

# НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

## Извештај комисије за избор др Михаила Рабасовића у звање виши научни сарадник

На основу захтева који је кандидат поднео 27. маја 2022. године, на седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 28. јуна 2022. године именовани смо у комисију за избор др Михаила Рабасовића у звање виши научни сарадник. 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

Михаило Рабасовић је рођен у Ваљеву 31.01.1977. године где је завршио основну школу и гимназију. Физички факултет Универзитета у Београду, смер примењена физика, уписао је 1996. године. Дипломски рад је урадио на Институту за физику у Београду у Лабораторији за спектроскопију плазме и ласере, под руководством проф. др Николе Коњевића. Дипломски рад је одбранио 09.11.2001. године. Физички факултет Универзитета у Београду је завршио са просечном оценом 9,37.

Последипломске студије, смер квантана оптика, уписао је 2001. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Магистарску тезу је урадио у Лабораторији за атомску, молекулску и ласерску спектроскопију Института за физику у Београду под руководством др Драгана Маркушева, научног саветника Института за физику. Магистарски рад је одбранио 06.12.2004. године на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Докторску тезу под називом: „Одређивање просторног профила ласерског зрачења импулсном фотоакустиком у гасном смешамa” је такође урадио на Институту за физику у Београду у Лабораторији за атомску, молекулску и ласерску спектроскопију. Теза је урађена под руководством др Драгана Маркушева, научног саветника Института за физику. Докторску тезу је одбранио 28. 11. 2007. године на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Михаило Рабасовић је запослен на Институту за физику од 01. 01. 2003. године са паузом од септембра 2004. године до маја 2005. године због служења војног рока.

Био је ангажован на пројектима основних истраживања од запослења на Институту до престанка пројектног финансирања. Такође је био ангажован на интердисциплинарним пројектима у последњем финансираном пројектном циклусу Министарства. Био је ангажован на иновационом пројекту под називом: „Ласерски микроскоп са брзим кружним скенирањем за примене у биотехнологији и медицини”

Што се тиче билатералних пројеката, био је руководилац билатералног пројекта са Немачком под називом: „Проучавање биолошких микро и наноструктура у видљивој, инфрацрвеној и терахерцној области зрачења“ у периоду 2018-2019. Такође, био је ангажован на више билатералних пројеката са Словенијом, Немачком, Кином и Француском.

Био је ангажован и на једном истраживачко развојном пројекту са Кином. Добио је и један пројекат фондације Покрени се за науку из позива Опреми и примени.

Михаило Рабасовић има развијену међународну сарадњу, пре свега са институцијама у Шведској (КТН, Институт Каролинска) и Немачкој (DESY). У оквиру ове сарадње боравио је више пута у једномесечним посетама овим институцијама. Такође, истраживачи из ових институција су долазили у радне посете Институту.

Михаило Рабасовић је ангажован и у настави на докторским и мастер студијама. На програму докторских студија при Београдском универзитету, Биофотоника, је ангажован као предавач на два предмета. Такође је ангажован као предавач на Биолошком факултету, на мастер студијама на предмету „Биофизичка инструментација“ и на докторским студијама на предмету „Експерименталне методе у физиологији“.

Изабран је у звање научни сарадник 29.11.2017.

## 2. Преглед научне активности

Током своје досадашње каријере, научно-истраживачки рад др Михаила Рабасовића је био усмерио у више праваца. Током доктората се бавио фотоакустиком гасних смеша. После доктората је прешао на фотоакустику чврстих тела. Затим је прешао у област биофизике, тачније примене напредних техника оптичке микроскопије на изучавање био-медицинских проблема. Поред овога се бави и оптичком спектроскопијом, углавном материјала допираних ретким земљама, као и терахерцном спектроскопијом.

Тако, научно-истраживачки рад др Михаила Рабасовић после избора у последње звање може да се подели у следеће области:

- 2.1. Нелинеарна скенирајућа ласерска микроскопија
  - 2.1.1. Био-медицинске примене
  - 2.1.2. Физика материјала
- 2.2. Оптичка спектроскопија
  - 2.2.1. Материјали допирани ретким земљама
  - 2.2.2. Биолошки узорци
  - 2.2.3. Спектроскопија ласерски индуковане плазме
- 2.3. Терахерцна спектроскопија
- 2.4. Фотоакустичка спектроскопија

Радови који су даље дати се односе само на период после последњег избора у звање, односно седнице Научног већа Института.

### 2.1. Нелинеарна скенирајућа ласерска микроскопија

#### 2.1.1. Био-медицинске примене

Био-медицинске примене напредних техника нелинеарне ласерске микроскопије су главно поље истраживања др Михаила Рабасовића. Ово истраживање је највећим делом везано за Институт за физику, али и за сарадњу са две научне институције у Шведској: Краљевски институт за технологију (КТН) и Институт Каролинска.

У свом истраживању кандидат се бавио како осликовањем (imaging), тако и квантитативним техникама оптичке микроскопије (мерењем на микроскопском нивоу), али и манипулацијом узорка на микроскопском нивоу, тачније хирургијом на нивоу појединачне ћелије. Пошто су у путању веома различита и комплексна истраживања, испод је дата детаљнија анализа која је подељена на неколико области.

#### *Примене осликовања хитина*

Хитин је полисахарид и главни је градивни елемент егзоскелета инсеката. Када се побуди фемтосекундним импулсима у инфрацрвеној области хитин интензивно флуоресцира. Ово омогућава осликовање хитина без обележавања, односно бојења (label free imaging). Због тога је Нелинеарна Скенирајућа Ласерска Микроскопија (НСЛМ) идеална за примене у ентомологији, односно за изучавање инсеката. Поред поменуте предности, предност НСЛМ је и велика дубина продирања, што је изузетно значајно за узорке који су релативно велики за појмове микроскопије. Због свега овога НСЛМ омогућава добијање изузетно квалитетних тродимензионалних слика делова инсеката.

У сарадњи са колегама са Биолошког факултета, НСЛМ је искоришћен за осликовање више врста пећинских инсеката. Сврха овог истраживања је била да се провери који од ових примерака евентуално припада новој врсти. Потврђено је да неке од јединки припадају до сада неидентификованој врсти која је названа *P. Serbicus*. Ови резултати су објављени у међународном часопису изузетних вредности (M21a):

- M. Vrbica, A. Petrović, D. Pantelić, A. Krmpot, M. D. Rabasović, D. Pavlović, S. Jovanić, B. Gueorguiev, S. Goranov, N. Vesović, D. Antić, Đ. Marković, M. Petković, S. Ćurčić, "The genus *Pheggomisetes* Knirsch, 1923 (Coleoptera: Carabidae: Trechinae) in Serbia: taxonomy, morphology, and molecular phylogeny", *Zool. J. Linn. Soc.* **183** (2018) 347-371, DOI: 10.1093/zoolinnean/zlx078, <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlx078>

Друга битна примена осликовања хитина помоћу НСЛМ је изучавање потенцијалних примена природних структура који потичу од лептира за заштиту докумената са веома високим степеном сигурности. Пре претходног избора у звање већ су објављена три патента на међународном нивоу, од чега је један прешао у заштиту на националном нивоу у више земаља. После тога ово истраживање је објављено и у једном међународном часопису:

- Danica Pavlović, Mihailo D. Rabasović, Aleksandar J. Krmpot, Vladimir Lazović, Srećko Ćurčić, Dejan Stojanović, Branislav Jelenković, Wang Zhang, Di Zhang, Nenad Vukmirović, Dimitrije Stepanenko, Branko Kolarić, Dejan V. Pantelić "Naturally safe: cellular noise for document security" *J. Biophotonics*, **12**(12), (2019) e201900218, DOI: 10.1002/jbio.201900218, <https://doi.org/10.1002/jbio.201900218>

#### *Осликовање колагена и квантификација уређености колагена*

Друга битна примена НСЛМ је осликовање колагена коришћењем генерисања другог хармоника (SHG - second harmonic generation). Колаген је један од ретких биомолекула који генерише други хармоник. Веома је заступљен у организму сисара, па често омогућава осликовања биолошких узорака без бојења.

Поред осликовања, могућа је и квантификација (мерење) уређености колагена у ткиву. За ово се користи чињеница да идеално уређен колаген генерише други хармоник који има исту поларизацију као ласерско зрачење. Са друге стране, потпуо неуређен колаген генерише други хармоник који има исти интензитет у равни паралелној и нормалној на поларизацију ласера. Користећи ово, могуће је мерити уређеност колагена мерењем односа интензитета две поларизације другог хармоника, паралелну и нормалну на ласерско зрачење.

Горе наведене чињенице искоришћене су за осликовање и мерење уређености колагена код више био-медицинских тема. Једна од тема је била изучавање уређености колагена на различитим растојањима од тумора дебелог црева. Ово истраживање је урађено у сарадњи са колегама са Медицинског факултета. Показано је да постоји мерљива промена уређености колагена и на растојањима од тумора на којима другим методама не може да се детектује промена услед тумора. Резултати су објављени у два рада у међународном часопису:

- 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", *Sci. Rep.* **10**, (2020) 6359, DOI: 10.1038/s41598-020-63368-y, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63368-y>
- S. Z. Despotović, N. M. Milićević, D. P. Milošević, N. Despotović, P. Erceg, P. Svorcan, U. Schumacher, S. Ullrich, G. Mihajlović, D. Kalem, S. Marković, I. M. Lalić, A. J. Krmpot, M. D. Rabasović, D. V. Pantelić, S. Z. Jovanić, T. Rösch, Ž. 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 Biol.* **39**(7), (2017) 1-10, DOI: 10.1177/1010428317711654, <https://doi.org/10.1177/1010428317711654> ИФ2016 = 3.650

Друга примена је везана за осликовање и мерење уређености колагена у кожи, и промене које се јављају са старењем. Ово истраживање је рађено са колегама са Биолошког факултета. Као

модел организам су коришћени пацови. Показано је како се уређеност колагена мења са старењем. Резултати су објављени у једном раду у међународном часопису:

- Irena Miler, Mihailo D. Rabasovic, Marija Aleksic, Aleksandar Krmpot, Andjelika Kalezic, Aleksandra Jankovic, Bato Korac, Aleksandra Korac, "Polarization-resolved SHG imaging as a fast screening method for collagen alterations during aging: comparison with light and electron microscopy", *J. Biophotonics*, **14**(3), (2021) e202000362, DOI: 10.1002/jbio.202000362, <https://doi.org/10.1002/jbio.202000362>

Трећа примена осликовања колагена везана је за стоматологију, и урађена је у сарадњи са колегама са Медицинског факултета у Новом Саду, департман за стоматологију, као и са колегама из Француске. Колаген се налази у зубу, тачније у дентину, што омогућава осликовање дентина у зубу. Ово је искоришћено да се изучавају промене у колагену које се јављају услед каријеса, као и промене које се јављају приликом стављања пломбе у зуб. Успешно су осликани спојеви између дентину и атхезива који имају изузетан практичан значај у стоматологији. Ови резултати су објављени у међународном часопису изузетних вредности (M21a):

- 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. Biomater.* **105**, (2020) 214-222, DOI: 10.1016/j.actbio.2020.01.035, <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.01.035>

#### *Примена нано-честица допираних ретким земљама у оптичкој микроскопији*

Изучавање примене нано-честица при бојењу биолошких узорака ради осликовања на НСЛМ је област истраживања која је изузетно комплексна и мултидисциплинарна, и која комбинује више области истраживања др Михаила Рабасовића. Такође укључује широку сарадњу већег броја истраживача и институција. Поред истраживача са Института, у сарадњу су били укључени истраживачи са Института техничких наука САНУ, Технолошко-металуршког факултета, Иновационог центра Хемијског факултета, Стоматолошког факултета, као и истраживачи из Бразила. Поред области оптичке микроскопије ова истраживања су била везана и за другу област истраживања кандидата – оптичку спектроскопију материјала допираним ретким земљама.

Комплексност истраживања може да се види већ на основу описа поступка који доводи до осликовања биолошких узорака овом методом. Најпре се синтетишу наночестице који морају да показују ефикасан процес тзв. *upconversion*. Поред тога честице морају да имају органски „омотач“ који их чини био компатибилним. Затим је неопходно извршити детаљну анализу нано-честица: SEM, TEM, FTIR..., али и анализу биокомпатибилности. Битан део анализе је и спектроскопска анализа наночестица. У овој анализи кандидат је имао значајну улогу. После карактеризације наночестица следи „бојење“ биолошких узорака овим честицама. У овом случају су биле у питању две врсте хелија канцера који се јављају у усној дупљи. На крају се честице снимају на нелинеарном микроскопу.

Због веома различитих параметара наночестица у односу на флуоресцентне молекуле (веома дуго време живота флуоресценције, побуда континуалним ласерима), морао је да се модификује начин снимања узорака, софтвер и режима рада ласера. Кандидат је имао кључну улогу у овом делу истраживања.

Резултати ових истраживања публиковани су у два рада у међународним часописима:

- L. Mancic, A. Djukic-Vukovic, I. Dinic, M. G. Nikolic, M. D. Rabasovic, A. J. Krmpot, A. M.L.M. Costa, D. Trisic, M. Lazarevic, Lj. Mojovic, O. Milosevic, "NIR photo-driven upconversion in NaYF<sub>4</sub>:Yb,Er/PLGA particles for in vitro bioimaging of cancer cells", *Mat.*

*Sci. Eng. C-Bio.* **91**, (2018) 597-605, DOI: 10.1016/j.msec.2018.05.081,  
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.05.081>

- L. Mancic, A. Djukic-Vukovic, I. Dinic, M. G. Nikolic, M. D. Rabasovic, A. J. Krmpot, A. M. L. M. Costa, B. A. Marinkovic, Lj. Mojovic, O. Milosevic, "One-step synthesis of amino-functionalized upconverting NaYF<sub>4</sub>:Yb,Er nanoparticles for *in vitro* cell imaging", *RSC Adv.* **8**(48) (2018) 27429, DOI: 10.1039/c8ra04178d,  
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/RA/c8ra04178d#!divAbstract>

#### *Квантификација локалног стања у ћелијама помоћу аутофлуоресценције NAD(P)H*

Ово истраживање је везано за сарадњу др Михаила Рабасовића са истраживачима из Шведске, где су ова истраживања и вршена.

NADH, односно NADPH је један од најзначајних флуоресцентних молекула који се налази у значајним количинама код великог броја организама. Тако да он често омогућава осликавање узорака без обележавања коришћењем аутофлуоресценције овог молекула.

Међутим, поред једноставног осликавања, овај молекул може да служи и за детаљније изучавања биолошких узорака. Наиме, прелазак молекула у триплетно, тзв. тамно стање доводи до тзв. „блинкања“ молекула. Триплетно стање, тачније ефикасност побуђивања и релаксирања триплетног стања веома зависи од окружења молекула. Због овога методе које мере величине везане за триплетно стање омогућавају мерење особина окружења молекула. Тако тзв. **transient state** (TRAST) микроскопија може да мери удео молекула који су у тамном стању. Управо је TRAST микроскопија молекула NAD(P)H искоришћена у овом истраживању да се уз осликавање одреди концентрација кисеоника у узорку са веома високом резолуцијом. Ово је омогућило да се детаљно испита метаболизам сниманих ћелија.

Допринос кандидата у овом раду је био пре свега у развоју самог микроскопа који комбинује осликавање са TRAST-ом, што је омогућило даља истраживања.

Резултати истраживања су публиковани у једном раду у међународном часопису:

- Johan Tornmalm, Elin Sandberg, Mihailo Rabasovic, Jerker Widengren, "Local redox conditions in cells imaged via non-fluorescent transient states of NAD(P)H", *Sci. Rep.* **9**, (2019) 15070, DOI: 10.1038/s41598-019-51526-w, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51526-w>

#### *Примена на проучавање физиологије кончастих гљива*

Примена НСЛМ на изучавање физиологије кончастих гљива је област истраживања која се спроводи веома интензивно, али се публикавање најзначајних резултата из ове области тек очекује. Ово истраживање је такође веома комплексно и укључује више модова рада нелинеарног микроскопа, као и доста других техника. Због тога ово истраживање укључује и широку сарадњу која пре свега укључује колеге са Биолошког факултета и Института за биолошка истраживања Синиша Станковић.

Што се тиче НСЛМ ово истраживање укључује осликавање коришћењем аутофлуоресценције, осликавање обојених узорака, и по први пут у нашој лабораторији осликавањем коришћењем трећег хармоника. Поред осликавања, по први пут је коришћена ласерска микрохирургија на живим гљивама (*in vivo*). Тако да је ово истраживање захтевало много рада на развоју микроскопа, развоју процедура за припрему узорка, али и многих других поступака и процедура који нису везани за сам микроскоп. Нпр. за потребе овог истраживања са ИБИСС-а је на Институт донет цео уређај за тзв. patch clamp јер се испоставило да је неопходно да се електрофизиологија уради што пре након микрохирургије.

Као резултат овог истраживања до сада је урађено успешно осликавање, ласерска микрохирургија, електрофизиологија, и као резултат тога окарактерисано је неколико јонских канала на мембрани гљива. До сада су резултати публиковани на конференцијама (списак испод), али се публикавање у часописима тек очекује.

- Tanja Pajic, Miroslav Zivic, Mihailo D. Rabasovic, Aleksandar Krmpot, Natasa Todorovic, "THE DAMPENING OF LIPID DROPLET OSCILLATORY MOVEMENT IN NITROGEN STARVED FILAMENTOUS FUNGI BY A LOW DOSE OF MITOCHONDRIAL RESPIRATION INHIBITOR", 1st International Conference on Chemo and BioInformatics ICCBIKG 2021, BOOK OF PROCEEDINGS, October 26-27, 2021, Kragujevac, Serbia, 226
- Tanja Pajic, Natasa Todorovic, Dunja Stefanovic, Mihailo D. Rabasovic, Aleksandar Krmpot, Miroslav Zivic, "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, BOOK OF PROCEEDINGS, October 26-27, 2021, Kragujevac, Serbia, 300
- Tanja Pajic, Natasa Todorovic, Dunja Stefanovic, Mihailo D. Rabasovic, Aleksandar Krmpot, Miroslav Zivic, "THE INFLUENCE OF SELENITE ON FILAMENTOUS FUNGI HYPHA MORPHOMETRY PARAMETERS", 1st International Conference on Chemo and BioInformatics ICCBIKG 2021, BOOK OF PROCEEDINGS, October 26-27, 2021, Kragujevac, Serbia, 308
- M. Zivic, K. Stevanovic, T. Pajic, M. D. Rabasovic, A. Krmpot, N. Todorovic, "First glance at a multitude of ion currents on filamentous fungus *P. blakesleeanus* protoplasts obtained by femtosecond laser microsurgery", Photonica 2021, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2021), 111
- K. Stevanović, T. Pajić, N. Todorović, A. Krmpot, M. Živić, M. Rabasović, "Laser Microsurgery of Filamentous Fungi: The Latest Protocol Enabling Patch-Clamp Amenable Protoplasts", Photonica 2021, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2021), 104

### 2.1.2. Физика материјала

Нелинеарна скенирајућа ласерска микроскопија има највећу примену у био-медицинским истраживањима. Ипак, она се користи и у другим областима. Један од примера у којим је ова техника још коришћена јесте и физика материјала. Тако је нелинеарна ласерска микроскопија у режиму генерисање другог хармоника коришћена да се изврши карактеризација материјала који су настали под дејством ренгенског зрачења на екстремно високим притисцима. Пошто су у питању били изузетно мали узорци, а материјал који је треба да се потврди је нецентросиметричан, поменути тип микроскопије је био идеално решење за решавање овог проблема. Ово истраживање је везано за сарадњу са Сједињеним Америчким Државама, тачније са Универзитетом у Невади, Лас Вегас.

Резултати истраживања су објављени у једном раду у међународном часопису и на једној конференцији:

- Michael G. Pravica, Mihailo D. Rabasovic, Aleksander J. Krmpot, Petrika Cifligu, Blake Harris, Egor Evylukhin, Marko G. Nikolic, "Observation of second harmonic generation in doped polymeric carbon monoxide", *Mater. Lett.* **256**, (2019) 126629, DOI: 10.1016/j.matlet.2019.126629,
- M. Pravica, M. D. Rabasovic, A. J. Krmpot, M. Nikolic, E. Evlyukhin, B. Harris, P. Cifligu, "X-ray induced synthesis of novel optical materials at extreme conditions", Photonica 2019, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2019), 22

Други пример истраживања везаних за физику материјала је везан за изучавање танких нецентросиметричних материјала, тачније MoS<sub>2</sub>. Ово истраживање је везано за сарадњу са

Институтом за хемију, технологију и металургију и са истраживачима из Хрватске. Наиме, MoS<sub>2</sub> је нецентросиметричан материјал, па ефикасно генерише други хармоник. Међутим, ефикасност генерисања зависи од напона који делује на материјал, па осликавањем узорака са слојем MoS<sub>2</sub> омогућава микро-мапирање напона који делује на материјал. За сада су ово истраживања публикована у једном раду на конференцији:

- M. Spasenović, A. J. Krmpot, M. D. Rabasović, N. Vujičić, V. Jadriško, D. Čapeta, M. Kralj, "Strain of MoS<sub>2</sub> mapped with second harmonic generation microscopy", Photonica 2019, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2019), 82

## 2.2. Оптичка спектроскопија

Поред оптичке микроскопије, значајан правац истраживања др Михаила Рабасовића везан је за оптичку спектроскопију. Ово нису независна истраживања, већ се у великој мери преклапају. Већ раније је помињана микроскопија и спектроскопија наночестица које показују upconversion. Такође, недавно је нелинеарни микроскоп надограђен тако да може да снима двофотонски побуђену флуоресценцију биолошких узорака. Објављивање значајних резултата везаних за ову област тек се очекују.

### 2.2.1. Материјали допирани ретким земљама

Материјали допирани ретким земљама су изузетно занимљиви за спектроскопију јер типично имају изражену флуоресценцију, и уске, јаке линије у емисионим и екситационим спектрима. Због ових особина интензивно се изучавају због фундаменталних, али и апликативних разлога. Због овога су и нашли широку примену како у науци, тако и у индустрији.

#### *Upconversion*

Под појмом upconversion се подразумева процес код кога се помоћу фотона мање енергије (веће таласне дужине) добијају фотони веће енергије (мање таласне дужине). Нпр. сви процеси који се детектују на нелинеарном микроскопу у том смислу могу да се сматрају као upconversion. Међутим, под овим појмом обично се подразумевају само процеси који имају велику вероватноћу. Практично ово значи да за добијање ових процеса није потребан фемтосекунди ласер, већ континуални. Ову особину поседује мало материјала. Неки од њих су неки од материјала допираних ретким земљама. Ова особина је изузетно погодна за микроскопију јер омогућава побуду у инфрацрвеној области, што редукује фото-избељивање и фото-токсичност, а детекцију у видљивој области, што повећава осетљивост. Међутим, да би се оптимизовали параметри материјала пре примене у микроскопији неопходно је детаљно окарактерисати ове материјале спектроскопски. Тако је нпр. неопходно одредити емисионе и екситационе спектре да би се одредиле оптималне таласне дужине ласера за побуду и таласна дужина детекције. Такође, пожељно је одредити и квантну ефикасност да би се знало колико ће наночестице бити сјајне у узорку. Ова врста карактеризације вршена је пре коришћења наночестица за бојење биолошких узорака. Добијени резултати објављени су у два раније помињана рада:

- L. Mancic, A. Djukic-Vukovic, I. Dinic, M. G. Nikolic, M. D. Rabasovic, A. J. Krmpot, A. M. L. M. Costa, B. A. Marinkovic, Lj. Mojovic, O. Milosevic, "One-step synthesis of amino-functionalized upconverting NaYF<sub>4</sub>:Yb,Er nanoparticles for *in vitro* cell imaging", *RSC Adv.* **8**(48) (2018) 27429, DOI: 10.1039/c8ra04178d, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/RA/c8ra04178d#!divAbstract>

- L. Mancic, A. Djukic-Vukovic, I. Dinic, M. G. Nikolic, M. D. Rabasovic, A. J. Krmpot, A. M.L.M. Costa, D. Trisic, M. Lazarevic, Lj. Mojovic, O. Milosevic, "NIR photo-driven upconversion in NaYF<sub>4</sub>:Yb,Er/PLGA particles for in vitro bioimaging of cancer cells", *Mat. Sci. Eng. C-Bio.* **91**, (2018) 597-605, DOI: 10.1016/j.msec.2018.05.081, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.05.081>

#### *Зависност од температуре и притиска*

Флуоресцентни спектри материјала допираних ретким земљама зависе од параметара као што су температура и притисак. Изучавање зависности спектра од температуре има изузетан како научни, тако и апликативни значај. Наиме, ова зависност омогућава мерење температуре када је температуру немогуће или тешко мерити другим техникама. Примери овога су безконтактно мерење температуре, мерење температуре на даљину, као и мерење температуре у биолошком узорцима у микроскопији.

Управо на овим проблемима је радио др Михаило Рабасовић у оквиру спектроскопије материјала допираних ретким земљама. Испитиване су различите комбинације допаната и матрица, односно понашање њихових спектра са променом температуре. Утврђено је у ком опсегу температура ови материјали могу да се користе за мерење температуре и који од метода је најоптимални избор (нпр. да ли је у питању однос два пика или неки други метод). Нарочито је значајно то што су идентификовани материјали и методи који омогућавају прецизно мерење температуре у физиолошком опсегу температура, што омогућава мерење температуре живих организама и/или ћелија у микроскопији и мапитање расподеле температура на микроскопском нивоу.

Што се тиче притиска, промена флуоресцентних спектра је искоришћена за идентификацију промене кристалне структуре под утицајем екстремно високих притисака. Значај ове методе је што може да се користи у дијамантској преси која служи за добијање ових притисака, а која онемогућава да се користе друге методе да би се ово показало.

Добијени резултати су публиковани у 4 рада у међународним часописима:

- A. Vlastic, D. Sevic, M.S. Rabasovic, J. Krizan, S. Savic-Sevic, M.D. Rabasovic, M. Mitric, B.P. Marinkovic, M.G. Nikolic, "Effects of temperature and pressure on luminescent properties of Sr<sub>2</sub>CeO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup> nanophosphor", *J. Lumin.* **199**, (2018) 285-292, DOI: 10.1016/j.jlumin.2018.03.061, <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2018.03.061>
- D. Sevic, M. S. Rabasovic, J. Krizan, S. Savic Sevic, M. G. Nikolic, B. P. Marinkovic, M. D. Rabasovic, "YVO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup> nanopowders: multi-mode temperature sensing technique", *J. Phys. D* **53**(1), (2020) 015106, DOI: 10.1088/1361-6463/ab499f, <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab499f>
- M.G. Nikolic, M.S. Rabasovic, J. Krizan, S. Savic-Sevic, M.D. Rabasovic, B.P. Marinkovic, A. Vlastic, D. Sevic, "Luminescence thermometry using Gd<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:Eu<sup>3+</sup>" *Opt. Quant. Electron.* **50**(6) (2018) 258, DOI: 10.1007/s11082-018-1529-6, <https://doi.org/10.1007/s11082-018-1529-6>
- D. Šević, M. S. Rabasović, J. Križan, S. Savić-Šević, M. D. Rabasović, B. P. Marinkovic, M. G. Nikolic, "Effects of temperature on luminescent properties of Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Er, Yb nanophosphor", *Opt. Quant. Electron.* **52**(5) (2020), 232, DOI 10.1007/s11082-020-02348-y, <https://doi.org/10.1007/s11082-020-02348-y>



## Карактеризација материјала

Фотолуминесценција је један од стандардних метода карактеризације материјала, нарочито материјала допираних ретким земљама. Као што је већ речено ови материјали често показују изражену флуоресценцију, па се зато често користе за примене код којих је ово битно каошту су: примена у дисплејима, примена за осветљење...

Примери карактеризације луминесцентних особина два материјала допирана ретким земљама објављена су у два рада у међународним часописима:

- Rouaida Mohamed Abozaid, Zorica Ž. Lazarević, Vesna Radojević, Maja S. Rabasović, Dragutin Šević, Mihailo D. Rabasović, Nebojša Ž. Romčević, "Characterization of Neodymium Doped Calcium Tungstate Single Crystal by Raman, IR and Luminescence Spectroscopy", *Sci. Sinter.* **50**(4), (2018), 445-455, DOI 10.2298/SOS1804445A, <https://doi.org/10.2298/SOS1804445A>
- M. S. Rabasovic, J. Krizan, S. Savic-Sevic, M. Mitric, M. D. Rabasovic, B. P. Marinkovic, D. Sevic, "Orange-Reddish Light Emitting Phosphor GdVO<sub>4</sub>:Sm<sup>3+</sup> Prepared by Solution Combustion Synthesis", *J. Spectrosc.* **2018**, (2018) 3413864, DOI 10.1155/2018/3413864, <https://doi.org/10.1155/2018/3413864>

### 2.2.2. Биолошки узорци

Друга битна област истраживања у вези са оптичком спектроскопијом је спектроскопија биолошких узорака. И ова област истраживања је уско везана са истраживањем у микроскопији.

Први пример истраживања у спектроскопији је спектроскопија појединачних еритроцита и хемоглобина. У ранијим истраживањима је већ показано да еритроцити и узорци хемоглобина почињу да флуоресцирају после излагања инфрацрвеним фемтосекундним импулсима. Пошто сам хемоглобин није флуоресцентан, претпоставка је да се од хемоглобина формира флуоресцентни фотопродукт. Разне врсте оптичке спектроскопије се користе за карактеризацију насталог фотопродукта: апсорпциона, флуоресцентна, двофотонски побуђена флуоресценција.

Тренутно се интензивно ради на овим истраживањима и тек се очекује да се резултати публикују у међународним часописима. За сада су прелиминарни резултати публиковани на конференцији:

- M. D. Radmilović, I. Drvenica, A. Krmpot, M. Rabasović, "Photophysics and photochemistry of hemoglobin interaction with ultrashort laser pulses", 14th Photonics Workshop, Kopaonik, March 14-17, 2021

Још један пример спектроскопских истраживања биолошких узорака је спектроскопија биљних узорака. Наиме, оне биљке које показују јако обојење обично и интензивно флуоресцирају. Ово омогућава изучавање ових узорака и флуоресцентном спектроскопијом, као и њихово осликавање на НСЛМ. Такође, за успостављање оптималних услова за микроскопију прво је неопходно спектроскопски испитати узорак да би се нашли оптимална ексцитациона таласна дужина, као и емисиони спектар узорка. Резултати ових истраживања су објављени у једном раду у међународном часопису, као и на више конференција:

- Maja S. Rabasović, Bratislav P. Marinkovic, Mihailo D. Rabasovic, Marko G. Nikolic, Dragutin Sevic, "Time-resolved luminescence spectra of greater celandine plant extract (*Chelidonium majus L.*)", *Eur. Phys. J. D*, (2021), **75**(6), 180, DOI 10.1140/epjd/s10053-021-00185-6, <https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-021-00185-6>

- M. S. Rabasovic, D. Sevic, B. P. Marinkovic, A. J. Krmpot, M. D. Rabasovic, "Nonlinear microscopy and time resolved fluorescence spectroscopy of *Chelidonium majus* L.", Photonica 2019, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2019), 123
- M. S. Rabasovic, D. Sevic, B. P. Marinkovic, A. J. Krmpot, G. Zdunic, K. Savikin, M. D. Rabasovic, "Mapping of fluorescent compounds in lyophilized blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) fruits using spectroscopy and nonlinear microscopy", Photonica 2021, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2021), 106

### 2.2.3. Спектроскопија ласерски индуковане плазме

Још једна област оптичке спектроскопије којом се бавио др Михаило Рабасовић је спектроскопија ласерски индуковане плазме (LIBS - laser induced breakdown spectroscopy). Плазма се индукује наносекундним импулсима, па је код овог типа спектроскопије од кључног значаја да се постигне висока временска резолуција. Ово је постигнуто коришћењем тзв. Streak камере. Резултати овог истраживања су објављени у једном раду у међународном часопису и на конференцији:

- Maja S. Rabasovic, Mihailo D. Rabasovic, Bratislav P. Marinkovic, Dragutin Sevic, "Laser Induced Plasma Measurements using Nd:YAG Laser and Streak Camera: Timing Considerations", *Atoms*, **7**(1), (2019), 6, DOI 10.3390/atoms7010006, <https://doi.org/10.3390/atoms7010006>
- M. S. Rabasovic, M. D. Rabasovic, B. P. Marinkovic, D. Sevic, "Spatial Measurements of Laser-Induced Breakdown in Air", SPIG 2018, *29 Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases*, Contributed Papers, Belgrade, Serbia (2018) 174

## 2.3. Терахерцна спектроскопија

Истраживања везана за терахерцну спектроскопију везана су за међународну сарадњу, и то са Немачком, тачније са групом која се бави терахерцном спектроскопијом на DESY-ју, Хамбург (DESY - Deutsches Elektronen-Synchrotron). Др Михаило Рабасовић је у оквиру ове сарадње више пута боравио на DESY-ју, где је радио на дијагностици терахерцне линије и на оптимизацији временског преклапања терахерцних и XUV импулса. Резултати истраживања су публиковани у два рада у међународним часописима и на више конференција:

- 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, Nikola Stojanovic, "Photon diagnostics at FLASH THz beamline", *J. Synchrotron Radiat.* **26**(3), (2019) 700-707, DOI: 10.1107/S1600577519003412, <https://doi.org/10.1107/S1600577519003412>
- E. Zapolnova, R. Pan, T. Golz, M. Sindik, M. Nikolic, M. Temme, M. Rabasovic, D. Grujic, Z. Chen, S. Toleikis, N. Stojanovic, "XUV plasma switch for THz: new temporal overlap tool for XUV-THz pump-probe experiments at FELs", *J. Synchrotron Radiat.* **27**(1), (2020) 11-16, DOI: 10.1107/S1600577519014164, <https://doi.org/10.1107/S1600577519014164>
- R. Pan, E. Zapolnova, T. Golz, M. Rabasovic, A. Krmpot, J. Petrovic, M. Gensch, N. Stojanovic, "Ultrafast High-Field THz beamline at X-ray FEL", Photonica 2019, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2019), 156

- E. Zapolnova, R. Pan, T. Golz, M. Sindik, M. Nikolic, M. Temme, M. Rabasovic, D. Grujic, Z. Chen, S. Toleikis, N. Stojanovic, "XUV-driven plasma switch for THz: new spatio-temporal overlap tool for XUV THz pump probe experiments at FELs", *Photonica 2021*, Book of abstracts, Belgrade, Serbia (2021), 51

Такође, у оквиру ове сарадње ради се на терахерцној спектроскопији биолошких узорака, али се публиковање ових резултата тек очекује.

## 2.4. Фотоакустичка спектроскопија

Рад на фотоакустичкој спектроскопији великом већином је везан за период пре последњег избора у звање. После овог избора кандидат је објавио само два рада у међународном часопису везан за ову тематику. У првом раду су изучаване топлотне особине, тачније термална дифузивност, полиетилена (HDPE - **H**igh-**D**ensity **P**olyethylene). За ово истраживање је коришћена апаратура и техника које је кандидат разио.

Резултати овог истраживања су дати у раду:

- M. Nestic, M. Popovic, M. Rabasovic, D. Milicevic, E. Suljovrujic, D. Markushev, Z. Stojanovic, "Thermal Diffusivity of High-Density Polyethylene Samples of Different Crystallinity Evaluated by Indirect Transmission Photoacoustics", *Int. J. Thermophys.* **39**(2), (2018), 24, DOI 10.1007/s10765-017-2345-0, <https://doi.org/10.1007/s10765-017-2345-0>

Други рад је везан за примену вештачке интелигенције на фотоакустику гасова. Наиме, ове проблеме је било могуће решити и без примене вештачке интелигенције, али је време израчунавања било веома дуго због спорог израчунавања Гринових функција. Примененом вештачке интелигенције ово је постало практично тренутно.

- M. Lukić, Ž. Čojbašić, M.D. Rabasović, D.D. Markushev, D.M. Todorović, "Laser fluence recognition using computationally intelligent pulsed photoacoustics within the trace gases analysis", *Int. J. Thermophys.*, **38**(11), (2017), 165, DOI 10.1007/s10765-017-2296-5, <https://doi.org/10.1007/s10765-017-2296-5> ИФ2017 = 0.829

## 3. Елементе за квалитативну оцену научног доприноса

### 3.1. Квалитет научних резултата

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

Др Михаило Рабасовић је у свом досадашњем раду дао допринос у истраживању на укупно 63 рада објављених у категорији М20, као и велики број радова на конференцијама. Од радова у часописима, 3 су објављена у часописима категорије М21а (међународни часописи изузетних вредности), 28 у часописима категорије М21 (врхунски међународни часописи), 11 у часописима категорије М22 (истакнути међународни часописи), и 21 у часописима категорије М23 (међународни часописи). Такође, објавио је 2 патента на међународном нивоу (М93) и један патент регистрован на међународном нивоу (М91).

Након избора у звање, др Михаило Рабасовић је објавила 21 рад у часописима са ISI листе. Од тога су 2 рада објављена у часописима категорије М21а (међународни часописи изузетних вредности), а 10 у часописима категорије М21 (врхунски међународни часописи), 5 у часописима категорије М22 (истакнути међународни часописи), и 4 у часописима категорије М23 (међународни часописи).

Пет најзначајних радова кандидата после избора у звање су:

1. L. Mancic, A. Djukic-Vukovic, I. Dinic, M. G. Nikolic, M. D. Rabasovic, A. J. Krmpot, A. M.L.M. Costa, D. Trisic, M. Lazarevic, Lj. Mojovic, O. Milosevic, "NIR photo-driven upconversion in NaYF<sub>4</sub>:Yb,Er/PLGA particles for in vitro bioimaging of cancer cells", *Mat. Sci. Eng. C-Bio.* **91**, (2018) 597-605, DOI: 10.1016/j.msec.2018.05.081, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.05.081>
2. Danica Pavlović, Mihailo D. Rabasović, Aleksandar J. Krmpot, Vladimir Lazović, Srećko Ćurčić, Dejan Stojanović, Branislav Jelenković, Wang Zhang, Di Zhang, Nenad Vukmirović, Dimitrije Stepanenko, Branko Kolarić, Dejan V. Pantelić "Naturally safe: cellular noise for document security" *J. Biophotonics*, **12**(12), (2019) e201900218, DOI: 10.1002/jbio.201900218, <https://doi.org/10.1002/jbio.201900218> ИФ2019 = 3.032
3. 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", *Sci. Rep.* **10**, (2020) 6359, DOI: 10.1038/s41598-020-63368-y, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63368-y>
4. Johan Tornmalm, Elin Sandberg, Mihailo Rabasovic, Jerker Widengren, "Local redox conditions in cells imaged via non-fluorescent transient states of NAD(P)H", *Sci. Rep.* **9**, (2019) 15070, DOI: 10.1038/s41598-019-51526-w, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51526-w>
5. E. Zapolnova, R. Pan, T. Golz, M. Sindik, M. Nikolic, M. Temme, M. Rabasovic, D. Grujic, Z. Chen, S. Toleikis, N. Stojanovic, "XUV plasma switch for THz: new temporal overlap tool for XUV-THz pump-probe experiments at FELs", *J. Synchrotron Radiat.* **27**(1), (2020) 11-16, DOI: 10.1107/S1600577519014164, <https://doi.org/10.1107/S1600577519014164>

Први рад је објављен у часопису који је у години објављивања имао импакт фактор 4,96, а импакт фактор за 2020. је 7,33. Рад се истиче због комплексности истраживања и колаборације група које се баве веома различитих аспекта овог проблема. Укратко, једна група је синтетисала честице, више група са више институција је урадило карактеризацију, додатна група истраживача је хелије канцера обележила овим честицама, и коначно хелије су снимљене на нелинеарном микроскопу. Допринос кандидата је био модификација процедура снимања да би се прилагодиле веома дугом времену живота флуоресценције као и континуалној побуди. После снимања кандидат је извршио процесуирање слика попут преклапања слика добијених у више модова рада микроскопа, деконволуција, итд. Овим сликама је тако показана успешност целог концепта обележавања биолошких узорака овим нано-честицама.

У другом раду су презентовани резултати који су везани за три међународна патента на којима је кандидат аутор. Резултати су везани за примену биолошких структура за заштиту докумената изузетно високог степена заштита. Поред тога што је радио на експерименталном делу рада и анализи резултата, дао је кључни допринос на развоју апаратуре који је омогућио модификацију узорака, а не само осликавање. Ова модификација је омогућила уписивање кодова у микроскопске структуре. При том кодови могу да буду видљиви „обичним“ микроскопом ако су усечени у узорак, али и невидљиви ако је у питању избељена флуоресценција. Онда могу да буду читани само на флуоресцентном микроскопу.

Трећи рад је објављен у часопису Scientific Reports, који припада групацији Nature. Кандидат је последњи аутор на овом раду. Рад је посвећен истраживању структуре колагена у дебелом цреву пацијената на различитим удаљеностима од тумора. Циљ је био да се провери да ли је могуће идентификовати промене у структури колагена користећи нелинеарну ласерску микроскопију на већим удаљеностима него другим техникама. Ово истраживање је рађено у сарадњи са колегама са Медицинског факултета. И ово је изузетно комплексно истраживање јер је укључивало и сарадњу са клиничарима који су узимали узорке пацијентима на клиници. Узорци су снимани на нелинеарном микроскопу у режиму детекције другог хармоника. Поред анализе слика коришћењем комерцијалних програма, развијена је и метода која уређеност колагена одређује детектовањем две поларизације другог хармоника, нормалну и паралелну ласерском зрачењу. Кандидат је надоградио микроскоп да би омогућио ова и развио је метод

снимања. Поред тога разио је о софтвер који анализира парове слика за две поларизације и извршио анализу слика.

Последња два рада су плод међународне сарадње кандидата. Четврти рад је урађен у сарадњи са истраживачима са Краљевског института за технологију, Стокхолм, Шведска, где су и вршена истраживања. И овај рад је објављен у часопису Scientific Reports, који припада групацији Nature. NAD(P)H је један од ретких молекула који се налази у ћелијама сисара, а који се налази у довољно великим концентрацијама и који довољно јако флуоресцира, тако да може да буде мапиран коришћењем нелинеарне микроскопије. Али поред једноставног осликавања овог молекула, детаљнијом анализом његове флуоресценције могуће је мапирати његово окружење унутар ћелија. На пример, триплетна стања овог молекула изузетно су осетљива на концентрацију кисеоника у окружењу. Са друге стране, концентрација кисеоника унутар биолошких узорака је изузетно битан параметар. У овом раду су триплетна стања молекула NAD(P)H детектована помоћу снимања слика са различитим брзинама скенирања, тзв. TRAST техника (**transient state**). Допринос кандидата је био у надоградњи микроскопа да би се омогућила ова мерења, као и вођење докторанта који је вршио ове експерименте.

Последњи рад је резултат сарадње са истраживачима на DESY-ју, Хамбург, Немачка, где су истраживања и вршена. Ова сарадња је изузетно значајна јер је DESY једно од највећих научних постројења у Европи, и располаже ресурсима који су доступни на само неколицини места у свету. Ово истраживање је везано за ласер на слободним електронима (FEL - free electron laser). Циљ истраживања је био да се на терахерцној линији овог постројења развије нови метод преклапања терахерцног и XUV импулса да би се поправила временска резолуција pump-probe експериментата. Кандидат је учествовао на развоју ове техника и у надоградњи овог изузетно сложеног постројења.

### 3.1.2. Позитивна цитираност научних радова кандидата

Подаци о цитираности кандидата на дан 26.05.2022:

- ISI Web of Science, радови кандидата укупно су цитирани 436 пута, док је број цитата без аутоцитата 352, а Хиршов индекс кандидата је 12.
- Scopus, укупан број цитата је 497, док је број цитата без аутоцитата 393, а Хиршов индекс радова кандидата је 13.

### 3.1.3. Параметри квалитета часописа

Као параметар квалитета часописа узети су имапак фактори часописа у којима је кандидат објављивао. Од часописа се истиче часописи Acta Biomaterialia која има импакт фактор 8,947. Такође, часопис Materials Science and Engineering: C - Materials for Biological Applications је у години објављивања имао импакт фактор 4,96, али је импакт фактор за 2020. 7,33.

Додатни библиометријски показатељи у вези са објављеним радовима кандидата након претходног избора у научно звање дати су у доњој табели. Она садржи импакт факторе (ИФ) радова, M20 бодове радова по категоризацији научноистраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (СНИП). У табели су дате укупне вредности, као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора по чланку, за радове објављене у M20 категоријама:

|                     | ИФ     | М     | СНИП  |
|---------------------|--------|-------|-------|
| Укупно              | 61,369 | 137   | 21,87 |
| Усредњено по чланку | 2,922  | 6,52  | 1,04  |
| Усредњено по аутору | 7,226  | 16,20 | 2,63  |

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

Кандидат је потпуно самосталан истраживач од последњег избора у звање. У међувремену је водио један пројекат, извео једну мастер тезу, именован за ментора за један докторат, док још два доктората води (више детаља у 3.2). Такође, веома активно учествује на формирању нових научних кадрова. Све ово показује степен самосталности у раду. Такође, на радовима у међународним часописима објављеним после претходног избора у звање, кандидат је последњи аутор на 2 рада, што говори о томе да је био водећи истраживач на овим темама. С обзиром да радови који су везани за докторске дисертације на којима се сада ради још нису публиковани, очекује се још оваквих радова.

Кључни допринос кандидата је развој нелинеарног скенирајућег микроскопа. Овај уређај се сада рутински користи и истраживањима, углавном био-медицинским. Због овога је кандидат успоставио веома развијену сарадњу са великим бројем институција у земљи које се баве био-медицинским истраживањима, али и нпр. развојем материјала који се примењују за ова истраживања. Институција са којима сарађује су: Институт за биолошка истраживања Синиша Станковић (ИБИСС), Биолошки факултет, Институт за медицинска истраживања (ИМИ), Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство (ИМГГИ), Медицински факултет, Стоматолошки факултет, Медицински факултет у Новом Саду, Институт техничких наука САНУ. Такође има развијену сарадњу са иностранством: Краљевски технички институт и Институт Каролинска, Стокхолм, Шведска, затим DESY – Хамбург, Немачка, као и Универзитетом у Невади, Лас Вегас, САД. Поред посета иностранству у оквиру сарадње, мора се истаћи да су истраживачи са ових институција захваљујући овим сарадњама долазили у Србију, како на конференције, тако и да раде у лабораторији на Институту за физику у Београду.

Тренутно кандидат самостално води развој потпуно нове микроскопске технике, тзв. SIM – Structured Illumination Microscopy. На развоју ове технике је урађен један мастер рад, а сада је ангажован један докторант. Овиме је др Михаило Рабасовић отворио потпуно ново поље истраживања у нашој земљи – супер-резулциону микроскопију.

### *3.1.5. Награде*

Кандидат је добио грант Шведске академије наука и уметности из фона Рајко и Мај Бермановић 2012. године.

### *3.1.6. Елементи применљивости научних резултата*

Нека истраживања којима се кандидат бави спадају у домен примењене физике. Применљивост истраживања може да се види по томе што су на основу ових истраживања објављена 3 патента на међународном нивоу. О тога су два категорије М93, а један патент је ушао у процес заштите на националним нивоима, односно има статус регистрованог патента на међународном нивоу, М91.

Кандидат је учествовао и на иновационом пројекту „Ласерски микроскоп са брзим кружним скенирањем за примене у биотехнологији и медицини“, финансираном од стране Министарства задуженог за науку.

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

Др Михаило Рабасовић је именован за ментора за израду докторске дисертације Тање Пајић на докторским студијама на смеру Биофотоника на Универзитету у Београду. Одбрана докторат се очекује наредне године.

Такође, кандидат је био руководилац израде мастер рада Алексе Денчевског на Физичком факултету. Алекса је сада запослен на Институт за физику у Београду и ради под менторством кандидата, тако да се очекује да ће му кандидат и званично бити именован за ментора докторске дисертације.

Такође, кандидат је коментор Ирени Милер на докторским студијама Биофотонике при Универзитету. Званично именовање се очекује веома брзо.

Кандидат је ангажован као предавач на више курсева на докторским и мастер студијама. Ангажован је као предавач на два предмета на докторским студијама Биофотонике при Универзитету у Београду: „Оптичка спектроскопија за биолошке системе“ и „Савремене технике оптичке микроскопије у биологији и медицини“. Кандидат је ангажован и на курсу „Експерименталне методе у физиологији“ докторских студија на Биолошком факултету. На Биолошком факултету је ангажован и на мастер студијама на предмету „Биофизичка инструментација“.

Кандидат је такође учествовао на формирању научних кадрова у иностранству. У оквиру програма ERASMUS+ био је ангажован на Институту Каролинска, Шведска, као супервизор доктораната и посдокова на пољу напредних метода примењене спектроскопије.

Др Михаило Рабасовић је био ангажован и на такмичењима из физике за ученике средњих школа. Учествовао је као састављач задатака, у припреми олимпијске екипе и као вођа олимпијске екипе у Талину, Естонија 2012.

Кандидат је био ангажован и на популаризацији науке. Тако је нпр. два пута био ангажован на манифестацији „Ноћ истраживача“, 2018. и 2019. године.

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

Након претходног избора у звање, кандидат је објавио укупно 21 рад у међународним часописима. Сви радови су везани за експериментална истраживања па се наведени радови признају са пуним бројем М бодова до седам коаутора.

Број М бодова које је кандидат остварио након одлуке Научног већа је 165,8, а након нормализације са бројем коаутора тај број је 124,88. Остварен и нормиран број М поена приказан је у табели у делу **4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата**. Укупан број М поена превазилази више од троструко, а нормирани број поена превазилази 2,5 пута захтевани број поена за звање виши научни сарадник.

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

Кандидат је био руководилац билатералног пројекта са Немачком (DAAD) у периоду 2018-2019. Назив пројекта је био: „Проучавање биолошких микро- и нано-структура у видљивој, инфрацрвеној и терахерцној области зрачења“.

Такође, кандидат је добио пројекат фонда „Покрени се за науку“ из позива „Оприми и примени“. Назив пројекта је био: „Набавка опреме за мерење квантног приноса флуоресцентних (био)маркера нове генерације који се користе у обележавању ћелија канцера и напредним микроскопским техникама“.

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

Кандидат је у оквиру Друштва физичара Србије био веома активан на такмичењима средњошколаца из физике. Детаљи су већ дати у 3.2.

Био је и уредник једне књиге апстраката на међународној конференцији.

Рецензент је у више међународних часописа.

### 3.6. *Утицајност научних резултата*

Утицај научних резултата кандидата је приказан у секцији 3.1 овог документа. Такође, списак свих публикација и цитираност су дати у пропратној документацији.

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

Кандидат је дао значајан допринос свим објављеним радовима. На неколико радова у часописима је последњи аутор, што говори да је у тим истраживањима био водећи истраживач. Конкретни доприноси кандидата у најистакнутијим радовима након избора у претходно звање дати су у одељку **2. Преглед научних активности**, као и у одељку **3.1.1.**

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

Кандидат је одражао уводно предавање на међународној конференцији »*Advanced Ceramics and Application*« *September 20-21, 2021 Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia:*

- "Nonlinear laser scanning microscopy for imaging of the cells labeled by up-converting NaYF<sub>4</sub>:Yb,Er nanoparticles", Mihailo D. Rabasovic, Ivana Dinic, Aleksandra Djukic-Vukovic, Milos Lazarevic, Marko G. Nikolic, Aleksandar J. Krmpot, Lidija Mancic

## 4. **Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата**

Остварени резултати у периоду након одлуке Научног већа о покретању звања дати су у табели. Према бази ISI Web of Science, радови кандидата укупно су цитирани 436 пута, док је



број цитата без аутоцитата 352, а Хиршов индекс кандидата је 12. Према бази Scopus, укупан број цитата је 497, док је број цитата без аутоцитата 393, а Хиршов индекс радова кандидата је 13.

| Категорија | М бодова по раду | Број радова | Укупно М бодова | Нормирани број М бодова |
|------------|------------------|-------------|-----------------|-------------------------|
| M21a       | 10               | 2           | 20              | 11,31                   |
| M21        | 8                | 10          | 80              | 56,41                   |
| M22        | 5                | 5           | 25              | 18,85                   |
| M23        | 3                | 4           | 12              | 12                      |
| M32        | 1,5              | 1           | 1,5             | 1,5                     |
| M33        | 1                | 4           | 4               | 4                       |
| M34        | 0,5              | 39          | 19,5            | 17,50                   |
| M36        | 1,5              | 1           | 1,5             | 1,5                     |
| M52        | 1,5              | 1           | 1,5             | 1,07                    |
| M64        | 0,2              | 4           | 0,8             | 0,74                    |

Поређење оствареног броја М-бодова с минималним квантитативним условима за избор у звање виши научни сарадник:

| Минималан број М бодова         |    | Остварено | Остварено (нормирано) |
|---------------------------------|----|-----------|-----------------------|
| Укупно                          | 50 | 165,8     | 124,88                |
| M10+M20+M31+M32+M33<br>+M41+M42 | 40 | 142,5     | 104,07                |
| M11+M12+M21+M22+M23             | 30 | 137       | 98,57                 |

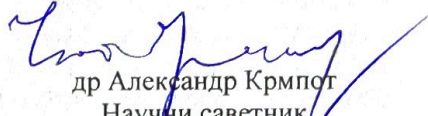
## Закључак

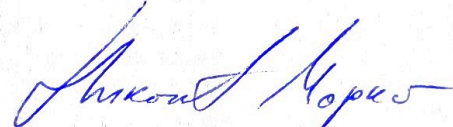
На основу анализе научне активности и показатеља рада кандидата комисија је закључила да научни рад др Михаила Рабасовића представља оригиналан допринос у области напредних техника оптичке микроскопије и оптичке спектроскопије, а пре свега на применама нелинеарне ласерске екенирајуће микроскопије. Посебно треба истаћи индивидуални допринос у научном раду, рад на развоју научних кадрова и успешну међународну сарадњу. Имајући у виду досадашњи научни рад и постигнуте резултате др Михаила Рабасовића, као и достигнути ниво истраживачке компетентности и самосталности, сматрамо да др Михаило Рабасовић испуњава све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање виши научни сарадник прописане Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

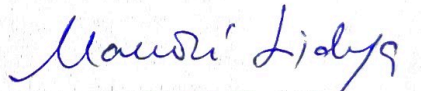
На основу наведеног, предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Михаила Рабасовића у звање виши научни сарадник.

Београд, 05.07.2022.

Чланови комисије:

  
др Александар Крмпот  
Научни саветник  
Институт за физику у Београду

  
др Марко Николић  
Виши научни сарадник  
Институт за физику у Београду

  
др Лидија Манчић  
Научни саветник  
Институт техничких наука САНУ