

**НАУЧНОМ ВЕЋУ
ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ
Београд
Датум: 22.11.2022.**

Предмет: Извештај о оцени испуњености услова за реизбор др Уроша Ралевића у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду, одржаној 11.10.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену испуњености услова за реизбор др Уроша Ралевића у звање научни сарадник. Након увида у материјал који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад, подносимо Научном већу Института за физику следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Урош Ралевић рођен је у Мајданпеку 26. маја 1986. године. Гимназију је завршио 2005. године, такође, у Мајданпеку. Електротехнички факултет у Београду уписао је 2005. године и дипломирао на смеру за Наноелектронику, оптоелектронику и ласерску технику 2009. године са просеком 8,24. Мастер студије уписао је 2009. године, такође, на Електротехничком факултету у Београду на смеру за Наноелектронику, оптоелектронику и ласерску технику и успешно их завршио 2010. године са просечном оценом 10,00. Након завршетка мастер студија, 2010. године уписао је докторске студије на Електротехничком факултету на модулу за Наноелектронику и фотонику. Докторску дисертацију под називом „Наноскопија и примене дводимензионалних и квази-дводимензионалних система“ (енг. Nanoscopy and applications of two-dimensional and quasi-two-dimensional systems), урађену под руководством др Горана Исића, одбранио је 4. септембра 2017. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. У прво научно звање, научни сарадник, изабран је 1. јуна 2018. године.

Од 1. јануара 2011. запослен је на Институту за физику у Београду. Био је ангажован на националном пројекту основних истраживања „Физика уређених наноструктура и нових материјала у фотоници“, бр. ОИ171005, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја. У периоду од 2020. до 2022. године био је ангажован на пројекту „Nanometer thin photovoltaics based on plasmonically enhanced van der Waals heterostructures“ у оквиру Програма за изврсне пројекте младих истраживача ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије. Поред тога учествовао је на једном европском FP7 пројекту, неколико пројеката билатералне сарадње и неколико COST акција.

Током свог досадашњег истраживачког рада Урош Ралевић је био аутор/коаутор 26 публикација у часописима од међународног значаја (M20), 30 саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34) и 2 саопштења са скупова националног значаја штампаних у изводу (M64).

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

У току свог досадашњег рада кандидат Урош Ралевић бавио се испитивањем електронских и оптичких особина нискодимензионалних материјала, као што су графен, монослојеви дихалкогенида прелазних метала и плазмонске наночестице. Поред поменутог кандидат се бавио и испитивањем примена ових материјала. Након избора у текуће звање кандидат се претежно бавио истраживањем везаним за: ван дер Валсове хетероструктуре, и примену металних наночестица као појачавача Рамановог расејања.

ван дер Валсове хетероструктуре

У литератури ван дер Валсовим хетероструктурама (ВДВХ) називају се материјали добијени слагањем два или више различитих дводимензионалних (2д) материјала. Специфичност ВДВХ огледа се у чињеници да се њихове електронске и оптичке особине могу подешавати избором 2д материјала од којих су састављене. Посебну пажњу научне заједнице у задњих десетак година привукле су ВДВХ базиране на спреси дихалкогенида прелазних метала (ДПМ). Монослојеви полупроводних дихалкогенида прелазних метала су, за разлику од балка, директни полупроводници са енергетским процепом у видљивом делу спектра што их чини добрим кандидатима за примене у оптоелектроници и нанофотоници. Потенцијална примена ВДВХ структура је у конструкцији фотоволтаичких направа, где се комбинацијом два монослоја ових полупроводника од којих је један допиран електронима а други шупљинама може реализовати нанометарски танак хетероспој са атомски оштрим интерфејсом.

У оквиру ове истраживачке теме која је реализована у склопу ПРОМИС пројекта под називом „Nanometer thin photovoltaics based on plasmonically enhanced van der Waals heterostructures“, кандидат се бавио фабрикацијом ВДВХ и испитивањем оптичких особина поменутих материјала методом фотолуминисцентне спектроскопије.

Фабрикација ВДВХ је базирана на механичком слагању нанометарски танких ДПМ слојева и урађена је коришћењем два метода које је кандидат је имплементирао. Први метод, који се назива и метод мокрог трансфера, се користи за слагање ДПМа великих латералних димензија који су нарастаних на површини силицијумских вејфера (прекривених силијум диоксидом) депозицијом из парне фазе. Метод се састоји у подизању једног ДПМ слоја помоћу раствора, који раздваја поменути слој од површине носећег супстрата (вејфера), и потом се преноси на други, претходно припремљени ДПМ. Други метод, који се назива и метод сувог трансфера, омогућава фабрикацију ВДВХ чији конституенти имају мале латералне димензије (реда величине неколико микрометара). Метод сувог трансфера подразумева пренос механички раслојаваних балк кристала ДПМа. С обзиром на мале латералне димензије ДПМ слојева који се преносе, за имплементацију методе сувог трансфера кандидат је дизајнирао и саставио инструмент који омогућава идентификацију и прецизно позиционирање поменутих слојева. Поред поменутог кандидат је се бавио проучавањем фотолуминесценције ВДВХ формираних комбинацијом танких слојева/монослојева молибден дисулфида (MoS_2), волфрам дисулфида (WS_2), молибден диселенида (MoSe_2) и волфрам диселенида (WSe_2). За већину испитиваних комбинација поменутих материјала утврђено је да се луминисценција посматране хетероструктуре састоји од доприноса луминисценција њених конституената. На пример, у случају хетероструктуре добијене слагањем WS_2 и MoS_2 монослојева укупна луминисценција потиче од екситонских и прелаза поменутих материјала где доминантни допринос имају екситонски прелази у WS_2 слоју. Такође, утврђено је да се квалитет спреге између ова два монослоја у хетероструктури може проценити праћењем просторне промене интензитета

луминисценције WS₂ у оквиру хетероструктуре. Тачније, јака спрега између WS₂ и MoS₂ слојева налази се на местима где интензитет укупне луминисценције опада.

B. Vasić, U. **Ralević**, S. Aškrabić, D. Čapeta, M. Kralj

Correlation between morphology and local mechanical and electrical properties of van der Waals heterostructures

Nanotechnology, 33, 155707 (2022)

DOI: 10.1088/1361-6528/ac475a

Impakt faktor (2020): 3.874

Kategorija časopisa (2020): M21

Mnorm: 8

SNIP (2020): 0.81

примена металних наночестица као појачавача Рамановог расејања

У литератури је познато да се металне наночестице и њихови кластери могу користити као појачавачи Рамановог расејања на молекулима анализата који се налазе у њиховој близини. У оквиру ове теме кандидат се бавио применом кластера металних наночестица у детекцији и проучавању адсорпције молекула тијацијанинске боје на површину поменутих кластера методом површином подстакнуте Раманове спектроскопије.

У овој студији разматране су колоидне сребрне наночестице стабилизоване цитратним и боратним јонима. Поменути колоидни раствори су мешани са растворима различитих концентрација тијацијанинске боје и потом депоновани на различите субстрате. На основу резултата нумеричких симулација показано је да већински део појачаног Рамановог сигнала (око 90%) долази из нанопроцепа између суседних честица у кластеру без обзира на облик и величину кластера. Овај закључак имплицира да су спроведена спектроскопска мерења осетљива само на анализе (цитрати, борати или тијацијанинска боја) који су лоцирани у поменутих нанопроцепима. Такође, показано је да фактор појачања сигнала зависи од облика кластера и броја металних честица које га формирају, и да се вредности овог фактора за дату експерименталну поставку могу очекивати у опсегу 10²-10³. Праћењем Раманових спектра добијених из нанопроцепа кластера наночестица иницијално покривеним цитратним јонима, утврђено је да адсорпција молекула тијацијанинске боје није потпуна, чак ни при највећим концентрацијама молекула поменуте боје. Анализа резултата добијених из контролног експеримента који је спроведен на исти начин и под истим условима користећи наночестице стабилизоване боратним јонима, указује на потпуну адсорпцију молекула тијацијанинске боје. У односу на предходне студије, у овом истраживању директно је показано да молекули цитрата отежавају адсорпцију тијацијанинске боје на површину колоидних сребрних наночестица.

U. **Ralević**, G. Isić, D. Vasić Anićijević, B. Laban, U. Bogdanović, V. M. Lazović, V. Vodnik, R. Gajić

Nanospectroscopy of thiocyanine dye molecules adsorbed on silver nanoparticle clusters

Applied Surface Science 434, 540-548 (2018)

DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.10.148

Impakt faktor (2018): 5.155

Kategorija časopisa (2018): M21a

SNIP (2018): 1.35

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 току свог досадашњег рада кандидат је објавио укупно 26 чланака у међународним часописима са ISI листе. Од поменутих 26 чланака, 3 је објављено у часописима категорије M21a, 14 је објављено у часописима категорије M21, 5 је објављено у часописима категорије M22 и 4 у часописима категорије M23.

Након претходног избора у звање кандидат је објавио укупно 11 чланака у међународним часописима са ISI листе. Од поменутих 11 чланака, 2 је објављено у часописима категорије M21a, 6 је објављено у часописима категорије M21, 2 је објављено у часописима категорије M22 и 1 у часописима категорије M23. Оригинални/доминантни допринос кандидата огледа се у следећој публикацији из овог периода:

U. Ralević, G. Isić, D. Vasić Anićijević, B. Laban, U. Bogdanović, V. M. Lazović, V. Vodnik, R. Gajić

Nanospectroscopy of thiocyanine dye molecules adsorbed on silver nanoparticle clusters

Applied Surface Science 434, 540-548 (2018)

DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.10.148

Impakt faktor (2018): 5.155

Број хетероцитата (*Scopus*, октобар 2022): 6

Kategorija časopisa (2018): M21a

SNIP (2018): 1.35

У оквиру ове студије разматране су колоидне сребрне наночестице стабилизоване цитратним и боратним јонима. Поменути колоидни раствори су мешани са растворима различитих концентрација тијацијанинске боје и потом депоновани на различите субстрате. Узорци припремљени на овај начин су затим испитивани методама скенирајуће атомске микроскопије (АФМ) и површином подстакнуте Раманове спектроскопије. Квалитативна анализа експерименталних резултата урађена је нумеричким симулацијама расејања раванског таласа на кластерима сребрних наночестица које леже на одговарајућем субстрату.

На основу анализе резултата нумеричких симулација показано је да већински део појачаног Рамановог сигнала (око 90%) долази из нанопроцепа између суседних честица у кластеру без обзира на облик и величину кластера. Овај закључак имплицира да су спроведена спектроскопска мерења осетљива само на анализе (цитрати, борати или тијацијанинска боја) који су лоцирани у поменутих нанопроцепима. Такође, показано је да фактор појачања сигнала зависи од облика кластера и броја металних честица које га формирају, и да се вредности овог фактора за дату експерименталну поставку могу очекивати у опсегу 10^2 - 10^3 .

Праћењем Раманових спектра добијених из нанопроцепа кластера наночестица иницијално покривеним цитратним јонима, утврђено је да адсорпција молекула тијацијанинске боје није потпуна, чак ни при највећим концентрацијама молекула поменуте боје. Анализа резултата добијених из контролног експеримента који је спроведен на исти начин користећи наночестице стабилизоване боратним јонима, указује на потпуну адсорпцију молекула тијацијанинске боје. У односу на предходне студије, у овом истраживању директно је

показано да молекули цитрата отежавају адсорпцију тијацијанинске боје на површину колоидних сребрних наночестица.

Кандидат је у оквиру овог истраживања урадио део мерења користећи комбиновани НТегра АФМ/Раман систем и спровео анализу измерених резултата. Кандидат је имплементирао нумерички модел на бази методе коначних елемената. Овим моделом описује се расејање раванског таласа на планарно распоређеном кластеру сребрних наночестица на субстрату у формулацији расејаног поља. Такође, кандидат је спровео низ нумеричких симулација у којима су варирани параметри кластера наночестица (број наночестица, размак између наночестица, конфигурација кластера, итд.) и анализирао резултате. Кандидат је написао већи део прве верзије рада и нацртао све слике и графиконе у раду.

3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према подацима из *Web of Science* базе радови кандидата цитирани су укупно 305 пута, односно 291 пута без аутоцитата уз h-индекс 10. Према подацима из *Scopus* базе радови кандидата цитирани су укупно 336 пута, односно 322 пута без аутоцитата уз h-индекс 10. Доказни материјал је дат у Прилогу.

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Кандидат је у току своје научне каријере објавио 26 чланака М20 категорије са сумарним импакт фактором од 81.43. Након избора у текуће звање кандидат је објавио 11 чланака М20 категорије са сумарни импакт фактором од 43.8.

Детаљан списак свих објављених радова и саопштења кандидата (са одговарајућим параметрима часописа) наведен је у налази се у Прилогу. Преглед часописа у којима су објављени радови кандидата у изборном периоду (са одговарајућим импакт фактором) дат је испод:

- М21а категорија:
 - 2 чланка у часопису *Applied Surface Science* (IF2018: 5.155, IF2020: 6.707)
- М21 категорија:
 - 1 чланак у часопису *Journal of Raman Spectroscopy* (IF2017: 2.879)
 - 1 чланак у часопису *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* (IF2019: 3.232)
 - 1 чланак у часопису *Journal of Inorganic Biochemistry* (IF2020: 4.155)
 - 1 чланак у часопису *Nanotechnology* (IF2020: 3.874)
 - 1 чланак у часопису *International Journal of Molecular Sciences* (IF2021: 6.208)
 - 1 чланак у часопису *Chemosensors* (IF2021: 4.229)
- М22 категорија:
 - 1 чланак у часопису *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* (IF2018: 3.176)
 - 1 чланак у часопису *Infrared Physics & Technology* (IF2020: 2.638)
- М23 категорија:
 - 1 чланак у часопису *Optical and Quantum Electronics* (IF2018: 1.547)

Додатни библиометријски параметри чланака на којима је кандидат аутор/коаутор, а који су објављени након претходног избора у звање, дати су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	43.8	81	11.77
Усредњено по чланку	3.98	7.36	1.07
Усредњено по аутору	5.72	10.66	1.49

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

У оквиру различитих истраживачких тема, кандидат је показао висок степен самосталности а његов допринос реализацији радова огледа се примени различитих експерименталних метода за фабрикацију и карактеризацију разматраних система, развоју сложених нумеричких симулација и интерпретацији резултата. Конкретан допринос кандидата појединим радовима је описан у одељцима „3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицајност научних радова“ и „3.7 Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству“.

3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Кандидат је учествовао у извођењу мерења, обради података и изради мастер рада Санеле Ранковић под називом „Расветљавање организације и локализације протеина у мембранама АЛС астроцита помоћу скенирајуће микроскопије атомских сила“. Доказни материјал је дат у Прилогу.

Поред наведеног кандидат је учествовао у спровођењу стручне праксе студента Јоване Обрадовић са Електротехничког факултета у Београду. Као резултат успешне сарадње објављено је 1 саопштење са међународних скупова штампаних у изводу означено са [6f] у Прилогу.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Сви радови кандидата из М20 категорије објављени након претходног избора у звање су експерименталног типа. Према Правилнику, нормализација М бодова код експерименталних радова врши се уколико је број коаутора већи од 7. Од укупног броја релевантних радова, којих је 11, 4 рада се узимају са пуним бројем бодова док обрачун М бодова за преосталих 7 радова подлеже нормализацији. Детаљи нормализације дати су у следећој табели:

Редни број рада	М20 Категорија	М	Број коаутора	Нормализовано М (Mnorm)
[1a]	M21a	10	8	8.33
[2a]	M21a	10	7	10
[1b]	M21	8	8	6.67
[2b]	M21	8	7	8
[3b]	M21	8	7	8
[4b]	M21	8	5	8
[5b]	M21	8	8	6.67

[6b]	M21	8	9	5.71
[1c]	M22	5	10	3.12
[2c]	M22	5	11	2.78
[1d]	M23	3	12	1.5

Укупан број М бодова по основу резултата у М20 категоријама које је кандидат остварио након претходног избора у звање је 81 а нормирано према Правилнику, тај број износи 68.78.

3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидат је руководио пројектним задацима „Van der Waals device fabrication“ и „Photoluminescence quantum yield assessment“ у периоду од 2020. до 2022. године у оквиру пројекта под називом „Nanometer thin photovoltaics based on plasmonically enhanced van der Waals heterostructures“ (акроним: PV-Waals, Програм ПРОМИС) финансираним од стране Фонда за науку Републике Србије. Доказни материјал је дат у Прилогу.

3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Кандидат је био заменик у Управном одбору (енг. Management Committee Substitute - MC Substitute) COST Акције MP1302 "NanoSpectroscopy". Као потврду погледати списак заменика Управног одбора на веб страници одговарајуће COST акције. (www.cost.eu/actions/MP1302/)

Кандидат је био рецензент радова у часописима Photonics Technology Letters и Optical and Quantum Electronics. Доказни материјал дат је у Прилогу.

Кандидат је био члан локалних организационих одбора и учествовао је у организацији међународних скупова:

- „VIII International School and Conference on Photonics - PHOTONICA 2021“ одржаног 23.-27. августа 2021. године у Београду
- „15th Photonics Workshop (2022)“, одржаног 13.-16. марта 2022. године на Копаонику.

Доказни материјал дат је у Прилогу.

Кандидат је одржао предавање по позиву, под називом „Fabrication of van der Waals heterostructures by wet and dry transfer methods“ приликом посете Лабораторији за оптику и оптички танке филмове Института Руђер Бошковић у Загребу. Доказни материјал је дат у Прилогу.

3.6. Утицај научних резултата

Погледати одељке „2. Преглед научне активности“, „3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицајност научних радова“ и „3.1.2. Позитивна цитираност научних радова кандидата“.

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

Кандидат је дао кључни допринос у публикацији [1a] где је први аутор (погледати одељак „3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицајност научних радова“). Допринос кандидата у радовима који су објављени у изборном периоду, а на којима је кандидат коаутор, обухвата:

- фабрикацију ван дер Валсових хетероструктура, које се састоје од монослојева молибден дисулфида и волфрам дисулфида, методом мокрог трансфера (публикација [4b])
- карактеризацију графена нарастаног на молибдену и танких филмова методом Раманове спектроскопије, укључујући и просторно мапирање Раманових спектра (публикације [2a], [1c])
- карактеризацију површине полупроводника и танких филмова, металних наночестица и других нанообјеката методом микроскопије скенирајућом силом (АФМ), као и одговарајућу анализу (публикације [1b], [3b], [6b], [2c], [1d]). За потребе анализе резултата приказаних у публикацији [3b], кандидат је развио и имплементирао метод за аутоматску детекцију наночестица на топографским АФМ сликама и процену њихове величине
- развој и имплементацију методе за обраду и статистичку анализу великог броја спектра добијених Рамановом спектроскопијом са биолошких узорака, нпр. матичних ћелија (публикације [2b], [5b]).

3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Након избора у текуће звање кандидат је одржао једно предавање по позиву:

U. Ralević, G. Isić

„Fabrication of van der Waals heterostructures by wet and dry transfer methods”

Laboratory of Optics and Optical Thin Films, Ruđer Bošković Institute, Zagreb

August 2nd, 2021

Доказни материјал је дат у Прилогу.

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

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

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	2	20	18.33
M21	8	6	48	43.05
M22	5	2	10	5.9
M23	3	1	3	1.5

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

Минимални број М бодова	Неопходно	Остварено, број М бодова без нормирања	Остварено, нормирани број М бодова
Укупно	16	86	73.59
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	10	81	68.78
M11+M12+M21+M22+M23	6	81	68.78

*Нормирање је извршено у складу са Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.

5. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Имајући у виду досадашњи научни рад др Уроша Ралевића, његове научне доприносе као и достигнути степен самосталности у научноистраживачком раду, сматрамо да др Урош Ралевић испуњава све услове, предвиђене Законом о науци и истраживањима и Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, за реизбор у звање научни сарадник, и предлагемо Научном већу Института за физику у Београду да подржи реизбор др Уроша Ралевића у звање научни сарадник.

У Београду, 22.11.2022. године

Чланови Комисије:

Горан Исић

др Горан Исић
виши научни сарадник
Институт за физику Београд, Универзитет у Београду

Јелена Радовановић

др Јелена Радовановић
редовни професор
Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

Борислав Васић

др Борислав Васић
виши научни сарадник
Институт за физику Београд, Универзитет у Београду