

Универзитет у Крагујевцу  
Факултет техничких наука у Чачку

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА			
ЧАЧАК			
Број документа	22-02-2016	Принт	Број лист
012	3/7		

**НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ**  
**ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ**

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену одбрану докторске дисертације Зорана Вуковића, дипл. инж. електротехнике.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку бр.2-2607/13 од 23. децембра 2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Зорана Вуковића, дипломираног инжењера електротехнике, под насловом:

**"УТИЦАЈ ТОПЛОТНОГ ДЕЈСТВА И ФРЕКВЕНЦИЈЕ ПРИМЕЊЕНОГ МАГНЕТНОГ ПОЉА НА ФУНКЦИОНАЛНА СВОЈСТВА ФЕРОМАГНЕТНОГ НАНОСТРУКТУРНОГ ПРАХА  $Ni_{85,8}Fe_{10,6}W_{1,4}Cu_{2,2}$ "**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена Одлуком Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-484/14 од 09. септембра 2015. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата Зорана Вуковића, дипл. инж. електротехнике, под називом "Утицај топлотног дејства и фреквенције примењеног магнетног поља на функционална својства феромагнетног наноструктурног праха  $Ni_{85,8}Fe_{10,6}W_{1,4}Cu_{2,2}$ " представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у области савремених магнетних материјала.

Развој нових материјала и технологија као и њихова примена, су објективно потребе техничког и социјалног развоја друштва. Без нових материјала, тј. материјала XXI века, данас је немогуће замислити достигнућа у било којој области науке и технологије. Дефинитивно највећа улога у савременом развоју савремених материјала припада наноматеријалима. Они се већ користе у свим развијеним земљама света у најважнијим областима људског деловања (индустрији, енергетици, електроници, информатици, саобраћају, медицини, биотехнологији, одбрани итд.).

Наночестични материјали значајно се разликују по физичким својствима од одговарајућих материјала истог хемијског састава који немају наноструктуру. Својства наночестичних материјала (магнетна, електрична, механичка, оптичка и хемијска) условљена су специфичним карактеристикама самих честица, тј. њиховом величином, микроструктуром, површинским дефектима, интеракцијом међу честицама условљеном повећаном унутрашњом енергијом као и морфологијом честица. Због свих ових особина наночестичних материјала, данас се у свету доста инвестира у ову област истраживања о чему сведочи изузетан темпо спровођења фундаменталних и примењених истраживања.

Наноструктурне легуре се налазе у метастабилном стању. Приликом загревања и изотермског одгревања праха на вишим температурама, под утицајем топлотног дејства, настају структурне промене у праху. На температурама нижим од температуре кристализације одвија се процес структурне релаксације, а на вишим температурама сам процес кристализације.

Наноструктурне превлаке и прах феромагнетне легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  је добијен електролизом из еколошког амонијачно цитратног раствора са великим искоришћењем струје и великом могућности варијације параметара за добијање праха са одговарајућом величином наночестица. На овај начин су се створиле велике могућности добијања специфичних карактеристика честица на основу којих су могуће бројне примене ове легуре.

Наноструктурне легуре у систему  $\text{NiFeCuW}$  се одликују добрим електричним, магнетним и механичким својствима, високом термичком и корозионом стабилношћу као и високом каталитичком активности неких електрохемијских реакција. Могу имати широку примену као материјали за микроелектронику.



## 2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата Зорана Вуковића, дипломираног инжењера електротехнике, под насловом "Утицај топлотног дејства и фреквенције примењеног магнетног поља на функционална својства феромагнетног наноструктурног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ " представља резултат оригиналног научног рада кандидата.

Тема докторске дисертације је изузетно актуелна из разлога што се променама параметара електрохемијске синтезе, утицајем топлотног дејства и фреквенције примењеног магнетног поља на феромагнетни наноструктурни прах  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  могу остварити најоптималнија магнетна и електрична својства ове легуре.

У оквиру докторске дисертацији испитан је утицај топлотног дејства и примењеног магнетног поља на структурне промене и функционална својства наноструктурног праха легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ .

Из амонијачно цитратног купатила, при густинама струје  $J = 50, 150, 300$  и  $450 \text{ mA/cm}^2$ , на титанској катоди, исталожени су наноструктурни прахови легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  који садрже аморфну матрицу и кристале FCC чврстог раствора гвожђа, волфрама и бакра у никлу.

Применом XRD анализе на праховима електродепонованим галваностатски, при густинама струје  $J = 50, 150, 300$  и  $450 \text{ mA/cm}^2$ , показано је да се са порастом густине струје депоновања интензитети дифракционих максимума смањују, а ширина пикова повећава. То указује да са порастом густине струје депоновања расте присутност аморфне фазе у праху, а величина нанокристалита се смањује.

Резултатима термомагнетних мерења пресованих прахова легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  добијених при густинама струје депоновања  $J = 50, 150, 300$  и  $450 \text{ mA/cm}^2$ , показано је да се са порастом густине струје депоновања побољшавају магнетна својства узорака. Приликом одгревања пресованих прахова испитиване легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  масене магнетизације охлађених

узорака имају максимум након одгревања на 420 °C, док максималано повећање масене магнетизације расте са порастом густине струје депоновања.

СЕМ анализом прахова испитиване легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  изведен је закључак да на морфологију праха утиче густина струје депоновања. При мањим струјама депоновања од 50 и 150  $\text{mA/cm}^2$  дисперзна дендритна структура узорка је јако изражена, док код већих струја депоновања од 300 и 450  $\text{mA/cm}^2$  уочава се компактнија дендритна структура густо збијених грана. Степен дисперзности дендритне структуре, јако утиче на његова магнетна својства, што је узорак разруђенији магнетне својства су лошија. Електродепозијом добијени прах легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  са дендритном структуром, не може имати најбоље карактеристике магнетно меких материјала.

Анализом зависности магнетних и електричних својстава добијених прахова утврђено је да оптимална својства за практичну примену има прах добијен при густини струје депоновања од 450  $\text{mA/cm}^2$ .

Показано је да се загревањем испитиваног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  у температурном интервалу од 20 °C до 600 °C у легури одвијају структурне промене које узрокују промене специфичне електричне отпорности и термоелектромоторне силе термопара кога чине наноструктурна легура  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  и бакар. Током загревања свежег депозита до 150 °C у легури су се одвијале структурне промене које нису узроковале неповратне промене електричне отпорности и густине стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа. У температурном интервалу од 150 °C до 460 °C долази до структурне релаксације у легури. Показано је да се процес структурне релаксације најинтензивније одиграва у температурском интервалу од 150 °C до 360 °C. Структурна релаксација незнатног интензитета се одвија у температурном интервалу од 360 °C до 420 °C и нешто већа у интервалу од 420 °C до 460 °C. Интензивнија структурна релаксација узрокује и већу релативну промену густине стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа, док специфична електрична отпорност у овом температурном интервалу спорије расте. Узрок је то, што на температурама већим од 420 °C почиње стабилизација већих и теже покретљивих атома волфрама и атома бакра. Кристализацијом аморфне фазе и растом кристалних зрна FCC фазе чврстог раствора у температурном интервалу



460 °C до 520 °C значајно се повећала електрична проводност. После загревања до 600 °C, узорак је охлађен и поново загреван до 600 °C. Добијене вредности специфичне електричне отпорности су биле индентичне оним регистрованим вредностима током хлађења, што показује да се узорак кристализовао.

Методом мерења ТЕМФ-а утврђено је да процес кристализације аморфне фазе праха у температурном интервалу од 460-520 °C узрокује повећање густине стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа за око 15,6 % у односу на густину стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа релаксиране аморфне структуре. У истом температурном интервалу процес кристализације аморфне фазе праха узрокује смањење електричне отпорности за око 22% у односу на електричну отпорност релаксиране аморфне структуре праха. Према томе, нагли пад електричне отпорности након процеса кристализације аморфне фазе праха узрокован је порастом средњег слободног пута електрона, повећањем густине стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа и бољим усмерењем диполних електричних момената у праху. Са порастом температуре у интервалу од 520°C до 600°C не одвијају се значајније структурне промене, густина стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа се не мења значајно, док специфична електрична отпорност линеарно расте.

У раду је утврђена корелација између структурних промена и магнетних својстава, током и након загревања наноструктурног праха легуре  $Ni_{85,8}Fe_{10,6}W_{1,4}Cu_{2,2}$  електродепонованог при густини струје од  $450 \text{ mA/cm}^2$ , при различитим фреквенцијама примењеног магнетног поља.

Резултати теромагнетних мерења, уз помоћ модификоване Фарадејеве методе, су показали да нормализована магнетна пермеабилност охлађеног узорка зависи од температуре одгревања. У температурном интервалу од 150 °C до 420 °C најинтензивније се одвијају структурне промене које узрокују пораст магнетне пермеабилности. Максимално повећање магнетне пермеабилности охлађеног узорка, за око 20 %, у односу на почетну вредност, настаје након одгревања на 420°C. Даљим повећавањем температуре одгревања долази до смањења магнетне пермеабилности охлађеног узорка у односу на максималну вредност.

Резултати мерења добијени помоћу хистерезиографа, такође, су показали да се интезиван процес структурне релаксације праха одиграва у температурним интервалима од 150 °C до 420 °C. Након структурне релаксације, коерцитивно поље охлађеног узорка има минималну вредност при свим фреквенцијама примењеног магнетног. Овај резултат је у потпуној корелацији са одговарајућом променом магнетне пермеабилности, одређеној по Фарадејевој методи, након одгревања до 420 °C. Утврђено је да процес структурне релаксације узрокује смањење губитака активне снаге охлађеног узорка праха при свим фреквенцијама примењеног магнетног поља. Губици привидне снаге охлађеног узорка се повећавају након одгревања при свим фреквенцијама примењеног магнетног поља.

### **3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној научној области**

Зоран Вуковић је дипломирао на Вишој техничкој школи у Чачку 1993. године, на смеру Електроенергетика. На Високој школи техничких струковних студија у Чачку је дипломирао 2006. године, такође, на смеру Електроенергетика. Технички факултет у Чачку, смер Електроенергетика је завршио 2010. године.

Докторске академске студије је уписао школске 2010/11 године на Техничком факултету у Чачку, студијски програм Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул Савремени материјали и технологије у електротехници.

Радни однос на неодређено време је засновао 1998. године у Мјешовитом Холдингу „Електропривреда Републике Српске“ са седиштем у Требињу.

На докторским студијама је положио све испите предвиђене наставним планом, а као аутор или коаутор објавио следеће публикације:



## Рад штампан у часопису међународног значаја – М23

1. **Z. Vuković**, P. Spasojević, M. Plazinić, J. Živanić, M. Spasojević, „The effect of annealing temperatures on magnetic and electric properties of electrodeposited  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  alloy“, Journ. Optoelect. Advan. Mater. Vol. 16 (7-8), (2014) p. 985, ISSN 1454-4164.

## Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (М34):

1. **Z. Vuković**, M. Plazinić, J. Živanić, S. Djukić, „Electrical and thermomagnetic properties of NiFeWCu amorphous powder“, Fourteenth annual conference YUCOMAT 2012, Herceg Novi, September 2012, Book of Abstracts p. 59. доступно на <http://www.mrs-serbia.org.rs/index.php/yucomat-2012/y2012b>, COBISS.SR-ID 1538256618.
2. **Z. Vuković**, M. Plazinić, J. Živanić, S. Djukić, A. Maričić, „The influence of the depositing current density on the magnetic characteristics of amorphous alloy powder NiCoCu“, Fifteenth annual conference YUCOMAT 2013, Herceg Novi, September 2013, Book of Abstracts p. 71. доступно на <http://www.mrs-serbia.org.rs/index.php/yucomat-2013/y2013b>, COBISS.SR-ID 1538257642.
3. **Z. Vuković**, M. Plazinić, J. Živanić, M. Spasojević, A. Maričić, „The Correlation of the Electric Resistance Change and Density of the Fermi Level Electron States of the Amorphous Alloy NiFeWCu“ The Third Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application« September 29-October 1, 2014, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 97. ISBN 978-86-915627-2-4.

## 4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Зорана Вуковића, дипл. инж. електротехнике, под називом "Утицај топлотног дејства и фреквенције примењеног магнетног поља на функционална својства феромагнетног наноструктурног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ " одговара по садржају прихваћеној теми од стране Наставно–научног већа Техничког факултета у Чачку и Стручног већа за техничко–технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету и обиму истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове које треба да испуњава докторска дисертација. Докторска

дисертација је написана на 116 страна, садржи 59 слика, а цитирано је 111 библиографских наслова.

Докторска дисертација је подељена у 6 поглавља и то:

1. УВОД
2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО
4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА
5. ЗАКЉУЧАК
6. ЛИТЕРАТУРА

Уводни део описује значај развоја наноматеријала са посебним освртом на наноструктурне феромагнетне материјале добијене електродепозицијом и могућности промене њихових физичких својстава мењањем специфичних карактеристика честица.

У Теоријском делу је дата општа теорија магнетизма, као и преглед основних врста магнетног уређења. Дефинисана је магнетна енергија наночестица у склопу које је објашњен појам магнетне анизотропије и утицај магнетне енергије у формирању магнетних домена. Приказан је утицај примењеног поља на магнетне домене, циклус магнећења вишедоменске честице феромагнетика и зависност магнетних карактеристика узорка од промене димензије честице. На крају овога поглавља су представљене једнодоменске честице као и појава суперпарамагнетизма, а такође и неки параметри који се користе у наномагнетизму (време релаксације и температура блокирања).

Треће поглавље је посвећено приказу теоријских основа експерименталних метода које су коришћене за карактеризацију наночестичних узорака.

Експериментална истраживања на узорцима обухватају: рендгенску дифракцију, скенирајућу електронску микроскопију, мерење специфичног отпора методом четири тачке и мерење термоелектромоторне силе. За мерење магнетне пермеабилности и сусцептибилности узорака приказана је Фарадејева метода.

Четврто поглавље је посвећено методи синтезе и експерименталним резултатима рада са дискусијом. Приказани су сви резултати експерименталних истраживања из трећег поглавља, као и резултати мерења магнетних својстава помоћу магнетометра за наномагнетни прах  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$



Пето поглавље је усмерено на закључке до којих је кандидат дошао на основу анализе експерименталних резултата истраживања, док су у шестом поглављу набројане референце које су коришћене при анализи проблематике и интерпретацији резултата.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Зоран Вуковић је у оквиру своје дисертације прво извршио систематизацију и анализу постојећих теоријских и експерименталних знања, искустава и научних резултата у области магнетизма и приказао фундаментално објашњење феромагнетних наноструктурних материјала. Посебно је дефинисана магнетна енергија наночестица у склопу које је анализиран појам магнетне анизотропије и утицај магнетне енергије у формирању магнетних домена. Затим је приказан утицај примењеног поља на магнетне домене, циклус магнећења вишедоменске честице феромагнетика и зависност магнетних карактеристика узорка од промене димензије честице. Дато је исцрпно објашњење једнодоменске честице као и појаве суперпарамагнетизма, а такође и неких параметара који се користе у наномагнетизму (време релаксације и температура блокирања).

Реализацијом истраживачког рада кандидат је дошао до резултата и закључака који имају значај како у научно–теоријском, тако и у практичном смислу. Утврђена је корелација између структурних промена током и након загревања наноструктурног праха легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  и његових магнетних својстава при различитим фреквенцијама примењеног магнетног поља. Такође, утврђена је корелација између структурних промена током и након загревања и електричне отпорности наноструктурне легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ . Анализом резултата мерења термоелектромоторне силе (ТЕМС) термопара, начињеног од наноструктурног пресованог праха легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  -  $\text{Cu}$  проводник, дефинисане су промене густине електронског стања у близини *Fermi*-јевог нивоа  $N(E_f)$  од температуре загревања и изотермског одгревања.

Дефинисан је температурски интервал у којем испитивана легура нема битне структурне промене које утичу на електрична и магнетна својства, као и

температурски интервали у којима долази до структурне релаксације и процеса кристализације праха, а утврђене су том приликом настале промене Киријеве температуре.

Структурном релаксацијом се постиже смањење унутрашњих микронапрезања и густине хаотично распоређених дислокација, што доводи до повећања средњег слободног пута електрона, као и веће густине стања електрона у близини *Fermi*-јевог нивоа.

У температурном интервалу у коме се одигравао интензиван процес структурне релаксације, долази до побољшања магнетних својстава: смањења коерцитивне силе, повећања магнетизације засићења и смањења енергетских губитака магнетног језгра (начињеног од релаксираног праха) у испитиваном фреквентном опсегу до 6 kHz. Приказани енергетски губици релаксирани наноструктуре охлађеног узорка (на собној температури) у зависности од температуре одгревања и од фреквенције примењеног магнетног поља су битни да би се дефинисале могућности примене поменуте легуре.

Кристализацијом праха легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  долази до значајног смањења електричне отпорности и повећања енергетских губитака магнетног језгра начињеног од испитиваног праха.

Резултатима термомагнетних мерења пресованих прахова легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  добијених електродепозицијом при различитим густинама струје депоновања, показано је да се са порастом густине струје депоновања побољшавају магнетна својства узорка.

Применом SEM анализе у карактеризацији праха легуре  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$  установљено је да прах има изражену дендритну структуру и не поседује карактеристике магнетно меког материјала што је с обзиром на састав легуре било за очекивати.

## 6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Докторска дисертација кандидата Зорана Вуковића, дипломираног инжењера електротехнике под насловом "Утицај топлотног дејства и фреквенције примењеног магнетног поља на функционална својства феромагнетног наноструктурног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ " даје низ



значајних резултата који представљају нова saznaња и искуства у области савремених магнетних материјала.

Експерименталним методама и резултатима ове докторске дисертације отварају се нове теме за теоријска и практична истраживања у области испитивања карактеристика феромагнетних наноструктурних легура. Приказан је утицај параметара електрохемијске синтезе на функционална својства феромагнетног наноструктурног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ . Утицај температуре и фреквенције примењеног магнетног поља на метастабилну структуру наноструктурног праха је посебно интересантан са становишта фундаменталних истраживања магнетних особина легура. Резултати су показали да је могуће остварити промену магнетних особина испитиване легуре у зависности од температуре одгревања и фреквенције примењеног магнетног поља. Приказане су промене енергетских губитака релаксиране наноструктуре узорка (на собној температури) у зависности од температуре одгревања и фреквенције примењеног магнетног поља.

#### **7. Начин презентирања резултата научној јавности**

Као резултат рада на овој докторској дисертацији кандидат је публикувао један рад у часопису међународног значаја категорије **M23**, као и три рада у зборницима међународних научних скупова **M34**.

Комисија сматра да постојећа истраживања и резултати докторске дисертације пружају користан материјал за даљу презентацију међународној научној јавности у области савремених магнетних материјала.

#### **8. Закључак и предлог Комисије**

На основу претходно изложеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Зорана Вуковића, дипл. инж. електротехнике, доноси следећи

## ЗАКЉУЧАК

На основу анализе докторске дисертације са аспекта актуелности теме, дефинисаног проблема и циља истраживања, полазних и доказаних хипотеза истраживања, као и научног доприноса и практичне вредности добијених резултата, Комисија позитивно оцењује урађену докторску дисертацију под насловом "Утицај топлотног дејства и фреквенције примењеног магнетног поља на функционална својства феромагнетног наноструктурног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ ", кандидата Зорана Вуковића, дипл. инж. електротехнике.

Комисија сматра да је докторска дисертација резултат самосталног рада кандидата и по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Комисија истиче да је кандидат кроз свеобухватан теоријско-експериментални рад дошао до низа оргиналних научних резултата који се односе на зависност синтезе, структурних промена узрокованих топлотним дејством и фреквенцијом примењеног магнетног поља на функционална својства наноструктурног феромагнетног праха  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ .

Дакле, докторант Зоран Вуковић, дипл. инж. електротехнике и приложена докторска дисертација испуњавају све потребне услове који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета техничких наука у Чачку.

На основу претходно изнетог, предлагемо Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвати докторску дисертацију кандидата Зорана Вуковића, под називом

**"УТИЦАЈ ТОПЛОТНОГ ДЕЈСТВА И ФРЕКВЕНЦИЈЕ ПРИМЕЊЕНОГ МАГНЕТНОГ ПОЉА НА ФУНКЦИОНАЛНА СВОЈСТВА ФЕРОМАГНЕТНОГ НАНОСТРУКТУРНОГ ПРАХА  $\text{Ni}_{85,8}\text{Fe}_{10,6}\text{W}_{1,4}\text{Cu}_{2,2}$ "**

као успешно урађену и да кандидата позове на усмену јавну одбрану дисертације.



У Чачку и Београду  
Фебруара 2016. године

Чланови комисије:

1.  \_\_\_\_\_

Др Небојша Митровић, редовни професор, председник,  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу,  
Научне области: Физика, Физика и технологија материјала;

2.  \_\_\_\_\_

Др Алекса Маричић, професор емеритус, ментор,  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу,  
Научна област: Физика;

3.  \_\_\_\_\_

Др Јерослав Живанић, редовни професор, члан,  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу,  
Научна област: Теоријска и општа електротехника;

4.  \_\_\_\_\_

Др Драгица Минић, редовни професор у пензији, члан,  
Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду,  
Научна област: Физичка хемија;

5.  \_\_\_\_\_

Др Слободан Ђукић, редовни професор, члан,  
Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу,  
Научна област: Електроника.