

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/240



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2343
Naslov projekta	Keramični materiali za 3 D strukture in preiskave funkcionalnih lastnosti
Vodja projekta	6423 Janez Holc
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8340
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1704 HIPOT-RR raziskave in razvoj tehnologij in sistemov, d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.09 Elektronske komponente in tehnologije 2.09.01 Materiali za elektronske komponente
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.02
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Keramične tridimenzionalne strukture so eno izmed pomembnih področij elektro-mehanskih komponent in sistemov. Keramika z nizko temperaturo žganja (low-temperature cofired

ceramics – LTCC) v kombinaciji z debeloplastno tehnologijo je primerna tehnologija za izdelavo takih struktur. V teh strukturah so lahko integrirani tako pasivne in aktivne elektronske komponente kot kanali, votline in membrane ter senzorske in aktuatorne komponente.

V raziskovalnem projektu smo študirali in razvijali tehnološke procese za izdelavo tridimenzionalnih keramičnih struktur, razvijali lastne in raziskovali komercialne funkcionalne in pomožne materiale, ter proučevali kompatibilnosti teh materialov s tehnologijo LTCC. Posebno pozornost smo posvetili študiju stabilnosti materialnih lastnosti (mehanskih in električnih) in stabilnosti funkcionalnih karakteristik izdelanih testnih struktur in demonstracijskih komponent in sistemov.

ANG

Ceramic three-dimensional structure is one of more important areas of the electro-mechanical components and systems. Low-temperature cofired ceramics (LTCC) in combination with a thick-film technology are suitable technologies for fabrication of such structures. In these structures not only passive and active electronic components but also channels, cavities and diaphragms as well as sensors and actuators are integrated.

Within the research project the technology and the materials were investigated for the fabrication of ceramic electromechanical components and systems. Several technological processes were developed for the fabrication of three-dimensional LTCC based ceramic structures. Also different fugitive and sacrificial volume materials were developed and tested, and some commercial available functional materials were investigated and evaluated. Special attention was paid on materials compatibility with the LTCC technology. One of the important research activities was the investigation of long-term stability of materials electrical and mechanical properties and devices' characteristics.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Poročilo po delovnih sklopih o delu na projektu:

DS1: Procesiranje 3D LTCC struktur

Študirali smo nanos žrtvovanih ali/in začasnih plasti na LTCC folije. Pri tem smo upoštevali potrebe po tankih in ravnih plasteh. Take strukture so pomembne za izdelavo zelo občutljivih senzorjev tlaka. Dimenzije takih votlin so premera več kot 10 mm ter debeline od 100 µm navzgor. Nekatere 3D LTCC strukture je možno izdelati samo s pomočjo t.i. žrtvovanih ali/in začasnih materialov. Proučevali smo možne materiale začasne plasti pri izdelavi votlin ali kanalov v strukturi. Pri tem smo študirali možno sestavo teh materialov in njihovo pripravo v obliki paste, ki je eden izmed načinov nanašanja začasnih plasti.

V ta sklop spada tudi proučevanje način odstranitve začasnih plasti iz LTCC strukture. Taka odstranitev je lahko zelo težavna v primeru dimenzijsko zelo nesorazmernih votlin v LTCC strukturah. V ta namen smo proučevali različna jedkala in tudi sam proces jedkanja. Izdelali smo vzorce 3D LTCC struktur in preizkusili različne tehnike odstranjevanja začasnih materialov. Za izdelavo 3D struktur smo uporabili nov material, ki se do sedaj še ni uporabljal za te namene. Iz tega materiala smo izdelali keramično folijo različnih debelin, ki smo jo potem uporabili za izdelavo testnih 3D LTCC struktur. Prednost novega začasnega materiala je, da ne reagira z LTCC keramičnim materialom pri temperaturi žganja obenem pa ga lahko zelo lahko odstranimo z jedkanjem z šibkimi razredčenimi kisljinami. V postopku je patentiranje postopka izdelave praznin z omenjenim novim materialom.

V okviru sodelovanja s poljsko raziskovalno skupino iz ITR, Varšava smo testirali brizgalno tiskanje prevodnih linij na LTCC keramiki. Ugotovili smo, da je metoda primerna za tiskanje prevodnih povezav.

Izpostavljeni rezultat:

- Za izdelavo praznin v LTCC 3D strukturah smo uporabili nov material s pomočjo katerega

je mogoče izdelati votline ekstremnih dimenzij, to so premer večji kot 10 mm in debeline membrane več kot 100 μm .

- Izdelane so bile testne strukture senzorjev tlaka.
- Nov pomožni material omogoča izdelavo praznin ekstremnih dimenzij.
- Postopek izdelave praznin z novo razvitim začasnim materialom smo patentno zaščitili.

DS2. Meritve lastnost materialov in 3D struktur

Ta delovni sklop je sovpadal z doktorskim delom mladega raziskovalca Kostje Makaroviča.

Preiskovali smo odvisnost fazne sestave žgane LTCC keramike od pogojev sintranja. Študirali smo vpliv pogojev žganja LTCC keramike na mehanske lastnosti. V ta namen smo se ukvarjali z metodami za določitev mehanskih lastnosti LTCC keramike.

Zasledovali smo termične, in mehanske lastnosti, mikrostrukturo, gostoto ter fazno sestavo. Za meritve mehanskih lastnosti smo uporabili dokaj novo metodo B3B, ki omogoča meritve na relativno majhnih vzorcih, to so vzorci premera 15 mm. To študija je pomembna za razumevanje vpliva pogojev žganja na karakteristike LTCC keramike iz katere se izdeluje mehansko in termično obremenjene 3D strukture. Rezultate meritev mehanske trdnosti v odvisnosti od pogojev žganja smo primerjali z ostalimi karakteristikami, kot so mikrostruktura in termične lastnosti. Z transmisijsko elektronsko mikroskopijo smo študiramo kristalizacijo anortita iz steklaste faze, ki je prisotna v LTCC. Ugotovili smo, da se kristalizacija anortita prične na korundnih zrnih.

S fazno analizo žganih vzorcev smo ugotovili, da pri temperaturah, ki so nižje kot je temperatura sintranja LTCC DuPont 951 LTCC keramike poteka intenzivno raztapljanje korunda v steklasti fazi. Pri temperaturi sintranja se prične na korundnih zrnih izločati anortit, zaradi tega se zmanjša vsebnost steklaste faze. Z zasledovanjem lomnega procesa na različno žganih vzorcih smo ugotovili, da izločen anortit na zrnih korunda spremeni lomni mehanizem ter zato rahlo poveča tudi mehansko trdnost žgane keramike. Rezultate meritev mehanske trdnosti v odvisnosti od pogojev žganja smo primerjali z ostalimi karakteristikami, kot so mikrostruktura in termične lastnosti. Na področju meritev mehanskih lastnosti smo pričeli s sodelovanjem z Montanuniversität Leoben, Institut für Struktur und Funktionskeramik, Avstrija.

Izpostavljeni rezultat:

- Vpeljali smo nedestruktivno analizo žganih vzorcev LTCC keramike s pomočjo katere lahko določimo fazno sestavo. To nam bo omogočilo nedestruktivno analizo materiala v izdelkih iz LTCC keramike.
- Uporabljena je nova tritočkovna metoda določevanja mehanske trdnosti, ki je posebno primerna za majhne vzorce. Metoda bo uporabna za določitev mehanskih lastnosti LTCC, ki so posebno pomembne za uporabo v senzorjih tlaka oziroma mehansko obremenjenih 3D strukturah.
- Uporabljena je tritočkovna 3B3 metoda določevanja mehanske trdnosti, ki je posebno primerna za meritve na majhnih vzorcih. Metoda bo uporabna za določitev mehanskih lastnosti LTCC, ki so posebno pomembne za uporabo v senzorjih tlaka oziroma mehansko obremenjenih 3D strukturah.
- Študija je pomembna za razumevanje vpliva pogojev žganja na mehanske in termične karakteristike LTCC keramike iz katere se izdeluje mehansko in termično obremenjene 3D strukture, kot na primer senzor za višje tlake.

DS3. Dolgoročna stabilnost materialov in struktur

Študirali smo karakteristike LTCC materiala pri povišani temperaturi in daljših časih žganja, kot sta temperatura in čas žganja, to je od 850 do 900°C 30 minut. Merili smo mehanske in termične lastnosti ter fazno sestavo in mikrostrukturo pri temperaturah višjih kot 900°C. Meritve mehanske trdnosti so pokazale, da pri žganju pri višjih temperaturah ne pride do poslabšanja

mehanskih lastnosti, zmanjša se količina steklaste faze, poveča pa količina anortita. Merili smo mehanske in termične lastnosti ter fazno sestavo in mikrostrukturo tudi po dolgotrajnem žganju. Ugotovili smo, da se s daljšim časom žganja spremeni fazna sestava LTCC Du Pont 951, meritve mehanskih in termičnih lastnosti so v teku.

V sodelovanju Tehnično univerzo v Brnu (Češka) smo naredili obsežne raziskave vpliva keramične 3D strukture ter debeloplastnih prevodnikov in uporov na dolgoročno stabilnost senzorjev tlaka. Pri tem smo se oprli na korelacijo med šumom debeloplastnih senzorskih uporov, šumom izhodnega signala in dolgoročne stabilnosti karakteristik senzorjev tlaka ugotovljene s tipskimi poskusi pri konstantni temperaturi podvržen različnim stopnji relativne vlage in tlačnim cikliranjem.

Izpostavljen rezultat:

- Žganje pri višjih temperaturi, kot so priporočljive za LTCC keramiko, ne spremni mehanske trdnosti materiala.
- Raziskave stabilnosti materialov in struktur so pokazale zadovoljive rezultate dolgoročne stabilnosti karakteristik keramičnih senzorjev tlaka.

DS4. Kompatibilnost z drugimi materiali

Proučevali smo kemijsko kompatibilnost materialov, ki se uporabljajo kot začasne plasti in LTCC keramiko. Ugotovili smo, da v primeru uporabe stroncijevga karbonata kot začasnega sloja pride do interakcij med steklasto silikatno fazo v LTCC. Zato smo pričeli z iskanjem novih materialov za izdelavo začasnih plasti. Pri nadaljnjih raziskavah smo ugotovili da zemljo alkalni karbonati, ki se uporabljajo za izdelavo začasnih plasti različno reagirajo s LTCC keramiko. Na osnovi teh ugotovitev je bil izbran nov material za začasne plasti.

Proučevali smo tudi vpliv začasnih plasti na prevodne plasti in vpliv prevodnih materialov na postopek uporabe začasnih plasti.

Izpostavljen rezultat:

- Določen je bil material za začasne plasti, ki je kompatibilen z zeleno LTCCC keramiko.
- Razvit je bil tehnološki postopek za uporabo začasnih plasti v primeru, ko so v stiku s prevodnimi plastmi.
- Razvit je bil postopek ne-destruktivnega odstranjevanja začasnih plasti

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Izvajanje projekta je potekalo po zastavljen vsebinskem in časovnem planu. Delo na projektu izvajajo vse sodelujoče organizacije. Med izvajanjem projekta pa smo pričeli s sodelovanjem z dvema mednarodnima inštitucijama. Z rezultati raziskav je bil redno seznanjanj sofinancer projekta podjetje HYB d.o.o., saj so raziskave na področju tehnologije LTCC ključnega pomena za nadaljnje širjenje proizvodnje v tej tovarni in sicer na področju senzorskih tehnologij. Raziskave LTCC materialov, ki so potrebni za izdelavo 3D struktur so bile usmerjene v razumevanje procesov, ki se dogajajo med postopkom žganja. Ti so ključnega pomena pri načrtovanju 3D struktur, posebno takih, ki so mehansko in termično obremenjene. Rezultati raziskav, so pokazale na korelacije med posameznimi karakteristikami LTCC materiala, ki so relevantne za razumevanje procesov, ki se dogajajo med žganjem. Na osnovi teh raziskav smo izbrali pogoje priprave, pri katerih dobimo na primer maksimalno upogibno trdnost materiala. Na osnovi študije kompatibilnosti obstoječih začasnih materialov za izdelavo praznin v 3D strukturah smo poiskali nov material, ki je kemijsko kompatibilen z LTCC in ga zelo lahko odstranimo iz 3D strukture. Postopek izdelave praznin s novim materialom smo patentno zaščitili. V okviru mednarodnega sodelovanja s Tehnično univerzo v Brnu (Češka) smo delali na obsežni študiji dolgoročne stabilnosti karakteristik keramičnih senzorjev tlaka in vpliva materialov in

konstrukcije na šum senzorjev. Študija je bila končana decembra 2013 in je izkazala visoko kvaliteto keramičnih senzorjev tlaka – tudi v primerjavi s komercialnimi silicijevimi senzorji tlaka.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Med izvajanjem projekta ni bilo sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta in tudi ne bistvenega zmanjšanja sestave projektne skupine.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	26548263	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv fazne sestave na mehanske lastnosti materiala LTCC
		ANG	The effect of phase composition on the mechanical properties of LTCC material
	Opis	SLO	Raziskovali smo vpliv pogojev žganja na mehanske lastnosti LTCC materiala. Zasledovali smo fazno sestavo, mikrostrukturo ter mehanske in termične lastnosti. Po žganju pri nizkih temperaturah je bila upogibna trdnost relativno nizka, kar je posledica večje poroznosti. Višje upogibne trdnosti smo dosegli po žganju pri višjih temperaturah ali daljših časih žganja. Mehanske in termične lastnosti smo primerjali z rezultati analize fazne sestave.
		ANG	The influence of firing conditions on phase composition was investigated by Rietveld method. The amount of crystalline phase is depending on firing time and temperature. During firing process the amount of anorthite phase increase however the concentration of alumina and amorphous phase decrease with increase firing temperature and time.
	Objavljeno v	American Ceramic Society; International journal of applied ceramic technology; 2013; 9 str.; Impact Factor: 1.384; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.774; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Makarovič Kostja, Benčan Andreja, Hrovat Marko, Holc Janez, Malič Barbara, Kosec Marija, Bermejo Raúl, Kraleva Irina	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	25060135	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Preiskave uporovnih past brez svinca na LTCC keramiki
		ANG	An investigation of lead-free thick-film resistors on LTCC substrates
	Opis	SLO	Za izdelavo uporov na LTCC keramiki so bile testirane uporabne paste brez svinca. Na osnovi preliminarnih poskusov smo pokazali na možne probleme uporabe teh past na LTCC keramiki.
		ANG	For the fabrication of resistors in LTCC ceramics leadfree resistor paste have been tested. Based on preliminary experiments, we indicate to the potential problems of use of these pastes on LTCC ceramics.
	Objavljeno v	IMAPS = International Microelectronics And Packaging Society; Proceedings; 2011; Str. 247-252; Avtorji / Authors: Hrovat Marko, Kielbasiński Konrad, Makarovič Kostja, Belavič Darko, Jakubowska Małgorzata	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
3.	COBISS ID	26161447	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza keramičnih senzorjev tlaka z meritvijo šuma
		ANG	Evaluation of piezoresistive ceramic pressure sensors using noise measurements

	Opis	SLO	Karakteristike (stabilnost ničelnega izhoda in občutljivost) senzorja tlaka so odvisne tudi od velikosti električnega šuma izhodnega signala. V članku obravnavamo meritev nizkofrekvenčnega šuma kot diagnostično orodje za ovrednotenje senzorskih karakteristik in analizo možnosti za izboljšanje resolucije senzorja. Predstavili smo korelacijo med šumom debeloplastnih senzorskih uporov in šumom izhodnega signala, ki pomembno vpliva na resolucijo senzorja.
		ANG	The sensor characteristics, i.e., offset stability and sensitivity, are always influenced by the level of electronic noise. In the article the use of low-frequency noise as a diagnostic tool for a reliability improvement was presented. We show the correlation between the noise of the sensing resistor technology and the noise of the output voltage on the measured pressure sensor.
	Objavljeno v		Strokovno društvo za mikroelektroniko, elektronske sestavne dele in materiale; Informacije MIDEM; 2012; Vol. 42, no. 2; str. 109-114; Impact Factor: 0.296; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.323; WoS: IQ, PM; Avtorji / Authors: Sedlakova Vlasta, Majzner Jiri, Sedlak Petr, Kopecky Martin, Sikula Josef, Santo-Zarnik Marina, Belavič Darko, Hrovat Marko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	25693223	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv vlage na stabilnost keramičnih senzorjev tlaka
		ANG	The effect of humidity on the stability of LTCC pressure sensors
	Opis	SLO	V članku opisujemo raziskavo vpliva vlage na dolgoročno stabilnost keramičnega senzorja tlaka narejenega v tehnologiji LTCC. Senzo, ki deluje na kapacitivnem principu je bolj občutljiv na vlago, kot senzor na piezoresistivnem principu. Pri piezoresistivnem principu je bil kriterij ničelna napetost senzorja.
		ANG	In the article the LTCC-based pressure sensors as a promising candidate for wet-wet applications was presented. The effect of the humidity on the sensor's stability can be a problem, particularly in the case of capacitive sensors. In the case of piezoresistive sensors the influence of the humidity is less critical, but it still should be considered as an important parameter when designing sensors for low-pressure ranges. In the article the stability of the sensors' offset characteristics was discuss.
	Objavljeno v		Politehnika Warszawska; Metrologia i Systemy Pomiarowe; 2012; Vol. 19, no. 1; str. 133-140; Impact Factor: 0.764; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.379; WoS: OA; Avtorji / Authors: Santo-Zarnik Marina, Belavič Darko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	23880487	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tehnologija LTCC in njena uporaba za izdelavo keramičnih mikrosistemov
		ANG	Application of LTCC technology for realisation of ceramic systems
	Opis	SLO	V prispevku smo pokazali uporabo LTCC tehnologije za izdelavo 3 D struktur. LTCC tehnologija je bila uporabljena za izdelavo elektromehanskih sistemov, to so senzorja tlaka ter kemijskega mikrosistema, to je reformerja za metanol
		ANG	In this paper, we have demonstrated the use of LTCC technology for production of 3 D structures. LTCC technology has been used for the manufacture of electromechanical systems, these are the pressure sensor and chemical microsystem, and this is the reformer for methanol.
	Objavljeno v		Profidtp; Vir znanja in izkušenj za stroko; 2010; Str. 175-180; Avtorji / Authors: Belavič Darko, Hrovat Marko, Santo-Zarnik Marina, Holc Janez,

	Jerlah Mitja, Makarovič Kostja, Kosec Marija
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

		Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	24833319	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Postopek izdelave praznin v keramičnih večplastnih strukturah
		ANG	Processing of cavities in ceramics multilayer structures
	Opis	SLO	Za izdelavo praznin v LTCC strukturah smo uporabili nov material, ki se do sedaj še ni uporabljal za te namene. Prednost novega začasnega materiale je, da ne reagira z LTCC materialom pri temperaturi žganja obenem pa ga lahko po žganju zelo lahko odstranimo. Začasni material je uporabne za izdelavo ekstremnih praznin v LTCC strukturah.
		ANG	To produce cavities in LTCC structures, we used a new material that has not yet been used for such purposes. The advantage of the new temporary fugitive materials is that do not react with the LTCC material at firing temperature and it can be very easily removed from cavities after firing. The temporary fugitive material is useful for producing cavities with extreme diameter and very thin diaphragm as a ceiling of the cavity.
	Šifra	F.33	Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; Avtorji / Authors: Holc Janez, Makarovič Kostja, Belavič Darko, Hrovat Marko, Kosec Marija, Jordan Boris	
Tipologija	2.23	Patentna prijava	
2.	COBISS ID	23947559	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mehanske lastnosti LTCC pri različnih pogojih žganja
		ANG	Influence of processing conditions on the characteristics of LTCC materials
	Opis	SLO	Preiskovali smo vpliv pogojev žganja na mehanske lastnosti LTCC materiala. Upogibno trdnost LTCC materiala smo merili na vzorcih žganih pri različnih temperaturah in časih. Za meritve upogibne trdnosti smo uporabili B3B metodo. Po žganju pri nizkih temperaturah je bila upogibna trdnost relativno nizka, kar je posledica večje poroznosti. Višje upogibne trdnosti smo dosegli po žganju pri višjih temperaturah ali daljših časih žganja. Mehanske lastnosti smo primerjali z rezultati analize fazne sestave.
		ANG	The influence of firing conditions on mechanical properties of LTCC material was studied. The biaxial flexural strength of LTCC material was measured for samples fired at different temperatures for various periods of time. The ball on three balls method was used for biaxial flexural strength testing. At the low firing temperature the material was still porous and the biaxial flexural strength was low. A higher biaxial flexural strength was reached at firing at longer time or higher temperature due to low porosity. Mechanical properties were correlated with phase composition of fired sample.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	s. n.]; Proceedings; 2010; 4 str.; Avtorji / Authors: Makarovič Kostja, Meden Anton, Hrovat Marko, Belavič Darko, Holc Janez	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	25085223	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Preiskave kvalitete tiskanja prevodnikov z brizgalnim tiskanjem na različne podlage

	ANG	An investigation of the conductive lines quality deposited by inkjet printing on different substrates
Opis	SLO	Z brizgalnim tiskanjem so bile nanesene na LTCC keramiko tanke in ozke prevodne linije. Zasledovali smo kvaliteto natisnjenih linij v odvisnosti od pogojev tiskanja. Z optimizacijo pogojev je mogoče izdelati zelo tanke povezave uporov in spajkalnih blazinic.
	ANG	Thin and narrow conductive lines on LTCC ceramics was processed by inkjet printing. Quality of printing lines was correlated with printing conditions. At optimal printing conditions narrow conductive lines between resistors and conductive pads were produced.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	IMAPS-CPMT; Proceedings; 2011; Str. 307-310; Avtorji / Authors: Sitek Janusz, Futera Konrad, Belavič Darko, Santo-Zarnik Marina, Kościelski Marek, Bukat Krystyna, Janeczek Kamil, Kuščer Danjela, Jakubowska Małgorzata	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	25795623 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Stabilnost piezoresistivnih keramičnih senzorjev tlaka
	ANG	Stability of a piezoresistive ceramic pressure sensor made with LTCC technology
Opis	SLO	V referatu je predstavljena stabilnost keramičnega piezoresistivnega senzorja tlaka na tlačno področje do 100 mbar in narejenega v tehnologiji LTCC. Testni senzorji so bili pri konstantni temperaturi podvrženi različnim stopnji relativne vlage in tlačnim cikliranjem. Rezultati na senzorjih za merjenje nizkih tlakov so pokazali zadovoljive rezultate dolgoročne stabilnosti senzorskih karakteristik.
	ANG	In the paper discusses stability issue of a piezoresistive LTCC-based pressure sensor which was designed for measurements in a low-pressure range below 100 mbar. The intrinsic stability of the sensor's offset was evaluated at the constant ambient temperature and different conditions regarding the atmospheric humidity. The sensors were also subjected to functional fatigue tests which included a full-scale and an overload pressure cycling. Nevertheless, the stability of the key characteristics of the prototype sensors was found still satisfactory for the accurate measurements in the low pressure ranges.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	International Microelectronics and Packaging Society; Proceedings; 2012; Str. 371-376; Avtorji / Authors: Santo-Zarnik Marina, Belavič Darko	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
5.	COBISS ID	26117159 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nekaj primerov LTCC keramičnih senzorjev tlaka
	ANG	Some examples of LTCC-based ceramic pressure sensors
Opis	SLO	V referatu smo predstavili načrtovalske pristope k razvoju keramičnih piezoresistivnih senzorjev tlaka narejenih v tehnologiji LTCC. V ilustracijo smo predstavili senzorje tlaka za različna tlačna področja od 0-5 kPa do 0-5 MPa.
	ANG	In the paper the design considerations of the ceramic piezoresistive pressure sensing element and some examples of LTCC-based ceramic pressure sensors were presented. Several demonstrators of LTCC-based ceramic pressure sensors were designed and fabricated for different applications and different pressure ranges (from 0-5 kPa to 0-5 MPa).
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	

Objavljeno v	MIDEM - Society for Microelectronics, Electronic Components and Materials; Proceedings; 2012; Str. 367-371; Avtorji / Authors: Belavič Darko, Santo-Zarnik Marina, Hodnik Marjan, Kocjan Sandi, Stušek Marko, Hrovat Marko, Holc Janez, Makarovič Kostja, Pavlovič Milenko
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Sodelovali smo pri organizaciji in vodenju delavnice z naslovom Mikrofluidika, ki je bila 22. maja 2012 v Ljubljani v organizaciji Centra odličnosti NAMASTE

Sodelovali smo pri organizaciji in vodenju delavnice z naslovom Workshop on Ceramic Microsystems, ki je bila v okviru Oseminštiridesete mednarodne konference o mikroelektroniki, elektronskih sestavnih delih in materialih - MIDEM 2012 [COBISS.SI-ID 263043328] od 19. do 21. septembra 2012 na Otočcu. Na spremljajoči delavnici so bili predstavljeni dosežki na področju materialov, tehnologije in njihove uporabe v elektromehanskih, kemijskih in drugih keramičnih mikrosistemih.

Vabljen predavanja na tuji univerzi

BELAVIČ, Darko. Some examples of nonconventional applications of LTCC technology.

[COBISS.SI-ID25544999]

MAKAROVIČ, Kostja. The dependence of processing conditions to the properties of LTCC

material. [COBISS.SI-ID 25545511]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

V okviru projekta smo razvijali postopke in raziskovali materiale za izdelavo keramičnih elektromehanskih komponent ali sistemov. Keramika z nizko temperaturo žganja (low-temperature cofired ceramics – LTCC) v kombinaciji z debeloplastno tehnologijo je primerna tehnologija za izdelavo takih struktur. V tem sklopu smo študirali in razvijali tehnološke procese za izdelavo tridimenzionalnih keramičnih struktur, razvijali lastne in raziskovali komercialne funkcionalne in pomožne materiale, ter proučevali kompatibilnosti teh materialov s tehnologijo LTCC. Posebno pozornost smo posvetili študiju stabilnosti materialnih lastnosti (mehanskih in električnih) in stabilnosti funkcionalnih karakteristik izdelanih testnih struktur in demonstracijskih komponent. Delo na projektu je omogočilo, da smo na raziskovalnem področju uporabe nekonvencionalnih načinov oblikovanja keramičnih struktur ohranili vidno mesto in ugled v svetu ter tudi nadaljnjo možnost sodelovanja v mednarodnih projektih in s tem dostop do najnovejših rezultatov na področju mikro elektro-mehanskih sistemov z integriranimi debeloplastnimi senzorji in aktuatorji.

Projekt je okrepil povezavo med akademsko sfero in industrijo na področju keramičnih materialov in tehnologij za elektroniko ter za elektro-mehanskih komponent ali sisteme. Večina doseženih rezultatov je novih in s tem originalnih prispevkov k stroki in znanosti.

ANG

Within the research project the technology and the materials were investigated for the fabrication of ceramic electromechanical components and systems. Several technological processes were developed for the fabrication of three-dimensional ceramic structures based on the low-temperature cofired ceramics (LTCC). Also different fugitive and sacrificial volume materials were developed and tested, and some commercial available functional materials were investigated and evaluated. Special attention was paid on materials compatibility with the LTCC technology. One of the important research activities was the investigation of long-term stability of materials electrical and mechanical properties and devices' characteristics.

The research results on nonconventional use of LTCC materials and technology and their

dissemination shows that our contributions are important within the research society, and enables to continue or to start new international projects in the field of micro-electro-mechanical systems with integrated thick-film sensors and actuators. The project has also significantly strengthened the link between academia and industry in the field of ceramic materials and technologies for the electronics and electro-mechanical components and systems. Most of obtained results are novel and therefore original contributions to science.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskovalno delo na projektu je prispevalo k novim znanjem raziskovalcev iz obeh (Odsek za elektronsko keramiko na Institutu Jožef Stefan in HIPOT-RR) razlikovalnih skupin ter možnost razvoja novih izdelkov v družbi HYB, ki je bila sofinancer projekta. Razvoj novih izdelkov na osnovi inovativne tehnologije bo povečalo konkurenčnost družbe na svetovnem trgu senzorjev tlaka.

Sodelujoča raziskovalna organizacija HIPOT-RR ter sofinancer in uporabnik rezultatov družba HYB sta v slovenski lasti in sta locirane v Jugovzhodni regiji in nedaleč od meje Evropske zveze. Na ta način projekt spodbuja tudi enakomernejši regionalni razvoj republike Slovenije. Ravno tako raziskovalni rezultati in njihova implementacija v industrijskem okolju predstavlja pozitiven vzgled sodelovanja med znanstveno-raziskovalno in podjetniško sfero. Taki pozitivni vzgledi so pomembni za spodbujanje tovrstnega sodelovanja v Sloveniji.

Delo na raziskovalnem projektu je leta 2009 prispevalo k oblikovanju programa enega od projektov v Centru odličnosti NAMASTE (Napredni nekovinski materiali s tehnologijami prihodnosti). Center odličnosti NAMASTE je multidisciplinarni in transdisciplinarni konzorcij raziskovalnih institucij in industrije. Center povezuje 10 raziskovalnih skupin, tri zasebne raziskovalne organizacije ter vrsto slovenskih tehnološko naprednih podjetij, med katerimi prevladujejo prodorna srednja in manjša podjetja. Partnerji so razpršeni skoraj po vseh Slovenskih regijah. Raziskovalni rezultati so prispevali tudi k oblikovanju dela programa v novem Razvojnem centru IN.Medica (Inovativni medicinski sistemi in metode zdravljenja). Ta Razvojni center slovenskega gospodarstva na področju industrijskega sektorja Farmacija in biotehnologija je bil ustanovljen leta 2011 in je locirano v regiji Jugovzhodna Slovenija. Širjenje (diseminacija) raziskovalnih rezultatov dviga ugled Slovenskih raziskovalnih institucij v Evropskem raziskovalnem področju.

ANG

Research work on the project improved new knowledge of researchers of two research groups (Electronic Ceramics Department at Jožef Stefan Institute and HIPOT-RR) , and introduced knowledge to industrial partner HYB d.o.o.. Based on this the Company HYB can develop new innovative products with higher added value on the global market of pressure sensors.

One of the research organizations (HIPOT-RR) and the end-user (Company HYB) are in Slovenian ownership and are located in the developing region of Slovenia and near the border of the EU. Therefore research project also improved sustain regional development of Slovenia. In additionally, research results and their implementation in the products on the market is a positive example of cooperation between the scientific-research area and the industry. Such positive example is very important to promote similar cooperation in Slovenia.

The research project contributed in creation of two new organisation structures. The first is Centre of Excellence NAMASTE (Advanced Materials and Technologies for the Future). This centre is a multi-disciplinary and trans-disciplinary consortium of research institutions and industry, which include ten research groups, three private research organizations and a number of Slovenian high-tech companies. The partners are distributed almost in all Slovenian regions. The second is Development Centre IN.Medical (Innovative Medical Systems and Treated Methods), which was founded in the year 2011 and it is located in South-Eastern region of Slovenia.

The dissemination of the research results increases the reputation of the Slovenian research institutions in the European research area.

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	
Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	
Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	

		<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	

Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Osnačite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

Sofinancer			
1.	Naziv	Hyb d.o.o	
	Naslov	Levičnikova cesta 34, 8310 Šentjernej	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	104.262,15	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	
	1.	Referati na mednarodnih konferencah (npr. COBISS 24080935, 25201447, 26116391) o raziskavah in izboljšanju mehanskih lastnosti LTCC keramike, prispevajo k dvigu ugleda družbe HYB na področju sensorike	B.03
	2.	Vodenje raziskav v sklopu razvojnega programa družbe HYB s kratkim naslovom KeraMEMS	D.08
	3.	Prišli smo do spoznanj, ki nam omogočijo razumevanje mehanizma vpliva tehnološkega procesa na mehanske lastnosti LTCC keramike.	F.02
	4.	Raziskovalni rezultati omogočajo kontrolo in tudi izboljšanje mehanske lastnosti LTCC keramike, kar pomaga k izboljšanju karakteristik keramičnih senzorjev tlaka.	F.07
	5.		
		Raziskave na področju materialov za elektronske komponente so bile usmerjene v študij in proučevanje materialov in tehnologije keramike z nizko temperaturo žganja imenovane LTCC (Low Temperature Cofired	

	Komentar	Ceramic). Še posebej aktualni so rezultati nastali pri proučevanju mehanskih lastnosti LTCC materialov. Mehanska trdnost in elastičnost materiala so ene izmed ključnih lastnosti keramičnih senzorjev tlaka s katerimi družba HYB prodira na področje industrijske elektronike in avtomobilske uporabe. Ti in ostali rezultati projekta L2-2343 so neposredno uporabni v razvojnem programu družbe HYB s kratkim naslovom KeraMEMS. Ta razvojni program temelji na novih materialih in tehnologijah ter je usmerjen v povečanje konkurenčnosti družbe na obstoječem proizvodnem programu družbe (senzorji tlaka) in odpiranju novih tržnih možnosti na področju keramičnih mikrosistemov. Objektni cilj programa je prenos nove LTCC tehnologije in znanja v proizvodnjo, ter izdelava pilotne serije. Uspešnost programa KeraMEMS je močno odvisna tudi od povezave z raziskovalnimi organizacijami, kar nam ta aplikativni raziskovalni projekt omogoča.
	Ocena	Potrjujemo, da so rezultati raziskovalnih aktivnosti v sklopu aplikativnega raziskovalnega projekta "Keramični materiali za 3D strukture in preiskave funkcionalnih lastnosti" (Šifra ARRS: L2-2343) bili izvedeni v skladu z načrtovanimi raziskovalnimi aktivnostmi družbe HYB. Rezultati raziskovalnega projekta doseženi v raziskovalnem projektu so izpolnili pričakovanja družbe in jih že vključujemo v razvojne programe družbe.

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Keramiko z nizko temperaturo žganja (low-temperature cofired ceramics – LTCC), ki se navadno uporablja kot podlaga v večplastnih keramičnih elektronskih vezjih, se vedno več uporablja za izdelavo kompleksnih, a zanesljivih, 3D keramičnih mikrosistemov. Z kvantitativno rentgensko analizo fazne sestave ter z analizo mikrostrukture s pomočjo elektronskega mikroskopa smo pokazali, da v materialu, ki je pred žganjem kompozit stekla in korunda, iz stekla kristalizira anortit, po predhodnem delnem raztapljanju korunda v steklo. Kristalizacija anortita pomembno prispeva k zmanjšanju koeficienta termičnega raztezka, ne vpliva pa bistveno na mehanske lastnosti materiala. Z raziskavami na tem področju smo prišli do pomembnega znanstvenega dosežka. Ugotovili smo, da kristalizacija anortita zmanjšuje delež stekla v žganem vzorcu LTCC materiala, tako je tak material bolj odporen na deformacije med žganjema ali pri ponovnem žganju.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Za pomemben družbeno-ekonomski dosežek štejejo uporabo raziskovalnih rezultatov pri razvoju keramičnih senzorjev tlaka narejenih na osnovi LTCC tehnologije. Primerjalne raziskave so pokazale, da je ustrezno narejen keramičen senzor tlaka boljši od najbolj razširjenega silicijevega senzorja tlaka. Bolje se obnaša v temperaturno zahtevnejših pogojih, bolje prenaša agresivne medije. Tlačna občutljivost je sicer slabša, vendar je dolgoročna stabilnost boljša in pri uporabi ustreznih materialov je tudi šum senzorskega signala manjš

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Janez Holc

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.3.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/240

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložko/-i k temu poročilu. Vzorec

diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitve dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00

41-83-18-92-DA-2E-39-D4-70-5B-F7-28-1E-63-9F-4B-F1-E8-F1-A5