

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2013/35



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0368
Naslov programa	Optični senzorji in napredni interaktivni vmesniki
Vodja programa	15006 Denis Donlagić
Obseg raziskovalnih ur	7128
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	796 Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.15 Meroslovje
Družbeno-ekonomski cilj	04. Prevoz, telekomunikacije in druga infrastruktura

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 PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

V sklopu raziskovalnega programa smo opravili temeljne in aplikativne raziskave na področju raziskav optičnih vlakenskih senzorjev in interaktivnih vmesnikov. Postopek površinske mikro-obdelave optičnega vlakna, ki je osrednji del raziskovalnega programa, je omogočil izdelavo nove generacije mikro-optičnih senzorjev in drugih naprav s premerom, ki je podoben ali enak premeru optičnega vlakna, torej 125 um. Mikro-optični senzorji omogočajo izvajanje meritev na mestih in na načine, ki jih klasični senzorji ne omogočajo. Odlikujejo jih predvsem majhne dimenzije, majhna masa, neobčutljivost na elektromagnetne motnje ter dielektrična zgradba. V preteklem štiri letnem obdobju smo se ukvarjali predvsem z raziskavami različnih

dopandov, ki omogočajo učinkovito površinsko mikro-obdelavo. Pri tem smo v sodelovanju s podjetjem Optacore izdelali vrsto surovcev, ki smo jih analizirali s posebej razvito metodo na hitrost oziroma selektivnost jedkanja v HF. Pripravili smo obsežne nabore podatkov, ki podajajo selektivnosti jedkanja SiO_2 stekla v odvisnosti od koncentracije posameznih dopantov. Ugotovili smo, da povzroča vnos P_2O_5 v silicijevo steklo velike spremembe v hitrosti jedkanja v HF, kar omogoča zelo učinkovito mikro-obdelavo optičnega vlakna. Spoznanja v zvezi z učinki P_2O_5 na hitrost jedkanja omogočajo nov pristop k načrtovanju mikro-optičnih naprav. Tako smo prvič uspešno uporabili jedkanje s strani optičnega vlakna in tako ustvarili linijske optične mikro-naprave. Linijske optične mikro-naprave odpirajo vrsto novih možnosti v senzorski tehniki in tudi pri načrtovanju drugih pasivnih in aktivnih optičnih naprav.

Spoznanja smo uporabili neposredno za raziskave in načrtovanje novih mikro-senzorjev. Mikro-senzorji so tako osnova za raziskave in razvoj novih naprav in aplikacij v različnih sferah znanosti in tehnologije, kot so mikro in nano tehnologije, mikrofluidika, bio-medicina, znanosti o varstvu okolja, ipd.

Aktivnosti na področju opto-elektronskega signalnega procesiranja so pripeljale do praktičnih rešitev, ki omogočajo ekonomsko učinkovito naslavljanje Braggovih rešetk, ki so ena izmed najbolj razširjenih oblik optičnih vlakenskih senzorjev. Rešitev ponuja možnosti za različne statične in dinamične strukturne analize v različnih sistemih in strukturah.

V okviru raziskovalnega programa je vključen tudi razvoj interaktivnih uporabniških vmesnikov. V okviru tega dela je potekala tudi nadaljnja raziskava potreb in zahtev invalidov ter starejših, še posebej gluhih in naglušnih oseb. Uspešno smo razvili produkt, poimenovan transparentni spletni video znakovnega jezika za spletne aplikacije, ki predstavlja svetovno novost na področju informiranja gluhih in naglušnih oseb. Z raziskovalnimi testi smo tudi dokazali, da je sistem uporabljen in uporabniško prijazen za večino omenjene populacije.

ANG

The program group research activities encompassed basic and applied research in the field of fiber optic sensors and interactive interfaces. Research in the field of surface micro-machining that is one of the essential parts of the research program, enabled the design of new generation of micro-optical sensors and other devices with diameters near or equal to standard telecom fiber diameter, e.g 125 μ m.

In past four years we focused on the research of different fiber dopants and their use in surface micro-machining. In collaboration with the company Optacore we produced range of fiber performers that were analyzed with specially developed measurement method for etching rate determination (etching selectivity) in HF. We compiled an comprehensive dataset that includes etching selectivity versus dopant concentration for different fiber dopants. We discovered that P_2O_5 doping of silica glass causes significant increase of glass etching rate, which enables very efficient micromachining of optical fibers. These findings allow for new approach in design of micro-optical devices. For the first time we used etching from the side of the fiber to create in-line optical devices. In-line fiber devices open up new possibilities in sensor technology and in design of other passive and active optical devices.

These findings were used directly in research and design of new micro-sensors. Micro-sensors are also basis for research in different fields of science and technology like micro/nano technologies, micro-fluidics, biomedicine, environmental science, etc.

Within the framework of the research program dedicated to opto-electronics signal processing we provided practical signal processing system that allows for very economical interrogation of fiber Bragg gratings that are one of the most widely used fiber sensor technologies. The provided solution allows for static and dynamic structural analysis like analysis of buildings, bridges, vehicles and geo-mechanical monitoring. Thus the accomplished and ongoing work opens up possibilities for better transfer of research results in the field of optical fiber sensors into real industrial environment.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

V obdobju 2009-2012 smo izvedli načrtovane raziskave na naslednjih področjih:

- 1.) Razvoj tehnologij za površinsko mikro-obdelavo optičnega vlakna na osnovi selektivnega jedkanja
- 2.) Raziskave in razvoj novih mikro-senzorjev in mikro-optičnih naprav
- 3.) Raziskave in razvoj novih konceptov kvazi-porazdeljenih ali porazdeljenih senzorjev
- 4.) Raziskave in razvoj izvirnih in učinkovitih opto-elektronskih signalnih procesorjev za izločitev merilnih signalov pri mikro in kvazi-porazdeljenih senzorjih
- 5.) Razvoj in ocenjevanje interaktivnih uporabniško prijaznih aplikacij

Add 1: Intenzivno smo se posvetili raziskavam in razvoju novih tehnologij za mikro-obdelavo optičnega vlakna, ki temelji na selektivnem jedkanju. Raziskave omogočajo popolnoma nov pristop k načrtovanju optičnih vlakenskih senzorjev in drugih fotonjskih mikro-struktur.

Tehnologija selektivnega jedkanja temelji na dopiranju silicijevega stekla z različnimi dopanti, ki vplivajo na hitrost jedkanja dopiranih predelov. Izdelanih in analiziranih je bilo večje število preformov, ki so bili dopirani z različnimi dopanti in različnimi koncentracijami dopantov.

Eden najpomembnejših rezultatov opravljene analize je ugotovitev, da povzročča vnos P_2O_5 v silicijevo steklo velike spremembe hitrosti jedkanja v HF. Dopiranje stekla s P_2O_5 lahko povzroči povečanje hitrosti jedkanja za več kot stokrat, kar omogoča paleto možnosti za enostavno in učinkovito preoblikovanje optičnega vlakna v fotonjske strukture. Spoznanja in podatki o učinkih P_2O_5 na hitrost jedkanja

omogočajo popolnoma nov pristop k načrtovanju različnih mikro-optičnih senzorjev in naprav. Raziskave in razvoj so potekale v sodelovanju s slovenskim podjetjem Optacore d.o.o. Del opravljenega dela je bil objavljen v uglednih revijah, del pa je v postopku registracije patentov.

Add 2: Razvili smo tehnologijo izdelave polprepustnih mikro-zrcal znotraj optičnega vlakna, ki služijo za izdelavo množice različnih optičnih senzorjev in drugih fotonjskih komponent. Tehnologija izdelave temelji na selektivnem jedkanju standardnega enorodovnega optičnega vlakna v HF kislini ter nadzorovanem varjenju optičnih vlaken. Dosežena odbojnost zrcala znaša 9.5% pri transmisijskih izgubah 0.25 dB, kar je skladno z napovedanimi vrednostmi na osnovi teoretične analize in simulacij.

Predstavljena tehnologija omogoča dobro nadzorovano izdelavo mikro-zrcal s poljubno ciljno odbojnostjo ob zagotavljanju minimalnih transmisijskih izgub.

Tehnologija izdelave vlakenskih mikro-zrcal je omogočila razvoj nove skupine optičnih mikro-senzorjev, kot so temperaturni senzorji ter evanescentni interferometrični senzorji lomnega količnika.

Raziskovali smo tudi miniaturne evanescentne senzorje, ki omogočajo hitro zaznavanje temperatur z zelo kratkim odzivnim časom (<7 ms) in integracijo v kvazi-porazdeljeno senzorsko omrežje.

V nadaljevanju je praktična implementacija tehnologije mikro-obdelave prinesla nove možnosti za realizacijo zapletenejših mikrostruktur, ki so bila osnova za izdelavo inovativnih mikro-senzorjev in miniaturnih fotonjskih naprav kot so:

- vlakenska mikro-celica, ki je bila razvita na osnovi specialnega vlakna, katerega kratek s P_2O_5 dopiran segment je bil zvarjen med dva kosa standardnih dovodnih vlaken, kar po jedkanju tvori kratko vdolbino - mikro-celico, ki omogoča merjenje transmisijske in/ali lomnega količnika prisotnih plinov, fluidov, trdih snovi ali kombinacije med njimi. Mikro-celico smo tako uspešno uporabili kot občutljiv refraktometer, v nadaljevanju pa bomo raziskali tudi njene druge senzorske potenciale.

- mikro-resonator, ki je bil narejen na vrhu optičnega vlakna tako, da smo med dva kosa dovodnega vlakna zvarili kos specialnega s P_2O_5 dopiranega vlakna. Na eni strani smo dovodno vlakno dovolj skrajšali, da smo naposled po jedkanju dobili želeno obliko mikro-resonatorja z robom debeline od 1 do 3 um. Dobljena

mikrostruktura ima velik potencial za implementacijo v senzorskih sistemih z visoko občutljivostjo. Kvaliteta resonatorjev je bila že testirana v sodelovanju z Nemškim inštitutom »Max Planck Institute for the Science of Light Laboratory of Nanophotonics & Biosensing G.Scharowksy« in je v sedanji fazi razvoja že dosegala vrednosti večje od 75000.

- vlakenski visoko občutljiv senzor raztezka s t.i. W-strukturo, s katerim smo dosegli veliko aktivno dolžino senzorja raztezka ob ohranitvi kratke dolžine Fabry-Perot resonatorja, kar je pomembno s stališča nizkih izgub optičnega signala. Z realiziranim senzorjem z W-strukturo smo tako dosegli več kot 10-kratno občutljivost v primerjavi s klasičnim optičnim senzorjem raztezka z običajno zračno režo, s čimer smo dosegli ločljivost pod 1 μe .

- linijski senzor lomnega količnika, ki deluje na osnovi spremembe vrha spektralne karakteristike Fabry-Perot resonatorja. Resonator je omejen z dvema vlakenskima zrcaloma in povezan s tanko valovodno strukturo enorodovnega vlakna, ki po jedkanju predstavlja le še zunanemu mediju izpostavljeno enorodovno jedro, kar je osnova za interakcijo optičnega polja z merjenim medijem.

- miniaturni tlačni senzor je zaradi preprostega in cenovno učinkovitega signalnega procesiranja s signalno procesno enoto proizvajalca FISO, izdelan na osnovi standardnega 50/125 mnogorodovnega dovodnega vlakna. Senzor poleg dovodnega vlakna sestavljata še zračna reža in fleksibilna membrana iz čistega SiO_2 . Membrana in odbojna površina na koncu pravokotno odrezanega mnogorodovnega vlakna tvorita FPI z nizko fineso. Sprememba tlaka povzroči upogib membrane in s tem spremembo dolžine zračne reže, kar lahko zaznamo s primerno metodo opto-elektronskega signalnega procesiranja. Izdelava senzorja temelji na načrtovanju in razvoju posebnega senzorskega vlakna.

- mikro-leče, kjer smo z uporabo invertiranega procesa selektivnega jedkanja v BHF kislini realizirali mikro-lečo na vrhu optičnega vlakna, ki je v celoti zgrajena iz SiO_2 . Zasnova mikroleče je bila optimirana za kolimacijo svetlobnega snopa na izhodu optičnega vlakna, s katero smo v praksi dosegli zmanjšanje divergence svetlobnega snopa za faktor 7 v primerjavi z ravnim vrhom optičnega vlakna.

Vse te naprave so majhne s tipičnim premerom 125 μm in imajo popolnoma stekleno zgradbo.

Večji del predstavljenega dela je bil objavljen v priznanih SCI revijah, del pa je bil patentiran ali pa je še v postopku registracije patentov.

Razvoj na področju mikro-obdelave tlačnega senzorja je osnova za skupno dolgoročno sodelovanje s podjetjem Optacore d.o.o. in FISO Technologies iz Kanade, ki dela na komercializaciji tlačnega senzorja.

Add 3: Na področju kvazi porazdeljenih senzorjev smo razvili sistem, ki deluje na osnovi tokovne modulacije laserske diode v radiofrekvenčnem področju. Sistem deluje na osnovi niza kratkih RF pulzev poslanih v optično vlakno, ki ga sestavlja več optičnih segmentov ločenih z vlakenskimi zrcali. Generirani pulzi se z različnimi zakasnitvami odbijajo od posameznih zrcal, ki jih zaznamo z detektorjem. Elektronsko vezje detektorja izloči pulze, ki ustrezajo odbojem posameznih zrcal in njih primerja z referenčnim oscilatorjem. Nadalje so rezultati procesirani tako, da pridobimo spremembo dolžine posameznega segmenta med dvema zrcaloma. Izdelan demonstracijski sistem je bil sestavljen iz desetih segmentov optičnega vlakna. Dolžina vsakega segmenta je bila 10 metrov, dosežena ločljivost pa je bila 20 μm . Za signalno procesiranje so bile uporabljene cenovno ugodne komponente za signalno procesiranje.

Add 4: Intenzivno smo razvijali metode za optično signalno procesiranje, ki temeljijo na standardnih telekomunikacijskih DFB laserskih diodah. Sistem se lahko uporablja za procesiranje Fabry-Perot interferometrov ter Braggovih rešetk. Signalni procesor temelji na skeniranju spektralne karakteristike optičnega senzorja s spreminjanjem valovne dolžine laserske diode, ki jo dosežemo z nastavljanjem toka in temperature diode. Za točno določitev valovne dolžine je bil uporabljen integriran valovno-dolžinski zaklepalnik. Tehnologija glede na obstoječe sisteme predstavlja cenovno ugodno rešitev, ki je v postopku patentiranja. Raziskane so tudi ostale rešitve

optičnega signalnega procesiranja. Tako je bil na primer razvit sistem za signalno procesiranje nizkokoherenčnih interferometrov z uporabo Sagnacovega interferometra. Sagnacov interferometer je notranje uravnotežen (enostavna sestava, majhna temperaturna občutljivost) kar v kombinaciji s PZT in digitalnim signalnim procesiranjem (z uporabo CPLD vezja) omogoča hitro in cenovno ugodno skeniranje optične poti.

Add 5: Razvili smo optični senzor raztezka na osnovi plastičnega optičnega vlakna, ki je namenjen vgradnji v oblačila. Senzor omogoča zaznavanje dihanja, gibanja posameznih delov telesa in spremljanja fizioloških parametrov. Senzor temelji na zaznavanju raztezka optičnega vlakna na podlagi radio-frekvenčno moduliranega optičnega nosilnega signala, ki ga primerjamo z referenčnim radio-frekvenčnim oscilatorjem. Na ta način je zagotovljena dobra cenovna učinkovitost izdelka. Realizirali smo več prototipov.

V povezavi z delom na transparentnem videu za gluhe in naglušne smo obstoječ sistem, ki smo ga dopolnjevali že od leta 2009, združili s konceptom za inovativno e-izobraževalno okolje, ki je namenjeno izobraževanju gluhih in naglušnih. Dodatno smo s podjetjem ETH, Zürich, CH sodelovali na projektu z naslovom »Izboljšava vizualne predstave z znakovnim jezikom za gluhe in naglušne s pomočjo videa in podnapisov«. V sodelovanju z »Institute for Medical Informatics«, Graz, Avstrija, smo sodelovali pri projektu razvoja mobilnih računalniških aplikacij za potrebe izobraževanja kadrov v bolnišnici. Delo je bilo nagrajeno z najboljšim člankom na konferenci.

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

SLO

Ocenjujemo, da smo zastavljene cilje in mejnike v osnovnem programu dosegli in izpolnili, na nekaterih področjih pa smo pričakovane rezultate raziskav celo presegli. Slednje velja za raziskave vpliva vrste in koncentracije dopantov na hitrost jedkanja SiO₂ stekla, ki omogoča tehnologijo mikro-obdelave segmentov optičnega vlakna v poljubne mikro-senzorske in fotonske strukture. Nadaljnji razvoj in uporaba predstavljene tehnologije mikro-obdelave je osnova za razvoj novih vrst miniaturnih vlakenskih optičnih senzorjev in naprav. Znatni napredek je bil narejen na področjih, ki obsegajo cenovno ugodno signalno procesiranje. Večino rezultatov smo predstavili v znanstvenih revijah z visokim faktorjem vpliva, različnih konferencah ter vložili več patentnih prijav (EP in US), saj so mnogi realizirani izdelki pokazali visok potencial za komercializacijo. Največji poudarek je bil narejen na raziskavah cenovno ugodnih konceptov, kot je tehnologija mikro-obdelave s selektivnim jedkanjem, ki je skupaj z izdelavo vlakna primerna za serijsko proizvodnjo v več milijonih kosih. Cenovna učinkovitost predlaganih konceptov v zadnjih letih predstavlja osnovno zahtevo programske skupine.

Skupina skuša učinkovito in kvalitetno nadaljevati z znanstveno-raziskovalnim delom, medtem ko je osnovna želja dosežke implicirati v perspektivne inženirske koncepte, ki bodo vodili h komercialnim sistemom in produktom.

Tako v okviru programske skupine intenzivno nadaljujemo z delom v sodelovanju z domačimi in tujimi industrijskimi partnerji, ki so eden izmed glavnih faktorjev pri realizaciji posameznih aplikacij.

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

ni sprememb

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	13269526	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Miniaturen, robusten in povsem steklen senzor tlaka
		ANG	Miniature all-glass robust pressure sensor

Opis	SLO	<p>Delo predstavlja nov koncept miniaturnega optičnega senzorja tlaka z visoko občutljivostjo, ki je primeren za biomedicinske aplikacije. Delo predstavlja novo zasnovo senzorja, ki je izdelan na osnovi posebej načrtovanega in izdelanega optičnega vlakna. Postopek izdelave se je tako poenostavil do mere, da je primeren za industrijsko proizvodnjo. Tehnologije izdelave omogoča uporabo enorodovnih in mnogorodovnih vlaken. Dosežena je bila rekordno visoka občutljivost (preko 1000 nm/bar) ter izjemna robustnost. Senzor, izdelan za biomedicinski tlak, je prenesel preobremenitve nad 70 barov, brez trajnih poškodb ali premika ničelne točke.</p>	
	ANG	<p>This paper describes a newly designed all-glass miniature (\varnothing 125 μm) fiber-optic pressure sensor design that is appropriate for high-volume manufacturing. The fabrication process is based on the chemical etching of specially-designed silica optical fiber, and involves a low number of critical production operations. The presented sensor design can be used with either single-mode or multi-mode lead-in fiber and is compatible with various types of available signal processing techniques. A practical sensor sensitivity exceeding 1000 nm/bar was achieved experimentally, which makes this sensor suitable for low-pressure measurements. The sensor showed high mechanical stability, good quality of optical surfaces, and very high tolerance to pressure overload.</p>	
	Objavljeno v	<p>Optical Society of America; Optics express; 2009; Vol. 17, no. 7; str. 5098-5106; Impact Factor: 3.278; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.506; A': 1; WoS: SY; Avtorji / Authors: Cibula Edvard, Pevc Simon, Lenardič Borut, Pinet Eric, Đonlagić Denis</p>	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	15204374	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Mikro-obdelava s fosforjevim pentoksidom dopiranih optičnih vlaken na osnovi selektivnega jedkanja	
	ANG	Micromachining of optical fibers using selective etching based on phosphorus pentoxide doping	
Opis	SLO	<p>Članek predstavlja proces mikro-obdelave, s katerim lahko segment optičnega vlakna preoblikujemo v kompleksno 3-D optično mikro-strukturo. Predstavljen postopek mikro-obdelave temelji na osnovi nadzora hitrosti jedkanja, ki ga dosežemo z vgraditvijo fosforjevega pentoksida v silicijevo steklo skozi standardne postopke proizvodnje optičnih vlaken. Področja v preseku optičnega vlakna, dopirana s fosforjevim pentoksidom, se lahko v fluorovodikovi kislini jedkajo tudi do 100 krat hitreje kot čisto silicijevo steklo. Na osnovi opisanega principa je možno učinkovito in ekonomično izdelati široko paleto optičnih naprav, kjer z jedkanjem ustrezno dopiranih optičnih vlaken, ki jih privarimo na vrh ali med standardna dovodna vlakna, dosežemo izdelavo zelene končne mikro-fotonske strukture.</p>	
	ANG	<p>This paper presents a maskless micromachining process that can reform or reshape a section of an optical fiber into a complex 3-D photonic microstructure. This proposed micromachining process is based on the etching rate control achieved by the introduction of phosphorus pentoxide into silica glass through standard fiber manufacturing technology. Regions within a fiber cross section doped with phosphorus pentoxide can etch up to 100 times faster than pure silica when exposed to hydrofluoric acid. Various new photonic devices can be effectively and economically created by design and production of purposely doped fibers that are spliced at the tip or in-between standard lead-in fibers, followed by etching into a final structure.</p>	
Objavljeno v	<p>IEEE Photonics Society; IEEE photonics journal; 2011; Vol. 3, no. 4; str. 627-632; Impact Factor: 2.320; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.323; A': 1; WoS: IQ, SY, UB; Avtorji / Authors: Pevc Simon, Cibula Edvard, Lenardič Borut, Đonlagić Denis</p>		

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	15204118	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optični vlakenski Fabry-Perot senzor raztezka z veliko aktivno dolžino
		ANG	All-fiber, long-active-length Fabry-Perot strain sensor
	Opis	SLO	Predstavljen je visoko občutljiv, Fabry-Perot (FP) senzor raztezka z veliko aktivno dolžino in popolno SiO ₂ strukturo. Senzor uporablja t.i. W-strukturo, ki ob veliki aktivni dolžini senzorja zagotavlja kratko FP zračno režo in s tem nizke izgube optičnega signala. Senzor je izdelan z uporabo površinske mikroobdelave s jedkanjem posebnega vlakna, ki se selektivno izjedka v W-strukturo. Tehnologija izdelave potencialno omogoča cenovno učinkovito serijsko proizvodnjo. Doseženo merilno območje znaša 3000 µε ter ločljivost 1 µε. Za optično signalno procesiranje senzorja je mogoče uporabiti komercialno dostopne enote za procesiranje FP senzorjev.
		ANG	This paper presents a high-sensitivity, all-silica, all-fiber Fabry-Perot strain-sensor. The proposed sensor provides a long active length, arbitrary length of Fabry-Perot cavity, and low intrinsic temperature sensitivity. The sensor was micro-machined from purposely-developed sensor-forming fiber that is etched and directly spliced to the lead-in fiber. This manufacturing process has good potential for cost-effective, high-volume production. Its measurement range of over 3000 $\mu\epsilon$, and strain-resolution better than 1 $\mu\epsilon$ were demonstrated by the application of a commercial, multimode fiber-based signal processor.
	Objavljeno v	Optical Society of America; Optics express; 2011; Vol. 19, no. 16; str. 15641-15651; Impact Factor: 3.587; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.856; A': 1; WoS: SY; Avtorji / Authors: Pevec Simon, Đonlagić Denis	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	15419414	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Linijski Fabry-Perot senzor za merjenje lomnega količnika
		ANG	In-line Fabry-Pérot refractive index sensors
	Opis	SLO	V članku je predstavljen linijski Fabry-Perot senzor za merjenje lomnega količnika. Senzor je narejen iz kratkega kosa enorodovnega vlakna, ki ga zvarimo med dva dovodna vlakna, ki že poprej vsebujeta mikro-vlakensko zrcalo. Celotna struktura je v nadaljevanju izjedkana, da odstranimo odvečno oblogo. Izjedkano jedro optičnega vlakna obdaja merjen medij in tako vpliva na efektivni lomni količnik osnovnega rodu in s tem na optično dolžino Fabry-Perot interferometra (FPI). Narejeni so bili senzorji z različnimi premeri izjedkanih jeder, ki so bili nato eksperimentalno ovrednoteni znotraj območja lomnega količnika med 1.33 in 1.444. Signalno procesiranje predstavljenega senzorja je omogočeno s standardno opremo za zajemanje spektralnih karakteristik optičnih senzorjev.
		ANG	An in-line intrinsic Fabry-Pérot refractive index (RI) sensor is demonstrated. The sensor consists of a short single-mode fiber (SMF) section with removed cladding that is fusion spliced between two lead fibers containing in-fiber mirrors. The measured medium surrounding the decladed fiber section affects the fundamental mode's effective index and, consequently, the optical path length of the Fabry-Pérot interferometer (FPI). Sensors with different diameters of decladed regions were produced and experimentally evaluated within an RI range of between 1.33 and 1.444. The proposed sensor can be interrogated by standard spectrally resolved interrogators.
	Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE photonics technology letters; 2011; Vol. 23, no. 21; str. 1609-1611; Impact Factor: 2.191; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.323;	

		A': 1; WoS: IQ, SY, UB; Avtorji / Authors: Cibula Edvard, Donlagić Denis	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	15701526	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj in prilagoditev učnega gradiva za gluhe in naglušne na osnovi naprednega prilagojenega pedagoškega ocenjevalnega procesa
		ANG	Development and evaluation of an e-learning course for deaf and hard of hearing based on the advanced Adapted Pedagogical Index method
	Opis	SLO	Razvoj in prilagoditev učnega gradiva za gluhe in naglušne na osnovi naprednega prilagojenega pedagoškega ocenjevalnega procesa Spletno osnovana in prilagojena gradiva za učenje na daljavo predstavljajo alternativne oblike učenja tistim, ki se uporabljajo v klasični učilnici. V študiji, predstavljeni v članku, so gluhi in naglušni uporabljali prilagojeno e-učno okolje, da bi izboljšali svojo računalniško pismenost. Okolje je vključevalo pretočni video z video posnetkom tolmača znakovnega jezika in podnapisi. Prilagajanje e-učnih predavanj za gluhe in naglušne zahteva drugačen pristop: razviti je potrebno nove smernice za nalaganje in prikaz video gradiva. To smo prikazali na primeru e-učnega predavanja ECDL (European Computer Driving Licence). Analizirali smo uporabniško prijaznost in jo potrdili z uporabo dveh metod: prvič, z metodo Software Usability Measurement Inventory (SUMI), in drugič, z metodo Adapted Pedagogical Index (AdaPI), ki smo jo razvili v tej študiji in z indeksom izmeri pedagoško učinkovitost e-učnih predavanj, prilagojenih za ljudi z invalidnostmi. S 116 uporabniki, od katerih je bilo 22 gluhih ali naglušnih, smo ugotovili, da je e-učno predavanje ustrezno glede na obe ocenjevalni metodi.
		ANG	Web-based and adapted e-learning materials provide alternative methods of learning to those used in a traditional classroom. Within the study described in this article, deaf and hard of hearing people used an adaptive e-learning environment to improve their computer literacy. This environment included streaming video with sign language interpreter video and subtitles. The courses were based on the learning management system Moodle, which also includes sign language streaming videos and subtitles. A different approach is required when adapting e-learning courses for the deaf and hard of hearing: new guidelines must be developed concerning the loading and display of video material. This is shown in the example of the e-learning course, ECDL (European Computer Driving Licence). The usability of the e-learning course is analyzed and confirmed using two methods: first, the Software Usability Measurement Inventory (SUMI) evaluation method, and second, the Adapted Pedagogical Index (AdaPI), which was developed as part of this study, and gives an index to measure the pedagogical effectiveness of e-learning courses adapted for people with disabilities. With 116 participants, of whom 22 are deaf or hard of hearing, the e-learning course for the target group has been found suitable and appropriate according to both evaluation methods.
	Objavljeno v	Ablex Pub. Corp.; Interactive learning environments; 2012; Impact Factor: 1.163; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.846; A": 1; A': 1; WoS: HA; Avtorji / Authors: Debevc Matjaž, Stjepanović Zoran, Holzinger Andreas	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	13785366	Vir: COBISS.SI

	Naslov	<i>SLO</i>	Mnogorodovna vlakna z nizko diferencialno zakasnitvijo med rodovi
		<i>ANG</i>	Multimode optical fiber with low differential mode delay
	Opis	<i>SLO</i>	Patent je bil prodan največjemu proizvajalcu optičnih vlaken, Corning Inc, ZDA. Ta patent predstavlja predlog in analizo možnosti za pomembno izboljšanje mnogorodovnih telekomunikacijskih vlaken. Prvič je bilo v praksi prikazano oblikovanje mnogorodovnega optičnega vlakna, ki omogoča doseganje optične pasovne širine do 100 GHz•km. Predstavljeno oblikovanje vlakna odpira nove možnosti za visoko zmogljive cenovno učinkovite optične povezave na krajše razdalje, kot so npr. računalniška lokalna (LAN) in shranjevalna (SAN) omrežja.
		<i>ANG</i>	This patent was sold to world's largest fiber producer, Corning Inc., USA. This patent proposes a significant improvement of the multimode fibers together with thorough analysis of the proposed improvement. For the first time a practical design of a multimode fiber was proposed that can achieve a bandwidth up to 100 GHz*km. The presented design opens new possibilities for high performance cost effective optical interconnections over shorter distances such as computer local (LAN) or storage (SAN) networks.
	Šifra	F.32	Mednarodni patent
	Objavljeno v	s. n.]; 2010; [12] f.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Đonlagić Denis	
	Tipologija	2.24 Patent	
2.	COBISS ID	13997334	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Enodelni Fabry-Perot optični senzor in tehnologija izdelave
		<i>ANG</i>	Single piece Fabry-Perot optical sensor and method of manufacturing the same
	Opis	<i>SLO</i>	Patent je bil prodan FISO Technologes iz Kanade, ki je vodilno podjetje na področju optičnih vlakenskih senzorjev. Senzor/tehnologija je v fazi komercializacije. Patent zajema izvedbo in tehnnologija izdelave optičnega sensorja. Senzor je zgrajen iz optičnega senzorskega elementa, ki je pritrjen neposredno na vrh dovodnega optičnega vlakna. Senzorski element vsebuje membrano in distančnik, ki definira dolžino zračne reže med vrhom dovodnega vlakna in membrano, s čimer je ustvarjen t.i. optični Fabry-Perot resonator. Elastična membrana se pod vplivom merjenega tlaka upogiba in na ta način spreminja dolžino resonatorjam, kar je mogoče izmeriti z znanimi metodami.
		<i>ANG</i>	This patent was sold to FISO Technologies from Canada, which is leading producer of fiber-optic sensors. The fiber/sensor is in phase of comercialization. An optical sensor and a method of manufacturing such as sensor are provided. The sensor includes a lead optical fiber with a single piece optical element joined permanently joined to its forward end. The optical element defines a spacer with a cavity therein at one end, and a diaphragm at the opposite end. The diaphragm is flexible in response to a parameter and the sensor defines a sensing Fabry-Perot resonator.
	Šifra	F.32	Mednarodni patent
	Objavljeno v	s. n.]; 2010; 7, [9] f.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Đonlagić Denis, Cibula Edvard, Pinet Eric	
	Tipologija	2.24 Patent	
3.	COBISS ID	14855190	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Metode izdelave optičnih naprav

		ANG	Methods of manufacturing optical devices
Opis		SLO	V patentu so predstavljene metode izdelave optičnih naprav. Metode temeljijo na uporabi posebnih vlaken, ki so zgrajene iz različnih predelov z različnimi hitrostmi jedkanja v ustreznih sredstvih za jedkanje. Omenjena posebna optična vlakna oz. krajši segmenti teh vlaken se pritrdijo na poljubno optično napravo ter se po jedkanju izoblikujejo v želeno uporabno strukturo. Območje posebnega vlakna, ki je namenjeno za odstranitev z jedkanjem se lahko izjedka z dostopom sredstva za jedkanje skozi eno ali več radialnih odprtin. Predstavljeni so še razni drugi pristopi.
		ANG	Methods of manufacturing optical devices are disclosed. The method includes providing a structure-forming fiber bonded to at least one other optical component, the structure-forming fiber having a preferentially-etchable portion including at least one radial etching boundary and at least one axial etching boundary, and etching the preferentially-etchable portion to the radial and axial etching boundaries to produce a precise optical structure. The preferentially-etchable portion may be removed through one or more radial openings in the structure-forming fiber. Numerous other aspects are provided.
Šifra	F.32		Mednarodni patent
Objavljeno v	s. n.]; 2011; [70] f.; Avtorji / Authors: Đonlagić Denis, Pevec Simon		
Tipologija	2.23		Patentna prijava
4.	COBISS ID	14854934	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Linijske optične vlakenske naprave, optični sistemi in metode
		ANG	In-line optical fiber devices, optical systems, and methods
Opis		SLO	Patent se nanaša na evanescentne optične naprave oz. na evanescentne naprave, ki so prirejene za sklop z optičnim vlaknom. Evanescentna optična naprava je primerna za uporabo v različnih optičnih vlakenskih sistemih za interakcijo vodenega optičnega polja z medijem, ki evanescentno optično napravo obdaja. Evanescentna naprava vsebuje polje, kjer poteka interakcija z optično valovodno strukturo (jedro vlakna), oporne nosilce, ki so odmaknjeni od centralne osi in odprtine, ki obdajajo valovodno strukturo. Evanescentni optični sistem vsebuje obe dovodni vlakni med katerima je sklopljena evanescentna optična naprava. Metoda izdelave zajema izdelavo specialnega optičnega vlakna z integrirano oporno strukturo, polje za interakcijo in del hitro jedkajočega vlakna. Metoda izdelave prav tako zajema izdelavo celotnega skopa evanescentne naprave, ki temelji na spajanju specialnega optičnega vlakna med obe dovodni vlakni v strukturo, ki se na koncu še jedka. Z jedkanjem se oblikuje ključni segment evanescentne naprave, ki vsebuje polje za interakcijo in oporne nosilce.
		ANG	The present invention relates to an in-line optical device, and more particularly to an in-line optical device adapted to be connected to an optical fiber. The in-line optical device is suitable for use in different in-line fiber-optics systems to provide interaction of the guided optical field with the surrounding medium or other photonics structure. The in-line optical device includes a field interaction region of an optically-transmissive material or at least the fiber core, a support structure spaced from the central axis having one or more radial openings; and a void between the support structure and the field interaction region, the void substantially surrounding the field interaction region. An in-line optical system includes a first and second lead-in optical fiber, and in-line optical device, which is coupled between both lead-in fibers. The method of manufacturing includes providing a structure-forming fiber

		with support structure forming portion, a field interaction region forming portion, and a preferentially-etchable portion. It also includes bonding the structure-forming fiber between both lead-in fibers to form a fiber assembly that is further etched. Etching is needed to remove the etchable portion in order to form an in-line optical device having a field interaction region with support structures.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent
	Objavljeno v	s. n.]; 2011; [70] f.; Avtorji / Authors: Đonlagić Denis
	Tipologija	2.23 Patentna prijava
5.	COBISS ID	14854678 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Optični vlakenski senzorji z velikimi aktivnimi dolžinami, sistemi in metode
		<i>ANG</i> Optical fiber sensors having long active lengths, systems, and methods
	Opis	<p>Patentna prijava je osnova za izdelavo nove generacije senzorjev raztezkov.</p> <p>Patent se nanaša na optične senzorje, podrobneje na optične vlakenske senzorje skupaj s sistemi.</p> <p>Optični senzor z veliko aktivno dolžino je sestavljen iz: dovodnega vlakna, ki na vrhu tvori prvo polprepustno zrcalo, zunanje stene, drugega polprepustnega zrcala na vrhu stožca, globokega žleba (ki stožec obkroža) in drugega konca dovodnega vlakna. Aktivna dolžina optičnega senzorja je določena z globino žleba.</p> <p>Merilni sistem za merjenje raztezkov vsebuje senzor, ki je nameščen na merilni objekt. Senzor je preko dovodnega vlakna sklopljen s signalno procesno enoto, ki zajema od polprepustnih zrcal odbit optični signal, iz katerega se nato določi raztezek merilnega objekta. Največja prednost predstavljenega koncepta senzorja je fizična razmejite-ločitev aktivne dolžine senzorja z razdaljo med obema polprepustnima zrcaloma.</p> <p>Metode izdelave optičnega vlakenskega senzorja zajemajo več možnosti dizajna specialnega optičnega vlakna in mikro-obdelave vlakna v željeno končno strukturo. Patent se prav tako nanaša na merilni sistem z namenom, da predvidi način sklopa senzorja z dovodnim vlaknom in s signalno procesno enoto tako, da je možno meriti raztezke na podlagi odbitega optičnega signala.</p>
		<p>The patent application represents basis for manufacturing of next generation of strain sensors</p> <p>The present invention relates to optical sensors, and more particularly to optical fiber sensors and systems including them.</p> <p>The optical fiber sensor with long active length is composed of a lead-in fiber that also forms the first FP semi-reflective surface, an outer (semi-conical) wall, a second FP semi-reflective surface, a gutter that surrounds the second FP semi-reflective surface, pedestal and a second lead-in fiber. The active length of fiber sensor is defined by gutter depth.</p> <p>The strain measurement system includes an optical fiber sensor adapted to be coupled to an object undergoing strain, the optical fiber sensor including a lead-in optical fiber and an optical element coupled thereto including a signal processor coupled to the optical fiber sensor. Signal processor is operable to generate and pass a light signal into the lead-in optical fiber, receive a light signal reflected from at least the retracted surface of the optical element, and determine a strain applied to the object. The main advantage of the proposed sensor system is that cavity length and active length are separated by the gutter length in order to improve sensitivity. Method of manufacturing an optical fiber sensor includes a few possibilities to providing a structure-forming fiber; and micromachining the structure-forming fiber to produce an outer dimension, a pedestal, and a gutter surrounding the pedestal having a gutter depth defining an active region of length. The present invention also relates to measuring system in order to</p>

	define signal interrogation technique in manner of coupling signal into in-line fiber and receiving of a reflected light signal, all that to determine strain applied to the object.
Šifra	F.32 Mednarodni patent
Objavljeno v	s. n.]; 2011; [50] f.; Avtorji / Authors: Đonlagić Denis, Pevec Simon, Cibula Edvard
Tipologija	2.23 Patentna prijava

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

Delo skupine je usmerjeno tako, da vodi v industrijsko uporabljive tehnologije in koncepte. Rezultati dela na programu tako pogosto tvorijo osnovo za sodelovanje z gospodarskimi subjekti. Delež financiranja iz gospodarstva, ki ga je pridobila skupina, je v preteklem obdobju bistveno presegal delež financiranja s strani ARRS. Miniaturni tlačni senzor, ki je bil izšel iz tehnologije selektivnega jedkanja, smo v sodelovanju s podjetjem Optacore in FISO Technologies razvili v produkt, ki ga pričinja tržišni FISO Technologies. Senzor je najmanjši komercialno obstoječ senzor, poleg dimenzij pa ima vrsto prednosti - nenavadnih lastnosti, kot so izjemna kemijska in temperaturna obstojnost.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Delo skupine zajema temeljne in aplikativne raziskave na področju optičnih vlakenskih senzorjev in interaktivnih vmesnikov. Raziskave na področju površinske mikro-obdelave vrha optičnega vlakna, ki so del raziskovalnega programa, so omogočile izdelavo nove generacije mikro-optičnih senzorjev s premerom, ki je podoben ali enak premeru optičnega vlakna, torej 125 um. Mikro-optični senzorji omogočajo izvajanje meritev na mestih in na načine, ki jih klasični senzorji ne omogočajo. Odlikujejo jih predvsem majhne dimenzije, majhna masa, neobčutljivost na elektromagnetne motnje ter dielektrična zgradba. Razviti senzorji so tako osnova za raziskave in razvoj novih naprav in aplikacij v različnih sferah znanosti in tehnologije, kot so mikro in nano tehnologije, mikrofluidika, bio-medicina, znanosti o varstvu okolja, ipd. Aktivnosti na področju opto-elektronskega signalnega procesiranja in kvazi-porazdeljenih senzorjev so pripeljale do rešitev, ki mogočajo cenovno učinkovito realizacijo merilnih sistemov. Rešitev ponuja možnosti za različne statične in dinamične strukturne analize v sistemih in strukturah, kot so zgradbe, mostovi, plovila in vozila ter geomehanski monitoring. Raziskave na področju opto-elektronskega signalnega procesiranja omogočajo cenovno učinkovito izločanje spektralnih karakteristik pri različnih optičnih vlakenskih senzorjih, kar bo pospešilo uvajanje optičnih vlakenskih senzorjev v praktične aplikacije. S tem se odpirajo možnosti za boljši prenos raziskovalnih rezultatov, pridobljenih na področju optičnih senzorjev, v realno industrijsko okolje.

Izvedene raziskave na področju interaktivnih vmesnikov so pomembne tako za samo strojno izvedbo vmesnikov, kakor tudi za njihovo implementacijo v realnem okolju. Dejstvo je, da vse več ljudi uporablja internet z njegovimi storitvami, kot so prenos informacij na daljavo ter komunikacijske storitve za povezavo med ljudmi na daljavo. Tehnologija je sedaj vse bolj dostopna tudi invalidom in starejšim osebam, ki postajajo vse številčnejša populacija, kar je potrebno upoštevati pri razvoju aplikacij. S pomočjo tehnologije imajo lahko invalidi sedaj priložnost in možnost, da se enakovredno pojavljajo tako v socialnem, družbenem in ekonomskem okolju. Na področju znanosti nudijo rezultati, pridobljeni pri delu s transparentnimi video posnetki znakovnega jezika, nove vidike in možnosti za nadaljnji razvoj na področju lingvistike ter na področju dostopnosti računalniških aplikacij.

ANG

The group work involves fundamental and applicative research in the field of optical fiber sensors and interactive interfaces. The research in the field of surface micromachining of the optical fiber tip, which is part of the research programme, enabled the creation of new generation micro optical sensors with a diameter similar or equal to that of the optical fiber

dimension, therefore 125 μm .

Micro-optical sensors extend the possibilities and ways of measurement compared to classical sensors. They are distinguished with small dimensions, mass, electromagnetic immunity and dielectric structure. The developed sensors form the basis in the further development and research of new applications and devices for different spheres of science and technology like micro/nano technologies, micro-fluidics, biomedicine, environmental science, etc.

Activities in the field of opto-electronic signal enable a cost-effective extraction of spectral characteristics with different optical fiber sensors which will accelerate the introduction of optical fiber sensors into practical applications. Thus the accomplished and ongoing work opens up possibilities for better transfer of research results in the field of optical fiber sensors into real industrial environment.

The performed research in the area of interactive interfaces contributed in terms of new hardware interface realization and in form of their implementation in real environments. The fact is that more and more people are using the internet with its services i.e. distance information transfer and communication services for distant user connection. Today the technology is even more accessible to disabled persons and elderly people which population is increasing and has to be considered in the development of applications. Now, with the support of technology, disabled persons have the opportunity for equality in social and economic environments. In the field of science the results gathered with transparent video of sign language, new aspects and possibilities for further development in the field of linguistics and computer applications accessibility are offered.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Optični senzorji in mikrotehnologije predstavljajo dobro in realno tržno priložnost za slovenska podjetja. Tako smo v obdobju 2009-2012 izvajali industrijske projekte z več slovenskimi ter enim tujim podjetjem, kjer smo neposredno implementirali izsledke raziskav na področju mikro-senzorjev in mikrosenzorskih tehnologij. Sodelovanje z domačimi podjetji se izvaja v obliki razvojno-raziskovalnih projektov na področju novih proizvodov, ki so usmerjeni predvsem v višanje dodane vrednosti in krepitev tržnih deležev, ki jih ta podjetja že imajo na svetovnem trgu. Rezultati opravljenega dela so bili tudi osnova za povezavo domačega in tujega podjetja. Opravljeno raziskovalno delo zato neposredno krepi položaj slovenskih podjetij, dviguje dodano vrednost in s tem posledično pozitivno vpliva na domači BDP.

Razvoj kvazi-porazdeljenih optičnih vlakenskih senzorjev je tehnologija, ki lahko pomembno prispeva k izboljšanju varnosti bivanja na geomehansko ogroženih območjih. Slednja zaradi specifične konfiguracije terena predstavljajo v Sloveniji poseben problem. Rezultate raziskav je tako mogoče neposredno implementirati v obliko, ki bi omogočala nadzor plazišč.

Delo na področju interaktivnih vmesnikov je vodilo v izdelavo nove strojne opreme, ki lajša samostojno bivanje in varnost starostnikov ter izboljšuje povezljivost ljudi s sodobnimi digitalnimi sistemi. Zaradi inovativnosti transparentnega videa znakovnega jezika nadaljnji razvoj in uporaba le-tega v slovenskem okolju nudi nove možnosti za večjo prepoznavnost slovenske znanosti v svetovnem okolju. Zaradi zahteve Evropske unije po dostopnosti spletišč za vse, ne glede na prizadetost, znano kot Riga deklaracija iz leta 2006, nudi ta tehnologija možnost, da se razširi na vsa potrebna spletna okolja, še posebej na javna spletišča, kot so e-Uprava, e-Davki ter seveda e-Izobraževalni sistemi. Ker je za snemanje, združevanje medijev in postavitev na splet potrebna dobra logistika in opremljenost, se s tem odpirajo nove gospodarske možnosti za razširitev produkta ali za dodano vrednost obstoječim gospodarskim institucijam.

ANG

Optical sensors and micro-technology represent worthy and real business opportunities for Slovenian companies. Thus we performed industrial projects in berido 2009-2012 with one foreign and several Slovenian enterprises. There the obtained research results in the field of micro-sensors and micro-sensor technologies were thus directly implemented in development of practical systems. The cooperation with local and foreign enterprises is performed in the form of research and development projects in the field of new products which are directed towards high added value and enhancement of market shares which the companies are holding on the world market. The performed research work therefore directly strengthens the position of Slovenian companies, raises the added value of products and therefore positively influences the Slovenia GDP. The development of quasi-distributed optical fiber sensors is a technology, which can

essentially contribute to safety improvements in geomechanic endangered regions. The latter represents a particular problem to specific terrain configurations in Slovenia. The research results can be directly implemented in a form suitable for avalanche or land slide area monitoring.

The work in the field of interactive interfaces represents the opportunity for new hardware equipment design which can simplify self sustained dwelling and safety of elderly people. It also improves connectivity of persons with contemporary digital systems. On account of inventiveness in transparent video of sign language further research and use in Slovenian environment offers new possibilities for Slovenian science recognition in the world. Because of the European Union demand for accessibility of web sites regardless of the user disability, known as Riga declaration 2006, this technology could offer the opportunity of expansion to all necessary web environments, especially to services like e-Government, e-Taxes and of course e-Learning. Since good logistics and equipment is necessary for recording, media combining and web placement, there are new economic opportunities of product extension or added value increase to existent economic institutions.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹²

11.1. Diplome¹³

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	16
bolonjski program - II. stopnja	1
univerzitetni (stari) program	45

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
25429	Marko Kežmah	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27562	Matjaž Linec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28429	Primož Kosec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13996	BOJAN VRAČKO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29743	Simon Pevec	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

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

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
27562	Matjaž Linec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28429	Primož Kosec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
13996	BOJAN VRAČKO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	D - Javni zavod	
25429	Marko Kežmah	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	
29743	Simon Pevec	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

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

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
24408	Rok Klobučar	A - <input type="text"/>	24	
27565	Karl Benkič	A - <input type="text"/>	6	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

SLO

1. Raziskovalno-razvojni program za podjetje FISO Technologies iz Kande na področju miniaturnih Fabry-Perotovih senzorjev.
2. Raziskovalni razvojni program orodij za slušne aparate za podjetje PHONAK (Švica).
3. MANUNET Fiber Optics Magnetostrictive sensor (FOMS) (št.pogodbe 3211-09-0000553)
4. Joint Cal lof SEE-ERA.NET PLUS projekt: Online Presence for Learning (ERA 115/01)
5. TEMPUS projekt: E-internationalization for Collaborative Learning" (159327-TEMPUS-1-2009-1-AT-TEMPUS-SMGR)
6. COST TD1001: Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Applications (OFSESA)
7. LEONARDO DA VINCI projekt: DEAFVOC 2 – Transfer of Curricula for Vocational Language Education of the Deaf in Europe (2008-1-FI1-LEO05-00454)
8. WUS Austria: Master in Remote control (Projekt Srbija)
9. TEMPUS - ERASMUS MUNDUS projekt: M.Sc. Curriculum in E-Learning (MSCEL) (CD_JEP-41016-2006 (RS))
10. EEA Grants, Norway Grants: StuDis – Razvoj inkluzivnega visokega šolstva (101-EEA2-112/ČV – C1528-09PO00045)
11. TEMPUS project: Development of Master Study Programmes in Telecommunications and Control (CD_JEP-41112-2006 (RS))
12. TEMPUS project: PIUeLS - Practicum to Improve Ukrainian e-Learning System (SCM-T017B06-UKR)
13. Longlife Learning Programme: MeRLab - Innovative Remote Laboratory in the E-training of Mechatronics (LLP/LDV/TOI/SI/2007-SI-16)
14. ASO projects: Technical and Social Challenges related to Collaborative E-learning in Central and South Eastern European Countries (101-ASO)
15. NATO IST-053 sodelovanje v skupini

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

1. 2005-2013 Raziskovalni projekta FISO Technologies, Kanada: »Miniaturni tlačni senzorji«
2. 2010-2013 Kompetenčni center Biomedicinske Tehnologije (za vodilno podjetje v skupini Gorenje d.d.)
3. 2009-2012 Raziskovalni projekt za Hidria d.d.: "Optični senzorji za dizelske motorje".
4. 2009-2011 Raziskovalni projekt za Kolektor-Etra d.o.o. in Senčar d.o.o.: "Optični vlakenski senzorji in sistemi za signalno procesiranje za velike transformatorje".

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Raziskovalno delo programske skupine je v pomembnem delu usmerjeno h konceptom in rešitvam, ki imajo pomemben potencial za praktične aplikacije in uporabo. To se odraža v neposrednem sodelovanju z domačimi in tujimi industrijskimi partnerji, kar se kaže tudi v načinu financiranja raziskovalnih projektov, kjer je več kot 50 % kritja iz zasebnih (industrijskih) virov. Mnogo konceptov in raziskav iz obdobja financiranja projekta je prešlo nivo demonstratorjev, mnogo njih je so-financiranih z domačo in tujo industrijo. Takšen primer je miniaturni senzor tlaka, ki se skozi celotni razvoj izboljšuje. Načrtovanje senzorja in izdelava temelji na tehnologiji mikro-obdelave s selektivnim jedkanjem. V sodelovanju in podpori s podjetjem FISO Technologies (Kanada) in s podjetjem Optacore (Slovenija), je bil senzor skupaj s proizvodno tehnologijo dodelan do te stopnje, da ga je FISO ponudil svojim strankam za potrebe v biomedicinskem in jedrskem področju. V zadnjih petih letih je bilo v našem laboratoriju izdelanih in verificiranih več kot 1200 tlačnih senzorjev za biomedicinsko področje. Na drugi strani smo uporabili prilagojen design enakega senzorja za merjenje tlaka v motorjih z notranjim izgorevanjem (dizelski motorji). Slednje delo je bilo naročeno s strani Hidria d.d.

Podoben potencial imajo tudi nekateri drugi koncepti predstavljeni v iztekajočem obdobju financiranja, kot so miniaturni senzorji raztezka in vlakenska mikro-celica. Oba primera sta še v prototipni fazi, v pripravi za industrijsko okolje in evalvacijo. Nadalje, menimo, da omogoča mikro-obdelava na osnovi selektivnega jedkanja, edinstvene rešitve za cenovno ugodno proizvodnjo različnih vlakenskih mikro-optičnih naprav. Proizvodnja posameznih vlaken ima potencial za izdelavo velikega števila posameznih tipov naprav, kjer so za izdelavo običajno potrebne le osnovne operacije manipuliranja z vlakni kot so rezanje, varjenje in jedkanje. Predstavljeno tehnologijo je zato mogoče preprosto prilagoditi za masovno proizvodnjo.

Drug praktično zastavljen cilj dela skupine so opto-elektronski signalni procesorji. To je na žalost področje na katerem poteka malo raziskav. Optični vlakenski senzorji obstajajo skoraj tako dolgo, kakor vlakna, vendar z omejenim prodorom v praktične aplikacije, zavoljo omejene cenovne učinkovitosti obstoječih rešitev. Te omejitve lahko sledimo do cenovne neučinkovitosti sistemov za zajemanje in obdelavo optičnih signalov in ne samih optičnih vlakenskih senzorjev. Sistemi, ki smo jih raziskali in razvili v prejšnjem obdobju (posebej sistemi temelječi na DFB modulih) izrabljajo široko dostopne telekomunikacijske komponente in so zato bistveno bolj cenovno učinkoviti. Koncept je bil pripeljan do prototipa in je bil uporabljen v praktičnih terenskih testih. Trenutno iščemo partnerje za nadaljnji razvoj te tehnologije.

17. 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	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	1 M€
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	prostri, oprema (caa 500.000€), zagonski kapital

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

V letu 2012 smo zaključili raziskave na linijskih mikro-optičnih napravah, ki omogočajo učinkovito dostopanje do evanescentnega polja optičnega vlakna. Gre za novo zasnovano tovrstnih naprav. Izsledki raziskav so bili objavljeni v ugledni reviji (Optics Express), za omenjen koncept sta bili vloženi evropska in ameriška patentna prijava. Zastavljene koncept omogoča učinkovito izdelavo mikro-optičnih naprav, kot so bio-medicinski senzorji. Koncept temelji na selektivnem jedkanju in omogoča cenovno učinkovito izdelavo tovrstnih naprav. Gre za raziskovani dosežek z dobrim ekonomskim potencialom.

18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V letu 2012 smo zaključili raziskave na linijskih mikro-optičnih napravah, ki omogočajo učinkovito dostopanje do evanescentnega polja optičnega vlakna. Gre za novo zasnovano tovrstnih naprav. Izsledki raziskav so bili objavljeni v ugledni reviji (Optics Express), za omenjen koncept sta bili vloženi evropska in ameriška patentna prijava. Zastavljene koncept omogoča učinkovito izdelavo mikro-optičnih naprav, kot so bio-medicinski senzorji. Koncept temelji na selektivnem jedkanju in omogoča cenovno učinkovito izdelavo tovrstnih naprav. Gre za raziskovani dosežek z dobrim ekonomskim potencialom.

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 Mariboru, Fakulteta za
elektrotehniko, računalništvo in
informatiko

Denis Đonlagić

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2013/35

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 ARRS (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² 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](#)

³ 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](#)

- ⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁵ 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](#)
- ⁶ 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](#)
- ⁷ 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](#)
- ⁸ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (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 (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁹ 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](#)
- ¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹² Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)
- ¹³ Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)
- ¹⁴ 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](#)
- ¹⁵ 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. 2012), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)
- ¹⁶ Navedite naslove projektov 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 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](#)
- ¹⁸ 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](#)
- ¹⁹ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)
- ²⁰ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2012 (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/2013 v1.00
79-43-3A-C4-10-8A-A6-89-9D-43-75-E8-63-96-DB-E0-21-33-25-A4

