

NAUČNOM VEĆU INISTITUTA ZA FIZIKU

Na sednici Naučnog veća Instituta za fiziku u Beogradu, održanoj 13. 09. 2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za izbor **dr Bojane Višić** u zvanje naučni saradnik. Nakon uvida u materijal koji nam je dostavljen, Naučnom veću Instituta za fiziku podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. Stručno-biografski podaci

Bojana Višić je rođena 23. 02. 1983. godine u Valjevu. Valjevsku gimnaziju je završila 2002. godine. Nakon toga je upisala osnovne studije na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Teorijska i eksperimentalna fizika. Tokom studija je bila stipendista Ministarstva prosvete. Diplomirala je 2007. godine, u Laboratoriji za kvantnu i matematičku fiziku pod rukovodstvom prof. Milana Damjanovića, sa diplomskim radom pod nazivom „Interakcija elektrona sa totalno simetričnim optičkim modama kod metal-disulfidnih zigzag nanotuba“.

U istoj laboratoriji je nastavila master studije, koje je završila 2008. godine. U istom periodu je bila zaposlena kao istraživač pripravnik na projektu odličnosti EU FP6 026303.

Doktorske studije je upisala 2009. godine na katedri za Fiziku čvrstog stanja Fakulteta za matematiku i fiziku u Ljubljani, Slovenija, pod mentorstvom prof. Maje Remškar. Doktorsku disertaciju pod nazivom “Physical properties of nanoflakes produced by exfoliation of MoS₂ nanotubes and their respective polymer nanocomposites” je odbranila 24. 10. 2013. Za vreme doktorskih studija je bila zaposlena na Institutu Jožef Stefan u Ljubljani, na odseku za Fiziku čvrstog stanja u Laboratoriji za sintezu inorganskih nanotuba.

Od septembra 2013. godine se nalazi na post doktorskim studijama na Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, gde joj je mentor prof. Reshef Tenne, na odseku Material science and Interfaces. Postdoktorske studije su joj finansirane iz Marie Curie Research Training Network projekta (EU ITN 317451) pod imenom MoWSeS.

Bojana Višić je svoje znanje značajno proširila na velikom broju naučnih škola i konferencija, poput „Coating deposition training course”, Olten, Switzerland, 2009; ”Two-dimensional inorganic materials (2DIM): property simulations, from band structure to devices” u Lausanne, Switzerland 2014; “Microscopy Workshop”. CRANN (Centre for Research on Adaptive Nanostructures and Nanostructures and Nanodevices), Dublin, Ireland, 2014.; “CVD growth workshop”, Aachen Germany, 2016. Takođe je učestvovala u organizaciji konferencije “Nanoparticles at the interface between biology and the materials world” koja je bila održana u Rehovotu, Israel, 2015.

U 2015. godini je imala dvomesečni studijski boravak na Odseku za kompleksne materijale instituta Jožef Stefan, Slovenija i dvonedeljnu posetu Femtosekundnoj laboratoriji u Politecnico di Milano, Italija.

2. Pregled naučne aktivnosti

Naučno-istraživački rad dr Bojane Višić je u oblasti nanomaterijala i njihove karakterizacije. Za vreme doktorskih studija u Ljubljani, kandidatkinja se bavila proučavanjem raslojavanja molibden-disulfidnih nanotuba, njihovom karakterizacijom i optičkim osobinama, kao i polimernim kompozitima samih nanotuba. Doktorirala je na temi „Physical properties of nanoflakes produced by exfoliation of MoS₂ nanotubes and their respective polymer nanocomposites“, urađenoj pod rukovodstvom prof. Maje Remškar u Laboratoriji za sintezu inorganskih nanotuba.

Na postdoktorskim studijama na Weizmann institutu u Izraelu, kandidatkinja se bavi proučavanjem optičkih osobina volfram-disulfidnih nanotuba, kao i uticajem dekoracije čistih nanotuba nanočesticama plemenitih metala (poput zlata i paladijuma). Takođe, proučava uticaj dopiranja renijumom na optičke osobine molibden-disulfidnih fulerena. Glavna aktivnost je bila na objašnjavanju novootkrivenih pleksitona (hibridnih stanja koja nastaju jakom interakcijom između ekscitona i plazmona) u WS₂ nanotubama. Pokazano je da se ove nanotube ne ponašaju kao tipični poluprovodnici, zbog defekata i dislokacija koji se pojavljuju tokom visokotemperaturne sinteze, i pojave velikog broja slobodnih nosilaca naelektrisanja koji se grupišu u lokalizovane površinske plazmone. Za objašnjavanje optičkih osobina i dinamike nosilaca elektrona, kandidatkinja koristi femtosekundnu „pump-probe“ spektroskopiju. Promenom morfologije, iz nanotube u fuleren, i materijala iz WS₂ u MoS₂ (sa i bez dopiranja), kao i medijuma (od vode do hidrogelova), menja prirodu i vreme života nosilaca. Četiri članka iz ovih oblasti su u pripremi.

Kandidatkinja se intenzivno bavi elektronskom mikroskopijom, pogotovo TEM (transmission electron microscopy), koja je neophodna za karakterizaciju nanomaterijala. Za vreme posdoktorskih studija aktivno koristi Phillips CM-120 i Jeol 2100. Ostvarila je kolaboraciju sa grupama Prof. Emmanuel Stratakis-a, Crete, Greece i prof. Cora Lind, Toledo, SAD čije uzorke je proučavala, što će se završiti člancima do kraja završetka postdoktorskih studija.

Za vreme doktorskih studija, prva od dve teme kojima se bavila je bila raslojavanje MoS₂ nanotuba.

Proučavala je proces „tečnog“ raslojavanja (eksfolijacije) MoS₂ nanotuba u ljuske sa malim brojem slojeva (uglavnom 1, ne više od 5). Naime, najveći problem pri raslojavanju regularnog kristala u vodi je da se vremenom koje varira od par dana do nedelja, slojevi ponovo „zalepe“, zbog van der Waals-ove interakcije između njih. Pokazano da se zbog defekata na površini ove nanotube lako eksfoliraju i opisan je sam postupak procedure. Takođe, zbog zakrivljene morfologije, ovako raslojene ljuske ostaju stabilne u vodi i do više meseci. Materijal je karakterizovan putem XRD, SEM i AFM mikroskopije, i pokazano da je većina ljuski zaista sastavljena od jednog molekularnog MoS₂ sendviča. Jedan od glavnih pokazatelja prelaska iz višeslojnog kristala u jednoslojni je u optičkim osobinama: A i B ekscitonski prelazi se gube, i ponovo vraćaju nakon što se slojevi opet spoje. U slučaju raslojenih nanotuba, čak i posle dva meseca, ekscitonski prelazi nisu vidljivi u

UV-Vis apsorpcijskom spektru.

Dalje je proučavan proces starenja raslojenih nanotuba, ovaj put dispergiranih u etanolu. Naime, primećeno je da ovakav rastvor vremenom iz svetlo braon boje prelazi u plavu. AFM i SEM mikrografi su pokazali da se na ivicama ljuski pojavljuju sfere prečnika od 1.6 nm do 10 nm. Korišćenjem filtera i uklanjanjem većih ljuski, dobijene su i samostojeće sfere, iako se većina uglavnom grupiše klastere u obliku prstena. UV-Vis i XPS merenja su pokazala da se disperzija u etanolu značajno razlikuje od spektara MoS₂, te da se materijal transformisao. XPS je pokazao da se Mo transformiše iz 4+ u 5+ i 6+ (oksidacija), a S iz 2- u 4+ i 6+. Ova oksidaciona stanja se ne mogu dodeliti MoS₂, i pokazano je da pripada makromolekulu u literaturi poznatom kao „Molybdenum blue“.

U okviru ove oblasti su objavljeni sledeći radovi:

- B. Visic, R. Dominko, M. K. Gunde, N. Hauptman, S. D. Skapin, and M. Remskar, "Optical properties of exfoliated MoS₂ coaxial nanotubes - analogues of graphene," *Nanoscale Research Letters* 6, 1-6 (2011).
- B. Visic, M. K. Gunde, J. Kovac, I. Iskra, J. Jelenc, and M. Remskar, "MoS₂ nanotube exfoliation as new synthesis pathway to molybdenum blue," *Materials Research Bulletin* 48 (2), 802-806 (2013).

Drugi deo doktorata je bio vezan za polimerne nanokompozite MoS₂ nanotuba. Pokazano je da, kada se ove nanotube dodaju polimeru PVDF, on se transformiše u novi politip. PVDF je poznat po tome što ima više faza od kojih je γ piezoelektrična, dok standardna α nema te osobine. Prelaz iz α u γ se dešava pod visokim pritiscima ili niskim temperaturama. Pokazano je da se nanotube odlično dispergiraju unutar polimerne matrice, koju dodatno stabilizuju i menjaju u novootkriven 2b-politip γ faze na sobnoj temperaturi. Nakon što se ova faza podvrgne temperaturi od 110°C, vraća se u α fazu. Promena morfologije je praćena Raman spektroskopijom i pojavom novih vrhova u spektru, i SEM i AFM mikroskopijom, gde je dokumentovana promena morfologije iz dendritne morfologije α faze u sferulitnu morfologiju γ faze.

U daljem istraživanju je pokazano da dodavanjem nanotuba u PVDF polimer, koeficijent trenja se smanjuje za 40 %. Takođe, Raman spektroskopijom je utvrđeno da testovi trenja iniciraju faznu transformaciju polimera iz α u γ i β . U saradnji sa grupom iz ENEA instituta u Italiji, proučavani su kompoziti sa P3HT polimerom pripremljenih "spin coating" metodom. Fotoluminescencija samog polimera se smanjuje s dodavanjem nanotuba.

U okviru ove oblasti su objavljeni sledeći radovi:

- M. Remskar, I. Iskra, J. Jelenc, S. D. Skapin, B. Visic, A. Varlec, and A. Krzan, "A novel structure of polyvinylidene fluoride (PVDF) stabilized by MoS₂ nanotubes," *Soft Matter* 9 (36), 8647-8653 (2013).
- M. Remskar, J. Jelenc, B. Visic, A. Varlec, M. Cesarek, and A. Krzan, "Friction properties of polyvinylidene fluoride with added MoS₂ nanotubes," *physica status solidi (a)* 210 (11), 2314-2319 (2013).
- A. Varlec, S. A. Mansour, T. Di Luccio, C. Borriello, A. Bruno, J. Jelenc, B.

Visic, and M. Remskar, "Microscopic and spectroscopic investigation of MoS₂ nanotubes/P3HT nanocomposites," *physica status solidi (a)* 210 (11), 2335-2340 (2013).

Za vreme postdoktorskih studija, objavljen je rad u saradnji sa grupom iz Moskve, Rusija. Pokazano je da se WS₂ mogu uspešno dekorisati nanočesticama od paladijuma veličine oko 5 nm, uz površinsku pokrivenost od 40%. Dodavanje Pd ne menja hemijsku strukturu nanotube, već se javlja epitaksijalni rast, što je utvrđeno XPS spektroskopijom i TEM mikroskopijom visoke rezolucije. Takođe je utvrđeno da se ovakve kompozitne nanočestice ponašaju kao odlični katalizatori u cross-coupling Heck i Suzuki reakcijama.

- B. Višić, H. Cohen, R. Popovitz-Biro, R. Tenne, V. I. Sokolov, N. V. Abramova, A. G. Buyanovskaya, S. L. Dzvonkovskii, and O. L. Lependina, "Direct Synthesis of Palladium Catalyst on Supporting W₂ Nanotubes and its Reactivity in Cross-Coupling Reactions," *Chemistry–An Asian Journal* 10 (10), 2234-2239 (2015).

3. Elementi za kvalitativnu ocenu naučnog doprinosa kandidata

3.1 Kvalitet naučnih rezultata

3.1.1 Uticajnost naučnih radova

Kandidatkinja je u svom naučnom radu objavila ukupno 6 radova u međunarodnim časopisima sa ISI liste, od čega 1 kategorije M21a (rad u vrhunskom međunarodnom časopisu), 3 kategorije M21 (vrhunski međunarodni časopis), 2 kategorije M22 (istaknuti međunarodni časopis), i 2 kategorije M33 (saopštenja sa konferencija štampana u celini). Na tri rada je prvi autor. Autor je 30 saopštenja sa međunarodnog skupa štampanih u izvodu (kategorija M34) kao i 4 saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampanih u izvodu (kategorija M64).

3.1.2 Parametri kvaliteta časopisa

Radovi su objavljeni u sledećim časopisima:

1 rad u *Chemistry–An Asian Journal* (IF = 4.587)

1 rad u *Soft Matter* (IF = 4.029)

1 rad u *Nanoscale Research Letters* (IF = 2.779)

1 rad u *Materials Research Bulletin* (IF = 2.288)

2 rada u *Physica Status Solidi (a)* (IF = 1.616)

Ukupan impakt factor radova kandidata je 16.915.

3.1.3 Pozitivna citiranost naučnih radova kandidata

Prema Science Citation Index-u, naučni radovi dr. Bojane Višić su citirani 31 puta, bez samocitata (34 sa), uz h indeks 3.

3.2 Aktivnost u naučnim i naučno-stručnim društvima

- Učestvovala u organizacionom odboru konferencije „Nanoparticles at the interface between biology and the materials world”, Weizmann institute of Science, Rehovot, Izrael u 2015. godini.

3.3 Normiranje broja koautoskih radova, patenata i tehničkih rešenja

3.3.1 Efektivni broj radova i broj radova normiran na osnovu broja koautora

Dva rada, A4 i B2 sa spiska radova, imaju 9 i 8 koautora, redom. Radovi su plod saradnje istraživača sa više institucija u Evropi. Normiranje je umanjilo broj bodova za 2.4 (sa 8 na 5.7 i sa 5 na 4.9), tj. sa 67.8 na 65.4.

3.4 Uticaj naučnih rezultata

Pogledati delove 3.1.1 Uticajnost naučnih radova i 3.1.3 Pozitivna citiranost naučnih radova kandidata.

3.5 Konkretan doprinos kandidata u naučnim centrima u zemlji i inostranstvu

Bojana Višić je značajno doprinela oblasti 2D materijala za vreme doktorata i poslediplomskih studija. Takođe, saradnja sa brojnim univerzitetima i institutima u Evropi je poboljšala dobijene rezultate i mogućnosti istraživanja u matičnim institucijama.

Studijske posete inostanim naučnim institucijama:

- Dvomesечna studijska poseta Laboratoriji za optiku odseka kompleksnih materijala (Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija) u okviru Marie Curie „MoWSeS“ projekta, 2015.

U okviru ove saradnje je održala seminar na odseku za kompleksne materijale pod nazivom: „Coexistence of excitons and plasmons in MS_2 (M=Mo, W) nanotubes and fullerene-like nanoparticles“.

Kandidatkinja je saradivala sa mnogobrojnim istraživačima. Najznačajnija saradnja je ostvarena sa sledećim grupama:

- Complex matter physics na Institutu Jožef Stefan, Ljubljana, gde sa grupom Christoph-a Gadermeier-a saraduje na „pump-probe“ merenjima nanotuba u različitim medijumima.
- Na odseku za fiziku u okviru Politecnico di Milano, saraduje sa grupom Giulio Cerullo, gde je provela dve nedelje koristeći njihovu femtosekundnu aparaturu za proučavanje optičkih osobina i vremena života nosilaca naelektrisanja kod metal disulfidnih nanostrukture.
- Ultrafast Laser Micro and Nano- Laboratory of the Foundation for Research and Technology, Krit, Grčka, gde sa grupom Emmanuel- Stratakis-a saraduje na sintezi

MS2 nanostruktura putem laserske ablacije, i karakteriše dobijene materijale TEM mikroskopijom.

- Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds RAS, Moskva, Rusija gde je sa grupom V. I. Sokolov-a sarađivala na karakterizaciji WS2 nanotuba dekorisanih Pd nanočesticama putem TEM mikroskopije I XPS spektroskopije, i objašnjenju njihovog efikasnog ponašanja u katalitičkim cross coupling reakcijama.
- The University of Toledo, SAD, sa grupom Cora Lind, radi na TEM mikroskopiji sol-gel sinteze MoS2 nanostruktura.

4. Elementi za kvantitativnu ocenu naučnog doprinosa kandidata

Ostvareni rezultati:

Kategorija	M bodova po radu	Broj radova	Ukupno M bodova
M21a	10	1	10
M21	8	3	24
M22	5	2	10
M33	1	2	2
M34	0.5	30	15
M64	0.2	4	0.8
M71	6	1	6

Poređenje sa minimalnim kvantitativnim uslovima za izbor u zvanje naučni saradnik:

Minimalan broj M bodova	Ukupno	Ostvareni rezultat kandidata
ukupno	16	67.8
$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42 \geq$	10	45
$M11+M12+M21+M22+M23+M24 \geq$	5	45

5. Mišljenje i predlog

Imajući u vidu dosadašnji naučni rad i postignute rezultate dr Bojane Višić, kao i dostignuti nivo istraživačke kompetentnosti, smatramo da dr Bojana Višić ispunjava uslove Zakona o naučno-istraživačkoj delatnosti i Pravilnika o postupku, načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača za izbor u zvanje naučni saradnik i predlažemo Naučnom veću Instituta za fiziku da podrži izbor **dr Bojane Višić** u zvanje **NAUČNI SARADNIK**.

Beograd, 23. 09. 2016.

Članovi komisije:

Dr Nenad Lazarević
naučni saradnik
Institut za fiziku Beograd

Dr Maja Šćepanović
naučni savetnik
Institut za fiziku Beograd

Dr Edib Dobardžić
vanredni profesor
Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu