

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/7



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0257
Naslov programa	Sistemi na čipu z integriranimi mikromehanskimi, s THz, z optičnimi, z magnetnimi in z elektrokemijskimi senzorji
Vodja programa	1927 Janez Trontelj
Obseg raziskovalnih ur	42500
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.09 Elektronske komponente in tehnologije
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program je interdisciplinarni. Za uspešno realizacijo programa je bilo potrebno poznati teoretična izhodišča fizike, razumevanje dimenzij pod 10 nanometrov, tako imenovano znanost nanodelcev, specifična znanja iz mikroelektronskih tehnologij, kemije in diskretne matematike ter seveda elektronike v najširšem smislu. Zato so bili v programski skupini prisotni tako fiziki in elektroniki, ki so se specializirali za omenjena področja.

Raziskovalna vsebina je izrazito usmerjena v preverjanje teoretičnih spoznanj z eksperimentalnimi rezultati v laboratoriju in v prenos teh spoznanj v industrijo. Raziskovalna vsebina posega na področje, ki se v svetovnem merilu najhitreje razvija in ima enega najpomembnejših vplivov na razvoj in gospodarsko rast.

Najpomembnejši dosežki programa so: izjemno občutljiv umetni nos, senzor THz valovanja in senzor za zaznavo sterilnosti rok osebja v bolnišnicah.

ANG

The research program is to a large extent interdisciplinary, and for its successful implementation multiple fields of knowledge was needed. This includes a theoretical understanding of the physical phenomena involved, an understanding of the phenomena below 10 nanometres (the so called nano-particle science), specific expertise in microelectronic technologies, chemistry and discrete mathematics and, of course, the electronics in a broader sense. Therefore a number of physicists, electronic engineers and other scientists specialized in the listed fields were needed in the program group.

The proposed research contents are focused on the verification of theoretical developments in the laboratory experiments and using this expertise in the industry. The research content is in the field that is presently advancing most rapidly and has a decisive impact on the general progress and the economic growth rate.

The most important achievements of the research program are: extremely sensitive artificial nose, THz sensor system and hospital staff hands sterility detection sensor.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

ELEKTRONSKE NANOTEHNOLOGIJE: Zasnovali smo malošumni inercialni MEMS in podeljen je mednarodni patent za krmilni princip (4 DER). Raziskovalno delo na področju senzorjev za zaznavanje kemijskih in bioloških substanc je rezultiralo v izjemno občutljivem senzorskem sistemu za zaznavanje molekul eksplozivov v zraku. Senzorski sistem sestavljajo funkcionalizirani MEMS diferencialni senzori z optimizirano geometrijo, ki so bili realizirani v laboratoriju LMFE ter izjemno občutljivega integriranega elektronskega vezja ASIC v 250nm CMOS tehnologiji, ki smo ga načrtali v LMFE. S tem sistemom lahko zaznavamo 3 molekule TnT med 10^{12} molekulam zraka. V letu 2012 smo v pomembni mednarodni reviji IEEE Sensors objavili članek (1 ZR). Članek in referati so vzbudili veliko zanimanje v svetu in imeli smo že obisk iz Nemčije ter nekaj povpraševanj, kako bi prenesli ta znanstveni rezultat v industrijo. V drugi polovici leta 2013 smo nadaljevali z delom na omenjenem področju in sicer pri načrtovanju ASIC vezja v 120nm CMOS tehnologiji za nizkošumno procesiranje signalov iz kapacitivnega senzorja, kjer je cilj po eni strani povečati občutljivost elektronskega vezja za velikostni razred ter omogočiti učinkovito malošumno procesiranje signalov iz do 16 različno modificiranih senzorjev. Problematiko smo predstavili na vabljenem predavanju [COBISS.SI-ID [10163540](#)] in znanstvenem članku [COBISS.SI-ID [10372692](#)].

PREHOD MIKROELEKTRONIKE V NANOELEKTRONIKO: Zmanjšanje preklonih šumov in porabe moči nanometrskih vezij dosežemo s serijskim prenosom signala ure, z uporabo nove vrste registrov ali s prehajanjem stanj avtomata na obeh frontah signala ure. Izdelali smo koncept in HDL opis modula za sekvenčno razdeljevanje aktivnosti, ki omogoča uporabo obstoječih orodij za sintezo energijsko varčnih sistemov in hkrati dopušča inovativne postopke na drugem nivoju. Objavljen je članek v mednarodni reviji ter podeljen mednarodni patent (2 ZR, 3 DER).

V drugi polovici leta 2013 je predlagana sprememba kaskadnega decimacijskega filtra CIC s cevovodno topologijo v kateri onemogočimo direktno pot signala iz integracijske stopnje v stopnjo s končnim odzivom. Nova struktura omogoča enostavnejši časovni potek in manjše število elementov. Na tej osnovi se zmanjša tudi preklonni šum, kar omogoča manjšo porabo moči in večjo natančnost obdelave signalov v analognem delu integriranega vezja.

Končano je načrtovanje integriranega merilnika električne energije v 120nm BCD tehnologiji za podjetje Iskraemeco. Vpeljali smo povečano uporabo metod DSP, vgrajeno testiranje (BIST) in avtokalibracijo. Doseženi rezultati so skladni s planom, nekateri rezultati pa celo boljši od predvidenih.

V sodelovanju s pomembnim mednarodnim podjetjem ST Microelectronics smo zasnovali in načrtovali merilni del števca električne energije v 90nm CMOS tehnologiji, ki vsebuje vse potrebno analogno in digitalno procesiranje za precizijski 3-fazni merilnik kjer rešujemo vplive kratkih kanalov in ostale probleme modernih tehnologij. V tem projektu smo razvili tudi načrtovalsko metodologijo za mešana analogno-digitalna vezja v pod 100nm CMOS tehnologijah, ki jo sedaj uporabljajo načrtovalci v podjetju STMicroelectronics za načrtovanje kompleksnih mešanih analogno-digitalnih integriranih vezij.

Objavljeni so tudi prispevki na mednarodni konferenci in v pomembni mednarodni reviji, kjer predstavljamo rešitve vgrajene testabilnosti pri mešanih analogno-digitalnih sistemih.

Načrtovanje kompleksnih mikroelektronskih sistemov zahteva modeliranje sistemov na visokem hierarhičnem nivoju, zato smo pripravili metodologijo načrtovanja »top-down«.

Objavljeno je poglavje v knjigi na to temo [COBISS.SI-ID [8683860](#)].

V letu 2013 je bila uspešno zaključena doktorska disertacija z naslovom Nadzorovanje merilnega kanala v elektronskih števcih električne energije v realnem času in ob prisotnosti šuma kandidata Roka Ribnikarja. Nekateri prispevki na temo vgrajene testabilnosti so bili objavljeni na mednarodnih konferencah.

MIKRO IN NANO SENZORSKI ELEMENTI: Zasnovana in uspešno je bila realizirana vhodna ojačevalna stopnja za NMR merilni sistem, kjer je spremenljivka stanja, ki jo opazujemo električno polje namesto magnetnega polja. Objavljen je članek na to temo.

Na področju kemijskih senzorjev so bili v tehnologiji LMFE izdelani senzorji, ki omogočajo zaznavo parne koncentracije eksploziva v razmerju 1 molekula eksploziva proti deset tisoč milijard molekul zraka. Taka občutljivost je seveda omogočena tudi z zasnovano vezja ASIC, ki je zmožno meriti desetinko atofarada v času 1 sekunde. Tako vezje so strokovnjaki LMFE že načrtali.

Raziskovalno delo na področju mikro in nano senzorskih elementov in sistemov smo nadaljevali tudi v drugi polovici leta 2013 s ciljem povečati občutljivost kemijskega senzorskega sistema za dva velikostna razreda, kjer en velikostni razred prinese elektronika, ostalo pa optimizirana geometrija in tehnologija senzorjev.

Načrtani in izdelani so bili senzorji na osnovi polprevodnega oksida SnO_2 dopiranega z Sb_2O_3 na toplotno izolirani tanki membrani. Postopek izdelave senzorja je kompatibilen s procesi CMOS z dodatnima moduloma za kontaktiranje senzorja s platinastimi elektrodami in samim postopkom nanosa in oblikovanja senzorske plasti. Meritve so bile doslej opravljene za etanol. Rezultati so vsaj za velikostni razred boljši od kapacitivnih senzorjev.

V drugi polovici leta 2013 so bili okarakterizirani senzorji na osnovi polprevodnega oksida SnO_2 dopiranega z 0%, 1%, 2%, in 5% Sb_2O_3 za različne alkohole (etilni alkohol, izopropilni alkohol, butilni alkohol) in primerjalno na vodo (zračno vlago). Rezultati, zlasti za senzorje dopirane s 5% Sb_2O_3 kažejo na veliko selektivnost med vodo (najpogostejše prisotna sestavina zraka kot vlaga) in alkoholi za delovne temperature 300 – 450°C. Razmerje med odzivnostjo alkohol:voda znaša od 100 (etanol) do 1600 (izopropanol).

V zadnjih letih se odpira popolnoma novo področje uporabe elektromagnetnega valovanja, ki je bilo do sedaj manj raziskano, to je območje od 0,1THz do 10THz in se imenuje teraherčno (THz) področje. To področje je uporabno tam kjer so do sedaj prevladovala tehnologije rentgenskih žarkov, radioaktivno žarčenje in podobno. Prednost THz valovanja je namreč, da prodira skorajda v vse nekovinske materiale in tkiva. THz valovanje ne povzroča škode na živih bitjih niti na drugih materialih, saj je to neionizirajoče sevanje.

V obdobju od 30.6.2013 do 31.12.2013 je bil zasnovan prenosni THz sistem, ki je uporaben predvsem za industrijsko uporabo.

V okviru raziskovalnega programa se je LMFE uspešno vključil v razvoj teraherčnih senzorjev in dosegel odmevne rezultate. Izjemen dosežek je namreč senzor, ki deluje pri sobni temperaturi in ki ima najboljše lastnosti v primerjavi z znanimi in publiciranimi rezultati v svetovni strokovni literaturi. Prav zaradi tega je LMFE že vložil patentno prijavo v Angliji, ki je na tem področju poleg ZDA najdlje. Prav tako je LMFE Slovenijo postavil na imenitno mesto v deželah NATO, saj je povabljen, da sodeluje na poligonu kjer bodo prikazani najboljše dosežki na področju THz slikanja. Gre torej za svojevrsten dokaz uspeha slovenske znanosti. Priznanje Sloveniji je tudi soglasno sprejet sklep, da bomo v letu 2014 v Sloveniji organizirali NATO THz konferenco.

Raziskovalci LMFE so se udeležili evropskega srečanja v Varšavi, kjer so vabljene države (Nemčija, Norveška in Slovenija) demonstrirale zadnje dosežke na področju. Vabilo Sloveniji predstavlja posebno priznanje našim dosežkom, ki so bili deležni izjemne pozornosti.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Ocenjujemo, da je stopnja realizacije projekta odlična. Vsi zastavljeni cilji v tem obdobju so doseženi ali pa celo preseženi.

LMFE je pridobil vlogo eksperta v vodilni firmi STMicroelectronics. Prav tako je postal pomemben član raziskovalnega projekta senzorjev barvne svetlobe skupaj s firmo Infineon in Carinthia University of Applied Sciences

Še posebej naj poudarimo, da je Slovenija skupno z Nemčijo in Kanado povabljen na prikaz

THz sistema na poligonu, ki ga organizira NATO. Gre za priznanje odličnosti slovenske znanosti. Tudi na ostalih področjih raziskave potekajo skladno z načrtom.

Doseženi so bili izjemni rezultati na področju mikro in nano senzorjev. Člani programske skupine so načrtali in v večini v LMFE izdelali vrsto mikro in nano senzorjev in senzorskih sistemov, med njimi izstopajo magnetni MEMSi, kemijski in biološki, THz, sistemi za merjenje energije, za varovanje okolja, zajem THz slike, za brezžični prenos senzorskih signalov ipd.

RAZISKAVE METOD IN SISTEMOV ZA DETEKCIJO MOLEKUL NEVARNIH SNOVI V ZRAKU
Nova generacija senzorjev par eksplozivov TNT in RDX temelji na kemijsko modificiranih miniaturnih MEMS senzorjih in izjemno občutljivem integriranem elektronskem vezju za zaznavanje sprememb kapacitivnosti MEMS senzorja. Sistem predstavlja najmanjši in najbolj občutljivejši senzorski sistem za zaznavanje par eksplozivov v zraku (3ppt za TNT in 0.5ppt za RDX v času 1 sekunde), z najmanjšo porabo moči. Zanimanje mednarodne industrije kot sta Infineon technologies in Thales Avionics kaže na veliko odmevnost po objavi rezultatov na mednarodnih konferencah in v reviji.

SISTEM ZA ZAJEMANJE THz SCENE (PATENTNA PRIJAVA)

Sistem, ki smo ga razvili v laboratoriju za mikroelektroniko ima centralno frekvenco zaznave pri 300GHz (0,3THz). LMFE je razvil mikro bolometrijski senzor za THz in je trenutno najboljši na svetu od tistih, ki delujejo pri sobni temperaturi. Ekvivalentna šumna moč senzorja je v območju 5pW/√Hz, njegova občutljivost pa je v območju 1000V/W. Največji dosežki pri projektu THz so inovativna izdelava THz senzorja s planarnim procesom, inovativna priključitev in zajem signala ter inovativna vakuumška inkapsulacija, ki omogoča še boljše rezultate. Za vse prej opisane inovativne postopke in inovacije je vložena patentna prijava. Kot demonstrator tehnologije je bil v LMFE izdelan tudi prenosni THz sistem, ter tudi preizkušen na terenu v različnih vremenskih razmerah. Brez težav je bil zaznan skrit predmet na razdalji 5m od THz sistema (tapetniški nož, plastična pištola). Razvit je bil THz senzor z najboljšimi do sedaj znanimi lastnostmi pri sobni temperaturi. S tem senzorjem smo se uvrstili med tri najboljše države NATO izbrane za prikaz na poligonu in za organizacijo NATO THz konference 2014 v Sloveniji.

5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁴

Ni bilo sprememb raziskovalnega programa.

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25306919	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Površinsko funkcionalizirani COMB kapacitivni senzorji in CMOS elektronika za detekcijo sledi par eksplozivov	
	ANG	Surface-functionalized COMB capacitive sensors and CMOS electronics for vapor trace detection of explosives	
	SLO	Opisan je miniaturni detekcijski sistem, ki je sposoben selektivne zaznave par različnih eksplozivov in sicer: pojasni principe delovanja ter primerja lastnosti optičnega in elektronskega odjema, pojasni princip delovanja modificiranega kapacitivnega senzorja, prikaže MEMS realizacijo kapacitivnega senzorja ter principe kemijske funkcionalizacije, elektronski merilni sistem ter postopek optimizacije šumov, kalibracijo ter oceno občutljivosti, systemske simulacije, realizacijo in implementacije merilnega sistema, princip delovanja generatorja par ter nekatere začetne merilne rezultate v laboratoriju. Sledi izračun občutljivosti in prikaz meritve odzivov na pare RDX v zraku. Doseženi so odlični rezultati občutljivosti: 3ppt za TNT in 0.5ppt za RDX.	
Opis		Miniature detection system capable of selective detection of vapor traces of different explosives is presented. The article presents: the principles of operation, compares optical and electronic detection systems, explains the function of chemical modification. It presents the implementation of MEMS	

			ANG	differential sensor, and procedure for chemical functionalization. Electronics and noise optimization is a key procedure to achieve excellent sensitivity. The article describes also the calibration procedure, system level simulations and its results, implementation of a complete measurement system, implementation of vapor generator used for laboratory measurements and some initial laboratory and field measurements. The resulting sensor system has excellent sensitivity that is in the range of 3ppT for TNT and 0.5ppt for RDX.
	Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE sensors journal; 2012; Vol. 12, no. 5; str. 1048-1057; Impact Factor: 1.475;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.269; WoS: IQ, OA, UB; Avtorji / Authors: Strle Drago, Štefane Bogdan, Nahtigal Uroš, Zupanič Erik, Požgan Franc, Kvasić Ivan, Maček Marijan, Trontelj Janez, Mušević Igor		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	9127252	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Detektor THz signalov, ki delujejo na principu mešanja na NMOS tranzistorju	
		ANG	A self-mixing NMOS channel-detector optimized for mm-wave and THZ signals	
	Opis	SLO	Predstavljen je razvoj NMOS detektorja teraherčnih signalov, ki je integriran skupaj z nizkošumnim ojačevalnikom in prilagojeno slot in dvojno dipol anteno. Detektor je optimiziran na milimeterske valove (300 GHz), z minimalno občutljivostjo (NEP) 320pW/√Hz. Celoten merjen šum na izhodu ojačevalnika z ojačenjem 46 dB ne presega 2.1 μV/√Hz.	
		ANG	Operations of a self-mixing terahertz signal detector combined with a low noise amplifier and a properly balanced - folded dipole or slot antenna for concentrating millimeter wave signals to NMOS detectors is described. The detector was optimized to 300 GHz signals. Achieved noise equivalent power (NEP) was estimated to 320 pW/√Hz while the total output referred noise of 2.1 μV//√Hz was measured at amplifier gain of 46 dB.	
	Objavljeno v	Springer; Journal of infrared, millimeter, and terahertz waves; 2012; Vol. 33, no. 6; str. 615-626; Impact Factor: 1.120;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.38; WoS: IQ, SY, UB; Avtorji / Authors: Pleteršek Anton, Trontelj Janez		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	9033300	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Sledenje, kontrola in diagnoza s pomočjo tehnologije RFI	
		ANG	Monitoring, control and diagnostics using RFID infrastructure	
	Opis	SLO	V članku je predstavljamo sistem za preverjanje dezinfekcije rok pri osebah, ki vstopajo v prostore, kjer so najstrožje zahteve glede možne okužbe pacientov. Taki prostori so operacijske sobe in sobe za intenzivno nego. Opisan je sistem s kemičnim senzorjem, izdelanim v Laboratoriju za mikroelektroniko, ki je podprt z radiofrekvenčno pametno kartico (RFID). Članek je bil uvrščen med dvajset najboljših v letu 2012.	
		ANG	In a paper a system for hand disinfection of persons entering a strictly controlled hospital rooms regarding the possibility of contagion the patients. Such rooms are among others the surgery and intensive care rooms. The system containing a chemical sensor designed and manufactured at Laboratory for microelectronics is supported by RFID technology. The paper has been rated in top 20 papers in 2012.	
	Objavljeno v	Plenum Pub. Corp.; Journal of medical systems; 2012; Vol. 36, no. 6; str. 3733-3739; Impact Factor: 1.783;Srednja vrednost revije / Medium		

4.			Category Impact Factor: 1.785; WoS: HL, PT; Avtorji / Authors: Pleteršek Anton, Sok Mihael, Trontelj Janez	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS ID		7831636	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zasenčeni register z veliko odpornostjo na časovni zamik ure	
		ANG	Shadowed register cell for skew-resistant timing	
	Opis	SLO	Prikazana je CMOS zasnova zasenčenega registra na osnovi dveh registrov v master-slave vezavi s skupnim signalom ure. Konstrukcijsko vgrajena latenca, določena s širino signala ure dopušča velike časovne zamike ob ustreznem zmanjšanju koristnega dela periode.	
		ANG	A compact CMOS implementation of the master-slave register pair with common clock is presented. The built-in latency time, defined by the clock pulse width allows large clock skewing at the expense of clock cycle time reduction.	
	Objavljeno v		Institution of Electrical Engineers; Electronics letters; 2010; Vol. 46, no. 14; str. 987-988; Impact Factor: 1.001; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.203; WoS: IQ; Avtorji / Authors: Raič Dušan	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID		4060442	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv temperature utrjevanja SU8 senzorske plasti na občutljivost kapacitivnih kemijskih senzorjev	
		ANG	The influence of hard-baking temperature applied for SU8 sensor layer on the sensitivity of capacitive chemical sensor	
	Opis	SLO	Na epoksiju osnovan foto občutljivi polimer SU8 je bil uporabljen kot senzorska plast za kemijski kapacitivni sensor. Struktura omogoča naknadno procesiranje na dvo metalnih tehnologijah CMOS. Odziv senzorja počasi narašča s temperaturo utrjevanja do 300°C. Nad to temperaturo pa odziv naraste za skoraj trojno vrednost. Na temperaturah med 300 in 320°C, ki so še vedno pod temperaturo degradacije za ta polimer, se struktura polimerne plasti poruši, postane odprta. To je bilo dokazano z FTIR spektroskopijo.	
		ANG	SU8, the near-UV photosensitive epoxy-based polymer was used as a sensor layer in the capacitive chemical sensor. It was observed that the response of the sensor slowly increases with the temperature applied in hard-baking process as long as it remains below 300°C. At this temperature the response of the sensor abruptly increases. Fully crosslinked structure of the sensor layer becomes opened and disordered when the sensor is hard-baked at temperatures between 300°C and 320°C. These changes in chemical structure were analyzed by Fourier-transform infrared spectroscopy.	
	Objavljeno v		Springer; Applied physics; 2009; Vol. 95, no. 3; str. 673-680; Impact Factor: 1.595; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.034; WoS: PM, UB; Avtorji / Authors: Klanjšek Gunde Marta, Hauptman Nina, Maček Marijan, Kunaver Matjaž	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek				
1.	COBISS ID		9981268	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Digitalni sinhroni register z dvojnim proženjem	

		ANG	Synchronous sequential logic device using double triggered flip-flops and method for skewed triggering such state storing registers
	Opis	SLO	Digitalni sinhroni pomnilni element v katerem sta čas zajemanja in čas nastajanja podatka zamaknjena s pomočjo signala ure. Uporaba predlaganega elementa v sinhronih digitalnih sistemih omogoča delovanje z veliko toleranco signala ure in posledično povečano zanesljivost in/ali zmanjšanje konic napajalnega toka.
		ANG	Presented is an improved design or redesign concept for synchronous sequential logic devices using an alternative type of registers. Further a suitable clock-tree concept for such registers is proposed. The special registers typically use a third additional latch to the traditional two master- and slave latches. This introduces latency between the overtaking and forwarding of information bits, between two edges of one or two clocks. These registers can be clocked with extreme clock skewing.
	Šifra		F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v		European Patent Office; 2013; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Raič Dušan
	Tipologija		2.24 Patent
2.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Zlata nagrada "Best of Sensors" za inovacijo
		ANG	Award gold level for "Best of Sensors" innovation
	Opis	SLO	Gre za zelo inovativno in kreativno realizacijo integriranega vezja sposobnega meriti nekaj senzorskih funkcij, ki rezultate beleži in shranjuje ter jih posreduje preko RFID vmesnika.
		ANG	The creative and innovative realization of ASIC capable to measure and store several sensors functions based on RFID technology.
	Šifra		E.02 Mednarodne nagrade
	Objavljeno v		Sensors Expo 2013 Chicago, ZDA
	Tipologija		2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt)
3.	COBISS ID		9650772 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava za merjenje hitrosti vrtenja z uporabo vibracijskega senzorja
		ANG	Arrangement for measuring a rate of rotation using a vibration sensor
	Opis	SLO	Naprava za merjenje hitrosti vrtenja z uporabo vibracijskega senzorja, ki ga vzbudino in merimo s kapacitivnimi merilnimi in krmilnimi elementi v osi, ki je druga kot je os vrtenja in je posledica Coriolisove sile. Posledice Coriolisove sile merimo z merjenjem kapacitivnosti. Vzbujevalne napetosti s frekvenco, ki je enaka resonančni ali subharmonski resonančni frekvenci senzorja so priključene na fiksne elektrode. Izmenična merilna napetost s frekvenco, ki je visja kot prva harmonska frekvenca vzbujevalnega signala se uporablja za merjenje vzbujenih vibracij. Druga izmenična napetost, ki ima visjo frekvenco kot je frekvenca vzbujanja ki se uporablja za merjenje merilnih kapacitivnosti je prav tako priključena na fiksne elektrode krmilnih kondenzatorjev vendar v proti fazi.
		ANG	An arrangement for measuring a rate of rotation using a vibration sensor and measured by means of capacitive drive elements, and the rotation of said sensor in an axis, excited by a rotation in another axis by means of the Coriolis force, being measured by means of capacitive measuring elements. Excitation voltages can be supplied to the fixed electrodes of the drive elements, the frequency of said voltage corresponding to the resonance frequency or the subharmonic of the resonance frequency of the vibration sensor. An alternating voltage having a first measuring frequency which is higher than the excitation frequency can be supplied to capacitive elements for measuring the excited vibration. Alternating voltages having a second

		measuring frequency higher than the excitation frequency are supplied to the fixed electrodes of the measuring elements can be supplied to drive elements causing a vibration excitation in a direction on the basis of the excitation voltage, being in antiphase with the excitation voltage. Šifra
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	United States Patent; 2011; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Gier Lothar, Kempe Volker, Strle Drago
	Tipologija	2.24 Patent
4.	COBISS ID	7561044 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Vezje za določanje položaja s pomočjo sinusnega in kosinusnega signala <i>ANG</i> Circuit for position determination by means of a sine and cosine signal
	Opis	<i>SLO</i> Predmet izuma je interpolator, ki obsega vhodni del z razdelitvijo vhodnega signala na segmente, izdelava funkcije poteka polnjenja kondenzatorja z adaptivni časovnikom. Kot izhod dobimo pulzno – širinsko moduliran signal, ki predstavlja informacijo o poziciji oziroma kotu. Pogoji za delovanje je da sta vhodna signala med seboj ortogonalna. <i>ANG</i> Subject of invention is interpolator, which consists of input part with distribution of input signal on segments and generation of capacitor charging function with adaptive timer. Output is pulse- width modulated signal, which presents information of current position and angle respectively. Condition for correct operation is that input signals are orthogonal
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	European Patent Office; 2010; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Trontelj Janez, Sešek Aleksander
	Tipologija	2.24 Patent
5.	COBISS ID	9312852 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Magnetni sistem za merjenje absolutne sile z izboljšano linearnostjo <i>ANG</i> Magnetic system for absolute force measurement with improved linearity
	Opis	<i>SLO</i> Predmet izuma je magnetni sistem za merjenje absolutne sile z izboljšano linearnostjo. Predlagan izum spada v področje magnetnih sistemov, natančneje v področje brezkontaktnih magnetnih sistemov z magnetnim senzorjem, ki meri magnetno polje in z virom magnetnega polja, ki je funkcija sile. Sila je torej vhodna spremenljivka, medtem ko je električni signal izhodna. <i>ANG</i> The object of the invention is a magnetic system for absolute force measurement with improved linearity. The proposed invention belongs to the field of magnetic systems, in particular to the field of contactless magnetic systems with a field probe to measure the magnetic signal and create the output signal response in the relation to the force. The force is therefore the input and the electrical signal is the output.
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2012; Avtorji / Authors: Trontelj Janez, Šmid Blaž
	Tipologija	2.24 Patent

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

TV dogodek

CESTNIK, Vojteh, SIMONIČ, Božidar, STRLE, Drago, MUŠEVIČ, Igor, ČOP, Jože. Ugriznimo znanost : umetni nos. Ljubljana: TV Slovenija, 19. dec. 2013. [COBISS.SI-ID 10346836]

Predavanja na tuji univerzi:

STRLE, Drago. [Delta][Sigma] data converters : system overview, circuit design issues. Villach: Carinthia University of Applied Sciences, School of Systems Engineering, Jan. 22, 2010. [COBISS.SI-ID 7651924]

STRLE, Drago. Integration issues of oversampled data converters. Villach: Carinthia University of Applied Sciences, May 27, 2010. [COBISS.SI-ID 7740500]

Patentne prijave:

1. Apparatus for high side transistor bridge driver [COBISS.SI-ID 9698644]
2. A detection system and a method of making a detection system [COBISS.SI-ID 9882708]
3. Verfahren und Vorrichtung zur Krafterfassung [COBISS.SI-ID 8943956]
4. Verfahren zur Steuerung von Magnetspulen (Solenoiden) [COBISS.SI-ID 8929620]
5. Method and device for contactless sensing rotation and angular position using orientation tracking [COBISS.SI-ID 8115028]

Sodelovanje na mednarodni konferenci:

NATO, 1st Meeting SET-193. Paris, 2012. THz technology for stand-off detection of explosives : from laboratory spectroscopy to detection in the field.[COBISS.SI-ID 9612372]

NANO-DDS Nanoelectronic Devices for Defense & Security Conference, New York, 2011.

Uncooled nanometric scale bolometer system for THz sensor array. [COBISS.SI-ID 8595796]

NATO-OTAN, SET-159, Specialists Meeting on Terahertz and Other Electromagnetic Wave Techniques for Defense and Security, Vilnius, 2010. 300 GHz microbolometer parallel-dipole antenna for focal-plane-array imaging.[COBISS.SI-ID 8115796]

7th NATO SET-124 Task Group Business Meeting, Oslo, 2010, TRONTELJ, Janez. Room temperature antenna-sensor array and THz vision demonstrator.[COBISS.SI-ID 8304468]

Član programskega odbora:

Konferenca ESSCIRC. Trontelj, Janez (član uredniškega odbora 2005-). [Piscataway]: IEEE, 2005-. ISSN 1930-8833. [COBISS.SI-ID 7641428]

9.Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1.Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Raziskovalci programske skupine so pridobili 9 mednarodnih patentov, 9 domačih patentov in vložili 11 patentnih prijav. So soavtorji 23 znanstvenih člankov s faktorjem vpliva. Odmevni znanstveni rezultati skupine so nedvomno na področju zahtevnih senzorjev par v zraku. Gre za izjemno majhne koncentracije molekul nevarnih snovi, ki jih je možno detektirati le z inovativno tehnologijo zasnove senzorjev, tehnologijo funkcionalizacije in signalnega procesiranja. Pri vseh teh aktivnostih raziskovalci v LMFE orjejo ledino in doprinašajo originalne znanstvene rešitve, ki jih tudi publicirajo, vendar nekoliko zadržano, da ne bi prehitro izgubili vodilne vloge pred raziskovalci, ki imajo neprimerno več možnosti zaradi za več velikostnih razredov večjega financiranja, opreme in kadrov. Še bolj odmevni znanstveni rezultati skupine pa so raziskave THz valovanja, predvsem na področju izboljšanja občutljivosti in šumnih lastnosti THz senzorjev. Razvili smo trenutno najboljši antensko spojen bolometer, ki deluje pri sobni temperaturi in ki ima občutljivost v območju 1000V/W, šumno moč 5pW/√Hz in odzivni čas manj kot 1μs. S tem smo uvrstili Slovenijo med države, ki so v vrhu te visoke tehnologije in je vabljen na vrsto mednarodnih srečanj posvečenih prihajajoči novi tehnologiji THz žarkov, ki bo marsikje nadomestila rentgenske žarke. Prijavili so patent v Angliji, predavajo o dosežkih na vseh mednarodnih konferencah. S tem vplivajo na razvoj znanosti na področju THz.

ANG

Researchers of the program group have obtained 9 international patents, 9 domestic patents and filed 11 patent applications. They are co-authors of 23 scientific articles with impact factor. The highest scientific results are clearly in the area of complex sensors in detection of the different vapor traces in the air. An extremely small concentration of molecules of hazardous substances can be detected only with innovative sensor design, innovative sensor functionalization technology and advanced signal processing. In all these activities the LMFE researchers are at the peak of this research and they contribute original scientific solutions which are also published, but with a bit of restraint, not to lose their leading role against the other researchers.

Even more high-profile scientific results of are reached in THz wave research, particularly in the area of improving the sensitivity and noise performance of THz sensors. The LMFE group developed the top-of-the-art antenna coupled bolometer sensor operating at room temperature and with a sensitivity in the range of 1000V/W and equivalent noise power 5pW / $\sqrt{\text{Hz}}$ and the response time less than 1 μ s. Slovenia was ranked among the other countries as one of the top high-tech countries in the THz research and development and was invited to a series of international meetings and conferences devoted to the upcoming new technology as it can and it will replace many X-ray systems. A patent for THz sensor fabrication was filled in England by the LMFE group and also many lectures and presentations about the development in THz area were given on international conferences, which has a direct impact on the science advance in the THz field.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

LMFE je od svojega nastanka izjemno močno vpet v slovensko elektroindustrijo in je bil ključen za nekatere velike in pomembne slovenske tovarne.

Danes eno najhitrejših rastočih podjetij na področju elektronike v Sloveniji je RLS Merilna tehnika, za katero je LMFE prispeval raziskovalno in znanstveno podlago in v mnogih primerih tudi razvil ali celo izdeloval specialna integrirana vezja.

Več desetletni izvozni izdelek Fotone je bil daljinomer z veliko dodano vrednostjo. Zanj je LMFE razvil in izdeloval večino elektronike z vrhunskimi integriranimi vezji.

Iskraemeco je bila med prvimi svetovnimi izvozniki elektronskih števecv električne energije, kjer je pri obeh verzijah LMFE sodeloval in pomembno vplival na uspešnost produktov.

LMFE uspešno premošča znanstveno raziskovalno sfero s slovensko in tujo industrijo. Tesna povezava z RLS je tej omogočila mesto med najodličnejšimi v svetovni metrologiji. Tu je posebno pomemben hiter prenos znanstvene inovacije v produkt, ki je industrijsko izvedljiv. Dosedanji uspehi LMFE potrjujejo, da raziskovalci LMFE poleg tega, da rešujejo raziskovalne probleme večinoma vidijo tudi potencial za industrijo in so sposobni reševati konkretne probleme industrije.

Velik potencial ima raziskava senzorjev par. Ob ustreznem odzivu slovenskega gospodarstva bi lahko postavili novo proizvodnjo s sodelovanjem LMFE. V najslabšem primeru, pa bi lahko privabili tujega vlagatelja, ki bi investirjal pri nas.

Potencial za slovensko gospodarstvo predstavlja tudi razvoj THz tehnologije, saj bi morali znati izkoristiti naš primat na področju senzorja, ki ima najboljše znane lastnosti pri sobni temperaturi.

ANG

Since its beginning, LMFE has been strongly bonded to the Slovenian electrical industry. The laboratory has been of key importance for several large and important Slovenian factories. One of the fastest growing Slovenian electronics companies is RLS Merilna tehnika. LMFE has contributed to this company providing its research and scientific basis. Many special integrated circuits were also designed or even produced by LMFE for this company.

A range finder with a high added value was a major export product of Fotona for several decades. Most of the electronics with top-level integrated circuits was developed and produced in LMFE.

Additionally, Iskraemeco was one of the first international exporters of electronic electricity meters. LMFE has collaborated in the design process of both meter versions and significantly influenced the success of the products.

LMFE is successfully overcoming the gap between the Slovenian scientific-research sphere and both the Slovenian and international industry. A strong connection with RLS has allowed this

company to strengthen its position among the eminent international metrology corporations. Here, a rapid transfer of a scientific innovation into a product which is industrially feasible is of key importance. Previous success of LMFE assures that the researchers of the Laboratory are able to foresee the potential for industrial applications besides their research work and are able to solve actual industrial engineering problems.

We see a large potential in the research of vapor detection sensors. Joint effort of Slovenian industry and LMFE could result in a set-up of a new production, or a foreign investor could be attracted in the worst case.

Another potential for Slovene economy is also in the development of THz technology, as our primacy in the field of THz sensors with the best known room-temperature performance should be put to advantage.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	11

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
28578	Jernej Goljevšček	☒	☐	☐	
27868	Kosta Kovačič	☐	☒	☐	
28469	Jurij Podržaj	☐	☒	☒	
30677	Blaž Šmid	☐	☒	☒	
32696	Darko Štraus	☐	☒	☐	
33376	Rok Ribnikar	☐	☒	☒	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij
Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
28469	Jurij Podržaj	☐	☒	C - Gospodarstvo	
30677	Blaž Šmid	☐	☒	C - Gospodarstvo	
33376	Rok Ribnikar	☐	☒	C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
B - gospodarstvo
C - javna uprava
D - družbene dejavnosti
E - tujina

F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
29022	Simon Ostrožnik	A -	21	
28469	Jurij Podržaj	A -	42	
34652	Andrej Švigelj	A -	60	
0	Matija Podhraški	A -	20	
0	Gregor Ergaver	A -	20	
0	Matic Hajdič	A -	24	
0	Gregor Babič	A -	60	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
B - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
C - študent – doktorand iz tujine
D - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

European Defence Agency (EDA)
 Projekt E-STAR (Explosive detection- Spectroscopy, Terahertz technology and Radar) project:
 THz antenna and sensor design and development
 Vodja: prof.dr. Janez Trontelj
 Koordinator: dr. Aleksander Sešek

INFINEON and Austrian Funding Agency FFG
 Projekt: COSMOS (Integrated Color Sensor in CMOS Technology)
 Vodja: prof.dr. Janez Trontelj
 Koordinator: prof.dr. Drago Strle

STMicroelectronics
 Projekt: Fuel Gauge System for hand-held device (STMicroelectronics)
 Vodja: prof.dr. Janez Trontelj
 Koordinator: prof.dr. Drago Strle

SKBIS
 Projekt: LISAR opto ASIC
 Vodja: prof.dr. Janez Trontelj
 Koordinator: prof.dr. Anton Pleteršek

MAXIM
 Projekt: Sistem za industrijsko karakterizacijo in preverjanje magnetnih senzorskih vezij ASIC na silicijevi rezini
 Vodja: prof.dr. Janez Trontelj
 Koordinator: dr. Janez Trontelj ml.

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

1. THz vizijski sistem (MORS, CO NAMASTE), prof.dr. Janez Trontelj
2. Umetni nos za eksplozivne (MORS, CO NAMASTE), prof.dr. Drago Strle
3. Razvoj senzorjev substanc v razkužilih (UKC Ljubljana), prof.dr. Anton Pleteršek
4. Vezje za obdelavo signala iz tipala tlaka - PSG ASIC (Hidria), industrijski projekt, prof.dr. Janez Trontelj
5. Smart Sensor 2 (Iskraemeco), prof.dr. Drago Strle
6. Precizni IR senzorski sistem za večnamensko uporabo (Iskra TELA), prof.dr. Anton Pleteršek
7. Razvoj vezja OBU (On-Board Unit) za elektronsko cestninjenje (Logina), prof.dr. Janez Trontelj

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Dosežek, ki je uporaben v praksi je THz senzor, ki ima najboljše lastnosti pri sobni temperaturi v primerjavi z objavljenimi podatki. Razvita mikro-nano tehnologija v LMFE omogoča zasnovo zelo občutljivih THz senzorjev in senzorskih polj, za katere se že kaže povpraševanje. Prijavljen je mednarodni patent 1307052.9 20130418, United Kingdom Intellectual Property Office, 2013. Splošno pričakovanje je, da bo THz tehnologija napredovala kot je pred desetletji napredovala tehnologija roentgenskih žarkov, ki so za živa bitja škodljivi, kar pa ne velja za THz žarke. Gre torej za izdelek visoke tehnologije z veliko dodano vrednostjo, tako da velja razmisliti o intenzivnem trženju in postavitvi proizvodnje. Prav tako se kaže intenziven interes za prenos v proizvodnjo senzorski sistem za detekcijo par različnih snovi v zraku, tako na področju varnosti kot tudi na področju varovanja okolja.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☒ DA ☐ NE
potrebni finančni vložek	3.000.000,00 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Potrebna bi bila posodobitev tehnološkega laboratorija LMFE in vložek v proizvodno opremo spin-off podjetja za izdelavo THz senzorjev in sistemov in za izdelavo sistemov za detekcijo par.

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

RAZISKAVE METOD IN SISTEMOV ZA DETEKCIJO MOLEKUL NEVARNIH SNOVI V ZRAKU
Nova generacija senzorjev par eksplozivov TNT in RDX temelji na kemijsko modificiranih miniaturnih MEMS senzorjih in izjemno občutljivem integriranem elektronskem vezju za zaznavanje sprememb kapacitivnosti MEMS senzorja. Sistem predstavlja najmanjši in najbolj občutljivejši senzorski sistem za zaznavanje par eksplozivov v zraku (3ppt za TNT in 0.5ppt za RDX v času 1 sekunde) z najmanjšo porabo moči. Zanimanje mednarodne industrije kot sta Infineon technologies in Thales Avionics kaže na veliko odmevnost po objavi rezultatov na mednarodnih konferencah in v reviji.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

SISTEM ZA ZAJEMANAJE THz SCENE (PATENTNA PRIJAVA COBISS.SI-ID 9882708)
Sistem, ki smo ga razvili v laboratoriju za mikroelektroniko ima centralno frekvenco zaznave pri 300GHz (0,3THz). LMFE je razvil mikro bolometrijski senzor za THz in je trenutno najboljši na

svetu od tistih, ki delujejo pri sobni temperaturi. Občutljivost senzorja je v območju 5pW/√Hz, njegova občutljivost pa je v območju 1000V/W. Največji dosežki pri projektu THz so inovativna izdelava THz senzorja s planarnim procesom, inovativna priključitev in zajem signala ter inovativna vakuumška inkapsulacija, ki omogoča še boljše rezultate. Za vse prej opisane inovativne postopke in inovacije je vložena patentna vloga, ki je še v postopku. Kot demonstrator tehnologije je bil v LMFE izdelan tudi prenosni THz sistem, ter tudi preizkušen na terenu v različnih vremenskih razmerah. Brez težav je bil zaznan skrit predmet na razdalji 5m od THz sistema (tapetniški nož, plastična pištola).

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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Janez Trontelj

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	9.4.2014
-----------	----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/7

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (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](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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 priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2014 v1.00a

18-A4-69-0D-34-AF-61-AE-0A-B5-81-0A-97-4F-08-58-01-7D-A6-4D

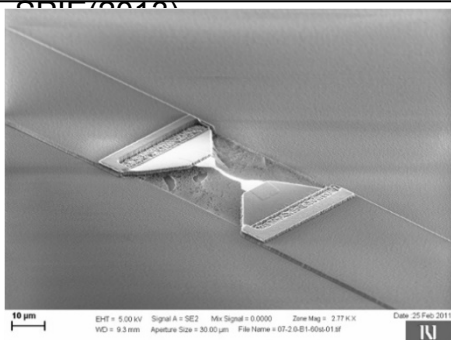
Priloga 1

TEHNIKA

Področje: 2.09 – Elektronske komponente in tehnologije

Dosežek 1: Teraherčni senzorski sistemi

Vir: Trontelj J., Sešek A., Švigelj A., "THz-vision System with Extended Functionality," Terahertz physics, devices, and systems VII: advanced applications in industry and defence, (Proceedings of SPIE, ISSN 0277-786X, vol. 8716).

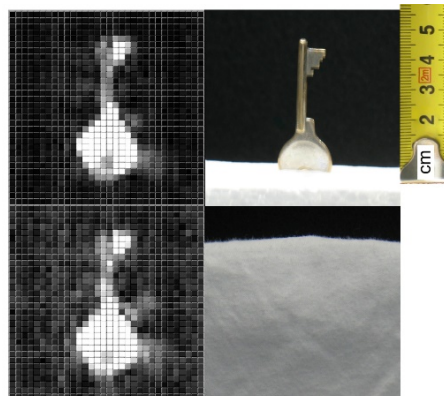


Mikrofotografija integričnega bolometra

Aktivni del bolometra ima velikost 12µm x 0,5µm

THz slika nezakritega ključa (levo),
optična slika ključa (desno)

THz slika zakritega ključa (levo),
optična slika zakritega ključa
(desno) – 4 plasti tekstila



Teraherčna (THz) tehnologija ponuja novo orodje za vizualizacijo, odkrivanje, prepoznavanje in analizo predmetov v embalaži oziroma v kakršnem koli za THz valovanje prosojnem materialu. Ker je THz valovanje neionizirajoče in celic ne poškoduje je človeku neškodljivo, prodira pa skozi večino vrst oblačil, plastike, papirja, kartona.

Cilj laboratorija za mikroelektroniko je bil prikaz THz slike, zajete pri frekvenci 300GHz. Poleg tega pa se z metodo opazovanja pri različnih frekvencah, ugotovi tudi nekatere snovne lastnosti predmetov. THz sistem zasnovan v LMFE, zajame THz sliko z ločljivostjo 32 x 32 slikovnih točk. Jedro sistema je polje senzorjev, ki so bili razviti in izdelani v LMFE. Zajete slike podajo osnovno predstavbo položaja in oblike predmetov zakritih za vidno področje svetlobe. Sistem trenutno omogoča zajem treh slik na sekundo, kar ga uvršča v sisteme z zajemom v realnem času. THz senzori združeni v polja so uporabni na veliko področjih, predvsem pri zagotavljanju varnosti, zajemu slik v medicini, farmaciji ter prehrabni, avtomobilski in papirni industriji itd.