

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ

Извештај комисије за избор др Александра Крмпота у звање научни саветник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 25.01.2022. године именовани смо у комисију за избор др Александра Крмпота у звање научни саветник.

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

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Александар Крмпот је рођен у Горњем Милановцу 1976. године, где је завршио основну школу и гимназију. Након завршене средње школе и одслуженог војног рока отпочиње студије на Физичком факултету Универзитета у Београду 1996. године, смер: примењена физика. Као студент учествовао је на Међународној конференцији студената физике, добитник је стипендије Краљевске Норвешке амбасадe у Београду 2000. године и стипендије општине Горњи Милановац.

Дипломирао је 2002. са просеком оцена 9.02. Дипломски рад: "Континуални диодно побуђивани Nd-YAG ласер" је урадио у Лабораторији за оптоелектронику и ласере Института за физику под менторством др Дејана Пантелића и академика проф. др Николе Коњевића. Постдипломске студије започео је у истој лабораторији где је поред унапређивања Nd-YAG ласера паралелно отпочео постављање експеримента за кохерентну спектроскопију рубидијумове паре и проучавао кохерентне феномене у квантној оптици. Магистрирао је 2007. године са тезом "Електромагнетно индукована транспаренција и апсорпција приликом интеракције двохроматског кохерентног зрачења са атомима рубидијума" под менторством др Бранислава Јеленковића. Докторску дисертацију под називом: „Утицај профила и интензитета ласерског снопа на особине кохерентног тамног стања у атомима рубидијума” је такође урадио на Институту за физику у Центру за фотонику под руководством др Јеленковића и одбранио је 2010. године на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Александар Крмпот је запослен на Институту за физику од 01.11.2002. године као истраживач-приправник, а затим, од 2008. године и као истраживач-сарадник. Био је ангажован на тада актуелним домаћим истраживачким и технолошким пројектима као и на европском FP6 пројекту „Reinforcing research center for quantum and optical metrology“. Током 2009. године је боравио на Институту за електронску структуру и ласере (IESL), Хеленска фондација за

истраживање и технологију (FORTH), Хераклион, Грчка радећи на NOLIMBA (Non Linear Imaging at Microscopic level for Biological Applications) пројекту у оквиру активности за мобилност и људске ресурсе (HRM), Марија Кири стипендије за трансфер знања (ТОК). Ту је стекао основна искуства из ласерске скенирајуће микроскопије и тродимензионалног осликавања која ће касније успешно пренети на Институт за физику у Београду.

Године 2011. изабран је за научног сарадника и наставио је свој рад на Институту за физику на тада актуелним домаћим истраживачким и иновационим пројектима као и на два пројекта SCOPES програма Швајцарске националне фондације за науку (SNSF) „Modern optics and spectroscopy – from research to education“ (завршен) и „Ramsey spectroscopy in Rb vapour cells and application to atomic clocks“. Од 2012. године борави периодично на Каролинска Институту у Стокхолму, Шведска као гостујући истраживач где је развио експеримент и метод за мултифокалну флуоресцентну спектроскопију и функционално осликавање кроз пројекат шведске фондације Knut and Alice Wallenberg Foundation. За вишег научног сарадника је изабран 2017 године.

Александар Крмпот је руководио иновационим пројектом „Ласерски скенирајући микроскоп са брзим кружним скенирањем за примене у биотехнологији и медицини“ (2014-2015. година), билатералним пројектом за научну сарадњу између Србије и Немачке „*In situ* дијагностика и оптимизација ултра кратких ласерских импулса у нелинеарној микроскопији за 3Д биолошко осликавање“ (2016-2018. година) као и минипројектом у оквиру конзорцијума LaserLabEurope (FP7, 2011. година). **Тренутно руководи** пројектом „Hemoglobin-based spectroscopy and nonlinear imaging of erythrocytes and their membranes as emerging diagnostic tool“ - HEMMAGINERO из програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије и два билатерална пројекта МПНТР, „Imaging and time resolved spectroscopy of hemoglobin and red blood cells in THz, NIR and visible spectral regions for future biomedical application“ са Немачком (DESY, Hamburg) и „Hemoglobin-based nano-spectral non-linear imaging for future label-free medical diagnostics“ са Словенијом (Институт Јозеф Штефан, Љубљана). Учествовао је на више међународних пројеката од чега вреди истаћи: ERASMUS + пројекат на којем је покренуо сарадње са Каролинска Институтом, Стокхолм, Шведска и Хокаидо Универзитетом, Сапоро, Јапан; Calypso + пројекат у оквиру програма Twinning. Такође, активно је учествовао у припреми и реализацији пројекта „Набавка опреме за мерење квантног приноса флуоресцентних (био)маркера нове генерације који се користе у обележавању ћелија канцера и напредним микроскопским техникама“ који је финансирала компанија Филип Морис у Србији и Центар за развој лидерства кроз програм" #PokreniNauku. Руководилац је Лабораторије за биофизику на Институту за физику.

Александар Крмпот је ангажован као предавач на предмету „Савремене технике оптичке микроскопије у биологији и медицини“ на програму докторских академских студија из Биофотонике при Универзитету у Београду, а предавач је и по позиву на докторским студијама на Каролинска Институту. Као члан, а у једном мандату и као председник Државне комисије за такмичења из физике за ученике средњих школа у Друштву физичара Србије и предавач у Истраживачкој станици „Петница“ колега Крмпот је дао значајан допринос развоју научног подмлатка у земљи и популаризацији науке. Такође, био је и асистент и предавач на предмету физика на Пољопривредном факултету у Земуну, Високој школи струковних студија електротехнике и рачунарства и Високој школи струковних студија-Београдска политехника у Београду.

Добитник је годишње награде Института за Физику за најбољи магистарски рад, 2007. Аутор је 52 рецензирана рада објављених у међународним часописима и SPIE зборницима као и 3 међународне патентне пријаве, од чега су два патента објављена, а један регистрован у више земаља. Поред српског који му је матерњи језик говори енглески језик.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Током своје досадашње каријере, др Александар Крмпот је усмерио своја истраживања у два правца, 1) биофотоника у којој се бави углавном развојем и применом савремених микроскопских техника и 2) квантна оптика, у оквиру којих постоји неколико различитих истраживачких тема. Употреба високо кохерентних извора светлости (ласера) као и интеракција различитих ласерских снопова, у првом реду континуалних и ултрабрзих, са различитим физичким објектима (атомима, молекулима, биолошким и небиолошким материјалима) је оно што повезује ова два правца истраживања.

У даљој анализи научне и стручне активности кандидата детаљи ће бити разврстани по правцима и темама истраживања, а наведени **радови који су подвучени се односе на период од последњег избора у звање.**

2.1 Биофотоника и и развој напредних микроскопских техника

Биофотоника је актуелна интердисциплинарна област у којој се проучавају интеракције светлости са биолошким узорцима, углавном молекулима, и у којој се развијају нове квалитативне и квантитативне микроскопске технике. Развој нових микроскопских техника делом омогућава дубље разумевање интеракција светлости са узорцима, а делом примену већ добро проучених ефеката у циљу микроскопског осликавања (imaging) или мерења релевантних физичких величина на микроскопском нивоу. Данас постоје разне оптичке микроскопске технике, махом засноване на употреби различитих типова ласера: континуалних, ултрабрзих (фемто секундних), импулсних (нано- и пико-секундних), а нове се свакодневно развијају. За успешна истраживања и напредак у биофотоници потребни су тимови чији чланови имају знања и вештине из више научних области и то из физике (оптике), биологије, (био)хемије, медицине и фармације. О актуелности биофотонике сведочи значајан број Нобелових награда додељених у последње време које су директно повезане са истраживањима у овој области: за откриће зеленог флуоресцентног протеина (Green Fluorescence Protein), хемија, 2008; за суперрезулциону микроскопију, хемија 2014; за оптичке пинцете и генерацију и појачавање ултракратких ласерских импулса, физика, 2018.

У области биофотонике кандидат је профилисао своје правце истраживања махом у развоју и примени нових микроскопских техника као и проучавању интеракције ултрабрзих ласерских импулса са (био)материјалима.

2.1.1 Нелинеарна ласерска скенирајућа микроскопија

Почетно искуство у биофотоници колега Крмпот је стекао боравећи 2009. и 2011. на Институту за електронску структуру и ласере Хеленске фондације за истраживање и технологију (Institute for Electronic Structure and Lasers, Foundation for Research and Technology Hellas – IESL FORTH), Хераклион, Грчка на позив директора проф. др Костаса Фотакиса. Тамо је био ангажован на NOLIMBA (Non Linear Imaging at Microscopic level for Biological

Applications) пројекту у оквиру људских ресурса и мобилности (Framework of Human Resources and Mobility (HRM)), Marie Curie Host Fellowships for the Transfer of Knowledge (ТОК). Колега Крмпот је у Грчкој стекао искуства и вештине у тродимензионалном (3Д) осликовању микрообјеката помоћу нелинеарне ласерске скенирајуће микроскопије – НЛСМ. Касније је стечена знања пренео у матични институт и са тимом својих колега успешно развио НЛСМ у Лабораторији за биофизику. Експериментална апаратура се редовно унапређује и примењује кроз сарадњу са релевантним научним институцијама код нас (Биолошки факултет БУ, Медицински факултет БУ, ИБИСС, ИТН САНУ, Медицински факултет УНС, Институт за медицинска истраживања, Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство) и у иностранству (IESL-FORTH, Хераклион, Грчка; DESY, Хамбург, Немачка; Универзитет у Лас Вегасу, САД; Institut Lumière Matière, Универзитету у Лиону, француска).

НЛСМ је техника микроскопирања у којој се помоћу ултра кратких (фемтосекундних) ласерских импулса врши побуда узорка. Због високе вршне снаге коју имају ултра кратки импулси приликом интеракције са материјалом узорка долази до генерисања нелинеарних оптичких ефеката који се детектују као користан сигнал. У зависности од тога који се сигнал детектује постоје три модалитета: двофотонски побуђена флуоресценција (two Photon Excitation Fluorescence - TPEF) познатији још и као двофотонска микроскопија, затим генерација другог и трећег хармоника (Second/Third Harmonic Generation – SHG/THG). Интензитет детектованог сигнала је пропорционалан одређеном степену интензитета понудне светлости, зависности од типа интеракције, те отуда назив нелинеарна микроскопија. За TPEF степен нелинеарности може бити 2 и/или 3 зависно да ли је побуда дво- или тро- фотонска, за SHG је увек и тачно 2, а за THG је 3. Према се три поменути модалитета врло често комбинују тако што се узорак осликова симултано или сукцесивно са два или сва три модалитета, у наставку ће преглед научне активности кандидата бити разврстан по томе који од модалитета је био доминантан у појединим студијама

Двофотонска микроскопија (Two Photon Excitation Fluorescence - TPEF). Код овог модалитета НЛСМ-е долази до двофотонске побуде молекула, најчешће протеина, у блиској инфрацрвеној области (типично 700-1000nm) да би се побуђени молекули деексцитовао емисијом фотона који се детектују као флуоресценција. Метод стварања слике је скенирањем као код конфокалне микроскопије, која је принципијелно врло слична овом методу, уз најбитнију разлику што се код НЛСМ користе фемтосекундни ласерски импулси који и омогућавају двофотонску побуду, за разлику од конфокалне где се користе континуални ласери чије су таласне дужине најчешће у видљивом делу спектра. Такође због врло мале запремине око фокуса у којој је интензитет светлости довољно велик да изазове двофотонску побуду, код TPEF није потребно користити просторну филтрацију сигнала помоћу „пинхола“ (енг. „pinhole“). Када флуоресценција долази из молекула који су природно већ присутни у узорку онда се то зове аутофлуоресценција, а узорак се може и обележити вештачки додатим бојама чија се флуоресценција може детектовати. За све TPEF експерименте изведене у Лабораторији за биофизику који су приказани кроз радове у овом прегледу, коришћен је Ti:Sa ласер таласне дужине 700-1000nm (ефективно до 930 nm због потребе испирања резонатора чистим азотом за веће таласне дужине), дужине трајања импулса 160fs и средње излазне снаге до 2W. Сигнал се детектује у рефлексионој грани (back scattered) постављањем одговарајућег филтера. Цела апаратура, укључујући дизајн оптичког и оптомеханичког дела, електронске компоненте као и софтвер за контролу скенирања и аквизицију података је урађен у Лабораторији за биофизику.

Када су у питању материјали који дају аутофлуоресцентне сигнале, **хитин**, полисахарид и градивни елемент егзоскелета свих артропода, омогућава **осликовање ентомолошких узорака**

без обележавања. Истраживања у области таксономије и фотоничких особина инсеката помоћу осликовања хитинских структура на НЛСМ су објављена у:

- Maja Vrbica, Andjeljko Petrović, Dejan Pantelić, **Aleksandar J Krmpot**, Mihailo D Rabasović, Danica Pavlović, Svetlana Jovanić, Borislav Guéorguiev, Stoyan Goranov, Nikola Vesović, Dragan Antić, Đorđe Marković, Matija Petković, Ljubiša Stanisavljević, Srećko Ćurčić, **“The genus *Pheggomisetes* Knirsch, 1923 (Coleoptera: Carabidae: Trechinae) in Serbia: taxonomy, morphology and molecular phylogeny”** *Zoological Journal of the Linnean Society* **183** (2), 347–371(2017) doi: [10.1093/zoolinnean/zlx078](https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlx078)
IF(2016) 2,711; M21a
- D. V. Pantelić, S. N. Savić-Šević, D.V. Stojanović, S. B. Ćurčić, **A. J. Krmpot**, M. D. Rabasović, D. Pavlović, V. Lazović, V. Milošević, **“Scattering-enhanced absorption and interference produce a golden wing color of the Burnished Brass moth, *Diachrysiachrysis*”** *Phys Rev E* **95**(3), 032405 (2017), doi: [10.1103/PhysRevE.95.032405](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.95.032405)
IF(2016) 2,366; M21
- Mihailo D. Rabasović, Dejan V. Pantelić, Branislav M. Jelenković, Srećko B. Ćurčić, Maja S. Rabasović, Maja D. Vrbica, Vladimir M. Lazović, Božidar P. M. Ćurčić, **Aleksandar J. Krmpot**, **“Nonlinear microscopy of chitin and chitinous structures: a case study of two cave-dwelling insects,”** *Journal of Biomedical Optics* **20** 016010 (2015)

Коришћен је ТРЕФ модалитет захваљујући јакој аутофлуоресценцији хитина када се он побуђује ултракратким ласерским импулсима таласне дужине 700-750nm. Хитин је такође могуће побудити и једнофотонски на конфокалном микроскопу, али због велике ефикасности побуде долази до апсорпције побудног зрачења у површинским слојевима узорка те је немогуће продрети у дубину и видети унутрашње структуре што НЛСМ омогућава. У последњем раду је по први пут показано да хитин, полисахарид и градивни елемент егзоскелета свих артропода, због своје делимично уређене структуре може да даје такође и сигнал другог хармоника (SHG). Резултати су потврђени и спектралним и временски разложеним мерењима помоћу брзе тзв. стрик (streak) камере.

На основу резултата добијених истраживањима на пољу примене ТРЕФ микроскопије за осликовање природних фотоничких структура које се налазе на крилним љуспицама инсеката из рода *Lepidopterae* развијена је примена на тему употребе фотонских структура љуспица у заштити докумената. Идеја примене је заштићена кроз три међународне патентне пријаве, од чега је један патент регистрован у САД, Кини, Канади, Јужној Кореји, Европској патентној канцеларији и Јапану, а два патента су објављена.

- Deajn Pantelić, Mihailo Rabasović, **Aleksandar Krmpot**, Vladimir Lazović, Danica Pavlović **„Security tag containing a pattern of biological particles,“** Receiving Office: European Patent Office (EPO) (RO/EP), Applicant’s or agent’s reference AW-P0075WO, International application No: PCT/EP2015/081400, International filing date: 30 Decembrer 2015; Publication Date 06.07.2017; Grant Number108472982; Grant Date 07.02.2020
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017114570>
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN225666236& fid=WO2017114570>
M91
- Deajn Pantelić, Mihailo Rabasović, **Aleksandar Krmpot**, Vladimir Lazović, Danica Pavlović **„Security device individualized with biological particles,“** Receiving Office: European Patent Office (EPO) (RO/EP), Applicant’s or agent’s reference AW-

P0074WO, International application No: PCT/EP2015/081398, International filing date: 30 Decembrer 2015; Publication NumberWO/2017/114569' Publication Date 06.07.2017

<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017114569>

M93

- Danica Pavlović, Vladimir Lazović, Aleksandar Krmpot, Mihailo Rabasović, Deajn Pantelić „Security tag with laser-cut particles of biological origin,“ Receiving Office: European Patent Office (EPO) (RO/EP), Applicant's or agent's reference AW-P0076WO, International application No: PCT/EP2015/081407, International filing date: 30 Decembrer 2015; Publication NumberWO/2017/114572; Publication Date 6.07.2017
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017114572>

M93

За испитивања везана за горње патенте, експериментална апаратура за НЛСМ је била надограђена тако да је поред осликавања могуће и третирање, односно прецизно процесирање (Direct Laser Writing) узорака. Надоградња је махом софтверске природе, а у оптичком делу је уведена прецизна и аутоматска контрола снаге и електромеханичко прекидање ласерског снопа у жељеном тренутку. Након пријаве патената, резултати истраживања су објављени у раду:

- Danica Pavlović Mihailo D. Rabasović Aleksandar J. Krmpot Vladimir Lazović Srećko čurčić Dejan Stojanović Branislav Jelenković Wang Zhang Di Zhang Nenad Vukmirović Dimitrije Stepanenko Branko Kolarić Dejan V. Pantelić, “Naturally safe: cellular noise for document security” *Journal of Biophotonics* (2019) doi: [10.1002/jbio.201900218](https://doi.org/10.1002/jbio.201900218)

IF(2017) 3,694; M21

Надоградња апаратуре која омогућава прецизно процесирање, односно сечење узорака на микроскопском нивоу по жељеном обрасцу се показала као добра инвестиција са широким могућностима примене. Тако је изведен **први процес хелијске хирургије у Србији** на моделу једнохелијског организма, хифе филаментозне гљиве *Phycomyces blakesleeanus*. Прелиминарни резултати су приказани на конференцији:

- Tanja Pajić, Katarina Stevanović, Nataša Todorović, Aleksandar Krmpot, Mihailo Rabasović, Vladimir Lazović, Dejan Pantelić, Brana Jelenković, Miroslav Živić, ”Successful Ti:Sapphire laser cell surgery of *Phycomyces blakesleeanus* cell wall” 8th Regional Biophysics Conference - RBC 2018, #ReBiCon2018. May 16th - 20th 2018, Zreče, Slovenia,

а рукопис за рад у рецензираном часопису је у припреми.

У сарадњи са групом са Института за медицинска истраживања у објављен је рад о **примени TRF микроскопије у анализи еритроцита и квантификацији заосталог хемоглобина у мембранама еритроцита** након поступка градулане хемоллизе и кандидат је одржао позивно предавање на међународном научном скупу:

- Katarina Bukara, Svetlana Jovanić, Ivana T. Drvenica, Ana Stančić, Vesna Ilić, Mihailo D. Rabasović, Dejan Pantelić, Branislav Jelenković, Branko Bugarski, Aleksandar J. Krmpot, "Mapping of hemoglobin in erythrocytes and erythrocyte ghosts using two photon excitation fluorescence microscopy," *J. Biomed. Opt.* **22**(2), 026003 (2017), doi: [10.1117/1.JBO.22.2.026003](https://doi.org/10.1117/1.JBO.22.2.026003)
IF(2015) 2,556; M21
- Ivana Drvenica, Katarina Bukara, Svetlana Jovanić, Ana Stančić, Vesna Ilić, Mihailo D. Rabasović, Dejan V. Pantelić, Branislav M. Jelenković, Branko Bugarski, Aleksandar Jovan Krmpot, “Mapping of hemoglobin residuals in erythrocyte ghosts using two photon excited fluorescence microscopy” 8th Regional Biophysics Conference - RBC 2018, #ReBiCon2018. May 16th - 20th 2018, Zreče, Slovenia

Хемоглобин, протеин који је задужен за преношење кисеоника/угљендиоксида код свих кичмењака и који испуњава унутрашњост еритроцита, врло је компликован за осликавање. Стандардне процедуре су компликоване и подразумевају бојење, да би се након тога структуре од хемоглобина осликавале на конфокалном или епи-флуоресцентном микроскопу. С друге стране хемоглобин јесте апсорптиван у плавој и блиској ултраљубичастој области, али релаксација није радијативна, те нема флуоресценције која би била погодна за осликавање. Пошто се ефикасно побуђује у плавом-УЉ делу спектра једнофотонски, хемоглобин добро апсорбује двофотонски у блиској инфрацрвеној области (650-750nm). Недавно је показано да након двофотонске апсорпције, долази до фотохемијске реакције након које се од хемоглобина добија фотопродукт који јесте флуоресцентан (фотоактивација) и чија се флуоресценција може користити даље у осликавању. У горњем раду је показана примена поменутог ефекта за осликавање резидуалног хемоглобина, а у припреми је рад који би објаснио механизам и особине флуоресценције добијеног фотопродукта. Фотоактивација хемоглобина на овај начин се може примењивати у различитим студијама облика и функције еритроцита и тема је пројекта „Hemoglobin-based spectroscopy and nonlinear imaging of erythrocytes and their membranes as emerging diagnostic tool” - НЕММАГИНЕРО из програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије којим кандидат Крмпот руководи.

Једна од активности кандидата је и **развој флуоресцентних обележивача на бази ап конверторских наночестица (Up Converting Nano Particles – UCNP) за осликавања у биомедицини.** UCNP могу имати веома велики квантни принос и везивати се веома специфично за одређене структуре у ћелијама канцера, што их чини веома добрим кандидатима за обележиваче. У ширем тиму истраживача састављеном од технолога и хемичара који су дизајнирали и направили наночестице, медицинара и биолога који су обележили ћелије, кандидат је применом ТРЕФ модалитета тестирао ефикасност и специфичност UCNP приликом *in vitro* осликавања, а резултати су приказани у радовима:

- Lidija Mancic, Aleksandra Djukic-Vukovic, Ivana Dinic, Marko G Nikolic, Mihailo D Rabasovic, Aleksandar J Krmpot, Antonio MLM Costa, Dijana Trisic, Milos Lazarevic, Ljiljana Mojovic, Olivera Milosevic “NIR photo-driven upconversion in NaYF 4: Yb, Er/PLGA particles for in vitro bioimaging of cancer cells” *Materials Science and Engineering: C* 91, 597-605 (2018) doi: [10.1016/j.msec.2018.05.081](https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.05.081) IF(2017) 5,080; M21
- Lidija Mancic, Aleksandra Djukic-Vukovic, Ivana Dinic, Marko G Nikolic, Mihailo D Rabasovic, Aleksandar J Krmpot, Antonio MLM Costa, Bojan A Marinkovic, Ljiljana Mojovic, Olivera Milosevic “One-step synthesis of amino-functionalized up-converting NaYF 4: Yb, Er nanoparticles for in vitro cell imaging” *RSC Adv* 8 (2018) doi: [10.1039/C8RA04178D](https://doi.org/10.1039/C8RA04178D) IF(2016) 3,108; M22

У радовима је показано да су дизајниране UCNP специфичне и да имају веома велику квантну ефикасност, те да због ниског степена нелинеарности (између 1 и 2) у интеракцији чак није ни неопходно користити ултра кратке импулсе већ је могуће побуду вршити помоћу континуалних ласера у блиској инфрацрвеној области. Оваква нелинеарност која је нижа од квадратне потиче од специфичног, каскадног начина побуде UCNP које су онда у могућности да инфрацрвену светлост ласера „претворе“ у видљиву светлост коју емитују (отуда up converting). Поред тога, због релативно дугог времена живота побуђеног стања (реда 100 μ s-10ms) било је могуће извршити и временски разложена мерења на постојећој експерименталној поставци што је и учињено.

Генерација другог хармоника (Second Harmonic Generation – SHG). Код овог модалитета НЛСМ-е упадно ласерско зрачење одређене таласне дужине (нпр 900nm) се претвара у зрачење дупло краће таласне дужине (450 nm) приликом интеракције са материјалом узрока. Само уређене структуре које немају централну симетрију могу произвести SHG од упадног ласерског зрачења. Корисни сигнал се изабира постављањем одговарајућег филтера у детекциону грану, а метод стварања слике је скенирањем као код TPEF. Због нелинеарности ефекта и врло мале запремине око фокуса у којој је интензитет светлости довољно велики да изазове генерацију другог хармоника није потребно просторно филтрирати сигнал помоћу „пинхола“. Као и за TPEF модалитет, и за SHG се користи углавном Ti:Sa ласер на таласној дужини 840nm или 900nm, детекција се врши у рефлексивној грани кроз одговарајуће ускопропусне филтере на 420 nm и 450 nm

SHG је ефекат који углавном може срести приликом интеракције светлости са кристалима јер они поседују својства симетрије. Ипак, постоји мали број значајних органских молекула/структура који могу произвести SHG сигнал који се може користити за осликавање и проучавање тих структура. То су колаген типа 1, миозин и скроб.

Проучавање степена организације колагена анализом SHG сигнала у узорцима ткива хуманог колона ради ране дијагностике и превенције рака дебелог црева је приказано у радовима:

- Sanja Z. Despotović, Đorđe N. Milićević, Aleksandar J. Krmpot, Aleksandra M. Pavlović, Vladimir D. Živanović, Zoran Krivokapić, Vladimir B. Pavlović, Steva Lević, Gorana Nikolić, Mihailo D. Rabasović, “Altered organization of collagen fibers in the uninvolved human colon mucosa 10 cm and 20 cm away from the malignant tumor” *Scientific reports* **10** (2020) 6359 doi: [10.1038/s41598-020-63368-y](https://doi.org/10.1038/s41598-020-63368-y) **IF(2020) 4,380; M21**
- Sanja Z. Despotović, Novica M. Milićević, Dragoslav P. Milošević, Nebojša Despotović, Predrag Erceg, Petar Svorcan, Udo Schumacher, Sebastian Ullrich, Gordana Mihajlović, Dragan Kalem, Srđan Marković, Ivana M. Lalić, Aleksandar J. Krmpot, Mihailo D. Rabasović, Dejan V. Pantelić, Svetlana Z. Jovanić, Thomas Rösch, Živana Milićević, “Remodeling of Extracellular Matrix of the Lamina Propria in the Uninvolved Human Rectal Mucosa 10 cm and 20 cm away from the Malignant Tumor” *Tumor Biology* **39** (7), 1010428317711654 (2017), doi: [10.1177/1010428317711654](https://doi.org/10.1177/1010428317711654) **IF(2016) 3,650; M22**

SHG зрачење је кохерентно са упадним зрачењем и поседује одређена поларизациона својства која одражавају особине и оријентацију структуре материјала који је креирао зрачење. Поларизационом анализом SHG сигнала у сваком пикселу слике и једноставном математичком анализом може се одредити степен организације колагенских влакана који може да индицира формирање туморског ткива у околини. Како су варијације сигнала због промене уређености ниске јер колаген ипак није кристал са јасном симетријом, потребно је извршити велики број мерења и статистичку обраду података. Поред тога, постоје и софистицирани математички модели, представљени у првом раду, помоћу којих се може извући више предиктивних параметара.

Истоветан метод анализе SHG сигнала и одређивања степена организације колагенских влакана је коришћен и у раду:

- Irena Miler, Mihailo D. Rabasović, Marija Aleksić, Aleksandar J. Krmpot, Anđelika Kalezić, Aleksandra Janković, Bato Korać, Aleksandra Korać, "Polarization resolved

SHG imaging as a fast screening method for collagen alterations during aging: comparison with light and electron microscopy" *Journal of Biophotonics* 14 (2020), doi: 10.1002/jbio.202000362
IF(2018) 3,659; M21

али, у циљу проучавања старења на основу узорака дермиса лабораторијских мишева оболелих од дијабетеса.

Поред анализе неуређености SHG сигнал, у комбинацији са другим методама, се може користити и за проучавање механичких особина колагенских структура у дентину што је приказано у раду:

- Tijana Lainović; Jérémie Margueritat; Quentin Martinet; Xavier Dagany; Larisa Blažić; Dejan Pantelić; Mihailo D Rabasović; Aleksandar J Krmpot; Thomas Dehoux, "Micromechanical imaging of dentin with Brillouin microscopy" *Acta Biomaterialia* 105 (2020) 214-222 doi: 10.1016/j.actbio.2020.01.035
IF(2020) 8,947; M21 ; IF(2019) 7,242; M21a

Поред SHG у поменутом раду је коришћен и TPEF модалитет како би се осим колагенских осликале и остале структуре. Детектована је ауто TPEF из дентинског ткива, али и TPEF зубног испуна обојеног еозином. Преклапањем су добијене слике на којима се види спој зубног испуна са дентином, односно како се зубни испун везује за колаген у дентину.

Генерација трећег хармоника (Third Harmonic Generation – THG). Код овог модалитета НЛСМ-е упадно ласерско зрачење одређене таласне дужине (нпр 900nm) се претвара у зрачење три пута краће таласне дужине (300 nm) приликом интеракције са материјалом узрока. Трећи хармоник се у принципу производи свуда на путу зрачења кроз материју јер је одговарајући тензор суспендибилности у развоју поларизације средине у ред увек различит од нуле, али је на граници две средине са различитим индексом преламања ефекат најизраженији. Принципи детекције сигнала због нелинеарности и формирања слике скенирањем су исти као и код SHG и TPEF, с том разликом што се због израженије нелинеарности и кохерентности ефекта, сигнал детектује у трансмисији (forward scattered). Због овог је постојећа апаратура морала бити у значајној мери надограђена, постављена је трансмисиона грана детекције са новим, осетљивијим, фотомултипликатором. За разлику од SHG и TPEF, овде се као извор светлости се користи Yb KGW ласер који зрачи на 1040nm, тако да је таласна дужина THG сигнала 347 nm што је и даље прихватљиво, није у дубокој УЉ области, са становишта коришћења конвенционалних оптичких компоненти.

Кандидат је био ангажован на истраживањима у области примене THG микроскопије у праћењу ембриогенезе моделног организма *Caenorhabditis Elegans*. Показано је да је осликавање и 3Д моделовање детекцијом сигнала трећег хармоника (third harmonic generation) ваљана техника која пружа довољно информација и којом се могу пратити сви стадијуми у ембриогенези, а резултати су објављени у раду:

- G.J. Tserevelakis, G. Filippidis, **A.J. Krmpot**, M. Vlachos, C. Fotakis, N. Tavernarakis, "Imaging *Caenorhabditis elegans* embryogenesis by third-harmonic generation microscopy," *Micron*, 41 444 (2010)

Недуго затим, кандидат је поново боравио у IESL FORTH где је истраживао примене НЛСМ у дијагностици и карактеризацији микросочива која су направљена у Институту за физику. Финансирање овог истраживања је обезбедио кандидат путем конкурса за приступ ласерској инфраструктури у оквиру европског пројекта LaserLab Europe, а чији је IESL FORTH

члан. У истраживању је показано да модалитети TPEF и THG могу бити коришћени у карактеризацији микросочива и да обезбеђују вредне информације: THG о морфологији, а TPEF о особинама материјала од којег је сочиво направљено. Резултати су објављени у:

- **Aleksandar J Krmpot**, George J Tserevelakis, Branka D Murić, George Filippidis, and Dejan V Pantelić, “**3D imaging and characterization of microlenses and microlenses arrays using nonlinear microscopy**,” *Journal of Physics D* **46**, 195101 (2013)

а, слика из рада је објављена на насловној страници одговарајућег издања часописа *Journal of Physics D*.

Надоградња трансмисионе детекционе гране и THG модалитета на постојећу апаратуру за НЛСМ је једна од тема пројекта „Hemoglobin-based spectroscopy and nonlinear imaging of erythrocytes and their membranes as emerging diagnostic tool” - HEMMAGINERO из програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије којим кандидат Крмпот руководи. **Надоградња је успешно спроведена, THG модалитет је оперативан у Лабораторији за биофизику.** Прелиминарна мерења и осликавања су урађена на живим необележеним филаментозним гљивама. Осликаване су липидне капи јер се на њиховој површини због ефикасно производи THG сигнал због значајне разлике у индексима преламања између цитоплазме и липида. Резултати су представљени на конференцијама:

- T Pajić, N Todorović, M Zivić, MD Rabasović, АНА Clayton, A Krmpot, “**Label-free Third Harmonic Generation Imaging of Lipid Droplets in Live Filamentous Fungi**,” VIII International School and Conference on Photonics PHOTONICA2021 23 - 27 August 2021 Belgrade, Serbia, Pg 115
- Tanja Pajić, Nataša Todorović, Dunja Stefanović, Mihailo D Rabasović, Aleksandar J Krmpot, Miroslav Živić, “**The effects of selenite on filamentous fungi lipid droplets monitored in vivo label free using advanced nonlinear microscopy technique**”, 1st International Conference on Chemo and BioInformatics, ICCBIKG 2021; 2021 Oct 26-27; Kragujevac, Serbia

а, у штампу је послат и један рукопис у часопис *Analytical Chemistry* за који се још увек чека рецензија.

2.1.2 Интеракција ултра кратких ласерских импулса са материјалима и карактеризација ултракратких светлосних импулса

Премда се и претходни радови из нелинеарне микроскопије могу у извесној мери рачунати у интеракцију ултракратких ласерских импулса са материјалима, с тим што су енергије импулса довољно ниске да не оштећују узорак, у овом делу ће бити речи о истраживањима на пољу примене импулса веће енергије за процесирање материјала као интеракцију континуалног зрачења са материјалима релевантним за биолошке примене. Колега Крмпот је дао значајан допринос развоју експеримената у истраживањима на овом пољу првенствено у смислу вештина и искуства у експерименталној техници. Истраживања су вршена у сарадњи са колегама из Института за нуклеарне науке „Винча“ и IESL FORTH. Без улажења у детаље наводимо да су након последњег избора у звање резултати објављени у:

- D. P. Kerić, D. N. Kleut, Z. M. Marković, D. V. Bajuk-Bogdanović, V. B. Pavlović, A. J. Krmpot, M. M. Lekić, D. J. Jovanović, B. M. Todorović-Marković, “**One-step preparation of gold nanoparticles - exfoliated graphene composite by gamma irradiation at low doses for photothermal therapy applications**” *Materials Characterization* **173**, 110944 (2021), doi: [10.1016/j.matchar.2021.110944](https://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.110944)
IF(2020) 4,342; M21a

док пре избора постоје три публикације од којих ваља истаћи:

- Gaković Biljana M, Petrović Suzana M, **Krmpot Aleksandar J**, Peruško Davor B, Jelenković Branislav M, Stratakis E, Fotakis C, “**Low and high repetition frequency femtosecond lasers processing of tungsten-based thin film,**” *Laser and particle beams* **32** 613 (2014)
- Stasić Jelena M, Gaković Biljana M, **Krmpot Aleksandar J**, Pavlović V, Trtica Milan S, Jelenković Branislav M, “**Nickel-based super-alloy Inconel 600 morphological modifications by high repetition rate femtosecond Ti:sapphire laser,**” *Laser and Particle Beams* **27** 699 (2009)

С обзиром да је генерација другог хармоника првенствено везана за неорганске материјале, односно кристале који имају уређену структуру, очекиване су примене ултракратких импулса и експерименталне апаратуре за НЛСМ на овим материјалима.

- Michael G. Pravica, Mihailo D. Rabasovic, **Aleksandar J. Krmpot**, Petrika Cifligu, Blake Harris, Egor Evlyukhin, Marko G. Nikolic, “**Observation of second harmonic generation in doped polymeric carbon monoxide**” *Materials Letters* **256** (2019) 126629 doi: [10.1016/j.matlet.2019.126629](https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126629)
IF(2019) 3,204; M21
- M. Spasenović, **A. J. Krmpot**, M. D. Rabasović, N. Vujičić, V. Jadriško, D. Čapeta and M. Kralj, “**Strain of MoS₂ mapped with second harmonic generation microscopy,**” VII International School and Conference on Photonics PHOTONICA2019 26 - 30 August 2019 Belgrade, Serbia, Pg 82

У последњем раду ваља истаћи значај моно слоја MoS₂ због своје актуелности као 2D материјала са нелинеарним оптичким својствима која омогућавају бесконтактно мерење механичких напрезања.

Неодвојиви део нелинеарних оптичких техника па и НЛСМ је добро познавање и манипулација ултра кратким светлосним импулсима. У сврху карактеризације ултракратких ласерских импулса кандидат је овладао техникама оптичке аутокорељације, водио један билатерални пројекат са Немачком (DESY, Хамбург), а резултати истраживања су представљени у следећим радовима:

- Rui Pan, Ekaterina Zapolnova, Torsten Golz, **Aleksandar J. Krmpot**, Mihailo D. Rabasovic, Jovana Petrovic, Vivek Asgekar, Bart Faatz, Franz Tavella, Andrea Perucchi, Sergey Kovalev, Bertram Green, Gianluca Geloni, Takanori Tanikawa, Mikhail Yurkov, Evgeny Schneidmiller, Michael Gensch and Nikola Stojanovic, “**Photon diagnostics at the FLASH THz beamline,**” *Journal of Synchrotron Radiation* **26** 700 (2020), doi: [10.1107/S1600577519003412](https://doi.org/10.1107/S1600577519003412)
IF(2020) 2,616; M22
- Andreja Vladković, Mihailo Rabasović, Torsten Golz, Nikola Stojanović, Dejan Pantelić, Branislav Jelenković, **Aleksandar Krmpot**, “**Second order optical autocorrelator for measuring ultra short laser pulses duration,**” VI International School and Conference on Photonics PHOTONICA2017 28 August – 1 September 2017 Belgrade, Serbia, Pg 163

У последњем раду је описан аутокорељатор је који је направљен у Лабораторији за биофизику и који служи за мерење дужине ултра кратких ласерских импулса из ласера који се користе за НЛСМ.

2.1.3 Флуоресцентна корелациона спектроскопија и функционално осликавање.

Колега Крмпот ради као гостујући истраживач на Институту Каролинска у Стокхолму, Шведска (Karolinska Institutet) где је један од кључних научника за развој новог метода и експеримента за мултифокалну корелациону спектроскопију у групи проф др. Владане Вукојевић и проф. др Рудолфа Риглера. Флуоресцентна корелациона спектроскопија (Fluorescence Correlation Spectroscopy – FCS) је метода помоћу које се врши корелациона анализа сигнала флуоресценције одређених молекула када се они побуђују континуалним зрачењем таласне дужине на којој апсорбују. На основу резултата се може одредити број молекула у интеракционој запремини као и њихов коефицијент дифузије. Од недавно FCS се ради и на микроскопском нивоу користећи стандардан конфокални микроскоп на који је надограђен детектор појединачних фотона и програм за корелациону анализу сигнала. Главни недостатак методе је што се резултати добијају само у једној тачки на узорку. Колега Крмпот је развио специфичну експерименталну поставку која користи дифракциони оптички елемент тако да се у животној равни на узорку добије матрица тачака, нпр. 32x32 или 64x32 тачке, у којима се може вршити корелациона анализа истовремено. Детекција је такође специфична јер се користе матрични детектори појединачних фотона и лик матрице побудних тачака из живе равни се мора савршено преклопити са матрицом детектора у равни лика. Детаљи самог експеримента који је развио колега Крмпот, тестирања и основне примене овог метода се могу наћи у:

- **Aleksandar J. Krmpot**, Stanko N. Nikolić, Sho Oasa, Dimitrios K. Papadopoulos, Marco Vitali, Makoto Oura, Shintaro Mikuni, Per Thyberg, Simone Tisa, Masataka Kinjo, Lennart Nilsson, Lars Terenius, Rudolf Rigler, Vladana Vukojević, **“Functional Fluorescence Microscopy Imaging: Quantitative Scanning-Free Confocal Fluorescence Microscopy for the Characterization of Fast Dynamic Processes in Live Cells”** *Analytical Chemistry* **91** (17), 11129-11137 (2019) doi: [10.1021/acs.analchem.9b01813](https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01813)
IF(2019) 6,785; M21a
- **Aleksandar J. Krmpot**; Stanko N. Nikolić; Marco Vitali; Dimitrios K. Papadopoulos; Sho Oasa; Per Thyberg; Simone Tisa; Masataka Kinjo; Lennart Nilsson; Walter J. Gehring; Lars Terenius; Rudolf Rigler; Vladana Vukojevic, **“Quantitative confocal fluorescence microscopy of dynamic processes by multifocal fluorescence correlation spectroscopy,”** *Advanced Microscopy Techniques IV; and Neurophotonics II, Proceedings of SPIE 9536* 953600 (2015),

док су особине и могућности детектора са применама дати у:

- Marco Vitali, Danilo Bronzi, **Aleksandar J. Krmpot**, Stanko Nikolić, Franz-Josef Schmitt, Cornelia Junghans, Simone Tisa, Thomas Friedrich, Vladana Vukojević, Lars Terenius, Franco Zappa, and Rudolf Rigler, **“A single-photon avalanche camera for fluorescence lifetime imaging microscopy and correlation spectroscopy,”** *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **20** 344 (2014),

а неке од напреднијих примена метода за проучавање мобилности молекула у биолошки релевантним процесима су приказани у:

- Papadopoulos Dimitrios K, **Krmpot Aleksandar J**, Nikolić Stanko N, Krautz Robert, Terenius Lars, Tomancak Pavel, Rigler Rudolf, Gehring Walter J, Vukojević Vladana, **“Probing the kinetic landscape of Hox transcription factor-DNA binding in live cells by massively parallel Fluorescence Correlation Spectroscopy,”** *Mechanisms of development* **138** 218 (2015)

Премда се уобичајено код FCS врши континуална побуда, детекција, односно аквизиција података је ипак временски разложена с обзиром да се детектују појединачни фотони. Ово отвара даље могућности за временски разложена мерења у којима се може користити и импулсна побуда. Једна од типичних могућности је мерење времена живота флуоресценције (најчешће сразмерно времену живота побуђеног стања) у флуоресцентним молекулима помоћу такозване time gated технике аквизиције. У другој генерацији експерименталне поставке колега Крмпот је поред мултифокалне FCS са тимом развио и мултифокални FLIM – Fluorescence Life-Time Imaging Microscopy. Побудни ласер је импулсни са временом трајања импулса 75ps док се временски прозор (time gate) за аквизицију отвара непосредно након завршетка ласерског импулса и траје до следећег импулса. Времена трајања временског прозора која се могу постићи развијеном експерименталном поставком су до 20ns са временом померања прозора од 20ps, што омогућава мерења времена живота флуоресценције свих типичних органских боја које се користе за обележавање у биомедицинском сликавању. Тиме су две методе FLIM и FCS интегрисане у једну експерименталну поставку описану у:

- Sho Oasa, Aleksandar J. Krmpot, Stanko N. Nikolić, Andrew H. A. Clayton, Igor F. Tsigelny, Jean-Pierre Changeux, Lars Terenius, Rudolf Rigler, Vladana Vukojević, “Dynamic Cellular Cartography: Mapping the Local Determinants of Oligodendrocyte Transcription Factor 2 (OLIG2) Function in Live Cells Using Massively Parallel Fluorescence Correlation Spectroscopy Integrated with Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy (mpFCS/FLIM)” *Analytical Chemistry* 93, 12011-12021 (2021), doi: [10.1021/acs.analchem.1c02144](https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c02144) IF(2020) 6,986; M21a

и могу се примењивати на истом узорку. На основу промене времена живота могу се донети одређени закључци о утицају средине на флуоресцентни молекул. Такви подаци употпуњују податке добијене FCS мерењем, те је апаратура мултифункционална и омогућава детаљно анализирање биохемијских процеса у узорку.

Вредно је напоменути да је кандидат знања из FCS-а стечена у Каролинкса Институту у Стокхолму пренео у Институт за физику у Београду где је у Лабораторији за биофизику већ започет развој експерименталне апаратуре кроз пројекат НЕММАГИНЕРО из програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије којим кандидат Крмпот руководи.

2.2 Квантна оптика

2.2.1 Мешање четири таласа у пари атома калијума

Мешање четири таласа - МЧТ (Four Wave Mixing - FWM) је нелинеарна интеракција светлости и средине у којој долази до карактеристичног преноса енергије између четири мода електричног поља који интерагују са средином. МЧТ у атомским парама је ваљан начин генерисања неklasичних стања светлости. Појачани пробни и новостворени коњуговани сноп, познатији као „сигнал и лењивац“ (signal and idler) у МЧТ у чврстим телима, у овом процесу показују висок степен увезаности и међусобне корелације интензитета. Ово их чини погодним у применама као што су генерисање стиснуте светлости, високо прецизна ласерска спектроскопија, мерења са шумом испод стандардне квантне границе, квантно сликавање, квантне комуникације и квантно процесирање информација.

Мешање четири таласа у пари атома калијума у континуалном режиму. До сада је показано мешање четири таласа у свим алкалним елементима осим у калијуму. Због својих јединствених особина, у првом реду најмањег хиперфиног цепања од свих алкала, очекивано је да МЧТ у калијуму буде најефикасније. Александар Крмпот је у Центру за фотонику заједно са својим студентом докторандом поставио експеримент за МЧТ коришћењем веома снажног једномодног континуалног Ti:Sa ласера (0.5W) на таласној дужини прелаза D1 линије у ^{39}K (770nm). Спрезање хиперфиних нивоа у атому се постиже тзв. двоструком Λ шемом где је пумпајући сноп померен за око 1GHz од резонанце, а пробни још за вредност хиперфиног цепања (461,7 MHz). Генерисање фреквентно помереног пробног снопа се постиже у релативно компликованој шеми коришћења два акусто оптичка модулятора. Вакуумска ћелија са парама калијума се греје на 150°C помоћу специјално дизајнираног система топлог ваздуха како би се избегли нежељени ефекти утицаја струје кроз грејач. Добијени резултат МЧТ у пари калијума је оправдао очекивања и добијена појачања (≈ 80) су највећа од свих алкала под истим експерименталним условима, у првом реду снаге пумпајућег снопа. Теоријска и експериментална разматрања зависности поменутог ефекта од разних параметара (једно и двофотонског фреквентног помераја, температуре паре калијумових атома, угла између пробног и пумпајућег снопа) у континуалном режиму су приказана у:

- M M Ćurčić, T Khalifa, B Zlatković, I S Radojčić, A J Krmpot, D Arsenović, B M Jelenković, M Gharavipour “Four-wave mixing in potassium vapor with an off-resonant double- Λ system” *Physical Review A* **97** 063851 (2018) doi: [10.1103/PhysRevA.97.063851](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.063851)
IF(2016) 2,925; M21
- Zlatković Bojan V, **Krmpot Aleksandar J**, Šibalić Nikola, Radonjić Milan M, Jelenković Branislav M, “**Parametric non-degenerate four wave mixing in hot potassium vapor,**” 18th International School on Quantum Electronics: Laser Physics and Applications, *Proceedings of SPIE* **9447** 944706 (2015)
- Zlatković Bojan V, **Krmpot Aleksandar J**, Šibalić Nikola, Radonjić Milan M, Jelenković Branislav M, “**Efficient parametric non-degenerate four-wave mixing in hot potassium vapor,**” *Laser Physics Letters* **13** 015205 (2016).

Добијени резултати и стечене експерименталне вештине отварају нове могућности у правцу истраживања генерисања стиснуте светлости и мерења са шумом испод стандардне квантне границе.

Успоравање светлости и временски разложена мерења у процесу мешања четири таласа. Као наставак започетих истраживања урађена су временски разложена мерења и успоравања светлости у процесу МЧТ у пари калијума. Експериментална апаратура је модификована сходно захтевима и измерена су кашњења импулса и урађени теоријски прорачуни, а резултати приказани у:

- B Zlatković, MM Ćurčić, IS Radojčić, D Arsenović, AJ Krmpot, BM Jelenković, “Slowing probe and conjugate pulses in potassium vapor using four wave mixing” *Optics Express* **26** 331883 (2018), doi: [10.1364/OE.26.034266](https://doi.org/10.1364/OE.26.034266)
IF(2018) 3,561; M21
- D Arsenović, MM Ćurčić, T Khalifa, B Zlatković, Ž Nikitović, IS Radojčić, AJ Krmpot, BM Jelenković “Slowing 80-ns light pulses by four-wave mixing in potassium vapor” *Physical Review A* **98** 023829 (2018) doi: [10.1103/PhysRevA.98.023829](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.98.023829)
IF(2016) 2,925; M21

2.2.2 Кохерентна и нелинеарна спектроскопија паре рубидијума

Кохерентно заробљавање насељености – КЗН (coherent population trapping - CPT) и електромагнетно индукована транспаренција и апсорпција – ЕИТ и ЕИА настају приликом интеракције два електромагнетна поља са три јасно раздвојена атомска нивоа тако да се на шеми спрезања енергетских нивоа добије тзв. Λ или V шема. За ове експерименте се најчешће користе паре алкалних елемената јер њихови атоми имају добро раздвојене хиперфине поднивое основног и побуђеног стања. Ефекти се манифестују, у случају ЕИТ и КЗН, наглим смањењем, односно у случају ЕИА, наглим порастом апсорпције при Рамановој резонанци. КЗН и ЕИТ се врло често називају и тамно стање пошто атом не може да апсорбује, па ни да емитује, фотоне са којима интерагује. Добијене резонанце приликом промене учестаности једног поља су изразито уске, реда неколико Hz до неколико kHz. Поређења ради, природна ширина линије хиперфиних прелаза у алкалним атомима је реда MHz. Битан услов у проучавању поменутих ефеката је да два коришћена електромагнетна поља буду што већег узајамног степена кохеренције.

Због својих особина, првенствено веома уске линије и атома који се већ користе у еталонима времена, процес кохерентно заробљавања насељености је нашао значајну примену у метрологији времена. Премда је КЗН била тема кандидата за докторат и непосредно након доктората, он и даље даје запажен допринос у применама поменутог ефекта. Тако је кроз SCOPES пројекат који финансира Влада Швајцарске, кандидат радио на мерењу релаксационих времена популација и кохеренција у атомским часовницима заснованим на КЗН ефекту који служе као извори стабилне учестаности у GHz домену, у конкретном случају 6,835GHz. Резултати рада су приказани у:

- M Gharavipour, C Affolderbach, F Gruet, I S Radojčić, A J Krmpot, B M Jelenković and G Mileti, “Optically-Detected Spin-Echo method for relaxation times measurements in a Rb atomic vapor” *New Journal of Physics* **19**, 063027 (2017) doi: [10.1088/1367-2630/aa73c2](https://doi.org/10.1088/1367-2630/aa73c2)
IF(2016) 3,786; M21

Активност кандидата у овој области се може видети кроз радове објављене пре претходног избора у звање датим у списку радова, те овде неће бити навођени.

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 периоду након претходног избора у звање истичу се следећи радови:

1. **Aleksandar J. Krmpot**, Stanko N. Nikolić, Sho Oasa, Dimitrios K. Papadopoulos, Marco Vitali, Makoto Oura, Shintaro Mikuni, Per Thyberg, Simone Tisa, Masataka Kinjo, Lennart Nilsson, Lars Terenius, Rudolf Rigler, Vladana Vukojević, “**Functional Fluorescence Microscopy Imaging: Quantitative Scanning-Free Confocal Fluorescence Microscopy for the Characterization of Fast Dynamic Processes in Live Cells**” *Analytical Chemistry* **91** (17), 11129-11137 (2019) doi: [10.1021/acs.analchem.9b01813](https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01813)
IF(2019) 6,785; M21a
2. Sho Oasa, **Aleksandar J. Krmpot**, Stanko N. Nikolić, Andrew H. A. Clayton, Igor F. Tsigelny, Jean-Pierre Changeux, Lars Terenius, Rudolf Rigler, Vladana Vukojević, “**Dynamic Cellular Cartography: Mapping the Local Determinants of Oligodendrocyte Transcription Factor 2 (OLIG2) Function in Live Cells Using Massively Parallel Fluorescence Correlation Spectroscopy Integrated with Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy (mpFCS/FLIM)**” *Analytical Chemistry* **93**, 12011-12021 (2021), doi: [10.1021/acs.analchem.1c02144](https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c02144)
IF(2020) 6,986; M21a

У наведеним радовима кандидат је имао кључну улогу у осмишљавању и реализацији оригиналне експерименталне поставке која је омогућила специфична симултана мерења броја и мобилности флуоресцентних молекула у живим ћелијама, као и тестирању и даљим мерењима. То се односи на континуални режим представљен у првом, као и надоградњу за импулсни режим и мерења времена живота флуоресценције што је представљено у другом раду. Цела дугогодишња сарадња са Каролинска институтом као и добијање бројних шведских и европских пројеката почива добрим делом на принципу мерења који је колега Крмпот осмислио и поставио. У експлоатацији експерименталних апаратура колега Крмпот надгледа постдокторанта Шоа Оасу (Sho Oasa) који је коаутор на радовима и координише даљи развој метода са осталим коауторима. Детаљи самих метода су дати у прегледу научне активности у делу **2.1.3 Флуоресцентна корелациона спектроскопија и функционално осликавање**.

3. Katarina Bukara, Svetlana Jovanić, Ivana T. Drvenica, Ana Stančić, Vesna Ilić, Mihailo D. Rabasović, Dejan Pantelić, Branislav Jelenković, Branko Bugarski, **Aleksandar J. Krmpot**, "Mapping of hemoglobin in erythrocytes and erythrocyte ghosts using two photon excitation fluorescence microscopy," *J. Biomed. Opt.* **22**(2), 026003 (2017), doi: [10.1117/1.JBO.22.2.026003](https://doi.org/10.1117/1.JBO.22.2.026003)
IF(2015) 2,556; M21

У горњем раду кандидат је имао кључну улогу у организовању целог истраживања, као и у самом техничком спровођењу експеримената, које је довело до новог правца у истраживању и примени НЛСМ за осликавање еритроцита без обележавања као и до добијања пројекта НЕММАГИНЕРО из програма ПРОМИС Фонда за науку Републике Србије и два билатерална пројекта (са Немачком и са Словенијом) којима кандидат Крмпот руководи. Осликавање без

обележавања и накнадних третмана у биологији и медицини увек има велики значај због очувања нативности узорка, односно искључивању пертурбације биолошких система уношењем вештачких молекула. О примени НЛСМ за осликовање еритроцита кандидат је држао и позивно предавање на међународној конференцији као и семинаре у бројним институцијама. Даља истраживања на ту тему су део будућег докторског рада студента докторских студија из Биофотоники при БУ Михајла Радмиловића који је и део истраживачког тима на пројекту NEMMAGINERO и којем је др Крмпот ментор. Детаљи метода осликовања еритроцита и структура од хемоглбина без обележавања помоћу НЛСМ су дати у прегледу научне активности у делу **2.1.1 Нелинеарна ласерска скенирајућа микроскопија, одељак Двофотонска микроскопија (Two Photon Excitation Fluorescence - TPEF).**

4. Tijana Lainović; Jérémie Margueritat; Quentin Martinet; Xavier Dagany; Larisa Blažić; Dejan Pantelić; Mihailo D Rabasović; **Aleksandar J Krmpot**; Thomas Dehoux, “**Micromechanical imaging of dentin with Brillouin microscopy**” *Acta Biomaterialia* **105** (2020) 214-222 doi: [10.1016/j.actbio.2020.01.035](https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.01.035)
IF(2020) 8,947; M21 ; IF(2019) 7,242; M21a

У горњем раду кандидат је имао кључну улогу у српском делу истраживачког тима који се бавио применом TPEF и SHG модалитета НЛСМ-а за осликовање дентинских структура како би се употпунила сазнања о његовим механичким својствима добијеним помоћу Брилуенове микроскопије. Кандидат је специфицирао захтеве за припрему узорака, радио на обележавању за TPEF део и вршио осликовања помоћу оба модалитета. На основу овог истраживања проширена је примена два поменута модалитета НЛСМ-а на стоматологију где су узорци специфични и не подлежу истим третманима и условима осликовања као већина осталих биолошких узорака. Такође, добијен је пројекат билатералне сарадње са Француском и настављена сарадња са Медицинским факултетом УНС. Детаљи осликовања дентинског ткива помоћу НЛСМ су дати у прегледу научне активности у делу **2.1.1 Нелинеарна ласерска скенирајућа микроскопија, одељак Генерација другог хармоника (Second Harmonic Generation – SHG).**

5. B Zlatković, MM Ćurčić, IS Radojičić, D Arsenović, **AJ Krmpot**, BM Jelenković, “**Slowing probe and conjugate pulses in potassium vapor using four wave mixing**” *Optics Express* **26** 331883 (2018), doi: [10.1364/OE.26.034266](https://doi.org/10.1364/OE.26.034266)
IF(2018) 3,561; M21

У горњем раду кандидат је осмислио и руководио надоградњом експерименталне поставке за мешање четири таласа на импулсни режим, а која је до тада постојала у континуалном режиму коју је такође кандидат поставио са својим студентом Бојаном Златковићем, докторантом на Физичком факултету БУ. Рад је значајан у тој мери што је проширено сазнање о особинама и могућностима примене процеса четвороталасног мешања у парама атома калијума које је по први пут у свету показано управо у Институту за физику под *de facto* руководством кандидата (рад 1.2.12 из списка радова). Детаљи истраживања процеса четвороталасног мешања у парама атома калијума су дати у прегледу научне активности у делу **2.2.1 Мешање четири таласа у пари атома калијума, одељак Успоравање светлости и временски разложена мерења у процесу мешања четири таласа.**

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према Google scholar бази укупан број цитата кандидатових радова је 457, h – индекс је 13 док је i10 индекс 18. (прилог)

Према SCOPUS бази укупан број цитата кандидатових радова је 331, док је број цитата без аутоцитата 285. Према истој бази кандидатов h – индекс је 11. (прилог)

Према ISI Web of knowledge бази укупан број цитата кандидатових радова је 294, док је број цитата без аутоцитата 252. Према истој бази кандидатов h – индекс је 10. (прилог)

3.1.3 Параметри квалитета радова и часописа

Др Александар Крмпот је у свом досадашњем раду објавио укупно 44 рада у међународним часописима са ISI листе и 8 рецензираних публикација у зборницима SPIE (international society for optics and photonics). Од тога је 14 у M21a, 19 у M21, 5 у M22 и 6 у M23 категорији.

Након претходног избора у звање, др Александар Крмпот је објавио **19 радова** у часописима са ISI листе. Од тога је **5 у M21a, 11 у M21 и 3 у M22** категорији. Укупан фактор утицаја ових радова је **ИФ=77,281**. Најзначајније резултате из ових радова кандидат је представио на предавањима по позиву и саопштењима на скуповима међународног и националног значаја, као и на семинарима у матичној и институцијама са којима сарађује.

Фактор утицаја сваког од часописа у којима је кандидат објављивао радове је наведен у делу 7. **Списак објављених радова**. Укупан фактор утицаја радова кандидата је 132,161, а од избора у последње звање тај фактор је 77,281.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	77,281	153	24,86
Усредњено по чланку	4,067	8,052	1,308
Усредњено по аутору	8,065	16,22	2,601

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

У радовима колеге Крмпота који су у области биофотонице (радови [7.1.3](#), [7.1.5](#), [7.2.1](#), [7.2.2](#), [7.2.4](#), [7.2.8](#), [7.2.10](#), [7.2.11](#), [7.2.13](#), [7.2.17](#), [7.3.2](#), [7.3.3](#), [7.4.3](#), [7.6.1](#), [7.6.2](#)) он је један од кључних истраживача у овој области на Институту за физику, те је на основу својих искустава прикупљених у иностранству (IESL FORTH) покренуо развој нелинеарне скенирајуће ласерске микроскопије код нас. Кандидат је успоставио сарадњу са релевантним институцијама које се баве биомедицинским истраживањима у Србији и кроз ту сарадњу се спроводи примена и развој напредних микроскопских техника у биомедицини. Такође својим активним боравцима у страним институцијама са којима сарађује (DESY, IESL FORTH и Karolinska Institutet) развија нове микроскопске и технике мерења тамо и доноси та знања код нас. У радовима који су објављени након избора у претходно звање кандидат је руководио развојем експерименталне технике, иницирао истраживања и у највећем броју случајева писао радове и вршио кореспонденцију са часописом. У овој области посебно ваља истаћи кандидату улогу у унапређењу и надоградњи постојећег експеримента за НЛСМ у IESL FORTH као и водећу улогу у развоју и постављању експеримента за мултифокалну корелациону спектроскопију на Karolinska Institutet у Стокхолму (радови [7.1.1](#), [7.1.4](#), [7.1.6](#), [7.4.1](#), [7.6.2](#)).

Кандидат је учествовао у дизајнирању и реализацији експерименталне поставке за карактеризацију ултракратких ласерских импулса помоћу оптичке аутокорелације у институту DESY, Хамбург, Немачка, што је приказано у раду 7.3.1 дајући свој допринос у познавању оптичких и оптомеханичких система као и физике ласера. Касније је на основу искустава

стечених тамо са тимом сарадника развио преносиви оптички аутокореелатор у Институту за физику (7.8.15). У осталим радовима који се тичу интеракције ултрабрзих ласерских снопова са материјалима, колега Крмпот је имао значајну улогу у постављању експеримента и реализацији мерења због свог искуства са ултрабрзим ласерским системима (радови [7.1.2](#), [7.1.10](#), [7.4.5](#) и [7.4.6](#)), и НЛСМ тамо где је то било неопходно (радови [7.2.3](#) и [7.8.7](#))

У истраживањима у квантној оптици, тачније у кохерентној спектроскопији паре рубидијума, кандидат је још као докторанд поставио експеримент и покренуо истраживања на тему утицаја профила и интензитета ласерског снопа на облике резонанци и физику ласер атом интеракције. У ранијим радовима кандидат је поставио експеримент, извршио мерења, обрадио резултате и у највећем броју случајева писао радове и вршио кореспонденцију са часописима, док је у касније као већ искусни истраживач у тој области руководио и саветовао приликом надоградње експерименталне поставке, обраде резултата и писања радова и иницирао истраживања. На SCOPES пројекту „Ramsey spectroscopy in Rb vapour cells and application to atomic clocks“ кандидат има значајну улогу у реализацији и спровођењу свих активности у плану истраживања и вођењу млађих колега (рад [7.2.9](#)).

У истраживањима из мешања четири таласа у пари калијума Александар Крмпот је, због значајног искуства које је стекао у ласерској спектроскопији и квантној оптици, са својим докторандом Бојаном Златковићем иницирао истраживања, радио на развоју и постављању експеримента, руководио истраживањем, учествовао у дефинисању теоријског модела и писао радове и вршио кореспонденцију са часописима (радови [7.2.5-7](#), [7.2.12](#))

Поред описане улоге др Крмпота у објављеним радовима, треба истаћи да он тренутно води 3 пројекта, руководи израдом 2 докторске дисертације и надгледа рад једног постдокторанта у Karolinska Institutet у Стокхолму. Током боравака у више научних центара у Шведској, Немачкој, Грчкој, Данској, Катару и Јапану шири мрежу научне сарадње.

3.1.5 Награде

- Студентска награда Института за физику за најбољи магистарски рад одбрањен током 2007. године. (*прилог 5.1.5а*)
- Награда фонда Рајко и Мај Ђермановић, 2013 године, коју додељује Шведска краљевска академија наука (*прилог 5.1.5б*)

3.1.6 Елементи применљивости научних резултата

Већина истраживања којима се кандидат бави спада у домен примењене физике јер се принципи и знања из оптике, физике ласера, физике интеракције светлости и материје примењују на истраживања у биологији и развој савремених техника осликовања и микроскопских мерења. Ипак, вреди истаћи да су на основу резултата добијених истраживањима на пољу примене TPEF микроскопије за осликовање природних фотоничких структура које се налазе на крилним љуспицама инсеката из рода *Lepidopterae* пријављене су **три међународне патентне апликације**. Један од тих **патената је регистрован ([7.13.1](#))** више земаља света, а **два су објављена на међународном нивоу ([7.14.1](#) и [7.14.2](#))**. Тема патената је употреба фотонских структура љуспица у заштити докумената. Патенти су наведени у листи радова кандидата (категорија радова M91 и M93), а у прилогу су потврде о статусу патената.

Учешћем на **иновационом пројекту** „Ласерски даљинар безбедан за очи“ током 2010. и 2011. године као и **руковођењем иновационим пројектом** „Ласерски микроскоп са брзим кружним скенирањем за примене у биотехнологији и медицини“, оба финансирана од стране Министарства задуженог за науку, кандидат је дао значајан допринос иновацијама и резултатима који се користе у пракси.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Др Александар Крмпот руководи израдом две докторске дисертације:

- Бојан Златковић, „Four way mixing in hot potassium vapor (Четворталасно мешање у пари атома калијума), Физички факултет, Универзитет у Београду, тема одобрена на седници Већа научних области природно математичких наука 26.05.2021. Ментор са студентом има 6 објављених радова у часописима (7.2.5-7, 7.2.12, 7.2.18, 7.3.4) и 3 значајна саопштења на конференцијама (7.6.4, 7.7.3, 7.7.5) (прилог 5.2а)
- Михајло Радмиловић, „Интеракција ултракратких ласерских импулса са молекулом хемоглобина и примена савремених техника нелинеарне микроскопије у осликавању еритроцита“, докторске академске студије Биофотонике, Универзитет у Београду, тема одобрена на седници Програмског савета студија 22.11.2021. Ментор са студентом има 1 саопштење на међународној конференцији (7.8.2) (прилог 5.2б)

Поред тога кандидат надгледа посдокторанта Шоа Оаса (Sho Oasa) на Karolinska Institutet у Стокхолму, Шведска са којим је коаутор на радовима 7.1.1, 7.1.4, 7.6.2, 7.7.4 и 7.8.5 и до сада је руководио већим бројем дипломских и мастер радова на Физичком и Биолошком факултету и учествовао у комисијама за одбране. (прилози 5.2в-ђ)

Од 2015. године др Александар Крмпот је наставник на докторским студијама на студијском програму биофотонике при Универзитету у Београду на предмету „Савремене технике оптичке микроскопије у биологији и медицини“. Кандидат је активно учествовао у акредитацији и иницирању отварања овог студијског програма. (прилог 5.2е) <https://www.bg.ac.rs/sr/studije/studije-uni/biofotonika.php>

Кандидат је учествовао у раду Државне комисије за такмичења из физике за ученике средњих школа у Друштву физичара Србије као аутор задатака (2006-2012) и као њен председник (2012-2014). Био је у више наврата вођа националне екипе на International Physics Olympiad - IPhO (Исфахан, Иран 2007; Ханој, Вијетнам 2008; Мерида, Мексико 2009; Талин, Естонија 2012 и Копенхаген, Данска 2013) када су наши такмичари постигли запажене успехе. Као председник успешно је увео обавезне припреме за Српску физичку олимпијаду, знатно унапредио део припрема које се тичу експеримента и покренуо учешће наших представника и на другим међународним такмичењима. (прилог 5.2ж) <http://takmicenja.ipb.ac.rs/>

Популаризација науке и педагошки рад. Одржао је већи број предавања на семинарима у Истраживачкој станици Петница, затим за студенте на Физичком факултету, као и предавања по позиву на Републичким семинарима о настави физике у организацији Друштва физичара Србије и Института за физику. Ментор је неколико ученички истраживачких радова у Истраживачкој станици Петница. Учествовао је у изради изложбе „Милева Марић и Алберт Ајнштајн кроз простор и време“ (2005), фестивала „Фабрика знања“ (2015) у Подгорици, Република Црна Гора као и у европском пројекту Ноћ истраживача <https://www.nocistrazivaca.rs/programi2019/lasercon/276>. (прилози 5.2з-ј)

Др Александар Крмпот је био асистент из предмета физика на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, на Високој школи струковних студија електротехнике и рачунарства у Београду и на Високој школи струковних студија- Београдској политехници где је касније био и предавач на предметима Физика и Метрологија. (прилози 5.2к-л)

3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Нормирање М бодова, урађено по правилнику, кандидатов укупан збир у категоријама М20 умањило са 153 на 103,47 бода што је и даље далеко више од захтеваног минимума (35) за избор у звање научни саветник. Детаљи и нормирања по ауторима и броју радова су дати у табелама у одељцима **3.1.3 Параметри квалитета радова и часописа** и у **4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса**

Допринос кандидата реализацији коауторских радова је детаљно описан у деловима **2. Преглед научне активности**, **3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицајност научних радова** и у **3.1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству**.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Након претходног избора у звање

- HEMMAGINERO – „Hemoglobin-based spectroscopy and nonlinear imaging of erythrocytes and their membranes as emerging diagnostic tool“, програм ПРОМИС, Фонд за науку Републике Србије, број 6066079, период 2020-2022 (прилог 5.4а) www.hemmaginero.rs
- „Imaging and time resolved spectroscopy of hemoglobin and red blood cells in THz, NIR and visible spectral regions for future biomedical application“, програм билатералне научне и технолошке сарадње између Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и немачке службе за академску размену (DAAD) за период 2020-2021. Година (прилог 5.4б)
- „Hemoglobin-based nano-spectral non-linear imaging for future label-free medical diagnostics“, програм билатералне научне и технолошке сарадње између Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и агенције за истраживања Републике Словеније, период 2020-2021 (прилог 5.4в)

Пре претходног избора у звање

- „*In situ* дијагностика и оптимизација ултра кратких ласерских импулса у нелинеарној микроскопији за 3Д биолошко осликавање“ у оквиру Програма билатералне научне и технолошке сарадње између Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и немачке службе за академску размену (DAAD) за период 2016-2017. година (прилог 5.4г)
- Пројектни задатак “Task 1: Ramsey spectroscopy” на пројекту “Ramsey spectroscopy in Rb vapour cells and application to atomic clocks” у оквиру програма помоћи источноевропским земљама - SCOPES који финансира швајцарска национална фондација за науку (SNSF) (прилог 5.4д)
- потпројекат и пројектни задатак развоја нелинеарног ласерског скенирајућег микроскопа у Центру за фотонику на пројекту ИИИИ45016 “Генерисање и карактеризација нанофотонских структура у биофизици и медицини” (прилог 5.4ђ)

- „Ласерски микроскоп са брзим кружним скенирањем за примене у биотехнологији и медицини“, иновациони пројекат број 451-03-2802/2013-16/165, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, јуни 2014. – јуни 2015. (*прилог 5.4е*)
- „Employing nonlinear imaging microscopy for characterization of microlenses produced in different biocompatible materials“ мини пројекат ULF-FORTH001688 у оквиру европског пројекта FP7 ‘LASERLAB-EUROPE’ (228334) за коришћење ласерске инфраструктуре. (*прилог 5.4ж*)

3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима

- члан (2006-2012) и председник (2012-2014) Државне комисије за такмичења из физике за ученике средњих школа у Друштву физичара Србије (деталји у **5.2 Ангажованост у формирању научних кадрова**) (*прилог 5.1.2ж*) <http://takmicenja.ipb.ac.rs/>
- гостујући уредник у часопису Optical and Quantum Electronics, специјално издање Focus on Optics and Bio-photonics, Photonica 2017 (*прилог 5.5а*) https://link.springer.com/journal/11082/topicalCollection/AC_9a06c3530f312fe4765e640241d1cc1c/page/1
- члан научног (програмског) одбора међународних конференција PHOTONICA 2015, 2017, 2019 и 2021 <http://www.photonica.ac.rs/committees.php>
- председник и ко-председавајући организационог одбора и уредник зборника радова на конференцијама PHOTONICA 2017 и PHOTONICA 2021 (*прилози 5.5б-в*) www.photonica.ac.rs
- организатор и предавач на међународној школи неурофтонике „IBRO NERKA school on neurophotonics“ Београд, 2014, Биолошки факултет и Институт за физику, под покровитељством International Brain Research Organization - IBRO. (*прилог 5.5г*) <http://www.srneurosoc.ac.rs/?p=1129>
- рецензент у часописима Journal of Biophotonics, Optics Express, Applied Surface Science, Biomedical Optics Express, Optical and Quantum Electronics, Applied Optics, Microscopy Research and Technique, Scientific Reports, IEEE Photonics Journal, Optics Letters, Journal of Material Chemistry, Journal of Optical Society of America B (*прилози 5.5д*)

3.6 Утицајност научних резултата

Погледати делове **2. Преглед научне активности, 5.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицајност научних радова** и **5.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата.**

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

Погледати делове **2. Преглед научне активности, 5.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицајност научних радова** и **5.1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству**

3.8 Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Предавања на конференцијама након претходног избора у звање

- Ivana Drvenica, Katarina Bukara, Svetlana Jovanić, Ana Stančić, Vesna Ilić, Mihailo D Rabasović, Dejan V Pantelić, Branislav M Jelenković, Branko Bugarski, **Aleksandar Jovan Krmpot**, “**Mapping of hemoglobin residuals in erythrocyte ghosts using two photon excited fluorescence microscopy**” 8th Regional Biophysics Conference - RBC 2018, #ReBiCon2018. May 16th - 20th 2018, Zreče, Slovenia (*прилог 5.8a*) <http://www.rbc2018.si/programme.html>
- **Aleksandar J. Krmpot** “**Nonlinear Laser Scanning Microscopy**” Hokkaido Summer Institute – HSI 2019, The Cell Biological Science Workshop, September 9th – 15th 2019, Sapporo, Japan (*прилог 5.8б*) http://altair.sci.hokudai.ac.jp/infmcd/HSI2019/koushi_en.html
- Katarina Bukara, Svetlana Jovanić, Ivana T. Drvenica, Ana Stančić, Vesna Ilić, Mihailo D. Rabasović, Dejan Pantelić, Branislav Jelenković, Branko Bugarski, **Aleksandar J. Krmpot**, “**Hemoglobin imaging using two photon excitation fluorescence microscopy**,” 10th Photonics Workshop, Kopaonik, Serbia, 26.2–2.3, 2017 (*прилог 5.5в*)

Предавања на конференцијама пре претходног избора у звање

- Aleksandar Krmpot, “**Nonlinear laser scanning microscopy and 3D imaging**,” Belgrade International Molecular Lifescience Conference for Students - BIMLS 2016, 10-13 February, Belgrade, Serbia (*прилог 5.5г*)
- Aleksandar Krmpot, “**Light sources, lasers and detectors**” and “**Nonlinear Microscopy**” IBRO NERKA school on Neurophotonics, 28 November – 5 December 2014, Belgrade, Serbia (*прилог 5.5д*)
- Aleksandar Krmpot, Mihailo Rabasović, Branislav Jelenković, Srećko Ćurčić, Maja Vrbica, and Dejan Pantelić, “**3D imaging of chitinous structures using nonlinear laser scanning microscopy**” 18th International School on Quantum Electronics – Laser Physics and Applications (ISQE), 29 September – 3 October 2014, Sozopol, Bulgaria (*прилог 5.5ђ*)
- A. J. Krmpot, S. N. Nikolić, M. Radonjić, S. M. Ćuk, B. M. Jelenković, “**Influence of atomic dark state evolution on Zeeman electromagnetically induced transparency lineshapes**,” 3rd National Conference on Electronic, Atomic, Molecular and Photonic Physics – CEAMPP, August 25th 2013, Belgrade, Serbia (*прилог 5.5е*)
- A. J. Krmpot, S. N. Nikolić, M. Radonjić, S. M. Ćuk, B. M. Jelenković, “**Influence of radial laser beam profile on Hanle dark state evolution**,” Proceedings of 9th International Student Conference of Balkan Physical Union – 9th ISCBPU, 10-13 July, Constanta, Romania 2012 (*прилог 5.5ж*)
- Aleksandar J. Krmpot, Senka M. Ćuk, Stanko N. Nikolić, Milan Radonjić, Branislav M. Jelenković, “**Atomic dark state evolution in the constant laser field**,” Proceedings of 43rd European Group for Atomic Systems (EGAS), 28 June-2 July, Fribourg, Switzerland, 2011, Pg 44 (*прилог 5.5з*)
- Александар Крмпот, „Нобелова награда за физику за 2009. годину (I део) – Простирање светлости кроз светловоде –“ XXVIII републички семинар о настави физике, март 2010, Врњачка Бања (*прилог 5.5и*)

За педагошке и друге активности на популаризацији науке погледати део **5.2 Ангажованост у формирању научних кадрова**

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

4.1 Остварени резултати у периоду након претходног избора у звање

Категорија	М бодова по раду/патенту	Број радова	Укупно М бодова	Нормиран број М бодова
M21a	10	5	50	29,43
M21	8	11	88	67,8
M22	5	3	15	6,24
M23	3	0	0	
M28б	2,5	1	2,5	
M31	3,5	0	0	
M32	1,5	2	3	
M33	1	3	3	
M34	0,5	15	7,5	
M36	1,5	2	3	
M61	1,5	0	0	
M62	1	1	1	
M63	1	1	1	
M91	16	1	16	
M93	9	2	18	

4.2 Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни саветник

У категоријама	Неопходни број бодва	Остварен број М бодова	Нормиран број М бодова
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	50	193	143,47
M11+M12+M21+M22+M22+M23	35	153	103,47
Укупно	70	208	158,47

Укупан $\Sigma ИФ=77,281$; 19 радова у категоријама M20 => средњи $\langle ИФ \rangle = 4,067$

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом изложеног материјала о научној активности кандидата Комисија је закључила да научни рад др Александра Крмпота представља оригинални допринос у пољима истраживања којима се он бави: развој и примена савремених оптичких микроскопских техника као и квантна оптика, односно прецизна ласерска спектроскопија. Његови радови су објављени у водећим међународним научним часописима и имају значајан одјек у научној јавности што се види према њиховој цитираности. Треба истаћи кандидатов допринос који се односи на развој нелинеарних техника микроскопског осликавања у Институт за физику у Београду чиме је

отворена нова област истраживања и омогућена примена новог метода у биомедицинским истраживањима која се спроводе у релевантним институцијама код нас. Такође, кандидат допринос је изразит и у развоју квантитативне технике за праћење биохемисјких процеса у живим ћелијама са осетљивошћу од једног молекула која је заснована на флуоресцентној корелационој спектроскопији, а који је кандидат развијао кроз сарадњу са Каролинска институтом у Стокхолму, Шведска (Karolinska Institutet). Посебан резултат представља учествовање у педагошком и иновационом раду.

Током досадашње каријере, др Александар Крмпот развио се у самосталног научника који успешно руководи научним пројектима и докторским дисертацијама, предаје на докторским студијама, учествује у раду научних тела и активно ради на унапређењу експерименталних поставки и услова рада како код нас, тако и у иностраним институцијама са којима је успоставио сарадњу. На основу података приказаних у овом Извештају, закључујемо да кандидат задовољава све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање научни саветник, који су прописани Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Имајући у виду представљене резултате, као и вредност и оригиналност научних радова др Александра Крмпота, сматрамо да је достигао високу истраживачку зрелост и научну компетентност. Стога нам је изузетно задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Александра Крмпота у звање научни саветник.

У Београду, 26.01.2022. године

др Невена Пуач, научни саветник, Институт за физику, Универзитет у Београду

др Душан Аресновић, научни саветник, Институт за физику, Универзитет у Београду

др Дејан Пантелић, научни саветник, Институт за физику, Универзитет у Београду

др Лидија Манчић, научни саветник, Институт техничких наука САНУ, Универзитет у Београду

проф. др Павле Анђус, редовни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду