

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Бојана Ланге

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију <b>20.06.2014.</b> Наставно-научно веће Технолошког факултета Универзитета у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>Др Горан Бошковић</b>, редовни професор, председник научна област: Опште инжењерске дисциплине, 05.05.2003. Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад</li><li><b>Др Владимир В. Срдих</b>, редовни професор, ментор научна област: Неорганске технологије и материјали, 19.10.2006. Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад</li><li><b>Др Жељка Цвејић</b>, ванредни професор, члан научна област: Физика, 01.07.2013. Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад</li><li><b>Др Горан Стојановић</b>, ванредни професор, члан научна област: електроника, 21.10.2010. године Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Нови Сад</li></ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Бојана, Ђорђе, Ланге</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>26.10.1984., Нови Сад, Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Технолошки факултет, смер: Неорганске технологије и материјали, стручни назив: дипломирани инжењер технологије</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>Уписала докторске студије 2009. године на студијском програму: Хемијско-технолошке науке, област: Инжењерство материјала, Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p>

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

„Синтеза нанопрахова и добијање композитне керамике са магнетном и диелектричном фазом за примену у микроелектроници“

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација садржи 110 страна, 72 слике, 7 табела, 164 литературна навода и 6 поглавља:

1. **Увод** дефинише област којом се бави докторска дисертација, мотивацију и основне циљеве истраживања.
2. **Теоријски део** даје преглед теорије фeroелектричних и феромагнетних материјала као основу за разумевање концепта мултифероичности и магнетоелектричности у материјалима. Даље, објашњен је научни концепт мултифероичности уз акценат на композитним честичним мултифероицима и посебан осврт ка композитним мултифероицима изграђеним од честица језгро-омотач. Дат је такође преглед досадашњих метода синтезе честица језгро-омотач и припреме мултифероичних честичних композита које савремена литература предлаже.
3. **Експериментални део** се бави објашњавањем коришћених метода синтезе композитних честица, као и процеса њиховог синтеровања. У овом делу описана су конкретна питања која су истраживана на различитим моделним системима. Поред тога, у овом делу наведене су и описане експерименталне методе коришћене за карактеризацију синтетисаних честица и процесираних керамике, и приказни су услови при којима су извршена различита мерења.
4. **Резултати и дискусија** су подељени у две веће целине. У првом делу су приказани резултати и закључци изведени на основу карактеризације прахова синтетисаних методама у течной и гасној фази. У другом делу поглавља, приказани су резултати процесирања добијених прахова у композитну керамику, као и закључци изведени на основу структурне и функционалне карактеризације добијених композита.
5. **Закључци** представљају укратко набројана најважнија научна сазнања проистекла из истраживања везаних за ову докторску дисертацију.
6. **Литература** даје преглед коришћених литературних навода.

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Увод** сажето представља значај развоја мултифункционалних материјала за друштво и указује на разлоге за интензивно истраживање мултифероичних материјала. Укратко је представљена мотивација за развој композитних мултифероика структуре језгро-омотач као и неопходност за систематичним решавањем бројних проблема који се јављају приликом процесирања овакве керамике. Поред тога, у овом делу је јасно дефинисан циљ дисертације.

**Теоријски део** првенствено даје детаљан увид у основу фeroелектричности и феромагнетичности материјала као неопходне основе за разумевање композитних мултифероика и магнетоелектричности. Описане су основне карактеристике две групе материјала: фeroелектричних перовскитних оксида и феримагнетних спинелних ферита, уз посебан осврт на конкретне материјале из ове две групе који су експериментално коришћени у овој дисертацији. Након тога, представљен је концепт једнофазних и композитних мултифероика, уз акценат на могућа решења и композитне структуре које су до сада представљена у литератури. Посебан део је посвећен честичним композитима изграђеним од честица структуре језгро-омотач, као одличним изграђивачким јединицама за композитне мултифероике, као и проблемима и препрекама који се јављају приликом њихове припреме и ограничавају даљи развој и примену оваквих керамичких система. На крају су детаљно представљени тренутно стање у истраживању композитних мултифероика језгро-омотач, могућности њихове синтезе путем метода из течне и гасне фазе, и начини њиховог процесирања у густу керамику. Теоријски део јасно приказује објављена сазнања у датој области која су коришћена касније приликом тумачења добијених резултата.

**Експериментални део** даје детаљан опис примењених процедура синтезе у течной фази (сол-гел и копреципитација) и гасној фази. Детаљно су описане процедуре синтезе свих моделних система, и дати сви коришћени процесни параметри и конкретни услови функционализације честица. Поред тога, описани су коришћени режими и методе синтеровања добијених прахова. У овом делу дат је

такође приказ основних метода коришћених за карактеризацију припремљених композитних материјала као што су рентгенска дифракција (XRD), *Fourier*-трансформисана инфрацрвена спектроскопија (FT-IR), Раманова спектроскопија, динамичко расејање светлости (DLS), скенинг електронска микроскопија (SEM), трансмисиона електронска микроскопија (TEM) са енергетски дисперзионом спектроскопијом (EDS) и спектроскопијом губитака енергије електрона (EELS). Функционална карактеризација добијених композита вршена је диелектрометријом (LCR метром), фероелектричним мерењима методом хистерезисне петље и вибирајућом магнетометријом (VSM). Поред тога, дати су конкретни услови при којима је извршена карактеризација узорака сваком од набројаних метода.

**Резултати и дискусија** обухватају две целине које произилазе из експерименталног рада на овој докторској дисертацији. Први део се бави структурном карактеризацијом композитних прахова синтетисаних у течной и гасној фази. На основу резултата дискутују се утицаји процесних услова синтезе на морфологију композитних честица ферит-силика и титанат-ферит и изводе закључци о подобности методе и оптималним условима и процедури синтезе оваквих честица. Друга целина се бави резултатима структурне и функционалне карактеризације синтерованих композита на бази титанта и ферита. Посебно је проучаван утицај режима и методе синтеровања на хомогеност и густину композита, као и утицај морфологије честица и масеног односа фаза на структурне и функционалне особине добијених композита. Приказани резултати прате јасан ток научног истраживања од синтезе честица преко процесирања композита до њихове функционалне карактеризације, а добијени резултати се прегледно и јасно тумаче и дискутују.

**Закључак** наводи најважнија научна сазнања из ове докторске дисертације.

**Литература** даје јасан и прецизан приказ коришћених литературних навода.

На основу увида на урађену докторску дисертацију, а нарочито на основу приказаних резултата, дискусије и закључака, као и приложеног литературног прегледа о постојећим ставовима и научним достигнућима везаним за дату проблематику докторске дисертације, Комисија сматра да је кандидаткиња стручно и свеобухватно одговорила захтевима које један овакав рад носи, и на врло темељан и јасан начин обрадила широку проблематику којом се бави предложена докторска дисертација. Комисија сматра да су циљеви истраживања, који произилазе из предложеног наслова рада и приказаног предмета истраживања у оквиру докторске дисертације, задовољени, и да предложена дисертација јасно указује на научну оправданост урађених испитивања.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

#### **M21 – рад у врхунском међународном часопису:**

1. **В. Мојић**, К.Р. Giannakopoulos, *Ž. Cvejić*, V.V. Srdić, „Silica coated ferrite nanoparticles: Influence of citrate functionalization procedure on final particle morphology”, *Ceramics International*, **38** [8] (2012) 6635-6641.

#### **M24 – рад у часопису међународног значаја верификован посебном одлуком:**

1. V.V. Srdić, **В. Мојић**, М. Nikolić, S. Ognjanović, „Recent progress on synthesis of ceramic core/shell nanostructures”, *Processing and Application of Ceramics*, **7** [2] (2013) 45-62.

#### **M34 – саопштење са међународног скупа штампано у изводу:**

1. **В. Мојић**, М. Nikolić, V.V. Srdić, К.Р. Giannakopoulos, „Synthesis of nickel ferrite core/silica shell nanoparticles”, *FP7 DEMATEN Workshop*, Chalcidice, Greece, June 2010.
2. **В. Мојић**, М. Nikolić, J. Dusza, V.V. Srdić, „Synthesis of strontium titanate core/nickel ferrite shell nanoparticles”, *The Ninth Young Researchers' Conference – Materials Science and Engineering*, Belgrade, Serbia, December 2010.

3. **B. Mojić**, M. Nikolić, K. P. Giannakopoulos, V.V. Srdić, „Preparation and characterisation of strontium titanate/nickel ferrite core/shell nanoparticles”, *FP7 DEMATEN Workshop*, Brno, Czech Republic, March 2011.
4. **B. Mojić**, S. Ognjanović, K.P. Giannakopoulos, V.V. Srdić, „Synthesis and processing of titanate/ferrite core/shell nanoparticles”, *ESR Meeting COST MP0904 SIMUFER*, Haselt, Belgium, March 2011.
5. **B. Mojić**, D. Gautam, S. Ognjanović, K.P. Giannakopoulos, V.V. Srdić, „Preparation and properties of ceramics from strontium titanate core/nickel ferrite shell nanoparticles”, *European Meeting on Ferroelectricity*, Bordeaux, France, June 2011.
6. **B. Mojić**, K.P. Giannakopoulos, V.V. Srdić, „Synthesis of ferrite core/silica shell nanoparticles”, *YUCOMAT 2011*, Herceg Novi, Montenegro, August 2011.
7. **B. Mojić**, J. Vukmirović, K.P. Giannakopoulos, V.V. Srdić, „Preparation of multiferroic titanate/ferrite composite ceramics with core/shell structure”, *The Second Early Stage Researchers Workshop COST MP0904-SIMUFER*, Novi Sad, Serbia, November 2011.
8. **B. Mojić**, K.P. Giannakopoulos, J. Vukmirović, D. Gautam, V.V. Srdić, „Multiferroic composite ceramics: influence of synthesis parameters of core/shell SrTiO<sub>3</sub>/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles on final structural and functional characteristics”, *E-MRS 2012 Fall Meeting*, Warsaw, Poland, September 2012.
9. **B. Mojić**, V.K. Saravanan., J. Vukmirovic, I. Stijepović, P. Vilarinho, V.V. Srdic, „Dielectric and ferroelectric measurements of titanate-ferrite composite ceramics”, *YUCOMAT 2013*, Herceg Novi, Montenegro, September 2013.
10. **B. Mojić**, R. Djenadic, V.K. Saravanan, P. Vilarinho, H. Hahn, V.V. Srdic, „Multiferroic Ba(Sr)TiO<sub>3</sub>- NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> composite ceramics from core/shell nanoparticles”, *Conference for Young Scientists in Ceramics SM2013*, Novi Sad, Serbia, November 2013.

Квалитет објављених радова, искуство усмених излагања на међународним конференцијама из области керамичких материјала, познавање савремених достигнућа у области технологије нових материјала и искуство у примени савремених инструменталних метода током научно истраживачког рада, доказују научне и стручне квалитете Бојане Ланте, на основу којих Комисија сматра да кандидаткиња у потпуности задовољава све критеријуме неопходне за одбрану предложене докторске дисертације.

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У овој докторској дисертацији синтетисане су (хемијским методама у течной и гасној фази) композитне честице и честице структуре језгро–омотач са диелектричном и магнетном фазом као погодан полазни материјал за процесирање композитне керамике за примену у микроелектроници. Прахови на бази титаната и ферита су даље процесирани у композитну керамику, и вршена је њена структурна и функционална карактеризација. На основу експерименталних резултата донешени су следећи закључци:

Комбинацијом метода синтезе у течной фази, сол–гел и копреципитације, могуће је синтетисати наночестице језгро–омотач са језгром од ферита и омотачем од силике, као и наноструктурне композитне честице на бази титаната и ферита.

- Честице језгро–омотач, NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>–SiO<sub>2</sub> и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>–SiO<sub>2</sub>, добијене су уз претходну функционализацију феритних честица језгра. Феритне честице је могуће функционализовати лимунском киселином (ЛК) која обезбеђује негативан зета потенцијал и узрокује њихово електростатичко одбијање тј. деагломерацију. Ефикасност овог корака, тј. величина и расподела величина модификованих феритних честица зависи од услова функционализације. Процесни услови (рН~ 5, конц. ЛК ≥ 3,5 mmol/g) су установљени оптималним за постизање мономодалне расподеле величина феритних честица. Морфологија и расподела величина честица језгро–омотач је директно зависна од морфологије и величине кластера феритних честица на које се омотач наноси, тј. њихове функционализације.

- Морфологија наноструктурних честица на бази титаната и ферита  $\text{SrTiO}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{BaTiO}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$ , зависи од процесних услова синтезе. Тако синтеза у високо базним условима резултира композитном мешавином датих фаза, а да би се синтетисале честице структуре језгро–омотач неопходно је синтезу вршити у уском опсегу рН вредности у ком две фазе поседују разноимено наелектрисање (рН 4,5–7), или у базним условима уз обезбеђивање разноименог наелектрисања фаза путем функционализације честица. Функционализација феритних језгара ЛК и титанатног омотача поли(диалилдиметиламонијум хлоридом) обезбеђује разноимено наелектрисање фаза у целом опсегу рН вредности, што резултира стварањем континуалног феритног омотача на титанатном језгру. Поред тога, утврђено је да рН вредност синтезе утиче на фазни састав добијених честица, при чему су за формирање феритне фазе неопходни високо базни услови.

С обзиром на то да је у оквиру ове дисертације по први пут употребљена метода хемијске синтезе у гасној фази (CVS) за добијање сложеног композитног оксидног праха ( $\text{BaTiO}_3\text{-Fe}_3\text{O}_4$ ), значајан део ове дисертације је био посвећен одређивању одговарајућих процеса синтезе кристалних фаза  $\text{BaTiO}_3$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и композитног кристалног праха у једном кораку, а изведени су следећи закључци:

- CVS методом је могућа синтеза ултрафиних сферичних честица кристалног баријум титаната (средњег пречника  $\sim 8$  nm) у једном кораку испаравањем чврстих прекурсора ( $\text{Ba}(\text{tmhd})_2$  и  $\text{Ti}(\text{iP})_2(\text{tmhd})_2$ ) уз помоћ ласерског флеш испаривача. Изразито висока температура (max.  $1700$  °C) и дугачак реактор (165 cm) потребни су за кристализацију жељене фазе на притиску од 20 mbar. Утврђено је да је за синтезу стехиометријског састава потребно подесити однос прекурсора у полазној смеши ( $\text{Ba/Ti} = 4$ ), због различите брзине испаравања компонената при датом ласерском зрачењу.
- CVS методом могуће је синтетисати честице гвожђе оксида (мешавину  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  термичким испаравањем чврстог прекурсора  $\text{Fe}(\text{acac})_2$ , при температури од  $1000$  °C, протоку кисеоника од  $> 50$  sccm и притиску од 20 mbar.
- У уређају са две CVS јединице могуће је синтетисати наночестичну мешавину кристалних и  $\text{FeO}_x$ , у једном кораку, без нежељених фаза. Подешавањем релативног односа прекурсора у јединицама за испоруку прекурсора је могуће утицати на однос фаза у финалном композитном праху. Закључено је да CVS метода поседује одређена ограничења у смислу синтезе кристалних честица језгро–омотач, пошто је на овако високим температурама неопходним за кристализацију датих фаза фаворизирана хомогена нуклеација честица и добијање честичне мешавине.

У складу са циљем докторске дисертације синтетисани композитни прахови на бази ферита и титаната ( $\text{SrTiO}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{BaTiO}_3\text{-NiFe}_2\text{O}_4$ ) процесирани су у композитну керамику са диелектричном и магнетном фазом. На основу структурне и функционалне карактеризације добијених композита закључено је следеће:

- Морфологија и структура честица имају значајан утицај на микроструктуру композита. У случају синтеровања композитног праха, агломерати феритних честица огрубљују и стварају микрометарска зрна која узрокују порозност. У складу са тим, са повећањем удела феритне фазе у полазном праху, густина и хомогеност синтерованих композита опада. Синтеровање праха језгро–омотач резултира гушћим композитима и бољом расподелом фаза у односу на композитни прах. Присуство карбоната у праху језгро–омотач се показало изразито неповољним, пошто њихова декомпозиција може узроковати формирање великих пора током крајњих фаза синтеровања.
- Фазни састав композита зависи од услова синтезе праха као и режима синтеровања. Конвенционалним синтеровањем композитног праха у ваздуху на  $1200$  °C у трајању од 1 h добијени су нехомогени композитни узорци жељеног фазног састава и густине  $< 90$  % т.г., услед великих феритних зрна која узрокују порозност. С друге стране, метода спарк плазма синтеровања (SPS) омогућава изразито брзо синтеровање уз одржавање хомогене микроструктуре, али је у овом случају максимална температура синтеровања при којој се одржава фазни састав керамике ограничена на  $< 1100$  °C, услед редукционе атмосфере у уређају. Стога је комбинација нискотемпературног конвенционалног и SPS синтеровања

(1000 °C) пронађена оптималном, будући да омогућава очување фазног састава и добијање хомогених композита крајње густине од ~ 95 % т.г. Утврђено је да је композитни прах на бази баријум титаната генерално реактивнији од праха на бази стронцијум титаната, и приликом синтеровања овог праха долази до фазне реакције и стварања баријум феритних фаза ( $\text{BaFeO}_{2,9}$  и  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ). Количина нежељених фаза се повећава са повећањем количине никл феритне фазе у полазном праху.

- Функционална карактеризација композита на бази баријум титаната потврдила је класично фeroелектрично и феримагнетно понашање. Измерене вредности максималне и реманентне поларизације у свим узорцима су значајно више од вредности забележених у литератури за композите истог или сличног састава. Потврђено је да сатурациона поларизација опада док сатурациона магнетизација расте са повећањем удела феритне фазе у композитима. Измерене вредности сатурационе магнетизације композита са мањим уделом феритне фазе (БТО:НФО=8 и 2) су веома сличне резултатима објављеним у литератури за композите истог састава, док је сатурациона магнетизација композита са највећим уделом феритне фазе нешто нижа услед велике количине нежељених фаза. Диелектрична константа композита опада, док диелектрични губици расту са повећањем удела феритне фазе. Зависност диелектричне константе од температуре је указала на широки пик диелектричне константе у близини Киријеве температуре у узорцима са већим уделом титаната, док се у узорку са најмањим уделом ове фазе (БТО:НФО=1) не уочава таква зависност. Температура на којој се јавља максимум овог пика указује на вероватну супституцију одређене количине јона  $\text{Ti}^{4+}$  у  $\text{BaTiO}_3$  јоном  $\text{Fe}^{3+}$ . Приказани резултати потврђују подобност композита за примену у микроелектроници, док коегзистенција феримагнетног и фeroелектричног понашања, тј. њихова мултифероичност, обезбеђује услове за појаву магнетоелектричног ефекта те значајно проширује опсег могућих примена овако добијене керамике.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати су приказани врло јасно и прецизно у виду графичких зависности и табеларних података. Тумачење резултата је студиозно и детаљно уз поређење са објављеним сазнањима и литературним подацима забележеним за материјале истог и сличног хемијског састава. Донесени су и нови закључци на основу резултата добијених употребом бројних метода карактеризације материјала.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
На основу укупне оцене дисертације, Комисија је утврдила да дисертација садржи све битне елементе и да су у потпуности остварени постављени циљеви истраживања.

<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Оригиналан допринос науци огледа се у корелацији и тумачењу закључака из области синтезе честица са диелектричном и магнетном фазом на бази титаната и ферита, и утврђивању везе процесних параметара синтезе са морфологијом и структуром синтетисаних честица, као и везе морфологије честица и микроструктуре и функционалних и структурних особина композитне керамике. Потпуно оригинално, у овој дисертацији је по први пут коришћена и испитивана метода хемијске синтезе у гасној фази за добијање баријум титанатног праха и композитног праха на бази титаната и ферита. Детаљно испитани оптимални услови синтезе и процесирања композитне керамике у овом раду имају велики практичан значај у овој још увек релативно новој области науке о материјалима.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Недостаци ове дисертације нису уочени.</p>
<p><b>X ПРЕДЛОГ:</b></p>
<p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</p>
<p><b>Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације Бојане Ланте, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Технолошког факултета и Сенату Универзитета у Новом Саду да одобри одбрану овог рада.</b></p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_  
**др Горан Бошковић**, редовни професор, председник  
Технолошки факултет Нови Сад

\_\_\_\_\_  
**др Владимир В. Срдих**, редовни професор, ментор  
Технолошки факултет Нови Сад

\_\_\_\_\_  
**др Жељка Цвејић**, ванредни професор, члан  
Природно-математички факултет Нови Сад

\_\_\_\_\_  
**др Горан Стојановић**, ванредни професор, члан  
Факултет техничких наука, Нови Сад