

# Научном већу Института за физику

## Извештај комисије за реизбор др Зорице Константиновић у звање виши научни сарадник

На основу захтева који је др Зорица Константиновић поднела 20. 05. 2019. године, Научно веће Института за физику у Београду нас је на седници 28.05.2019. именovalo у комисију за реизбор кандидаткиње у звање виши научни сарадник у следећем саставу:

- др Маја Шћепановић, научни саветник, Институт за физику Београд
- академик Зоран В. Поповић, научни саветник, Институт за физику Београд
- др Татјана Вуковић, ванредни професор, Физички факултет
- др Ненад Лазаревић, виши научни сарадник, Институт за физику Београд

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидаткиње и увида у њен рад и публикације, Научном већу Института за физику подносимо овај извештај, у чијем прилогу се налази списак публикација кандидаткиње.

### 1. Биографски подаци о кандидаткињи

Зорица Константиновић је рођена у Сплиту, Република Хрватска, 24. 08. 1970. Дипломирала је на Физичком факултету у Београду јануара 1994. године, на смеру Теоријска и експериментална физика са просеком 9,5 и одбранила дипломски рад под насловом „Селекциона правила код квази 1-Д система“ са оценом 10. Од септембра 1994. до јуна 1995. била је на постдипломским студијама „3<sup>eme</sup> Cycle DEA de Physique des Solides“ на Универзитету Париз XI, Француска. Од 1996. до 1999. године ради на пројекту „Физика матријала“ у Центру за физику чврстог стања и нове материјале, Института за физику. Магистрирала је 1996. на Физичком факултету на теми „Дво-магنونски спектри у  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$ “ за који је добила и награду Института за физику за најбољи магистарски рад. Докторску дисертацију под насловом „Утицај допинговања на транспортне особине нормалног стања танких слојева  $\text{BiSrCaCuO}/n=1$  и 2, ефекат псеудогепа“ одбранила је 3. јула 2000. пред комисијом Универзитета Париз XI (диплома је нострификована 21. марта 2001. на Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду). У периоду 2000-2003. била је на постдокторским студијама у Француској у Центру за физику чврстог стања при Комесеријату за атомску Енергију (SPEC, CEA-Saclay, Gif-sur-Yvette), где је наставила да ради на високотемпературским суперпроводницима. После постдокторског боравка у Француској, др Зорица Константиновић добија трогодишњи „Juan de la Cierva“ грант на Универзитету у Барселони 2004. и петогодишњи „Ramon у

Сајал” грант на Институту за науку о материјалима у Барселони 2007. године, током којих се бави проучавањем феномена везаних за оксидне наноматеријале. У звање виши научни сарадник изабрана је 17.12.2014. године одлуком Комисије за стицање научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије број 660-01-00042/255.

Од 01.02.2015. године ради са по 6 истраживач-месеци на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ИИИ45018: „Наноструктурни, мултифункционални материјали и нанокмпозити“ (руководилац академик др Зоран Поповић) и ИИИ45003: „Оптоелектронски нанодимензиони системи - пут ка примени“ (руководилац др Небојша Ромчевић). У оквиру међународне сарадње, од 01. 07. 2015. године др Зорица Константиновић учествује на међународном пројекту Европске Уније HORIZON2020 у оквиру RISE програма Marie Skłodowska-Curie Grant (DAFNEOX под бројем 645658).

Основу магистрске и докторске тезе др Зорице Константиновић представља истраживање функционалних оксида базираних на бакар оксидима  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$  и  $\text{BiSrCaCuO}$ , који имају јаке електронске интеракције из којих произилазе јака антиферромагнетска својства, као и суперпроводни феномен. Главне теме докторског рада и постдокторског боравка везане су за проучавање суперпроводног механизма код високотемпературских суперпроводника преко корелације магнетских и транспортних својстава са структуром материјала и количином кисеоника у танким слојевима.

Главни предмет истраживања последњих година односи се на изучавање магнетних и транспортних својстава наноструктурисаних магнетних танких слојева са циљем разумевања корелације између њихових макроскопских физичких својстава и структуре на нанометарској скали. Ти експериментални радови су довели до креирања филмова са уређеним наноструктурама и дубљег разумевања локалних електронских особина. Истраживачки пројекат одобрен од Министарства за науку и технологију Шпаније 2007. године, којим је руководила др Зорица Константиновић, привукао је међународну пажњу, што се огледа у позивном предавању на „2<sup>nd</sup> International Conference on Nanotek and Expo“ (Филаделфија, САД 2012), позивом за копредседавајућег госта при сесији „Fabrication and application of micro/nanopillars“, учешћем на монотематској радионици „Self Organized Nanomagnets“ (Мадрид, Шпанија 2012), као и усменим предавањима на више међународних конференција (JEMS2013, JEMS 2010, MRS Spring Meeting 2010, Trends in Nanotechnology 2009, Nanospain 2009 etc.).

Др Зорице Константиновић има активну научну сарадњу са истраживачима из Шпаније (др. Vanjamine Martinez, др. Lluís Balcells, др. Alberto Pomar), Холандије (др. Herre Van der Zant), Француске (др. Dorothee Colson) Немачке (др. Sergio Valencia) и Чилеа (др. Diana Dulic, др. Carlos Garcia). До тренутка писања овог реферата, коаутор је 65 радова у међународним часописима који су цитирани преко 1000 пута. Рецезент је у више водећих научних часописа и актуелно је гостујући едитор часописа „Frontiers“ где уређује тематски зборник под насловом „Formation Mechanisms of Functional Oxides Nanostructures“ у оквиру „Frontiers in Condensed Matter Physics“.

## 2. Преглед научно-истраживачких активности

Научно-истраживачка активност др Зорице Константиновић везана је за истраживања у области физике чврстог стања, физике материјала, нанофизике и нанотехнологије, а одвија се у оквиру следећих тематских целина:

1. Истраживање магнон-магнон интеракције на функционалном бакар оксиду  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$
2. Испитивање високотемпературских суперпроводника
3. Изучавање магнетних и транспортних својстава наноструктурисаних магнетних танких слојева
4. Проучавање феномена везаних за оксидне наноматеријале од интереса за спинтронику

У наредним секцијама су приказани главни резултати у оквиру наведених тематских целина.

**2.1. Истраживање магнон-магнон интеракције на бакар оксиду  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$**  Као магистрант, др Зорица Константиновић се бавила спинским особинама бакар оксида  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$ , који је привукао пажњу због присуства јаких антиферромагнетних интеракција и уске повезаности са фамилијом високотемпературских суперпроводника са  $\text{Cu-O}$  равнима. Симулација дво-магнонских спектра добијених применом Раман спектроскопије урађена је коришћењем теорије спинских таласа која укључије магнон-магнон интеракције. Резултат тог истраживања је магистарски рад под називом „Дво-магнонски спектри у  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$ ”, за који је додељена награда Института за Физику за најбољи магистарски рад у 1996. години. Резултати су публиковани у раду:

- M.J.Konstantinović, **Z.Konstantinović**, Z.V.Popović, „Two-magnon light scattering in  $\text{Bi}_2\text{CuO}_4$ “, Physical Review B 54, 68 (1996)

## **2.2. Испитивање високотемпературских суперпроводника**

Као докторант, др Зорица Константиновић се бавила проучавањем транспортних својстава високотемпературских суперпроводника фамилије  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$  у нормалном стању. Оксиди ове фамилије, допирани малом количином кисеоника, показују суперпроводна својства са променљивим критичним температурама. За испитивање и карактеризацију узорака су коришћене различите експерименталне технике: мерење отпорности и Холовог ефекта, магнетна мерења, рендгенска анализа, као и спектроскопске методе (ARPES и оптичка мерења) у сарадњи са истраживачима из Француске (N. Bontemps, Ecole Superieure de Physique et Chimie Industrielles de la Ville de Paris) и САД (J.C. Campuzano, Argonne National Laboratory). Количина кисеоника у узорцима се мењала печењем на ниским температурама у вакууму. Танки филмови у оптималном стању са највећом критичном температуром су показивали линеарну зависност отпора у функцији температуре изнад 120 К, док су узорци у стањима са мањим садржајем кисеоника од оптималног показивали опадање проводности брже од линеарног закона почевши од једне карактеристичне температуре  $T^*$  (температура отварања „псеудогеп“ у електронским спектрима). Полазећи од критичне температуре  $T_c$  и карактеристичне температуре  $T^*$  добијен је фазни дијаграм у функцији кондуктивности на собној температури (параметар који дозвољава да се на одређени начин карактерише количина кисеоника у филмовима и који је пропорционалан Холовом броју на собној температури). Показано је да су

карактеристичне температуре за све танке слојеве фазе 2212 и 2201 истог реда величине, независно од броја суперпроводних равни, при чему је одступање проводности у односу на линеарни закон израженије у фази 2212. Најважнији радови у овом периоду су:

- **Z. Konstantinović**, Z.Z.Li, H. Raffy, „Evolution of the resistivity of single-layer  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}\text{La}_{0.4}\text{CuO}_y$  thin films with doping and phase diagram“, Physica C 351, 163 (2001)
- **Z.Konstantinović**, Z.Z.Li, H. Raffy, „Normal state transport properties of single- and double-layered  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$  thin films and the pseudogap effect“, Physica C 341-348, 859 (2000)
- Pomar, **Z. Konstantinović**, L. Martel, Z. Z. Li, H. Raffy, „Interplay of Self-Doping and Disorder in Epitaxial  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_{n-1}\text{O}_{2n+4+x}$  ( $n = 1, 2$ ) Films Under Heavy-Ion Irradiation“, Phys.Rev.Lett. 85, 2809-2812 (2000)
- **Z.Konstantinović**, Z.Z.Li, H. Raffy, „Temperature dependence of the Hall effect in single-layer and bilayer  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$  thin films at various oxygen contents“, Physical Review B 62, 11989 (2000)
- J.C.Campuzano, H.Ding, M.R.Norman, H.M.Fretwell, M.Randeria, A.Kaminski, J.Mesot, T.Takeuchi, T.Sato, T.Yokoya, T.Takahashi, T.Mochiku, K.Kadowaki, P.Guptasarma, D.G.Hinks, **Z.Konstantinović**, Z.Z.Li, H.Raffy, „Electronic spectra and their relation to the  $(\pi,\pi)$  collective mode in high-T-c superconductors“, Physical Review Letters 83, 3709 (1999)

У Центру за Физику чврстог стања при Комесаријату за Атомску Енегију у Француској, др Зорица Константиновић наставља рад на високотемпературским суперпроводницима. Поред мерења кондуктивности и Холовог коефицијента, наставља истраживање промена Себековог коефицијента и суцептибилности у фазном дијаграму у стањима са много већим садржајем кисеоника од оптималног, где понашање електронског система значајно одступа од очекиваног конвенционалног описа за метале у оквиру Фермијеве теорије. Поред танких филмова  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_y$  фазе 2201, проучава и керамички компактне материјале у којима је прецизно одређена количина нестехиометријског кисеоника термогравиметријском методом и прати промене у структури преко дифракције X зрачења. Неочекивано линеарно опадање суцептибилности са температуром, као и одступање температурске зависности термоелектричног коефицијента од очекиваног линеарног понашања је сугерисало присуство електронских аномалија и повећање густине електронских стања са допингом кисеоника у близини Фермијевог нивоа. Најважнији радови су публиковани у следећим часописима:

- G.Le Bras, **Z.Konstantinović**, D.Colson, A.Forget, J.P.Carton, C.Ayache F.Jean, G.Collin, Y. Dumont, „Anomalous electronic susceptibility in  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$  and comparison with other overdoped cuprates“, Physical Review B 66, 174517 (2002)
- **Z.Konstantinović**, G.Le Bras, A.Forget, D.Colson, F.Jean, G.Collin, M.Ocio, C. Ayache „Thermopower in the strongly overdoped region of single-layer  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$  superconductor“, Physical Review B 66, 020503 (2002)

- F.Jean, D.Colson, G.Collin, N.Blanchard, **Z.Konstantinović**, G.Le Bras, A.Forget, M.Andrieux, „Structure and charge transfer driven by the controlled amount of additional oxygen in cation- stoichiometric  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+\delta}$ “, Physical Review B 68, 174511 (2003)

### 2.3. Изучавање магнетних и транспортних својстава наноструктурисаних магнетних танких слојева

Током боравка на Физичком факултету, Универзитета у Барселони (јул 2003-март 2007) др Зорица Константиновић се бави проучавањем феномена везаних за оксидне наноматеријале, како због њихових фундаменталних особина, тако и због потенцијалних апликација. Код честица нанометарских димензија физичке особине се значајно разликују од оних у запреминском (*bulk*) стању, а појављују се и нови феномени, као што су они везани за површинске ефекте, међучестичне интеракције, суперпарамагнетизам. У циљу истраживања корелације транспортних и магнетских својстава са структуром припремљени су филмови са различитом концентрацијом металних наночестица (злата и сребра, као и магнетног кобалта) у изолаторском оксиду  $\text{ZrO}_2$ . За испитивање и карактеризацију узорака су коришћене различите експерименталне технике: мерење проводних особина, магнетна мерења, рендгенска анализа, микросонда, као и СЕМ и ТЕМ микроскопске методе. Показано је да отпорност ових материјала зависи директно од концентрације металних наночестица и да се у диелектричном режиму описује тунел-ефектом између изолованих металних наночестица активираних термалном енергијом. Наночестице кобалта показују суперпарамагнетска својства и магнетни одговор ових структура се добро описује у оквиру Ланжевенове теорије. Најважнији радови су следећи:

- M. García del Muro, **Z. Konstantinović**, X. Batlle and A. Labarta, „From capacitive to tunneling conduction through annealing in metal-insulating granular films“, Journal of Physics D: Applied Physics, 46, 495304 (2013)
- M. Kovylyna, M. García del Muro, **Z. Konstantinović**, O. Iglesias, M. Varela, A. Labarta and X. Batlle, „Controlling exchange bias in Co-CoO<sub>x</sub> nanoparticles by oxygen content“ Nanotechnology 20, 175702 (2009)
- **Z. Konstantinović**, M. García del Muro, M.Varela, X. Batlle, A. Labarta, „The nanostructural origin of the ac conductance in dielectric granular metals: the case study of Co<sub>20</sub>(ZrO<sub>2</sub>)<sub>80</sub>“, Applied Physics Letters 91, 052108 (2007)
- M. García del Muro, **Z.Konstantinović**, M. Varela, X. Batlle, A.Labarta, „Magnetic properties of Co nanoparticles in zirconia matrix“, J. Magn. Mater. 316, 103 (2007)
- **Z.Konstantinović**, M. García del Muro, M.Varela, X. Batlle, A.Labarta, „Particle growth mechanisms in Ag–ZrO<sub>2</sub> and Au–ZrO<sub>2</sub> granular films obtained by pulsed laser deposition“, Nanotechnology 17, 4106 (2006)
- C. Clavero, B. Sepúlveda, G. Armellas, **Z. Konstantinović**, M. García del Muro, A. Labarta, X. Batlle, „Size mediated control of the optical and magneto-optical properties of Co nanoparticles in ZrO<sub>2</sub>“, J.Appl.Phys. 100, 074320 (2006)

- B.J.Hattink, M. García del Muro, **Z.Konstantinović**, X. Batlle, A.Labarta, M.Varela, „Tunneling magnetoresistance in Co-ZrO<sub>2</sub> granular thin films“, Phys. Rev. B 73, 45418 (2006)

#### 2.4. Проучавање феномена везаних за оксидне наноматеријале од интереса за спинтронику

На Институту за науку о материјалима у Барселони (април 2007-децембар 2013) др Зорица Константиновић започиње истраживање која се односи на проучавање феномена везаних за оксидне наноматеријале од интереса за спинтронику. Ова нова линија истраживања је започета петогодишњим истраживачким пројектом одобреним од Министарства за науку и технологију Шпаније 2007. године. Поред овог пројекта, др Зорица Константиновић је учествовала у координисању два потпројекта у оквиру шпанског националног пројекта. Самостално је развила технику за припрему магнетних оксида (манганита) са наноструктурама на површини, заснованој на „*bottom-up*“ стратегији која потенцијално може да се примени на разне функционалне оксиде са структуром перовскита. Манганити (La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>, La<sub>0.7</sub>Ca<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>) показују ефекат колосалне магнетоотпорности у близине Киријеве температуре и веома су погодни материјали за употребу у спинтроници због тоталне спинске оријентације у феромагнетном стању, при чему присуство наноструктура на површини танких филмова на бази манганита има директан утицај на њихове функционалне особине. За испитивање и карактеризацију узорака кориштене су различите експерименталне технике: мерење проводних и магнетних особина, рендгенска анализа, СЕМ, АФМ и ТЕМ, као и мерење локалних магнетских својстава (XAS, XMCD) у сарадњи са истраживачима из Немачке и Шпаније (др S. Valencia, BESSY и др M. Foerster, ALBA) и локалних транспортних својстава (криве I/V на наночестицама) у сарадњи са истраживачима из Шпаније (др J. L. Diez, Сарагоза). Експериментално је показано да присуство наноструктура доводи до вишеструког повећања магнетне отпорности танких слојева, али и да присуство нанометарских рупа индукује додатну магнетну анизотропију, која се манифестује у повећању коерцитивног поља у хистерезису мереном у магнетном пољу перпендикуларном на површину филма.

На Институту за физику (од фебруара 2015), др Зорица Константиновић наставља истраживачку линију коју је започела на Институту за материјале у Барселони. Од јула 2015. учествује на међународном пројекту Европске Уније HORIZON2020 у оквиру RISE програма Marie Skłodowska-Curie Grant (DAFNEOX под бројем 645658) у трајању од 4 године. У оквиру тог пројекта се бави проучавањем феномена везаних за оксидне наноматеријале од интереса за спинтронику. Наставља припрему магнетних оксида са наноструктурама на површини на бази „*bottom-up*“ стратегије која потенцијално може да се примени на разне функционалне оксиде са структуром перовскита. Конкретно, у случају танких La<sub>1/3</sub>Sr<sub>2/3</sub>MnO<sub>3</sub> филмова са правилно распоређеним структурним дефектима, наноструктурна површина је анализирана различитим спектроскопским техникама базираним на примени X зрачења (апсорпциона спектроскопија – XAS, магнетни циркуларни дикроизам – XMCD, линеарни дикроизам – XLD), мереним на синхротрону BESSY (у сарадњи са истраживачем др S. Valencia). У овим мерењима је уочено значајно појачање спин-орбит интеракција, које је објашњено формирањем неколинеарног антиферомагнетског уређења на самој површини у одсуству инверзне симетрије. До тада се сматрало да је спин-орбитна интеракција занемарљива у танким

слојевима манганита, па ови резултати отварају перспективу формирања магнетских дефеката, типа “*skyrmion*”, на спојевима са другим оксидним материјалима. Осим код манганитних танких слојева присуство наноструктура на површини је детектовано и код припреме фероелектрика ( $\text{BiFeO}_3$ ). За испитивање и карактеризацију узорака кориштене су различите експерименталне технике: мерење проводних и магнетних особина, рендгенска анализа, СЕМ, АФМ, ТЕМ, као и одређивање локалних магнетних својстава (ХАС, ХМCD) у сарадњи са истраживачима из Немачке (др S. Valencia, BESSY). У  $\text{BiFeO}_3$  слојевима експериментално су демонстриране фероелектричне особине на собној температури (сарадња са истраживачима у Француској, др Dorothee Colson). Са друге стране проучавано је такође формирање и испитивана својства наноелемената типа Pt, Fe,  $\text{FeO}_x$  (у облику наночестица, наноланаца и сл.). У случају магнетних наноструктура истраживана су и проводна, магнетска и оптичка својства. Осим фундаменталног интереса за формирање овог типа структура на наноскали и истраживање њихових својстава, идеја је да се испита могућност њиховог коришћења као функционалних делова у комбинацији са оксидним танким слојевима за складиштење магнетних информација. Најважнији резултати су следећи:

- N. Bagués, J. Santiso, B. Esser, R. Williams, D. McComb, **Z. Konstantinovic**, L. Balcells, F. Sandiumenge „The Misfit Dislocation Core Phase in Complex Oxide Heteroepitaxy“ *Advances Functional Materials* **28**, 1704437 (2018)
- S. Valencia, M. J. Calderón, L. López-Mir, **Z. Konstantinovic**, E. Schierle, E. Weschke, L. Brey, B. Martínez, and Ll. Balcells „Enhancement of spin-orbit coupling at manganite surfaces“, *Phys. Rev. B* **98**, 115142 (2018)
- J. Santiso, J. Roqueta, N. Bagues, C. Frontera, **Z. Konstantinovic**, Q. Lu, B. Yildiz, B. Martínez, A. Pomar, Ll. Balcells, and F. Sandiumenge „Self-Arranged Misfit Dislocation Network Formation upon Strain Release in  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{LaAlO}_3$  (100) Epitaxial Films under Compressive Strain“ *ACS Applied Materials Interfaces* **8**, 16823 (2016)
- F. Sandiumenge, N. Bagués, J. Santiso, M. Paradinas, A. Pomar, **Z. Konstantinovic**, C. Ocal, Ll. Balcells, MJ. Casanove and B. Martínez, „Misfit Dislocation Guided Topographic and Conduction Patterning in Complex Oxide Epitaxial Thin Films“, *Advanced Materials Interfaces* **3**, 1600106 (2016)
- A. Pomar, **Z. Konstantinović**, N. Bagués, J. Roqueta, L. López-Mir, Ll. Balcells, C. Frontera, N. Mestres, A. Gutiérrez-LlLorente, M. Šćepanović, N. Lazarević, Z.V. Popović, F. Sandiumenge, B. Martínez, J. Santiso „Formation of Self-Organized  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  Nanoinclusions in  $\text{LaMnO}_3$  Films“, *Frontiers in Physics* **4**, 41 (2016)
- A. Pomar, J. Santiso, F. Sandiumenge, J. Roqueta, B. Bozzo, C. Frontera, Ll. Balcells, B. Martínez, **Z. Konstantinovic** „Growth kinetics engineered magnetoresistance response in  $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$  thin films“, *Applied Physics Letters* **104**, 152406 (2014)
- S. Valencia, L. Peña, **Z. Konstantinovic**, Ll. Balcells, R. Galceran, D. Schmitz, F. Sandiumenge, M. Casanove and B. Martinez „Intrinsic antiferromagnetic/insulating phase at manganite surfaces and interfaces“ *Journal of Physics-Condensed Matter* **26**, 166001 (2014)

- J. Santiso, Ll. Balcells, **Z. Konstantinovic**, J. Roqueta, P. Ferrer, A. Pomar, B. Martínez and F. Sandiumenge „Thickness evolution of twin structure and shear strain in LSMO films“, Crystal Engineering Communication 15, 3908 (2013)
- **Z. Konstantinovic**, F. Sandiumenge, J. Santiso, Ll. Balcells, B. Martínez „Self-assembled pit arrays as template for the integration of Au nanocrystals in oxide surfaces“ Nanoscale 5, 1001 (2013)
- F. Sandiumenge, J. Santiso, Ll. Balcells, **Z. Konstantinovic**, J. Roqueta, A. Pomar, J.P. Espinós, B. Martínez „Competing Misfit Relaxation Mechanisms in Epitaxial Correlated Oxides“ Phys Rev Lett 110, 107206 (2013)
- **Z. Konstantinovic**, J. Santiso, Ll. Balcells, B. Martínez „Strain-driven self-assembled network of antidots in complex oxide thin films“ Small 5, 265 (2009)

### 3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидата др Зорице Константиновић

#### 3.1 Квалитет научних резултата

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

Др Зорица Константиновић (број истраживача С-3224-2011 и ORCID 0000-0002-6871-7038) је у свом досадашњем раду објавила 63 рада у међународним часописима са ISI листе, од којих је 16 радова М21а категорије, 32 рада М21, 8 М22 и 7 М23 категорије.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања, др Зорица Константиновић је објавила 16 радова у међународним часописима са ISI листе, од чега је 3 рада М21а категорије, 8 М21, 3 М22 и 2 М23.

Као најзначајнијих пет радова кандидаткиње Комисија истиче:

1. **Z. Konstantinovic**, J. Santiso, Ll. Balcells, B. Martínez „Strain-driven self-assembled network of antidots in complex oxide thin films“, Small 5, 265 (2009)
2. **Z. Konstantinovic**, F. Sandiumenge, J. Santiso, Ll. Balcells, B. Martínez „Self-assembled pit arrays as template for the integration of Au nanocrystals in oxide surfaces“, Nanoscale 5, 1001 (2013)
3. A. Pomar, J. Santiso, F. Sandiumenge, J. Roqueta, B. Bozzo, C. Frontera, Ll. Balcells, B. Martínez, **Z. Konstantinovic** „Growth kinetics engineered magnetoresistance response in  $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$  thin films“, Applied Physics Letters 104, 152406 (2014)



4. A. Pomar, **Z. Konstantinović**, N. Bagués, J. Roqueta, L. López-Mir, Ll. Balcells, C. Frontera, N. Mestres, A. Gutiérrez-Llrente, M. Šćepanović, N. Lazarević, Z.V. Popović, F. Sandiumenge, B. Martínez, J. Santiso „Formation of Self-Organized Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NanoInclusions in LaMnO<sub>3</sub> Films“, *Frontiers in Physics* 4, 41 (2016)
5. N. Bagués, J. Santiso, B. Esser, R. Williams, D. McComb, **Z. Konstantinovic**, L. Balcells, F. Sandiumenge „The Misfit Dislocation Core Phase in Complex Oxide Heteroepitaxy“, *Advances Functional Materials* 28, 1704437 (2018)

У првом раду (Small 2009), др Зорица Константиновић је развила технику за припрему магнетних оксида (манганита) са наноструктурама на површини, заснованој на „*bottom-up*“ стратегији. Коришћењем рендгенске анализе показала је да танки слојеви имају исти параметар решетке као и монокристал (SrTiO<sub>3</sub>) на коме је филм растао и да су наноструктуре на површини настале услед релаксације еластичне енергије проузроковане нагомиланим спрезањем. Магнетским мерењима такође је показала да присуство нанометарских рупа индукује додатну магнетну анизотропију, која се манифестује у повећању коерцитивног поља у хистерезису мереном у магнетном пољу перпендикуларном на површину филма. Рад је објављен у реномираном часопису Small са импакт фактором од 6.171 и цитиран до сада 16 пута.

У другом раду (Nanoscale 2013), кандидаткиња користи танке слојеве магнетних оксида (манганита) са наноструктурама на површини за добијање уређеног низа златних нанокристала (са димензијама мањим од 50 нанометара) преко диригованог процеса самоууређивања (“guided self-assembling”). Показала је да златни нанокристали преузимају облик нанометарских рупа и да имају изузетне проводне особине на површини манганитских танких слојева, измерених помоћу скенирајуће микроскопије проводности. Рад је објављен у реномираном часопису Nanoscale са импакт фактором од 5.91.

У трећем раду (Applied Physics Letter 2014), др Зорица Константиновић је дефинисала тему рада и водила истраживања која су показала утицај наноструктура на површини манганитских филмова на проводне особине под утицајем спољашњег магнетног поља. Колосални одговор магнетне отпорности је праћен у танким филмовима различите дебљине и упоређен са одговором танких филмова без присуства наноструктура на површини. Манганитски филмови без наноструктура на површини су добијени спољашњим процесом печења на веома високим температурама.

Четврти рад (Frontiers in Physics 2016) је кандидаткиња конципирала радећи као едитор по позиву при теми насловом „Formation Mechanisms of Functional Oxides Nanostructures“ у часопису Frontiers in Condensed Matter Physics. У сарадњи са колегама је водила истраживање, интерпретацију и припрему рада на спонтаном формирању Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> наноструктура на површини LaMnO<sub>3</sub> филма. Рад је добијен у оквиру међународног DAFNEOX пројекта и резултат је сарадње између три различите институције у Шпанији и Србији.

У петом раду (Advanced Functional Materials 2018) др Зорица Константиновић учествује у дизајнирању манганитских танких слојева под великим набојем. Танки слојеви су расли на монокристалима LaAlO<sub>3</sub> са веома различитим параметром решетке од „bulk“ форме што доводи до формирања нанометарских линијских дефеката у виду дислокација

на споју супстрата и филма. Спектроскопским техникама је показано да ови нанометарски дефекти имају мањак атома кисеоника што додатно одређује електронске особине атома Mn и посредно утичу на поларизационе особине ових спинских система. Рад је објављен у реномираном часопису Advanced Functional Materials са импакт фактором од 13.325.

### 3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према Scopus бази од краја 2018. године научни радови кандидата су цитирани 1272 пута, односно 958 без аутоцитата. Према бази података Web of Knowledge радови су цитирани 1125 пута. У обе базе података h-индекс кандидата је 17. Подаци о цитираности су дати у додатку.

### 3.1.3 Параметри квалитета часописа

У категоријама M21a, M21, M22 и M23 објављени су радови у следећим часописима (као параметар квалитета часописа дат је импакт фактор, који је подвучен за радове објављене након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања):

- 1 рад у Advanced Functional Materials (ИФ=13.325)
- 1 рад у ACS Applied Materials and Interfaces (ИФ=7.504)
- 4 рада Physical Review Letters (ИФ=7.370, ИФ=7.323, ИФ=6.095, ИФ=6.462)
- 1 рад у Small (ИФ=6.171)
- 1 рад у Nanoscale (ИФ=5.91)
- 1 рад у Journal of Materials Chemistry (ИФ=5.968)
- 1 рад у Advanced Materials Interfaces (ИФ= 4.279)
- 2 рада у Crystal Growth & Design (ИФ=4.425, ИФ= 4.390)
- 1 рад у Journal Physical Chemistry C (ИФ=4.224)
- 1 рад у Crystal Engineering Communication (ИФ=3.842)
- 1 рад у Applied Surface Science (ИФ=3.387)
- 12 радова у Physical Review B (ИФ=3.813(2017), ИФ=3.718, ИФ=3.691, ИФ=3.774, ИФ=3.475, ИФ= 3.107, ИФ=075, ИФ=2.962, ИФ=3.327 за два рада, ИФ=3.065, ИФ=2.880(1997) )
- 3 рада у Applied Physics Letters (ИФ=3.302, ИФ=3.841, ИФ=3.596)
- 3 рада у Nanotechnology (ИФ=3.652, ИФ=3.137, ИФ=3.037)
- 1 рад у Journal of Alloys and Compounds (ИФ=2.999)
- 1 рад у Materials Research Bulletin (ИФ=2.446)
- 2 рада у AIP Journal of Physics Condensed Matter (ИФ=2.346 за оба рада)
- 1 рад у Journal of Physics D : Applied Physics (ИФ=2.521)

- 5 радова у Journal of Applied Physics (ИФ=2.101, ИФ=2.185, ИФ=2.168, ИФ=2.072, ИФ=2.316)
- 1 рад у Journal of Material Science (ИФ=2.305)
- 2 рада у Europhysics Letters (ИФ=2.120 за два рада)
- 2 рада у Journal of Magnetism and Magnetic Materials (ИФ=1.704, ИФ=1.680)
- 1 рад у AIP Advances (ИФ=1.568)
- 1 рад у Solid State Communication (ИФ=1.649)
- 1 рад у Journal of Advanced Ceramics (ИФ=1.605)
- 4 рада у Physica C (ИФ=1.489 за два рада, ИФ=1.072 ИФ=0.806)
- 1 рад у Polymer Composites (ИФ=1.482)
- 1 рад у International Journal of Nanotechnology (ИФ=1.072)
- 2 рада у Physica B (ИФ=0.725 за два рада)
- 1 рад у Journal of Nanomaterials (ИФ=0.688)
- 1 рад у Acta Chimica Slovenica (ИФ=0.703)
- 1 рад у Superconducting and Related Oxides: Physics and Nanoengineering (без ИФ)
- 1 рад у Frontiers in Physics (без ИФ)

Укупан фактор утицаја кандидата (ИФ) је 202.09, од чега је фактор утицаја пре и после одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања 139.48, односно 62.61. Часописи у којима је др Зорица Константиновић објављивала радове су веома цењени у области којој припадају, од области нанотехнологије (Small, Nanoscale, Nanotechnology) и физике материјала (Advanced Functional Materials, ACS Applied Materials and Interfaces, Advanced Materials interfaces, Crystal Growth and Design, Applied Physics Letters), до физике чврстог стања (Physical Review Letters, Physical Review B).

Додатни библиометријски показатељи кандидата, рачунати за период након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања према Упутству о начину писања извештаја о изборима у звања које је усвојио Матични научни одбор за физику, приказани су у следећој табели:

	<b>ИФ</b>	<b>М</b>	<b>СНИП</b>
<b>Укупно</b>	62.601	112	17.222
<b>Усредњено по чланку</b>	4.173	7	1.076
<b>Усредњено по аутору</b>	0.474	0.848	0.13

### **3.1.4 Степен самосталности и степен учествовања у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству и допринос реализацији коауторских радова**

Др Зорица Константиновић је водећи аутор у 15 радова, други аутор у 10 радова, трећи аутор у 8 радова и последњи аутор у једном раду, од укупно до сада објављена 63 рада у часописима са ИСИ листе.

У првом периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање предходног звања, др Зорица Константиновић се налазила на Институту за материјале у Барселони у Шпанији. Резултати из тог периода су објављени током 2014. и 2015. године ([21-24], [50], [51]). Допринос кандидата у радовима [21], [23], [24], [50] се огледа у конципирању танких слојева манганита са наноструктурама на површини, као и њиховој основној морфолошкој, структурној и магнетској карактеризацији. У публикацији [21] фигурише као последњи аутор, јер је комплетно осмислила тему и руководила истраживањем. Публикација број [51] је резултат сарадње са групом из Института за нуклеарне науке Винча (др Зоран Шапоњић и др Јован Недељковић) и у њој је приказана магнетска карактеризација наноструктурних материјала и интерпретација добијених резултата.

Почетком 2015. године др Зорица Константиновић почиње да ради у Центру за физику чврстог стања и нове материјале у Институту за Физику у Београду у оквиру пројекта ИИИ45018: „Наноструктурни, мултифункционални материјали и нанокмпозити“ (руководилац академик др Зоран Поповић). Резултати добијени у овом периоду су публиковани у радовима [1-3], [17-20], [49], [57-58]. Публикације [3], [17-18], [49] су настале као резултат наставка сарадње са групама из Института за нуклеарне науке Винча (др Зоран Шапоњић и др Владимир Ђоковић), где је као и раније главни допринос представљала комплетна магнетска карактеризација наноструктурних материјала и интерпретација добијених резултата.

Од 01.07.2015 учествује на међународном европском пројекту RISE у оквиру Marie Sklodowska-Curie програма HORIZON2020 циклуса (No.645658 DAFNEOX). У оквиру тог пројекта наставља међународну сарадњу са истраживачким групама из Шпаније и остварује нову сарадњу са групама из Холандије, Белгије и Чилеа. У оквиру пројекта остварује боравак од 3 месеца у Институту за Материјале у Барселони и месец дана на Техничком Универзитету Делфт у Холандији. Пет публикованих радова су резултат међународне сарадње у оквиру Marie-Curie RISE пројекта (захвалнице дате у [1], [2], [19], [20], [57]). Др Зорица Константиновић активно учествује, како у формирању проблематике, тако и у експерименталном делу дизајнирања наноструктурних танких филмова и њиховој основној карактеризацији, која укључује скенирајућу микроскопију на бази атомских сила и електрона, са једне стране, и испитивање структурних својстава, са друге стране. Део резултата је добијен у Центру за физику чврстог стања и нове материјале, Института за физику у Београду, а део на Институту за науку о материјале у Барселони током повремених боравака. Такође треба истакнути и три рада реализована у сарадњи са истраживачима из Шпаније, у којима су публиковани резултати добијени пре почетка међународног пројекта, као и три рада реализована у сарадњи са истраживачима у Немачкој. Рад [57], иако публикован у часопису без импакт фактора, веома је важан као један од резултата међународног пројекта, у оквиру којег је др Зорица Константиновић са колегама из Шпаније уређивала тематски зборник под насловом „Formation Mechanisms of Functional Oxides Nanostructures“ у оквиру „Frontiers in Condensed Matter Physics“.

### **3.1.5 Нормирање броја коауторских радова**

16 радова кандидата објављених након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања припада категорији експерименталних радова у природно-математичким наукама, који се признају са пуним бројем бодова када број коаутора не прелази 7. Део радова реализованих у оквиру међународне сарадње у којима је број коаутора већи од 7, нормиран је у складу са Правилником о нормирању:

- 4 рада је уврштено са пуним бројем бодова

- за 12 радова број бодова је нормиран.

Према томе, укупан број бодова, које је кандидат остварио након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања, после нормирања у складу са Правилником о нормирању, је 86.57 (пре нормирања је износио 121.5)

### **3.2 Утицајност научних резултата**

Пун списак радова је излистан у секцији под бројем 6, док је утицај научних резултата показан у прилогу, где је наведен број цитата по радовима према бази података Scopus излистаној 07. 11. 2018.

### **3.3 Међународна сарадња**

Од 01.07.2015. др Зорица Константиновић учествује на међународном европском пројекту RISE у оквиру Marie Sklodowska-Curie програма HORIZON2020 циклуса (No.645658 DAFNEOX). У оквиру тог пројекта наставља међународну сарадњу са истраживачким групама из Шпаније и остварује нову сарадњу са групама из Холандије, Белгије и Чилеа. У оквиру пројекта остварује боравак од 3 месеца у Институту за Материјале у Барселони и месец дана на Техничком Универзитету Делфт у Холандији.

У периоду од 2015-2019. је спољни сарадник националног пројекта Шпаније.

### **3.4 Руковођење пројектима, подпројектима и пројектним задацима**

Од 01.07.2015. др Зорица Константиновић као ко-координатор учествује на међународном европском пројекту RISE у оквиру Marie Sklodowska-Curie програма HORIZON2020 циклуса (No.645658 DAFNEOX). Претходно је руководила петогодишњим пројектом Ramon у Сајал (2007-2012) и учествовала у коорднисују два потпројекта у оквиру шпанског националног пројекта.

### **3.5 Остали показатељи успеха у научном раду**

#### **3.5.1 Награде**

- Награда Института за физику за најбоље урађен магистарски рад у 1996. год.
- „Juan de la Cierva“ грант (трогодишњи грант Министарства за науку и технологију Шпаније) у 2004. год.
- „Ramon у Сајал“ грант (петогодишњи грант Министарства за науку и технологију Шпаније) у 2006. год.

- „I3 Recognition of Prominent Research Carrier“ (Министарство за науку и технологију Шпаније) у 2011. год.

### **3.5.2 Уводна предавања на конференцијама и друга предавања**

#### Након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања:

- Предавање по позиву на XIX National Symposium on Condensed Matter Physics 2015, Београд

Пре одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања:

- Предавање по позиву на 2nd International Conference on Nanotek and Expo 2012, Филадельфија (УСА) и „co-chair“ на скупу „Fabrication and application of micro/nanopillars“
- Предавање по позиву на XVII National Symposium on Condensed Matter Physics 2007, Вршац
- Предавање по позиву на Self-Assembly & Properties Of Complex Patterns, Порторож 2006
- Предавање по позиву на 7th Conference of the Yugoslav Materials Research Society YUCOMAT 2005, Херцег Нови
- Предавање по позиву на XVI National Symposium on Condensed Matter Physics 2004, Соко Бања

Поред наведених предавања по позиву, Др Зорица Константиновић је истраживачки рад усмено презентовала 9 пута на међународним конференцијама (а још 28 пута су истраживања била презентована од стране коаутора, од чега 3 пута као предавања по позиву).

Након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања, др Зорица Константиновић је одржала једно предавање по позиву на скупу националног значаја и 2 предавања на интернационалним скуповима (а још 9 предавања је одржано од стране коаутора, од чега 2 по позиву).

### **3.6 Ангажованост у формирању научних кадрова**

Др Зорица Константиновић је активно учествовала у формирању завршних радова студената током боравка на Институту за материјале у Барселони, Шпанија, и Технолошком универзитету у Делфту у Холандији, што се огледа у захвалницама одбрањених теза датим у прилогу на крају: Victor Fuentes (мастер), Jacqueline Muñoz (мастер), Vartiste Colson (дипломски рад).

У овом тренутку Др Зорица Константиновић је коментор Monice Bernal, студента треће године докторских студија на Институту за материјале у Барселони.

### **3.7 Активност у научним и научно-стручним друштвима**

Др Зорица Константиновић је била едитор по позиву Frontiers in Physics у периоду од 2015. до 2017. године:

- Гостујући едитор на истраживачкој теми „Formation Mechanisms of Functional Oxides Nanostructures“ при часопису „Frontiers“ ([www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org))

Др Зорица Константиновић је рецензент за реномиране издаваче истакнутих међународних часописа: American Physical Society (Physical Review B), American Institute of Physics (Applied Physics Letter, Journal of Applied Physics), Royal Society of Chemistry Publishing (Journal of Materials Chemistry), Institute of Physics (Nanotechnology, New Journal of Physics, Journal of Physics: Condensed Matter, Journal of Physics D: Applied Physics, Superconductor Science and Technology, Revista Physica Scripta)

Осим тога је током 2017. и 2018. године била и активни рецензент FETOPEN-2016-2017 и FETOPEN-01-2018-2019-2020 позива „Future and Emerging Technologies“ програма HORIZON2020 циклуса (cut-off 27-09-2017 и 16-05-2018), листа је дата у прилогу и може да се нађе за 2017. годину на web адреси:

[https://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/funding/reference\\_docs.html#h2020-expertslists](https://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/funding/reference_docs.html#h2020-expertslists)

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

Др Зорица Константиновић је значајно допринела сваком раду у чијој реализацији је учествовала. Као што је већ поменуто, водећи је аутор са кључним доприносом на 17 радова (први аутор на 15 радова, последњи аутор на једном и едитор по позиву на једном раду), други аутор на 10 радова и трећи аутор на 8 радова), од укупно 63 објављена рада.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног звања, кандидаткиња је објавила 6 радова радећи на Институту за материјале у Барселони и 10 радећи на Институту за физику у Београду. Већина радова је коауторска због активне сарадње са истраживачким групама у Шпанији из претходног истраживачког периода (у овом тренутку такође спољашњи сарадник на националног пројекта Шпаније) и у оквиру међународне сарадње новог заједничког Marie-Curie RISE пројекта програма HORIZON2020 циклуса (No.645658 DAFNEOX). Детаљан преглед (дат за све радове из поглавља б) конкретног доприноса кандидата у реализацији научних резултата који су основ за стицање звања вишег научног сарадника је дат под тачком 4.1.4 "Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству".

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

### **4.1 Укупни остварени резултати:**

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	16	160	140.33
M21	8	32	256	220.86
M22	5	8	40	37.14
M23	3	7	21	16.25
M32	1.5	6	9	8

M34	0.5	11	5.5	3.56
M61	1.5	2	3	2.75
M62	1	1	1	0.71
M64	0.2	1	0.2	0.2
M70	6	1	6	6
УКУПНО:			501.7	435.8

**4.2 Остварени резултати у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања □**

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	3	30	23.88
M21	8	8	64	41.17
M22	5	3	15	13.57
M23	3	1	3	1.25
M32	1.5	2	3	2.43
M34	0.5	11	5.5	3.56
M62	1	1	1	0.71
УКУПНО:			121.5	86.57

**4.3 Поређење оствареног броја М-бодова након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања са минималним условима потребним за (избор) реизбор у звање вишег научног сарадника**

Минималан број М бодова потребан за избор и реизбор кандидата у звање виши научни сарадник	Остварено (нормирано)		
	Избор	Реизбор	
Укупно потребно	50	25	<b>121.5 (86.57)</b>
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	40	20	<b>115 (82.30)</b>
M11+M12+M21+M22+M23	30	15	<b>112 (79.87)</b>



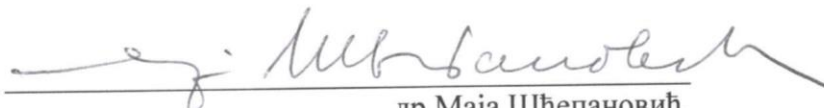
## ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду изузетан квалитет и оригиналност научних резултата др Зорице Константиновић, њено велико искуство у међународној сарадњи, као и број објављених радова и њихову цитираност, сматрамо да кандидаткиња задовољава све квантитативне и квалитативне услове за реизбор у звање виши научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

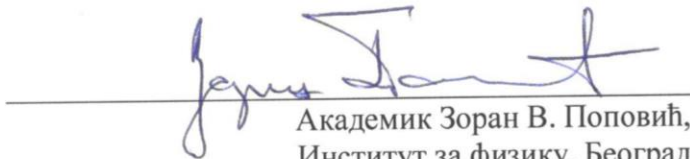
Због тога са задовољством предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за реизбор др Зорице Константиновић у звање виши научни сарадник.

У Београду, 5. 06. 2019. godine

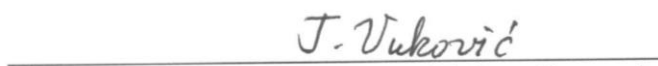
Чланови комисије:



др Маја Шћепановић,  
Научни саветник, Институт за физику, Београд



Академик Зоран В. Поповић,  
Институт за физику, Београд



др Татјана Вуковић,  
Ванредни професор Физичког факултета, Универзитета у Београду



др Ненад Лазаревић,  
Виши научни сарадник, Институт за физику, Београд