

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/79
(Број захтева)
16.05.2018.
(датум)

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

НИКОЛЕ (Илија) ИЛИЋА, мастер инжењера технологије

КАНДИДАТ: **НИКОЛА (Илија) ИЛИЋ** пријавио је докторску дисертацију под називом:
„Процесирање, својства и могућност примене мултифероичних материјала на бази бизмут-ферита“

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **14.03.2016.** године, својим актом **61206-1220/2-16**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: **„Процесирање, својства и могућност примене мултифероичних материјала на бази бизмут-ферита“.**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **НИКОЛЕ (Илија) ИЛИЋА** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **22.02.2018.** године Одлуком Факултета под бр. **35/46**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Рада Петровић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
2. Др Јелена Бобић	Научни сарадник	Материјали и хемијске технологије
3. Др Ђорђе Јанаћковић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
4. Др Владимир Срдих	Редовни професор	Неорганске технологије и материјали

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **29.03.2018.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 29.03.2018. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Јелена Бобић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања, др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Владимир Срдић, редовни професор Универзитета у Новом Саду, Технолошки факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Процесирање, својства и могућност примене мултифероичних материјала на бази бизмут-ферита**“ коју је поднео **Никола Илић**, мастер инжењер технологије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Николе Илића, под називом „Процесирање, својства и могућност примене мултифероичних материјала на бази бизмут-ферита“ Одлуком број: 61206-1220/2-16 од 14.03.2016. године.

Верификација научних доприноса:

Kategorija M21:

1. **Илић, Н.**, 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, pp. 60-69, 2016 (**IF=2.288**) (ISSN:0025-5408).
2. **Илић, Н.**, 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, no. 1, pp. 69-77, 2015 (**IF=2.605**) (ISSN:0272-8842).

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Nikole Ilića, master inženjera tehnologije.

Odlukom br. 35/46 od 22. 02. 2018. godine imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Nikole Ilića, master inženjera tehnologije pod naslovom „**Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita**“.

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Školske 2012/2013. Nikola Ilić je upisao doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, na smeru Hemijsko inženjerstvo, pod mentorstvom prof. dr Rade Petrović.
- 15. 01. 2016. Nikola Ilić je predložio temu doktorske disertacije pod naslovom: „Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita“.
- 28. 01. 2016. godine, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je odluka br. 35/14 o imenovanju Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Nikole Ilića, master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije pod nazivom „Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita“ u sastavu: dr Rada Petrović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Jelena Bobić, naučni saradnik Instituta za multidisciplinarna istraživanja i dr Đorđe Janačković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta.

- 03. 03. 2016. godine, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, odlukom br. 35/75, usvojen je izveštaj Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Nikole Ilića, master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije pod nazivom „Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita“. Za komentore ove doktorske disertacije imenovani su dr Rada Petrović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta i dr Jelena Bobić, naučni saradnik Instituta za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu.
- 14. 03. 2016. godine, na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Nikole Ilića pod nazivom: „Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita“ (odluka broj 61206-122/2-16).
- 22. 02. 2018. godine, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, doneta je odluka br. 35/46 o imenovanju članova komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Nikole Ilića, pod nazivom: „Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita“ u sastavu: dr Rada Petrović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Jelena Bobić, naučni saradnik Instituta za multidisciplinarna istraživanja, dr Đorđe Janačković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta i dr Vladimir Srdić, redovni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološkog inženjerstva, uža oblast Inženjerstvo materijala, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu. Komentori dr Rada Petrović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Jelena Bobić, naučni saradnik Instituta za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, su na osnovu objavljenih publikacija i naučno-istraživačkog iskustva, kompetentni da rukovode izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

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.

Od maja 2012. do januara 2017. godine kao stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije uključen je u rad na projektu osnovnih istraživanja pod evidencionim brojem III 45021 („Sinteza nanoprahova i procesiranje keramike i nanokompozita sa specifičnim električnim i magnetnim svojstvima za primenu u integrisanim pasivnim komponentama“) u Institutu za multidisciplinarna istraživanja, Univerzitet u Beogradu.

Od januara 2017. je zaposlen kao istraživač pripravnik, a od februara 2017. kao istraživač saradnik u Institutu za multidisciplinarna istraživanja, Univerzitet u Beogradu na navedenom projektu.

Uključen je u rad na međunarodnim projektima: COST IC1208 (Integrating devices and materials: a challenge for new instrumentation in ICT) od marta 2013. i COST MP1308 (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.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Nikole Ilića je napisana na 229 strana i sadrži 115 slika i 9 tabela. Disertacija obuhvata sledeća poglavlja: Uvod (2 strane), Fizička svojstva materije (24 strane), Bizmut-ferit (63 strane), Eksperimentalni deo (14 strana), Rezultati i diskusija (96 strana), Zaključak (5 strana) i Literatura (24 strane). Pored toga, sadrži rezime na srpskom i engleskom jeziku, sadržaj, zahvalnicu, kao i biografiju kandidata i spisak radova proisteklih iz doktorske disertacije. Po strukturi i sadržaju disertacija zadovoljava propisane standarde Univerziteta u Beogradu.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **Uvodu** doktorske disertacije istaknut je značaj keramičkih materijala sa specifičnim električnim i magnetnim svojstvima, sa posebnim osvrtom na materijale na bazi bizmut-ferita. Objašnjeno je koje su metode sinteze, procesiranja i karakterizacije korišćene i definisani su osnovni ciljevi disertacije.

Teorijski deo se sastoji iz dva poglavlja. Najpre se u **Fizičkim svojstvima materije** uvode pojmovi i osnovni teorijski podaci neophodni za potpuno razumevanje literaturnih podataka i rezultata do kojih se došlo u disertaciji, a vezanih za magnetna i električna svojstva čvrstih materijala. Definisani su tipovi magnetnih i električnih uređenja i svojstava koja proističu iz njih, kao i pojam multiferoičnosti. U delu **Bizmut-ferit** dat je pregled dostupne literature koja se odnosi na strukturu i svojstva materijala na bazi bizmut-ferita uz naročit naglasak na uobičajene probleme koji se javljaju u ispoljavanju tih svojstava. Detaljno su razmotrene mogućnosti za unapređenje svojstava bizmut-feritnih materijala modifikacijama dimenzionalnosti i sastava. Predstavljen je detaljan literaturni pregled postupaka sinteze i procesiranja bizmut-feritnih materijala, a na kraju je pažnja posvećena mogućoj primeni ovih materijala.

Eksperimentalni deo opisuje postupke sinteze i procesiranja materijala na bazi bizmut-ferita, kao i pregled korišćenih metoda karakterizacije i definisanje uslova pod kojima su sprovedene, uz teorijsko objašnjenje manje uobičajenih tehnika karakterizacije.

Rezultati i diskusija prikazuju rezultate pojedinih metoda karakterizacije i diskutuju o zaključcima do kojih se došlo iz svake pojedinačne metode, a postepeno se, gde je to moguće vrši poređenje rezultata različitih tehnika i ističu jednoznačni zaključci do kojih se došlo njihovom primenom. Najpre su prikazane tehnike koje definišu sastav, strukturu i mikrostrukturu dobijenih materijala, čijim praćenjem se postiže optimizacija postupaka sinteze, a zatim se pažnja posvećuje načinu procesiranja u cilju dobijanja fazno čistih i gustih materijala i uticaju modifikacionih metoda. Diferencijalno-termijska analiza uz termogravimetriju i detekciju oslobođenih gasova, kao i spektroskopija u infracrvenoj oblasti su korišćeni za analizu sastava prekursorskih prahova, čiji veliki deo čini voda, organske materije i amorfne neorganske materije. Zaključci ovih analiza bili su osnova za biranje načina termičkog tretmana prahova koji bi eliminisao nepoželjne materije i doveo do kristalizacije željene faze, što je praćeno rendgenskom difrakcionom analizom i Raman spektroskopijom. Dilatometrijskom metodom je zatim određivana optimalna temperatura sinterovanja presovanih prahova u cilju što bolje densifikacije, uz paralelno praćenje sastava i uticaja različitog fizičkog tretmana praha na densifikaciju. Skenirajuća elektronska mikroskopija je uz detekciju povratno rasejanih elektrona i energetske disperziju spektroskopiju X-zraka korišćena za definisanje mikrostrukture prahova i keramičkih uzoraka, ali i faznog sastava. Na isti način su navedena ispitivanja sprovedena i za prahove i keramičke materijale kod kojih je izvršena modifikacija sastava dopiranjem jonima istog ili različitog naelektrisanja, kao i (kada je to bilo moguće) kod tankih filmova bizmut-ferita kao dvodimenzionalnih materijala.

U drugom delu se diskutuje o najvažnijim svojstvima koja se smatraju osnovom potencijalne primene ovih materijala. Posebno se prati uticaj modifikacionih metoda koje obuhvataju dopiranje jonima istog ili različitog naelektrisanja u položajima Bi^{3+} ili Fe^{3+} jona i smanjenju dimenzionalnosti na optička, električna i magnetna svojstva. Na osnovu spektara koje ispitivani prahovi daju reflektovanjem elektromagnetnog zračenja u ultraljubičastoj i vidljivoj oblasti, određena je energija zabranjene zone, koja je glavni parametar za primenu ovakvih materijala u fotokatalizi ili solarnim ćelijama. Puštanjem električne struje kroz uzorke u određenom opsegu frekvencija, napona i temperatura, na različitim uređajima su određivane fizičke veličine od velike važnosti za bilo kakvu primenu keramičkih materijala gde su od značaja električna svojstva: dielektrična permitivnost i dielektrični gubici, električna provodljivost, električna polarizacija. Podvrgavanjem uzoraka magnetnom polju praćen je njihov odgovor i sposobnost da se namagnetišu.

Razmatranjem i poređenjem rezultata svih ovih merenja izvedeni su zaključci o konkretno ispitivanim sistemima i fizičkim procesima koji se u njima odigravaju pri različitim uslovima. Polazalo se da se hemijskim metodama iz rastvora uz specifičan način sinterovanja sa naglim zagrevanjem i hlađenjem uspešno može prevazići problem formiranja sekundarnih faza koje se uobičajeno javljaju u bizmut-feritnoj keramici, iako ostaje problem nešto manje gustine keramike. Joni itrijuma kao dopanti unose strukturne napone, zbog kojih se formira mala količina ortorombične bizmut-feritne faze. Važan je uticaj jona itrijuma (Y^{3+}) ali i drugih ispitivanih dopanata (K^+ , Ca^{2+} , Li^+ , Ni^{2+} , Zr^{4+} , Ti^{4+} , Mo(VI)) na procese sinterovanja. Dopanti koji menjaju isparljive Bi^{3+} jone sprečavaju rast zrna, pri čemu se dobija keramika izmenjene mikrostrukture. Svi dopanti osim Ni^{2+} uz to sprečavaju formiranje kiseoničnih vakansija tokom sinterovanja i na taj način povećavaju električnu otpornost keramičkih materijala u dovoljnoj meri da postane moguće izvršiti električnu polarizaciju uzoraka. Strukturni naponi pri porastu koncentracije Y^{3+} jona iznad 3 % postaju dovoljni da unesu promenu u magnetnu strukturu i izazovu veoma slab feromagnetizam. Na samom kraju doktorske disertacije je analizirana mogućnost praktične primene dobijenih materijala.

Zaključak na jednom mestu iznosi najvažnije zaključke do kojih se došlo na osnovu prikazanih rezultata i diskusije, pri čemu se posebna pažnja posvećuje njihovoj inovativnosti, dok **Literatura** obuhvata deo radova posvećenih ovoj veoma detaljno ispitivanoj tematici koji su citirani u tezi.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Istraživanja prikazana u ovoj tezi se odnose na multiferoične materijale i materijale na bazi bizmut-ferita, koji tokom poslednjih 15-ak godina privlače veliku pažnju naučnika. I pored aktuelnosti teme, istraživanje sprovedeno u disertaciji sadrži visok nivo originalnosti. Većina

radova koji se bave ovom problematikom ne posmatra detaljno probleme sinteze i procesiranja, i uglavnom se istraživanja vrše na materijalima dobijenim fizičkim metodama zasnovanim na reakciji u čvrstom stanju, pri čemu se obično ne ide dalje od dobijanja prahova, ili se, čak i ako se radi na dobijanju keramike, ne definiše mikrostruktura, koja može imati presudan uticaj na svojstva, a naročito električna. Manji broj literaturnih ispitivanja koristi slične hemijske metode sinteze i tehnike modifikovanja sastava, ali se obično i ovde izbegava precizno definisanje svih prisutnih defekata i nehomogenost na različitim nivoima i načinu na koji pojedini od njih utiču na svojstva. Zbog svega toga se i pored ogromnog broja radova i dalje veoma malo zna o prirodi kako električnih i feroelektričnih, tako i magnetnih svojstava bizmut-feritnih materijala.

U doktorskoj disertaciji Nikole Ilića su pregledno i postupno definisani uticaji različitih postupaka sinteze na strukturu i svojstva dobijenih prahova, zatim je optimizovano procesiranje keramike, da bi konačno sistematično bili objašnjeni struktura, mikrostruktura i svojstva uzoraka keramike. U narednom koraku su sprovedeni procesi modifikacije sastava i dimenzionalnosti kako bi se utvrdio njihov uticaj na prethodno definisana svojstva. U tu svrhu su metodama sinteze koje su se pokazale kao najbolje sintetisani uzorci praha i keramike dopirani različitim jonima koji u određenom procentu menjaju Bi^{3+} ili Fe^{3+} jone. Paralelno je optimizovana sinteza tankih filmova koji se mogu smatrati dvodimenzionalnim materijalima. Svi dobijeni rezultati su pažljivo proučeni kako bi se mogli doneti jedinstveni zaključci koji su u skladu sa svakom pojedinačnom metodom karakterizacije. Predloženi su mehanizmi koji na nano- i mikronivou izazivaju promene u svojstvima i definišu prirodu svojstava, a pre svega električnu provodnost, električnu polarizaciju i magnetizaciju.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji su citirana 352 literaturna navoda, koji obuhvataju prve radove koji se bave tematikom multiferoika i bizmut-feritom (iz sredine XX veka), ali i najnovija istraživanja iz oblasti nauke o materijalima objavljena u relevantnim međunarodnim časopisima. Tokom izrade teze je detaljno pregledana literatura koja se odnosi na teorijske aspekte električnih, magnetnih i multiferoičnih svojstava keramičkih materijala i specifičnosti svojstava nanomaterijala. Najveći deo literature se, u skladu sa temom disertacije, odnosi na bizmut-feritne materijale i problematiku vezanu za njih kao i načine njihove sinteze i modifikovanja i potencijalne primene, na osnovu kojih su odabrani i isplanirani eksperimenti. Sveobuhvatan pregled literature je omogućio kvalitetno i temeljno tumačenje rezultata do kojih se došlo tokom eksperimentalnog rada.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U ovoj doktorskoj disertaciji su keramički prahovi bizmut-ferita sintetisani hemijskim metodama iz rastvora koje, zahvaljujući odvijanju na niskim temperaturama i visokoj homogenosti u tečnoj fazi, mogu da umanje formiranje sekundarnih faza i rast čestica, omogućavajući sinterovanje na nižoj temperaturi, a time i smanjeno isparavanje bizmut-oksida. Tanki filmovi su dobijeni nanošenjem odgovarajućih rastvora na rotirajuće supstrate, što je metoda koja zbog svoje jednostavnosti sve više zamenjuje fizičke postupke koji zahtevaju skupu opremu. Za definisanje strukture i svojstava su korišćene metode uobičajene za karakterizaciju keramičkih materijala. Struktura je ispitivana preciznim difraktometrima i mikro-Raman spektroskopom, uz korišćenje savremenih softvera za utačnjavanje. Mikrostrukturna analiza je ispitivana skenirajućim elektronskim mikroskopima visoke rezolucije, opremljenim detektorom pozadinski rasejanih elektrona i energodisperzionim spektroskopima, kao i mikroskopijom atomskih sila. Optička svojstva su praćena spektroskopijom u ultraljubičastoj i vidljivoj oblasti. Magnetna svojstva uzoraka su definisana magnetometrijom vibrirajućeg uzorka, kao i pomoću SQUID magnetometra koji spada u najpreciznije i najosetljivije uređaje za merenje magnetizacije. Električna svojstva su karakterisana pomoću nekoliko metoda, od kojih se ističe impedans spektroskopija, koje, iako su zasnovane na jednostavnim električnim merenjima, daju veoma precizne i važne podatke o električnim svojstvima materijala. Primenjene metode su omogućile da se odaberu optimalni postupci dobijanja bizmut-feritne keramike i objasne svi procesi koji u ovoj vrsti keramike definišu dielektrična, feroelektrična i magnetna svojstva.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

I pored veoma brojne literature posvećene ovoj tematici, rezultati proistekli iz ove doktorske disertacije daju značajan doprinos u shvatanju specifičnosti koje određuju svojstva materijala na bazi bizmut-ferita, fizičkih procesa koji dovode do uobičajenih problema u njihovoj primeni i definisanju nekih od načina da se ti problemi prevaziđu. Primenjeni su nekovencionalni hemijski postupci sinteze keramičkih prahova, koji su veoma retko korišćeni za dobijanje bizmut-ferita, pri čemu su određivani optimalni uslovi za dobijanje fazno čistog proizvoda. Pri tome su optimizovani uslovi tretmana praha i načina procesiranja, kao i modifikovanja hemijskog sastava i dimenzionalnosti u cilju eliminisanja problema koji se uobičajeno javljaju u materijalima na bazi bizmut-ferita i približavanja praktičnoj primeni. Rezultati ovog rada su verifikovani i od svetske naučne javnosti kroz dva rada objavljena u vrhunskim časopisima i pet prezentacija na konferencijama.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

Kandidat Nikola Ilić je tokom izrade doktorske disertacije pokazao veliku stručnost i samostalnost u pregledu naučne literature, pripremi i realizaciji eksperimenata, izvođenju instrumentalnih metoda analize, kao i obradi i kritičkoj analizi dobijenih rezultata. Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata, Komisija smatra da je kandidat sposoban za obavljanje samostalnog naučno-istraživačkog rada.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove doktorske disertacije ostvareni su sledeći naučni doprinosi:

- Optimizacija hemijskih metoda sinteze iz rastvora (auto-sagorevanja i sol-gel postupka) i termičkog tretmana, za dobijanje jednofaznih prahova bizmut-ferita, bez primesa i sekundarnih faza
- Određivanje optimalnih uslova za tretman sintetisanih prahova i njihovo dalje procesiranje za dobijanje guste keramike nepromenjenog ili poboljšanog faznog sastava;
- Definisanje uticaja dopiranja i načina na koji dopirajući joni menjaju strukturu i svojstva ispitivanih keramičkih materijala
- Razvoj i optimizacija sastava i načina nanošenja prekursora rastvora, odabir odgovarajućeg supstrata i načina njihovih tretmana koji doprinose dobijanju uniformnih neporoznih tankih filmova bizmut-ferit
- Određivanje i definisanje mehanizama električne provodljivosti i prirode nosilaca naelektrisanja koji su prepreka ostvarenju električne polarizacije
- Definisanje porekla slabih feromagnetnih svojstava koja neki od materijala ispoljavaju prilikom izlaganja magnetnom polju.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru disertacije imala su za cilj definisanje uzročno-posledičnih veza sastava, strukture, mikrostrukture i svojstava materijala na bazi bizmut-ferita, koje su za nauku o materijalima i danas u velikoj meri nepoznate. Hemijske metode sinteze iz rastvora su dosta korišćene u inženjerstvu materijala, ali je njihova primena za dobijanje bizmut-ferita još uvek slabo razvijena. Konkretno korišćena organska jedinjenja sa ulogom goriva i kompleksirajućih agenasa su retko korišćena za dobijanje sličnih sistema, a ovde je prvi put sprovedeno istraživanje u cilju poređenja nekoliko različitih jedinjenja i uticaja njihove koncentracije kako

na strukturu, tako i na svojstva dobijenih materijala, na osnovu čega su izabrani optimalni postupci sinteze i procesiranja. Proučavanje uticaja dopanata na strukturu i mikrostrukturu dobijene keramike je dovelo do izvođenja novih zaključaka o mehanizmima odvijanja fizičkih procesa u bizmut-feritnoj keramici koji daju značajan doprinos saznanjima savremene nauke o materijalima. Ovde se pre svega misli na prirodu nosilaca naelektrisanja koji utiču na smanjenje električne otpornosti ovih materijala pri različitim uslovima i u različitim oblastima u materijalu.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (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, pp. 60-69, 2016 (**IF=2.288**) (ISSN:0025-5408).
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, no. 1, pp. 69-77, 2015 (**IF=2.605**) (ISSN:0272-8842).

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano 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, Serbia, 2015., pp. 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, Serbia, 2015., pp. 58 (ISBN 978-86-80109-19-0).
3. **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, Serbia, 2014., pp. 34 (ISBN 978-86-80321-30-1).
4. **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, Serbia, 2013., pp. 119-120 (ISBN 978-86-6253-028-8).
5. **Ilić, N.**, Džunuzović, A., Bobić, J., Vijatović-Petrović, M., Stojadinović, B., Dohčević-Mitrović Z., Stojanović B.: „Effect of fuel on the auto-combustion synthesized multiferroic BiFeO₃“, -*13th International Meeting on Ferroelectricity*, Krakow, Poland, 2013., pp. 591.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da doktorska disertacija Nikole Ilića, master inženjera tehnologije, pod nazivom „Procesiranje, svojstva i mogućnost primene multiferoičnih materijala na bazi bizmut-ferita“, predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti Tehnološkog inženjerstva, a posebno Inženjersta materijala, što je potvrđeno objavljivanjem radova u vrhunskim međunarodnim časopisima i saopštavanjem rezultata na međunarodnim konferencijama. Komisija smatra da su postavljeni ciljevi u potpunosti ostvareni.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da podnetu doktorsku disertaciju Nikole Ilića prihvati, izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, kao i da nakon završetka ove procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije, pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 19. 03. 2018.

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Rada Petrović, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet, komentor

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

Dr Đorđe Janačković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Vladimir Srđić, redovni profesor, Univerzitet u Novom Sadu,
Tehnološki fakultet