

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/508
(Број захтева)
09.12.2015.
(датум)

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

САЊЕ (Борислав) ЋУЛУБРК, мастер физикохемичара
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ: **САЊА (Борислав) ЋУЛУБРК, мастер физикохемичар,**
пријавила је докторску дисертацију под називом:

„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља “

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **09.03.2015.** године, својим актом **02 број: 61206-954/2-15** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља ”

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

САЊЕ (Борислав) ЋУЛУБРК, мастер физикохемичара
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној **09.07.2015.** године Одлуком Факултета под бр. **35/297,** у саставу:

Име и презиме члана комисије	Звање	Научна област
1. Др Ђорђе Јанаћковић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
2. Др Мирослав Драмићанин	Редовни професор и научни саветник	Наука о материјалима
3. Др Рада Петровић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
4. Др Драгана Јовановић	Научни сарадник	Наука о материјалима

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **22.10.2015.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 22.10.2015. 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 Мирослав Драмићанин, редовни професор Универзитета у Београду, Физички факултет и научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Драгана Јовановић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“** коју је поднела **САЊА ЋУЛУБРК**, мастер физикохем. 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 Сање Ћулубрк под називом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“** Одлуком 02 број: 61206-954/2-15 од 09.03.2015. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21

1. **Ćulubrk, S.**, Antić, Ž., Marinović-Cincović, M., Ahrenkiel, P.S., Dramićanin, M.D.: „Synthesis and luminescent properties of rare earth (Sm^{3+} and Eu^{3+}) doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ pyrochlore nanopowders“, -*Optical Materials*, vol 37, pp. 598-606, 2014 (**IF= 2.075**) (ISSN: 0925-3467).
2. Dramićanin, M.D., Antić, Ž., **Ćulubrk, S.**, Ahrenkiel, P.S., Nedeljković, J.M.: „Self-referenced luminescence thermometry with Sm^{3+} doped TiO_2 nanoparticles“, - *Nanotechnology*, vol 25, no. 48, pp. 485501, 2014 (**IF= 3.672**) (ISSN: 0957-4484).
3. Nikolić, M.G., Antić, Ž., **Ćulubrk, S.**, Nedeljković, J.M.: „Temperature sensing with Eu^{3+} doped TiO_2 nanoparticles“, -*Sensors and Actuators B*, vol 201, pp. 46-50, 2014 (**IF = 3.840**) (ISSN: 0925-4005).
4. Lojpur, V., **Ćulubrk, S.**, Dramićanin, M.D.: „Ratiometric luminescence thermometry with different combinations of emissions from Eu^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ nanoparticles“, -*Journal of Luminescence*, in press, 2015 (**IF = 2.367**) (DOI: 10.1016/j.jlumin.2015.01.027).
5. **Ćulubrk, S.**, Lojpur, V., Ahrenkiel, P.S., Nedeljković, J.M., Dramićanin, M.D.: „Non-contact thermometry with Dy^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ nano-powders“, -*Journal of Luminescence*, in press, 2015 (**IF = 2.719**) (DOI: 10.1016/j.jlumin.2015.06.006)

6. Lojpur, V., **Ćulubrk, S.**, Medić, M., Dramićanin, M.D., „Luminescence Thermometry with Eu^{3+} doped GdAlO_3 “, -*Journal of Luminescence*, in press, 2015 (**IF** = **2.719**) (DOI: 10.1016/j.jlumin.2015.06.032)

Категорија (M22):

1. **Ćulubrk, S.**, Antić, Ž., Lojpur, V., Marinović-Cincović, M., Dramićanin, M.D.: „Sol-gel derived Eu^{3+} -doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ pyrochlore nanopowders“, -*Journal of Nanomaterials*, vol 2015, pp. 8, 2015 (**IF** = **1.611**) (ISSN: 1687-4129, Online).

Категорија (M23):

1. **Ćulubrk, S.**, Lojpur, V., Đorđević, V., Dramićanin, M.D.: „Annealing and doping concentration effects on $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Sm}^{3+}$ nanopowder obtained by self-propagation room temperature reaction“, -*Science of Sintering*, vol 45, no. 3, pp. 323-329, 2013 (**IF** = **0.444**) (ISSN: 0350-820X).

Докторска дисертација и Реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Сање Ћулубрк, мастер физикохемичара, под насловом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“**.

На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, одржаној 9.07.2015. године, Одлуком бр. 395 / 297 именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Сање Ћулубрк под насловом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“**.

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

-8.12.2014. године – Кандидат Сања Ћулубрк, мастер-физикохемичар, пријавила је тему под насловом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“**.

-18.12.2014. године – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35 / 386) о прихватању предлога теме докторске дисертације Сање Ћулубрк мастер-физикохемичара, под насловом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“** и за менторе докторске дисертације именовани су др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Мирослав Д. Драмићанин научни саветник Института за нуклеарне науке Винча и редовни професор Физичког факултета Универзитета у Београду.

-26.02.2015. године – На седници Наставно научног већа Технолошко-металуршког факултета усвојен је састав Комисије за оцену подобности кандидата Сање Ћулубрк и научне заснованости предложене теме (бр. одлуке 35 / 48).

-9.03.2015. године – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност (02 број: 61206-954/2-15 ЛД) за предлог теме Сање Ћулубрк мастер физикохемичара, под насловом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“**.

-9.07.2015. године – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је Одлука о именовању чланова комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Сање Ћулубрк мастер физикохемичара, под насловом **„Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“** (бр. одлуке 35 / 297).

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство-инжењерство материјала за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет. Ментор др Ђорђе Јанаћковић је редовни професор на Катедри за неорганску хемијску технологију, Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, а ментор др Мирослав Д. Драмићанин је редовни професор Физичког факултета, Универзитета у Београду и научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“. На основу дугогодишњег искуства и објављених радова из ове области проф. Јанаћковић и проф. Драмићанин су компетентни да руководе изработом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мастер физикохемичар, Сања Ђулубрк је рођена 16.08.1985. године у Винковцима, Република Хрватска. Основну и средњу школу је завршила у Београду. Школске 2004/05 године уписала је основне студије на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду. Дипломирала је 05.04.2011. године са просечном оценом 8,23 и са оценом 10 на дипломском испиту са темом „Термичка стабилност аморфне легуре $Fe_{75}Ni_2Si_8B_{13}C_2$ “. Мастер студије уписала је школске 2010/11 на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду, и завршила их 23.12.2011. године са просечном оценом 9,20 и са оценом 10 на одбрани мастер рада под називом „Утицај температуре на стабилност аморфне легуре $Fe_{75}Ni_2Si_8B_{13}C_2$ “. У октобру 2012. године уписала је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, на Катедри за неорганску хемијску технологију под руководством професора др Ђорђа Јанаћковића.

Од маја 2013. године запослена је као истраживач приправник у Институту за нуклеарне науке „Винча“, у лабораторији за радијациону хемију и физику „Гама“, у групи др Мирослава Драмићанина. Ангажована је на пројекту ИИИ45020 „Материјали редуковане димензионалности за ефикасну апсорпцију светлости и конверзију енергије“, чији је руководилац др Јован Недељковић, научни саветник у Институту за нуклеарне науке „Винча“. У звање истраживач сарадник изабрана је 22.05.2014. године.

Сања Ђулубрк је аутор шест и коаутор пет штампаних радова у научним часописима међународног значаја, два усмена саопштења једног са скупа националног значаја штампаног у целини и једног са скупа националног значаја штампаног у изводу и шеснаест постерских саопштења на конференцијама међународног значаја. До сада је објавила шест радова у врхунским међународним часописима (M21), један рад у истакнутом међународном часопису (M22), један рад у часопису међународног значаја (M23), један рад у водећем часопису националног значаја (M51) и два рада у тематском зборнику водећег међународног значаја (M13). Шеснаест радова саопштено је на скуповима међународног значаја и штампано у изводу (M34), један рад је саопштен на скупу националног значаја и штампан је у целини (M63) и један рад саопштен је на скупу националног значаја и штампан је у изводу (M64).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Сање Ђулубрк мастер физикохемичара, написана је на 119 страна, бројено од увода па до краја рада, у оквиру којих се налази пет поглавља са укупно 57 слика, 23 табеле и 104 литературна навода. Докторска дисертација садржи следеће основне делове: Увод (5 страна), Теоријски део (46 страна), Експериментални део (13 страна), Резултате и дискусију (45 страна) и Закључак (3 стране). Литературни наводи (7 страна) се налазе на

крају рада. На почетку дисертације налази се извод на српском и енглеском језику, садржај и захвалница, а на крају биографија, библиографија, изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије и изјава о коришћењу. По својој форми и садржају поднети рад задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводном поглављу, дата је дефиниција и значај фосфоресцентних материјала на бази титаната допираних јонима ретких земаља, као и њихова примена у савременој индустрији. Размотрена је актуелност теме, мотивација и научни допринос који следи из истаживања обухваћених овом тезом.

Теоријски део се састоји из седам поглавља. Прво је дата дефиниција и типови луминесценције према пореклу побуде, врсте фотолуминесценције и њихови механизми настајања. Затим, електронске конфигурације јона ретких земаља и интеракције које се јављају у атомима објашњене су на примеру јона тровалентног еуропијума, самаријума, диспрозијума и тулијума, коришћених у овом раду. Такође, објашњено је какве врсте електронских прелаза постоје. Посебна пажња је усмерена на пироклорна једињења гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната, њихову синтезу и својства (структурна, морфолошка, оптичка и термометријска).

Експериментални део се састоји из два поглавља. У првом поглављу су описане процедуре за синтезу нанопрахова $Gd_2Ti_2O_7$ допираног Eu^{3+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} или Tm^{3+} и $Lu_2Ti_2O_7$ допираног Eu^{3+} . Наведене су коришћене хемикалије, њихова количина, и детаљно су представљене методе синтезе добијених материјала. У другом поглављу су описане коришћене процедуре за карактеризацију материјала, одређивање фазног састава методом рендгено-структурне анализе, одређивање морфологије и хемијског састава скенирајућом и трансмисионом електронском микроскопијом, одређивање фотолуминесцентних својстава, праћење фотолуминесцентних својстава са температуром и одређивање времена живота побуђених нивоа.

Испитивани су материјали:

- гадолинијум-титанат са различитом концентрацијом допанта Eu^{3+} (0,5; 1; 3; 5; 7; 10 и 15 ат%), $Gd_2Ti_2O_7: Eu^{3+}$
- гадолинијум-титанат са различитом концентрацијом допанта Sm^{3+} (0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2 и 2,5 ат%), $Gd_2Ti_2O_7: Sm^{3+}$
- гадолинијум-титанат допиран $Gd_2Ti_2O_7: 1at\%Dy^{3+}$
- гадолинијум-титанат допиран $Gd_2Ti_2O_7: 1at\%Tm^{3+}$
- лутецијум-титанат $Lu_2Ti_2O_7: Eu^{3+}$ са различитом концентрацијом допанта Eu^{3+} (0,5; 1; 3; 5; 7; 10 и 15 ат%)

Наведени материјали су синтетисани методом полимерно-комплексног раствора, док је $Gd_2Ti_2O_7$ додатно синтетисан и сол-гел методом.

Поглавље Резултати и дискусија је подељено на четири дела. У првом делу је праћено понашање добијених прахова при загревању и одређена је адекватна температура синтеровања. У другом делу је анализирана структура и морфологија синтетисаних прахова, у трећем њихова луминесцентна својства, а у четвртном термометријска својства.

Термогравиметријском-диференцијално термалном анализом су одређене температуре синтеровања за узорке $Gd_2Ti_2O_7$ (840°C и 880°C) и $Lu_2Ti_2O_7$ (820°C) са циљем добијања чисте кристалне фазе.

Рендгенском анализом су дефинисана структурна својства материјала чиме је показано да добијени узорци имају добру кристалинност, одговарајући фазни састав и кубну структуру са просторном групом $Fd\bar{3}m$. На основу добијених дифрактограма одређена је величина кристалита за узорке $Gd_2Ti_2O_7$ (20–30 nm) и за узорке $Lu_2Ti_2O_7$ (око 10 nm). Нанопрахови добијени сол-гел методом синтезе, за разлику од оних добијених методом полимерно-комплексног раствора, имају мању могућност уградње допантних јона. Допирање већим концентрацијама јона ретких земаља доводи до појаве нечистоћа у материјалу.

Морфологија, састав и хомогеност расподеле елемената у узорцима су анализирани скенирајућом електронском микроскопијом и енергетско-дисперзионом спектроскопијом Х-зрака са техником елементарног мапирања. Анализирани узорци се састоје од великих, компактних комада величине и до неколико микрометара, који су састављени искључиво од наночестица. Чистоћа и састав материјала су потврђени хомогеним распоредом саставних елемената. Трансмисионом електроскопом микроскопијом испитана је морфологија и структура синтетисаних наноправова. Наноправова се састоје од агломерисаних кристалних честица које су неправилног, кружног и правоугаоног облика. Резултати ренгенско-дифракционе анализе су додатно потврђени и електронском дифракцијом, где дифракциони профил указује на поликристалинност прашкастог узорка који кристалише у кубној структури.

Фотолуминесцентном спектроскопијом испитана су оптичка својства јона тровалентних ретких земаља у матрицама $Gd_2Ti_2O_7$ (Eu^{3+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} и Tm^{3+}) и $Lu_2Ti_2O_7$ (Eu^{3+}). На основу луминесцентних спектра види се да интензитет емисије расте и при допирању са највећом концентрацијом Eu^{3+} јона (15 ат%) за узорке синтетисане методом полимерно-комплексног раствора, док је за узорке синтетисане сол-гел методом максимална могућа допираност 10 ат% Eu^{3+} што је вероватно последица присутних дефеката у структури. Одређивањем времена живота је потврђено да се сол-гел методом синтезе добијају материјали са више дефеката у структури, као и да фотолуминесцентна спектроскопија представља врло ефикасну методу за праћење структурних промена. Мерена су оптичка својства на високим температурама у циљу одређивања потенцијалне примене материјала за неконтактно мерење температуре.

Посебна пажња је усмерена на утврђивање међусобне зависности морфолошких, структурних и луминесцентних карактеристика и метода синтезе.

У поглављу *Закључак* концизно су изнети постигнути резултати истраживања који су у потпуној сагласности са постављеним циљевима дисертације.

На крају Дисертације наведена је *Литература* (104 цитата) која обухвата радове из области истраживања и покрива све референце цитиране у раду.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Наноматеријали су предмет интензивних истраживања у претходне две деценије. Велика специфична површина представља једну од важних карактеристика ових материјала због чега су они од значајног научно-истраживачког интереса. Међу њима, пироклорни материјали на бази титаната, као што су $Gd_2Ti_2O_7$ и $Lu_2Ti_2O_7$, представљају неорганске кристалне структуре које су захваљујући типу кристалне решетке и величини јона погодни за инкорпорирање јона ретких земаља. Инкорпорирани јони имају функцију луминесцентних центара у кристалној решетки домаћина. Коришћењем различитих јона ретких земаља могуће је добити готово сваку боју у видљивом спектру због тога што сваки јон поседује различиту карактеристичну енергију прелаза између побуђеног и основног стања. Оваква једињења представљају луминесцентне материјале који имају могућност да емитују одређену

количину зрачења у видљивој и ултраљубичастој спектралној области, након побуде спољашњим извором енергије. Добра хемијска стабилност и способност да прихвате високе концентрације јона ретких земаља чини $Gd_2Ti_2O_7$ и $Lu_2Ti_2O_7$ добрим фосфорним матрицама. Последњих пар година њихова примена је актуелна за израду савремених уређаја као што су лаптопови, телевизори, соларне ћелије, мобилни телефони, итд. Захваљујући дугим временима живота, врло често већим од милисекунде, ови материјали се користе и као обележивачи који имају значајну улогу у медицинској дијагностици за изградњу чврстотелних ласера. Важна примена ових материјала је за мерење температуре. До данас су се употребљавали различити уређаји за мерење температуре који имају ограничену примену у срединама у којима се користе. Зато је развијена метода даљинског безконтактнoг мерења температуре којом су омогућена мерења у тешким условима као и мерење на нанометарској скали. Да би имали примену у савременим уређајима, синтетисани прахови морају имати одређене карактеристике, као што су: уске спектралне линије у целом опсегу видљивог дела спектра, дуго време живота и добра резолуција, које зависе од структурних и морфолошких карактеристика прахова. Да би добијени прах поседовао поменуте карактеристике, неопходан је развој погодних и поузданих метода синтезе. Хемијске методе синтезе из раствора, као што су метода сагоревања и сол-гел метода, омогућавају мешање прекурсора на молекулском нивоу, чиме се остварује велика чистоћа и хомогеност добијеног праха.

Добијени материјали као и резултати истраживања се по оригиналности истичу како развојем нових фосфорних материјала тако и њиховом синтезом, као и применом ових материјала у најсавременијим уређајима у којима до сад нису примењивани.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом израде Дисертације коришћена је литература коју чини 104 референци. Наведени литературни наводи су коришћени како приликом планирања експерименталног рада, тако и у тумачењу и анализи резултата истраживања, дискусији и извођењу закључака. Број наведених референци указује на темељитост кандидаткиње у приступу и обради резултата. Из образложења предложене теме Дисертације и радова наведених у пријави, коју је кандидаткиња Сања Ћулубрк поднела, као и из навода литературе коју је користила у истраживању, уочава се познавање предметне области истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

$Gd_2Ti_2O_7$ и $Lu_2Ti_2O_7$ су синтетисани модификованом Пеђини методом синтезе (методом полимерно-комплексног раствора), док је гадолинијум-титанат још додатно синтетисан сол-гел методом. Коришћене методе су познате у синтези наноматеријала као успешне методе за добијање материјала добрих карактеристика.

Током израде Дисертације су коришћене следеће инструменталне методе:

- Рендгенска дифракција праха (XRPD) коришћена је за одређивање кристаличности, морфологије и параметра решетке наночестица.
- Скенирајућа електронска микроскопија (SEM) са енергетским дисперзивним системом је коришћена за одређивање морфолошких карактеристика и семиквантитативну анализу хемијског састава синтетисаних прахова
- Трансмисионом електронском микроскопијом (ТЕМ) са електронском дифракцијом на одабраној површини је анализирана субструктура добијених прахова, као и електронска дифракција на одабраној површини у циљу детаљне анализе састава и структуре честица.
- Термичка анализа (TG/DTA) коришћена је за одређивање добре температуре синтеровања и праћење понашања добијених прахова при загревању.

- Функционална карактеризација је одређена фотолуминесцентним испитивањима која су обухватила емисионе спектре на собној, ниским и високим температурама и одређивање времена живота емисије.

Наведене методе су биле адекватне да се добију потребне, жељене информације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати добијени у овој докторској дисертацији дају значајан допринос повећању нивоа знања о пироклорним материјалима. Одређене су синтетске процедуре са тачно дефинисаним процесним параметрима за добијање материјала са захтеваним фазним саставом и структуром. Напред наведеним методама синтезе добијени су материјали на бази $Gd_2Ti_2O_7$ и $Lu_2Ti_2O_7$ допирани јонима ретких земаља са побољшаним луминесцентним својствима. Сходно томе, добијени материјали прате корак са најновијим трендовима које савремена технологија у изрази најновијих уређаја захтева.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња Сања Ћулубрк је током израде ове докторске дисертације показала самосталност у креирању и реализацији експеримента, као и анализи и обради резултата. На основу свега приказаног, Комисија сматра да кандидаткиња Сања Ћулубрк поседује све квалитете који су потребни за даљи самосталан научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У овој докторској дисертацији кандидаткиња својим резултатима доприноси науци у области материјала на следећи начин:

- Коришћењем синтетских процедура за добијање материјала жељених својстава за нове примене материјала.
- Добијањем материјала са побољшаним луминесцентним својствима што омогућава повећање ефикасности материјала.
- Добијањем већих вредности времена живота у односу на оне приказаним у литератури.
- Избором различитих допантних јона се утиче на промену боје емисије.
- Мерењем оптичких својстава на ниским и високим температурама показано је да ови материјали имају значајну примену у луминесцентној термометрији.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу дефинисаних циљева истраживања научни доприноси наведени у тачки 4.1. представљају унапређење научних знања у поређењу са постојећим стањем и референтном литературом. Увидом у доступну литературу из ове области, као и у резултате који су добијени применом адекватне методологије, може се констатовати да су коришћене методе у складу са савременим методама и да су резултати до којих је дошла кандидаткиња значајни не само са научног, већ и са практичног аспекта.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња Сања Ћулубрк, мастер физикохемичар, до сада је, као аутор и коаутор објавила и саопштила следеће радове:

Рад у врхунском међународном часопису (M21):

1. Ćulubrk, S., Antić, Ž., Marinović-Cincović, M., Ahrenkiel, P.S., Dramićanin, M.D.: „Synthesis and luminescent properties of rare earth (Sm^{3+} and Eu^{3+}) doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ pyrochlore nanopowders“, -*Optical Materials*, vol 37, pp. 598-606, 2014 (IF= 2.075) (ISSN: 0925-3467).
2. Dramićanin, M.D., Antić, Ž., Ćulubrk, S., Ahrenkiel, P.S., Nedeljković, J.M.: „Self-referenced luminescence thermometry with Sm^{3+} doped TiO_2 nanoparticles“, - *Nanotechnology*, vol 25, no. 48, pp. 485501, 2014 (IF= 3.672) (ISSN: 0957-4484).
3. Nikolić, M.G., Antić, Ž., Ćulubrk, S., Nedeljković, J.M.: „Temperature sensing with Eu^{3+} doped TiO_2 nanoparticles“, -*Sensors and Actuators B*, vol 201, pp. 46-50, 2014 (IF = 3.840) (ISSN: 0925-4005).
4. Lojpur, V., Ćulubrk, S., Dramićanin, M.D.: „Ratiometric luminescence thermometry with different combinations of emissions from Eu^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ nanoparticles“, -*Journal of Luminescence*, in press, 2015 (IF = 2.367) (DOI: 10.1016/j.jlumin.2015.01.027).
5. Ćulubrk, S., Lojpur, V., Ahrenkiel, P.S., Nedeljković, J.M., Dramićanin, M.D.: „Non-contact thermometry with Dy^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ nano-powders“, -*Journal of Luminescence*, in press, 2015 (IF = 2.719) (DOI: 10.1016/j.jlumin.2015.06.006).
6. Lojpur, V., Ćulubrk, S., Medić, M., Dramićanin, M.D.: „Luminescence Thermometry with Eu^{3+} doped GdAlO_3 “, -*Journal of Luminescence*, in press, 2015 (IF = 2.719) (DOI: 10.1016/j.jlumin.2015.06.032).

Рад у истакнутом међународном часопису (M22):

1. Ćulubrk, S., Antić, Ž., Lojpur, V., Marinović-Cincović, M., Dramićanin, M.D.: „Sol-gel derived Eu^{3+} -doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ pyrochlore nanopowders“, -*Journal of Nanomaterials*, vol 2015, pp. 8, 2015 (IF = 1.611) (ISSN: 1687-4129, Online).

Рад у часопису међународног значаја (M23):

1. Ćulubrk, S., Lojpur, V., Đorđević, V., Dramićanin, M.D.: „Annealing and doping concentration effects on $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Sm}^{3+}$ nanopowder obtained by self-propagation room temperature reaction“, -*Science of Sintering*, vol 45, no. 3, pp. 323-329, 2013 (IF = 0.444) (ISSN: 0350-820X).

Рад у водећем часопису националног значаја (M51):

1. Ćulubrk, S., Lojpur, V., Antić, Ž., Dramićanin, M.D.: „Structural and optical properties of europium doped Y_2O_3 nanoparticles prepared by self-propagation room temperature reaction method“, -*Journal of Research in Physics*, vol 37, no. 1, pp. 39-45, 2013 (ISSN: 2217-933X).

Рад у тематском зборнику водећег међународног значаја (M13):

1. Ćulubrk, S., Lojpur, V., Medić, M., Dramićanin, M.D.: „ Eu^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ nanoparticles as a luminescence thermometry probes“, -*Testing and Measurement: Techniques and Applications 2015*, ed Chan K., ch. 35, pp. 159-168, 2015 (ISBN: 978-1-138-02812-8).
2. Lojpur, V., Milićević, B., Medić, M., Ćulubrk, S., Dramićanin, M.D.: „Temperature sensing from luminescence of Eu^{3+} doped YAlO_3 ceramics“, -*Testing and Measurement: Techniques and Applications 2015*, ed Chan K. ch. 89, pp. 435-439, 2015 (ISBN: 978-1-138-02812-8).

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34):

1. Ćulubrk, S., Lojpur, V., Matović, B., Medić, M., Nikolić, M.G., Dramićanin, M.D.: „Effects of annealing on structure and luminescent properties of Y_2O_3 : Eu^{3+} nanoparticles

- prepared by self-propagating room temperature reaction“, -*Physics Conference TIM-12*, Timisoara, 27-30. novembar 2012, Book of abstract, str. 123.
2. **Ćulubrk, S.**, Nikolić, M.G., Lojpur, V., Dramićanin, M.D.: „Synthesis of Eu and Sm doped Y_2O_3 nanophosphors by room temperature self-propagating reaction“, -*International Conference functional materials and nanotechnologies*, Tartu, 21-24. april 2013, Book of abstract, PO-25.
 3. **Ćulubrk, S.**, Lojpur, V., Đorđević, V., Dramićanin, M.D.: „Annealing and doping concentration effects of Y_2O_3 : Sm^{3+} nanopowder obtained by self-propagating room temperature reaction“, -*The Serbian Ceramic Society Conference Advance Ceramics and Application*, Belgrade, 30.09-01.10. 2013, Book of abstract, str. 41.
 4. Dramićanin, M.D., Nikolić, M.G., **Ćulubrk, S.**, Nedeljković, J.M.: „Thermometry at the nanoscale with TiO_2 : Eu^{3+} nanoparticles“, -*2nd NANOSMAT-USA Conference*, Houston, 19-22. maj 2014, Book of abstract, str. 67.
 5. **Ćulubrk, S.**, Antić, Ž., Lojpur, V., Dramićanin, M.D.: „Synthesis and luminescence of Sm^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ “, -*2nd NANOSMAT-USA Conference*, Houston, 19-22. maj 2014, Book of abstract, str. 69.
 6. Medić, M., Antić, Ž., Lojpur, V., **Ćulubrk, S.**, Dramićanin, M.D.: „Synthesis, structure and luminescent properties of undoped and Eu^{3+} -doped Mg_2TiO_4 nanoparticles“, -*2nd NANOSMAT-USA Conference*, Houston, 19-22. maj 2014, Book of abstract, str. 70.
 7. **Ćulubrk, S.**, Antić, Ž., Ahrenkiel, P.S., Dramićanin, M.D.: „Luminescence properties of rare earth doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ nanoparticles“, -*IEEE Nanotechnology materials and devices conference*, Aci Castello, 12-15. oktobar 2014, Book of abstract, str. 35.
 8. Jovanović, D., **Ćulubrk, S.**, Gavrilović, T., Medić, M., Lojpur, V., Dramićanin, M.D.: „Synthesis and luminescence properties of colloidal GdVO_4 : Re^{3+} ($\text{Re}^{3+} = \text{Eu}^{3+}$, Dy^{3+} , Nd^{3+})“, -*Pure and applied chemistry international conference 2015 PACCON*, Bangkok, 21-23. januar 2015, Book of abstract, str. 210.
 9. Lojpur, V., **Ćulubrk, S.**, Medić, M., Antić, Ž., Dramićanin, M.D.: „Effect of Eu^{3+} dopant concentration on structural and luminescence properties of SrY_2O_4 nanocrystalline phosphor“, -*Pure and applied chemistry international conference 2015 PACCON*, Bangkok, 21-23. januar 2015, Book of abstract, str. 210.
 10. **Ćulubrk, S.**, Lojpur, V., Medić, M., Dramićanin, M.D.: „Synthesis and luminescent properties of Dy^{3+} and Tm^{3+} doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ “, -*Pure and applied chemistry international conference 2015 PACCON*, Bangkok, 21-23. januar 2015, Book of abstract, str. 211.
 11. Gavrilović, T., Jovanović, D., **Ćulubrk, S.**, Smits, K., Dramićanin, M.D.: „Up conversion white light and multicolor luminescence in GdVO_4 : $\text{Ln}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ ($\text{Ln}^{3+} = \text{Ho}^{3+}$, Er^{3+} , Tm^{3+} , $\text{Ho}^{3+}/\text{Er}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$) nanorods“, -*4th International conference on the physics of optical materials and devices*, Budva, 31.08.-04.09. 2015, Book of abstract, str. 257.
 12. Antić, Ž., Prashanthi, K., **Ćulubrk, S.**, Dramićanin M.D., Thundat, T.: „Effect of annealing conditions on Eu^{3+} - doped $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ thin film luminescence“, -*4th International conference on the physics of optical materials and devices*, Budva, 31.08.-04.09. 2015, Book of abstract, str. 196.
 13. **Ćulubrk, S.**, Vuković, K., Marinović-Cincović, M., Dramićanin, M.D.: „Synthesis and properties of Eu^{3+} doped $\text{Lu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ “, -*4th International conference on the physics of optical materials and devices*, Budva, 31.08.-04.09. 2015, Book of abstract, str. 244.
 14. Milićević, B., Marinović-Cincović, M., **Ćulubrk, S.**, Antić, Ž., Dramićanin M.D.: „Non-isothermal kinetic behavior of crystallization process of $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ “, -*4th International conference on the physics of optical materials and devices*, Budva, 31.08.-04.09. 2015, Book of abstract, str. 233.
 15. Jovanović, D.J., Gavrilović, T.V., **Ćulubrk, S.**, Dramićanin, M.D.: „Syntheses and morphologies of GdVO_4 powders: from bulk to nano“, -*4th International conference on the physics of optical materials and devices*, Budva, 31.08.-04.09. 2015, Book of abstract, str. 42.

16. Marinović-Cincović, M., Milićević, B., **Ćulubrk, S.**, Dramićanin M.D.: „Non-isothermal kinetic behavior for crystallization process of $\text{Lu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ precursor powder prepared by Pechini method“, -*3rd Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry*, Ljubljana, 25-28. August 2015., Book of abstract, str. 193.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63):

1. Antić Ž., Lojpur V., Krsmanović R.M., Medić M., **Ćulubrk S.**, Nikolić M.G., Dramićanin M.D.: „Tomografska svojstva Eu^{3+} i Sm^{3+} dopiranog Lu_2O_3 nanofosfora“, -57. *Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku*, Zlatibor, 3-6. jun 2013, Zbornik radova, str. 74 (ISBN: 978-86-80509-68-6).

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64):

1. **Ćulubrk, S.**, Antić, Ž., Lojpur, V., Dramićanin, M.D.: „Luminescentna svojstva nanočestica $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ dopiranih trovalentnim jonima Eu i Sm“, -*Sedma radionica fotonike*, Kopaonik, 10-14. marta 2014, str. 14 (ISBN: 868244139-7).

Резултати из ове докторске Дисертације, публиковани су у оквиру три рада у врхунском међународном часопису (M21-1, M21-4, M21-5), једног рада у истакнутом међународном часопису (M22-1), једног рада у тематском зборнику водећег међународног значаја (M13-1) и у седам презентација на научним скуповима (M34-5, M34-7, M34-10, M34-12, M34-13, M34-16, M64-1).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног може се закључити да докторска дисертација Сање Ћулубрк, под насловом „Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“ представља значајан и оригиналан научни допринос у области Технолошког инжењерства (ужа област: инжењерство материјала), што је потврђено објављивањем радова у врхунским научним часописима међународног значаја и саопштавањем резултата на међународним скуповима. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију Сање Ћулубрк, по називом „Синтеза, оптичка и термометријска својства наночестица гадолинијум-титаната и лутецијум-титаната допираних јонима ретких земаља“ прихвати, изложи на увид јавности и након истека законом предвиђеног рока упутити на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 12.10.2015. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Проф. др Мирослав Д. Драмићанин, редовни професор
Универзитет у Београду, Физички факултет
Научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча

.....
Проф. др Рада Петровић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Драгана Јовановић,
Научни сарадник, Институт за нуклеарне науке Винча