

NASTAVNO – NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnosti teme i kandidata Svetlane Ilić, dipl. ing. tehnologije, za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanog 22.05.2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Svetlane Ilić, dipl. ing. tehnologije, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „SOL-GEL SINTEZA I KARAKTERIZACIJA MULITA DOPIRANOG GVOŽDEM”.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći:

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Ilić (Milorad) Svetlana rođena je 28.05.1981. godine u Beogradu. Posle završene osnovne škole u Barajevu (Beograd) upisuje XV beogradsku gimnaziju koju završava 2000. Godine, kada upisuje Tehnološko – metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Diplomirala je 2008. godine na smeru Neorganske hemijske tehnologije sa ocenom 10, odbranivši diplomski rad sa temom „Predviđanje rastvorljivosti u sistemu $KCl + NaCl + MgCl_2 + H_2O$ na temperaturi 298.15 K”.

Godine 2010, upisuje doktorske studije na smeru inženjerstvo materijala, gde je u oktobru 2013. godine odbranila završni rad pod nazivom „Sinteza i karakterizacija čistog mulita i mulita dopiranog gvoždem“ sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: mentor – dr Đorđe Janačković, red. prof. i ko-mentori: dr Rada Petrović, red. prof. i dr Snežana Grujić, red. prof. U okviru doktorskih studija položila je sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,83.

Od februara 2011. godine stalno je zaposlena u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Laboratoriji za materijale sa zvanjem istraživač pripravnik. Odlukom Naučnog veća Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, održanog 28. 12. 2011. godine u Beogradu, Svetlana Ilić stekla je zvanje istraživač - saradnik.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Kandidat je u okviru studijskog programa doktorskih studija Inženjerstvo materijala položio sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,83. Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija su dati u tabeli:

Redni broj	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10	5
2.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10	6
3.	Hemijska kinetika	10	5
4.	Termodinamika čvrstog stanja	9	5
5.	Fizika materijala	9	4
6.	Metode karakterizacije keramičkih i staklastih materijala	10	4
7.	Fazne ravnoteže u višekomponentnim sistemima	10	4
8.	Struktura stakla i staklastih materijala	10	4
9.	Niskotemperaturni keramički procesi	10	4
10.	Teorijski osnovi keramike i stakla	10	5
11.	Sinteza, svojstva i primena biokeramičkih materijala	10	4
12.	Završni ispit	10	30
	Srednja ocena/ukupno	9,83	80

Svetlana Ilić, diplomirani inženjer tehnologije, od februara 2011. godine stalno je zaposlena u Institutu nuklearnih nauka „Vinča“ u Laboratoriji za materijale. Angažovana je na projektu integralnih i interdisciplinarnih istraživanja: „Sinteza, procesiranje i karakterizacija nanostrukturnih materijala za primenu u oblasti energije, mehaničkog inženjerstva, zaštite životne sredine i biomedicine“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta 45012) gde je uključena na istraživanjima vezanim za dobijanje gustih oksidnih keramičkih materijala postupcima sol-gel sinteze. Iz ove oblasti publikovala je jedan rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (vrsta rezultata **M21** – 1 rad).

Kandidat Svetlana Ilić je koautor dva rada objavljena u vrhunskim međunarodnim časopisima (vrsta rezultata **M21** – 2 rada), jednog rada u međunarodnom časopisu verifikovanog posebnom odlukom (vrsta rezultata **M24** – 1 rad) i pet saopštenja u zbornicima sa međunarodnih skupova (vrsta rezultata **M34** – 5 radova)

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima – M21

1. **Ilić S.**, Zec S., Miljković M., Poleti D., Pošarac-Marković M., Janačković Dj., Matović B.: *Sol-gel synthesis and characterization of iron doped mullite*, □ Journal of Alloys and Compounds, Vol 612, 2014, pp. 259–264, Impact factor: 2,726; ISSN: 0925-8388
2. Matović B., Nikolić D., Labus N., **Ilić S.**, Maksimović V., Luković J., Bučevac D.: *Preparation and properties of porous, biomorphic, ceria ceramics for immobilization of Sr isotopes*, □ Ceramics International, Vol 39, No 8, 2013, pp. 9645–9649, Impact Factor: 2,086; ISSN: 0272-8842.
3. Nesic A., Kokunesoski M., **Ilić S.**, Gordic M., Ostojic S., Micic D., Velickovic S.: *Biocomposite membranes of highly methylated pectin and mesoporous silica SBA-15*, □ Composites Part B: Engineering, Vol 64, 2014, pp. 162-167, Impact Factor: 2,602; ISSN: 1359-8368.

Rad objavljen u časopisu od međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom – M24

1. Matović B., Pantić J., Luković J., Ilić S., Stanković N., Kokunešoski M., Miljević M.: *Synthesis and characterization of (Ba,Yb) doped ceria nanopowders*, □ Processing and Application of Ceramics, Vol 5 No 2, 2011, pp. 69-72, ISSN: 1820-6131.

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja, štampan u izvodu - M34

1. Zec S., Ilić S., Stojmenović M., Bučevac D., Matović B., Bošković S.: *Gd_{0.33}(SiO₄)₆O₂ oxyapatite synthesized by sol-gel combustion method*, □ Proceedings of the 1st Conference of the Serbian Ceramic Society, Belgrade 2011, pp. 72, ISBN: 978-86-7306-107-8.
2. Ilić S., Zec S., Bučevac D., Mihailović-Radosavljević A., Babić B., Matović B.: *Synthesis and characterization of mullite*, □ Proceedings of the Conference for Young Scientists, The 9th Students' Meeting and 2nd ESR COST MP0904 Workshop, Novi Sad 2011, pp. 66, ISBN:978-86-80995-97-7.
3. Ilić S., Zec S., Mihailović-Radosavljević A., Maksimović V., Kokunešoski M., Matović B.: *Synthesis and characterization of Fe-doped mullite*, □ Proceedings of the 2nd Conference of the Serbian Ceramic Society, Belgrade 2013, pp. 72, ISBN:978-86-80109-18-3.
4. Kokunešoski M., Šaponjić A., Matović B., Ilić S.: *The influence of boric acid on synthesis of porous silica ceramic*, □ Proceedings of the 2nd Conference of the Serbian Ceramic Society, Belgrade 2013, pp. 82, ISBN:978-86-80109-18-3.
5. Ilić S., Zec S., Poleti D., Matović B.: *Preparation of mullite and Fe-doped mullite powder precursors by sol-gel combustion process*, □ Proceedings of the Conference for Young Scientists, The 10th Students' Meeting and 3rd ESR COST MP0904 Workshop, Novi Sad 2013, pp. 29, ISBN:978-86-6253-028-8.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i postignutih rezultata tokom doktorskih studija kandidat Svetlana Ilić pokazala je izrazitu sklonost i sposobnost za bavljenje naučnoistraživačkim radom. Kandidat samostalno obavlja istraživačke zadatke i aktivno je uključena u istraživanja tima u okviru projekta. Do sada je objavila jedan rad u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21) i pet saopštenja u zbornicima sa međunarodnih skupova (M34) iz oblasti istraživanja predložene teme doktorske disertacije. Takođe, kandidat je koautor dva rada objavljena u časopisima od međunarodnog značaja (M21) i jednog rada u međunarodnom časopisu verifikovanog posebnom odlukom (M24).

Na osnovu uvida u istraživački rad i objavljene rezultate, Komisija smatra da kandidat Svetlana Ilić u potpunosti ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Zahvaljujući izvanrednoj visokotemperaturnoj stabilnosti, mulit predstavlja značajan materijal kako u oblasti tradicionalne keramike, tako i kao savremeni keramički materijal [1, 2]. Visoka temperatura formiranja mulita uslovljava retko nalaženje ovog materijala u prirodi. Izborom odgovarajućih postupaka sinteze moguće je uticati na mikrostrukturu materijala, njegova mehanička i termička svojstva [3]. Postupcima sinteze keramičkih prahova iz rastvora moguće je ostvariti homogenizaciju komponenti na atomskom nivou čime se snižava temperatura formiranja mulita, kao i temperatura sinterovanja u odnosu na konvencionalni postupak sinterovanja [4, 5]. Predmet ovog rada, u najširem smislu, obuhvatiće sintezu i karakterizaciju prahova prekursora mulita dopiranog gvožđem, dobijenih kombinacijom postupaka sol-gel sinteze i metode sagorevanja iz rastvora. Takođe, istraživaće se dobijanje i mehanizam sinterovanja ispresaka sintetisanih prahova. Formiranje mulita se odigrava u toku procesa reakcionog sinterovanja, što dovodi do bolje denzifikacije ispresaka.

U zavisnosti od uslova sinteze, temperature i sredine u kojoj se odvija, u kristalnu rešetku mulita mogu se ugraditi joni različitih prelaznih metala dajući čvrste rastvore mulita [1, 3]. Dopanti kao što je gvožđe utiču na anizotropni rast zrna mulita, pa sa povećanjem sadržaja gvožđa zrna postaju izduženija, usmerenije orjentisana tako da se bolje pakuju, što povećava gustinu sinterovanih ispresaka [1, 6 - 8]. Rast zrna je, takođe, povezan i sa opadanjem viskoziteta tečne, staklaste faze koja egzistira na granicama zrna u toku procesa sinterovanja. Pored uticaja na mikrostrukturu materijala, povećanje sadržaja gvožđa u kristalnoj rešetci mulita snižava i temperaturu formiranja mulita [9, 10]. Izborom metoda sinteze prekursora dopiranog mulita iz rastvora povećava se granica rastvorljivosti gvožđa u mulitu [7].

Pregled literaturnih podataka pokazuje da je najveći broj publikacija objavljen sredinom devedesetih godina prošlog veka, kada je mulit probudio veliko interesovanje zahvaljujući izvanrednoj visokotemperaturnoj stabilnosti. Uporedo sa ovim istraživanjima vršena su i izučavanja uticaja metoda sinteze iz rastvora na strukturu i svojstva ovog materijala. Takođe, pored proučavanja monolitne mulitne keramike proučavani su i kompoziti na bazi mulita u cilju povećanja žilavosti ovog strukturnog materijala kao glavnog njegovog nedostatka.

Literatura

1. P. Sarin, W. Yoon, R.P. Haggerty, C. Chiritescu, N.C. Bhorkar, W.M. Kriven, Effect of transition-metal-ion doping on high temperature thermal expansion of 3:2 mullite—an in situ, high temperature, synchrotron diffraction study, J. Eur. Ceram. Soc., Vol 28, 2008, pp. 353–365.
2. K. Okada, H. Schneider, Application of mullite ceramics, in: H. Schneider, S. Komarneni (Eds.), Mullite, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, pp. 327–348.
3. H. Schneider, J. Schreuer, B. Hildmann, Structure and properties of mullite—a review, J. Eur. Ceram. Soc., Vol 28, 2008, pp. 329–344.

4. J. C. Brinker, G. W. Scherer, Sol-gel science: the physics and chemistry of sol-gel processing, Academic Press, San Diego, USA, 1990, pp. 108-223.
5. K. C. Patil, M. S. Hegde, T. Rattan, S. T. Aruna, Chemistry of Nanocrystalline Oxide Materials, Combustion Synthesis, Properties and Applications, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, Singapore, 2008, pp. 42-60.
6. S. P. Chaudhuri, S. K. Patra, A. K. Chakraborty, Electrical resistivity of transition metal ion doped mullite, J. Eur. Ceram. Soc., Vol 19, 1999, pp. 2941-2950.
7. H. Schneider, Foreign cation incorporation in mullite, In: Schneider, H. and Komarneni, S., (Eds.), Mullite. Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2005
8. H. Schneider, H. Rager, Iron incorporation in mullite, Ceram. Int., Vol 12, 1986, pp. 117-125.
9. O. Burgos-Montes, R. Moreno, M.T. Colomer, J.C. Fariñas, Synthesis of mullite powders through a suspension combustion process, J. Am. Ceram. Soc., Vol 89, No 2, 2006, pp. 484-489.
10. O. Burgos-Montes, R. Moreno, M.T. Colomer, J.C. Fariñas, Influence of combustion aids on suspension combustion synthesis of mullite powders, J. Eur. Ceram. Soc., Vol 26, 2006, pp. 3365-3372.

3. Polazne hipoteze

Osnovna hipoteza sa kojom se ulazi u istraživanje je da se dopiranjem mulita jonima prelaznih metala, u ovom slučaju gvoždem, može poboljšati sinterabilnost mulita što vodi povećanju gustine i poboljšanju termomehaničkih svojstva materijala dobijenih od prahova prekursora sintetisanih metodama sinteze iz rastvora. U okviru istraživanja, kombinacijom sol-gel postupka i metode sagorevanja biće sintetisani prahovi prekursora nedopiranog mulita i mulita dopiranog gvoždem definisanog sastava $Al_{(6-x)}Fe_xSi_2O_{13}$, gde x ima vrednosti od 0 do 0,90 što odgovara sadržaju gvožđa 0 - 15 mas% Fe_2O_3 . Nakon paljenja suvog gela i termičkog tretmana u kome se prah oslobađa organskog ostatka dobijeni amorfnih prahovi prekursora biće uniaksijalno i izostatski presovani kako bi se dobili ispresci koji će biti podvrgnuti različitim uslovima sinterovanja u cilju ispitivanja uticaja sadržaja gvožđa na konsolidaciju ispresaka u zavisnosti od uslova sinterovanja.

Različitim metodama (rendgenska difrakciona analiza, diferencijalna skenirajuća kalorimetrija, skenirajuća elektronska mikroskopija) biće praćene promene sastava čvrstih rastvora mulita i morfologije čestica prahova prekursora kao i mikrostruktura sinterovanih uzoraka. Pretpostavlja se da će sa povećanjem sadržaja gvožđa u kristalnoj rešetki mulita doći do snižavanja temperature formiranja mulita – mulitizacije. Takođe, očekuje se da sa povećanjem sadržaja gvožđa u kristalnoj rešetki mulita dođe do promene parametara rešetke mulita što utiče na promenu veličine zrna, kao i orijentaciju zrna koja postaje usmerenija, čime se zrna bolje pakuju a samim tim se povećava gustina materijala. U toku rada, istraživanja će biti usmerena i na ispitivanje uticaja sadržaja gvožđa na mehanička svojstva materijala, kao što su mikrotvrdoća, makrotvrdoća i žilavost sinterovanih uzoraka.

4. Naučne metode istraživanja

Planiranim istraživanjem biće obuhvaćena sinteza prahova prekursora nedopiranog mulita i mulita dopiranog gvožđem za sastave koji odgovaju definisanom sastavu čvrstog rastvora mulita $\text{Al}_{(6-x)}\text{Fe}_x\text{Si}_2\text{O}_{13}$, gde x ima vrednosti od 0 do 0,90 što odgovara sadržaju gvožđa 0 - 15 mas% Fe_2O_3 . Karakterizacija sintetisanih prahova prekursora mulita kao i sinterovanih ispresaka dobijenih polazeći od sintetisanih prahova biće izvršena sledećim metodama:

1. Rendgenskom difrakcionom analizom (XRD) izvršiće se identifikacija faza i praćenje promena parametara rešetke dopiranog mulita u zavisnosti od promene sadržaja gvožđa. Takođe, ovom metodom biće određena veličina kristalita kao i mikronaprezanja u kristalnoj rešetki mulita u zavisnosti od sadržaja gvožđa koji se ugradi u kristalnu rešetku mulita.
2. Skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) biće ispitana morfologija čestica prahova prekursora, veličina i oblik zrna i pora sinterovanih ispresaka dopiranog mulita, a metodom energetske disperzione spektroskopije (EDS) utvrdiće se sastav čestica prahova i faza u sinterovanim isprescima.
3. Diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom (DSC) biće određene temperature faznih transformacija, kao i uticaj promene sadržaja gvožđa na temperaturu mulitizacije.
4. Mossbauer spektroskopijom pratiće se supstitucija katjona Al^{3+} katjonima Fe^{3+} u kristalnoj rešetki mulita.
5. Infracrvenom spektroskopijom (IR) biće analiziran proces formiranja prahova prekursora mulita sintetisanih kombinacijom sol-gel postupka i metode sagorevanja iz rastvora.
6. Mikrotvrdoća i makrotvrdoća sinterovanih ispresaka u zavisnosti od promene sadržaja gvožđa dopiranog mulita kao i uslova formiranja ispresaka i sinterovanja.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije doprineti novim saznanjima o:

- uticaju uslova sinteze na morfologiju praha i mikrostrukturu sinterovanih uzoraka nedopiranog mulita i mulita dopiranog gvožđem,
- mehanizmu kristalizacije mulita iz gelova koji su dobijeni kombinacijom sol-gel postupka i metodom sagorevanja iz rastvora,
- mehanizmu sinterovanja mulita polazeći od prahova sintetisanih sol-gel postupkom u kombinaciji sa metodom sagorevanja,
- uticaju dopanata na strukturne, mikrostrukturne i fizičko-mehaničke karakteristike mulita dobijenog od sintetisanih prahova,
- optimalnim parametrima procesiranja za dobijanje guste mulitne keramike.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predviđa se da će doktorska disertacija biti sačinjena od sledećih poglavlja: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i Diskusija*, *Zaključak i Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće definisani glavni ciljevi disertacije, predmet istraživanja i očekivani doprinos disertacije.

Poglavljje *Teorijski deo* sadržaće relevantne podatke koji se odnose na:

- strukturu i svojstva mulita, sa posebnim osvrtom na dopiranje mulita jonima prelaznih metala,
- hemijske postupke sinteze mulita, i
- metode karakterizacije materijala.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni materijali i metode korišćene u eksperimentalnom radu:

- materijali i hemikalije korišćene u postupku sinteze prahova prekursora nedopiranog mulita i mulita dopiranog gvoždem,
- priprema i sinterovanje ispresaka nedopiranog mulita i mulita dopiranog gvoždem,
- instrumentalne metode karakterizacije materijala dobijenog od sintetisanih prahova prekursora mulita kao i samih prahova, i
- ispitivanje mehaničkih karakteristika materijala.

Poglavljje *Rezultati i Diskusija* sadržaće detaljan prikaz dobijenih rezultata i njihovu diskusiju. Detaljno će biti analizirana strukturna i morfološka svojstva sintetisanih prahova prekursora nedopiranog mulita i mulita dopiranog gvoždem, dobijenih sol-gel postupkom u kombinaciji sa metodom sagorevanja. Takođe, biće analizirane strukturne i mikrostrukturne karakteristike sinterovanih uzoraka u zavisnosti od količine ugrađenog gvožđa u kristalnu rešetku mulita. Posebna pažnja biće posvećena mehanizmu kristalizacije u zavisnosti od uslova sinteze polaznih prahova. U okviru ovog poglavlja biće prodiskutovan i mehanizam sinterovanja dopiranog mulita. Analizom faznog sastava biće utvrđeno da li se postupcima sinteze iz rastvora može povećati granica rastvorljivosti gvožđa u mulitu. Mehanička svojstva ispresaka nedopiranog i dopiranog mulita dobijenog od polaznih sintetisanih prahova, mikrotvrdoća, makrotvrdoća i žilavost, biće detaljno prodiskutovana i praćena njihova promena u zavisnosti od promene sadržaja dopanta u kristalnoj rešetki mulita.

U *Zaključku* biće sumirani dobijeni rezultati i izvedeni relevantni zaključci na osnovu izvršenih ispitivanja.

Litertura će sadržati navode citirane u radu i publikacije proistekle iz istraživačkog rada ove doktorske disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije "SOL-GEL SINTEZA I KARAKTERIZACIJA MULITA DOPIRANOG GVOŽĐEM", koju je predložila Svetlana Ilić, dipl. ing. tehnologije, naučno zasnovana i pruža mogućnost za ostvarivanje značajnih naučnih i praktičnih rezultata. Komisija takođe smatra da je Svetlana Ilić, dipl. ing. tehnologije, podoban kandidat za rad na predloženoj temi i stoga predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati predloženu temu i odobri Svetlani Ilić njenu izradu pod mentorstvom dr Đorđa Janačkovića, redovnog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Branka Matovića, naučnog savetnika Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološkog Inženjerstva (uža naučna oblast - Inženjerstvo materijala) za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

U Beogradu, 01.09.2014.

Članovi komisije,

1. _____

Prof. dr Đorđe Janačković, red. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet

2. _____

Dr Branko Matović, naučni savetnik,
Univerziteta u Beogradu, Institut za
nuklearne nauke "Vinča"

3. _____

Dr Slavica Zec, viši naučni saradnik,
Univerziteta u Beogradu, Institut za
nuklearne nauke "Vinča"

4. _____

Prof. dr Snežana Grujić, van. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet

5. _____

Prof. dr Jelena Miladinović, van. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet