

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/88
(Број захтева)

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

13.04.2018.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Утицај механичке активације на структуру и својства стронцијум-титанатне керамике“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

ЈЕЛЕНА (Божидар) ЖИВОЈИНОВИЋ, дипломирани физикохемичар

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију.

3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: /

5. Година дипломирања: /

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2011/2012. године. На захтев студента, а увидом у приложена документа, декан је донео Решење број 05-10/28 од 23.10.2014. године о мировању права и обавеза школске 2014/2015. године због неге детета до годину дана.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 29.03.2018. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Јелену Живојиновић
(предложена су два ментора)

Име и презиме ментора 1: Ђорђе Јанаћковић

Звање: редовни професор, Универзитет у Београду – Технолошко-металуршки факултет

Списак најважнијих радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације (наведени радови припадају SCI листи):

1. Veljović Đ., Radovanović Ž., Dindune A., Palcevskis E., Krumina A., Petrović R., Janačković Đ.: *The influence of Sr and Mn incorporated ions on the properties of microwave single- and two-step sintered biphasic HAP/TCP bioceramics*, -Journal of Materials Science, Vol 49, No 19, 2014, pp. 6793-6802, ISSN: 0022-2461 (IF: 2,599)
2. Krsmanović-Whiffen R., Antić Ž., Milićević B., Pošarac-Marković M., Janačković Đ., Dramićanin M. D., Brik M. G., Steins I., Veljović Đ.: *Polycrystalline $(Y_{0.7}Gd_{0.3})_2O_3$: Eu^{3+} ceramics fabricated by Spark Plasma Sintering: Densification and microstructure development*, -Ceramics International, Vol 40, No 6, 2014, pp. 8853-8862, ISSN: 0272-8842 (IF: 2,986)
3. El-Buaishi N. M., Veljović Đ., Jokić B., Radovanović Ž., Steins I., Janačković Đ., Petrović R.: *Conventional and spark-plasma sintering of cordierite powders synthesized by sol-gel methods*, -Ceramics International, Vol 39, No 5, 2013, pp. 5845-5854, ISSN: 0272-8842 (IF: 2,986)
4. Veljović Đ., Palcevskis E., Zalite I., Patrović R., Janačković Đ.: *Two-step microwave sintering—A promising technique for the processing of nanostructured bioceramics*, -Materials Letters, Vol 93, 2013, pp. 251-253, ISSN: 0167-577X (IF: 2,572)
5. Veljović Đ., Čolić M., Kojić V., Bogdanović G., Kojić Z., Banjac A., Palcevskis E., Petrović R., Janačković Đ.: *The effect of grain size on the biocompatibility, cell-materials interface, and mechanical properties of microwave-sintered bioceramics*, -Journal of Biomedical Materials Research. Part A, Vol 100A, No 11, 2012, pp. 3059-3070, ISSN: 1549-3296 (IF: 3,076)
6. Moftah El-Buaishi N., Janković-Častvan I., Jokić B., Veljović Đ., Janačković Đ., Petrović R.: *Crystallization behavior and sintering of cordierite synthesized by an aqueous sol-gel route*, -Ceramics International, Vol 38, No 3, 2012, pp. 1835-1841, ISSN: 0272-8842 (IF: 2,986)
7. Veljović Đ., Jančić-Hajneman R., Balać I., Jokić B., Putić S., Petrović R., Janačković Đ.: *The effect of the shape and size of the pores on the mechanical properties of*

porous HAP-based bioceramics, -Ceramics International, Vol 37, No 2, 2011, pp. 471-479, ISSN: 0272-8842 (IF: 2,986)

8. Veljović Đ., Zalite I., Palcevskis E., Smiciklas I., Petrović R., Janačković Đ.: *Microwave sintering of fine grained HAP and HAP/TCP bioceramics*, -Ceramics International, Vol 36, No 2, 2010, pp. 595-603, ISSN: 0272-8842 (IF: 2,986)
9. Tanasković N., Radovanović Ž., Đokić V., Krstić J., Drmanić S., Janačković Đ., Petrović R.: *Synthesis of mesoporous nanocrystalline titania powders by nonhydrolytic sol-gel method*, - Superlattices and Microstructures, Vol 46, No 1-2, 2009, pp. 217-222, ISSN: 0749-6036 (IF: 2,123)

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничкотехнолошких, 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: 19. 3 2018.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Јелену Живојиновић
(предложена су два ментора)

Име и презиме ментора 2: Вера П. Павловић

Звање: ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет

Списак најважнијих радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације (наведени радови припадају SCI листи и сврставају се у категорије M21a, M21 или M22):

1. Živojinović J., Pavlović V. P., Kosanović D., Marković S., Krstić J., Blagojević V. A., Pavlović V. B.: *The Influence of Mechanical Activation on Structural Evolution of Nanocrystalline SrTiO₃ Powders*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 695, 2017, pp. 863-870, ISSN: 0925-8388 (IF: 3,133)
2. Filipović S., Pavlović V. P., Obradović N., Paunović V., Maca K., Pavlović V. B.: *The impedance analysis of sintered MgTiO₃ ceramics*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 701, 2017, pp. 107-115, ISSN: 0925-8388 (IF: 3,133)
3. Pavlovic V. P., Nikolic M. V., Pavlovic V. B., Blanusa J., Stevanovic S., Mitic V. V., Scepanovic M., Vlahovic B.: *Raman Responses in Mechanically Activated BaTiO₃*, - Journal of the American Ceramic Society, Vol 97, No 2, 2014, pp. 601-608, ISSN: 0002-7820 (IF=2,610)
4. Kosanović D., Obradović N., Pavlović V. P., Marković S., Maričić A., Rasić G., Vlahović B., Pavlović V. B., Ristić M. M.: *The influence of mechanical activation on the morphological changes of Fe/BaTiO₃ powder*, - Materials Science and Engineering B: Advanced Functional Solid-State Materials, Vol 212, 2016, pp. 89-95, ISSN: 0921-5107 (IF=2,552)
5. Peleš A., Pavlović V. P., Filipović S., Obradović N., Mančić L., Krstić J., Mitrić M., Vlahović B., Rašić G., Kosanović D., Pavlović V. B.: *Structural Investigation of Mechanically Activated ZnO powder*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 648, 2015, pp. 971-979, ISSN: 0925-8388 (IF: 3,014)
6. Kosanović D., Živojinović J., Obradović N., Pavlović V. P., Pavlović V. B., Peleš A., Ristić M. M.: *The influence of mechanical activation on the electrical properties of Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO₃ ceramics*, - Ceramics International, Vol 40, No 8, 2014, pp. 11883-11888, ISSN: 0272-8842 (IF=2,605)
7. Pavlović V. P., Krstić J., Šćepanović M. J., Dojčilović J., Minić D. M., Blanuša J., Stevanović S., Mitić V., Pavlović V. B.: *Structural Investigation of Mechanically*

Activated Nanocrystalline BaTiO₃ Powders, - Ceramics International, Vol 37, No 7, 2011, pp. 2513-2518, ISSN: 0272-8842 (IF: 1.751)

8. Pavlović V. P., Popović D., Krstić J., Dojčilović J., Babić B., Pavlović V. B.: *Influence of Mechanical Activation on the Structure of Ultrafine BaTiO₃ powders*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 486, No 1-2 (2009) pp. 633-639, ISSN: 0925-8388 (IF =2,135)
9. Pavlović V. P., Pavlovic V. B., Vlahovic B., Bozanic D. K., Pajovic J. D., Dojcilovic R., Djokovic V.: *Structural properties of composites of polyvinylidene fluoride and mechanically activated BaTiO₃ particles*, Physica Scripta, Vol T157, 2013, pp. 014006-1-5, ISSN: 0031-8949 (IF=1,296)

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: 19. 3. 2018.

М.П.

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. 32. Правилника о докторским студијама Факултета, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 29.03.2018. 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 **Јелени Живојиновић**, дипломираном физикохемичару, под називом: „**Утицај механичке активације на структуру и својства стронцијум-титанатне керамике**“.

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

За менторе се одређују: **др Ђорђе Јанаћковић**, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и **др Вера Павловић**, ванредни професор Универзитета у Београду, Машински факултет.

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

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелене Живојиновић за израду докторске дисертације

Одлуком **35/521** бр. од 28.12.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Живојиновић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Утицај механичке активације на структуру и својства стронцијум-титанатне керамике"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Живојиновић, дипл. физико-хемичар, рођена је 19.03.1982. године у Београду. Медицинску школу (одсек фармацеутски техничар) завршила је 2001. године након чега је уписала факултет за Физичку хемију Универзитета у Београду где је и дипломирала на теми "EPR детекција биомаркера за АЛС". Од октобра 2011/2012 године уписује докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, одсек Инжењерство материјала, под менторством др Ђорђа Јанаковића, редовног професора на Катедри за неорганску хемијску технологију.

Од новембра 2011. године запослена је на Институту техничких наука САНУ као истраживач приправник. Ангажована је на пројекту ОИ172057 "Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала", руководиоца др Владимира Павловића, редовног професора на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, под покровитељством Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. У звање истраживача сарадника изабрана је октобра 2012. године. На трудничком и

породиљском боловању је била у периоду од 2014. године до 2015. године у трајању од 19 месеци.

1.2. Сечено научно-истраживачко искуство

Јелена Живојиновић је ангажована на пројекту ОИ172057 "Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала", којим руководи проф. др Владимир Павловић. У овире истраживачких активности на пројекту, кандидаткиња се бави анализом утицаја механичке активације на еволуцију структуре и функционалних својства праха и керамике на бази стронцијум-титаната (SrTiO_3), као и анализом утицаја механичке активације на одвијање термичких процеса и кинетике синтеровања материјала перовскитне структуре.

Јелена Живојиновић је у оквиру докторских студија положила све програмом предвиђене испите, укључујући и завршни испит, са просечном оценом 9,75. Списак положених испита и оцена приказан је у табели:

Предмет		Оцена	ЕСПБ
1	Одабрана поглавља математичке анализе	10	5
2	Наука о материјалима и инжењерство материјала	9	6
3	Термодинамика чврстог стања	10	5
4	Квантификација визуелних информација у испитивању материјала	10	4
5	Материјали са специфичним електричним, топлотним, магнетним и оптичким својствима	10	4
6	Одабрана поглавља инструменталне анализе	9	7
7	Хемијска кинетика	10	5
8	Нискотемпературски керамички процеси	10	4
9	Структура и својства полимерних материјала	10	5
10	Физика материјала	9	4
11	Методе карактеризације керамичких и стаклстих материјала	10	4
12	Завршни испит	10	30
13	Енглески језик	10	
Средња оцена/Укупно бодова		9,75	83

Списак објављених радова који указују на афинитет и подобност кандидата за рад на предложеној теми докторске дисертације

Радови у међународном часопису изузетних вредности M21a

1. Živojinović J., Pavlović V. P., Kosanović D., Marković S., Krstić J., Blagojević V. A., Pavlović V. B.: *The Influence of Mechanical Activation on Structural Evolution of Nanocrystalline SrTiO₃ Powders*, -Journal of Alloys and Compounds, Vol 695, 2017, pp. 863-870, ISSN: 0925-8388 (IF: 3,133)

Радови у врхунском међународном часопису M21

1. Kosanović D., Živojinović J., Obradović N., Pavlović V. P., Pavlović V. B., Peleš A., Ristić M. M.: *The influence of mechanical activation on the electrical properties of Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO₃ ceramics*, -Ceramics International, Vol 40, No 8, 2014, pp. 11883-11888, ISSN: 0272-884 (IF: 2, 986)

Радови у међународном часопису M23

1. Kosanović D., Obradović N., Živojinović J., Filipović S., Maričić A., Pavlović V., Tang Y., Ristić M.M.: *Mechanical-Chemical Synthesis Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO₃*, -Science of Sintering, Vol 44, No 1, 2012, pp. 47-55, ISSN: 0350-820X (IF: 0,736)
2. Kosanović D., Obradović N., Živojinović J., Maričić A., Pavlović V. P., Pavlović V. B., Ristić M. M.: *The Influence of Mechanical Activation on Sintering Process of BaCO₃-SrCO₃-TiO₂ System*, -Science of Sintering, Vol 44, No 3, 2012, pp. 271-280, ISSN: 0350-820X (IF: 0, 736)

Публикације категорије M52

1. Đorđević N., Obradović N., Filipović S., Živojinović J., Mitrić M., Marković S.: *Influence of Mechanical Activation on the Constituents of the MgO-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂ System*, -Tehnika – Novi materijali, Vol 21, 2012, pp. 329-333, ISSN: 0040-2176 (IF: 0, 126)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата током докторских студија и у оквиру научно-истраживачког рада на пројекту, кандидаткиња Јелена Живојиновић, дипл. физико-хемикар, постигла је значајне резултате, показавши висок степен самосталности и способности за научно-истраживачки рад. Положила је све испите на докторским студијама као и завршни рад везан за тему дисертације. Кандидаткиња је аутор и коаутор пет научних радова објављених у међународним часописима, од којих је један рад из категорије M21a, други рад је из категорије M21, два рада су из категорије M23 и један рад из категорије M52. Има и шест учешћа на међународним конференцијама. Тема докторске дисертације припада области из које је као први аутор објавила један научни рад у међународном часопису изузетних вредности.

На основу изложеног Комисија сматра да је Јелена Живојиновић квалитетом остварених научних резултата, као и својом компетентношћу и залагањем, испунила све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања у предложеној докторској дисертацији се односи на проучавање утицаја механичке активације и допирања на структурне промене и електрофизичка својства SrTiO_3 праха и керамике. Стронцијум-титанат (SrTiO_3) је параелектрични материјал са перовскитном (ABO_3) централно-симетричном кубном структуром на собној температури и величином забрањене зоне од $\sim 3,25 \text{ eV}$. SrTiO_3 као електро-керамички материјал показује добра изолаторска својства, са релативно великом диелектричном пропустљивошћу (пермитивношћу) и малим тангенсом диелектричних губитака. Такође, његовим процесирањем у редукционој атмосфери или путем катјонске супституције чак и при релативно ниским концентрацијама носилаца наелектрисања може постати полупроводник. Стронцијум-титанат се одликује високом оптичком транспарентношћу у видљивој области, а материјали на бази SrTiO_3 могу показати добра својства као UV детектори, чак и боља него конвенционални полупроводници са ужом забрањеном зоном. SrTiO_3 налази примену код сензора, UV детектора, соларних ћелија, вишеслојних керамичких кондезатора (multilayer ceramic capacitors-MLCCs), динамичке RAM меморије (Dynamic random-access memory-DRAM), итд. Све ово SrTiO_3 чини погодним моделним материјалом са становишта испитивања оптималног коришћења перовскитних материјала у електро-индустрији. Функционална својства SrTiO_3 у великој мери зависе од присутности кристалних дефеката, величине честица и морфологије микроструктурних конституената, што је са друге стране у уској вези са избором методе синтезе и радним параметрима током процесирања материјала. Многобројне методе, као што су: сол-гел, хидротермална, микро-емулзиона и полимер-прекурсорска метода, развијене су за добијање SrTiO_3 нано-прахова, али једна од најчешће коришћених је метода реакције у чврстом стању. Већина ових метода захтева коришћење хемикалија високих чистота, што их сврстава у групу скупих метода. С друге стране, SrTiO_3 прах се може добити и механохемијском реакцијом између стронцијум-карбоната или стронцијум-оксида и титан-диоксида на око 1000°C . Међутим, на овај начин се добија прах са не баш пожељним карактеристикама, што је последица широке расподеле честица по величинама, присуства тврдых агломерата, нечистоћа, итд. Имајући у виду да примена материјала у електро-индустрији захтева хомогену микроструктуру са ниским процентом нечистоћа, са зрнима малих димензија (нано-величина) и уском расподелом по величини, развој јефтинијих метода за добијање истих је све актуелнији. У том циљу у последње време све више се користи и метода механичке активације, која може обезбедити већу хомогеност почетног праха, као и снижавање температуре синтеровања, а при томе је сама метода релативно једноставна и економична.

Имајући у виду значај испитивања утицаја параметара синтезе на процес добијања и својства функционалних електрокерамичких материјала, као и значај SrTiO_3 као перовскитног материјала, циљ овог истраживања је да се анализира и сагледа утицај механичке активације и допирања на: а) структурне параметре и поједина оптичка својства полазног праха, б) одвијање процеса синтеровања, као и на в) структурне карактеристике и електрична својства синтероване SrTiO_3 керамике. Проучиће се утицај механичке активације SrTiO_3 на: расподелу величина честица и морфологију, специфичну површину прахова, расподелу величине пора и мезопора, величину кристалита и микронапрезања унутар

решетке, густину дислокација, параметре кристалне решетке, параметре у фононском спектру и сл. Такође ће се анализирати и утицај механичке активације и допирања на ширину забрањене зоне и оптичка својства праха у UV-Vis области, а код синтерованих узорака ће поред промена у кинетици синтеровања бити разматране и структурне промене, као и промене електричних својстава. У оквиру анализе утицаја механичке активације на електрична својства стронцијум-титанатне керамике, посебна пажња ће се посветити анализи фреквентне зависности диелектричне пермитивности и тангенса диелектричних губитака на собној температури.

Литература

- [1] A. M. Schultz, T. D. Brown, M. P. Buric, S. Lee, K. Gerdes, P. R. Ohodnicki, High temperature fiber-optic evanescent wave hydrogen sensors using La-doped SrTiO₃ for SOFC applications, *Sens. Actuators, B* 221 (2015) 1307–1313.
- [2] G.-L. He, Y.-H. Zhong, M.-J. Chen, X. Li, Y.-P. Fang, Y.-H. Xu, One-pot hydrothermal synthesis of SrTiO₃-reduced graphene oxide composites with enhanced photocatalytic activity for hydrogen production, *J. Mol. Catal. A: Chem.* 423 (2016) 70–76.
- [3] F. Jing, D. Zhang, F. Li, J. Zhou, D. Sun, S. Ruan, High performance ultraviolet detector based on SrTiO₃/TiO₂ heterostructure fabricated by two steps in situ hydrothermal method, *J. Alloys Compd.* 650 (2015) 97–101.
- [4] P. Jayabal, V. Sasirekha, J. Mayandi, K. Jeganathan, V. Ramakrishnan, A facile hydrothermal synthesis of SrTiO₃ for dye sensitized solar cell application, *J. Alloys Compd.* 586 (2014) 456–461.
- [5] K. Nishida, H. Kishi, H. Funakubo, H. Takeuchi, T. Katoda, T. Yamamoto, Evaluation of Residual Strain and Oxygen Vacancy in Multilayer Ceramic Capacitor Using Laser Raman Spectroscopy, *Jpn. J. Appl. Phys.* 46 (2007) 7005–7007.
- [6] H.-L. Li, Z.-N. Du, G.-L. Wang, Y.-C. Zhang, Low temperature molten salt synthesis of SrTiO₃ submicron crystallites and nanocrystals in the eutectic NaCl–KCl, *Mater. Lett.* 64 (2010) 431–434.
- [7] X. Liu, H. Bai, Liquid–solid reaction synthesis of SrTiO₃ submicron-sized particles, *Mater. Chem. Phys.* 127 (2011) 21–23.
- [8] T. Xian, H. Yang, J. F. Dai, Z. Q. Wei, J. Y. Ma, W. J. Weng, Photocatalytic properties of SrTiO₃ nanoparticles prepared by a polyacrylamide gel route, *Mater. Lett.* 65 (2011)
- [9] K. Xu, M. Yao, J. Chen, P. Zou, Y. Peng, F. Li, X. Yao, Effect of crystallization on the band structure and photoelectric property of SrTiO₃ sol-gel derived thin film, *J. Alloys Compd.* 653 (2015) 7–13.
- [10] G. Wu, P. Li, D. Xu, B. Luo, Y. Hong, W. Shi, C. Liu, Hydrothermal synthesis and visible-light-driven photocatalytic degradation for tetracycline of Mn-doped SrTiO₃ nanocubes, *Appl. Surf. Sci.* 333 (2015) 39–47.
- [11] G. Saito, Y. Nakasugi, N. Sakaguchi, C. Zhu, T. Akiyama, Glycine-nitrate-based solution-combustion synthesis of SrTiO₃, *J. Alloys Compd.* 652 (2015) 496–502.
- [12] L.F. da Silvaa, L.J.Q. Maia, M.I.B. Bernardi, J.A. Andrés, V.R. Mastelaro, An improved method for preparation of SrTiO₃ nanoparticles, *Mater. Chem. Phys.* 125 (2011) 168–173.

- [13] H. Trabelsi, M. Bejar, E. Dhahri, M. Sajieddine, M.A. Valente, A. Zaoui, Effect of the oxygen deficiencies creation on the suppression of the diamagnetic behavior of SrTiO_3 compound, J. Alloys Compd. 680 (2016) 560-564.
- [14] V. Berbenni, A. Marini, G. Bruni, Effect of mechanical activation on the preparation of SrTiO_3 and Sr_2TiO_4 ceramics from the solid state system $\text{SrCO}_3\text{-TiO}_2$, J. Alloys Compd. 329 (2001) 230-238.
- [15] M. Makarova, A. Dejneka, J. Franc, J. Drahokoupil, L. Jastrabik, V. Trepakov, Soft chemistry preparation methods and properties of strontium titanate nanoparticles, Opt. Mater. 32 (2010) 803–806.
- [16] P.-Y. Lesaichere, H. Yamaguchi, Y. Miyasaka, H. Watanabe, H. Ono, M. Yoshida, SrTiO_3 thin films by mpcvd for 1 Gbit DRAM application, Integrated Ferroelectrics 8 (1995) 201-225.
- [17] X. H. Wang, R. Z. Chen, Z. L. Gui, L. T. Li, "The grain size effect on dielectric properties of BaTiO_3 based ceramics", Mater. Sci. Eng. B 99 (2003) 199-202.
- [18] K. L. Ying, T. E. Hsieh, "Sintering behaviors and dielectric properties of nanocrystalline barium titanate", Mater. Sci. Eng. B 138 (2007) 241-245.
- [19] M. B. Park, S. J. Hwang, N. H. Cho, "Effect of the grain size and chemical features of the phase transition and physical characteristics of nanograined BaTiO_3 ceramics", Mater. Sci. Eng. B 99 (2003) 155-158.
- [20] W. Y. Jeng, J. Hassan, M. Hashim, W. S. Yin, L. C. Yan, "Effect of Milling Time on Microstructure, Crystallite Size and Dielectric Properties of SrTiO_3 Ceramic Synthesized Via Mechanical Alloying Method", Adv. Mater. Res. 364 (2012) 388-392.
- [21] A. Tkach, P. M. Vilarinho, A. L. Kholkin, "Structure–microstructure–dielectric tunability relationship in Mn-doped strontium titanate ceramics", Acta Mater. 53 (2005) 5061-5069.
- [22] T. Fix, R. Bali, N. Stelmashenko, M.G. Blamire, "Influence of the dopant concentration in In-doped SrTiO_3 on the structural and transport properties", Solid State Commun. 146 (2008) 428-430.
- [23] J. Xing, C. Zhao, E. Guo, F. Yang, "High-Performance Ultraviolet Photodetector Based on Polycrystalline SrTiO_3 Thin Film", IEEE Sens. J. 12 (2012) 2561-2564.

3. Полазне хипотезе

- На основу литературних података о примени механичке активације код других система, очекује се да ова метода у принципу може да омогући добијање активних SrTiO_3 прахова, нанопрахова модификоване структуре и повишене реактивности, што ће утицати на процес синтеровања и на својства синтерованих SrTiO_3 узорака.
- Досадашња истраживања су показала да допирање јона у решетку SrTiO_3 може значајно изменити његова својства. Наиме, зависно од врсте и концентрације допанта, SrTiO_3 се може превести од изолатора, преко полупроводника до проводника. Овде изабрано допирање јонима мангана је интересантно и због потенцијалне могућности да се уградња Mn јона врши како на А тако и на В положајима (алтернативно или симултано) унутар ABO_3 структуре, на шта указују новији литературни подаци.

- Посебно је интересантна анализа сумарног дејства механичке активације и допирања, како на структуру и својства праха, тако и кермике. У том смислу би се најпре проучио утицај концентрације поменутог допанта на уградњу у решетку SrTiO_3 , као и утицај на структурне карактеристике, ширину забрањене зоне и оптичка својства праха. Ово је битно и стога што, према литературним подацима, материјали на бази стронцијум-титаната могу показати врло добра својства као UV детектори, чак и боља него конвенционални полупроводници са ужом забрањеном зоном. Додатно се очекује значајан утицај на електрична својства SrTiO_3 керамике. Посебна пажња ће се посветити анализи фреквентне зависности диелектричне пермитивности и тангенса угла диелектричних губитака, јер је у истраживањима последњих година актуелно испитивање утицаја допирања SrTiO_3 на увећање вредности диелектричне пермитивности и смањење тангенса угла губитака, ради примене код материјала за складишење енергије.

4. Научне методе истраживања

Током израде ове докторске дисертације биће спроведена следећа мултидисциплинарна истраживања:

- У циљу смањења величине честица полазаног праха, повећања њихове површинске активности, убрзања релевантних процеса транспорта масе током синтеровања и снижења температуре синтеровања SrTiO_3 керамике, користиће се метода механичке активације почетног праха SrTiO_3 , у планетарном млину у трајању од 5, 10, 30, 60, 90 и 120 минута. Механичка активација ће се користити и за проучавање могућности супституције јона титана у кристалној структури SrTiO_3 јонима мангана. У том циљу анализираће се утицај различитих концентрација манган-диоксида (MnO_2) на промене у структури и својствима SrTiO_3 праха и керамике.
- Квалитативном и квантитативном рендгено-структурном анализом (XRD) прахова и синтерованих узорака вршиће се идентификација присутних фаза, као и анализа утицаја механичке активације на вредности параметара решетке, просечну димензију кристалита, величину микронапрезања и минималну густину дислокација.
- За проучавање морфологије честица SrTiO_3 прахова и зрна унутар керамике користиће се метода скенирајуће електронске микроскопије (SEM). Додатне структурне анализе ће бити извршене и применом трансмисионе електронске микроскопије (TEM) и енергетско-дисперзивне спектрометрије (EDS). На основу обраде снимљених микрографија у неким од погодних компјутерских програма процениће се утицај активације на облик честица, просечну величину честица и агрегата, присутност ерозија на површини честица и сл.
- Расподела честица по величинама ће бити разматрана помоћу ласерског анализатора величине честица (Particle size analysis — PSA), да би се проценило које величине честица доминирају у SrTiO_3 праху за дато време механичке активације. Резултати PSA и SEM анализа ће бити корелисани са резултатима XRD анализе.
- У циљу даљег сагледавања структурних промена, биће примењена и Раманова спектроскопска анализа, којом ће се пратити утицај механичке активације на

фононске спектре и динамику кристалне решетке у праху и синтерованим узорцима. Уједно ће се проверити и да ли изабрана времена механичке активације доводе до промена у кристалној структури у смислу одступања од идеалне кубне структуре, услед смањења димензија честица и пораста микронапрезања, јер се у том погледу Раманска спектроскопија може показати као осетљивија метода у поређењу са XRD методом.

- UV-Vis спектроскопија ће се користити за испитивање оптичких својства, при чему ће се одредити утицај механичке активације на рефлексione спектре и величину забрањене зоне код полазног и механички активираних прахова.
- N_2 -физисорпција ће се користити за добијање адсорпционо-десорпционих изотерми за почетни прах и механички активирани прахови. Анализом добијених изотерми ће се одредити утицај механичке активације на вредности специфичне површине прахова применом BET (Brunauer–Emmett–Teller) методе гасне адсорпције, као и утицај на вредности специфичне запремине микропора по методи Дубинин-Радушкевич и специфичне запремине мезопора по Баррет-Џојнер-Халенда (Barrett-Joyner-Halenda) методи. Укупна запремина пора одредиће се методом Гуревича. На основу облика адсорпционо-десорпционих кривих и њихових хистерезиса планирано је одређивање доминантног типа пора и њиховог облика у компактираним узорцима.
- Дилатометријском анализом ће се сагледати промене: релативног скупљања узорака, брзине скупљања и брзине згушњавања, у функцији времена активације, у неизотермским условима, за различите брзине загревања. Анализираће се утицај активације на параметре кинетике синтеровања.
- Сва наведена испитивања структурних промена (у праху и керамици), као и промена у кинетици процеса синтеровања, ће бити корелисана са даљим проучавањем електричних својства добијене керамике. Мерење диелектричних својства керамичких узорака ће првенствено обухватити одређивање вредности диелектричне пермитивности (ϵ_r) и тангенса угла губитака ($\tan \delta$) у зависности од фреквенције на собној температури, на основу чега ће се проценити оптимални опсези времена механичке активације за добијање одговарајућих функционалних електрокерамичких материјала. За допиране узорке су предвиђене и додатне анализе електричних својстава.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос се огледа у следећем:

- објашњење утицаја механичке активације на различите структурне нивое $SrTiO_3$ праха;
- утврђивање утицаја механичке активације на ефекат допирања;
- успостављање корелације између промена у структури $SrTiO_3$ праха и добијених својстава дисперзног система;
- утврђивање утицаја механичке активације на процес синтеровања и структуру недопиране и допиране $SrTiO_3$ керамике;
- утврђивање међузависности унутар тетраде процесирање-структура-својства-примена за механички активiranу стронцијум-титанатну керамику;

- оптимизација процесних параметара у циљу формирања диелектрика са већом густином и бољим електричним својствима, као и шире — у циљу добијања материјала са унапред задатим електрофизичким својствима, зависно од захтева које одређени тип примене у електроници налаже;
- допринос ширем сагледавању односа структуре и својстава код диелектричних материјала перовскитне структуре.

6. План истраживања и структура рада

Према плану истраживања, први део активности би се односио на извођење механичке активације и на допирање полазног SrTiO_3 праха манган-диоксидом као допантом, за три различите концентрације. Други део би обухватио испитивање различитих структурних нивоа добијених прахова и проучавање оптичких својстава праха. У трећем делу би се вршило проучавање процеса синтеровања прахова, док би се четврти део односио на анализу структуре и електричних својстава синтерованих узорака. Пети део би представљао успостављање корелације између механичке активације и допирања као параметара синтезе са резултујућим структурним карактеристикама и својствима добијених прахова и керамике, при чему би се размотрио и аспект могуће примене.

Докторска дисертација ће обухватити поглавља под следећим називима: *Увод*, *Теоријски део*, *Експериментални део*, *Резултати и дискусија*, *Закључак* и *Литература*.

У поглављу *Увод* биће размотрени актуелни трендови, предмет и циљ истраживања, као и очекивани допринос дисертације.

Теоријски део ће обухватити преглед релевантних литературних података који се односе на структуру и својства стронцијум-титаната као перовскитног материјала, недопираног и допираног. Такође, биће детаљно описана метода механичке активације, као и процес синтеровања уз теоријско објашњење принципа кинетике синтеровања.

Експериментални део ће приказати материјале, опрему и експерименталне поступке коришћене током рада (опис поступка механичке активације и процеса допирања полазног праха, као и опис метода за карактеризацију структуре, морфологије и електрофизичких својстава узорака).

Поглавље под називом *Резултати и дискусија* представиће детаљно анализиране резултате експерименталног рада и приказати међусобну корелацију тих резултата, посебно са становишта проучавања међузависности промена у структури и у физичким својствима које су настале услед механичке активације. Такође ће бити дато и поређење са постојећим литературним подацима.

Закључак ће обухватити преглед најважнијих резултата и анализа, добијених на основу извршених експеримената, уз осврт на њихов научни допринос, важност и потенцијалну примену.

Део који се односи на *Литературу* приказаће наводе цитиране у дисертацији, као и радове проистекле из истраживања током рада на докторској дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима може се закључити да кандидаткиња Јелена Живојиновић, дипл. физико-хемичар, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације која припада научној области Технолошко инжењерство, односно ужој научној области Инжењерство материјала за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Комисија такође сматра да је тема "Утицај механичке активације на структуру и својства стронцијум-титанатне керамике" научно заснована и предлаже Наставно-научном већу да је прихвати. За менторе предлаже др Ђорђа Јанаћковића, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, и др Веру Павловић, ванредног професора Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 19. 3. 2018.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

др Вера Павловић, ванредни професор,
Универзитет у Београду,
Машински факултет

др Рада Петровић, редовни професор,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

др Владимир Благојевић, научни сарадник,
Институт техничких наука САНУ

др Дарко Косановић, научни сарадник,
Институт техничких наука САНУ