

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за реизбор др Јелене Трајић у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику Београд, одржаној 13.07.2021. године именовани смо у комисију за реизбор др Јелене Трајић у звање виши научни сарадник, у следећем саставу:

1. др Небојша Ромчевић, научни саветник Института за физику
2. др Милан Тадић, редовни професор електротехничког факултета
3. др Биљана Бабић, научни саветник Института за физику.

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

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци о кандидату

Др Јелена Трајић (девојачко Миљковић) рођена је 19.07.1964. године у Београду, где је завршила основну и средњу школу. На Електротехничком факултету у Београду, на одсеку Техничка физика, смеру Физика материјала дипломирала је 1989. године са темом *Полимерни материјали у електроници*, код проф. Дејана Раковића. Последипломске студије на Електротехничком факултету, на смеру Физичка електроника чврстог стања и плазме успешно је окончала 1995. године одбраном магистарске тезе под називом *Проучавање фазног прелаза код PbS-PbTe полупроводних легура спектроскопским методама* под менторством проф. др Зорана Поповића. Докторску дисертацију *Оптичке, структурне и галваномагнетске особине чврстих раствора PbTe_{1-x}S_x и Pb_{1-x}Mn_xTe* одбранила је 2005. године на Електротехничком факултету. Ментори тезе били су проф. др Јован Радуновић и др Небојша Ромчевић.

Од 1990. године ради у Институту за физику у Београду. У звање истраживач сарадник изабрана је 1995. Године, 28.02.2006. године је изабрана у звање научни сарадник, 22.12.2010. године је изабрана у звање виши научни сарадник и 28.09.2016. године реизабрана је у звање виши научни сарадник.

Све време рада у Институту за физику др Јелена Трајић је била ангажована на пројектима Министарства за науку Републике Србије као и на међународним пројектима.

До краја пројектног циклуса Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије била је ангажована на пројекту Интегралних интердисциплинарних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: *Оптоелектронски нанодимензиони системи – пут ка примени*, број III 45003 (2011-2020.) којим је руководио др Небојша Ромчевић. У оквиру овог пројекта руководила је потпројектом *Карактеризација наночестица и наноструктура*.

2. Преглед научне активности

Научни рад др Јелене Трајић је везан за област физике материјала, у оквиру које се бави физиком полупроводних кристала, танких филмова, наночестица и наноструктура. Научне активности обухватају експериментални рад, обраду резултата, моделовање и теоријску анализу испитиваних материјала. Такође, бави се и примењеним истраживањима.

У Институту за физику др Јелена Трајић је била ангажована на пројектима Министарства задуженог за науку Републике Србије као и на међународним пројектима.

Према материјалима који су предмет изучавања, научне активности др Јелене Трајић се могу сврстати у следеће области:

- Транспортне и оптичке особине ускозонских полупроводних материјала на основи олово-телурида.
- Оптичке особине полумагнетних полупроводних II-VI материјала.
- Оптичке особине танких филмова, наночестица и наноструктура.
- Оптичке особине материјала анализираних у оквиру сарадње са колегама из других научних институција.

Следи приказ најбитнијих научних резултата које је кандидаткиња остварила у оквиру поменутих истраживања.

2.1. Транспортне и оптичке особине ускозонских полупроводних материјала на основи олово-телурида

Олово-телурид је веома осетљив на допирање различитим примесима. Приликом допирања долази до појаве нових и другачијих, односно измењених особина материјала. Мала ширина забрањене зоне омогућује промену спектра и промену стања материјала, коришћењем реално достижних вредности физичких параметара (притисак, магнетно и електрично поље итд.). Избором врсте и количине примесе се може у широком опсегу утицати на његове електричне, оптичке, магнетне и друге особине. На тај начин се код олово-телурида јављају и потпуно нове значајне особине као што су стабилизација Фермијевог нивоа, постојање дуговремених релаксационих процеса и задржана фотопроводност. У примењеним истраживањима ова једињења се широко користе у инфрацрвеној оптоелектроници. Употребљавају се при изради фотодиода и фотоотпорника, а такође се као и остали полупроводници типа $A^{IV}B^{VI}$ и њихове легуре,

превасходно примењују у области пасивних ИЦ пријемника и диодних ласера високе резолуције. Ови материјали, допирани различитим металима у циљу смањења концентрације слободних носилаца, интензивно се изучавају како би били погодни за израду инфрацрвених детектора отпорних на нуклеарно зрачење.

Јелена Трајић се бавила истраживањем олово-телурида допраног сумпором, манганом, никлом, кобалтом, хромом и силицијумом. Применом галваноманетних мерења, далеке инфрацрвене спектроскопије и Раман мерења детаљно је испитала особине ових система. Проучавала је електрон-фонон интеракције, са посебним нагласком на интеракције плазмона и више фонона, при чему је развила модел за анализу спектра рефлексије за случај плазмон-мулти фонон интеракције. На овај начин су поред значајног доприноса у експерименталном регистровању оптичких особина ових система, са јединствене позиције објашњене фононске и галваноманетне особине. Из ове области је после реизбора објављен рад:

- **J. Trajic**, N. Paunovic, M. Romcevic, V.E. Slynko, Jasna L. Ristic-Djurovic, W.D. Dobrowolski, N. Romcevic, *Far infrared spectra of Si doped PbTe single crystals*, Optical Materials 91, 195-198 (2019).

2.2. Оптичке особине полумагнетних полупроводних II-VI материјала

Полупроводници типа $A^{II}B^{VI}$ се интензивно истражују услед велике могућности примене у оптоелектронској индустрији.

Поликристалан $ZnSnSb_2 + Mn$ је проучаван у циљу објашњавања повезаности између високе концентрације слободних носилаца и структуре и њиховог утицаја на оптичке особине материјала. Приликом анализе су коришћени XRD, оптичка микроскопија, AFM и IR спектроскопија. Регистровано је постојање неколико различитих фаза ($ZnSnSb_2$, $ZnSb$, $SnSb$), мали удео Sn и MnSb. Ове фазе формирају различите микроструктуре што је повезано са великим неправилностима у структури решетке. Установљено је да висока концентрација слободних носилаца проузрокује велики број дефеката. Такође је установљено да у овом систему долази до плазмон-мулти фонон интеракције. Резултат остварен после реизбора је представљен у публикацији:

- M. Romcevic, N. Paunovic, U. Ralevic, J. Pesic, J. Mitric, **J. Trajic**, L. Kilanski, W. Dobrowolski, I. V. Fedorchenko, S. Fedorovich Marenkin, N. Romcevic, *Plasmon – Phonon interaction in $ZnSnSb_2 + Mn$ semiconductors*, Infrared Physics and Technology 108, 103345 (2020).

$CdGeAs_2$ је значајан материјал због примене у оптоелектроници. Сама примена је повезана са квалитетом кристалне решетке. Снимани су и анализирани Раман и FIR спектри $Cd_{1-x}Mn_xGeAs_2$. Установљено је да допирање малом концентрацијом мангана ($x = 0.004$) доводи до врло благе деформације решетке $CdGeAs_2$ и значајно смањује појаву дефеката GeAs. Резултат истраживања остварен после реизбора је представљен у публикацији:

- M. Romcevic, N. Romcevic, **J. Trajic**, L. Kilanski, W. Dobrowolski, I. V. Fedorchenko, S. F. Marenkin, *Defects in $Cd_{1-x}Mn_xGeAs_2$ lattice*, Journal of Alloys and Compounds 688, 56-61 (2016).

2.3. Оптичке особине танких филмова, наночестица и наноструктура

Структурне и оптичке особине танких филмова $CdTe$ су испитиване применом AFM, XRD, FIR и Раман спектроскопије. И у овом случају је приликом анализе спектра рефлексије коришћен модел који укључује филм и супстрат. Ефективна пермеабилност је моделована Maxwell-Garnet-овом апроксимацијом. Регистровано је постојање површинског оптичког фонона (SOP) као и спрегнути плазмон-SOP модови. Резултат истраживања остварен после реизбора је публикован у:

- J. Mitric, N. Paunovic, M. Mitric, B. Vasic, U. Ralevic, **J. Trajic**, M. Romcevic, W.D. Dobrowolski, I.S. Yahia, N. Romcevic, *Surface optical phonon – Plasmon interaction in nanodimensional CdTe thin Films*, Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 104, 64-70 (2018).

Двофазни танки филмови $CuSe$ су испитивани применом FESEM, UV–VIS–NIR и фотолуминисцентне спектроскопије. Ове методе су коришћене за идентификацију и квантификацију две фазе. Помоћу модела за конфајнмент оптичких фонона одређиване су величине честица $CuSe_2$ фазе. UV-VIS спектроскопијом су добијене вредности забрањених зона обе фазе. Фотолуминесцентним мерењима на ниским температурама је детектован дефектни ниво селена-негативни U-центар. Резултати остварени после реизбора су публиковани у:

- 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 CuSe2 nanocrystals formed in thin solid Cu–Se film*, Infrared Physics & Technology 76, 276–284 (2016),
- M. Petrović, M. Gilić, J. Ćirković, M. Romčević, N. Romčević, **J. Trajić**, I. Yahia, *Optical Properties of CuSe Thin Films – Band Gap Determination*, Science of Sintering, 49, 167-174 (2017).

Истраживане су и наночестице у одговарајућим матрицама и нано-структуре. Проучавани су утицаји температуре, магнетног поља, таласне дужине и снаге ласера на оптичке особине наноматеријала. Добијени резултати су моделовани и објашњени.

Изучаване су оптичка и структурна својства наночестица $CdSe$ у стакленој матрици добијене оригиналном техником која комбинује загревање и озрачивање УВ ласером. Узорци су анализирани применом AFM и UV–VIS апсорпционих мерења. Резултати проучавања фотолуминисценције $CdSe$ квантних тачака у стакленој матрици и морфологија њихових површина су представљени у:

- M.Gilic, R. Kostic, D. Stojanovic, M. Romcevic, B. Hadzic, M. Petrovic, U. Ralevic, Z. Lazarevic, **J. Trajic**, J. Ristic-Djurovic, J. Ćirkovic, N. Romcevic, *Photoluminescence spectroscopy of CdSe nanoparticles embedded in transparent glass*, Optical and Quantum Electronics 50:288 (2018).

Наночестице ZnS које су добијене високоенергетским млевењем су испитиване применом дифракције X-зрака, SEM и HRTEM микроскопије, Раман и FIR спектроскопије. Испитиван је утицај времена млевења на својства наночестица. Одређене су димензије наночестица и њихова дефинисаност. Мале димензије квантних тачака доводе до јаког конфинирајућег режима. У циљу испитивања конфинирања оптичких фонона у

квантним тачкама коришћен је модел ефективног медијума. Такође су испитиване и структурне и оптичке особине *ZnS/ Poli (metil metakrilat)* применом XRD, SEM, TEM, HRTEM, FIR и Раман спектроскопије. Анализа Раман спектра је вршена моделом заснованим на теорији ефективног медијума. Утврђено је присуство површинског оптичког фонона, чији облик и позиција зависе од врсте композита. Резултати су публиковани у:

- **J. Trajić**, M. Romčević, N. Romčević, B. Babić, B. Matović, P. Balaž, *Far-infrared spectra of mesoporous ZnS nanoparticles*, *Optical Materials* 57, 225-230 (2016),
- M. Curcic, B. Hadzic, M. Gilic, V. Radojevic, A. Bjelajac, I. Radovic, D. Timotijevic, M. Romcevic, **J. Trajic**, N. Romcevic, *Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites*, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* 115, 113708 (2020).

Полуманетне полупроводне наночестице $Cd_{1-x}Mn_xS$ добијене методом колоидне хемије су испитиване применом Раман спектроскопије. Детаљно је испитан утицај састава, као и таласне дужине и снаге ласера на оптичке особине овог наноматеријала. Резултати су публиковани у:

- M. Petrović, M. Romčević, R. Kostić, N. Romčević, W. D. Dobrowolski, **M. Gilić**, B. Hadžić, J. Trajić, D. Stojanović, Z. Lazarević, *Optical properties of $Cd_{1-x}Mn_xS$ nanoparticles: off-resonance Raman spectroscopy* *Optoelectronics and advanced materials-rapid communications* 10, 177-179 (2016).

Проучаване су и *ZnO@ZnS* core-shell наноструктуре са применом дифракције X-зрака, Раман и далеке инфрацрвене спектроскопије. Регистрован је *top* површински оптички фонон мод (TSO) у ZnO који је карактеристичан за цилиндричне нано-објекте, као и површински оптички фонон мод (SOP) у ZnS. Такође су регистровани SOP модови у *ZnO@ZnS* core-shell наноструктури, као и локални модови који потичу од кисеоника у ZnS и *gap* мод сумпора у ZnO. Услед постојања активног слоја у простору између ZnO језгра и ZnS љуске ова истраживања су веома важна због примене ових материјала у термоелектроници. Истраживање је публиковано у:

- B. Hadzic, B. Matovic, M. Randjelovic, R. Kostic, M. Romcevic, **J. Trajic**, N. Paunovic, N. Romcevic, *Phonons investigation of ZnO@ZnS core-shell nanostructures with active layer*, *Journal of Raman Spectroscopy* 52, 616-625 (2021).

Еуропијумом је допиран нанопрах $Gd_2Zr_2O_7$, који је познат материјал као домаћин (*host*) за фотолуминесцентну примену. Узорци добијени SCS (Solution Combustion Synthesis) методом су анализирани применом AFM, FIR и Раман спектроскопије. Регистрована је електрон фонон интеракција која доводи до кршења селекционих правила и до појаве нових фонона. Уочена су два фонона која до сада нису била регистрована, и њихова позиција је у складу са уоченом електрон-фонон интеракцијом. Регистровани мултифононски процеси су директна последица допирања, а то условљава и појаву бочне траке фонона. Резултати су публиковани у:

- G. Krizan, M. Gilic, J.L. Ristic-Djurovic, **J. Trajic**, M. Romcevic, J. Krizan, B. Hadzic, B. Vasic, N. Romcevic, *Raman spectroscopy and electron-phonon coupling in Eu^{3+} doped $Gd_2Zr_2O_7$ nanopowders*, *Optical Materials* 73, 541-544 (2017),

- J. Mitric, J. Krizan, **J. Trajic**, G. Krizan, M. Romcevic, N. Paunovic, B. Vasic, N. Romcevic, *Structural properties of Eu³⁺ doped Gd₂Zr₂O₇ nanopowders: Far-infrared spectroscopy*, *Optical Materials* 75, 662-665 (2018).

Испитивана су својства YAG:Du (Итријум алуминијум граната допиран јонима диспрозијума) нанопраха и поређена са особинама YAG нанопраха и YAG монокристала. Морфологија, специфична површина, текстура и оптичка својства испитивани су применом SEM микроскопије, методом адсорпције азота и FIR спектроскопије. Установљено је да је и YAG допиран Ду као и недопиран YAG микропорозан. Регистроване су сферне, јасно дефинисане и одвојене наночестице. Такође је установљено да допирање YAG диспрозијумом не утиче значајно на вибрације решетке, али да доводи до смањења учестаности фонона у односу на учестаности фонона YAG нанопраха и YAG монокристала. Резултати су публиковани у:

- **J. Trajić**, M.S. Rabasović, S. Savić-Šević, D. Šević, B. Babić, M. Romčević, J.L. Ristić-Djurović, N. Paunović, J. Križan, N. Romčević, *Far-infrared spectra of dysprosium doped yttrium aluminum garnet Nanopowder*, *Infrared Physics & Technology* 77, 226–229 (2016).

Утицај локалног загревања проузрокованог ласером на MnO наночестице је проучаван применом AFM микроскопије и далеке инфрацрвене спектроскопије (FIR). Спектри рефлексије су анализирани применом Maxwell-Garnet апроксимације. Установљено је да ласерско срачење загревање доводи до конверзије делова MnO наночестица у MnO₂, Mn₃O₄ and MnOOH као и до формирања Mn на површини узорка. Резултати су публиковани у:

- B. Babic, B. Hadzic, I. Kuryliszyn-Kudelska, N. Paunovic, B. Vasic, W.D. Dobrowolski, M. Romcevic, **J. Trajic**, N. Romcevic, *Far-infrared spectroscopy of laser power modified MnO nanoparticles*, *Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications*, 13, 376-379 (2019).

2.4. Оптичке особине материјала анализираних у оквиру сарадње са колегама из других научних институција

У оквиру сарадње са колегама из других лабораторија испитиване су оптичке особине материјала којима се они баве. Поред снимања инфрацрвених спектра рефлексије и апсорпције и Раманових спектра дат је и допринос у њиховој анализи и објашњењу регистрованих оптичких карактеристика.

Током сарадње са колегама из Геотехничког института Словачке Академије наука проучаван је Cu₂FeSnS₄ (*stannite*) нанокристал добијен поступком механохемијске синтезе. Применом далеке инфрацрвене и Раман спектроскопије детаљно су проучена вибрациона својства овог система и одређен је утицај дужине времена млевења на формирање Cu₂FeSnS₄ нанокристала. Ова сарадња је настављена у оквиру COST акције *Mech@SusInd – Mechanochemistry for Sustainable Industry*. Резултати су представљени у:

- P. Baláž, M. Baláž, A. Zorkovská, I. Škorvánek, Z. Bujnáková, **J. Trajic**, *Kinetics of Solid-State Synthesis of Quaternary Cu₂FeSnS₄ (Stannite) Nanocrystals for Solar Energy Applications*, *Acta Physica Polonica A* 131, 1153-1155 (2017),

- **J. Trajic**, M. Romcevic, M. Petrovic, M. Gilic, P. Balaz, A. Zorkovska, N. Romcevic, *Optical properties of the mechanochemically synthesized Cu_2FeSnS_4 (stannite) nanocrystals: Raman study*, *Optical Materials* 75, 314-318 (2018),
- **J. Trajic**, M. Romcevic, N. Paunovic, M. Curcic, P. Balaz, N. Romcevic, *Far-infrared study of the mechanochemically synthesized Cu_2FeSnS_4 (stannite) nanocrystals*, *Infrared Physics & Technology* 90, 66–69 (2018).

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидата

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Јелена Трајић је у свом досадашњем раду објавила 57 радова у међународним часописима са ISI листе, од којих 8 у категорији M21a, 11 у категорији M21, 16 у категорији M22 и 22 у категорији M23. Поред ових радова објавила је и 2 рада у категорији M33, 26 у категорији M34, 2 у категорији M51 и 4 поглавља M14 у тематском зборнику међународног значаја M12.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања др Јелена Трајић је објавила 28 радова у међународним часописима са ISI листе и саопштења на међународним конференцијама од којих је један у категорији M21a, 3 у категорији M21, 10 у категорији M22, 6 у категорији M23, један у категорији M33, 3 у категорији M34 и 4 поглавља M14 у тематском зборнику међународног значаја M12.

Као пет најзначајнијих радова могу се узети:

- (1) **J. Trajić**, N. Romčević, M. Romčević, V. Nikiforov
Plasmon – phonon and plasmon – two different phonon interaction in $Pb_{1-x}Mn_xTe$ mixed crystals
Materials Research Bulletin, 42, 2192-2201 (2007).
M21, цитиран до сада 18 пута.
- (2) **J. Trajić**, N. Romčević, M. Romčević, D. Stojanovic, R. Rudolf, T.A. Kuznetsova and D.R. Khokhlov
Far – infrared study of impurity local modes in Co – doped PbTe
Journal of Alloys and Compounds, 493, 41– 46 (2010)
M21a, цитиран до сада 9 пута.
- (3) **J. Trajić**, R. Kostić, N. Romčević, M. Romčević, M. Mitrić, V. Lazović, P. Balaž, D. Stojanović
Raman spectroscopy of ZnS quantum dots
Journal of Alloys and Compounds 637, 401-406 (2015),
M21a, цитиран до сада 36 пута.
- (4) **J. Trajić**, M. Romčević, N. Romčević, B. Babić, B. Matović, P. Balaž
Far-infrared spectra of mesoporous ZnS nanoparticles
Optical Materials 57, 225-230 (2016),
M21, цитиран до сада 5 пута.

(5) N. Romčević, **J. Trajić**, M. Romčević, A. Golubović, S. Nikolić, V.N. Nikiforov
Raman spectroscopy of PbTe_{1-x}S_x alloys
Journal of Alloys and Compounds 387, 24-31 (2005),
M21, цитиран до сада 9 пута.

Др Јелена Трајић је први аутор у четири рада и други у једном од наведених радова.

У раду под бројем (1) су испитивана вибрациона својства Pb_{1-x}Mn_xTe ($x = 0.0002, 0.002, 0.02$ and 0.1) мешаних кристала применом далеке инфрацрвене спектроскопије (FIR). Приликом анализе експерименталних резултата су коришћене диелектричне функције које узимају у обзир плазмон-фонон и плазмон-два различита фонона интеракције. Одређене су две учестаности плазмон-фонон спрегнутих модова и три учестаности плазмон-два различита фонона спрегнутих модова. Израчунате су вредности лонгитудиналних оптичких модова (LO) и плазма учестаности (ω_p). Применом модела који је развијен на основу *Genzel*-овог модела је установљено да дуготаласни оптички фонони испољавају и интермедијално и дво-модно понашање.

Кандидат је развила модел за плазмон-два различита фонона интеракцију, анализирала експерименталне резултате *best fit* методом и одредила учестаности плазмон-фонон спрегнутих модова и плазмон-два различита фонона спрегнутих модова. На основу развијеног метода одредила је вредности лонгитудиналних оптичких модова (LO) и плазма учестаности (ω_p).

У раду под бројем (2) фононска својства PbTe допираног Со проучавана су применом далеке инфрацрвене спектроскопије (FIR). Коришћен је модел који узима у обзир постојање плазмон-јонизована примеса-фонон интеракцију. Одређене су учестаности три примесна локална мода Со и установљено да кобалт улази у решетку PbTe у три различита валентна стања. Наиме, на почетку допирања Со улази у решетку PbTe као неутрална примеса (Co²⁺), да би како концентрација примеса расте постао дозор (Co³⁺) и на крају акцептор (Co¹⁺). Такође је установљено да поред спрезања фонона решетке PbTe и плазмона постоји и интензивно спезање примесних модова Со и слободних носилаца, те да у околини сваког примесног центра постоји дво-компонентна плазма.

Кандидат је применом *best fit* методе одредила учестаности примесних модова, установила њихова различита валентна стања и израчунала вредности фреквенција дво-компонентне плазме.

У раду под бројем (3) су представљени резултати проучавања ZnS добијеног механохемијском синтезом применом дифракције X-зрака, SEM и HRTEM микроскопије и Раман спектроскопије. Проучавани су узорци добијени после различитог времена млевења. Применом Раман спектроскопије је установљено да мале димензије ZnS квантних тачака доводе до појаве *confinement* режима. Коришћен је *continuum model of the optical phonon confinement in QD* за истраживања у области оптичких фонона тј. области од 275 cm^{-1} (ω_{TO}) до 350 cm^{-1} (ω_{LO}). И поред тога што се овај модел користи за идеалан случај, добијене вредности за мод на 345 cm^{-1} су у сагласности са предвиђеним вредностима. Овај мод је препознат као конфинирани LO мод. Као што је и очекивано његова учестаност је знатно нижа од одговарајућих учестаности монокристалних ZnS. Такође су регистроване мулти-модне појаве на Раман спектрима у области од 130 до 180 cm^{-1} и 265 cm^{-1} , које су упоредиве са интензитетом конфинираног LO moda.

Кандидат је у овом раду урадила део који се односи на Раман спектроскопију тј. применом наведеног модела установила постојање конфинираног LO мода и мулти-модних структура. Одредила је карактеристичне учестаности и објаснила њихову природу.

У раду под бројем (4) су представљени резултати испитивања нанопрахова ZnS добијених механохемијском синтезом, при чему је време млевења било 5, 10 и 20 min. Специфична површина и текстура су испитивани методом адсорпције азота док су оптичка својства су проучавана применом далеке инфрацрвене спектроскопије.

Др Јелена Трајић је одредила оптичка својства ZnS нанопрахова анализом спектара рефлексије. Спектре рефлексије је анализирила применом *best fit* методе. Диелектричну функцију ZnS нанопрахова је моделовала *Maxwell – Garnet* апроксимацијом, при чему је посматрала нанопрах као хомогене сфере које су „утиснуте“ у ваздух. Установила је постојање комбинованих плазмон-LO фонон модова (CPPMs) и регистровала велико пригушење фонона које доводи до смањења спрегнутих плазмон-фонон учестаности.

У раду под бројем (5) су дати резултати проучавања $PbTe_{1-x}S_x$ ($x = 0.02$ and 0.05) мешаних кристала применом, дифракције X-зрака, галваноманетних и ултразвучних мерења и Раман спектроскопије. Установљено је постојање структурног фазног прелаза на $T_c = 60K$ код узорка са $x = 0.05$. Одређена су два TO/LO пара модова $PbTe_{1-x}S_x$ мешаних кристала. Применом модела који је развијен на основу Genzel-овог модела је установљено да дуготаласни оптички фонони испољавају дво-модно понашање. Установљено је постојање *off-center* јона сумпора што директно доводи до појаве фазног прелаза.

Кандидат је анализом Раман спектара одредила карактеристичне TO/LO учестаности $PbTe_{1-x}S_x$ мешаних кристала. Анализом галваноманетних мерења и Раман спектара установила је постојање фазног прелаза код узорка са 5% сумпора као и да до њега не долази код узорка са 2% сумпора. Такође је установила појаву мода на 75 cm^{-1} , који је директна последица *off-center* јона сумпора.

Радови под редним бројевима од (1) до (4) су радови за које се може сматрати да је др Јелена Трајић основни/најважнији аутор.

3.1.2. Позитивна цитираност научних радова кандидата

На дан 14.07.2021. године, научни радови које је објавила др Јелена Трајић су цитирани у међународним часописима више од 413 пута, Хиршов фактор: $h = 11$ (Google Scholar).

3.1.3. Параметри квалитета часописа

У последњих 5 година (од 2016. до 2021) др Јелена Трајић је објавила:

- Један рад у категорији M21a (међународни часописи изузетних вредности):
1 рад у *Journal of Alloys and Compounds* (ИФ=3,133 (1,326))
- Три рада у категорији M21 (врхунски међународни часописи):
2 рада у *Optical Materials* (ИФ = 2,415 (1,054) и 2,367 (1,058))
1 рад у *Journal of Raman Spectroscopy* (ИФ = 2,809 (1,009))

- Десет радова у категорији М 22 (истакнути међународни часописи):
 - 4 рада у *Infrared Physics and Technology* (ИФ = 2,379 (1,274); 2,313 (1,296) и 1,827 (1,14) за два рада)
 - 2 рада у *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* (ИФ = 3,795 (0,917) и 3,161 (0,88))
 - 3 рада у *Optical Materials* (ИФ = 2,975 (1,068) и 2,770 (1,025) за два рада)
 - 1 рад у *Science of Sintering* (ИФ=0,941 (0,884))
- Шест радова у категорији М23 (међународни часописи)
 - 4 рада у *Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications* (ИФ = 0,452 (0,22); и 0,470 (0,268) за три рада)
 - 1 рад у *Optical and Quantum Electronics* (ИФ=1,547 (0,617))
 - 1 рад у *Acta Physica Polonica* (ИФ=0,927 (0,574))

Укупан импакт фактор од последњег избора у звање је $\Sigma = 39,82$.

У последњих 5 година (од 2016. до 2021.) др Јелена Трајић има један рад у категорији М33 (саопштење са међународног скупа штампано у целини), три у категорији М34 (саопштење са међународног скупа штампано у изводу и четири поглавља М14 у тематском зборнику међународног значаја М12.

Табела са квантитативним показатељима радова категорија М20 објављеним након претходног избора у звање:

Редни број рада	А	М	М/А	ИФ	ИФ/А	СНИП	СНИП/А
1 М21а	7	10	1,43	3,133	0,448	1,326	0,189
1 М21	8	8	1	2,809	0,351	1,009	0,126
2 М21	9	8	0,89	2,415	0,268	1,054	0,117
3 М21	6	8	1,33	2,367	0,395	1,058	0,176
1 М22	11	5	0,45	2,379	0,216	1,274	0,116
2 М22	10	5	0,5	3,795	0,379	0,917	0,092
3 М22	7	5	0,71	2,975	0,425	1,068	0,153
4 М22	10	5	0,5	3,161	0,316	0,88	0,088
5 М22	6	5	0,83	2,313	0,386	1,296	0,216
6 М22	8	5	0,62	2,770	0,346	1,025	0,128
7 М22	7	5	0,71	2,770	0,396	1,025	0,146
8 М22	7	5	0,71	0,941	0,134	0,884	0,126
9 М22	10	5	0,5	1,827	0,183	1,140	0,114

10 M22	11	5	0,45	1,827	0,166	1,140	0,103
1 M23	9	3	0,33	0,452	0,050	0,22	0,024
2 M23	12	3	0,25	1,547	0,129	0,617	0,051
3 M23	10	3	0,3	0,470	0,047	0,268	0,027
4 M23	6	3	0,5	0,927	0,155	0,574	0,096
5 M23	10	3	0,3	0,470	0,047	0,268	0,027
6M23	7	3	0,43	0,470	0,067	0,268	0,038
Укупно		102	12,74	39,82	5,35	17,31	2,15
		$\Sigma M/Ч = 5,1$		$\Sigma ИФ/Ч = 1,99$		$\Sigma СНИП/Ч = 0,87$	

ИФ - импакт фактор часописа у коме је објављен рад, М - број поена рада, СНИП -СНИП фактор часописа у коме је објављен рад, А - број коаутора рада, Ч - укупан број радова

Додатни библиометријски показатељи у вези са објављеним радовима кандидата од избора у претходно звање су дати у доњој табели. Она садржи импакт факторе (ИФ) радова, М бодове 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, за радове објављене у категоријама М20.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	39,8	102	17,3
Усредњено по чланку	1,99	5,1	0,87
Усредњено по аутору	5,35	12,74	2,15

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

Научни рад др Јелене Трајић представља оригиналан допринос физици материјала, посебно у области физике полупроводних кристала, танких филмова, наночестица и наноструктура. У току каријере је учествовала у експерименталним мерењима спектра рефлексије у далекој инфра-црвеној области, снимањима Раман спектра, и галваноманетним мерењима. Успешном применом постојећих и развијањем нових модела приликом анализе добијених експерименталних резултата научни рад др Јелене Трајић је довео до јасније слике о особинама испитиваних материјала.

Др Јелена Трајић је успоставила међународну сарадњу са групама др Матеја Балажа Геотехничког института Словачке Академије и др Ладислава Челка из Централног европског технолошког института. Ова сарадња је настављена у оквиру COST акције CA18112 - Mech@SusInd – Mechanochemistry for Sustainable Industry.

Радови на којима је др Јелена Трајић аутор или коаутор су публиковани у водећим научним часописима.

Др Јелена Трајић је током каријере објавила укупно 57 радова у међународним часописима са ISI листе, од чега 8 радова категорије M21a, 11 радова категорије M21, 16 радова категорије M22 и 22 рада категорије M23. Водећи је аутор на 18 радова.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања, др Јелена Трајић је аутор или коаутор 20 радова категорије M20, од чега је један рад категорије M21a, 3 рада категорије M21, 10 радова категорије M22 и 6 радова категорије M23. Водећи је аутор на 6 радова.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

У оквиру потпројекта којим је др Јелена Трајић руководила урађена је докторска дисертација др Мартине Гилић под насловом „Оптичке особине нанодимензионих система формираних у пластично деформисаном бакру, танким филмовима CdS и хетероструктурама CdTe/ZnTe“ која је одбрањена на Факултету за физичку хемију Универзитета у Београду. Током рада на изради поменутог доктората објављени су следећи радови:

- M. Gilić, **J. Trajić**, N. Romčević, M. Romčević, D.V. Timotijević, G. Stanišić, I.S. Yahia, *Optical properties of CdS thin films*, *Optical Materials* 35, 1112-1117 (2013),
- **J. Trajić**, M. Gilić, N. Romčević, M. Romčević, G. Stanišić, B. Hadžić, M. Petrović, Y.S. Yahia, *Raman spectroscopy of optical properties in CdS thin films*, *Science of Sintering*, 47 145-152 (2015),
- **J. Trajić**, M. Gilić, N. Romčević, M. Romčević, G. Stanišić, Z. Lazarević, D. Joksimović, I.S. Yahia, *Far-infrared investigations of the surface modes in CdS thin film*, *Physica Scripta* T162, 014031 (4pp) (2014).

У оквиру задатака којима је руководила др Јелена Трајић урађени су делови магистарске тезе и докторске дисертације др Бранке Хацић и делови магистарске тезе др Ђорђа Јовановића, што је резултовало радовима:

- D. Stojanović, **J Trajić**, B. Hadžić, M. Romčević, I. Ivanchik, D. R. Khokhlov, N. Romčević, *Far-Infrared Study of DX-Like Centers in Pb_{0.95}Mn_{0.05}Te(Ga)*, *Acta Physica Polonica A*, 112 (5) 959 – 962 (2007),
- N. Romčević, **J. Trajić**, M. Romčević, B. Hadžić, V.N. Nikiforov, *Plasmon – two phonon interaction in PbMnTe and PbTeS alloy*, BPU6: 6 th International Conference of the Balkan Physical Union, August 22 – 26, Istanbul, Turkey, Book of Abstracts 861 (2006).

Такође је у оквиру потпројекта којим др Јелена Трајић руководила, Андреа Бучалина одбранила докторску дисертацију под називом “Компаративна анализа савремених светских токова у управљању инвестицијама у нанотехнолошке производе” на Факултету за пословне студије у Београду. Тема дисертације су били економски аспекти примене нанотехнологије. Колегиница Трајић је увела Андреу Бучалину у проблематику нанотехнологија и руководила деловима докторске дисертације који су се односили на

трансфер технологије из науке у индустрију, као значајног аспекта при инвестирању у нанотехнологије.

Др Јелена Трајић је била ангажована на *Рачунарском факултету* Универзитета Унион у Београду на предмету *Карактеризација полупроводника* у оквиру докторских студија на студијском програму Рачунарско инжењерство.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Сви радови др Јелене Трајић 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 које је др Јелена Трајић остварила након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања износи 101,51 од ненормираних 120,5, те је очигледно да нормирање не утиче значајано на број бодова, при чему др Јелена Трајић свакако има вишеструко већи број бодова од захтеваног.

3.4. Руководјење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

У оквиру пројекта Интегралних интердисциплинарних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: *Оптоелектронски нанодимензиони системи – пут ка примени*, број III 45003 (2011-2019.) којим је руководио др Небојша Ромчевић, др Јелена Трајић је руководила потпројектом *Карактеризација наночестица и наноструктура*.

3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима

Члан научног одбора конференције *Трансфер технологија и знања из научно-истраживачких организација у мала и средња предузећа* 2008. године

Члан организационог одбора конференције *Трансфер технологија и знања из научно-истраживачких организација у мала и средња предузећа* 2010. године.

Др Јелена Трајић је члан Management Commity текуће COST акције CA18112 - Mech@SusInd – Mechanochemistry for Sustainable Industry

Члан је Друштва физичара, Друштва за ЕТРАН и Оптичког друштва Србије.

3.6. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата кандидата је детаљно приказан у тачки 3.1. овог документа, као и у прилогу о цитираности.

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

Др Јелена Трајић је значајно допринела сваком раду у чијој је изради учествовала. Њен допринос се огледа у експерименталном раду, обради добијених резултата, развијању и примени одговарајућих модела као и анализи добијених података.

Др Јелена Трајић активно учествује у међународној сарадњи од 1993. године.

У оквиру сарадње Института за физику и Low Temperature Physics Department, Moscow State University, Moscow, Russia, учествовала је на пројектима:

- *Electronic, magnetic and optical properties of high temperature superconductors and semiconductors; Institute of Physics, Belgrade – Moscow State University, Russian Federation, 1993-1997.*
- *Optical properties of PbTe based alloys doped with III group elements, 2000-2003.*
- *Optical, magnetic and transport properties of magnetic and semimagnetic semiconductors nanoparticles, films and bulk, 2004-2007.*

У оквиру Споразума о научној сарадњи између Пољске академије наука и Српске академије наука и уметности учествовала је на пројектима:

- *Optical, magnetic and transport properties of semimagnetic semiconductors, 2003-2004.*
- *Elementary excitations in semimagnetic crystals and structures, 2005-2007.*
- *Elementary excitations in semimagnetic nanocrystals and nanostructures, 2008-2015.*

Такође је учествовала на међународним пројектима:

- *Center of excellence for optical spectroscopy application in physics, material science and environmental protection; European Commission, 2006-2009.*
- *Local structures, displacements, and phase transitions in $Pb_{1-x}A_xTe_{1-y}B_y$ ($A=Mn, In, Ga, B=S$) semiconductors, Deutsches Elektronen-Synchrotron, project at HASYLAB, 2005.*
- *Local structures in $PbTe:A$ ($A=Ni, Co, Yb$) semimagnetic semiconductors, Deutsches Elektronen-Synchrotron, project at HASYLAB, 2008.*
- *Cost 539 – Electroceramics from Nanopowders Produced by Innovative Methods (ELENA); 2005-2009.*
- *Optical properties of metallic nanoparticles, Serbia and Slovenia, 2010-2011.*

Др Јелена Трајић је члан Management Commity текуће COST акције CA18112 - Mech@SusInd – Mechanochemistry for Sustainable Industry.

3.8. Остали показатељи успеха у научном раду

3.8.1. Чланства у уређивачким одборима часописа, уређивање монографија, рецензије научних радова и пројеката

Др Јелена Трајић је рецензент у међународним часописима: Optical Materials, Journal of Electronic Materials, Materials Science & Engineering B, Applied Physics A, Journal of Applied Physics, Science of sintering, Revista Mexicana de Física, RSC Advances, Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications, Acta Physica Polonica...

Такође је била рецензент SONATA BIS grant пројекта Narodowe Centrum Nauki – NCN, Пољска.

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 рада	М бодова по раду	Број радова	Укупан М број бодова	Нормирани број М бодова
M14	4	4	16	16
M21a	10	1	10	10
M21	8	3	24	21,71
M22	5	10	50	39,12
M23	3	6	18	13,4
M33	1	1	1	1
M34	0,5	3	1,5	0,28
Укупно			120,5	101,51

4.1. Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање виши научни сарадник:

Минималан број М бодова за реизбор (избор)		Остварено	Остварено нормираних
Укупно	25 (50)	120,5	101,5
M10+M20+M31+M32+M33 M41+M42+M51 \geq	20 (40)	119	101,2
M11+M12+M21+M22 M23+M24+M31+M32 M41M42 \geq	30 (15)	102	84,2

5. Закључак

Анализом научне активности и показатеља рада као што су број радова, цитираност, квалитет часописа, међународна научна сарадња, рецензије у међународним часописима, рецензије пројекта, руковођење потпројектом и осталих показатеља, Комисија је закључила да научни рад др Јелене Трајић представља оригинални допринос физици материјала, посебно у области физике полупроводних кристала, танких филмова, наночестица и наноструктура.

Комисија је закључила да др Јелена Трајић задовољава све квантитативне и квалитативне услове за реизбор 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, прелажемо Научном већу Института за физику у Београду да усвоји овај извештај и подржи предлог за реизбор др Јелене Трајић за у звање **виши научни сарадник**.

У Београду, 14.07.2021.

Чланови комисије:



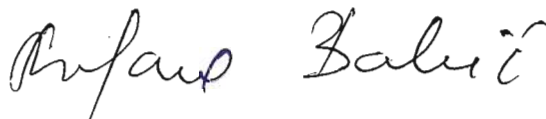
1. др Небојша Ромчевић,

Научни саветник, Институт за физику



2. Проф. др Милан Тадић,

Редовни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду



3. др Биљана Бабић,

Научни саветник, Институт за физику