

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/171



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0084
Naslov programa	Nanostrukturni materiali Nanostructured Materials
Vodja programa	4355 Spomenka Kobe
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	71813
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskave Programske skupine »Nanostrukturni materiali« so usmerjene v razvoj in študij tehnološko zanimivih materialov s posebnimi fizikalnimi lastnostmi. Vključujejo modeliranje, pripravo materialov ter preiskave strukture, kemijske sestave in fizikalnih lastnosti keramičnih

in kovinskih materialov, intermetalnih zlitin in mineralov. Skupina razpolaga z vrhunsko raziskovalno opremo za pripravo vzorcev, za magnetne in električne meritve in elektronsko mikroskopijo.

Na področju intermetalnih zlitin redkih zemelj in elementov prehoda smo dosegli izjemne rezultate tako v okviru evropskega projekta ROMEO, kot tudi pri sodelavi z domačima industrijskima partnerjema.

Z elektrokemijskim nanašanjem smo uspešno sintetizirali feromagnetna sistema Co-Pt in Fe-Pd v dveh ter v eni dimenziji. Proces elektrokemijskega nanašanja smo nadaljevali s sintezo magnetnih dvodimezionalnih in enodimenzionalnih nanostruktur z magnetnim oblikovnim spominom. S pomočjo metode elektronske holografije (EH) smo prvič v tem sistemu izmerili in tudi kvantitativno določili magnetni odziv posameznih Co-Pt nanosfer in Fe-Pd nanocevk. Fe₇₀Pd₃₀ nanocevk smo v sodelovanju s Kemijskim institutom uspešno funkcionalizirali z zdravilno učinkovino ter na osnovi meritev spremljanja sproščanja le-te izdelali model, ki temelji na hitrem začetnem sproščanju učinkovine zaradi visoke specifične površine uporabljenih cevk, kateremu sledi počasno sproščanje, ki temelji na difuziji učinkovine iz notranjosti cevk.

S pulzno lasersko depozicijo v atmosferi dušika smo z uporabo CoPt, Fe, Fe(Sm,Ta) in Al tarč sintetizirali votle nanodelce v katerih se nahaja plinasti dušik. Sinteza votlih nanodelcev je potencialno zanimiva za razvoj tarčnih zdravil s ciljanim prenosom in kontrolirano sprostitvijo zdravilne učinkovine. Dokazali in sistematično izmerili smo tlak plina dušika znotraj posameznih votlih nanosfer na osnovi Al.

Raziskave v okviru Evropskega fuzijskega programa smo razširili s keramičnih kompozitov še na kompozite z volframom.

Na področju varistorske keramike smo z dodatkom predreagiranih faz Bi₄Ti₃O₁₂ ali Bi₁₂TiO₂₀ in ostalih varistorskih dopantov k ZnO razvili homogeno grobozrnato nizko napetostno varistorsko keramiko s prebojnimi napetostmi med 20 in 40 V/mm in koeficientom nelinearnosti α nad 20.

Za industrijskega partnerja smo študirali tudi vpliv organskega nosilca in količine dodatka varistorskega polnila na reološke lastnosti past za sitotisk. Razvili smo pasto z visokim, 70% deležem polnila in dobrimi lastnostmi za sitotisk, ki nam omogoča izdelavo gostih plasti varistorske keramike z dobrimi varistorskimi lastnostmi in to pri nizki temperaturi žganja 900°C, tipični za tehnologijo izdelave hibridnih vezij s sitotiskom.

Z metodo nizkotemperaturne hidrotermalne sinteze pri 90 °C ob dodatku natrijevega citrata smo pripravili plasti ZnO na stekleni podlagi, ki imajo 82-odstotno prozornost in za nedopiran ZnO majhno upornost 100 Ω sq⁻¹. Pojasnili smo mehanizem rasti kristalov pod geometrijsko omejenimi pogoji, ki privede do gladke in goste, (0001) orientirane polikristalinične plasti ZnO.

ANG

The basic and applied research in the programme group includes ceramic materials, metals, intermetallic alloys and minerals. Our research encompasses conventional processing as well as the development of new technologies and methods for preparing new materials with novel properties. It includes experimental and theoretical investigations of structures, analyses of chemical compositions at the atomic level, and measurements and calculations of physical properties, all of which help us to improve the properties of micro- and nanostructured materials.

In the field of intermetallic alloys based on rare earth and transition metals we achieved exceptional results in the frame of European project ROMEO, which we coordinate. In this research field we also successfully accomplished research and development goals for two industrial partners.

One-dimensional and two-dimensional Co-Pt and Fe-Pd-based nanostructures were prepared on conductive substrates and via template-assisted electro-deposition. The magnetic response on individual Co-Pt nanospheres and Fe-Pd nanotubes was measured and quantified for the first time in this system by applying Electron Holography (EH) method. Fe₇₀Pd₃₀ nanotubes were successfully functionalized with a model drug, i.e., paracetamol. We proposed the type of release: with an initial burst and a slower release of the remaining drug could be suitable for applications where a fast action is required, which then has to be maintained for a certain time period.

We reported on nitrogen-filled hollow Co-Pt nanospheres produced via pulsed-laser ablation (PLA) in ambient nitrogen gas and demonstrated that by applying PLA in an ambient nitrogen gas the gas-filled hollow Co-Pt nanospheres can be successfully produced, where the

composition of the particles is controlled by the Co-Pt target composition. We broadened the research work of structural materials within the frame of European fusion programme from ceramic composites SiC/SiC to tungsten-containing composites. Synthesis of perovskite BaTiO₃ nanorods via sol-gel electrophoretic deposition into anodic aluminum oxide (AAO) membranes has proven to be very successful and useful. When measuring the electrical properties of BaTiO₃ nanorods we have come up with interesting scientific findings, which were published in the journal Nanotechnology. In the beginning of 2012 this work received the title of "Best journal highlights articles". We developed homogeneous coarse grained low-voltage ZnO-based varistor ceramics doped with Bi₄Ti₃O₁₂ or Bi₁₂TiO₂₀ and other varistor dopants having breakdown voltage in the range from 20 to 40V/mm and nonlinearity coefficient α above 20. We studied long persistence phosphors, which enable the storage and slow discharge of light. It is anticipated that incorporation of such a delayed light release source will improve light harvesting efficiency for photovoltaic applications.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Raziskave Programske skupine »Nanostrukturni materiali« so usmerjene v razvoj in študij tehnološko zanimivih materialov s posebnimi fizikalnimi lastnostmi. Vključujejo modeliranje, pripravo materialov ter preiskave strukture, kemijske sestave in fizikalnih lastnosti keramičnih in kovinskih materialov, intermetalnih zlitin in mineralov. Skupina razpolaga z vrhunsko raziskovalno opremo za pripravo vzorcev, za magnetne in električne meritve in elektronsko mikroskopijo.

V okviru evropske mreže odličnosti Complex Metallic Alloys (NoE CMA) smo se uspešno vključili v vrh svetovnih raziskav na dveh področjih: i) na področju raziskav kvazikristalov na osnovi titana, ki so obetavni za shranjevanje vodika v stacionarnih aplikacijah, ii) na področju intermetalnih zlitin z magnetokaloričnim. Na področju intermetalnih zlitin redkih zemelj in elementov prehoda smo dosegli izjemne rezultate tako v okviru evropskega projekta ROMEO, kot tudi pri sodelavi z domačima industrijskima partnerjema.

Na področju magnetizma in magnetnih materialov smo se ukvarjali tudi s proučevanjem magnetne izmenjalne sklopitve na osnovi Wannierovih orbital določenih iz elektronske strukture izračunane ab-initio. Izračunani parametri, med drugim, služijo uporabi v renormalizacijski grupi s pomočjo gostotnih matrik, ki služi predvsem raziskavi enorazsežnih sistemov. V okviru teorije gostotnih funkcionalov smo v okviru bilateralne sodelave s Francijo (PROTEUS) raziskali morebitne nestabilnosti ali kompleksnosti v faznem diagramu Ca-Ga-Cu. Določil smo tudi vpliv berilija na energijo dvojčenja v spinelu.

Z elektrokemijskim nanašanjem smo uspešno sintetizirali feromagnetna sistema Co-Pt in Fe-Pd v dveh ter v eni dimenziji. Proces elektrokemijskega nanašanja smo nadaljevali s sintezo magnetnih dvodimezijskih in enodimezijskih nanostruktur z magnetnim oblikovnim spominom. S pomočjo metode elektronske holografije (EH) smo prvič v tem sistemu izmerili in tudi kvantitativno določili magnetni odziv posameznih Co-Pt nanosfer in Fe-Pd nanocevk. Fe₇₀Pd₃₀ nanocevk smo v sodelovanju s Kemijskim institutom uspešno funkcionalizirali z zdravilno učinkovino ter na osnovi meritev spremljanja sproščanja le-te izdelali model, ki temelji na hitrem začetnem sproščanju učinkovine zaradi visoke specifične površine uporabljenih cevk, kateremu sledi počasno sproščanje, ki temelji na difuziji učinkovine iz notranjosti cevk.

S pulzno lasersko depozicijo v atmosferi dušika smo z uporabo CoPt, Fe, Fe(Sm,Ta) in Al tarč sintetizirali votle nanodelce v katerih se nahaja plinasti dušik. Sinteza votlih nanodelcev je potencialno zanimiva za razvoj tarčnih zdravil s ciljanim prenosom in kontrolirano sprostitvijo zdravilne učinkovine. Dokazali in sistematično izmerili smo tlak plina dušika znotraj posameznih votlih nanosfer na osnovi Al.

Raziskave v okviru Evropskega fuzijskega programa smo razširili s keramičnih kompozitov še na kompozite z volframom.

Na osnovi raziskav v okviru mednarodnega projekta Meddelcoat (6. OP, IP-SME) smo dosegli ciljne lastnosti prevlek na titanovih zlitinah za kostne vsadke. Druga vrste prevleke, namenjena hitrejšemu vraščanju, sestoji iz nanosa poroznega titana (pripravljen v švicarskem podjetju

Alhenia), zapolnjenega z bioaktivnim steklom, ki smo ga sintetizirali po sol-gel postopku. Obe prevleki in postopka priprave smo patentno zaščitili.

Pri študiju električnih lastnosti BaTiO₃ nanopalčk smo poročali o vključevanju posameznih BaTiO₃ nanopalčk v preprosta vezja. Električne meritve, opravljene na posameznih BaTiO₃ nanopalčkah, so pokazale vrednosti upornosti primerljive z vrednostmi, ki so bile objavljene za BaTiO₃, ki vsebuje kisikove vrzeli. Posamezne BaTiO₃ nanopalčke smo integrirali v kompleksna vezja s funkcijo nanosenzorjev vlage.

Na področju fotovoltaike smo sestavili in testirali DSSC sončne celice. Osredotočili smo se na izdelavo čim bolj učinkovite foto-elektrode na osnovi TiO₂ nanocevk. Urejene, navpično orientirane TiO₂ nanocevke, smo sintetizirali z anodno oksidacijo elektropolirane titanove folije. S spreminjanjem pogojev anodne oksidacije smo pripravili plasti TiO₂ z nanocevkami različnih dimenzij. Tako pripravljene foto-aktivne plasti smo uporabili tako v upogljivih kot tudi v neupogljivih elektrokemijskih sončnih celicah. Najvišja izmerjena učinkovitost pretvorbe upogljivih sončnih celic je bila 2,1%, neupogljivih pa 5,9%.

Na področju varistorske keramike smo z dodatkom predreagiranih faz Bi₄Ti₃O₁₂ ali Bi₁₂TiO₂₀ in ostalih varistorskih dopantov k ZnO razvili homogeno grobozrnato nizko napetostno varistorsko keramiko s prebojnimi napetostmi med 20 in 40 V/mm in koeficientom nelinearnosti α nad 20.

Za industrijskega partnerja smo študirali tudi vpliv organskega nosilca in količine dodatka varistorskega polnila na reološke lastnosti past za sitotisk. Razvili smo pasto z visokim, 70% deležem polnila in dobrimi lastnostmi za sitotisk, ki nam omogoča izdelavo gostih plasti varistorske keramike z dobrimi varistorskimi lastnostmi in to pri nizki temperaturi žganja 900°C, tipični za tehnologijo izdelave hibridnih vezij s sitotiskom.

Z metodo nizkotemperaturne hidrotermalne sinteze pri 90 °C ob dodatku natrijevega citrata smo pripravili plasti ZnO na stekleni podlagi, ki imajo 82-odstotno prozornost in za nedopiran ZnO majhno upornost 100 Ω sq⁻¹. Pojasnili smo mehanizem rasti kristalov pod geometrijsko omejenimi pogoji, ki privede do gladke in goste, (0001) orientirane polikristalinične plasti ZnO.

Na področju kovinskih materialov smo se dodatno posvetili raziskavam hibridnih več funkcionalnih sistemov na osnovi magnetno, optično in katalitsko sklopljenih lastnosti v obliki nanodelcev, nanocevk in nanožic urejenih v hierarhične strukture. Osnovna magnetna komponenta (Fe, Co), zagotavlja magnetno manipulacijo in separacijo, medtem ko optična komponenta (Au, Ag) zaradi površinske plazmonske resonance absorbira svetlobo določene valovne dolžine ter jo odda kot toploto. Preiskave potekajo s stališča bioobčutljivosti, bioaktivnosti in bioeliminacije. Nadalje hibridne nanostrukture implementiramo v raziskavah katalize reakcije DNK segmentov, kjer preiskujemo nanostrukturirane magnetne zlitine v katere inkorporiramo elemente z znano katalitično aktivnostjo kot so Pt, Pd in Au, za povečevanje izkoristkov reakcije sinteze DNK z možnostjo končne separacije nanostrukturiranih zlitin iz reakcijskih okolij.

Raziskave na področju magnetnih materialov smo poglobili s študijem novih metod priprave materialov, to je sintranjem v plazmi in selektivnim laserskim sintranjem.

Izjemno tokovno-napetostno (I-U) nelinearnost varistorske keramike na osnovi ZnO običajno povezujemo z dopantom kot sta Bi₂O₃ or Pr₆O₁₁, znanima kot varistorska tvorca, ki določata dva glavna tipa varistorjev danes v uporabi za prenapetostne zaščite; ostajata na mejah med zrni in zagotavljata elektronska stanja za nastanek dvojnih Schottkijevih barier s prebojno napetostjo pri 3V. Nekatere novejšje raziskave so pokazala na I-U nelinearnost v ZnO keramiki brez dodatka standardnih varistorskih tvorcev, dopirani le z oksidi Ca, Mg, Co, Mn in Cr. To odpira zanimiva vprašanja glede narave nelinearnosti v tej keramiki in možnosti za razvoj novega tipa varistorjev z vrsto prednostmi, tako zaradi odsotnosti tekoče faze v primerjavi z Bi₂O₃-tipom kot tudi nižje cene brez uporabe dragega Pr.

Nanokristalinični titanov dioksid omogoča fotokatalitično čiščenje vode in zraka. Bistvo procesa je razgradnja organskih molekul s pomočjo radikalov, ki nastanejo pri obsevanju titanovega dioksida z UV svetlobo. V zvezi s tem se ukvarjamo z načrtovanjem fotokatalitičnih reaktorjev z imobiliziranim titanovim dioksidom. Naš glavni cilj je izdelava visoko učinkovitih fotokatalitičnih reaktorjev s titanovim dioksidom za čiščenje industrijskih odpadnih voda, za sintezo različnih organskih molekul in za določevanje kemijske potrebe po kisiku (KPK). S fotokatalitičnim reaktorjem bomo izboljšali in pocenili obstoječe postopke merjenja KPK in izdelali visoko učinkovite fotokatalitične reaktorje za vse našete aplikacije. Zaradi že obstoječega znanja na področju anodne oksidacije titana, s čimer dobimo fotokatalitično aktivne nanocevke titanovega dioksida, smo raziskave usmerili tudi na izdelavo fotoelektrokemijskega sistema za

pridobivanje vodika z razgradnjo vode.

Programsko vsebino smo dopolnili z nanostrukturnimi študijami začetnih stopenj faznih transformacij v kristalih, ki se odražajo kot kemijsko inducirane dvojčične, antifazne ali inverzne meje. Raziskave lokalne strukture in kemijske sestave teh strukturnih diskontinuitet omogočajo rekonstrukcijo mehanizma njihovega nastanka s katerim lahko dodatno funkcionaliziramo obstoječe materiale ali gradimo povsem nove strukture z modulirano funkcionalnostjo. Koncept kemijsko induciranih faznih transformacij v kristaliničnih snoveh je inovativen pristop k razumevanju atomarnih principov faznih transformacij in z njimi povezane rasti kristalov, pri čemer je naša skupina ena vodilnih v svetu. Te raziskave predstavljajo temeljni prispevek k osnovnemu znanju s področja termodinamike in kinetike procesov med nukelacijo kristalov na atomarnem nivoju, ki ni pomemben le za razumevanje procesov kristalizacije, ampak ponuja tudi izjemne možnosti na področju razvoja novih funkcionalnih materialov. V okviru raziskovalnega programa poglobljeno raziskujemo minerale strukturnega tipa rutil, perovskit, wurtzit, ki jih lahko potencialno uporabimo za inovativne funkcionalno modulirane materiale, na primer za izdelavo anorganskih fraktalnih nosilcev za separacijske tehnologije in katalizo, za dielektrične in termoelektrične aplikacije, strukturne materiale in podobno.

Bistven napredek na področju razvoja sodobnih funkcijskih nanomaterialov je mogoče doseči z uporabo ustreznih metod za karakterizacijo na nano področju, ki omogočajo in-situ, t.j. neposredne in hkrati dinamične preiskave nanomaterialov v njihovih naravnih, t.j. funkcionalnih okoljih. Med te preiskave sodijo neposredne, dinamične študije nukleacije in rasti kompleksnih nanodelcev v nano področju. Nadalje, preiskave neposrednih, dinamičnih procesov, pri čemer se nanomateriali nahajajo v funkcionalnem stanju, na primer, ko se vrši fotokatalitska razgradnja organske snovi v prisotnosti optično aktiviranih TiO₂ nanodelcev. Glavni izziv pri neposrednih, dinamičnih preiskavah nanomaterialov predstavlja pomanjkanje ustreznih raziskovalnih strategij za oblikovanje poskusov, ki omogočajo študij le-teh v tekočih okoljih pri nanometerski prostorski ločljivosti. Konvencionalna presečna elektronska mikroskopija (TEM) omogoča karakterizacijo nanomaterialov na atomski skali, vendar morajo biti vzorci suhi in opazovani v visokem vakuumu. Da bi premostili to vrzel, razvijamo interdisciplinarno raziskovalno platformo za dinamično TEM v tekočih okoljih, ki presega statične omejitve obstoječih TEM tehnik. Tovrsten pristop odpira širok nabor možnosti za neposredne, dinamične in hkrati visoko-ločljivostne študije nanomaterialov v naravnih okoljih. V okviru slednjega, je predlagana raziskovalna platforma na osnovi tehnologije »laboratorij na čipu« v TEM osnova za neposredno karakterizacijo in optimizacijo nanomaterialov.

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

SLO

Cilji, ki smo si jih zastavili so bili v celoti doseženi večinoma pa tudi močno preseženi, ker smo v trajanju programskega obdobja pridobili nekaj večjih projektov s področja naših raziskav in jih zato tudi ustrezno razširili. Na področju intermetalnih zlitin smo cilje programa visoko presegli saj smo v okviru evropskega projekta, ki ga koordiniramo, pomembno prispevali k reševanju perečega svetovnega problema, ki je zaradi kitajskega embarga na redke zemlje povzročil leta 2010 svetovno krizo. Z elektroforetsko depozicijo in kasnejšo termično obdelavo, ki omogoča kontrolirano difuzijo po mejah med zrnji, smo dosegli, da je za odlične končne lastnosti Nd-Fe-B magnetov, ki se uporabljajo v električnih in hibridnih vozilih ter vetrnih elektrarnah, potrebna minimalna količina dodane težke redke zemlje. Prihranek pri količini Dy in s tem finančni prihranek je desetkraten. Dosežek je naletel na izjemno zanimanje svetovne strokovne javnosti.

V okviru mednarodnega projekta MNT-ERA-Net smo razvili neprepustno prevleko, ki je namenjena trajnemu shranjevanju in transportu plinastega in tekočega vodika. Poročali smo o 20.000 kratnem zmanjšanju prepustnosti za vodik z uporabo prevleke na osnovi zlitine TiAlNi. Projekt je bil proglašen za najuspešnejši MNT-ERA-Net projekt v letu 2010.

Pri raziskavah materiala za uporabo v bodočem fuzijskem reaktorju (FP7, EURATOM) smo uvedli nov postopek priprave keramičnih kompozitov z vlakni »SITE« in dosegli veliko odmevnost v mednarodnem okolju. Postopek, ki smo ga postavili ob bok priznanemu Japonskemu postopku »NITE«, temelji na infiltraciji keramične tkanine s keramično suspenzijo s pomočjo elektroforetske depozicije, tej fazi pa sledi bodisi infiltracija z dodatki za sintranje ali

s polimernim prekursorjem SiC. Sodelovali smo tudi pri drugih aktivnostih v okviru Slovenske fuzijske asociacije in sicer pri organiziranju evropske potujoče razstave o fuziji in z različnimi aktivnostmi v evropski mreži za informiranje javnosti o napredku na področju razvoja fuzije. Raziskave smo v zadnjem letu razširili s keramičnih kompozitov še na kompozite z volframom. V okviru projekta BioTiNet (FP7-ITN) smo potrdili dobro fotokatalitsko aktivnost trdno vezane anataze prevleke, ki je zelo blizu aktivnosti komercialnega prahu P25 in velik vpliv obsevanja na inducirano superhidrofilnost. Raziskave materialov za biomedicinsko uporabo so vsebovale pripravo in analizo ogrodij za tkivno inženirstvo, ki se vklaplja v tematiko COST akcije NAMABIO.

Pomembno področje raziskovalnega dela programske skupine je bila tudi implementacija in razvoj različnih analitskih metod elektronske mikroskopije v okviru evropskega projekta ESTEEM, kot so spektroskopija izgub energije elektronov (EELS), visokoločljivostna vrstična presečna elektronska mikroskopija (STEM, HAADF-STEM), elektronska holografija in mehanska priprava vzorcev za presečno elektronsko mikroskopijo.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Ni sprememb povečanja sredstev so obrazložena v vsebinskem delu.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25764903	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Rast transparentnih in prevodnih polikristaliničnih (0001)-ZnO filmov na steklenih substratih pri nizko-temperaturnih hidrotermalnih pogojih
		ANG	Growth of transparent and conductive polycrystalline (0001)-ZnO films on glass substrates under low-temperature hydrothermal conditions
	Opis	SLO	V tem delu smo rešili dva glavna problema v zvezi z nanašanjem ZnO na substrate; izdelali smo debelejše filme brez izgube transparentnosti in ohranili njihovo relativno visoko prevodnost. Odlične fizikalne lastnosti naših ZnO filmov smo razložili z mehanizmom prostorsko omejene orientirane rasti in posledično njihove samo-orientacije, ki diktira nastanek medsebojno močno povezanih, gladkih in gostih polikristaliničnih (0001)-ZnO filmov na amorfnih substratih kot je na primer navadno steklo.
		ANG	Simple and chip low-temperature hydrothermal synthesis at 90°C enables preparation of ZnO films with high optical transparency and low resistivity. The formation of ZnO nucleation layer and an influence of its characteristics on growth and optical properties of the ZnO films were studied. Highly homogeneous and continuous nucleation layer of well-connected ZnO grains with size from 30 to 100 nm, which enable hydrothermal growth of highly transparent ZnO film, were prepared.
	Objavljeno v		Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2012; Vol. 22, no. 15; str. 3136-3145; Impact Factor: 9.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A": 1; A': 1; WoS: DY, EI, NS, PM, UB, UK; Avtorji / Authors: Podlogar Matejka, Richardson Jacob J., Vengust Damjan, Daneu Nina, Samardžija Zoran, Bernik Slavko, Rečnik Aleksander
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	26008871	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Minerali živo-srebrovega rudišča Idrija
		ANG	Mineralien der Quecksilbererz-Lagerstätte Idrija
			Izdali smo znanstveno monografijo z naslovom 'Minerali živo-srebrovega rudišča Idrija'. Monografija je izšla v treh jezikih, slovenskem, nemškem in

	Opis	SLO	angleškem. V angleškem jeziku je monografijo izdala ugledna mednarodna znanstvena založba Springer Verlag. Monografija je prva obsežna študija s področja mineralogije, ki je bila izdelana na drugem največjem rudišču živega srebra na svetu, Idriji. Osrednji del monografije je posvečen glavnemu živosrebovemu mineralu idrijskega rudišča, cinabaritu. Le-ta se pojavlja v različnih kristalnih oblikah, od katerih so največja posebnost rudišča lateralni interpenetracijski dvojčki. Knjiga je zanimiva tako za geologe, mineraloge in kristalografe, kot tudi za vse, ki jih zanima zgodovina zbiranja mineralov v Idriji in predstavljajo pomembno naravno dediščino Slovenije.	
		ANG	A scientific monograph entitled 'Minerals of the mercury ore deposit Idria' was published in three languages, Slovene, German and English, the latter by the renowned international scientific publisher Springer Verlag. Mineralogy is explained in terms of geological processes that were active during the formation of the ore deposit. The central part of the book is dedicated to the main mineral of the ore deposit, cinnabar. It occurs in a variety of crystal forms, of which the most special are lateral interpenetration twins. The book is written for a broad readership, and is interesting for geologists, mineralogist and crystallographers, as well as for those interested in the history of mineral collecting in Idria and represent and important natural heritage of Slovenia.	
	Objavljeno v		Institut Jožef Stefan";Bode; 2012; 112 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Rečnik Aleksander	
	Tipologija		2.01 Znanstvena monografija	
3.	COBISS ID		27217447	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pulzna laserska depozicija s plinom polnjenih votlih CoPt nanosfer	
		ANG	Pulsed-laser fabrication of gas-filled hollow CoPt nanospheres	
	Opis	SLO	Nadaljevali smo s študijem votlih kovinskih nanodelcev, ki smo jih sintetizirali s pomočjo PLD v atmosferi dušika. Sinteza votlih nanodelcev je potencialno zanimiva za razvoj tarčnih zdravil z ciljanim prenosom in kontrolirano sprostitvijo zdravilne učinkovine. Votle nanodelce smo uspešno sintetizirali z uporabo CoPt, Fe, Fe(Sm,Ta) in Al tarč. Dokazali in sistematično izmerili smo tlak plina dušika znotraj posameznih votlih nanosfer na osnovi Al. Tlak dušika se je gibal med 200 in 600 bari in je v splošnem naraščal z manjšanjem volumna notranje votline. Slednje je v skladu z teorijo ravnotežnega tlaka, ki se tvori v mehurčkih znotraj Al taline ob upoštevanju ustrezne površinske energije.	
		ANG	Studies of hollow metallic nanoparticles produced by PLD in nitrogen atmosphere are becoming an area of high potential for future applications in theranostics. Hollow nanospheres were successfully produced from CoPt, Fe, Fe(Sm,Ta) and Al targets. I have proven and systematically measured the nitrogen gas pressure within the individual Al-based spheres. The nitrogen pressure ranged between 200 and 600 Bars and was generally increasing by decreasing the volume of the void. This is in accordance with the equilibrium gas pressure that would form in a bubble in Al melt considering the corresponding surface energy.	
Objavljeno v		Elsevier Science; Acta materialia; 2013; Vol. 61, no. 61; str. 7924-7930; Impact Factor: 3.940;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A": 1;A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Šturm Sašo, Žužek Rožman Kristina, Markoli Boštjan, Spyropoulos Antonakakis Nikolaos, Sarantopoulou Evangelia, Kollia Zoe, Cefalas Alciviadis-Constantinos, Kobe Spomenka		
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID		26981415	Vir: COBISS.SI

	Naslov		SLO	Visokoučinkovit mikoreaktor na osnovi TiO2 za fotokatalitsko uporabo
			ANG	A highly efficient TiO[sub]2-based microreactor for photocatalytic applications
	Opis	SLO	Na področju fotokatalize smo oblikovali in pripravili mikoreaktor iz titanove folije na katero smo nanесли TiO2 nanocevke in anatazne nanodelce. Osnovne lastnosti in dizajn smo objavili v reviji ACS applied materials & interfaces (IF 5). Z mikoreaktorjem smo nato opravili vrsto bolj natančnih študij razpada različnih organskih spojin. Opazili smo, da pri razpadu spojin, ki vsebujejo klor pride do zmanjšanja učinkovitosti mikoreaktorja. Z meritvami EPR smo skušali razložiti mehanizem tega pojava, saj bi se lahko klor vezal na nanodelce anataza in zaradi steričnega oviranja onemogočil adsorpcijo molekul ali pa bi zmanjšal učinkovitost mikoreaktorja zaradi konkurenčnega nastanka klorovih radikalov in posledično zmanjšanja hidroksilnih radikalov.	
		ANG	In the field of photocatalysis we designed and fabricated Ti-foil based microreactor with titania nanotubes and anatase nanoparticles. Basic photocatalytic properties and design was published in ACS applied materials & interfaces (IF 5). Using this microreactor we performed series of experiments where we studied the mechanisms of degradation reactions for various types of organic substances. It was found that during the decomposition of organics containing chlorine the efficiency of the microreactor seriously decreased. With EPR measurements we tried to established the mechanism of this phenomena, namely the chlorine could adsorb on the surface of nanoanatase particles and due to steric effects hindered the adsorption of the organic molecules or could produce chlorine radicals which are concurrent to hydroxyl radicals.	
	Objavljeno v		American Chemical Society; ACS applied materials & interfaces; 2013; Vol. 5, issue 18; str. 9088-9094; Impact Factor: 5.900;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; A': 1; WoS: NS, PM; Avtorji / Authors: Krivec Matic, Žagar Kristina, Suhadolnik Luka, Čeh Miran, Dražić Goran	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID		27452967	Vir: COBISS.SI
	Naslov		SLO	Primerjalna študija kinetike elektrokemisjske depozicije železo-paladij zlitin na ravni elektrodi in porozni šablони iz aluminijevega oksida
			ANG	A comparative study of the electrochemical deposition kinetics of iron-palladium alloys on a flat electrode and in a porous alumina template
	Opis	SLO	Raziskovali smo kinetične parametre pri depoziciji Fe in Pd ter njihov vpliv na sestavo zlitine pri nanašanju na ravno elektrodo prevlečeno z zlatom in v šablони iz aluminijevega oksida s predhodno prekrito z zlatom. Elektrodepozicija je bila nereverzibilna in vodena z difuzijo. Kinetični parametri kot so difuzijski koeficient, koeficient prenosa naboja, kinetična konstanta in izmenjalni tok za oba kovinska iona v porozni šablони iz aluminijevega oksida in na ravni elektrodi smo sledili z voltometričnimi in krono-amperometričnimi analizami. Ugotovili smo, da je difuzijski koeficient pri obeh ionih manjši zaradi visokega razmerja dolžina/premer por v šablони.	
		ANG	In this study we have investigated the kinetic parameters for depositing Fe and Pd and their influence on the Fe-Pd alloy's composition, while performing the deposition on a flat Au electrode and into a Au-sputtered porous alumina template. The electrodeposition of Fe and Pd was found to be irreversible and diffusion-controlled. Kinetic parameters like the diffusion coefficient, the charge-transfer coefficient, the kinetic constant and the exchange current for both metallic ions in the porous alumina template and on the flat electrode were determined via voltammetric and chrono-	

		amperometric analyses. We found that the diffusion coefficient is smaller for both ions when the template is used as a working electrode due to the high aspect ratio of the pores.
Objavljeno v		Pergamon Press; Electrochimica Acta; 2014; Vol. 125; str. 320-329; Impact Factor: 4.086; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.367; A': 1; WoS: HQ; Avtorji / Authors: Kostevšek Nina, Žužek Rožman Kristina, Pečko Darja, Pihlar Boris, Kobe Spomenka
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	251581952	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zbornik recenziranih člankov 21st Workshop on Rare-Earth Permanent Magnets and their Applications, REPM'10, Bled, Slovenia, August 29th - September 2nd 2010
		ANG	Proceedings of the 21st Workshop on Rare-Earth Permanent Magnets and their Applications, REPM'10, Bled, Slovenia, August 29th - September 2nd 2010
	Opis	SLO	Odločitev mednarodnega svetovalnega odbora, da bo 21. konferenca potekala v Sloveniji (ostali kandidati so bili ZDA, Rusija in Singapur) je visoko priznanje slovenski znanosti in industriji s področja visokoenergijskih trajnih magnetov na osnovi redkih zemelj in elementov prehoda. Konferenca je doživela izjemen odziv tako v Sloveniji kot tudi v svetu. Poseben uspeh konference je bila prisotnost vseh največjih imen v znanosti na tem področju pa tudi visoka udeležba industrije (1/3 udeležencev). Soorganizator konference je bil industrijski partner Kolektor Group Idrija - Dr. Boris Saje.
		ANG	The decision of the International Advisory Committee that the 21. Workshop will be organized by Slovenia (other candidates were US, Russia and Singapore) is a very high recognition for Slovenian scientists who work in the field of permanent magnets based on RE-TM as well as for Slovenian industry from this field. The world's biggest and most respective Conference in the field had a huge positive response Worldwide. We attracted all the key people on this field and also a respective number of industrial participants (1/3). The Co-Chair of the Conference was Kolektor Group Idrija, Dr. B. Saje.
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v		Jožef Stefan Institute; 2010; 331 str.; Avtorji / Authors: Kobe Spomenka, McGuinness Paul J.
	Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
2.	COBISS ID	25845031	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kostni vsadki v večslojno prevleko in postopek njihove priprave
		ANG	Bone implants with multilayer coatings and their processing
	Opis	SLO	V okviru projekta Meddelcoat (7.OP, IP-SME) in doktorske disertacije Nataše Drnovšek je bila razvita nova večslojna prevleka za kostne vsadke in postopek njene priprave. Testiranje je potrdilo, da je prevleka na osnovi bioaktivnega stekla znatno izboljšala vraščanje kosti v porozen sloj na titanovih vsadkih. Novo prevleko in postopek smo patentno zaščitili v Sloveniji, v letu 2013 pa sta bili vloženi tudi evropska in ameriška patentna

			prijava.
		ANG	In the frame of Meddelcoat project (FP7, IP-SME) and doctoral study of Nataša Drnovšek, we developed a new multilayer coating for bone implants and the process for production thereof. The tests confirmed that the bioactive glass-coating significantly enhance osseointegration, i.e. bone ingrowth into the porous surface layer on titanium implants. The coating and the process have been patented in Slovenija, and recently, European and USA patent applications have been filed.
	Šifra	F.32 Mednarodni patent	
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; Avtorji / Authors: Novak Saša, Drnovšek Nataša, Murn Gregor	
	Tipologija	2.24 Patent	
3.	COBISS ID	26141223	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	R & R prodor na področju ZnO varistorske keramike
		ANG	R & D breakthrough in the field of ZnO-based varistor ceramics
	Opis	SLO	Pri raziskavah vpliva inverznih mej na razvoj mikrostrukture v varistorski keramiki na osnovi ZnO smo se osredotočili na inverzne meje, ki nastanejo z dodatkom TiO ₂ . Študirali smo pogoje za nastanek s Ti-bogatih inverznih mej, da bi lahko izdelali mikrostrukture z enakomerno porazdelitvijo velikosti zrn. Ugotovili smo, da to omogoča inovativni način priprave varistorske keramike s tako imenovanim šokovnim sintranjem. Po tem principu lahko enostavno, hitro in učinkovito pripravimo nizkonapetostno varistorsko keramiko z dobrimi električnimi lastnostmi. V okviru razvoja debeloplastnih varistorjev pa smo študirali vpliv organskega nosilca in količine dodatka varistorskega polnila na reološke lastnosti past za sitotisk.
		ANG	In the field of ZnO-based varistor ceramics we studied the influence of Bi ₄ Ti ₃ O ₁₂ addition on grain growth and microstructure development. The results are important for development of varistor ceramics with very low breakdown voltages below 50V/mm. The development of thick-film varistors was focused on studying the influence of organic vehicle and the amount of added varistor powder filler on the rheological characteristics of pastes and their screen printing performance.
	Šifra	F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Objavljeno v	Quark d. o. o.; Quark; 2012; str. 112; Avtorji / Authors: Bernik Slavko	
	Tipologija	1.25 Drugi sestavni deli	
4.	COBISS ID	23426087	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nanodelci anatasa in postopek sinteze za pridobivanje nanodelcev anatasa
		ANG	Nano particles of anatase and the processing protocol
	Opis	SLO	Nadaljevali smo študij sinteze nanodelcev titanovega dioksida v anatazni in rutilni kristalni obliki s pomočjo sol-gel in hidrotermalne metode. Zasledovali smo vpliv procesnih parametrov na velikost, morfologijo in fotokatalitske lastnosti tako pripravljenega materiala. Razložili smo potek nukleacije in rasti anataznih delcev do končnih značilnih bipiramidalnih oblik. Zaradi energije posameznih ravnin v kristalu in začetnih neravnotežnih pogojev gre rast preko asimetričnih, podolgovatih delcev, katerih obliko smo rekonstruirali iz visokoločljivostnih TEM-posnetkov.
			We continued the study of synthesis of titania particles in anatase and rutile crystal form using sol-gel and hydrothermal methods. The influence of process parameters on the size, morphology and photocatalytic efficiency of particles was studied. The nucleation and growth of anatase particles to

		ANG	the specific bi-pyramid morphologies was explained. Due to the difference in the energies of certain crystal planes and non-equilibrium conditions the growth of starting block-like particles continue through asymmetric rod-like particles elongated in one of the <101> directions. The particles morphologies were reconstructed from HRTEM images.
	Šifra	F.33	Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2011; 20 str.; Avtorji / Authors: Verhovšek Dejan, Gominšek Tomi, Čeh Miran, Blagotinšek Pavel, Šturm Sašo, Žagar Kristina	
	Tipologija	2.24	Patent
5.	COBISS ID	27122215	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nadomestilo za redke zemlje in originalen inženirski pristop (ROMEO)
		ANG	Replacement and original magnet engineering options
	Opis	SLO	Programska skupina je pridobila evropski projekt, ki ga koordinira prof.dr. Spomenka Kobe. Pri ocenjevanju je projekt dosegel najvišje število točk. Cilj projekta je zmanjšati ali v celoti nadomestiti uporabo predvsem težkih redkih zemelj v visokoenergijskih magnetih, ki se uporabljajo na ekološko in energetsko zelo pomembnih področjih t.j. za električna vozila, hibridna vozila in vetrne elektrarne. Osnovni motiv je bil kitajski embargo na redke zemlje. Kitajska poseduje 97 % vseh svetovnih rudnin iz katerih se pridobivajo redke zemlje in to predvsem rudnin, ki vsebujejo dovolj veliko količino težkih redkih zemelj (Dy, Tb); teh v drugih nahajališčih v svetu ni. Konzorcij 12 partnerjev sestavljajo vsi vrhunski laboratoriji s tega področja v Evropi (Avstrija, Francija, Irska, Nemčija, Slovenija) in industrijski partnerji: Vacuumschmelze, Siemens, Daimler, Valeo in slovenski Kolektor Group. Vrednost projekta je ~ 4 mio EUR.
		ANG	In 2012 we successfully won the EU FP7 project "Replacement and Original Magnet Engineering Options« (ROMEO) in which we are the coordinator (S. Kobe) and active research group in grain boundary engineering (GBE) and characterization of magnets by using magnetic properties measurements and high resolution electron microscopy on nano and atomic level. The final goals of the project are two: decreasing and/or completely avoiding the use of heavy rare-earth in Nd-Fe-B high energy magnets and secondly invent new magnets, which will have properties between ferrites and high energy magnets based on rare-earth and transition metals. The consortium involves all European main laboratories (Austria, France, Ireland, Germany, Slovenia) and industrial partners (Vacuumschmelze, Siemens, Daimler, Valeo and Kolektor Group. The value of the project is ~ 4 mio EUR.
	Šifra	D.01	Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Kobe Spomenka	
	Tipologija	3.16	Vabljen predavatelj na konferenci brez natisa

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine^Z

Na osnovi uspešne bilateralne sodelave med Institute Jean Lamour in Programsko skupino Naostrukturni materiali na Institutu Jožef Stefan smo ustanovili skupen laboratorij med CNRS in IJS: THE INTERNATIONAL ASSOCIATED LABORATORY "Push-Pull AlloyS And Complex CompoundS (PACS2): from bulk properties to surface functions" (LIA PACS2) v okviru katerega se bo sodelava nadaljevala tako raziskovalno kot tudi pri pridobivanju novih skupnih projektov. Mednarodni laboratorij je potrjen za dobo 4 let, z možnim dvakratnim podaljšanjem. V sodelovanju z raziskovalno skupino iz Vinča inštituta (Srbija) smo raziskovali povezavo med absorpcijsko kinetiko in strukturno-kemijskimi lastnostmi MgH₂ tankih plasti, ki se intenzivno preiskujejo za reverzibilno shranjevanje vodika. Odločujoči elementarni korak reakcijskega

mehanizma absorpcijske kinetike je bil preiskovan na MgH₂ tankih filmih, ki so bili predhodno obsevani z ioni argona. Podrobna študija, ki smo jo opravili s pomočjo visoko-ločljivostne presevalne elektronske mikroskopije (HRTEM) in elektronske difrakcije iz izbranega polja (SEAD) je potrdila razvoj različnih mikrostruktur v obsevanih in neobsevanih filmih. Neobsevani MgH₂ filmi izražajo visoko stopnjo homogenosti, ki jo sestavljajo naključno orientirani kristaliti. Nasprotno pa obsevane filme sestavljajo večja kristalna zrna znotraj drobno kristalinične matrice. S pomočjo SAED analize smo v tankih filmih poleg MgH₂ dokazali še prisotnost MgO and Mg kristalnih faz.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Raziskave Programske skupine »Nanostrukturni materiali« so usmerjene v razvoj in študij tehnološko zanimivih materialov s posebnimi fizikalnimi lastnostmi. Vključujejo modeliranje, pripravo materialov ter preiskave strukture, kemijske sestave in fizikalnih lastnosti keramičnih in kovinskih materialov, intermetalnih zlitin in mineralov. Skupina razpolaga z vrhunsko raziskovalno opremo za pripravo vzorcev, za magnetne in električne meritve in elektronsko mikroskopijo.

V okviru evropske mreže odličnosti Complex Metallic Alloys (NoE CMA) smo se poleg ostalih tematik na področju raziskav uspešno vključili v svetovni vrh tudi: i) na področju raziskav kvazikristalov na osnovi titana, ki so obetavni za shranjevanje vodika v stacionarnih aplikacijah, ii) na področju intermetalnih zlitin z magnetokaloričnim učinkom. Na področju intermetalnih zlitin redkih zemelj in elementov prehoda smo dosegli izjemne rezultate v okviru evropskega projekta ROMEO. Razložili smo mehanizem s katerim lahko povečamo koercitivno silo za 30%, ne da bi pri tem opazno znižali remanentno magnetizacijo. Osnovne raziskave v okviru Evropskega fuzijskega programa smo razširili s keramičnih kompozitov še na kompozite z volframom.

Osnovne raziskave v okviru mednarodnega projekta Meddelcoat (6. OP, IP-SME) so nas pripeljale do ciljnih lastnosti prevlek na titanovih zlitinah za kostne vsadke. Druga vrste prevleke, namenjena hitrejšemu vraščanju, sestoji iz nanosa poroznega titana (pripravljen v švicarskem podjetju Alhenia), zapolnjenega z bioaktivnim steklom, ki smo ga sintetizirali po sol-gel postopku. Obe prevleki in postopka priprave smo patentno zaščitili.

Pri študiju električnih lastnosti BaTiO₃ nanopalčk smo poročali o vključevanju posameznih BaTiO₃ nanopalčk v preprosta vezja. Električne meritve, opravljene na posameznih BaTiO₃ nanopalčkih, so pokazale vrednosti upornosti primerljive z vrednostmi, ki so bile objavljene za BaTiO₃, ki vsebuje kisikove vrzeli. Posamezne BaTiO₃ nanopalčke smo integrirali v kompleksna vezja s funkcijo nanosenzorjev vlage.

Na področju fotovoltaike smo sestavili in testirali DSSC sončne celice. Urejene, navpično orientirane TiO₂ nanocevke, smo sintetizirali z anodno oksidacijo elektropolirane titanove folije. S spreminjanjem pogojev anodne oksidacije smo pripravili plasti TiO₂ z nanocevkami različnih dimenzij. Tako pripravljene foto-aktivne plasti smo uporabili tako v upogljivih kot tudi v neupogljivih elektrokemijskih sončnih celicah.

Preiskovali smo fosforescenčne materiale z izrazito podaljšano sposobnostjo fosforescence. V naši študiji smo se osredotočili na družino stroncij aluminatih faz (SA) dopirane z ioni Eu²⁺ in Dy³⁺. Pokazali smo, da dodatno dopiranje teh SA faz z borom bistveno podaljša fosforescenco od trajanja nekaj minut pa do več kot 8 ur. Da bi natančno preiskali kako se elektronska struktura SA faz spreminja z dodajanjem bora smo uporabili metodo spektroskopije na izgubo energije elektrona (EELS). Fino strukturo v EEL spektru smo kvalitativno interpretirali s pomočjo referenčnih faz in potrdili, da se bor v matrično strukturo vgrajuje na intersticijska strukturna mesta, ter je s kisikom trigonalno, BO₃, koordiniran.

ANG

The importance of the research programme for science can be described in few main contributions. It was not only fully implemented, but also exceeded, due to many new European projects with which we were awarded during the time being of the programme.

In the frame of European project ROMEO where one of the main goals is to reduce the usage of expensive heavy-rare-earths (Dy or Tb) in the Nd-Fe-B magnets and at the same time retain or even enhance the magnetic properties, we invented a new processing method which combines

electrophoretic deposition and grain boundary diffusion process. The final coercivity was increased for 30 % with ten time's lower amount of heavy rare earth, which is normally used in practice. Our results achieved a very enthusiastic response from the scientific community in the field.

In the frame of the EU's MNT ERA-Net project (Hy-nano-IM) we developed hydrogen-impermeable coatings for the long-term storage and transport of gaseous and liquid hydrogen. We reported on a permeation reduction factor for hydrogen of up to 20,000 using TiAlN coatings. On EC pages this project was announced as the best MNT ERA-NET project in 2010. A noticeable advance has also been achieved in the development of fusion-relevant material (FP7, EURATOM). A new process "SITE" for the fabrication of ceramic matrix composites has been introduced and has been well recognised internationally. The process paralleled with the Japanese process "NITE" is based on electrophoretic infiltration of the ceramic fabric with ceramic powder, followed by infiltration with sintering aids or a pre-ceramic polymer precursor. In this way the materials properties have closely matched the requirements given by the European Fusion Development Agreement, EFDA. The results have been partially published in J. of Nuclear Materials. We demonstrated the possibility of up-scaling the process and have fabricated a set of samples for mechanical characterisation. We were also strongly involved in the activities of Slovenian Fusion Association and in organizing of Fusion EXPO, a travelling exhibition for fusion promotion

In the frame of the project BioTiNet (FP7-ITN) we confirmed excellent photocatalytic activity of the firmly bonded coatings, as well as the UV photo-induced super-hydrophilicity, which appeared also as a prolonged effect (up to two weeks of recovery).

The investigations of materials for biomedical application involved preparation and analysis of the scaffolds for hard tissue engineering that is a topic of the COST action NAMABIO.

Important research areas of the group is implementation of various electron microscopy analytical techniques within the existing EU project ESTEEM2, such as EELS STEM, HAADF-STEM, electron holography and mechanical preparation of the TEM samples.

By the Austrian Society for Electron Microscopy we were awarded for the associated paper with the Fritz Grasenick Award 2012.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni program je pomemben za razvoj Slovenije ker je primarno usmerjen k ohranjanju in izboljšanju kvalitete življenja. Z razvojem nadomestnih materialov in tehnologij za zamenjavo okolju neprijaznih elementov in postopkov prispevamo k čistejšemu in bolj zdravemu okolju. Na področju visokoenergijskih trajno magnetnih materialov smo udeleženi v štirih velikih evropskih projektih (dva koordiniramo) in preko partnerstva pomembno prispevamo k uspešni proizvodnji dveh slovenskih proizvajalcev magnetov, Kolektor Group in Magneti Ljubljana. Naša skupina sodeluje v projektih EUROFUSION (Horizon 2020), ki se je začel januarja 2014.

Z zmanjševanjem dimenzij pričnejo površinsko pogojene lastnosti prevladovati, kar lahko izkoristimo na področju zaznavanja nizkih koncentracij agensov v okolju, hrani ali v telesu. Z raziskavami na področju medicinske uporabe nanodelcev s posebnimi lastnostmi za ciljan prenos zdravilnih učinkovin pomembno prispevamo k hitro rastočemu področju znanosti, ki je predvsem usmerjena v izboljšanje kvalitete življenja bolnikov z rakom. Izjemno hitro razvijajoče se področje znanosti je tudi področje biomaterialov in njihove uporabe v tkivnem inženirstvu, katerega cilj je obnova lastnega tkiva namesto zamenjave z implantati. Na tem področju smo aktivno vključeni v vrhunske raziskave preko evropske mreže COST NAMABIO. Razvijamo tudi druge nanostrukturne materiale za specifične tehnološke aplikacije. 1D nanostrukture za nanosenzorje za merjenje vlage, UV svetlobe in kisika; 2D nanostrukture za fotoanode v DSSC sončnih celicah in v fotokatalitskih (mikro)reaktorjih. Z vnosom 3D nanostruktur v osnovno strukturo termoelektričnih oksidnih materialov izboljšujemo faktor kvalitete termoelektričnih materialov.

Funkcionalne lastnosti materialov na osnovi ZnO uspešno usmerjamo v smeri uporabe v energiji, izboljšave kvalitete okolja in življenja (uporaba v prednapetostnih zaščitah, spintroniki, za izdelavo termoelektrikov, za energijske mikro generatorje in senzorje, v fotovoltaiiki in v optoelektroniki). Na tem področju ves čas zelo uspešno sodelujemo tudi pri prenosih v proizvodnjo s tovarnoma Varsi in Iskra Zaščite.

Programska skupina »Nanostrukturni materiali« je povezana v številne mednarodne raziskovalne mreže in tako vidno prispeva k prepoznavanju slovenske znanosti. Skupina je stalno povezana z domačo industrijo ter številnimi drugimi podjetji pri podpori razvojnega dela in proizvodnih procesov z analizami z elektronsko mikroskopijo. Skupina tvorno sodeluje pri izobraževanju dodiplomskih in podiplomskih študentov (mladih raziskovalcev), kar je izjemnega pomena za širitev strokovne in inženirske prakse. Člani programske skupine so aktivno vključeni v študijski program na več izobraževalnih ustanovah. K širjenju znanja skupina prispeva tudi s poljudnimi članki, prispevki na TV ter vodenimi ogledi laboratorijev. V zadnjem letu je sodelavka programske skupine zelo uspešno promovirala predstavitev znanosti in dela znanstvenikov preko vsakomesečnih dogodkov »Znanost na cesti, znanje in ideje na prepihu« <http://www.znanostnacesti.si/>. Ostali pomembni rezultati raziskav programske skupine za Slovenijo so navedeni in dokumentirani v točki: 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski relevantni dosežki programske skupine.

ANG

Importance of the research program for Slovenia is on sustaining and improving the quality of life. With the development of environmentally friendly materials and technologies, to substitute for existing ones, we contribute to both a cleaner and a healthier environment. By being increasingly aware of energy saving and environmental problems, we focus on searching for new materials and technologies for saving energy. In the field of high-energy permanent magnets we are involved in four major European projects, two of which we coordinate. Through the partnership in these projects, in which we also included Slovenian industry, we strongly contribute to the successful growth and development of Kolektor Group, Idrija and Magneti Ljubljana.

By decreasing the dimensions of the materials that we develop, the surface properties start to prevail and this can be used for detecting small concentrations of agents in the environment, food and body.

With the research in the medical use of nanoparticles for targeted drug delivery, we contribute a great deal to a rapidly developing area of science, which is focused on improving the quality of life for cancer patients.

The field of materials for biomedical applications is one of the fastest-growing and developing fields in science. The main driving force for this is the growing concern for our health, especially in the older population, for which the injuries to hard tissue are more common. Here we focused our research on the synthesis of scaffolds from a polymeric matrix, reinforced with bioactive-glass nanoparticles. We collaborate with complementary European research groups and the Slovenian company Educell, which gives guidelines to our research together with a COST Namabio action.

Our research also contributed in the fields of other nanostructured materials for specific technological applications, such as 1-D nanostructures for humidity, oxygen and UV detection nanosensors.

The functional properties of ZnO are used for the application in energy, and the improvement of the quality of life and the environment. In this field we have a long-term and very fruitful collaboration with two industrial partners: Varsi d.o.o. and Iskra Zaščite.

The Programme Group "Nanostructured Materials" is strongly linked to many international research networks and in this way contributes to the international recognition of Slovenia.

The programme group is also actively involved with undergraduate and graduate students, which is extremely important for broadening the specialization and engineering skills of the next generation. Our outreach activities are strongly demonstrated through popular publications; one of the members of the group successfully introduced and promoted Café Scientific for public called "Science on the street – knowledge and ideas on the go".

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	

bolonjski program - II. stopnja	10
univerzitetni (stari) program	

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
26027	Andraž Kocjan	☐	☒	☒	
24982	Benjamin Podmiljšak	☐	☒	☐	
25652	Tea Toplišek	☐	☒	☒	
26461	Katja Konig	☐	☒	☒	
28567	Mersida Janeva Azdejkov	☐	☒	☒	
29043	Katarina Rade	☐	☒	☒	
28476	Nataša Drnovšek	☐	☒	☒	
29484	Dejan Verhovšek	☐	☒	☒	
30874	Aljaž Iveković	☐	☒	☒	
31628	David Sojer	☐	☒	☒	
32166	Marko Soderžnik	☐	☒	☒	
33329	Janez Zavašnik	☐	☒	☒	
34147	Barbara Horvat	☐	☒	☒	
27843	Matejka Podlogar	☐	☒	☐	
28491	Kristina Žagar	☐	☒	☒	
24976	Milena Zorko	☐	☒	☐	
32161	Darja Pečko	☐	☒	☒	
33321	Matic Krivec	☐	☒	☒	
30879	Alenka Lenart	☐	☒	☒	
34138	Martina Lorenzetti	☐	☒	☐	

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	
26027	Andraž Kocjan	☐	☒	D - Javni zavod	
24982	Benjamin Podmiljšak	☐	☒	D - Javni zavod	
25652	Tea Toplišek	☐	☒	A - raziskovalni zavodi	
26461	Katja Konig	☐	☒	F - Drugo	
28567	Mersida Janeva Azdejković	☐	☒	C - Gospodarstvo	
29043	Katarina Rade	☐	☒	C - Gospodarstvo	
28476	Nataša Drnovšek	☐	☒	D - Javni zavod	

29484	Dejan Verhovšek	☐	☒	C - Gospodarstvo	
30874	Aljaž Iveković	☐	☒	D - Javni zavod	
31628	David Sojer	☐	☒	C - Gospodarstvo	
32166	Marko Soderžnik	☐	☒	D - Javni zavod	
33329	Janez Zavašnik	☐	☒	D - Javni zavod	
34147	Barbara Horvat	☐	☒	F - Drugo	
27843	Matejka Podlogar	☐	☒	D - Javni zavod	
28491	Kristina Žagar	☐	☒	D - Javni zavod	
24976	Milena Zorko	☒	☐	D - Javni zavod	
32161	Darja Pečko	☐	☒	D - Javni zavod	
34138	Martina Lorenzetti	☐	☒	D - Javni zavod	
33321	Matic Krivec	☐	☒	E - Tujina	
30879	Alenka Lenart	☐	☒	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 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Gao Xiang	C - študent – doktorand	2	
0	Elke Fuchs	C - študent – doktorand	2	
0	Alexander Ford	C - študent – doktorand	3	
0	Han Sven	C - študent – doktorand	1	
0	Katarzyna Kwapszewa	C - študent – doktorand	2	
0	Milivoj Plodinec	C - študent – doktorand	6	
0	Cheng Lihong	D - podoktorand	2	
0	mgr. Suleyman Kahra	C - študent – doktorand	5	
0	Enrico Catalano	C - študent – doktorand	1	
0	Hattori Yuto	C - študent – doktorand	5	
0	Samed cetinkaya	C - študent – doktorand	9	
0	Xiangokai Xiao	C - študent – doktorand	5	
0	Allesia Bolla	C - študent – doktorand	2	
0	Yibo Zhou	C - študent – doktorand	6	

0	Francesco Gucci	C - študent - doktorand	3	
0	Federica Pirani	C - študent - doktorand	3	
0	Luisa Belardi	C - študent - doktorand	3	
0	inž. Marko Gradišar	A - raziskovalec/strokovnjak	2	
0	Janez Gartnar	A - raziskovalec/strokovnjak	3	

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 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

MEDDELCOAT: FP6-2004-NMP-SME-4, Saša Novak Krmpotič 04292
 ESTEEM: FP6-2004-Infrastructures-5, Miran Čeh 03937
 CMA: Complex Metallic Alloys, FP6-2002-NMP-1, FP6, NoE 500140-2, NMP3-CT-2005-500140, Spomenka Kobe 04355
 FP7 EURATOM Fusion, Goran Dražić 02556
 WP08-09-MAT-SiSiC: FP7 EURATOM Fusion, Goran Dražić 02556
 4.1.1.2. - FU: FP7 EURATOM Fusion, Saša Novak Krmpotič 04292
 Mobility, 4.1.1.2. - FU: FP7 EURATOM Fusion, Saša Novak Krmpotič 04292
 RU-FU: Research Unit Administration and Services for MHEST, FP7 EURATOM Fusion, Saša Novak Krmpotič 04292
 WP08-PIN-FUSEX: Fusion Expo Support Action, EFDA, Saša Novak Krmpotič 04292
 MACAN: FP7-NMP-2008-CSA-2, 32.582 €, 01.06.2009-31.12.2011, Aleksander Rečnik 10083
 2020 Interface: FP7-TRANSPORT, Matej Komelj 15654
 DIVERSITY: FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2008-1-CSA, Spomenka Kobe 04355
 COSMOS: FP7-SPACE-2007-001, Spomenka Kobe 04355
 Hy-nano-IM: FP7 MNT ERA.NET, Paul John McGuinness 18594
 Development of Beta SiC fibres with W core, FU07-CT-2007-00065, Goran Dražić 02556
 Development of dense Beta SiC matrix in 3D perform, FU07-CT-2007-00065, Saša Novak Krmpotič 04292
 WP10-MAT-SiC/SiC (02-02/PS), Saša Novak Krmpotič 04292
 Development of SiC/SiC Composites - Mobility, Saša Novak Krmpotič 04292
 FUSEX: Fusion Expo Support Action, 2010-2012, Saša Novak Krmpotič 04292
 BioTiNet: 7.OP Marie Curie Networks for Initial Training, Spomenka Kobe 04355
 WP11-MAT-SiC/SiC-01-01/MHEST/PS SiCf/SiC Composite for Structural Application in Fusion reactor, 33.530 €, 01.01.2011-31.12.2011, Saša Novak Krmpotič 04292
 W11-MAT-SiC/SiC-02-01/MHEST/PS, Goran Dražić 02556
 4.1.1.2.-FU FP7 EURATOM, Saša Novak Krmpotič 04292
 Mobility, 4.1.1.2-FU FP7 EURATOM, Saša Novak Krmpotič 04292
 Production of a dense SiC-based Composite with Closed Porosity, 4.1.1.1.-FU FP7 EURATOM, Goran Dražić 02556
 Development of dense beta-SiC matrix in 3D preform, 4.1.1.2.-FU 7.OP EURATOM, FU07-CT-2007-00065/, Saša Novak Krmpotič 04292
 Mobility, 4.1.1.2-FU 7.OP EURATOM, FU07-CT-2007-00065/10, Saša Novak Krmpotič 04292
 Development of beta SiC fibres with W-core SiC functional materials, 4.1.1.1-FU 7.OP EURATOM, FU07-CT-2007-00065/10, Goran Dražić 02556
 Mobility, 4.1.1.1-FU 7.OP EURATOM, FU07-CT-2007-00065/10, Goran Dražić 02556
 NSFM: MNT-ERA.NET 3211-10-000459, K. Žužek Rožman
 NAMABIO: COST MP1005, Saša Novak Krmpotič 04292
 ESTEEM 2: Enabling Science and Technology through European Electron Microscopy, FP7-

INFRASTRUCTURES 312483, Miran Čeh 03937
 NANOPYME: NMP3-SL-2012-310516, Paul John McGuinness 18594
 ROMEO: NMP3-SL-2012-309729, FP7 NMP, Spomenka Kobe 04355
 Development of W-containing composites, 4.1.1.-FU FP7 EURATOM, FU07-CT-2007-00065/12, Saša Novak Krmpotič 04292
 Mobility, 4.1.1.-FU FP7 EURATOM, FU07-CT-2007-00065/12, Saša Novak Krmpotič 04292
 Optimisation of site process and joining, 4.1.2.-FU FP7 EURATOM, FU07-CT-2007-00065/12, Saša Novak Krmpotič 04292
 Mobility, 4.1.2.-FU FP7 EURATOM, FU07-CT-2007-00065/12, Saša Novak Krmpotič 04292
 MAG-DRIVE: FP7-SST.2013-RTD-1, Paul John McGuinness 18594
 REProMAG: HORIZON 2020, Benjamin Podmiljšak, 256834

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

WISEVAR. Varistorji za zaščito energijskih sistemov na osnovi obnovljivih virov, Varistors for protection of renewable energy systems, U1-BL-K7-61/09, Slavko Bernik 06627
 NODISEA: Razvoj varistorskih cevk za izdelavo varovalk, Novel innovative systems for electrical equipment, U1-BL-K7-108/09, Varsi d.o.o. Ljubljana, Slavko Bernik 06627
 VISIPIN: Varna infrastruktura za izvajanje poveljevanja in nadzora, U1-BL-K7-98/07, Varsi d.o.o. Ljubljana, Varsi d.o.o. Ljubljana, Slavko Bernik 06627
 Nizko dopirana ZnO keramika za energijske varistorje, Low-doped ZnO-based ceramics for energy varistors, U1-BL-K7-6/07, Varsi d.o.o. Ljubljana, Slavko Bernik 06627
 Nizko dopirana ZnO keramika za energijske varistorje, Low-doped ZnO-based ceramics for energy varistors, U1-BL-K7-7/07, Iskra Zaščite Ljubljana, Slavko Bernik 06627
 Raziskave in ohranjanje naravnih vrednot s področja mineralogije, Exploration and preservation of mineralogical heritage, U3-BR-OK7-22/09, Aleksander Rečnik 10083
 Razvoj polimernih varistorjev, Development of polymer varistors, U1-BL-K7-82/09, Varsi d.o.o. Ljubljana, Slavko Bernik 06627
 Magneti nove generacije - visoko-temperaturni NdFeB magneti, New generation, high-temperature NdFeB magnets, U1-BL-K7-25-10, Paul John McGuinness 18594
 Razvoj brezkontaktnega pasivnega pogonskega sklopa, The development of a passive contactless drive mechanism, U1-SN-K7-86/10, Kristina Žužek Rožman 18824
 Visoko koercitivni Nd-Fe-B plasto vezani magneti za avtomobilsko aplikacijo, U3-KE-K7-34/11, U1-SN-K7-77/12, U1-SN-K7-26/13, Spomenka Kobe 04355
 Zaščiteni trajni magneti za napredne aplikacije pri visokih temperaturah, U3-KE-K7-33/11, U1-SN-K7-76/12, U1-SN-K7-26/13, U1-SN-K7-27/13, Paul John McGuinness 18594
 Materiali in tehnologije za uporabo debeloplastnih varistorjev in oksidnih termoelektrikov na osnovi ZnO, U1-SN-K7-70/11, U1-SN-K7-78/12, U1-SN-K7-28/13, Varsi d.o.o., Slavko Bernik 06627
 Materiali in tehnologije za uporabo debeloplastnih varistorjev in oksidnih termoelektrikov na osnovi ZnO, U1-SN-K7-71/11, U1-SN-K7-79/12, U1-SN-K7-23/13, Slavko Bernik 06627
 Nano-varistor, U1-DM-K7-85/11, RCeNeM Nanovaristor, Slavko Bernik 06627
 Hidrometalna rast tankih plasti TiO₂ nanodelcev v steklu, U1-DM-K7-111/11, RCeNeM Nanomateriali v steklarstvu, Goran Dražić 02556
 Nanašanje fotokatalitske tanke plasti nanodelcev TiO₂ na vzorčne izdelke ter testiranje učinkovitosti nanosa, P3-RC eNeM-18/2012, RCeNeM Nanomateriali v steklarstvu, Goran Dražić 02556
 Analiza površine izdelkov iz kompozitnih materialov, utrjeni s sintetičnimi vlakni, CDT-R d.o.o., Kropa, Sašo Šturm 19030
 Študija samočistilne sposobnosti in protiabrazivne obrabe kompozitnih materialov na osnovi ogljikovih, para-amidnih in steklenih vlaken s pomočjo fotokatalitično aktivnih in mehansko odpornih nanodelcev, CDT-R d.o.o., Kropa, Sašo Šturm 19030
 Multipolni NdFeB plastomagnet za rotorsko aplikacijo, Kolektor KFH, Spomenka Kobe 04355
 Razvoj Zunanje in notranje servisne storitve, PR-00607, IN_00087, Zoran Samardžija 15597

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

SLO

Novi izdelki:

BERNIK, Slavko, PODLOGAR, Matejka, SAMARDŽIJA, Zoran. Nano varistor : 4. fazno poročilo (IJS delovno poročilo, 11320, zaupno). 2012.

BERNIK, Slavko, SAMARDŽIJA, Zoran. Nova dimenzija sistemov električnih aparatov - NODISEA : (IJS delovno poročilo, 10772, zaupno). 2011.

BERNIK, Slavko, SAMARDŽIJA, Zoran. Varistorji za zaščito energijskih sistemov na osnovi obnovljivih virov - WISEVAR : (IJS delovno poročilo, 10695, zaupno). 2011.

BERNIK, Slavko. Razvoj polimernih varistorjev, (IJS delovno poročilo, 10306). 2009.

BERNIK, Slavko. Varna infrastruktura za izvajanje poveljevanja in nadzora - VIZIPIN, (IJS delovno poročilo, 10304). 2009.

Patentne prijave

VERHOVŠEK, Dejan, VERONOVSKI, Nika, SELIŠNIK, Aljaž, ČEH, Miran, SAMARDŽIJA, Zoran.

Postopek za pridobivanje nanodelcev anatasa visoke specifične površine in sferične morfologije : patentna prijava P-201000342. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 25. okt. 2010.

MCGUINESS, Paul J., SODERŽNIK, Marko, ŽAGAR, Kristina, KOCJAN, Andraž, KOBE, Spomenka. Method of manufacturing fully dense Nd-fe-B magnets with enhanced coercivity and gradient microstructure. Munich: European Patent Office, 20. dec. 2013.

NOVAK, Saša, DRNOVŠEK, Nataša, MURN, Gregor. Implant having a multilayered coating and a process for preparing thereof : patentna prijava WO 2012011978. [Geneve]: World Intellectual Property Organization, 26. jan. 2012.

ŽUŽEK ROŽMAN, Kristina, MCGUINESS, Paul J., SODERŽNIK, Marko, MIR, Dejan. Pasivno magnetno vodilo z mehanizmom ustavljanja in pozicioniranja : patentna prijava P-201200297. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 5. okt. 2012. Patenti

VERHOVŠEK, Dejan, GOMINŠEK, Tomi, ČEH, Miran, BLAGOTINŠEK, Pavel, ŠTURM, Sašo, ŽAGAR, Kristina. Nanodelci anatasa in postopek sinteze za pridobivanje nanodelcev anatasa : SI 23219 (A), 2011-05-31. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2011. 20 str., ilustr.

VERHOVŠEK, Dejan, ROŽMAN, Tatjana, ČEH, Miran, BLAGOTINŠEK, Pavel, ŠTURM, Sašo, ŽAGAR, Kristina. Nanodelci rutila in postopek sinteze za pridobivanje nanodelcev rutila : patent : SI 23218 (A), 2011-05-31. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2011. 19 str., ilustr.

PODMILJŠAK, Benjamin, MCGUINESS, Paul J., KOBE, Spomenka. Izboljšan magnetokalorični material in postopek njegove izdelave : patent SI 23405(A). Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 30. dec. 2011.

NOVAK, Saša, DRNOVŠEK, Nataša, MURN, Gregor. Kostni vsadki v večslojno prevleko in postopek njihove priprave : patent SI 23420 A. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 31. jan. 2012.

NOVAK, Saša, DRNOVŠEK, Nataša. Bioaktivna in fotokatalitska prevleka na kovinskih ortopedskih in dentalnih vsadkih in postopek priprave : patent SI 23312A. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 19. mar. 2011.

Potekajo aktivnosti za trženje:

a) postopka nanašanja antibakterijske prevleke na titanove zobne vsadke in

b) postopka nanašanja večslojne bioaktivne prevleke na titanove kostne vsadke (patenti oz. prijave WO2012011878, EP2595669, SI23312 and SI23420)

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	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹**17.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Priloga

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V letu 2012 smo uspešno pridobili evropski projekt v vrednosti 4 mio. EUR, ki ga tudi koordiniramo. Pri projektu »Replacement and Original Magnet Engineering Options« (ROMEO) je bila naša glavna naloga predvsem študij možnosti spremembe sestave faznih mej v visokokoercitivnih trajnih magnetih na osnovi Nd-Fe-B in karakterizacija njihovih fizikalnih lastnosti. Ti magneti se uporabljajo za električna in hibridna vozila ter vetrne elektrarne. Projekt, katerega konzorcij vključuje vse najpomembnejše evropske raziskovalne inštitucije in najpomembnejše proizvajalce magnetov ter njihove končne uporabnike (KOLEKTOR, VACUUMSCHMELZE, SIEMENS, VALEO, DAIMLER), ima dva glavna cilja, tj. (1) drastično zmanjšati ali v celoti eliminirati uporabo težkih redkih zemelj v Nd-Fe-B-magnetih in (2) izumiti popolnoma nove materiale, ki bodo po svojih lastnostih med feritnimi trajnimi magneti in magneti na osnovi redkih zemelj ter elementov prehoda.

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
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Institut "Jožef Stefan"

Spomenka Kobe

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

14.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/171

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](#)

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. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. 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, navedite: "Ni bilo sprememb.". 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 izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 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://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

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

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja 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 31.12.2014), izberite oz. 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. 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 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, 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 2014 (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 prilogo/-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/2015 v1.00b

B3-F4-C1-40-EE-E2-95-9B-E7-EA-32-E8-D6-98-31-A9-53-B0-A0-77

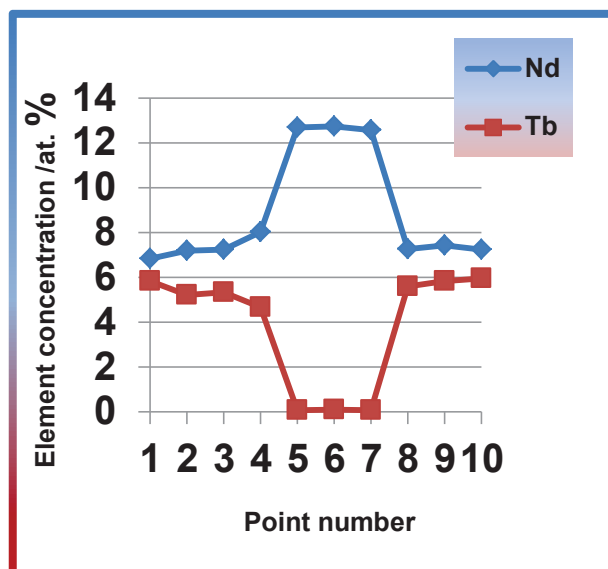
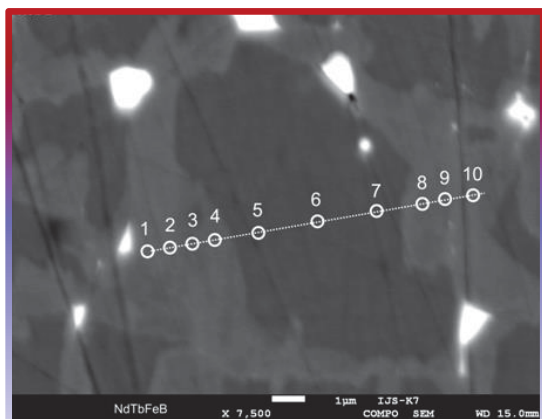
Priloga 1

TEHNIKA

Področje: Materiali – Kovinski materiali

Dosežek 1: M. Soderžnik, K. Žužek-Rožman, S. Kobe, P.J.

McGuinness, *Intermetallics*, ISSN 0966-9795, 2012, vol. 23, 158-162.



Mikrostruktura vzorca z 0.2 mol. % dodanega Tb, ki predstavlja »jedro-ovoj« in pripadajoča linijska EDS analiza.

V okviru evropskega projekta "Replacement and Original Magnet Engineering Options" **ROMEO**, ki je bil podprt s financiranjem ARRS v okviru raziskovalnega projekta L2-4097 je bila ena izmed nalog izdelava demonstracijskega elektromotorja, ki temelji na osnovi trajnih magnetov Nd-Fe-B. Takšni magneti morajo izpolnjevati visoke zahteve industrijskih partnerjev. Magnetni materiali na osnovi Nd-Fe-B morajo zaradi odpornosti proti poljem razmagnetanja pri višjih temperaturah od 100°C vsebovati težke redke zemlje kot sta Tb ali Dy. Zaradi znane krize redkih zemelj in še posebej težkih redkih zemelj je postal močan trend vseh raziskovalcev v svetu s tega področja, da se količina te redke zemlje drastično zmanjša. Količina dodane težke redke zemlje, ki je potrebna v osnovni zlitini, da ti materiali ohranijo svoje odlične lastnosti tudi pri visokih temperaturah, je tudi do 11 ut. %. Mi smo dosegli enake rezultate z 0.6 ut. %.

S tehnologijo, ki smo jo razvili na Odseku za nanostrukturne materiale, IJS, je možno zadostiti vsem zahtevanim kriterijem hkrati. Gre za t. i. difuzijski postopek, ki temelji na elektroforetski depoziciji prahu TbF₃. Procesna optimizacija je šla v smeri spreminjanja parametrov toplotne obdelave po EPD. Končne lastnosti magnetov so bile 2027 kA/m in 1.31 T. S tem so bili doseženi cilji projekta in tehnologija se zdaj uvaja v proizvodnjo industrijskega partnerja Vacuumschmelze, v Nemčiji. Demonstrator motorja za vetrne elektrarne bo izdelan v SIEMENS-u.