

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/191
(Број захтева)

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

11.06.2017.
(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:

„Фотоелектрохемијска ћелија на бази нанотуби титан-диоксида модификованих гвожђе оксидом (Photoelectrochemical cell based on titanium dioxide nanotubes modified by iron oxide)“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

WALEED MOHAMMED OMYMEN, мастер инжењер

Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: Универзитет у Београду донео је Решење број 06-61301-2997/5-14 од 29.09.2015. године којим се признаје високошколска исправа другог нивоа високог образовања стечена на на високошколској установи Универзитет у Триполију, издата на име Waleed Mohammed Omymen.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 01.06.2017. 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 **Waleed Mohammed Omymen**

Име и презиме ментора: **Бранимир Н. Гргур**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Janačković Marija, Gvozdenović Milica, Jugović Branimir, **Grgur Branimir**, *The improved photooxidation stability of the SILAR deposited copper sulfide on polypyrrole*, - Synthetic Metals, Vol. 203, 2015, pp. 37–43 ISSN: 0379-6779, IF(2015)=2.222 <http://doi.org/10.1016/j.synthmet.2015.02.011>
2. **Grgur, B.N.**, Mijin, D.T. *A kinetics study of the methomyl electrochemical degradation in the chloride containing solutions*, - Applied Catalysis B: Environmental, Vol. 147, 2014, pp. 429-438. ISSN: 0926-3373, IF(2014) = 7.435 <http://doi.org/10.1016/j.apcatb.2013.09.028>
3. **Grgur Branimir N.**, Jugović Branimir Z., Gvozdenović Milica M., *Oxygen reduction on SILAR deposited iron oxide onto graphite felt electrode*, - Electrochimica Acta, Vol. 212, 2016, pp. 254–259. ISSN: 0013-4686, IF(2016)= 4.803 <http://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.07.029>

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: 22.05.2017.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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 01.06.2017. 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 Waleed Mohammed Omyuen, мастер инж., под називом: „Фотоелектрохемијска ћелија на бази наноцеви титан-диоксида модификованих гвожђе оксидом. (Photoelectrochemical cell based on titanium dioxide nanotubes modified by iron oxide)“.

Одобрава се студенту да докторски рад пише и брани на енглеском језику.

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

За ментора се одређује др Бранимир Гргур, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

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

Предмет: Подобност теме и кандидата **Waleed Mohammed Omymen** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/108 од 20.04.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Waleed Mohammed Omymen** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

**Фотоелектрохемијска ћелија на бази наноцеви титан-диоксида
модификованих гвожђе оксидом.**
(Photoelectrochemical cell based on titanium dioxide nanotubes modified by iron oxide)

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Waleed Mohammed Omymen, мастер инжењер технологије, је рођен 8 Април 1977 у Tripoli, Libya. Основне академске студије завршио је 2000 године, на Al-Mergheb University, Al-Khoms, Libya на одсеку за Хемијско инжењерство. Мастер студије је завршио 2009 године на Alfateh University, Tripoli, Libya, смер Хемијско инжењерство, а диплома му је ностификована одлуком Универзитета у Београду, број: 06-61301-2997/5-14 од 29.09.2015 године. Од завршетка мастер студија запослен је као помоћни предавач на Al-Mergheb University, Al-Khoms, Департмент за Хемијско инжењерство, Libya где држи предавања из предмета Општа хемија и Полимерна хемија, и вежбе из предмета општа хемија и органска хемије а на Al-Khoms College, Al-Khoms, Libya, вежбе из Математике II. Школске 2014/2015 уписао је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, одсек за Хемијско инжењерство. До сада је публиковао један рад у врхунском међународном часопису (M21), саопштио три рада на међународним скуповима, штампанм у целини (M33) и један рад на скупа националног значаја штампаног у изводу (M64).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Waleed Mohammed Omymen, је уписао Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду школске 2014/2015 године. Завршни рад под називом: Photoelectrochemical cell based on titanium dioxide nanotubes modified by iron oxide, одбранио је 16.05.2016. Положио је све планом и програмом предвиђене испите, са просеком 9,73.

ПРЕДМЕТ	ОЦЕНА	ЕСПБ
Одабрана поглавља математичке анализе	10	5
Феномени преноса у инжењерству материјала	10	5
Хемијска кинетика	8	5
Виши курс термодинамике	9	5
Физичко-хемијске основе фармацеутског инжењерства	10	6
Виши курс електрохемијског инжењерства	10	6
Електрокатализа	10	5
Електродни материјали	10	5
Електрохемијски и алтернативни извори електричне енергије	10	5
Биохемијска кинетика	10	5
Завршни испит	10	30
Укупно		82

Кандидат Waleed Mohammed Omymen је до сада је аутор једног рада у врхунском међународном часопису (M21), три саопштење са међународног скупа штампаних у целини (M33) и једног саопштење са скупа националног значаја штампаног у изводу (M64).

2. Списак објављених научних и стручних радова

M21. Рад у врхунском међународном часопису

1. **Omymen Waleed M.**, Ebshish Ali S., Jugović Branimir Z., Trišović Tomislav Lj., Gvozdenović Milica M., Grgur Branimir N., *Photoelectrochemical behavior of TiO₂-NT's modified with SILAR deposited iron oxide*, - Electrochimica Acta, Vol 203, 2016, pp. 136–143. ISSN 0013-4686
IF(2016)= 4.803

M33. Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Ebshish Ali, Bshish Ahmed, Alhwaige Almahdi A., Sowedan Ahmed Mokhtar, **Omymen Waleed**, *Hydrogen Production By Catalytic Steam Reforming Of Glycerol Over Sol Gel Ni/Al₂O₃ Based Catalyst*, -International Energy Technologies Conference Proceedings 2014, 22-24 December, Istanbul., 2014, pp. 525-530, ISBN 978-605-5120-98-6.
2. **Omymen Waleed**, Salem Ayad, Gvozdenovic Milica, Jugovic Branimir, Grgur Branimir, *Electrochemical Synthesis Of Protective Polyaniline Coating On Aluminum*, -Metallurgical & Material Engineering Congress of South-East Europe, Proceedings and Book of Abstract, Ed. Marija Korać, June 3rd -5th, Belgrade, Serbia, 2015, pp. 289-294. ISBN 978-86-87183-27-8.
3. Salem Ayad, **Omymen Waleed**, Jugovic Branimir, Gvozdenovic Milica, Grgur Branimir, *Corrosion Of Steel With Composite Polyaniline Coatings*, - Metallurgical & Material Engineering Congress of South-East Europe, Proceedings and Book of Abstract, Ed. Marija Korać, June 3rd - 5th, Belgrade, Serbia, 2015, pp. 295-300 ISBN 978-86-87183-27-8.

M64. Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

1. **Omymen Waleed M.**, Alarabi Miloud A., *Exergy Analysis of Gas Turbine and Combined Cycle Power Plants*, - 1th International Conference and Exhibition on Chemical and Process Engineering, Libya, Tripoli, 5-7 May 2009. Ref. No: CHE-EA-02, p. 25

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата током докторских студија Waleed Mohammed Omumen је показао склоност и способност за бављење научно-истраживачким радом. Такође, из саме предложене теме дисертације, кандидат је до сада публиковао један рад у врхунском међународном часопису (M21), као и три саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33) и једног саопштење са скупа националног значаја штампаног у изводу (M64) који нису директно повезани са темом његове дисертације, што указује на његов квалитетан рад, па тако испуњавање потребних услова за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет научног истраживање предложене дисертације је карактеризација и испитивање фотоелетрохемијског понашања електрохемијски формираних наноцеви титан-диоксида модификованих гвожђе-оксидом. Као анодни материјал различитих фотоелектрохемијских ћелија (електролизера и фото-горивних галванских спрегова) који могу послужити за симултано добијање водоника, оксидацију различитих органских, углавном загађујућих, материја и добијање електричне енергије, због својих добрих корозионих особина у воденим растворима најчешће се разматра титан-диоксид, различитих морфологија. Анодном електрохемијском оксидацијом металног титана у растворима који садрже јоне флуорида, добијају се наноцеви титан-диоксида, за које је установљено да услед своје велике апсорпционе моћи светлосног зрачења представљају до сада најбољу фотоактивну форму титан-диоксида. Међутим, због ширине енергетског процепа титан-диоксида од 3,2 eV, апсорпција је ограничена само на ултра љубичасти део спектра, до 390 nm, који представља само око 5% укупног Сунчевог зрачења. Из тог разлога, неопходна је модификација површине наноцеви титан-диоксида погодним полупроводничким материјалом који би омогућио апсорпцију и у видљивом делу спектра. Између различитих полупроводничких материјала, гвожђе-оксид у облику хематита, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, представља практично идеални апсорпциони материјал, с обзиром да поседује п-тип полупроводничке особине, добру корозиону стабилност, ниску цену, ширину енергетског процепа од 2,1 eV, односно апсорпцију светлости таласних дужина до 590 nm, што представља максимум зрачења Сунца. На жалост, хематит поседује веома малу покретљивост већинских носиоца наелектрисања и њихов кратак животни век, па се не може користити као самостални фотоактивни материјал. До сада је титан-диоксид модификован гвожђе-оксидом дуготрајним и скупим хидротермалним поступком, при коме се у аутоклаву термички третира електрода или прах титан-диоксида, у раствору погодне соли гвожђа на температурама вишим од 100°C током више часова. У досадашњим истраживањима, није покушана модификација наноцеви титан-диоксида применом једноставне методе слојевите сукцесивне јонске адсорпције и реакције (SILAR, од енг.: Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction), која се заснива на адсорпцији јона гвожђа из прекурсорског раствора, и реакцији површински адсорбованог слоја у погодном раствору за реакцију, углавном на собној температури.

Циљ истраживања је електрохемијска синтеза наноцеви титан-диоксида у растворима на бази фосфорне киселине са додатком јона флуорида и модификација добијених наноцеви титан-диоксида оксидом-гвожђа применом једноставне SILAR методе. Овако добијени електродни материјали би били окарактерисани различитим површинским техникама. У циљу испитивања фотоелектрохемијског понашања, биле би одређене вредности енергетског процепа чистог електродног материјала од наноцеви титан-диоксида, и модификованог материјала гвожђе-оксидом, у растворима са рН вредношћу блиској неутралној. Потребно је напоменути да је већина досадашњих испитивања вршена у алкалним растворима. За оба материјала би се одредиле импулсне и стационарне фотополаризационе криве, чиме би се стекао увид у активност испитиваних материјала. На основу добијених резултата би се

конструисао дијаграм енергетске баријере и дискутовали добијени резултати са становишта сепарације наелектрисања у енергетском процепу, зависност оксидационе способности фото генерисаних шупљина. На основу ових испитивања, извршила би се испитивања фотооксидације урее, као једног од главних представника загађујућих органских материја комуналних отпадних вода. У том смислу варирала би се концентрација урее и одређивале струје фотооксидације при потенциодинамичним и стационарним условима. Ова реакција би била испитивана са становишта могућности симултаног добијања водоника и деградације урее у фотоелектрохемијској ћелији у режиму електролизера у циљу смањења специфичног утошка електричне енергије, као и симултане деградације урее и добијања електричне енергије у фото-горивном галванском спрегу. Детаљан преглед литературе потврђује да су приказане полазне хипотезе и планирано истраживање у тренду са глобалним активностима у науци.

Најважнији литературни извори који подржавају предложену тему су:

- [1] Minggu L.J., Daud W.R.W., Kassim M.B., *An overview of photocells and photoreactors for photoelectrochemical water splitting*, International Journal Hydrogen Energy, Vol. 35, 2010, pp. 5233-5244.
- [2] Kudo A., *Photocatalysis and solar hydrogen production*, IUPAC, Pure and Applied Chemistry, Vol. 79, 2007, pp. 1917–1927.
- [3] Nozik A.J., Memming R., *Physical chemistry of semiconductor-liquid interfaces*, Journal of Physical Chemistry, Vol. 100, 1996, pp. 13061-13078.
- [4] Bak T., Nowotny J., Rekas M., Sorrell C.C., *Photo-electrochemical hydrogen generation from water using solar energy. Materials-related aspects*, International Journal Hydrogen Energy, Vol. 27, 2002, pp. 991–1022.
- [5] Chen X., Shen S., Guo L., Mao S.S., *Semiconductor-based photocatalytic hydrogen generation*, Chemical Review, Vol. 110, 2010, pp. 6503–6570.
- [6] Roy P., Berger S., Schmuki P., *TiO₂ nanotubes: Synthesis and applications*, Angewandte Chemie International Edition, Vol. 50, 2011, pp. 2904 – 2939.
- [7] Choudhary S., Upadhyay S., Kumar P., Singh N., Satsangi V.R., Shrivastav R., Dass S., *Nanostructured bilayered thin films in photoelectrochemical water splitting: A review*, International Journal Hydrogen Energy, Vol. 37, 2012, pp. 18713-18730.
- [8] Luan P., Xie M., Liu D., Fu X., Jing L., *Effective charge separation in the rutile TiO₂ nanorod-coupled α -Fe₂O₃ with exceptionally high visible activities*, Scientific Reports, Vol. 4, 2014 p. 6180; DOI:10.1038/srep06180
- [9] Sun J., Zhong D.K., Gamelin D.R., *Composite photoanodes for photoelectrochemical solar water splitting*, Energy Environmental Science, Vol. 3, 2010, pp. 1252–1261.
- [10] Mishra M., Chun D-M, *α -Fe₂O₃ as a photocatalytic material: A review*, Applied Catalysis, Vol 498, 2015, pp. 126–141.
- [11] Iandolo B., Wickman B., Zorić I., Hellman A., *The rise of hematite: origin and strategies to reduce the high onset potential for the oxygen evolution reaction*, Journal of Material Chemistry A, Vol. 3, 2015, pp. 16896–16912.
- [12] Lyons M.E.G., Brandon M.P., *Redox switching and oxygen evolution electrocatalysis in polymeric iron oxyhydroxide films*, Physical Chemistry Chemical Physics, Vol. 11, 2009, pp. 2203-2217.
- [13] Mohapatra M., Anand S., *Synthesis and applications of nano-structured iron oxides/hydroxides - a review*, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 2. No 8, 2010, pp. 127-146.
- [14] Müller M., Villalb J.C., Mariani F.Q., Dalpasquale M., Lemos M.Z., Huila M.F.G., Anaissi F.J., *Synthesis and characterization of iron oxide pigments through the method of the forced hydrolysis of inorganic salts*, Dyes and Pigment, Vol. 120, 2015, pp. 271-278.
- [15] Hodes G., *Chemical solution deposition of semiconductor films*, Marcel Dekker, Inc. New York, 2002.

- [16] Mane R.S., Lokhande C.D., *Chemical deposition method for metal chalcogenide thin films*, Materials Chemistry and Physics, Vol. 65, 2000, pp. 1-31.
- [17] Cristino V., Berardi S., Caramori S., Argazzi R., Carli S., Meda L., Taccac A., Bignozzi C.A., *Efficient solar water oxidation using photovoltaic devices functionalized with earth-abundant oxygen evolving catalysts*, Physical Chemistry Chemical Physics, Vol. 15, 2013, pp. 13083-13092.
- [18] S Bauer., Kleber S., Schmuki P., *TiO₂ nanotubes: Tailoring the geometry in H₃PO₄/HF electrolytes*, Electrochemistry Communications, Vol. 8, 2006, pp. 1321–1325.
- [19] Žic M., Ristić M., Musić S., *Monitoring the hydrothermal precipitation of α -Fe₂O₃ from concentrated Fe(NO₃)₃ solutions partially neutralized with NaOH*, Journal of the Molecular Structures, Vol. 993, 2011, pp. 115–119.
- [20] Fu D., Keech P. G., Sun X., Wren J.C., *Iron oxyhydroxide nanoparticles formed by forced hydrolysis: dependence of phase composition on solution concentration*, Physical Chemistry Chemical Physics, Vol. 13 2011, pp. 18523-18529.
- [21] Beranek R., *(Photo)electrochemical methods for the determination of the band edge positions of TiO₂-based nanomaterials*, Advanced Physical Chemistry. Vol 2011, 2011, doi:10.1155/2011/786759
- [22] Trasatti S., *The Absolute electrode potential: An explanatory note*, Pure & Applied Chemistry, Vol. 58, No 7, 1986, pp. 955-966.
- [23] Klahr B., Gimenez S., Fabregat-Santiago F., Hamann T., Bisquert J., *Water oxidation at hematite photoelectrodes: The role of surface states*, Journal of the American Chemical Society, Vol. 134, 2012, pp. 4294-4302.
- [24] Rollinson A.N., Jones J., Dupont V., Twigg M. V., *Urea as a hydrogen carrier: A perspective on its potential for safe, sustainable and long-term energy supply*, Energy Environmental Science, Vol. 4, 2011, pp. 1216–1224.
- [25] Yatom N., Neufeld O., M. Toroker C., *Toward settling the debate on the role of Fe₂O₃ surface states for water splitting*, Journal of the Physical Chemistry C, Vol 119, 2015, pp. 24789–24795.
- [26] Boggs B. K., King R. L., Botte G. G., *Urea electrolysis: direct hydrogen production from urine*, Chemical Communications, Vol. 32, 2009, pp. 4859–4861.
- [27] Antoniadou M., Lianos P., *A photoactivated fuel cell used as an apparatus that consumes organic wastes to produce electricity*. Photochemical and Photobiological Science, Vol. 10 2011, pp 431-435.
- [28] Lan R., Tao S., Irvine J.T.S., *A direct urea fuel cell – power from fertiliser and waste*, Energy Environmental Science, Vol. 3, 2010, pp 438–441.

3. Полазне хипотезе

Из перспективе фотоелектрохемије по својој корозионој стабилности, распрострањености и једноставне припреме, титан-диоксид представља погодан материјал за одигравање фотоелектрохемијских реакција. Електрохемијском методом анодне оксидације титана у присуству јона флуорида, могу се добити наноцеви титан-диоксида са одличним апсорпционим карактеристикама. Међутим, ширина енергетске баријера овог карактеристичног н-тип полупроводника износи 3,2 eV, што омогућава апсорпцију светлосног зрачења само у УВ области спектра, које чини само 5% укупног зрачења сунца. Да би се смањила ширина енергетске баријере, потребно је извршити површинску модификацију нано цеви титан-диоксида погодним оксидом метала. Гвожђе-оксид структуре хематита поседује идеалне апсорпционе карактеристике пошто му је ширина енергетске баријере ~2 eV што одговара апсорпцији светлости од 600 nm, односно максималној таласној дужини зрачења Сунца. На жалост, у хематиту је време живота формираних парова електрон-шупљина веома кратко. Синергетским ефектом између титан-диоксида и хематита

је могуће продужити животни век мањинских носиоца наелектрисања, шупљина, и унапредити фотоелектрохемијске карактеристике оваквих тандем система. У литературним наводима модификација се углавном врши дуготрајним и скупим хидротермалним поступцима. До сада није покушано наношење танких слојева хематита на наноцеви титан-диоксида, једноставном и брзом методе сукцесивне слојевите јонске адсорпције и реакције (SILAR, од енг.: Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction), па је основна полазна хипотеза ове дисертације испитивање могућности примене SILAR-а у циљу наношења танких слојева хематита на наноцеви титан-диоксида. Претпоставља се да би овакав систем омогућио бољу фотоелектрохемијску активност од полазног материјала. Са овако добијеним материјалом би се испитале реакције анодне оксидације урее, као значајне загађујуће материје са великим енергетским потенцијалом. Била би испитана моћност симултане деградације урее и катодног добијања водоника у фотоелектрохемијском електролизеру, уз очекување смањења специфичног утrophка електричне енергије. Такође, испитаће се реакција оксидације урее у фотоелектрохемијском горивном галванском спрегу, где би се симултано произвођила електрична енергија и вршила деградација урее. Испитивање оваквих фотоелектрохемијских система је започето пре неколико година, па би истраживања у овој дисертацији била у тренду са глобалним активностима у науци.

4. Научне методе истраживања

Полазне идеје и претпоставке подразумевају успешно добијање наноцеви титан-диоксида електрохемијским методама. У том смислу испитивала би се електрохемијска анодна оксидација чистог титана у раствору на бази фосфорне киселине са додатком малих количина флуоридних јона. Разматрао би се механизам настанка наноцеви на основи од титана. Добијени материјал би био окарактерисан EDS и SEM техником. Модификација добијеног материјала би била вршена SILAR методом из раствора фери-нитрата у метанолу (као јонског прекурсора) а реакција у раствору натријум-хипохлорита (као реакционог раствора) за који се претпоставља да истовремено може формирати фери-хидроксид и дехидрирати добијени хидроксид у оксид. Анализа добијених материјала би била извршена XRD, EDS и FTIR техникама у циљу одређивања састава и структуре гвожђе-оксида. Положај проводне зоне оба материјала би био одређен из вредности померања Фермијевог нивоа у зависности од јачине осветљености у раствору на бази натријум-сулфата. Вредности енергетских баријера би биле одређене применом UV спектроскопије, а на основу одређених вредности био би конструисан дијаграм енергетског процепца и дискутовани могући преноси наелектрисања у полупроводнику и електролиту, при осветљавању. Користила би се фотоелектрохемијска ћелија са кварцним стаклом, које не апсорбује ултраљубичасто и видљиво зрачење. У циљу одређивања фотоактивности при оксидацији урее користиле би се класичне потенциодинамичке и стационарне електрохемијске методе мерења. Концентрација урее би се варијала у опсегу од 5 до 30 g dm⁻³ што одговара концентрацији урее у људском и животињском урину.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће истраживања планирана у оквиру ове докторске дисертације дати вишеструко значајан научни допринос испитивању електрохемијског понашања наноцеви титан-диоксида модификованог гвожђе оксидом у реакцијама симултане деградације урее, добијања електричне енергије и добијања биоводоника, при чему се може издвојити следеће:

Очекивани резултати дисертације су:

- Успешна модификација наноцеви титан-диоксида са гвожђе-оксидом у форми хематита, применом једноставне методе слојевите сукцесивне јонске адсорпције и реакције на собној температури.
- Померање апсорпције модификоване електроде из ултраљубичасте у видљиву област спектра.
- Повећана анодна фотоактивност модификоване електроде у односу на полазне наноцеви титан-диоксида у растворима са блиско неутралном вредношћу рН.
- Успешно симултано добијање водоника и оксидацију урее у фотоелектрохемијској ћелији типа електролизера, уз смањење специфичног утрошка електричне енергије у односу на класичне електролизере.
- Успешно симултано добијање електричне енергије и оксидације урее у фотоелектрохемијској ћелији типа горивног галванског спрега.

6. План истраживања и структура рада

Докторска дисертација ће бити писана на енглеском језику. У току рада предвиђене су следеће фазе и активности. Полазећи од циља истраживања ове дисертације, почетна фаза је испитивање реакције електрохемијске синтезе наноцеви титан-диоксида. Извршила би се модификација наноцеви титан-диоксида слојевитом сукцесивном јонском адсорпцијом и реакцијом. На основу површинске карактеризације материјала предложио би се механизам формирања гвожђе оксида и његова структура. Овакви материјали би били подвргнути фотоелектрохемијским испитивањима у циљу одређивања структуре енергетског процепа и фотоактивности. У даљим испитивањима истраживаће се симултана деградација урее и катодног добијања водоника у фотоелектрохемијском електролизеру, и реакције оксидације урее у фото-електрохемијском горивном галванском спрегу, где би се симултано произвођила електрична енергија и вршила деградација урее.

Предвиђа се да текст дисертације буде подељен на следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултате и Дискусију, Закључак и Литература.

1. *Увод*, у коме би се укратко размотрила проблематика фотоелектрохемијских реакција симултане деградације органских загађујућих материја, добијања електричне енергије и производње биоводоника, као и лимитације појединих полупроводничких материјала.

2. *Теоријски део*, у коме би се на основу детаљног литературног прегледа разматрале основе фотоелектрохемијских реакција, као и типови и врсте фотоелектрохемијских ћелија. У овом делу дисертације би се такође разматрао механизам настанка наноцеви титан-диоксида при анодној оксидацији титана у растворима који садрже флуориде. Дао би се исцрпан преглед литературе о до сада примењиваним поступцима и методама модификације наноцеви титан-диоксида гвожђе оксидом. Такође би се дао преглед литературе о досадашњем коришћењу урее у фотоелектрохемијским електролизерима и фото-горивним галванским спреговима.

3. *Експериментални део*, ће обухватити детаљан приказ свих поступака и метода коришћених у процесу синтезе, карактеризације и електрохемијског испитивања материјала, као и детаљан опис коришћених хемикалија.

4. *Резултати и дискусија*, у коме ће се испитивати и карактерисати, различитим методама и техникама, синтеза и модификација наноцеви титан-диоксида са гвожђе оксидом. Детаљно ће се испитати електрохемијско понашање предложених материјала и укупних ћелија у реакцијама оксидације урее, у фотоелектролизерима и фото-горивним галванским спреговима. Сви добијени резултати биће адекватно сумирани, детаљно анализирани и продискутовани.

У поглављу *Закључак* биће приказани најважнији закључци до којих је кандидат дошао у току израде ове докторске дисертације, уз осврт на њихову иновативност, важност и потенцијалну примену.

У поглављу *Литература* биће приказани сви радови цитирани у дисертацији, као и радови проистекли током израде ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног Комисија сматра да кандидат **Waleed Mohammed Omymen**, мастер инжењер технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође на основу изнетих података, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под насловом: **“Фотоелектрохемијска ћелија на бази наноцеви титан-диоксида модификованих гвожђе оксидом. (Photoelectrochemical cell based on titanium dioxide nanotubes modified by iron oxide)** научно утемељена. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област хемијско инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату **Waleed Mohammed Omymen** одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За ментора се предлаже др Бранимир Гргур, редовни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Бранимир Гргур, редовни професор
Универзитета у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Милица Гвозденовић, ванредни професор
Универзитета у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Бранимир Југовић, научни саветник,
Институт техничких наука,
Српске Академије Наука и Уметности, Београд,