

ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ

ПРИМЉЕНО: 05-12-2024			
Рад.јед.	б р о ј	Арх.шифра	Прилог
0801-	198713		

Научном већу Института за физику Универзитета у Београду

На седници Научног већа Института за физику одржаној 5.11.2024. именовани смо у Комисију за писање извештаја и стручну оцену услова за реизбор др Александра Ковачевића у звање виши научни сарадник. На основу приложене документације и личног познавања кандидата, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

..1. Биографски подаци о кандидату

Др Александер Ковачевић је рођен у Постојни 31. јануара 1963. године. На Електротехничком факултету Универзитета у Београду је дипломирао 1988. и магистрирао 1994. године. На истом факултету је одбранио и докторску дисертацију 2005. године под руководством менторке проф. др Милесе Срећковић. Од 1989. је непрекидно запослен у Институту за физику у Београду, где је биран у звања научни сарадник 2006., виши научни сарадник 2014. и реизабран у вишег научног сарадника 2020. године.

У Институту за физику је радио у оквиру групе која се бавила проблематиком ласера (конструкција, развој, примена, физика процеса, стабилизација квантних генератора), ласерским интеракцијама, холографијом, метрологијом, модификацијом и функционализацијом материјала, конструкцијом лидар-система и даљинском детекцијом. Руководио је Лабораторијом за ласерску интеракцију са материјалима и ласере од 2016. до 2023. године.

Кандидат је учествовао у више истраживачких и технолошких пројеката који су финансирани од стране надлежног министарства за науку. Посебно се издваја пројекат: „Генерација и карактеризација функционалних структура нано-фотонице у биомедицини и компјутерским наукама“ (ИИИ45016) у оквиру којег је руководио задатком „Креирање паралелних структура на вишеслојним системима помоћу ласерског зрачења“. Учествовао је на међународним билатералним пројектима, међу којима се издвајају пројекти са Белорусијом (2016-2017) и Хрватском (2016-2017). У оквиру међународног програма Erasmus+ сарадње Института за физику са Универзитетом Нова (Universidade Nova de Lisboa) из Лисабона (Португалија), који траје до краја школске 2024./2025. године, координатор је теме везане за површинске појаве, наноструктуре и танке филмове са очекиваним напретком у биофизици. Од 2022. године учествује на међународном пројекту BioQantSense (Twinning for excellence of the Serbian Research center for quantum biophotonics) где су поред Института за физику у Београду учесници и Биолошки факултет Универзитета у Београду, Национално истраживачко веће Италије и Универзитет у Јени (Немачка).

Боравио је на стручном усавршавању: на Одсеку за примењену физику Универзитета у Осаки (Јапан) током 1991 и 1992, у Лабораторији за фотонику Универзитета у Анжеу (Француска) током 2012. Учествовао је у раду међународне групе експерата из области ласера и оптике, ЕУЛАСНЕТ (ЕУРЕКА кишобран) 2003-2005. Учествовао је на међународним пројектима билатералне сарадње са Словенијом (2007), Белорусијом (2017) и Хрватском (2017). Члан је Међународног друштва за фотонику у оквиру Института инжењера електронике и електротехнике (IEEE) од 1995 до 2023, и

Друштва метролога Србије. Један је од оснивача Оптичког друштва Србије (2011), од када је и члан, а и секретар непрекидно од 2015. до 2024. године.

Кандидат је објавио 30 радова у рецензираним међународним часописима као и бројна саопштења на међународним и домаћим скуповима. Према сервису Web of Science, сви радови су цитирани укупно 231 пута (207 без аутоцитата), и Хиршов h-index је 9. Према сервису Scopus, сви радови су цитирани укупно 251 пут (162 без аутоцитата), а Хиршов h-индекс је 9.

Области у којима су објављени радови су: нанофотоника, ласерско наноструктурисање површина, ласерска модификација танких вишеслојних металних филмова, ласерска интеракција са материјалом и спектроскопија, ласерска обрада материјала, даљинска детекција аеросола у атмосфери, метрологија, стабилизација ласерских параметара, примене у метрологији, неуронске мреже са применама, симулације разних процеса, нумеричка подршка моделовању и друго.

У току досадашњег рада кандидат је био рецензент за више међународних издавачких кућа међу којима се издвајају: Elsevier, Institute of Physics – IoP UK, Springer, као и за домаће часописе Заштита материјала и друге. Један од најпознатијих и највећих издавача литературе на пољу науке, Elsevier, му је доделио признање за изузетни допринос рецензирању у часопису Applied Surface Science, „Certificate of outstanding contribution in reviewing“ 2017.

Вишегодишњи је сарадник Регионалног центра за таленте „Београд-2“, где је учествовао као ментор, и члан жирија за смотре талената на националном (регионалном и републичком) и међународном нивоу, што је у склопу програмског радног доприноса Центра у раду са надареном и талентованом школском популацијом. Добитник је више захвалница за допринос у одговарајућим школским годинама.

Од 2011. је учествовао у организационим и научним одборима више домаћих и међународних конференција.

Од 2015. до 2018. године је био ангажован у Лабораторији за мултидисциплинарна истраживања Централног института за конзервацију у Београду као руководилац Лабораторије на пословима примене научних метода у конзервацији и рестаурацији објеката културне баштине.

..2. Преглед научне активности

У досадашњем истраживачком, научном и стручном раду др Александер Ковачевић је био учесник на многим истраживачким пројектима који су били финансирани од стране релевантних министарстава задужених за науку, као и одговарајућим технолошким пројектима. Издваја се учешће на научном пројекту „Генерисање и карактеризација нано-фотоничних функционалних структура у биомедицини и информатици“, на билатералном пројекту са Белорусијом „Ласерски индуковане периодичне површинске структуре у диелектрицима и полупроводницима за нанофотонске технологије“ (2016-2017), и на билатералном пројекту са Хрватском „Синтеза, модификација и карактеризација комплексних структура у танкослојним системима помоћу ласерског и јонског зрачења“ (2016-2017). Досадашња научна активност кандидата је била на пољу ласерске физике и технике. Бавио се: применом неуронских мрежа, стабилизацијом ласерских параметара, нумеричком холографијом, интеракцијом ласерског снопа са материјалима и обрадом, прецизном ласерском спектроскопијом. Са техничке стране се бавио развојем апаратура

мере и драгоцене метале, примењено у пракси 1998-2003), и др. Посебно се бавио интеракцијом ласерских снопова са савременим материјалима. У оквиру интеракције ласерских снопова са материјалом би се области могле груписати по динамици рада ласера (фемтосекундни, наносекундни, Q-switch, режим слободне генерације, континуални), или по типу материјала (органски, неоргански, оптички, магнетни, атмосфера и њене компоненте, биоматеријали). Рађени су експерименти и теоретске анализе уз одговарајуће моделовање и технике међу којима је и холографија. Примена разних техника је била потребна ради утврђивања промена механичких, оптичких и термичких особина материјала после излагања ласерским сноповима. Активности типа интеракције снопова са материјалима у ширем смислу, моделовања и симулације, остварени су кроз сарадњу са Универзитетом у Београду (Физички факултет, Електротехнички факултет, Машински факултет, Грађевински факултет, Институт „Винча“), Универзитетом „Унион“ (Рачунарски факултет), Универзитетом у Крагујевцу (Технички факултет Чачак), а већина је резултовала израдом докторских дисертација, магистарских и мастер теза, и дипломских радова у којима је активно учествовао. Резултати су објављени као радови у међународним и националним часописима и на међународним и националним конференцијама, највећим бројем објављени у целини.

У наставку су укратко описане активности кандидата у оквиру следећих истраживачких тема:

- Ласерска модификација материјала на суб-микронском нивоу и њихова функционализација;
- Ласерска модификација параметара композитних материјала;
- Међусобни узајамни утицај ласерског снопа и материјала приликом пропагације снопа кроз материјал;
- Детекција објеката пропагацијом ласерског снопа кроз атмосферу (активна), и пасивна детекција;
- Примена фотоничких и оптичких метода у очувању и заштити објеката културне баштине.

Звездицом (*) су означени радови публиковани након последњег реизбора у звање.

..2.1. Ласерска модификација материјала на суб-микронском нивоу и њихова функционализација

У овој области кандидат је започео један нови правац истраживања за наше услове, генерација нанометарских паралелних структура на површинама материјала под дејством ултрабрзих ласерских снопова. На граничној површини између метала и диелектрика ултрабрзи ласерски снап модификује површину метала на тај начин да се формирају површинске паралелне структуре (ен. Laser induced parallel surface structures, LIPSS). Основна карактеристика ових структура је да им је просторни период мањи од таласне дужине упадног снопа, указујући на нове механизме њиховог генерисања, међу којима је и формирање површинских таласа (плазмони-поларитони). Тако модификовани материјали имају измењене триболошке и карактеристике квашења чиме се отварају нове примене у областима нано и микрофлуидике, оптофлуидике, биомедицине и биохемијских сензора. Наноструктурисање површине ласерском интракцијом даје нови квалитет контроли карактеристика квашења и суперхидрофобности. Формирање LIPSS структура, утицај промене разних параметара снопа, утицај врсте материјала (метали, графен), утицај вишеслојности

на квалитет структура, и др. су предмет изучавања и објављени су у најзначајнијим радовима са значајним импакт-фактором:

- (ИФ=1,126) Angela Beltaos, Aleksander G Kovacevic, Aleksandar Matkovic, Uros M Ralevic, Djordje M Jovanovic, Branislav M Jelenkovic, **Damage effects on multi-layer graphene from femtosecond laser interaction**, *Physica Scripta***2014** (2014), a.014015
- (ИФ=2,183) Angela Beltaos, Aleksander G Kovacevic, Aleksandar Matkovic, Uros M Ralevic, Svetlana N Savic-Sevic, Djordje M Jovanovic, Branislav M Jelenkovic, Rados B Gajic, **Femtosecond laser induced periodic surface structures on multi-layer graphene**, *Journal of Applied Physics***116** (2014), a.204306
- (ИФ=3,150) Aleksander G Kovacevic, Suzana M Petrovic, Bojana M Bokic, Biljana M Gakovic, Milos T Bokorov, Borislav Z Vasic, Rados B Gajic, Milan S Trtica, Branislav M Jelenkovic, **Surface nanopatterning of Al/Ti multilayer thin films and Al single layer by a low-fluence UV femtosecond laser beam**, *Applied Surface Science***326** (2015), pp.91-98
- (ИФ=4,439) Aleksander G Kovacevic, Suzana M Petrovic, Vladimir M Lazovic, Davor B Perusko, Dejan V Pantelic, Branislav M Jelenkovic, **Inducing subwavelength periodic nanostructures on multilayer NiPd thin film by low-fluence femtosecond laser beam**, *Applied Surface Science***417** (2017), pp.155-159
- (ИФ=2,176) Suzana M Petrovic, Davor B Perusko, Janez Kovac, Peter Panjan, Miodrag N Mitric, Dejan J Pjevic, Aleksander G Kovacevic, Branislav M Jelenkovic, **Design of co-existence parallel periodic surface structure induced by picosecond laser pulses on the Al/Ti multilayers**, *Journal of Applied Physics***122** (2017), a.115302
- (*) (ИФ=2,084) Aleksander G. Kovačević, Suzana M. Petrović, Branislav Salatić, Marina Lekić, Borislav Vasić, Radoš Gajić, Dejan Pantelić, Branislav M. Jelenković, **Inducing LIPSS on multilayer thin metal films by femtosecond laser beam of different orientations**, *Optical and Quantum Electronics***52** (6) (2020), a.301, ISSN 1572-817X, doi: 10.1007/s11082-020-02398-2
- (*) (ИФ=2,679) Aleksander G. Kovačević, Suzana Petrović, Alexandros Mimidis, Emmanuel Stratakis, Dejan Pantelić, and Branko Kolaric, **Molding Wetting by Laser-Induced Nanostructures**, *Applied Sciences – Basel***10** (17) (2020), a.br.6008, doi: 10.3390/app10176008
- (*) (ИФ=1,611) Suzana Petrović, George D. Tsibidis, Aleksander Kovačević, Nevena Božinović, Davor Peruško, Alexandros Mimidis, Alexandra Manousaki, and Emmanuel Stratakis. **Effects of static and dynamic femtosecond laser modifications of Ti/Zr multilayer thin films**, *The European Physical Journal D***75** (12) (2021), a.304. (<https://link.springer.com/article/10.1140/epjd/s10053-021-00291-5>)

..2.2. Ласерска модификација параметара композитних материјала

Интеракција са композитним материјалима је од интереса у разним областима технологије и индустрије – аероинжењеринг, грађевина, војска, текстил. Особине карбонских фибера, као што су издржљивост на истезање, чврстоћа, мала специфична тежина, отпорност на хемијске агенсе, мали термални коефицијент ширења, омогућавају им да буду погодни за производњу композита и широку употребу у авио-индустрији, грађевинарству, војној индустрији, мото-спортовима. Велики капацитет механичког оптерећења са малом густином омогућава полимерима ојачаним карбонским фиберима да буду употребљени у структурама са редукованом тежином. Карбонски композити

ојачани карбонским фиберима имају одличан отпор на истезање и удар на високим температурама (до 3000 °C), што је погодно за делове који се користе при условима високих температура (млазнице ракета, ивице крила за пројектиле и космичке летелице, делове за пећи и заштиту при повратку у атмосферу, кочнице за авионе и тркачка кола, нуклеарне реакторе и сл.). У последњој фази процесирања материјала може доћи до деградације механичких особина. Употреба интеракције са ласерским снопом даје предност у односу на класичне методе због веће брзине и прецизности. Истраживање утицаја ласерских снопова на модификацију параметара ових материјала, теоретска анализа и примена одговарајућих модела за препознавање модификације узроковане ласером је објављено у следећим публикацијама:

- (ИФ=4,920) Branka V Kaludjerovic, Milesa Z Sreckovic, Milovan M Janicijevic, Aleksander G Kovacevic, Slobodan Bojanic, **Influence of Nd³⁺: YAG laser irradiation on the properties of composites with carbon fibers**, *Composites Part B125* (2017), pp.165-174
- (ИФ=0,418) Milesa Z Sreckovic, Branka V Kaludjerovic, Aleksander G Kovacevic, Aleksandar R Bugarinovic, Dragan Druzijanic, **Interaction of laser beams with carbon textile materials**, *International Journal of Clothing Science and Technology*27 (2015), pp.720-737

..2.3. Међусобни узајамни утицај ласерског снопа и материјала приликом пропагације снопа кроз материјал

Бизмут-германијум оксид по структури припада материјалима типа силенита. Због својих особина (фотопроводност, фоторефрактивност, пиезоелектрицитет), као и због подршке магнето-оптичких и електро-оптичких ефеката, погодан је за разне примене, као што су холографија, просторна модулација, оптичке меморије, фибер-оптички сензори, Покелсове ћелије, итд. Бизмут-силицијум-оксид (такође силенитни материјал) је оптички активан, са снажном оптичком ротацијом, електро-оптичким и магнетно-оптичким ефектом, а вредности диелектричне, пиезоелектричне и еласто-оптичке константе, као и других карактеристика су велике, због чега је атрактиван за примене као активни елементи у многим уређајима. Пропагација ултрабрзих снопова кроз ове материјале, са модификацијом параметара, као и са променом особина снопа, експериментално је обрађивана и теоретски анализирана:

- (ИФ=2,446) Aleksander G Kovacevic, Jasna L Ristic-Djurovic, Marina M Lekic, Branka B Hadzic, Giama Saleh Isa Abudagel, Slobodan J Petricevic, Pedja M Mihailovic, Branko Z Matovic, Dragan M Dramlic, Ljiljana M Brajovic, Nebojsa Z Romcevic, **Influence of femtosecond pulsed laser irradiation on bismuth germanium oxide single crystal properties**, *Materials Research Bulletin*83 (2016), pp.284-289
- (ИФ=1,168) Vladimir Skarka, Marina M Lekic, Aleksander G Kovacevic, Boban Zarkov, Nebojsa Z Romcevic, **Solitons generated by self-organization in bismuth germanium oxide single crystals during the interaction with laser beam**, *Optical and Quantum Electronics*50 (2018), pp.37-44
- (ИФ=0,386) Giama Saleh Isa Abudagel, Slobodan J Petricevic, Pedja M Mihailovic, Aleksander G Kovacevic, Jasna L Ristic-Djurovic, Marina M Lekic, Maja J Romcevic, Sasa T Cirkovic, Jelena M Trajic, Nebojsa Z Romcevic, **Improvement of magneto-optical quality of high purity Bi12GeO20 single crystal induced by femtosecond pulsed laser irradiation**, *Optoelectronics and Advanced Materials - Rapid Communications*11 (2017), pp.477-481

- (*) (ИФ=3,382) Nebojsa Romcevic, Marina Lekic, Aleksander Kovacevic, Novica Paunovic, Borislav Vasic, Maja Romcevic, **Structural properties of femtosecond laser irradiation induced bismuth oxide based nano-objects in Bi12SiO20 (BSO) single crystal**, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* **148** (2023), a.115653, ISSN 1386-9477, doi: 10.1016/j.physe.2023.115653

..2.4. *Детекција објеката у атмосфери пропацијом ласерског снопа кроз атмосферу (активна), и пасивна детекција*

Праћење и препознавање разних објеката у дефинисаном простору су сложени мултидисциплинарни проблеми. У зависности од одабране сцене (величина објекта и његова динамика, време процесирања података и процена) и система, одабира се решење. За објекте већих габарита на терену (нпр. летелице), погоднији је пасивни приступ. За мале објекте, нпр. детекција аеросола у атмосфери, погоднији је активни приступ (пропацијом ласерског снопа). Облаци и атмосферски аеросоли имају важну улогу у климатском систему и одређивање оптичких карактеристика аеросола је кључно за бољу прогнозу времена и разумевање климатских промена. Добијени резултати у оквиру моделовања пасивног праћења објеката у атмосфери, као и детекције аеросола пропацијом ласерских снопова кроз атмосферу су објављени у следећим радовима:

- (ИФ=0,767) Dragan Knezevic, Magdalena S Dragovic, Vedran Ibrahimovic, Mileša Z Sreckovic, Aleksander G Kovacevic, **Numerical complexity of real-time tracking of objects in defined space by infrared optoelectronic devices**, *Indian Journal of Pure & Applied Physics* **52** (2014), 457-464
- (*) Zoran Mijić, Maja Kuzmanoski, Luka Ilić, Aleksander Kovačević and Darko Vasiljević, **Review of atmospheric aerosol optical properties profiling and lidar station activities in Serbia**, *Book of abstracts and contributed papers, IV Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA – Atmosphere* (Fruška gora, May 30 – June 2, 2022), p.89 – 96. ISBN 978-86-82441-57-1

..2.5. *Примена оптичких и спектроскопских метода у очувању и заштити објеката културне баштине*

Постојање објеката културне баштине је од изузетног друштвеног значаја, не само због очувања културног и националног идентитета, него и због подизања општег нивоа образовања, и друштвене и историјске свести популације. Због тога је очување и заштита (конзервација и рестаурација) објеката културне баштине важна друштвена тема у којој се употреба оптичких метода, као што су спектроскопија или интеракција са ласерским сноповима, све више шири. Резултати истраживања и примене интеракција ласерских снопова са материјалима од интереса за конзервацију и рестаурацију културне баштине су објављени у следећим публикацијама:

- Александер Ковачевић, **Неке примене оптичких метода као подршка у конзервацији и рестаурацији објеката културне баштине**, Зборник изабраних радова и извода Први научни скуп Мултидисциплинарни приступ културној баштини, савременим материјалима и технологијама, (Београд, 3.6.2017), pp. 18–25, ISBN 978-86-6179-055-3 (предавање по позиву)

- (*) Milesa Srećković, Suzana Polić, Milivoje Ivković, Zoran Karastojković, Milica Vinić, Aleksander Kovačević, Slobodan Bojanić, **Contemporary laser techniques, general application in heritology and case of building in 7 Balkanska street, Belgrade**, *Materials Protection* **61** (4) (2020), pp.275 – 285, ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585, (doi: 10.5937/zasmat2004275S)

..3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса

..3.1. Квалитет научних резултата

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

Др Александер Ковачевић је у свом досадашњем раду у Институту за физику покренуо истраживање интеракције ултрабрзих (фемтосекундних) ласерских снопова са разним неорганским и биолошким материјалима. Интеракција доводи до измене структуре површина материјала на суб-микронском нивоу чиме се мењају површинске особине материјала и њихов физички одговор, а тиме се отвара широко поље нових примена. Објавио је 30 радова у категорији M20 у међународним часописима, од којих је 7 категорија M21a, 2 у M21, 10 у M22, 11 у M23. Од последњег покретања поступка за реизбор у звање је објавио 4 рада категорије M20, од којих је 3 у M22, а 1 у M23.

Као пет најзначајнијих радова кандидата се могу узети:

1. (M21a Materials Science; IF=3,150) Aleksander G. Kovačević, Suzana M. Petrović, Bojana M. Bokić, Biljana M. Gaković, Miloš T. Bokorov, Borislav Z. Vasić, Radoš B. Gajić, Milan S. Trtica, Branislav M. Jelenković, **Surface nanopatterning of Al/Ti multilayer thin films and Al single layer by a low-fluence UV femtosecond laser beam**, *Applied Surface Science* **326** (2015), pp.91-98; Doi: 10.1016/j.apsusc.2014.10.180
2. (M21a Materials Science; IF=4,439) Aleksander G. Kovačević, Suzana Petrović, Vladimir Lazović, Davor Peruško, Dejan Pantelić, Branislav M. Jelenković, **Inducing subwavelength periodic nanostructures on multilayer NiPd thin film by low-fluence femtosecond laser beam**, *Applied Surface Science* **417** (2017), pp.155-159; Doi: 10.1016/j.apsusc.2017.03.141
3. (M22 Optics) Aleksander G. Kovačević, Suzana M. Petrović, Branislav Salatić, Marina Lekić, Borislav Vasić, Radoš Gajić, Dejan Pantelić, Branislav M. Jelenković, **“Inducing LIPSS on multilayer thin metal films by femtosecond laser beam of different orientations,”** *Optical and Quantum Electronics* **52** (6) (2020), a.301, (doi: 10.1007/s11082-020-02398-2)
4. (M22 Physics, Applied) Aleksander G. Kovačević, Suzana Petrović, Alexandros Mimidis, Emmanuel Stratakis, Dejan Pantelić, and Branko Kolaric, **“Molding Wetting by Laser-Induced Nanostructures,”** *Applied Sciences – Basel* **10** (17) (2020), a.6008 (doi: 10.3390/app10176008)
5. (M22 Physics - Condensed Matter) Nebojsa Romcevic, Marina Lekic, Aleksander Kovacevic, Novica Paunovic, Borislav Vasic, Maja Romcevic, **“Structural properties of femtosecond laser irradiation induced bismuth oxide based nano-objects in Bi12SiO20 (BSO) single crystal,”** *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* **148** (2023), a.115653 (doi: 10.1016/j.physe.2023.115653)

У првом раду су упоређени резултати интеракције ултрабрзог ласерског снопа са Al узорком у комаду и узорком састављеним од пет (Al/Ti) двослоја, при чему је сваки слој дебљине до 13 nm. Површинска модификација узорка је обављена фемтосекундним снопом мале флуенце а времена интеракције нису прелазила ~300 s. Формиране наноструктуре су ласерски индуковане површинске структуре (fs-LIPSS) са периодом <math>< 315\text{ nm}</math> и висином ~45 nm. Површине покривене наноструктурама као што су LIPSS могу имати своје примене код структурног обојења, појачања апсорпције, антирефлексионих филмова, биомедицинских и оптофлуидичних апликација, холографије, против-фалсификовања, декорације, архивирања података. Показано је: 1) да те структуре еволуирају од неравна сличним LIPSS велике просторне фреквенције ка LIPSS мале просторне фреквенције ако је пређен праг флуенце; 2) број нископериодичних LIPSS расте са временом; 3) нископериодични LIPSS остају стабилни и после дугих времена експозиције. Остварени су периодичне структуре високог квалитета на површини вишеслојних нанометарских димензија интеракцијом са фемтосекундним снопом ниске флуенце. Поређење резултата једнослојног Al са вишеслојним узорцима показује да присуство Ti подслоја омогућава ефикаснији пренос топлоте кроз Al/Ti интерфејс даље од зоне интеракције. То је узроковало смањење аблационих ефеката и формирање регуларнијих паралелних структура. Конкретни допринос кандидата је најважнији у концептуализацији пројекта (осмишљавање избора параметара и начина дејства ласерског снопа за предвиђени материјал ради претпостављених резултата), мерењу ласерске интеракције са материјалом (извођење експеримента и документовање резултата) и анализи резултата.

Други рад испитује формирање ласерски индукованих паралелних структура на површини пет (Ni/Pd) двослојева, при чему је сваки слој дебљине до 13 nm. Интеракцијом ултрабрзог ласерског снопа са металном површином формирају се паралелне површинске структуре периода мањих од таласне дужине снопа. У овом раду су таласне дужине интеракција биле у видљивој и блиској инфрацрвеној области, трајање појединачног импулса ~100 fs, а репетиција 76 MHz, док су снаге биле у опсегу од 175–195 mW. Демонстрирано је генерисање LIPSS скенирањем снопа мале флуенце по површини вишеслојних танких филмова. Структуре су идентификоване као LIPSS велике просторне фреквенције генерисан појавом површинског плазмона-поларитона. Правац скенирања у односу на правац поларизације утиче на промену просторног периода LIPSS због фазне разлике између улазне и индуковане осцилације. Конкретни допринос кандидата је најважнији у концептуализацији пројекта (осмишљавање избора материјала као и параметара и начина дејства ласерског снопа ради претпостављених и очекиваних резултата), мерењу ласерске интеракције са материјалом (извођење експеримента и документовање резултата) и анализи резултата.

У трећем раду је истражено како се формирају паралелне наноструктуре на површини која је изложена интеракцији са скенирајућим фемтосекундним снопом таласне дужине у видљивој и блиској инфрацрвеној области. Узорци су формирано као пет (Al/Ti) двослоја танких филмова, при чему је сваки слој (Al или Ti) био дебљине до 13 nm. Сноп је скенирао преко посматране површине прво у једном правцу, а после преко исте површине у ортогоналном правцу. Свако скенирање је формирало паралелне површинске структуре (LIPSS) периода 320-380 nm. Установљено је да су за флуенце снопа мање од ~ 170 mJ/cm² LIPSS у облику паралелних брегова, а за веће флуенце у облику канала насталих аблацијом. Оријентација ова два типа LIPSS у односу на правац поларизације снопа указује да припадају различитим типовима. Покушај да се променом правца

скенирања формирају ортогоналне наноструктуре на површини је показао да претходно формиране структуре спречавају формирање нових структура новом интеракцијом, а такође се догађа да нова интеракција потпуно уништи претходно формиране LIPSS. Конкретни допринос кандидата је најважнији у концептуализацији пројекта (осмишљавање избора материјала као и параметара и начина дејства ласерског снопа ради претпостављених резултата), мерењу ласерске интеракције са материјалом и анализи резултата.

Четврти рад је експериментално и теоријско истраживање промене угла квашења површине узорака састављеног од више нанометарских металних двослојева или трослојева. Узорци су формиранни као вишеслојни, петнаест двослоја или осам трослоја, при чему је сваки слој код двослојних 17 nm, а код трослојних 21 nm дебљине. Узорци су подвргнути интеракцији са ултрабрзим ласерским снопом чиме су се на површини формирале субмикронске ласерски индуковане површинске структуре. За сваки узорак је интерагована површина био други метал. Показано је да се после ласерске интеракције и формирања субмикронских периодичних структура угао квашења значајно повећава, са $\sim 70^\circ$ до $\sim 140^\circ$, а да то не зависи од материјала на интерагованој површини, него само од наноструктура. Класични приступ подразумева да је квашење последица коругација већих од микрометра, али у овом случају се ради о нанометрима и објашњење се види у квантним ефектима. Конкретни допринос кандидата је најважнији у концептуализацији пројекта (осмишљавање експеримента ради претпостављених очекиваних резултата) и анализи резултата експерименталне ласерске интеракције са материјалом.

У петом раду је силенит бизмут-силицијум-оксид, добијен техником Чохралски, полиран, подвргнут интеракцији са ултрабрзим ласерским снопом. Силеници су оптички активни кристали са снажним оптичким ефектима (оптичка ротација, електро-оптички и магнетно-оптички ефект) и великим вредностима диелектричне, пиезо-електричне константе, индекса преламања. Имају примене у многим уређајима као активни делови. Снаге ласерског снопа су мењане, а утицај ласерског снопа на структурне особине кристала су истражене. Површина пре интеракције је глатка, без пукотина. После интеракције са фемтосекундним снопом, појавила су се мала сферна острва на површини, чије су димензије зависиле од примењене снаге снопа. Осим тога, после интеракције је дошло до промене у инфрацрвеном спектру. Установљено је да су на површини формиранни нано-објекти (мањи од 20 nm) на бази бизмут-оксида, и који су аранжирани у матрици бизмут-силицијум-оксида. Конкретни допринос је кандидат дао у истраживању, експерименту, мерењу ласерске интеракције са материјалом и анализи резултата.

..3.1.2. Цитираност научних резултата кандидата

Према сервису *Web of Science*, сви радови су цитирани укупно **231** пута, док је број цитата без аутоцитата **143**, и Хиршов h-index је **9**. Према сервису *Scopus* сви радови су цитирани 250 пута (161 без аутоцитата), а h-индекс је **9**.

..3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Др Александер Ковачевић је објављивао радове у часописима категорије M21a, M22 и M23. Радови након последњег покретања поступка реизбора су подвучени:

Назив часописа	Год.	Број радова	Категорија	ИФ	Бр. хетеро-цитата
Laser Physics	2001	1	22	0,715	0
	2013	1	21	1,025	2
Review of Scientific Instrumets	2003	1	21a	1,340	9
Optics Express	2005	1	21a	3,764	20
Acta Physica Polonica A	2007	3	23	0,370	4
Physical Review A	2008	1	21a	2,908	17
Acta Physica Polonica A	2009	2	23	0,367	12
Optics Express	2011	1	21a	3,578	12
Nuclear Technology and Radiation Protection	2011	1	22	1,159	0
Physica Scripta	2012	1	22	1,024	6
Technical Gazette	2013	1	23	0,615	2
Indian Journal of Pure and Applied Physics	2014	1	23	0,766	0
Journal of Applied Physics	2014	1	21	2,183	19
	2017	1	22	2,176	0
Physica Scripta	2014	1	22	1,126	10
Applied Surface Science	2015	1	21a	3,150	12
	2017	1	21a	4,439	2
Metalurgija	2015	1	22	0,959	0
International Journal of Clothing Science and Technology	2015	1	23	0,418	0
Materials Research Bulletin	2016	1	22	2,446	2
Composites B	2017	1	21a	4,920	7
Optoelectronics and Advanced Materials	2017	1	23	0,386	1
Optical and Quantum Electronics	2018	1	23	1,547	0
	<u>2020</u>	<u>1</u>	<u>22</u>	<u>2,084</u>	<u>1</u>
Applied Sciences	<u>2020</u>	<u>1</u>	<u>22</u>	<u>2,679</u>	<u>2</u>
European Physical Journal D	<u>2021</u>	<u>1</u>	<u>23</u>	<u>1,611</u>	<u>1</u>

Physica E	<u>2023</u>	<u>1</u>	<u>22</u>	<u>2,900</u>	<u>2</u>
УКУПНО		30		50,655	143

Додатни библиометријски показатељи за радове публиковане након претходног реизбора у звање приказани су у следећој табели:

Назив часописа	Импакт фактор	М	СНИП
УКУПНО	9,274	18	3,290
УСРЕДЊЕНО ПО ЧЛАНКУ	2,319	4,5	0,823
УСРЕДЊЕНО ПО АУТОРУ	1,392	2,667	0,489

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

Од почетка каријере се кандидат највише бавио физиком интеракције ласерских снопова (од континуалних до ултрабрзих) са материјалима (метали, неметали, графен, биолошки материјали, текстилни материјали, атмосфера). Степен самосталности се огледа у чињеници да је кандидат развио концепте и проширио истраживања у оквиру наведених тема. Посебно се издваја истраживачка тема која се односи на интеракцију фемтосекундног ласерског снопа са металима и графеном коју је кандидат покренуо у Институту за физику. Најзначајнији радови кандидата су засновани на резултатима који су добијени у оквиру поменуте теме. Реализована истраживања су била експерименталног и теоријског карактера, а обухватила су и нумеричку подршку моделовању наведених интеракција. Код најзначајнијих радова наведених у делу 3.1.1. показана је кључна улога и у потпуности самосталност у организовању целокупног рада на реализацији експеримената и аналитичким теоретским разматрањима, и у обради података.

У оквиру међународне сарадње кандидат након последњег поступка реизбора у звање учествује на међународном пројекту “Twinning for excellence of the Serbian Research center for quantum biophotonics” као члан пројектног тима, као и на међународном програму Erasmus+ сарадње између институција. Поред тога, остварио је сарадњу са институцијама из иностранства:

- Грчке: Institute of Electronic Structure and Laser, Heraklion (Emmanuel Stratakis, Giorgios D. Tsibidis, Alexandros Mimidis, Alexandra Manousaki)
- Шпаније: Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (Слободан Бојанић)
- Босне и Херцеговине (Република Српска): Телеком Српске, Бијељина (Александар Бугариновић); Универзитет у Источном Сарајеву – Технолошки факултет Зворник (Светлана Пелемиш)
- Белорусије: Академија наука Белорусије (Oleg Khasanov, Olga Fedotova, Ryhor Rusetski)
- Португалије: Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (Ana Gomes Silva)

..3.1.5. Награде

У години 2017, кандидат је добио признање „Certificate of outstanding contribution in reviewing“, једног од најпознатијих издавача на пољу науке, Elsevier, за изузетни допринос рецензирању у часопису Applied Surface Science.

За допринос у реализацији програмских активности Регионалног центра за таленте „Београд-2“, и раду са надареном и талентованом школском популацијом, кандидат је пре последњег реизбора у звање добио захвалницу 2016, а након последњег покретања поступка за реизбор у звање добио захвалнице 2018. и 2019. године.

..3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Кандидат је био ангажован на извођењу наставе на студијском програму „Биофотоника“ 2020 и 2021 на предмету “Модификација биоматеријала ласерским зрачењем”.

Кандидат је вишегодишњи сарадник Регионалног центра за таленте „Београд-2“, где је учествовао као ментор, и члан жирија за смотре талената на националном (регионалном и републичком) и међународном нивоу, што је у склопу програмског радног доприноса Центра раду са надареном и талентованом школском популацијом.

..3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

У складу са Правилником о вредновању научно истраживачког рада узета је пуна вредност М бодова за све радове од 1 до 7 аутора, а за радове са више од 7 аутора по формули $K/(1+0,2*(n-7))$, где је K пуни број М-поена према категорији часописа, а n број коаутора ($n>7$). Сви радови кандидата спадају у природно-математичке и експерименталне.

У свим публикованим радовима кандидата комбинована су експериментална истраживања са теоријским прорачунима и нумеричким симулацијама због чега се рачунају са пуном тежином у односу на 7 коаутора. Од укупно 32 публикације које су објављене у периоду након покретања претходног реизбора у звање одговарајуће нормирање на основу броја коаутора је извршено за 9 радова и то 1 рад категорије М22, 1 рад категорије М23, 1 рад категорије М33, 5 радова категорије М34 и 1 рад категорије М63. Број М-бодова је након нормирања 36,139 што је изнад захтеваног броја бодова за реизбор у звање виши научни сарадник

..3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

На пројекту ИИИИ45016 „Генерисање и карактеризација нано-фотоничних функционалних структура у биомедицини и информатици“ кандидат је руководио пројектним задатком „Креирање паралелних структура на вишеслојним системима помоћу ласерског зрачења“.

Од 2021 кандидат у оквиру међународног програма мобилности КА103 Erasmus+ координира сарадњу Института за физику у Београду са Универзитетом Нова (Universidade Nova de Lisboa) из Лисабона (Португалија); тема је везана за површинске појаве, наноструктуре и танке филмове са очекиваним напретком у биофизици; програм је продужен до краја школске 2024/2025 године.

..3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Од 2011. до 2019. године кандидат је учествовао у организацији домаће Радионице фотонице (Копаоник) и то: руковођење организационим одбором (2011), члан организационог одбора (2012-2019), члан научног одбора (2018-2019).

Од 2020. до 2024. године је на пет међународних Радионица фотонице (Копаоник) био члан и научног и организационог одбора.

Кандидат је био у научном одбору међународне конференције The Second International Students Scientific Conference "Multidisciplinary approach to contemporary research" (Belgrade, 2018).

Кандидат је био у научним одборима две националне конференције “Методолошка истраживања у херитологији и новим технологијама”, Београд (2019 – 2020).

Кандидат је један од оснивача Оптичког друштва Србије (ОДС) 2011. године и члан од 2011. године до данас, као и секретар од 2015. године до данас.

Пре последњег покретања поступка реизбора кандидат је рецензирао најмање 6 рукописа за издаваче реномираних међународних часописа Elsevier (Applied Surface Science: 4, Surfaces and Interfaces: 1), IoP (Nanotechnology: 1).

Од последњег покретања поступка, кандидат је рецензирао предлог међународног пројекта за Чешку научну фондацију, као и 10 рукописа за издаваче реномираних међународних часописа, међу којима се издвајају Elsevier (Applied Surface Science: 4, Composite Structures: 1, Optik: 1), MDPI (Applied Sciences: 1, Micromachines: 1), IoP (Nano Express: 1), Springer (Optical and Quantum Electronics: 1). Осим међународних, кандидат је рецензирао и за домаће часописе (Заштита материјала: 1).

..3.6. Утицај научних резултата

Утицајност научних радова је описана у делу 3.1, а на основу пуног списка радова и цитираности се може проценити да су радови јасно међународно препознати у области интеракције ултрабрзих ласерских снопова са материјалима.

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

Од пет најзначајнијих радова, на четири рада је кандидат имао водећу улогу у кључним задацима реализације, а на једном је кандидат активно учествовао у истраживању, формалној анализи, концептуализацији идеја и поставци експеримента као и у дискусијама за решавање проблема и тумачењу резултата. За више детаља погледати део 3.1.4.

..3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

У периоду пре претходног реизбора у звање кандидат је имао предавање по позиву:

A. G. Kovačević, S. Petrović, M. Lekić, B. M. Jelenković, **Inducing LIPSS by multi-pass and cross-directional scanning of femtosecond beam over surface of thin metal films**, *International Conference on Ultrafast Optical Science "UltrafastLight-2018"*, Moscow, October 1-5, 2018, Book of Abstracts p.108.

Кандидат је одржао једно уводно предавање у периоду након претходног реизбора у звање:

Aleksander Kovačević, **Laser induced surface nanostructures and potential contemporary and future applications**, LXVII ETRAN and 10th International Conference IcETLAN 2023, Istočno Sarajevo, BiH, 05 – 08.06.2023, SS-MD1.1, p.73, ISBN 978-86-7466-965-5.

..4.Елементи за квантитативну оцену научног доприноса

Остварени резултати у периоду **наконадлуке** Научног већа за покретања поступка за претходни реизбор у научно звање.

Категорија	М бодова (К)	Број радова	М бодова укупно	М бодова укупно нормираних
M22	5,000	3	15,000	14,167
M23	3,000	1	3,000	2,500
M33	1,000	4	4,000	3,833
M34	0,500	9	4,500	3,806
M51	2,000	1	2,000	2,000
M62	1,000	1	1,000	1,000
M63	1,000	8	8,000	7,833
M64	0,200	5	1,000	1,000
Укупно		32	38,500	36,139

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

Критеријум	Минимални број М бодова	Остварено без нормирања	Остварено нормирано
Укупно	25*	38,500	36,139
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	20*	20,500	20,500
M11+M12+M21+M22+M23	15*	16,667	16,667

*за реизбор у звање виши научни сарадник

Закључак

Анализом изложеног материјала о научној делатности кандидата, Комисија је закључила да научни рад др Александра Ковачевића садржи оригиналне доприносе на пољу фотонице, а посебно из области физике интеракција ласерских снопова са материјалима и њихових примена. Област коју је кандидат покренуо и развио у Институту за физику у Београду је модификација површина интеракцијом са ултрабрзим ласерима. Постигнути резултати су значајни у физици биоматеријала и биофотоници. Кандидат поседује и искуство у педагошком раду са младим талентима из физике, као и искуство у организационим и међународним активностима.

На основу увида у поднети материјал, Комисија констатује да кандидат др Александер Ковачевић испуњава све квалитативне и квантитативне услове прописане Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије за реизбор у звање виши научни сарадник.

На основу свега изложеног, предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да утврди предлог да се кандидат др Александер Ковачевић реизабере у звање виши научни сарадник.

др Бранко Коларић,

научни саветник Института за физику у Београду



др Сузана Петровић,

научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“ у Београду



др Зоран Мијић,

виши научни сарадник Института за физику у Београду

