

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2014/75



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

| | |
|--|--|
| Šifra projekta | J2-3630 |
| Naslov projekta | Nano-načrtovanje samourejenih materialov |
| Vodja projekta | 8012 Danilo Suvorov |
| Tip projekta | J Temeljni projekt |
| Obseg raziskovalnih ur | 7563 |
| Cenovni razred | C |
| Trajanje projekta | 05.2010 - 04.2013 |
| Nosilna raziskovalna organizacija | 106 Institut "Jožef Stefan" |
| Raziskovalne organizacije - soizvajalke | 104 Kemijski inštitut |
| Raziskovalno področje po šifrantu ARRS | 2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.01 Anorganski nekovinski materiali |
| Družbeno-ekonomski cilj | 13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF) |
| Raziskovalno področje po šifrantu FOS | 2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali |

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V predlaganem projektu smo se ukvarjali z razvojem naprednih materialov s prilagodljivimi funkcionalnimi lastnostmi. Pri tem smo preučevali tri sklope materialov, katerim je možno stopnjo polarizacije kontrolirati z uporabo električnega, mehanskega oziroma magnetnega polja. V prvi sklop sodijo materiali iz sistema $\text{Ag}(\text{Nb,Ta})\text{O}_3$, v drugi sklop materiali iz sistema $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3$ (NBT-ST), kot magnetoelektrične kompozite pa smo preučevali sistem $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PMN-PT) z nanodelci CoFe_2O_4 . Funkcionalne lastnosti smo prilagajali s pomočjo samourejanja faz tekom sinteze oz. z uporabo blok-kopolimerov, ki so služili za strukturiranje komponent na nanometriškem nivoju.

Za $\text{Ag}(\text{Nb},\text{Ta})\text{O}_3$ sistem smo sintetizirali in analizirali številne keramične vzorce v povezavi z njihovimi dielektričnimi lastnostmi. Preučili smo vplive različnih pogojev sinteze ter jih povezali s težavami pri pripravi enofazne keramike, ki so posledica nehomogene razporeditve Nb in Ta ionov in razpada matrične faze. Rezultati so pokazali, da je s preprostim mešanjem vseh treh oksidov in nadaljnjim žganjem v zraku možno načrtovati kompozitni material s samourejenimi komponentami. Tako pripravljene materiali so zaradi nehomogene razporeditve kationov na B mestu perovskita privlačni za mikrovalovne aplikacije – tako se je nehomogenost v našem primeru izkazala kot prednost in sicer pri zniževanju temperaturne odvisnosti resonančne frekvence.

Motivacija pri raziskovanju mehansko prilagodljivega NBT-ST sistema je usmerjena proti uravnavanju temperaturne odvisnosti dielektričnih lastnosti in izboljšanju dielektričnih izgub. V ta namen smo načrtovali ST/NBT/ST strukturirano tanko plast, pri kateri je feroelektrična NBT faza vstavljena med ST komponenti z nizkimi dielektričnimi izgubami. S ponavljajočim termičnim žganjem smo uspeli pripraviti tanke plasti s temperaturno stabilno dielektrično konstanto (τ znaša 780 ppm/K v temperaturnem območju med -50°C in 200°C), zmanjšanimi dielektričnimi izgubami in frekvenčno nedisperznim odzivom pri sobni temperature. Dobljene rezultate smo pripisali strukturirani sestavi med posameznimi ST in NBT plastmi.

Za magnetoelektrične kompozite smo izhodiščno pripravili superparamagnetne CoFe_2O_4 nanodelce (CF) z uporabo solvotermalne metode, oleinske kisline kot površinsko aktivne snovi in nitratnih soli železa in kobalta kot prekursorjev. Dobljen produkt so bili stabilizirani in neaglomerirani nanodelci z uniformno porazdelitvijo velikosti (5-7 nm). CF smo nato uredili v nanostolpiče z uporabo blok kopolimera ter ga dodatno funkcionalizirali s PMN-PT komponento, s čimer smo pripravili magnetoelektričen kompozit. Z natančno optimizacijo koncentracije sola, termične obdelave in števila plasti smo pripravili kompozitni material, katerih dielektrična konstanta je znašala 1080, dielektrične izgube pa 3%.

ANG

In the proposed project we developed advanced materials with tunable functional properties. We investigated three groups of materials, which polarization can be controlled using electrical, mechanical or magnetic field. The first group includes materials from $\text{Ag}(\text{Nb},\text{Ta})\text{O}_3$ system, the second group relates to materials from $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ - SrTiO_3 (NBT-ST) system, while for magnetoelectric composites we investigated $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PMN-PT) system with CoFe_2O_4 nanoparticles. Functional properties were tuned using self-assembly of different phases during their synthesis or using block copolymers, which enabled structuring of the components on the nanosized level.

For $\text{Ag}(\text{Nb},\text{Ta})\text{O}_3$ system ceramic samples were synthesized and analyzed, with respect to their dielectric properties. The influences of different synthesis conditions were investigated and correlated with the difficulties in preparing single-phase ceramics, as a consequence of the inhomogeneous distribution of Nb and Ta ions and the decomposition of the matrix phase. The results revealed that with the simple mixing of all three oxides and subsequent firing in air, it is possible to engineer a composite material with self-assembled components. As-prepared material is attractive for microwave applications due to inhomogeneity of the B-site cation distribution – a well-known issue that was in our case shown to be an advantage for decreasing the temperature dependence of the resonant frequency over a broad temperature range.

The motivation behind our investigation on mechanically tunable NBT-ST system was directed toward tuning the temperature dependent dielectric behavior and improving dielectric loss characteristics. In this attempt, we designed ST/NBT/ST structured thin films, where ferroelectric NBT phase is embedded within a low dielectric loss ST component. Using repeated thermal treatment we managed to prepare thin films with temperature flat dielectric permittivity (τ of 780 ppm/K in the temperature range between -50°C and 200°C), decreased dielectric losses, and frequency undispersed response at room temperature. Obtained results were attributed to compositional gradient between particulate ST and NBT layers.

For magnetoelectric composites we initially prepared superparamagnetic

CoFe₂O₄ nanoparticles (CF) using solvothermal method, oleic acid as a surfactant and nitric salts of iron and cobalt as precursors. The obtained product was stable and non-agglomerated, with uniform size distribution (5-7nm). CF was assembled into nanopillars using block-copolymer and subsequently functionalized with PMN-PT in order to prepare magnetoelectric composite. By delicate optimization of sol concentration, thermal treatment, and number of layers composites with dielectric constant and dielectric losses of 1080 and 3% were obtained, respectively.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Načrtovanje Ag(Nb,Ta)O₃ kompozitov

V tem sklopu projekta smo preučili vpliv pogojev žganja Ag(Nb,Ta)O₃ keramike na temperaturni koeficient resonančne frekvence. Ugotovili smo, da sintranje pri temperaturam med 1040 in 1080°C povzroči nastanek sekundarnih faz, ki so povezane s heterogeno razporeditvijo Nb in Ta. Pri teh temperaturah sintranja izkazuje keramika najnižje temperaturne koeficiente resonančne frekvence, saj material sestavljajo faze s kompenziranim pozitivnim in negativnim temperaturnim koeficientom. Priprava nanostrukturiranih materialov in njihov vpliv na temperaturno odvisnost funkcionalnih lastnosti predstavlja osrednjo hipotezo prvega sklopa raziskav. Takšne materiale pa je možno pripraviti le v določenem temperaturnem intervalu. Pri nižji temperaturi žganja je nastala keramika porozna, zaradi česa le-ta izkazuje visoke dielektrične izgube, pri višjih temperaturah žganja pa se homogenost keramike zaradi višjih difuzijskih koeficientov prisotnih elementov izboljša. To povzroči tudi rahlo izboljšanje faktorja kvalitete materiala, bistveno pa se poslabšajo njegove temperaturne karakteristike. Poleg tega pa smo v okviru projekta pripravili keramične Ag(Nb,Ta)O₃ tarče z različnimi sestavami, ki smo jih nadalje uporabili pri sintezi z metodo pulznega laserskega nanašanja.

Z uporabo pulznega laserskega nanašanja smo pripravili tanke plasti Ag(Nb_{0,5}Ta_{0,5})O₃ na monokristalu (0001) Al₂O₃ ter jih okarakterizirali z rentgensko difrakcijo (XRD) in refleksijsko visoko-enérgijsko elektronsko difrakcijo (RHEED). Nanašanje smo izvedli pri energiji laserskega žarka 1,5 J/cm² in tlaku kisika 0,1 mbar. Pri 55 mm razdalje tarče do substrata, 5 Hz hitrosti laserja in po 1 uri nanašanja je v temperaturnem področju med 550-625°C glede na XRD analizo nastala polikristalinična tanka plast Ag(Nb_{0,5}Ta_{0,5})O₃, ki pa dodatno vsebuje še majhno koncentracijo sekundarne faze. S povečanjem razdalje med tarčo in substratom na 60 mm smo uspeli pripraviti enofazno tanko plast Ag(Nb_{0,5}Ta_{0,5})O₃ z debelino 150 nm, kar pa za meritve mikrovalovnih dielektričnih lastnosti ne zadostuje. S podaljšanjem časa nanašanja na 2 uri nastane zaradi delnega razpada matrice faze še majhna koncentracija sekundarne faze Ag₂(Nb_{0,5}Ta_{0,5})₄O₂₁. Tako smo v zadnjem delu raziskave hitrost nanašanja povečali na 10 Hz ter čas nanašanja skrajšali na 1 uro. S tem smo preprečili razpad faze Ag(Nb_{0,5}Ta_{0,5})O₃ ter pripravili enofazno polikristalinično Ag(Nb_{0,5}Ta_{0,5})O₃ tanko plast z debelino 300 nm.

Tako pripravljena volumska keramika oziroma tanke plasti so uporabne v mikrovalovnih komponentah, kot so npr. resonatorji in filtri, pri katerih se poleg visokega faktorja kvalitete zahteva tudi temperaturno stabilno delovanje.

Načrtovanje Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO₃ - SrTiO₃ (NBT - ST) kompozitov

V drugem delu raziskav smo se posvetili pripravi perovskitnih tankih plasti po sol-gel postopku. Polikristalinične NBT ter ST tanke plasti smo pripravili po sol-gel postopku z uporabo metode vrtenja kot tehnike nanašanja plasti. Soli so bili osnovani na acetatnih prekurzorjih ter 2-metoksietanol/ocetni kislini kot topilu. Karakterizacija njihovih strukturnih, mikrostrukturnih, dielektričnih ter feroelektričnih lastnosti nam je omogočila oceno funkcionalnosti tankih plasti v relaciji z lastnostmi volumske keramike. Raziskavo na področju tankih plasti smo nadalje usmerili v pripravo strukturiranih ST/NBT/ST plasti, ki v literaturi do sedaj niso bile opisane. Cilj raziskav strukturiranih tankih plasti mešane sestave je pridobitev temperaturno stabilnih dielektričnih lastnosti ter izboljšanje dielektričnih izgub kot posledica integracije feroelektrične NBT komponente v paraelektrično ST fazo. Slednja uravnava temperaturno odvisnost dielektričnih lastnosti NBT plasti ter zagotovi njeno električno izolacijo, kar predstavlja delovno hipotezo drugega sklopa materialov. Visoko-

temperaturna obdelava plasti se odraža v delni inter-reakciji ST ter NBT faze na stičnih površinah, torej vodi k tvorbi ST-NBT trdne raztopine določenega koncentracijskega profila ter posledično do izostanka heterogenih faznih mej, kar prepreči akumulacijo naboja na le-teh ter prispeva k frekvenčno nedisperznemu dielektričnemu odzivu pri sobnih pogojih. Temperaturno stabilne lastnosti pripravljenih plasti je možno izkoristiti za funkcionalne naprave, pri katerih je zahtevan stabilen električni odziv navkljub nihanjem v okoljski temperaturi.

Načrtovanje magnetno prilagodljivih kompozitov

V tretjem delu raziskav smo CoFe_2O_4 nanodelce (CF) najprej pripravili s hidrotermalno metodo, katere rezultat pa so bili močno aglomerirani delci. Posledično smo zato uporabili solvotermalno metodo in oleinsko kislino kot površinsko aktivno snov. Pri raziskavi smo preučevali vpliv koncentracije oleinske kisline na fizikalno-kemijske lastnosti pripravljenih delcev. Rezultati so pokazali, da 0,25 M predstavlja kritično koncentracijo oleinske kisline, pri kateri zaznamo največje spremembe lastnosti. Glede na rezultate rentgenske difrakcije in presevne elektronske mikroskopije vsebuje vzorec brez oleinske kisline aglomerirane nanoploščice z velikostjo kristalitov približno 19 nm. Dodatek oleinske kisline povzroči zmanjšanje velikosti delcev in pri kritični koncentraciji nastanejo dobro dispergirani sferični delci z velikostjo približno 5 nm, nadaljnje povečanje koncentracije oleinske kisline pa le rahlo vpliva na velikost delcev. Termo-gravimetrične in FT-IR analize so pokazale, da oleinska kislina tvori kovalentno vez s kovinskimi ioni na površini delca ter zaključi tvorbo ene plasti pri kritični koncentraciji. Ramanska spektroskopija je pokazala, da je površina CF nanodelcev pod napetostjo zaradi prisotnosti oleinske kisline. Poleg tega je iz rezultatov razvidno, da oleinska kislina ne vpliva na kationsko distribucijo in posledično nima vpliva na sestavo in strukturo CF nanodelcev. Meritve magnetnih lastnosti so pokazale, da oleinska kislina omogoča učinkovito kontrolo magnetnih lastnosti CF delcev, ki se pri kritični koncentraciji spremenijo od ferimagnetnih do superparamagnetnih.

Tako pripravljene CF delce smo samouredili s pomočjo blok kopolimerov, kar predstavlja glavno hipotezo tretjega sklopa raziskav. V ta namen smo predhodno preučili samourejanje blok kopolimera polistiren–blok–polietilenoksid (PS-b-PEO), za katerega smo uspeli pripraviti plasti z mikrodomenami, ki so orientirane pravokotno na površino. Ugotovili smo, da ima izbira topila oz. kombinacija topil ter obdelava plasti po nanosu ključno vlogo na morfologijo plasti. Mešanica benzena in 2-metoksi etanola (v razmerju 1 : 1) omogoča pripravo orientiranih PEO blokov s heksagonalno urejenostjo in to v zgolj nekaj minutah, kar predstavlja novo metodo za pripravo samourejenih plasti. S pomočjo blok kopolimera smo tako pripravili samourejene nanostolpiče CF, prostor med njimi pa smo zapolnili s solom $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PMN-PT). Vpliv koncentracije in kemije prekursorjev ter temperature žganja na tvorbo perovskitne faze PMN-PT ter gostoto plasti smo preučili v ločeni študiji, izsledke pa smo uporabili za pripravo magnetoelektričnih kompozitnih plasti. V optimalnih pogojih sinteze smo uspeli pripraviti plast z visoko dielektrično konstanto (1080) in nizkimi dielektričnimi izgubami (3%). Tako pripravljene plasti so uporabne v številnih magnetoelektričnih komponentah, kjer je zahtevana kontrola polarizacije z uporabo magnetnega polja, kot so npr. magnetoelektrični pretvorniki in spominski moduli.

V okviru projekta smo sodelovali s sledečimi raziskovalci v tujini:

- dr. Jae-Ho Jeon, Korea Institute of Materials Science, Changwon, Koreja,
- dr. Ismael O. Fabregas, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, Buenos Aires, Argentina,
- dr. Melvin M. Vopson, University of Portsmouth, Portsmouth, Velika Britanija.

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

Di-blok kopolimeri (BC) so polimerne snovi, ki vključuje dva homopolimerna bloka, med seboj povezana s kovalentno vezjo. Zaradi različne kemijske narave

blokovi se polimer uredi v različne faze. Vrsta faze je odvisna od deleža posameznega bloka, kemijske narave monomera, temperature, itd. V našem delu smo z uporabo blok kopolimera polistiren – polietilen oksid (PS-b-PEO) preučevali multifunkcionalne plasti na osnovi $\text{Ag}(\text{Nb,Ta})\text{O}_3$, $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (NBT) / SrTiO_3 (ST) oz. $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PMN-PT) / CoFe_2O_4 (CF). Posebnost tovrstnih plasti je stebričasta struktura, s stičnimi ploskvami vzdolž plasti. Na osnovi različne polarnosti prekursorjev oz. s specifičnimi postopki nanašanja lahko posamezno anorgansko komponento usmerimo v PS ali PEO blok. V prvem delu naše študije smo preučevali sposobnost samoorganizacije BC brez dodatkov. Ugotovili smo, da je morfologija plasti močno odvisna od pogojev nanašanja. Filmi, ki so naneseni pri sobnih pogojih, ne izkazujejo preferenčne orientacije, kratka izpostavitve plasti višjim temperaturam in hlapom topila pa omogoča pripravo PS-b-PEO plasti s heksagonalno ureditvijo.

Nadalje smo BC uporabili kot templat za pripravo nanostrukturiranih anorganskih struktur. S kontrolo parametrov kot so vrsta topila oziroma njihova kombinacija, koncentracija anorganskega prekursorja in način odstranitve organske komponente (UV svetloba oz. termično) smo uspeli pripraviti različne morfologije plasti za TiO_2 , PMN-PT, ST, NBT in CF. Zlasti pomembna je priprava anorganskih struktur z 1-3 morfologijo, katerim je možno glede na končno aplikacijo dodati še eno anorgansko komponento, s čimer se tvori samourejen nanostrukturiran kompozit.

Navedeni rezultati potrjujejo, da je projekt sledil vsebini, najavljeni v prijavi. Manjše vsebinske spremembe so bile narejene tekom projekta zato, da bi bili pridobljeni rezultati z znanstvenega stališča še bolj relevantni, pa tudi uporabni.

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

V delu raziskav s polimernimi komponentami smo ugotovili, da le-te lahko služijo kot dober in izrazito fleksibilen templat pri nadaljnji sintezi anorganskih komponent. Ne glede na to, pa je s polimernimi komponentami težko doseči visokokvalitetno rast anorganskih tankih plasti na izbranih substratih. Takšne plasti so po svoji naravi vsebujejo majhno koncentracijo napak, ki nadalje vodijo do nizkih dielektričnih izgub v mikrovalovnem delu frekvenčnega spektra. Za prvi sklop raziskav, tj. Načrtovanje $\text{Ag}(\text{Nb,Ta})\text{O}_3$ kompozitov za električno prilagodljive komponente, so visokokvalitetne plasti z nizkimi izgubami ključne za aplikacije, saj vplivajo na faktor kvalitete materiala. Tako smo z reakcijo v trdnem preučevali sintezne in strukturne karakteristike različnih trdnih raztopin iz predlaganega sistema. Na podlagi pridobljenih spoznanj smo uspešno pripravili različne tarče iz sistema $\text{Ag}(\text{Nb,Ta})\text{O}_3$, ki so nadalje služile pri pripravi plasti z uporabo pulznega laserskega nanašanja. Pri tej tehniki je namreč možno s spreminjanjem lastnosti laserskih pulzov in pogojev nanašanja kontrolirati način rasti plasti, s čimer vplivamo na njene lastnosti.

V okviru drugega sklopa raziskav, tj. Načrtovanje mehansko prilagodljivih kompozitov, sestavljenih iz NBT in ST, smo s pomočjo blok kopolimerov pripravili različne kompozitne tanke plasti. Pri tem smo NBT in ST komponenti pripravili iz ustreznih solov, ki sta se glede na njuno polarnost razporedila v ustrezne micle raztopljenega blok kopolimera. Pri temperaturnem žganju smo odstranili organsko komponento, anorganski fazi pa sta izkristalizirali. Glede na rentgensko analizo in analizo s presevnim elektronskim mikroskopom smo ugotovili, da NBT in ST fazi tekom žganja navkljub nizki temperaturi izjemno hitro medsebojno reagirata ter tvorita trdno raztopino, kar preprečuje pripravo kompozitnih plasti. Tako smo v nadaljevanju kompozite pripravljali po sol-gel metodi z izmenjevanjem NBT in ST plasti. Z natančnim temperaturnim žganjem smo uspeli kontrolirati stopnjo reakcije med fazama, s čimer smo dobili plasti s kontroliranim gradientom sestave, ki posledično izkazuje temperaturno stabilne dielektrične lastnosti in izboljšane dielektrične izgube.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

| Znanstveni dosežek | | | |
|--------------------|--|---|----------------|
| 1. | COBISS ID | 26956839 | Vir: COBISS.SI |
| Naslov | SLO | Temperaturno stabilen odziv kompozicijsko strukturiranih tankih plasti SrTiO ₃ /Na _{0.5} Bi _{0.5} TiO ₃ /SrTiO ₃ pripravljenih po sol-gel postopku | |
| | ANG | Temperature stable dielectric behavior of SolGel derived compositionally graded SrTiO ₃ /Na _{0.5} Bi _{0.5} TiO ₃ /SrTiO ₃ thin films | |
| Opis | SLO | Po sol-gel postopki smo pripravili polikristalinične tanke plasti SrTiO ₃ /Na _{0.5} Bi _{0.5} TiO ₃ /SrTiO ₃ (ST/NBT/ST) z namenom električne izolacije NBT faze in zmanjšanja temperaturne odvisnosti dielektričnih lastnosti. Ustrezna termična obdelava posamezne faze nam je omogočila postopno spremembo elementnih profilov med ST in NBT plastmi. Dielektrične in feroelektrične lastnosti smo določili glede na električne lastnosti monofaznih ST in NBT tankih plasti. Dielektrično obnašanje večplastnih vzorcev so zaznamovali temperaturno stabilno obnašanje s temperaturnim koeficientom dielektrične konstante 780ppm/°C v območju temperatur od -50 do 200°C, frekvenčno neodvisen odziv pri sobni temperaturi in izboljšane dielektrične izgube v primerjavi z NBT. Tovrstna izboljšanja pa so na drugi strani povzročila znižanje dielektričnosti in feroelektrične stabilnosti. | |
| | ANG | Polycrystalline sol-gel-derived SrTiO ₃ /Na _{0.5} Bi _{0.5} TiO ₃ /SrTiO ₃ (ST/NBT/ST) thin films were designed to achieve the electrical isolation of the NBT, and to mediate the temperature dependency of the dielectric properties. Proper thermal annealing of particulate phase enabled us to achieve compositionally graded elemental profiles between individual ST and NBT layers. The dielectric and ferroelectric properties were investigated with respect to the electrical behavior of the monophasic ST and NBT thin films. The dielectric characteristics of the multilayer thin film were marked by a temperature stable behavior (temperature coefficient of dielectric constant of 780 ppm/°C) in the measured -50°C to 200°C range, frequency independent response at room temperature and improved dielectric loss characteristics compared with the NBT; however, on the expense of decreased permittivity and a reduced ferroelectric stability. | |
| Objavljeno v | American Ceramic Society; Journal of the American Ceramic Society; 2013; Vol. 96, issue 11; str. 3511-3517; Impact Factor: 2.107; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A'': 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Šetinc Tina, Spreitzer Matjaž, Kunej Špela, Kovač Janez, Suvorov Danilo | | |
| Tipologija | 1.01 Izvirni znanstveni članek | | |
| 2. | COBISS ID | 27388199 | Vir: COBISS.SI |
| Naslov | SLO | Zmanjšana temperaturna odvisnost resonančne frekvence kompozita AgNb _{0.5} Ta _{0.5} O ₃ v primerjavi z enofazno keramiko | |
| | ANG | Suppressed temperature dependence of the resonant frequency of a AgNb _{0.5} Ta _{0.5} O ₃ composite vs. single-phase ceramics | |
| Opis | SLO | Sintetizirali smo keramiko AgNb _{0.5} Ta _{0.5} O ₃ ter jo analizirali glede na njene dielektrične lastnosti v radio-frekvenčnem in mikrovalovnem območju. Preučili smo vpliv različnih sinteznih pogojev ter jih povezali s težavami pri pripravi enofazne keramike, kot posledica nehomogene razporeditve Nb in Ta ionov ter razpada matrične faze. Rezultati so pokazali, da preprosto mešanje vseh treh oksidov in nadaljnjo žganje v zraku omogočata pripravo kompozitnega materiala, ki je privlačen za mikrovalovne aplikacije zaradi temperaturno stabilne resonančne frekvence. Poleg tega smo v raziskavi uspeli pripraviti enofazno keramiko z zelo visoko gostoto z izhodiščno pripravo prekursorjev in sintranjem v kisikovem nadtlaku. | |
| | | AgNb _{0.5} Ta _{0.5} O ₃ ceramics were synthesized and analyzed, with respect to | |

| | | |
|----|--------------|---|
| | | <p>their dielectric properties, in the radio- and microwave-frequency ranges. The influences of different synthesis conditions were investigated and correlated with the difficulties in preparing single-phase ceramics, as a consequence of the inhomogeneous distribution of Nb and Ta ions and the decomposition of the matrix phase. The results revealed that with the simple mixing of all three oxides and subsequent firing in air, it is possible to prepare composite material that is attractive for microwave applications due to temperature stable resonant frequency. On the other hand, we also succeeded in fabricating single-phase ceramics with a very high density through the initial formation of a precursor and sintering in an overpressure of oxygen.</p> |
| | Objavljeno v | Elsevier; Journal of the European ceramic society; 2014; Vol. 34, issue 6; str. 1537-1545; Impact Factor: 2.360; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A'': 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Klement Dejan, Spreitzer Matjaž, Suvorov Danilo |
| | Tipologija | 1.01 Izvirni znanstveni članek |
| 3. | COBISS ID | 27333927 Vir: COBISS.SI |
| | Naslov | <p><i>SLO</i> pH kontrola magnetnih lastnosti CoFe₂O₄ pripravljenega s kombinacijo precipitacije in hidrotermalne sinteze</p> <p><i>ANG</i> pH control of magnetic properties in precipitation-hydrothermal-derived CoFe₂O₄</p> |
| | Opis | <p><i>SLO</i> Kobalt feritni nanodelci (CFO NP) so bili sintetizirani z uporabo precipitacije, kateri je sledila hidrotermalna obdelava. Pogoji precipitacije so bili tekom raziskave konstantni, medtem ko se je pH, temperatura in čas sinteze hidrotermalne obdelave sistematično spreminjalo. Rezultati so pokazali, da ima pH dominantno vlogo pri nastanku, rasti in kristalizaciji zelene faze. Nadalje smo pokazali, da omogoča pH tudi prilagajanje magnetnih lastnosti CFO NP, kot sta magnetizacija in koercitivno polje. Povišanje temperature sinteze je povzročilo tako rast delcev, kakor tudi spremembo morfologije, spreminjanje časa sinteze pa je pokazalo, da hidrotermalna reakcija poteka do 8 ur, nadaljnje podaljševanje časa sinteze pa na strukturne in magnetne lastnosti ne vpliva izrazito.</p> <p><i>ANG</i> Cobalt ferrite nanoparticles (CFO NPs) were synthesized using precipitation followed by a hydrothermal treatment. The conditions for precipitation were kept constant, while the pH, the temperature and the synthesis time for the hydrothermal treatment were systematically varied. The results show that the pH plays the dominant role in the formation, growth and crystallization of the desired phase. Furthermore, by controlling the pH the magnetic properties, such as the magnetization and the coercitivity of the CFO NPs, can be tuned. An increase in the temperature induced both particle growth and a change of the morphology. The variation of the synthesis time indicated that the hydrothermal reaction proceeds for up to 8 h; however, a further prolongation of the synthesis time does not affect the structural and magnetic properties to any significant extent.</p> |
| | Objavljeno v | Elsevier Sequoia; Journal of alloys and compounds; 2013; Vol. 589; str. 271-277; Impact Factor: 2.390; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.8; A': 1; WoS: EI, PM, PZ; Avtorji / Authors: Jovanović Sonja, Spreitzer Matjaž, Otoničar Mojca, Jeon Jae-Ho, Suvorov Danilo |
| | Tipologija | 1.01 Izvirni znanstveni članek |
| 4. | COBISS ID | 23175463 Vir: COBISS.SI |
| | Naslov | <p><i>SLO</i> Področje sestav in električne lastnosti morfotropne fazne meje v sistemu Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃-K_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃</p> <p><i>ANG</i> Compositional range and electrical properties of the morphotropic phase boundary in the Na_(0.5)Bi_(0.5)TiO₃-K_(0.5)Bi_(0.5)TiO₃ systems</p> |

| | | | |
|------|--------------|---|---|
| Opis | SLO | Kot obetajoči material za piezoelektrične aplikacije smo preučevali sistem $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (NBT-KBT) s kompleksno perovskitno strukturo. NBT-KBT vzorci so bili pripravljani z uporabo reakcije v trdnem in analizirani z rentgensko praškovo difrakcijo (XRD) in vrstično elektronsko mikroskopijo. XRD je pri sobni temperaturi pokazal postopno spremembo kristalne strukture od tetragonalne v KBT do romboedrične v NBT, s prisotnostjo morfotropnega področja v vzorcih s sestavami od 17 do 25% KBT. Prilagajanje parametrov perovskitne celice je potrdilo povečevanje osnovne celice od NBT proti KBT, kar sovpada s povečevanjem ionskega radija. Električne meritve so pokazale, da vzorci v morfotropnem faznem področju izkazujejo najvišjo dielektrično konstanto, remanentno polarizacijo in piezoelektričen koeficient. | |
| | ANG | We have investigated the $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (NBT-KBT) system, with its complex perovskite structure, as a promising material for piezoelectric applications. The NBT-KBT samples were synthesized using a solid-state reaction method and characterized with X-ray powder diffraction (XRD) and scanning electron microscopy. Room temperature XRD showed a gradual change in the crystal structure from tetragonal in the KBT to rhombohedral in the NBT, with the presence of an intermediate morphotropic region in the samples with 17 and 25% of KBT. The fitted perovskite lattice parameters confirmed an increase in the size of the crystal lattice from NBT towards KBT, which coincides with an increase in the ionic radii. Electrical measurements on the samples showed that the maximum values of the dielectric constant, the remanent polarization and the piezoelectric coefficient are reached at the morphotropic phase boundary. | |
| | Objavljeno v | Elsevier; Journal of the European Ceramic Society; 2010; Vol. 30, no. 4; str. 971-979; Impact Factor: 2.574; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.693; A'': 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Otoničar Mojca, Škapin Srečo D., Spreitzer Matjaž, Suvorov Danilo | |
| | Tipologija | 1.01 Izvirni znanstveni članek | |
| 5. | COBISS ID | 24956455 | Vir: COBISS.SI |
| Opis | Naslov | SLO | Hidrotermalna sinteza nanodelcev $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ |
| | | ANG | Hydrothermal synthesis of nanosized $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ |
| | | SLO | Preučevali smo sintezo natrij bizmutovega titanata $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (NBT) z uporabo hidrotermalne sinteze. Natančno smo preučili vpliv različnih sinteznih parametrov kot so alkalnost raztopine, temperatura, čas reakcije, koncentracija prekurzorjev, Bi/Ti razmerje, določili pa smo tudi vpliv mikrovalovnega segrevanja. Rezultati so pokazali, da se poleg NBT faze v začetku reakcije tvori tudi natrijev titanat, katerega stabilnost je občutljiva na pogoje obdelave ter Bi/Ti razmerje. Po 48 urah reakcije pri 200°C , 12MNaOH , $0.1\text{MBi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in stehiometrični količini TiO_2 glede na Bi prekurzor smo uspeli pripraviti enofazen in dobro kristaliničen NBT. Kemijska analiza dobljenih nanodelcev je pokazala rahel primanjkljaj natrija ter presežek bizmuta glede na nominalno sestavo. |
| | | ANG | The synthesis of sodium bismuth titanate $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (NBT) was studied using the hydrothermal treatment. The process parameters such as the alkaline conditions, the temperature, the reaction time, and the concentration of precursors, as well as the influence of the Bi/Ti ratio and microwave heating were investigated in detail. The results show that secondary sodium titanate phases formed along with the NBT phase in the initial stage of the reaction. Their stability was susceptible to the treatment conditions and the Bi/Ti ratio. Pure and well crystallized NBT nanoparticles were obtained after 48 h of reaction time at 200°C , 12MNaOH , $0.1\text{MBi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and a stoichiometric amount of TiO_2 relative to the Bi precursor. A chemical analysis of the powders showed a slight sodium |

| | | |
|--------------|------|---|
| | | deficiency and bismuth surplus with respect to their nominal composition. |
| Objavljeno v | | American Ceramic Society; Journal of the American Ceramic Society; 2011; Vol. 94, issue 11; str. 3793-3799; Impact Factor: 2.272; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.774; A'': 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Šetinc Tina, Spreitzer Matjaž, Logar Manca, Suvorov Danilo |
| Tipologija | 1.01 | Izvirni znanstveni članek |

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

| | | |
|----|----------------------------|--|
| | Družbeno-ekonomski dosežek | |
| 1. | COBISS ID | Vir: vpis v poročilo |
| | Naslov | |
| | <i>SLO</i> | Postavitev prvega PLD laboratorija v Sloveniji |
| | <i>ANG</i> | Establishment of first PLD laboratory in Slovenia |
| | Opis | |
| | <i>SLO</i> | Odsek za raziskave sodobnim materialov Instituta »Jožef Stefan« in Center odličnosti Nanoznanosti in nanotehnologije sta v letu 2012 postavila kompleten laboratorij za pulzno lasersko nanašanje (PLD), ki je namenjen sintezi naprednih visokokvalitetnih tankih plasti. Laboratorij sestavljata KrF ekscimerni laser in PLD komora z ultravisokim vakuumom, in-situ diagnostiko, laserskim gretjem in napaševanjem. PLD sistem se uporablja za načrtovanje in pripravo vmesnih plasti ter kontrolirano rast različnih oksidnih materialov. Laboratorij je opremljen tudi z visokoresolucijskim rentgenskim difraktometrom, namenjenim za analizo tankih plasti. |
| | <i>ANG</i> | Advanced Materials Department, Jožef Stefan Institute and Center of excellence in Nanoscience and Nanotechnology established in year 2012 a complete laboratory for pulsed laser deposition (PLD), which enables synthesis of advanced high-quality thin films. The laboratory is composed of KrF excimer laser and PLD chamber with ultrahigh vacuum, in-situ diagnostics, laser heating, and sputtering. PLD system is used for design and preparation of interfacial layers and for controlled growth of various oxide materials. The laboratory has also a high resolution X-ray diffractometer, which is dedicated for thin film analysis. |
| | Šifra | D.02 Ustanovitev raziskovalnega centra, laboratorija, študija, društva |
| | Objavljeno v | 2011, Elaborat/Detailed report, Avtorji/Authors: Spreitzer Matjaž, Suvorov Danilo |
| | Tipologija | 2.14 Projektna dokumentacija (idejni projekt, izvedbeni projekt) |
| 2. | COBISS ID | 24525095 Vir: COBISS.SI |
| | Naslov | |
| | <i>SLO</i> | Pulzno lasersko nanašanje |
| | <i>ANG</i> | Pulsed laser deposition |
| | Opis | |
| | <i>SLO</i> | Z namenom razširitve informacij o zmožnostih sistemov za pulzno lasersko nanašanje (PLD), namenjenih sintezi naprednih materialov, smo objavili strokovni članek o tej temi v reviji Kemija v šoli in družbi, ki je dobro znana v slovenskih osnovnih in srednjih šolah. V članku so opisane osnovne karakteristike PLD sistemov, značilnosti rasti in preučevanih materialov. |
| | <i>ANG</i> | In order to widespread information about capabilities of pulsed laser deposition (PLD) systems for synthesis of advanced materials we published a technical article on this topic in journal Kemija v šoli in družbi (Chemistry in school and society), which is a well know journal in Slovenian primary and secondary schools. In the article basic characteristics of PLD systems, growth characteristics, and investigated materials are described. |

| | | | |
|----|--------------|---|--|
| | Šifra | F.30 | Strokovna ocena stanja |
| | Objavljeno v | Biteks; Kemija v šoli in družbi; 2011; Letn. 23, št. 1; str. 22-25; Avtorji / Authors: Spreitzer Matjaž | |
| | Tipologija | 1.04 | Strokovni članek |
| 3. | COBISS ID | 27130919 | Vir: COBISS.SI |
| | Naslov | SLO | Sintezne posebnosti mikrovalovne keramike Ag(TaxNb(1-x))O3 |
| | | ANG | Synthesis peculiarities of microwave Ag(Ta _x Nb _{1-x})O ₃ ceramics |
| | Opis | SLO | Ag(Nb _{1-x} Tax)O ₃ keramika izkazuje mikrovalovne dielektrične lastnosti, ki so primerne za različne elektronske komponente kot so resonatorji in filtri. Pri pripravi tovrstne keramike pa oksidacijski in redukcijski procesi srebra vodijo do problemov, ki so povezani z razpadom matrice in zgoščevanjem, kar do sedaj še ni bilo uspešno razrešeno. V tem vabljenem predavanju smo predstavili vpliv sinteznih pogojev in različnih atmosfer na zgoščevanje, razpad matrice in homogenost komponent v povezavi z mikrovalovnimi dielektrične lastnosti pripravljene keramike. |
| | | ANG | Ag(Nb _{1-x} Tax)O ₃ ceramics exhibit microwave dielectric properties that are suitable for various electronic components, such as resonators and filters. However, during the preparation of these ceramics the oxidation and reduction processes of Ag cause problems related to matrix decomposition and densification, and these problems have not been successfully solved so far. In this invited talk we presented the influence of the synthesis condition and different atmospheres on the densification, decomposition of the matrix, and the homogeneity of the components with respect to their dielectric properties in the microwave-frequency region. |
| | Šifra | B.04 | Vabljeno predavanje |
| | Objavljeno v | Objavljeno v: 7th International Conference on Microwave Materials and Their Applications, MMA-2012, 3-6 June, 2012, Taiwan. Book of abstracts; 2012; Str. 34; Avtorji / Authors: Klement Dejan, Spreitzer Matjaž, Meden Anton, Suvorov Danilo | |
| | Tipologija | 1.10 | Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeno predavanje) |
| 4. | COBISS ID | | Vir: vpis v poročilo |
| | Naslov | SLO | Izobraževalna dejavnost |
| | | ANG | Teaching activities |
| | Opis | SLO | Izobraževanje diplomantov in mladih raziskovalcev predstavlja pomemben del aktivnosti projekta. Del programa sta namreč izvajali dve mladi raziskovalki, medtem ko je bilo 5 diplomskih tem tesno povezanih s problemi, ki so bili predmet raziskav projekta. Doktorski disertaciji: - Tina Šetinc, 2013, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana - Sonja Jovanović, planirano v 2014, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana Diplomska dela: - Dejan Klement, 2011, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani - Klemen Križaj, 2011, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani - David Fabjan, 2011, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani - Rok Brišar, 2012, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani - Miha Kastelic, 2013, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza |

| | | |
|----|--------------|--|
| | | v Ljubljani |
| | | <p>Education of bachelor and PhD students represented an important part of the project activities. Part of the program was namely performed by 2 PhD students, while 5 bachelor theses were closely related to the problems of the project.</p> <p>Doctoral dissertations:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tina Šetinc, 2013, Jožef Stefan International Postgraduate School - Sonja Jovanović, scheduled for 2014, Jožef Stefan International Postgraduate School <p>Bachelor theses:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dejan Klement, 2011, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana - Klemen Križaj, 2011, Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana - David Fabjan, 2011, Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana - Rok Brišar, 2012, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana - Miha Kastelic, 2013, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana |
| | Šifra | D.10 Pedagoško delo |
| | Objavljeno v | Annual Report, University of Ljubljana 2013 |
| | Tipologija | 2.08 Doktorska disertacija |
| 5. | COBISS ID | Vir: vpis v poročilo |
| | Naslov | <p><i>SLO</i> Prehod mlade raziskovalke v podjetje za proizvodnjo elektronskih komponent</p> <p><i>ANG</i> PhD student hired by electronic component company</p> |
| | Opis | <p><i>SLO</i> Del raziskav povezanih z projektom je opravila doktorska študentka Tina Šetinc. Preučevala je hidrotermalno sintezo nanodelcev Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃, določila je izvor lastnih napak pri SrTiO₃ nanoprahu, pripravljenem s kombinacijo sol-precipitacije in hidrotermalne sinteze, z uporabo sol-gel metode pa je tudi sintetizirala SrTiO₃/Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃/SrTiO₃ tanke plasti s strukturirano sestavo in posledično temperaturno stabilnim dielektričnim odzivom. Po uspešnem zagovoru doktorskega naziva v letu 2013 se je zaposlila v podjetju Keko Varicon v razvoju različnih elektronskih komponent.</p> <p><i>ANG</i> Part of the research related to the project was performed by a PhD student Tina Šetinc. She investigated hydrothermal synthesis of nanosized Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃, determined origin of inherent defects in sol-precipitation/hydrothermally derived SrTiO₃ nanopowders, and prepared sol-gel derived compositionally graded SrTiO₃/Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃/SrTiO₃ thin films with temperature stable dielectric behavior. After her successful defense of doctoral degree in 2013 she was hired by a company Keko Varicon, in the development of various electronic components.</p> |
| | Šifra | F.03 Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja |
| | Objavljeno v | Novice KeKo Varicon, September 2013 |
| | Tipologija | 3.25 Druga izvedena dela |

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

| |
|--|
| |
|--|

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Za električno, mehansko in magnetno prilagodljive material smo dosegli znaten znanstveni napredek na področju njihove sinteze in optimizacije funkcionalnih lastnosti. Natančneje, uspeli smo samourediti ustrezne faze, kar smo dosegli z optimizacijo kritičnih sinteznih parametrov oziroma z uporabo blok kopolimerov. Nova znanstvena odkritja lahko razdelimo glede na specifično skupino materialov:

- Načrtovanje Ag(Nb,Ta)O₃ kompozitov: Za različne trdne raztopine preučevanega sistema smo določili sintezni mehanizem, ki je prisoten pri reakciji v trdnem. Določili pa smo tudi novo in enostavno metodo za minimizacijo temperaturne odvisnosti resonančne frekvence. Nadalje smo pripravili vrsto Ag(Nb,Ta)O₃ tankih plasti z uporabo pulznega laserskega nanašanja. Raziskava nam je omogočila, da smo prvič do sedaj določili celotni set pogojev nanašanja, ki vodijo do kontrolirane oksidacije srebra.

- Načrtovanje kompozitov, sestavljenih iz NBT in ST: V izhodiščnih eksperimentih smo odkrili nove hidrotermalne pogoje za pripravo enofaznih in dobro kristaliničnih NBT nanodelcev. Določili smo tudi lastne vzroke za nastanek defektov v ST nanodelcih, pripravljenih s kombinacijo sol precipitacije in hidrotermalne metode. Prvič do sedaj smo tudi uspeli pripraviti NBT-ST tanko plast s strukturirano sestavo, ki je vodila do bistveno izboljšanih električnih lastnosti.

- Načrtovanje kompozitov, sestavljenih iz PMN-PT in CF: Za CF smo natančno določili sintezne pogoje za stabilizacijo dobro dispergiranih superparamagnetnih nanodelcev v povezavi z naravo vezave površinsko aktivne snovi. Ta odkritja so pomembna za raziskovalno skupnost, saj se analogen pristop uporablja pri pripravi različnih nanodelcev. V povezavi s tem delom raziskovalnega projekta smo določili tudi nove metode za hitro pripravo dobro urejenih tankih plasti na osnovi blok kopolimerov, ki smo jih nadalje preizkusili za pripravo različnih anorganskih faz. Preizkusili smo sintezo faz, ki so relevantne za elektronsko industrijo, medtem ko literatura do sedaj poroča predvsem o samourejanju TiO₂.

ANG

For electrically, mechanically and magnetically tunable material considerable scientific progress was achieved in the field of synthesis and optimization of their functional properties.

Specifically, we managed to self-assemble corresponding phases, which was achieved by optimization of critical synthesis parameters or by application of block copolymers. New scientific findings can be divided with respect to specific group of materials:

- Engineering of Ag(Nb,Ta)O₃ composites: We determined solid-state synthesis mechanism for different solid-solutions from investigated system and determined a new and simple method for minimization of temperature dependent resonant frequency. Furthermore, we prepared a series of Ag(Nb,Ta)O₃ thin films using pulsed laser deposition. The investigation enabled us to determine for the first time a complete set of deposition conditions, which result in controlled oxidation of silver.

- Engineering of composites composed of NBT and ST: Initially we revealed new hydrothermal conditions for preparation of pure and well crystallized NBT nanoparticles. We also determined intrinsic reasons for formation of defects in ST nanoparticles prepared by combination of sol precipitation and hydrothermal method. For the first time we managed to prepare NBT-ST thin film with compositionally graded structure, which resulted in considerably improved electrical properties.

- Engineering of composites composed of PMN-PT and CF: For CF synthesis conditions for stabilization of well dispersed superparamagnetic nanoparticles in relation to surfactant bonding nature were precisely determined. These findings are relevant for the research community since analogue approach is used for fabrication of various nanoparticles. Related to this part of the research project we also determined new methods for rapid fabrication of well-ordered block copolymer thin films, which were tested for variety of inorganic phases relevant for electronic industry, while in the literature mainly reports related to self-assembly of TiO₂ can be found.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Projekta je vplival na družbo v sledečih smereh:

- Pri izvedbi projekta so sodelovali številni člani projekte skupine, vključno z podoktorskimi sodelavci, doktorskimi študenti in diplomanti. Zaradi takšnega prepletanja članov je imelo izobraževanje študentov eno izmed najvišjih prioritet projekta in je zagotavljalo njegov uspešen napredek. Del programa sta izvajali dve mladi raziskovalki, medtem ko je bilo 5 diplomskih tem tesno povezanih s problemi projekta.
- Znanstveno področje ne vključuje zgolj področja inženirstva keramike, temveč tudi polimerno znanost in uporabno fiziko. Takšen interdisciplinaren pristop nam je odprl novo pot v inženirstvu materialov za pripravo kompozitov s kvalitetnim strukturiranjem na nanometriškem nivoju.
- Odsek za raziskave sodobnim materialov Instituta »Jožef Stefan« in Center odličnosti Nanoznanosti in nanotehnologije sta v letu 2012 postavila prvi laboratorij za pulzno lasersko nanašanje v Sloveniji. Laboratorij je opremljen tudi z visokoresolucijskim rentgenskim difraktometrom, namenjenim za analizo tankih plasti. Projekt nam je omogočal intenzivno uporabo teh tehnik pri pripravi in karakterizaciji visokokvalitetnih tankih plasti. Natančneje, pripravljali smo različne plasti na osnovi $\text{Ag}(\text{Nb}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{O}_3$ za električno prilagodljive aplikacije.
- Rezultate projekta smo razširili preko številnih znanstvenih publikacij v revijah z recenzijo, ki so med najbolj relevantnimi za specifično raziskovalno temo (Journal of the American Ceramic Society, Journal of the European Ceramic Society, itd). Rezultate smo predstavili tudi na številnih tematskih konferencah, kar je prispevalo k uveljavitvi članov projektne skupine in njihovih institucij na mednarodnem nivoju.

ANG

The impact of the project on the society was observed in following directions:

- A number of project members were involved to implement all the objectives, including postdoctoral students, PhD students, and undergraduates. By such networking of the project members education of students had one of our highest priorities and assured successful progress. Part of the program was performed by 2 PhD students, while 5 bachelor theses were closely related to the problems of the project.
- The scientific field does not involve only ceramic engineering, but also polymer science and applied physics. Such interdisciplinary approach provided us a new pathway in materials engineering for preparation of well-nanostructured composite materials.
- In 2012 Advanced Materials Department, Jožef Stefan Institute and Center of excellence in Nanoscience and Nanotechnology established the first laboratory for pulsed laser deposition in Slovenia. The laboratory has also a high resolution X-ray diffractometer, which is dedicated for thin film analysis. The project enabled us to intensively use these techniques for preparation and characterization of high-quality thin films. Specifically, we grew $\text{Ag}(\text{Nb}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{O}_3$ thin films for the electrically tunable applications.
- Project results were disseminated using a number of scientific publications in peer-reviewed journals, which are most relevant for the specific topic (Journal of the American Ceramic Society, Journal of the European Ceramic Society, etc.). Furthermore, results were also presented on the thematic conferences, which promoted project members and their institutions on the international level.

**10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

| Cilj | | |
|-------------|--|---|
| F.01 | Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.02 | Pridobitev novih znanstvenih spoznanj | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | | |

| | | |
|-------------|---|---|
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.03 | Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.04 | Dvig tehnološke ravni | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.05 | Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.06 | Razvoj novega izdelka | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.07 | Izboljšanje obstoječega izdelka | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.08 | Razvoj in izdelava prototipa | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.09 | Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.10 | Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.11 | Razvoj nove storitve | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | | |

| | | |
|-------------|--|---|
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.12 | Izboljšanje obstoječe storitve | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.13 | Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.14 | Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.15 | Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.16 | Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.17 | Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.18 | Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference) | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.19 | Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off") | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |

| | | |
|-------------|--|---|
| F.20 | Ustanovitev novega podjetja ("spin off") | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.21 | Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.22 | Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.23 | Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.24 | Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.25 | Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.26 | Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.27 | Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.28 | Priprava/organizacija razstave | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |

| | | |
|-------------|---|---|
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.29 | Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.30 | Strokovna ocena stanja | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.31 | Razvoj standardov | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.32 | Mednarodni patent | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.33 | Patent v Sloveniji | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.34 | Svetovalna dejavnost | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |
| F.35 | Drugo | |
| | Zastavljen cilj | <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
| | Rezultat | <input type="text"/> |
| | Uporaba rezultatov | <input type="text"/> |

Komentar

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

| | Vpliv | Ni vpliva | Majhen vpliv | Srednji vpliv | Velik vpliv |
|--|-------|-----------|--------------|---------------|-------------|
| | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| G.01 | Razvoj visokošolskega izobraževanja | | | | | |
| G.01.01. | Razvoj dodiplomskega izobraževanja | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.01.02. | Razvoj podiplomskega izobraževanja | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.01.03. | Drugo: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02 | Gospodarski razvoj | | | | | |
| G.02.01 | Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.02. | Širitev obstoječih trgov | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.03. | Znižanje stroškov proizvodnje | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.04. | Zmanjšanje porabe materialov in energije | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.05. | Razširitev področja dejavnosti | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.06. | Večja konkurenčna sposobnost | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.07. | Večji delež izvoza | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.08. | Povečanje dobička | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.09. | Nova delovna mesta | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.10. | Dvig izobrazbene strukture zaposlenih | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.11. | Nov investicijski zagon | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.02.12. | Drugo: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.03 | Tehnološki razvoj | | | | | |
| G.03.01. | Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.03.02. | Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.03.03. | Uvajanje novih tehnologij | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.03.04. | Drugo: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.04 | Družbeni razvoj | | | | | |
| G.04.01 | Dvig kvalitete življenja | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.04.02. | Izboljšanje vodenja in upravljanja | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.04.03. | Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.04.04. | Razvoj socialnih dejavnosti | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.04.05. | Razvoj civilne družbe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.04.06. | Drugo: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.05. | Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete | | | | | |
| G.06. | Varovanje okolja in trajnostni razvoj | | | | | |
| G.07 | Razvoj družbene infrastrukture | | | | | |
| G.07.01. | Informacijsko-komunikacijska infrastruktura | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.07.02. | Prometna infrastruktura | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.07.03. | Energetska infrastruktura | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------|--|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.07.04. | Drugo: | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.08. | Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |
| G.09. | Drugo: | | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | |

Komentar

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

| | | | |
|----|--|----|-------|
| | Sofinancer | | |
| 1. | Naziv | | |
| | Naslov | | |
| | Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala: | | EUR |
| | Odstotek od utemeljenih stroškov projekta: | | % |
| | Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja | | Šifra |
| | | 1. | |
| | | 2. | |
| | | 3. | |
| | | 4. | |
| | | 5. | |
| | Komentar | | |
| | Ocena | | |

13.Izjemni dosežek v letu 2013¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Danilo Suvorov

ŽIGKraj in datum:

| | |
|-----------|----------|
| Ljubljana | 9.4.2014 |
|-----------|----------|

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2014/75

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

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

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

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

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

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

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

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

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot 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-RPROJ-ZP/2014 v1.03
E4-A7-41-F7-07-74-00-CC-CD-66-E3-EB-FF-02-2E-85-E5-4F-4C-17