

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/327
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

24.06. 2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Синтеза и карактеризација биокompatibilних оптички активних флуорида ретких земаља“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ИВАНА (Зоран) ДИНИЋ, дипл. инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

3. Година дипломирања: 2011.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

3. Година дипломирања: 2012.

4. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

Година одбране магистарске тезе: /

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2012/2013. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 23.06.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 23.06.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације ИВАНЕ ДИНИЋ, мастер инж., под називом: „Синтеза и карактеризација биокомпатибилних оптички активних флуорида ретких земаља“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују: др Љиљана Мојовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Лидија Манчић, научни саветник Института техничких наука САНУ

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментори, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: **Ивана Динић**

Име и презиме ментора: **Љиљана Мојовић**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **L. Moјović**, K. Dierksen , R Upson, B Caldwell, J. Lawrence, J Trempy , P. McFadden, Blind and naïve classification of toxicity by fish chromatophores, *J Appl Toxicol* , **24**(5) (2004):355-61. ISSN: 0260-437X; IF(2004)=1.360.
2. **L. Moјović**, S. Nikolić., M. Rakin, M. Vukašinović, Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates, *Fuel*, **85** (12-13), 2006, 1750-1755. ISSN: 0016-2361; IF(2006)=1.358.
3. S. Nikolić, **L. Moјović**, M. Rakin, D. Pejin, J. Pejin, Ultrasound-assisted production by simultaneous saccharification and fermentation of corn meal. *Food Chemistry*, **122** (1) (2010) 216-222. ISSN: 0308-8146 ; IF(2010)=3.458.
4. **L. Moјović**, D. Pejin, M. Rakin, J. Pejin, S. Nikolić, A. Djukić-Vuković, How to improve the economy of bioethanol production in Serbia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **16** (8) (2012) 6040-6047, ISSN 1364-0321; IF(2012)=5.627
5. A.P.Djukić-Vuković, B. Jokić, J. Pejin, S. Kocić-Tanackov , **L. Moјović** , Mg-modified zeolite as a carrier for *Lactobacillus rhamnosus* in L (+) lactic acid production on distillery wastewater. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.*, **59** (2016) 262-266. ISSN 1876-1070; IF(2014)=3.000
6. A.P.Djukić-Vuković, D. Mladenović, M. Radosavljević, S. Kocić-Tanackov , J. Pejin, **L. Moјović**, Wastes from bioethanol and beer productions as substrates for l(+) lactic acid production - A comparative study, *Waste management* **48**(2016). 478-482 ISSN:0956-053X, IF(2014)=3.220

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 13.06.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О КОМЕНТОРУ

за кандидата **Ивана Динић**

Име и презиме ментора: **Лидија Манчић**

Звање: **Научни саветник**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. I. Z. Dinic, M. E. Rabanal, K. Yamamoto, Z. Tan, S. Ohara, **L. Mancic**, O. Milosevic, "PEG and PVP assisted solvothermal synthesis of $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}/\text{Er}^{3+}$ up-conversion nanoparticles", *Advanced Powder Technology*, in press
<http://dx.doi.org/10.1016/j.appt.2015.11.010>.
ISSN: 0921-8831 IF: 2.638
2. D. J. Jovanović, I. M. Dugandžić, G. Ćirić-Marjanović, T. Radetić, S.P. Ahrenkiel, O.B. Milošević, J.M. Nedeljković, Z.V. Šaponjić, **L. T. Mancic**, "Spherical assemblies of titania nanotubes generated through aerosol processing", *Ceramics International*, Volume 41, Issue 10, Part B, (2015) 14754–14759
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.07.205>.
ISSN: 0272-8842 IF: 2.605
3. B. A. Marinkovic, P.I. Pontón, J.M. Resende, S. Letichevsky, M. Habran, J.B. Viol, O. Pandoli, **L. Mancic**, Lepidocrocite-like ferrititanate nanosheets and their full exfoliation with quaternary ammonium compounds, *Materials & Design*, 85 (2015) 197-204.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.171>.
ISSN: 0264-1275 IF: 3.501
4. M. E. Rabanal, I. Barroso, L. S. Gómez-Villalba, **L. Mancic**, O. Milosevic, "Directed growth of nanoarchitected hybrid phosphor particles synthesized at low temperature", *Advanced Powder Technology*, 25, 5 (2014) 1442-1448.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.appt.2014.03.006>.
ISSN: 0921-8831 IF: 2.638
5. V. Lojpur, **L. Mancic**, M.E. Rabanal, M.D. Dramicanin, Z. Tan, T. Hashishin, S. Ohara, O. Milosevic, Structural, morphological and luminescence properties of nanocrystalline up-converting $\text{Y}_{1.89}\text{Yb}_{0.1}\text{Er}_{0.01}\text{O}_3$ phosphor particles synthesized through aerosol route, *Journal of Alloys and Compounds*, 580 (2013) 584–591
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.07.125>.
ISSN: 0925-8388 IF: 2.999
6. **L. Mancic**, B.A. Marinkovic, K. Marinkovic, M. Dramicanin, O. Milosevic, "Soft chemistry routes for synthesis of rare earth oxide nanoparticles with well defined morphological and structural characteristics", *Journal of Nanoparticle Research*, 13, 11 (2011) 5887-5897,
<http://dx.doi.org/10.1007/s11051-010-0215-9>.
ISSN: 1572-896X IF: 2.184

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 13.06.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata Ivane Dinić, master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 14.4.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Ivane Dinić master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Sinteza i karakterizacija biokompatibilnih optički aktivnih fluorida retkih zemalja“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Kandidat Ivana (Zoran) Dinić je rođena 6.4.1987. godine u Zaječaru. Osnovnu i srednju medicinsku školu završila je u Zaječaru. Godine 2006. upisala je studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Hemijska tehnologija, studijsko područje Farmaceutsko inženjerstvo. Diplomirala je 12.9.2011. sa završnim radom na temu „Uticaj jona bakra na difuziona svojstva bakar/poli (2-hidroksietil akrilat/itakonska kiselina) hibridnih hidrogelova“. Master akademske studije upisala je 2011. godine na studijskom programu Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija, Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Odbranom master rada sa temom „Optimizacija enzimske sinteze floridzil-oleata metodom odzivnih površina“ završila je master akademske studije sa prosečnom ocenom 8,88, 25.9.2012.

Doktorske akademske studije upisala je školske 2012/2013 na istom fakultetu, smer Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Ivana Z. Dinić je u okviru doktorskih studija položila sve ispite (12) predviđene studijskim programom (prosečna ocena 9,00). Završni ispit (pristupni rad) pod nazivom „Sinteza optički aktivnih nanočestica fluorida koje imaju potencijalnu primenu u biomedicini“ je odbranila u septembru 2014. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: prof. dr Ljiljana Mojović, prof. dr Đorđe Janačković, i prof. dr Radoslav Aleksić. Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija su dati u tabeli:

Redni broj	Naziv predmeta	ESPB
1	Biohemijska kinetika	5
2	Industrijska mikrobiologija	5
3	Odabrana poglavlja numeričke analize	5
4	Hemijska kinetika	5
5	Masena spektrometrija	4
6	Odabrana poglavlja instrumentalne analize	7
7	Materijali sa specifičnim električnim, toplotnim, magnetnim i optičkim svojstvima	4
8	Odabrana poglavlja biohemije – vitamini	5
9	Biomasa kao izvor energije	4
10	Hemija čvrstog stanja	5
11	Metode karakterizacije keramičkih i staklastih materijala	4
12	Završni ispit	30
Ukupno		83

Ivana Z. Dinić od 17.6.2013. godine volontira u Institutu tehničkih nauka SANU na projektu OI172035 „Racionalni dizajn i sinteza biološki aktivnih i koordinacionih jedinjenja i funkcionalnih materijala, relevantnih u (bio) nanotehnologiji“. Oblast njenog naučno-istraživačkog rada obuhvata razvijanje metoda sinteze optički aktivnih fluorida na bazi elemenata retkih zemalja sa kontrolisanim morfološko-strukturnim svojstvima i biokompaktibilnom površinom. Ivana Dinić je koautor jednog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (M21 – 1 rad) i 6 naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih skupova koji su iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije.

Spisak objavljenih radova i saopštenja

1. Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja – M20

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu – M₂₁

1. **Ivana Z. Dinic**, Maria Eugenia Rabanal, Kazuhiro Yamamoto, Zhenquan Tan, Satoshi Ohara, Lidija T. Mancic, Olivera B. Milosevic, *PEG and PVP assisted solvothermal synthesis of NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺ up-conversion nanoparticles*, Advanced Powder Technology, Available online 7 December 2015
DOI:10.1016/j.appt.2015.11.010, ISSN: 0921-8831.

2. Zbornici međunarodnih naučnih skupova

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu - M₃₄

1. **Ivana Z. Dinic**, Ivan M. Dugandzic, Lidija T. Mancic, Maria Eugenia Rabanal, Kazuhiro Yamamoto, Zhenquan Tan, Satoshi Ohara, Olivera B. Milosevic, *PVP-assisted Solvothermal Processing of Hexagonal NaYF₄:Yb³⁺/Er³⁺ Nanoparticles*, 14th European Ceramic conference, 20-25 June 2015, Toledo, Spain, Abstract ID 1897.
2. **Ivana Z. Dinic**, Lidija T. Mancic, Maria Eugenia Rabanal, Olivera B. Milosevic, *PEG assisted hydrothermal synthesis of NaYF₄:Yb³⁺, Er³⁺ nanoparticles*, Serbian Ceramic Society Conference - Advanced Ceramics and Application IV: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, 21-23 September, 2015, Belgrade, Serbia, Program and the book of abstracts, p 75.

3. **Ivana Z. Dinic**, Lidija T. Mancic, Maria Eugenia Rabanal, Olivera B. Milosevic, *Hydrothermal synthesis of optically active rare earth fluorides*, 11th Conference for Young Scientists in Ceramics, 21-24 October, 2015. Novi Sad, Serbia, Book of Abstracts, p 58.
4. **Ivana Z. Dinic**, Lidija T. Mancic, Maria Eugenia Rabanal, Olivera B. Milosevic, *Hydro/solvo-thermal synthesis of surface modified NaYF₄ co-doped Yb³⁺/Er³⁺ up-conversion nanoparticles*, Fourteenth Young Researchers' Conference - Materials Science and Engineering, 9-11 december 2015, Belgrade, Serbia, Program and the Book of Abstracts, p 20.
5. **Ivana Z. Dinic**, Lidija T. Mancic, Maria Eugenia Rabanal, Olivera B. Milosevic, *Compositional and structural dependence of upconverting RE-fluorides obtained through EDTA assisted hydrothermal synthesis*, AMPT 2015, 14-17 december 2015, Madrid, Spain, Program/ Book of abstracts, p 281.
6. **Ivana Z. Dinic**, Ivan M. Dugandzic, Lidija T. Mancic, Maria Eugenia Rabanal, Olivera B. Milosevic, *Surfactants Assisted Hydrothermal Synthesis of NaYF₄ co-doped Yb³⁺/Er³⁺ Up-conversion Nanoparticles*, Advanced Ceramics and Applications Conference III: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, 29 september – 1 october, 2014, Belgrade, Serbia, Program and the book of abstracts, p 88.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru volonterskog naučno-istraživačkog rada na projektu Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, OI172035, Ivana Z. Dinić, master inženjer tehnologije je pokazala izrazitu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Takođe, iz same predložene teme disertacije, kandidat je do sada objavio jedan rad u istaknutom međunarodnom časopisu M21, dok je još jedan rad u pripremi, čime ispunjava potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet naučnog istraživanja u okviru predložene teme je razvijanje metoda sinteze optički aktivnih fluorida na bazi elemenata retkih zemalja sa kontrolisanim morfološko-strukturnim svojstvima i biokompaktibilnom površinom.

Optički aktivne nanočestice fluorida elemenata retkih zemalja privukle su veliku pažnju u poslednjih nekoliko godina zbog svoje uspešne primene u biološkim snimanjima, odnosno u vizualizaciji i karakterizaciji bioloških procesa na ćelijskom i molekulskom nivou. Zbog neinvazivne prirode i velike dubine prodiranja u tkiva, primena ovih materijala omogućava ranu dijagnostiku i praćenje različitih oboljenja, a pre svega kancera. Najveće interesovanje naučne javnosti je i dalje usmereno ka optimizaciji procesa sinteze kao i modifikaciji površine sintetisanih čestica koje sadrže dopirane trovalentne jone elemenata retkih zemalja i poseduju sposobnost „Up“-konvertorske (anti-štoks) emisije svetlosti. „Up“-konverzija predstavlja nelinearni optički proces u kome sukcesivna apsorpcija dva ili više fotona dovodi do emisije svetlosti na kraćoj talasnoj dužini od pobudne [1]. Materijali koji pored „Up“-konvertorskih optičkih svojstava poseduju i dobru fotostabilnost se mogu koristiti i kao izvori svetlosti (fluorescentne lampe), u proizvodnji displeja (katodne cevi, plazma ekrani) i u zaštiti dokumenata i novčanica. Njihova primena u biomedicini i farmaceutici zasniva se na vezivanju za različite ligande (DNA, RNA, bioaktivni proteini ili antitela) u dijagnostičke svrhe. Da bi se ovo vezivanje za biološke ligande ostvarilo potrebno je izvršiti dodatnu površinsku modifikaciju čestica. Tako inženjerizovane nanočestice

fluorida elemenata retkih zemalja se mogu koristiti i kao indikatori patogena, različitih antigena i citokina, odnosno proteina koji učestvuju u imunom odgovoru organizma [2, 3, 4].

Elementi retkih zemalja (RE) uključuju 15 elemenata: niz od lantanijuma do lutecijuma, kao i skandijum i itrijum. Njihova elektronska konfiguracija odgovara formuli $4f^n 5s^2 5p^6 6s^2$ ($n=0-14$). Nakon uklanjanja 6s elektrona i formiranja trovalentnih jona, 4f orbitale postaju optički aktivne, što omogućava prelaze tipa 4f i/ili 4f-5d koji dovode do emisije fotona u vidljivom delu spektra. Jedinjenja fluorida elemenata retkih zemalja tipa YF_3 i $NaYF_4$ predstavljaju idealne matrice za dopiranje ovih optički aktivnih jona jer poseduju visok stepen indeksa refrakcije i dobru hemijsku stabilnost [5, 6]. Kao dopant joni *aktivatori* u ovim jedinjenjima najčešće se koriste Er^{3+} , Tm^{3+} i Ho^{3+} , dok je najveća „Up“-konvertorska efikasnost parova *aktivator-senziter* potvrđena u sistemima Er^{3+}/Yb^{3+} i Tm^{3+}/Yb^{3+} [7].

Među fluoridima elemenata retkih zemalja, čestice sastava $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$ koje imaju heksagonalnu kristalnu strukturu predstavljaju najefikasnije „Up“-konvertorske materijale koji se mogu koristiti u biomedicini. Stabilisanje čiste heksagonalne faze u sferičnim nanočesticama je do sada ostvareno metodom termičkog razlaganja organskih prekursora u rastvaračima sa visokom tačkom ključanja, tačnije termolizom trifluoroacetatnih soli metala retkih zemalja u oleinskoj kiselini/oktadecenu/oleilaminu pod zaštitnom atmosferom argona, ali su dobijene čestice hidrofobne te zahtevaju i dodatni korak modifikacije površine uvođenjem hidrofilnih karboksi-, tiol- ili amino-funkcionalnih grupa [8]. U tu svrhu u literaturi je predloženo korišćenje poliakrilne kiseline (PAA), polietilenimina (PEI), polietilenglikola (PEG) i drugih polimera [9, 10]. Razmatranje mogućnosti korišćenja različitih biokompatibilnih polimera kao modifikatora površine ali i agenasa koji utiču na nukleaciju i rast kristala u toku hidro/solvo-termalnog procesiranja neorganskih soli metala retkih zemalja se sve češće sreće u literaturi kao jedan od načina direktne sinteze fluoridnih nanočestica sa zahtevnom hidrofilnom površinom. Pregledom literature, utvrđeno je da se ovom metodom u većini slučajeva dobijaju nanočestice $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$ kubne kristalne strukture dok je kontrolisana sinteza heksagonalnog $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$ i dalje u procesu optimizacije.

Imajući napred navedeno u vidu, cilj ove doktorske disertacije je optimizacija procesa hidro/solvo-termalne sinteze hidrofilnih, optički aktivnih čestica fluorida na bazi elemenata retkih zemalja, a posebno $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$ heksagonalne kristalne strukture sa definisanim morfološkim i „Up“-konvertorskim karakteristikama, polazeći iz neorganskih soli metala retkih zemalja i biokompaktibilnih polimera.

Literatura

[1] Gu, Z., Yan, L., Tian, G., Li, S., Chai, Z., Zhao, Y. Recent advances in design and fabrication of upconversion nanoparticles and their safe theranostic applications (2013) *Advanced Materials*, 25 (28), pp. 3758-3779.

[2] Chen, H., Zhen, Z., Todd, T., Chu, P.K., Xie, J. Nanoparticles for improving cancer diagnosis (2013) *Materials Science and Engineering R: Reports*, 74 (3), pp. 35-69.

[3] Ouellette, A.L., Li, J.J., Cooper, D.E., Ricco, A.J., Kovacs, G.T.A. Evolving point-of-care diagnostics using up-converting phosphor bioanalytical systems (2009) *Analytical Chemistry*, 81 (9), pp. 3216-3221.

[4] Zhu, X., Da Silva, B., Zou, X., Shen, B., Sun, Y., Feng, W., Li, F. Intra-arterial infusion of PEGylated upconversion nanophosphors to improve the initial uptake by tumors in vivo (2014) *RSC Advances*, 4 (45), pp. 23580-23584.

[5] Shen, J., Sun, L.-D., Yan, C.-H. Luminescent rare earth nanomaterials for bioprobe applications (2008) *Dalton Transactions*, (42), pp. 5687-5697.

[6] Li, C., Lin, J. Rare earth fluoride nano-/microcrystals: Synthesis, surface modification and application (2010) *Journal of Materials Chemistry*, 20 (33), pp. 6831-6847.

[7] Haase, M., Schäfer, H. Upconverting nanoparticles (2011) *Angewandte Chemie - International Edition*, 50 (26), pp. 5808-5829.

[8] Mader, H.S., Kele, P., Saleh, S.M., Wolfbeis, O.S. Upconverting luminescent nanoparticles for use in bioconjugation and bioimaging (2010) *Current Opinion in Chemical Biology*, 14 (5), pp. 582-596.

[9] Dou, Q.Q., Guo, H.C., Ye, E. Near-infrared upconversion nanoparticles for bio-applications (2014) *Materials Science and Engineering C*, 45, pp. 635-643.

[10] Lu, J., Chen, Y., Liu, D., Ren, W., Lu, Y., Shi, Y., Piper, J., Paulsen, I., Jin, D. One-Step Protein Conjugation to Upconversion Nanoparticles (2015) *Analytical Chemistry*, 87 (20), pp. 10406-10413.

3. Polazne hipoteze

Polazne hipoteze u izradi ove doktorske disertacije su:

- „Up“-konvertorske čestice fluorida na bazi elemenata retkih zemalja (tipa $Y_{1-x}F_3:(Yb/Er)_x$ i $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$) se mogu sintetisati hidro/solvo-termalnom metodom korišćenjem neorganskih soli elemenata retkih zemalja i natrijum fluorida.

- Optimizacijom procesa hidro/solvo-termalne sinteze (variranjem pH, koncentracije prekursora, vremena, temperature, rastvarača...), moguće je definisati uslove koji će dovesti do nukleacije heksagonalne $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$ faze, koja je trenutno najefikasniji „Up“-konvertorski poznati materijal.

- Uvođenjem različitih biokompatibilnih polimera tokom samog procesa sinteze moguće je generisati *in situ* biokompatibilne čestice fluorida retkih zemalja zahtevnih morfoloških (veličina, oblik, hidrofilnost), strukturnih (fazni sastav, uniformna dopiranost) i optičkih („Up“-konvertorskih) karakteristika koje omogućavaju njihovu primenu u biološkim snimanjima.

4. Naučne metode istraživanja

Optički aktivne biokompatibilne čestice fluorida elemenata retkih zemalja, a pre svega $NaY_{1-x}F_4:(Yb/Er)_x$ će biti sintetisane hidro/solvo-termalnim procesiranjem nitratskih soli itrijuma, iterbijuma i erbijuma, uz upotrebu NaF kao precipitatora, vode ili alkohola kao rastvarača i poletilenglikola (PEG), polivinilpirolidona (PVP), hitozana i etilendiaminotetrasirćetne kiseline (EDTA) kao modifikatora površine i agenasa za kontrolu nukleacije i rasta kristala. U slučaju dobijanja čestica niske kristaliničnosti dodatna kalcinacija praha će biti vršena u atmosferi argona. Optička aktivnost čestica u vidljivom delu spektra, odnosno efikasnost „Up“-konverzije, vršiće se merenjem intenziteta plave (~ 408 nm), zelene (~ 520 i 540 nm,) i crvene (~ 655 nm) emisije svetlosti nakon pobuđivanja infracrvenim izvorom zračenja ($\lambda \sim 980$ nm), vremena života, definisanja međusobnog odnosa emisije, kao i pozicioniranjem finalne emisije boje unutar dijagrama hromatičnosti.

Za karakterizaciju sintetizovanih čestica biće korišćene sledeće metode i tehnike: rendgenska difrakciona analiza praha (XRPD) za određivanje faznog sastava, prostornih grupa, veličine kristalita, parametara kristalne rešetke i postignutog stepena dopiranja; infracrvena spektroskopska analiza sa Furijeovim transformacijama (FTIR) za određivanje prisustva karakterističnih grupa bioaktivnih polimera na površini čestica; skenirajuća i transmisivna elektronska mikroskopija u sprezi sa energo-disperzivnom spektroskopijom (SEM/TEM-EDS) za određivanje morfologije (oblika i veličine) i potvrdu hemijskog sastava odnosno čistoće sintetisanih čestica; visoko-rezoluciona transmisivna elektronska mikroskopija (HRTEM) za potvrdu predložene prostorne grupe heksagonalne faze i veličine kristalita; kao i energo-disperzivna mikroanaliza X zracima (EMAX) za ispitivanje uniformnosti dopiranja jonima aktivatora i senzitera unutar sintetisanih čestica.

Antimikrobna aktivnost sintetisanih čestica će se pratiti na odabranim test mikroorganizmima. Citotoksičnost će se utvrditi na živim ćelijama u *in vitro* uslovima. Sposobnost vezivanja sintetisanih čestica za biološke proteine će se ispitati uz merenje koncentracije proteina standardnim spektrofotometrijskim metodama.

5. Očekivani naučni doprinosi

Očekivani naučni doprinos se ogleda u sledećem:

- optimizacija procesa hidro/solvo-termalne sinteze optički aktivnih biokompatibilnih čestica fluorida elemenata retkih zemalja.
- definisanje uticaja biokompaktibilnih polimera na proces nukleacije, prostornu orijentisanost i organizaciju kristala tokom rasta, oblik i veličinu čestica, kao i njihove optičke karakteristike.
- definisanje mehanizama nastajanja koloidnih nanokristala i rasta kristala u hidrotermalnim i solvotermalnim uslovima u cilju uspostavljanja metoda kontrolisane sinteze homogenih i heterogenih optički aktivnih fluoridnih nanostrukture.
- korelacija parametara sinteze u cilju stabilisanja heksagonalne $\text{NaY}_{1-x}\text{F}_4:(\text{Yb/Er})_x$ faze u česticama koji imaju funkcionalizovanu površinu prilagođenu primeni u biomedicini.

Dobijeni rezultati će biti vrednovani naučnim publikacijama u vodećim međunarodnim časopisima koji su bitni za ovu oblast.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predložena disertacija će biti sačinjena iz tri celine: prva celina bi predstavila sintezu optički aktivnih biokompatibilnih čestica na bazi fluorida retkih zemalja, tačnije itrijum fluorida i natrijum itrijum fluorida dopiranih iterbijumom i erbijumom, a posebno jedinjenja sastava $\text{NaY}_{0.8}\text{Yb}_{0.17}\text{Er}_{0.03}\text{F}_4$ hidro/solvo-termalnim procesiranjem prekursora na bazi nitratnih soli elementata retkih zemalja različite koncentracije, natrijum fluorida i PEG, PVP, EDTA i hitozana u vodenoj ili alkoholnoj sredini; druga celina bi predstavila detaljnu karakterizaciju sintetisanih čestica odnosno pregled ostvarenih strukturnih, morfoloških i „Up“-konvertorskih svojstava; treća celina bi se odnosila na uspostavljanje korelacije između primenjenih parametara sinteze (hemije i koncentracije prekursora, koncentracije dopanta i biokompaktibilnih polimera, temperature i vremena procesiranja, dodatnog termičkog tretmana) i rezultujućih karakteristika sintetisanih čestica sa aspekta njihove primene u biomedicini (sposobnosti vezivanja za biološki aktivne proteine, citotoksičnost i antimikrobnu aktivnost), a sa ciljem nalaženja optimalnih parametara za sintezu heksagonalne $\text{NaY}_{0.8}\text{Yb}_{0.17}\text{Er}_{0.03}\text{F}_4$ faze.

Predviđeno je da doktorska disertacija ima sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura*. *Uvod* će obuhvatiti aktuelnosti istraživanja, predmet i cilj istraživanja i očekivani doprinos disertacije. *Teorijski deo* obuhvatiće pregled relevantne literature koja se odnosi na strukturu i svojstva „Up“-konvertorskih materijala uopšte, a posebno fluorida na bazi elemenata retkih zemalja, kao i do sada korišćenih metoda za njihovo dobijanje. Biće opisane predložene prostorne grupe heksagonalne $\text{NaY}_{1-x}\text{F}_4:(\text{Yb/Er})_x$ faze sa stanovišta dostupnih kristalografskih pozicija za uvođenje dopanata (*aktivatora i senzitera*), mehanizam „Up“-konverzije, kao i metode stabilizacije ove faze u nanočesticama. Poseban osvrt biće dat na dosadašnja istraživanja vezana za funkcionalizaciju površine fluorida biokompaktnim polimerima i njihovog daljeg vezivanja za biološki aktivne proteine. *Eksperimentalni deo* obuhvatiće: materijale i opremu korišćenu tokom rada; opis postupka pripreme prekursora kao i parametre procesa

hidro/solvo-termalne sinteze za svaki od ispitivanih sistema; kao i opis metoda karakterizacije strukture, morfologije i „Up“-konverzije. U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazana analiza i diskusija dobijenih rezultata. Analiziraće se uticaj hemije i koncentracije prekursora, koncentracije dopanta i izbora biokompaktibilnog polimera, kao i temperature i vremena procesiranja, na ostvareni stepen funkcionalizacije površine (karboksil, karbonil ili amino grupama), njihov uticaj na strukturu i finalna optička svojstva čestica. U poglavlju *Zaključak* na osnovu izvršenih eksperimenata biće sumirani svi dobijeni rezultati, uz osvrt na njihov naučni doprinos, važnost i potencijanu primenu. Deo *Literatura* će obuhvatiti navode citirane u disertaciji, kao i radove proistekle u toku rada na doktorskoj disertaciji.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima Komisija smatra da kandidat Ivana Z. Dinić, master inženjer tehnologije, ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije koja pripada naučnoj oblasti **Tehnološko inženjerstvo**, odnosno užoj naučnoj oblasti **Biohemijско inženjerstvo i inženjerstvo materijala**, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Komisija takođe smatra da je tema „**Sinteza i karakterizacija biokompatibilnih optički aktivnih fluorida retkih zemalja**“ naučno zasnovna i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentore se predlažu **dr Ljiljana Mojović** (redovni profesor Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu) i **dr Lidija Mančić** (naučni savetnik Institut tehničkih nauka SANU).

U Beogradu, 30.5.2016.

ČLANOVI KOMISIJE

dr Ljiljana Mojović, redovni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Lidija Mančić, naučni savetnik
Institut tehničkih nauka SANU

dr Olivera Milošević, naučni savetnik
Institut tehničkih nauka SANU

dr Dejan Bezbradica, vanredni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu