

## Научном већу Института за физику у Београду

Број 0801-281/2  
Датум 20. 02. 2025

### Извештај комисије за реизбор др Мартине Гилић у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 04. 02. 2025. године именовани смо у комисију за реизбор др Мартине Гилић 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.

### 1. Биографски подаци

Др Марина Гилић рођена је 22.07.1983. године у Београду, где је завршила Основну школу "Светозар Марковић" а затим и Трећу београдску гимназију. Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду уписује школске 2002/03 године, који завршава априла 2008. године као једна од најбољих студената у генерацији, са просечном оценом 9,1. Дипломски рад под називом "Раманова спектроскопија DX-примесних центара у  $Pb_{1-x}Sn_xTe(In)$ " урадила је под менторством др Миљенка Перића и др Небојше Ромчевића. Исте године уписује и докторске студије Факултета за физичку хемију, које завршава јуна 2014. године, одбраном тезе "Оптичке особине нанодимензионих система формираних у пластично деформисаном бакуру, танким филмовима CdS и хетероструктурама CdTe/ZnTe", под менторством др Небојше Ромчевића, научног саветника Института за физику у Београду.

Кандидаткиња је од септембра 2008. године запослена у Институту за физику у Београду. Основни предмет истраживања јој је оптичка спектроскопија и карактеризација различитих врста наноматеријала.

2011. године стиче звање истраживач сарадник, затим је у мају 2015. године изабрана у звање научни сарадник, те јула 2020. године у звање виши научни сарадник.

Кандидаткиња је од 2008. до 2010. године активно учествовала на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја број 141028Б, под називом "Спектроскопија елементарних ексцитација у полумагнетним полупроводницима", а од 2011. до 2020. године била је ангажована на пројекту истог Министарства број III45003 "Оптоелектронски нанодимензиони системи- пут ка примени", где је руководила потпројектом "Синтеза наноматеријала и структура".

Од септембра 2020. закључно са јулом 2023. године др Гилић је провела на научном усавшавању на Freie Universität-у у Берлину, где је била запослена као научни радник (постдок) на Институту за експерименталну физику, AG Reissig, на DFG пројекту „Diatom frustules as nature-designed building blocks for photonic applications“.

Др Гилић је до сада објавила 45 радова у међународним часописима, који су цитирани 575 пута, са  $h$  фактором 14, као и 7 поглавља у монографијама. Кандидаткињини резултати су презентовани на десетинама конференција у земљи и иностранству. Одржала је више усмених предавања, од којих су два по позиву, као и бројне семинаре групе AG Reissig на Freie Universität-у Berlin. Коауторка је једног патентног решења. Кандидаткиња је чланица едиторијалног одбора часописа American Journal of Optics and Photonics, и рецезент у више међународних часописа.

## 2. Преглед научне активности

Научно – истраживачка активност др Мартине Гилић је првенствено везана за експерименталну физику чврстог стања и физику наноматеријала, као и синтезу наноматеријала и структура у оквиру пројектних задатака којима руководи. Истраживања су првенствено усмерена на утврђивање оптичких, структурних и електричних својстава поменутих система различитим спектроскопским и микроскопским методама. Научне активности обухватају формулацију проблема, експериментални рад, обраду резултата и теоријску анализу испитиваних материјала. Кандидаткиња у оквиру матичне лабораторије изводи мерења на уређајима за Раманову и фотолуминесцентну спектроскопију и спектроскопску елипсометрију, док са колегама из Института за мултидисциплинарна истраживања врши мерења на УВ-ВИС спектрометру. Добијени експериментални резултати се анализирају, при чему се примењују постојећи или се развијају нови модели, и долази се до јасне слике о својствима испитиваних материјала.

У наставку је дат преглед области истраживања кандидаткиње, разврстан углавном по изучаваним материјалима.

### Оптичке и структурне особине нанодимензионих система:

- **Танки филмови**

Изучавани су танки филмови CdS и CuSe различите дебљине добијени једноставном техником вакуумског напаравања. У случају CdS, инфрацрвени спектри су анализирани коришћењем нумеричког модела за израчунавање коефицијента рефлексije сложених система који укључују филм и супстрат. Диелектрична функција танког филма CdS анализирана је помоћу Maxwell-Garnet-ове формуле као смеша хомогених сферних инклузија CdS у ваздуху. Интензитети Раманових спектра су анализирани помоћу исте формуле, и добило се веома добро слагање између примењеног модела и експерименталних података. Интересантно је напоменути да су филмови високог квалитета добијени једноставном методом вакуумског напаравања, што смањује цену производње за потенцијалну примену у оптоелектроници и пиезоелектроници.

У другом случају (CdS) се ради о двофазним филмовима. Раманова и инфрацрвена спектроскопија су коришћене за идентификацију и квантификацију две фазе. Помоћу модела за конфајмент оптичких фонона одређиване су величине честица CuSe<sub>2</sub> фазе, при чему је утврђено да се димензије честица повећавају са повећањем дебљине филма. Иако је овај модел ограничен на наночестице правилног сферног облика, показало се да он даје добре резултате и код реалних нанокристала који су и неправилног облика. УВ-ВИС спектроскопијом су добијене вредности забрањених зона обе фазе, при чему је утврђено да оне незнатно опадају са повећањем дебљине филма. Фотолуминесцентним мерењима на ниским температурама је детектован дефектни ниво селена – негативни У-центар.

- **Самоорганизујуће квантне тачке**

Изучаване су хетероструктуре CdTe/ZnTe. Због велике разлике у параметрима решетке, овакве структуре погодују формирању квантних тачака. Утврђено је да уочени мултифононски процеси зависе од температуре и енергије побуде (тј. таласне дужине ласера). Када се енергија расејаног фотона приближи енергији забрањене зоне ZnTe, одговарајући Раманов мод постаје резонантно појачан. Даље, апроксимацијом ефективне масе, израчунат је дијаметар квантних тачака CdTe—4.3 nm,

што је знатно мање од Боровог радијуса ексцитона CdTe који износи 10 nm.

- **Оксидни нанопрахови допирани  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Dy}^{3+}$  и недопирани**

Луминесценција јона ретких земаља налази велику примену у активним супстанцама белих фосфора код равних екрана, плазма дисплеја, ЛЕД диода итд. Оксидне наноструктуре допирани јонима ретких земаља показују побољшана оптичка својства. Нанопрахови  $\text{YVO}_4$  са и без допирања јонима  $\text{Eu}^{3+}$ , испитивани су методом Раманове спектроскопије. Утврђено је да допирање овим јонима резултује променама Раманових спектра. Код допираног узорка се појављује нов мод, уз промену интензитета постојећих модова. Јон  $\text{Eu}$  замењује јон  $\text{Y}$  у решетки. Изотопски ефекат је детаљно разматран и израчунаван. У другом раду је за исти материјал изучавана кинетика и временски разложена анализа луминесценције, при чему је закључено да је нанопрах  $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$  погодан материјал за примену у различитим оптоелектронским направама. У трећем раду је утврђено постојање површинског оптичког фонона и различитих мултифононских процеса, што мења спектар балк  $\text{YVO}_4$ .

Еуропијумом је допиран и нанопрах  $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ , материјал познат као домаћин (хост) за фотолуминесцентну примену. Рамановом спектроскопијом су уочена два фонона која до сада нису била регистрована, и њихова позиција је у складу са ученом електрон-фонон интеракцијом. Регистровани мултифононски процеси су директна последица допирања, а то условљава и појаву бочне траке фонона.

Нанопрах  $\text{YAG:Dy}$  испитиван је Рамановом и фотолуминесцентном спектроскопијом. Утврђено је да постоји јако спрезање између јона ретке земље и вибрација решетке. Раманови спектри  $\text{YAG:Dy}$  су нешто шири од одговарајућих спектра монокристала  $\text{YAG}$ , а неки модови показују и плави помак. Закључује се да се материјал  $\text{YAG:Dy}$  може користити као извор беле светлости (бели фосфори).

Нанопрах  $\text{YFeO}_3$  је добијен механохемијском синтезом, и својства су му испитивана дифракцијом X-зрака, Рамановом и инфрацрвеном спектроскопијом, те Mössbauer-овом спектроскопијом. Шереровом једначином је израчуната величина кристалита и она износи 12 nm. Уочено је 7 Раманових и 10 инфрацрвених модова. Mössbauer-ова мерења су потврдила суперпарамагнетни карактер ортоферита.

- **Квантне тачке у полимерној матрици**

Испитивана су својства нанокомпозита  $\text{CdSe/ZnS-PMMA}$  и  $\text{ZnS-PMMA}$ . Циљ је очувати оптичку активност квантних тачака у нанокомпозиту, уз побољшање механичких својстава. У случају core/shell структура ( $\text{CdSe/ZnS-PMMA}$ ), Рамановом спектроскопијом је утврђено да матрица није утицала на фононске модове  $\text{CdSe}$  језгра квантних тачака, тј спектри  $\text{CdSe/ZnS-PMMA}$  и  $\text{CdSe/ZnS}$  су готово идентични. Може се рећи да су кристалити сулфида и селенида ушли у поре мреже  $\text{PMMA}$  без ремећења континуалне 3D структуре полимерне матрице.

Што се тиче нанокомпозита  $\text{ZnS-PMMA}$ , анализа Раманових спектра је вршена моделом заснованим на теорији ефективног медијума. Утврђено је присуство површинског оптичког фонона, чији облик и позиција зависе од врсте композита.

Код мултикомпонентног полимерног нанокомпозита титан-карбид/ $\text{PMMA}$ , који садржи  $\text{TiC}$ ,  $\text{TiC MXene}$  и остатке  $\text{TiC}$  и  $\text{TiO}$  у  $\text{PMMA}$  матрици, извршена је карактеризација уз помоћ XRD,

инфрацрвене и Раман спектроскопије, као и упоредне анализе вибрационих својстава путем DFT прорачуна. SEM мерења су показала да су произведене честице титан-карбида добро дефинисане и раздвојене у наноскална зрна. Примењен је Maxwell–Garnett модел за анализу инфрацрвеног спектра, што је омогућило одређивање модификације оптичких својстава полимерне матрице за запремински удео од 0.25.

- **Наночестице**

Изучавана су оптичка и структурна својства разних наночестица добијених различитим методама: честице CdSe у стакленој матрици добијене оригиналном техником која комбинује загревање и озрачивање УВ ласером; честице NiO добијене комбинацијом копреципитације и одгревања; честице ZnO допиране CoO добијене копреципитацијом/калцинацијом, честице Cd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>S добијене методом колоидне хемије.

### **Фрустуле дијатомеја као природни 2D фотонски кристали**

Ово је била кандидаткињина главна тема истраживања за време њеног боравка на Freie Univeristät-у у Берлину. Изучаване су силикатне фрустуле дијатомејских микроорганизама које поседују веома правилну структуру на дужинским скалама које се простиру од нанометарског до микрометарског опсега, при чему структурни обрасци и димензије зависе од врсте дијатомеја. Ова структура има јединствена оптичка својства, слична онима код 2D (или 3D) фотонских кристала. Коришћењем хибридних супстрата дијатомеја пресвученим ултратанким слојем злата постигнуто је знатно повећање интензитета Површински појачане Раманове спектроскопије (SERS). Анализирана су три хибридна супстрата са фрустулама три различите врсте дијатомеја, при чему су цилиндричне фрустуле врсте *Aulacoseira sp.* показале највеће повећање сигнала, до 14 пута. Нумеричка анализа методом коначних елемената потврдила је експерименталне резултате. Резултати показују да фрустуле дијатомеја различитих облика могу побољшати SERS сигнал, при чему повећање зависи од геометрије и ултраструктуре фрустуле.

### **Неоргански филмови на флексибилним полимерима**

У сарадњи са др Нерингом Петраушкиене са Технолошког Универзитета Каунас у Литванији, изучавани су флексибилни полимери модификовани халкогенидима бакра, конкретно бакар-сулфидом (Cu<sub>x</sub>S) и бакар-селенидом (Cu<sub>2-x</sub>Se), који представљају обећавајућу класу материјала за флексибилну електронику и оптоелектронске примене. Коришћене су различите методе депозиције, укључујући хемијско таложење из купке, сорпционо-дифузиони процес и SILAR методу, како би се произвели висококвалитетни танки филмови са подесивим структурним, оптичким и електричним својствима.

У првом случају ради се о депозицији танких филмова Cu<sub>x</sub>S на полиамидним (PA) и полипропиленским (PP) подлогама коришћењем методе хемијског таложења из купке. Филмови добијени након два или три циклуса депозиције показали су уједначену морфологију и хексагоналну ковелитну структуру, потврђену XRD анализом. Вредности енергетског опсега од 2,75–2,78 eV (директни) и 1,29–1,41 eV (индиректни) указују на одлична полупроводна својства. Помоћу Раманове спектроскопије идентификовани су карактеристични пикови ковелитне и

Cu<sub>2-x</sub>S фазе, при чему су структурне разлике зависиле од броја циклуса депозиције и типа подлоге, што ове материјале чини погодним за фотонапонске примене.

Друга студија представља економичну сорпционо-дифузиону методу за таложење Cu<sub>2</sub>S филмова на предтретираним полиамидним (ПАБ) подлогама. Методе предтретмана значајно су утицале на електрични отпор филмова, који је варирао од 7 kΩ/sq до 6 MΩ/sq. XRD анализа показала је орторомбичну кристалну структуру, док је предтретман унапредио кристалиничност филмова. Директни и индиректни енергетски опсези од 2,61–2,67 eV и 1,4–1,44 eV указују на добра оптичка и електрична својства погодна за оптоелектронске примене. Резултати истичу важност једноставних предтретмана у побољшању квалитета филмова.

Трећа студија истражује Cu<sub>2-x</sub>Se танке филмове депоноване на полиамиду коришћењем SILAR методе при различитим температурама. Повишене температуре довеле су до побољшане величине зрна и смањења густине дислокација, чиме су побољшани уједначеност и проводљивост филмова. XRD и Раман спектроскопија потврдиле су кубну структуру Cu<sub>2-x</sub>Se, са енергетским опсезима од 1,98–2,28 eV. Филмови депоновани при 80 °C показали су најбољу комбинацију уједначености, проводљивости и оптичких својстава, наглашавајући важност контроле температуре за прилагођавање перформанси материјала.

### **Метални комплекси са Шифовим базама**

У овом раду описана је синтеза два нова комплекса 2-ацетилпиридин-аминогуанидина (L) са цинком(II) и кадмијумом(II), односно [Zn(L)(NCO)2] и [{Cd(L)Cl(μ-NCO)}2]. Њихова структура је одређена XRD анализом, док је спектроскопска карактеризација обухватила и два претходно синтетисана комплекса: ([Zn(L)(NSC)2] и [Cd(L)Cl2]). IR и Раман спектри открили су фононске модове са повећаним интензитетима у опсегу 1000-1700 cm<sup>-1</sup> за сва четири узорка. Анализа фотолуминесценције је показала три пика, при чему се интензитет значајно мењао заменом [Cl]<sup>-</sup> лиганда са [NCO]<sup>-</sup>. Други [NCO]<sup>-</sup> лиганд је додатно појачао фотолуминесценцију у целом опсегу. Ови резултати пружају бољи увид у интеракцију електрона и фонона и проширују могућности примене металних комплекса.

### **Оптичка и електрична својства монокристала раслих техником Чохралски и Бриџман**

Проучавани су монокристали добијени методом раста кристала по Чохралском (Czochralski) и по Бриџману (Bridgman). Израчунати су критични дијаметар и критична стопа ротације, а одређени су и погодни раствори за полирање и нагризање. При карактеризацији добијених монокристала је коришћен низ експерименталних метода: дифракција X - зрака, инфрацрвена и Раманова спектроскопија, спектроскопска елипсометрија. Ови материјали, захваљујући великој разноврсности физичких особина имају велику примену у електронским и оптоелектронским уређајима, где је неопходно да кристали имају малу густину дислокација и велику оптичку хомогеност. Стога се велика пажња посвећује начину и условима добијања узорка. Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub> кристали су добијени по методи Чохралског из високо чистих полазних Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and GeO<sub>2</sub> оксида и оксида мање чистоће и анализирани су уз помоћ XRD, Раман и ИЦ спектроскопије. Индекси преламања су одређени методом елипсометрије. Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub> кристал прозирно жуте боје је на основу магнетно оптичког квалитета чак 10 пута бољи од комерцијалног материјала. Сврха је била да се утврди минимална чистоћа оксида неопходних за производњу Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub> сензорског кристала. Снижење цена поступка производње кристала је један од главних циљева који треба

да буде испуњен, да би могао да се користи и угради као оптички сензор на основу Фарадејевог ефекта.

Посебно треба истаћи добијање оксидних кристала итријум-алуминијум гарнета (YAG,  $Y_3Al_5O_{12}$ ) и неодимијумом допираног итријум-алуминијум гарнета (Nd:YAG) доброг оптичког квалитета методом Чохралског, и њихову карактеризацију Раман и инфрацрвеном спектроскопијом. Показана је јака метал-кисеоник вибрација карактеристична за везу Al-O.

Модификованом вертикалном методом по Брицману у вакууму је добијен високо квалитетни монокристал  $CaF_2$ . Добијени кристал је испитиван Раман и инфрацрвеном спектроскопијом. Кристална структура је потврђена рендгеноструктурном анализом. Концентрација дефеката кисеоника у кристалу је испитивана фотолуминесцентном спектроскопијом. Помоћу ових метода је процењен оптички квалитет добијеног монокристала и утврдило се да је добар, јер само монокристал доброг оптичког квалитета може даље да се угради у полимерну матрицу и да се добије композит са побољшаним термичким и механичким, а очуваним оптичким својствима.

Брицмановом методом су добијени и монокристали  $CdTe_{0.97}Se_{0.03}$  и  $CdTe_{0.97}Se_{0.03}+1.2 \text{ at.}\%In$ , чија карактеризација је вршена далеком инфрацрвеном спектроскопијом на различитим температурама. Анализа спектра је вршена фитовањем базираним на диелектричној функцији која укључује просторну расподелу слободних носилаца као и утицај плазмон-фонон интеракције. Показано је да оптички фонони мешаних кристала показују двомодно понашање, а утврђен је и локални мод индијума. У оба случаја је утврђено присуство површинског слоја са ниском концентрацијом носилаца.

### **Пластично деформисани метали и металне легуре**

Изучавају се оптичка својства бакра и легуре бакар-алуминијум подвргнутих екстремној пластичној деформацији поновљеном употребом једнакоканалне угаоне пресе, у циљу побољшања механичких својстава материјала. Трослојни модел је коришћен за израчунавање дебљине спонтано насталог бакар оксида из елипсометријских мерења. Рамановом спектроскопијом су регистрована два типа линија, уске и широке, што указује на постојање нанокристалних структура бакра и бакар оксида, окружених са свих страна аморфним фазама. Пластична деформација бакра није довела до потпуне аморфизације узорка. Код легуре бакар-алуминијум је утврђено да је степен аморфизације већи у трансверзалној него у лонгитудиналној равни. Финални узорак има полифазну структуру са нехомогеним уређењем фаза.

### **Четворокомпонентни системи**

Изучаване су оптичке особине разблажених магнетних полупроводника  $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$  и  $Zn_{1-x}Mn_xSnSb_2$ , као и халкогенида  $Cu_2FeSnS_4$ . Наночестице  $Cu_2FeSnS_4$  су синтетисане механохемијским путем, и Раманова спектроскопија је коришћена за систематско одређивање вибрационих својстава ових система и испитивање утицаја времена млевења на исте тј на чистоћу нанокристала материјала. Поред модова основног кристала уочени су и модови који припадају FeS и SnS фазама, који слабе и на крају се губе са повећањем времена млевења. После млевења од 90 минута остају само модови основног кристала.

Рамановом спектроскопијом су изучаване фононске особине и  $Zn_{1-x}Mn_xSnSb_2$ , не би ли се утврдило како додаток Mn утиче на оптичка и структурна својства  $ZnSnSb_2$ . Фононска својства  $ZnSnSb_2$  као и MnSb су по први пут одређивана. На основу помака фонона  $ZnSnSb_2$  нађено је да се одређена количина Mn уградила у решетку кристала и формирала  $Zn_{1-x}Mn_xSnSb_2$ .

Инфрацрвеном спектроскопијом се изучавао утицај фактора пригушења на интеракцију плазмона и два фонона у  $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$ . Откривена је специфична природа фреквенција спрегнутих фонона. При високим пригушењима, постојање фонона у региону између ТО и ЛО фреквенција није примећено за плазмон-два-фонона интеракцију, супротно случају за плазмон-фонон интеракцију.

### **Слојевити III-V полупроводници допирани јонима прелазних метала**

Слојевити полупроводници, па међу њима и  $\gamma$ -InSe, су од великог значаја како за фундаментална, тако и за примењена истраживања јер имају изузетно анизотропне оптичке и електронске особине и инертне базалне пљосни. Због ових особина, слојевити полупроводници се често користе као фотохемијске електроде. Индијум селенид, са директним енергетским процепом у блиском инфрацрвеном опсегу енергија је атрактиван материјал у области конверзије соларне енергије. Овај рад представља допринос истраживању утицаја примеса на оптичке особине  $\gamma$ -InSe, посебно на оптички процеп и електронске нивое. Мерења фотолуминесценције су потврдила плави помак енергијских нивоа у валентној зони и постојање дубоких примесних стања. Енергијски прелази чистог и допираног кристала су изучавани спектроскопском елипсометријом, где је утврђен велики број прелаза у нискоенергијском опсегу, повезаних са дефектним и примесним стањима, док је у нискоенергијском опсегу регистрован плави помак енергијских стања.

### **Примена неорганских филмова у соларним ћелијама и фотодетекторима**

Соларне ћелије осетљиве на боје постају штедљива алтернатива конвенционалним фотоволтаицима заснованим на *p-n* споју. Главна компонента ових ћелија је фотоактивна анода направљена од дебелог филма  $TiO_2$  покривена слојем боје. У овом раду, припремљен је фотоанодни дебео филм  $TiO_2$  који садржи мезопорозне сфере, и изучавана применљивост оваквог филма у соларним ћелијама осетљивим на боју. Рамановом спектроскопијом је утврђено формирање анатас фазе након третирања са  $TiCl_4$ .

$Cr_2O_3$  је обећавајући кандидат за примену у новим MIS(I)M фотодетекторима. Одговарајући услови за депоновање ових филмова техником реактивног спатеровања тек треба дефинисати. Ту спадају парцијални притисак кисеоника, температура супстрата, време депоновања, а и одгревање. За сада је изучаван утицај парцијалног притиска на дебљину и нанооптичка својства танких филмова, низом техника: Рамановом, инфрацрвеном и УВ-ВИС спектроскопијом, микроскопијом атомске силе, дифракцијом X-зрака. Ова тема је започета у сарадњи са Louissom Reissig са Frei Universität-a Berlin.

### **Транспорт јона алкалних метала у DXE гасу**

Др Гилић се прикључила колегама из Групе за гасну електронику (др Никитовић, др Стојановић, др Распоповић), који се дуже време баве изучавањем транспорта позитивних јона у гасним пражњењима. Овде су изучаване транспортне особине јона алкалних метала  $K^+$ ,  $Na^+$  и  $Li^+$  у DXE (1,2 - диметоксиетан) гасу, који се користи као катализатор у физици чврстог стања и као прекурсор у производњи керамике. Изабране су највероватније реакције јона алкалних метала са молекулом DXE гаса и његовим фрагментима, и израчунате одговарајуће енталпије формирања продуката.

### Стакло-керамика на бази титаната

Сфенска стакло-керамика ( $\text{CaTiSiO}_5$ ), перспективан материјал за матрикс керамике и имобилизацију нуклеарног отпада, синтетисана је из мешавине  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$ . Након топљења на  $1400\text{ }^\circ\text{C}$ , хлађења и поновног млевења, материјал је кристализован термичким третманом, при чему је чиста монофазна сфенска стакло-керамика добијена на  $800\text{ }^\circ\text{C}$  за 4 сата. Морфологија праха анализирана је помоћу SEM-а, а развој фазног састава праћен XRD, FT-IR, Раман и термичким анализама.

## 3. Елементи за квалитативну анализу рада

### 3.1. Квалитет научних резултата

#### 3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

У свом досадашњем раду, др Гилић је објавила 45 научних радова са ISI листе. Од тог броја, 3 рада спадају у категорију M21A (међународни часописи изузетних вредности), 12 су M21 категорије (врхунски међународни часописи), 24 су M22 категорије и 6 спадају у категорију M23. Објављен је и један рад у водећем часопису националног значаја M51, као и 7 поглавља у монографијама. Одржала је више предавања на међународним конференцијама, од којих су два по позиву.

Након избора у научно звање виши научни сарадник, Др Гилић је објавила 10 радова са ISI листе. Од тог броја, 3 рада спадају у категорију M21 (врхунски међународни часописи), док су 7 радова M22 категорије. У овом периоду је кандидаткиња објавила и поглавље у монографији, а и одржала више предавања на међународним конференцијама.

Као пет најзначајнијих радова кандидаткиње издвајамо:

1. **M. Gilic**, M. Ghobara, L. Reissig, "Tuning SERS Signal via Substrate Structuring: Valves of Different Diatom Species with Ultrathin Gold Coating", *Nanomaterials* 13 (2023) 1594.
2. **M. Gilic**, J. Trajic, N. Romcevic, M. Romcevic, D. V. Timotijevic, G. Stanisic, I. S. Yahia, "Optical properties of CdS thin films", *Optical Materials* 35 (2013) 1112-1117.
3. **M. Gilic**, N. Romcevic, M. Romcevic, D. Stojanovic, R. Kostic, J. Trajic, W. D. Dobrowolski, G. Karczewski, R. Galazka, "Optical properties of CdTe/ZnTe self-assembled quantum dots: Raman and photoluminescence spectroscopy", *Journal of Alloys and Compounds* 579 (2013) 330-335.
4. **M. Gilić**, M. Petrović, R. Kostić, D. Stojanović, T. Barudžija, M. Mitrić, N. Romčević, U. Ralević, J. Trajić, M. Romčević, I. S. Yahia, "Structural and optical properties of  $\text{CuSe}_2$  nanocrystals formed in thin solid Cu-Se film", *Infrared Physics & Technology* 78 (2016) 276-284.
5. M. Romcevic, **M. Gilic**, L. Kilanski, W. Dobrowolski, I. Fedorchenko, S. F. Marenkin, N. Romcevic, "Phonon properties of  $\text{ZnSnSb}_2$  +Mn semiconductors: Raman spectroscopy", *Journal of Raman Spectroscopy* 49 (2018) 1678-1685.

У првом раду (*Nanomaterials* 2023) Др Гилић детаљно изучава улогу различитих дијатомеја као хибридних супстрата за Површински појачану Раманову спектроскопију. Супстрати базирани на три врсте дијатомеја са круцијално различитим структурним параметрима, пресвучени танким хомогеним слојем злата, показали су знатно појачање Рамановог сигнала, где степен појачања зависи управо од структурних параметара. Експериментални резултати су потврђени и



нумеричком анализом (метода коначних елемената). Утврђено је да резонанција вођених модова вероватно није једини механизам који доприноси појачању сигнала.

У другом раду (Optical Materials 2013) кандидаткиња је дала кључни допринос карактеризацији оптичких и структурних својстава танких филмова кадмијум сулфида различите дебљине. Инфрацрвени спектри су анализирани коришћењем нумеричког модела за израчунавање коефицијента рефлексije сложених система који укључују филм и супстрат. По први пут је диелектрична функција танког филма CdS анализирана помоћу Maxwell-Garnet-ове формуле као смеша хомогених сферних инклузија у ваздуху. Интензитети Раманових спектра су анализирани помоћу исте формуле, и добило се веома добро слагање између примењеног модела и експерименталних података. Интересантно је напоменути да су филмови високог квалитета добијени једноставном методом вакуумског напаравања, што смањује цену производње за потенцијалну примену у оптоелектроници и пиезоелектроници.

У трећем раду (Journal of Alloys and Compounds 2013) др Гилић врши детаљну анализу резултата спектроскопских мерења хетероструктура CdTe/ZnTe. Због велике разлике у параметрима решетке, овакве структуре погодују формирању квантних тачака. Научни допринос кандидаткиње у овом раду је расветљавање природе мултифононских процеса уочених током фотолуминесцентних и Раманових мерења. Утврђено је да зависе од температуре и енергије побуде (тј. таласне дужине ласера). Када се енергија расејаног фотона приближи енергији забрањене зоне ZnTe, одговарајући Раманов мод постаје резонантно појачан. Даље, апроксимацијом ефективне масе израчунат је дијаметар квантних тачака CdTe – 4.3 nm, што је знатно мање од Боровог радијуса ексцитона CdTe који износи 10 nm. Овај и претходни рад резултат су докторске дисертације кандидаткиње.

У четвртом раду (Infrared Physics and Technology 2016) кандидаткиња детаљно изучава оптичка и структурна својства овај пут двофазних танких филмова. Раманова и инфрацрвена спектроскопија су коришћене за идентификацију и квантификацију две фазе. Помоћу модела за конфајнмент оптичких фонона одређиване су величине честица CuSe<sub>2</sub> фазе, при чему је утврђено да се димензије честица повећавају са повећањем дебљине филма. Иако је овај модел ограничен на наночестице правилног сферног облика, показало се да он даје добре резултате и код реалних нанокристала који су неправилног облика.

У петом раду (Journal of Raman Spectroscopy 2018) кандидаткиња даје кључан допринос карактеризацији четворокомпонентног система Zn<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>SnSb<sub>2</sub> Рамановом спектроскопијом. Додатак Mn оваквим материјалима омогућава формирање магнетних кластера, одговорних за високотемпературни феромагнетизам. Показано је да су ово вишефазни материјали. На основу величине и облика сложених микроструктура које се састоје од различитих фаза и кластера, могу се идентификовати дисперзивне, дуплекс и триплекс микроструктуре. Фононска својства ZnSnSb<sub>2</sub> и MnSb су први пут експериментално регистрована. На основу помака фонона ZnSnSb<sub>2</sub>, утврђено је да се одређена количина Mn уграђује у решетку основног материјала где формира чврст раствор Zn<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>SnSb<sub>2</sub>.

### 3.1.2. Позитивна цитираност научних радова кандидаткиње

На дан 11.12.2024. године, према бази података Scopus др Гилић има 444 цитата. Према овој бази података, њен *h* фактор је 13. Према бази података Google Scholar, број цитата кандидаткиње на исти дан износи 575.

### 3.1.3. Параметри квалитета часописа

Од последњег избора у звање, тј. у периоду између 2020. и 2024. године, др Гилић је објавила 10 радова, и то: 3 у М21 и 7 у М22. Укупан импакт фактор радова кандидаткиње од последњег избора у звање износи 30,11. Часописи у којима кандидаткиња публикује цењени су и угледни у одговарајућим областима. Даље је дат списак часописа са одговарајућим импакт факторима за одговарајућу годину публикације.

- Physica E: Low - Dimensional Systems and Nanostructures (3,112 – 2021; 3,369 - 2020) М22
- Nanomaterials (5,3 – 2023) М21
- Chemosensors (4,0 – 2022) М21
- Science of Sintering (1,4 -2024; 1,5 – 2022; 1,172 -2020) М22
- Optical Materials (3,69 - 2023) М21
- Optical and Quantum Electronics (2,47 - 2022) М22
- Materials Chemistry and Physics (4,094 - 2020) М22

### 3.1.4. Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова

Од 45 објављених радова, др Гилић је први аутор на 6 радова, други на 11 радова, док је на једном раду последњи аутор.

На радовима објављеним након избора у тренутно научно звање, др Гилић је водећи аутор на једном раду, други аутор на 2 рада, и последњи аутор на једном научном раду.

На свим радовима на којима се налази, кандидаткиња је учествовала у конкретној формулацији проблема, експерименталном раду-мерењима, обради резултата мерења, тумачењу истих, примени теоријских модела. Др Гилић 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. Др Гилић се самостално повезала са групом Др Петраушкине са Технолошког факултета Каунас, Литванија, што је резултовало објављивањем три научна рада, саопштењима на неколико научних конференција, као и планираном Ерасмус посетом. Сарађивала је и са теоријском групом др Жељке Никитовић око транспортних особина алкалних метала у гасу, где је њен интердисциплинарни приступ доктора физичкохемијских наука посебно дошао до изражаја. Пројектни задатак "Нанооптички ефекти у подешавању радних перформанси диференцијалних фотодетектора сачињених од  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ " који је иницијално започет ради добијања DAAD стипендије и краћег академског боравка на Freie Universität-у у Берлину отворио је пут за постдок од 2020. до 2023. године и дуготрајну сарадњу ове две престижне институције.

### 3.1.5. Патенти

Др Гилић је коаутор једног патентног решења:

П. Коларж, М. Ђурчић, М. Гилић, Б. Хаџић, *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.

### **3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова**

Током свог постдока на *Frei Universität*-у у Берлину, кандидаткиња је активно учествовала у осмишљавању задатака везаних за докторску тезу студента докторских студија Мохамеда Гхобаре, консултацијама и сугестијама (*Freie Universität Berlin*, 2025. године).

Др Гилић је значајно помогла колегиници др Јелени Митрић при изради докторске дисертације (Факултет за Физичку хемију, 2021. године).

Др Мартина Гилић је сарађивала и значајно помогла др Николи Тасићу са Института за мултидисциплинарна истраживања при изради докторске дисертације (Технолошко - металуршки факултет, Универзитет у Београду 2017. године).

Др Мартина Гилић је помогла др Хани Ибрахим Елсвије око израде докторске дисертације (Технолошко – металуршки факултет, Универзитет у Београду 2017. године).

Др Мартина Гилић је помогла око израде тезе др Стевану Димитријевићу (Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду 2015. године).

### **3.3. Нормирање броја коауторских радова, патентних и техничких решења**

Као што је већ речено, кандидаткиња је од избора у претходно научно звање објавила 10 научних радова у међународним часописима, од тога 3 у категорији M21 и 7 M22 категорије. Укупан број поена ових радова је 59. Нормирањем ових поена по формули датом у правилнику, њихов број се смањује на 53,5.

### **3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима**

У оквиру националног пројекта из области интегралних и интердисциплинарних истраживања III45003 “Оптоелектронски нанодимензиони системи – пут ка примени”, финансираним од Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, др Гилић је руководила потпројектом “Синтеза наноматеријала и структура”.

Учесник је пројекта који се реализује у оквиру билатералне сарадње, а на основу Споразума о научној сарадњи између Института за физику Пољске академије наука и Института за физику у Београду.

Током боравка на *Frei Universität*-у у Берлину, у оквиру DFG пројекта: *Diatom frustules as nature-designed building blocks for photonic applications* Др Гилић је руководила задацима везаним за примену дијатомеја у Површински појачаној Рамановој спектроскопији.

### **3.5. Активност у научним и научно – стручним друштвима**

Др Гилић је чланица Српског керамичког друштва, као и Српског огранка Америчког керамичког друштва.

Др Гилић је чланица едиторијалног одбора часописа *American Journal of Optics and Photonics (AJOP)*.

Др Гилић је рецезент у већем броју међународних часописа: *Materials Science in Semiconductor Processing, SciFed Journal of Metallurgical Science, Engineering Science and Technology, Processing and Application of Ceramics, Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*.

Др Гилић је била члан организационог одбора конференције КОНГРЕС МЕТРОЛОГА 2015, Златибор, 12-15. октобар 2015. године.

Након избора у претходно звање, др Гилић је одржала предавање по позиву:

M. Gilic, M. Ghobara and L. Reissig, *"Photonic crystal behavior of biosilica – influence of frustule's morphology on SERS sensitivity"*, 15<sup>th</sup> Photonics Workshop: Kopaonik, March 13 – 16, 2022.

### **3.6. Утицајност научних резултата**

Утицајност научних радова др Мартине Гилић детаљно је описана у одељку 3.1. овог документа.

### **3.7. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова**

Др Мартина Гилић је у својој досадашњој научној каријери објавила 45 научних радова у међународним часописима, 1 рад у часопису националног значаја, 8 поглавља у монографијама. Од тога, 3 рада су категорија M21A, 12 су M21, 25 M22 док их је 6 M23. На 6 публикација др Гилић је први аутор, други је на 11, и кореспондент аутор на две.

Након избора у тренутно научно звање, Др Гилић је објавила 10 радова са ISI листе. Од тог броја, 3 су M21 категорије (врхунски међународни часописи) и 7 су M22 категорије. Од овог броја, кандидаткиња је први аутор на једној публикацији, други на 2, а на једној публикацији је кореспондент аутор. У овом периоду је објавила и поглавље у монографији.

На свим овим радовима др Гилић је активно учествовала, од формулације проблема до финалног решавања уз комуникацију и сарадњу са осталим коауторима, где се истакла као вешт координатор. Пошто је реч о експерименталној физици, постављање и извођење експеримента представља значајан део кандидаткињине научне активности, у шта спада припрема апаратуре и припрема узорка за експеримент, али и обрада резултата мерења уз коришћење одговарајућих теоријских модела, као и теоријске симулације.

### **3.8. Уводна предавања на конференцијама и друга предавања**

Др Гилић је одржала два предавања по позиву:

Martina Gilić and Milica Ćurčić, *Optical and structural properties of nanostructured semiconductors*, The Seventh Serbian Ceramic Society Conference - Advanced Ceramics and Application, September 17-19, 2018, Belgrade, Serbia, Program and The Book of Abstracts, INV-OGЕ4, 51-52.

M. Gilic, M. Ghobara and L. Reissig, *"Photonic crystal behavior of biosilica – influence of frustule's morphology on SERS sensitivity"*, 15<sup>th</sup> Photonics Workshop: Kopaonik, March 13 – 16, 2022.

#### 4. Елементи за квантитативну анализу рада

Остварени резултати након одлуке Научног већа о предлогу за стицање тренутног научног звања:

Категорија	Број радова	Број бодова по раду	Укупан број бодова	Укупан број нормираних бодова
<b>М13</b>	1	7	7	7
<b>М21</b>	3	8	24	20,38
<b>М22</b>	7	5	35	33,12
<b>М32</b>	1	1,5	1,5	1,5
<b>М33</b>	2	1	2	2
<b>М34</b>	4	0,5	2	2
<b>Збир</b>			71,5	66

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

Минималан број М бодова		Остварено	Остварено нормираних
укупно	25	71,5	66
М10+М20+М31+М32+М41+М42	20	68,5	63
М11+М12+М21+М22+М23+М24	15	59	53,5

Према бази података Scopus др Гилић има 444 цитата, са  $h$  фактором 13.

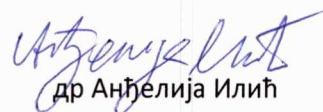
## Закључак

С обзиром на разноврсност и оригиналност научних достигнућа др Мартине Гилић, сматрамо да је кандидаткиња стекла високу научну зрелост и научну компетентност. Кандидаткиња испуњава како квалитативне тако и квантитативне услове за реизбор у звање виши научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије.

**Због тога нам је изузетно задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за реизбор др Мартине Гилић у звање виши научни сарадник.**

У Београду, 20. 2. 2025.

Чланови комисије:



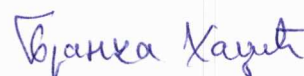
др Анђелија Илић  
научни саветник

Институт за физику у Београду



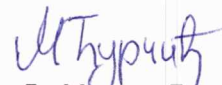
др Зорица Лазаревић  
научни саветник

Институт за физику у Београду



др Бранка Хаџић  
виши научни сарадник

Институт за физику у Београду



др Милица Ђурчић  
виши научни сарадник

Институт за физику у Београду



др Душан Поповић  
редовни професор

Физички факултет Универзитета у Београду