

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/94
(Број захтева)

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

18.04. 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 и процесирање наноструктурног титан(IV)-оксида за примену у соларним ћелијама са фотоосетљивом бојом“.
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

НИКОЛА (Бранислав) ТАСИЋ, дипл.инж.

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

3. Година дипломирања: 2009.

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2010/2011. године.

6. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /
Година одбране магистарске тезе: /

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

на седници одржаној 14.04.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Николу Тасића, дипл. 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: 15. 4. 2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Николу Тасића

Име и презиме ментора: Горан Бранковић

Звање: Научни саветник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ćirković, J., Vojisavljević, K., Nikolić, N., Vulić, P., Branković, Z., Srećković, T., **Branković, G.** "Dielectric and ferroelectric properties of BST ceramics obtained by a hydrothermally assisted complex polymerization method", *Ceramics International*, 41: (2015) pp. 11306–11313. IF=2,605 ; ISSN: 0272-8842
2. Trtica, M., Limpouch, J., Gavrilov, P., Gemini, L., Panjan, P., Stasic, J., Milovanovic, D., **Brankovic, G.** "Surface modification of a-CN/TiAlN double layer coating on ASP 30 steel induced by femtosecond laser with 1013-1014 W/cm² intensity in vacuum", *Laser and Particle Beams*, 33 (3), (2015) pp. 551-559. IF=1,295; ISSN: 0263-0346
3. Dapčević, A., Poleti, D., Rogan, J., Radojković, A., Radović, M., **Branković, G.** "A new electrolyte based on Tm³⁺-doped δ -Bi₂O₃-type phase with enhanced conductivity", *Solid State Ionics*, 280, (2015) pp. 18-23. IF=2,561; ISSN: 0167-2738
4. Pršić, S., Savić, S.M., Branković, Z., Vrtnik, S., Dapčević, A., **Branković, G.** "Mechanochemically assisted solid-state and citric acid complex syntheses of Cu-doped sodium cobaltite ceramics", *Journal of Alloys and Compounds*, 640, (2015) art. no. 33833, pp. 480-487. IF=2,999 ; ISSN: 0925-8388
5. Radojković, A., Savić, S.M., Jović, N., Ćirković, J., Despotović, Ž., Ribić, A., Branković, Z., **Branković, G.** "Structural and electrical properties of BaCe_{0.9}Eu_{0.1}O_{2.95} electrolyte for IT-SOFCs", *Electrochimica Acta*, 161, (2015)pp. 153-158. IF=4,504 ; ISSN: 0013-4686

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: 15.04.2016.

М.П.

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 14.04.2016. 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 **НИКОЛЕ ТАСИЋА**, дипл. инж, под називом: „Синтеза и процесирање наноструктурног титан(IV)-оксида за примену у соларним ћелијама са фотоосетљивом бојом“.

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 Горан Бранковић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за мултидисциплинарна истраживања

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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

Предмет: Подобност теме и кандидата Николе Тасића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/94 од 3. 3. 2016. године именовани смо у Комисију за оцену подобности теме и кандидата Николе Тасића, дипл. инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Синтеза и процесирање наноструктурног титан(IV)-оксида за примену у соларним ћелијама са фотоосетљивом бојом”. На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Никола Тасић је рођен 11. 10. 1984. године у Београду. Четрнаесту београдску гимназију, природно-математичког смера завршио је 2003. године, након чега је уписао Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Дипломирао је 2009. године на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија, са просечном оценом 8,36. Докторске студије уписао је школске 2010/2011. на Технолошко-металуршком факултету, на смеру Инжењерство материјала, под менторством др Јелене Роган, ванредног професора на Катедри за општу и неорганску хемију. Од јануара 2011. године запослен је у Институту за мултидисциплинарна истраживања као истраживач-приправник. У децембру 2012. године изабран је у звање истраживач-сарадник, а у децембру 2015. године реизабран у исто звање. Кандидат говори енглески, руски и француски језик.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Никола Тасић је од јануара 2011. године ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја (број пројекта III 45007) под називом „0-3Д наноструктуре за примену у електроници и обновљивим изворима енергије: синтеза, карактеризација, процесирање“, под руководством др Горана Бранковића. Током 2012. године учествовао је и на билатералном пројекту са Републиком Словенијом под називом „Перовскити прелазних метала са мултифероичним својствима“. Тренутно је ангажован на билатералном пројекту са Републиком Хрватском под називом „Синтеза и фотокаталитичка својства наноструктурних материјала на бази TiO_2 “.

У оквиру докторских студија кандидат је положио све програмом предвиђене испите, укључујући и завршни испит, са просечном оценом 9,64. Списак положених испита и оцена је приказан у табели:

Предмет		Оцена	ЕСПБ
1	Математичка обрада експерименталних података	8	5
2	Наука о материјалима и инжењерство материјала	10	6
3	Термодинамика чврстог стања	10	5
4	Нискотемпературни керамички процеси	10	4
5	Електродни материјали	10	5
6	Одабрана поглавља инструменталне анализе	10	7
7	Хемијска кинетика	9	5
8	Теоријски основи керамике и стакла	10	5
9	Фазне равнотеже у вишекомпонентним системима	9	4
10	Физика материјала	10	4
11	Завршни испит	10	30
12	Енглески језик	10	
Средња оцена/Укупно бодова		9,64	80

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

Радови објављени у врхунским часописима међународног значаја (M21)

1. Branković G., Branković Z., Sequinel T., Žunić M., Vuković M., **Tasić N.**, Marinković B.A., Cilence M., Varela J.A., Longo E. (2013) *High voltage electrophoretic deposition of preferentially oriented films for multiferroic YMn_2O_5 nanopowders*, Ceramics International 39: 2065-2068 (ISSN: 0272-8842, IF: 1,751).
2. Vasiljevic Z.Z., Lukovic M.D., Nikolic M.V., **Tasic N.B.**, Mitric M.N., Aleksic O.S. (2015) *Nanostructured Fe_2O_3/TiO_2 thick films: analysis of structural and electronic properties*, Ceramics International 41: 6889-6897 (ISSN: 0272-8842, IF: 2,605).
3. Stojadinović B., Dohčević-Mitrović Z., Paunović N., Ilić N., **Tasić N.**, Petronijević I., Popović D., Stojanović B. (2016) *Comparative study of structural and electrical properties of Pr and Ce doped $BiFeO_3$ ceramics synthesized by auto-combustion method*, Journal of Alloys and Compounds 657: 866-872 (ISSN: 0925-8388, IF: 2,999).
4. Luković Golić D., Radojković A., Ćirković J., Dapčević A., Pajić D., **Tasić N.**, Savić S., Počuča-Nešić M., Marković S., Branković G., Marinković Stanojević Z., Branković Z. (2016) *Structural, ferroelectric and magnetic properties of $BiFeO_3$ synthesized by sonochemically assisted hydrothermal and hydro-evaporation chemical methods*, Journal of the European Ceramic Society, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2016.01.031 (ISSN: 0955-2219, IF: 2,947).

Радови објављени у часописима међународног значаја (M23)

1. **Tasić N.**, Branković Z., Marinković-Stanojević Z., Branković G. (2012) *Effect of binder molecular weight on morphology of TiO_2 films prepared by tape casting and their photovoltaic performance*. Science of Sintering 44: 365-372 (ISSN: 0350-820X, IF: 0,444).

2. **Tasić N.**, Rogan J., Poleti D., Radovanović L., Branković G. (2014) *Synthesis and characterization of μ -hydroxido- and μ -polycarboxylato-bridged iron(III) complexes with 2,2'-bipyridine*. Journal of Serbian Chemical Society 79: 941-952 (ISSN: 0352-5139, IF: 0,889).

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

1. Aleksić O.S., Djurić Z.Z., Nikolić M.V., **Tasić N.**, Vuković M., Marinković Stanojević Z., Nikolić N., Nikolić P.M. (2013) *Nanostructured $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ thick films prepared by screen printing*. Processing and Application of Ceramics 7: 129-134 (ISSN: 1820-6131).

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

1. **Tasić N.**, Marinković-Stanojević Z., Branković Z., Branković G. (2011) *Synthesis and characterization of sol-gel mesoporous TiO_2 films for application in dye-sensitized solar cells*. Book of Abstracts of the Conference for Young Scientists "The Ninth Students' Meeting, SM-2011" and "The Second ESR Workshop, COST MP0904", November 16 – 18, 2011, Novi Sad, Serbia, p. 42.

2. **Tasić N.**, Marinković Stanojević Z., Vojisavljević K., Dapčević A., Žunić M., Branković Z., Branković G. (2013) *TiO_2 films prepared from nano- TiO_2 pastes and their photovoltaic properties*. Book of Abstracts / 2nd Conference of the Serbian Ceramic Society, 2CSCS-2013, June 5-7, 2013, Belgrade, Serbia, p. 95.

3. Aleksić O., Djurić Z., Nikolić M.V., **Tasić N.**, Vuković M., Marinković Stanojević Z., Nikolić N., Nikolić P. (2013) *Nanostructured $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ thick films*. Book of Abstracts / 2nd Conference of the Serbian Ceramic Society, 2CSCS-2013, June 5-7, 2013, Belgrade, Serbia, p. 73.

4. **Tasić N.**, Marinković Stanojević Z., Branković Z., Savić S., Dapčević A., Žunić M., Branković G. (2013) *Hydrothermally assisted sol-gel synthesis of nano-anatase TiO_2 for application in dye-sensitized solar cells*. Book of Abstracts of the Conference for Young Scientists The Tenth Student Meeting, SM-2013" and "The Second ESR Workshop, COST MP0904", November 6 – 9, 2013, Novi Sad, Serbia, p. 27.

5. **Tasić N.**, Marinković Stanojević Z., Branković Z., Žunić M., Branković G. (2014) *Synthesis and characterization of nanoanatase- TiO_2 multilayer films and their photovoltaic performance*. In: 14th Edition of ELECTROCERAMICS Conference, Abstract Book, June 16-20, 2014, Bucharest, Romania, p. 144.

6. Ćirković J., Vojisavljević K., Nikolić N., **Tasić N.**, Branković Z., Srećković T., Branković G. (2014) *Processing-Dependent Dielectric and Ferroelectric Properties of BST Ceramics*. ECAPD Conference on Application of Polar Dielectrics 2014, Abstract Book, July 7-11, 2014, Vilnius, Lithuania, p. 90.

7. Luković Golić D., Radojković A., Ćirković J., **Tasić N.**, Pajić D., Branković G., Marinković Stanojević Z., Branković Z. (2015) *Structural, ferroelectric and magnetic properties of BiFeO_3 synthesized by hydro-evaporation and sonochemically assisted hydrothermal methods*. Book of Abstracts / 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 3CSCS-2015, June 15-17, 2015, Belgrade, Serbia, p. 54.

8. Ilić N., Stojadinović B., Džunuzović A., Bobić J., **Tasić N.**, Curecheriu L., Dohčević-Mitrović Z., Stojanović B. (2015) *Improved electrical and magnetic properties in Y doped BiFeO₃ ceramics*. Book of Abstracts / 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 3CSCS-2015, June 15-17, 2015, Belgrade, Serbia, p. 58.
9. **Tasić N.**, Marinković Stanojević Z., Branković Z., Podlogar M., Gilić M., Matković A., Branković G. (2015) *Nano-anatase TiO₂ films prepared by hydrothermal synthesis and their photovoltaic performance*. Book of Abstracts / 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 3CSCS-2015, June 15-17, 2015, Belgrade, Serbia, p. 59.
10. Stojadinović B., Dohčević-Mitrović Z., Ilić N., **Tasić N.**, Stojanović B., Petronijević I., Popović D. (2015) *Comparative study of structural and electrical properties of Pr(Ce)-doped BiFeO₃ ceramics by auto-combustion method*. Book of Abstracts / 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 3CSCS-2015, June 15-17, 2015, Belgrade, Serbia, p. 104.
11. Luković M., Vasiljević Z., Aleksić O., Nikolić M.V., **Tasić N.** (2015) *Electronic properties of pseudobrookite nanostructured thick films*. Book of Abstracts / 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 3CSCS-2015, June 15-17, 2015, Belgrade, Serbia, p. 111.
12. **Tasić N.** (2015) *Mesoporous TiO₂ films prepared from chemically synthesized nanoparticles and their photovoltaic application*. 14th International Conference of the European Ceramic Society, June 21-25, 2015, Toledo, Spain, (Abstract ID 2893) p. 52.

1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У свом досадашњем раду кандидат Никола Тасић, дипл. инж. технологије, постигао је значајне резултате, показавши висок степен самосталности и способности за научно-истраживачки рад. Кандидат је коаутор седам научних радова објављених у међународним часописима, од којих су четири рада из категорије M21, два рада из категорије M23 и један рад из категорије M24, а саопштио је и 12 радова на међународним научним скуповима. Тема докторске дисертације припада области из које је кандидат до сада објавио један рад у међународном часопису, док је други рад у поступку рецензије у врхунском међународном часопису (**Tasić N.**, Marinković Stanojević Z., Branković Z., Lačnjevac U., Ribić V., Žunić M., Novaković T., Podlogar M., Branković G. *Mesoporous films prepared from synthesized TiO₂ nanoparticles and their application in dye-sensitized solar cells (DSSCs)*, *Electrochimica Acta*). На основу изложеног Комисија сматра да је Никола Тасић квалитетом остварених научних резултата, као и својом компетентношћу и залагањем, испунио све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације јесте синтеза наночестичног титан(IV)-оксида, његово процесирање у дебелослојне функционалне филмове и примена филмова у соларним ћелијама са фотоосетљивом бојом у својству фотоактивне аноде. Овај тип соларних ћелија представља економичну алтернативу комерцијалним ћелијама на бази силицијума, због чега привлаче доста пажње мултидисциплинарних истраживачких група широм света. Мултидисциплинарност истраживања огледа се у чињеници да ћелије садрже керамичке компоненте, металорганске комплексе и електролит, на чијим оптимизацијама је неопходно учешће истраживача из различитих дисциплина попут науке о материјалима, молекулског инжењеринга и хемије.

Основна компонента ових ћелија је полупроводни филм титан(IV)-оксида, на који је адсорбован монослој фотоосетљиве боје. Оксид заједно са бојом чини фотоактивну аноду, или краће фотоаноду. Улога боје је да апсорбује зрачење, а титан-диоксида да обезбеди механичку потпору као и проток фотогенерисаних електрона. Систем садржи и редокс електролит и помоћну платинску электроду, чијим удруженим дејством електрична енергија настаје без неповратних хемијских реакција.

Предности соларних ћелија са фотоосетљивом бојом у односу на конкурентске ћелије су нетоксичност и распрострањеност основног градивног материјала (TiO_2), благи реакциони услови током синтезе материјала, функционалност ћелија у широком опсегу температура, релативна независност ефикасности фотоконверзије од упадног угла зрачења, пораст ефикасности при нижем интензитету осветљења и ниски производни трошкови.

2.1. Научни циљеви докторске дисертације

Циљеви предложене дисертације обухватају:

- синтезу наночестичног титан(IV)-оксида високе специфичне површине (веће од комерцијалних прахова), малих димензија честица ($<25 \text{ nm}$) и специфичног фазног састава (једнофазни узорак анатаса или узорак са доминантним присуством анатасне фазе);
- припрему филмова полазећи од синтетисаног материјала у циљу добијања униформне монолитне структуре и филмова са тродимензионалном структуром;
- припрему референтних филмова полазећи од комерцијалног праха и функционалних органских агенаса;
- оптимизацију својстава филмова са циљем задовољења главних захтева за ефикасном фотоанодом у соларним ћелијама (порозност, међучестиčna повезаност, адхезија итд.);
- израду соларних ћелија са фотоосетљивом бојом које садрже припремљене филмове;
- поређење радних параметара соларних ћелија које садрже различите типове фотоаноде, као и поређење са литературним вредностима.

2.2. Релевантни библиографски извори

1. B. O'Regan, M. Gratzel, A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films, *Nature* 353 (1991) 737.
2. M. Gratzel, Recent Advances in Sensitized Mesoscopic Solar Cells, *Accounts Chem. Res.* 42 (2009) 1788.
3. H.J. Snaith, Estimating the Maximum Attainable Efficiency in Dye-Sensitized Solar Cells, *Adv. Funct. Mater.* 20(2010) 13.
4. L. Peter, The Gratzel Cell: Where Next?, *J. Phys. Chem. Lett.* 2 (2011) 1861.
5. M. Ye, X. Wen, M. Wang, J. Iocozzia, N. Zhang, C. Lin, Z. Lin, Recent advances in dye-sensitized solar cells: from photoanodes, sensitizers and electrolytes to counter electrodes, *Mater. Today* 18 (2015) 155.
6. C.J. Barbe, F. Arendse, P. Comte, M. Jirousek, F. Lenzmann, V. Shklover, M. Gratzel, Nanocrystalline Titanium Oxide Electrodes for Photovoltaic Applications, *J. Am. Ceram. Soc.* 80 (1997) 3157.
7. S.D. Burnside, V. Shklover, C. Barbe, P. Comte, F. Arendse, K. Brooks, M. Gratzel, Self-Organization of TiO_2 Nanoparticles in Thin Films, *Chem. Mater.* 10 (1998) 2419.
8. E.C. Muniz, M.S. Goes, J.J. Silva, J.A. Varela, E. Joanni, R. Parra, P.R. Bueno, Synthesis and characterization of mesoporous TiO_2 nanostructured films prepared by a modified sol-gel method for application in dye solar cells, *Ceram. Int.* 37 (2011) 1017.

9. D. Chen, F. Huang, Y.-B. Cheng, R.A. Caruso, Mesoporous Anatase TiO₂ Beads with High Surface Areas and Controllable Pore Sizes: A Superior Candidate for High-Performance Dye-Sensitized Solar Cells, *Adv. Mater.* 21 (2009) 2206.
10. L. Qi, J.D. Sarge, D.P. Birnie III, Dye-Sensitized Solar Cells Based on TiO₂ Coatings with Dual Size-Scale Porosity, *J. Am. Ceram. Soc* 92 (2009) 1921.
11. J.-G. Nam, E.-S. Lee, W.-C. Jung, Y.-J. Park, B.-H. Sohn, S.-C. Park, J.S. Kim, J.-Y. Bae, Photovoltaic enhancement of dye-sensitized solar cell prepared from [TiO₂/ethyl cellulose/terpineol] paste employing TRITON™ X-based surfactant with carboxylic acid group in the oxyethylene chain end, *Mater. Chem. Phys.* 116 (2009) 46.
12. N. Tasić, Z. Branković, Z. Marinković Stanojević, G. Branković, Effect of Binder Molecular Weight on Morphology of TiO₂ Films Prepared by Tape Casting and Their Photovoltaic Performance, *Sci. Sinter.* 44 (2012) 365.
13. S. Ito, P. Chen, P. Comte, M.K. Nazeeruddin, P. Liska, P. Pechy, M. Gratzel, Fabrication of Screen-Printing Pastes From TiO₂ Powders for Dye-Sensitized Solar Cells, *Prog. Photovoltaics* 15 (2007) 603.
14. P.M. Sommerling, B.C. O'Regan, R.R. Haswell, H.J.P. Smit, N.J. Bakker, J.J.T. Smits, J.M. Kroon, J.A.M. van Roosmalen, Influence of a TiCl₄ Post-Treatment on Nanocrystalline TiO₂ Films in Dye-Sensitized Solar Cells, *J. Phys. Chem. B* 110 (2006) 19191.
15. N.-G. Park, J. van de Lagemaat, A.J. Frank, Comparison of Dye-Sensitized Rutile- and Anatase-Based TiO₂ Solar Cells, *J. Phys. Chem. B* 104 (2010) 8989.
16. R. Kawakami, Y. Sato, Y. Mori, S. Yoshikado, Composite thin films prepared by electrophoresis using two types of TiO₂ nanoparticles, *J. Ceram. Soc. Jpn.* 122 (2014) 436.
17. Q. Wang, J.-E. Moser, M. Gratzel, Electrochemical Impedance Spectroscopic Analysis of Dye-Sensitized Solar Cells, *J. Phys. Chem. B* 109 (2005) 14945.
18. F. Fabregat-Santiago, J. Bisquert, E. Palomares, L. Otero, D. Kuang, S.M. Zakeeruddin, M. Gratzel, Correlation between photovoltaic performance and impedance spectroscopy of dye-sensitized solar cells based on ionic liquids, *J. Phys. Chem. C* 111 (2007) 6550.

3. Полазне хипотезе

Узимајући у обзир примарни циљ докторске дисертације, а то је синтеза наночестичног титан(IV)-оксида строго специфичних особина и његова примена у соларним ћелијама у својству фотоактивне аноде, полазна претпоставка је да хидротермални поступак пружа довољно могућности за остварење таквог циља. Ово је засновано на обимном прегледу литературе из области синтезе нанопрахова, соларних ћелија са фотоосетљивом бојом, као и из других области попут фотокатализе, сензора итд.

С обзиром на то да докторска дисертација обједињује синтезу са процесирањем и применом, добијени TiO₂ мора да буде такав да задовољи и захтеве везане за функционалност соларних ћелија, а који се тичу морфолошких и оптичких својстава електродних филмова. С тим у вези, хипотеза је да би комбиновано дејство нејонског сурфактанта, тј. мицеларног темплата и комплексирајућег агенса могло да резултује производом који може да се преведе у филмове жељених карактеристика. Полази се од тога да би употребом темплата било могуће формирање меких тродимензионалних структура с обзиром да је циљ добити филмове монолитне униформне структуре и филмове са тродимензионалном структуром хијерархијске порозности. Предност оваквих структура је у томе што се лако могу деагломерисати до примарних честица високе специфичне површине (нпр. применом ултразвука), и на тај начин поново употребити или користити за неке друге намене.

Очекује се да синтетисани узорци резултују приближно истим или бољим својствима у поређењу са референтним који садрже комерцијално доступни титан(IV)-оксид. Такође ће бити интересантно међусобно поређење ефикасности соларних ћелија заснованих на

синтетисаним узорцима са једне, и референтним са друге стране, с обзиром да у литератури нема података о томе.

4. Научне методе истраживања

Производ хидротермалне синтезе, процесирани филмови и соларне ћелије биће анализирани различитим методама карактеризације. У циљу идентификације узорака и одређивања фазног састава, производ синтезе и филмови биће подвргнути рендгенској дифракционој анализи (XRD), електронској дифракцији са одабране површине узорка (SAED) и раманској спектроскопији. Оптичка својства производа и филмова биће испитана спектроскопском методом у ултраљубичастом и видљивом делу спектра (UV/Vis). Систематична анализа морфологије филмова биће урађена помоћу скенирајуће електронске микроскопије (SEM-FESEM), док ће облик и величина честица бити утврђени трансмисионом електронском микроскопијом (TEM). Порозност филмова и специфична површина биће утврђена на основу података из адсорпционо-десорпционих изотерми азота (BET анализа).

За потребе карактеризације соларних ћелија биће конструисан соларни симулатор, који ће као извор зрачења користити халогену сијалицу типа ELH 120V/300W. Радни параметри соларних ћелија биће одређени мерењем њихових струјно-напонских карактеристика током коришћења симулатора. Осим тога, електрохемијском импедансном спектроскопијом (EIS) и мерењем опадања напона отвореног кола ћелије током времена квантитативно ће бити испитан транспорт наелектрисања у функционалним ћелијама.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос ове докторске дисертације огледа се у:

- дефинисању нове експерименталне процедуре за добијање наночестичног титан(IV)-оксида анатасне фазе високе специфичне површине;
- дефинисању методе за процесирање производа хидротермалне синтезе у дебелослојне филмове двојаче морфологије (униформна монолитна структура и тродимензионална структура са хијерархијском порозношћу);
- развоју и оптимизацији поступка за добијање филмова побољшаних механичких својстава;
- достизању радних параметара соларних ћелија и приказивању систематичне електричне карактеризације функционалних ћелија, која описује процесе транспорта наелектрисања у њима.

6. План истраживања и структура рада

6.1. План истраживања

Најпре ће бити припремљене референтне електроде полазећи од комерцијалног праха и функционалних органских агенаса за припрему наночестичних паста. Филмови ће бити депоновани техником наношења сечивом (енг. doctor blade). Биће спроведена електрична карактеризација ћелија са референтним електродама и одређени радни параметри ћелија.

Потом ће бити извршена оптимизација удела извора титана (титан(IV)-изопропоксид), сурфактанта (Triton X100), комплексирајућег агенса (Na_2EDTA) и растварача у хемијском

поступку припреме прекурсора који претходи хидротермалној синтези. Након оптимизације почетног састава, уследиће оптимизација температуре и притиска хидротермалног поступка.

Пошто се утврди да синтеза резултује наночестицама анатасне фазе димензија не већих од 25 nm, приступиће се оптимизацији поступка припреме пасти за добијање филмова техником наношења сечивом. Ово ће се изводити итеративним поступком, уз праћење морфолошких и оптичких својстава филмова, као и електричних карактеристика соларних ћелија са испитиваним филмовима. Главни циљ је да се полазећи од филмова различитог типа морфологије добију соларне ћелије са бољим радним параметрима од референтних ћелија.

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 фотонапонске уређаје, са посебним акцентом на соларне ћелије са фотоосетљивом бојом. Поред детаљног описа оперативног механизма ћелија, *Теоријски део* ће обухватити и опис улоге фотоосетљиве боје, сажетак компаративних предности у односу на остале типове соларних ћелија, преглед најзначајнијих физичко-хемијских својстава TiO_2 , теоријски сажетак о хидротермалној синтези, као и литературни преглед структура од значаја.

У *Експерименталном делу* биће детаљно описано добијање титан(IV)-оксида хидротермалним поступком, 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 кандидат Никола Тасић, дипл. 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 Николе Тасића под називом

„Синтеза и процесирање наноструктурног титан(IV)-оксида за примену у соларним ћелијама са фотоосетљивом бојом” 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 Горан Бранковић, 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, 1. април 2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

Др Горан Бранковић, научни саветник,
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања

Др Александар Радојковић, научни сарадник,
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања

Др Александра Дапчевић, доцент,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет