

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

ПРИМЉЕНО 12.03.2021			
Оргјед.	Број	Прилог	Број лист
	589		

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

**Предмет:** Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата  
Радослава Сурле

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-16/12 од 20. 01. 2021 год., на предлог Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку (одлука бр. 37-2766/10 од 30. 12. 2020. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Радослава Сурле** дипл. инж. електротехнике под насловом:

**„УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА  
СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ  $Fe_{72}Cu_{1}V_{4}Si_{15}B_8$ “**

Радослав Сурла је предао рукопис докторске дисертације Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку на оцену и проверу. Чланови Комисије су имали детаљан увид у поменути рукопис, пажљиво га прегледали и проценили научни квалитет докторске дисертације, при чему су дали сугестије и на тај начин унапредили начин презентације научних резултата дисертације. На основу Извештаја о провери оригиналности докторске дисертације и Оцене ментора извештаја о провери оригиналности, достављеног 4. фебруара 2021. год, а према члану 7. Правилника о поступку провере на плагијаризам Универзитета у Крагујевцу, Комисија је констатовала да је утврђено подударање текста настало услед навођења библиографских података о коришћеној литератури, општих података о докторској дисертацији, евидентирања хемијског састава система аморфних легура („FINEMET“ систем) којем припада испитивана легура, интернационалних ознака испитиваних магнетних величина, као и претходно публикованих резултата који су проистекли из докторандових истраживања и уредно су наведена уз поштовање академских правила цитирања. Овим су се стекли сви услови утврђени Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу да Комисија поднесе Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Опис докторске дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације је метастабилна легура састава  $Fe_{72}Cu_{1}V_{4}Si_{15}B_8$ , која поред атома гвожђа као носиоца феромагнетних својстава

садржи атоме металоида/неметала, као и мање количине прелазних метала који поспешују формирање нанокристалне структуре (Cu и V). Легура у облику траке ширине 1.5 mm, дебљине 55  $\mu\text{m}$  добијена је технологијом хлађења растопа на ротирајућем диску. Накнадним контролисаним одгревањем узорака трака формирана је аморфно/нанокристална структура са специфичним електричним и магнетним својствима.

Дисертација садржи сва поглавља наведена у предлогу теме дисертације (Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература) и написана је на 124 стране, садржи 111 слика, 15 табела и 179 библиографских наслова.

У **Уводу** је истакнут значај нанокристалних легура на бази гвожђа, тј. „FINEMET“ система аморфних легура којем припада и легура  $\text{Fe}_{72}\text{Cu}_1\text{V}_4\text{Si}_{15}\text{B}_8$  истраживана у овој докторској дисертацији. У наведеном систему највише су проучаване легуре са ниобијумом-Nb: Fe-Cu-Nb-Si-B систем, те је у уводу приказан развој ових легура, њихова најзначајнија својства и примене. Магнетно мека својства ових нанокристалних легура на бази гвожђа је могуће упоредити са магнетним својствима аморфних легура на бази кобалта које су вишеструко скупље, што легури која је предмет ове докторске дисертације даје повољнији однос цена-перформансе. С обзиром да су за поједине сензорске конструкције неопходни материјали са одличним магнетно меким својствима, приказана је опција примене на бази магнетоимпедансног (МИ) ефекта.

У **Теоријском делу** су дате основне карактеристике кристалне, аморфне и нанокристалне структуре, као и методе добијања аморфних/нанокристалних структура. Детаљно је приказна метода брзог хлађења растопа легура на ротирајућем диску, којом су произведене траке истраживане у овој дисертацији, као и основна својства аморфних/нанокристалних легура. Приказане су специфичне конфигурације магнетних домена за узорке легура различитих облика, стандардна и инверзна крива магнетног хистерезиса, ефекат помераја магнетног хистерезиса, као и МИ ефекат. Посебан акценат је стављен на методе одгревања којима је могуће ефикасно обликовати већину магнетних и електричних својства значајних за примену аморфних/нанокристалних легура.

У **Експерименталном делу** најпре су приказане фазе израде генератора хомогеног магнетног поља и софтвер за израчунавање јачине магнетног поља у оси Хелмхолцових калемова. Затим су презентоване мерне методе коришћене током истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације (мерења импедансе узорака до 300 MHz, мерење магнетизације SQUID апаратуром, мерење магнетних величина модификованом Фарадејевом вагом, рендгеноструктурна анализа, Месбауерова спектроскопија, микроскоп атомских сила, скенирајући електронски микроскоп и диференцијално-термичка анализа).

У првом делу **Резултата и дискусија** анализирани су промене микроструктуре индуковане одгревањем легуре  $\text{Fe}_{72}\text{Cu}_1\text{V}_4\text{Si}_{15}\text{B}_8$ . Различитим микроскопским техникама испитане су промене морфологије и састава површине насталих одгревањем трака. XRD анализом испитана је кристалографска структура легуре за различите температуре одгревања, идентификоване су фазе настале током термичких третмана (контролисно одгревање легуре у атмосфери азота у трајању од један сат).

Затим је анализирана промена величине кристалита  $\alpha\text{-Fe}(\text{Si})$  фазе, носиоца магнетних својстава легуре, као и зависност коефицијента текстуре у односу на температуру одгревања. Детаљно су анализирани Месбауерови параметри добијени спектроскопијом одгрених узорака, на основу којих се дошло до додатних података о постојању знатно више кристалних фаза гвожђа и њиховим магнетним својствима. Овом методом је детаљно испитана и аморфна фаза која егзистира у узорку одгреним до 723 К. ДТА анализом испитана је термичка стабилност легуре, а на основу три различите брзине загревања (5 К/мин, 10 К/мин и 20 К/мин) испитана је кинетика кристализације и рекристализације методама Кисинџера и Озаве.

Детаљно је анализиран утицај температуре одгревања на магнетна својства (магнетни хистерезис и магнетоимпедансни однос), као и утицај положаја узорка у спољашњем магнетном пољу на ова својства. На основу добијених резултата утврђена је корелација структурних промена постигнутих одгревањем и магнетних својстава легуре. Термомагнетним мерењима одређена је Киријева температура аморфне фазе и Киријева температура потпуно искристалисане легуре. Детаљно је испитан МИ ефекат, одређене вредности фреквенције и магнетног поља при коме је МИ однос максималан и анализирани области линеарности и МИ осетљивости.

У **Закључку** су систематично приказани најважнији резултати докторске дисертације, тј. утицај одгревања на структурне промене и магнетна својства легуре  $\text{Fe}_{72}\text{Cu}_1\text{V}_4\text{Si}_{15}\text{B}_8$ , као и закључци о међусобној корелацији појединих магнетних својстава.

На крају дисертације су **Литература** са цитираним библиографским јединицама и **Прилози** који прате излагање обрађене проблематике. Дисертација садржи и обавезне елементе: **Биографију**, **Сажетке** на српском и енглеском језику као и **Изјаве** о ауторству, истоветности верзија и коришћењу докторског рада.

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

Докторска дисертација Радослава Сурле, дипл. инж. електротехнике под називом „УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ  $\text{Fe}_{72}\text{Cu}_1\text{V}_4\text{Si}_{15}\text{B}_8$ “, представља резултат

научноистраживачког рада кандидата у области савремених феромагнетних материјала. Испитивана легура  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  поседује нанокристалну структуру интегрисану у аморфној матрици и припада групи магнетно меких материјала.

Метастабилне легуре се контролисаним одгревањем могу трансформисати у материјале са нанокристалном структуром са побољшаним својствима. Нанокристалне легуре на бази гвожђа имају специфична магнетна и електрична својства у односу на кристалне магнетне легуре. Побољшање магнетних својстава се огледа у повећању магнетне пермеабилности, смањењу коерцитивног поља и магнетних губитака. Овим је омогућена примена ових материјала у електротехници и успешна минијатуризација различитих компоненти и електричних уређаја.

Посебан допринос дисертације је детаљна анализа структурних промена испитиване легуре применом низа експерименталних метода. Утврђено је да легура одгревана на температури од 773 К има нанокристалну структуру са најоптималнијим магнетним својствима. Месбауеровом спектроскопијом и дифракцијом X-зрачења идентификовано је више кристалних фаза, при чему њихова заступљеност (настајање, трансформације или нестајање) зависи од температуре одгревања.

Истраживањем магнетних својстава легуре  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  у облику траке, установљено је неуобичајено понашање у магнетном пољу. Наиме, код испитаних узорак трака уочене су инверзна крива магнетног хистерезиса-ИХК (хистерезис са негативном реманентном магнетизацијом-НРМ) и померање криве магнетног хистерезиса. Посебност оба ефекта је у томе што су запажени на собној температури, при чему узорци нису излагани јаком магнетном пољу. Анализом магнетних својстава и структурних трансформација индукованих одгревањем разјашњене су околности настајања уочених ефеката као и њихова корелација код испитиване легуре.

При истраживању магнетоимпедансног ефекта уочен је пораст МИ односа при високим фреквенцијама, што је од значаја за примену ове легуре као минијатурног сензора магнетног поља. Данас се у свету интензивно ради на изради врло прецизних МИ сензора који детектују мале промене интензитета магнетног поља, што им омогућава специфичне примене, нпр. у медицинској дијагностици, за израду специјалних мерних инструмената, итд.

На основу приказаних резултата и научних радова кандидата Радослава Сурле публикованих у оквиру истраживања обухваћених дисертацијом, Комисија је закључила да се ради о значајном доприносу у области савремених феромагнетних материјала.

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

На основу Потпуног извештаја о провери оригиналности докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу бр. IV-04-37/2 од 29. 01. 2021 год. и Оцене ментора о извештају о провери оригиналности докторске дисертације, бр. 268 од 3. 02. 2021. год., достављеног Комисији 4. 02. 2021. год, и увида у литературне податке које текст садржи, утврђено је да је докторска дисертација под називом „УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$ “ кандидата **Радослава Сурле** дипл. инж. електротехнике, резултат његовог оригиналног научног рада.

### 4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Радослав Сурла, дипл. инжењер електротехнике, се током докторских академских студија интензивно бавио научноистраживачким радом у области савремених материјала и технологија у електротехници. Током академског образовања кандидат је запослен на радном месту официра у Војсци Србије. До сада је публикувао три рада у међународним научним часописима (**M21-1, M22-1, M24-1**) и девет саопштења на научним конференцијама (**M33-5, M34-2, M63-2** рад бр. 11 награђен је на Конференцији ЕТРАН 2016):

Рад у истакнутом међународном часопису M22 , ИФ/2019 1,172:

1. **R. Surla**, N. Mitrović, M. Vasić, D. Minić, „The Inverted Hysteresis Loops and Exchange Bias Effects in Amorphous/Nanocrystalline  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Ribbons at Room Temperature“, Science of Sintering, Vol. 52(3) pp. 283-298, (2020), ISSN: 1820-7413.

Рад у врхунском међународном часопису M21 , ИФ/2017 1,887 :

2. M. Vasić, **R. Surla**, D. Minić, Lj. Radović, N. Mitrović, A. Maričić, and D. Minić, „Thermally Induced Microstructural Transformations of  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Alloy“, Metallurgical and Materials Transactions A, Physical Metallurgy and Material, Vol. 48a, (2017), pp. 4393-4402, ISSN: 1073-5623.

Рад у националном часопису међународног значаја M24

3. **R. Surla**, N. Mitrović, S. Đukić, V. Ibrahimović “Amorphous  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Ribbon as Magneto-Impedance Sensing Element“, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 13(3), (2016), pp. 381-394, ISSN: 1451-4869.

Радови саопштени на међународним скуповима штампани у целини М33

4. **R. Surla**, M. Vasić, N. Mitrović, Lj. Radović, Lj. Totovski, D. Minić, „Thermal Stability and Microstructural Changes Induced by Annealing in Nanocrystalline  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Alloy“, OTEH, 7<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies, 6-7 October 2016, Belgrade, Serbia, paper ID\_159. ISBN 978-86-81123-82-9.
5. **R. Surla**, N. Mitrović, J. Orelj, V. Joksimović, „The Magnetoimpedance Effect and Principles of Measuring“, TIE 2018, 7<sup>th</sup> Conference Technics and Informatics in Education, 25 – 27 May 2018, Čačak, Serbia, Proceedings pp. 328-333, ISBN 978-86-7776-226-1
6. **R. Surla**, M. Vasić, Lj. Radović, Dušan M. Minić, O. Kosić, A. Maričić, Dragica M. Minić, “Effects of Mechanical and Thermal Activations On Magnetic Properties of Nanostructured Mixture  $Ni_{85.8}Fe_{10.6}Cu_{2.2}W_{1.4}$ “, OTEH 2018, 8<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies, 11-12 October 2018, Belgrade, Serbia, paper ID\_145, ISBN 978-86-81123-88-1.
7. M. Vasić, **R. Surla**, T. Žák, N. Pizúrová, Dušan M. Minić, Dragica M. Minić, “Thermally Induced Crystallization of  $Co_{70}Fe_5Si_{10}B_{15}$  Amorphous Alloy“, OTEH 2018, 8<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies, 11-12 October 2018, Belgrade, Serbia, paper ID\_146, ISBN 978-86-81123-88-1.
8. **R. Surla**, M. Vasić, N. Mitrović, D. Minić „Synthesis and Characterization of  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Metallic Glass Ribbons Prepared by Melt Spinning Casting“ OTEH 2020, 9<sup>th</sup> International Scientific Conference on Defensive Technologies, 15-16 October 2020, Belgrade, Serbia, paper ID 116, ISBN 978-86-81123-83-6.

Радови саопштени на међународним скуповима штампани у изводу М34

9. M. M. Vasić, **R. Surla**, J. Papan, N. Begović, N. Mitrović and D. M. Minić „Thermally Induced Structural Transformations of Multicomponent  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Alloy“, PHYSICAL CHEMISTRY 2016, 13<sup>th</sup> International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 26-30, 2016, Belgrade, Serbia, Proceedings Vol. II, p. 597 ISBN 978-86-82475-33- 0.
10. N. Mitrović, **R. Surla**, A. Kalezić-Glisović, M. Kićanović, D. Minić „Magnetoimpedance Effect of Metastable  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  Alloy Ribbons“, YUCOMAT 2015 Conference, August 31 – September 4, 2015, Herceg Novi, Montenegro, Book of Abstracts p. 69 ISBN 978-86-919111-0-2.

Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у целини – М63

11. **P. Сурла**, Н. Митровић, С. Ђукић, В. Ибрахимовић „Магнетноимпедансни ефекат аморфне траке  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$ “, Зборник 60. Конференције за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ЕТРАН 2016, Златибор, 13. до 16. јуна 2016. године, ISBN 978-86-7466-618-0 стр. NM1.2.1-6. (рад награђен на секцији Нови материјали).

12. **Р. Сурла**, Н. Митровић, В. Ибрахимовић, М. Васић, Д. Минић, С. Милетић „Оптимизација магнето-импедансног сензора на бази метастабилне Fe-Cu-V-Si-B легуре“, Зборник 61. Конференције за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику, ЕТРАН 2017, Кладово, 05. до 08. јуна 2017, ISBN 978-86-7466-692-0 стр. NM1.2.1-6.

- Техничко решење „Контролисани генератор хомогеног магнетног поља у оси калемова са методом карактерисања калемова и њихове хомогености“ је у поступку признавања код надлежног Матичног научног одбора МПНТР.

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

На основу прегледа текста докторске дисертације „УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ Fe<sub>72</sub>Cu<sub>1</sub>V<sub>4</sub>Si<sub>15</sub>B<sub>8</sub>“ Комисија је утврдила да су обим, циљеви истраживања и презентовани резултати сагласни са пријављеном темом прихваћеном од стране Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. Дисертација представља оригинални научни допринос у области истраживања савремених феромагнетних материјала и у потпуности задовољава све научне, стручне и административне услове.

## 6. Научни резултати докторске дисертације

Из истраживања обухваћених овом дисертацијом до сада су публикована три рада у међународним научним часописима (M21-1, M22-1, M24-1), седам саопштења на научним конференцијама (M33-3, M34-2, M63-2), а два научна рада су у фази припреме. Свеобухватним теоријским и експериментално-истраживачким радом кандидат је дошао до следећих научних резултата:

- DTA анализом установљено је да је испитивана легура термички стабилна до око 750 K, када почињу два процеса: кристалizacionи процес у интервалу од 750 K до 780 K и процес рекристалizacionије у интервалу од 875 K до 900 K (при  $\beta = 5$  K/min).
- На термоманетној кривој ови процеси су детектовани у температурном интервалу од 745 K до 875 K (при  $\beta = 4$  K/min). Киријева температура аморфне фазе је око 615 K док код потпуно искристалисале легуре износи око 875 K.
- EDS анализом узорка одгреваног на 823 K утврђене су области богате ванадијумом (V) а код узорака одгреваног на 973 K детектоване су и области са увећаним присуством бакра (Cu).
- XRD анализом су идентификоване две нанокристалне фазе у полазној легури:  $\alpha$ -Fe(Si) и Fe<sub>23</sub>B<sub>6</sub> која се одгревањем до 723 K трансформише у Fe<sub>2</sub>B фазу. Одгревањем на 973 K (три сата) легура у потпуности кристалише, а масени однос стабилних кристалних фаза је  $\alpha$ -Fe(Si) – 91,6 % и Fe<sub>2</sub>B – 8,4 %.

- У полазној легури величина кристалита  $\alpha$ -Fe(Si) од око 40 nm се битно не мења на температурама одгревања до 773 K. Знатно повећање нанокристалита је уочено на температурама изнад 823 K.
- Кинетички параметри (енергија активације  $E_a$  и предекспоненцијални фактор  $A$ ) процеса кристализације и рекристализације, добијени применом Кисинцерове и Озавине методе, у сагласности су са литературним вредностима ових параметара за материјале сличног састава и структуре. Релативно високе вредности енергије активације последица су кооперативног учешћа већег броја атома у поменутиим процесима.
- Месбауеровом спектроскопијом потврђено је да аморфна фаза егзистира у полазној легури у уделу око 80 % и присутна је до температуре одгревања од 723 K. На основу Месбауерових параметара установљено је да постоји шест магнетних компоненти (узорци одгревани до 573 K), односно седам магнетних компоненти (узорци одгревани на 723 K и више) и једна немагнетна компонента у свим испитиваним узорцима без обзира на термички третман. У узорцима одгреваним на температурама од 773 K и више, јављају се нови подспектри.
- На основу резултата Месбауерове спектроскопије, претпостављено је да се детектована  $\alpha$ -Fe(Si) фаза састоји од различитих  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $D_0z$  и  $L_2z$  кристалних структура, од којих само  $A_2$  у потпуности одговара фази  $\alpha$ -Fe(Si).
- Пораст магнетизације засићења и МИ односа су резултат структурних релаксација током одгревања на температурама нижим од температуре кристализације. Магнетизација засићења  $M_s$  је око 18 % већа код одгреваног узорка на 773 K у односу на неодгревани узорак траке. Најмањи пораст коерцитивног поља је уочен при температури одгревања од 723 K и износи око 12,4 %.
- Код свих испитаних узорака траке методом SQUID уочена је инверзна магнетна хистерезисна крива (ИХК), тј. хистерезис са негативном реманентном магнетизацијом. Поред тога уочен је и ефекат помераја магнетне хистерезисне криве у односу на  $H=0$  осу, који је у корелацији са ИХК. Позитиван помак хистерезисне криве је најизраженији код узорка одгреваног на 723 K, при чему је код овог узорка регистровано и најмање магнетно поље при којем крива магнетног хистерезиса прелази из инверзног у нормалан смер.
- Криве инверзног магнетног хистерезиса (са НРМ) су уочене код трака краћих од 10 nm, док су код дужих узорака регистроване нормалне хистерезисне криве (са позитивном реманентном магнетизацијом – ПРМ). Експериментално је потврђен утицај изменске интеракције двају присутних магнетних фаза (магнетно меке  $\alpha$ -Fe(Si) фазе и магнетно полутврде Fe<sub>2</sub>B фазе) на ефекте инверзног магнетног хистерезиса и помераја магнетне хистерезисне криве.
- Највећа вредност МИ односа добијена је одгревањем трака на 500 °C (773 K) и износи 204 % (при  $H_{max} = 21,77$  kA/m на  $f = 7,15$  MHz). МИ однос је делимично



несиметричан за позитиван (+) и негативан (-) смер магнетног поља као последица магнећења материјала приликом првог (+) циклуса мерења и утицаја реманентне магнетизације на други (-) циклус мерења.

- Одрегвањем траке на 500 °C (773 K) оптимизована су магнетна својства, а анализом линеарности МИ односа установљено да је за овај узорак опадајући МИ однос линеаран при фреквенцији од 4,34 MHz, са осетљивошћу од око 33%/(kA/m) при  $H_{\max} = 5,08$  kA/m. Поље магнетне анизотропије ( $H_k$ ) је најизраженије код неодгреване траке, за коју је анализом линеарности при  $H_{\max} = H_k$  установљено да је МИ однос линеаран до око 2/3  $H_k$  и износи око 27 % (при  $H_{\max} = H_k = 5,19$  kA/m на  $f = 300$  MHz).

## 7. Применљивост резултата у теорији и пракси

Резултат докторске дисертације кандидата Радослава Сурле дипл. инж. електротехнике под називом „УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$ “ је синтеза и карактеризација материјала са специфичним магнетним својствима. Испитивањем магнетних својстава произведене легуре, установљено је да се она може користити за израду МИ сензора магнетног поља, којим је могуће мерити веома мале промене магнетног поља.

Истраживањем магнетних својстава легуре  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  у облику траке, установљено је неуобичајено понашање у магнетном пољу. Код испитиваних узорка трака уочене су инверзна крива магнетног хистерезиса (хистерезис са негативном реманентном магнетизацијом) и померање криве магнетног хистерезиса. Посебност оба ефекта је у томе што су запажени на собној температури, при чему узорци нису излагани јаком спољашњем магнетном пољу.

При истраживању магнетних својстава уочен је инверзни магнетни хистерезис, који се сматра неуобичајеним ефектом. Такође, уочен је ефекат помераја криве магнетног хистерезиса у односу на  $H=0$  осу, који је нашао примену при минијатуризацији магнетних меморија. Одрегвањем легуре у облику траке при температури од 773 K постижу се оптимална својства легуре  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$ . Добијена је нанокристална структура са величином кристалита  $\alpha$ -Fe(Si) од око 40 nm, која није значајно увећана у односу на неодгревану легуру, уз евидентну еволуцију аморфне фазе у нанокристалну. Овим поступком побољшана је вредност магнетизације zasiћења, уз довољно ниске вредности коерцитивног поља, тј. легура поседује веома добре карактеристике за примену у конструкцији језгара високофреквентних трансформатора. Код овако термички третиране легуре (одрегване на 773 K) уочено је и побољшање МИ односа. Регистрован је максималан МИ однос од 204 % који је знатно већи у односу на неодгревану легуру и узорке легуре одгреване на другим температурама.

## 8. Начин презентовања резултата научној јавности

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације представљају део научног рада кандидата у области науке о материјалима. Испитивања структуре и магнетних својстава легуре  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$  обухваћена овом дисертацијом су до сада резултирала публиковањем три рада у међународним научним часописима (M21-1, M22-1, M24-1), седам саопштења на научним конференцијама (M33-3, M34-2, M63-2), а два научна рада су у фази припреме.

### ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата **Радослава Сурле** дипл. инж. електротехнике под називом „УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ  $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$ “ је у сагласности са прихваћеном темом од стране Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је систематски обрадио научну проблематику метастабилних металних легура и успешно анализирао добијене експерименталне резултате током проучавања утицаја структурних промена испитиване легуре на промену магнетних својстава. Публиковани научни резултати потврђују да је тематика спроведених истраживања актуелна са становишта синтезе и добијања савремених феромагнетних материјала. Докторска дисертација је резултат самосталног рада кандидата и у потпуности испуњава све 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 наведених чињеница, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Радослава Сурле**, дипл. инж. електротехнике предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију под називом:

#### „УТИЦАЈ ОДГРЕВАЊА НА СТРУКТУРНЕ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛЕГУРЕ $Fe_{72}Cu_1V_4Si_{15}B_8$ “

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

У Београду и Чачку  
марта 2021. године.

Чланови комисије

1. Милица Васић

Др Милица Васић, научни сарадник, председник  
Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду,  
ужа научна област: природно-математичке науке-Хемија.

2. Валентин Ивановски

Др Валентин Ивановски, научни сарадник, члан,  
Институт за нуклеарне науке "Винча" – Институт од националног  
значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду  
ужа научна област: природно-математичке науке-Физика.

3. Небојша Митровић

Др Небојша Митровић, редовни професор, члан,  
Факултет техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу  
уже научне области: Примењена физика, Сензорика.

Универзитет у Крагујевцу  
Број: IV-04-37/3  
Датум: 22-03-2021  
Крагујевац

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Факултет			
Датум: 29.03.2021.			
Сед.	Број	Прилог	Бредност
	705		

**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ**  
- Проф. др Данијела Милошевић, декан -

**ЧАЧАК**

**Предмет: Обавештење о статусу материјала поводом Извештаја о оцени урађене докторске дисертације кандидата Радослава Сурле**

ВЕЗА: Ваш број 589 од 12.03.2021. године

Поштовани,

У складу са чланом 19. Пословника о раду Већа Универзитета (број III-01-127/16 од 25.02.2021. године), обавештавамо Вас да су члан Комисије за претходна питања за техничко-технолошке науке, доц. др Марко Ђапан, и надлежни проректор прегледали **Извештај о оцени урађене докторске дисертације кандидата Радослава Сурле** и констатовали да исти нема недостатке.

У том смислу, Ваш предлог испуњава услове да се упути у процедуру прописану актима Вашег факултета и актима Универзитета стављањем на увид јавности на сајт Вашег факултета.

**НАПОМЕНА:** Након истека рока у трајању од 30 дана, потребно је да нам доставите обавештење о истеку рока увида јавности на сајту Факултета техничких наука у Чачку за Извештај о оцени урађене докторске дисертације кандидата Радослава Сурле.

С поштовањем,

Проректор за наставу  
и студентска питања



Проф. др Владимир Ранковић



Проректор за  
научноистраживачки рад



Проф. др Весна Ранковић

**ДОСТАВИТИ:**

- декану Факултета;
- архиви.