

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Јелена (Драго) Вујанчевић, дипломирани инжењер

КАНДИДАТ: **Јелена Вујанчевић** пријавила је докторску дисертацију под називом:
„Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **22.04.2019.** године, својим актом **61206-1849/2-19**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Јелене Вујанчевић** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **24.09.2020.** године Одлуком Факултета под бр. **35/282**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1.Др Ђорђе Јанаћковић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
2.Др Вера Павловић	Ванредни професор	Физика кондензованог стања и физика материјала
3.Др Рада Петровић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
4.Др Владимир Павловић	Редовни професор	Наука о материјалима
5.Др Ендре Хорват	Научни сарадник	Заштита животне средине
6.Др Анђелика Бјелајац	Научни сарадник	Наука о материјалима

Студент је уписан на докторске студије школске 2013/2014. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/132-1 од 23.10.2019. године о продужењу рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2021/2022. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **05.11.2020.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 05.11.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Вера Павловић, ванредни професор Универзитета у Београду, Машински факултет, др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки, др Владимир Павловић, редовни професор Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет, др Ендре Хорват, научни сарадник Факултета за инжењерство, архитектуру и пејзажну архитектуру (Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève - HEPIA), Женева, Швајцарска и гостујући научник Федерални политехнички факултет (École Polytechnique Fédérale de Lausanne-EPFL), Лозана, Швајцарска, др Анђелка Бјелајац, научни сарадник Политехничког факултета (Ecole polytechnique Palaiseau-IP Paris), Париз, Француска, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“** коју је поднела **Јелена Вујанчевић**, дипломирани инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Јелене Вујанчевић, под називом **„Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“** Одлуком број: 61206-1849/2-19 од 22.04.2019. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21a:

1. **Vujančević J.**, Andričević P., Bjelajac A., Đokić V., Popović M., Rakočević Z., Horváth E., Kollár M., Náfrádi B., Schiller A., Domanski K., Forró L., Pavlović V., Janačković Đ.: Dry-pressed anodized titania nanotube/CH₃NH₃PbI₃ single crystal heterojunctions: the beneficial role of N doping, *Ceramics International*, vol. 45, no. 8, pp. 10013-10020, 2019 (IF=3,830) ISSN 0272-8842

Категорија M22:

1. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V., Horvath E., Forró L., Vlahović B., Mitrić M., Janačković Đ., Pavlović V.: "Structure and photocatalytic properties of sintered TiO₂ nanotube arrays", *Science of Sintering*, vol. 50, no. 1, pp. 39-50, 2018 (IF=1,172) ISSN 0350-820X

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, менторима, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије

Одлуком бр. 35/282 од 24.09.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Вујанчевић под насловом

Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

2013/2014. године Јелена Вујанчевић, дипл. инж. технологије, уписала је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, научна област Технолошко инжењерство, ужа научна област Инжењерство материјала.

27.2.2019. године Јелена Вујанчевић је пријавила тему докторске дисертације под насловом: "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената".

7.3.2019. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35/86) о именовању чланова Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената".

12.4.2019. године Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета је донело Одлуку (бр. 35/144) о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената" и кандидата Јелене Вујанчевић за израду докторске дисертације. За менторе ове докторске дисертације именовани су др Ђорђе Јанћковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Вера Павловић, ванредни професор Универзитета у Београду, Машински факултет.

22.4.2019. На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност (Одлука бр. 61206-1849/2-19) на предлог теме докторске дисертације Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије, под називом: "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената".

24.09.2020. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је Одлука (бр. 35/282) о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије, под називом: "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената".

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа област Инжењерство материјала, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Именовани ментори др Ђорђе Јанћковић, редовни професор ТМФ-а и др Вера Павловић, ванредни професор Машинског факултета, су на основу досадашњих објављених радова и искустава компетентни да руководе израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Вујанчевић рођена је 09.12.1985. године у Петровцу на Млави. Средњу медицинску школу у Земуну завршила је 2004. године, након чега је уписала Технолошко-металуршки факултет. Дипломирала је на Катедри за неорганску хемијску технологију на тему "Адсорпција анјонских боја из водених раствора на функционализованим киселински активираним сепиолитима". Након дипломирања, волонтирала је у лабораторији за контролу квалитета пијаће воде Београдског водовода и у развојној лабораторији Нафтне индустрије Србије. Завршила је обуку и постала лиценцирани саветник за хемикалије. Запошљава се 2013. године као процесни технолог у фирми за производњу мазива и антифриза, где је била задужена за планирање и организацију производног процеса. Од априла 2014. године запослена је у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности, као истраживач приправник.

Октобра 2013. године уписује докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, одсек Инжењерство материјала, под менторством др Ђорђа Јанаћковића, редовног професора на Катедри за неорганску хемијску технологију.

До краја децембра 2019. године била је ангажована на пројекту ОИ172057 "Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала", чији је руководилац био др Владимир Павловић, редовни професор на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, при чему су се истраживања на пројекту финансирали од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Од почетка 2020. године ангажована је на пројекту финансирано од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Уговор о реализацији и финансирање научноистраживачког рада Института техничких наука САНУ под редним бројем 451-03-68 / 2020-14 / 200175.

Стручно се усавршавала у лабораторији кондензованог стања Политехничког федералног универзитета у Лозани, Швајцарска (*Laboratoire de Physique de la Matiere Complexe-LPMC, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne-EPFL*) код професора др Ласла Фора (фебруара 2015. и септембра 2017. године). Такође, у оквиру конзорцијума *Central European Research Infrastructure Consortium (CERIC-ERIC)*, стручно се усавршавала у лабораторији за физику површине материјала на Карловом универзитету (*Surface Physics Laboratory, Charles University*) у Прагу, у Чешкој републици (март 2018. година) и у Институту Руђер Бошковић Загреб, Хрватска (априла 2018. године).

До сада је објавила 2 рада у међународним часописима изузетних вредности (M21a), један рад у врхунском међународном часопису (M21), 4 рада у истакнутим међународним часописима (M22), једно предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу

(M32), два саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33) и 14 саопштења са међународног скупа штампаних у изводу (M34).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије, под називом: "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената" је написана на 113 страна, и садржи 6 поглавља, 73 слике, 13 табела и 240 литературних навода. Докторска дисертација садржи поглавља под следећим називима: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература. Поред тога, дисертација садржи Сажетак на српском и енглеском језику, Списак слика, Списак табела, Садржај, Захвалницу и прилоге прописане правилима Универзитета у Београду о подношењу докторских дисертација на одобравање. Написана дисертација по форми и садржају задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У докторској дисертацији, кандидат Јелена Вујанчевић је радила на модификацији структурних и морфолошких карактеристика TiO_2 наноцеви у сврху побољшања фотокаталитичких и фотоелектричних својстава.

У Уводу су образложени предмет и циљ истраживања у оквиру докторске дисертације. Објашњен је значај фотоактивних материјала за побољшање стања загађене околине и за смањење емисије загађујућих материја. Истакнута је предност TiO_2 у односу на друге фотоактивне материјале. Такође су представљени недостаци TiO_2 , као и методе које су примењене у овој докторској дисертацији у сврху превазилажења недостатака TiO_2 , односно ради побољшања фотоактивности: модификација морфологије и кристалне структуре, допирање и депоновање фотоосетљивих компоненти на површину TiO_2 .

У Теоријском делу дисертације дат је литературни преглед предметне области, изложен кроз поглавља: Структура, фотоактивност и примена наноструктурног TiO_2 ; Морфологија и синтеза TiO_2 и Модификација фотоактивности TiO_2 наноцеви.

У поглављу *Структура, фотоактивност и примена TiO_2* , дати су основни теоријски подаци о кристалној и електронској структури TiO_2 . Објашњена су два механизма фотоактивности: механизам фотокатализе и принцип рада соларне ћелије. Представљени су основни типови соларних ћелија, као и улога TiO_2 у саставу фотоанодe. Наведене су и остале примене TiO_2 као фотоактивног материјала. Дефинисани су фактори који позитивно и негативно утичу на фотоактивност TiO_2 , као и методе модификовања TiO_2 у сврху побољшања фотоактивности.

У поглављу *Морфологија и синтеза TiO_2* , дат је основни приказ морфологије наноструктурног TiO_2 , при чему је указано на предност наноцевне морфологије у односу на наночестице TiO_2 . Приказана је хронологија развоја метода синтезе наноцеви TiO_2 и указано на предности методе анодизације. Дато је објашњење механизма анодизације са литературним прегледом шта је рађено у тој области. Приказан је утицај врсте кристалних фаза у наноцевима TiO_2 на фотоактивност.

У поглављу *Модификација фотоактивности TiO_2 наноцеви*, уз посебан преглед литературе, приказан је утицај допирања металима и неметалима на фотоактивност TiO_2 . Такође, са становишта разматрања побољшања фотоактивности, представљен је утицај

наношења фотоосетљивих компоненти (сензиватора): квантне тачке, слој оксида прелазних метала и органско-неорганских перовскита на површину TiO_2 .

Експериментални део састоји се из два поглавља. У првом поглављу описана је синтеза недопираних TiO_2 наноцеви методом анодизације. Након тога предстаљен је поступак допирање наноцеви азотом жарењем у атмосфери амонијака. Објашњена је метода депоновања CdS квантних тачака применом *ex-situ* методе, као и депоновања ванадијум-оксида на наноцеви. Представљена је синтеза $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ монокристала и формирање хетероспоја између немодификованих и модификованих наноцеви TiO_2 и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ кристала.

У другом поглављу наведене су инструменталне технике и експериментални услови под којима су карактерисане TiO_2 наноцеви, недопиране и допиране азотом, наноцеви са депонованим CdS квантним тачкама и са депонованим ванадијум-оксидом. Такође је наведено испитивање својстава хетероспоја између немодификованих и модификованих наноцеви TiO_2 и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ кристала.

Део Резултати и дискусија организован је у шест поглавља.

У првом поглављу приказана је анализа резултата и дискусија утицаја температуре жарења на структуру, морфологију и фотокаталитичку активност недопираних TiO_2 наноцеви. Приказани су резултати структурне и микроструктурне анализе нежарених и жарених наноцеви, где је указано да фазна трансформација анатаса у рутил зависи од температуре жарења у ваздуху. Уочено је да са порастом температуре жарења долази до промене и у морфологији наноцеви. Хемијски састав површине наноцеви је утврђен фотоелектронском спектроскопијом X зрака (XPS), где је указано да различите температуре жарења нису знатно утицале на промену у електронским стањима елемената. Фотокаталитичка активности жарених наноцеви је испитана у процесу разградње боје метил-оранж под дејством UV светлости. Запажено је да кристална структура тј. однос анатас-рутил утиче на фотоактивност наноцеви TiO_2 .

У другом поглављу представљен је утицај жарења у амонијаку на структуру, морфологију и фотокаталитичка својства TiO_2 наноцеви. На основу микрографија и дифрактограма нису запажене структурне и морфолошке промене наноцеви жарених у амонијаку у односу на наноцеви жарене у ваздуху. Дифузни рефлексциони спектри су показали побољшања оптичких својстава након допирања наноцеви азотом. На основу хемијске анализе површине жарених наноцеви утврђено је да је дужина жарења утицала на концентрацију допанта у TiO_2 као и на тип инкорпорирања допанта. На основу XPS анализе је утврђено да је азот инкорпориран и на интерстицијско и на супституцијско место а такође и део азотних једињења је адсорбован на површину наноцеви. Указано је да се допирањем наноцеви азотом побољшава фотокаталитичка активност TiO_2 , при чему наноцеви са највећом концентрацијом азота и интерстицијског азота показују највећу ефикасност.

Треће поглавље посвећено је проширењу сазнања о појединачним и комбинованим утицају допирања азотом и депоновања квантних тачака CdS на фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви. Морфологија синтетисаних допираних наноцеви TiO_2 након депоновања CdS је анализирана применом скенирајуће електронске микроскопије, док је хемијски састав утврђен спектроскопијом дисперговане енергије (EDS). Уочено је да су насумично затворени отвори наноцеви, услед присуства агломерисаних CdS честица, док је EDS-ом доказано присуство кадмијума и сумпора у концентрацији од 0,08 до 0,16 ат.%. Коришћењем UV-Vis спектрофотометра, упоређени су апсорпциони спектри добијених филмова мерењем дифузионе рефлектанце. Такође, измерени су и упорођени апсорпциони спектри колоидних дисперзија синтетисаних наночестица CdS , да би се доказао њихов квантни ефекат. Величина честица CdS , израчуната применом модела ефективне масе, износи 4,9 nm. Утицај депоновања CdS наночестица на фотоактивност TiO_2 одређивана је мерењем

фотокаталитичке активности и утврђено је да највећу фотоактивност показује узорак са највећом концентрацијом укупног азота у комбинацији са депонованим CdS.

У четвртом поглављу је описано формирање оптоелектричног уређаја, односно формирање хетероспоја између азотом допираних наноцеви TiO_2 и монокристала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Измерене су струјно-напонске карактеристике и запажено је да су фотоелектричне карактеристике побољшане у случају повећаног садржаја интерстицијског азота.

У петом поглављу описани су резултати и дискусија утицаја процесних параметара анодизације на морфологију наноцеви. На основу микрографија утврђено је да са порастом напона анодизације расте пречник и висина наноцеви. Такође је сагледан утицај депоновања ванадијум-оксида на морфологију наноцеви и нису запажена промене у односу на наноцеви без ванадијум-оксида. Није запажена разлика у дифрактограмима узорака без депонованог и са депонованим ванадијум-оксидом. XPS метода је показала присуство ванадијума у +V оксидационом стању. Дифузно рефлексионни спектри су снимани ради утврђивања утицаја параметара анодизације и депоновања ванадијум-оксида на оптичке особине наноцеви. Уочено је побољшање апсорпције светлости са порастом напона анодизације и након депозиције ванадијум-оксида. Фотоактивност је сагледана мерењем фотоакаталитичке ефикасности и уочено је да се ефикасност смањује након депоновања ванадијум-оксида.

Такође, приказано је формирања хетероспоја између TiO_2 са депонованим ванадијум-оксидом и $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ и измерене су струјно-напонске карактеристике хетероспоја.

У шестом поглављу је приказана општа корелација између структуре и својстава, у циљу побољшања фотоактивности материјала на бази TiO_2 наноцеви.

У Закључку дисертације сумирани су најзначајнији закључци произашли из рада на овој дисертацији.

У делу Литература цитиране су референце коришћене током израде докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Научна истраживања су последњих деценија усмерена на проналажењу начина да се што ефикасније искористи соларна енергија у сврху добијања алтернативне енергије и за санирање стања загађене околине. Имајући ово у виду, фокус ова дисертације је био на детаљном истраживању побољшања фотоактивности TiO_2 у сврху што ефикаснијег искоришћавања потенцијала соларне енергије. Одрађена су опсежна истраживања која је укључила утицај морфологије, кристалне структуре, концентрације и типа инкорпорирања азота у кристалну структуру TiO_2 као и депоновање три различита сензиватора (квантне тачке CdS, ванадијум-оксид и монокристал $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) на површину TiO_2 .

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат Јелена Вујанчевић спровела је опсежан преглед релевантне стручне и научне литературе. Већи део прегледане литературе је објављен у врхунским међународним часописима, а обухвата научне радове који се односе на синтезу TiO_2 наноцеви методом анодизације, допирање наноструктурног TiO_2 азотом, синтезу и депоновање квантних тачака, депоновање ванадијум-оксида, синтезу монокристала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ и оптимизацију фотокаталитичких и фотоелектричних карактеристика. У

склопу литературних навода налазе се и радови кандидата Јелене Вуујанчевић, који су проистекли из истраживања у оквиру ове дисертације, објављени у међународним часописима. У дисертацији је наведено укупно 240 референци.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Током израде ове докторске дисертације спроведена су мултидисциплинарна истраживања, а у оквиру њих користили су се следеће научне методе:

- TiO_2 наноцеви синтетисане су методом анодизације плочице титана у киселом електролиту при различитим напонима.
- Жарење TiO_2 у атмосфери ваздуха при различитим температурама у циљу синтезе недопираних TiO_2 наноцеви повећане проводљивости.
- Контролисано жарење у атмосфери амонијака у циљу допирања азотом. Испитиван је утицај дужине жарења у амонијаку на концентрацију азота у наноцевима.
- Квантне тачаке CdS депоноване су на TiO_2 наноцеви применом *ex-situ* поступка, који се показао погодним због контроле морфологије квантних тачака и због остваривања униформности депоновања.
- Ванадијум-оксид је депонован на наноцеви TiO_2 потапањем узорак у водени раствор VO_2 .
- Хетероспој TiO_2 наноцеви и монокристала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ формиран је сувим пресовањем монокристала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ милиметарских димензија на површину допираних и ванадијум-оксидом сензитивисаних TiO_2 наноцеви.
- Метода скенирајуће електронске микроскопије (SEM) је коришћена за испитивање: морфологије недопираних и азотом допираних TiO_2 наноцеви, морфологије TiO_2 наноцеви након депоновања CdS квантних тачака, као и морфологије TiO_2 наноцеви на које је депонован ванадијум-оксид.
- Рендгеноструктурна дифракциона анализа (XRD метода) је примењена ради идентификације присутних кристалних фаза.
- У циљу даљег сагледавања структурних промена, Раманова спектроскопска анализа, је примењена ради сагледавања утицаја различитих параметара синтезе на фононске спектре и динамику кристалне решетке. Анализирано је и да ли има одступања у локалној кристалној структури (површинског слоја) у односу на резултате добијене XRD методом.
- Хемијски састав TiO_2 наноцеви са депонованим CdS квантним тачкама је испитан методом енергетско-дисперзивне спектроскопије (EDS) X зрака.
- Оптичка својства недопираних и азотом допираних наноцеви, као и наноцеви са депонованим квантним тачкама и ванадијум-оксидом, је одређена дифузном рефлексионом спектроскопијом (DRS).
- Хемијски састав и електронско стање елемената у површинском слоју недопираних и азотом допираних TiO_2 наноцеви, као и наноцеви сензитивисаних депоновањем ванадијум-оксида, је додатно испитано и фотоелектронском спектроскопијом X зрака (XPS методом).
- Испитивање фотокаталитичке активности узорак одређено је на основу анализе разлагања боје метил-оранж под УВ зрачењем.
- Утицај допирања азотом и депоновања ванадијум-оксида на фотоелектричне карактеристике композитног материјала састављеног од TiO_2 наноцеви и

монокристала $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ испитан је мерењем струјно-напонских карактеристика образованог хетероспоја, у мраку и под дејством белог флуоресцентног осветљења, уз додатно одређивање осетљивости диоде, тј. коефицијента конверзије (R) као односа струје генерисане на фотодиоди и интензитета упадне светлости. Такође је разматрано и време одзива фотодиоде.

3.4. Применљивост остварених резултата

На основу објављених литературних података из ове области, експерименталних испитивања и добијених резултата у оквиру ове докторске дисертације, остварен је велики допринос добијању побољшаног фотоактивног материјала на бази TiO_2 . Подаци добијени испитивањем фотокаталитичке ефикасности и фотоелектричног ефекта важни су са аспекта потенцијалне примене добијених материјала у заштити животне средине и за примену у обновљивим изворима енергије.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Научни рад који је кандидат спроводио током израде докторске дисертације је објединио обиман литературни преглед, осмишљавање и оптимизацију синтезе материјала, карактеризацију материјала и функционалних својстава. Кандидат је постигао значајне резултате и показао висок степен аналитичности, систематичности и креативности у раду и превазилажењу конкретних проблема током различитих фаза израде докторске дисертације. На основу досадашњег рада и изнетих чињеница, Комисија сматра да је кандидат Јелена Вујанчевић, дипл. инж. технологије, показала велику истрајност и самосталност у научно-истраживачком раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У докторској дисертацији кандидата Јелене Вујанчевић под називом "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената" истичу се следећи научни доприноси:

- Нова сазнања о утицају процесних параметара анодизације, температуре и дужине жарења у атмосфери ваздуха и атмосфери амонијака, на структуру, морфологију и фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви.
- Нова сазнања о појединачном и комбинованом утицају допирања азотом и депоновања кватних тачака неорганског сензиватора на фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви;
- Утврђивање и поређење појединачних утицаја допирања азотом и депоновања ванадијум-оксида на структуру и оптичка својства TiO_2 наноцеви, као и на фотодиодна својства хетероспоја састављеног од TiO_2 наноцеви и органског перовскита;
- Успешну оптимизацију процесних параметара добијања недопираних, допираних и сензитивисаних TiO_2 наноцеви унапређене фотоактивности;
- Допринос развоју нових материјала на бази TiO_2 наноцеви, специфичних и побољшаних фотокаталитичких и фотодиодних својстава;

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове дисертације су конципирана након детаљне анализе литературе из области синтезе, карактеризације и примене фотоактивног материјала на бази TiO_2 . Упркос многобројним истраживањима у овој области, и даље ефикасно искоришћавање соларне енергије помоћу материјала на бази TiO_2 представља изазов у истраживањима. Из тог разлога спроведена су опсежна истраживања која обухватају веома широк опсег активности, од синтезе наноцеви TiO_2 , допирања и сензитивисања површине наноцеви до обимне карактеризације структурних промена и функционалних својстава TiO_2 . Увидом у доступну литературу из ове области истраживања, може се приметити да су добијени обећавајући резултати у погледу практичне примене материјала на бази TiO_2 наноцеви у области заштите животне средине.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Јелена Вујанчевић је потврдила научни допринос резултата добијених у току израде ове докторске дисертације њиховим објављивањем у часописима међународног значаја. Из дисертације су проистекли следећи радови:

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a):

1. **Vujančević J.**, Andričević P., Bjelajac A., Đokić V., Popović M., Rakočević Z., Horváth E., Kollár M., Náfrádi B., Schiller A., Domanski K., Forró L., Pavlović V., Janačković Đ.: Dry-pressed anodized titania nanotube/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ single crystal heterojunctions: the beneficial role of N doping, *Ceramics International*, vol. 45, no. 8, pp. 10013-10020, 2019 (IF=3,830) ISSN 0272-8842

Рад у истакнутом међународном часопису (M22):

1. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V., Horvath E., Forró L., Vlahović B., Mitrić M., Janačković Đ., Pavlović V.: "Structure and photocatalytic properties of sintered TiO_2 nanotube arrays", *Science of Sintering*, vol. 50, no. 1, pp. 39-50, 2018 (IF=1,172) ISSN 0350-820X

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу (M32):

1. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Pavlovic V., Vlahovic B., Janackovic Dj., Pavlovic V.: "Fabrication and applications of multifunctional nanostructured TiO_2 ", *The Third International Symposium on Agricultural Engineering*, Belgrade-Zemun, Serbia, 2017, pp. 44-44

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M33):

1. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V.P., Horváth E., Forró L., Janačković Đ., Pavlović V.B.: "Customizing nanotubular titania for photocatalytic activity", *Seventeenth young researchers' conference-materials science and engineering*, Belgrade, Serbia, 2018, pp. 77.

2. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Popović M., Đokić V., Ćirković J., Petrović R., Rakočević Z., Janačković Đ., Pavlović V.: "XPS analysis of N-doped TiO₂ nanotube array", *Fifteenth young researchers conference-materials science and engineering*, Belgrade, Serbia, 2016, pp. 44-44.
3. **Vujančević J.**, Djokić V., Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V.P., Mitrić M., Janačković Dj., Pavlović V.B.: „Tailoring self-ordering TiO₂ nanotube arrays by oxidative anodization“, *14th Young Researchers Conference-Materials Science and Engineering*, Belgrade, 2015, pp. 18-18
4. **Vujancevic J.**, Bjelajac A., Obradovic N., Pavlovic V.P., Mitric M., Janackovic Dj., Rasic G., Vlahovic B., Pavlovic V.B.: „Influence of Synthesis Parameters on Structure of 1-D TiO₂ nanostructures“, *Advanced ceramics and application IV: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing*, Belgrade, Serbia, 2015, pp. 81-81

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног, Комисија је мишљења да докторска дисертација "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената" кандидата Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије, представља оригиналан и значајан научни допринос у области истраживања Технолошко инжењерство, што је потврђено објављивањем резултата у врхунском међународном часопису и истакнутом међународном часопису, као и саопштењима на међународним конференцијама. Комисија сматра да су предмет и циљеви докторске дисертације у потпуности испуњени и да дисертација под називом "Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената" задовољава све потребне критеријуме, као и да је Кандидат показао висок степен самосталности и оригиналности у свом раду.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос добијених резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат и поднету дисертацију кандидата Јелене Вујанчевић, дипл. инж. технологије, и да их изложи на увид јавности у законски предвиђеном року, као и да Реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, па да након завршетка процедуре позове Кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

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

Др Владимир Павловић, редовни професор,
Универзитет у Београду,
Пољопривредни факулт

Др Ендре Хорват, научни сарадник
Факултет за инжењерство, архитектуру и пејзажну архитектуру
(*Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève* - HEPIA),
Женева, Швајцарска,
и гостујући научник
Федерални политехнички факултет
(*École Polytechnique Fédérale de Lausanne-EPFL*),
Лозана, Швајцарска

Др Анђелика Бјелајац, научни сарадник
Политехнички факултет (*Ecole polytechnique Palaiseau-IP Paris*),
Париз, Француски