

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/329
(Број захтева)

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

24.06. 2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

**„Синтеза, структура, карактеризација и фотоелектрохемијска примена
дебелих слојева псеудобрукита, Fe_2TiO_5 “**
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

ЗОРКА (Живадин) ВАСИЉЕВИЋ, рођена Ђурић, мастер. инж.

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

3. Година дипломирања: 2010.

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

5. Година дипломирања: 2011.

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

Година одбране магистарске тезе: /

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2011/2012. године.

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

на седници одржаној **23.06.2016. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 23.06.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације ЗОРКЕ ВАСИЉЕВИЋ, мастер инж., под називом: „Синтеза, структура, карактеризација и фотоелектрохемијска примена дебелих слојева псеудобрукита, Fe_2TiO_5 “.

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

За менторе се одређују: др Јелена Роган, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Марија Весна Николић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Зорку Васиљевић, мастер инж. тех.

Име и презиме ментора: Др Јелена Роган

Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. A. Dapčević, D. Poleti, **J. Rogan**, A. Radojković, M. Radović, G. Branković, „A New Highly Conductive and Thermally Stable Electrolyte Based on Tm^{3+} -doped δ - Bi_2O_3 phase“, *Solid State Ionics*, 280, 18-23 (2015). IF 2,561, ISBN 0167-2738.
2. A. Dapčević, D. Poleti, Lj. Karanović, **J. Rogan**, G. Dražić, „Coexistence of several sillenite-like phases in pseudo-binary and pseudo-ternary systems based on Bi_2O_3 “, *Solid State Sciences*, 25, 93-102 (2013). IF 1,679, ISSN 1293-2558.
3. A. S. Nikolić, N. Jović, **J. Rogan**, A. Kremenović, M. Ristić, A. Meden, B. Antić, „Carboxylic acids and polyethylene glycol assisted synthesis of nanocrystalline nickel ferrites“, *Ceramics International*, 39(6), 6681-6688 (2013). IF 2,086, ISSN: 0272-8842
4. M. D. Obradović, **J. R. Rogan**, B. M. Babić, A. V. Tripkovic, A. R. Gautam, V. R. Radmilović, S. Gojković, „Formic acid oxidation on Pt-Au nanoparticles: relation between the catalyst activity and the poisoning rate“, *Journal of Power Sources*, 197, 72-79 (2012). IF 4,675, ISSN 0378-7753.
5. A. Kremenović, B. Jancar, M. Ristić, M. Vučinić-Vasić, **J. Rogan**, A. Pacevski, B. Antić, „Exchange bias and grain surface relaxations in nanostructured NiO/Ni induced by particle size reduction“, *Journal of Physical Chemistry C*, 116, 4356-4364 (2012). IF 4,814, ISSN 1932-7447.

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 М11, М12, М13, М14, М41 и М51.)

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: 23. 6. 2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Зорку Васиљевић, мастер инж. тех.

Име и презиме ментора: Др Мариа Весна Николић

Звање: научни саветник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Z. Z. Vasiljevic, M. D. Lukovic, **M. V. Nikolic**, N. B. Tasic, M. N. Mitric, O. S. Aleksic, Nanostructured $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ thick films: analysis of structural and electronic properties, *Ceramics International* 41 (2015) 6889-6897 DOI 10.1016/j.ceramint.2015.01.141 Materials Science, Ceramics 3/27, ISSN 0272-8842, IF 2.758
2. Z. Z. Djuric, O. S. Aleksic, **M. V. Nikolic**, N. Labus, M. Radovanovic, M. D. Lukovic, Structural and electrical properties of sintered $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ nanopowder mixtures, *Ceramics International* 40 (9) PartB (2014) 15131-15141 DOI:10.1016/j.ceramint.2014.06.126 Materials Science, Ceramics 3/27, ISSN 0272-8842, IF 2.758
3. M. Vujkovic, Z. Nedic, P. Tancic, O. Aleksic, **M. V. Nikolic**, U. Mioc, S. Mentus, Electrochemical behavior of phosphate tungsten bronzes based on the heteropolyacid compounds in both aqueous and organic electrolytes, *J. Mater. Sci* 51 (2016), 2481-2489 DOI 10.1007/s10854-014-2491-0 Materials Science, Multidisciplinary 82/271, ISSN 0022-2461, IF 2.302
4. O. S. Aleksic, **M. V. Nikolic**, M. D. Lukovic, N. Nikolic, B. Radojicic, M. Radovanovic, Z. Z. Djuric, M. Mitric, P. M. Nikolic, Preparation and characterization of Cu and Zn modified nickel manganite NTC powders and thick film thermistors, *Mater Sci. Eng. B* 178 (2013) 202-210 Materials Science, Multidisciplinary 77/260; Physics, Condensed Matter 25/67, ISSN 0921-5107, IF 2.331
5. V. P. Pavlovic, **M. V. Nikolic**, V. B. Pavlovic, J. Blanus, S. Stevanovic, V. V. Mitic, M. Scepanovic, B. Vlahovic, Raman responses in mechanically activated BaTiO_3 , *Journal of the American Ceramic Society*, DOI:10.1111/jace.12423 (2014) 97(2) 601-608, Materials Science, Ceramics 2/27, ISSN 0002-7820, IF 2.787

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 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: 23. 6. 2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

Предмет: Подобност теме и кандидаткиње Зорке Васиљевић за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/269 од 26. 5. 2016. године именовани смо у Комисију за оцену подобности теме и кандидаткиње Зорке Васиљевић, маг. инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Синтеза, структура, карактеризација и фотоелектрохемијска примена дебелих слојева псеудобрукита, Fe_2TiO_5 “. На основу материјала приложеног уз Захтев кандидаткиње, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Зорка Васиљевић (девојачко презиме Ђурић), мастер инжењер технологије, рођена је 6. 10. 1987. године у Београду. Земунску гимназију природно-математичког смера завршила је 2006. године, након чега је уписала Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Дипломирала је 2010. године на Катедри за хемијско инжењерство, одсек Фармацеутско инжењерство, са просечном оценом 8,86. Исте године је уписала мастер студије, смер Хемијско инжењерство. Мастер рад је одбранила 2011. године и завршила студије са просечном оценом 10,0. Докторске студије уписала је школске 2011/2012. на Технолошко-металуршком факултету, на смеру Инжењерство материјала, под менторством др Јелене Роган, ванредног професора на Катедри за општу и неорганску хемију.

Од априла 2012. године запослена је у Институту техничких наука САНУ као истраживач-приправник. У јануару 2013. године изабрана је у звање истраживач-сарадник. На породичном боловању је била у периоду од 1. 7. 2014. - 1. 7. 2015. године.

Активно се служи енглеским језиком и поседује основно знање француског језика.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Зорка Васиљевић је од априла 2012. године ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „0-3Д наноструктуре за примену у електроници и обновљивим изворима енергије: синтеза, карактеризација, процесирање“ (број пројекта III 45007), под руководством др Горана Бранковића.

У оквиру докторских студија кандидаткиња је положила све програмом предвиђене испите, укључујући и завршни испит, са просечном оценом 9,67. Списак положених испита и оцена приказан је у табели:

Предмет		Оцена	ЕСПБ
1	Математичка обрада експерименталних података	9	5
2	Наука о материјалима и инжењерство материјала	10	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	Структурна анализа органских молекула	10	6
7	Хемијска кинетика	9	5
8	Полимерни биоматеријали	10	4
9	Структура и својства композитних биоматеријала	10	5
10	Физика материјала	10	4
11	Физичко-механичка испитивања материјала (виши курс)	10	4
12	Завршни испит	8	30
13	Енглески језик	10	
Средња оцена/Укупно бодова		9,67	82

1.3. Списак објављених радова који опредељују афинитет кандидата на предложеној теми

Радови објављени у врхунским часописима међународног значаја (M21)

1. **Vasiljević Z. Z.**, Luković M. D., Nikolić M. V., Tasić N. B., Mitrić M. N., Aleksić O. S. *Nanostructured Fe₂O₃/TiO₂ thick films: analysis of structural and electronic properties*, Ceramics International 41 (2015) 6889-6897 (ISSN: 0272-8842, IF: 2,605)
2. **Đurić Z. Z.**, Aleksić O. S., Nikolic M. V., Labus N., Radovanovic M., Lukovic M. D., *Structural and electrical properties of sintered Fe₂O₃/TiO₂ nanopowder mixtures*, Ceramics International 40 (2014) 15131-15141 (ISSN: 0272-8842, IF 2,605)

Радови објављени у часописима међународног значаја (M22)

1. Aleksić O. S., Nikolić M. V., Luković M. D., Nikolić N., Radojčić B., Radovanović M., **Đurić Z. Z.**, Mitrić M., Nikolić P. M., *Preparation and characterization of Cu and Zn modified nickel manganite NTC powders and thick film thermistors*, Materials Science Engineering B 178 (2013) 202-210 (ISSN 0921-5107, IF: 2,122)

Радови објављени у часописима међународног значаја (M23)

1. Kostić I. T., Ilić V. Lj., Bukara K. M., Mojsilović S. B., **Đurić Ž. Z.**, Drašković P., Bugarski M.Branko, *Flow cytometric determination of osmotic behaviour of animal erythrocytes toward their engineering for drug delivery*, Hemijska Industrija, 69 (2015) 67-76 (ISSN 0367-598X, IF: 0,364)
2. Nikolić P. M., Paraskevopoulos K. M., Zorba T. T., **Vasiljević Z. Z.**, Pavlidou E., Vujatović S. S., Blagojević V., Aleksić O. S., Bojičić A. I., Nikolić M. V., *Lead Telluride Doped with Au as a Very Promising Material for Thermoelectric Applications*, Advances in Materials Science and Engineering (2015) 283782 (ISSN 1687-6822, IF: 0,744)

3. Labus N., Mentus S., **Đurić Z. Z.**, Nikolić M. V., *Influence of Nitrogen and Air Atmosphere During Thermal Treatment on Micro and Nano Sized Powders and Sintered TiO₂ Specimens*, Science of Sintering 47 (2015) 71-81 (ISSN 0350-820X, IF: 0,575)
4. Labus N., Mentus S., Rakić S., **Đurić Z. Z.**, Vujančević J., Nikolić M.V., *Reheating of Zinc-titanate Sintered Specimens*, Science of Sintering 46 (2014) 365-375 (ISSN 0350-820X, IF: 0,575)
5. Đorđević S. V., Foster G. M., Stojilović N., Evans E. A., Chen Z. G., Li Z. Q., Nikolić M. V., **Đurić Z. Z.**, Vujatović S., Nikolić P. M., *Magneto-optical effects in Bi_{1-x}As_x with $x = 0.01$: Comparison with topological insulator Bi_{1-x}Sb_x with $x = 0.20$* , Physica Status Solidi B 251 (2014) 1510-1514 (ISSN 0370-1972, IF: 1,469)
6. Nikolić P. M., Paraskevopoulos K. M., Zorba T. T., **Đurić Z. Z.**, Pavlidou E., Vujatović S. S., Blagojević V., Aleksić O. S., Nikolić M. V., *Far infrared reflectivity spectra of lead-telluride doped with Mn and Yb*, Optoelectronics and Advanced materials – Rapid Communications 7 (2013) 362-366 (ISSN 1842-6573, IF: 0,394)

Радови објављени у часописима међународног значаја верификовани посебном одлуком Министарства (M24)

1. Aleksić O. S., **Đurić Z. Z.**, Nikolić M. V., Tasić N., Vuković M., Marinković Stanojević Z., Nikolić N., Nikolić P. M., *Nanostructured Fe₂O₃/TiO₂ thick films prepared by screen printing*, Processing and Application of Ceramics 7 (2013): 129-134 (ISSN: 1820-6131).

Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у изводу (M34)

1. **Đurić Z. Z.**, Aleksić O. S., Nikolić M. V., Nikolić N., Branković G. B., Nikolić P. M., *Structural, morphological and optical study of nanostructured TiO₂/Fe₂O₃ thick film*, Book of Abstracts / The 45th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Bor (Serbia), October 2013, p. 389
2. Luković M., **Vasiljević Z.**, Aleksić O., Nikolić M.V., Tasić N., *Electronic properties of pseudobrookite nanostructured thick films*, Book of Abstracts / 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 3CSCS-2015, Belgrade (Serbia) 15th – 17th June 2015, p. 111
3. **Vasiljević Z.**, Nikolić M.V., Aleksić O. S., Labus N., Luković M. D., Marković S., Nikolić P. M., *Structural and electronic properties of pseudobrookite*, Book of Abstracts / 3rd Conference of The Serbian Ceramic Society for Ceramic Materials, Belgrade (Serbia) 15th – 17th June 2015, p.98
4. Aleksić O. S., Milutinov P., Nikolić M.V., Blaž N., Luković M. D., **Vasiljević Z.**, Marković S., Živanov Lj. D., *Tailoring the microstructure of Mn-Zn ferrite to electronic properties*, Book of Abstracts / 3rd Conference of The Serbian Ceramic Society for Ceramic Materials, Belgrade (Serbia) 15th – 17th June 2015, p. 101

Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у целини (M33)

1. Mišković G., Aleksić O., Nikolić M., Radosavljević G., Nicolics J., **Vasiljević Z.**, Luković M., *Nanostructured SnO₂ thick films for gas sensor application: analysis of structural and electronic properties*, 5th International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers (Mykonos, Greece September) 27-30, 2015, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 108 (2016) 012003, ISSN: 1757-899X
2. Nikolić M. V., Aleksić O. S., Radojčić B., Luković M. D., Nikolić N., **Đurić Z.**, *Optimization and Application of NTC thick film segmented thermistors*, 2nd Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers, IC-MAST, (Budapest, Hungary) May 24-28, 2012, Key Engineering Materials 543 (2013) 491-494, ISSN: 1662-9795

1.4. 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 Зорка Васиљевић, мастер инжењер технологије, 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 коаутор девет научних радова објављених у међународним часописима, од којих су два рада из категорије M21, један рад из категорије M22 и шест радова из категорије M23, а саопштила је и седам радова на међународним научним скуповима. Тема докторске дисертације припада области из које је као први аутор објавила два научна рада у врхунским међународним часописима. На основу изложеног Комисија сматра да је Зорка Васиљевић 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 ове докторске дисертације јесте синтеза наночестичног псеудобрукита, Fe₂TiO₅, повољних морфолошких (мале димензије примарних честица и висока специфична површина) и структурних (доминантно или искључиво присуство псеудобрукитне фазе) карактеристика, његово процесирање у дебелослојне, мезопорозне, хибридне филмове и примена филмова у фотоелектрохемијским ћелијама у својству фотоактивне аноде. Овакав тип фотоанодe на бази хибридног полупроводника представља економичну алтернативу фотоанодама на бази једнокомпонентних полупроводника, због чега је последњих пар година предмет пажње мултидисциплинарних истраживања широм света. Мултидисциплинарност истраживања огледа се у чињеници да фотоелектрохемијске ћелије садрже керамичке компоненте и електролит, на чијим оптимизацијама је неопходно учешће истраживача из различитих дисциплина попут науке о материјалима, хемије и физике.

Основна компонента ових фотелектрохемијских ћелија је полупроводни филм псеудобрукита (Fe₂TiO₅) нанет на транспарентно проводно стакло. Систем садржи и редокс електролит и помоћну платинску электроду, чијим удруженим дејством настају водоник (H₂) и кисеоник (O₂).

Предности фотоелектрохемијских ћелија у односу на друге одговарајуће ћелије јесу нетоксичност и распрострањеност основних градивних материјала, хематита (Fe₂O₃) и анатаса (TiO₂), једноставни реакциони услови током синтезе псеудобрукита, погодан енергетски процеп псеудобрукита за електролизу воде, функционалност ћелија у широком

опсегу температура, релативна независност ефикасности фотоконверзије од упадног угла зрачења и ниски производни трошкови.

2.1. Научни циљеви докторске дисертације

Циљеви предложене дисертације обухватају:

- синтезу наночестичног псеудобрукита (Fe_2TiO_5) малих димензија честица ($<50 \text{ nm}$) и специфичног фазног састава (једнофазни узорак или узорак са доминантним присуством псеудобрукитне фазе),
- оптимизацију услова синтеровања ради добијања псеудобрукита, са тежњом ка што нижој температури и што краћем трајању термичког третмана ради контроле величине зрна и добијање дебелих слојева високе порозности,
- припрему паста полазећи од синтетисаног материјала и различитих везивних компонената,
- израду фотоанодe депозицијом филмова од припремљених паста методом наношења сито штампом (енгл. screen printing technology) на транспарентно проводно стакло у циљу добијања униформне структуре,
- поређење добијених експерименталних резултата са постојећим литературним вредностима.

2.2. Релевантни библиографски извори

1. G. Minculete, M. M. Popescu, "End of the petroleum supply. Possible Consequences" *Strategic Impact* (2008) 28-35
2. M. Grätzel, "Solar Energy Conversion by Dye-Sensitized Photovoltaic Cells" *Inorganic Chemistry* 44 (2005) 6841-6851
3. M. Gratzel, "Photoelectrochemical cells" *Nature* 414 (2001) 338-344
4. A. J. Bard, "Photoelectrochemistry and heterogeneous photocatalysis at semiconductors" *Journal of Photochemistry* 10 (1979) 59
5. L. J. Minggu, W. R. Daud, M. B. Kassim, "An overview of photocells and photoreactors for photoelectrochemical water splitting", *International Journal of Hydrogen Energy* 35 (2010) 5233 - 5244
6. A. Fujishima, K. Honda, "Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode" *Nature* 238 (1972) 37-38
7. J. Su, L. Guo, N. Bao, C. A. Grimes, "Nanostructured $\text{WO}_3/\text{BiVO}_4$ Heterojunction Films for Efficient Photoelectrochemical Water Splitting", *Nano Letters* 11 (2011) 1928-1933
8. X. Zhou, W. Fu, H. Yang, Y. Li, Y. Chen, M. Sun, J. Ma, L. Yang, B. Zhao, L. Tian, "CdS quantum dots sensitized SnO_2 photoelectrode for photoelectrochemical application", *Electrochimica Acta* 89 (2013) 510-515
9. C. H. Hsu, D. H. Chen, "Photoresponse and stability improvement of ZnO nanorod array thin film as a single layer of photoelectrode for photoelectrochemical water splitting", *International Journal of Hydrogen Energy*, 36 (2011) 15538-15547
10. M. G. Mali, S. An, M. Liou, S.S. Al-Deyab, S. S. Yoon, "Photoelectrochemical solar water splitting using electrospun TiO_2 nanofibers", *Applied Surface Science* 328 (2015) 109-114
11. K. Sivula, R. Zboril, F. L. Formal, R. Robert, A. Weidenkaff, J. Tucek, J. Frydrych, M. Grätzel, "Photoelectrochemical Water Splitting with Mesoporous Hematite Prepared by a

- Solution-Based Colloidal Approach“, *Journal of the American Chemical Society* 132 (2010) 7436-7444
12. P. Kumar, P. Sharma, R. Shrivastav, S. Dass, V. R. Satsangi, “Electrodeposited zirconium-doped α -Fe₂O₃ thin film for photoelectrochemical water splitting“, *International Journal of Hydrogen Energy* 36 (2011) 2777-2784
 13. I. Cesar, A. Kay, J. A. Gonzalez Martinez, M. Grätzel, “Translucent Thin Film Fe₂O₃ Photoanodes for Efficient Water Splitting by Sunlight: Nanostructure-Directing Effect of Si-Doping“, *Journal of the American Chemical Society* 128 (2006) 4582-4583
 14. D. Sharma, S. Upadhyay, A. Verma, V. R. Satsangi, R. Shrivastav, S. Dass, “Nanostructured Ti-Fe₂O₃/Cu₂O heterojunction photoelectrode for efficient hydrogen production“, *Thin Solid Films* 574 (2015) 125-131
 15. Y. Ling, G. Wang, D. A. Wheeler, J. Z. Zhang, Y. Li, “Sn-Doped Hematite Nanostructures for Photoelectrochemical Water Splitting“, *Nano Letters* 11 (2011) 2119–2125
 16. S. Kuang, L. Yang, S. Luo, Q. Cai, “Fabrication, characterization and photoelectrochemical properties of Fe₂O₃ modified TiO₂ nanotube arrays“, *Applied Surface Science* 255 (2009) 7385-7388
 17. D. Wodka, R. P. Socha, E. Bielańska, M. E. Wodka, P. Nowak, P. Warszyński, “Photocatalytic activity of titanium dioxide modified by Fe₂O₃ nanoparticles“, *Applied Surface Science* 319 (2014) 173–180
 18. D. Barreca, G. Carraro, A. Gasparotto, C. Maccato, M. E. A. Warwick, K. Kaunisto, C. Sada, S. Turner, Y. Gönüllü, T. P. Ruoko, L. Borgese, E. Bontempi, G. V. Tendeloo, H. Lemmetyinen and S. Mathur, “Fe₂O₃-TiO₂ Nano-heterostructure Photoanodes for Highly Efficient Solar Water Oxidation“, *Advanced Materials Interfaces* 2 (2015) 1500313
 19. D. Monllor-Satoca, M. Bartsch, C. Fabrega, A. Genc, S. Reinhard, T. Andreu, J. Arbiol, M. Niederberger, J. R. Morante, “What Do you Do, Titanium? Insight into the Role of Titanium Oxide as Water Oxidation Promoter in Hematite-based Photoanodes“, *Energy Environmental Science* 8 (2015) 3242–3254
 20. P. S. Bassi, S. Y. Chiam, G., J. Barber, L. H. Wong, “Hydrothermal Grown Nanoporous Iron Based Titanate, Fe₂TiO₅ for Light Driven Water Splitting“, *ACS Applied Materials and Interfaces* 6 (2014) 22490–22495
 21. Q. Liu, J. He, T. Yao, Z. Sun, W. Cheng, S. He, Y. Xie, Y. Peng, H. Cheng, Y. Sun, Yong Jiang, F. Hu, Z. Xie, W. Yan, Z. Pan, Z. Wu, S. Wei, “Aligned Fe₂TiO₅-containing nanotube arrays with low onset potential for visible-light water oxidation“, *Nature Communications* 5 (2014) 5122
 22. J. Deng, X. Lv, J. Liu, H. Zhang, K. Nie, C. Hong, J. Wang, X. Sun, J. Zhong, S. T. Lee, “Thin-Layer Fe₂TiO₅ on Hematite for Efficient Solar Water Oxidation“, *ACS Nano* 9 (2015) 5348-5356

3. Полазне хипотезе

Узимајући у обзир примарни циљ докторске дисертације, а то је синтеза наночестичног псеудобрукита специфичних особина и његова примена у фотоелектрохемијским ћелијама у својству фотоактивне аноде, полазна претпоставка јесте да реакција у чврстом стању пружа довољно могућности за остварење таквог циља.

Танки слојеви Fe₂O₃ и TiO₂ добијају се из прекурсора поступком узастопног центрифугалног наношења прекурсора и сушења, а затим финалног одгревања ради декомпозиције прекурсора. Дебљине које се добијају (0,5-2 μm) и површине (1-2 cm^2) задовољавају лабораторијско-технолошке аспекте будуће примене. Међутим, оно што ограничава примену оваквог хетероспоја, јесте да су ефекти смањења електричне отпорности још увек недовољни за ефикасну проводну фотоаноду. За разлику од танких слојева, дебели

слојеви ова два материјала имају за ред величине већу дебљину слоја. Међутим, посматрано по попречном пресеку, структура дебелог слоја је поликристална (дендритна) и има саставне делове (конституенте) какви не постоје у танким слојевима: поликристална зрна (микронске величине) и отворене поре. Већа површина за реакцију и ефикасна дифузија електролита последица је веће порозности дебелог слоја. Наношењем дебелих слојева на проводним стаклима знатно се може снизити отпорност слоја, па кад се сви ефекти саберу наноструктурирани дебели слојеви по ефикасности аноде не заостају битно за танким слојевима добијеним хемијским путем. Аноде се код дебелих слојева могу добити као хомогене на великим површинама по ниској цени што је од посебног значаја за технолошку примену.

4. Научне методе истраживања

Производи реакције у чврстом стању, процесирани филмови и фотоелектрохемијске ћелије биће анализирани различитим методама карактеризације. У циљу идентификације узорака и одређивања фазног састава, производ синтезе и филмови биће подвргнути рендгенској дифракционој анализи (XRD) и енергетској дисперзионој спектроскопији (EDS) Оптичка својства производа и филмова биће испитана спектроскопском методом у ултраљубичастом и видљивом делу спектра (UV/Vis). Анализа морфологије филмова биће урађена помоћу скенирајуће електронске микроскопије (SEM), док ће облик и величина честица бити утврђени трансмисионом електронском микроскопијом (TEM).

За потребе карактеризације фотоелектрохемијских ћелија биће конструисан соларни симулатор, који ће као извор зрачења користити халогену сијалицу типа WFL 12V/35W. Радни параметри фотоелектрохемијских ћелија биће одређени мерењем њихових струјно-напонских карактеристика линераном цикличном волтаметријом током коришћења симулатора и у мраку. Осим тога, електрохемијском импедансном спектроскопијом (EIS) и мерењем опадања напона отвореног кола ћелије током времена квантитативно ће бити испитан транспорт наелектрисања у реалним ћелијама.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос ове докторске дисертације огледа се у:

- дефинисању процедуре за добијање нанометарског праха псеудобрукита,
- дефинисању методе за процесирање производа реакције у чврстом стању у дебелослојне филмове униформне морфологије,
- развоју и оптимизацији поступка за добијање филмова побољшаних механичких својстава,
- унапређењу параметара који одређују радне карактеристике фотоелектрохемијске ћелије као што су ефикасност фотоелектрохемијске конверзије (енгл. solar to hydrogen efficiency, *STH*) и ефикасност конверзије фотона у пар електрон-шупљина (енгл. incident photon to current efficiency, *IPCE*).

6. План истраживања и структура рада

6.1. План истраживања

Према плану истраживања, анализа процеса добијања наночестичног хибридног полупроводника - псеудобрукита реакцијом у чврстом стању биће праћена на таблетама ради оптимизације састава (удела почетних прахова хематита и анатаса), температуре и времена

синтеровања. Наставиће се анализом формирања псеудобрукита у дебелим слојевима нанетим сито штампом на алумини. Биће обухваћена припрема паста са различитим уделом почетног хематита и анатаса, оптимизација температуре синтеровања, анализа и карактеризација добијених дебелих слојева у виду потенцијалне примене за фотоелектрохемијске ћелије, али и као сензоре гасова. У следећем кораку ће се вршити добијање праха псеудобрукита које укључује оптимизацију састава, процеса хомогенизације почетних нанопрахова хематита и анатаса, температуре и времена калцинације у циљу добијања псеудобрукита са малом величином честица (задржавање наноструктуре). Следи припрема паста коришћењем добијених прахова, израда дебелих слојева псеудобрукита сито штампом (енгл. screen printing) на проводном ФТО стаклу и њихова карактеризација која обухвата структурне, морфолошке и оптичке карактеристике. Биће спроведена фотоелектрохемијска карактеризација формираних ћелија и одређени радни параметри ћелија. Главни циљ је да се полазећи од дебелослојних филмова различитог односа оптимизацијом процеса добију фотоелектрохемијске ћелије са сличним или бољим радним параметрима од танкослојних фотоанода.

6.2. Структура рада

Докторска дисертација ће обухватити следећа поглавља: *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, подељен у потпоглавља, садржаће теоријски осврт на фотоелектрохемијске ћелије. Поред детаљног описа оперативног механизма ћелија, *Теоријски део* ће обухватити сажетак компаративних предности у односу на остале типове фотоелектрохемијских ћелија, литературни преглед о структури и физичко-хемијским својствима хематита (Fe_2O_3), анатаса (TiO_2) и псеудобрукита (Fe_2TiO_5), као и теоријске карактеристике сито штампања.

У *Експерименталном делу* биће детаљно описано добијање псеудобрукита реакцијом у чврстом стању, процесирање производа синтезе у филмове, израда ћелије, као и методе карактеризације које ће бити коришћене током израде дисертације.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће детаљно анализирани резултати експерименталног рада и упоређени са литературом.

Закључак ће сумирати целокупно истраживање уз осврт на иновативне методе и приступе проблему, као и предности које се тичу потенцијалне примене.

У *Литератури* ће бити наведени радови и литературни извори цитирани у дисертацији, као и радови проистекли из спроведених истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима може се закључити да кандидаткиња Зорка Васиљевић, маг. инж. технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу свега што је речено, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације Зорке Васиљевић под називом „Синтеза, структура, карактеризација и фотоелектрохемијска

примена дебелих слојева псеудобрукита, Fe_2TiO_5 “ научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да је прихвати. За менторе се предлажу др Јелена Роган, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, и др Марија Весна Николић, научни саветник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду.

У Београду, 10. 6. 2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Јелена Роган, ванредни професор,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Др Марија Весна Николић, научни саветник,
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања

Др Обрад Алексић, научни саветник,
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања

Др Дејан Полети, редовни професор,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет