

Универзитет у Крагујевцу

Факултет техничких наука у Чачку

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЧАЧКАК

| Оргјед. | Број | Датум | Вредност |
|---------|------|-----------|----------|
| 07 | 243 | 20.2.2014 | |

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације кандидата Сузана Филиповић, дипл. физ. хем.

Одлуком Стручног већа за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-13/10 од 23. јануара 2014. год. именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације кандидата **Сузана Филиповић**, дипл. физ. хем. под радним насловом:

“Утицај механичке активације на својства $MgO-TiO_2$ електрокерамике“

На основу увида у приложену документацију и личног познавања кандидата, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

2.1. Биографски подаци кандидата

Сузана Филиповић, девојачко Стевановић, рођена је 18. фебруара 1981. год. у Шапцу, Република Србија. Основну школу и гимназију, природно математичког смера, завршила је у Шапцу. Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду уписала је 2000. год. и дипломирала на истом 2006. год. са просечном оценом 8,67, и темом “Утицај механичке активације на Раманове спектре $BaTiO_3$ ” чиме је стекла стручно звање дипломирани физико хемичар. Исте године уписала је мастер студије на Факултету за физичку хемију и завршила их 2007. год. са темом “Промена специфичне површине порозног ZnO током синтеровања”.

Сузана Филиповић је запослена у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности од 2006. год., као истраживач приправник, на пројекту ресорног министарства

науке, чији је руководилац био Академик Момчило М. Ристић. У звање истраживач сарадник изабрана је 2010. год. у Институту за нуклеарне науке Винча. Сарадник је на пројекту *Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала* којим руководи проф. др Владимир Павловић.

Школске 2009/10 године уписала је докторске студије на Универзитету у Крагујевцу, Технички факултет у Чачку, студијски програм Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул Савремени материјали и технологије у електротехници. Положила је све испите у складу са акредитованим студијским програмом са просечном оценом 9,75.

У досадашњем раду, као аутор или коаутор објавила је следеће радове:

Радови штампани у часописима међународног значаја M21

1. V. P. Pavlović, J. Krstić, M. J. Šćepanović, J. Dojčilović, D. M. Minić, J. Blanuša, **S. Stevanović**, V. Mitić, V. B. Pavlović, "Structural investigation of mechanically activated nanocrystalline BaTiO₃", *Ceramics International*, Vol. 37, (2011), p. 2513-2518, ISSN 0272-8842.
2. N. Obradović, **S. Filipović**, V. Pavlović, M. Mitrić, S. Marković, V. Mitić, N. Đorđević and M. M. Ristić, "Isothermal sintering of barium-zinc-titanate ceramics", *Ceramics International*, Vol. 37, (2011), p. 21-27, ISSN 0272-8842.
3. N. Obradović, N. Đorđević, **S. Filipović**, N. Nikolić, D. Kosanović, M. Mitrić, S. Marković, V. Pavlović, "Influence of mechanical activation on the sintering of cordierite ceramics in the presence of Bi₂O₃ as a functional additive", *Powder Technology*, Vol. 218, (2012) p. 157-161, ISSN 0032-5910.

Радови штампани у часописима међународног значаја M22

4. N. Obradovic, N. Labus, T. Sreckovic, **S. Stevanović**, „Reaction Sintering of the 2ZnO-TiO₂ System“, *Science of Sintering*, Vol. 39, (2007), p. 127-132, ISSN 0350-820X.
5. N. Obradovic, **S. Stevanović**, M. Mitric, M. V. Nikolic, M. M. Ristic, "Analysis of isothermal sintering of zinc-titanate doped with MgO", *Science of Sintering*, Vol. 39, (2007), p. 241-248, ISSN 0350-820X.
6. **S. Stevanović**, V. Zeljkovic, N. Obradovic, N. Labus, "Investigation of sintering kinetics of ZnO by observing reduction of the specific surface area", *Science of Sintering*, Vol. 39, (2007), p. 259-265, ISSN 0350-820X.
7. **S. Filipović**, N. Obradovic, V. Petrovic, "Influence of mechanical activation on structural and electrical properties of sintered MgTiO₃ ceramics", *Science of Sintering*, Vol. 41, (2009), p. 117-123, ISSN 0350-820X.

Радови штампани у часописима међународног значаја M23

8. N. Labus, **S. Stevanović**, M.M. Ristic, "Sintering of mechanically activated ZnO-TiO₂ powders", *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, Vol. 47, (2008), p. 40-46, ISSN 1068-1302.

9. N. Obradovic, **S. Stevanović**, M.M. Ristic, "Analysis of nonisothermal sintering of zinc-titanate ceramics doped with MgO", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 47, (2008), p. 63-69 , ISSN 1068-1302.
10. N. Obradovic, **S. Stevanović**, V. Zeljkovic, M.M. Ristic, "Influence of ZnO specific surface area on its sintering kinetics", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 48, (2009), p. 182-185, ISSN 1068-1302.
11. M.M. Ristic, N. Obradovic, **S. Filipović**, A.I. Bykov, M.A. Vasil'kovskaya, L.A. Klochkov, I.I. Timofeeva, "Formation of magnesium titanates", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 48, (2009), p. 371-374, ISSN 1068-1302.
12. **S. Filipović**, N. Obradović, V.B. Pavlović, S. Marković, M. Mitrić, M.M. Ristić, "Influence of mechanical activation on microstructure and crystal structure of sintered MgO-TiO₂ system", Science of Sintering, Vol. 42, (2010), p. 143-151 , ISSN 0350-820X.
13. N. Obradović, **S. Filipović**, V. Pavlović, V. Paunović, M. Mitrić, M.M. Ristić, "Structural and Electrical Properties of Sintered Barium-Zinc-Titanate Ceramics", Acta Physica Polonica A, Vol. 120 (2), (2011), p. 322-325, ISSN 1898-794X.
14. N. Obradović, A. Terzić, Lj. Pavlović, **S. Filipović**, V. Pavlović, "Dehydration investigations of a refractory concrete using DTA method", Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 110, (2012), p. 37-41, ISSN 1388-6150.
15. N. Obradović, **S. Filipović**, V.B. Pavlović, A. Maričić, N. Mitrović, I. Balać, M.M. Ristić, "Sintering of mechanically activated magnesium-titanate and barium-zinc-titanate ceramics", Science of Sintering, Vol. 43, (2011), p. 145-151, ISSN 0350-820X.
16. N. Obradovic, **S. Filipović**, M. Mitric, V. Pavlovic, V. Paunovic, D. Kosanovic, I. Balac, M. M. Ristic, "Influence of mechanical activation on electrical properties of barium-zinc-titanate ceramics sintered at 1100°C", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 50, (2012), p. 714-718, ISSN 1068-1302.
17. N.G. Djordjevic, N.Obradovic, **S. Filipović**, "Electrical properties of mechanically activated cordierite ceramics", Powder metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 51, (2012), p. 83-86, ISSN 1068-1302.
18. D. Kosanović, N. Obradović, J. Tivojinović, **S. Filipović**, A. Maričić, V. Pavlović, Y. Tang, M.M.Ristić, "Mechanical-Chemical Synthesis Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO₃", Science of Sintering, Vol. 44, (2012), p. 47-55, ISSN 0350-820X.
19. N. Obradovic, M.V. Nikolic, N. Nikolic, **S. Filipović**, M. Mitric, V. Pavlovic, P. M. Nikolic, A. R. Djordjevic, M. M. Ristic, "Synthesis of barium-zinc-titanate ceramic", Science of Sintering, Vol. 44, (2012), p. 65-71, ISSN 0350-820X.

Радови штампани у часопису националног значаја M52

20. Н. Г. Ђорђевић, Н. Н. Обрадовић, **С. Ж. Филиповић**, "Кинетика механохемијске синтезе баријум-титаната", Техника-Нови материјали, 20, (2011), стр.367-371, ISSN 0354-2300.
21. Н. Ђорђевић, N.Obradović, **S.Filipović**, J. Tivojinović, M. Mitrić, S. Marković, "Influence of Mechanical Activation on the Constituents of the MgO-Al₂O₃-SiO-TiO₂ System", Tehnika – Novi materijali, Vol. 21, (2012), p. 329-333, ISSN 0354-2300 .

Радови штампани у часопису националног значаја M53

22. Косановић Д., **Филиповић С.**, Обрадовић Н., Павловић В., Ристић М., " Еволуција микроструктуре и кинетике синтеровања ZnO", Истраживања и Пројектовања за Привреду, 9(2), (2011), стр. 317-322, (ISSN 1451-4117)

Публикације категорије М34

23. **S. Stevanović**, V. Zeljkovic, "Reduction of the specific surface area of porous ZnO during sintering", FITEM 07, Čačak, Programme and the book of abstracts, August 2007, p. 34.
24. **S. Stevanović**, N. Obradovic, V. Pavlovic. M. M. Ristic, "Influence of mechanical activation on MgO-TiO₂ system" YUCOMAT 2008, Herceg Novi, programme and the book of abstracts, September 2008, p. 68.
25. N.Obradovic, **S. Stevanović**, V. Pavlovic, M. M. Ristic, "Influence of mechanical activation on BaO-ZnO-TiO₂ system" YUCOMAT 2008, Herceg Novi, Programme and the book of abstracts, September 2008, p. 67.
26. N. Obradovic, **S. Filipović**, M. M. Ristic, "Isothermal sintering of BZT ceramics" International Conference on Sintering, Kiev, Ukraine, Abstract book, Septembar 2009, p. 69.
27. **S. Filipović**, N. Obradovic, A. I. Bykov, M. A. Vasylovskaya, L. A. Klochkov, I. I. Tymofeeva, "Phase formation on sintering of reacting oxides Ba, Zn, Ti" International Conference on Sintering, Kiev, Ukraine, Abstract book, September 2009, p. 140.
28. M. M. Ristic, **S. Filipović**, N. Obradovic, "Isothermal sintering of mechanically activated MT ceramics" International Conference on Sintering, Kiev, Ukraine, Abstract book, September 2009, p. 141.
29. N. Obradović, **S. Filipović**, V. Pavlović, "Structural analyses of sintered MT and BZT ceramics" 4th Serbian Congress for Microscopy, Belgrade, Serbia, Programme and the book of extended abstracts, October 2010, p. 75.
30. **S. Filipović**, N. Obradović, M. Šćepanović, V. B. Pavlović, V. Paunović, "Electrical properties of sintered Magnesium-titanate ceramics", The First Ceramic Society Conference "Advanced Ceramics and Application", Belgrade, Serbia, Programme and the book of abstracts, May 2012, p. 23.
31. N. Obradović, V. P. Pavlović, **S. Filipović**, D. Kosanović, V. B. Pavlović, "Kinetics of mechanically activated TiO₂-based oxides followed by DTA" The First Ceramic Society Conference "Advanced Ceramics and Application", Belgrade, Serbia, Programme and the book of abstracts, May 2012, p. 24.

2.2. Подаци о докторској дисертацији

Радни наслов теме докторске дисертације

Обзиром на убрзани развој мобилних телефона као и других телекомуникационих система који захтевају употребу микроталасних диелектрика са строго дефинисаним својствима, њихово добијање и модификација структуре механичком активацијом су постали изузетно акуелни и предмет су бројних истраживања. Мултидисциплинарна истраживања електрокерамичких својстава механички активираних система MgO-TiO₂ могу дати значајан допринос развоју ове групе материјала.

Имајући у виду постављене циљеве истраживања током реализације ове докторске дисертације, предлаже се да тема има следећи радни наслов:

**“Утицај механичке активације на својства MgO-TiO₂
електрокерамике“**

Предмет докторске дисертације

Предмет дисертације је испитивање утицаја механичке активације и синтеровања на структуру и својства система MgO-TiO_2 , као материјала са широком применом у електротехници. Механичка активација као метода модификације физичко-хемијских својстава дисперзних система је често коришћена техника за добијања прахова због своје једноставности, релативно јефтине производње и добијања већих количина прахова потребних за детаљно истраживање. Сагласно томе у оквиру докторске дисертације биће проучен комплексан проблем утицаја млевења, тј. механичке активације на синтезу и синтеровање, као и на структурну хијерархију у синтерованом систему. Прахови механички активирани 5, 10, 20, 40, 80 и 120 минута ће бити детаљно окарактерисани рендгеноструктурном анализом. При томе ће бити праћене како промене у фазном саставу прахова, као последице млевења, тако и просечне димензије кристалита, минималне густине дислокација и величине микронапрезања за MgO и TiO_2 . Резултати добијени овом методом биће упоређени и допуњени резултатима Раманске спектроскопије, као и мерењем специфичне површине и расподеле величине пора у неактивираним и активираним праховима. Узорци синтеровани на температурама 1100, 1200, 1300 и 1400 °C ће бити детаљно окарактерисани рендгеноструктурном анализом, скенирајућом електронском микроскопијом, Раманском спектроскопијом. Посебна пажња ће бити усмерена на дискусију утицаја параметара механичке активације и синтеровања на фреквентне зависности електричних својстава добијене магнезијум титанатне керамике.

Хипотезе докторске дисертације

Развој нових електрокерамичких материјала, које поред строго одређеног састава одликује и тачно одређени распоред дефеката и примеса, захтева свеобухватно истраживање на бази следећих хипотеза:

- Механичка активација, као комплексан физичко-хемијски процес, изазива повећање потенцијалне енергије и хемијске активности третираних неорганских материјала, као и пластичне деформације кристалне структуре, које се манифестују значајним уносом дефеката у решетку и ситњењем кристалита. Промене које се дешавају у материјалу на појединим структурним нивоима, као што су дефекти кристалне решетке (дислокације и ваканције) су основни извор локалних напрезања која настају ширењем или скупљањем, условљавају већу брзину процеса дифузије, што доводи до убрзања реакција у чврстој фази.

- За побољшање електричних својстава и згушњавање синтероване керамике ефикасно се може користити механичка активација као предтретман. Електрична својства су у највећој мери последица структурног стања синтерованих узорака и функција су пре свега електронске структуре.

- У систему MgO-TiO_2 који је подвргнут термичком третману могу се уочити три једињења и то MgTiO_3 , Mg_2TiO_4 и Mg_2TiO_5 , од којих су прва два стабилна на температурама изнад 973 °C. Утврђено је да је MgTiO_3 најстабилнија фаза и остаје потпуно уређена у односу

на распоред Mg – Ti катјона до најмање 1945 °C. Mg₂TiO₄ има прелаз из кубне у тетрагоналну решетку на 1206±20 °C.

- Магнезијум титанати спадају у групу диелектрика (ширина забрањене зоне им је већа од 3 eV) који имају широку примену у савременој електроници због својих изузетних електричних својстава. Битна својства ових керамика је да имају диелектричну константу $\epsilon_r \approx 16$ за MgTiO₃ и $\epsilon_r \approx 14$ за Mg₂TiO₄, и ниске вредности диелектричних губитака.

2.3. Подобност кандидата

Кандидаткиња Сузана Филиповић, дипл. физ. хем. је докторске академске студије уписала школске 2009/10 год. на Техничком факултету у Чачку, студијски програм Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул Савремени материјали и технологије у електротехници. Положила је све испите у складу са акредитованим студијским програмом са просечном оценом 9,75. Током припрема за израду докторске дисертације публиковала је следеће радове:

1. **S. Filipović**, N. Obradovic, V. Petrovic, "Influence of mechanical activation on structural and electrical properties of sintered MgTiO₃ ceramics", Science of Sintering, Vol. 41, (2009), p. 117-123, ISSN 0350-820X. **M23**
2. M.M. Ristic, N. Obradovic, **S. Filipović**, A.I. Bykov, M.A. Vasil'kovskaya, L.A. Klochkov, I.I. Timofeeva, "Formation of magnesium titanates", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 48, (2009), p. 371-374, ISSN 1068-1302. **M23**
3. **S. Filipović**, N. Obradović, V.B. Pavlović, S. Marković, M. Mitrić, M.M. Ristić, "Influence of mechanical activation on microstructure and crystal structure of sintered MgO-TiO₂ system", Science of Sintering, Vol. 42, (2010), p. 143-151, ISSN 0350-820X. **M23**
4. N. Obradović, **S. Filipović**, V.B. Pavlović, A. Maričić, N. Mitrović, I.Balać, M.M. Ristić, "Sintering of mechanically activated magnesium-titanate and barium-zinc-titanate ceramics", Science of Sintering, Vol. 43, (2011), p. 145-151, ISSN 0350-820X. **M23**
5. **S. Filipović**, N. Obradović, D. Kosanović, V. Pavlović, A. Đorđević, "Sintering of mechanically activated MgO-TiO₂ system", Journal of Ceramic Processing Research, Vol. 14(1) (2013) p. 31-34, ISSN 1229-9162. **M23**

Имајући у виду све наведене резултате које је кандидаткиња постигла током свог истраживачког рада, може се закључити да се ради о комплетном и искусном кандидату који испуњава високе критеријуме у својим активностима. Запослена је у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности од 2006. год. на пословима истраживача где је постигла изузетне резултате.

2.4. Преглед стања у подручју истраживања

Савремена наука о материјалима као мултидисциплинарна научна област директно утиче на развој савремене технике, али је одговорна и за развој других научних и технолошких области. У вези с тим од посебног је значаја понашање материјала под утицајем разних физичких параметара. Развој савремених микроталасних диелектрика који

имају широку примену у електроници, почев од мобилних телефона, сателитских антена, резонатора, филтера, је последњих година веома интензиван. Услове који ови материјали треба да задовоље су првенствено што ниже вредности диелектричних губитака ($\text{tg } \delta$) и високе вредности диелектричне константе (ϵ). Наведена својства керамике зависе првенствено од услова и начина припреме полазних компоненти. У бинарном систему MgO-TiO_2 , након термичког третмана, познато је да постоје две стабилне фазе MgTiO_3 и Mg_2TiO_4 од којих обе својим карактеристикама испуњавају потребе савремене технике.

Механичка активација је процес модификације физичко-хемијских својстава дисперзних система. Последица механичког дејства на чврсту супстанцу није само уситњавање материјала већ и активација честица, акумулација енергије која доводи до активирања хемијских реакција, настанка високо побуђених стања које карактерише разарање решетке. Избор методе млевења зависи од многих фактора, као што су чистоћа и дисперзност млевоног материјала. Током млевења повећава се специфична површина и самим тим расту адхезионе силе. После неког времена, које зависи од врсте материјала која се користи, почиње процес агломерације.

У литератури се помињу многе друге методе које су у одређеним условима погодне за добијање магнезијум титанатне керамике као што су сол-гел метода, термална декомпозиција из пероксидних прекурсора, метода таложења из метал-органичких раствора, метода хидротермалног механо-хемијског комплексирања, хемијска копреципитација, итд. Све наведене технологије добијања имају своје предности и недостатке. Главни недостаци ових метода јесу добијање малих количина узорака и релативно компликоване и скупе апаратуре. Реакције у чврстој фази које се одигравају у систему током механичке активације и потом синтеровања, за добијање керамике строго дефинисаних својстава, су често коришћене технике због своје једноставности, релативно јефтине производње и добијања веће количине материјала.

На међународном истраживачком плану, много труда се улаже у развијање што оптималнијих услова производње електронских материјала чија је примена широко распрострањена. У те сврхе велики број истраживача се бави истраживањем реакција у чврстој фази и механичком активацијом као методом за њихову реализацију. Највећи изазов савремене науке је утврдити оптималне параметре млевења, као што су однос кугли и праха, брзина ротирања посуда, време механичке активације, моларни однос компоненти у смеси који ће довести до формирања једињења потребних својстава. Уједно се велика пажња посвећује поједностављењу и смањењу трошкова процеса производње.

2.5. Значај и циљ истраживања са становишта актуелности у области истраживања

Ова докторска дисертација има за циљ да детаљно испита утицај механичке активације и синтеровања тако добијених прахова система MgO-TiO_2 на свим хијерархијским нивоима структуре. Актуелна истраживања у овој области усмерена су на производњу чврсте керамике, са што већом густином у поређењу са теоријском, односно што мањом

порозношћу, која задовољава потребе индустријске производње у смислу оптималних електричних својстава и стабилности исте у конкретним експлоатационим условима. На тај начин савремена наука о материјалима директно утиче на развој савремене технике. Посебна пажња усмерена је на испитивање нових електронских материјала и усавршавање постојећих варирањем параметара производње. Електрична својства ових материјала условљена су првенствено фазним саставом, односно односом присутних фаза у систему (MgTiO_3 и Mg_2TiO_4) која зависи како од односа полазних компоненти ($\text{MgO}:\text{TiO}_2$) тако и од температуре синтеровања. У конкретном систему на температурама око 1380°C долази до разлагања Mg_2TiO_4 . Поред тога микроструктура игра веома битну улогу. Заправо, вредности диелектричне константе и тангенса губитака се мењају у зависности од микроструктуре узорка, тј. да ли је синтерован из агломерата или из ситнијих зрна, да ли је присутна велика порозност и сл.

С обзиром на могућности за пројектовање и развој нових електронских компоненти, магнезијум-титанати заузима значајно место у савременој електрокерамици.

Механичка активација је веома једноставна метода за добијање дисперзних прахова са измењеним физичко-хемијским својствима. Поред предности које ова техника пружа треба пажљиво водити рачуна о дужини механичког третмана јер после одређеног времена почиње процес агломерације који може имати и нежељене ефекте на структуру а последично и својства крајњег производа. Даље, активација до неког нивоа може имати жељене утицаје на уређење структуре у току синтеровања, а након те границе супротне. На овај проблем је посебно усмерена пажња овог рада, обзиром да таквих резултата у литератури нема много, посебно за систем $\text{MgO}-\text{TiO}_2$. Тиме ће бити дат и посебан допринос познавању утицаја механичке активације на генерацију структурних дефеката у полазном материјалу и њихов утицај на формирање и еволуцију фазног састава и микроструктуре у процесу добијања магнезијум-титанатне керамике од полазних оксида, што има и фундаментални и применљиви значај.

2.6. Веза са досадашњим истраживањима

Мотивација за овај рад и радни наслов докторске дисертације резултат су истраживачких активности кандидата у области проучавања механичке активације и синтеровања титанатних керамика, а са посебним интересовањем за систем $\text{MgO}-\text{TiO}_2$.

Суштинске везе са досадашњим истраживањима садржане су у следећим литературним изворима, односно листи књига и научних радова из области од интереса:

[1] М. М. Ристић, Принципи науке о материјалима, САНУ, Београд, (1993).

[2] М. М. Ристић, Л. Ф. Прјадко, Ј. А. Куницки, З. С. Николић, М. В. Николић, С. М. Радић, Прогноза физичко-хемијских својстава материјала, ЦМС БУ, Београд, (1996).

[3] С. Милошевић, Механохемијски процеси у науци о материјалима, ЦМС, Београд, (1992).

[4] К. Трачкова, Mechanical activation of minerals, Elsevier, Amsterdam, (1989).

- [5] M. Senna, *Finest grinding and mechanical activation for advanced materials*, 7th European Symposium Comminution, Ljubljana, (1990) 21.
- [6] R. L. Coble, *J. Am. Ceram. Soc.*, 56 (1973) 461.
- [7] M. M. Ristiћ, Z. C. Nikoliћ, *Теорија дијаграма синтеровања са основама физике синтеровања*, САНУ, Београд, (1987).
- [8] R. M. German, *Sintering—Theory and Practice*, John Wiley & Sons, Inc., New York, (1996).
- [9] A. Маричић, С. М. Ристић, М. М. Ристић, *Физички и физичкохемијски принципи технологије керамичких материјала*, ЦМС, Београд, (1998).
- [10] A. Belous, O. Ovchar, D. Durilin, *High-Q microwave dielectric materials based on the spinel Mg₂TiO₄*, *J. Am. Ceram. Soc.* 89 (2006) 3441-3445.
- [11] Z. Li, S. Chun-Ying, Q. Tai, *Studies on the (1-x)(Mg_{0.7}Zn_{0.3})TiO_{3-x}Ca_{0.61}La_{0.26}TiO₃ microwave dielectric ceramics system*, *J. Inorg. Mater.* 26 (2011) 219-224.
- [12] N. Stubičar, A. Tonejc, M. Stubičar, *Microstructural evolution of some MgO–TiO₂ and MgO–Al₂O₃ powder mixtures during high-energy ball milling and post-annealing studied by X-ray diffraction*, *J. of Alloys and Comp.* 370 (2004) 296-301.
- [13] M. K. Suresh, J. K. Thomas, H. Sreemoolanadhan, C. N. George, A. John, S. Solomon, P. R. S. Wariar, J. Koshy, *Synthesis of nanocrystalline magnesium titanate by an auto-igniting combustion technique and its structural, spectroscopic and dielectric properties*, *Mater. Res. Bull.* 45 (2010) 761-765.
- [14] A. Belous, O. Ovchar, D. Durylin, M. Valant, M. Macek-Krzmanac, D. Suvorov, *Microwave composite dielectrics based on magnesium titanates*, *J. Eur. Ceram. Soc.* 27 (2007) 2963-2966.
- [15] E. S. Kim, and S. N. Seo, *Evaluation of microwave dielectric properties of MgO-TiO₂ system by dielectric mixing rules*, *J. Kor. Ceram. Soc.* 47 (2010) 163-168.
- [16] J. Zabicky, G. Kimmel, E. Goncharov, F. Guirado, *Magnesium titanate phases from xerogels by hot stage X-ray powder diffractometry*, *Z. Kristallogr. Suppl.* 30 (2009) 347-352.
- [17] J. A. Linton, Y. Fei, A. Navrotsky, *The MgTiO₃-FeTiO₃ join at high pressure and temperature*, *Am. Mineral.* 84 (1999) 1595-1603.
- [18] H. St. C. O'Neill, D. R. Scott, *The free energy of formation of Mg₂TiO₄ (synthetic qandilite), an inverse spinel with configurational entropy*, *Eur. J. Mineral.* 17 (2005) 315-323.
- [19] M. Šćepanović, S. Aškračić, V. Berec, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović and Z.V. Popović, *Characterization of La-Doped TiO₂ Nanopowders by Raman Spectroscopy*, *Acta Phys. Pol. A* 115 (2009) 771–774.
- [20] E. A. V. Ferri, J. C. Sczancoski, L. S. Cavalcante, E. C. Paris, J.W.M. Espinosa, T. de Figueiredo, P. S. Pizani, V. R. Mastelaro, J. A. Varela, E. Longo, *Photoluminescence behaviour in MgTiO₃ powders with vacancy/distorted clusters and octahedral tilting*, *Mater. Chem. Phys.* 117 (2009) 192–198.
- [21] C. H. Wang, X.P. Jing, W. Feng, J. Lu, *Assignment of Raman-active vibrational modes of MgTiO₃*, *J. Appl. Phys.* 104 (2008) 034112- 034112-6.

[22] T. Hirata, K. Ishioka, M. Kitajima, Vibrational spectroscopy and X-ray diffraction of perovskite compounds $\text{Sr}_{1-x}\text{M}_x\text{TiO}_3$ (M=Ca, Mg; $0 \leq x \leq 1$), J. Solid State Chem. 124 (1996) 353-359.

[23] S. Kumar, R. Kumar, B. H. Koo, H. Choi, D. U. Kim, C. G. Lee, Structural and electrical properties of Mg_2TiO_4 , J. Ceram. Soc. Jpn. 117 (2009) 689-692.

[24] W. Lei, J.H. Zhu, X.H. Wang, Microwave dielectric properties of $\text{ZnAl}_2\text{O}_4\text{-TiO}_2$ spinel-based composites, Mater. Lett. 61 (2007) 4066-4069.

2.7. Методе које ће се користити у истраживању

1. Механичка активација смеше полазних прахова MgO и TiO_2 у високо енергетском планетарном млину,
2. Рендгенско-дифракциона анализа активираних прахова као и синтерованих узорака,
3. Диференцијално термијска анализа,
4. Сорпционо структурна анализа,
5. Анализа расподеле величине честица,
6. Микроструктурна анализа полазних прахова и синтерованих испресака скенирајућом електронском микроскопијом,
7. Раманска спектроскопија активираних прахова и синтерованих узорака,
8. Пресовање активираних прахова и припремање за синтеровање,
9. Изотремско синтеровање испресака механички активираних прахова,
10. Електрична мерења (фреквентне зависности: импедансе, Q фактора добротe, диелектричне константе, специфичне електричне отпорности).

2.8. Очекивани резултати докторске дисертације

Детаљна проучавања кинетике и механизма активације смеше прахова MgO-TiO_2 , треба да потврде да током млевења долази до смањења величине праха и повећања укупне енергије система пре свега на рачун повећања површинске енергије система. Анализом микроструктурних параметара смеша активираних у различитим временским интервалима утврдиће се у којој компоненти се одигравају суштинске микроструктурне промене. Очекује се да енергија која се уноси у систем механичким путем изазива веће деформације у кристалној решетки TiO_2 , које ће се манифестовати већим уносом дефеката у решетку и ситњењем његових кристалита као и повећање микронапрезања, у односу на MgO који је далеко тврђи. Такође ће се утврдити промене у фазном саставу смеша током механичког третмана, као и механизам реакција које се дешавају.

Истраживањима ће се доћи до оптималног времена механичке активације и температуре синтеровања која доприноси бољем згушњавању система и стабилизацији кристалне структуре. Добијена структура у синтерованом систему MgO-TiO₂ директна је последица структурних промена на свим хијерархијским нивоима (од макро структуре до електронске структуре) које су настале применом механичке активације полазних прахова, пресовања и услова синтеровања.

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације треба да покажу да механичка активација и синтеровање, са погодним одабиром процесних параметара, могу унапредити функционална својства синтероване магнезијум-титанатне електрокерамике.

2.9. Оквирни садржај дисертације

Докторска дисертација би садржала следећа поглавља:

1. УВОД
2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО
4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА
5. ЗАКЉУЧАК
6. ЛИТЕРАТУРА

2.10. Предлог ментора докторске дисертације са образложењем

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде **проф. др Небојша Митровић**. Комисија сматра да је овај предлог оправдан с обзиром на научне референце из области из које је тема дисертације.

2.11. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом “Утицај механичке активације на својства MgO-TiO₂ електрокерамике“ припада области Електротехничког и рачунарског инжењерства, ужа научна област Савремени материјали и технологије у електротехници.

2.12. Научна област чланова комисије

1. **Др Алекса Маричић**, професор емеритус,
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: ФИЗИКА,

2. **Проф. др Небојша Митровић**, редовни професор,
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: ФИЗИКА,
3. **Проф. др Владимир Павловић**, научни саветник,
Институт техничких наука САНУ Београд
Научна област: МАТЕРИЈАЛИ,
4. **Др Нина Обрадовић**, виши научни сарадник,
Институт техничких наука САНУ Београд
Научна област: МАТЕРИЈАЛИ,
5. **Проф. др Слободан Ђукић**, редовни професор,
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: ЕЛЕКТРОНИКА.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу напред наведеног, Комисија за оцену подобности теме докторске дисертације доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК

Кандидат Сузана Филиповић, дипл. физ. хем., и тема докторске дисертације под радним насловом **“Утицај механичке активације на својства MgO-TiO₂ електрокерамике“**, испуњавају све потребне формалне и суштинске услове који се захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета техничких наука у Чачку. На основу предложених полазних хипотеза, предмета и научних циљева, метода истраживања и очекиваних теоријских и експерименталних резултата, Комисија сматра да је тема дисертације изузетно актуелна.

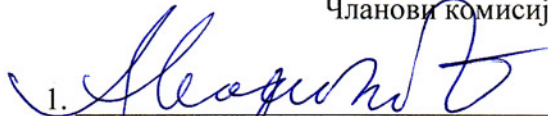
Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Стручном већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати поднети Извештај.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде **проф. др Небојша Митровић**, редовни професор Факултета техничких наука у Чачку.

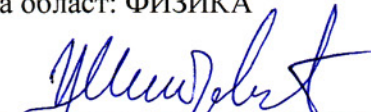
У Чачку и Београду,

Фебруара 2014. год.

Чланови комисије

1. _____

Проф. др Алекса Маричић, професор емеритус,
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: ФИЗИКА

2. _____

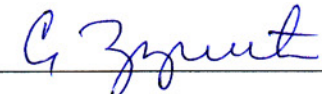
Проф. др Небојша Митровић, редовни професор,
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: ФИЗИКА

3. _____

Проф. др Владимир Павловић, редовни професор,
Пољопривредни факултет Београд,
научни саветник, Институт техничких наука САНУ
Научна област: НАУКА О МАТЕРИЈАЛИМА

4. _____

Др Нина Обрадовић, виши научни сарадник,
Институт техничких наука САНУ Београд
Научна област: НАУКА О МАТЕРИЈАЛИМА

5. _____

Проф. др Слободан Ђукић, редовни професор,
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: ЕЛЕКТРОНИКА