

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/75
(Број захтева)

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

03.03.2016.
(Датум)

З А Х Т Е В

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:

„Процесирање, својства и могућност примене мултифероичних материјала на бази бизмут-ферита“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

НИКОЛА (Илија) ИЛИЋ, мастер. инж.

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

3. Година дипломирања: 2011.

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

5. Година дипломирања: 2012.

6. Назив магистарске тезе кандидата: /

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

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

Година одбране магистарске тезе: /

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

на седници одржаној **03.03.2016. 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. 76. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 29. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 03.03.2016. 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 **НИКОЛЕ ИЛИЋА**, мастер инж., под називом: **„Процесирање, својства и могућност примене мултифероичних материјала на бази бизмут-ферита“**.

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

За менторе се одређују:

- 1. Др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет**
- 2. Др Јелена Бобић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања**

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Додатак уз образас 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Никола Илић

Име и презиме ментора: Рада Петровић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **R. Petrović**, S. Milonjić, V. Jokanović, Lj. Kostić-Gvozdenović, I. Petrović-Prelević, Đ. Janačković, "Influences of Synthesis Parameters on the Structure of Boehmite Sol Particles", *Powder Technology*, **133** (2003) 185-189 (IF (2003) = 0,951; ISSN 0032-591).
2. D. Stojanović, B. Jokić, Đ. Veljović, **R. Petrović**, P.S. Uskoković, Đ. Janačković, "Bioactive Glass Apatite Coating for Titanium Implant Synthesized by Electrophoretic Deposition", *Journal of the European Ceramic Society*, **27** (2007) 1595-1599 (IF (2007) = 1,562; ISSN 0955-2219).
3. B. Jokić, S. Drmanić, T. Radetić, J. Krstić, **R. Petrović**, A. Orlović, Dj. Janačković, Synthesis of submicron carbon spheres by the ultrasonic spray pyrolysis method, *Materials Letters*, **64** (2010) 2173-2176 (IF (2010) = 2,117; ISSN 0167-577X).
4. N. M. El-Buaishi, I. Janković-Častvan, B. Jokić, Dj. Veljović, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Crystallization behavior and sintering of cordierite synthesized by an aqueous sol-gel route, *Ceramic International*, **38** (2012) 1835-1841 (IF (2012) = 1,789; ISSN 0272-8842).
5. **R. Petrović**, N. Tanasković, V. Djokić, Ž. Radovanović, I. Janković-Častvan, I. Stamenković, Dj. Janačković, Influence of the Gelation and Calcination Temperatures on Physical Parameters and Photocatalytic Activity of Mesoporous Titania Powders Synthesized by the Nonhydrolytic Sol-gel Process, *Powder Technology*, **219** (2012) 239-243 (IF(2012) = 2,024; ISSN 0032-5910).
6. N. M. El-Buaishi, Dj. Veljović, B. Jokić, Ž. Radovanović, I. Steins, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Conventional and spark-plasma sintering of cordierite powders synthesized by sol-gel methods, *Ceramic International*, **39** (2013) 5845-5854 (IF (2013) = 2,086; ISSN 0272-8842).
7. A. Bjelajac, V. Djokić, **R. Petrović**, G. Socol, I. N. Mihailescu, I. Florea, O. Ersen, Dj. Janacković, Visible light-harvesting of TiO₂ nanotubes array by pulsed laser deposited CdS, *Applied Surface Science* 309 (2014) 225-230 (IF (2014) = 2,711; ISSN 0169-4332).
8. Dj. Veljović, Ž. Radovanović, A. Dindune, E. Palcevskis, A. Krumina, **R. Petrović**, Dj. Janačković, The influence of Sr and Mn incorporated ions on the properties of microwave single- and two-step sintered biphasic HAP/TCP bioceramics, *Journal of Material Science* 49 (2014) 6793-6802 (IF (2014) = 2,371; ISSN 0022-2461).

9. A. Bjelajac Z., **R. Petrović**, J. M. Nedeljković, V. Djokić, T. Radetić, J. Ćirković, Dj. Janačković, Ex-situ sensitization of ordered TiO₂ nanotubes with CdS quantum dots, *Ceramics International* 41 (2015) 7048-7053 (IF (2014) = 2,605; ISSN 0272-8842)
10. V. Nikolić, M. Komljenović, Z. Baščarević, N. Marjanović, Z. Miladinović, **R. Petrović**, The influence of fly ash characteristics and reaction conditions on strength and structure of geopolymers, *Construction and Building Materials*, 94 (2015) 361–370 (IF(2014) = 2,710, ISSN 0950 – 0618)

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 односно 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: 02. 03. 2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Николу Илића

Име и презиме ментора: Јелена Бобић

Звање: научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Bobić J.D.**, Katiliute R.M., Ivanov M., Vijatović Petrović M.M., Ilić N.I., Dzunuzović A.S., Banys J., Stojanović B.D.: *Dielectric, ferroelectric and magnetic properties of La doped $Bi_5Ti_3FeO_{15}$ ceramics*, -Journal of Materials Science: Materials in Electronics, DOI 10.1007/s10854-015-4044-6, ISSN: 0957-4522, IF(2014): 1,569,
2. **Bobić J.D.**, Vijatović Petrović M.M., Ilić N.I., Palaimiene E., Grigalaitis R., Paiva-Santos C.O., Cilence M., Stojanović B.D.: *Lead-free $BaBi_4Ti_4O_{15}$ ceramics: effect of synthesis methods on phase formation and electrical properties*, -Ceramics International, Vol 41, 2015, pp. 309-316, ISSN:0272-8842, IF(2014): 2,605,
3. **Bobić J.D.**, Vijatović Petrović M.M., Banys J., Stojanović B.D.: *Effect of La substitution on the structural and electrical properties of $BaBi_{4-x}La_xTi_4O_{15}$* , -Ceramics International, Vol 39, 2013, pp. 8049–8057, ISSN:0272-8842, IF(2014): 2,605,
4. **Bobic J.D.**, Vijatovic Petrovic M.M., Banys J., Stojanovic B.D.: *Electrical properties of niobium doped barium bismuth-titanate ceramics*, - Materials Research Bulletin, Vol 47, 2012, pp. 1874–1880, ISSN:0025-5408, IF(2014): 2,288,
5. **Bobic J.D.**, Vijatovic M.M., Greicius S., Banys J., Stojanovic B.D.: *Dielectric and relaxor behavior of $BaBi_4Ti_4O_{15}$ ceramics*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 499, 2010, pp. 221-226, ISSN:0925-8388, IF(2014): 2,999.

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: 02.03.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

UNIVERZITET U BEOGRADU

Tehnološko-metalurški fakultet

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Nikole Ilića, master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije.

Odlukom br. 35/14 od 28. 01. 2016. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Nikole Ilića za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „**Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita**“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Nikola Ilić je rođen 12. marta 1988. godine u Užicu. Završio je osnovnu školu „Dimitrije Tucović“ na Zlatiboru kao učenik generacije 2003. godine, a 2007. je sa odličnim uspehom završio „Užičku gimnaziju“.

Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, smer Neorganska hemijska tehnologija, upisao je školske 2007/2008. godine. Diplomirao je 2011. godine sa prosečnom ocenom u toku studija 9,15. Završni rad pod nazivom „Sinteza nanostrukturnih sistema na bazi titan(IV)-oksida kao fotokatalizatora i ugljeničnih nanocevi kao nosača“ odbranio je sa ocenom 10.

Školske 2011/2012. upisao je master studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Hemijsko inženjerstvo. Diplomirao je 2012. godine sa prosekom 9,71. Završni master rad pod nazivom „Adsorpcija arsena iz vodenih rastvora na modifikovanom sepiolitu“ odbranio je sa ocenom 10.

Dobitnik je sledećih nagrada i priznanja: Povelja-Nagrada Panta S. Tutundžić Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu za izuzetan uspeh na osnovnim akademskim studijama školske 2009/2010. godine i školske 2010/2011. godine; Povelja-Nagrada Panta S. Tutundžić Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu za izuzetan uspeh tokom studija i završetak studija školske 2010/2011. godine; Specijalno priznanje Srpskog hemijskog društva za 2012. godinu za izuzetan uspeh u toku studija na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Od jula 2012. do februara 2013. obavljao je praksu u kompaniji NIS Gazprom Neft.

Od 2013. godine član je Srpskog hemijskog društva.

Oblasti kojima se bavi u naučnim istraživanjima su: feroelektrični materijali, magnetni materijali, multiferoici, sinteza prahova i procesiranje keramike na bazi bizmut-ferita.

Služi se engleskim i ruskim jezikom.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Nikola Ilić je u okviru doktorskih studija položio sve ispite predviđene studijskim programom sa prosečnom ocenom 9,92. Završni ispit pod nazivom „*Bizmut-ferit kao jednofazni multiferoični materijal*“ je odbranio u septembru 2014. godine sa ocenom 10.

Položeni ispiti i ostvareni ESPB bodovi u okviru doktorskih studija

Redni br.	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Termodinamika čvrstog stanja	10	5
2.	Teorijski osnovi keramike i stakla	10	5
3.	Viši kurs analitičke hemije	10	5
4.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10	5
5.	Fizika materijala	10	4
6.	Fenomeni prenosa u inženjerstvu materijala	10	5
7.	Materijali sa specifičnim električnim, toplotnim, optičkim i magnetnim svojstvima	10	4
8.	Fazna ravnoteža u višekomponentnim sistemima	10	4
9.	Fizika čvrstog stanja	9	4
10.	Hemija čvrstog stanja	10	5
11.	Niskotemperaturni keramički procesi	10	4
12.	Završni ispit	10	30
Srednja ocena/ukupno		9,92	80

Od aprila 2013. godine, Nikola Ilić je uključen kao stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u rad na projektu pod evidencionim brojem III 45021 (Sinteza nanoprahova i procesiranje keramike i nanokompozita sa specifičnim električnim i magnetnim svojstvima za primenu u integrisanim pasivnim komponentama). Pored ovoga, kandidat je uključen i u rad na međunarodnim projektima COST IC 1208 (Integrating devices and materials: a challenge for new instrumentation in ICT) od marta 2013. godine i COST MP 1308 (Towards oxide-based electronics) od aprila 2015. godine, kao i u bilateralnu saradnju sa Institutom Jožef Stefan iz Ljubljane od decembra 2014. do decembra 2015. godine.

Objavljeni naučni radovi i saopštenja

Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21):

1. **Ilić N.**, Bobić J., Stojadinović B., Džunuzović A., Vijatović Petrović M., Dohčević-Mitrović. Z., Stojanović B.: *Improving of the electrical and magnetic properties of*

- BiFeO₃ by doping with yttrium*, - Materials Research Bulletin, Vol 77, 2016, pp. 60-69, ISSN:0025-5408, IF(2014): 2,288,
2. **Ilić N.**, Džunuzović A., Bobić J., Stojadinović B., Hammer P., Vijatović Petrović M., Dohčević-Mitrović Z., Stojanović B.: *Structure and properties of chemically synthesized BiFeO₃. Influence of fuel and complexing agent*, - Ceramics International, Vol 41, 2015 pp. 69-77, ISSN:0272-8842, IF(2014): 2,605,
 3. Bobić J., Vijatović Petrović M., **Ilić N.**, Palaimiene E., Grigalaitis R., Paiva-Santos C., Cilense M., Stojanović B.: *Lead-free BaBi₄Ti₄O₁₅ ceramics: Effect of synthesis methods on phase formation and electrical properties*, - Ceramics International, Vol 41, 2015, pp. 309-316, ISSN:0272-8842, IF(2014): 2,605,
 4. Vijatović Petrović M., Bobić J., Grigalaitis R., **Ilić N.**, Džunuzović A., Jankauskaite V., Banys J., Stojanović B.: *Donor-acceptor joint effect in barium titanate systems*, - Ceramics International, Vol 41, 2015, pp. 11365-11371, ISSN:0272-8842, IF(2014): 2,605,
 5. Džunuzović A., Vijatović Petrović M., Stojadinović B., **Ilić N.**, Bobić J., Foschini C., Zaghet M., Stojanović B.: *Multiferroic (NiZn)Fe₂O₄-BaTiO₃ composites prepared from nanopowders by auto-combustion method*, - Ceramics International, Vol 41, 2015 pp. 13189-13200, ISSN:0272-8842, IF(2014): 2,605,
 6. Stojadinović B., Dohčević-Mitrović Z., Paunović N., **Ilić N.**, Tasić N., Petronijević I., Popović D., Stojanović B.: *Comparative study of structural and electrical properties of Pr and Ce doped BiFeO₃ ceramics synthesized by auto-combustion method*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 657, 2016, pp. 866-872, ISSN:0925-8388, IF(2014): 2,999.

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22):

7. Džunuzović A., **Ilić N.**, Vijatović Petrović M., Bobić J., Stojadinović B., Dohčević Mitrović Z., Stojanović B.: *Structure and properties of Ni-Zn ferrite obtained by auto-combustion method*, - Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol 374, 2015, pp. 245-251, ISSN: 0304-8853, IF(2014): 1,970,
8. Bobić J., Katiliute R., Ivanov M., Vijatović Petrović M., **Ilić N.**, Džunuzović A., Banys J., Stojanović B.: *Dielectric, ferroelectric and magnetic properties of La doped Bi₅Ti₃FeO₁₅ ceramics*, - Journal of Material Science: Materials in Electronics, Vol 27, 2016, pp. 2448-2454, ISSN: 0957-4522, IF(2014): 1,569.

Rad u međunarodnom časopisu (M23):

9. **Ilić N.**, Lazarević S., Rajaković-Ognjanović V., Rajaković Lj., Janačković Đ., Petrović R.: *The sorption of inorganic arsenic on modified sepiolite: the effect of hydrated iron(III) oxide*, - Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 79, No 7, 2014, pp. 815-828, ISSN: 0352-5139, IF(2014): 0,871.

Saopštenja sa međunarodnih skupova štampana u izvodu (M34):

1. **Ilić N.**, Bobić J., Džunuzović A., Makarović M., Rojac T., Stojanović B.: *BiFeO₃ ceramics densification study*, 11th Conference for young scientists in ceramics, ESR Workshop, COST IC1208, Novi Sad 2015, Book of abstracts p. 119, ISBN 978-86-6253-049-3,
2. **Ilić N.**, Stojadinović B., Džunuzović A., Bobić J., Tasić N., Curecheriu L., Dohčević-Mitrović Z., Stojanović B.: *Improved electrical and magnetic properties in Y doped BiFeO₃ ceramics*, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade 2015, Book of abstracts p. 58, ISBN 978-86-80109-19-0,
3. Džunuzović A., Vijatović Petrović M., Bobić J., **Ilić N.**, Stojanović B.: *Properties of BaTiO₃ – NiZnFe₂O₄ multiferroic composites obtained by auto-combustion synthesis*, 11th Conference for young scientists in ceramics, ESR Workshop, COST IC1208, Novi Sad 2015, Book of abstracts p. 127, ISBN 978-86-6253-049-3,
4. **Ilić N.**, Stojadinović B., Džunuzović A., Bobić J., Dohčević-Mitrović Z., Stojanović B.: *Effect of Y-doping on structure and properties of multiferroic BiFeO₃ ceramics*, 13th Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade 2014, Book of abstracts p. 34, ISBN 978-86-80321-30-1,
5. Džunuzović A., **Ilić N.**, Vijatović Petrović M., Bobić J., Grigalaitis R., Stojanović B.: *Structure and properties of BaTiO₃ – Ni_(1-x)Zn_(x)Fe₂O₄ composites*, 13th Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade 2014, Book of abstracts p. 33, ISBN 978-86-80321-30-1,
6. **Ilić N.**, Džunuzović A., Bobić J., Vijatović-Petrović M., Stojanović B.: *Autocombustion synthesis and characterization of multiferroic bismuth ferrite ceramics*, The Tenth Students' Meeting, SM-2013 and The Third ESR Workshop, COST MP0904, Novi Sad 2013, Book of abstracts pp. 119-120, ISBN 978-86-6253-028-8,
7. Džunuzović A., **Ilić N.**, Bobić J., Vijatović Petrović M., Curecheriu L., Stojanović B.: *Synthesis and characterization of nickel zinc ferrites*, The Tenth Students' Meeting, SM-2013 and The Third ESR Workshop, COST MP0904, Novi Sad 2013, Book of abstracts p. 125, ISBN 978-86-6253-028-8,
8. Vijatović Petrović M., Džunuzović A., Bobić J., **Ilić N.I.**, Curecheriu L., Stojanović B.: *Synthesis procedure and properties of NiFe₂O₄ – BaTiO₃ composites*, 2nd Conference of The Serbian Ceramic Society, Belgrade 2013, Book of abstracts p. 89, ISBN 978-86-80109-18-3,
9. **Ilić N.I.**, Džunuzović A.S., Bobić J.D., Vijatović-Petrović M.M., Stojadinović B.S., Dohčević-Mitrović Z.D. and Stojanović B.D.: *Effect of fuel on the auto-combustion synthesized multiferroic BiFeO₃*, 13th International Meeting on Ferroelectricity, Krakow 2013, Book of abstracts p. 591,
10. Bobić J., Vijatović Petrović M., **Ilić N.**, Džunuzović A., Ivanov M., Stojanović B.: *Electrical and magnetic properties of multiferroic Bi₅FeTi₃O₁₅ and Bi_{4.25}La_{0.75}Ti₃FeO₁₅ ceramics*, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade 2015, Book of abstracts p. 106, ISBN 978-86-80109-19-0,
11. Vijatović Petrović M., Bobić J., Grigalaitis R., **Ilić N.**, Džunuzović A., Stojanović B.: *Electrical properties of barium titanate co-doped with Nb and Mn*, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade 2015, Book of abstracts p. 110, ISBN 978-86-80109-19-0,

12. Džunuzović A., Ilić N., Vijatović Petrović M., Bobić J., Stojadinović B., Dohčević-Mitrović Z., Stojanović B.: *Structure and characterization of $BaTiO_3-Ni_{(1-x)}Zn_{(x)}Fe_2O_4$ composites*, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade 2015, Book of abstracts p. 117, ISBN 978-86-80109-19-0,
13. Stojadinović B., Dohčević-Mitrović Z., Ilić N., Tasić N., Stojanović B., Petronijević I., Popović D.: *Comparative study of structural and electrical properties of Pr(Ce)-doped $BiFeO_3$ ceramics by auto-combustion method*, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade 2015, Book of abstracts p. 104, ISBN 978-86-80109-19-0.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Dosadašnjim radom i postignutim rezultatima tokom doktorskih studija i u okviru naučnoistraživačkog rada na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kao i na međunarodnim projektima na kojima učestvuje, Nikola Ilić je pokazao izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Tema doktorske disertacije pripada oblasti iz koje kao prvi autor ima objavljena dva rada u vrhunskim međunarodnim naučnim časopisima i pet saopštenja na međunarodnim skupovima. Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je Nikola Ilić ispunio uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Bizmut-ferit, $BiFeO_3$ (BF) ima perovskitnu strukturu sa velikim Bi^{3+} jonima koji zajedno sa O^{2-} jonima grade površinski centriranu približno kubnu strukturu, pri čemu Bi^{3+} joni zauzimaju rogljeve, a O^{2-} joni centre strana kocke, u čijem centru se nalazi manji Fe^{3+} jon. Jedinična ćelija je ustvari romboedarska, što znači da su svi parametri jedinične ćelije i karakteristični uglovi jednaki. Kako su uglovi $89,40^\circ$, to se jedinična ćelija često naziva i pseudokubnom [1]. Jedna od važnih specifičnih karakteristika BF je neuobičajeno poreklo feroelektričnosti. Uobičajen uzrok spontane električne polarizacije u keramičkim materijalima je necentalnosimetričan raspored jona u jediničnoj ćeliji. Bi^{3+} joni poseduju slobodan elektronski par s obzirom na elektronsku konfiguraciju valentnog nivoa: $4f^{14}5d^{10}6s^2$. Upravo orijentacija ovog elektronskog para u BF keramici uzrokuje pojavu spontane električne polarizacije duž jedne od 8 pseudokubnih [111] osa [2]. Ono što je posebno značajno je što se ova svojstva gube tek na $830^\circ C$ (Kiri temperatura), što BF čini visokotemperaturnim feroelektrikom, kao i to da su vrednosti polarizacije koje se postižu približno jednake polarizaciji $BaTiO_3$ i $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ koji su trenutno najznačajniji feroelektrični materijali. Pri tome, BF poseduje znatno višu Kiri temperaturu od ovih materijala i za razliku od PZT nije toksičan.

Zbog elektronske superizmene, spinovi na susednim Fe^{3+} jonima su suprotno orijentisani, što bizmut-ferit čini antiferomagnetikom G tipa sve do $370^\circ C$ (Nilova temperatura) [3]. Ipak, ni u antiferomagnetnom ponašanju, BF ne ispoljava tipična svojstva. Spinovi u dve podrešetke nisu savršeno antiparalelni, tako da postoji mali rezultujući momenat. Osim toga, usled Đialošinski-Moria superizmenjskih interakcija između spinova, dolazi do energetski povoljnije raspodele spinova u spiralne strukture sa periodom od 62 nm umesto u domene [4]. To znači da se kristali BF manji od 62 nm mogu smatrati slabo ferimagnetnim.

Istovremeno postojanje uređenih električnih, magnetnih i elastičnih svojstava koja se mogu kontrolisati primenjenim električnim, magnetnim poljem ili mehaničkim pritiskom je karakteristika takozvanih multiferoičnih materijala. Na veoma niskim temperaturama, mnogi materijali spadaju u ovu grupu, što nema veliki značaj u primeni. Trenutno su nauci posebno zanimljivi oni materijali koji ovakva svojstva poseduju i na višim temperaturama. Da bi došlo do ispoljavanja svojstava različitog porekla, najčešće se pristupa sintezi kompozitnih materijala, mada postoji i nekoliko materijala koji u takvom stanju ispoljavaju multiferoičnost na sobnoj temperaturi. Bizmut-ferit poseduje multiferoična svojstva u temperaturnom opsegu širem nego bilo koji do sada ispitivani jednofazni materijal (do 370 °C), što ga čini multiferoičkom sa veoma velikom potencijalom za primenu u različitim uređajima [1, 5-7].

Kako bi se, međutim, sintetisala bizmut-feritna keramika koja poseduje pomenuta specifična svojstva, neophodno je prevazići više prepreka koje se uobičajeno javljaju u standardnim postupcima sinteze i termičkog tretmana (formiranje sekundarnih faza, niska električna otpornost, mala gustina keramike, slabo izražena magnetna svojstva) [8, 9]. Zbog pomenutih problema, do danas su mnoga od karakterističnih svojstava ispoljena samo u monokristalima i tankim filmovima dobijenim skupim fizičkim metodama. To je razlog zbog koga bizmut-feritni materijali ni danas nemaju praktičnu primenu.

U skladu sa navedenim, cilj ove disertacije je modifikacija hemijskih postupaka sinteze praha bizmut-ferita, postupaka tretmana praha i procesa sinterovanja, kao i modifikacija hemijskog sastava dopiranjem jonima prelaznih i zemnoalkalnih metala i retkih zemalja u cilju eliminisanja problema koji se uobičajeno javljaju u materijalima na bazi bizmut-ferita. Očekuje se da će se optimizacijom sastava i procesa sinteze i sinterovanja dobiti materijali, gusta keramika i tanki filmovi, unapređenih električnih i magnetnih svojstava koja bi mogla bizmut-ferit približiti praktičnoj primeni.

Planirani načini unapređenja svojstava BF materijala su postupci koji se uobičajeno primenjuju u nauci o materijalima. Hemijski postupci sinteze prahova zahtevaju kraće vreme i niže temperature od fizičkih postupaka, pa se primenjuju kao način povećanja gustine i smanjenja veličine zrna u keramici [10]. S druge strane, postoje brojne studije o uticaju dopanata na svojstva BF, gde je najčešće presudan uticaj prosečne veličine A katjona (uobičajeno obeležavanje perovskitne strukture je ABO_3) na ugao između Fe – O – Fe veza i time na strukturu, čime se menjaju i električna i magnetna svojstva materijala [11-13]. Još jedan od uobičajenih postupaka za unapređenje svojstava keramike je pravljenje tankih filmova, kod kojih je umanjen uticaj nedovoljne gustine i defekata i nečistoća zahvaljujući tome što je jedna dimenzija praktično „uklonjena“ iz materijala (debljina tankih filmova je obično između 20 i 500 nm) [14-16].

Literatura:

- [1] Catalan G., Scott J.F.: *Physics and Applications of BismuthFerrite*, - Advanced Materials, Vol 21, 2009, pp. 2463–2485,
- [2] Safi R., Shokrollahi H.: *Physics, chemistry and synthesis methods of nanostructured bismuth ferrite ($BiFeO_3$) as a ferroelectro-magnetic material*, - Progress in Solid State Chemistry, Vol 40, 2012, pp. 6–15,
- [3] Smolenskii G.A., Chupis I.E.: *Ferroelectromagnets*, - Physics-Uspekhi, Vol 25, 1982, pp. 475-493,

- [4] Lebeugle D., Colson D., Forget A., Viret M., Bataille A.M., Gukasov A.: *Electric-Field-Induced Spin Flop in BiFeO₃ Single Crystals at Room Temperature*, - Physical Review Letters, Vol 100, 2008, p. 227602,
- [5] Spaldin N.A.: *Magnetic materials, Fundamentals and Applications*, Second edition, Cambridge University Press, Cambridge, 2011, ISBN 978-0-521-88669-7,
- [6] Hill N.A.: *Why Are There so Few Magnetic Ferroelectrics?*, - Journal of Physical Chemistry, Part B: Condensed Matter, Materials, Surfaces, Interfaces and Biophysical, Vol 104, 2000, pp.6694-6709,
- [7] Eerenstein W., Mathur N.D., Scott J.F.: *Multiferroic and magnetoelectric materials*, - Nature, Vol 442, 2006, pp. 759-765,
- [8] Rojac T., Bencan A., Malic B., Tutuncu G., Jones J.L., Daniels J.E., Damjanovic D.: *BiFeO₃ Ceramics: Processing, Electrical and Electromechanical Properties*, - Journal of the American Ceramic Society, Vol 97, 2014, pp. 1993–2011,
- [9] Valant M., Axelsson A.-K., Alford N.: *Peculiarities of a Solid-State Synthesis of Multiferroic Polycrystalline BiFeO₃*, - Chemistry of Materials, Vol 19,2007, pp. 5431–5436,
- [10] Ghosh S., Dasgupta S., Sen A., Maiti H.S.: *Low-Temperature Synthesis of Nanosized Bismuth Ferrite by Soft Chemical Route*, - Journal of the American Ceramic Society, Vol 88, 2005, pp. 1349–1352,
- [11] Rao T.D., Karthik T., Asthana S.: *Investigation of structural, magnetic and optical properties of rare earth substituted bismuth ferrite*, - Journal of Rare Earths, Vol 31, 2013, pp. 370-375,
- [12] Yang C.-H., Kan D., Takeuchi I., Nagarajan V., Seidel J.: *Doping BiFeO₃: approaches and enhanced functionality*, - Physical Chemistry Chemical Physics, Vol 14, 2012, pp. 15953-15962,
- [13] Kan D., Palova L., Anbusathaiah V., Cheng C.J., Fujino S., Nagarajan V., Rabe K.M., Takeuchi I.: *Universal Behavior and Electric-Field-Induced Structural Transition in Rare-Earth-Substituted BiFeO₃*, - Advanced Functional Materials, Vol 20, 2010, pp. 1108–1115,
- [14] Schneller T., Waser R., Kosec M., Payne D.: *Chemical solution deposition of Functional Oxide Thin Films*, Springer, 2013, ISBN 978-3-211-99310-1,
- [15] Gujar T.P., Shinde V.R., Lokhande C.D.: *Nanocrystalline and highly resistive bismuth ferric oxide thin films by a simple chemical method*, - Materials Chemistry and Physics, Vol 103, 2007, pp. 142–146,
- [16] Dong G., Tan G., Luo Y., Liu W., Ren H., Xia A.: *Influence of multi-element co-doping on structure and multiferroic properties of BiFeO₃ thin films*, - Materials Letters, Vol 136, 2014, pp. 314–317.

3. Polazne hipoteze

Hipoteze koje predstavljaju osnovu za izradu ove disertacije su:

- Hemijski postupci sinteze prahova iz rastvora imaju prednosti u odnosu na konvencionalne postupke reakcijama u čvrstom stanju sa stanovišta veličine i raspodele veličina čestica, homogenosti i faznog sastava praha, kao i mikrostrukture dobijene keramike;

- Supstitucija jona Bi^{3+} u bizmut-feritu jonima bliske veličine unosi promene u kristalnoj strukturi i u vrsti i koncentraciji defekata koje povećavaju električnu otpornost i time omogućavaju ispoljavanje feroelektričnih svojstava, kao i promene u strukturi magnetnih spinova;
- Supstitucija jona Bi^{3+} i Fe^{3+} elementima određenih prelaznih metala i f-elemenata doprinosi pojavi ferimagnetnih svojstava;
- Sinteza dvodimenzionalnih materijala ima značajne prednosti u mnogim svojstvima u odnosu na trodimenzionalne materijale istog sastava.

4. Naučne metode istraživanja

Prahovi i tanki filmovi biće sintetisani hemijskim metodama iz tečne faze: autosagorevanjem i niskotemperaturnom sol-gel metodom. Za dobijanje keramike, prahovi će biti presovani i izloženi odgovarajućem termičkom tretmanu u cilju postizanja što većeg stepena denzifikacije. Prahovi će po potrebi biti mlevljeni u planetarnom mlinu kako bi se smanjila veličina čestica i dobili prahovi uske raspodele veličina. Veličina i raspodela veličina čestica prahova biće određivane na uređaju za određivanje raspodele veličina čestica, a specifična površina prahova će biti određena adsorpcijom azota na temperaturi tečnog azota, BET metodom.

Za utvrđivanje optimalnih uslova termičkog tretmana u cilju postizanja što većeg stepena denzifikacije biće korišćene metodame dilatometrije i termomikroskopije. S obzirom da će u postupak sinteze biti uključena i organska jedinjenja, radi boljeg definisanja mehanizama preko kojih se odvijaju procesi, prahovi će biti ispitani metodama diferencijalno-termijske analize sa termogravimetrijom (DTA-TG) i infracrvene spektroskopije sa Furijeovim transformacijama (FT-IR).

Struktura i fazni sastav dobijenih prahova, keramike i tankih filmova biće određeni korišćenjem rendgenske strukturne analize (XRD) i Raman metode. Ove metode će dati informacije o eventualno prisutnim sekundarnim fazama, stepenu kristalizacije, kao i o parametrima jedinične ćelije prisutnih kristalnih faza. Odatle će biti moguće izračunati teorijske gustine dobijenih materijala, što je jako važno u definisanju stepena denzifikacije. Gustina presovanih prahova pre sinterovanja biće utvrđena geometrijskim merenjem, dok će se gustina dobijene keramike pratiti i preciznijom Arhimedovom metodom.

Rendgenska fotoelektronska spektroskopija (XPS) će biti korišćena kako bi se utvrdio sadržaj Fe^{2+} jona, koji su čest uzročnik niske električne otpornosti bizmut-ferita.

Metodom skenirajuće elektronske mikroskopije će biti proučavana morfologija i mikrostruktura prahova, keramike i filmova, dok će u sprezi sa energetske-disperzionom spektroskopijom X-zraka i detektorom pozadinskih rasejanih elektrona ova metoda dati dodatne podatke u definisanju elementarnog i faznog sastava. Površinska mikrostruktura tankih filmova biće ispitana i mikroskopijom atomskih sila (AFM). Magnetna svojstava će biti određena na SQUID (superconducting quantum interference device) magnetometru, dok će se u svrhu definisanja impedanse, dielektričnih i feroelektričnih svojstava koristiti LCR uređaj i Radijant ispitivač.

Optička metoda elipsometrije je planirana za određivanje širine zabranjene zone u BF materijalima, kao i za određivanje debljine, hrapavosti i dielektričnih svojstava tankih filmova.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekivani naučni doprinos se ogleda u:

- Razvoju i optimizaciji hemijske metode sinteze iz rastvora i termičkog tretmana, kako bi se dobio jednofazni bizmut-ferit bez primesa ili sekundarnih faza u obliku praha uske raspodele veličina nanočestica i keramike visoke gustine;
- Razvoju i optimizaciji sinteze i načina nanošenja prekursora rastvora i odabiru odgovarajućeg supstrata kako bi se dobili uniformni, neporozni tanki filmovi;
- Odabiru jednog ili više dopanata koji će promenama u koncentraciji i vrsti defekata, strukturi i mikrostrukturi smanjiti električnu provodnost materijala i uticati na pojavu slabo ferimagnetnih svojstava. Na ovaj način bi se dobio materijal koji bi se mogao primeniti kao multiferoični materijal;
- Proceni moguće primene dobijenih materijala sa postignutim magnetnim i električnim svojstvima.

6. Plan istraživanja i struktura rada

U prvom delu ove doktorske disertacije pristupiće se razmatranju teorijskih aspekata pojave magnetnih i električnih svojstava u keramičkim materijalima, osnovnih do sada utvrđenih činjenica o materijalima na bazi bizmut-ferita i predviđenih mogućnosti primene materijala sa sličnim svojstvima. Takođe će biti razmotreni osnovi sinteze i procesiranja keramičkih materijala, a posebno oni korišćeni u ovom radu.

Zatim će se pažnja posvetiti eksperimentalnom radu na procesiranju željenih materijala odabranim postupcima i optimizaciji svih procesa koji budu korišćeni tokom eksperimentalnog rada. U ovoj fazi, glavni pokazatelj kvaliteta će biti struktura, mikrostruktura i gustina. Biće ispitivan i uticaj dopirajućih elemenata na strukturu i svojstva ovako dobijenih materijala. Uzorci materijala sa najboljim strukturnim svojstvima biće detaljnije karakterisani na višem nivou (razmatraće se njihova električna, magnetna i optička svojstva). Diskusija o dobijenim rezultatima je u planu za drugi deo rada.

Rad će obuhvatiti sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju, Zaključak i Literatutu*.

Uvod će obuhvatiti predmet i cilj rada, kao i naučni doprinos disertacije.

Teorijski deo će dati kraći osvrt na opšti pregled srodnih materijala i karakterističnih svojstava i detaljno će analizirati dostupnu literaturu iz oblasti teme rada.

Eksperimentalni deo će obuhvatiti detaljan prikaz svih metoda korišćenih u procesima sinteze, termičke obrade, tretmana i karakterizacije ispitivanih materijala.

Rezultati i diskusija će prikazati dobijene rezultate i detaljno ih analizirati uz izvođenje zaključaka i proceni mogućnosti da se postignuta svojstva iskoriste.

Zaključak će objediniti najvažnije zaključke do kojih se došlo tokom izrade doktorske disertacije uz osvrt na njihovu inovativnost i potencijalnu primenu.

Literatura će redom objediniti sve naučne radove i knjige citirane u disertaciji i korišćene za bolje razumevanje osnovnih principa, kao i radovi proistekli iz ove doktorske disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije kandidata Nikole Ilića, master inženjera tehnologije, „**Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita**“, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentore se predlažu dr Rada Petrović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Jelena Bobić, naučni saradnik na Institutu za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti **Tehnološko inženjerstvo**, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 22. 02. 2016.

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Rada Petrović, red. prof., Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet, komentor

Dr Jelena Bobić, naučni saradnik, Univerzitet u Beogradu,
Institut za multidisciplinarna istraživanja, komentor

Dr Đorđe Janačković, red. prof., Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet, član