

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовао комисију: 16.7.2021., Наставно-научно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Милица П. Хрвојевић	Редовни професор	Теоријска физика кондензоване материје, 01.01. 2013.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Департман за физику, ПМФ, Универзитет Нови Сад		Председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. др Соња Скубан	Редовни професор	Експериментална физика кондензоване материје, 24.9.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Департман за физику, ПМФ, Универзитет Нови Сад		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. др Жељка Цвејић	Редовни професор	Експериментална физика кондензоване материје, 08.06.2018.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Департман за физику, ПМФ, Универзитет Нови Сад		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. др Марија Милановић	Ванредни професор	Инжењерство материјала, 01.10.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Технолошки факултет, Универзитет Нови Сад		Члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.		
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

<p>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Стеван, Борислав, Јанков 2. Датум рођења, општина, држава: 1.10.1976. Нови Сад, Република Србија 3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Природно-математички факултет, Универзитет Нови Сад, Департман за физику, магистарске студије, Магистар физичких наука. 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: година уписа- 2018, Доктор наука-физичке науке
<p>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p style="text-align: center;">ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И ТЕОРИЈСКО МОДЕЛОВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ОСОБИНА НИКЛ- И ЦИНК- ФЕРИТА ДОПИРАНИХ ИТРИЈУМОМ</p>
<p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:.</p> <p>Докторска дисертација је написана на српском језику, латиничним писмом. У саставном делу дисертације налази се кључна документација на српском и енглеском језику, као и план третмана података. Докторска дисертација садржи: 111. страница, 57. референци, 79. слика и 3. табеле. У овој дисертацији, између осталог, приказана је примена квантно-механичког приступа на основу ДФТ метода при анализи структурних, магнетних и проводних својстава испитиваних материјала. Пре свега, дати су начини синтезе и структурне анализе и потврде суспектованих врста материјала. Затим су класичним теоријским и експерименталним методама испитане електричне карактеристике попут диелектричне константе, јонске проводљивости и фактора губитака. Централни научни допринос је дат у поглављу у ком се теорија густине функционала примењује на симулационо испитивање претходно теоријски и експериментално утврђених особина и резултата, при чему је акценат стављен на процену ширине забрањене зоне, као и праћење карактеристика испитиваних феритних наноматеријала у зависности од састава, те фреквентног и температурског опсега вршених мерења. Дисертација садржи 6. поглавља.</p> <p>Увод (3. стране).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Синтеза испитиваних материјала (8. страна). Конвенционалне методе синтезе феритних нано-система. <i>Синтеза испитиваних узорака.</i> 2. Карактеризација структурних и микроструктурних особина испитиваних нано-система (24. стране). Структура спинелних ферита. Рендгено-структурна анализа. <i>Интерпретација дифракционих снимака.</i> Раманска спектроскопија. <i>Припрема и резултати мерења.</i> Скенирајућа

електронска микрскопија. *Резултати процеса скенирања. Резултати мерења.*

- 3. Електричне особине феритних нано-система (41.страна).** Теоријске основе електричних и диелектричних наноферита. Поларизација, диелектрична константа, температурска зависност електричне проводљивости. Прескочни механизам проводљивости, сопствена и примесна проводљивост. *Поставке мерења електричних карактеристика никл и цинк нано-ферита, анализа добијених резултата.*
- 4. Моделовање структуре прорачунима на бази ДФТ теорије (теорија функционала густине) (30.страна)** Значај моделовања у истраживању новим материјала. Основе ДФТ приступа. *Поставке прорачуна. Резултати моделовања структуре и одабраних физичких особина никл- и цинк-ферита.*
- 5. Закључак (3.стране)**

Након закључка налази се Литература (4.стране), Прилог са списком радова који су проистекли из дисертације (1.страна), Биографија кандидата (1.страна), План третмана података (6.страна). На почетку дисертације налази се захвалница, и садржај.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов

Наслов докторске дисертације је разумљиво и јасно формулисан и у складу је са темом и садржином истраживања спроведених током израде дисертације.

Увод

У уводу је у сажетом облику дата дефиниција наноматеријала, са освртом на ферите као значајну класу металних оксида. Наведене су основне претпоставке теоријског модела и експерименталног приступа електричних особина наведених материјала, а затим сугерисана рачунарско-симулациона методологија истраживања и компарације резултата ова два приступа.

Комисија оцењује да је у уводу јасно представљена проблематика испитивања електричних особина наноферита, и да се на овај начин поставља основа за даљу и детаљну обраду тематике дисертације.

Синтеза

Дат је преглед основних метода синтезе феритних нано-система. Детаљно је описана синтеза испитиваних материјала.

Експериментална карактеризација структурних и микроструктурних особина испитиваних нано-система

У овом поглављу су изложене теоријске поставке структуре спинелних ферита и дате три експерименталне методе (рендгено-структурна анализа, раманска спектроскопија и електронска микроскопија) испитивања њихових структурних особина. Горе наведеним техникама потврђен је наночестични карактер и спинелна структура, те једнофазна природа испитиваних материјала. Анализа параметара је омогућила иницијално разумевање утицаја допирања итријума на структуру никл и цинк ферита.

Електричне особине феритних нано-система

Детаљно су изложени теоријски модели електричних особина и механизми провођења код наноферита, као и експериментални приступи мерења истих, уз анализу добијених резултата. Разматран је утицај итријума, величине зрна, границе зрна и температуре синтеровања на добијене вредности измерених електричних величина као што су: диелектрична константа, тангенс угла губитака, електрична проводљивост. Понашање наведених величина је разматрано у широком фреквентном и температурском опсегу, а објашњено одговарајућим теоријским моделима.

Моделовање структуре прорачунима на бази ДФТ теорије (теорија функционала густине)

У овом поглављу су дате основе ДФТ приступа, поставке конкретних прорачуна, а потом и резултати упоређени са експерименталним мерењима. Полазећи од математичких теорема да је основно енергетско стање које се добија решавањем Шредингерове (Schrödinger) једначине јединствена функционала електронске

густине, као и да добијена електронска густина има минималну енергију решевају се итеративним методом одговарајуће једначине и добијају једноелектронске таласне функције. Сви ДФТ прорачуни су рађени у овирима апроксимације генерализованог градијента употребом ПБЕ (Perdew-Burke-Ernzerhof) изменско-корелационог функционала. Геометријска оптимизација код испитивања електронских својстава са ДФТ прорачунима спровођена је помоћу програмског пакета Quantum Espresso 6.1.Разматрана је зонска структура и густина стања код свих испитиваних наночестичних материјала цинк и никл ферита који су допирани са итријумом.

Закључак

У оквиру овог поглавља дати су закључци који произилазе из експерименталних резултата испитивања структуре, и електричних особина, те њихово поређење са резултатима рачунарских прорачуна помоћу ДФТ метода.

Литература

Наведена су 57 литературна навода, нумерисана бројевима по реду појављивања у тексту.

Комисија оцењује да су сва поглавља приказана систематично и детаљно, те на тај начин целовито и сврсисходно представила замисли, процесе и резултате спроведених истраживања, што са своје стране указује на компетентност кандидата у проучаваној области. На основу изложеног, Комисија је позитивно оценила све делове докторске дисертације.

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

1. **S. Jankov**, S. Armaković, E. Tóth, V. Srdic, Z. Cvejic, S. Skuban: „Electronic structure of yttrium-doped zinc ferrite – Insights from experiment and theory“, *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 842, 2020, p. 155704 **M21**
2. **S. Jankov**, S. Armaković, E. Toth, S. Skuban, V. Srdić, Ž. Cvejić: „Understanding how yttrium doping influences the properties of nickel ferrite – Combined experimental and computational study“, *Ceramics International*, Volume 45, Issue 16, 2019, p. 20290-20296 **M21a**
3. **S. Jankov**, E.Djurđić, S. Skuban, V. Srdić, Ž. Cvejić: „Electrical transport modeling in nano crystalline nickel ferrites“, *AIP Conference Proceedings*, Volume 2075, Issue 1, 2019 **M23**
4. Ž. Cvejić, S. Rapajić, S. Rakić, **S. Jankov**, S. Skuban, V. Srdić: „Conductivity and dielectric behaviour of indium substituted zinc ferrites prepared by coprecipitation method“, *Physica Scripta*, Volume 90, Number 9, 2015 p. 90 **M22**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Квантно-механички прорачуни на бази ДФТ приступа, примењених у овој дисертацији, су допринели разумевању структурних, магнетних и електричних особина испитиваних материјала. Најпре, геометријска оптимизација на бази ДФТ прорачуна је указала на то како уведени атоми итријума утичу на структуру. Компјутерски прорачуни омогућавају добијање информација о утицају уведених атома итријума на дужине веза између јона гвожђа различите валентности, који су примарно одговорни за проводна својства. Узимајући у обзир важност магнетних својстава феритних материјала, истражен је утицај уведених атома итријума на расподелу магнетних момената по атомима. Такође, на основу ДФТ прорачуна, процењена је ширина забрањене зоне, као једног од најбитнијих параметара када се ради о карактеризацији и практичној примени материјала. У циљу валидације параметара коришћених за прорачуне и објашњења утврђених резултата, резултати компјутерског моделовања су детаљно анализирани и упоређени са експериментално добијеним резултатима. Електричне особине су праћене са променом састава за дати температурни и фреквентни опсег. Квалитативно објашњење вредности релеватних електричних величина: диелектрична константа, проводљивост и фактор губитака је очекивано у корелацији са теоријским прорачунима, као и са структуром/микроструктуром и хемијским саставом наночестичних прахова.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Докторска дисертација "Експериментална карактеризација и теоријско моделовање електричних особина никл- и цинк- ферита допираних итријумом", кандидата Стевана Јанкова, садржи све неопходне делове састава докторске дисертације у оквиру којих су представљени разлози и циљеви истраживања, спроведени експерименти, анализа и дискусија резултата, као и одговарајући закључци и правци будућих истраживања. Кандидат је показао систематичан научно-истраживачки приступ анализи различитих методолошких приступа у домену наноферитних материјала. Резултати су у складу са постављеним циљевима и приказани су логичким редоследом. Резултати су такође јасно тумачени на основу најновијих литературних података, док изведени закључци дају јасне одговоре на постављене циљеве докторске дисертације. Напомена: докторска дисертација је прошла проверу оригиналности применом софтвера за детекцију плагијаризма iThenticate, који је показао да „индекс сличности“ (енг. similarity index) износи 8%. Према упутству произвођача софтвера, све вредности испод 15% представљају оригиналан рад.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација је урађена у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Докторска дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Истраживања наноматеријала и нанотехнологије су један од приоритетних тема како на европском нивоу, тако и на националном нивоу. У оквиру Европског програма Horizon 2020, посебан део заузимају истраживања у овој области, јер доприносе решавању кључних друштвених проблема као што су климатске промене, смањење емисије угљеника, затим доприносе развоју обновљивих извора енергије, обезбеђују даљу минијатуризацију електронских компоненти, доприносе ефикаснијем коришћењу постојећих ресурса и решавању неких проблема при дијагностици и терапији у медицини. Теоријско моделовање и рачунарске симулације дају детаљније информације о структури и ефектима увођења различитих допаната, које се не могу увек добити експерименталним методама. У том смислу, компјутерски експерименти на бази квантно-механичких прорачуна омогућавају идентификацију најперспективнијих модела материјала, као и додатно разумевање механизма одговорних за експериментално утврђене појаве. Феритни (нано) материјали се карактеришу низом физичко-хемијских својстава погодним за практичну

<p>примену. С обзиром да постоје бројне могућности модификација основних структура, указује се потреба за истраживањем путем рачунарских симулација, чиме се може извршити предикција вредности најважнијих величина, као и објашњење механизма одговорних за компетитивно понашање материјала од интереса. Мерења, коришћени модели и резултати добијени у дисертацији значајно доприносе резултатима осталих научно-истраживачким група у физици материјала, у прилог чему иду објављени радови у истакнутим међународним часописима, проистекли из дисертације.</p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</p> <p>Комисија није утврдила формалне нити суштинске недостатке који су могли утицати на резултате истраживања и закључке рада. Комисија оцењује да је докторска дисертација написана у складу са постављеним циљевима, да су одабране адекватне методе, да су резултати јасни и применљиви, а дискусија у складу са добијеним резултатима.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p>
<p>На основу наведеног, комисија предлаже:</p>
<p>На основу укупне оцене дисертације и увида у научно-истраживачки рад кандидата, Комисија сматра да се докторска дисертација под насловом "Експериментална карактеризација и теоријско моделовање електричних особина никл- и цинк- ферита допираних итријумом" прихвата, а кандидату Стевану Јанкову одобри одбрана исте.</p>

Место и датум: Нови Сад, 30. 9. 2021.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Милица Павков-Хрвојевић,
редовни професор ПМФа, УНС,
председник

др Соња Скубан, редовни
професор ПМФа, УНС, члан

др Жељка Цвејић, редовни
професор ПМФа, УНС, ментор

др Марија Милановић, ванредни
професор ТФ, УНС, члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.