брицмановим методом и епитаксијом молекулског снопа", под менторством др Маје Ромчевић.

28. децембра 2009. године стекла је звање доктора физичких наука на Физичком факултету Универзитета у Београду, одбраном докторске дисертације под називом "Вибрациона спектроскопија $Pb_{1-x}Mn_xTe$ добијеног епитаксијом молекулског снопа и нанодимензионог ZnO допираног са Mn , Co и Fe ", под менторством др Маје Ромчевић.

У периоду од 15.2.2005. до 31.8.2005. године Бранка Хацић је била запослена у Основној школи Бранко Радичевић у Батајници као професор, а од 1.9.2005. ради у Институту за физику. У звање научни сарадник први пут изабрана је 07.07.2010. године. То звање је истекло током процеса избора у вишег научног

сарадника (2015. и 2016. год). Одбијен јој је избор у вишег научног сарадника услед недостатка руковођења изработом докторске дисертације. Други пут је изабрана у звање научни сарадник 27.9.2017.

Тренутно је ангажована у Лабораторији за истраживање у области електронских материјала. Основни предмет истраживања јој је оптичка спектроскопија и карактеризација различитих врста наноматеријала.

Др Бранка Хаџић је у свом досадашњем научном раду аутор или коаутор 51 рада објављених у међународним и домаћим часописима и саопштеним на међународним и домаћим конференцијама, који су цитирани преко 293 пута без аутоцитата.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научни рад др Бранке Хаџић одвија се у оквиру физике материјала, у области физике полупроводних кристала, танких филмова, наночестица и наноструктура. Научне активности обухватају

- самосталан експериментални рад,
- обраду резултата,
- моделовање и
- теоријску анализу

испитиваних материјала. Експериментални рад и обрада резултата се базира на испитивању материјала Рамановом спектроскопијом, ИЦ спектроскопијом и Фотолуминесценцијом. Дала је посебан допринос проучавањем утицаја ласерског зрачења на оптоелектронске особине испитиваних материјала, посебно полумагнетних полупроводника, који су у данашње време, због могућности промене структуре, зонских и осталих особина, са променом састава веома актуелни и налазе велику примену у спинтроници. Добијени експериментални резултати се анализирају, примењују се постојећи модели или се стварају нови, да би се дошло до јасне интерпретације особина испитиваних полупроводничких материјала. Такође, бави се и примењеним истраживањима. Досадашња научна активност кандидата испољава се у неколико сегмента.

Испитивање структурних, оптичких и магнетних особина ZnO нанопрахова

Главни објекат истраживања др Бранке Хацић су нанопрахови ZnO допирани са CoO , MnO и Fe_2O_3 добијени на два начина: помоћу калцинације (*wet chemical method*) и хидротермално. ZnO је полупроводник хексагоналне, вурцитне, структуре са широком "директном" забрањеном зоном од $3,4 eV$ и релативно великом енергијом екситације од $60 meV$. Ове особине га стављају у центар многих истраживања због великих могућности примене како у диодама које емитују светлост у опсегу кратких таласних дужина (LED), фотодетектори, транспарентне електроде у соларним ћелијама, фотокатализатори, као површински акустички таласни филтер (танак филм у гасним сензорима) и равним катодним тубама, тако и у магнетно-електронским и спинтрониичким уређајима, док се посебна пажња посвећује могућности постизања виско-температурског феромагнетизма код ових материјала.

Научна делатност др Бранке Хацић је пре свега усмерена на испитивање структурних, оптичких и магнетних особина цинк-оксидних нанопрахова, као и зависности тих особина од начина припреме узорка, концентрације и типа допанта, формираних фаза, промене уређености система, нарушавања симетрије, као и утицаја коришћеног ласерског зрачења.

Један од важних резултата је регистровање површинских оптичких фонона у овим структурама, услед нарушавања симетрије, као и њихово понашање при промени концентрације и врсте допанта. Такође, испитивана је и промена положаја и интензитета како површинских оптичких фонона тако и модова карактеристичних за ZnO као и за регистроване фазе допаната. Кроз експериментални рад на овим узорцима је показана и већа осетљивост Раманове спектроскопије у односу на дифракцију X-зрака.

Магнетне особине ових узорака су проучаване испитивањем суцептибилности где је код узорака допираних са Fe_2O_3 добијених хидротермално, понашање објашњено суперпарамагнетим моделом док код узорака добијених калцинацијом са порастом концентрације Fe_2O_3 примећено понашање слично спинском стаклу. Високо температурно Кири-Вајсово понашање у АЦ

сусцептибилности примећено је код узорака допираних са CoO . Код узорака добијених калцинацијом доминантна је антерферомагнетна интеракција. У изборном периоду др Бранка Хацић наставља свој рад на овим узорцима и даје пресудан допринос у испитвању магнетних особина узорка ZnO допираног са MnO , добијених методом калцинације. Наиме, код ових узорака примећена су два типа понашања у зависности од концентрације допанта. Код узорака допираних до 30% MnO примећено је суперпарамагнетно понашање. Ово понашање је приписано формираној $ZnMnO_3$ фази у узорку. Док у узорцима допираним са више од 60% MnO примећено је феромагнетно понашање са Киријевом температуром око 42 K и ова магнетна особина приписана је формираној Mn_3O_4 фази. Откривање постојања ових фаза, њихова промена са концентрацијом допанта, које директо утичу на промену магнетних особина су резултат и допринос др Хацић, која их је кроз свој експериментални и теоријски рад прва открила. Посебно је битно истаћи да су сва ова испитивања формирања и промена фаза вршена на собној температури, чиме је др Хацић направила искорак ка могућности постизања феромагнетизма у овим материјала на собној температури.

На великој већини радова публикованих из ове области др Хацић је први или други аутор.

Ови резултати су објављени у више радова, а резултат су научне сарадње са Институтом за физику Пољске академије наука у Варшави.

Радови др Бранке Хацић из ове области су:

1. N. Romčević, R. Kostić, **B. Hadžić**, M. Romčević, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, U. Narkiewicz and D. Sibera

Raman scattering from ZnO incorporating Fe nanoparticles: Vibrational modes and low-frequency acoustic modes

Journal of Alloys and Compounds 507, 386-390 (2010)

2. I. Kuryliszyn-Kudelska, **B. Hadžić**, D. Sibera, M. Romčević, N. Romčević, U. Narkiewicz and W. Dobrowolski

Dynamic magnetic properties of ZnO nanocrystals incorporating Fe

Journal of Alloys and Compounds 509, 3756-3759 (2011)

3. **B. Hadžić**, N. Romčević, M. Romčević, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, J. Trajić, D. Timotijević, U. Narkiewicz and D. Sibera
Surface optical phonons in ZnO(Co) nanoparticles: Raman study
Journal of Alloys and Compounds 540, 49-56 (2012)
4. I. Kuryliszyn-Kudelska, **B. Hadžić**, D. Sibera, M. Romčević, N. Romčević, U. Narkiewicz, W. Lojkowski, M. Arciszewska and W. Dobrowolski
Magnetic properties of ZnO(Co) nanocrystals
Journal of Alloys and Compounds, 561, 247-251 (2013)
5. **B. Hadžić**, N. Romčević, M. Romčević, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, R. Wrobel, U. Narkiewicz and D. Sibera
Raman study of surface optical phonons in ZnO(Mn) nanoparticles
Journal of Alloys and Compounds, 585, 214-219 (2014)
6. I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Arciszewska, N. Romčević, M. Romčević, **B. Hadžić**, D. Sibera, U. Narkiewicz and W. Lojkowski
Transition Metals in ZnO Nanocrystals – Magnetic and Structural Properties
Science of Sintering 45, 31-48 (2013)
7. I. Kuryliszyn-Kudelska, **B. Hadžić**, D. Sibera, L. Kilanski, N. Romčević, M. Romčević, U. Narkiewicz and W. Dobrowolski
Nanocrystalline ZnO Doped with Fe₂O₃-Magnetic and Structural Properties
Acta Physica Polonica A 119, 689-691 (2011).
8. **B. Hadžić**, N. Romčević, M. Romčević, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, U. Narkiewicz, and D. Sibera
Raman study of surface optical phonons in ZnO(Co) nanoparticles prepared by hydrothermal method
Hemijska industrija 67, 695-701 (2013)
9. **B. Hadžić**, N. Romčević, M. Romčević, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Gilić, M. Petrović-Damjanović, J. Trajić, U. Narkiewicz, and D. Sibera
Raman study of surface optical phonons in ZnO(Co) nanoparticles prepared by cacinations method
Journal of Optoelectronics and advanced materials, 16, 508-512 (2014)

Док су радови из ове области у овом изборном периоду:

1. I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Arciszewska, N. Romcević, M. Romcević, **B. Hadžić**, D. Sibera and U. Narkiewicz

Superparamagnetic and ferrimagnetic behavior of nanocrystalline ZnO(MnO)

Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures, 98, 10-16 (2018)

2. **B. Hadžić**, M. Romcević, J. Trajić, G. Stanišić, D. Timotijević,

Influence of Preparation Method on SOP Modes in ZnO Doped with CoO nanoparticles

W. E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press (2017) 217-234

Пластично деформисани метали и металне легуре

У досадашњем раду колегиница др Бранка Хацић се бавила и испитивањем оптичких особина материјала подвргнутих екстремној пластичној деформацији методама Раманове спектроскопије и спеткроскопске елипсометрије.

Оптичке особине чистог бабра који је пластично деформисан једнакоканалном угаоном пресом испитиване су коришћењем Раманове спектроскопије којом је откривено постојање нанодимензионих кристалних структура како чистог бабра тако и бакар оксида у формираним аморфним кластерима. Елипсометријом је одређена дебљина спонтано формираног бакар оксида, док је храпавост површине израчуната коришћењем двослојног модела. Добијени резултати указују да није дошло до потпуне аморфизације целог узорка.

Микроструктурне особине легуре Cu – Al (0,4% Al) која је, након унутрашње оксидације, била подвргнута једнакоканалној угаоној преси, испитиване су методама микроскопије атомске силе, дифракције X – зрака и Раманове спектроскопије. Након високотемпературске унутрашње оксидације уочене су честице Al₂O₃ у регији омотача, које су хомогено распоређене. Резултати микроскопије атомске силе су јасно показали да је зона унутрашње оксидације чвршћа и отпорнија на деформације у односу на језгро узорка. Добијени резултати указују на то да је пластична деформација довела до аморфизације узорка, што се може приписати повећању слободне енергије услед велике густине дислокација. Ако складиштена енергија деформације расте са напрезањем материјала, јасно је да

је трансформација у аморфно стање енергијски повољнија. Степен аморфизације је већи у трансферзалној равни у односу на лонгитудиналну.

Оптичка и електрична својства монокристала

Утицај фемтосекундног ласерског зрачења на структурне, електричне, оптичке и магнетне особине монокристала бизмут германијум оксида (БГО) су испитиване поредећи карактеристике озраченог и неозраченог узорка. Озрачивање фемтосекундним ласером таласне дужине 800 nm и растуће снаге је изазвало трајне промене у кристалу, промена боје кристала је видљива голим оком. Озрачени узорак је најпрозрачнији при снази ласера од 455 mW и његова прозачност је већа него код неозраченог узорка код кога уочена анизотропија је нестала приликом озрачивања. Ово је један од првих случајева фото-индукованог пораста прозачности код БГО узорака. Крај кристала кроз који је улазило ласерско зрачење је изгубио кристалну структуру и постао аморфан. Раманов спектар је показао повећање интензитета пикова осим пикова Е типа на 234, 454 и 619,6 cm^{-1} који су нестали у спектру озраченог узорка. Озрачивање узорка је побољшало његове магнетно-оптичке особине и довело до повећања Вердетове константе, као и до смањења коефицијента апсорпције.

Монокристали $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ и $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ су добијени методом раста кристала по Чохралском (Czochralski). Израчунати су критични дијаметар и критична стопа ротације, а одређени су и погодни раствори за полирање и нагризање. Као резултат, произведени су монокристали светложуте боје. Структура $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ испитивана је техником дифракције X - зрака, Раманове и инфрацрвене спектроскопије, где је уочено 15 Раманових и 5 инфрацрвених модова. Монокристална структура $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ проучавана је методама дифракције X – зрака а потврђена Рамановом спектроскопијом. Уочено је 18 Раманових модова, од којих су три нова мода која нису примећена у до сада публикованим радовима.

Оптичке и електричне особине нанодимензионих система

Ферити MFe_2O_4 ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Mn}, \text{Zn}$) били су добијени софт механохемијском синтезом у планетарном млину са куглама. Мешавине одговарајућих прахова

оксида и хидроксида су коришћене као полазне компоненте. Свака од ових смеша је механички активирана, затим пресована и синтерована на 1100°C током 2 сата. Фазни састав праха и синтерованих узорака анализиран је рентгено структурном анализом и Рамановом спектроскопијом, а морфологија је испитивана скенирајућим електронским микроскопом. Вредност електричне проводности показују раст са повећањем температуре, што указује на проводно понашање испитиваних ферита. Феномен проводности испитиваних узорака је објашњен моделом скока. Проучавање ефекта зрна и границе зрна на електричне особине код испитиваних узорака вршена је анализом комплексне импедансне спектроскопије.

Плазмон-фонон и плазмон-дво фонон структуре

Структурне, електричне и оптичке особине полумагнетног полупроводног кристала $ZnGeAs_2$ како чистог тако и допираног са различитим процентима мангана, а интересантног због могућности примене у спинтроници уређајима, су испитиване методом Раманове и инфрацрвене спектроскопије. Рамановом спектроскопијом је утврђено је постојање арсеникових кластера уз очекиване кластере $MnAs$ и манганових комплекса као и постојање карактеристичних вибрационих фреквенци основног кристала $ZnGeAs_2$. Претпоставили смо да су ови кластери смештени на крајевима (границама) кристалита, као и да су слободни носиоци нехомогено распоређени у узорцима. Инфрацрвеном спектроскопијом је испитиван утицај плазмонског пригушења на интеракцију плазмона са два различита фонона у $Zn_{1-x}Ge_xAs_2$. Одређена је специфична природа понашања фреквенце спарених фонона. За разлику од плазмон фонон интеракције код плазмон дво-фонон интеракције њихове фреквенце нису у области између ТО и ЛО фреквенци при високим вредностима плазмонског пригушења. Потврђено је присуство кластера $MnAs$ а одређена је и веза између концентрације слободних носилаца наелектрисања и оптичких параметара.

Оптичке особине монокристала $CdTe_{0,97}Se_{0,03}$ и $CdTe_{0,97}Se_{0,03}(In)$ изучаване су методом инфрацрвене спектроскопије. Анализа инфрацрвених спектра извршена је процедуром нумеричког усаглашавања параметара узимајући у обзир диелектричну функцију која укључује просторну расподелу слободних носилаца,

као и њихов утицај на плазмон – фонон интеракцију. Нађено је да дуготаласни фонони мешаних кристала $\text{CdTe}_{1-x}\text{Se}_x$ показују двомодно понашање. Уочен је локални мод In на око 160 cm^{-1} .

На основу свог досадашњег искуства како са узорцима на бази цинк-оксида тако и са интерпретацијом ИЦ спектра и плазмон-фонон, односно плазмон-дво фонон интеракцијом, као што се види из наведене научне активности кандидаткиње, др Хаџић је у овом изборном периоду дала значајан и конкретан допринос при испитвању узорака ZnO допираног са Al_2O_3 .

Узорци цинк оксида допираног са Al_2O_3 су добијени на два начина преципитационим методом коју је следила калцинација и хидротермалном методом. У оба типа узорака, примењеним експерименталним методама др Бранка Хаџић је приметила постојање фаза ZnO , ZnAl_2O_4 и AlOOH . Такође је показала да величина кристалита нема монотону зависност од номиналне концентрације Al_2O_3 , док величина кристалита фазе ZnAl_2O_4 је константна код узорака добијених калцинацијом, а код узорака добијених хидротермално опада са порастом концентрације Al_2O_3 . Резултати фотолуминисценције и далеке ИЦ спектроскопије недвосмислено показују да код узорака добијених хидротермалном методом електронске структуре нанокompозита монотono зависе од номиналне концентрације Al_2O_3 . Комплексност фотолуминесцентних спектра код узорака добијених калцинацијом је најочљивија када номинална концентрација Al_2O_3 варира између 20 и 40%. Постојање комбинованих модова плазмон-ЛЮ фонон утврђено је далеком ИЦ спектроскопијом. Добијена диелектрична функција је моделована Максвел Гарнетовом ф-лом. Узимајући начин припреме узорака и концентрацију допанта као параметре др Бранка Хаџић је утврдила везу концентрације слободних носилаца наелектрисања са оптичким параметрима.

Радови др Бранке Хаџић из ових области су:

1. N. Romčević, M. Gilić, I. Anzel, R. Rudolf, M. Mitrić, M. Romčević, **B. Hadžić**, D. Joksimović, M. Petrović-Damjanović and M. Kos

Determination of Microstructural Changes by Severly Plastically Deformed Cooper-Aluminium Alloy: Optical Study

Journal of Mining and Metallurgy section B-Metallurgy, 50, 61-68 (2014)

2. M. Romčević, L. Kilanski, N. Romčević, **B. Hadžić**, W. Dobrowolski, I.V. Fedorchenko, S.F. Marenkin
Raman spectra of ZnGeAs₂ highly doped with Mn
Materials Research Bulletin, 59, 300-304 (2014)
3. M. Petrović, N. Romčević, J. Trajić, W. Dobrowolski, M. Romčević, **B. Hadžić**, M. Gilić and A. Mycielski
Far-infrared spectroscopy of CdTe_{1-x}Se_x(In): Phonon properties
Infrared Physics and Technology, 67,323-326 (2014)
4. D. Sekulić, Z. Lazarević, Č. Jovalekić, A. Rečnik, M. Romčević, **B. Hadžić** and N. Romčević
The Comparative Study of the Structural and the Electrical Properties of the Nano Spinel Ferrites Prepared by the Soft Mechanochemical Syntesis
Science of Sintering, 46, 235-245 (2014)
5. J. Trajić, R. Rudolf, I. Anzel, M. Romčević, N. Lazarević, M. Mirić, Z. Lazarević, **B. Hadžić** and N. Romčević
Optical Properties of Plasticallz Deformed Copper
Acta Physica Polonica A 117, 791-793 (2010).
6. N. Romčević, R. Rudolf, J. Trajić, M. Romčević, **B. Hadžić**, D. Vasiljević-Radović and I. Anzel
Optical Properties of Plasticallz Deformed Copper: An Ellipsometric Study
Materiali in Tehnologije, 45, 463-465 (2011)
7. Z. Lazarević, S. Kostić, M. Romčević, J. Trajić, **B. Hadžić**, D. Stojanović and N. Romčević
Study of Bi₁₂SiO₂₀ single crystal obtained by Czochralski metod
Optolelctronics and advanced materials-Rapid communications, 5,150-152 (2011)
8. Z. Lazarević, S. Kostić, V. Radojević, M. Romčević, **B. Hadžić**, J. Trajić and N. Romčević
Spectroscopy study of Bi₁₂GeO₂₀ single crystal
Optolelctronics and advanced materials-Rapid communications, 7, 58-61 (2013)
9. A. Kovačević, J. Ristić-Đurović, M. Lekić, B. Hadžić, S.I. Abudagel Giuma, S. Petričević, P. Mihailović, B. Matović, D. Dramlić, Lj. Brajović and N. Romčević

Influence of femtosecond pulsed laser irradiation on bismuth germanium oxide single crystal properties

Materials Research Bulletin 83, 284-289 (2016)

Док су радови из ових области у овом изборном периоду:

1. N. Romčević, **B. Hadžić**, M. Romčević, N. Paunović, D. Sibera, U. Narkiewicz, I. Kuryliszyn-Kudelska, J. Ristić-Djurović and W. Dobrowolski

Structural and optical properties of ZnO-Al₂O₃ nanopowders prepared by chemical methods

Journal of Luminescence, 224, 117273 (2020)

У оквиру својих истраживања др Бранка Хаџић је отворила и ново поглавље истраживања усмеривши пажњу на испитивање утицаја загревања узорка ласерским зрачењем.

Утицај загревања узорка ласерским зрачењем

У последње време посебна пажња је усмерена на испитавање утицаја загревања ласерским зрачењем на карактеристике узорка. Узорци ZnO допирани са CoO а добијени процесом калцинације су испитивани на четири различите густине снаге ласера Рамановом спектроскопијом. Поред уобичајеног померања пикова ка нижим вредностима Рамановог помераја и ширења пикова примећено је и формирање димера кобалта на површини узорка. Коришћене снаге ласера нису изазвале ни резонанцу ни термалну деструкцију узорка. Релативни интензитет пикова нема монотону зависност од густине снаге ласерског зрачења и различит је за ZnO, Co₂ и Co₃O₄. Релативни интензитет пикова ZnO и Co₂ расте са порастом густине снаге ласера док релативни интензитет Co₃O₄ опада. Иако пораст густине снаге ласерског зрачења различито утиче на Co₂ и Co₃O₄ укупан релативни интензитет свих кобалтних модала расте. Такође, ласерско загревање узорка узрокује већи померај положаја пикова ка нижим вредностима рамановог помераја него што то проузрокује допирање.

У овом изборном периоду др Хацић је наставила свој рад на овој тематици испитујући утицај ласерског загревања на узорке чистог MnO

Манган-оксид је прелазни метални оксид који има кубну структуру камене соли, са енергетским процепом (забрањеном зоном) између 2,43 и 3,6 eV зависно од врсте рачунања. Добро је познато да ова структура садржи дефекте нарочито у катјонској подрешетки, што урокује јединствене електричне, магнетне, оптичке и механичке особине, као и велику могућност примене. У досадашњим проучавањима MnO, његових компоненти и оксида ласерска снага је обично била врло мала да би се избегле промене на узорцима или је загревање ласером било са константном снагом и продуженим временом излагања узорака. У овом раду кандидаткиња наставља испитивање о утицају локаног ласерског загревања на карактеристике испитиваних узорака. Испитиван је чист MnO кубне структуре камене соли. Др Бранка Хацић је увела нов метод проучавања ових узорака тако што је испитивала узорак на осам различитих снага ласера на површини узорка између 3 mW и 24 mW са константним кораком од 3mW између мерења. Приметила је да са порастом снаге ласера расте и интензитет карактеристичних пикова за ову структуру уз континуалну промену фазног састава и стварање нових фаза. Овим је др Бранка Хацић открила да при снази ласера на површини узорка од 15 mW долази раскидања већине веза у MnO и јаке рекомбинације која доводи до стварања нових фаза. Ово је потврђено постојањем Mn²⁺ фазе у узорку након третмана. Осим ове формиране су и фазе MnO₂, MnOОН а чак и Mn₅O₈ фаза. Ови резултати су потврђени и другим методама испитивања узорака као што су XRD и AFM којима је испитиван узорак пре и након дејства ласера, док је Рамановом спектроскопијом др Хацић пратила фазну трансформацију узорка у току самог мерења. Овако добијени резултати су потврђени и ИЦ спектроскопијом уз коришћење теорије ефективног медијума и моделовањем Максвел-Гарнетовом ф-лом. Ово истраживање разјашњава понашање узорака манган оксида под јаким ласерским зрачењем чиме пружа вредне информације за будућа истраживања MnO и његових компоненти.

Др Хацић је такође приметила да загревање ласером може да буде један од нових метода за стварање структура језгро-омотач.

Радови др Бранке Хацић из ове области су:

1. **B. Hadžić**, N. Romčević, D. Sibera, U. Narkiewicz, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Romčević

Laser power influence on Raman spectra of ZnO(Co) nanoparticles

Journal of Physics and Chemistry of Solids 91, 80–85 (2016)

Док су радови из ове области у овом изборном периоду:

1. **B. Hadžić**, B. Vasić, B. Matović, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Romčević and N. Romčević

Influence of laser-induced heating on MnO nanoparticles

Journal of Raman Spectroscopy, 49(5), 817-821 (2018)

2. B. Babić, **B. Hadžić**, I. Kuryliszyn-Kudelska, N. Paunović, B. Vasić, W. Dobrowolski, M. Romčević, J. Trajić and N. Romčević

Far-infrared spectroscopy of laser power modified MnO nanoparticles

Optoelectronics and Advanced Materials, Rapid Communications, 13 (5-6), 376-379 (2019)

У овом изборном периоду др Хацић је покренула рад и у новим облстима истраживања

Структуре језгро-омотач

Структурне особине core-shell (језгро-омотач) ZnO@ZnS материјала са активним слојем испитивана је коришћењем SEM, XRD, Раманове и далеке ИЦ спектроскопије. Овим методама др Бранка Хацић је утврдила да је узорак цилиндричног облика чиме је потврђено да омотач има облик језгра, овде је то ZnO, што је карактеристично за овај тип структура. Рамановом и ИЦ спектроскопијом утврдила је постојање оптичких фонона горње површине у ZnO, типично за цилиндричне структуре, док је постојање површинских оптичких фонона утврђено и у ZnS и у core-shell ZnO@ZnS структури. Такође је приметила постојање локалног мода кисеоника у ZnS као и вакантног мода сумпора у ZnO. За овакве карактеристике овог узорка одговорно је постојање активног слоја између језгра и

омотача. Значај овог истраживања се огледа у могућности примене ових материјала у термо-електронским уређајима.

Рад др Бранке Хацић из ове области, у овом изборном периоду, је

1. **B. Hadžić**, B. Matović, M. Randjelović, R. Kostić, M. Romčević, J. Trajić, N.

Paunović and N. Romčević

Phonons investigation of ZnO@ZnS core-shell nanostructures with active layer

Journal of Raman Spectroscopy, 52(3), 616-625 (2021)

Композити на бази цинка у матрици

Наноплочике како чистог тако и модификованог цинк – оксида са бипиридином и рутенијумовим комплексима (цис и транс) припремљене су преципитационим методом. Др Бранка Хацић је извршила оптичку карактеризацију новодобијеног композита, Рамановом и фотолуминесцентном спектроскопијом, а на основу добијених резултата разматрала је и утицај модификатора на структурне и оптичке особине овог материјала. Утврђено је да наноплочике цинк оксида након модификације постају мање и уграђују се у структуру модификатора. Показано је да модификација рутенијумовим комплексима доводи до веће активности цинк оксида као и до преноса наелектрисања метал-лиганд што узрокује значајну промену раманових спектра а самим тим и оптичких особина испитиваних узорака. Испитивањем луминесцентних спектра др Хацић је показала повезаност пика на 553 nm са бипиридином, пика на 737 nm са преносом наелектрисања метал-лиганд док је пик на 678 nm карактеристика цинк оксида. Ова истраживања отварају пут примени ових материјала у биомедицини.

Полимерним нанокompозитима ZnS са полиметилметакрилатом (ПММА) испитиване су структурне и оптичке особине коришћењем XRD, SEM, TEM, HRTEM и Раманове спектроскопије. Утврђена је кубна структура узорака и процењена величина кубних нанокристалита ZnS је 2,3 nm. Ове наночестице су насумично распоређене у ПММА матрици. Оптичке особине узорака испитиване су Рамановом спектроскопијом. Како су наночестице окружене силаном и ПММА др Бранка Хацић је користила Бругерманов модел ефективног медијума, чиме

наставља свој рад са површинским оптичким фононима. Овим је утврдила постојање површинског оптичког фонана чији се центар пика налази на око 347 cm^{-1} . Др Хацић је анализирао зависност положаја површинског оптичког фонана од густине (filling factor (f)) матрице и утврдила је померање положаја површинског оптичког фонана ка већим вредностима таласних бројева са порастом густине матрице.

Радови др Бранке Хацић из ове области, у овом изборном периоду, су:

1. J. Ristić-Djurović, L. Fernandez-Izquierdo, **B. Hadžić**, L. Jimenez-Hernandez, A.M. Diaz-Garcia, J. Mitrić, B. Babić, M. Romčević, S. Ćirković and N. Romčević

Raman spectroscopy of zinc oxide nanoparticles modified with ruthenium (II) complexes
Journal of Raman Spectroscopy, 50(12), 1829-1838 (2019)

2. M. Ćurčić, **B. Hadžić**, M. Gilić, V. Radojević, A. Bjelajac, I. Radović, D. Timotijević, M. Romcević, J. Trajić and N. Romcević

Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites
Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 115, 113708 (2020)

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

3.1. Квалитет научних резултата

3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

У својој каријери др Бранка Хацић је аутор или коаутор 51 рада (без апстраката) објављених у међународним и домаћим часописима и саопштеним на међународним и домаћим конференцијама. Од тога су 23 рада објављена у врхунским међународним часописима категорије M21, 11 у водећим категорије M22, 17 у међународним часописима категорије M23.

Као пет најзначајнијих радова др Бранке Хацић издвајају се:

1. **B. Hadžić**, B. Vasić, B. Matović, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Romčević and N. Romčević

Influence of laser-induced heating on MnO nanoparticles

Journal of Raman Spectroscopy, 49(5), 817-821 (2018)

M21 (IF (2018) = 2,809)

2. J. Ristić-Djurović, L. Fernandez-Izquierdo, **B. Hadžić**, L. Jimenez-Hernandez, A.M. Diaz-Garcia, J. Mitrić, B. Babić, M. Romčević, S. Ćirković and N. Romčević

Raman spectroscopy of zinc oxide nanoparticles modified with ruthenium (II) complexes

Journal of Raman Spectroscopy, 50(12), 1829-1838 (2019)

M21 (IF (2019) = 2,809)

3. N. Romčević, **B. Hadžić**, M. Romčević, N. Paunović, D. Sibera, U. Narkiewicz, I. Kuryliszyn-Kudelska, J. Ristić-Djurović and W. Dobrowolski

Structural and optical properties of ZnO-Al₂O₃ nanopowders prepared by chemical methods

Journal of Luminescence, 224, 117273 (2020)

M21 (IF (2020) = 3.599)

4. **B. Hadžić**, B. Matović, M. Randjelović, R. Kostić, M. Romčević, J. Trajić, N. Paunović and N. Romčević

Phonons investigation of ZnO@ZnS core-shell nanostructures with active layer

Journal of Raman Spectroscopy, 52(3), 616-625 (2021)

M21 (IF (2021) = 3.133)

5. M. Čurčić, **B. Hadžić**, M. Gilić, V. Radojević, A. Bjelajac, I. Radović, D. Timotijević, M. Romčević, J. Trajić and N. Romčević

Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites

Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 115, 113708 (2020)

M22 (IF (2020) = 3.382)

У првом раду проучаван је утицај ласерског зрачења на MnO. У досадашњим проучавањима MnO, његових компоненти и оксида ласерска снага је обично била врло мала да би се избегле промене на узорцима или је загревање ласером било са константном снагом и продуженим временом излагања узорка. Др Бранка Хацић је увела нов метод проучавања ових узорка тако што је испитивала узорак на осам различитих снага ласера на површини узорка између 3 mW и 24 mW са константним кораком од 3mW између мерења. Овим је открила да

при снази ласера на површини узорка од 15 mW долази раскидања већине веза у MnO и јаке рекомбинације која доводи до стварања нових фаза. Ово је потврђено постојањем Mn²⁺ фазе у узорку након третмана. Осим ове формиране су и фазе MnO₂, MnOOH а чак и Mn₅O₈ фаза. Ови резултати су потврђени и другим методама испитивања узорака као што су XRD и AFM којима је испитиван узорак пре и након дејства ласера, док је Рамановом спектроскопијом праћена фазна трансформација узорка у току самог мерења. Ово истраживање разјашњава понашање узорака манган оксида под јаким ласерским зрачењем чиме пружа вредне информације за будућа истраживања MnO и његових компоненти.

У другом раду су испитиване Наноплочице како чистог тако и модификованог цинк – оксида са бипиридином и рутенијумовим комплексима (цис и транс) припремљене су преципитационим методом. Др Бранка Хацић је извршила оптичку карактеризацију новодобијеног композита, Рамановом и фотолуминесцентном спектроскопијом, а на основу добијених резултата разматрала је и утицај модификатора на структурне и оптичке особине овог материјала. Утврђено је да наноплочице цинк оксида након модификације постају мање и уграђују се у структуру модификатора. Показано је да модификација рутенијумовим комплексима доводи до веће активности цинк оксида као и до преноса наелектрисања метал-лиганд што узрокује значајну промену раманових спектра а самим тим и оптичких особина испитиваних узорака. Испитивањем луминесцентних спектра показана је повезаност пика на 553 nm са бипиридином, пика на 737 nm са преносом наелектрисања метал-лиганд док је пик на 678 nm карактеристика цинк оксида. Ова истраживања отварају пут примени ових материјала у биомедицини.

Трећи рад се базира на испитивању узорака цинк оксида допираног са Al₂O₃ су добијени на два начина преципитационим методом коју је следила калцинација и хидротермалном методом. Структурне и оптичке особине ових нанопрахова су испитиване коришћењем SEM, XRD, Раманове и далеке ИЦ спектроскопије, након чега су испитивани и фотолуминесценцијом. У оба типа узорака, примењеним експерименталним методама др Бранка Хацић је приметила постојање фаза ZnO, ZnAl₂O₄ и AlOOH. Такође је показала да величина кристалита нема монотону

зависност од номиналне концентрације Al_2O_3 , док величина кристалита фазе ZnAl_2O_4 је константна код узорака добијених калцинацијом, а код узорака добијених хидротермално опада са порастом концентрације Al_2O_3 . Резултати фотолуминисценције и далеке ИЦ спектроскопије недвосмислено показују да код узорака добијених хидротермалном методом електронске структуре нанокмпозита монотонно зависе од номиналне концентрације Al_2O_3 . Комплексност фотолуминесцентних спектра код узорака добијених калцинацијом је најочљивија када номинална концентрација Al_2O_3 варира између 20 и 40%. Постојање комбинованих модова плазмон-ЛО фонон утврђено је далеком ИЦ спектроскопијом. Добијена диелектрична функција је моделована Максвел Гарнетовом ф-лом. Узимајући начин припреме узорака и концентрацију допанта као параметре др Бранка Хацић је утврдила везу концентрације слободних носилаца наелектрисања са оптичким параметрима.

Структурне особине core-shell (језгро-омотач) ZnO@ZnS материјала са активним слојем испитивана је коришћењем SEM, XRD, Раманове и далеке ИЦ спектроскопије у четвртом раду. Овим методама др Бранка Хацић је утврдила да је узорак цилиндричног облика чиме је потврђено да омотач има облик језгра, овде је то ZnO , што је карактеристично за овај тип структура. Рамановом и ИЦ спектроскопијом утврдила је постојање оптичких фонона горње површине у ZnO , типично за цилиндричне структуре, док је постојање површинских оптичких фонона утврђено и у ZnS и у core-shell ZnO@ZnS структури. Такође је приметила постојање локалног мода кисеоника у ZnS као и вакантног мода сумпора у ZnO . За овакве карактеристике овог узорка одговорно је постојање активног слоја између језгра и омотача. Значај овог истраживања се огледа у могућности примене ових материјала у термо-електронским уређајима.

Полимерним нанокмпозитима ZnS са полиметилметакрилатом (ПММА) испитиване су структурне и оптичке особине коришћењем XRD, SEM, TEM, HRTEM и Раманове спектроскопије у петом раду. Утврђена је кубна структура узорака и процењена величина кубних нанокристалита ZnS је 2,3 nm. Ове наночестице су насумично распоређене у ПММА матрици. Оптичке особине узорака испитиване су Рамановом спектроскопијом. Како су наночестице окружене

силаном и ПММА др Бранка Хацић је користила Бругерманов модел ефективног медијума, чиме наставља свој рад са површинским оптичким фононима. Овим је утврдила постојање површинског оптичког фонана чији се центар пика налази на око 347 cm^{-1} . Анализирала је зависност положаја површинског оптичког фонана од густине (filling factor (f)) матрице и утврдила је померање положаја површинског оптичког фонана ка већим вредностима таласних бројева са порастом густине матрице.

Радови под редним бројем 1 и 4 су радови за које се може сматрати да је Бранка Хацић основни/најважнији аутор.

3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

На дан 12. 1. 2022. године, радови др Бранке Хацић су цитирани више од 293 пута без аутоцитата према бази података Web of Science. Према тој бази Хиршов фактор кандидата је 10, док је према бази података Scopus Хиршов фактор 11, а на Google Scholar је Хиршов фактор кандидата је 13.

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Након одлуке Научног већа Института за физику о предлогу за стицање претходног научног звања др Бранка Хацић је објавила 10 радова, 5 у врхунским међународним часописима, 3 у водећим, 2 у међународним часописима.

- 1 рад у врхунском међународном часопису, *Journal of Luminescence* (IF (2020) = 3.599, SNIP (2018) = 0.95).
- 3 рада у врхунском међународном часопису, *Journal of Raman Spectroscopy* (IF (2021) = 3.133, SNIP (2021) = још није одређен, IF (2019) = 2,809, SNIP (2019) = 0,99, IF (2018) = 2,809, SNIP (2018) = 1,06).
- 1 рад у врхунском међународном часопису, *Materials Research Bulletin* (IF (2017) = 2,873, SNIP (2017) = 0.87).

- 2 рад у истакнутом међународном часопису, *Physica E: Low Dimensional Systems and Nanostructures*, (IF (2020) =3.382, SNIP (2020) = 0,94, IF (2018) =3.176, SNIP (2018) = 0,88)
- 1 рад у истакнутом међународном часопису, *Optical Materials* (IF (2017) = 2,320, SNIP (2017) =1.05).
- 1 рад у међународном часопису, *Optoelectronics and Advanced Materials, Rapid Communications*, (IF (2019) = 0.445, SNIP (2019) = 0.36).
- 1 рад у међународном часопису, *Optical and Quantum Electronics*, (IF (2018) = 1.547, SNIP (2018) = 0.66).

Библиографски показатељи сумирани су у следећој табели:

	IF	M	SNIP ♦
Укупно	26.093	61	8.69
Усредњено по чланку	2.609	6.1	0.869
Усредњено по аутору	3.055	7.21	1.01

♦ Како до дана подношења овог документа није одређена СНИП вредност за рад публикован 2021. године у часопису *Journal of Raman Spectroscopy* у табели је коришћена вредност за 2020. годину.

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

Др Хацић је од почетка своје научне делатности запослена на Институту за физику у Београду, где у оквиру Лабораторије за истраживања у области електронских материјала изводи већину експеримената. Сарађивала је и са другим групама у којима су изучавани различити материјали где је колегиница др Бранка Хацић дала допринос како у комплексној карактеризацији испитиваних узорака тако и у свеобухватној анализи утицаја синтезе на изглед Раманових и фотолуминесцентних спектра.

Кандидат остварује важан допринос у публикацијама, тамо где је први аутор самостално обавља експерименталан рад, обраду и анализу добијених резултата, а као један од коаутора доприноси како експерименталном раду тако и омогућава боље сагледавање, разумевање и интерпретацију добијених резултата. Такође кандидат је својим радом допринела и покретању нових праваца у оквиру постојећих истраживања као и почетку истраживања у новим областима науке и примене Раманове спектроскопије.

Др Бранка Хацић учествује на пројектима у оквиру Споразума о научној сарадњи између Пољске академије наука и Српске академије наука и уметности:

- Elementary excitations in semimagnetic nanocrystals and nanostructures, 2008-до данас.

- Elementary excitations in semimagnetic crystals and structures, 2005-2007.

Као резултат ове сарадње публиковано је укупно 24 рада, а од претходног избора у звање 4 рада, на којима је др Бранка Хацић или први аутор или један од коаутора. Кандидаткиња је више пута боравила на Институту за физику, Пољске академија наука, такође је примила и неколико посета.

3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Кандидат др Бранка Хацић је активно учествовала и дала значајан допринос при изради три докторске дисертације колегиница Милице Петровић, Мартине Гилић и Јелене Митрић што је јасно уочљиво из захвалница у тим докторатима.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Свих 51 радова др Бранка Хацић су експерименталне природе, што често подразумева сарадњу више институција. Имајући то у виду, број коаутора на појединим радовима је већи од 7 и нормирањем бодова тих радова у складу са Правилником Министарства о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата укупан нормирани број М радова износи 47,515 што је и даље знатно више од захтеваног минимума од 16 М бодова за избор у звање научни сарадник.

Др Бранка Хацић је коаутор једног патентног решења:

П. Коларж, М. Турчић, М. Гилић, Б. Хацић, **МОДИФИКОВАНИ НОСАЧ ЗА ВЕРТИКАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ ТАБЛЕТНИХ УЗОРАКА ОД ПРАШКАСТИХ МАТЕРИЈАЛА КОЈИ ЈЕ ДЕО КОМОРЕ ЗА ВАКУУМИРАЊЕ И ХЛАЂЕЊЕ КОЈА СЕ КОРИСТИ У СПЕКТРОСКОПСКИМ МЕРЕЊИМА**, Регистар малих патената Завода за интелектуалну својину МП2018/0028 од 19.06.2018. године.

3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Др Бранка Хацић учествује на пројектима Министарства просвете и науке као и на међународним пројектима.

- Била је на ангажована на пројекту Интегралних интердисциплинарних истраживања Министарства просвете и науке Републике Србије – **Оптоелектронски нанодимензиони системи – пут ка примени**, број 45003, 2011–до данас.
- Претходно је била ангажована на пројекту основних истраживања – **Спектроскопија елементарних екситација код полумагнетних полупроводника (2007–2010)**.

Др Бранка Хацић учествује на пројектима у оквиру Споразума о научној сарадњи између Пољске академије наука и Српске академије наука и уметности:

- Elementary excitations in semimagnetic nanocrystals and nanostructures, 2008-до данас.
- Elementary excitations in semimagnetic crystals and structures, 2005-2007.

Кандидаткиња је руководила потпројектом "Испитивање електричних карактеристика нових материјала и пројектовање сензора са оптичким влакнима" на пројекту **Оптоелектронски нанодимензиони системи - пут ка примени**.

3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Др Хацић је чланица Српског керамичког друштва, Друштва физичара, Друштва за ЕТРАН и Оптичког друштва Србије.

Такође, била је члан члан Научно-организационог комитета Конференције младих истраживача у периоду од септембра 2013 до септембра 2021. године.

Др. Хацић је рецензент је у часописима Journal of Raman spectroscopy, Journal of Alloys and Compounds, Applied Physics Letters и Acta Physica Polonica A,....

3.6. Утицај научних резултата

Радови др Бранке Хацић су цитирани више од 293 пута без аутоцитата према бази података Web of Science. Према тој бази Хиршов фактор кандидата је 10, док је према бази података Scopus Хиршов фактор 11, а на Google Scholar је Хиршов фактор кандидата је 13.

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

Др Бранка Хацић своја истраживања реализује у Институту за физику у Београду. Кандидаткиња је дала кључан допринос у свим радовима где је први аутор, значајно је допринела сваком раду на коме је активно учествовала и дала је одлучујући допринос већини радова на којима је потписана. Њен допринос се огледа у самосталном експерименталном раду, обраду добијених резултата као и анализу добијених података. Пошто је реч о експерименталној физици, постављање и извођење експеримента представља значајан део кандидаткињине научне активности, у шта спада припрема апаратуре и припрема узорака за експеримент, али и обрада резултата мерења уз коришћење одговарајућих теоријских модела који подупиру њен експеримент; као и у писању научних чланака и комуникацији са рецензентима.

Др Бранка Хаџић је проширила област истраживања и покренула сарадњу на пољу наномедицине са проф. др Браниславом Миловановићем, редовним професором Медицинског факултета у Београду и начелником одељења за кардиологију КБЦ Бежанијска коса, где се бави проучавањем проблема програмираног плацеба. Као резултат те сарадње др Бранка Хаџић је одржала и четири предавања по позиву на међународној конференцији (Neurocard - International meeting on Neurocardiology and Noninvasive electrocardiology). Овом сарадњом указала је на могућности и значај коришћења Раманове спектроскопије у фармацији и медицини.

У оквиру својих истраживања др Бранка Хаџић је отворила и ново поглавље истраживања усмеривши пажњу на испитивање утицаја загревања узорака ласерским зрачењем.

3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Др Бранка Хаџић је до сада одржала укупно пет предавања по позиву, једно након претходног избора у звање

- The Fifth International Symposium of Neurocardiology, Neurocard 2013, Belgrade October 17-18, 2013.

- The Sixth International Symposium of Neurocardiology, Neurocard 2014, Belgrade October 16-17, 2014.

- The VII International Symposium of Neurocardiology, Neurocard 2015, Belgrade October 16-17, 2015, Scientific programme and Book of Abstracts 64(2015)

- The VIII International Symposium of Neurocardiology, Neurocard 2016, Belgrade October 14-15, 2016,

- 13th Photonics Workshop, Kopaonik, March 08-12, 2020, Book of Abstracts 49(2020)

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања

Ознака групе	Број радова	Број бодова по раду	Укупан број бодова	Укупан број нормираних бодова
M14	2	3	6	6
M21	5	8	40	33,01
M22	3	5	15	10,862
M23	2	3	6	3,643
M32	1	1,5	1,5	1,5
M34	4	0.5	2	2
M92	1	12	12	12
Укупно			82,5	69,015

Поређење са минималним квантитативним условима за реизбор др Бранке Хацић у звање научни сарадник

Минимални број М бодова		Остварено/Нормирано
Укупно	16	82,5/ 69,015
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	68,5 /55,018
M11+M12+M21+M22+M23+M24	5	61 /47,515

5. ЗАКЉУЧАК


С обзиром на разноврсност и оригиналност научних достигнућа др Бранке Хацић, сматрамо да је кандидаткиња стекла високу научну зрелост и компетентност и у потпуности испуњава све услове за реизбор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научно – истраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Имајући у виду квалитет њеног научно – истраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о реизбору др Бранке Хацић у звање научни сарадник.

У Београду,

27.01.2022.

Чланови комисије:



др Небојша Ромчевић

научни саветник

Институт за физику у Београду



др Јелена Трајић

виши научни сарадник

Институт за физику у Београду



др Душан Поповић

ванредни професор

Физички факултет Универзитета у Београду