

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Љубише (Томислав) Балановића

КАНДИДАТ: **Љубиша (Томислав) Балановић**

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

КОМПАРАТИВНА ТЕРМОДИНАМИЧКА АНАЛИЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ЛЕГУРА У СИСТЕМУ Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn)

Из научне области: **Металуршко инжењерство**

Универзитет је дана **07.03.2011.** године својим актом под бројем **06-4721/29-11** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **КОМПАРАТИВНА ТЕРМОДИНАМИЧКА АНАЛИЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ЛЕГУРА У СИСТЕМУ Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn)**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Љубише (Томислав) Балановића** образована је на седници одржаној **28.03.2013.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-5-3.1**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Драгана Живковић, ред. професор, екстрактивна металургија и металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Драган Манасијевић, ван. професор, екстрактивна металургија и металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
3. Др Надежда Талијан, научни саветник, наука о материјалима-инжењерство материјала, ИХТМ Београд, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **25.04. 2013.** године, под бројем: **VI/4-6-4.**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Izveštaj komisije o uradjenoj doktorskoj disertaciji kandidata Ljubiše Balanovića, dipl.inž.metalurg.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru br. VI/4-5-3.1 od 29. marta 2013. godine, imenovani smo u Komisiju za ocenu i odbranu uradjene doktorske disertacije kandidata Ljubiše Balanovića, dipl.inž.metalurg. pod nazivom: **KOMPARATIVNA TERMODINAMIČKA ANALIZA I KARAKTERIZACIJA LEGURA U SISTEMU Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn)**. Nakon pregleda uradjene doktorske disertacije i prateće dokumentacije koja nam je dostavljena na uvid, podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Naslov doktorske disertacije je **KOMPARATIVNA TERMODINAMIČKA ANALIZA I KARAKTERIZACIJA LEGURA U SISTEMU Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn)**, koja je napisana na 178 strana i sastoji se od dvanaest poglavlja.

1.2. Hronologija odobravanja u izradi disertacije

Hronologija odobravanja i izrade disertacije je protekla sledećom dinamikom:

- Dana 20. decembra 2010. god. Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru podnet je Zahtev za odobrenje teme za izradu doktorske disertacije
- Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, br.VI/4-11-9 od 23. decembra 2010. god. imenovana je Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije
- Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, br.VI/4-12-6 od 10. februara 2011. god. prihvaćen je izveštaj Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije

- Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj 07. marta 2011. god. donosi Odluku o saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije
- Nastavno-naučno veće Tehničkog fakulteta u Boru na sednici održanoj 28. marta 2013. god. imenovalo je komisiju za ocenu i odbranu doktorskog disertacije koja u ovoj formi podnosi svoj izveštaj.

1.3. Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Predmet istraživanja doktorske disertacije pripada naučnoj oblasti *metalurško inženjerstvo*, uža naučna oblast – *ekstraktivna metalurgija*.

1.4. Biografski podaci o kandidatu

Ljubiša Balanović, dipl.inž.metalurg., diplomirao je na Tehničkom fakultetu u Boru 2004. godine sa prosečnom ocenom 8,12 i stekao zvanje diplomirani inženjer metalurgije. Upisao doktorske akademske studije 2007. godine, na Katedri za metalurško inženjerstvo Tehničkog fakulteta u Boru.

U periodu od 2007. do danas radi na Tehničkom fakultetu u Boru, prvo kao volonter-pripravnik, a zatim i kao asistent-pripravnik, odnosno asistent od februara 2008., na grupi predmeta iz oblasti Ekstraktivna metalurgija i metalurško inženjerstvo na studijskom programu Metalurško inženjerstvo, i to na osnovnim akademskim studijama (Metalurgija gvožđa i čelika, Metalurgija obojenih metala i Dobijanje metalnih prevlaka), i master akademskim studijama (Termodinamika materijala, Fazne ravnoteže, Fenomeni prenosa i Karakterizacija materijala).

Još tokom studija aktivno učestvovao u naučno-istraživačkom radu i svoje prve radove izlagao na smotrama naučno-istraživačkih radova studenata. Trenutno, ima preko 35 publikovanih radova u međunarodnim i domaćim časopisima (od toga 19 radova na JCR listi) i 25 citata.

Oblasti interesovanja: termodinamika dvojnih i višekomponentnih metalnih sistema; metalurška kinetika; savremeni ekološki materijali; termodinamičko i strukturno ispitivanje bezolovnih lemnih legura.

Učestvovao na više međunarodnih i domaćih projekata. Trenutno angažovan na projektu ON 172037 MPNTR RS za ciklus 2011. - 2014., kao i na međunarodnim projektima TEMPUS MCHM (2010-2013), COST MP0903 Nanoalloys i programu bilateralne saradnje Srbije i Kine, od 2011. godine.

Tehnički je urednik časopisa Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy (kategorija M21 prema MPNTR RS), član Srpskog hemijskog društva od 2008. god., kao i član organizacionih odbora četiri međunarodna i dva domaća skupa, u periodu od 2009. - 2013. godine.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Struktura i sadržaj disertacije

Disertacija je napisana na 178 strana i sastoji se od deset poglavlja:

1. *Uvod,*
2. *Pregled dosadašnjih istraživanja,*
3. *Ciljevi istraživanja,*
4. *Eksperimentalna tehnika,*
5. *Teorijske osnove korišćenih metoda,*
6. *Rezultati i diskusija,*
7. *Zaključak i*
8. *Literatura*

Disertacija je ilustrovana sa 159 slika i 72 tabela, a u literaturnom pregledu citirano je 310 referenci.

Na kraju disertacije je, kroz Proglavlje 9. i 10., data i kratka biografija kandidata, uz pregled publikovanih i saopštenih radova iz okvira teze, redom, iz čega se uočava iskazani istraživački potencijal kandidata.

2.2. Kratak prikaz pojedinih poglavlja

U *prvom poglavlju* data su uvodna razmatranja vezana za predmet doktorske disertacije, kao i glavne odrednice vezano za značaj i doprinos ispitivanog Ga-Zn-Me (Me=Al, Sn) sistema, kao potencijalnog ekološkog elektronskog materijala.

U *drugom poglavlju* dat je literaturni pregled dosadašnjih istraživanja ispitivanog Ga-Zn-Me (Me=Al, Sn) sistema, kroz prikaz raspoloživih podataka o termodinamičkim osobinama sastavnih podсистема i kritičku procenu faznih ravnoteža i adekvatnih faznih dijagrama.

U *trećem poglavlju* detaljno su izloženi ciljevi istraživanja.

U *četvrtom poglavlju* date su karakteristike korišćenih materijala, kao i polazni podaci o ispitivanim legurama, i opisan je način pripreme uzoraka korišćenih u eksperimentalnom radu iz okvira disertacije. Takođe su predstavljene karakteristike eksperimentalnih tehnika primenjenih u radu, i to: Oelsenove kalorimetrije, diferencijalno-termijske analize (DTA), diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC), optičke mikroskopije i skenirajuće elektronske mikroskopije sa EDX (SEM-EDX).

U *petom poglavlju* date su teorijske osnove korišćenih metoda – kalorimetrije po Oelsenu, *melting point depression* formule, metoda termodinamičkog predviđanja (opšti model rastvora, Muggianu, Toop i Redlich-Kister-Muggianu model), kao i CALPHAD (CALculation of Phase Diagrams) metode.

U *šestom poglavlju* su izneti rezultati ispitivanja iz okvira predmetne disertacije, kao i diskusija tih rezultata. Najpre su predstavljeni rezultati određivanja termodinamičkih veličina - aktivnosti, koeficijenata aktivnosti, parcijalnih i integralnih molarnih termodinamičkih veličina u tečnom stanju u odgovarajućim temperaturnim intervalima za sastavne dvokomponentne sisteme (Al-Sn, Al-Zn, Al-Ga, Sn-Zn, Ga-Sn i Ga-Zn), za ispitivane preseke sastavnih trokomponentnih sistema (Al-Ga-Zn, Al-Ga-Sn i Ga-Sn-Zn) i četvorokomponentnog sistema Al-Ga-Sn-Zn, i to eksperimentalnim putem - korišćenjem Oelsenove kalorimetrije, i analitičkim putem – primenom proračuna po melting point depression formuli i RKM modela (za ispitivane dvokomponentne sisteme), kao i primenom različitih metoda termodinamičkog

predviđanja - opšti model rastvora, Toop model i Muggianu model (za ispitivane trokomponentne i četvorokomponentni sistem). Predstavljani su i rezultati komparativne termodinamičke analize rezultata dobijenih metodama primenjenim u ovom radu, kao i poređenje sa raspoloživim literaturnim termodinamičkim podacima.

U okviru karakterizacije legura odabranih sastava ispitivanih dvokomponentnih (Al-Sn, Al-Zn, Al-Ga, Sn-Zn, Ga-Sn i Ga-Zn), trokomponentnih (Al-Ga-Zn, Al-Ga-Sn i Ga-Sn-Zn) i četvorokomponentnog Al-Ga-Sn-Zn sistema, izvršene primenom termijske analize (DTA, DSC), optičke mikroskopije (LOM) i skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM-EDS), utvrđene su karakteristične temperature faznih transformacija, strukturne karakteristike i fazni sastav ispitivanih legura.

Za sve ispitivane dvokomponentne sisteme (Al-Sn, Al-Zn, Al-Ga, Sn-Zn, Ga-Sn i Ga-Zn), odabrane preseke trokomponentnih (Al-Ga-Zn, Al-Ga-Sn i Ga-Sn-Zn), i četvorokomponentni Al-Ga-Sn-Zn sistem, određeni su i adekvatni fazni dijagrami primenom CALPHAD metode i PANDAT termodinamičkog software-a na bazi poznatih termodinamičke parametara za sastavne dvokomponentne sisteme i korišćenjem rezultata eksperimentalnih ispitivanja (DTA, DSC, LOM, SEM-EDS). U slučajevima gde je bilo raspoložih literaturnih podataka, izvršeno je i poređenje sa rezultatima ostvarenim u ovom radu.

U *sedmom poglavlju* su izneti zaključci izvedeni na osnovu rezultata dobijenih u ovom radu, vezano za komparativnu termodinamičku analizu i karakterizaciju legura u sistemu Ga-Zn-Me (Me=Al, Sn) kao i njegovih sastavnih podsistema, i ukazano je na doprinos dobijenih rezultata potpunijem poznavanju navedenog sistema, kao i stvorenu bazu za dalja istraživanja u ovoj oblasti, što je od značaja za praktičnu primenu kao potencijalnog ekološkog elektronskog materijala.

U *osmom poglavlju* je predstavljena korišćena literatura, koja obuhvata 310 relevantnih referentnih navoda.

Kao što je već napred navedeno, *deveto poglavlje* se odnosi na biografiju kandidata, a u *desetom poglavlju* dat je spisak publikovanih i saopštenih radova proisteklih iz okvira ove disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

Imajući u vidu visoku javnu svest o problemima zaštite životne sredine, Evropska Unija je tokom zadnjih desetak godina dala bitnu podršku zakonodavnom rešavanju problematike upotrebe i odlaganja elektronskih komponenti koje sadrže toksične materije. Još 2006. godine, stupila je na snagu regulativa RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*), označavajući zabranu korišćenja pojedinih opasnih supstanci u proizvodnji električne i elektronske opreme, a od 2. januara 2013. godine ova regulativa je preformulisana u verziju RoHS 2, koja će biti implementirana u nacionalna zakonodavstva zemalja članica EU.

S obzirom na uvedene restrikcije u upotrebi olova u oblasti elektronike, duže od decenije traju stalni i intenzivni naučni napor u istraživanju novih ekoloških bezolovnih elektronskih materijala, a posebno lemnih materijala. Pored zahtevanih tehnoloških performansi (niska temperatura topljenja, visoka kvašljivost, dobro međupovršinsko prijanjanje uz čvrstu podlogu, odgovarajući viskozitet, električna

svojstva na različitim temperaturama, i dr.), od alternativnih bezolovnih lemnih legura se očekuje i adekvatna aplikabilnost u ekonomskom smislu, u smislu što niže cene koštanja.

Jasno je da brojnost i specifičnost zahteva koji se iziskuju od novih bezolovnih legura nije pogodovala brzom rešavanju ekološkog problema kod ove vrste elektronskih materijala, te se i dalje ulažu veliki napori istraživača širom sveta u potrazi za potencijanim supstitutom tradicionalnim materijalima.

U okviru tog združenog naučnog tima, uzimajući učešća u međunarodnim projektima COST531 (Lead-free Solder Materials) i COSTMP0602 (Advanced Solder Materials for High Temperature Application), kao i rukovodeći na dva projekta osnovnih istraživanja u oblasti hemije kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (ON142043 i ON172037), a u saradnji sa svetski priznatim institucijama koje se bave ovom temom, i Katedra za metalurško inženjerstvo Tehničkog fakulteta u Boru Univerziteta u Beogradu, se bavi istraživanjem termodinamike i faznih ravnoteža dvokomponentnih, trokomponentnih i višekomponentnih bezolovnih lemnih legura.

Kao nastavak pomenutih ispitivanja, a imajući u vidu aktuelna istraživanja pojedinih autora koji su u poslednjih par godina pokušali da dodatkom legirajućih elemenata (Bi, Al, Ag, i Ga, ili njihova kombinacija) utiču na Sn-Zn sistem u cilju poboljšanja važnih tehnoloških karakteristika, u okviru ove doktorske disertacije su razmatrane bezolovne lemne legure sistema Ga-Zn-Me Me=(Al,Sn). Sistem Ga-Zn-Al-Sn, koji predstavlja temu istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji, do sada nije ispitan i u literaturi nema podataka o njegovom termodinamičkom ponašanju, faznom dijagramu i karakterističnim termijskim i strukturnim osobinama, što je i otvorilo mogućnost za istraživački rad u ovoj oblasti.

S tim u vezi, osnovni značaj istraživanja izvršenih u okviru ove doktorske disertacije bio je usmeren na:

- (a) doprinos poznavanju termodinamičkih, termijskih, strukturnih osobina i faznih dijagrama u višekomponentnom sistemu Ga-Zn-Al-Sn za koji u literaturi ne postoje podaci,
- (b) ispunjenje zahteva zaštite životne sredine zbog odstranjivanja toksičnih metala iz komercijalnih legura sa primenom u elektronici, i
- (c) praćenje i uskladjivanje sa najnovijim normama i standardima Evropske Unije (RoHS2, WEEE, itd.).

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U disertaciji je korišćena obimna literatura koja obuhvata 310 referentnih jedinica. Radi se o člancima iz časopisa sa SCI liste novijeg datuma, kao i o relevantnim referencama za ispitivanu problematiku, na osnovu čega se korišćena literatura može oceniti kao adekvatna i aktuelna.

3.3. Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

Za uspešnu realizaciju ciljeva istraživanja i potvrđivanje postavljene hipoteze u ovoj disertaciji, koja se odnose na komparativnu termodinamičku analizu i karakterizaciju legura u sistemu Ga-Zn-Al-Sn, korišćene su: (a) opšte metode logičkog rasuđivanja i naučnog saznanja, i (b) posebne metode istraživanja koje proizilaze iz specifičnosti postavljenog problema istraživanja, i to: eksperimentalne metode, i metode modeliranja i kalkulacije.

Od eksperimentalnih metoda korišćene su:

- kalorimetrija i kvantitativna termodinamička analiza po Oelsen-u,
- termijska analiza: diferencijalno-termijska analiza i diferencijalna skenirajuća kalorimetrija, i
- metode strukturne analize: optička mikroskopija i skenirajuća elektronska mikroskopija sa EDX,

pri čemu su navedene metode odabrane kako sa stanovišta doprinosa termodinamičkom ispitivanju navedenog višekomponentnog sistema, tako i sa stanovišta optimizacije svojstava istraživanih legura imajući u vidu njihovu aplikaciju kao potencijalnih ekoloških elektronskih materijala.

U okviru korišćenih metoda modeliranja, uporedna termodinamička analiza je sprovedena primenom različitih metoda termodinamičkog predviđanja, i to: opšteg modela rastvora, Toop, Muggianu i Redlich-Kister-Muggianu, kao i kalkulacijom po CALPHAD metodi. Adekvatnu primenu navedenih posebnih metoda istraživanja u ovoj disertaciji omogućila je i primena sledećih termodinamičkih softverskih paketa: Pandat Software Version 8.0 i HSC Chemistry 4.0.

U oblasti istraživanja termodinamike, fazne ravnoteže, i karakterizacije ispitivanih legura, korišćenje navedenih eksperimentalnih i analitičkih metoda potpuno je opravdano, aktuelno i adekvatno.

3.4. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Na osnovu uradjene doktorske disertacije, dobijenih rezultata, te proisteklih publikovanih i saopštenih naučnih radova, kandidat je pokazao sposobnost za samostalni naučni rad, kao i za aktivno učešće u timskom radu.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Na osnovu dobijenih rezultata komparativne termodinamičke analize i urađene karakterizacije legura u sistemu Ga-Zn-Me (Me=Al, Sn), može se zaključiti sledeće:

- određene su aktivnosti, koeficijenti aktivnosti, parcijalne i integralne molarne termodinamičke veličine za sastavne dvokomponentne (Al-Sn, Al-Zn, Al-Ga, Sn-Zn, Ga-Sn i Ga-Zn), trokomponentne (Ga-Al-Zn, Ga-Al-Sn i Ga-Sn-Zn) i četvorokomponentne legure (Al-Ga-Sn-Zn) iz okvira ispitivanog sistema Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn) korišćenjem eksperimentalne metode (Oelsenova kalorimetrija) i metoda termodinamičkog predviđanja (opšti model rastvora, Toop, Muggianu, RKM, *melting point depression* formula) u širokom temperaturnom intervalu,
- određene su termijske karakteristike legura odabranih sastava ispitivanih preseka u navedenom sistemu Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn) i njegovih podsistema korišćenjem metoda termijske analize (DTA, DSC), i utvrđene su strukturne karakteristike primenom optičke mikroskopije (LOM) i skenirajuće elektronske mikroskopije sa energetsom difrakcijom X-zraka (SEM – EDS), i

- utvrđeni su fazni dijagrami ispitivanih preseka u navedenom sistemu Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn) i njegovim podsistemima, korišćenjem rezultata eksperimentalnih ispitivanja (DTA, DSC, SEM-EDS, LOM) i kalkulacijom, primenom CALPHAD metode na bazi poznatih termodinamičkih parametara za sastavne dvokomponentne sisteme.

Termodinamički podaci dobijeni u okviru sprovedenih istraživanja prevashodno za sisteme Al-Ga-Sn i Al-Ga-Sn-Zn, kao i za druge preseke gore pomenutih ispitivanih sistema, predstavljaju nove podatke u literaturi o termodinamičkom ponašanju ovih legura, čiji se naučni doprinos prvenstveno ogleda u upotpunjavanju i kompletiranju termodinamičkog seta podataka o ispitivanom Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn) sistemu. Validnost ostvarenih eksperimentalnih rezultata, kao i adekvatan izbor adekvatnih metoda i tačnost teorijske obrade eksperimentalnih rezultata, potvrđeni su komparacijom sa raspoloživim eksperimentalnim podacima, prevashodno za dvokomponentne sisteme i pojedine preseke ispitivanih trokomponentnih sistema, koji su pokazali dobro međusobno slaganje.

Dalje, na osnovu rezultata karakterizacije legura i proračuna faznih dijagrama stanja, u ispitivanim podsistemima višekomponentnog Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn) sistema, došlo se i do sledećih zaključaka:

- identifikovane su dve invarijantne reakcije u Al-Ga-Zn sistemu - peritektička $\text{LIQUID} + (\text{Al}) \rightarrow (\text{Zn}) + (\text{Al})$ na 282.44°C (U1) i eutektička $\text{LIQUID} \rightarrow (\text{Ga}) + (\text{Zn}) + (\text{Al})$ na 22.64°C (E1);
- u Al-Ga-Sn sistemu je identifikovana trojna (ternarna) eutektička reakcija $\text{LIQUID} \rightarrow (\text{Ga}) + \beta(\text{Sn}) + (\text{Al})$ na 18.78°C (E1);
- u Ga-Sn-Zn sistemu identifikovana je trojna (ternarna) eutektička reakcija $\text{LIQUID} \rightarrow \beta(\text{Sn}) + (\text{Zn}) + (\text{Ga})$ na 18.1°C (E1);
- u Al-Ga-Sn-Zn sistemu je identifikovana četvorna (kvarterna) eutektička reakcija $\text{LIQUID} \rightarrow (\text{Ga}) + \beta(\text{Sn}) + (\text{Zn}) + (\text{Al})$ na 16.2°C (E1),

koji predstavljaju originalan doprinos poznavanju ispitivanog sistema u aktuelnoj literaturi.

Ispitivanja obuhvaćena predmetnom doktorskom disertacijom predstavljaju deo istraživanja u okviru naučnih projekata Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, i to: *Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima* (ON172037, rukovodilac: Prof. dr Dragana Živković, ciklus 2011-2014.), kao i međunarodnog COST projekta *HISOLD - Advanced solder materials for high temperature application* (COST MP0602, rukovodilac: Dr Ales Kroupa, ciklus 2007-2011.).

Rezultati ove doktorske disertacije predstavljaju doprinos boljem i potpunijem poznavanju ispitivanog sistema. Zahvaljujući njihovoj pouzdanosti potvrđenoj kroz višestruke i uporedne eksperimentalne analize, neki od rezultati su već uvršćeni u bazu termodinamičkih podataka navedenog COST MP0602 međunarodnog naučnog projekta.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Iz uradjene doktorske disertacije proistekao je značajan broj rezultata (dato u poglavlju 4.4.), ali je realno očekivati da će spisak radova iz okvira ove teze biti proširen u narednom periodu, obzirom da se

trenutno novopripremljeni radovi nalaze na recenzijama u međunarodnim časopisima sa SCI i JCR liste, a neki radovi su u pripremi.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi

Rezultati do kojih se došlo u predmetnoj disertaciji su od značaja za proizvodnju novih ekoloških elektronskih materijala na bazi višekomponentnih legura tipa Al-Zn-Sn-Ga, pa je realno očekivati da će isti naći praktičnu primenu i u konkretnim proizvodnim uslovima. S tim u vezi, treba napomenuti da je u toku priprema tehničko-razvojnog rešenja (*novi materijal – M82*) iz okvira ove doktorske disertacije.

4.4. Verifikacija naučnih doprinosa kroz objavljene radove u časopisima

Naučni doprinos predmetne doktorske disertacije je verifikovan kroz publikacije proistekle kao rezultat istraživanja u okviru teme, o čemu svedoči pet radova objavljenih u međunarodnim časopisima M20 kategorije, kao i radovi publikovani u nacionalnim časopisima i saopšteni na skupovima međunarodnog i nacionalnog značaja, što je dato u sledećem pregledu:

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu - M22

- [1] D. Živković, **Lj. Balanović**, D. Manasijević, T.H. Grgurić, D. Ćubela, A. Mitovski, Comparative thermodynamic analysis and phase diagram prediction of the Ga–Sn–Zn system, *International Journal of Materials Research (formerly Zeitschrift für Metallkunde)*, 104 (2013) 26-34.
(ISSN 1862-5282) IF(2011)=0.830 (JCR:23/75)
<http://dx.doi.org/10.3139/146.110828>

Rad u međunarodnom časopisu - M23

- [1] **Lj. Balanović**, D. Živković, D. Manasijević, D. Minić, B. Marjanović, Calorimetric study and thermal analysis of Al-Sn system, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 111 (2013) 1431-1435.
(ISSN 1388-6150) IF(2011)=1.604 (JCR:45/73)
<http://dx.doi.org/10.1007/s10973-012-2499-8>
- [2] D. Živković, **Lj. Balanović**, D. Manasijević, A. Mitovski, Ž. Živković, N. Kostić, Calorimetric study of Al-Ga system using Oelsen method, *Thermochimica Acta*, 544 (2012) 6-9.
(ISSN 0040-6031) IF(2011)=1.805 (JCR:76/134) <http://dx.doi.org/10.1016/j.tca.2012.05.033>
- [3] **Lj. Balanović**, D. Živković, A. Mitovski, D. Manasijević, Ž. Živković, Calorimetric investigations and thermodynamic calculation of Zn–Al–Ga system, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 103 (2011) 1055-1061.
(ISSN 1388-6150) IF(2011)=1.604 (JCR:45/73)
<http://dx.doi.org/10.1007/s10973-010-1070-8>
- [4] **Lj. Balanović**, D. Živković, D. Manasijević, D. Minić, Ž. Živković, Calorimetric investigation of Sn-Zn system, *Metalurgia International*, 18 (3) (2013) 12-15.
(ISSN 1582-2214) IF(2011)=0.084 (JCR:70/75)

Rad u časopisu nacionalnog značaja - M52

- [1] **Lj. Balanović**, D. Živković, D. Manasijević, I. Marković, N. Talijan, V. Čosović, B. Marjanović, Structural and mechanical properties of some aluminum-based binary alloys, *Bakar*, 37 (1) (2012) 79-86.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini - M33

- [1] D. Živković, **Lj. Balanović**, D. Manasijević, A. Mitovski, Ž. Živković, Thermodynamic and phase diagram investigation of Al-Ga alloys, *43rd International October Conference on Mining and Metallurgy IOC11*, 12-15 October 2011, Kladovo (Serbia), Proceedings Book (Ed. by D. Marković, D. Živković, S. Nestorović), pp.621-624. (ISBN 978-86-80987-87-3)
- [2] D. Živković, T. Holjevac-Grgurić, D. Ćubela, D. Manasijević, **Lj. Balanović**, A. Mitovski, Thermodynamic study and characterization of some alloys in Ga-Sn-Zn system, *9th International Conference on Advanced Manufacturing Systems and Technology AMST11* 16-17 June 2011, Mali Lošinj (Croatia), Proceedings Book (Ed. by E. Kuljanic), pp.599-609. (ISBN 978-953-6326-648)
- [3] D. Živković, T. Holjevac, D. Ćubela, D. Manasijević, **Lj. Balanović**, A. Mitovski, Comparative thermodynamic analysis of the Ga-Sn-Zn system, *5th Symposium on Thermodynamics and Phase Diagrams*, 13 October 2011, Kladovo (Srbija), Book of Abstracts, (Ed. by D. Živković), pp.5. (ISBN: 978-86-80987-91-0)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu - M34

- [1] D. Živković, N. Talijan, **Lj. Balanović**, Ž. Živković, Thermodynamic analysis and characterization of alloys in the Al-Zn-Me (Me=Ga, Ge) systems, *COST MP0602 Final Meeting*, 22-24 June 2011, Brno (Czech Republic), Proceedings Book, pp.61.
- [2] D. Živković, **Lj. Balanović**, L. Gomidželović, D. Manasijević, N. Talijan, A. Kostov, V. Čosović, D. Minić, Thermodynamics and phase equilibria of Ga-Me (Me = Al, Au) alloys, *Thermodynamics of Alloys – TOFA 2012*, 23-28 September 2012, Pula (Croatia), Programme and the Book of Abstracts, pp.115.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini - M63

- [1] **Lj. Balanović**, L. Gomidželović, D. Živković, D. Manasijević, A. Kostov, Ž. Živković, Calorimetric investigation of some Ga-based binary systems, *9th Scientific/Research Symposium with International Participation „Metallic and Nonmetallic Materials,,*, 23-24 April 2012, Zenica, B&H, Proceedings Book (Ed. by S. Muhamedagić), pp.131-138. (ISBN 978-9958-785-26-9)

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu pregledane doktorske disertacije, kao i uvida u verifikovan naučni doprinos kroz objavljene radove u časopisima (3 rada kao prvopotpisani autor i 2 rada kao koautor u

medjunarodnim časopisima kategorije M20), Komisija za ocenu uradjene doktorske disertacije zaključuje da kandidat Ljubiša Balanović, dipl.inž.metalurg., ispunjava sve zakonske i ostale uslove za odbranu doktorske disertacije. Takodje, Komisija zaključuje da je uradjena disertacija napisana prema standardima u naučno-istraživačkom radu, kao i da ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Standardima za akreditaciju, Statutom Tehničkog fakulteta u Boru, Univerziteta u Beogradu, kao i Kriterijumima koje je propisao Univerzitet u Beogradu.

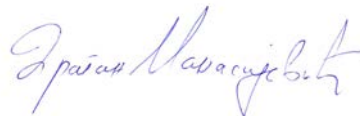
Stoga, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da prihvati pozitivan izveštaj o uradjenj doktorskoj disertaciji kandidata Ljubiše Balanovića, dipl.inž.metalurg., pod nazivom: KOMPARATIVNA TERMODINAMIČKA ANALIZA I KARAKTERIZACIJA LEGURA U SISTEMU Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn), i da isti uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da nakon toga kandidata pozove na javnu odbranu.

U Boru,
1. april 2013.

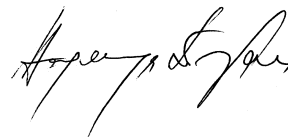
Komisija:



Dr Dragana Živković,
redovni profesor, Tehnički fakultet u Boru – *mentor*



Dr Dragan Manasijević,
vanredni profesor, Tehnički fakultet u Boru - *član*



Dr Nadežda Talijan,
naučni savetnik, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju u Beogradu – *član*

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-6-4
Бор, 26. 04. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 25. 04. 2013. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Љубише Балановића**, дипл. инж. металург. под називом: „**Компаративна термодинамичка анализа и карактеризација легура у систему Ga-Zn-Me (Me=Al,Sn)**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 07. 03. 2011. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у истакнутом међународном часопису - M22

D. Živković, **Lj. Balanović**, D. Manasijević, T.H. Grgurić, D. Ćubela, A. Mitovski, Comparative thermodynamic analysis and phase diagram prediction of the Ga–Sn–Zn system, *International Journal of Materials Research (formerly Zeitschrift für Metallkunde)*, 104 (2013) 26-34.

(ISSN 1862-5282) IF(2011)=0.830 (JCR:23/75)

Рад у истакнутом међународном часопису - M23

Lj. Balanović, D. Živković, D. Manasijević, D. Minić, B. Marjanović, Calorimetric study and thermal analysis of Al-Sn system, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 111 (2013) 1431-1435.(ISSN 1388-6150) IF(2011)=1.604 (JCR:45/73)

D. Živković, **Lj. Balanović**, D. Manasijević, A. Mitovski, Ž. Živković, N. Kostić, Calorimetric study of Al-Ga system using Oelsen method, *Thermochimica Acta*, 544 (2012) 6-9. (ISSN 0040-6031) IF(2011)=1.805 (JCR:76/134)

Lj. Balanović, D. Živković, A. Mitovski, D. Manasijević, Ž. Živković, Calorimetric investigations and thermodynamic calculation of Zn–Al–Ga system, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 103 (2011) 1055-1061.(ISSN1388-6150)IF(2011)=1.604(JCR:45/73)

Lj. Balanović, D. Živković, D. Manasijević, D. Minić, Ž. Živković, Calorimetric investigation of Sn-Zn system, *Metalurgia International*, 18 (3) (2013)12-15.(ISSN 1582-2214) IF(2011)=0.084 (JCR:70/75)

Рад у часопису националног значаја – M52

Lj. Balanović, D. Živković, D. Manasijević, I. Marković, N. Talijan, V. Ćosović, B. Marjanović, Structural and mechanical properties of some aluminum-based binary alloys, *Bakar*, 37 (1) (2012) 79-86.

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Драгана Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;

2. др Драган Манасијевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору – члан;
3. др Надежда Талијан, научни саветник на Институту за хемију, технологију и металургију у Београду – члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Доставити:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић