

ВЕЋУ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ У БЕОГРАДУ

**Извештај о завршеној докторској дисертацији мр Милице Почуче-Нешић,
дипл. хемичара**

Одлуком Већа за студије при Универзитету у Београду од 25. априла 2016. године именовани смо за чланове Комисије за оцену завршене докторске дисертације под насловом „Хемијска и механохемијска синтеза мултифероика на бази итријум-манганита“ кандидата мр Милице Почуче-Нешић.

На основу прегледа достављене дисертације, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Докторска дисертације кандидата мр Милице Почуче-Нешић под насловом „Хемијска и механохемијска синтеза мултифероика на бази итријум-манганита“ написана је на 103 стране стандардног формата, при чему има 6 табела и 63 слике. Дисертација је подељена у шест поглавља.

1. УВОД

Савремена наука о материјалима, као мултидисциплинарна научна област, директно утиче на развој савремене технике, али је одговорна и за развој других научних и технолошких области. Добијање нових материјала са унапред задатим својствима захтева успостављање функционалне зависности између синтезе, структуре и њихових својстава.

Функционисање електронских уређаја и њихових различитих компонената је ограничено због дејства спољашњих фактора попут температуре, притиска, изложености електричном пољу или једноставно услед замора материјала. Сваки напредак у синтези мултифункционалних материјала са унапред задатим својствима има директан утицај на даљи развој технологије. Истовремено свеprisутни тренд „минијатуризације“, пре свега компонената, пред науку о материјалима и нанотехнологије непрестано поставља нове задатке који се односе на смањивање димензија, али пре тога на конструисање материјала са бољим, префињенијим својствима.

Откриће мултифероичних материјала и могућност да се електричним пољем могу контролисати магнетна својства и обрнуто, утицај магнетног поља на фероелектрична својства материјала, довело је до пробоја у науци о материјалима. Због њихових посебних својстава, могућност примене у различитим технолошким апликацијама им је веома велика. Могу се користити за израду фероелектричних меморијских компонената, магнетних записа, мултифункционалних уређаја у микроелектроници, спинтроници, микроталасних уређаја и сл.

С обзиром да су магнетна и фeroелектрична својства кључна за функционисање мултифероичних материјала, неопходно је оптимизовати услове синтезе како би се добили материјали са најбоље израженим овим својствима. До сада су се за синтезу итријум-манганита углавном користиле класичне реакције у чврстом стању. Ипак, ова метода синтезе има неколико кључних недостатака: високе температуре термичких третмана и дугачки термички третмани који су условљени спором дифузијом реактаната током синтезе. Често се ове синтезе одвијају у више корака са поновљеним млевењем међуфазних производа како би се обезбедио бољи контакт између реакционих врста и омогућило добијање чистијег производа. Такође, ове методе се користе за синтезу стабилније хексагоналне фазе итријум-манганита. Орторомбична фаза се добија трансформацијом хексагоналне, на високим притисцима и високим температурама, што овај процес чини изузетно неповољним по питању утrophка енергије и финансијске исплативости. У литератури се помињу хемијске методе са температурним третманима на нижим температурама, као могућност за синтезу метастабилне фазе, али је њено добијање у облику керамике веома тешко.

Кандидат мр Милица Почуча-Нешић је у својој докторској дисертацији посебну пажњу посветила анализи утицаја различитих метода синтезе на својства добијених прахова и керамичког материјала на бази итријум-манганита. Посебну пажњу је посветила утицају појединачних параметара синтезе на структурна, микроструктурна и пре свега магнетна својства добијених производа. Истакла је механохемијску синтезу као методу за добијање метастабилне фазе итријум-манганита, зависност магнетних својстава од структурних, пре свега тачкастих дефеката присутних у узорку, као и доказ постојања феримагнетних интеракција у једнофазном праху хексагоналног итријум-манганита који је у монокристалном облику антиферомагнетик.

Са те тачке гледишта, кандидат је објективно дала допринос фундаменталном познавању корелације између услова синтезе, структуре, микроструктуре и магнетних својстава прахова и керамике на бази итријум-манганита.

2. ЦИЉ И ЗАДАТАК ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања у оквиру докторске дисертације мр Милице Почуче-Нешић био је добијање једнофазног итријум-манганита у форми праха и керамичког материјала задовољавајућих својстава у погледу морфологије, микроструктуре и магнетних својстава.

Задаци истраживања били су следећи:

- Анализа утицаја параметара процеса добијања $Y\text{MnO}_3$ механохемијском синтезом из еквимоларне смеше прахова полазних оксида (Y_2O_3 и Mn_2O_3) у кугличном планетарном млину у посудама од волфрам-карбида;
- Анализа утицаја времена механохемијске активације на стварање међупродуката и циљаног продукта процеса синтезе $Y\text{MnO}_3$;
- Анализа процеса добијања праха на бази $Y\text{MnO}_3$ хемијском синтезом. Проучаван је утицај односа јона метала, лимунске киселине и етилен-

гликола, температуре и времена термичког третмана на карактеристике добијеног праха и успостављена функционална зависност;

- Анализа утицаја услова хидротермалне синтезе, као хемијске методе, на својства добијеног праха. Праћен је утицај параметара попут температуре и времена синтезе, као и конструкције аутоклава на производе реакције;
- Анализа утицаја температуре и трајања термичког третмана на својства керамике добијене синтерованем механохемијски и хемијски добијеног праха $YMnO_3$;
- Карактеризација прахова добијених хемијском и механохемијском синтезом, као и керамичког материјала из полазних прахова $YMnO_3$: одређивање расподела величина честица; одређивање фазног састава добијених прахова и керамичког материјала рендгенском структурном анализом; утачњавање параметара структуре (параметри кристалне решетке, величина кристалита, коришћењем Ритвелдове методе; одређивање микроструктуре и морфологије честица скенирајућом електронском микроскопијом; мерење магнетних својстава SQUID магнетометријом; мерење ферелектричних својстава;

3. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

За испитивања извршена у оквиру своје докторске дисертације кандидат мр Милица Почуча Нешић користила је следеће уређаје и аналитичке методе:

- Рендгенске дифрактометре *Ital Structure APD 2000* и *Rigaku® RINT 2000*, са $CuK\alpha$ зрачењем ($\lambda = 1,54178 \text{ \AA}$);
- Скенирајући електронски микроскоп: SEM TESCAN Vega TS 6130MM и SEM TESCAN Vega 3SB;
- Скенирајући електронски микроскоп високе резолуције: FE-SEM, JEOL (JSM-6701F)
- Трансмисиони електронски микроскоп: TEM JEOL, Model 2010;
- Уређај за анализу величине честица: HORIBA LA-920;
- Магнетометар: SQUID MPMS-XL-5 Quantum Design;
- Уређај за мерење фероелектричних својстава: Precision Multiferroic Test System (Radiant Technologies, Inc.)
- ICP анализе вршене су на инструменту ICP, Thermo Scientific iCAP 6500 Duo ICP
- Уређај за Spark Plazma Sinterovanje: SPS machine FCT HPD 25; FCT Systeme GmbH, Rauenstein, Germany;
- Софтверски програм за фитовање и анализу спектра добијених рендгенском структурном анализом (дифрактограма) прахова: General Structure Analysis System (GSAS) са EXPGUI интерфејсом;

4. РЕЗУЛТАТИ РАДА

Млевење еквимоларних смеша итријум(III)-оксида и манган(III)-оксида вршено је у периодима од 60, 120, 240, 360 и 720 минута. У зависности од времена млевења синтетисани прахови су обележени: YMO60, YMO120, YMO240, YMO360 и YMO720. Количина енергије унете у систем израчуната је по Буруђовом моделу, а вредности су представљене у Табели 1 у Прилогу.

Овако добијени прахови су детаљно окарактерисани по питању морфолошких и магнетних својстава. Фазни састав и детаљна структурна анализа добијених прахова одређени су на основу рендгенских дифрактограма помоћу, на Ритвелдовој методи базираног, софтверског програма General Structure Analysis System (GSAS) са EXPGUI интерфејсом. Одређени су параметри решетке, густина и запремина решетке, као и тежински удели појединих фаза. Резултати овог утачњавања структуре дати су у Табели 2 у Прилогу. Утврђено је да се једнофазни прах орторомбичне фазе итријум-манганита добија за периоде млевења од 240, 360 и 720 мин.

Морфолошке и микроструктурне карактеристике прахова проучаване су помоћу електронске микроскопије и указују на то да са продужавањем времена млевења долази до раста честица и њихове агломерације. Бимодална расподела величина честица карактеристична је за узорке YMO360 и YMO720.

Магнетна својства добијених прахова су окарактерисана мерењем изотермалне зависности магнетизације од спољашњег магнетног поља, $(M(H))$ као и праћењем температурне зависности магнетизације при константном магнетном пољу. Сви добијени узорци мерењем на 5 K показују узак магнетни хистерезис. Резултати мерења магнетних својстава: Нелова температура (T_N), Кири-Вајсова константа (θ_{CW}), коерцитивно поље (H_C) и ефективни магнетни моменат (μ_{eff}) за механохемијски синтетисане једнофазне прахове итријум-манганита дати су у Табели 3 у прилогу.

У циљу оптимизације процеса добијања керамике, механохемијски синтетисани прахови синтеровани су конвенционалном методом у коморној пећи на различитим температурама. Фазни састав керамичких узорака је утврђен рендгенском структурном анализом. Синтеровањем на 900 °C добијена је смеша хексагоналне и орторомбичне фазе итријум-манганита, изузетно мале густине (око 65 % теоријске вредности). Двостепено синтеровање на 900 °C и 1100 °C резултовало је добијањем гушће керамике (око 70 %) уз издвајање секундарне фазе $Y\text{Mn}_2\text{O}_5$ (Табела 4 у Прилогу), док су синтеровањем на 1400 °C, добијени једнофазни прахови хексагоналне фазе итријум-манганита (густине око 85 %). Магнетна својства добијених керамичких узорака указују на доминантно антиферомагнетно уређење на ниским температурама уз присуство одређене количине јона мангана у валентном стању различитом од +3. Резултати мерења магнетних својстава керамичких узорака синтерованих на различитим температурама дати су у Табелама 5 и 6 у Прилогу.

Керамички узорци добијени спарк плазма синтеровањем имају највеће густине (преко 95 %), али и Mn_3O_4 као секундарну фазу. Зрна ових узорака су уједначене величине испод 5 μm . Магнетна својства указују на присуство феримагнетног Mn_3O_4 .

Рендгенском структурном анализом је утврђено да прахови синтетисани хемијским методама, нису једнофазни, већ представљају смешу различитих оксида. Састав смеша зависи од температуре калцинације или температуре и времена

трајања хидротермалног поступка. Прахови синтетисани методом из полимерних прекурсора калцинисани на 900 °С, имају честице уједначене величине, испод 100 nm. Иако није добијен једнофазни прах, магнетна својства овог материјала недвосмислено указују на његов антиферомагнетни карактер, при чему је вредност за Кири-Вајсову константу. -276 К, а за ефективни магнетни моменат 3,67 μ_B . Синтеровањем ових прахова на 1300 °С долази до издвајања Mn_3O_4 фазе која директно утиче на магнетна својства добијених узорака. Резултати мерења магнетних својстава за синтероване прахове добијене хемијском методом из полимерних прекурсора дати су у Табели 7 у Прилогу. Синтеровањем на 1400 °С добијени су једнофазни керамички узорци хексагоналне фазе итријум-манганита, густине преко 90 % теоријске вредности. Магнетна својства мерена на 5 К (Кири-Вајсова константа -557 К, ефективни магнетни моменат 5,08 μ_B). Добијена је линеарна зависност магнетизације од спољашњег магнетног поља у целокупној области примењених поља. Мерењем фероелектричних карактеристика ових узорака добијене су вредности 0,21 $\mu C cm^{-2}$ за реманентну поларизацију и 6,0 kV cm^{-1} за коерцитивно поље.

Прахови синтетисани хидротермалним поступцима имају вишефазни састав. Калцинацијом на 1200 °С реакција се доводи до краја и добија се једнофазни материјал сачињен само од хексагоналног УМО. Синтеровањем на 1400 °С овај прах задржава фазни састав и добија се једнофазна керамика хексагоналног итријум-манганита. Керамика истог фазног састава добијена је и директним синтеровањем прахова добијених хидротермалним поступцима, без поступка калцинације. Густине ових узорака су биле 95 % од теоријске вредности, уз величину зрна испод 10 μm . Мерење магнетних својстава овако добијених синтерованих узорака указује на присуство феримагнетног уређења на ниским температурама, што је потврђено фитовањем криве зависности реципрочне магнетизације од температуре по једначини за феримагнетно уређење.

5. ДИСКУСИЈА

Услови механохемијске синтезе, односно дужина времена млевења одражава се директно на производе реакције. Претпостављено је да се током експериментално задатих времена млевења у смеси полазних прахова дешава реакција синтезе итријум-манганита. Током времена од 60 мин одигравају се процеси карактеристични за млевење у високоенергетском млину: долази до разарања структура полазних прахова и њихове аморфизације, као и до започињања механохемијске реакције стварања итријум-манганита. Даље продужавање млевења доводи до завршетка поменуте механохемијске реакције и синтезе једнофазног праха орторомбичне фазе итријум-манганита након млевења од 240 минута. Млевење од 360 и 720 минута једнофазног праха $UMnO_3$, заправо представља његову механичку активацију, при чему се повећава енергија унета у систем и уводе дефекти у структуру који се манифестују кроз промену параметара јединичне ћелије. Такође, продужавање млевења доводи до раста честица, њиховог слепљивања и стварања агломерата и агрегата, што је резултовало бимодалном расподелом величина честица за узорке УМО360 и УМО720.

Упркос чињеници да је синтетисан једнофазни материјал, резултати магнетних мерења (Табела 3 у Прилогу) указују на присуство мањих количина

Mn⁴⁺ у узорцима. До ове промене валентног стања долази услед појаве тачкастих дефеката у структури, као и оксидације Mn³⁺ јона кисеоником из ваздуха. Присуство веће количине дефеката и микронапрезања у решетки YMO360 и YMO720 доводи до промене дужине веза у решетки и углава Mn – O – Mn чиме је отежано антиферомагнетно уређивање спинова мангана. Долази до појаве двоструке измене између два јона мангана, која је по природи феримагнетна, због чега се на M(H) кривој јавља узак магнетни хистерезис. Постојање јона мангана у различитим валентним стањима у узорцима нарушава антиферомагнетно уређење и доводи до појаве спинског стакластог стања у материјалу, у виду насумично распоређених делова са неуређеним спиновима.

Иако је полазни прах једнофазни орторомбични итријум-манганит, његовим синтерованем на температури од 900 °C, долази до делимичног преласка метастабилне орторомбичне фазе у термодинамички стабилну хексагоналну фазу, па је добијена керамика заправо двофазни систем.

Повећањем температуре синтеровања долази до промене фазног састава због преласка орторомбичне фазе у хексагоналну. Такође, током двостепеног синтеровања са дужим временом задржавања на температури од 1100 °C, издваја се секундарна фаза YMn₂O₅. Из Табеле 4 у Прилогу види се да дуже млевени прекурсорски прахови дају већу количину секундарне фазе у добијеним керамичким узорцима, што потврђује теорију да се дужим млевењем, кроз већи унос механичке енергије, уноси и већа количина тачкастих дефеката у систем, а које даље могу да доведу до оксидације веће количине Mn³⁺ јона у Mn⁴⁺ јоне. Преовлађујућа фаза у овој керамици је хексагонални итријум-манганит. Ипак, негативне вредност за Кири-Вајсову константу указују на доминантни антиферомагнетни карактер узорака, док су вредности Нелове температуре и ефективног магнетног момента веома блиске теоријским (Табела 5).

Синтерованем једнофазних механохемијски синтетисаних прахова на 1400 °C добијена је керамика која је на основу рендгенске структурне дифракције једнофазни хексагонални итријум-манганит. Магнетна својства ових узорака (Табела 6 у Прилогу) указују на присуство феримагнетних или феромагнетних интеракција које су израженије у узорцима добијеним из дуже млевених прахова YMO360 и YMO720, што је последица дефектне структуре млевених прахова.

Све керамичке узорке, независно од температуре синтеровања карактерише присуство интер- и интрагрануларних пукотина које настају због високотемпературних фазних трансформација и различитог коефицијента термичког ширења у различитим правцима за хексагоналну фазу YMnO₃. Њихова појава је у великој мери смањила густину добијених узорака, али и отежала одређивање фeroелектричних и диелектричних карактеристика ових узорака.

Спарк плазма синтеровање, као једна од метода која омогућава брзу денсификацију керамичких материјала уз спречавање раста зрна, коришћена је за синтеровање механохемијски синтетисаних прахова. Електронском микроскопијом је потврђено да у овим узорцима има мање пукотина него код узорака добијених конвенционалним синтеровањем. Иако подразумева рад на високим притисцима и високим температурама, који су иначе услови синтезе орторомбичне фазе, ова метода синтеровања није успела да задржи фазни састав полазних прахова, већ је дошло до преласка YMnO₃ из орторомбичног у хексагонални. Осим тога, редукциони услови синтезе која се одвија у графитним модлама су довели до редукције Mn³⁺ јона у Mn²⁺ јон, што је довело до

формирања секундарне фазе Mn_3O_4 . Промена фазног састава одразила се и на резултате мерења магнетних својстава, па се на нискотемпературној кривој зависности магнетизације од спољашњег магнетног поља може уочити шири магнетни хистерезис ($H_C = 2500$ Ое), који потиче од феримагнетног Mn_3O_4 .

Иако су по литератури хемијске методе истицане као добре за синтезу орторомбичне фазе итријум-манганита на нижим температурама термичких третмана, резултати представљени у овој тези то нису потврдили. Већинска фаза у саставу прахова јесте орторомбични итријум-манганит, што ипак указује на то да се одабиром одговарајућих комплексирајућих средстава може задржати октаедарско окружење око Mn^{3+} и након процеса калцинације. У складу са фазним саставом калцинисаног праха и постојањем манганових јона у више валентних стања, и магнетна својства указују на нарушену магнетну структуру и постојање спинског стакластог стања у узорцима. Синтеровањем овако добијених прахова на 1300 °С добијена је керамика у чији фазни састав улази Mn_3O_4 који се потврђује и појавом хистерезиса на нискотемпературној кривој зависности магнетизације од спољашњег магнетног поља. Повећање температуре синтеровања на 1400 °С резултовало је синтезом једнофазне керамике хексагоналног итријум-манганита, што је потврђено и мерењем магнетних својстава.

Температуре хидротермалне синтезе прахова итријум-манганита су биле сувише ниске за добијање једнофазних прахова. Калцинацијом производа хидротермалне синтезе на 1200 °С добијени су једнофазни прахови. Синтеровањем калцинисаних прахова, али и хидротермално синтетисане смеше оксида на 1400 °С добијен је једнофазни хексагонални итријум-манганит. Овај резултат указује на могућност прескакања фазе калцинације у поступку добијања керамичких узорака. Фитовањем криве температурне зависности реципрочне магнетизације хиперболичном функцијом, која је карактеристична за феримагнетно уређење спинова, добија се одлично поклапање које указује на постојање феримагнетног уређења спинова у једнофазном узорку. Ова појава је објашњена присуством јона мангана у вишку и то у два валентна стања $+2$ и $+3$. На ниским температурама, испод 50 К долази до одклона спинова и нарушавања антиферомагнетног уређења.

6. ЗАКЉУЧАК

Најважнији закључак овог истраживања јесте да се чиста метастабилна фаза орторомбичног итријум-манганита може добити механохемијском синтезом итријум(III)-оксида и манган(III)-оксида током млевења од 240 минута у високоенергетском млину. Синтеровањем прахова орторомбичне фазе не може се задржати исти састав, већ се увек добијају смеше оксида на бази Y–Mn–O или чист хексагонални итријум-манганит. Показано је да је најоптималнија температура синтеровања 1400 °С за све синтетисане прахове. Керамика са најбољим магнетним и фeroелектричним својствима је добијена синтеровањем хемијски синтетисаних прахова из полимерних прекурсора на температури од 1400 °С у трајању од 2 сата. Закључено је да се, независно од методе синтезе прахова, дефекти лако уводе у систем и модификују магнетна својства делимичним нарушавањем антиферомагнетног уређења спинова и да је немогуће

избећи формирање пукотина унутар узорака. На основу анализе магнетних својстава једнофазних керамичких узорака хексагоналног итријум-манганита, који су добијени синтеровањем хидротермално синтетисаних прахова, понуђено је објашњење за порекло феримагнетног одзива њима. По предложеном објашњењу, у овом узорку долази до појаве самодопирања манганом, услед чега се јавља отклон спинова за одређени угао и нарушава се антиферомагнетно уређење у систему. Све предложене методе синтезе су енергетски повољније од класичних реакција у чврстом стању.

7. ЛИТЕРАТУРА

Кандидат мр Милица Почуча-Нешић цитирала је у својој докторској дисертацији укупно 123 библиографске јединице, а резултате ове докторске дисертације публиковала у више научних радова, од којих су поједини презентовани на међународним скуповима. Посебно истичемо радове објављене у водећим међународним часописима:

1. **М. Почућа Нешић**, Z. Marinković Stanojević, Z. Branković, P. Cotič, S. Bernik, M. Sousa Goes, B.A. Marinković, J.A. Varela, G. Branković, „Mechanochemical synthesis of yttrium manganite“, *Journal of Alloys and Compounds* 552 (2013) 451–456.
2. Z. Branković, G. Branković, **М. Почућа-Нешић**, Z. Marinković Stanojević, M. Žunić, D. Luković Golić, R. Tararam, M. Cilense, M.A. Zaghete, Z. Jagličić, M. Jagodić, J.A. Varela, Hydrothermally assisted synthesis of YMnO_3 , *Ceram. Inter.*, **41** (2015) 14293–14298.

Резултатима досадашњих истраживања, које је објавила у наведеним радовима, мр Милица Почуча-Нешић је верификовала научне поставке своје докторске дисертације.

На основу наведеног, може се донети следећи

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација мр Милице Почуче-Нешић, „Хемијска и механохемијска синтеза мултифероика на бази итријум-манганита“, представља оригиналан рад у којем је свеобухватним истраживањима решен мултидисциплинарни проблем успостаљања корелације између услова механохемијске (времена и интензитета мљења) и хемијске синтезе (метода синтезе, температура и време термичких третмана) на структурне, микроструктурне, магнетне и фeroелектричне карактеристике добијених прахова и керамичких узорака YMnO_3 . Посебно истичемо синтезу метастабилне фазе $o\text{-YMnO}_3$ при нормалним условима и на собној температури методом

механохемијске синтезе, као и објашњење порекла феримагнетних својстава у једнофазним праховима h-YMnO₃.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Већу за студије при Универзитету у Београду, да прихвати докторску дисертацију „Хемијска и механохемијска синтеза мултифероика на бази итријум-манганита“ кандидата мр Милице Почуче-Нешић и одобри јој усмену одбрану.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1.

[Redacted name]

др Зорица Маринковић Станојевић, научни саветник,
Институт за мултидисциплинарна истраживања, Универзитет у Београду.
(наука о материјалима)

2.

[Redacted name]

проф. др Владимир Павловић, редовни професор,
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду
(физика, наука о материјалима)

3.

[Redacted name]

др Зорица Бранковић, научни саветник,
Институт за мултидисциплинарна истраживања, Универзитет у Београду
(наука о материјалима, хемија и технологија материјала)

4.

[Redacted name]

др Горан Бранковић, научни саветник,
Институт за мултидисциплинарна истраживања, Универзитет у Београду
(физика материјала)

5.

[Redacted name]

др Александра Данчевић, доцент
Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду
(неорганска хемија, хемија чврстог стања)

ПРИЛОГ

Табела 1. Вредности за кумулативне енергије уните у систем за времена млевења 60 – 720 минута.

УЗОРАК	YMO60	YMO120	YMO240	YMO360	YMO720
E_{cum} [kJ/g]	86	172	344	516	1032

Табела 2. Вредности параметара кристалне решетке $Y\text{MnO}_3$ (a , b , c), запремина (V) и густина (ρ), као и масени удели појединих фаза добијени утрачњавањем структуре Ритвелдовом методом за узорке прахова YMO60 – YMO720.

	YMO60	YMO120	YMO240	YMO360	YMO720	#20-0732
a [nm]	0,5744(2)	0,57493(8)	0,57507(7)	0,57584(7)	0,57630(6)	0,585
b [nm]	0,7433(2)	0,74216(9)	0,74190(8)	0,74151(8)	0,74182(8)	0,736
c [nm]	0,5263(1)	0,52592(5)	0,52610(5)	0,52655(5)	0,52653(5)	0,526
V [nm ³]	0,22478(6)	0,22441(6)	0,22446(5)	0,22484(5)	0,22510(5)	0,22647
ρ [g/cm ³]	5,670	5,677	5,677	5,667	5,662	
wt% $Y\text{MnO}_3$	44,7(7)	99,81(3)	100	100	100	
wt% Y_2O_3	9,3(4)	0,18(6)	-	-	-	
wt% Mn_2O_3	45,9(8)	-	-	-	-	
R_{wp} [%]*	3,14	3,36	3,13	3,53	3,22	

Табела 3. Параметри добијени из различитих кривих магнетизације за узорке прахова YMO240 – YMO720: Нелова температура (T_N), коерцитивно поље (H_C), Кири-Вајсова константа (θ_{CW}) и ефективни магнетни моменат (μ_{eff}).

Узорак	T_N [K]	$H_C \cdot 10^3$ [Oe]	θ_{CW} [K]	μ_{eff} [μ_B]
YMO240	42	0,742	-44	4,57
YMO360	37	0,503	-42	4,45
YMO720	37	0,501	-37	4,41

Табела 4. Вредности параметара кристалне решетке $Y\text{MnO}_3$ (a , b , c), запремина (V) и густина (ρ), као и масени удели појединих фаза добијени утрачњавањем структуре Ритвелдовом методом за двостепено синтероване узорке прахова YMO60 – YMO720.

	YMO360	YMO720
a [Å]	6.14265(8)	6.14901(9)
c [Å]	11.3862(2)	11.3786(2)
V [Å ³]	372.07(1)	372.58(1)
ρ [g/cm ³]	5.137	5.130
wt% $Y\text{MnO}_3$	97.61(1)	95.99(2)
wt% $Y\text{Mn}_2\text{O}_5$	2.39(2)	4.00(2)

Табела 5. Параметри добијени из различитих кривих магнетизације за керамичке узорке двостепено синтерованих (900 °C/1100 °C) прахова YMO240 – YMO720: Нелова температура (T_N), коерцитивно поље (H_C), Кири-Вајсова константа (θ_{CW}) и ефективни магнетни моменат (μ_{eff}).

Узорак	T_N [K]	H_C [Oe]	θ_{CW} [K]	μ_{eff} [μ_B]
YMO60	73	125	-425	4,81
YMO120	74	117	-403	4,89
YMO240	73	33	-386	4,76
YMO360	72	49	-353	4,67
YMO720	70	160	-263	4,45

Табела 6. Параметри добијени из различитих кривих магнетизације за керамичке узорке прахова YMO240 – YMO720 синтерованих на 1400 °C : Нелова температура (T_N), коерцитивно поље (H_C), Кири-Вајсова константа (θ_{CW}) и ефективни магнетни моменат (μ_{eff}).

Узорак	T_N [K]	H_C [Oe]	θ_{CW} [K]	μ_{eff} [μ_B]
YMO60	43/73	30	-473	5,27
YMO120	43/73	34	-410	4,75
YMO240	45	200	-345	4,60
YMO360	45	390	-272	4,50
YMO720	49	270	-226	4,28

Табела 7. Параметри добијени из различитих кривих магнетизације за керамичке узорке добијене синтеровањем хемијски синтетисаних прахова методом из полимерних прекурсора: Нелова температура (T_N), коерцитивно поље (H_C), Кири-Вајсова константа (θ_{CW}) и ефективни магнетни моменат (μ_{eff}).

Температура синтеровања	T_N [К]	$H_C \cdot 10^3$ [Oe]	θ_{CW} [К]	μ_{eff} [μ_B]
1300 °C	42	9000	-424	5,24
1400 °C	72	/	-557	5,08