

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/86

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-9357
Naslov projekta	Samourejanje molekularnih nanomagnetov v nanocevkah
Vodja projekta	14080 Denis Arčon
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	3.855
Cenovni razred	D
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2009
Nosilna raziskovalna organizacija	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	101 Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko 106 Institut "Jožef Stefan"
Družbeno-ekonomski cilj	13. Splošni napredek znanja - RiR financiran iz drugih virov (ne iz splošnih univerzitetnih fondov - SUF)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Temeljni raziskovalni izziv projekta »Samourejanje molekularnih nanomagnetov v nanocevkah« je bil, kako dodati magnetne lastnosti polprevodniškim (in v osnovi nemagnetnim) nanocevkam. Projekta smo se že v začetku lotili na dva načina: preko dopiranja nanocevk in nanopasov z nanodelci elementov prehodnih kovin ter s polnjenjem nanocevk z molekularnimi nanomagnetni. Pri tem smo se osredotočili na ogljikove nanocevice ter nanorogove in titanatne nanocevice. Testirali pa smo tudi možnosti dopiranja drugih polprevodniških nanostruktur na osnovi ZnO ali pa VO_x. Na koncu projekta lahko zaključimo, da smo vpeljali nekatere povsem nove metode dopiranja nanocevk, ki privedejo do pojava magnetizma v takih strukturah. Ti rezultati so izredno pomembni za nadaljni razvoj spintronike, saj predstavljajo polprevodniške feromagnetne nanožičke eno od bistvenih komponent na tem področju. Zato tudi ni presenetljivo, da so naši rezultati dosegli velik odmev ter zato predstavljajo pomemben prispevek k znanosti o nanomaterialih.

Eksperimentalne raziskave v okviru projekta smo vodili v laboratorijih Odseka za fiziko trdne snovi, Inštituta Jožef Stefan, medtem ko smo večino teoretičnih izračunov opravili na Fakulteti za matematiko in fiziko, Univerze v Ljubljani. Pri tem smo vodili redne tedenske sestanke (projektni cilji 5.1 in 5.2) in na tak način spremljali realizacijo projekta. Prav tako smo tesno sodelovali tudi s skupino profesorja Ewelsa (Institute of Materials (IMN), University of Nantes v okviru Proteus bilateralnega projekta) kot tudi z dr. Carlo Bittencourt (LCIA, University of Mons-Hainaut, Mons, Belgija) v okviru novega COST projekta (začetek COST projekta: november 2009).

Realizacija programa projekta po posameznih fazah:

1) Sinteza, interkalacija ter strukturna karakterizacija ogljikovih nanocevk ter nanorogov.

a) Interkalacija enostavnih molekul (projektni cilji 1.2-1.3): Na podlagi naših preteklih izkušenj smo se odločili za interkalacijo z NO_2 molekulami na večplastnih ogljikovih nanocevkah (MWCNT). Znano je namreč, da NO_2 , ko je adsorbiran na površini, lahko postane paramagneten in zato tudi zelo občutljiv na lokalne strukturne in magnetne lastnosti (P. Umek, D. Arčon et al., Chem. Mater. 2005). Na naše veliko presenečenje smo odkrili, da se pri EPR meritvah kvaliteta mikrovalovnega resonatorja močno poslabša, kar je običajno znak za visokoprevodne vzorce. Če je to res, potem se pri adsorpciji NO_2 molekul na ogljikove nanocevke del naboja iz NO_2 prenese na ogljikove nanocevke. To hipotezo smo preverili in tudi potrdili z enostavnimi DFT izračuni (1.7, sodelovanje s profesorjem Ewelsom). Zaključek tega dela raziskav je bil, da bi utegnile biti ogljikove nanocevke zelo zanimiv senzorski material za NO_2 .

b) Dvoplastne ogljikove nanocevke (DWCNT) smo napolnili z Mn^{2+} -Br (1.4) molekularnimi nanomagnetni (glej priponko za povzetek TEM rezultatov). Ti eksperimenti so bili izredno uspešni, saj lahko na mnogih mestih dejansko opazimo pri SEM in TEM mikroskopiji (1.5-1.6) sledove interkaliranih molekularnih nanomagnetov. Osnovni problem, ki se nam je vlek ves čas trajanja projekta je bil, kako povečati koncentracijo molekularnih nanomagnetov v nanocevkah ter se hkrati znebiti nezaželenih molekul med samimi nanocevkami. V zadnjem poskusu s tako imenovano Soxhlet ekstrakcijo smo deloma uspeli to tudi doseči. Uporaba Soxhlet ekstrakcije je po našem vedenju prva uporaba te metode pri povečevanju koncentracije raznih molekularnih skupin v ogljikovih nanocevkah. Problem stabilnosti (1.3) molekularnih nanomagnetov pa je bil izpostavljen predvsem na dolgočasovni skali eksperimentov (nekaj mesecev), saj smo opazili, da so molekularni nanomagneti pričeli razpadati.

c) Prisotnost katalitičnih nanodelcev v ogljikovih nanocevkah (ti so potrebni praktično pri vseh reakcijah, pri katerih ogljikove nanocevke nastajajo) je bila zelo moteča pri magnetnih meritvah. Tudi večkratno obdelovanje ogljikovih nanocevk z različnimi agresivnimi kemikalijami (kisljinami) žal ni v celoti odstranilo teh delcev. Zato je bil odziv interkaliranih molekularnih nanomagnetov v veliki meri bistveno šibkejši kot je bil odziv teh delcev. Zato smo se v zadnjem delu projekta intenzivno posvetili možnosti interkalacije molekularnih nanomagnetov v ogljikove nanorogove. Ogljikovi nanorogovi so namreč prosti tovrstnih nečistoč. TEM, HAADF-STEM ter SEM meritve ogljikovih nanorogov (1.5.-1.6.) so pokazale na izredno čistost vzorcev. Ogljikove nanorogove smo tudi predhodno kemijsko odprli ter defeketne predele nanorogov stabilizirali preko postopka oksidacije. Interkalacija molekularnih nanomagnetov v ogljikove nanorogove (1.1., 1.4.) je bila v naslednjem koraku izredno uspešna saj smo opazili lahko tudi posamezne izolirane molekularne nanomagnete (1.5-1.6.; glej priponko za povzetek HR TEM rezultatov). Rezultati so tudi ponovljivi. Zaradi relativno velike koncentracije molekularnih nanomagnetov (posledica odprtosti strukture ogljikovih nanorogov) tudi nismo izvajali dodatnih reakcij (kot je na primer Soxhlet ekstrakcija).

Zaključek: Kot zaključek pod aktivnost WP1: Sinteza in strukturna karakterizacija polnjenih nanocevk in nanorogov lahko zapišemo, da smo z nekaterimi inovativnimi prijemi uspešno dosegli vse zastavljene cilje v okviru te projektne faze. Uspeli smo napolniti ogljikove nanocevke in nanorogove tako z enostavnimi paramagnetnimi molekulami (NO_2 , na primer), kot tudi z bolj kompliciranimi in večjimi molekulami (kot so na primer Mn^{2+} -Br molekularni nanomagneti). Z uporabo naprednih mikroskopskih tehnik (predvsem tu mislimo na HRTEM) smo uspeli tudi prepoznati posamezne molekularne nanomagnete v ogljikovih nanostrukturah. Rezultati so bili tudi podprti z DFT izračuni.

2) Študij magnetnih lastnosti polnjenih ogljikovih nanocevk in nanorogov:

V tej projektni fazi smo se osredotočili na magnetno karakterizacijo materialov, ki smo jih pripravili in karakterizirali v okviru WP1.

a) Različne ogljikove nanocevke smo študirali s SQUID in EPR tehnikami (2.1-2.4). Standardni problem prisotnosti kovinskih nanodelcev smo poskušali reševati z obdelovanjem pri zelo visokih temperaturah. Pri 1400 °C smo opazili, da se v EPR signalu pojavi zelo ozka črta pri $g=2$, značilna za ogljikove materiale, zato domnevamo, da so pri tej temperaturi nanocevke pričele že razpadati. Na podlagi naknadnih analiz smo ugotovili, da nastaja v tem procesu amorfni ogljik z veliko vsebnostjo sp^3 ogljikovih mest. Nad to temperaturo tega signala ni bilo, opazili pa smo sistematično nižanje

signala kovinskih katalitičnih delcev.

b) Na DWCNT napolnjenih z Mn12Ac-Br smo poskušali pri T=1.5 K najti tipične EPR prehode v visokih magnetnih poljih (2.2.-2.5). Žal zaradi nizke koncentracije molekularnih nanomagnetov ta eksperiment ni bil uspešen. Znova smo našli signal kovinskih katalitičnih delcev (glej diskusijo v okviru WP1).

c) Na ogljikovih nanorogovih, napolnjenih z Mn12-Br molekularnimi nanomagneti nismo našli na strukturne težave s katalitičnimi delci, zato so bile mogoče meritve magnetizacije s SQUID (2.2) in meritve EPR signala tako v X-band področju (2.4.-2.5.), kot tudi v področju visokih magnetnih polj in frekvenc. Opazili smo tipično superparamagnetno obnašanje (2.5.; glej tudi sliko v priponki), kot smo že napovedovali v sami delovni hipotezi. Tisto, kar nas je najbolj presenetilo v teh raziskavah pa je, da se je napram izhodiščnim Mn12-Br kristalom, sama temperatura blokade (tako imenovana blocking temperature T_B) precej zvišala. V ogljikovih nanorogovih, napolnjenih z Mn12-Br T_B znaša kar 11 K. Pod to temperaturo se namreč meritve pod ZFC in FC temperaturnimi protokoli znatno razlikujejo. Za izhodiščni Mn12-Br material je ta temperatura samo okoli 4 K. Meritve histereznih zank (glej prilogo) pa so postregle še z enim presenečenjem. V Mn12-Br kristalih smo jasno opazili tako imenovane kvantne stopnice, ki so značilne za superparamagnetne sisteme z velikim $S=10$ in veliko energijsko bariero. V interkaliranih nanorogovih pa je odvisnost bistveno bolj gladka in ne kaže tovrstnih stopnic. Naša razlaga za ta nenavaden pojav je, da so verjetno energijske bariere v ogljikovih nanorogovih porazdeljene. Nekatere so verjetno zelo visoke, kar hkrati razloži tudi visoko T_B . Deloma smo uspeli te rezultate tudi razložiti z najnovejšimi meritvami EPR v visokih magnetnih poljih (eksperimenti so bili narejeni v NHMFL, Tallahassee, Florida v sodelovanju s profesorjem Naresh Dalalom), kjer smo s simulacijo spektrov določili tudi efektivno spinsko Hamiltonko (2.6.).

c) Za sisteme, ki imajo interkalirane nanodelce prehodnih kovin, smo uspešno simulirali EPR signale (superparamagnetna resonanca) in na tak način določili ustrezne spinske hamiltonke (2.6). Na tak način smo na primer lahko zelo natančno določili položaj Cu^{2+} ionov v titanatnih nanocerkah. Večina teh ionov je interkaliranih med plasti, vendar žal ne enakomerno. Koordinirajo se v ortorombskem okolju v bližini Na^+ ionov.

3) Sinteza, polnjenje in strukturna karakterizacija titanatnih nanocevk

a) Sintezo titanatnih nanocevk sedaj obvladujemo že vrsto let. Kljub temu pa v svetovni literaturi še vedno poteka precej živahna razprava o strukturi tovrstnih nanodelcev. Nedavno smo z metodo EELS raziskali (A. Gloter, D. Arčon, Phys. Rev. B80, 035413 (2009)) lokalno strukturo TiO_6 oktaedrov in pokazali, da je kristalno polje zelo podobno anatazemu, medtem ko je zasedenost 3d orbital bolj podobno rutilni strukturi (3.1.). Dodatne natančne strukturne informacije o naših titanatnih nanocevkah in nanopasovih smo zbrali tudi z TXM-NEXAFS meritvami, ki so pokazale na zanimivo usmerjenost kemijskih vezi v teh strukturah (C. Bittencourt, D. Arčon et al., poslano v objavo).

Sinteze dopiranih titanatnih nanocevk z elementi prehodnih kovin (3.2.) smo se lotili po dveh poteh: *in situ* ter *ex situ* dopiranje. Na koncu projekta smo določili optimalne hidrotermalne pogoje (parametre sinteze) in sedaj lahko zelo dobro kontroliramo stopnjo ter mesto dopiranja (3.1 in 3.2.). SEM in TEM študije so pokazale, da se v primeru *ex situ* Cu dopiranja tvorijo CuO nanodelci velikosti do 5 nm na površini titanatnih nanocevk. V primeru *in situ* dopiranja pa imamo pogosto opravka z interkalacijo (glej P. Umek, D. Arčon et al., J. Phys. Chem. C112, 15311-15319 (2008)).

Titanatne nanocevke, ki smo jih dopirali z različnimi elementi (predvsem s Cu, Co, Cr in Mn ioni), smo izpostavili NO_2 plinu (3.3). Kot pri nedopiranih nanocevkah, smo tudi v tem primeru opazili močno adsorpcijo plina. SEM in TEM meritve (3.6-3.7) so pokazale, da so strukture lahko zelo nestabilne pri sobni temperaturi. DFT izračuni (3.8) so identificirali mesto adsorpcije (predvsem v bližini mest z Na^+ ioni).

Interkalacija z molekularnimi nanomagneti na titanatnih nanocevkah (3.5) je vodila do popolne kemijske razgradnje nanocevk. V tem primeru je bila naša izhodiščna delovna hipoteza ovržena. V naslednjih korakih smo poskušali z drugimi topili ter tudi z interkalacijo v MnO_2 nanocevke, a z zelo omejenimi uspehi. Čeprav smo lahko deloma zadržali samo nanostrukturo materialov, je bila kristaliničnost končnih produktov preslaba, da bi lahko nadaljevali z raziskavamai v tej smeri.

4) Študij magnetnih lastnosti dopiranih titanatnih nanocevk:

Magnetne lastnosti dopiranih titanatnih nanocevk smo preiskovali s SQUID meritvami kot tudi z metodami elektronske paramagnetne resonance (EPR).

- a) Cu-dopiranje: SQUID in EPR meritve smo opravljali na titanatnih nanocevkah, dopiranih z različnimi prehodnimi elementi (4.1 in 4.4-4.5). V mnogih primerih smo na primer opazili, da na primer Cu tvori 10 nm (ali manjše) CuO nanodelce na površini nanocevk, kar se odraža tako na značilnem superparamagnetnem SQUID in EPR signalu. Simulacije EPR spektrov so omogočile določitev ustreznih parametrov v spinski hamiltonki (4.6) ter mesta interkalacije Cu ionov.
- b) Co-dopirane nanocevke in nanopasovi: SQUID in EPR meritve so pokazale na zelo zanimive magnetne lastnosti. Pri visokih temperaturah se sistem obnaša kot močan paramagnet z relativno močnimi antiferomagnetnimi sklopitvami med posameznimi magnetnimi momenti. Ta sklopitev je izredno zanimiva in pomembna, saj so koncentracije, ki smo jih uporabljali v naših poskusih itredno nizke (do 2 %) in zato ni jasno, kako so lahko tako razredčeni momenti tako močno sklopljeni. Zanimivo je, da smo opazili magnetni prehod pod 11 K, kjer $\chi \cdot T$ produkt močno pade (Z. Jagličič, D. Arčon et al., poslano v objavo).
- c) Cr-dopirane nanocevke in nanopasovi: Natančne EXAFS meritve (A. Kodre in I. Arčon, neobjavljeno) so nedvomno dokazale, da Cr zaseda Ti-mesta v sami nanostrukturi. Koncentracije, s katerimi smo dopirali naše nanostrukture z metodo in-situ so bile med 0.1 in 0.5 %. Zato tudi ni presenetljivo, da je obnašanje teh vzorcev izrazito paramagnetno, kar smo potrdili tako s SQUID kot tudi z EPR meritvami.

Celotno metodo dopiranja titanatnih nanostruktur smo uporabili tudi na drugih polprevodniških materialih. Osredotočili smo se na ZnO-nanodelce, ki so tudi industrijsko zelo pomemben material. Vzorce smo dopirali z Mn in Co ioni. V Co-dopiranih vzorcih smo opazili magnetizem že pri sobni temperaturi, medtem ko je bilo v Mn-dopiranih vzorcih opaziti antiferomagnetne korelacije pod 10 K. Ta dodatna študija dokazuje, da je naša metoda dopiranja univerzalna za večino polprevodniških oksidov in da je pojav magnetizma v teh sistemih zelo pogost.

Kot zaključek k tej fazi raziskav lahko povzamemo, da smo uspeli v celoti izpolniti program raziskav, da smo odkrili nove metode dopiranja titanatnih nanostruktur v okviru hidrotermalne sinteze in da ima večina raziskanih materialov zelo zanimive magnetne lastnosti. Pokazali smo tudi, da je metoda zelo široko uporabna, saj smo jo uspešno prenesli na ZnO-nanodelce.

O svojih rezultatih smo poročali v številnih publikacijah (vse skupaj 8 publikacij v revijah s faktorjem vpliva), na številnih mednarodnih konferencah (tudi v obliki vabljenih predavanj) ter na tujih Univerzah. Zaradi odmevnosti naših raziskav, smo stopili v stik in aktivno sodelovali z naslednjimi skupinami:

1. Profesor Chris Ewels, Institute of Materials, University of Nantes, Francija: S profesorjem Ewelsom smo sodelovali predvsem na področju DFT izračunov, saj je dr. Ewels eden od vodilnih strokovnjakov na tem področju za ogljikove materiale.
2. dr. Carla Bittencourt, LCIA, University of Mons-Hainaut, Mons, Belgija, s katero smo sodelovali pri NEXAFS meritvah titanatnih nanostruktur.
3. dr. Alex Gloter, LPS, Université Paris Sud, Orsay, Francija; sodelovanje predvsem na področju HRTEM meritev.
4. Profesor Naresh Dalal, profesor kemije in biokemije na Florida State University, Tallahassee. Profesor Dalal nam je posredoval odlične vzorce molekularnih nanomagnetov.
5. Profesor Boris Rakvin, Institut Ruder Bošković, Zagreb, Hrvaška: S profesorjem Rakvinom smo razvijali nove napredne metode s področja pulznega EPR.

Te povezave so se že izdatno obrestovale pri številu skupnih publikacij, pridobljenih novih znanj in ne nazadnje tudi pri skupnem COST projektu NanoTP (začetek noveber 2009). Zato ocenjujemo, da je bil naš projekt izredno uspešen ter da smo ne samo dosegli, pač pa tudi znatno presegli zastavljene cilje.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Temeljni raziskovalni izziv projekta »Samourejanje molekularnih nanomagnetov v nanocevkah« je bil, kako dodati magnetne lastnosti polprevodniškim (in v osnovi nemagnetnim) nanocevkam. Projekta smo se lotili zelo ambiciozno in smo poskušali dopirati tako ogljikove kot tudi titanatne nanostrukture. Naša osnovna raziskovalna hipoteza je bila, da bi bilo mogoče z izborom ustreznih dopantov pripraviti polprevodniške magnetne nanostrukture. V tem delu smo zastavljeno raziskovalno hipotezo povsem potrdili. Magnetne lastnosti smo našli v skoraj vseh titanatnih nanocevkah, ki smo jih dopirali z elementi prehodnih kovin. S kombiniranjem rezultatov meritev z različnimi tehnikami, kot so mikroskopske tehnike HR TEM, TXM-NEXAFS, SEM ter magnetno-rezonančne (EPR) ter magnetne (SQUID) smo povezovali magnetne lastnosti z načinom dopiranja. Glavni izziv v tovrstnih raziskavah je določiti mesto, ki ga zavzame dopirani ion prehodne kovine, t.j. ali gre pri tem za fazno separacijo (na to smo naleteli v primeru dopiranja s Cu^{2+} ioni), interkalacijo (tudi v primeru dopiranja s Cu^{2+} ioni) ali pa gre za kemijsko zamenjavo (substitucijo) na mestu Ti^{4+} ionov v titanatni nanostrukturi (primer pri dopiranju s Cr in Co). Zanimive magnetne lastnosti smo pričakovali in odkrili predvsem v tem zadnjem primeru, ko lahko v odvisnosti od koncentracije in vrste dopanta dosežemo magnetne faze že pri relativno visokih temperaturah. Žal pa se v titanatnih nanostrukturah magnetno urejene faze pojavijo šele pri nekoliko nižjih temperaturah, ki ne presegajo sobne temperature. Ta rezultat je v nasprotju z meritvami magnetnih lastnosti dopiranih titanatnih filmov in je odraz večje neurejenosti v titanatnih nanocevkah. V poskusih na ZnO nanodelcih, ki smo jih dopirali z Co, pa smo našli magnetno fazo s Curiejevo temperaturo, ki znatno presega sobno temperaturo. Zelo zanimiva smer raziskovanja, ki smo si jo začrtali pa je bila dopiranje ogljikovih nanostruktur z molekularnimi nanomagnetni. Naša začetna raziskovalna hipoteza je bila, da se bodo zaradi interakcije med ogljikovo mrežo in samim molekularnim nanomagnetom znatno spremenile nekatere magnetne lastnosti in je temeljila na DFT izračunih. To hipotezo smo dejansko potrdili v primeru dopiranja ogljikovih nanorogov, kjer smo opazili znatno povišanje temperature blokade iz 5 K na 11 K. Žal tega nismo mogli potrditi tudi v primeru ogljikovih nanocevk (čeprav smo tam dokazali prisotnost molekularnih nanomagnetov v ogljikovih nanocevkah) zaradi prisotnosti katalitičnih delcev.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ker so rezultati raziskav dobro sledili načrtovanim projektnim ciljem, nismo spreminjali programa raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Koordinacija interkaliranih Cu ionov v dopiranih titanatnih nanocevkah in nanopasovih
		<i>ANG</i> Coordination of intercalated Cu[sub](2+) sites in copper doped sodium titanate nanotubes and nanoribbons.
	Opis	<i>SLO</i> Cu dopirane titanatne nanocevkke in nanopasove smo pripravili z in situ ter ex situ metodami. Dopirane nanocevkke smo študirali s SQUID in EPR tehnikami in ugotovili, da v ex-situ vzgojenih vzorcih CuO nanodelci (do 10 nm v premeru) rastejo na površini nanocevk. Neelova temperatura prehoda je za te delce znižana zaradi vpliva nanometerskih dimenzij.
		<i>ANG</i> Copper doped sodium titanate nanotubes and nanoribbons were prepared via in-situ and ex-situ methods. In the applied in situ method, titanate nanotubes were grown from anatase TiO ₂ doped with Cu ²⁺ , while in the ex situ method, titanate nanotubes were exposed to aqueous solution of Cu ²⁺ species. By correlating XRD, electron microscopy, magnetic susceptibility, and electron paramagnetic resonance measurements, we found that in the samples prepared via the ex situ doping method, sub-10 nm CuO nanoparticles grow on the inner/outer surface of nanotubes/nanoribbons.
	Objavljeno v UMEK, Polona, PREGELJ, Matej, GLOTER, Alexandre, CEVC, Pavel, JAGLIČIĆ, Zvonko, ČEH, Miran, PIRNAT, Urša, ARČON, Denis. Coordination of intercalated Cu[sub](2+) sites in copper doped sodium titanate nanotubes and nanoribbons. The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces, 2008, issue 39, vol. 112, str. 15311-15319, doi: 10.1021/jp805005k.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID 21989927		
2.	Naslov	<i>SLO</i> Sinteza in magnetne lastnosti dopiranih oksidnih nanodelcev
		<i>ANG</i> Nonaqueous synthesis of metal oxide nanoparticles: doped titanium dioxide as case study for the preparation of doped oxide nanoparticles
	Opis	<i>SLO</i> V preglednem članku smo avtorji podali pregled različnih sinteznih poti do oksidnih nanodelcev. Predvsem smo se osredotočili na metode, ki temeljijo na gojenju nanodelcev iz raztopin. V nadaljevanju smo se bolj posvetili različnim titanatnim nanodelcem in še posebej vplivu velikosti in oblike nanodelcev na njihove magnetne lastnosti.
		<i>ANG</i> In this article, we highlight some of the advantages of sol-gel routes based on selected examples. The first part reviews some recent developments in the synthesis of ternary metal oxide nanoparticles by surfactant-free nonaqueous sol-gel routes. In the second part of the paper we present original results regarding the synthesis of dilute magnetic semiconductor TiO ₂ nanoparticles doped with cobalt and iron. The structural characterization as well as the magnetic properties with special attention to the doping efficiency is discussed.
	ĐERĐ, Igor, ARČON, Denis, JAGLIČIĆ, Zvonko, NIEDERBERGER, Markus. Nonaqueous synthesis of metal oxide nanoparticles : short review and doped	

	Objavljeno v		titanium dioxide as case study for the preparation of transition metal-doped oxide nanoparticles. J. solid state chem., 2008, vol. 181, no. 7, str. 1571-1581.
	Tipologija		1.02 Pregledni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22008359
3.	Naslov	SLO	Struktura titanatnih nanocevk in nanopasov
		ANG	The structure of titanate nanotubes and nanoribbons
	Opis	SLO	V primerjalni študiji smo uporabili spektroskopsko metodo in primerjali lokalno strukturo anataznih, rutilnih delcev z titanatnimi nanocevkami in nanopasovi. Ugotovili smo, da je kristalno polje v nanocevkah in nanopasovih podobno tistemu v anatazni obliki TiO ₂ , medtem ko je zasedenost 3d orbital bolj podobna rutilni obliki.
		ANG	We present an electron-energy-loss spectroscopy study of the O-K and Ti L _{2,3} edges for anatase-, rutile-, and titania-based nanotubes. The titania-based tubes are composed of tetravalent titanium ions in an octahedral symmetry with the oxygen ligands, however the electronic structure does not correspond to that of either of the titania precursors. Crystal-field splitting is comparable with anatase but the 3d occupation number is closer to that of rutile.
	Objavljeno v		GLOTTER, Alexandre, EWELS, Christopher Paul, UMEK, Polona, ARČON, Denis, COLLIEX, Christian. Electronic structures of titania-based nanotubes investigated by EELS spectroscopy. Phys. rev., B, Condens. matter mater. phys., 2009, vol. 80, no. 3, str. 035413-1-035413-6.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22770471
4.	Naslov	SLO	Dopiranje ZnO nanostruktur
		ANG	Doping of ZnO nanostructures
	Opis	SLO	Strukturne in magnetne lastnosti Co- in Mn-dopiranih ZnO nanopasov smo študirali s pomočjo rentgenske sipanja, elektronske mikroskopije, magnetizacijskih meritev in elektronske paramagnetne resonance. Co-dopirani ZnO vzorci so feromagnetni s Curiejevimi temperaturami, ki presegajo sobno temperaturo. Po drugi strani pa Mn-dopirani ZnO nanodelci kažejo antiferromagnetni prehod pri TN = 10 K. Študija je pokazala, da so magnetne lastnosti ZnO nanodelcev zelo odvisne od tipa dopiranja.
		ANG	The structure and the magnetic properties of Co- and Mn-doped ZnO nanorods, synthesized by a straightforward and experimentally simple nonaqueous sol-gel route. They have been investigated by various characterization techniques, including X-ray diffraction high-resolution transmission electron microscopy, magnetization measurements and EPR. The Co-doped ZnO powders are ferromagnetic with a Curie temperature exceeding room temperature. Conversely, the Mn-doped samples show antiferromagnetic correlations with a possible transition to an antiferromagnetic ground state below TN = 10 K.
	Objavljeno v		DERD, Igor, GARNWEITNER, Georg, ARČON, Denis, PREGELJ, Matej, JAGLIČIĆ, Zvonko, NIEDERBERGER, Markus. Diluted magnetic semiconductors : Mn/Co-doped ZnO nanorods as a case study. J. mater. chem., 2008, issue 43, vol. 18, str. 5208-5217
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22054951
5.	Naslov	SLO	Novi nanokristalinični anorgansko-organsko hibridni sistem
		ANG	New nanocrystalline inorganic-organic hybrid compound
	Opis	SLO	Nov nanokristaliničen anorgansko-organsko hibridni sistem VO(C ₆ H ₅ COO) ₂ smo sintetizirali s solvothermalno tehniko in ga strukturno in magnetno analizirali s številnimi eksperimentalnimi tehnikami: XRD, SEM, TEM, SAED ter SQUID magnetizacijske in X-band EPR meritve. Magnetne meritve kažejo na to, da je ta sistem mogoče dobro opisati kot 1D S=1/2 sistem z močnimi antiferromagnetnimi interakcijami J=-189 K.
		ANG	A new nanocrystalline inorganic-organic hybrid compound, VO(C ₆ H ₅ COO) ₂ has been synthesized under solvothermal conditions. A detailed investigation of the composition, structure and properties of VO(C ₆ H ₅ COO) ₂ using synchrotron X-ray powder diffraction, electron microscopy techniques and SQUID magnetometry and EPR is carefully described. The magnetic susceptibility and X-band EPR measurements shows that the magnetic properties of VO(C ₆ H ₅ COO) ₂ can be described by a S=1/2 linear antiferromagnetic chain model.
	Objavljeno v		DERD, Igor, CAO, Minhua, ROCQUEFELTE, Xavier, ČERNÝ, Radovan, JAGLIČIĆ, Zvonko, ARČON, Denis, POTOČNIK, Anton, GOZZO, Fabia, NIEDERBERGER, Markus. Structural characterization of a nanocrystalline inorganic-organic hybrid with fiberlike morphology and one-dimensional antiferromagnetic properties. Chem. mater.. [Print ed.], 2009, vol. 21, no. 14, str. 3356-3369.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		22770727

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Zoisovo priznanje za raziskave magnetnih lastnosti novih ogljikovih materialov (2008)
		ANG	Zois award (national award) for the research of magnetism in novel carbon materials
	Opis	SLO	Za originalni prispevek pri raziskovanju magnetnih lastnosti novih ogljikovih materialov je bil izr. prof. dr. Denis Arčon v letu 2008 nagrajen z Zoisovim priznanjem. Še posebej je bil poudarjen njegov prispevek pri razumevanju pojava feromagnetizma v fullerenskih soleh. (2008)
Professor Denis Arčon has been awarded in 2008 for his research in			

		ANG	magnetism of novel carbon materials. In particular his contribution in understanding the origin of weak ferromagnetism in fulleride salts has been acknowledged.
	Šifra		E.01 Domače nagrade
	Objavljeno v		http://www.mvzt.gov.si/si/delovna_podrocja/znanost_in_visoko_solstvo/znanost/dejavnost/zoisove_nagrade_in_priznanja/2008/
	Tipologija		1.05 Poljudni članek
	COBISS.SI-ID		22626599
2.	Naslov	SLO	Vabljen predavanje na eni najuglednejših evropskih univerz ETH, 1. oktober 2007
		ANG	Invited lecture at ETH, Zurich, October 1, 2007
	Opis	SLO	V vabljenem predavanju na ETH sem podal celovit pregled magnetnih lastnosti ogljikovih nanodelcev, še posebej pa sem se osredotočil na magnetne lastnosti fulerenov
		ANG	In this invited talk at ETH dr. Arčon gave a complete overview of magnetism in carbon nanostructures with an emphasis on the magnetism in fulleride salts
	Šifra		B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v		Predavanje je bilo oglaševano lokalno na Univerzi.
	Tipologija		1.25 Drugi članki ali sestavki
	COBISS.SI-ID		21726503
3.	Naslov	SLO	Predavanja na podiplomskem študiju na Univerzi Tohoku, Sendai, Japonska
		ANG	Lectures at the post-graduate course at the University of Tohoku, Sendai, Japan
	Opis	SLO	Pri predmetu "Magnetic resonance in metals, superconductors and magnetic systems" dr. Denis Arčon v 15 urah predstavil tehniko magnetne resonance. Stevilni zgledi, ki sem jih uporabil so izhajali iz rezultatov tega projekta
		ANG	During the course "Magnetic resonance in metals, superconductors and magnetic systems" dr. Denis Arčon presented the power of magnetic resonance for the study of magnetic systems. Many examples were arising from the present project.
	Šifra		B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v		Predavanja so bila oglaševana lokalno na Univerzi.
	Tipologija		1.25 Drugi članki ali sestavki
	COBISS.SI-ID		23474215
4.	Naslov	SLO	vabljen predavanje na konferenci ISFM 2007
		ANG	Invited lecture at the ISFM 2007 conference
	Opis	SLO	V vabljenem predavanju "Li intercalation into TiO[sub]2-derived nanotubes and nanoribbons - a potential anode material for lithium-ion batteries" sem predstavil naše najnovejše rezultate pri interkalaciji alkalnih kovin v titanatne nanostrukture in potencialno uporabo za pripravo Li-ionskih baterij
		ANG	In the invited lecture "Li intercalation into TiO[sub]2-derived nanotubes and nanoribbons - a potential anode material for lithium-ion batteries" dr. Denis Arčon presented our latest results in the field of alkali-metal intercalation in possible applications for the Li-ion batteries
	Šifra		B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v		ARČON, Denis, UMEK, Polona, ZORKO, Andrej, PREGELJ, Matej, DOMINKO, Robert, BAUDRIN, Emmanuel, GABERŠČEK, Miran, JAMNIK, Janko. Li intercalation into TiO[sub]2-derived nanotubes and nanoribbons - a potential anode material for lithium-ion batteries : [invited talk]. V: ISFM 2007, 2nd International Symposium on Functional Materials, 16th-19th May 2007, Hangzhou, China. Abstracts. [S. l.: s. n.], 2007, str. 5.
	Tipologija		1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
	COBISS.SI-ID		21725223
5.	Naslov	SLO	Dopiranje titanatnih nanostruktur in njihove magnetne lastnosti
		ANG	Doping of titanate nanostructures and their magnetic properties
	Opis	SLO	Cu dopirane titanatne nanocevkke in nanopasove smo pripravili z in situ ter ex situ metodami. Dopirane nanocevkke smo študirali s SQUID in EPR tehnikami in ugotovili, da v ex-situ vzgojenih vzorcih CuO nanodelci (do 10 nm v premeru) rastejo na površini nanocevk. Neelova temperatura prehoda je za te delce znižana zaradi vpliva nanometerskih dimenzij.
		ANG	Copper doped sodium titanate nanotubes and nanoribbons were prepared via in-situ and ex-situ methods. In the applied in situ method, titanate nanotubes were grown from anatase TiO2 doped with Cu2+, while in the ex situ method, titanate nanotubes were exposed to aqueous solution of Cu2+ species. By correlating XRD, electron microscopy, magnetic susceptibility, and electron paramagnetic resonance measurements, we found that in the samples prepared via the ex situ doping method, sub-10 nm CuO nanoparticles grow on the inner/outer surface of nanotubes/nanoribbons.
	Šifra		
	Objavljeno v		UMEK, Polona, PREGELJ, Matej, GLOTER, Alexandre, CEVC, Pavel, ČEH, Miran, PIRNAT, Urša, ARČON, Denis. Titanate nanostructures doped with Cu [sup](2+) ions; EPR and TEM characterization. V: ADDADI, Lia (ur.), NOVOA, Juan (ur.), BRAGA, Dario. 39th Course, a Nato Advanced Study Institute,

	Erice, Italy, 7 to 17 June 2007. Erice: International School of Crystallography, 2007, zv. 2, str. 646-647.
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	20829223

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Projekt »Samourejanje molekularnih nanomagnetov v nanocevkah« predstavlja zelo originalen pristop k modificiranju elektronskih in magnetnih lastnosti različnih nanostruktur. Molekularni nanomagneti, ki so se pojavili pred slabimi dvajsetimi leti, so se uveljavili kot zelo zanimiv material v spintronski tehnologiji. V približno istem času so ogljikove nanocevke sprožile »nanorevolucijo« predvsem zaradi svojih izrednih elektronskih in mehanskih lastnosti. Združitev teh dveh svetov v enoten material z zelo posebnimi magnetnimi in transportnimi lastnostmi, kot jo poskušamo doseči v tem projektu, pa je že doslej vodila do povsem novih sistemov z nenavadnimi lastnostmi.

V okviru realizacije raziskovalnega projekta smo razvijali originalne eksperimentalne in teoretične tehnike. Znanstveni prispevek lahko delimo na dva dela:

1) Sinteza novih materialov

Kot prvi na svetu smo razvili učinkovite metode za interkalacijo titanatnih nanocevk z elementi prehodnih kovin. Te tehnike sedaj v splošnem delimo na dve metodi: in-situ ter ex-situ. Ti rezultati so bili tudi že mednarodno opaženi, saj smo o njih poročali na mednarodnih konferencah, objavili v člankih ter že prejeli prve citate našega dela. Pomembno je poudariti, da je mogoče razvite tehnike verjetno ob primerni prilagoditvi uporabiti tudi na sorodnih sistemih. Tako smo na primer demonstrirali kot prvi na svetu, da je mogoče dopirati z našo modificirano solvotermalno tehniko tudi ZnO nanodelce ter vzgojiti zelo čiste MnOx nanocevke ob prisotnosti Fe³⁺ ionov v času hidrotermalne sinteze. Intercalacija Mn₁₂AcBr molekularnih nanomagnetov v ogljikove nanocevke je ravno tako originalna in po nam dostopnih podatkih še ni bila objavljena v svetovni literaturi. Razlog za to tiči v izredni zahtevnosti priprave vzorcev. Naša ideja za uporabo Soxhlet ekstrakcije pa bi utegnila biti zelo široko uporabna tudi za interkalacije drugih objektov v ogljikovih nanocevkah.

2) Meritve magnetnih lastnosti

Ker smo vse meritve opravili na povsem novih vzorcih, so seveda vsi rezultati, ki smo jih dobili iz SQUID in EPR meritev originalni. Posebej bi radi poudarili naš originalni pristop pri razumevanju EPR spektrov Cu-dopiranih titanatnih nanocevk. S kombinacijo klasičnih cw-EPR tehnik ter pulznih EPR sekvenc (predvsem tu omenjamo ESEEM tehnike) smo lahko z neverjetno zanesljivostjo določili položaj Cu²⁺ ionov v mreži. Taka asignacija pa je pomembna za razumevanje transportnih lastnosti teh materialov. Prav tako je pomembna za vse nadaljnje aplikacije, ki bodo (bi) izhajale iz rezultatov tega projekta. Cu²⁺ ioni in CuO nanodelci velikosti pod 10 nm lahko namreč delujejo kot odlični katalitični centri za razgradnjo ogljikovodikovih plinov ali pa kot osnova za izdelavo zelo občutljivih senzorskih elementov. Naše raziskave zahtevajo tudi razvoj ustrezne programske opreme za simulacijo zelo zapletenih EPR spektrov. Ta programska oprema, ki temelji na Matlab programski kodi, bo tudi v bodoče pomemben del naših raziskav.

ANG

The project "Self assembly of molecular nanomagnets in nanotubes" represents a very original approach towards modification of electronic and magnetic properties of different nanostructures. Molecular nanomagnets, which occurred almost twenty years ago, emerged as a very promising material in a spintronic technology. At about the same time carbon nanotubes have ignited "nanorevolution" mainly because of their exceptional electronic and mechanical properties. The merger of these two concepts, such as we are trying to achieve in this project, into a single material with a special magnetic and transport properties has already led to a completely new systems with unusual properties.

In the framework of realization of the research project, we developed original experimental and theoretical techniques. Scientific contribution can be divided into two parts:

1) Synthesis of new materials

As the first in the world, we have developed effective methods for the intercalation of titanate nanotubes with transition metal elements. These techniques are now generally divided into two methods: in-situ and ex-situ. Our results have been also noticed internationally, as we reported on them at international conferences, published articles and already received the first citations of our work. It is important to note, that with appropriate adaptation of our methods we could use them also in related systems. Thus, we were first to demonstrate, that it is possible to grow a very clean MnOx nanotubes in the presence of Fe³⁺ ions during the hydrothermal synthesis. Intercalation of Mn₁₂AcBr molecular nanomagnets into carbon nanotubes is also very original idea and, to the best of our knowledge, has not yet been published in world literature. The reason for this probably lies in the extraordinary complexity of the preparation of the samples. However, our idea for the use of Soxhlet extraction will be likely widely used for the intercalation of other species into the carbon nanotubes.

2) Measurements of magnetic properties

Since we have all the measurements performed on a completely new models, all our results that we obtained from the SQUID and EPR measurements are original. Especially we would like to highlight our original approach for understanding the EPR spectra of titanate Cu-doped nanotubes. Through a combination of conventional CW-EPR and pulsed EPR sequences (in particular to mention here ESEEM techniques), we can with incredible accuracy determine the position of Cu²⁺ ions in the titanate network. Such an assignment is important for understanding of the transport properties of these materials. It is also important for any further applications that will (could) result from the outcome of this project. Cu²⁺ ions and CuO

nanoparticles with size below 10 nm can actually act as excellent catalytic centers for the degradation of hydrocarbon gases, or as the basis for the manufacture of highly sensitive sensor elements. Our research requires the development of appropriate software for the simulation of very complex EPR spectra. This software, based on Matlab software code, will also become an important integral part of our research.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Pomen projekta za Slovenijo je večplasten:

1. Razvoj interdisciplinarnih raziskav:

V okviru projekta poskušamo izkoristiti sinergijo med fizikalnimi in kemijskimi vedami v Sloveniji. V projektni skupini imamo tako uveljavljene fizike, kot tudi kemike, dodali pa smo jim še mlajše raziskovalce. Ideja projektne zasnove je, da bi z usklajenim delom fizikov in kemikov poskušali razviti material s ciljnim fizikalno-kemijskimi lastnostmi.

2. Razvoj aplikativnih raziskav:

V veliki meri ta projekt še vedno vključuje predvsem osnovne raziskave, saj poskušamo priti do povsem novih materialov ter tehnik. Kljub temu, pa na vsaki stopnji poskušamo z načrtovanjem materiala iskati tudi tiste aplikativne tržne niše, ki bi bile najbolj primerne za naše sisteme. Predvsem tu preizkušamo senzorske in katalitične lastnosti, ki danes predstavljajo velikanski tržni potencial. V okviru aktualnih raziskav razmišljamo tudi o patentni prijavi s katero bi zaščitili nekatere naše dosežke.

3. Prenos znanja v Slovenijo:

Kot smo omenili, v okviru tega projekta sodelujemo s tremi tujimi skupinami iz ZDA, Francije in Hrvaške. S temi skupinami smo se povezali, ker v Sloveniji trenutno nimamo zadosti znanja na nekaterih specifičnih področjih. S skupnim delom pri realizaciji tega projekta pričakujemo, da bomo del njihovega ekspertnega znanja uspešno prenesli tudi v Slovenijo.

4. Razvoj mladih kadrov:

V projektno ekipo smo uspešno vključili mlajše raziskovalce (tudi mlade raziskovalce). Ti raziskovalci bodo z pridobljenim znanjem in izkušnjami zelo zanimiv kader tudi za slovensko industrijo, saj bodo imeli poglobljena znanja s področja nanotehnologije, kemije in fizikalnih meritev.

5. Vključevanje v mednarodne projekte:

Na osnovi rezultatov, objav, poročil v mednarodnih revijah ter konferencah smo bili povabljeni v dva projekta Evropske skupnosti (projekta sta trenutno na čakalni listi po ocenjevanju v drugem krogu). Prav tako smo se vključili kot eden vodilnih članov v prijavo COST projekta, ki je bil odobren in se je pričel izvajati novembra 2009.

ANG

The relevance of the project for Slovenia is as follows:

1. The development of interdisciplinary research:

In the project we are trying to exploit the synergy between the physical and chemical groups in Slovenia. In the project consortium we have also established Slovenian physicists, as well as chemists. We have also added young researchers. The idea of such approach is that with the coordinated work of physicists and chemists we will try to develop a radically new material with the targeted physical-chemical properties.

2. The development of applied research:

In large measure this project still includes primarily basic research, since we are trying to get to a totally new materials and techniques. Nevertheless, at each stage of the project realisation when we are trying to design new systems we have different application niches that would be most appropriate for our systems in mind. In particular we are intrigued by their sensorial and catalytic properties. It is important to stress that this field today represent a huge market potential. In the context of the current research we also think about the patent application in order to protect some of our achievements.

3. Transfer of knowledge in Slovenia:

As we have mentioned, in the context of this project, we work closely together with three groups from the U.S., France and Croatia. We started to work with these groups because currently Slovenia lacks sufficient knowledge in certain specific areas. By working closely together in the realization of this project, we expect that we will part of their knowledge successfully transfer to Slovenia.

4. The development of young researchers:

We have successfully integrated young researchers into the project team. These researchers will have special knowledge and experience that would be potentially interesting for the Slovenian industry; They will have profound knowledge in the field of nanotechnology, chemistry and physical measurements.

5. Involvement in international projects:

Based on the results of published reports in international journals and conferences, we were invited to the two projects submitted to the European Community (both projects are currently on the waiting list after evaluation in the second round). We are also included as one of the leading members of the new COST project, which was approved and started in november 2009.

10. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem 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	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vloive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
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	☐	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	☐	☐	☐	☐	
G.09.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

Komentar

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹¹

1.	Sofinancer		
	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			
2.	Sofinancer		
	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			
3.	Sofinancer		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
Komentar		
Ocena		

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, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> 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:

Denis Arčon	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/86

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁴ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katopsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali...(največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates B2 - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta 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. [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/prepišite 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](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2010 v1.00

45-47-BA-02-8F-25-9B-5F-FC-02-83-0B-68-5F-62-BC-19-6F-64-59