

# НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на III седници Наставно-научног Већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 21.12.2016. године одређени за чланове Комисије за припрему извештаја о докторском раду "СТРУКТУРНА И ОПТИЧКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ФОТОКАТАЛИЗАТОРА НА БАЗИ  $\text{TiO}_2$  И  $\text{ZnO}$  ПРАХОВА ДОБИЈЕНИХ ПЛАЗМЕНОМ ЕЛЕКТРОЛИТИЧКОМ ОКСИДАЦИЈОМ" из научне области ПРИМЕЊЕНА ФИЗИКА, коју је кандидат Ненад Тадић предао Физичком факултету у Београду дана 19.12. 2016. године, подносимо следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. Основни подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

Ненад Тадић је рођен 03.11.1987. године у Лозници. Завршио је средњу техничку школу у Лозници 2006. године. Основне студије завршио је 2011. године на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Примењена физика и информатика са просечном оценом 9,07. На истом факултету завршио је мастер студије на смеру Примењена и компјутерска физика 2012. године са просечном оценом 10, одбравивши мастер рад под називом "Фотокаталитичке особине оксидних слојева добијених на титанијуму методом плазма електролитичке оксидације" (ментор проф. др Стеван Стојадиновић). Ненад Тадић је од новембра 2012. године запослен на Физичком факултету Универзитета у Београду на пројекту "Графитне и неорганске наноструктуре ниске димензионалности" (ев. бр. 171035) којим руководи проф. др Милан Дамњановић. Ненад Тадић од 2013. године учествује и у извођењу наставе студентима Физичког факултета Универзитета у Београду на предметима Основи електронике и Физичка електроника, а од 2016. године и на предмету Метрологија и стандардизација.

#### 1.2. Научна активост

Ненад Тадић је почео свој научноистраживачки рад на Катедри за Примењену физику и метрологију 2012. године. Бави се истраживањем процеса плазмене електролитичке оксидације и оксидних структура које се добијају овим процесом. Посебну пажњу у својим истраживањима је посветио испитивању процеса за добијање оксидних структура које садрже  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  и њихову примену у фотокатализи. Ненад Тадић успешно користи неколико експерименталних техника за праћење процеса плазмене електролитичке оксидације и карактеризацију добијених оксидних структура (оптичко емисиона спектроскопија, микроскопија атомским силама–AFM, дифракција икс зрацима–XRD, флуоресцентна спектроскопија икс зрацима–XRF). Резултате свог научноистраживачког рада је публикувао у 13 радова у водећим међународним часописима (ИФ > 1) и већем броју саопштења на међународним скуповима и скуповима националног значаја који су штампани у целини или у изводу. Укупан импакт фактор публикованих радова је 34.299, односно просечан импакт фактор публикованих радова је 2.638. Тринаест радова Ненада Тадића је цитирано 22 пута. За свој рад је награђена Годишњом наградом Физичког факултета Универзитета у Београду за научни рад младих истраживача за 2015. годину.

## 2. Опис предатог рада

### 2.1 Основни подаци

Ова дисертација је рађена под руководством др Стевана Стојадиновића, ванредног професора Физичког факултета Универзитета у Београду, који се већ дужи низ година успешно бави истраживањима класичне и плазмене електролитичке оксидације метала (објавио 64 рада у водећим међународним часописима). Проф. др Стеван Стојадиновић је у последњих 5 година објавио 40 радова у водећим међународним часописима који за тему имају истраживање плазмене електролитичке оксидације, тако да испуњава све предвиђене услове за ментора. Комплетна истраживања у вези овог рада су обављена на Физичком факултету Универзитета у Београду, у лабораторијама Катедре за примењену физику и метрологију.

Докторска дисертација “Структурна и оптичка карактеризација фотокатализатора на бази  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  прахова добијених плазменом електролитичком оксидацијом” кандидата Ненада Тадића је изложена у оквиру 6 поглавља са 61 сликом, 13 табела и 183 референци, на укупно 116 страница.

### 2.2. Предмет и циљ рада

Материјал у овој докторској дисертацији припада области Примењена физика и бави се истраживањима процеса плазмене електролитичке оксидације (ПЕО) у циљу добијања оксидних структура које се могу користити као фотокатализатори. ПЕО је еколошки чиста технологија која омогућава добијање оксидних слојева на алуминијуму, магнезијуму, титанијуму, цирконијуму и другим металима, као и на њиховим легурама. Добијене оксидне површине имају контролисану морфологију, хемијски и фазни састав, одлично се везују за подлогу која се анодизује, имају изванредне електричне и термичке особине, велику тврдоћу, отпорност на хабање и корозију, итд. Ове особине чине ПЕО слојеве погодним за примену у ваздухопловству, аутомобилској индустрији, фотокатализи, текстилној индустрији, биомедицинским уређајима, итд.

ПЕО је комплексан процес који укључује истовремене процесе формирања оксидног слоја, његовог растварања и диелектричног пробоја. На почетку оксидације на супстрату се формира танак баријерни анодни оксидни слој чија је дебљина ограничена на неколико стотина нанометара. Даљи раст напона анодизације, услед стварања изузетно јаког електричног поља ( $10^7$  V/cm), изазива појаву диелектричног пробоја баријерног оксидног слоја који је праћен појавом микро пражњења преко целе оксидне површине и интензивним издвајањем гаса. Веома велике густине струје у каналима за микро пражњења доводе до локализованих високих температура и притиска, омогућавајући формирање оксидних површина које се састоје не само од чистог оксида супстрата који се анодизира, већ и од оксида који садржи и компоненте електролита.

Циљ ове докторске дисертације је био истраживање структурних и оптичких карактеристика слојева на бази  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  као фотокатализатора добијених плазменом електролитичком оксидацијом.  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  су најчешће коришћени фотокатализатори због велике фотоосетљивости, нетоксичности, ниске цене и хемијске стабилности. У истраживањима су коришћени комерцијално доступни  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  прахови који су додавани у радне електролите. Као радне електроде су коришћени алуминијум и AZ31 магнезијумова легура. Ови метали су погодни зато што се у току ПЕО процеса формирају  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  слојеви који имају велику специфичну површину која је погодна за уградњу  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  честица.

Карактеризација добијених слојева је вршена физичко-хемијским методама: СЕМ-ЕДС микроскопијом, рентгеноструктурном анализом, Рамановом спектроскопијом, фотоелектронском спектроскопијом X-зрачења, дифузно рефлексионом спектроскопијом и фотолуминесцентним методама. Метил оранж је коришћен као модел загађивача за процену фотокаталитичких особина формираних слојева.

### 2.3. Публикације

Из рада на докторској дисертацији Ненада Тадића директно су произашла четири научна рада објављена у водећим међународним часописима (ИФ > 1):

1. S. Stojadinović, **N. Tadić**, N. Radić, B. Stojadinović, B. Grbić, R. Vasilić, “*Synthesis and characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings formed by plasma electrolytic oxidation*”, Surface and Coatings Technology 276 (2015) 573–579. [M21 IF 2.199/2013] **9** пута цитиран
2. S. Stojadinović, R. Vasilić, N. Radić, **N. Tadić**, P. Stefanov, B. Grbić, “*The formation of tungsten doped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings on aluminum by plasma electrolytic oxidation and their application in photocatalysis*”, Applied Surface Science 377 (2016) 37–43. [M21 IF 3.150/2015] **3** пута цитиран
3. **N. Tadić**, S. Stojadinović, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, “*Characterization and photocatalytic properties of tungsten doped TiO<sub>2</sub> coatings on aluminum obtained by plasma electrolytic oxidation*”, Surface and Coatings Technology 305 (2016) 192–199. [M21 IF 2.139/2015]
4. S. Stojadinović, **N. Tadić**, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, “*MgO/ZnO coatings formed on magnesium alloy AZ31 by plasma electrolytic oxidation: Structural, photoluminescence and photocatalytic investigation*”, Surface and Coatings Technology 310 (2017) 98–105. [M21 IF 2.139/2015]

### 2.4. Преглед научних резултата изложених у тези

Докторска дисертација Ненада Тадића је изложена у оквиру шест делова и то: Увод, Плазмена електролитичка оксидација метала, Фотокатализа, Опис експеримента, Добијени резултати и дискусија и Закључак.

У уводном делу докторске дисертације даје се кратак преглед развоја истраживања ПЕО процеса, добре и лоше особине оксидних слојева добијених ПЕО процесом и формулише се циљ рада.

У другом делу дат је приказ досадашњих резултата који објашњавају механизам ПЕО процеса, настанка и развоја микро пражњења у току ПЕО, хемијских реакција у току ПЕО процеса, као и особине и примена добијених оксидних слојева.

У трећем делу су дате основе фотокатализе и фотокаталитичких процеса, са посебним освртом на примену TiO<sub>2</sub> и ZnO полупроводника у процесу фотокатализе.

У делу Опис експеримента приказани су ћелија за ПЕО процес и методе које су се користиле за карактеризацију добијених оксидних слојева.

У петом делу приказани су резултати истраживања ПЕО процеса на алуминијуму у електролитима који садрже TiO<sub>2</sub> [A11] и ZnO [A4], [A8] честице и ПЕО процеса на AZ31 магнезијумовој легури у електролиту који садржи ZnO честице [A13].

Компактни  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  слојеви су добијени ПЕО третманом алуминијума у воденом раствору натријум силиката, који је коришћен као основни електролит, са додатком  $\text{TiO}_2$  честица и натријум волфрамата. Добијени ПЕО слојеви су делимично кристализовани и састоје се од анатас и рутил фаза  $\text{TiO}_2$  и силиманита. Интензитет рефлексија у дифрактограмима добијених ПЕО слојева показује да се са продужетком трајања процеса садржај рутил фазе повећава. Волфрамом допирани  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  слојеви показују високу фотокаталитичку активност у деградацији метил оранжа (МО) у условима симулираног сунчевог зрачења. Највећу фотокаталитичку активност имају слојеви добијени ПЕО у основном електролиту са додатком 2 g/L  $\text{TiO}_2$  честица и 0,1 g/L натријум волфрамата. Значајан пад фотокаталитичке активности је примећен код ПЕО слојева који су добијени у електролитима са већим садржајем  $\text{TiO}_2$  честица и натријум волфрамата.

ПЕО третманом алуминијума у воденом раствору борне киселине и боракса у који су додате  $\text{ZnO}$  честице добијени су  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$  слојеви. Морфологија, хемијски и фазни састав добијених слојева зависе од трајања ПЕО процеса. Фотолуминесцентни спектри добијених слојева садрже интензивне максимуме који потичу од  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZnO}$ . Фотокаталитичка активност добијених слојева у деградацији МО изразито зависи од трајања ПЕО процеса и фотокаталитички најактивнији су оксидни слојеви добијени након 30 минута. Додавањем натријум волфрамата у електролит добијени су волфрамом допирани  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$  слојеви. Депонован волфрам нема утицаја на апсорпционе спектре  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$  слојева и сви спектри показују нагли пад апсорбансе на око 385 nm. Иако се овим допирањем не може проширити апсорпциони спектар  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$  слојева према видљивој области, до значајног раста фотокаталитичке активности долази услед смањене рекомбинације фотостворених парова наелектрисања. Фотолуминесцентна мерења показују да се стопа рекомбинације мења са садржајем волфрама у слоју. Брзина рекомбинације је најмања код слојева који су формиран у електролиту са додатком 0,3 g/L натријум волфрамата и ови слојеви показују највећу фотокаталитичку активност.

$\text{MgO}/\text{ZnO}$  слојеви су формиран ПЕО третманом AZ31 магнезијумове легуре у воденом раствору натријум фосфата коме су додате различите концентрације  $\text{ZnO}$  честица. Додавање  $\text{ZnO}$  честица не утиче значајно на морфологију добијених слојева и она је одређена трајањем ПЕО третмана. Садржај  $\text{ZnO}$  честица у ПЕО слојевима се повећава додавањем честица у основни електролит. Фотокаталитичка активност добијених ПЕО слојева расте са продужетком трајања ПЕО процеса због повећања садржаја  $\text{ZnO}$  у слојевима. Највећу фотокаталитичку активност имају слојеви добијени након 10 минута ПЕО процеса.

У завршном шестом делу дат је резиме резултата истраживања структурних и оптичких карактеристика фотокатализатора на бази  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  добијених ПЕО процесом. Представљени резултати показују да је ПЕО погодна метода за синтезу фотокатализатора и да има многе предности у односу на друге методе које се користе за формирање полупроводничких фотокатализатора. ПЕО слојеви се депонују у кратком временском интервалу и имају одличне физичке и хемијске особине. Поред тога, ПЕО процес карактерише универзалност, односно могућност примене на великом броју метала и електролита.

### 3. СПИСАК ПУБЛИКАЦИЈА КАНДИДАТА

#### А. Радови у међународним часописима

##### Радови у водећим међународним часописима (импакт фактор >1)

- [A1] S. Stojadinović, **N. Tadić**, R. Vasilić,  
*“Luminescence of oxide films during the electrolytic oxidation of tantalum”*,  
Electrochimica Acta 152 (2015) 323–329. [M21 IF 4.803/2015]
- [A2] M. Radović, Z. Dohčević-Mitrović, N. Paunović, S. Bošković, N. Tomić, **N. Tadić**, I. Belča,  
*“Infrared study of plasmon–phonon coupling in pure and Nd-doped CeO<sub>2-y</sub> nanocrystals”*,  
Journal of Physics D: Applied Physics 48 (2015) 065301 (8pp). [M21 IF 2.772/2015]
- [A3] S. Stojadinović, J. Jovović, **N. Tadić**, R. Vasilić, N. M. Šišović,  
*“The characterization of cathodic plasma electrolysis of tungsten by means of optical emission spectroscopy techniques”*,  
Europhysics Letters 110 (2015) 48004 (pp. 4). [M21 IF 2.269/2013]
- [A4] S. Stojadinović, **N. Tadić**, N. Radić, B. Stojadinović, B. Grbić, R. Vasilić,  
*“Synthesis and characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings formed by plasma electrolytic oxidation”*,  
Surface and Coatings Technology 276 (2015) 573–579. [M21 IF 2.199/2013]
- [A5] S. Stojadinović, **N. Tadić**, N. M. Šišović, R. Vasilić,  
*“Real–time imaging, spectroscopy, and structural investigation of cathodic plasma electrolytic oxidation of molybdenum”*,  
Journal of Applied Physics 117 (2015) 233304 (pp. 7). [M21 IF 2.183/2014]
- [A6] S. Stojadinović, **N. Tadić**, N. Radić, P. Stefanov, B. Grbić, R. Vasilić,  
*“Anodic luminescence, structural, photoluminescent, and photocatalytic properties of anodic oxide films grown on niobium in phosphoric acid”*,  
Applied Surface Science 355 (2015) 912–920. [M21 IF 3.150/2015]
- [A7] S. Stojadinović, **N. Tadić**, R. Vasilić,  
*“Photoluminescence of Sm<sup>3+</sup> doped ZrO<sub>2</sub> coatings formed by plasma electrolytic oxidation of zirconium”*,  
Materials Letters 164 (2016) 329–332. [M 21 IF 2.489/2014]
- [A8] S. Stojadinović, R. Vasilić, N. Radić, **N. Tadić**, P. Stefanov, B. Grbić,  
*“The formation of tungsten doped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings on aluminum by plasma electrolytic oxidation and their application in photocatalysis”*,  
Applied Surface Science 377 (2016) 37–43. [M21 IF 3.150/2015]
- [A9] J. Jovović, S. Stojadinović, **N. Tadić**, R. Vasilić, N.M. Šišović,  
*“The study of micro–arc discharges during cathodic plasma electrolysis of refractory metals using spectral line shape of Na I lines”*,  
Europhysics Letters 113 (2016) 68001 (4pp). [M21 IF 2.095/2014]

[A10] B. Stojadinović, B. Vasić, D. Stepanenko, **N. Tadić**, R. Gajić, Z. Dohčević-Mitrović, “*Variation of electric properties across the grain boundaries BiFeO<sub>3</sub> film*”, Journal of Physics D: Applied Physics 49 (2016) 045309 (9pp). [M21 IF 2.772/2015]

[A11] **N. Tadić**, S. Stojadinović, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, “*Characterization and photocatalytic properties of tungsten doped TiO<sub>2</sub> coatings on aluminum obtained by plasma electrolytic oxidation*”, Surface and Coatings Technology 305 (2016) 192–199. [M21 IF 2.139/2015]

[A12] S. Stojadinović, **N. Tadić**, R. Vasilić  
“*Formation and characterization of ZnO films on zinc substrate by plasma electrolytic oxidation*”, Surface and Coatings Technology 307 (2016) 650–657. [M21 IF 2.139/2015]

[A13] S. Stojadinović, **N. Tadić**, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, “*MgO/ZnO coatings formed on magnesium alloy AZ31 by plasma electrolytic oxidation: Structural, photoluminescence and photocatalytic investigation*”, Surface and Coatings Technology 310 (2017) 98–105. [M21 IF 2.139/2015]

#### **Радови у осталим међународним часописима**

[A14] A. Peleš, N. Đorđević, N. Obradović, **N. Tadić**, V. B. Pavlović, “*Influence of prolonged sintering time on density and electrical properties of isothermally sintered cordierite-based ceramics*”, Science of Sintering, 45 (2013) 157–164.

#### **Радови у зборницима међународних конференција**

[B1] **N. Tadić**, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, S. Stojadinović, “*Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub> mixed oxide coatings: optimization of processing parameters regarding photocatalytical properties*”, Sixteenth Annual Conference YUCOMAT, 2014, Herceg Novi, Montenegro, Book of abstracts, 9.

[B2] **N. Tadić**, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, S. Stojadinović, “*Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> mixed oxide coatings: optimization of processing parameters regarding photocatalytical properties*”, Second regional roundtable: Refractory, process industry and nanotechnology ROSOV PIN 2014, Fruška Gora, Book of abstracts, 64.

[B3] **N. Tadić**, A. Peleš, N. Radić, B. Stojadinović, B. Grbić, R. Vasilić, S. Stojadinović, “*Photocatalytic properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings formed by plasma electrolytic oxidation on aluminum substrate*”, The Fourth Serbian Ceramic Society Conference – Advanced Ceramics and Applications IV, 2015, Belgrade, Book of abstract, 79.

#### **Радови у зборницима домаћих конференција**

[B1] **N. Tadić**, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, S. Stojadinović,

*“Fotokatalitičke osobine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> slojeva dobijenih metodom plazma elektrolitičke oksidacije“*

Zbornik 58. konferencije ETRAN, Vrnjačka Banja, 2014, NM 1.2.1–4.

[B2] N. Tadić, N. Radić, B. Grbić, R. Vasilić, S. Stojadinović,

*“Fotokatalitičke osobine TiO<sub>2</sub>-W slojeva dobijenih metodom plazma elektrolitičke oksidacije na aluminijumskom supstratu“*

Zbornik 59. konferencije ETRAN, Srebrno jezero, 2015, NM 1.3.1–4.

[B3] N. Radić, B. Grbić, S. Stojadinović, R. Vasilić, N. Tadić, P. Stefanov,

*“Pt-Ba-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> prevlake na čeličnim folijama dobijene sprej pirolizom“*

Zbornik 59. konferencije ETRAN, Srebrno jezero, 2015, NM 1.2.1–5.

#### 4. ЦИТАТИ

[A1] S. Stojadinović, N. Tadić, R. Vasilić, *“Luminescence of oxide films during the electrolytic oxidation of tantalum”*, Electrochimica Acta 152 (2015) 323–329.

1. A. Nowak-Stepniowska, *“A review of quantitative arrangement analysis methods applied to nanostructured anodic oxides characterization”*, Current Nanoscience 11 (2015) 581–592.

2. Z. Yao, Q. Xia, H. Wei, D. Li, Q. Sun, Z. Jiang, *“Study on coating growth characteristics during the electrolytic oxidation of magnesium-lithium alloy by optical emission spectroscopy analysis”*, RSC Advances 5 (2015) 68806–68814.

3. Z. Yao, Q. Xia, P. Ju, J. Wang, P. Su, D. Li, Z. Jiang, *“Investigation of absorptance and emissivity of thermal control coatings on Mg–Li alloys and OES analysis during PEO process”*, Scientific Reports 6 (2016) 29563.

[A3] S. Stojadinović, J. Jovović, N. Tadić, R. Vasilić, N.M. Šišović, *“The characterization of cathodic plasma electrolysis of tungsten by means of optical emission spectroscopy techniques”*, Europhysics Letters 110 (2015) 48004 p1–p6.

1. T. Takaba, H. Suzuki, H. Toyoda, *“Desorption behavior of zinc atoms from zinc-sulfate solution irradiated with pulsed DC plasma”*, Journal of Physics D: Applied Physics 49 (2016) 295202 (8pp).

2. S. K. S. Gupta, R. Singh, *“Cathodic contact glow discharge electrolysis: its origin and non-faradaic chemical effects”*, Plasma Sources Science and Technology 26 (2017) 015005 (8pp).

[A4] S. Stojadinović, N. Tadić, N. Radić, B. Stojadinović, B. Grbić, R. Vasilić, *“Synthesis and characterization of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings formed by plasma electrolytic oxidation”*, Surface and Coatings Technology 276 (2015) 573–579.

1. H. N. Vatan, R. E. Kahrizsangi, M. K. Asgarani, *“Effect of WC nano-powder on properties of plasma electrolytic oxidation coating fabricated on AZ31B Alloy”*, International Journal of Electrochemical Science 117 11 (2016) 929–943.

2. S. Sarbishei, M. A. F. Sani, M. R. Mohammadi, *“Effects of alumina nanoparticles concentration on microstructure and corrosion behavior of coatings formed on titanium substrate via PEO process”*, Ceramics International 42 (2016) 8789–8797.

3. H. N. Vatan, R. E. Kahrizsangi, M. K. Asgarani, *“Tribological performance of PEO-WC nanocomposite coating on Mg Alloys deposited by Plasma Electrolytic Oxidation”*, Tribology International 98 (2016) 253–260.

4. M. Shokouhfar, S.R. Allahkaram, *“Formation mechanism and surface characterization of ceramic composite coatings on pure titanium prepared by micro arc oxidation in electrolytes containing nanoparticles”*, Surface and Coatings Technology 291 (2016) 396–405.

5. W. J. Stepiński, J. Choi, H. Yoo, K. Oh, M. Michalska-Domańska, P. Chilimoniuk, T. Czujko, R. Łyszkowski, S. Jóźwiak, Z. Bojar, D. Losic, "Anodization of FeAl intermetallic alloys for bandgap tunable nanoporous mixed aluminum-iron oxide", *Journal of Electroanalytical Chemistry* 771 (2016) 37–44.
6. S. Arun, T. Arunnellaiappan, N. Rameshbabu, "Fabrication of the nanoparticle incorporated PEO coating on commercially pure zirconium and its corrosion resistance", *Surface and Coatings Technology* 305 (2016) 264–273.
7. X. Lua, M. Schieda, C. Blawert, K. U. Kainer, M. L. Zheludkevich, "Formation of photocatalytic plasma electrolytic oxidation coatings on magnesium alloy by incorporation of TiO<sub>2</sub> particles", *Surface and Coatings Technology* 307 (2016) 287–291.
8. M. Babaei, C. Dehghanian, P. Taheri, M. Babaei, "Effect of duty cycle and electrolyte additive on photocatalytic performance of TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> composite layers prepared on CP Ti by micro arc oxidation method", *Surface and Coatings Technology* 307 (2016) 554–564.
9. M. Shokouhfar, S. R. Allahkaram, "Effect of incorporation of nanoparticles with different composition on wear and corrosion behavior of ceramic coatings developed on pure titanium by micro arc oxidation", *Surface and Coatings Technology* (2016), doi:10.1016/j.surfcoat.2016.10.089.

[A6] S. Stojadinović, N. Tadić, N. Radić, P. Stefanov, B. Grbić, R. Vasilić, "Anodic luminescence, structural, photoluminescent, and photocatalytic properties of anodic oxide films grown on niobium in phosphoric acid", *Applied Surface Science* 355 (2015) 912–920.

1. M. Sowa, J. Worek, G. Dercz, D.M. Korotin, A.I. Kukhareno, E.Z. Kurmaev, S.O. Cholakh, M. Basiaga, W. Simka, "Surface characterisation and corrosion behaviour of niobium treated in a Ca- and P-containing solution under sparking conditions", *Electrochimica Acta* 198 (2016) 91–103.
2. Y. L. Ge, Y. M. Wang, Y. F. Zhang, L. X. Guo, D. C. Jia, J. H. Ouyang, Y. Zhou, "The improved thermal radiation property of SiC doped microarc oxidation ceramic coating formed on niobium metal for metal thermal protective system", *Surface and Coatings Technology* (2016) <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.10.070>.

[A7] S. Stojadinović, N. Tadić, R. Vasilić, "Photoluminescence of Sm<sup>3+</sup> doped ZrO<sub>2</sub> coatings formed by plasma electrolytic oxidation of zirconium", *Materials Letters* 164 (2016) 329–332.

1. K. Gurushantha, K.S. Anantharaju, S.C. Sharma, H.P. Nagaswarupa, S.C. Prashantha, K.R. Vishnu Mahesh, L. Renuka, Y.S. Vidya, H. Nagabhushana, "Bio-mediated Sm doped nano cubic zirconia: Photoluminescent, Judd-Ofelt analysis, electrochemical impedance spectroscopy and photocatalytic performance", *Journal of Alloys and Compounds* 685 (2016) 761–773.
2. I. V. Lukiyanchuk, V. S. Rudnev, L. M. Tyrina, "Plasma electrolytic oxide layers as promising systems for catalysis", *Surface and Coatings Technology* 307 (2016) 1183–1193.
3. A. Zolotarjovs, K. Smits, A. Krumina, D. Millers, L. Grigorjeva, "Luminescent PEO coatings on aluminium", *ECS Journal of Solid State Science and Technology* 5 (2016) R150–R153.

[A8] S. Stojadinović, R. Vasilić, N. Radić, N. Tadić, P. Stefanov, B. Grbić, "The formation of tungsten doped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZnO coatings on aluminum by plasma electrolytic oxidation and their application in photocatalysis", *Applied Surface Science* 377 (2016) 37–43.

1. V. S. Rudnev, I. V. Lukiyanchuk, M. S. Vasilyeva, M. A. Medkov, M. V. Adigamova, V. I. Sergienko, "Aluminum- and titanium-supported plasma electrolytic multicomponent coatings with magnetic", *Surface and Coatings Technology* 307 (2016) 1219–1235.
2. J. Xu, Y. Wan, Y. Huang, Y. Wang, L. Qin, H. J. Seo, "Synthesis, surface properties and photocatalytic abilities of semiconductor In<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nanoparticles", *Applied Surface Science* 389 (2016) 639–644.
3. G. Hu, M. Zhang, L. Wu, Z. Peng, K. Du, Y. Cao, "High-conductive AZO nanoparticles decorated Ni rich cathode material with enhanced electrochemical performance", *ACS Applied Materials and Interfaces* 8 (2016) 33546–33552.



## ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду актуелност теме, као и оригиналне резултате добијене у докторској дисертацији, Комисија је закључила да докторска дисертација "СТРУКТУРНА И ОПТИЧКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ФОТОКАТАЛИЗАТОРА НА БАЗИ  $\text{TiO}_2$  И  $\text{ZnO}$  ПРАХОВА ДОБИЈЕНИХ ПЛАЗМЕНОМ ЕЛЕКТРОЛИТИЧКОМ ОКСИДАЦИЈОМ" коју је предао Ненад Тадић, даје значајан допринос научној области Примењена физика и да су задовољени сви прописани услови за одобравање одбране дисертације. Стога предлажемо Наставно-научном већу Физичког факултета да одобри њену одбрану.

У Београду, 26.12.2016. године

проф. др Стеван Стојадиновић,  
Ванредни професор Физичког факултета Универзитета у Београду

---

проф. др Љубиша Зековић  
Редовни професор Физичког факултета Универзитета у Београду у пензији

---

проф. др Растко Василић  
Ванредни професор Физичког факултета Универзитета у Београду

---

Др Бошко Грбић, Научни саветник,  
Институт за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду

---