



Naučnom veću Instituta za fiziku Beograd

Beograd, 10. jun 2015.

Predmet:

Molba za pokretanje postupka za sticanje zvanja naučni saradnik

S obzirom da ispunjavam kriterijume propisane od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za sticanje zvanja naučnog zvanja naučni saradnik, molim Naučno veće Instituta za fiziku Beograd da pokrene postupak za moj izbor u navedeno zvanje.

U prilogu dostavljam:

1. Mišljenje rukovodioca projekta
2. Kratku biografiju
3. Pregled naučne aktivnosti
4. Elemente za kvantitativnu ocenu naučnog doprinosa
5. Elemente za kvalitativnu ocenu naučnog doprinosa
6. Spisak objavljenih radova i njihove kopije
7. Doktorsku disertaciju
8. Doktorsku diplomu sa zvaničnim prevodom i priznanjem Univerziteta u Beogradu

Sa poštovanjem,
Nikola Prodanović

Naučnom veću Instituta za fiziku Beograd

Beograd, 10. jun 2015.

Predmet:

Mišljenje rukovodioca projekta za izbor Nikole Prodanovića u zvanje naučni saradnik

Kao rukovodilac Laboratorije za primenu računara u nauci Instituta za fiziku u Beogradu i projekta osnovnih istraživanja Ministarstva prosvete i nauke ON171017 pod nazivom „Modeliranje i numeričke simulacije složenih višečestičnih sistema“, saglasan sam sa pokretanjem postupka za izbor dr Nikole Prodanovića u zvanje naučni saradnik.

Za sastav Komisije za izbor Nikole Prodanovića u zvanje naučni saradnik predlažem kolege:

- (1) dr Nenad Vukmirović, viši naučnik saradnik, Institut za fiziku Beograd,
- (2) dr Antun Balaž, naučni savetnik, Institut za fiziku Beograd,
- (3) dr Jelena Radovanović, vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Rukovodilac projekta,

dr Antun Balaž, naučni savetnik, Institut za fiziku Beograd

Biografija Nikole Prodanovića

Nikola Prodanović rođen je u Postojni, R. Slovenija 28. 07. 1986. godine. Završio je OŠ „Dositej Obradović“ i Gimnaziju „Veljko Petrović“ u Somboru sa maksimalnim uspehom. Osvajao je mnogobrojne nagrade na takmičenjima iz prirodnih nauka i bio je učesnik Međunarodne olimpijade iz fizike 2005. godine u Španiji.

Završio je Elektrotehnički fakultet – Odsek za Fizičku elektroniku sa prosečnom ocenom 9.87 i diplomskim radom na temu „Fotonski kristali sa vezanim stanjem u kontinualnom delu spektra“ 2009. godine. Master studije je završio na istoj instituciji i odseku 2010. godine sa prosečnom ocenom 10.00 i završnim master radom na temu „Optimizacija AlInAs/InAs konvertora za silicijumske solarne ćelije na bazi kvantnih jama“. Nakon završenih master studija, upisao je doktorske studije na Elektronskom i elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Lidsu u Velikoj Britaniji. Na doktorskim studijama se bavio teorijskim modelovanjem fizičkih procesa u kvantnim tačkama. Doktorsku disertaciju na temu: *Poluprovodničke kvantne tačke: Unutarzonske elektronske, optičke i dinamičke osobine* je odbranio u aprilu 2014. godine.

Od oktobra 2013. godine angažovan je kao istraživač saradnik u Laboratoriji za primenu računara u nauci na Institutu za Fiziku Univerziteta u Beogradu pod mentorstvom dr Nenada Vukmirovića gde se bavi razvijanjem modela i simulacije za transport nosilaca u Holštajnovom modelu sa više fononskih moda sa potencijalnom primenom u ispitavanju transportnih osobina superkristala na bazi koloidnih kvantnih tačaka i organskih molekularnih kristala.

U toku studija na svim nivoima dobijao je mnogobrojne nagrade za akademski uspeh. Nikola je do sada objavio 5 radova u vodećim svetskim časopisima (kategorija M21) i autor je većeg broja konferencijskih radova.

Pregled naučne aktivnosti dr Nikole Prodanovića

Naučno-istraživački rad Nikole Prodanovića je u oblasti fizike poluprovodničkih nanostruktura i kombinuje analitičke i numeričke metode za razumevanje optičkih i elektronskih osobina nanostruktura uz poseban osvrt na mogućnosti primene dobijenih rezultata na funkcionisanje optoelektronskih naprava.

Nagli razvoj oblasti optoelektronike doveo je do potrebe teorijskog dizajna materijala u te svrhe. Modelovanje optičkih i transportnih osobina različitih fizičkih medijuma na jeftin način odaje nivo njihove komercijalne i tehnološke primenljivosti. Minijaturizacija optoelektronskih naprava i medijuma uslovila je njihovo teorijsko razmatranje. Danas možemo slobodno reći da je bez kvantnomehaničkih razmatranja prosto nemoguće proučavati nove materijale za primene u optoelektronici. Upravo je na kvantnomehaničkom modelovanju medijuma za optoelektronske primene zasnovana istraživačka aktivnost Dr Nikole Prodanović.

Istraživački rad Nikole Prodanovića počeo je sa diplomskom disertacijom na temu vezanih stanja u fotonskim strukturama. Prezentovan je dizajn 1-D strukture koja ima kontinualan spektar elektromagnetnih modova i jedan konfiniran mod sa energijom ugnježenom u kontinualni spektar. Sam profil fotonske strukture karakterisan je samo sa kompleksnom dielektričnom funkcijom (koja dakle ima i pojačavačke i prigušivačke osobine u funkciji koordinate). Glavni doprinos rada bio je razvoj metoda digitalnog gradiranja za jednodimenzioni dielektrični profil. Takvim digitalnim gradiranjem moguće je tehnološki ostvariti proizvoljan kompleksni dielektrični profil kombinacijom malog broja različitih dielektrika varirajući samo debljine slojeva pojedinih dielektrika. Rezultati ovog istraživanja objavljeni su u:

-N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, "Photonic crystals with bound states in continuum and their realization by an advanced digital grading method", *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 42, p. 1 (2009).

-N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, "Engineering and advanced digitalization of photonic structures with bound field in the continuum", *Acta Physica Polonica A*, 116, p. 607, preceded by poster presentation on "Photonica 09" Conference, Belgrade (Serbia), 2009.

U svom master radu, bavio se optimizacijom elektronske strukture InAs/AlInAs kvantnih jama. Pritom je cilj bio da se maksimizuje generacija drugog harmonika tako da se fotoni niske energije pretvore u fotone visoke energije koje silicijumske solarne ćelije mogu da apsorbuju, čime se povećava njihova efikasnost. Rezultati tog rada objavljeni su u:

-N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, S. Tomic, "Optimization of InAs/AlInAs quantum wells based up-converter for silicon solar cells", *Journal of Applied Physics* 110, p. 063713 (2011).

-10. N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, S. Tomic, "Optimization of InAs/AlInAs quantum wells based up-converter for silicon solar cells", "Empirical Methods in Semiconductor Nano-Structures Design and Modelling" CECAM Conference, Manchester (UK), Book of Abstracts, p. 24 (2010).

Tokom rada na doktoratu, Nikola je najpre ispitivao strukture koje se sastoje od kvantnih štapova unutar kvantnih jama i pokazao da se takve strukture mogu koristiti kao apsorberi terahercnog zračenja za proizvoljnu polarizaciju upadnog zračenja, pri čemu se talasna dužina apsorpcije može podešavati dužinom štapova. Glavni doprinos je otkriće vezanog stanja u kontinualnom delu spektra što je veoma interesantno sa fundamentalnog i praktičnog stanovišta. Predložio je dizajn terahercnog detektora koji radi na principu eksitacije elektrona terahercnim zračenjem iz kvantnog štapa u okružujuću kvantnu jamu. Takva eksitacija bila bi moguća za obe polarizacije (zahvaljujući vezanom stanju u kontinualnom delu spektra jame), a strujni signal bio bi omogućen efikasnim transportom ekscitovanog 2D gasa kroz jamu. Rezultati ovog rada objavljeni su u

-N. Prodanovic, V. Milanovic, Z. Ikonc, D. Indjin and P. Harrison, "Bound states in continuum: Quantum dots in a quantum well", *Physics Letters A*, 377, p. 2177, (2013).

-N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonc, P. Harrison, "Electronic states and intraband terahertz optical transitions in InGaAs quantum rods", *Journal of Applied Physics* 111, p. 073110 (2012).

-N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonc and P. Harrison, "Intraband optical properties of self-assembled InGaAs quantum rods and its dependence on rod height", *The 11th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells*, 11-17 September 2011, Badesi, Italy, Book of abstracts (2011).

-N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonc, P. Harrison, "Intraband optical properties of self-assembled columnar quantum dots", "QD2010" Quantum dot Conference, Nottingham (UK), (2010).

-N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonc, P. Harrison, "Theoretical modeling of InGaAs quantum rods: terahertz intraband absorption and its dependence on rod height", *Journal of Physics: Conference Series*, 242, p. 2012, 2010, preceded by poster presentation on "TMCS II" Conference, York (UK), (2010).

Razvio je i jednostavan model koji povezuje radijativna i neradijativna vremena života elektrona u kvantnim tačkama što bi moglo da omogući bolje dizajne eksperimenata koji ispituju neradijativne mehanizme relaksacija u kvantnim tačkama, glavne atenuatore optičkih osobina. Rezultati ovog rada objavljeni su u

-3. N. Prodanovic, Z. Ikonc, D. Indjin and P. Harrison, "Relationship between electron-LO phonon and electron-light interaction in quantum dots", *Physical Review B*, 85, p. 195435 (2012).

Na kraju doktorskih studija Nikola se bavio razvijanjem modela transporta elektrona u superkristalima koloidnih kvantnih tačaka. On je konkretno istraživao uticaj elektron-fonon interakcije na transportne osobine i otkrio da se transport odvija skakanjem malih polarona u najnovijim uzorcima tih struktura i da je zonski transport, iako poželjan, još nedostižan. Rezultati ovog rada objavljeni su u:

-1. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, Z. Ikonc, D. Indjin and P. Harrison, "Importance of Polaronic Effects for Charge Transport in CdSe Quantum Dot Solids", *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 5, p. 1335, (2014).

Trenutno, Nikola se bavi razvijanjem metoda za proračun elektronske pokretljivosti i provodnosti u Holstajnovom modelu sa više fononskih moda. Takav model je važan jer opisuje gore navedene superkristale na bazi koloidnih kvantnih tačaka i organske kristale.

Sem istraživačkih aktivnosti Nikola se bavio i predavanjima u obliku praktičnih vežbi u oblasti osnova elektromagnetizma studentima na Elektronskom i elektrotehničkom fakultetu u Lidsu. Bio je predavač najboljim srednjoškolcima fizičarima na letnjoj školi "Energija znanja" u Bečićima 2013.

Elementi za kvalitativnu ocenu naučnog doprinosa Dr Nikole Prodanović za izbor u zvanje naučni saradnik

Akademске nagrade i prezentacije

Nikola Prodanović je dobitnik većeg broja priznanja na domaćem i međunarodnom nivou. Nagrađen je od udruženja ETF BAFA za najbolji diplomski rad na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Tri puta je proglašavan za najboljeg studenta u generaciji na odseku za fizičku elektroniku (2006, 2007. i 2008. godine).

Dobio je stipendiju Fonda za mlade talente Vlade Republike Srbije za doktorske studije na vodećim svetskim univerzitetima, kao i stipendiju Univerziteta u Lidsu za inostrane studente. Dva puta je dobio nagradu Međunarodnog društva za optiku i fotoniku (SPIE) za potencijalni doprinos na polju optike, fotonike i optoelektronike (2011. i 2012. godine). Dobitnik je i nagrade Fakulteta za elektroniku i elektrotehniku Univerziteta u Lidsu za najbolji rad doktoranata objavljen u međunarodnom časopisu za 2013. godinu za rad [2].

Učestvovao je na CECAM radionici "Empirical Methods in Semiconductor Nano-Structures Design and Modelling" u junu 2010. godine. Svoje rezultate je lično predstavio i na nekoliko konferencija:

The 7th International Conference on Quantum Dots, 13-18 May 2012, Santa Fe, USA.
Theory, Modelling and Computational Methods for Semiconductors III, 18-20 January 2012, Leeds, UK.
The II International School and Conference on Photonics, 24-28 August 2009, Belgrade, Serbia.

UK Semiconductor Conference 2009, 1-2 July 2009, Sheffield, UK.

U periodu od novembra 2012. do februara 2013. godine bio je u studijskoj poseti Laboratoriji za primenu računara u nauci Instituta za fiziku gde je u saradnji sa dr Nenadom Vukmirovićem radio na problemu elektronskog transporta kroz nizove kvantnih tačaka.

Učesće na projektima

Od oktobra 2013. godine Nikola Prodanović je angažovan na projektu "Modeliranje i numeričke simulacije složenih višestručnih sistema" (ON171017) finansiranom od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, kao i na projektu "Electronic Transport in Organic Materials" (ELECTROMAT) finansiranom iz FP7 programa Evropske komisije.

Kvalitet objavljenih radova

Nikola je objavio 6 radova kategorije M21 i 1 rad kategorije M22.

- 1 rad u Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, IP(2010) 1.64, citata 12,
- 1 rad u Physical Review B, IP(2012) 3.77, citata 1,
- 1 rad Journal of Physical Chemistry Letters IP(2013) 6.69 citata 3,
- 1 rad u Physics Letters A IP 1.77(2012), citata 0.
- 2 rada u Journal of Applied Physics, IP(2012) 2.21, citata 3+3
- 1 rad u Acta Physica Polonica A, IP(2010) 0.47, citata 0

Ukupan broj citata 22

Ukupan impakt faktor 18.76

Na svim radovima Nikola je bio prvi autor.

Elementi za kvantitativnu ocenu naučnog doprinosa Dr Nikole
Prodanović za izbor u zvanje naučni saradnik

Kategorija	M bodova po radu	Broj radova	Ukupno M bodova
M21	8	6	48
M23	5	1	5
M33	1	2	2
M34	1	5	5
M71	6	1	6

Minimalan broj M bodova		Ostvareno
Ukupno	16	66
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	55
M11+M12+M21+M22+M23+M24	5	53

Nikola Prodanović - Spisak radova i saopštenja sa konferencija

M21

1. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, Z. Ikonic, D. Indjin and P. Harrison, "Importance of Polaronic Effects for Charge Transport in CdSe Quantum Dot Solids", *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 5, p. 1335, (2014).
2. N. Prodanovic, V. Milanovic, Z. Ikonic, D. Indjin and P. Harrison, "Bound states in continuum: Quantum dots in a quantum well", *Physics Letters A*, 377, p. 2177, (2013).
3. N. Prodanovic, Z. Ikonic, D. Indjin and P. Harrison, "Relationship between electron-LO phonon and electron-light interaction in quantum dots", *Physical Review B*, 85, p. 195435 (2012).
4. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonic, P. Harrison, "Electronic states and intraband terahertz optical transitions in InGaAs quantum rods", *Journal of Applied Physics* 111, p. 073110 (2012).
5. N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, S. Tomic, "Optimization of InAs/AlInAs quantum wells based up-converter for silicon solar cells", *Journal of Applied Physics* 110, p. 063713 (2011).
6. N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, "Photonic crystals with bound states in continuum and their realization by an advanced digital grading method", *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 42, p. 1 (2009).

M23

7. N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, "Engineering and advanced digitalization of photonic structures with bound field in the continuum", *Acta Physica Polonica A*, 116, p. 607, preceded by poster presentation on "Photonica 09" Conference, Belgrade (Serbia), 2009.

M33

8. N. Prodanovic, Z. Ikonic, D. Indjin, P. Harrison, "Electron-LO Phonon and Electron-Photon Interactions analogy in Semiconductor Quantum Dots", *Journal of Physics: Conference Series*, 367, p. 012008, 2012, preceded by poster presentation on "TMCS III" Conference, Leeds (UK), (2012).
9. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonic, P. Harrison, "Theoretical modeling of InGaAs quantum rods: terahertz intraband absorption and its dependence on rod height", *Journal of Physics: Conference Series*, 242, p. 2012, 2010, preceded by poster presentation on "TMCS II" Conference, York (UK), (2010).

M34

10. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, "Polaron transport in nanocrystal solids", Nanoscale Quantum Optics-Kick off Workshop, Serbia, Book of Abstracts p. 72 (2015).

11. N. Prodanovic, Z. Ikonic, D. Indjin, P. Harrison, "Tailoring of Intraband Luminescence and Lifetime properties of Quantum Dots", The 7th International Conference on Quantum Dots, 13-18 May 2012, Santa Fe, USA, Book of abstracts, p. 118 (2012).

12. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonic and P. Harrison, "Intraband optical properties of self-assembled InGaAs quantum rods and its dependence on rod height", The 11th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells, 11-17 September 2011, Badesi, Italy, Book of abstracts (2011).

13. N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, S. Tomic, "Optimization of InAs/AlInAs quantum wells based up-converter for silicon solar cells", "Empirical Methods in Semiconductor Nano-Structures Design and Modelling" CECAM Conference, Manchester (UK), Book of Abstracts, p. 24 (2010).

14. N. Prodanovic, N. Vukmirovic, D. Indjin, Z. Ikonic, P. Harrison, "Intraband optical properties of self-assembled columnar quantum dots", "QD2010" Quantum dot Conference, Nottingham (UK), (2010).

15. N. Prodanovic, J. Radovanovic, V. Milanovic, D. Indjin, Z. Ikonic and P. Harrison, „Enhanced digitalization technique for photonic structures generated to support a localized field in the continuous part of the spectrum", UK Semiconductor Conference 2009, 1-2 July 2009, Sheffield, United Kingdom, Book of Abstracts A-P-10, (2009).

M71

16. Semiconductor quantum dots: intraband electronic, optical and carrier dynamical properties, N. Prodanovic, School of Electronic and Electrical Engineering, University of Leeds, United Kingdom (2014).