

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Зорана Стојановића, магистра техничких наука

Одлуком Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета у Београду на 17. редовној седници одржаној 22. маја 2014. године (одлука бр. 35/125), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Зорана Стојановића под насловом:

„Проучавање процеса синтезе и својстава вишефазних оксидних прахова добијених хидротермалним процесирањем“

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

Кандидат мр. Зоран Стојановић, проднео је предлог теме и програм израде докторске дисертације Катедри за конструкционе и специјалне материјале на Технолошко – металуршком факултету јуна месеца 2011. године. На 21. редовној седници Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета у Београду одржаној 23. јуна 2011. године (одлука бр. 35/226) оформљена је комисија за оцену научне заснованости теме. На 26. редовној седници Наставно – научног већа одржаној 15. децембра 2011. године (одлука бр. 35/394) одобрена је докторска дисертација кандидата под насловом „Проучавање процеса

синтезе и својстава вишефазних оксидних прахова добијених хидротермалним процесирањем“ на основу извештаја комисије. За ментора је одређен Др. Радослав Алексић. На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду одржаној 30. јануара 2012. године дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Зорана Стојановића.

Кандидат је одбранио магистарски рад под насловом „Хидротермална синтеза наноструктурних оксидних прахова и њихова карактеризација“ јула 2009. године на Технолошко – металуршком факултету на Катедри за конструкционе и специјалне материјале.

1.2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације кандидата припада техничко – технолошким наукама, посебно науци о материјалима и инжењерству материјала за коју је Технолошко – металуршки факултет матичан. Ментор, Др. Радослав Алексић ред. проф. ТМФ – а на Катедри за конструкционе и специјалне материјале је на основу објављених радова и искуства компетентан да води дисертацију.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Зоран Стојановић рођен је 2. марта 1978. године у Вршцу где је завршио основну школу и гимназију. Технолошко – металуршки факултет уписује 1997. године у Београду. Дипломира 2004. године на Катедри за хемијско инжењерство код Проф. Др. Жељка Грбавчића. Као постдипломац ТМФ – а на магистарским студијама, запослен је у Институту техничких наука САНУ 2007. године. Крајем 2007. године борави три месеца на Факултету за хемију и хемијску технологију у Љубљани. Магистарски рад брани 2009. године код Проф. Др. Радослава Алексића. Као истраживач са пуним радним временом био је ангажован од 2007. на два научно – истраживачка пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја, оба пројекта под руководством Проф. Др. Драгана Ускоковића. Као гостујући истраживач у Корејском институту за науку и технологију 2012. године борави три месеца у Сеулу, у Лабораторији за бионанотехнологију где је под руководством Др. Чое Џонхуна, радио на научним проблемима који су део кандидатове докторске дисертације. Учествовао је на домаћим и међународним конференцијама: JuniorEuromat 2010 у Лозани, YUCOMAT конференције у Херцег Новом и Млади истраживачи у Београду. Добитник је

награде за најбољу магистарску тезу одбраћену између две YUCOMAT конференције 2009. године. Члан је Друштва за истраживање материјала Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Зорана Стојановића, магистра техничких наука садржи захвалницу, резиме тезе на српском и енглеском језику и осам поглавља: Увод, Теоријски део, Методологија експерименталног рада, Резултати и дискусија, Практични аспекти резултата докторске дисертације, Закључци, Референце и Прилог. Рукопис садржи 268 страна, 527 литературних навода, 4 табеле и 140 слика.

Дисертација обухвата резултате истраживања фундаменталних аспеката и стратегија синтезе колоидних нанокристала, наноструктура и субмикронских кристала неколико неорганских оксидних материјала: оксида гвожђа, хидроксиапатита, литијум гвожђе фосфата и посебно злата, хидротермалним и солвотермалним процесима. Резултати су примењени у процесима контролисане синтезе хомогених и хетерогених функционалних наноструктура. Део истраживања и резултата се односи на процесирање и дизајн колоидних нанокристала оксида гвожђа и злата за биомедицинске примене у форми наночестица добијених конјугацијом нанокристала са полимерима и биомолекулима. Такође део се односи на испитивање наночестичног деривата калцијум – хидроксиапатита у биолошком окружењу у оквиру поглавља Практични аспекти резултата докторске дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Увод** се излажу предмети истраживања дисертације, мотивација и циљеви истраживања. Такође су у овом поглављу истакнути значајни резултати истраживања и њихова потенцијална примена, као и смернице за будући рад.

У **Теоријском делу** дат је теоријски концепт формирања колоидних нанокристала и њихов раст у растворима. Уведени су општи појмови хидротермалног и солвотермалног процесирања, и размотрен је притисак у затвореном систему. Дата је класификација хидротермалних и солвотермалних синтетских стратегија на основу унутрашњих параметара система. Затим је дат преглед литературе из области хидротермалне и солвотермалне синтезе материјала који су обухваћени истраживањима приказаним у дисертацији. Преглед обухвата

поступке хидротермалне и солвотермалне синтезе нанокристала и наноструктура хидрокси апатита, литијум гвожђе фосфата, оксида гвожђа магнетита, магхемита и хематита, и на крају поступке за синтезу наноструктура племенитих метала.

Поглавље **Методологија експерименталног рада** садржи приказ уређаја који се користе у различитим поступцима хидротермалне и солвотермалне синтезе, затим опис опреме и уређаја који су коришћени у експерименталном раду. На основу дате класификације поступака детаљно су описани протоколи једнофазних и двофазних хидротермалних синтеза одабраних материјала: супституисаних деривата калцијум – хидроксиапатита, амбифилних наночестица хидроксиапатита, микронских и субмикронских кристала литијум гвожђе фосфата, субмикронских кристала хематита плочасте морфологије, нанокристала магнетита и нанокристала злата, као и поступак синтезе нано хетеродимера злато - магнетит. Приказан је поступак припреме хидрофилних органско – неорганских *poli(L-laktid):poli(etilenimin)/magnetit* наночестица, затим енкапсулација нанокристала злата функционалним липидима, поступак синтезе феритина који је затим конјугован са хидрофилним нанокристалима злата. Описане су методе помоћу којих су карактерисани синтетисани материјали рендгенска дифракција (XRD), скенирајућа (SEM) и трансмисиона електронска микроскопија (TEM), електронска дифракција (ED), ласерска дифракција (LD), метода динамичког расејања светлости (DLS), инфра – црвена спектроскопија (IR), ултраљубичаста – видљива спектроскопија (UV – VIS) и магнетометрија са вибрирајућим узорком (VSM).

У четвртом поглављу **Резултати и дискусија** приказани су резултати карактеризације материјала који су синтетисани описаним поступцима. Приказани су и дискутовани са становишта процесирања материјала резултати:

- XRD, SEM и LD карактеризације узорака хидроксиапатита у коме су јони калцијума делимично супституисани јонима Co^{2+} ;
- XRD, SEM, LD, AES и FTIR карактеризације узорака хидрокси апатита у коме су јони калцијума делимично супституисани јонима Zr^{4+} ;
- XRD и SEM карактеризације микронских LiFePO_4 добијених хидротермалним поступком коришћењем олеинске киселине као адитива;
- XRD и SEM субмикронских плочица хематита које су добијене коришћењем олеинске киселине као агенса за усмеравање раста кристала;
- XRD, FTIR, TEM, ED, LD и VSM карактеризације узорака нанокристала магнетита добијених из различитих хидротермалних прекурсора;

- TEM, ED и LD карактеризације хибридних магнетних наночестица *poli(L-laktid):poli(etilenimin)/magnetit*;
- XRD, FE – SEM, FTIR и LD амбибилних наночестица хидрокси апатита и објашњено је формирање Пикерингових емулзија коришћењем ових честица;
- XRD, FE – SEM, LD и електрохемијска карактеризација узорак LiFePO_4 добијеног поступком хидротермалне редукције у енкапсулираној воденој фази, предложен је механизам таложења фосфата редукционим растварањем продуката хидролизе;
- TEM, ED, DLS, UV – VIS, FTIR карактеризације монодисперзних нанокристала злата добијених једноставним солвотермалним поступком, описан је механизам настајања монодисперзних нанокристала, механизам формирања и редукције Au^{3+} комплекса у систему вода – октадецен амин;
- TEM и UV – VIS карактеризација нанодимера добијеног растом нанокристала злата на нанокристалима магнетита који су добијени солвотермалним поступком.

Пето поглавље **Практични аспекти резултата докторске дисертације** односи се на конкретну и потенцијалну примену синтетисаних наноструктура у нанотехнологијама. Конкретно, дати су *in vitro* ћелијски одговори на материјал и приказани резултати испитивања наночестичног хидрокси апатита са парцијално супституисаним калцијумовим јонима, јонима Co^{2+} за репарацију коштаних дефеката мандибуле насталих услед остеопорозе индуковане експерименталним животињама. Приказана је употреба нанокристала злата за каталитичко нагризање силицијума у „top down“ поступку добијања ултра дугачких наножица силицијума, 1D структура. На крају је приказана употреба нанокристала злата за обележавање и детекцију феритина, што је потврђено TEM и DLS методама.

Закључци сумирају резултате који су остварени у оквиру докторске дисертације и истичу научни допринос из области хидротермалног и солвотермалног процесирања колоидних нанокристала и наноструктурних материјала, контролисане синтезе материјала, функционализације површине нанокристала на конкретним примерима.

У поглављу **Референце** дати су наводи литературе која је коришћена у изради дисертације. У **Прилогу** се налазе садржај слика и табела. Након рукописа дисертације дата је кратка биографија у оквиру које су наведене публикације кандидата које су подељене на директно проистекле из дисертације, оне које су обухваћене истраживањима чији је део дисертација. На послетку се налазе изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истраживања хидротермалних и солвотермалних поступака синтезе оксидних једињења у ширем смислу као и других врста материјала, мотивисана су општим научним интересом за препознавање механизма синтезе класичних и нових материјала у виду нанокристала и наноструктура, затим испитивању својстава и зависности функционалних својстава од карактеристичних параметара синтетисаних структура. Функционална својства синтетисаних честичних – дисперзних материјала су критична за даље примене ових система. Кључна својства честица елемената и неорганских једињења су састав и кристална структура, затим ефекти величине честица и њихове површине, облик, просторна оријентација и организација кристала и поликристалних честица. Контрола ових својстава у процесу синтезе омогућена је различитим синтетским стратегијама које се примењују приликом хидротермалних и солвотермалних процеса. Манипулисање материјом на атомском, молекулском и супрамолекулском нивоу чини основу нанотехнологије. Применом синтетских стратегија и контролисањем кључних параметара у току процеса хидротермалне или солвотермалне синтезе постиже се контрола материје на сва три нивоа, што чини ову методу супериорном у односу на друге методе процесирања наноструктура. Ова разноврсност приступа омогућена је широким опсегом избора унутрашњих хемијских фактора система поред параметара процеса као што су температура, притисак, концентрација и време.

Дисертација је делом фокусирана на хемијске механизме формирања нанокристала и наноструктурних честица хидротермалним или солвотермалним третманом прекурсора различитог хемијског састава. Овај приступ омогућава даљи развој методе за контролисану синтезу нанокристала и наноструктура огромног броја супстанци. Дисертација обухвата и проблематику функционализације површине нанокристала и наноструктурних материјала за специфичне примене као што су на пример имиџинг магнетном резонанцом, циљана достава и лечење мултимодалним наночестицама, сепарација биомолекула и ћелија, трансфекција гена, обележавање протеина и ћелија, репарација и лечење коштаног ткива и друге. Такође је део напора усмерен у синтезу хетерогених наноструктура у виду нанодимера злато – магнетит. За хетерогеним наноструктурама постоји велики истраживачки интерес услед физичких феномена везаних за границу између два кристална домена.

Истраживања приказана у докторској дисертацији прате научне и технолошке трендове у пољу синтезе нанокристала и наноструктура, и манипулације наноматеријалима у циљу специфичних примена.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији наведено је 527 цитата, од који највећи број чине публикације из врхунских међународних часописа, а највише из области синтезе колоидних нанокристала, хидротермалне и солвотермалне синтезе нанокристала и наноструктура као и из области бионанотехнологије где спада примена нанокристала и наночестица у биомедицинске сврхе. Наведене референце су адекватне тексту рукописа дисертације што указује да кандидат познаје област истраживања и актуелно стање у области.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За хидротермалне и солвотермалне синтезе коришћена су два типа аутоклава: *Parr* – ов реактор са мешањем од 2000 ml и аутоклав опште намене (дигестиона бомба) од 100 ml са тефлонском чауром. Приликом карактеризације материјала, коришћене су методе рендгенске дифракције на праху (уређаји Philips PW 1050 са Cu K $\alpha_{1,2}$ и Bruker AXS D4 Endeavor са Cu K α зрачењем) и електронске дифракције (уређаји Jeol TEM 2100 и Technai FEI G2 F20 Cryo electron microscope) за одређивање фазног састава и кристалне структуре узорка, затим ласерска дифракција (уређај Malvern Mastersizer 2000), динамичко расејање светлости (уређај Malvern ZetaSizer Nano – ZS) и анализа слике (кориснички програм ImageJ Particle Size Analyzer macro) за одређивање величина и расподела величина честица узорка, трансмисиона (уређаји Jeol TEM 2100 и Technai FEI G2 F20 Cryo electron microscope) и скенирајућа електронска микроскопија (уређаји Karl Zeiss FE SEM Supra 35VP и MIRA3 TESCAN) за морфолошке особине узорка, инфра – црвена спектроскопија (уређаји MIDAC M 2000 и Thermo Mattson Model Infinity) за одређивање молекулских група у узорцима, UV – VIS спектроскопија (уређај TECAN) за одређивање апсорпционих карактеристика нанокристала и одређивање њихове концентрације, магнетометрија са вибрирајућим узорком (уређај Lake Shore 7307) за испитивање магнетних особина узорка.

3.4. Применљивост остварених резултата

Упоредни преглед литературе, истраживања и резултата из области докторске дисертације са резултатима који су приказани у дисертацији и сумирани у закључку, потврдили су висок апликативни потенцијал остварених резултата. Резултати који су до сада публиковани су такође усмерени на примену метода синтезе и синтетисаних материјала у нанобиотехнологији и другим технологијама.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Зоран Стојановић је у свом досадашњем истраживачком раду и изради докторске дисертације показао самосталност и стручност у прегледу литературе, припреме и планирању експерименталног рада, анализи и тумачењу резултата. Из овога је Комисија закључила да је кандидат способан за самосталан научно – истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос у области хидротермалног процесирања хидроксиапатита за биомедицинске и нанобиотехнолошке примене:

- Успешно су синтетисана два типа супституисаних калцијум хидрокси апатита са потенцијалном применом у биомедицини. Хидроксиапатит супституисан јонима Co^{2+} (CoHAp) и апатит допиран $\text{Zr}^{4+}/\text{ZrO}_2$ (ZrHAp) синтетисани су хидротермалном методом без додатака органских супстанци у улози површински активних супстанци, стабилизатора или модификатора. Комбинација начина синтезе са супституицијом елементима омогућава бољу доступност површине активним биомолекулима, бољу интеракцију са ћелијама приликом примене у реконструкцији коштаног ткива и постизање нових функционалних својстава.
- Тест биокомпатибилности чистог HAp и CoHAp, који је изведен на ћелијским културама, показао је да су монослојеви епителијалних ћелија који су у контакту са честицама CoHAp неоштећени и немају негативне ефекте на преживљавање ћелија. Супротно овом закључку продужена инкубација CoHAp материјала са остеобластима *in vitro* резултује делимичној морфолошкој и цитоскелетној

деформацији ћелија као и опадање њиховог преживљавања које је директно пропорционално са садржајем Co^{2+} јона који су уграђени у кристалну решетку апатита. Међутим, повећање количине јона супституента до максималних 12 ат. %, пропорционално је повећању брзине остеогенезе, брзине формирања младе и зреле калцификоване кости. Након 24 недеље од реконструкције коришћењем наночестица CoHAp са 12 ат. % Co^{2+} јона постигнута је интензивна ангиогенеза, васкуларизација, миграција и повећање броја ћелија за формирање коштаног ткива, а такође су постигнуте и максималне вредности алкалне фосфатазе и густине коштаног ткива. Комбиновани ефекти с једне стране фактора раста из аутологне крвне плазме, и с друге стране CoHAp материјала имају пресудан утицај на примећена повећања у ћелијској пролиферацији и миграцији активних ћелија које рапидно попуњавају вештачке дефекте, побољшавају регенерацију остеопоротичне кости и њену густину.

- Коришћењем два типа лиганата: триетанол амина и амонијум – олеата синтетисане су амбибилне честице (двојакe поларности) HAp у двофазном хидротермалном систему. Овај принцип синтезе се може проширити коришћењем комбинације других лиганата као и за наночестице других материјала. FTIR анализа је потврдила постојање лиганата у узорцима наночестица. Ласерском дифракцијом је потврђено да су добијене честице амбибилне природе и да се диспергују у поларним (вода, вода – етанол, етанол) и у неполарним растварачима (циклохексан). Коришћењем амбибилних честица HAp стабилизане су Пикерингове емулзије у различитим односима HAp /циклохексан/вода. Емулзије показују изузетну стабилност у дужем временском периоду (месеци, године). Овај тип емулзија се користи у формирању стабилних колоидоза са различитим уљима и полимерима, као и за формирање структура вишег реда као што су мултифункционалне core – shell структуре и скафолди.

Научни допринос у области хидротермалне синтезе наноструктура оксида гвожђа, хематита и нанокристала магнетита за примене у нанобиотехнологији:

- Једноставном хидротермалном методом у смеши воде и етанола припремљени су субмикронски кристали хематита плочасте морфологије коришћењем олеинске киселине као агенса за усмеравање раста честица. Предности методе су једноставност контроле параметара и могућност производње честица хематита високог степена кристалности. Карактеризацијом је утврђено да су добијене честице $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ без примеса других фаза, плочасте морфологије са ширинама око 500 nm и дебљине око 100 nm (фактор анизотропије облика 5:1). Даља

детаљна испитивања ових субмикронских кристала хематита су утврдила да одступања магнетних својстава од „bulk“ облика потичу од ефекта величине и анизотропије кристала.

- Испитан је утицај састава прекурсора и растварача на фазни састав, величину, облик и магнетна својства нанокристала магнетних оксида гвожђа солвотермалном и комбинованом двофазном хидротермалном методом. Променом кључних параметара као што су састав растварача етанол – вода – олеинска киселина, састав прекурсорске соли и количине редуктора синтетисани су нанокристали магнетита величина од 4 до 25 nm дефинисане морфологије и магнетних својстава. Добијени нанокристали су имобилисани у матрицу биодеградабилних амбифилних функционалних полимера poli – L – laktida и poli – etilenimina добијене су стабилне дисперзије хидрофилних хибридних магнетних честица које имају потенцијалне примене у биомедицини и инжењерингу, као што су сепарација ћелија и/или пренос гена, сепарација биомаркера и MR имиџинг.
- Коришћењем нанокристала магнетита као кристализационих клица за раст нанокристала злата добијен је хетероструктурни нанодимер злато – магнетит редукцијом у органском растварачу. Ова наноједињења имају физичка својства обе врсте кристала као што је суперпарамагнетизам и појава плазмонске резонанце тако да имају примену у напредним видовима дијагностике и лечења.

Допринос у области проучавања контролисане хидротермалне и солвотермалне синтезе литијум гвожђе фосфата, катодног материјала за литијум – јонске батерије:

- Објашњен је механизам таложења LiFe(II) фосфата из молекулског Fe(III) прекурсора у двофазном систему посредством редукционог растварања продуката хидролизе Fe(III) комплекса у енкапсулираној воденој фази. Ефикасност редукције глукозом у енкапсулираној фази је 100% што је потврдила фазна анализа узорака. Синтетисани субмикронски кристали имају 80 % теоријског капацитета при мањим густинама струја пуњења и пражњења. Метода оставља могућност коришћења површински активних супстанци и полимера за унапређење карактеристика материјала.

Допринос проучавању контролисане синтезе нанокристала злата солвотермалним поступком и примене нанокристала злата у нанотехнологији:

- Развијена је метода за синтезу монодисперзних сферних нанокристала злата коришћењем октадецен амина као растварача, комплексирајућег агенса, редуктора и не селективне површински активне супстанце. Расветљен је механизам редукције злата и формирања октадецен амида који енкапсулира нанокристале

злата. Хидрофобни монодисперзни нанокристали злата величине око 7 nm су преведени у хидрофилан облик енкапсулацијом помоћу смеше три различита липида МНСР, DPPE – PEG2k и DGS – NTA(Ni). Добијене хидрофилне честице су коњуговане феритинским нанокавезима који су добијени преносом гена за синтезу феритинског кавеза са експримираним протеином Г у БЛ21 *E. Coli*. Хидрофилни нанокристали злата се могу користити за обележавање протеина (пример феритина) или у другим биомедицинским применама као што су SERS метода и у дијагностици и терапији као што је СТ и фототермална терапија. Хидрофобни нанокристали су употребљени за каталитичко нагризање Si „wafera“ и добијање фотолуминисцентног силицијума и ултра дугачких наножица силицијума који имају могућност примене у биомедицини.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања изложена у докторској дисертацији кандидата се могу поделити на два дела. Први су фундаментална истраживања из области синтезе колоидних нанокристала, наноструктурних материјала и поликристалних прахова хидротермалном и солвотермалном методом. Други део истраживања обухвата процесирање добијених наноструктурних материјала и испитивање ових материјала за специфичне примене у биомедицинске сврхе.

Циљ фундаменталног аспекта истраживања је даљи развој метода за контролисану синтезу нанокристала и других наноформи, односно метода којима се контролом кључних параметара добијају униформне наноструктурне форме са дефинисаним функционалним карактеристикама. Методе истраживања и резултати су систематизовани према актуелним и верификованим резултатима у области хидротермалних и солвотермалних процеса.

Део истраживања који се бави применом је надградња резултата постигнутих у домену синтезе материјала и спроведена су у циљу побољшања постојећих метода или испитавања нових технологија могућим применама наноматеријала.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Мр. Зоран Стојановић, дипл. инг. технологије потврдио је резултате истраживања који су приказани у овој докторској дисертацији, публикацијама у врхунским међународним часописима као и кроз саопштења на међународним и домаћим конференцијама.

Списак публикација које су проистекле из докторске дисертације:

Публикације у врхунским међународним часописима **M21**:

1. **Zoran Stojanović**, Mojca Otoničar, Jongwook Lee, Magdalena M Stevanović, Mintai P. Hwang, Kwan Hyi Lee, Jonghoon Choi, Dragan Uskoković, „**The solvothermal synthesis of magnetic iron oxide nanocrystals and the preparation of hybrid poly(L-lactide)-polyethyleneimine magnetic particles**“, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 109 (2013) 236 – 243 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2013.03.053>) IF 3.554, ISSN 0927-7765;
2. Jonghoon Choi, Sungwook Park, **Zoran Stojanović**, Hyung – Seop Han, Jongwook Lee, Hyun Kwang Seok, Dragan Uskoković, Kwan Hyi Lee, „**Facile Solvothermal Preparation of Monodisperse Gold Nanoparticles and Their Engineered Assembly of Ferritin – Gold Nanoclusters**“, *Langmuir* 29 (2013) 15698 – 15703 (<http://dx.doi.org/10.1021/la403888f>) IF 4.187, ISSN 0743-7463;

Публикације у истакнутим међународним часописима **M22**:

1. Ignjatović, N., Ajduković, Z., Savić, V., Najman, S., Mihailović, D., Vasiljević, P., **Stojanović, Z.**, Uskoković, V., Uskoković, D., „**Nanoparticles of cobalt-substituted hydroxyapatite in regeneration of mandibular osteoporotic bones**“, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 24(2) (2013) 343-354 ([DOI: 10.1007/s10856-012-4793-1](https://doi.org/10.1007/s10856-012-4793-1)) IF 2.141, ISSN 0957-4530;

Списак публикација кандидата које су део истраживања обухваћених докторском дисертацијом:

Публикације у врхунским међународним часописима **M21**:

1. Veselinović, Lj., Karanović, Lj., **Stojanović, Z.**, Bračko, I., Marković, S., Ignjatović, N. & Uskoković, D., „**Crystal Structure of Cobalt-Substituted Calcium Hydroxyapatite Nano-Powders Prepared by Hydrothermal Processing**“, *Journal of Applied Crystallography* 43 (2010) 320-327 ([doi: 10.1107/S0021889809051395](https://doi.org/10.1107/S0021889809051395)) IF 3.343, ISSN 0021-8898;
2. Tadić, M., Čitaković, N., Panjan, M., **Stojanović, Z.**, Marković, D. and Spasojević, V., „**Synthesis, morphology, microstructure and magnetic properties of hematite submicron particles**“, *Journal of Alloys and Compounds* 509(28) (2011) 7639–7644 ([doi:10.1016/j.jallcom.2011.04.117](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2011.04.117)) IF 2.390, ISSN 0925-8388;

Публикације у истакнутим међународним часописима **M22**:

1. **Zoran Stojanović**, Ljiljana Veselinović, Smilja Marković, Nenad Ignjatović and Dragan Uskoković, „**Hydrothermal Synthesis of Nanosize Pure and Cobalt-exchanged**

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Имајући у виду све напред изложено Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Мр. Зорана Стојановића, дипл. инг. технологије, под називом „Проучавање процеса синтезе и својстава вишефазних оксидних прахова добијених хидротермалним процесирањем“ представља оригиналан допринос у области хидротермалног и солвотермалног процесирања материјала као и у наведеним применама, што је верификовано објављеним публикацијама у часописима међународног значаја. Кандидат је показао способност за самостални научно – истраживачки рад у свим аспектима израде докторске дисертације.

С обзиром на квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата Комисија предлаже Наставно – научном већу ТМФ – а да прихвати овај извештај и да га заједно са поднетом дисертацијом под називом „Проучавање процеса синтезе и својстава вишефазних оксидних прахова добијених хидротермалним процесирањем“ кандидата Зорана Стојановића, да на увид јавности у законски предвиђеном року, као и да реферат упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. Др Радослав Алексић (ред. професор)
Универзитет у Београду
Технолошко – металуршки факултет

Проф. Др Драган Ускоковић (научни саветник)
Институт техничких наука
Српска академија наука и уметности

Проф. Др Ђорђе Јанаћковић (ред. професор)
Универзитет у Београду
Технолошко – металуршки факултет