

VSEBINSKO IN FINANČNO POROČILO ZA LETO 2014

**CENTER ODLIČNOSTI: NANOZNANOSTI IN NANOTEHNOLOGIJE –
NANOCENTER (CO NANOCENTER)
ŠT. OPERACIJE (ISARR): 3211-10-000013**





Vodstvo

Prof. dr. Dragan Mihailović, direktor

Upravni odbor

Prof. dr. Martin Čopič, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, predsednik

Dr. Peter Venturini, Helios, TBLUS d.o.o., Domžale, namestnik predsednika

Dr. Boštjan Podobnik, LPKF Laser&Elektronics d.o.o., Naklo

Dr. Branka Mušič, Nanotesla Institut, Ljubljana

Prof. dr. Igor Muševič, Institut Jožef Stefan

Prof. dr. Janko Jamnik, Kemijski Institut Ljubljana

Prof. dr. Laszlo Forro, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

Mojca Boc, Ministrstvo RS za izobraževanje, znanost in šolstvo

Znanstveni svet

Prof. dr. Dragan Mihailović, Institut Jožef Stefan

Dr. Boštjan Podobnik, LPKF Laser&Elektronics d.o.o., Naklo

Dr. Peter Venturini, Helios TBLUS d.o.o., Domžale

Dr. Branka Mušič, Nanotesla Institut, Ljubljana

Mag. Bojan Marin, Balder d.o.o., Ljubljana

Prof. dr. Igor Muševič, Institut Jožef Stefan

Prof. dr. Janko Jamnik, Kemijski Institut Ljubljana

Dr. Darko Makovec, Institut Jožef Stefan

Prof. dr. Danilo Suворov, Institut Jožef Stefan

Prof. dr. Peter Panjan, Institut Jožef Stefan

**I. VSEBINSKO POROČILO**

1	UVOD	3
2	Predstavitev RRP z opisom aktivnosti	6
1	Sunkovna laserska depozicija	8
2	Epitaksija z molekularnim snopom za oksidne plasti	10
3	Meritvena tehnika z ionskim snopom in obdelava materiala (FIB) na nanoskali	13
4	Optična nanolitografija	16
5	Karakterizacija fizikalnih lastnosti premazov z vgrajenimi nanodelci	18
6	Modeliranje prototipov	19
7	Uklonske optično spremenljive naprave	20
8	Meritve električnih lastnosti z mrežnim analizatorjem	22
9	Nizkotemperaturna manipulacija in spektroskopija posameznih atomov in molekul (LT STM)	24
10	Konfokalna RAMAN-FTIR mikroskopija	26
11	Konfokalna fluorescentna mikroskopija	28
12	NMR STM mikroskopija	31
13	4-sondna UHV STM/SEM mikroskopija	33
14	Izobraževanje, usposabljanje, razširjanje znanja in upravljanja z opremo	36
15	Razvoj novih pristopov k sintezi nanomaterialov	38
3	Predstavitev raziskovalne opreme z opisom aktivnosti	41
4	Skladnost s predmetom, cilji in nameni javnega razpisa	52
5	Kazalniki za spremljanje ciljev (načrtovani in realizirani)	54
5.1	Število raziskovalnih ur v FTE	54
5.2	Število RR projektov v CO s sodelovanjem podjetij	54
5.3	Število partnerstev z zasebnim sektorjem	54
5.4	Število patentov	54
5.5	Število inovacij	54
5.6	Drugi kazalniki	49
5.6.1	Koncentracija znanja in raziskovalne infrastrukture na prednostnih raziskovalnih in tehnoloških področjih	55
5.6.2	Povezovanje javnega in poslovnega sektorja	57
5.6.3	Povečanje uporabe znanja za konkurenčnost gospodarstva	59
5.6.4	Mednarodna odličnost	61
5.6.5	Uresničevanje horizontalnih ciljev	66
6	ZAKLJUČEK	67
	PRILOGA 1: Seznam raziskovalne opreme CO Nanocentra	68

II. FINANČNO POROČILO

7	Računovodsko poročilo za leto 2014	72
8	Načrt upravljanja s tveganji	77



1 UVOD

Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije (CO Nanocenter) smo ustanovili in organizirali z osnovnim ciljem vzpostavitve na svetovnem nivoju konkurenčne infrastrukture na različnih področjih nanoznanosti in nanotehnologije. Nova infrastruktura je sestavljena iz vrste najnaprednejših naprav in tehnologij in omogoča uspešen razvoj znanosti, tehnologije in industrije v Sloveniji na tem zahtevnem, a hkrati zelo obetavnem in hitro razvijajočem se področju.

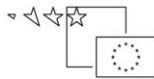
V nekaj letih, od aprila 2010, je CO Nanocenter popolnoma izpolnil visoko zastavljene cilje in postal pomemben regionalni infrastrukturni center na področju razvoja novih nanomaterialov in tehnologij. Z vpeljavo in vzpostavitvijo delovanja mnogih na svetovnem nivoju najnaprednejših naprav in tehnologij na področju nanotehnologije kot so npr. FIB (Focused Ion Beam), LT (Low Temperature) NanoProbe, PLD (Pulsed Laser Deposition), LT STM (Low Temperature Scanning Tunneling Microscopy), MBE (Molecular Beam Epitaxy) in ALD (Atomic Layer Deposition), predstavlja center tudi mednarodno zanimivo in konkurenčno okolje, kar kaže ne samo veliko zanimanja za uporabo opreme, temveč tudi prošnje za nove včlanitve.

Kar 91% sredstev, ki smo jih v CO Nanocentru pridobili na razpisu za centre odličnosti, je bilo namenjeno neposrednim investicijam v razvojno in raziskovalno opremo. Kot je razvidno iz podrobnega vsebinskega poročila posameznih projektov in aktivnosti vezanih na opremo, je nakup opreme upravičen z velikim številom uporabnikov iz različnih področji, velikim številom projektov, ki se navezujejo na konkretno opremo, ter objavami v uglednih znanstvenih revijah. To kaže na izjemno skrbno porabo sredstev.

CO Nanocenter je že bil obravnavan kot model za učinkovito in preudarno uporabo javnih sredstev za doseganje vrhunskih R&R z minimalnimi investicijami. Prav zato predstavlja najboljšo možno donosnost naložbe za davkoplačevalce. Poročilo mednarodne evalvacije to imenuje "win-win situacija za vse vpletene partnerje".

Dejavnosti v CO Nanocentru zaobjemajo vse od različnih vrst sintez nanomaterialov, tankih plasti, nanoelektronike, senzorjev, bio-nano tehnologije, bio-nano medicinske tehnologije do bio-nano varnosti. Raznolike so tudi dejavnosti industrijskih partnerjev, ki segajo od osnovnih raziskav preko revolucionarnih novih optičnih nanolitografskih tehnik pa vse do novih premazov, terapij za zdravljenje rakavih obolenj in različnih tankih plasti za potrošniške dobrine.

Glavni strateški cilj CO Nanocentra je bil doseči spremembo paradigme glede skupnih naložb v infrastrukturo na področju visoke tehnologije, kjer je uporaba v



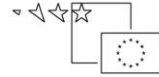
celoti odprta in je podprta s strokovnim usposabljanjem. Širokemu spektru slovenske industrije to omogoča, da razvija proizvode na tehnološki ravni, ki mu do zdaj ni bila dosegljiva. V praksi to pomeni, da imajo raziskovalci in razvojniki v industriji neposreden dostop do svetovno konkurenčne opreme, skupaj z usposabljanjem, kar predstavlja podprto platformo za razvoj novih izdelkov, opreme in storitev na mednarodni konkurenčni ravni.

Oprema CO Nanocentra je že v letu 2014 predstavljala velik delež nove raziskovalne infrastrukture. Na opremo CO Nanocentra se navezuje več 30 projektov, ki se financirajo iz zelo različnih slovenskih in evropskih virov v skupni vrednosti več kot 20 milijonov evrov letno. Tako raziskovalcem z univerz, institutov in industrije omogočamo dostop do vrhunske opreme, ki je sicer ne bi imeli možnosti uporabljati.

Sinergijsko delovanje Centra odličnosti za nanoznanosti in nanotehnologije vpenja projekte izvajane na lokalni ravni, v širši mednarodni prostor prek sodelovanja s partnerskimi institucijami, kot npr. laboratorijev TASC in Elettra iz Italije, raziskovalni institut Joanneum in Univerza v Gradcu iz Avstrije, Univerza Oxford iz Velike Britanije, Univerza Stanford iz ZDA, Švicarski Institut za tehnologije iz Lausanne in ETH iz Züricha, Švica, National Laboratory Brookhaven iz ZDA, Univerza v Konstanzu, Nemčija ter Univerza v Orsayu, Francija.

Zato smo v CO Nanocentru vpeljali inovativen odprt rezervacijski sistem za raziskovalno in razvojno opremo, kar predstavlja novost v Sloveniji. Odprt dostop, ki je na razpolago preko svetovnega spleta, zagotavlja pregledno in učinkovito izkoriščanje vrhunske opreme za vse udeležence centra in zunanje uporabnike. Seznam, dostopnost, možnost uporabe nabavljene opreme in odgovorne osebe, so objavljeni na spletni strani centra. Uspešnost tega pristopa se kaže ne samo v zelo učinkoviti izrabi opreme znotraj centra, temveč tudi v vključitvi druge opreme izven CO Nanocentra v skupni rezervacijski sistem. Z vpeljavo rezervacijskega sistema in vzpostavitev sistema za šolanje za delo na opremi izpolnjujemo osnovne zastavljene cilje o transparentnem in učinkovitem dostopu do opreme. Z izobraževanjem in odprtim dostopom do opreme v Nanocentru je naš cilj zmanjšati dispariteto v ravni znanja med ponudbo (akademska sfera) in povpraševanjem (industrija). Z zvišanjem ravni tehnološkega znanja v industriji posledično pričakujemo zvišanje dodane vrednosti proizvodov.

Prenos znanja v gospodarstvo je proces, katerega uspehi se pokažejo šele v nekaj letih. Z zadovoljstvom poročamo, da je CO Nanocenter v letu 2014 na področju prenosa znanja v industrijo dosegel velike uspehe. Kot primer uspeha lahko izpostavimo, da je bil v okviru projekta Optična nanolitografija



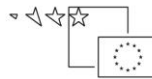
(RRP4) v sodelovanju podjetja LPKF Laser & Electronics, d. o. o., Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in CO Nanocentra zgrajen sistem za optično nanolitografijo, Protolaser LDI. Sistem izdeluje podjetje LPKF Laser & Electronics, d. o. o. iz Naklega. Oktobra 2014 je bila uradna predstavitev izdelka na konferenci/sejmu v ZDA. Končnim strankam sta bila do sedaj prodana dva sistema, v letih 2015-2019 pa se glede na povpraševanje načrtuje prodaja 58 naprav v skupni vrednosti okoli 6,4 M€.

Leto 2014 je bilo prvo leto delovanja CO Nanocentra po izteku financiranja. Konzorcij ustanoviteljev zavoda je sprejel zavezo, da do financiranja centra iz novo pridobljenih projektov, zavod omeji poslovanje na obvezno in pogodbeno dejavnost ter nujno vzdrževanje opreme. Financiranje v letu 2014 je bilo zagotovljeno iz plačil uporabe opreme ustanoviteljev in zunanjih naročnikov.

V letu 2014 se je CO Nanocenter prijavil na razpis za raziskovalne projekte Agencije za raziskovalno dejavnost RS (ARRS). Zaradi krčenja sredstev za znanost, je bilo odobreno zmanjšano število projektov v primerjavi s prejšnjimi leti. CO Nanocenter na razpisu ni uspel pridobiti projekta. Razpisi ARRS za infrastrukturne programe in raziskovalne programe onemogočajo prijavo centrom odličnosti (na kar že dlje časa opozarjamo pristojne organe). Razpisov za raziskovalne dejavnosti iz strukturnih skladov v letu 2014 ni bilo.

Ugotavljamo, da bo brez čimprejšnjih razpisov, na katerih bo lahko CO Nanocenter lahko konkuriral za sredstva za raziskovalno dejavnost, narejena velika škoda na izjemnem zbiru infrastrukture, ki brez nadgrajenij izgublja vrednost.

Kot je razvidno iz vsebinskega poročila smo v CO Nanocentru, kljub finančnim omejitvam, v letu 2014 uspeli ohraniti mednarodno konkurenčno okolje in odličnost.



2 Predstavitev RRP, realizacija in odstopanja od zastavljenih ciljev

Prednostni cilj programa Centra odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije (NiN) – CO Nanocenter je bil izpopolnitev centra z raziskovalno opremo na področju sinteze, nanofakture in procesiranja, karakterizacije nanomaterialov ter modeliranja. Izhodišče vseh RRP projektov je bila zato nabava ustrezne osnovne in podporne opreme s skrbno izbranimi tehničnimi specifikacijami, ki bodo zagotavljale konkurenčen razvoj področja v Sloveniji za naslednje desetletje. Vsebinski del posameznega RRP tako predstavlja izvedba nabave, vzpostavitev delovanja opreme in priprava laboratorijev za vpeljavo novih tehnologij. Seznam opreme, ki je bil predlagan v prijavi, je osnovan na štirih kriterijih: (i) oprema mora biti najsodobnejša, (ii) mora biti v skladu s tematskimi prednostnimi nalogami (podpora nanoznanosti nanotehnologiji), (iii) interes partnerjev in končnih uporabnikov, (iv) dostopnost podpornih dejavnosti za opremo.

Program raziskovalnega dela CO Nanocentra lahko razdelimo na štiri segmente, ki so med seboj komplementarni:

- **Sinteza novih nanomaterialov** je posebej pomembna za končno industrijsko uporabo. Novi materiali, odkriti in sintetizirani v okviru centra so lahko osnova za nove tehnologije in izdelke, kar predstavlja pomembno prednost pred konkurenco. Seveda konkurenčnost zahteva razsežno sodobno raziskovalno infrastrukturo. CO združuje zelo različne sintezne metode od molekularne nanotehnologije do nanokompozitov in različnih nanoplasti, premazov in nanosov. V okviru sinteznega dela programa smo izvedli nabavo vrhunske opreme (PLD, MBE, ALD) in vpeljali nove tehnologije za sintezo nanomaterialov, ki so mednarodno konkurenčne.
- **Nanofaktura**, kakor imenujemo procesne tehnike za nanotehnologijo, je zelo raznolika in obsežna. Najbolj pomembne so nanolitografske procesne metode in tehnologije, ki neposredno vodijo v industrijske procese. Pa tudi druge metode, kot je samourejanje, ki so potencialno zelo pomembne za razvoj področja NiN, še posebej v slovenskem okolju, kjer je pomemben razvoj malih podjetij. Oprema za nanofakturo in procesiranje je zelo pomembna za vsa delovna področja, ki se nanašajo na procesiranje litografije in različnih tehnik za samoorganiziranje in procesiranje v tekočinah. CO Nanocenter je sodeloval pri razvoju nove opreme, sistema ProtoLaser LDI ter usposobil laboratorij z vso ustrezno opremo. Laboratorij je odprt za širši krog uporabnikov in hkrati omogoča tudi usposabljanje kadrov. Izjemno pridobitev za raziskave na tem področju predstavlja nakup naprave s fokusiranim ionskim snopom (FIB).
- Moderne metode **karakterizacije** v CO Nanocentru uporabnikom omogočajo možnost uporabe sodobne raziskovalne opreme v širšem prostoru, kot so



mikroskopije, spektroskopije, analitika, sinteza, nano-merilne tehnike, itd. Karakterizacija na nanoskali je ključna za vse udeležene partnerje v nanoznanosti in nanotehnologiji, zato smo v okviru CO Nanocentra izvedli nabavo opreme za različne tehnike karakterizacije (XRD, Nanoprobe, STM, elipsometer, AFM Ramanski spektrometer, konfokalni mikroskop, 4-sondne postaje,...).

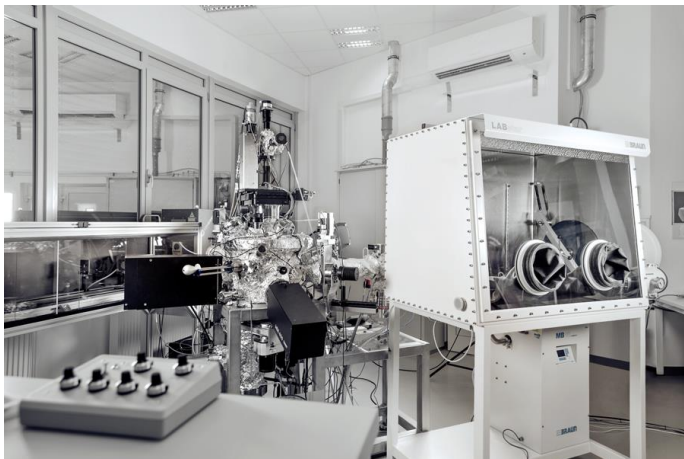
- **Modeliranje** je uporabno pri napovedovanju in izračunu elektronskih, mehanskih, optičnih in magnetnih lastnosti različnih materialov in naprav.

Na opremi vseh programskih sklopov smo uvedli **usposabljanje in šolanje**. Za opremo, ki jo uporablja širši krog raziskovalcev, smo uvedli **rezervacijski sistem** za uporabo opreme in tako izpolnili cilje o transparentnem in učinkovitem dostopu opreme.

Cilji, ki smo si jih zastavili v prijavi, so bili v celoti realizirani, v okviru nekaterih RRP celo preseženi. Posamezna odstopanja glede na prijavo v smislu spremenjenih specifikacij opreme se navezujejo na hiter razvoj tehnologij na področju nanotehnologije in nanoznanosti. Morebitne spremembe so bile predvidene že v prijavi, saj smo se dobro zavedali hitrega razvoja področja. Vsebinsko spremembe niso vplivale na cilje zavoda. Posebej je potrebno poudariti sinergije, ki so se razvile med različnimi RRP aktivnostmi in višajo dodano vrednost posameznih aktivnosti. Ob npr. boljših sinteznih zmogljivostih se pojavi potreba tudi po zmogljivejši opremi za karakterizacijo in procesiranje. S hkratnim in enakomernim razvojem aktivnosti, ki pokriva različna področja, smo tako uspeli še povečati vrednost naših raziskav.

Vsebinsko poročilo je sestavljeno iz poročil o aktivnostih na posameznih raziskovalno razvojnih projektih (RRP) in z njimi neposredno povezanih investicijah¹, opisom aktivnosti na ostali opremi ter opisom kazalnikov uspeha CO Nanocentra v letu 2014.

¹ V izhodišču so predstavljeni osnovni podatki RRP (zaporedna številka, naziv aktivnosti, vodilni raziskovalci in sodelujoči partnerji). Kot je bilo opredeljeno že v prijavi na razpis, je vsebinski del posameznega RRP v CO Nanocentru vezan na nabavo opreme, vzpostavitev delovanja opreme in pripravo laboratorijev za vpeljavo novih tehnologij. Zato je v uvodnem delu posameznega RRP navedena lokacija opreme, izpostavljene pa so tudi investicije, ki so sestavni del vsebine RRP. Sledi opis realiziranih osnovnih ciljev RRP, mestoma so podane tudi tehnične obrazložitve investicij ter opis aktivnosti v letu 2014.

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
1	Sistem za pulzno lasersko depozicijo (PLD) z elementarno karakterizacijo in spremljajočo opremo	D. Suvorov, S. Kobe	IJS	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		1-1/2011	PLD komora	
		1-2/2011	PLD laser	
		1-7/2013	Peč za hitro termično procesiranje keramičnih tankih plasti	
		1-8/2013	Invertni optični mikroskop s fluorescentno detekcijo	
		1-22/2013	Masni spektrometer	
Realizirani cilji	Sunkovna laserska depozicija je eden od glavnih stebrov sinteznega programa centra odličnosti in ključna za več udeleženih partnerjev centra. Sistem za izvajanje aktivnosti smo nabavili v več segmentih in javnih razpisih. Gre za kompleksno opremo, ki zahteva daljše in poglobljeno šolanje, ki ga je vodilni operater opravil v okviru podoktorskega študija v tujini na podobnem sistemu.  Natančnejša analiza komercialnih PLD sistemov je glede na znanstveni program partnerjev, ki v aktivnosti sodelujejo, narekovala posodobitev v prijavi izbrane konfiguracije. Vakuumskega sistema smo tako dodali titanovo sublimacijsko in ionsko črpalko, ki omogočata vsaj dva reda velikosti boljši podtlak. Klasičnemu uporabnemu načinu gretja substratov smo dodali gretje z 810 nm laserjem, ki omogoča segretje substratov na temperaturo nad 1100 °C ter visoke hitrosti gretja. Zaradi izbranih posodobitev tako nismo naročili z ionskim žarkom podprtega nanašanja, ki je bolj primerno za teksturirane plasti. Namesto pulzne elektronske depozicije smo izbrali laser z višjo frekvenco delovanja (50 Hz) in višjo maksimalno pulzno energijo (700 mJ), kar nam omogoča večjo fleksibilnost pri meritvah. Poleg navedeni posodobitev smo PLD sistem opremili še s komoro za shranjevanje vzorcev, komoro za temperaturno programirano desorpcijo ter sistemom za prenos vzorcev v kovček z ultravisokim vakuumom. Navedene posodobitve prijavljene konfiguracije omogočajo številne <i>in situ</i> analize pripravljenih plasti, s čimer je omogočena znanstvena odličnost na področju preučevanja vmesnih plasti med materiali kot so npr. silicij in oksidi. Zaradi nadgradenj se je vrednost aktivnosti povečala. Po zahtevni postavitvi sistema smo izvedli testne poskuse, ki so pokazali			



	optimalno delovanje vseh komponent. Tako smo nadaljevali s sintezo različnih nanostrukturiranih plasti, med katere spadajo mikrovalovni dielektriki iz sistema $\text{Ag}(\text{Nb,Ta})\text{O}_3$ na Al_2O_3 substratih ter SrTiO_3 in SrO na silicijevih substratih. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP1 »Sunkovna laserska depozicija« uspešno realizirana in s prerazporeditvijo sredstev tudi pomembno nadgrajena. Izpostavljamo sinergijo, ki se je med izvajanjem projekta pokazala med RRP1 in RRP8.
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 smo nadaljevali z zastavljenimi cilji na področju raziskovanja vmesnih plasti med oksidi in silicijem. V ta namen smo PLD komoro povezali s komoro za shranjevanje vzorcev ter komoro za njihov prenos v ultra-visokem vakuumu v različne analitske sisteme. Na PLD sistemu sta v preteklem obdobju delo opravljala podoktorska raziskovalca: Dr. Zoran Jovanović (Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Serbia) in Dr. Lei Li (Zhejiang University, Hangzhou, China) ter dva doktorska študenta: Urška Gabor in Dejan Klement. Rezultate opravljenega dela na PLD sistemu smo v letu 2014 objavili v znanstvenem članku: JOVANOVIĆ, Zoran, SPREITZER, Matjaž, KOVAČ, Janez, KLEMENT, Dejan, SUVOROV, Danilo. Silicon surface deoxidation using strontium oxide deposited with the pulsed laser deposition technique. ACS applied materials & interfaces, ISSN 1944-8244. [Print ed.], 2014, vol. 6, issue 20, str. 18205-18214, doi: 10.1021/am505202p. [COBISS.SI-ID 28025383] V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2014 pridobili tri projekte: • Growth of high quality piezoelectric thin films on silicon using pulsed laser deposition, temeljni ARRS projekt, trajanje projekta: 1. 7. 2014–30. 6. 2017, • Enabling technology for high-quality piezoMEMS, M-ERA.NET mednarodni projekt, trajanje projekta: 1. 12. 2014–30. 11. 2017, • Thin-Film-Energy-Storage Device on the basis of PLZT and Cu-electrodes, industrijski projekt s tovarno EPCOS OHG, trajanje projekta: 1. 8. 2014–31. 7. 2016. Oprema je izkoriščena več kot 100%, saj je v uporabi 5 dni na teden vsaj 8 ur na dan.

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
2	XRD – Difraktometer Halkogenidni MBE	D. Suvorov, S. Kobe D. Mihailović, I. Mušević	IJS, Mo6, Nanotesla	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		2-1/2012	XRD	
		2-2/2011	sistem MBE	
Realizirani cilji	Na osnovi strokovnih kriterijev smo se odločili za drugačno sestavo sistema kot napovedano v prijavi; namesto oksidnega MBE smo realizirali nabavo halkogenidnega MBE. Preostala sredstev smo namenili za XRD. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP2 »Difraktometer – XRD in Epitaksija z molekularnim curkom - MBE« uspešno realizirana in glede na spremembe celo nadgrajena, saj smo pridobili dva izjemna sistema za sintezo in karakterizacijo. Izpostavljamo sinergičen učinek med obema sistemoma, XRD in MBE ter RRP3, RRP9 in RRP13, ki pomembno vpliva na dodano vrednost vseh aktivnosti. <u>XRD - Difraktometer</u> Difraktometer smo izbrali glede na pridobljeno opremo za sintezo materialov, t. j. PLD in MBE sistema, ki omogočata nanos visokokvalitetnih tankih plasti. Izbran difraktometer ima Theta-Theta vertikalni goniometer z različnimi nosilci za vzorec ter optičnimi komponentami, ki omogočajo številne analize, zlasti pa natančno strukturno analizo monokristaliničnih plasti. S sistemom je možno raziskovati epitaksialne plasti na podlagi merjenj recipročnih map, medtem ko iz posnetkov refleksije rentgenskih žarkov lahko pridobimo informacije o debelini, grobosti površine/mejnih plasti in gostoti eno- ali večplastnih struktur na substratih. Omenjene aplikacije omogoča mizica za vzorec s petimi računalniško vodenimi osmi in izjemno zmogljiv 2D detektor, ki lahko meri v 0D načinu (standardni točkovni detektor), v 1D načinu (hiter linearni detektor) in 2D načinu (površinski detektor).  Poleg strukturne analize visokokvalitetnih tankih plasti lahko izvajamo tudi standardna praškovna merjenja, kjer glavno prednost našega sistema predstavlja možnost uporabe monokromatorja na difrakcijski strani, ki zmanjša efekte fluorescence vzorcev. Poleg tega je sistem opremljen z nizko/visoko temperaturnimi nosilcem vzorca, ki omogočajo merjenje v širokem temperaturnem območju (-261 °C - 1200 °C) in različnih atmosferah plinov. V Sloveniji in tudi širše difraktometra s podobnimi karakteristikami ni zaslediti in tako predstavlja pomembno nadgradnjo raziskovalnega prostora v regiji.			

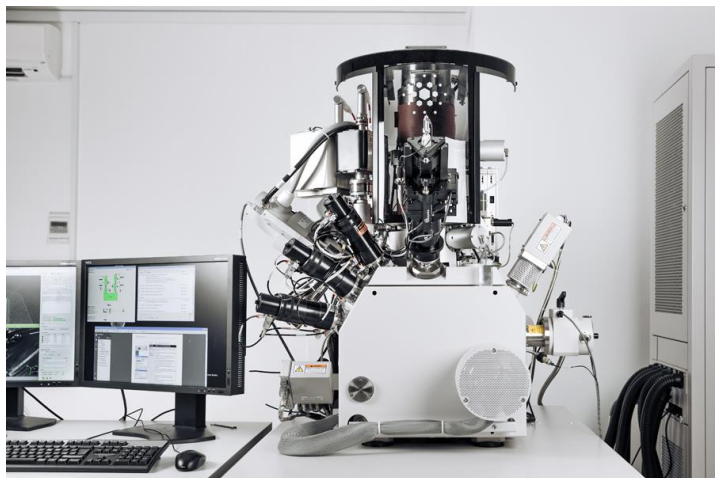


Aktivnosti v letu 2014	Tanke plasti, ki so pripravljene s PLD in MBE tehnikama, nadalje analiziramo s pridobljenim difraktometrom, ki je izpopolnjen za analizo tankih plasti. Po vsebini se je tako v preteklem obdobju delo navezovalo na raziskovalno tematiko, ki jo opravljamo na PLD in MBE sistemu. Pripravljene plasti smo analizirali v klasičnem Theta-2Theta načinu, poleg tega pa smo opravljali še analizo polikristaliničnih plasti pri nizkih vpadnih kotih, analizo rentgenske refleksije ter analizo t. i. »rocking« krivulj. Epitaksialnim plastem smo s pomočjo ustrezne optike določili recipročne mape. Podobno kot pri vsebini raziskovanja se delo z XRD napravo nanaša na enake rezultate, projekte in izobraževalne procese, kot so navedeni pri PLD in MBE aktivnostih. Dodatno smo s pridobljeno XRD napravo analizirali številne prahove, ki jih pripravljamo v okviru osnovnih raziskovalnih aktivnosti. Pri tem smo izkoriščali predvsem možnost uporabe različnih monokromatorjev na primarni in sekundarni strani. Oprema je izkoriščena več kot 100%, saj dolgotrajne meritve plasti ponavadi potekajo tekom cele noči.
Realizirani cilji	<u>Halkogenidni MBE</u> Primarna namembnost sistema je rast epitaksialnih tankih plasti dihalogenidov (disulfidov in diselenidov) prehodnih kovin (predvsem Mo, Nb, Ta, W). Hkrati pa nabor virov omogoča tudi rast drugih snovi, z nadgradnjo na kisikov vir bi lahko rasli okside. Konfiguracija sistema vključuje štiri vire: dve efuzijski celici od katerih je ena (do 300 °C) predvidena za evaporante z visokim parnim tlakom (organske snovi, žveplo), druga (do 800 °C) pa je splošnejša in predvidena za evaporacijo selen. Poleg efuzijskih celic sta nameščena še dva evaporatorja z elektronskim žarkom, ki sta namenjena evaporaciji kovin z visokim tališčem, a lahko delujeta s precej širšim naborom materialov. Manipulator omogoča okvirno velikost vzorcev 10 mm x 10 mm, ki jih lahko segreje do 800 °C. Sistem vključuje še kvarčno mikrotehniko (QCM) in merilec žarkovnega pretoka (BFM), <i>in-situ</i> karakterizacijo pa izvaja z metodo RHEED. Od prvotno zamišljene konfiguracije smo opustili tehniki AAS in RTSE. Po instalaciji naprave se je hlajenje komponent nadgradilo na zaprtokrožni sistem hladilne vode, predvidenih pa je še nekaj nadgradenj: masni spektrometer, nadgradnja manipulatorja za rast pri nizkih temperaturah, menjava tesnilnih obročev z odpornejšimi na halkogenidno evaporacijo. Karakterizacijo zraslih filmov se izvaja zunaj naprave, pri čemer so na voljo mikroskopi na atomsko silo (AFM) za kristaliničnost in hrapavost, sistem s fokusiranim ionskim žarkom (FIB) za prečne prereze, debelino in elementno analizo, elipsometer in profilometer za debelino, rentgensko difrakcijo (XRD,





	skupaj s tehniko XRR) za debelino posameznih plasti, kristaliničnost in hrapavost, rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo XPS za določitev elektronskih stanj, 4-sondni sistem Nanoprobe za električno karakterizacijo plasti. Z namenom prenašanja vzorcev med sistemom UHV do drugih UHV sistemov za karakterizacijo in procesiranje je bil kupljen transportni sistem z UHV komoro. V neoporečnem UHV okolju lahko tako prenašamo vzorce med sistemi MBE, PLD, Nanoprobe, STM, XPS, vodilnimi projekti programa CO Nanocenter. Prve tanke plasti so bile sintetizirane s sistemom MBE v decembru 2013. Sistem MBE predstavlja kompleksno opremo, ki zahteva daljše in poglobljeno šolanje, ki ga je vodilni operater opravil v okviru enoletnega podoktorskega študija v tujini na podobnem sistemu. Gre za prvi sistem v Sloveniji, kjer metode MBE pred tem ni bilo mogoče izvajati.
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 smo na sistemu za MBE nadaljevali z rastmi tankih plasti, pri čemer smo izdelovali tanke nanose iz molibdena in tantala, poskušali pa smo tudi narediti prve plasti disulfidov obeh kovin. Preizkusili smo več substratov ob različnih pogojih naparjevanja in rezultate karakterizirali pod elektronskim mikroskopom in mikroskopom na atomsko silo. Odločili smo se, da v naslednjem letu nadgradimo efuzijsko celico za uparjevanje žvepla v 'cracker', ki bo izboljšal učinkovitost vgradnje žvepla v rastoče tanke plasti. MBE sistem je bil izbran kot možnost za eno od eksperimentalnih vaj za predmet Fizika površin na Oddelku za Fiziko, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. V juliju in avgustu 2014 sta pri delu na MBE v okviru tega predmeta sodelovala dva študenta. V sklopu svojega doktorata je metodo epitaksije z molekularnim curkom raziskoval doktorski študent Matej Prijatelj. V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2014 delovali v sklopu naslednjih projektov: • Dinamika kompleksnih nanosnovi P1-0040, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času J1-4022, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015, • infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • Uporaba femtosekundne večsunkovne laserske spektroskopije za razvoj novih ultrahitrih spominskih elementov, MIZŠ Raziskovalci na začetku kariere, trajanje: 1. 10. 2013–30. 6. 2015, • Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018. V letu 2014 smo veliko časa na opremi še preizkušali substrate ob različnih pogojih, saj gre za zelo zahtevno opremo. Ostali del časa (35%) je bila oprema izkoriščena za rast tankih plasti.

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme	
3	Meritvena tehnika z ionskim snopom in obdelava materiala (FIB) na nanoskali	G. Dražić, S. Kobe, D. Mihailović, D. Suvorov, I. Mušević, D. Makovec, M. Remškar, T. Kosmač	IJS, KI	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana	
		Št. investicije			Naziv investicije
		12-1/2011			Sistem s fokusiranim ionskim snopom - FIB
Realizirani cilji	Temelj aktivnosti predstavlja nakup naprave s fokusiranim ionskim snopom - FIB (Focused ion beam). Do konca leta 2012 sta bila izvedena instalacija in osnovno šolanje na opremi. V letu 2013 so bili vzpostavljeni protokoli za delo in šolanje več operaterjev na opremi. Glede na opis aktivnosti iz prijave, so spremembe predvsem pri nekaterih tehničnih specifikacijah (npr. galijeve ioni so pospešeni do energije 30 keV), ki pa na cilje aktivnosti ne vplivajo. Sistem FIB predstavlja kompleksno opremo, ki zahteva daljše in poglobljeno šolanje, ki ga je vodilni operater opravil v okviru izobraževanja v tujini na podobnem sistemu.  Takoj po instalaciji je na FIBu začelo potekati redno delo tako v okviru raziskovalno-razvojnih projektov kot tudi v sodelovanju s slovensko industrijo. Na opremi je bilo opravljeno precejšnje število analiz presekov različnih materialov (kovine, keramika, nanostrukturirani materiali, itd...). Poleg tega smo optimizirali pripravo vzorcev za presečno elektronsko mikroskopijo in izdelali večje število struktur z nanašanjem platine in/ali zlata. Za meritve na opremi je bil že takoj po nabavi izkazan interes iz številnih raziskovalnih in institutov in podjetji iz Slovenije in tujine (Institut »Jožef Stefan«, Kemijski inštitut, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za biologijo, Fakulteta za matematiko in fiziko, LPKF Laser & Electronics, d. o. o., IOS, Inštitut za okoljevarstvo in senzorje, d. o. o., National Academy of Science Azerbajdžan itd.). Zaradi tako velikega zanimanja je bila oprema že zgodaj vključena v rezervacijski sistem, ki omogoča nemoteno delo in planiranje. Zaradi zahtevnosti uporabe izobraževanje zainteresiranih poteka na individualnem nivoju. Ker gre za edini tovrstni sistem v regiji, smo v letu 2013 s tujimi strokovnjaki izvedli enotedensko mednarodno delavnico za šolanje uporabnikov. V prvem letu delovanja opreme so				



	bili objavljeni že trije članki v mednarodnih revijah s faktorjem vpliva (ACS Applied Materials and Interfaces, Electrochemistry Communications in Surface and Coatings Technology), v katerih so bili bistveni rezultati pridobljeni na tej opremi. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP3 »Meritvena tehnika z ionskim snopom in obdelava materiala (FIB) na nanoskali« uspešno realizirana. Zanimanje različnih raziskovalnih skupin za delo na opremi v začetni fazi je preseglo naša pričakovanja. Mejniki pri posameznih aktivnostih so bili v celoti doseženi v predvidenem roku.
Aktivnosti v letu 2014	Ker gre za napravo s široko analitsko uporabnostjo, se na opremo navezuje več vzporednih in raznolikih raziskovalnih projektov. Veliko je tudi število uporabnikov (10-15). Opis pomembnejših skupin raziskav, ki kot eno od metod uporabljajo tudi dvožarkovni mikroskop FIB/SEM: Študij reakcij v tankoplastni strukturi $PbZr_{0,3}Ti_{0,7}O_3/Al_2O_3/SiO_2/Si$, pripravljenih s sol-gel sintezo (članek je naveden spodaj). Na presekih, narejenih s FIB-om smo s pomočjo linijske EDXS analize študirali možne reakcije podlage s funkcionalnim PZT filmom. Raziskave potekajo v okviru doktorskega raziskovalnega dela Evgeniya Khomyakova. Fazna in mikrostrukturalna študija (pod 100 nm) tankoplastnih kondenzatorjev na osnovi $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$, ki imajo Curiejevo temperaturo pri ~ 250 K. Raziskujemo jih za uporabo v mikrovalovnem območju, na primer kot fazne sukalnike, zaradi njihove izrazite odvisnosti dielektričnosti od zunanjega električnega polja. Raziskave potekajo v okviru doktorskega raziskovalnega dela Tanje Pečnik. FIB uporabljamo tudi pri raziskavah Metamorfni procesov v meteoritih Jesenice in Jezersko v okviru magistrskega dela Bojana Ambrožiča. S FIB-om pripravljamo vzorce (TEM lamele) za preiskave s presežno elektronsko mikroskopijo (TEM) ter tehniko uklona povratnosipanih elektronov (EBSD). FIB uporabljamo za izdelavo presekov in TEM lamel v NdFeB magnetih v okviru projekta ROMEO. FIB uporabljamo za izdelavo presekov in TEM lamel v SiC in W vlaknih v okviru projekta Enabling research-1-FU: Advanced SiC/SiC toward implementation in fusion power plants. FIB smo uporabljali tudi v raziskavah z namenom klasifikacije četrtega slovenskega meteorita - meteorita Jezersko in pri raziskavah CoPt nanožičk. Razvijali smo metode mikroskopiranja s fokusiranim ionskim snopom v metalografiji in raziskovanju kovinskih materialov. Elektronski mikroskop z dvojnimi snopom omogoča in-situ obdelovanje in opazovanje površine kovinskih materialov na točno določenem mestu, ki ga želimo raziskati. Omogoča odstranjevanje posameznih plasti in analizo mikrostrukturnih sestavin pod površino. Z orientacijskim kontrastom, ki ga omogoča slikanje z ionskim snopom, pa dobimo dodatne informacije glede mikrostrukturnih sestavin. Metodo smo razvijali za analizo napak mikroskopskih velikosti v trdih keramičnih PVD prevlekah, ki imajo specifično strukturo in nimajo homogene kemične sestave. Poleg priprave prečnega preseka in lamel za preiskave s presevnim elektronskim mikroskopom je bilo precej dela opravljenega na optimizaciji in vpeljavi tomografije. FIB mikroskop omogoča tudi tarčno depozicijo platine na površino, kar smo uporabili za pripravo merilnih elektrod na nanomaterialih. S pomočjo elektrod



	smo izmerili prevodne lastnosti MoN nanonožic različnih debelin. FIB smo uporabljali tudi za kontrolo sinteznega postopka novih nanomaterialov predvsem za kontrolo morfologije. FIB/SEM smo uporabljali tudi za kontrolo in ostrenje konic za STM mikroskopijo. Dvožarkovni sistem FIB/SEM uporablja vsaj 10 doktorskih/magistrskih študentov. Nova znanja pridobljena pri razvoju metode mikroskopiranja s fokusiranim ionskim snopom vpeljujemo v študijske programe strojništva, mehatronike in gospodarskega inženirstva na Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru. V letu 2014 je bilo opravljenih 1660 delovnih ur na instrumentu, kar je okoli 75% izkoriščenosti za meritve. Preostalih 25% ur zajema čas za popravila; v letu 2014 smo se na mikroskopu soočili z okvaro turbo črpalke in težavami pri delovanju hladilnega sistema in EDXS detektorja. V letu 2014 so bili za samostojno delo usposobljeni operaterji iz različnih organizacij: Institut »Jožef Stefan«, Kemijski inštitut, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za biologijo, Strojna fakulteta, Univerza v Mariboru, LPKF Laser & Electronics, d. o. o. Rezultate opravljenega dela na FIB/SEM sistemu smo v letu 2014 objavili v naslednjih objavah in člankih: 1. GSELMAN, Peter. Defekti PVD-prevlek in njihov vpliv na fizikalno-kemijske lastnosti sistema prevleka/podlaga: doktorska disertacija. [Maribor: P. Gselman], 2014. VI, 124 f., ilustr., COBISS.SI-ID 276393984 2. VELIŠČEK, Žiga, SLEMENIK PERŠE, Lidija, DOMINKO, Robert, KELDER, Eric, GABERŠČEK, Miran. Preparation, characterisation and optimisation of lithium battery anodes consisting of silicon synthesised using Laser assisted Chemical Vapour Pyrolysis. Journal of power sources, ISSN 0378-7753, Jan. 2015, vol. 273, str. 380-388, COBISS.SI-ID 5600026 3. BUH, Jože, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, JAGLIČIĆ, Zvonko, JESIH, Adolf, MIHAILOVIĆ, Dragan. Template synthesis of single-phase δ-MoN superconducting nanowires. Nanotechnology, ISSN 0957-4484, 2014, vol. 25, no. 2, str. 025601-1 025601-6, COBISS.SI-ID 27331623 V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2014 delovali v sklopu naslednjih projektov: • Replacement and Original Magnet Engineering Options ROMEO, mednarodni projekt, trajanje: 1. 12. 2012–30. 11. 2015, • Enabling research-1-FU: Advanced SiC/SiC toward implementation in fusion power plants, EUROfusion, mednarodni projekt, trajanje: 1. 1. 2014–31. 12. 2014, • Dinamika kompleksnih snovi, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014.
--	--

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme	
4	Optična nanolitografija	B. Podobnik, D. Mihailović	LPKF, IJS	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana	
		Št. investicije	Naziv investicije		
		20-1/2010	Sistem za optično nanolitografijo		
Realizirani cilji	Dobava opreme je bila zaključena v letu 2011, nato je bilo izvedeno usposabljanje operaterjev. Zasnovana in izdelana je bila generična platforma za optično nanolitografijo. Platforma je temperaturno stabilizirana in neobčutljiva na običajne variacije parametrov okolice. Optična nanolitografija omogoča hitro izdelavo mikro- in nanostruktur v domačem laboratoriju, z uporabo direktne laserske fotopolimerizacije. Metoda uporablja natančno voden fokusiran UV laserski žarek, s katerim polimeriziramo fotorezist. S platformo je mogoče izdelati mikrostrukture v velikostnem razponu od 100 nm do 200 nm s korakom manjšim od 1 nm in hitrostjo 10^5 točk na sekundo. Platforma omogoča izdelavo od poljubno tankih do več 10 μm visokih eno ali večplastnih struktur. Omenjene lastnosti predstavljajo visoko konkurenčnost platforme za optično nanolitografijo. Z uporabo platforme so bile izdelane različne strukture na siliciju, steklu, kromu, sljudi na makro in nano skali.  Obsežna in natančna karakterizacija struktur izdelanih na omenjeni platformi in optimizacija postopkov je med drugim zajeta tudi v magistrskem delu J. Mura: Dvobarvna laserska fotolitografija in doktorskem delu B. Kavčiča: Optical nanolithography. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP4 »Optična nanolitografija« uspešno realizirana.				
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 je bilo s pomočjo optične nanolitografije uspešno izdelanih nekaj sto unikatnih vezij, struktur in nanonaprav. Z vezji na nanomaterialih, kot so plastoviti elektronski nanokristali, nanocevice, nanožice in mreže nanonžic, je bilo opravljenih prek 100 elektronskih meritev, temperaturno odvisnih električnih meritev, meritev tranzistorskih efektov, ipd. Optična nanolitografija je bila uporabljena tudi pri izdelavi vezij izjemno uspešne raziskave femtosekundnega spominskega efekta na nanokristalu tantalovega disulfida. Rezultati raziskav so bili med drugim objavljeni tudi v eni najuglednejših znanstvenih revij Science. V letu 2014 je bila na sistemu za optično nanolitografijo opravljena popolna prenova, ki zagotavlja toplotno izoliran sistem in stabilnejšo osvetljevanje pri daljših procesih. Ob prenovi je bil sistem premeščen v čisto sobo (kjer gostujemo), s čimer se je celoten proces optične litografije začel izvajati v primernejših prostorih in bolj kvalitetno. Na osnovi obstoječega sistema je bila v 2014 postavljena nova raziskovalna platforma za preizkušanje risanja brez fotorezista;				



	kot del razvoja nove naprave z uporabo sunkovnega podvojenega YAG laserja. Prednost metode, ki jo razvijata podjetje LPKF Laser & Electronics, d. o. o. in Fakulteta za matematiko in fiziko UL, je izogibanje uporabi topil in organskih slojev, ki onemogočajo naslednji nanos in jih pogosto ni možno odstraniti. V okviru projekta Optična nanolitografija (RRP4) je bil v sodelovanju podjetja LPKF Laser & Electronics, d. o. o., Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in CO Nanocentra zgrajen sistem za optično nanolitografijo, Protolaser LDI. Sistem izdeluje podjetje LPKF Laser & Electronics, d. o. o. iz Naklega. Oktobra 2014 je bila uradna predstavitev izdelka na konferenci/sejmu v ZDA. Končnim strankam sta bila do sedaj prodana dva sistema, v letih 2015-2019 pa se glede na povpraševanje načrtuje prodaja 58 naprav v skupni vrednosti okoli 6,4 M€. Pomembnejše objave raziskav v letu 2014, vezanih na optično nanolitografijo: 1. STOJCHEVSKA, Ljupka, VASKIVSKYI, Igor, MERTELJ, Tomaž, KUŠAR, Primož, SVETIN, Damjan, BRAZOVSKII, Serguei, MIHAILOVIĆ, Dragan. Ultrafast switching to a stable hidden quantum state in an electronic crystal. Science, ISSN 0036-8075, 2014, vol. 344, no. 6180, str. 177-180, COBISS.SI-ID 27627303 2. SVETIN, Damjan, VASKIVSKYI, Igor, ŠUTAR, Petra, GORESHNIK, Evgeny A., GOSPODARIČ, Jan, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan. Transitions between photoinduced macroscopic quantum states in 1T-TaS₂ controlled by substrate strain. Applied physics express, ISSN 1882-0778, 2014, vol. 7, no. 10, str. 103201-1-103201-4 COBISS.SI-ID 28020263 3. KAVRE, Ivna, KOSTEVC, Gregor, KRALJ, Slavko, VILFAN, Andrej, BABIČ, Dušan. Fabrication of magneto-responsive microgears based on magnetic nanoparticle embedded PDMS. RSC advances, ISSN 2046-2069, 2014, vol. 4, issue 72, str. 38316-38322, COBISS.SI-ID 27896103 4. STROJNIK, Martin, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, BUH, Jože, STRLE, Jure, MIHAILOVIĆ, Dragan. MoS₂ nanotube field effect transistors. AIP advances, ISSN 2158-3226, 2014, vol. 4, no. 9, str. 097114-1-097114-5, COBISS.SI-ID 27979047 V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2014 delovali v sklopu naslednjih projektov: • Dinamika kompleksnih nanosnovi P1-0040, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014. Sistem za optično nanolitografijo je bil v letu 2014 izkoriščen 100 %.
--	---

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
5	Karakterizacija fizikalnih lastnosti premazov z vgrajenimi nanodelci	P. Venturini, D. Mihailović	Helios, IJS	Helios TBLUS, d. o. o., Količevo 65, Domžale
Realizirani cilji	Vse naprave smo skladno z načrtom uporabili za merjenje načrtovanih fizikalnih lastnosti pri razvoju multifunkcionalnih premazov. V fazi testiranja vodnih polimernih disperzij smo za opredelitev ključnih fizikalnih karakteristik opredelili velikost polimernih nanodelcev ter zeta potencial disperzij. Prav tako smo opredelili reološke lastnosti omenjenih disperzij. Ovrednotili smo vpliv koncentracije delcev na fizikalne lastnosti. V fazi razvoja multifunkcionalnih premazov smo določali reološke lastnosti, merili spremembe velikosti delcev ter na koncu določili površinsko napetost ter energijo. Omenjene karakteristike so nam omogočale razvoj stabilnega sistema, ki zagotavlja načrtovane lastnosti sistema. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP5 »Karakterizacija fizikalnih lastnosti premazov z vgrajenimi nanodelci« uspešno izvedena.			
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 smo izvajali reološke meritve zamreženosti premazov z vgrajenimi nanodelci in reološke meritve stabilnosti koloidnih premazov. Testirali smo stabilnosti koloidnih premazov preko meritev velikosti delcev, zeta potenciala in potenciometričnih titracij in UV obstojnosti koloidnih premazov. Pod mikroskopom smo karakterizirali defekte površine utrjenih filmov koloidnih premazov.			



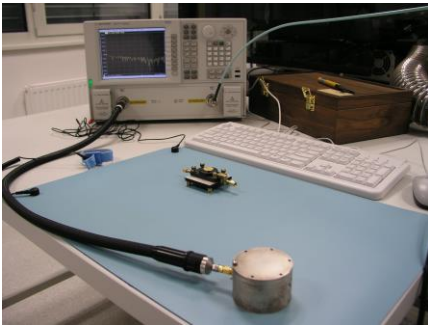
Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
6	Modeliranje prototipov	P. Venturini, D. Mihailović	Helios, IJS	Helios TBLUS, d. o. o., Količevo 65, Domžale
Realizirani cilji	Razvili smo premaze na osnovi disperzije polimernih nanodelcev ter jih tekom razvoja opredelili z meritvami velikosti delcev, zeta potenciala in reoloških lastnosti. Razvoj različnih prototipov multifunkcionalnih premazov je obsegal različne vrste disperzij polimernih nanodelcev ter prototipe z dodatki organskih in anorganskih komponent (med njimi tudi nanodelce), ki so omogočale multifunkcionalne lastnosti. Za razvoj multifunkcionalnih premazov smo uporabili vodne polimerne disperzije in ostale komponente, ki so v skladu z najnovejšimi okoljskimi zahtevami (minimalna vsebnost organskih hlapnih komponent). V fazi razvoja smo opredelili tudi ključne tehnološke parametre kot tudi končne fizikalne lastnosti premazov. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP6 »Modeliranje prototipov« uspešno izvedena.			
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 smo izvajali reološke meritve zamreženosti premazov z vgrajenimi nanodelci in reološke meritve stabilnosti koloidnih premazov. Testirali smo stabilnosti koloidnih premazov preko meritev velikosti delcev, zeta potenciala in potenciometričnih titracij in UV obstojnosti koloidnih premazov. Pod mikroskopom smo karakterizirali defekte površine utrjenih filmov koloidnih premazov.			



Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
7	Uklonske optično spremenljive naprave	P. Panjan, M. Klanjšek Gunde	Cetis, IJS	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		39-40-1/2010	Naprava za merjenje oprijemljivosti prevlek	
			Naprava za merjenje triboloških lastnosti prevlek	
Realizirani cilji	Osnovni cilj raziskav je bil pregled materialov in tehnologij za pripravo optično variabilnih struktur, ki bi jih lahko uporabili za zaščito tiskovin pred ponarejanjem. Raziskave so potekale v sodelovanju s podjetjem Cetis, d. d., ki je član konzorcija. Te raziskave so bile prve na tem področju v Sloveniji. Raziskave smo omejili na uklonske strukture (DOVID) z 2D grafičnim designom, ki omogočajo pripravo polprepustnih hologramskih folij. Analizirali smo: - materiale, ki so potrebni za izdelavo originalne strukture DOVID, - metode za nadzorovano mikronsko in submikronsko strukturiranje površine, - možne tehnologije replikacije originalnih struktur in prenos na končne izdelke, - optično identifikacijo, ki omogoča zapis in branje videza DOVID in možnost odkrivanja ponaredkov, - uporabo DOVID v tehnoloških procesih zaščitnega tiska. Mikrostrukturiranje površine smo izvedli s fotolitografskimi postopki v fotorezistu in s pulznimi laserji na površini kovinskih snovi. Pri fotolitografskih postopkih smo obravnavali litografijo z masko (mask lithography) in vrstično litografijo (scanning lithography). Določili smo pogoje, pri katerih litografija z masko daje optimalno ločljivost uklonskih struktur s periodami med 0,9 in 3 μm. Prednost litografije z masko je nizka cena in kratek čas izdelave, slabost pa to, da je potrebno masko izdelati v ločenem postopku. Testno masko smo naročili pri proizvajalcu iz tujine. Ta korak je za potrebe zaščitnega tiska vprašljiv, saj ne omogoča neposrednega hranjenja dizajna in vseh njegovih načrtov, kar onemogoča polno zaščito originala. Vrstično litografijo smo izvedli z računalniško vodenim odklanjanjem UV diodnega laserja, ki je s pomočjo akusto-optičnih deflektorjev fokusiran na 1 μm. Pripravljeni so bili vzorci s periodo 1,5–3,5 μm, globino 0,08–0,24 μm in profilom od približno sinusnega do približno kvadratnega. Analiza mikrostrukture je bila narejena s konfokalnim mikroskopom in z mikroskopom na atomsko silo. Za pripravo mikrostrukturiranih površin smo uporabili tudi povsem novo tehniko, ki temelji na brazdenju trdih prevlek s femtosekundnimi laserskimi pulzi. Pokazalo se je, da je ta način zelo obetaven. Periodičnost strukturnih oblik je odvisna od parametrov procesa, ki omogočajo nadzor in variacijo mikrostrukture. Ker so trde prevleke termično popolnoma stabilne, omogočajo direktne odtise na tiskovni podlagi. Raziskave mikrostrukturiranih prevlek s femtosekundnimi laserskimi pulzi so bile v ta projekt vključene naknadno in so še v teku. Uporabo DOVID v prirejenih tehnoloških procesih za zaščitni tisk smo preverili na vzorcih s testnimi uklonskimi strukturami. Testirali smo uspešnost njihove laminacije v tiskovino, ohranjanje optičnih in zaščitnih efektov DOVID ter njihovo kombinacijo s tiskanimi informacijami. Preverili smo tudi možnosti konkretnega vodenja teh postopkov z uporabo tehnologij, ki smo jih osvojili tekom projekta. Ocenjujemo,			



	da je bila aktivnost RRP7 »Uklonske optično spremenljive naprave« uspešno izvedena.
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 so bile naše raziskave na projektu usmerjene v študij modifikacije površin jekel in trdih PVD-prevlek s femtosekundnim laserjem. Namen teh raziskav je narediti master za izdelavo hologramov. Fizikalni pojav, ki ga pri tem izkoriščamo, je brazdenje (rippling) površin trdnih snovi, če nanje posvetimo s kratkimi (femtosekundnimi), močnimi in linearno polariziranimi pulzi laserske svetlobe. Zaradi ablacije materiala nastanejo na površini trdne snovi periodične strukture v obliki brazd z modulacijsko periodo, ki je manjša od enega mikrometra. Zaradi uklona vidne svetlobe opazimo na tako obdelani površini hologramski efekt. Če vpadni kot laserske svetlobe spremenimo, se spremeni tudi modulacijska perioda nastalih brazd. Pokazali smo, da s premikanjem vzorca v lateralni smeri in obračanjem le-tega okrog njegove smeri, lahko naredimo mikroskopsko majhne strukture poljubnih oblik. S femtosekundno lasersko svetlobo lahko na tak način izdelamo master, s katerim odtiskujemo hologramske strukture npr. v polimerne folije ali pločevino iz aluminijeve zlitine. Master z izvirno hologramsko strukturo mora biti izdelan na površini materiala, ki zagotavlja čim boljšo obrabno obstojnost. Zato smo naše raziskave fokusirali na lasersko modifikacijo trdih zaščitnih prevlek, kot so npr. CrVN, TiN/AlTiN. To so nanostrukturne trde PVD-prevleke, ki jih pripravimo z naprševanjem. Takšne trde prevleke so tudi del naših aktivnosti v okviru tega programa /1-3/. V letu 2014 smo skupaj s Centrom za prenos tehnologij na Institutu »Jožef Stefan« začeli z aktivnostmi, ki so potrebne za pridobitev patenta. V prvi fazi smo pregledali obstoječo literaturo in bazo patentov, da bi preverili ali je naša rešitev primerna za patentno zaščito. Na aktivnosti na projektu se navezuje delo doktorskega študenta Aljaža Drnovška. V letu 2014 so bili rezultati raziskav neposredno povezani z aktivnostmi na projektu objavljeni v: 1. PANJAN, Matjaž, KLANJŠEK GUNDE, Marta, PANJAN, Peter, ČEKADA, Miha. Designing the color of AlTiN hard coating through interference effect. Surface & coatings technology, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2014, vol. 254, str. 65-72, COBISS.SI-ID 27762471 2. MILETIĆ, Aleksander, PANJAN, Peter, ŠKORIĆ, Branko, ČEKADA, Miha, DRAŽIĆ, Goran, KOVAČ, Janez. Microstructure and mechanical properties of nanostructured TiAlSiN coatings deposited by magnetron sputtering. V: Selected papers from the 56th Annual Technical Conference - SVC TechCon of Surface and Coatings Technology, April 20-25, 2013, Providence, Road Island, (Surface & coating technology, ISSN 0257-8972, Vol. 241, 2014). Lausanne: Elsevier, 2014, vol. 241, str. 105-111, COBISS.SI-ID 27291943 Projekt se navezuje na več projektov in programov: • Tankoplastne strukture in plazemsko inženirstvo površin, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • Razvoj in izdelava strogo namenskih rezalnih orodij, oplaščenj in pripadajočih obdelovalnih tehnologij za individualno orodjarsko industrijo, ARRS projekt, trajanje: 1. 7. 2014–30. 6. 2017, • Samomazivne in obrabno obstojne trde PVD-prevleke na osnovi (V, Cr, Al, Ti) N za zaščito orodij za delo v vročem, ARRS projekt, trajanje: 1. 8. 2013–31. 7. 2016.

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
8	Meritve električnih lastnosti z mrežnim analizatorjem	D. Suvorov	IJS	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		23-1/2010	Sistem za merjenje električnih lastnosti	
Realizirani cilji	 Pri nakupu mrežnega analizatorja in merilne postaje smo sledili zastavljenim ciljem, pri čemer smo merilno postajo nadgradili s sistemom za visokonapetostne meritve, ki omogočajo uporabo signalov do 3 kV, kar izkoriščamo pri določevanju napetostno prilagodljivih lastnosti materialov. Nakupa mikroskopa na piezoelektrično silo iz sredstev CO Nanocentra nismo realizirali, saj je bil ta pridobljen iz drugih virov, do uporabe mikroskopa pa imamo dostop. Preostala sredstva iz omenjenega naslova so bila porabljena za nakup merilne postaje z visokonapetostnim modulom. Del sredstev pridobljenih na razpisu je bil prerazporejen na aktivnost Sunkovna laserska depozicija (RRP1). S strokovnega stališča je prerazporeditev utemeljena zaradi ključne vloge RRP1 za več udeleženih partnerjev. Po postavitvi sistemov smo izvedli meritve standardnih vzorcev. Z mrežnim analizatorjem sedaj rutinsko določujemo mikrovalovne lastnosti keramičnih materialov in tankih plasti, merilno postajo pa smo prvotno uporabljali za karakterizacijo tankih plasti, ki so bile pripravljene s sol-gel metodo, kasneje pa smo začeli tudi s karakterizacijo plasti, pripravljenih s PLD sistemom. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP8 »Meritve električnih lastnosti z mrežnim analizatorjem« uspešno realizirana. Del sredstev za investicije na tem RRP je bil prerazporejen na RRP1. Kot pomembno ocenjujemo sinergijo, ki se je med izvajanjem projekta pokazala med RRP8 in RRP1.			
Aktivnosti v letu 2014	Plasti, ki smo jih pripravili s PLD tehniko, smo najprej analizirali s pomočjo pridobljenega difraktometra (RRP2), v nadaljevanju pa smo jim določili še električne lastnosti. Pri tem smo si pomagali z merilno postajo, ki omogoča kontaktiranje različnih merilnih naprav z mikrometrskimi elektrodami. Poleg LCR metra in feroelektrične merilne postaje je imel pomembno vlogo pri električni karakterizaciji tudi mrežni analizator, ki smo ga pridobili s sredstvi CO Nanocentra. Glede na vsebino, projekte in izobraževalne procese se delo veže na aktivnosti, ki so navedene pri PLD opremi (RRP1). Aktivnosti na projektu se neposredno povezujejo na dva projekta: Načrtovanje strukturnih in mikrostrukturnih značilnosti v naprednih dielektrikih in feroelektrikih s perovskitno in perovskitom podobno kristalno strukturo, temeljni ARRS projekt, trajanje: 1. 7. 2014–30. 6. 2017,			



- Sodobni anorganski materiali in tehnologije, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- Oprema za merjenje električnih lastnosti se je intenzivno uporabljala tudi pri izvedbi MNT ERA.NET projekta Naferbio (Nanostructured ferroelectric films for biosensors), ki se je zaključil v letu 2014.

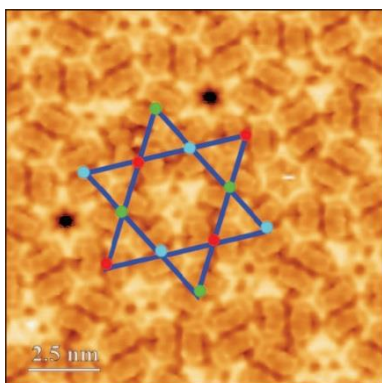
Oprema se je v 2014 uporabljala tudi v okviru raziskav objavljenih v:

1. JOVANOVIĆ, Zoran, SPREITZER, Matjaž, KOVAČ, Janez, KLEMENT, Dejan, SUVOROV, Danilo. Silicon surface deoxidation using strontium oxide deposited with the pulsed laser deposition technique. ACS applied materials & interfaces, ISSN 1944-8244. [Print ed.], 2014, vol. 6, issue 20, str. 18205-18214, COBISS.SI-ID 28025383
2. LI, Lei, SPREITZER, Matjaž, SUVOROV, Danilo. Unique dielectric tunability of $\text{Ag}(\text{Nb}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{O}_3$ ($x=0-0.5$) ceramics with ferroelectric polar order. Applied physics letters, ISSN 0003-6951. [Print ed.], 2014, vol. 104, no. 18, str. 182902-1-182902-5, COBISS.SI-ID 27679015
3. VOROBIEV, A., SPREITZER, Matjaž, VEBER, Asja, SUVOROV, Danilo, GEVORGIAN, Spartak. Intrinsically tunable bulk acoustic wave resonators based on sol-gel grown PMN-PT films. Journal of applied physics, ISSN 0021-8979, 2014, vol. 116, no. 6, str. 064101-1-064101-8, COBISS.SI-ID 27869991
4. KLEMENT, Dejan, SPREITZER, Matjaž, SUVOROV, Danilo. Suppressed temperature dependence of the resonant frequency of a $\text{AgNb}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3$ composite vs. single-phase ceramics. Journal of the European ceramic society, ISSN 0955-2219. [Print ed.], 2014, vol. 34, issue 6, str. 1537-1545, COBISS.SI-ID 27388199
5. VOPSON, M. M., ZEMAITYTE, E., SPREITZER, Matjaž, NAMVAR, E. Multiferroic composites for magnetic data storage beyond the superparamagnetic limit. Journal of applied physics, ISSN 0021-8979, 2014, vol. 116, no. 11, str. 113910-1-113910-5, COBISS.SI-ID 27947303

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
9	Nizkotemperaturna manipulacija in spektroskopija posameznih atomov in molekul (LT STM)	I. Muševič, D. Mihailović, A. Prodan, R. Žitko, E. Zupanič	IJS, Balder	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		25-01/2011	Nizkotemperaturni mikroskop z dodatno opremo - LT STM	
Realizirani cilji	Sočasno z začetkom izvajanja aktivnosti, se je ob raziskavi trga za nakup novega ultravisoko vakuumskega (UHV) nizkotemperaturnega vrstičnega mikroskopa (LT-STM) izkazalo, da se je na trgu pojavil nov tip mikroskopa, ki uporablja za hlajenje t.i. Joule-Thomsonov (JT) kriostat. Standardni LT mikroskopi, hlajeni s helijevo kopeljo omogočajo meritve do temperature približno 4,2 K, novi JT mikroskopi pa omogočajo izvajanje meritev pri temperaturi okoli 1 K. JT-STM omogoča vse meritve, ki jih omogoča klasičen LT-STM, pri čemer pa je energijska ločljivost meritev približno 4-krat boljša. Tak sistem omogoča preiskavo popolnoma novih materialov in nizkotemperaturnih pojavov, zato smo prilagodili in razširili predvideno področje uporabe. Poleg preučevanja magnetizma na nanoskali smo začeli preiskovati različne superprevodne nanostrukture.  Konec leta 2012 je bil postavljen in predan v uporabo celovit UHV JT-STM. V naslednji fazi smo izvedli in zaključili testiranja, kalibracijo in precizne nastavitve. Sistem od takrat deluje brez težav. Delovna temperatura mikroskopa 1,1 K, mikroskop ima 6 optičnih dostopov, digitalno kamero z daljnogledom za opazovanje tunelskega stika, s tekočim dušikom hlajen manipulator, ionski top in stopnjo za žarjenje vzorcev ter naparjevalnik, s katerim je mogoče naparjevati zelo majhne količine atomov ali molekul. V okviru aktivnosti ni bila izvedena nabava polkrogelnega energijskega analizatorja z visoko ločljivostjo, ki je bila predvidena v prijavi, saj je bil za na novo definirano področje uporabe nepotreben. Prav tako je na sistemu naparjevalnik, ki omogoča natančno naparjevanje enega izbranega materiala. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP9 »Nizkotemperaturna manipulacija in spektroskopija posameznih atomov in molekul (LT STM)« uspešno realizirana.			

Aktivnosti v
letu 2014

Organske superprevodnike je možno pripraviti kot eno- ali večplastne otoke, ki omogočajo študije neobičajne superprevodnosti vse do nanorazsežne limite. Interakcije s čisto površino Ag orientacije (111) so bile uporabljene za načrtno ustvarjanje različnih struktur molekul soli s prenosom naboja (BETS)₂GaCl₄.

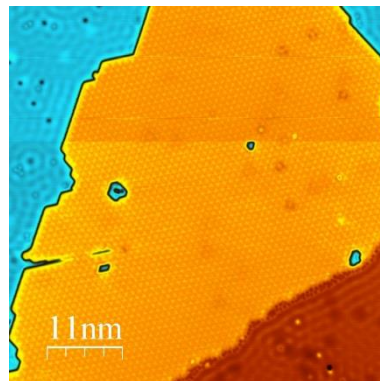


Slika 1. LT-STM slika: Kagome mreža organskih BETS molekul na površini Ag(111) (10,5 nm × 10,5 nm, T=1,1 K, funkcionalizirana konica)

Ugotovili smo, da pri počasni hitrosti depozicije molekul njihovo orientacijo in njihovo geometrijo zlaganja v izolativno ali superprevodno fazo kontrolira temperatura substrata. Pri temperaturi 125 K pride do orientacijske frustracije, ki vodi do nastanka Kagome mreže z BETS dimeri kot enotami v trikotnikih (Slika 1). Z uporabo funkcionalizirane STM konice nam je prvič uspelo posneti spremembe gostote naboja na površini BETS dimerov z podmolekularno ločljivostjo. Presenetljivo je, da je superprevodnost robustna vse do enoplastnih struktur in da se še vedno ohranja značilnost d-wave simetrije, podobno kot v kosovnem stanju.

Omejene kovinske nanostrukture, kot so monoplasti ali majhni otočki različnih debelin, so zelo zanimivi za preučevanje temeljnih omejitev superprevodnosti v nanorazsežnih kovinskih strukturah.

Preučujemo odnos superprevodne kritične temperature (T_c) kosovnega materiala s kritično temperaturo različnih nanostruktur. Posebej nas zanima možnost nadziranja T_c na nanonivoju. V ultra visokem vakuumu pripravljamo visoko kvalitetne in zelo tanke Pb filme (debele od enega do nekaj monoplasti ali več) na atomsko ravni površini Cu(111). Pri majhni pokritosti površine pride do rasti monoatomskega heksagonalnega gostozloženega Pb filma, ki kaže inverzno korugacijo (Slika 2). Pri večjih pokritostih površine opazimo rast 3D Pb otokov tipa Stranski-Krastanov, debelih nekaj atomskih plasti. Na tako pripravljenih površinah opravljamo nizkotemperaturne vrstično tunelske mikroskopske (STM) in spektroskopske (STS) meritve do temperatur okoli 1 K ter tako študiramo njihovo atomsko in elektronsko strukturo.



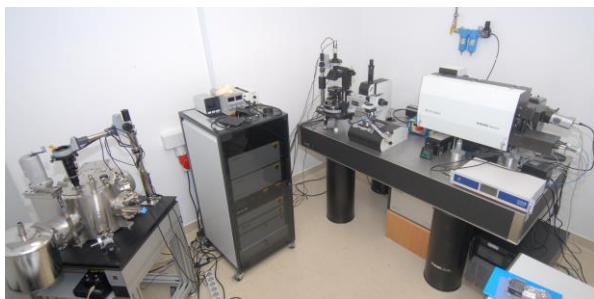
Slika 2. Visokoločljiva STM slika monoplasti Pb na površini Cu(111). Viden je Moire vzorec (velikost 50 nm × 50 nm, T=4,2 K).

Opremo LT STM pri magistrskem delu uporabljata dva študenta, Tjaša Parkelj in Ram Dušič Hren. Oprema je bila uporabljena pri raziskovalnem delu, ki jo je v obliki zaključne naloge Frekvenčna prepustnost vrstičnega tunelskega mikroskopa predstavil Robert Armič, 18. 11. 2014, mentor prof. dr. Igor Muševič.

Na opremi se izvajajo laboratorijske vaje pri predmetu Materialografski praktikum (Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 1. stopnja), Fizikalni eksperimenti I + II (Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, 1. stopnja), Mikroskopske in mikroanalizne metode (Mednarodna

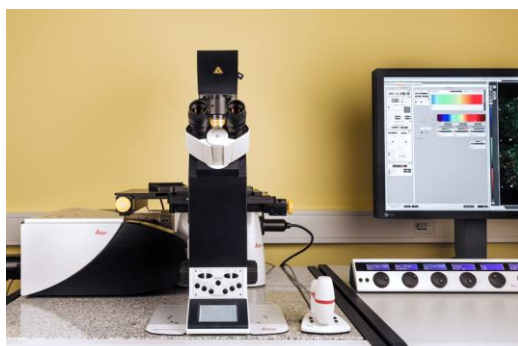


	podiplomska šola Jožefa Stefana, 3. stopnja), Spektroskopija in mikroskopija (Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2. stopnja). Delo na projektu se navezuje na raziskovalni program in projekt: • Fizika mehke snovi, površin in nanostruktur, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • Kristalna in elektronska struktura kvazi enodimenzionalnih halkogenidov prehodnih kovin, bilateralni ARRS projekt, trajanje: 1. 1. 2014–31. 12. 2015. Ocenjujemo, da je bila oprema izkoriščena preko 250%.
--	--

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
10	Raman-AFM sistem	D. Mihailović, A. Jesih, T. Skapin	IJS, Mo6, Nanotul, Nanotesla Institut	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		30-1/2012	Konfokalni Raman spektrometer in AFM	
Realizirani cilji	Cilj delovnega programa je bil vzpostaviti učinkovito vibracijsko spektroskopsko karakterizacijsko metodo za določitev sestave reakcijskih produktov in spektroskopsko karakterizacijo nanostruktur, ki smo ga izpolnili v celoti.  Beležimo odstopanje od predloga v prijavi in sicer v spremembi tehnike, ki je bila realizirana v sklopu nakupa opreme. V prijavi je bil predviden nakup kombiniranega instrumenta za ramansko in infrardečo spektroskopsko karakterizacijo, realizirana pa je bila nabava kombiniranega Raman – AFM (ramanski spektrometer sklopljen z mikroskopom na atomsko silo) sistema za spektroskopsko in mikroskopsko karakterizacijo. Razlogi za spremembo v izbiri tehnike so naslednji: - Nanocenter je pridobil dostop do odbojnega FTIR (Fourier transform infrared) spektrometra in s tem možnost infrardeče spektroskopske karakterizacije reakcijskih produktov in nanostruktur. - Kombinirani ramanski – FTIR instrumenti pri sedanjem stanju tehnike omogočajo snemanje infrardečih spektrov nad 650 cm⁻¹, za karakterizacijo nanostruktur pa so zelo pomembne vibracije, ki se pojavijo v spektrih nad 200 cm⁻¹. Adaptacija instrumenta za meritve infrardečih spektrov pod mejo 650 cm⁻¹ je draga in ima negativen vpliv na funkcionalnost sklopljenega ramanskega spektrometra. - Glavni razlog je razvoj in usmeritev znanstvenih raziskav na svetovnem nivoju v preteklih letih, ko se je na področju ramanske spektroskopije razvoj usmeril v TERS (tip enhanced Raman spectroscopy). TERS je metoda, ki s stališča proizvajalcev kombiniranih instrumentov Raman – AFM kot tudi uporabnikov predstavlja mejo med mogočim in nemogočim v znanosti in razvoj te metode kot tudi rezultatov, ki jih lahko daje, v znanstvenih krogih vzbuja veliko pričakovanj. Funkcionalnost ramanskega dela instrumenta se ni spremenila, omogoča konfokalnost, nizko in visoko temperaturno snemanje in meritve fluorescence. Takoj po vzpostavitvi delovanja sistema v decembru 2012 so se pričele znanstvene meritve. Izjemen napredek je bil z instrumentom dosežen na področju razvoja tehnike TERS ter na področju karakterizacije funkcionalnih			



	nanomaterialov, uporabljenih v senzorski tehnologiji, polprevodniški tehnologiji in na področju katalitskih materialov za plinske reakcije. V okviru predmeta Fizikalni eksperimenti na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani bomo v naslednjem študijskem letu pričeli z vajami Karakterizacija grafena z Ramansko spektroskopijo in AFM. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP10 uspešno realizirana.
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 so se na opremi nadaljevale znanstvene meritve. Meritve so bile osredotočene predvsem na določanje strukture materialov, induciranje faznih sprememb v materialih, karakterizacijo in meritve učinkovitosti sončnih celic, karakterizacijo zaščitnih kovinskih prevlek, tekočih kristalov, nanožic in plastovitih kristalov s poudarkom na materialih sestavljenih iz ene plasti (MoS_2, WS_2, grafen,...). Rezultati so bili predstavljeni na več mednarodnih znanstvenih konferencah. Rezultatovi meritev v obliki člankov so bili v 2014 poslani v objavo v Applied Surface Science in Advanced Functional Materials. V letu 2014 je bilo izvedeno šolanje za 3 nove uporabnike, ki lahko sedaj samostojno izvajajo meritve na opremi. Opremo pri svojem doktorskem študiju uporabljata dva študenta, Miloš Borovšak in Andrej Kranjec. V študijskem letu 2014/2015 je bila oprema vključena v pedagoške namene v okviru Fizikalnega praktikuma na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Vaj se je udeležilo 12 študentov 2. stopnje študija Fizike. S prisotnostjo v pedagoškem procesu pričakujemo boljše poznavanje opreme in s tem večje zanimanje študentov za opravljanje prakse ali diplomskega dela. V letu 2014 smo na opremi izvedli meritve v okviru dveh mednarodnih sodelovanj in raziskovalnega programa: • meritve na nanožicah, Univerza v Azerbajdžanu, • meritve lastnosti kupratov, Kazan Federal University, • Dinamika kompleksnih snovi, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014. Oprema je bila v letu 2014 za meritve uporabljena 80%.

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme	
11	Konfokalna fluorescenčna mikroskopija	B. Turk, D. Mihailović, M. Remškar, D. Drobne, I. Mušević, T. Kosmač, D. Makovec	IJS, BF, Mo6	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana	
		Št. investicije			Naziv investicije
		31-1/2011			Konfokalni mikroskop s pripadajočo opremo
Realizirani cilji	Temelj aktivnosti predstavlja nakup sistema za konfokalno mikroskopijo z belim laserjem. Sistem je bil postavljen konec leta 2011. Nadaljevali smo s tro-stopenjskim šolanjem, ki se jih je skupaj udeležilo 24 uporabnikov.  Testirali smo citotoksičnost večjega števila nanodelcev, tako kovinskih kot polimernih, pri čemer smo uporabili epiteljske HaCaT in CaCo-2 celice. Večina je testiranje dobro prestala in niso pokazali nobene toksičnosti, določeno toksičnost pa smo ugotovili pri cinkovem oksidu. Smo se pa predvsem pri kovinskih nanodelcih srečali s problemom aglomeracije, ki je lahko kritičen parameter, v kolikor so nanodelci namenjeni v medicinske namene. Vendar je možno tudi takšne nanodelce uspešno stabilizirati in na ta način preprečiti njihovo aglomeracijo, kar smo pokazali na primeru paramagnetnih železovoksidnih nanodelcev. Ker aglomeracija tudi onemogoča merjenje s pretočnim fluorimetrom, smo za merjene citotoksičnosti raje uporabili dva kita, ki sta temeljila na meritvah bioluminiscence in omogočata tako visoko občutljivost meritev kot veliko ponovljivost. Modelne polimerne nanodelce smo uspeli tudi fluorescenčno označiti z barvilom Alexa in s pomočjo konfokalne mikroskopije ugotovili, da se delci počasi endocitirajo, vendar kljub temu niso toksični. Opravili smo tudi nekaj in-vivo testiranj. Tako smo testirali vpliv zaužitih volframovih vlaken na modelnem organizmu raku enakonožcu. Analizirali smo klasične toksikološke parametre, pregledali površino prebavnega epitela z vrstično elektronsko mikroskopijo ter analizirali spremembe v molekularni sestavi prebavnih žlez. S pomočjo vrstične elektronske mikroskopije smo ugotovili, da se zaradi peristaltike prebavne cevi zaužita vlakna lahko zapičijo v celice. Poleg tega pa je FTIR metoda pokazala nekatere izrazite spremembe v molekularni sestavi celic izpostavljenih organizmov. Te spremembe se nanašajo na strukturo DNA in peroksidacijo lipidov. Ker toksikološki parametri niso pokazali strupenosti zaužitih nanovlaken, dobljene spremembe razlagamo kot adaptacijski odziv organizma na zaužita vlakna, ki pa s celicami interagirajo. Zaključili smo, da kljub odsotnosti strupenostnega delovanja, zaužita vlakna niso biološko inertna. Smo pa pokazali, da je modelni <i>in vivo</i> sistem primeren za tovrstne študije.				

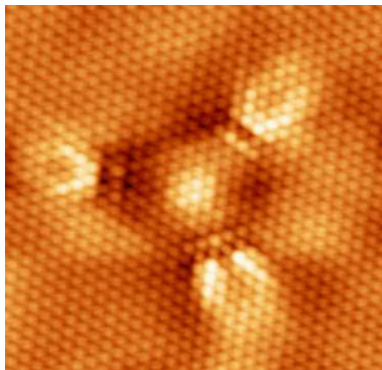


	Kljub temu, da raziskav na višjih organizmih na začetku nismo predvideli, smo zaradi dobrih <i>in vitro</i> rezultatov posebej pripravljene magnetne železovoksidne nanodelce z zelo dobrimi MRI kontrastnimi lastnostmi, ki smo jih enkapsulirali v liposome, uporabili tudi kot teranostični sistem na modelu raka prsne žleze pri miših, kjer so se tako pripravljene feriliposomi zelo dobro obnesli tako kot diagnostično sredstvo za detekcijo tumorjev kot tudi kot odličen dostavni sistem za zdravila (Mikhaylov in sod. 2011; Nat Nanotech). Zaradi izjemnega zanimanja smo za študente biokemije in biotehnologije Univerze v Ljubljani izvedli dvodnevni seminar "Osnove konfokalne mikroskopije in uporaba v biokemiji in biotehnologiji". Vse aktivnosti iz prijave so bile opravljene znotraj mejnikov, izobraževanje delno že prej kot predvideno. Ocenjujemo, da je bila aktivnosti RRP11 »Konfokalna fluorescenčna mikroskopija« uspešno realizirana.
Aktivnosti v letu 2014	V letu 2014 smo nadaljevali z uspešno karakterizacijo lastnosti nanomaterialov ter razlago njihovih interakcij z evkariontskimi celicami s pomočjo konfokalne mikroskopije. Poleg raziskav nanomaterialov smo v l. 2014 sodelavci IJS (Odsekov B1 in F5) opremo uporabili za raziskave imunomodulatornega delovanja klopnih cistatinov – potencialnih inhibitorjev lizosomskih protolitskih encimov v imunskih dendritičnih celicah gostitelja (Zavašnik-Bergant), določali lokalizacijo človeških avtofaginov-3 in -4 v sesalski celični liniji HeLa v normalnih pogojih gojenja ter v pogojih sprožanja celične smrti (apoptoze) (Rajković), spremljali delovanje inhibitorjev cistatinov pri naravnem imunskem odzivu in aktivaciji inflammasoma ter pri LPS induciranim oksidativnem stresu in sepsi (Kopitar-Jerala). Opremo smo uporabili za določanje znotraj celične lokalizacije in možnih poti razgradnje cisteinske proteaze katepsina F v modelu možganskega tumorja (nevroblastoma) (Jerič Kokelj). Poleg tega smo mikroskop izkoristili za polarizirano fluorescenčno konfokalno mikroskopijo, s katero smo določali direktorsko ureditev v tekočih kristalih. Obravnavana sta bila dva sistema - kiralne tekoče kristalne kapljice ter koloidi kompleksnih oblik (Pošnjak). Z IOS, Inštitutom za okoljevarstvo in senzorje, d. o. o. iz Maribora smo sodelovali pri razvijanju novih senzorjev na osnovi nanomaterialov. Za spremljanje vezave analita na imobiliziran indikator smo uporabili konfokalni mikroskop ter izkoristili vzbujanje testiranega fluorofora z belim laserjem pri več valovnih dolžinah. Rezultati raziskav so vključeni v magistrsko delo na Univerzi v Ljubljani (KERŠ, Anja. Cepitve človeških avtofaginov s kaspazo-3: magistrsko delo = Caspase-3 cleavage of human autophagins: master thesis. Ljubljana: [A. Kerš], 2014. III, 50 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536099779]). V letu 2014 smo preko Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana izvedli dve 2-dnevni izobraževanji novih uporabnikov konfokalnega mikroskopa Leica za 6 doktorskih študentov. Rezultati dela v okviru projekta so bili objavljeni: 1. POLAJNAR, Mira, ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, ŠKERGET, Katja, VIZOVIŠEK, Matej, VIDMAR, Robert, FONOVIČ, Marko, KOPITAR-JERALA, Nataša, PETROVIČ, Uroš, NAVARRO, Susanna, VENTURA, Salvador, ŽEROVNIK, Eva.

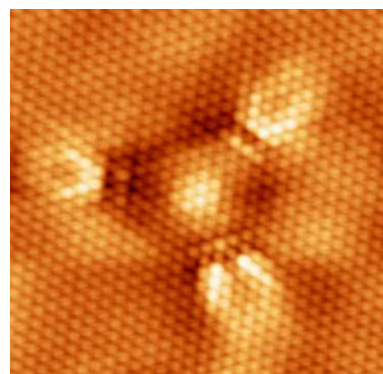


	Human stefin B role in cell's response to misfolded proteins and autophagy. PloS one, ISSN 1932-6203, 2014, vol. 9, no. 7, str. e102500-1-e102500-15, COBISS.SI-ID 27852327 2. POLAJNAR, Mira, ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, KOPITAR-JERALA, Nataša, TUŠEK-ŽNIDARIČ, Magda, ŽEROVNIK, Eva. Gain in toxic function of stefin B EPM1 mutants aggregates: correlation between cell death, aggregate number/size and oxidative stress. Biochimica et biophysica acta. BBA, Molecular cell research, ISSN 0167-4889. [Print ed.], 2014, vol. 1843, no. 9, str. 2089-2099, COBISS.SI-ID 27799335 3. POLAJNAR, Mira, ŽEROVNIK, Eva. Impaired autophagy: a link between neurodegenerative and neuropsychiatric diseases. Journal of Cellular and Molecular Medicine, ISSN 1582-4934, 2014, vol. 18, issue 9, str. 1705-1711, COBISS.SI-ID 27886375 4. MAHER, Katarina, JERIČ, Barbara, BUTINAR, Miha, MIKHAYLOV, Georgy, MANČEK KEBER, Mateja, STOKA, Veronika, VASILJEVA, Olga, TURK, Boris, GRIGORYEV, Sergei A., KOPITAR-JERALA, Nataša. A role for stefin B (cystatin B) in inflammation and endotoxemia. The Journal of biological chemistry, ISSN 0021-9258, 2014, vol. 289, no. 46, str. 31736-31750, COBISS.SI-ID 28031271 Konfokalni mikroskop je bil v letu 2014 vključen v naslednje projekte in programe: • Proteoliza in njena regulacija, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • Zaščitna vloga cistatinov pri LPS induciranim oksidativnem stresu in sepsi (Slovenja–CEA) (Kopitar-Jerala), • Mucus Permaeting Nanoparticulate Drug Delivery System – Alexander, mednarodni projekt, trajanje: 1. 4. 2012–31. 2. 2016. Konfokalni mikroskop je bil v letu 2014 izkoriščen cca. 45%.
--	--

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
12	NMR STM mikroskopija	I. Muševič, A. Prodan, E. Zupanič	IJS, Balder	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		24-1/2010	Sistem za nizkotemperaturno elektroniko	
Realizirani cilji	Od priprave aktivnosti pa do dejanskega začetka izvajanja je prišlo v svetu do znatnega premika na področju uporabe nizkotemperaturnega vrstičnega mikroskopa (LT-STM) kot inštrumenta za zaznavanje precesije spinskih centrov na nemagnetnih površinah. Zato smo se odločili, da predvideno področje preiskav na novo ovrednotimo ter postavimo cilje, ki bi sledili svetovnim trendom. Namesto nadgradnje LT-STM sistema z jedrsko magnetno resonančno (NMR) opremo z namenom razvoja nove tehnike za manipulacijo in zaznavanje posameznih spinov, smo razvijali nizkotemperaturno elektroniko za detekcijo radiofrekvenčnega (RF) spektra tunelskega toka, s čimer smo postavili temelje za nadaljnji razvoj SQUID vrstičnega mikroskopa. Obstoječi LT-STM smo nadgradili z najnovejšo kontrolno elektroniko in posodobljeno merilno glavo istega proizvajalca. To nam omogoča izvajanje novih vrst meritev, hkrati pa povečuje temperaturno in mehansko stabilnost tunelskega stika. S takim sistemom je mogoče poleg standardnih dI/dV spektroskopskih meritev izvajati tudi meritve vibracijskih spektrov posameznih molekul (d^2I/dV^2). Dodatno je možno izvajati nove eksperimente in popolnoma nove načine meritev izven obstoječih okvirjev. Nadgradnja sistema z novim ionskim topom omogoča pripravo monokristalnih površin kovin in pripravo izolativnih tankih plasti, na katerih se izvajajo eksperimenti z molekulami. Sistem smo dodatno nadgradili z visokokvalitetnim kriostatom na helijevo kopel, ki močno zmanjša porabo tekočega helija ter s tem podaljšuje čas, v katerem je možno brez prekinitve opravljati meritve. Kriostat drži osem litrov tekočega helija, kar zadostuje za približno 100 ur meritev. Dodatno tak kriostat močno zniža potrebo po utekočinjenem heliju ter s tem zmanjša obratovalne stroške mikroskopa. Nadgradnja sistema je bila konec leta 2013 zaključena in prvi testi delovanja so bili uspešno opravljeni. Sistem je trenutno v uporabi. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP12 »NMR STM mikroskopija«, kljub določenim spremembah prijavljene konfiguracije, uspešno izvedena.			
Aktivnosti v letu 2014	Na opremi so se v letu 2014 izvajale raziskave topoloških površinskih stanj na antimonu. Topološki izolatorji predstavljajo nov razred materialov z edinstvenimi lastnostmi. Njihova notranjost se obnaša kot izolator, medtem ko ima površina			



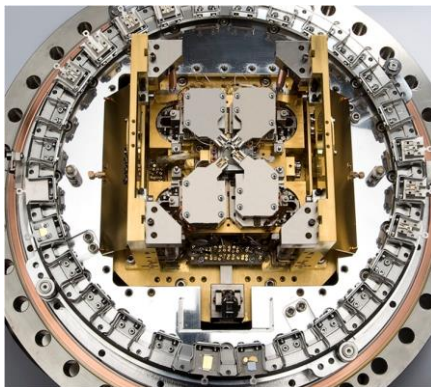
Slika 1. Atomsko ločljiva STM slika površine Sb(111) z vidno podpovršinsko napako s 3-števno simetrijo (velikost 12 nm × 12 nm, T= 5 K)



Slika 1. Atomsko ločljiva STM slika površine Sb(111) z vidno podpovršinsko napako s 3-števno simetrijo (velikost 12 nm × 12 nm, T= 5 K)



	kovinski značaj. Za razliko od običajnih dvodimenzionalnih elektronskih stanj (npr. na Cu ali Ag), so topološka površinska stanja polkovine Sb robustna za lokalizacijo in lahko premagujejo ovire, ki jih povzročajo napake kot so nečistoče in robovi stopnic. Na površinah monokristalov Sb s kristalografsko orientacijo (111) opravljamo nizkotemperaturne STM in STS meritve (Slika 1). Na preiskovanih površinah opazujemo vgrajene napake in na teh površinah naparjene posamezne (magnetne) atome. Vzporedno se izvaja podrobnejša analiza elektronske strukture površin Sb z različnimi napakami. Na opremi je bila opravljena zaključna naloga Frekvenčna prepustnost vrstičnega tunelskega mikroskopa, Robert Armič, 18. 11. 2014, mentor prof. dr. Igor Muševič. Na opremi opravljata magistrsko delo Tim Verbovšek in Ram Dušič Hren. Oprema se uporablja v okviru raziskovalnega programa: Fizika mehke snovi, površin in nanostruktur, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020. Oprema je bila v letu 2014 izkoriščena 100%.
--	--

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
13	4-sondna UHV STM/SEM mikroskopija	D. Mihailović, M. Remškar, D. Suvorov, S. Kobe, M. Bele	IJS, KI, Mo6, Nanotesla	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
		Št. investicije	Naziv investicije	
		34-1/2012	4-sondni UHV STM/SEM mikroskopski sistem s pripadajočo opremo	
Realizirani cilji	Temelj aktivnosti predstavlja mikroskopski sistem Nanoprobe, ki združuje vrstično elektronsko mikroskopijo z zmogljivo tunelsko mikroskopijo in mikroskopijo na atomsko silo v okolju z ultravisokim vakuumom in možnostjo hlajenja do temperatur tekočega helija. Gre za izjemno kompleksen sistem, v katerem se prepleta veliko vrhunskih tehnologij, zato sta dva bodoča operaterja opravila raziskovalne meritve na podobnem sistemu v tujini. Končna konfiguracija je bila izdelana po meri naročnika in je poleg prototipov prvi tovrstni sistem na svetu, kjer ena od štirih konic tunelskega mikroskopa lahko hkrati služi tudi kot konica mikroskopa na atomsko silo. V prvi polovici leta 2014 je predvidenih še nekaj nadgradenj sistema: pripravljalna komora za vzorce, zmogljivost hlajenja vzorca s tekočim dušikom, optični dostop za laserski žarek. Od prijave projekta so se tekom izvedbe naročila in dobave v skladu s premikom raziskovalnega fokusa in potreb nekoliko spremenili cilji in namen postavitve zmogljivega mikroskopskega sistema za karakterizacijo nanostruktur na nanoskali. Osnovo še vedno tvori 4-sondni UHV STM/SEM mikroskopski sistem, pri katerem so vse sonde vodljive neodvisno ena od druge, ena od sond pa bo lahko hkrati delovala tudi kot konica za AFM. Primarna namembnost tega sistema je električna karakterizacija materialov, ne magnetna.  Fokus predvidenih meritev se je v zadnjem času premaknil od karakterizacije enodimenzionalnih nanožic/nanocevk na dvodimenzionalne tanke plasti različnih kristalov. Čedalje dostopnejša oprema za epitaksialno rast različnih monokristalov namreč omogoča izvedbo karakterizacije zanimivih faznih prehodov v tankih kristalih ter pojavov, kot sta vala gostote naboja in spina (v kristalu TaS₂). Hkrati bo še vedno omogočena tudi analiza posameznih nanožic in molekul in na njih osnovanih nanonaprav, a namesto nanožic MoSI, se bo osredotočalo na njihove transformacije v funkcionalno zanimivejše nanostrukture (nanožice iz Mo, MoN, MoO₂, nanocevke iz MoS₂,...).			



	Nekoliko spremenjena je tudi opremljenost mikroskopskega sistema. Namesto predvidenega dostopa za optična vlakna za meritve katodoluminiscence bo omogočen laserski dostop za meritve s femtosekundno spektroskopijo <i>in situ</i>. Tehnologija SEMPA za polarizacijsko analizo magnetnih vzorcev in vrstična Augerjeva mikroskopija predvidoma ne bosta nameščeni, namesto tega bomo razširili zmogljivosti priprave vzorcev <i>in situ</i> s pripravljalno komoro ter nizkotemperaturno zmogljivostjo do pod 5 K. V sklopu opreme Nanocentra deluje tudi druga sintezna in karakterizirna oprema, ki obratuje v UHV pogojih: oprema za epitaksijo z molekularnim žarkom (RRP2), za depozicijo z laserskim pulzom, ki bo opremljen tudi z masnim spektrometrom, in nizkotemperaturni tunelski mikroskop namenjen manipulaciji posameznih atomov (RRP12). Ker gre za prostorsko ločene sisteme, je bil za prenos vzorcev med njimi kupljen transportni sistem z UHV komoro, s čimer se lahko izognemo izpostavljanju vzorcev neželenim (zunanjim) pogojem. Transportni sistem je kompatibilen tudi z obstoječim sistemom za XPS, ki deluje v okviru enega od raziskovalnih laboratorijev na Institutu »Jožef Stefan«, kar še dodatno poveča možnost analiz vzorca v neoporečnih pogojih. Kot komplement k mikroskopskemu sistemu sta bili v okviru CO Nanocentra nabavljeni dve preprostejši 4-sondni merilni postaji, ki obratujeta na mikroskali v območju 4–400 K, ena od njiju pa omogoča tudi meritve v vertikalnem magnetnem polju pri 2,6 T. 4-sondni UHV STM/SEM sistem je postavljen od konca novembra 2013 in je v testni fazi. Pripravljena je infrastruktura za izdelavo konic za STM/AFM, narejenih je bilo več testiranj funkcionalnosti SEM in STM. Predvidoma v prvi polovici leta 2014 bo izvedena nekoliko obsežnejša nadgradnja sistema, ki bo omogočila polno zmogljivost: pripravljalna komora za vzorce, zmogljivost hlajenja vzorca s tekočim dušikom, optični dostop za laserski žarek. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP13 »4-sondna UHV STM/SEM mikroskopija« uspešno realizirana. Aktivnosti so komplementarne predvsem z aktivnostmi v RRP2 in RRP12.
Aktivnosti v letu 2014	Na 4-sondnem UHV STM/SEM mikroskopskem sistemu Nanoprobe smo se pretežno ukvarjali z meritvami in slikanjem komenzurabilnih in nekomenzurabilnih valov gostote naboja na plastovitem materialu 1T-TaS₂ pri različnih temperaturah in debelinah kristalov. Glavni cilj je bil raziskovanje skritega stanja, ki se pojavi v tem materialu po ultrahitrih laserskih ali električnih sunkih. Raziskovali smo več načinov preklapljanja v skrito stanje, lasersko preklapljanje, električno preklapljanje z litografsko izdelanimi elektrodami in direktno preklapljanje s konicami za tunelsko mikroskopijo. V pomoč sistemu smo tudi razvili programsko opremo in elektroniko za izdelavo in pripravo konic za tunelsko mikroskopijo. Zanimanje za sistem je izrazilo več skupin na Institutu »Jožef Stefan«, saj bi jim omogočil meritve, ki jih ne morejo izvesti s svojo opremo. Skupaj z njimi smo sodelovali pri pripravi izhodišča in prilagoditve, za leto 2015 pa načrtujemo več skupnih eksperimentov. Na opremi je bil izveden trening za več podoktorskih sodelavcev in doktorskih

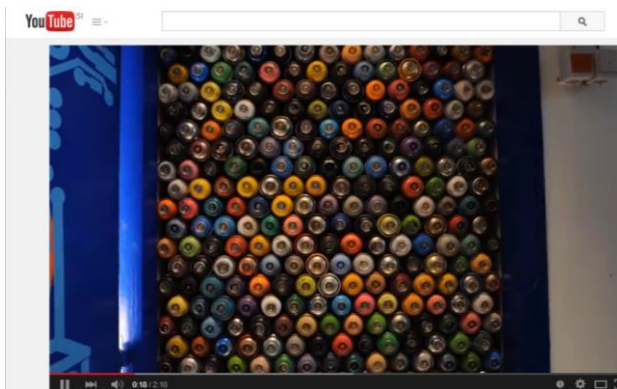


	študentov. Trenutno v sklopu svoje doktorske naloge na njem dela en mladi raziskovalec (Andrej Kranjec) ter dva doktorska študenta iz tujine – štipendista Ad Future. V letu 2014 je bila nekaj mesecev operativnost sistema okrnjena zaradi popravila elektronskega mikroskopa. Zaradi določenih težav s tunelskim mikroskopom se v letu 2015 predvideva tudi zamenjava nekaterih delov na mikroskopskem odru. Oprema je bila uporabljana v sklopu projektov: • Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014. • Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015, • Zlom simetrije v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 9. 2013–31. 8. 2016, • infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, • Uporaba femtosekundne večsunkovne laserske spektroskopije za razvoj novih ultrahitrih spominskih elementov, MIZŠ Raziskovalci na začetku kariere, trajanje: 1. 10. 2013–30. 6. 2015, • Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018. V letu 2014 je bil sistem izkoriščen 90%.
--	---

Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji
14	Izobraževanje, usposabljanje, razširjanje znanja in upravljanja z opremo	D. Mihailović, A. Zidanšek	Celoten konzorcij
Realizirani cilji	Osnovni cilj aktivnosti, zagotoviti transparentno, vrhunsko podporo opremi, ki bo omogočala uporabnikom iz akademskih krogov in industrije dostop in uporabo infrastrukture in opreme, je bil realiziran. Ob pričetku delovanja zavoda je bila vzpostavljena spletna stran CO Nanocentra, kjer so bile predstavljeni osnovni cilji zavoda. Spletna predstavitev se je, vzporedno z dobavo opreme, nadgrajevala z opisi opreme, kjer so navedeni kontaktni podatki odgovorne osebe, lokacija opreme, možnosti šolanja in druge pomembne informacije. Zaradi preglednosti smo vzpostavili tudi seznam opreme, ki omogoča učinkovit pregled opreme, ki jo center ponuja. CO Nanocenter svoje dejavnosti objavlja tudi na Facebook profilu. Takoj po vzpostavitvi protokolov za delo na posamezni opremi, je bila vzpostavljena možnost šolanja za uporabnike. Prijava za šolanje ter organizacija šolanja poteka preko Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in je organizirana individualno oz. v manjših skupinah glede na specifične potrebe uporabnikov. Posebej je potrebno izpostaviti sistem rezervacij opreme, ki izšolanim uporabnikom omogoča hitre rezervacije terminov za delo na opremi in vpogled v zasedenost terminov na opremi. Gre za prvi tovrstni rezervacijski sistem v Sloveniji, kar so prepoznale številne druge organizacije in laboratoriji, ki so že izrazili željo po vključitvi njihove opreme v enoten rezervacijski sistem. Posamezna oprema je tako že vključena v enotni rezervacijski sistem. Večja oprema je bila predstavljena v obliki predavanj in delavnic v okviru predmeta Izbrana poglavja na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana (MPŠ). Predstavitve so bile, poleg študentom MPŠ, namenjene tudi zunanjim uporabnikom. CO Nanocenter je bil od leta 2010 soorganizator vsakoletne mednarodne znanstvene konference SLONANO, kjer je bil predstavljeno delovanje centra ter delo na opremi. Dejavnosti CO Nanocentra so bile redno predstavljene na nanotehnoloških dnevih, ki jih vsako leto pripravi Obrtna zbornica Slovenije in kjer CO Nanocenter nastopa kot soorganizator. Posamezne predstavitve in promocijska besedila o Nanocentru so bila objavljena v več strokovnih in poljudnih revijah in medijih, konferencah in drugih dogodkov.		



Aktivnosti v letu 2014



V letu 2014 smo v na Youtube objavili novi promocijsko izobraževalni video, ki na moderen način prikazuje pomembnejšo opremo zavoda (<https://www.youtube.com/watch?v=JvDfc0Chkc4>).

Predstavitve CO Nanocentra je bila septembra izvedena v okviru Celjskega sejma MOS.

V okviru obiska Instituta »Jožef Stefan« je laboratorije CO Nanocentra decembra 2014 obiskal predsednik vlade, dr. Miro Cerar.



Kot je razvidno iz podrobnih poročil pri posameznih RRP je posamezna oprema vključena v pedagoški proces Univerze v Ljubljani, Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana in Univerze v Mariboru v obliki praktikuma. Večino opreme iz CO Nanocentra uporabljajo študentje v okviru svojih magistrskih in doktorskih nalogah, zato

smo v letu 2014 izvedli veliko usposabljanj za samostojno delo na opremi.

Veliko slovenskih in mednarodnih projektov se močno navezuje na opremo CO Nanocentra, zato smo v preteklem letu usposobili več novih uporabnikov iz različnih področji, ki so zdaj usposobljeni za samostojno uporabo opreme. Pregled aktivnosti na projektu Izobraževanje, usposabljanje, razširjanje znanja in upravljanja z opremo je predstavljen v sklopu kazalnikov v pričujočem poročilu (5.6 Drugi kazalniki).



Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
15	Razvoj novih pristopov k sintezi nanomaterialov	B. Mušič, S. Kobe	Nanotesla Institut, IJS	
		Št. investicije	Naziv investicije	
		44-1/2010	Zetasizer Nano ZEN 3600	
		44-2/2012	Metalografski mikroskop	
		45-1/2011	MiniFlex XRD	
		45-2/2012	ALMEMO instrument s tiskalnikom in akumulatorjem	
Realizirani cilji	Realizacija aktivnosti je potekala skladno z zastavljenimi cilji. Tekom naloge je prišlo na področju razvoja in raziskav pri sintezi superparamagnetnih nanodelcev do pomembnega premika in izkazalo se je, da s postopkom koprecipitacije vodne raztopine kovinskih ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) soli dosežemo popolno ponovljivost vseh predpisanih parametrov superparamagnetnih nanodelcev (porazdelitev velikosti in oblika delcev, zeta potencial), na katere v nadaljevanju s predpisanim postopkom (temperatura, koncentracija superparamagnetnih nano delcev, pH) adsorbiramo polimerni linker, ki je nosilec za vezavo zdravilne učinkovine. Na vseh uporabljenih materialih so bili izvedeni citotoksikološki testi, ki so potrdili biokompatibilnost kompleksov. V nadaljevanju je bila izvedena in potrjena <i>in vitro</i> raziskava (magnetofekcija na gojenih celičnih kulturah). Trenutno poteka študija izločanja oz. kopičenja superparamagnetnih nano delcev v <i>in vivo</i> celičnih linijah na eksperimentalnih mišjih tumorjih. Ocenjujemo, da je bila aktivnost RRP15 »Razvoj novih pristopov k sintezi nanomaterialov« uspešno realizirana.			
Aktivnosti v letu 2014	Sintetizirali smo železo-oksidge superparamagnetne nanodelce s soobarjanjem železovih soli v alkalnem mediju po Massartovi metodi. Za raztapljanje železovih soli in spiranje sintetiziranih železo-oksidge superparamagnetnih nanodelcev smo uporabili različne kvalitete vode, in sicer različne čistosti in prevodnosti. Spremljali smo, če ima uporaba katere od vod, vpliv na končno razmerje med železovo (II) in železovo (III) soljo in na ionsko moč sintezne mešanice ter na posledično uspešnost magnetofekcije B16F1 celic s pripravljenimi kompleksi SPIONs-PAA-PEI s plazmidno DNA, ki kodira zeleni fluorescirajoči protein. Določali smo rok uporabnosti disperzije magnetnih nanodelcev. Pripravljeno magnetno tekočino smo razdelili na serije in v časovni odvisnosti in pri različnih pogojih hrambe spremljali velikost delcev, specifično površino, zeta potencial. Vpliv zunanjega magnetnega polja na obnašanje magnetnih tekočin, staranih pri normalnih pogojih, smo preverjali tudi s posedanjem nanodelcev z različnimi magnetnimi. Določali smo vpliv in možnost kontaminacije pri sintezi nanodelcev. Vsem serijam sintetiziranih nanodelcev smo izmerili vsebnost nehlapnih komponent (halogenski analizator), velikost in porazdelitev delcev, zeta potencial in specifično površino. Učinkovitost transfekcije magnetnih nanodelcev iz vseh serij smo dokončno testirali z magnetofekcijo. Izvedli smo obdelavo podatkov <i>in vivo</i> poskusa magnetofekcije s pENTR/U6 MCAM na B16F10 tumorjih miši. Posvetili smo se tudi strokovnim raziskovalnim člankom.			



	S tem delom so zaključene raziskave na tematiki sinteze nanodelcev za uporabo v medicinske namene. Oprema Nanocentra se bo v nadaljevanju uporabljala za raziskovalno in razvojno dejavnost na drugih področjih naravoslovja in tehnologije. Dokazali smo, da povezovanje med različnimi inštitucijami znanja, javnimi in gospodarskimi, lahko pripelje do učinkovitih rešitev. Komplementarnost sodelujočih inštitucij je privedla do uspešnega zaključka naloge, s katero smo dokazali, da s postopki obarjanja v vodnih raztopinah lahko pripravimo superparamagnetne nosilce terapevtskih učinkovin na osnovi nanodelcev železovega oksida. V okviru raziskovalnega dela za doktorsko nalogo, je bila v projekt vključena študentka Lara Prosen. Projekt oz. oprema se je v letu 2014 navezovala na projekt MR-ji iz gospodarstva: Uporaba magnetofekcije za gensko antiangiogeno terapijo, trajanje: 2010–2014. Objave iz leta 2014, ki se navezujejo na projekt oz. opremo: 1. PROSEN, Lara, MARKELC, Boštjan, DOLINŠEK, Tanja, MUŠIČ, Branka, ČEMAŽAR, Maja, SERŠA, Gregor. Mcam silencing with RNA interference using magnetofection has antitumor effect in murine melanoma. Molecular therapy, Nucleic acids, Vol. 3, 2014, COBISS.SI-ID 1898875 2. PROSEN, Lara, MARKELC, Boštjan, DOLINŠEK, Tanja, MUŠIČ, Branka, ČEMAŽAR, Maja, SERŠA, Gregor. Mcam silencing with RNA interference using magnetofection or gene electrotransfer has antitumor and antiangiogenic effect. V: Bioelectrics 2014: book of abstracts. [Missouri: s. n.], 2014, str. 36. COBISS.SI-ID 1908859 3. PROSEN, Lara. Vpliv magnetofekcije s plazmidno DNA, ki kodira shRNA proti genu Mcam, na angiogenezo mišjih endotelijskih celic in proliferacijo celic mišjega melanoma in vitro: doktorska disertacija : podiplomski študij = The effect of magnetofecation with plasmid DNA encoding shRNA against Mcam on angiogenesis of endothelial and proliferation of melanoma murine cells in vitro : doctoral disertation: postgraduate study. Ljubljana: [L. Prosen], 2014. XVIII, 99 f., ilustr. COBISS.SI-ID 276073728 Skupno je bilo na opremi v letu 2014 opravljenih preko 150 meritev.
--	---

3 Predstavitev raziskovalne opreme z opisom aktivnosti

Poleg investicij v raziskovalno opremo, ki je bila neposredno vezana na zgoraj predstavljene RRP, smo, v okviru financiranja operacije centra odličnosti CO Nanocenter med leti 2009–2013, izvedli tudi nakupe druge raziskovalne opreme, ki jo predstavljamo v nadaljevanju. Tudi pri nakupu te opreme smo sledili štirim osnovnim kriterijem: (i) oprema mora biti najsodobnejša, (ii) mora biti v skladu s tematskimi prednostnimi nalogami (podpora nanoznanosti in nanotehnologiji), (iii) interes partnerjev in končnih uporabnikov, (iv) dostopnost podpornih dejavnosti za opremo.

Zap. št.	Naziv investicije	oznaka	Opis
3	Sistem za hidrotermalno sintezo nanomaterialov	3-1/2010	vakuumška črpalka
		3-2/2010	visokotlačni reaktor, kontroler
		3-3/2010	Langmuirjeva sonda
		3-4/2010	centrifuga
		3-5/2011	mešalni sistem, kontroler
		3-6/2011	hidrotermalni reaktor
		3-8/2011	peč
		3-15/2012	regulator pretoka plina
		3-16/2012	centrifuga

Svežnje nanožic $\text{Mo}_6\text{S}_y\text{I}_z$ ($8,2 < y + z \leq 10$) in enake svežnje dekorirane z nanodelci žlahtnih kovin smo uporabili kot izhodiščni material/reaktant pri sintezi drugih nanožic/nanocerk na osnovi molibdena. S sulfurizacijo dekoriranih svežnjev v mešanici $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2/\text{Ar}$ smo sintetizirali z nanodelci žlahtnih kovin dekorirane nanocerk MoS_2 . Z žarjenjem svežnjev nanožic $\text{Mo}_6\text{S}_y\text{I}_z$ v mešanici H_2/Ar smo izgradili čiste molibdenove nanožice z morfologijo enako prekursorjem, a z manjšim premerom, s čimer smo izdelali transparentne kovinske elektrode. Enofazne superprevodne nanožice $\delta_3\text{-MoN}$ nanožice s $T_c=10,5$ K, smo pripravili z žarjenjem svežnjev $\text{Mo}_6\text{S}_y\text{I}_z$ v pretoku mešanice NH_3/Ar . Z XRD karakterizacijo in meritvijo magnetne susceptibilnosti smo potrdili, da je sintetiziran material enofazen $\delta_3\text{-MoN}$.

Na opremo se v letu 2014 navezuje doktorska naloga Gleba Veryasova, Materiali na osnovi prehodnih kovin z izboljšano katalitsko aktivnostjo. Drug doktorski študent, Andrej Kovič, je v letu 2014 zaključeval doktorsko nalogo (zagovor 2015). Opremo pri svojem delu intenzivno uporabljata dva mlada raziskovalca, Melita Rutar in Matej Prijatelj.

Oprema se uporablja v okviru ARRS programov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2015,
- Anorganska kemija in tehnologija, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014.

Oprema se navezuje na naslednje objave iz leta 2014:

1. STROJNIK, Martin, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, BUH, Jože, STRLE, Jure, MIHAILOVIĆ, Dragan. MoS_2 nanotube field effect transistors. AIP advances, ISSN 2158-3226, 2014, vol. 4, no. 9, str. 097114-1-097114-5, COBISS.SI-ID 27979047
2. TAŠIČ, Blaž, MRZEL, Aleš, HUSKIĆ, Miroslav, ZHANG, Xinzhen, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Alignment of MoS_2 nanotubes in a photopolymerizable liquid-crystalline



material. The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces, ISSN 1932-7447, 2014, vol. 118, iss. 45, str. 26396-26401, ilustr., COBISS.SI-ID 2746468 3. BUH, Jože, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, JAGLIČIĆ, Zvonko, JESIH, Adolf, MIHAILOVIĆ, Dragan, Template synthesis of single-phase δ-MoN superconducting nanowires. Nanotechnology, ISSN 0957-4484, 2014, vol. 25, no. 2, str. 025601-1 025601-6, COBISS.SI-ID 27331623 4. VERYASOV, Gleb, GRILC, Miha, LIKOZAR, Blaž, JESIH, Adolf. Hydrodeoxygenation of liquefied biomass on urchin-like MoS_2. Catalysis communications, ISSN 1566-7367, Feb. 2014, vol. 46, str. 183-186, ilustr. COBISS.SI-ID 5395226			
4	Analizator lomnega količnika	4-1/2013	Dodatek za merjenje refleksije na spektrofotometru
Na opremi potekajo meritve refleksije naparjenih plasti in meritve transmisije in refleksije brizganih plastičnih vzorcev. Ker je spektrofotometer z refleksijskim dodatkom edini tak instrument v okolici, sta podjetji Hella Saturnus Slovenija, d. o. o. in Fotona, d. d. začeli karakterizirati svoje optične komponente pri nas. Oprema se navezuje na dva projekta z industrijo: • Razvoj novih UV/IR filtrov in izboljšanje lastnosti obstoječih • Karakterizacija lastnosti obstoječih in razvoj novih komponent Oprema je izkoriščena 80%.			
		4-2/2013	Refraktometer
Opremo smo v letu 2014 uporabljali za rutinske meritve lomnega količnika tekočin; konkretno za določanje količnika približno 20 neznanih snovi.			
5	Reflektometer	5-1/2013	Spektrograf z detektorjem
Spektrograf z detektorjem je sestavni del večjega optičnega sistema, ki ga sestavljajo sunkovni nastavljeni laser večje moči, optični mikroskop in spektrograf z detektorjem. V letu 2014 smo izvajali preliminarne meritve spektrov izsevane svetlobe iz kapljičnih mikroresonatorjev na osnovi tekočih kristalov.			
6	Oprema za zagotavljanje minimizacije mehanskih vibracij	6-1/2011	Oprema za zagotavljanje minimizacije mehanskih vibracij
Oprema za minimizacijo mehanskih vibracij je sestavni del nizkotemperaturnega STM NMR mikroskopa in se uporablja za minimizacijo tresljajev prostora na mikroskop. Oprema je stalno v uporabi.			
7	Utekočinjevalnik He (soudležba)	7-1/2011	prerazporeditev na 24
8	Oprema za termično procesiranje	8-1/2010	Oprema za termično procesiranje
Opremo za termično procesiranje uporabljamo za hitro visokotemperaturno segrevanje vzorcev, denimo z namenom izboljšanja kristaliničnosti in odprave defektov v nekaterih materialih ter transformacije materialov v prisotnosti določenih plinov z namenom			



oksidacije ali redukcije. V letu 2014 smo opremo večinoma uporabljali za parni prenos molibdenovih dihalogenidov in oksidov iz dela substrata na drugo stran ali nov substrat ter za visokotemperaturno sušenje vzorcev z vsebnostjo vlage.

Opremo v okviru svojega doktorskega dela uporablja študent Matej Prijatelj. Poleg tega je bila oprema uporabljana v sklopu projektov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014
- Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015
- Zlom simetrije v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 9. 2013–31. 8. 2016
- infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014
- Uporaba femtosekundne večsunkovne laserske spektroskopije za razvoj novih ultrahitrih spominskih elementov, MIZŠ Raziskovalci na začetku kariere, trajanje: 1. 10. 2013–30. 6. 2015
- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018.

Ocenjujemo, da je bila oprema za termično procesiranje v letu 2014 izkoriščana 80% časa.

9	Oprema za atomsko enoslojno depozicijo	9-1/2012	ALD
---	--	----------	-----

V letu 2014 smo s sistemom za atomsko enoslojno depozicijo (ALD) izdelovali tranzistorje iz nanocevk in nanoplasti MoS₂, na osnovi česar je bil objavljen znanstveni članek. Sistem smo koristili tudi za izdelavo neprevodnih plasti pri izdelavi drugih naprav z elektrodami v več slojih, kjer smo neprevodne plasti tudi litografsko oblikovali. Za napravo je kar nekaj zanimanja tudi na odsekih F3 in K3, ki bi želeli nadgraditi obstoječe elemente, tako da bi poleg HfO₂ sistem omogočal tudi rast drugih tankih filmov, denimo Al₂O₃.

Oprema je bila uporabljana v sklopu projektov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014
- Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015
- infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014
- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018

Rezultati na opremi so bili objavljeni v članku: STROJNIK, Martin, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, BUH, Jože, STRLE, Jure, MIHAILOVIĆ, Dragan. MoS₂ nanotube field effect transistors. AIP advances, ISSN 2158-3226, 2014, vol. 4, no. 9, str. 097114-1-097114-5, COBISS.SI-ID 27979047

V letu 2014 je bil sistem za ALD koriščen 40%.

		9-3/2013	Tlačna celica
--	--	----------	---------------

Tehnologija visokih tlakov v diamantni nakovalni celici je novost v slovenskem prostoru. V



toku 2014 smo se zato predvsem ukvarjali z izobraževanjem in poskusnim obratovanjem celice. Izvedli smo nekaj preliminarne temperaturno odvisnih meritev časovno ločljive optične odbojnosti na TaS₂. Dosegli smo tlak 6 Gpa in opazili nekaj neželenih stranskih pojavov, ki jih prinese uporaba celice in jih še preučujemo. Ker gre za osnovno znanost, je učinek posreden in dolgoročen preko ljudi, ki pridejo v toku svojega izobraževanja v stik s tehnologijo visokih tlakov. V letu 2014 sta na opremi delala in se izobraževala en doktorski in en študent 2. Bolonjske stopnje. Ocenjujemo, da je bila v letu 2014 celica izkoriščena 50%.

10	Oprema za plazemsko jedkanje, čiščenje in mokro procesiranje	10-2/2012	oprema za plazemsko jedkanje, čiščenje in mokro procesiranje
----	--	-----------	--

Sterilizator, UZ čistilnik in sonikator predstavljajo manjšo opremo, ki se uporablja v čistih prostorih v stavbi C na Institutu »Jožef Stefan« za potrebe optične litografije. Oprema je stalno v uporabi.

11	Oprema laboratorija za procesiranje in karakterizacijo nanocelcev	11-1/2010	Oprema za procesiranje in karakterizacijo nanodelcev
----	---	-----------	--

Oprema je locirana v prostorih Odseka za sintezo materialov Instituta »Jožef Stefan«. Namenjena je sintezi in funkcionalizaciji nanodelcev in nanokompozitov, pripravi stabilnih suspenzij nanodelcev in njihovi karakterizaciji. V ospredju so raziskave magnetnih in fluorescentnih nanodelcev ter nanokompozitov, ki take nanodelce vsebujejo. Sintezi nanodelcev so namenjeni avtoklav, mikrocentrifuga in digestoriji. Merilnik velikosti nanodelcev je namenjena za ovrednotenje hidrodinamske velikosti nanodelcev v suspenzijah.

Uporaba omenjene opreme je ključnega pomena za izvedbo ARRS programa Sodobni anorganski magnetni in polprevodni materiali, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, pa tudi okviru več drugih programov in projektov (okoli 10). Raziskave delno ali povsem izvedene na omenjeni opremi so bile v letu 2014 objavljene v več kot 25 znanstvenih člankih. Oprema je pomembna tudi za direktno sodelovanje z industrijo; v letu 2014 smo izvajali predvsem raziskave sinteze nanodelcev za tovarno Lek, izvajali pa smo tudi meritve za številna druga podjetja (Cinkarna Celje, Stelem, Optacore, idr.). Oprema je ključnega pomena pri izobraževanju; vsakodnevno na opremi dela med 4 in 8 mladih raziskovalcev. Posamezni kosi opreme so 100 % izkoriščeni, bolj specifična oprema, kot je naprava za merjenje velikosti delcev pa je bila v letu 2014 uporabljena okoli 60 % (40% je na voljo za zunanje uporabnike).

13	Oprema za pripravo suspenzij in tankih filmov		prerazporeditev na 1
14	Oprema za termično obdelavo tankih plasti		prerazporeditev na 1
15	Oprema za karakterizacijo lastnosti nanosuspenzij, nanodelcev in tankih plasti		prerazporeditev na 1
16	Suha komora	16-19-1/2010	Suha komora

Oprema se uporablja za raziskave sodobnih Li-ionskih akumulatorjev in v zadnem času tudi Mg akumulatorjev. Sodelujemo predvsem s tujimi podjetji (HONDA, SAFT, Renault, Solvionic), obstaja pa interes Slovenskih podjetij (FILC, d. d, TAB, d. d.) za sodelovanje.

Oprema je bila uporabljena v sklopu doktorske naloge Amisse Robin: Non-stoichiometric



effects in mixed polyanion framework cathodes: disertation thesis. Amiens: [R. Amisse], 2014. 225 f., ilustr., tabele. COBISS.SI-ID 277603584 ter v okviru mednarodnega projekta s Hondo R&D Europe (Deutschland) GmbH.

Rezultati raziskav pri katerih smo uporabili opremo, so bili v letu 2014 objavljeni:

1. PIRNAT, Klemen, BITENC, Jan, JERMAN, Ivan, DOMINKO, Robert, GENORIO, Boštjan. Redox-active functionalized graphene nanoribbons as electrode material for Li-ion batteries. ChemElectroChem, ISSN 2196-0216, Dec. 2014, vol. 1, iss. 12, str. 2131-2137
2. TAO, L., ROUSSEL, Guy, CHOTARD, J. N., DUPONT, L  ic, BRUYÈRE, S., HAN  ZEL, Darko, MALI, Gregor, DOMINKO, Robert, LEVASSEUR, S., MASQUELIER, Christian. Preparation, structure and electrochemistry of LiFeBO[sub]3: a cathode material for Li-ion batteries. Journal of materials chemistry. A, Materials for energy and sustainability, ISSN 2050-7488. [Print ed.], 2014, vol. 2, no. 7, str. 2060-2070, doi: 10.1039/c3ta13021e. [COBISS.SI-ID 27421991]
3. JUGOVI  , Dragana, MILOVI  , Milo  , IVANOVSKI, Valentin, AVDEEV, Max, DOMINKO, Robert, JOKI  , Bojan, USKOKOVI  , Dragan. Structural study of monoclinic Li [sub] 2FeSiO [sub] 4 by X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy. Journal of power sources, ISSN 0378-7753, Nov. 2014, vol. 265, str. 75-80.
4. ARMSTRONG, A. Robert, SIRISOPANAPORN, Chutchamon, ADAMSON, Paul, BILLAUD, Juliette, DOMINKO, Robert, MASQUELIER, Christian, BRUCE, Peter G. Polymorphism in Li [sub] 2MSiO [sub] 4 (M = Fe, Mn): a variable temperature diffraction study. Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, ISSN 0044-2313, May 2014, vol. 640, iss. 6, str. 1043-104940.

Oprema je bila v letu 2014 izkori  чена 100%.

17	Brizgalni tiskalnik za izdelavo 2D nanostruktur	17-1/2010	Brizgalni tiskalnik za izdelavo 2D nanos
----	---	-----------	--

Aktivnosti v letu 2014 je predstavljalo oblikovanje oksidnih plastnih struktur debeline nekaj 10 nm s tiskanjem za transparentno elektroniko.

Oprema je bila uporabljena v okviru projektov:

- Oksidne pasivne in aktivne komponente za transparentno elektroniko, ARRS projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015,
- Oksidni materiali za obdobje elektronike po siliciju – ORAMA, 7OP, NMP2-LA-2010-246334, mednarodni projekt, trajanje: 1. 10. 2010–30. 9. 2014.

Ocenjujemo, da je bila oprema v letu 2014 izkori  чена 60% časa.

18	Peč za hitro žganje nanostruktur s hlapnimi komponentami		nabavljeno iz drugih virov
19	Suha komora za delo z reaktivnimi kemikalijami	16-19-1/2011	Drybox

Na opremi se izvajajo raziskave okolju prijaznih piezoelektrikov brez svinca na osnovi alkalijskih niobatov: sinteza kalijevega natrijevega niobata, donorsko dopiranje kalijevega natrijevega niobata, priprava in piezoelektrične lastnosti debelih plasti kalijevega natrijevega niobata. Opremo sta v okviru doktorskega usposabljanja v letu 2014 uporabljala



dva študenta, Jernej Pavlič in Jitka Hreščak.

Raziskave, v okviru katerih je bila oprema uporabljena, so bile v 2014 objavljene v:

1. PAVLIČ, Jernej, MALIČ, Barbara, ROJAC, Tadej. Small reduction of the piezoelectric d_{33} response in potassium sodium niobate thick films. Journal of the American Ceramic Society, ISSN 0002-7820, 2014, vol. 97, no. 5, str. 1497-1503, COBISS.SI-ID 27695911
2. PAVLIČ, Jernej, MALIČ, Barbara, ROJAC, Tadej. Microstructural, structural, dielectric and piezoelectric properties of potassium sodium niobate thick films. Journal of the European ceramic society, ISSN 0955-2219. [Print ed.], 2014, vol. 34, issue 2, str. 285-295, COBISS.SI-ID 27204135

Oprema je bila v letu 2014 uporabljena 40%.

21	Univerzalni merilec mehanskih lastnosti nanovlaken	21-1/2011	Univerzalni merilec mehanskih lastnosti nanovlaken
----	--	-----------	--

Raziskovalne aktivnosti na opremi v letu 2014:

- polimerne kompozitne filme z antibakterijsko funkcijo (MoO₃+PVDF+PEO). Namen raziskave je bil ugotoviti, kako dodatek MoO₃ vpliva na mehanske lastnosti filmov. Te so namreč pomembne za ciljno aplikacijo.
- Porozne PVDF filme, narejene z elektropredilnico. Zaradi načina priprave je tak film piezoelektričen, hkrati pa zelo elastičen.
- Tekoče kristalne elastomere v sodelovanju z Laboratorijem NMR (doktorski student Andraž Rešetič).
- Dielektrične epoksi smole in plastike za ohišja kondenzatorjev v sodelovanju z Laboratorijem za dielektrično spektroskopijo in podjetjem Iskra sistemi, d. d.

V okviru projekta MIZŠ Raziskovalci na začetku kariere, trajanje: 1. 10. 2013–30. 6. 2015 »Novi polimerni in keramični materiali za potencialno uporabo v kondenzatorjih« (podoktorski projekt Andreje Eršte in podjetje Iskra Sistemi, d. d.), smo opravili raziskave dinamičnega mehanskega odziva zalivnih epoksi mas in plastik iz ohišij, ki jih v podjetju uporabljajo pri proizvodnji kondenzatorjev. Nadejamo se, da bodo rezultati teh raziskav pripomogli k razvoju nove metode preliminarnih hitrih testov za preverjanje kakovosti zalivnih mas in plastik iz ohišij, saj so pri karakterizaciji lastnosti teh materialov rezultati analize dinamičnega mehanskega odziva komplementarni rezultatom analize impedančne dielektrične spektroskopije, ki jo opravljamo v Laboratoriju za dielektrično spektroskopijo na Odseku za fiziko trdne snovi Instituta »Jožef Stefan«.

Delo na opremi je del doktorskega eksperimentalnega dela mlade raziskovalke Ane Varlec. Za samostojno delo na opremi so se v letu 2014 izšolali trije novi uporabniki.

Ocenjujemo, da je bila oprema izkoriščena 60%.

22	Magnetometer	22-1/2010	Magnetometer
----	--------------	-----------	--------------

Oprema je locirana v prostorih Odseka za sintezo materialov Instituta »Jožef Stefan«. Namenjena je sintezi in funkcionalizaciji nanodelcev in nanokompozitov, pripravi stabilnih suspenzij nanodelcev in njihovi karakterizaciji. V ospredju so raziskave magnetnih in



fluorescentnih nanodelcev ter nanokompozitov, ki take nanodelce vsebujejo. Magnetometer se uporablja za merjenje magnetnih lastnosti nanodelcev in magnetnih tekočin.

Uporaba omenjene opreme je ključnega pomena za izvedbo ARRS programa Sodobni anorganski magnetni in polprevodni materiali, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014, prav tako pa se je uporabljala v več drugih programih in projektih (okoli 10). Raziskave delno ali povsem izvedene na omenjeni opremi so bile v letu 2014 objavljene v več kot 25 znanstvenih člankih.

Oprema je pomembna tudi za direktno sodelovanje z industrijo; v letu 2014 smo izvajali predvsem raziskave sinteze nanodelcev za tovarno Lek, izvajali pa smo tudi meritve za številna druga podjetja (Cinkarna Celje, Stelem, Optacore, idr.). Oprema je ključnega pomena pri izobraževanju. Na opremi vsakodnevno dela med 4 in 8 mladih raziskovalcev. Magnetometer je dokaj specifična oprema, ocenjujemo, da je bila v letu 2014 uporabljena okoli 60 % (40% je na voljo za zunanje uporabnike).

26	MAC Imode, nadgradnja kontrolerja, modul za dostop do signalov za Agilent 5500 AFM ter tokovni ojačevalec z nastavljenim ojačenjem	26-1/2010	nadgradnja kontrolerja
27	Mikrovalovni mrežni analizator in lock-in ojačevalec	27-1/2010	Mikrovalovni mrežni analizator in lock-in ojačevalec
28	PicoTrec+iMic za Agilent AFM 5500	28-1/2010	PicoTrec+iMic za Agilent AFM
29	HarmoniX za Veeco Multimode V		nabavljeno iz drugih virov

Mikroskopija na atomsko silo skupaj z nadgradnjami (upAFM) v obliki novega kontrolerja in nadgradnje za merjenje molekulskih interakcij (PicoTREC) še posebej pri bioloških makromolekula, je predmet več raziskav, ki potekajo na številnih organizacijah v Sloveniji, in so tako tudi del več programskih skupin. upAFM je ena izmed ključnih tehnik zadnjih dveh desetletij z ogromnim potencialom na področju vseh znanosti, katerih predmet so napredni materiali, površine ali interakcije na molekulskem nivoju.

Nadgradnje so potencial uporabnosti še povečale oz. razširile na področje bioznanosti, in sicer tako v smislu ločljivosti kot obsega možnih aplikacij. Iz omenjenega sledi, da je metoda še kako pomembna za razvoj različnih znanstvenih disciplin od fizike do medicine. Omenjeno je osnova za vključitev v številne nove projekte, tako v nacionalnem kot mednarodnem okolju.

upAFM omogoča raziskovanje topografskih in drugih fizikalno-kemijskih lastnosti površin z nanometrsko ločljivostjo, kar je danes v laboratorijih, ki se in se bodo ukvarjali z metodami in materiali v nanometrskem območju, nepogrešljivo. Slednje je vse bolj pomembno tudi pri razumevanju nastanka bolezni in vezavi ligandov na receptorske sisteme v bioloških sistemih.

Pri obojem sta bila v preteklih letih ključna tudi novi kontroler (podjetja Nanonis), ki omogoča zajem povsem golih podatkov, kar je bistveno pri iskanju še najbolj podrobnih informacij o interakcijah med posameznimi komponentami kompleksnih bioloških vzorcev. Druga nadgradnja (PicoTREC) pa s svojo patentirano tehnologijo omogoča cepitev pridobljenih signalov po nastopu interakcij, s čemer lahko statistično zelo relevantno opredelimo pojav nekih interakcij. Bolje ko pripravimo vzorec (torej površino in konice



AFM), bolj je ta metoda primerljiva s simuliranim fiziološkim okoljem. Pomembno je tudi dejstvo, da lahko slednjo uprabljamo tudi v tekočinskih eksperimentih, s čemer se še bolj približamo realnim sistemom.

Na področju bioloških materialov se lahko z omenjeno opremo v prihodnje nadejamo še več analiz interakcij med antigeni in protitelesi, med receptorji in ZU ipd., ki so prisotne na površini nanodelcev oz. njihove interakcije z molekulami po vstopu v telo (v simuliranih fizioloških pogojih), kar bo v prihodnje ena izmed metod izbire v načrtovanju in pripravi novih zdravil oz. zdravilnih učinkovin.

Raziskave, pri katerih uporabljamo opremo:

- Funkcionalizacija površin za razvoj dostavnih sistemov za ciljano zdravljenje (sodelovanje med Kemijskim Inštitutom, Univerzo v Mariboru in s Karl-Franzens in Technische Universität Graz),
- Razvoj naprednih senzorjev za biološke markerje (sodelovanje med Kemijskim Inštitutom, Univerzo v Mariboru in Institutom »Jožef Stefan«),
- karakterizacija materialov z nanometrsko ločljivostjo.

Ob vidno povečanem obsegu interesa za področje (bio)-nanotehnologije v razvojnih in industrijskih panogah, je potreba po primerni karakterizaciji pripravljenih materialov, ter njihovih interakcij z biološkimi sistemi, vedno večja. upAFM (nov kontroler in PicoTREC) omogoča ovrednotenje tovrstnih materialov in interakcij, in sicer nam daje izčrpne informacije glede morfoloških, površinskih in mehanističnih lastnosti vzorcev, ki predstavljajo ključ do naprednega načrtovanja, razvoja in seveda na koncu tudi stroškovno učinkovite sinteze novih materialov z veliko dodano vrednostjo. Slednje je še posebej pomembno pri razvoju področja biotehnologije, kjer so razvojni stroški še posebej visoki, uspeh pa pogosto vprašljiv.

Nabor merilnih tehnik pri upAFM je bistveno povečan kot v primerjavi z osnovnim sistemom, zato je tudi obseg meritev in vzorcev, na katerih lahko te meritve izvajamo, zelo širok. Posamezne merilne tehnike tako omogočajo spremljanje nastanka nanodelcev, vpliv določenih tujih stresnih situacij na spremembe in obstojnost materiala ter vse skupaj predstavimo v obliki slike ali pa celo kvantificiramo spremembe in interakcije (s pomočjo kontrolerja in PicoTREC sistema). Tako lahko trdimo, da bo omenjena oprema še naprej predstavljala nujen in zelo priporočljiv pripomoček v naprednih raziskavah s področja materialov, uporabnih v katere koli namene.

Potencialne tržne dejavnosti povezana z AFM:

- karakterizacija površin vseh vrst materialov (organskega/biološkega ter anorganskega/kovinskega izvora),
- testiranje stabilnosti pri pogojih delovanja (simuliranje pogojev med dejansko uporabo; temperatura, topila, izpostavljenost različnim plinom, mehanska obremenitev, stik z izbranimi površinami ali molekulami itd.),
- vrednotenje interakcij med površinami, materiali ali molekulami (kompatibilnostne študije, napovedovanje aktivnosti in varnosti materialov, vrednotenje vpliva zunanjih dejavnikov na sproščanje zdravilnih učinkovin itd.),
- določanje vsebnosti, homogenosti in prisotnosti izbranih snovi v nekem materialu.

Opremo v okviru doktorskega usposabljanja uporablja mladi raziskovalec Ahmed Samy



Abdellal Kreta. Oprema se uporablja v okviru programskih skupin:

- P2-0118 (B) – Tekstilna kemija,
- P3-0036 (B) – Bio-psiho-socialni model kvalitete življenja,
- P2-0393 (B) – Napredni materiali za nizkoogljično in trajnostno družbo,
- P4-0176 – Molekularna biotehnologija: od dinamike bioloških sistemov do aplikacij.

Zahtevnost rokovanja z upAFM je relativno visoka, saj gre za precej specifično opremo, ki zahteva poglobljeno poznavanje tehnike kot tudi ozadja nastanka interakcij (biofizika). Ob nakupu opreme smo izvedli intenzivno šolanje za vse sofinancerje osnovnega aparata, kar je omogočilo uporabo opreme, kljub zahtevnosti. Najzahtevnejše meritve opravljajo posebej izšolani operaterji.

Ocena izkoriščenosti opreme je 60 %.

32	Nadgradnjo sistema za proteomiko I.	32-1/2010	Sistem za proteomiko
Sistem je sestavljen iz laboratorijskega materiala, npr. mediji in pufri za gojenje celičnih kultur, set pipet, serološka pipeta, nastavki (stekleni in plastični) za pipetiranje, steklovina, potrošni laboratorijski material (rokavice, krovna in objektna stekelca,...). Hladilnik se uporablja za shranjevanje medijev in pufrov za delo s celicami, ter stripov itd. za proteomiko. Kandidatka Dr. Katarina Rajapakse je naredila na raziskovalni opremi preliminarne raziskave proteoma enoceličarjev <i>Tetrahymena thermophila</i>. Oprema iz proteomike se uporablja pri vajah pri predmetu Testiranje strupenosti (študijski program Biologija in Biotehnologija, 1. stopnja bolonjskega študija, 3. letnik, Biotehnična fakulteta Univerze v Ljubljani). Študentje so seznanjeni s postopkom priprave celičnih proteinov za protiatomske analize. Opremo uporabljamo v okviru izvajanja več projektov: • Vpliv anorganskih nanodelcev na biološke membrane, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2014–30. 6. 2017 • Interakcije med nanodelci z različno površino in modelnimi biološkimi sistemi, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 1. 2011–30. 6. 2014 • Large-scale integrating EU FP7 project NanoValid, mednarodni projekt, trajanje: 2011–2015 • Large-scale integrating EU FP7 project NanoMile, mednarodni projekt, trajanje: 2013–2016			
33	Elipsometer ter oprema za karakterizacijo	33-1/2011	Elipsometer
V okviru projekta Nelogan so bili izmerjeni lomni količniki tankih AlN filmov z metodama kotne in spektralne elipsometrije. Rezultati so bili objavljeni v članku z naslovom »Optical characterization of Al- and N-polar AlN waveguides for integrated optics«. Karakterizacija omenjenih filmov je bila potrebna zaradi določitve primerne debeline vzorcev, ki se bodo uporabljali v namene frekvenčnega podvajanja svetlobe. Najpomembnejši rezultat te raziskave je bila predvsem določitev disperzije N-polarnega AlN kristala, ki do takrat še ni			

bila izmerjena.

Poleg zgoraj omenjene raziskave, se je optična elipsometrija uporabljala za preučevanje morfoloških lastnosti tankih površinskih slojev. Najbolj primerna tehnika, ki omogoča in-situ slikanje tankih slojev, je mikroskopija pri Brewsterjevem kotu (BAM), ki je eden izmed operacijskih načinov elipsometra NanoFilm EP3-SE.

BAM je v kombinaciji z meritvami površinskega tlaka služila kot glavna tehnika za preučevanje strukturnih lastnosti ter strukturnih prehodov v Langmuirjevih filmih lipofilnih nukleozidnih derivatov. Opravljeni sta bili dve sistematični študiji in sicer, vpliv strukture lipofila (t. j. modifikacije števila in dolžine lipofilnih repov) ter vpliv sestave podfaze (t. j. vpliv alkalijskih kloridov ter drugih kalijevih soli) na spontano organizacijo lipofilnih derivatov gvanozina v Langmuir in Langmuir-Blodgett (LB) filmih. Na Langmuir-Blodgett filmu z lamelarno morfologijo so bile opravljene elipsometrične meritve, za določitev morebitne anizotropije lomnega količnika v ravnini vzorca.

V letu 2013 je podjetje Balder, optoelektronski in merilni sistemi, d. o. o. vzpostavilo stik z namenom določitve optičnih lastnosti tankih filmov na steklenih substratih. Podjetje Balder, optoelektronski in merilni sistemi, d. o. o. je vodilno na področju izdelave zaščitnih varilskih očal. V letu 2014 smo z elipsometrom NanoFilm EP3-SE okarakterizirali več različnih tankih nanosov na steklu. Tako pridobljene rezultate so nato uporabili pri nadaljnjem razvoju nove generacije zaščitnih filtrov.

Študentki Ana Marin in Sara Kebe sta uporabljali elipsometer pri meritvah za svoji diplomski deli, Martin Rigler, Metod Kolar in Lucija Čoga pa pri raziskovalnem delu v času doktorskega študija.

Elipsometer se uporablja v sklopu mednarodnih projektov:

- Nelinearna optika modulinarh GaAlN valovodov (MWN), trajanje: 2013–2016.
- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018.

V sklopu študije o vplivu dolžine ter števila lipofilnih verig na spontano urejanje lipofilnih derivatov gvanozina v tankih površinskih filmih so bile na elipsometru opravljene meritve, študija pa objavljena: ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Lamellar versus compact self-assembly of lipoguanosine derivatives in thin surface films. Colloids and surfaces. B, Biointerfaces, ISSN 0927-7765. [Print ed.], 2014, vol. 121, str. 114-121, ilustr. [COBISS.SI-ID 2686564]

35	Sondažna postaja z možnostjo meritev pri nizki temperaturi	35-36-1/2010	Sondažna postaja z možnostjo meritev pri nizki temperaturi
36	Sondažna postaja z možnostjo meritev v visokem magnetnem polju in pri nizki temperaturi		

V letu 2014 smo na sondažnih postajah opravljali meritve upora ter vplive magnetnega polja na različnih materialih, hkrati pa smo jih izdatno uporabljali za testiranja litografsko izdelanih elektrod, s katerimi smo izdelovali naprave in vezja. Sondažne postaje smo uporabili tudi za procesiranje elektrod, tako da smo z ostrimi iglami prekinjali valovode in krojili obliko elektrod. Določene meritve na njih smo tudi izvajali v sodelovanju s Kemijskim Inštitutom.



S pomočjo sondažnih postaj smo izmerili lastnosti tranzistorjev na osnovi MoS₂ nanocevk, o čemer smo napisali en članek, meritve na nanotrakovih TiON pa bodo prevedoma objavljene v sredini leta 2015, na njihovi osnovi je v delu ena diplomska naloga.

Rezultati na opremi so bili objavljeni v STROJNIK, Martin, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, BUH, Jože, STRLE, Jure, MIHAILOVIČ, Dragan. MoS₂ nanotube field effect transistors. AIP advances, ISSN 2158-3226, 2014, vol. 4, no. 9, str. 097114-1-097114-5, COBISS.SI-ID 27979047

Oprema je bila uporabljana v sklopu projektov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014,
- Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015,
- Zlom simetrije v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 9. 2013–31. 8. 2016,
- infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2009–31. 12. 2014,
- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018.

Sondažni postaji sta bili koriščeni 60%.

37	Magnet za optične meritve	38-1/2010	Merilna postaja za meritve električnih transportnih lastnosti pri ultranizkih temperaturah do 300mK
38	Merilna postaja za meritve električnih transportnih lastnosti pri ultranizkih temperaturah do 300mK		

V letu 2014 smo na sistemu Spec-Mag opravljali meritve upora na superprevodnih nanožicah MoN različnih debelin. Meritve upora nanožic različnih debelin so pokazale od debeline odvisno kritično temperaturo in obliko prehoda v superprevodno stanje, kar je v skladu s teoretičnimi predvidevanji.

Nekaj najbolj zanimivih vzorcev smo analizirali podrobneje. Izmerili smo kritični tok pri različnih temperaturah nižjih od kritične temperature in opravil meritve kritičnega toka v magnetnem polju do 7 T. Izmerili smo tudi kritični tok pri različnih temperaturah in z različnimi amplitudami zunanega šuma, kar je razkrilo zanimivo dinamiko različnih uporovnih stanj v sistemu. Pri določenih temperaturah in amplitudah zunanega šuma je bilo moč opaziti telegrafski šum, ki predstavlja preklapljanje med dvema uporovnima stanjema pri konstantni vrednosti toka. V kratkem načrtujemo objavo rezultatov električnih meritev na MoN nanožicah znotraj kriostata Spec-Mag.

V letu 2014 je bil sistem Spec-Mag večji del leta (od marca do novembra) v okvari. V času, ko je oprema delovala, je bila njena izkoriščenost med 80% in 90%.

Ker gre za osnovno znanost, je učinek posreden in dolgoročen preko ljudi, ki pridejo v toku svojega izobraževanja in raziskav v stik s tehnologijo superprevodnosti in nizkih temperatur ter velikih magnetnih polj. V letu 2014 se je na sistemu dodatno izobraževal en podoktorski študent. Meritve na magnetu bodo v veliki meri prispevale k pripravi ene doktorske disertacije (zagovor predviden v letu 2015).

V letu 2014 so bile meritve na magnetu ključne za objavo članka, ki je bil izbran za objavo na

naslovnici izdaje:			
1. BUH, Jože, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, JAGLIČIČ, Zvonko, JESIH, Adolf, MIHAILOVIČ, Dragan. Template synthesis of single-phase δ - MoN superconducting nanowires. <i>Nanotechnology</i> , ISSN 0957-4484, 2014, vol. 25, no. 2, str. 025601-1 025601-6, doi: 10.1088/0957-4484/25/2/025601 COBISS.SI-ID 27331623.			
41	Reometer Physica	41-1/2010	Reometer Physica MCR 501
V letu 2014 smo opremo uporabljali za reološke meritve zamreženosti premazov z vgrajenimi nanodelci.			
42	Oprema za karakterizacijo	42-1/2011	Optični mikroskop
Izvajali smo karakterizacijo defektov površine utrjenih filmov koloidnih premazov.			
		42-2/2011	Računalnik z dodatki za dokumentiranje meritev in rezultatov
		42-3/2011	Nadgradnja Xenon komore
V letu 2014 smo z opremo izvajali testiranje UV obstojnosti koloidnih premazov.			
43	Akustični spektrometer DT1200	43-1/2010	Instrument za merjenje zeta potenciala ter velikosti in porazdelitev delcev pri visoki vsebnosti suhe snovi
Aktivnosti v letu 2014, pri katerih smo uporabljali opremo, so vezane na testiranje stabilnosti koloidnih premazov preko meritev velikosti delcev, zeta potenciala in potenciometričnih titracij.			
46	Nadgradnja računalniške gruč	46-1/2012	Oprema in ureditev prostora za intenzivno računanje
Računalniška gruča se uporablja za zahtevne numerične simulacije pojavov na velikostni skali nekaj nanometrov ter drugih problemov na področju fizike trdne snovi. Uporabljali smo jo za računanje napovedi različnih modelov, ki so omogočile globlje razumevanje eksperimentalno opaženih rezultatov. Na podlagi izsledkov je bilo pripravljenih več originalnih raziskovalnih člankov:			
1. TOOSKI, S. B., BUŁKA, B. R., ŽITKO, Rok, RAMŠAK, Anton. Entanglement switching via the Kondo effect in triple quantum dots. <i>The European physical journal. B, Condensed matter physics</i> , ISSN 1434-6028, 2014, vol. 87, iss. 6, 8 str., ilustr., COBISS.SI-ID 2687076			
2. TOOSKI, S. B., RAMŠAK, Anton, BUŁKA, B. R., ŽITKO, Rok. Effect of assisted hopping on thermopower in an interacting quantum dot. <i>New journal of physics</i> , ISSN 1367-2630. [Online ed.], 2014, vol. 16, art. no. 055001, 17 str., graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2672996			
3. MIERZEJEWSKI, Marcin, PRELOVŠEK, Peter, PROSEN, Tomaž. Breakdown of the generalized Gibbs ensemble for current-generating quenches. <i>Physical review letters</i> , ISSN 0031-9007. [Print ed.], 2014, vol. 113, iss. 2, str. 020602-1-020602-5., COBISS.SI-ID 2707044			
4. LENARČIČ, Zala, GOLEŽ, Denis, BONČA, Janez, PRELOVŠEK, Peter. Optical response of highly excited particles in a strongly correlated system. <i>Physical review. B, Condensed</i>			



- matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 89, no. 12, str. 125123-1-125123-6, COBISS.SI-ID 27638311
5. GOLEŽ, Denis, BONČA, Janez, MIERZEJEWSKI, Marcin, VIDMAR, Lev. Mechanism of ultrafast relaxation of a photo-carrier in antiferromagnetic spin background. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 89, iss. 16, str. 165118-1-165118-7, ilustr., COBISS.SI-ID 2672740
 6. PSAROUDAKI, C., HERBRYCH, Jacek, KARADAMOGLOU, J., PRELOVŠEK, Peter, ZOTOS, X., PAPANICOLAOU, N. Effective $S=1/2$ description of the $S=1$ chain with strong easy-plane anisotropy. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 89, iss. 22, str. 224418-1-224418-12, graf. prikazi, COBISS.SI-ID 2777700
 7. MIERZEJEWSKI, Marcin, CRIVELLI, D., PRELOVŠEK, Peter. Peltier effect in strongly driven quantum wires. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 7, str. 075124-1-075124-5, graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2777444
 8. KOGOJ, Jan, LENARČIČ, Zala, GOLEŽ, Denis, MIERZEJEWSKI, Marcin, PRELOVŠEK, Peter, BONČA, Janez. Multistage dynamics of the spin-lattice polaron formation. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, no. 12, str. 125104-1-125104-6, COBISS.SI-ID 28071463
 9. SUGIMOTO, Koudai, PRELOVŠEK, Peter, KANESHITA, Eiji, TOHYAMA, Takami. Memory function approach to in-plane anisotropic resistivity in the antiferromagnetic phase of iron arsenide superconductors. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 12, str. 125157-1-125157-6, graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2777188
 10. CRIVELLI, D., PRELOVŠEK, Peter, MIERZEJEWSKI, Marcin. Energy and particle currents in a driven integrable system. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 19, str. 195119-1-195119-8, graf. prikazi, COBISS.SI-ID 2776932
 11. LENARČIČ, Zala, PRELOVŠEK, Peter. Charge recombination in undoped cuprates. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 23, str. 235136-1-235136-13, graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2776676

Računalniška gruča je bila uporabljena tudi za izobraževanje in raziskave mladih raziskovalcev ter študentov. Simulacije v doktorskem delu Denisa Goleža (mentor prof. dr. Janez Bonča), ki je doktoriral v letu 2014, so potekale tudi na tej gruči. V začetku l. 2015 je doktoriral Sahib B. Tooski, ki se je v Ljubljani izpopolnjeval v okviru programa Marie Curie pod somentorstvom prof. dr. Antona Ramšaka. Trenutno gručo uporabljajo še mladi raziskovalci Jan Kogoj, Zala Lenarčič, Ambrož Kregar in Žiga Osolin.

Gruča je že ves čas vključena v nacionalni računalniški grid (SLiNG) in je tako dostopna vsem zainteresiranim uporabnikom, tako v akademski sferi kot v gospodarstvu.

Računalniška gruča dosega izjemno visoko izkoriščenost, saj je v letu 2014 delovala neprekinjeno z izjemo nekaj dni (3–4), ko so potekala redna vzdrževalna dela. Zasedenost procesorjev med rednim obratovanjem je večino časa blizu 100%. Za to skrbi sistem za upravljanje z viri SLURM, ki ureja naloge v čakalni vrsti z namenom čim višjega izkoristka.



4 Skladnost s predmetom, cilji in nameni javnega razpisa

Predmet javnega razpisa je bilo sofinanciranje celovitih programov Centrov odličnosti (CO), ki vključujejo različne programske aktivnosti in sicer sofinanciranje razvoja in upravljanja, sofinanciranje raziskovalno-razvojnega dela ter sofinanciranje naložbe v RR opremo. V okviru znanstveno-tehnološke politike RS so bili CO zastavljeni kot ukrep, namenjen spodbujanju koncentracije znanja na prioritetnih tehnoloških področjih in horizontalnega povezovanja v celotni verigi znanja, ki se izvaja na temelju strateškega partnerstva med gospodarstvom in akademsko sfero. Cilj razpisa je bil vzpostaviti in zagotoviti uspešno delovanje slovenskih raziskovalnih centrov odličnosti v evropskem in mednarodnem merilu z glavnim namenom pridobivanje idej, znanja, izkušenj, izdelkov, storitev in tehnologij za uporabo v Sloveniji ter večanje mobilnosti raziskovalcev.

CO Nanocenter je v letu 2014 izvajal podporno infrastrukturno dejavnost številnim domačim in mednarodnim projektom na področju komplementarnih dejavnosti na področju sinteze, nanofakture in procesiranja, karakterizacije nanomaterialov ter modeliranja in se uveljavil kot pomemben regionalni infrastrukturni center na področju razvoja novih nanomaterialov in tehnologij. V letu 2014 se je tako na opremo CO Nanocentra navezovalo 25 slovenskih projektov, več kot 10 mednarodnih projektov in 12 industrijskih projektov v skupni vrednosti več kot 20 milijonov evrov letno.

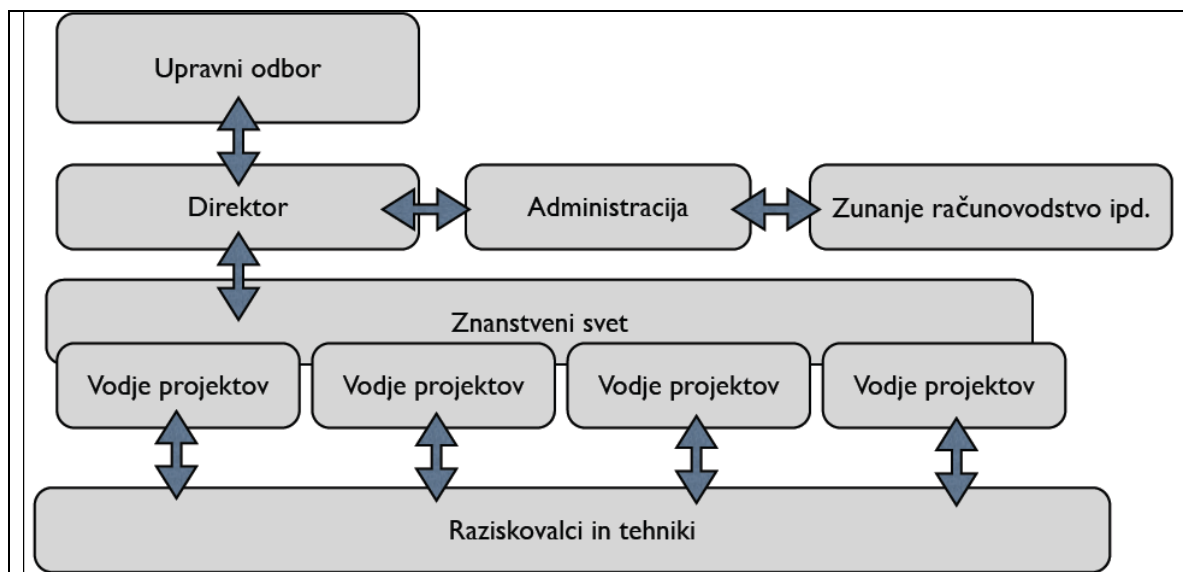
CO Nanocenter med drugim omogoča izobraževanje študentov in raziskovalcev iz industrije na vrhunski opremi, ki ključno vpliva na smer razvoja vodilnih tehnologij na področju novih materialov. Poleg takšnega neposrednega prenosa znanja med akademsko sfero in industrijo, so izjemno pomembni skupni projekti, ki so se razvili vzporedno.

V letu 2014 je opremo CO Nanocentra pri svojem delu redno uporabljalo več kot 10 študentov, 34 doktorskih študentov in 6 podoktorskih študentov. V letu 2014 je na opremi CO Nanocentra za samostojno delo izšolanih več študentov iz različnih fakultet Univerze v Ljubljani, Univerze v Mariboru, Univerze Nova Gorica in Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana. V študijskem letu 2014/2015 je bila oprema prvič vključena v kurikulum posameznih fakultet, zato v prihodnjem letu pričakujemo boljše poznavanje opreme in s tem večje zanimanje študentov za opravljanje prakse ali diplomskega dela.

Glavni cilj CO Nanocentra je bil vzpostaviti tehnološko infrastrukturo za mednarodno konkurenčen razvoj nanoznanosti in nanotehnologije, saj smo bili mnenja, da bo to najbolj pripomoglo h konkurenčnosti naših raziskav. Vodilo nas je prepričanje, da je vrhunska infrastruktura dobra osnova za pridobivanje novih projektov, prav tako pa je tudi izvajanje sedanjih projektov bistveno bolj kakovostno. Učinek operacije centra odličnosti Nanocenter ocenjujemo na vsaj 15 let, ne le štiri leta, kolikor traja sofinanciranje. Posamezna oprema, ki smo jo v okviru CO Nanocentra pridobili, je edinstvena v svoji konfiguraciji tako v Sloveniji, kot tudi v širši regiji (severna Italija, Avstrija, Madžarska, Hrvaška, Srbija) kar omogoča dobro platformo za delovanje centra v mednarodnem prostoru.

Meritve na opremi CO Nanocentra so bile v letu 2014 objavljene v številnih mednarodno uveljavljenih revijah, kar kaže na visoko konkurenčnost raziskav, ki jih ta oprema omogoča. Rezultati raziskav pri katerih smo uporabili opremo, so bili v letu 2014 objavljeni v več kot 60 člankih. Opremo je v okviru svojih doktorskih ali podoktorskih raziskav v letu 2014 uporabljalo 10 raziskovalcev iz tujine.

CO Nanocenter je tudi v letu 2014 obdržal projektno organizacijsko strukturo, za katero se je že med izvajanjem operacije med leti 2010–2013 izkazalo, da je najbolj primerna za izvajanje takšnih zahtevnih projektov.



Poleg skladnosti s predmetom in cilji javnega razpisa, ki smo jih predstavili, je CO Nanocenter s svojo vsebino sledil ciljem Strategije Slovenije 2008–2010 in operativnemu programu krepitve regionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007–2013, še posebej v skladu s strateškimi cilji večje koncentracije vlaganj na področja z največjim razvojnim potencialom tako v akademski sferi kot v gospodarstvu, ki so hkrati ključnega pomena za dolgoročno ohranjanje in krepitev konkurenčnosti gospodarstva v mednarodnem okolju, ter dvosmernega pretoka in uporabe znanja za gospodarski razvoj in kvalitetna delovna mesta ter tesnejšega sodelovanja med znanstveno sfero in gospodarstvom. Za prihodnost pa je pomembno, da CO Nanocentra lahko ponudi ključne kompetence na področju materialov in tehnologije, enem od prioritarnih področij raziskav, razvoja in inovacij (RRI) v programskem obdobju 2014–2020 in v Strategiji pametne specializacije 2014–2020.

Ocenjujemo, da je CO Nanocenter tudi v letu 2014 dosegel cilje razpisa in jih celo presegel, kar izkazujejo kazalniki. V okviru CO Nanocentra so bila dokazane znanstvena in raziskovalna odličnost, vrhunska infrastruktura, interdisciplinarnost ter mobilnost med akademsko sfero in gospodarstvom, kar so ključne točke za doseganje tehnološkega preboja tudi v prihodnje.

5 Kazalniki za spremljanje ciljev

Kazalniki v sistemu ISARR²:

Naziv	december 2010	junij 2011	december 2012	december 2013	december 2014
Št. raziskovalnih ur v FTE	2,53	1,97	5,27	4,18	1,66
Št. RR projektov v CO s sodelovanjem podjetji	8	+1	+3	0	+5
Št. partnerstev z zasebnim sektorjem	11	0	0	0	+1
Št. patentov	1	+1	+1	+1	0
Št. inovacij	1	+1	+1	+5	+1

5.1 Število raziskovalnih ur v FTE

Leto 2014 je bilo prvo leto delovanja zavoda brez financiranja iz operacije centrov odličnosti. Konzorcij ustanoviteljev zavoda je sprejel zavezo, da do financiranja centra iz novo pridobljenih projektov, zavod omeji poslovanje na obvezno in pogodbeno dejavnost ter nujno vzdrževanje opreme. V letu 2014 sta bila zato za krajši delovni čas v zavodu zaposlena le dva delavca; raziskovalec v okviru tekočega ARRS projekta in vodja projektne pisarne. Kazalnik je podrobno opisan v točki 5.6.1.

5.2 Število RR projektov v CO s sodelovanjem podjetij

Kazalnik se je v letu 2014 povečal za 5 novih sodelovanj v okviru uporabe opreme CO Nanocentra v industrijskih projektih. Kazalnik je podrobno opisan v točki 5.6.2.

5.3 Število partnerstev z zasebnim sektorjem

V letu 2014 je interes za pridružitve zavodu izkazalo 6 novih partnerjev; s tremi smo podpisali Dogovor o sodelovanju, od tega je eno podjetje in dve članici univerz. Kazalnik je podrobno opisan v točki 5.6.2.

5.4 Število patentov

V letu 2014 ni bilo prijavljenih novih patentov. Na opremi CO Nanocentra so bile v preteklem letu izvajane meritve, ki so pripeljale do enega prijavljenega patenta v povezavi z ultrahitro spominsko celico (prijavitelj Institut »Jožef Stefan«) in pripravo patente prijave na področju prevlek (prijavitelj Institut »Jožef Stefan«). Kazalnik je podrobno opisan v točki 5.6.3.

5.5 Število inovacij

Kot pomembno tehnološko inovacijo predstavljamo razglasitev opreme LT Nanoprobe proizvajalca Oxford Instruments Omicron Nanoscience za zmagovalca v kategoriji Imaging Technologies (100 R&D Awards Winer) za leto 2014. CO Nanocenter je sodeloval pri razvoju opreme kot lastnik in uporabnik prve konfiguracije. R&D Awards se podeljuje za najboljših 100 tehnoloških produktov v različnih kategorijah po izbiri R&D Magazine.

² Mejniki 2010, 2011, 2013 in 2015 so bili predvideni za spremljanje operacije v okviru razpisa. Mejnika 2012 in 2014 smo v tabelo dodali zaradi preglednosti.

5.6 Drugi kazalniki

Poleg kazalnikov v sistemu ISARR spremljamo rezultate še pri nekaterih drugih kazalnikih iz Priloge 3 Navodil za izvajanje programov centrov odličnosti (Januar 2011).

- 5.6.1 Koncentracija znanja in raziskovalne infrastrukture na prednostnih raziskovalnih in tehnoloških področjih
- 5.6.2 Povezovanje javnega in poslovnega sektorja
- 5.6.3 Povečanje uporabe znanja za konkurenčnost gospodarstva
- 5.6.4 Mednarodna odličnost
- 5.6.5 Uresničevanje horizontalnih ciljev

5.6.1 Koncentracija znanja in raziskovalne infrastrukture na prednostnih raziskovalnih in tehnoloških področjih

(Število in struktura raziskovalcev v CO v FTE po prednostnih področjih in ciljih NOD, Obseg vlaganj v RI po prednostnih področjih in ciljih NOD, Stopnja izkoriščenosti RI v % uporabe – obstoječa in nova oprema, Stopnja izkoriščenosti RI v CO za druge uporabnike, Obseg sredstev CO za dostop do souporabe svetovne raziskovalne infrastrukture)

V CO Nanocentru je bilo od aprila 2010 do decembra 2013 zaposlenih v povprečju 25 delavcev. Leto 2014 je bilo prvo leto delovanja zavoda brez financiranja iz operacije centrov odličnosti. Konzorcij ustanoviteljev zavoda je sprejel zavezo, da do financiranja centra iz novo pridobljenih projektov, zavod omeji poslovanje na obvezno in pogodbeno dejavnost ter nujno vzdrževanje opreme. V letu 2014 sta bila zato za krajši delovni čas v zavodu zaposlena le dva delavca; raziskovalec v okviru tekočega ARRS projekta in vodja projektne pisarne. Vzdrževanje opreme v letu 2014 so prevzeli skrbniki.

Natančnejši podatki za posamezno leto so prikazani v preglednici:

leto	2010	2011	2012	2013	2014
FTE	2,53	4,53	5,15	4,76	1,66
R	1,55	2,98	3,31	3,01	0,18
Teh	0,29	0,09	0,37	0,28	0
Admin	0,70	1,46	1,47	1,47	1,47
št. zaposlenih	24	25	27	27	2
R	21	23	25	25	1
Teh	2	1	1	1	0
Admin	1	1	1	1	1

Oprema, ki smo jo pridobili v okviru CO Nanocentra je po grobi oceni polno zasedena (podrobna stopnja izkoriščenosti je navedena pri posameznem projektu ali opremi). Določena infrastruktura je zaradi večjega zanimanja v uporabi tudi v večernih urah in/ali čez vikend.

Seznam raziskovalne opreme, ki je bila pridobljena iz sredstev CO Nanocenter je predstavljen v prilogi 1.

Seznam raziskovalne opreme, ki jo ustanovitelji dajejo v uporabo CO Nanocentru:

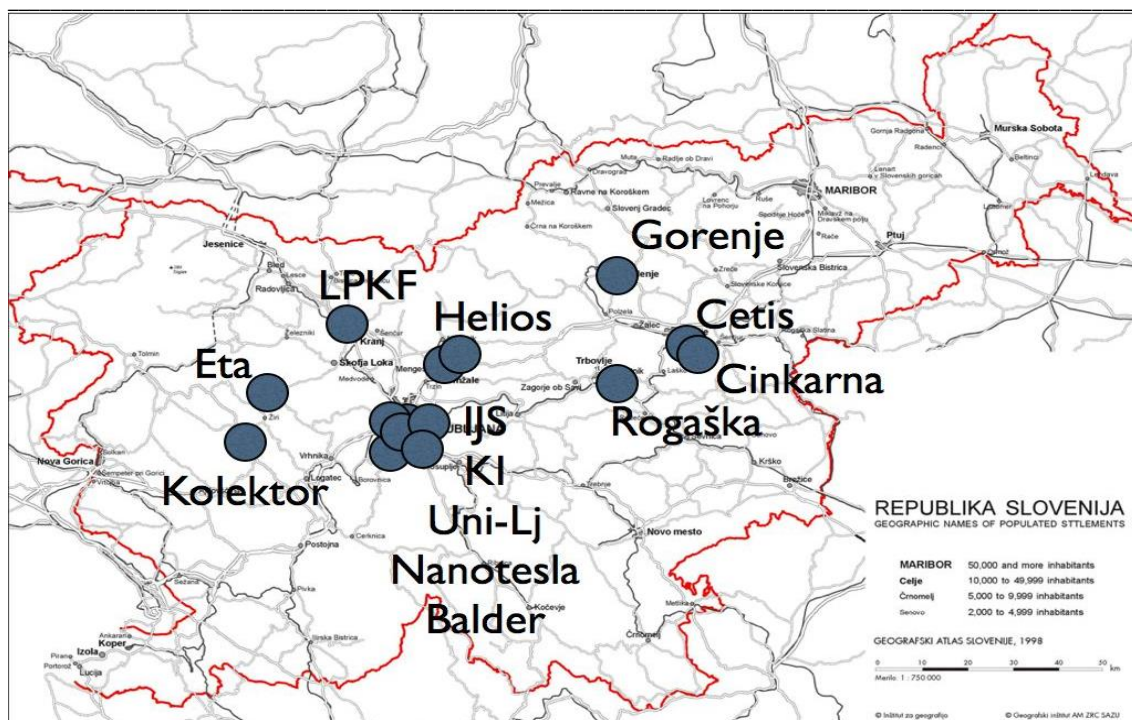
št.	Partner	Naziv opreme	Leto nabave	Vrednost opreme (v EUR)	Ocena % uporabe za CO
1.	Institut "Jožef Stefan"	Nanolitografski sistem – mikroskop na atomsko silo	2006	14.223,17	90
2.	Institut "Jožef Stefan"	CVD sistem			
3.	Institut "Jožef Stefan"	Artritorski mlin	2005	3.380,12	100
4.	Institut "Jožef Stefan"	Sistem avtoklavov	2006	2.926,16	100
5.	Institut "Jožef Stefan"	Merilno mesto za preučevanje hladne in sunkovne emisije iz nanomaterialov	2004	4.508,00	100
6.	Institut "Jožef Stefan"	Mikrovalovna pečica za sintezo novih 1D materialov	2006	5.320,00	100
7.	Institut "Jožef Stefan"	Mikroskopska sonda na principu atomske sile	2005	4.380,28	100
8.	Institut "Jožef Stefan"	Sistem za termično analizo	2007	35.989,20	100
9.	Institut "Jožef Stefan"	Sistem za robotizirano pipetiranje in količin raztopin proteinov	2006	16.969,11	70
10.	Institut "Jožef Stefan"	Granulometer	2006	14.079,20	100
11.	Institut "Jožef Stefan"	TEM – Transmisijski elektronski mikroskop	2006	236.882,44	90
12.	Institut "Jožef Stefan"	Preureditev čistih prostorov K5	2006	20.504,63	40
13.	Institut "Jožef Stefan"	Visokoločljiv polarizacijski mikroskop	2006	4.431,91	100
14.	Institut "Jožef Stefan"	Visokotemperaturna peč za sintranje v kontrolirani atmosferi	2004	6.676,60	100
15.	Institut "Jožef Stefan", Univerza v Novi Gorici	Sistem za analizo elektronskih lastnosti organskih polprevodnikov	2005	10.942,18	100
16.	Institut "Jožef Stefan"	Sistem za EPR meritve pri nizkih temperaturah	2006	4.411,16	100
17.	Institut "Jožef Stefan"	3D-profilometer	2007	10.548,88	30
18.	Institut "Jožef Stefan"	Merilnik nanotrdote	2004	6.522,94	40
19.	Institut "Jožef Stefan"	Naprava za nanos PVD tankih plasti	2008	617.951,97	5
20.	Institut "Jožef Stefan"	Mikroskop na atomsko silo di Dimension 3100	2007	39.549,97	80
21.	Institut "Jožef Stefan"	Generator za impulzni udarni tok	2006	49.666,09	30
22.	Institut "Jožef Stefan"	Vibracijski magnetometer s kriostatom	2003	0	40
23.	Institut "Jožef Stefan"	Transmisijski elektronski mikroskop	2007	55.251,74	18
24.	Institut "Jožef Stefan"	Analizni sistem FTIR	2006	50.900,90	20
25.	Institut "Jožef Stefan"	Aparat za rotirajoče ohlajanje talin	2006	55.353,64	30
26.	Institut "Jožef Stefan"	Peč za sintranje	2004	8.127,61	80
27.	Institut "Jožef Stefan"	Visokoločljivostni optični mikroskop	2007	43.138,51	30
28.	Institut "Jožef Stefan"	Visokovakuumska peč	2006	23.841,10	10
29.	Institut "Jožef Stefan"	Transmisijski elektronski mikroskop JEM-2000FX z EDXS in sistemom za zajemanje slik	1986	0	30
30.	Institut "Jožef Stefan"	Elektronski mikroanalizator JXA-840A z EDXS in WDXS	1992	0	30
31.	Institut "Jožef Stefan"	Vrstični elektronski mikroskop JSM-5800 z EDXS	1997	0	30
32.	Institut "Jožef Stefan"	Analitski elektronski mikroskop JEM-2010F z EDXS, PEELS, STEM	2000	0	30
33.	Institut "Jožef Stefan"	Naprava za ionsko jedkanje	2002	0	30
34.	Institut "Jožef Stefan"	Kombinirani tunelski mikroskop (AFM/STM) delujoč v ultra-visokem vakuumu	2006	0	10
35.	Kemijski Inštitut	Masni spektrometer z lasersko ablacijo	2006	75.225	35
36.	Kemijski Inštitut	Difraktometer	2005	30.449	30
37.	Kemijski Inštitut	Vrstični elektronski mikroskop	2005	73.246	30
38.	Kemijski Inštitut	AFM Agilent	2008	90.181	10
39.	Balder	Naparjevalnik Balzers BAK 760 z avtomatsko procesno kontrolo ter nadgradnja naparjevalnika z drugim elektronskim virom in možnostjo	2008	56.427	50



		ionsko podprtega naprejevanja			
40.	Balder	Optična laminacija plastičnih folij – laminator Sun Tec	2008	14.883	100
41.	Balder	Precizno rezanje stekla – Villa Precision 210	2006	35.000	50
42.	Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo	Standardno opremljene histološki laboratorij	od 1989 naprej	45.000	20
43.	Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo	Svetlobni mikroskop Axioskop (Carl Zeiss)	1993	8.000	40
44.	Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo	Oprema za pripravo vzorcev in analizo kovin v rastlinskih in živalskih vzorcih (AAnalst 100, Perkin Elmer)	2000	20.000	10
45.	Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo	Svetlobni mikroskop Axioimager Z1 z Apotom	2004	25.000	40
46.	Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo	Oprema za proteomiko I: • sistem za izoelektrično fokusiranje Ettan™ IPGphor™ 3 IEF System • 2-D elektroforeza (2-D) SE 250	2009	17.000	60

5.6.2 Povezovanje javnega in poslovnega sektorja (Število in struktura sodelujočih podjetij, visokošolskih in raziskovalnih organizacij, Število in struktura raziskovalcev v FTE po sektorjih, Število (novih) partnerjev in projektov v CO iz gospodarstva / zasebnega sektorja, Število partnerjev v CO iz gospodarstva / zasebnega sektorja, Število novih partnerjev v CO iz gospodarstva / zasebnega sektorja, Število projektov v CO v sodelovanju z gospodarstvom / zasebnim sektorjem, Število znanstvenih objav, inovacij in patentov v soavtorstvu raziskovalcev iz RO in podjetij, Število izdelanih prototipov po prednostnih področjih in ciljih NOD, Število izdelanih demonstracijskih projektov po prednostnih področjih in ciljih NOD, Število spin-off podjetij po prednostnih področjih in ciljih NOD, Število novo ustvarjenih bruto delovnih mest po prednostnih področjih in ciljih NOD)

CO Nanocenter bil ustanovljen kot konzorcij 15 partnerjev, štirih JRZ in enajstih podjetij, ki so prepoznali razvojni potencial programa centra. Poleg dveh najpomembnejših raziskovalnih institutov v Sloveniji, sta k ustanovitvi pristopili tudi dve izobraževalni instituciji, ki igrata pomembno vlogo pri šolanju kadrov na področjih fizike, kemije, biologije, biotehnologije in nanoznanosti. Področja delovanja so: sinteza novih nanomaterialov, kot so nanodelci, nanocevke in nanožice, tanke plasti, premazi, nanostrukture; sodobne tehnike in mikroskopije za karakterizacijo nanomaterialov; procesna tehnika: nanotisk, nanolitografija (laserska in elektronska), modeliranje. Aktualni projekti so na področju novih nanomaterialov za različne uporabe v elektroniki, za zmanjšanje trenja, za elektrode v baterijah, razvoj procesnih tehnik na področju nanoelektronike, nano-bio-medicine in nanosenzorjev. Zato so tudi dejavnosti, v katerih delujejo podjetja, ki so pristopila kot ustanovitelji, zelo raznolika, od avtomobilske industrije, tiska, gospodinjskih aparatov, zdravil, laserjev itd., kar kaže na pomembno vlogo nanotehnologije na vseh področjih našega življenja. Pomembno je tudi, da gre za podjetja iz različnih regij Slovenije (Idrija, Celje, Hrastnik, Naklo, Domžale in Ljubljana), ki pa s svojimi izdelki nastopajo tudi na mednarodnih trgih. Štiri start-up podjetja, ki delujejo na področju novih materialov zaradi formalnih ali neformalnih razlogov, niso mogli ali želeli postati formalni partnerji v konzorciju, so pa kot pridruženi člani sodelovali v okviru posameznih projektov. Ta podjetja so: Mo6, d. o. o., Nanotul, d. o. o., Aresis, d. o. o., C 3 M, d. o. o.



V letu 2014 smo podpisali Dogovor o sodelovanju s Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru in IOS, Inštitutom za okoljevarstvo in senzorje, d. o. o. Pobudo za partnerstvo smo prejeli tudi iz Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije, Univerze v Novi Gorici, Univerze v Trstu.

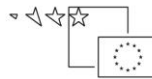
V okviru CO Nanocentra je v letu 2014 potekalo 16 RR projektov s sodelovanjem podjetij:

- Epitaksija z molekularnim snopom za oksidne plasti (Kolektor – Nanotesla Institut Ljubljana, Mo6, d. o. o.)
- Optična nanolitografija (LPKF Laser & Electronics, d. o. o.)
- Karakterizacija fizikalnih lastnosti premazov z vgrajenimi nanodelci (Helios TBLUS, d. o. o.)
- Modeliranje prototipov (Helios TBLUS, d. o. o.)
- Uklonske optično spremenljive naprave (Cetis, d. d.)
- Nizkotemperaturna manipulacija in spektroskopija posameznih atomov in molekul (LT STM) (Balder, optoelektronski in merilni sistemi, d. o. o.)
- Konfokalna RAMAN-FTIR mikroskopija (Mo6, d. o. o., Nanotul, d. o. o., Kolektor – Nanotesla Institut Ljubljana)
- Konfokalna fluorescentna mikroskopija (Mo6, d. o. o.)
- NMR STM mikroskopija (Balder, optoelektronski in merilni sistemi, d. o. o.)



- 4-sondna UHV STM/SEM mikroskopija (Mo6, d. o. o., Kolektor – Nanotesla Institut Ljubljana)
- Razvoj novih pristopov k sintezi nanomaterialov (Kolektor – Nanotesla Institut Ljubljana)
- Thin-Film-Energy-Storage Device on the basis of PLZT and Cu-electrodes (EPCOS AG, oprema PLD)
- projekti s podjetji HONDA R&D, SAFT SA, Renault, Solvionic SNPE (oprema suha komora)
- Razvoj in izdelava strogo namenskih rezalnih orodij, oplaščenj in pripadajočih obdelovalnih tehnologij za individualno orodjarsko industrijo, ARRS projekt (oprema tribometer in scratchtester)
- projekti z Lek, d. d., Stelem, d. o. o., Optacore, d. o. o. (oprema magnetometer)

Primer neposrednega rezultata projekta v CO Nanocentru, ki je že v redni proizvodnji, je vrhunska naprava za izdelavo prototipnih nanoelektronskih vezij ProtoLaser LDI podjetja LPKF Laser & Electronics, d. o. o. Naklo. V okviru projekta Optična nanolitografija (RRP4) je bil v sodelovanju podjetja LPKF Laser & Electronics, d. o. o., Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in CO Nanocentra zgrajen sistem za optično nanolitografijo, Protolaser LDI. Sistem izdeluje podjetje LPKF Laser & Electronics, d. o. o. iz Naklega. Oktobra 2014 je bila uradna predstavitev izdelka na konferenci/sejmu v ZDA. Končnim strankam sta bila do sedaj prodana dva sistema, v letih 2015–2019 pa se glede na povpraševanje načrtuje prodaja 58 naprav v skupni vrednosti okoli 6,4 M€. Oprema LT Nanoprobe proizvajalca Oxford Instruments Omicron Nanoscience je bila razglašena za zmagovalca v kategoriji Imaging Technologies (100 R&D Awards Winer) za leto 2014. CO Nanocenter je sodeloval pri razvoju opreme kot lastnik in uporabnik prve konfiguracije LT Nanoprobe, pri kateri ena od štirih sond lahko deluje kot konica za AFM. R&D Awards so imenovani tudi Oskarji izumov; gre za najboljših 100 tehnoloških produktov v različnih kategorijah po izbiri R&D Magazine. Novi anorganski nanomateriali kot so feriti, TiO_2 in ZnO so v nenehnem razvoju za uporabo v kompozitih in premazih (Helios TBLUS d. o. o., Cinkarna Celje, d. d., Steklarna Hrastnik, družba za proizvodnjo steklenih izdelkov, d. o. o.), omenjeni so tudi že v redni proizvodnji v različnih proizvodih. V bionanosenzorjih (Kolektor – Nanotesla Institut Ljubljana), pri elektrodah za baterije, primeseh v sončnih celicah, elektroniki in ultrahitrih spominskih elementih pričakujemo komercialno uporabne rezultate. Pri tem ločimo med novimi uporabami materialov, ki so jih odkrili drugi v svetu in tistimi, ki smo jih odkrili sami. Slednji so kot dosežki veliko bolj zanimivi, do njihove uporabnosti oz. komercializacije je navadno daljša, a donosnejša pot.



5.6.3 Povečanje uporabe znanja za konkurenčnost gospodarstva (Število patentov po mednarodni patentni klasifikaciji (IPC) po prednostnih področjih in ciljnih NOD, Število dogodkov in udeležencev domačih in mednarodnih dogodkov CO, Število predavateljev in mentorjev v visokošolskih programih med sodelujočimi raziskovalci v CO)

V okviru CO Nanocentra v letu 2014 nismo nastopali kot soprijavitelji patentov, saj so s tem povezani stroški, ki jih v tem trenutku ne moremo pokriti. Vzdržujemo dve patentni prijavi »Postopek za sintezo kvazi enadimenzionalnih struktur 4d in 5d (Nb, Mo, Ta, W) prehodnih kovin«, (PCT/SI2012/000041) in »Ultrafast quench based nonvolatile bistable device« (PCT/SI2013/000056). Glede na strokovne kriterije smo opustili patentno prijavo »An array smell sensor based on the measurement of the junction impedance of nanowires with different metals« (PCT/SI2011/000078). Na opremi CO Nanocentra so bile v preteklem letu izvajane meritve, ki so pripeljale do enega prijavljenega patenta v povezavi z ultrahitro spominsko celico (prijavitelj Institut »Jožef Stefan«) in pripravo patente prijave na področju prevlek (prijavitelj Institut »Jožef Stefan«).

Center odličnosti ne vidi svoje glavne vloge le v izobraževanju novih kadrov, temveč predvsem zagotavljanju ustrezne raziskovalne infrastrukture. Posebno pomembna dejavnost v zvezi s kadri in v zvezi s politiko odprtega dostopa do opreme. Ta usposabljanja so organizirana redno, in ko se končajo, lahko udeleženci neodvisno upravljajo nekatere analitične instrumente.

V letu 2014 je opremo CO Nanocentra pri svojem delu redno uporabljalo več kot 10 študentov, 34 doktorskih študentov in 6 podoktorskih študentov. V letu 2014 je bilo na opremi CO Nanocentra za samostojno delo izšolanih več študentov iz različnih fakultet Univerze v Ljubljani (Fakulteta za matematiko in fiziko, Biotehniška fakulteta, Narovoslovnotehniška fakulteta), Univerze v Mariboru (Fakulteta za strojništvo), Univerze Nova Gorica in Mednarodne podiplomske šole »Jožefa Stefana«.

V študijskem letu 2014/2015 je bila oprema prvič vključena v kurikulum posameznih fakultet, zato v prihodnjem letu pričakujemo boljše poznavanje opreme in s tem večje zanimanje študentov za opravljanje prakse ali diplomskega dela. V okviru svojih doktorskih ali podoktorskih raziskav je v letu 2014 opremo CO Nanocentra uporabljalo 10 raziskovalcev iz tujine, ki se v Sloveniji izobražujejo v okviru Marie Skłodowska-Curie projektov, štipendij Sklada za razvoj kadrov in štipendij RS za tuje študente ter drugih štipendij.

Dogodki na področjih koncentracija znanja, povezovanja javnega in poslovnega sektorja, povečanja uporabe znanja za konkurenčnost gospodarstva in mednarodna odličnost, za razširjanje znanstvenega in tehnološkega vedenja v družbo razširjanje znanstvenega in tehnološkega vedenja v družbo:



Naslov dogodka	Kraj in datum dogodka	Okvirno število udeležencev
V okviru obiska Instituta »Jožef Stefan« je laboratorije CO Nanocentra obiskal predsednik vlade, dr. Miro Cerar	Ljubljana, 27. 10. 2014	
Izobraževalno promocijski video https://www.youtube.com/watch?v=JvDfc0Chkc4	20. 3. 2014	676 ogledov (april 2015)
<i>Teden odprtih vrat</i> na lokaciji Jamova 39, Ljubljana	Ljubljana, 24.–29. 3. 2014	100
Predstavitev CO Nanocentra v okviru Celjskega sejma MOS	Celje, 16. 9. 2014	250
Predstavitve infrastrukture CO Nanocentra v sklopu predstavitev rezultatov na mednarodnih znanstvenih konferencah s strani raziskovalcev, ki opremo uporabljajo		več kot 1000

Obseg vpetosti novo ustvarjenega znanja CO v univerzitetni izobraževalni proces:

Naslov dogodka
- Na opremi LT STM se izvajajo laboratorijske vaje pri predmetu Materialografski praktikum (Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 1. stopnja) - Na opremi LT STM se izvajajo laboratorijske vaje pri predmetu Fizikalni eksperimenti I. in II. (Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, 1. stopnja) - Na opremi LT STM se izvajajo laboratorijske vaje pri predmetu Mikroskopske in mikroanalizne metode (Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 3. stopnja) - Na opremi LT STM se izvajajo laboratorijske vaje pri predmetu Spektroskopija in mikroskopija (Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2. stopnja) - Na opremi Raman–AFM mikroskopski sistem se izvajajo vaje v okviru Fizikalni eksperimenti I. in II. (Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, 2. stopnja) - Oprema iz proteomike se uporablja pri vajah predmeta Testiranje strupenosti (študijski program Biologija in Biotehnologija, 1. stopnja bolonjskega študija, 3. letnik, Biotehnična fakulteta, Univerza v Ljubljani)

5.6.4 Mednarodna odličnost

(Število publikacij in citatov po bibliografskih kriterijih ARRS, Vpetost v mednarodna združenja in povezave, Pogodbeno sodelovanje in vodenje mednarodnih projektov, Število gostujočih tujih raziskovalcev in predavateljev v CO – do enega tedna in več kot en teden, Obseg gostovanja RR osebja CO v mednarodnih inštitucijah – do enega tedna in več kot en teden, Število znanstvenih objav, inovacij in patentov v soavtorstvu s tujimi partnerji)

Rezultati raziskav, ki so bile opravljene na opremi CO Nanocentra, so bile objavljene v več kot 60 člankih. Med drugimi, je bil v letu 2014 objavljen tudi članek v ugledni reviji **Science**, kjer je oprema CO Nanocentra ključno prispevala k rezultatom raziskav. Izpostavimo lahko tudi objavo v reviji Nanotechnology, kjer so članek, pri katerem je pomembno prispevala oprema Focused Ion Beam CO Nanocentra, izbrali za **naslovnico revije**, Vol. 25 (2014). Zaradi metodologije ti rezultati v bazi SICRIS niso vidni, saj nihče od avtorjev člankov v letu 2014 v CO Nanocentru ni bil zaposlen. Uporaba opreme je razvidna iz publikacije. V nadaljevanju navajamo le del objav, ki so jih raziskovalci izpostavili kot najbolj relevantne:

- JOVANOVIĆ, Zoran, SPREITZER, Matjaž, KOVAČ, Janez, KLEMENT, Dejan, SUVOROV, Danilo. Silicon surface deoxidation using strontium oxide deposited with the pulsed laser deposition technique. ACS applied materials & interfaces, ISSN 1944-8244. [Print ed.], 2014, vol. 6, issue 20, str. 18205-18214, doi: 10.1021/am505202p. COBISS.SI-ID 28025383
- GSELMAN, Peter. Defekti PVD-prevlek in njihov vpliv na fizikalno-kemijske lastnosti sistema prevleka/podlaga: doktorska disertacija. [Maribor: P. Gselman], 2014. VI, 124 f., ilustr., COBISS.SI-ID 276393984
- VELIŠČEK, Žiga, SLEMENIK PERŠE, Lidija, DOMINKO, Robert, KELDER, Eric, GABERŠČEK, Miran. Preparation, characterisation and optimisation of lithium battery anodes consisting of silicon synthesised using Laser assisted Chemical Vapour Pyrolysis. Journal of power sources, ISSN 0378-7753, Jan. 2015, vol. 273, str. 380-388, COBISS.SI-ID 5600026
- BUH, Jože, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, JAGLIČIĆ, Zvonko, JESIH, Adolf, MIHAILOVIĆ, Dragan. Template synthesis of single-phase δ - MoN superconducting nanowires. Nanotechnology, ISSN 0957-4484, 2014, vol. 25, no. 2, str. 025601-1 025601-6, COBISS.SI-ID 27331623
- STOJCHEVSKA, Ljupka, VASKIVSKYI, Igor, MERTELJ, Tomaž, KUŠAR, Primož, SVETIN, Damjan, BRAZOVSKII, Serguei, MIHAILOVIĆ, Dragan. Ultrafast switching to a stable hidden quantum state in an electronic crystal. Science, ISSN 0036-8075, 2014, vol. 344, no. 6180, str. 177-180, COBISS.SI-ID 27627303
- SVETIN, Damjan, VASKIVSKYI, Igor, ŠUTAR, Petra, GORESHNIK, Evgeny A., GOSPODARIČ, Jan, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan. Transitions between photoinduced macroscopic quantum states in 1T-TaS_2 controlled by substrate strain. Applied physics express, ISSN 1882-0778, 2014, vol. 7, no. 10, str. 103201-1-103201-4 COBISS.SI-ID 28020263
- KAVRE, Ivna, KOSTEVC, Gregor, KRALJ, Slavko, VILFAN, Andrej, BABIČ, Dušan. Fabrication of magneto-responsive microgears based on magnetic nanoparticle



embedded PDMS. RSC advances, ISSN 2046-2069, 2014, vol. 4, issue 72, str. 38316-38322, COBISS.SI-ID 27896103

- PANJAN, Matjaž, KLANJŠEK GUNDE, Marta, PANJAN, Peter, ČEKADA, Miha. Designing the color of AlTiN hard coating through interference effect. Surface & coatings technology, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2014, vol. 254, str. 65-72, COBISS.SI-ID 27762471
- MILETIĆ, Aleksander, PANJAN, Peter, ŠKORIĆ, Branko, ČEKADA, Miha, DRAŽIĆ, Goran, KOVAČ, Janez. Microstructure and mechanical properties of nanostructured TiAlSiN coatings deposited by magnetron sputtering. V: Selected papers from the 56th Annual Technical Conference - SVC TechCon of Surface and Coatings Technology, April 20-25, 2013, Providence, Road Island, (Surface & coating technology, ISSN 0257-8972, Vol. 241, 2014). Lausanne: Elsevier, 2014, vol. 241, str. 105-111, COBISS.SI-ID 27291943
- JOVANOVIĆ, Zoran, SPREITZER, Matjaž, KOVAČ, Janez, KLEMENT, Dejan, SUVOROV, Danilo. Silicon surface deoxidation using strontium oxide deposited with the pulsed laser deposition technique. ACS applied materials & interfaces, ISSN 1944-8244. [Print ed.], 2014, vol. 6, issue 20, str. 18205-18214, COBISS.SI-ID 28025383
- LI, Lei, SPREITZER, Matjaž, SUVOROV, Danilo. Unique dielectric tunability of $\text{Ag}(\text{Nb}_{1-x}\text{Ta}_x)\text{O}_3$ ($x=0-0.5$) ceramics with ferroelectric polar order. Applied physics letters, ISSN 0003-6951. [Print ed.], 2014, vol. 104, no. 18, str. 182902-1-182902-5, COBISS.SI-ID 27679015
- VOROBIEV, A., SPREITZER, Matjaž, VEBER, Asja, SUVOROV, Danilo, GEVORGIAN, Spartak. Intrinsically tunable bulk acoustic wave resonators based on sol-gel grown PMN-PT films. Journal of applied physics, ISSN 0021-8979, 2014, vol. 116, no. 6, str. 064101-1-064101-8, COBISS.SI-ID 27869991
- KLEMENT, Dejan, SPREITZER, Matjaž, SUVOROV, Danilo. Suppressed temperature dependence of the resonant frequency of a $\text{AgNb}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3$ composite vs. single-phase ceramics. Journal of the European ceramic society, ISSN 0955-2219. [Print ed.], 2014, vol. 34, issue 6, str. 1537-1545, COBISS.SI-ID 27388199
- VOPSON, M. M., ZEMAITYTE, E., SPREITZER, Matjaž, NAMVAR, E. Multiferroic composites for magnetic data storage beyond the super-paramagnetic limit. Journal of applied physics, ISSN 0021-8979, 2014, vol. 116, no. 11, str. 113910-1-113910-5, COBISS.SI-ID 27947303
- POLAJNAR, Mira, ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, ŠKERGET, Katja, VIZOVIŠEK, Matej, VIDMAR, Robert, FONOVIĆ, Marko, KOPITAR-JERALA, Nataša, PETROVIĆ, Uroš, NAVARRO, Susanna, VENTURA, Salvador, ŽEROVNIK, Eva. Human stefin B role in cell's response to misfolded proteins and autophagy. PloS one, ISSN 1932-6203, 2014, vol. 9, no. 7, str. e102500-1-e102500-15, COBISS.SI-ID 27852327
- POLAJNAR, Mira, ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, KOPITAR-JERALA, Nataša, TUŠEK-ŽNIDARIČ, Magda, ŽEROVNIK, Eva. Gain in toxic function of stefin B EPM1 mutants aggregates: correlation between cell death, aggregate number/size and

- oxidative stress. *Biochimica et biophysica acta. BBA, Molecular cell research*, ISSN 0167-4889. [Print ed.], 2014, vol. 1843, no. 9, str. 2089-2099, COBISS.SI-ID 27799335
- POLAJNAR, Mira, ŽEROVNIK, Eva. Impaired autophagy: a link between neurodegenerative and neuropsychiatric diseases. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, ISSN 1582-4934, 2014, vol. 18, issue 9, str. 1705-1711, COBISS.SI-ID 27886375
 - MAHER, Katarina, JERIČ, Barbara, BUTINAR, Miha, MIKHAYLOV, Georgy, MANČEK KEBER, Mateja, STOKA, Veronika, VASILJEVA, Olga, TURK, Boris, GRIGORYEV, Sergei A., KOPITAR-JERALA, Nataša. A role for stefin B (cystatin B) in inflammation and endotoxemia. *The Journal of biological chemistry*, ISSN 0021-9258, 2014, vol. 289, no. 46, str. 31736-31750, COBISS.SI-ID 28031271
 - PROSEN, Lara, MARKELC, Boštjan, DOLINŠEK, Tanja, MUŠIČ, Branka, ČEMAŽAR, Maja, SERŠA, Gregor. Mcam silencing with RNA interference using magnetofection has antitumor effect in murine melanoma. *Molecular therapy, Nucleic acids*, Vol. 3, 2014, COBISS.SI-ID 1898875
 - PROSEN, Lara, MARKELC, Boštjan, DOLINŠEK, Tanja, MUŠIČ, Branka, ČEMAŽAR, Maja, SERŠA, Gregor. Mcam silencing with RNA interference using magnetofection or gene electrotransfer has antitumor and antiangiogenic effect. *V: Bioelectrics 2014: book of abstracts*. [Missouri: s. n.], 2014, str. 36. COBISS.SI-ID 1908859
 - Lara Prosen, l. 2014: VPLIV MAGNETOFEKCIJE S PLAZMIDNO DNA, KI KODIRA shRNA PROTI GENU Mcam, NA ANGIOGENEZO MIŠJIH ENDOTELIJSKIH CELIC IN PROLIFERACIJO CELIC MIŠJEGA MELANOMA IN VITRO, doktorska naloga 2014
 - TAŠIČ, Blaž, MRZEL, Aleš, HUSKIĆ, Miroslav, ZHANG, Xinzhen, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Alignment of MoS₂ nanotubes in a photopolymerizable liquid- crystalline material. *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, ISSN 1932-7447, 2014, vol. 118, iss. 45, str. 26396-26401, ilustr., COBISS.SI-ID 2746468
 - VERYASOV, Gleb, GRILC, Miha, LIKOZAR, Blaž, JESI, Adolf. Hydrodeoxygenation of liquefied biomass on urchin-like MoS₂. *Catalysis communications*, ISSN 1566-7367, Feb. 2014, vol. 46, str. 183-186, ilustr. COBISS.SI-ID 5395226
 - STROJNIK, Martin, KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, BUH, Jože, STRLE, Jure, MIHAILOVIĆ, Dragan. MoS₂ nanotube field effect transistors. *AIP advances*, ISSN 2158-3226, 2014, vol. 4, no. 9, str. 097114-1-097114-5, COBISS.SI-ID 27979047
 - PIRNAT, Klemen, BITENC, Jan, JERMAN, Ivan, DOMINKO, Robert, GENORIO, Boštjan. Redox-active functionalized graphene nanoribbons as electrode material for Li-ion batteries. *ChemElectroChem*, ISSN 2196-0216, Dec. 2014, vol. 1, iss. 12, str. 2131-2137
 - TAO, L., ROUSSEL, Guy, CHOTARD, J. N., DUPONT, Lööc, BRUYÈRE, S., HANŽEL, Darko, MALI, Gregor, DOMINKO, Robert, LEVASSEUR, S., MASQUELIER, Christian.

- Preparation, structure and electrochemistry of LiFeBO_3 : a cathode material for Li-ion batteries. *Journal of materials chemistry. A, Materials for energy and sustainability*, ISSN 2050-7488. [Print ed.], 2014, vol. 2, no. 7, str. 2060-2070, doi: 10.1039/c3ta13021e. [COBISS.SI-ID 27421991]
- JUGOVIĆ, Dragana, MILOVIĆ, Miloš, IVANOVSKI, Valentin, AVDEEV, Max, DOMINKO, Robert, JOKIĆ, Bojan, USKOKOVIĆ, Dragan. Structural study of monoclinic $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ by X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy. *Journal of power sources*, ISSN 0378-7753, Nov. 2014, vol. 265, str. 75-80.
 - ARMSTRONG, A. Robert, SIRISOPANAPORN, Chutchamon, ADAMSON, Paul, BILLAUD, Juliette, DOMINKO, Robert, MASQUELIER, Christian, BRUCE, Peter G. Polymorphism in $\text{Li}_2\text{M}_2\text{SiO}_4$ ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Mn}$): a variable temperature diffraction study. *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, ISSN 0044-2313, May 2014, vol. 640, iss. 6, str. 1043-104940.
 - PAVLIČ, Jernej, MALIČ, Barbara, ROJAC, Tadej. Small reduction of the piezoelectric d_{33} response in potassium sodium niobate thick films. *Journal of the American Ceramic Society*, ISSN 0002-7820, 2014, vol. 97, no. 5, str. 1497-1503, COBISS.SI-ID 27695911
 - PAVLIČ, Jernej, MALIČ, Barbara, ROJAC, Tadej. Microstructural, structural, dielectric and piezoelectric properties of potassium sodium niobate thick films. *Journal of the European ceramic society*, ISSN 0955-2219. [Print ed.], 2014, vol. 34, issue 2, str. 285-295, COBISS.SI-ID 27204135
 - STOOSKI, S. B., BUŁKA, B. R., ŽITKO, Rok, RAMŠAK, Anton. Entanglement switching via the Kondo effect in triple quantum dots. *The European physical journal. B, Condensed matter physics*, ISSN 1434-6028, 2014, vol. 87, iss. 6, 8 str., ilustr., COBISS.SI-ID 2687076
 - STOOSKI, S. B., RAMŠAK, Anton, BUŁKA, B. R., ŽITKO, Rok. Effect of assisted hopping on thermopower in an interacting quantum dot. *New journal of physics*, ISSN 1367-2630. [Online ed.], 2014, vol. 16, art. no. 055001, 17 str., graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2672996
 - MIERZEJEWSKI, Marcin, PRELOVŠEK, Peter, PROSEN, Tomaž. Breakdown of the generalized Gibbs ensemble for current-generating quenches. *Physical review letters*, ISSN 0031-9007. [Print ed.], 2014, vol. 113, iss. 2, str. 020602-1-020602-5., COBISS.SI-ID 2707044
 - LENARČIČ, Zala, GOLEŽ, Denis, BONČA, Janez, PRELOVŠEK, Peter. Optical response of highly excited particles in a strongly correlated system. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 89, no. 12, str. 125123-1-125123-6, COBISS.SI-ID 27638311
 - GOLEŽ, Denis, BONČA, Janez, MIERZEJEWSKI, Marcin, VIDMAR, Lev. Mechanism of ultrafast relaxation of a photo-carrier in antiferromagnetic spin background. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 89, iss. 16, str. 165118-1-165118-7, ilustr., COBISS.SI-ID 2672740



- PSAROUDAKI, C., HERBRYCH, Jacek, KARADAMOGLOU, J., PRELOVŠEK, Peter, ZOTOS, X., PAPANICOLAOU, N. Effective $S=1/2$ description of the $S=1$ chain with strong easy-plane anisotropy. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 89, iss. 22, str. 224418-1-224418-12, graf. prikazi, COBISS.SI-ID 2777700
- MIERZEJEWSKI, Marcin, CRIVELLI, D., PRELOVŠEK, Peter. Peltier effect in strongly driven quantum wires. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 7, str. 075124-1-075124-5, graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2777444
- KOGOJ, Jan, LENARČIČ, Zala, GOLEŽ, Denis, MIERZEJEWSKI, Marcin, PRELOVŠEK, Peter, BONČA, Janez. Multistage dynamics of the spin-lattice polaron formation. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, no. 12, str. 125104-1-125104-6, COBISS.SI-ID 28071463
- SUGIMOTO, Koudai, PRELOVŠEK, Peter, KANESHITA, Eiji, TOHYAMA, Takami. Memory function approach to in-plane anisotropic resistivity in the antiferromagnetic phase of iron arsenide superconductors. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 12, str. 125157-1-125157-6, graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2777188
- CRIVELLI, D., PRELOVŠEK, Peter, MIERZEJEWSKI, Marcin. Energy and particle currents in a driven integrable system. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 19, str. 195119-1-195119-8, graf. prikazi, COBISS.SI-ID 2776932
- LENARČIČ, Zala, PRELOVŠEK, Peter. Charge recombination in undoped cuprates. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2014, vol. 90, iss. 23, str. 235136-1-235136-13, graf. prikazi., COBISS.SI-ID 2776676

CO Nanocenter je vključen v evropski spletni portal za relevantno raziskovalno infrastrukturo. Ključni kriterij za uvrstitev opreme na seznam je bil, da gre za raziskovalno zmogljivost, ki presega nacionalni pomen. Evropski zemljevid raziskovalne infrastrukture, ki je nastal v okviru EU projekta 7OP MERIL v sodelovanju z Evropsko znanstveno fundacijo (ESF), je mednarodni znanstveni skupnosti na voljo na:

<http://portal.meril.eu/converis-esf/publicweb/startpage?lang=1>

Računalniška gruča je vključena v nacionalni računalniški grid (SLiNG) in je tako dostopna vsem zainteresiranim uporabnikom, tako v akademski sferi kot v gospodarstvu.

Oprema CO Nanocentra se uporablja v okviru več mednarodnih projektov:

- Enabling technology for high-quality piezoMEMS, M-ERA.NET mednarodni projekt, trajanje projekta: 1. 12. 2014–30. 11. 2017,
- Thin-Film-Energy-Storage Device on the basis of PLZT and Cu-electrodes, industrijski projekt s tovarno EPCOS OHG,



- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018,
- Replacement and Original Magnet Engineering Options ROMEO, mednarodni projekt, trajanje: 1. 12. 2012–30. 11. 2015,
- Enabling research-1-FU: Advanced SiC/SiC toward implementation in fusion power plants, EUROfusion, mednarodni projekt, trajanje: 1. 1. 2014–31. 12. 2014,
- MNT ERA.NET projekta Naferbio (Nanostructured ferroelectric films for biosensors),
- Mucus Permeating Nanoparticulate Drug Delivery System – Alexander, mednarodni projekt, trajanje: 1. 4. 2012–31. 2. 2016,
- mednarodni projekt s Hondo R&D Europe (Deutschland) GmbH,
- Funkcionalizacija površin za razvoj dostavnih sistemov za ciljno zdravljenje (sodelovanje med Kemijskim Inštitutom, Univerzo v Mariboru in s Karl-Franzens in Technische Universität Graz,
- Large-scale integrating EU FP7 project NanoValid, mednarodni projekt, trajanje: 2011–2015,
- Large-scale integrating EU FP7 project NanoMile, mednarodni projekt, trajanje: 2013–2016,
- Oksidni materiali za obdobje elektronike po siliciju – ORAMA, 70P, NMP2-LA-2010-246334, mednarodni projekt, trajanje: 1. 10. 2010–30. 9. 2014.

Mednarodno odličnost izkazujemo tudi s sodelovanjem pri konfiguraciji oprema LT Nanoprobe. Oprema, ki smo jo nabavili v okviru centra je prvi izdelek na svetu (poleg prototipov). Ta oprema je bila v letu 2014 razglašena za zmagovalca v kategoriji »Imaging Technology« na tekmovanju 2013 R&D 100 Winner. Gre za t.i. Oskarje izumov oz. najboljših 100 tehnoloških produktih v različnih kategorijah po izbiri R&D Magazine (<http://www.rdmag.com/award-winners/2013/08/nanoscale-conductance-sleuth>).

5.6.5 Uresničevanje horizontalnih ciljev (Učinkovita raba energije, Obnovljivi viri energije, Zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov, Prispevek k trajnostnemu razvoju s poudarkom na okoljski dimenziji)

Novi nanomateriali razviti v CO Nanocenter za uporabo pri baterijah, sončnih celicah in gorivnih celic so oblikovani tako, da imajo velik vpliv na zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, povečano uporabo obnovljivih virov energije in čistejših proizvodnih tehnologij. Z vidika vpliva na okolje CO Nanocenter prispeva k učinkoviti rabi naravnih virov (energetska učinkovitost, učinkovita raba vode in surovin), okoljska učinkovitost (uporaba najboljših razpoložljivih tehnik, uporaba referenčnih dokumentov, nadzor emisij in tveganj, zmanjševanje količine odpadkov in ločeno zbiranje odpadkov), trajnostno dostopnost (spodbujanje okolju prijaznejših načinov prevoza), zmanjšanje vplivov na okolje (priprava poročila o

vplivih na okolje ali strokovna presoja vplivov na okolje). CO Nanocenter s svojo vsebino ne povzroča okoljske škode, namestitev opreme in njena uporaba poteka v skladu z okoljskimi predpisi (npr. pri sintezi nanodelcev).

6 ZAKLJUČEK

Kot dokazujejo kazalniki in opis aktivnosti, smo bili v CO Nanocentru, ob izteku prvega leta brez sofinanciranja operacije Centra odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije, izjemno uspešni.

Vzpostavljena infrastruktura s tehnologijo ter transparenten in učinkovit dostop do opreme so se izkazali za odlično osnovo, na podlagi katere se CO Nanocenter še naprej krepi kot vmesnik med raziskovalci na univerzah in institutih ter industrijo. S tako ponudbo lahko dostopne platforme za izvajanje skupnih projektov, vključno s šolanjem na vrhunski opremi industrija pridobi neposreden dostop do infrastrukture, znanja, opreme in mladih kadrov. Zaradi odlik pri zasnovi projekta ugotavljamo, da se naš pristop transparentnosti, podprtega šolanja in dostopnosti širi tudi na drugo raziskovalno opremo v Sloveniji.

Centri odličnosti so Sloveniji za nekaj let povečali konkurenčnost v razvitem svetu s ponudbo kakovostne opreme in ambicioznim uvajanjem novih tehnologij z visoko dodano vrednostjo. Optimalna uporaba rezultatov tega instrumenta je odvisna od nadaljevanja politike vlaganja v znanje kot gonilno silo in prvinsko vrednoto v slovenskem gospodarstvu. Nedavno drastično zmanjšanje financiranje raziskovalne in tehnološke sfere, je zelo hitro nakazalo, da so naši najboljši mladi raziskovalci množično pričeli razmišljati o odhodu v tujino, kar pomeni, da se lahko zgodi, da ne bomo imeli kadrov za uresničitev ne strokovnih ne družbenoekonomskih ciljev centrov odličnosti, pa tudi širše družbe nasploh. Vrhunska oprema Nanocentra jih vendarle privablja, da nekateri najbolj motivirani ostanejo doma, saj jim – vsaj trenutno – zagotavlja konkurenčne pogoje za izpolnjevanje svojih razvojnih in raziskovalnih ambicij.

V nekaj letih, od aprila 2010, je CO Nanocenter popolnoma izpolnil visoko zastavljene cilje in postal pomemben regionalni infrastrukturni center na področju razvoja novih nanomaterialov in tehnologij. Dejavnosti v CO Nanocentru zaobjemajo vse od različnih vrst sintez nanomaterialov, tankih plasti, nano elektronike, senzorjev, bio-nano tehnologije, bio-nano medicinske tehnologije do bio-nano varnosti. Raznolike so tudi dejavnosti industrijskih partnerjev in segajo od osnovnih raziskav preko revolucionarnih novih optičnih nano litografskih tehnik pa vse do novih premazov, terapij za zdravljenje rakavih obolenj in različnih tankih plasti za potrošniške dobrine. V nadaljevanju delovanja CO Nanocentra je osnovni namen, poleg nadgradnje obstoječe infrastrukture, vpeljevanje novih tehnologij in širitev aktivnosti v smeri, ki jo bo določal napredek znanosti in tehnologije. Z dopolnjevanjem infrastukture nameravamo vzdrževati konkurenčnost in s tem okrepiti podporne dejavnosti, ki bodo omogočale učinkovito podporo uporabnikom, od mladih raziskovalcev do industrijskih uporabnikov.



Za uspešno delovanje in vzdrževanje vrhunske opreme bi potrebovali vsaj 10% naložbene vsote letno, kar sovпада s priporočilom za nadaljevanje financiranja v poročilu mednarodne evalvacije. Porabo sredstev, ki so nam bila dodeljena v okviru operacije centrov odličnosti 2010–2013 lahko upravičimo le s primernim vzdrževanjem in podporo gospodarstvu.

Pregled najpomembnejših dosežkov CO Nanocentra v 2014:

- na opremo CO Nanocentra se je navezovalo 25 slovenskih projektov, več kot 10 mednarodnih projektov in 12 industrijskih projektov v skupni vrednosti več kot 20 milijonov evrov letno;
- opremo CO Nanocentra je pri svojem delu redno uporabljalo več kot 10 študentov, 34 doktorskih študentov in 6 podoktorskih študentov. V letu 2014 je na opremi CO Nanocentra za samostojno delo izšolanih več študentov iz različnih fakultet Univerze v Ljubljani, Univerze v Mariboru, Univerze Nova Gorica in Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana. V študijskem letu 2014/2015 je bila oprema prvič vključena v kurikulum posameznih fakultet;
- rezultati raziskav, pri katerih smo uporabili opremo, so bili objavljeni v več kot 60 člankih mednarodno uveljavljenih revij, kar kaže na visoko konkurenčnost raziskav, ki jih ta oprema omogoča;
- opremo je v okviru svojih doktorskih ali podoktorskih raziskav v letu 2014 uporabljalo 10 raziskovalcev iz tujine;
- sodelovanje pri konfiguraciji dveh izdelkov, ki sta že na trgu: LT Nanoprobe in LDI Protolaser

Iz aktivnosti zavoda v letu 2014 izhaja raznolikost in široko področje delovanja CO Nanocentra ter uspešen pretoka znanja med akademsko sfero in industrijo. Največja dodana vrednost je prenos vrhunskega znanja preko projektov in raziskav z industrijo, ki jih je za več kot 20 milijonov evrov letno. Za ovrednotenje moramo upoštevati znanje pridobljeno na osnovi raziskav na opremi CO Nanocentra (šolanje mladih raziskovalcev), ki je prenešeno v industrijo posredno in neposredno prek zaposlitev mladih doktorjev v visokotehnološki industriji. Vzpostavljena infrastruktura je izjemna osnova za razvoj projektov na področju materialov in tehnologij. Ob zaključku začetne faze CO Nanocentra, je raziskovalno-razvojno delo v polnem obsegu šele zaživelo. CO Nanocenter je s svojo infrastrukturo postal eden od nosilcev znanja in kompetenc na ključnem razvojnem področju Napredni materiali in tehnologije. V tem trenutku je nujno, da se prek razpisov in instrumentov vzpostavi trajni mehanizem za pretok znanja med akademsko sfero in podjetji (preko pretoka ljudi, skupnih projektov, doktoratov v gospodarstvu in (skupne) raziskovalne infrastrukture).

PRILOGA 1: Seznam raziskovalne opreme CO Nanocenter

Zap. št.	Naziv investicije	Oznaka	Opis	Vrednost	Lokacija
1	Sistem za pulzno lasersko depozicijo (PLD) z elementarno karakterizacijo in spremljajočo opremo	1-1/2011	PLD komora	674.420,63	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
		1-2/2011	PLD laser	136.661,27	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
		1-7/2013	Peč za hitro termično procesiranje keramičnih tankih plasti	20.544,80	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
		1-8/2013	Invertni optični mikroskop s flourescentno detekcijo	44.446,65	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
		1-22/2013	Masni spektrometer	36.452,38	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
2	Sistem za epitaksijo z molekularnim curkom – MBE	2-1/2012	XRD	570.070,20	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
		2-2/2011	sistem MBE	404.166,96	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
3	Sistem za hidrotermalno sintezo nanomaterialov	3-1/2010	Sistem za hidrotermalno analizo	79.384,17	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
4	Analizator lomnega količnika	4-1/2013	Dodatek za merjenje refleksije na spektrofotometru	18.236,56	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
		4-2/2013	Refraktometer	2.934,10	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
5	Reflektometer	5-1/2013	Spektrograf z detektorjem	49.761,36	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
6	Oprema za zagotavljanje minimizacije mehanskih vibracij	6-1/2011	Oprema za zagotavljanje minimizacije mehanskih vibracij	35.914,90	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
7	Utekočinjevalnik He (soudeležba)	7-1/2011	prerazporeditev na 24	1.084,00	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
8	Oprema za termično procesiranje	8-1/2010	Oprema za termično procesiranje	47.499,03	Institut "Jožef Stefan",

					Jamova 39, Ljubljana
9	Oprema za atomsko enoslojno depozicijo	9-1/2012	ALD	176.717,02	Institut "Jožef Stefan", Teslova 30, Ljubljana
		9-3/2013	Tlačna celica	16.496,71	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
10	Oprema za plazemsko jedkanje, čiščenje in mokro procesiranje	10-2/2012	oprema za plazemsko jedkanje, čiščenje in mokro procesiranje	22.323,71	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
11	Oprema laboratorija za procesiranje in karakterizacijo nanocelcev	11-1/2010	Oprema laboratorija za procesiranje in karakterizacijo nanodelcev	124.487,67	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
12	Ionska litografija (FIB z dvojnimi ali trojnimi žarkom)	12-1/2011	Sistem s fokusiranim ionskim snopom – FIB	1.018.765,74	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
13	Oprema za pripravo suspenzij in tankih filmov		prerazporeditev na 1		
14	Oprema za termično obdelavo tankih plasti		prerazporeditev na 1		
15	Oprema za karakterizacijo lastnosti nanosuspenzij, nanodelcev in tankih plasti		prerazporeditev na 1		
16	Suha komora	16-19-1/2010	Suha komora	80.931,31	Kemijski Institut, Hajdrihova 19, Ljubljana
17	Brizgalni tiskalnik za izdelavo 2D nanostruktur	17-1/2010	Brizgalni tiskalnik za izdelavo 2D nanos	52.374,71	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
18	Peč za hitro žganje nanostruktur s hlapnimi komponentami		nabavljeno iz drugih virov		
19	Suha komora za delo z reaktivnimi kemikalijami	16-19-1/2011	Drybox	30.957,60	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
20	Sistem za optično nanolitografijo	20-1/2010	Sistem za optično nanolitografijo	192.203,39	Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani
21	Univerzalni merilec mehanskih lastnosti nanovlaken	21-1/2011	Univerzalni merilec mehanskih lastnosti nanovlaken	6.960,00	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
22	Magnetometer	22-1/2010	Magnetometer	133.140,91	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana

23	Sistem za merjenje električnih lastnosti	23-1/2010	Sistem za merjenje električnih lastnosti	533.037,84	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
24	Jedrsko magnetno resonančni vrstični tunelski mikroskop s pripadajočo opremo (NMR STM)	24-1/2010	sistem za nizkotemperaturno elektroniko	262.115,75	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
25	Nizkotemperaturni vrstični tunelski mikroskop z dodatno opremo (LT STM)	25-01/2011	Nizkotemperaturni mikroskop z dodatno opremo – LT STM	583.214,00	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
26	MAC Imode, nadgradnja kontrolerja, modul za dostop do signalov za Agilent 5500 AFM ter tokovni ojačevalec z nastavljenim ojačenjem	26-1/2010	nadgradnja kontrolerja	76.237,28	Kemijski Institut, Hajdrihova 19, Ljubljana
27	Mikrovalovni mrežni analizator in lock-in ojačevalec	27-1/2010	Mikrovalovni mrežni analizator in lock-in ojačevalec	3.880,00	Kemijski Institut, Hajdrihova 19, Ljubljana
28	PicoTrec+iMic za Agilent AFM 5500	28-1/2010	PicoTrec+iMic za Agilent AFM	23.997,50	Kemijski Institut, Hajdrihova 19, Ljubljana
29	HarmoniX za Veeco Multimode V		nabavljeno iz drugih virov		
30	Konfokalni ramanski spektrometer	30-1/2012	konfokalni raman – AFM spektrometer	461.877,26	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
31	Konfokalni fluorescentni mikroskop s pripadajočo opremo	31-1/2011	Konfokalni mikroskop s pripadajočo opremo	432.488,24	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
32	Nadgradnjo sistema za proteomiko I.	32-1/2010	sistem za proteomiko	25.144,24	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
33	Elipsometer ter oprema za karakterizacijo	33-1/2011	Elipsometer	225.096,56	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
34	4-sondni UHV STM/SEM mikroskopski sistem	34-1/2012	4-sondni UHV STM/SEM mikroskopski sistem s pripadajočo opremo	1.196.278,01	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
35	Sondažna postaja z možnostjo meritev pri nizki temperaturi	35-36-1/2010	Sondažna postaja z možnostjo meritev pri nizki temperaturi	187.264,95	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
36	Sondažna postaja z možnostjo meritev v visokem magnetnem polju in pri nizki temperaturi				Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana

37	Magnet za optične meritve	38-1/2010	Merilna postaja za meritve električnih transportnih lastnosti pri ultranizkih temperaturah do 300mK	133.375,60	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
38	Merilna postaja za meritve električnih transportnih lastnosti pri ultranizkih temperaturah do 300mK				Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
39	Naprava za merjenje oprijemljivosti prevlek	39-40-1/2010	Naprava za merjenje oprijemljivosti prevlek	165.485,14	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
40	Naprava za merjenje triboloških lastnosti prevlek		Naprava za merjenje triboloških lastnosti prevlek		Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
41	Reometer Physica MCR 501	41-1/2010	Reometer Physica MCR 501	99.989,89	Helios TBLUS, Količevo
42	Processor Tensiometer K100MK2	42-1/2011	Optični mikroskop	19.994,73	Helios TBLUS, Količevo
		42-2/2011	Računalnik z dodatki za dokumentiranje meritev in rezultatov	4.786,14	Helios TBLUS, Količevo
		42-3/2011	Nadgradnja Xenon komore	2.100,00	Helios TBLUS, Količevo
43	Akustični spektrometer DT1200	43-1/2010	Instrument za merjenje zeta potenciala ter velikosti in porazdelitev delcev pri visoki vsebnosti suhe snovi	86.079,28	Helios TBLUS, Količevo
44	Zetasizer	44-1/2010	Zetasizer Nano ZEN 3600	105.418,00	Nanotesla Institut, Stegne
		44-2/2012	Metalografski mikroskop	11.056,98	Nanotesla Institut, Stegne
45	MiniFlex XRD	45-1/2011	MiniFlex XRD	97.072,00	Nanotesla Institut, Stegne
		45-2/2012	ALMEMO instrument s tiskalnikom in akumulatorjem	1.344,06	Nanotesla Institut, Stegne
46	Nadgradnja računalniške gruč	46-1/2012	oprema in ureditev prostora za intenzivno računanje	144.236,00	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
	druga oprema			9.355,60	Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana
	SKUPAJ			8.871.858,97	

6 Računovodsko poročilo

Računovodsko poročilo je pripravilo podjetje Unija, d. o. o.

Obvezna pojasnila k računovodskim izkazom za leto 2014

Glavna dejavnost družbe je Raziskovalna in razvojna dejavnost na drugih področjih naravoslovja in tehnologije.

Računovodsko poročilo izkazuje resničen in pošten prikaz premoženja in obveznosti družbe, njenega finančnega položaja in poslovnega izida; vsebuje računovodske izkaze s pojasnili skladno z določili SRS (2006) in Zakona o zavodih.

6.1 Opredmetena osnovna sredstva in neopredmetena dolgoročna sredstva

Opredmetena osnovna sredstva se vrednotijo po modelu nabavne vrednosti. Odpisovanje osnovnih sredstev se izvaja na podlagi metode enakomernega časovnega amortiziranja. Uporabljene amortizacijske stopnje so določene na osnovi predvidene dobe uporabnosti osnovnega sredstva.

V poslovnem letu slabitev osnovnih sredstev ni bilo.

6.2 Amortizacija

Neodpisana vrednost opredmetenih osnovnih sredstev se zmanjšuje z amortiziranjem. Opredmeteno osnovno sredstvo se začne amortizirati prvi naslednji dan meseca potem, ko je razpoložljivo za uporabo.

6.3 Denarna sredstva

Denarna sredstva sestavlja knjižni denar. Knjižni denar je denar na računih pri banki, ki se uporablja za plačevanje. Sestavljajo ga takoj razpoložljiva denarna sredstva.

6.4 Kratkoročne časovne razmejitve

Družba nima kratkoročnih časovnih razmejitev.

6.5 Obveznosti iz poslovanja

So izkazane po odplačni vrednosti. Družba nima dolgov z zapadlostjo več kot 5 let.

6.6 Zabilančna sredstva in obveznosti

Družba izkazuje naslednja vrste:

- oprema dana v uporabo: 100.604,89 EUR
- patenti: 4,00 EUR

6.7 Tečaj in način preračuna v evre

Knjigovodske postavke, originalno izražene v tuji valuti, so preračunane v evre po referenčnem tečaju ECB, ki ga objavlja Banka Slovenije.

6.8 Prihodki po dejavnosti posameznih negospodarskih javnih služb in lastni dejavnosti, razčlenjene po vrstah:

Prihodki po dejavnosti:

- drugi prihodki: 2.633.735,25 EUR
- prihodki od opravljanja lastne dejavnosti: 112.080,00 EUR

6.9 Odhodki in stroški po dejavnosti:

- lastna dejavnost: stroški materiala, storitev, plač 99.224,69 EUR

6.10 Obračunano in porabljeno amortizacijo po dejavnosti posameznih gospodarskih javnih služb in lastni dejavnosti:

- lastna dejavnost: 2.627.392,17 EUR
- javne službe: 0 EUR

6.11 Ugotovljeni in razporejeni presežek prihodkov oziroma ugotovljeni in pokriti presežek odhodkov po dejavnostih posameznih gospodarskih javnih služb in lastni dejavnosti

V obdobju poročanja je ugotovljen presežek prihodkov v znesku 17.825,22 EUR.

6.12 PRERAČUN POSLOVNEGA IZIDA (SRS 8.30)

Preračun poslovnega izida na podlagi rasti cen življenjskih potrebščin:

Preračun poslovnega izida za tekoče leto	Vložek	Učinek preračuna	Presežek odhodkov nad prihodki
Preračun na podlagi indeksa cen življenjskih potrebščin	15.000,00	-12,29	17.812,93

6.13 Bilanca stanja na dan 31. 12. 2014

AOP	Konto	POSTAVKA	v EUR (brez centov)	
		BILANCA STANJA	Tekoče obd.	Primerjalno obd.
001		SREDSTVA (002+021+037)	3.115.788	6.065.244
002		A. DOLGOROČNA SREDSTVA (003+006+013+014+018)	3.096.207	5.713.030
003		I. NEOPREDMETENA SREDSTVA IN DOLG. AKTIVNE ČASOVNE RAZMEJITVE (004 do 005)	0	0
004	00	1. Neopredmetena sredstva in dolgoročne aktivne časovne razmejitve	0	0
005	del 08, del 13	2. Predujmi za neopredmetena sredstva	0	0
006		II. OPREDMETENA OSNOVNA SREDSTVA (007 do 012)	3.096.207	5.713.030
007	del 02, del 03	1. Zemljišča	0	0
008	del 02, del 03	2. Zgradbe	0	0
009	del 04, del 05	3. Oprema	3.096.207	5.713.030
010	del 04, del 05	4. Druga opredmetena osnovna sredstva	0	0
011	del 02, del 04	5. Opredmetena osnovna sredstva v gradnji oz. izdelavi	0	0
012	del 08, del 13	6. Predujmi za opredmetena osnovna sredstva	0	0
013	01	III. NALOŽBENE NEPREMIČNINE	0	0
014		IV. DOLGOROČNE FINANČNE NALOŽBE (015 do 017)	0	0
015	06	1. Dolgoročne kapitalske naložbe	0	0
016	del 07	2. Dolgoročna dana posojila	0	0
017	del 07	3. Dolgoročni depoziti	0	0
018		V. DOLGOROČNE POSLOVNE TERJATVE (019+020)	0	0
019	del 08	1. Dolgoročne poslovne terjatve do kupcev	0	0
020	del 08, 09	2. Druge dolgoročne poslovne terjatve	0	0
021		B. KRATKOROČNA SREDSTVA (022+023+029+032+036)	19.581	352.214
022	67	I. SREDSTVA (SKUPINE ZA ODTUJITEV) ZA PRODAJO	0	0
023		II. ZALOGE (024 DO 028)	0	0
024	30, 31, 32	1. Material	0	0
025	61, 62, 63	2. Proizvodi	0	0
026	60	3. Nedokončani proizvodi in storitve	0	0
027	65, 66	4. Trgovsko blago	0	0
028	del 13	5. Predujmi za zaloge	0	0
029		III. KRATKOROČNE POSLOVNE TERJATVE (030+031)	1.522	281.448
030	del 08, 12	1. Kratkoročne poslovne terjatve do kupcev	1.098	0
031	del 08, del 13, 14, 15, 16	2. Druge kratkoročne poslovne terjatve	424	281.448
032		IV. KRATKOROČNE FINANČNE NALOŽBE (033 do 035)	0	0
033	17	1. Kratkoročne kapitalske naložbe	0	0
034	del 07, del 18	2. Kratkoročna dana posojila	0	0
035	del 07, del 18	3. Kratkoročni depoziti	0	0
036	10, 11	V. DENARNA SREDSTVA	18.059	70.766
037	19	C. KRATKOROČNE AKTIVNE ČASOVNE RAZMEJITVE	0	0
038	del 99	Zabilančna sredstva	100.609	175.148
039		OBVEZNOSTI DO VIROV SREDSTEV (040+043+047+050+055+060)	3.115.788	6.065.244
040		A. USTANOVITVENI VLOŽEK (041+042)	15.000	15.000
041	del 90	1. Ustanovitveni vložek	15.000	15.000
042	del 90	2. Presežek iz prevrednotenja	0	0
043		B. PRESEŽEK PRIHODKOV OZIROMA ODHODKOV (044-045+046)	-3.319	-21.144
044	92, del 93	1. Presežek prihodkov	0	0
045	del 93	2. Presežek odhodkov	3.319	21.144
046	95	3. Presežek iz prevrednotenja	0	0

047		C. REZERVACIJE IN DOLGOROČNE PASIVNE ČASOVNE RAZMEJITVE (048+049)	3.081.423	5.704.874
048	del 96	1. Rezervacije	3.081.423	5.704.874
049	del 96	2. Dolgoročne pasivne časovne razmejitve	0	0
050		Č. POSLOVNE OBVEZNOSTI (051 do 054)	22.684	16.666
051	del 98	1. Dolgoročne poslovne obveznosti	1.826	5.680
052	22, del 98	2. Kratkoročne obveznosti do dobaviteljev	2.351	189
053	25	3. Kratkoročne obveznosti do zaposlencev	2.708	0
054	28, del 98"	4. Druge kratkoročne poslovne obveznosti	15.799	10.797
055		D. FINANČNE OBVEZNOSTI (056 do 059)	0	349.848
056	del 97	1. Dolgoročna posojila finančnih organizacij	0	0
057	del 97	2. Dolgoročna posojila drugih pravnih oseb	0	0
058	del 27, del 97	3. Kratkoročna posojila finančnih organizacij	0	0
059	del 27, del 97	4. Kratkoročna posojila drugih pravnih oseb	0	349.848
060	29	E. KRATKOROČNE PASIVNE ČASOVNE RAZMEJITVE	0	0
061	del 99	Zabilančne obveznosti	100.609	175.148
		IZKAZ PRIHODKOV IN ODHODKOV		
080		PRIHODKI OD POSLOVANJA (081+086)	112.080	0
081		A. POSLOVNI PRIHODKI OD OPRAVLJANJA DEJAVNOSTI NEGOSPODARSKIH JAVNIH SLUŽB (082+083+084-085)	0	0
082	del 76	1. Prihodki iz sredstev javnih financ	0	0
083	del 76	2. Drugi prihodki od opravljanja dejavnosti negospodarskih javnih služb	0	0
084		3. Povečanja vrednosti zalog proizvodov in nedokončane proizvodnje	0	0
085		4. Zmanjšanje vrednosti zalog proizvodov in nedokončane proizvodnje	0	0
086		B. POSLOVNI PRIHODKI OD OPRAVLJANJA LASTNE DEJAVNOSTI (087+088-089)	112.080	0
087	del 76, 79	1. Poslovni prihodki od opravljanja lastne dejavnosti	112.080	0
088		2. Povečanje vrednosti zalog proizvodov in nedokončane proizvodnje	0	0
089		3. Zmanjšanje vrednosti zalog proizvodov in nedokončane proizvodnje	0	0
090	77	C. FINANČNI PRIHODKI	3	413
091	78	Č. DRUGI PRIHODKI	2.637.137	2.085.424
092		D. CELOTNI PRIHODKI (080+090+091)	2.749.220	2.085.837
093		E. STROŠKI BLAGA, MATERIALA IN STORITEV (094 do 096)	61.113	150.846
094	del 70	1. Nabavna vrednost prodanega blaga	0	0
095	40	2. Stroški materiala	5.497	15.037
096	41	3. Stroški storitev	55.616	135.809
097		F. STROŠKI DELA (098 do 100)	38.111	168.383
098	del 47	1. Plače in nadomestila plač	30.493	141.643
099	del 47	2. Prispevki za socialno varnost zaposlencev	4.982	22.809
100	del 47	3. Drugi stroški dela	2.636	3.931
101		G. AMORTIZACIJA (102+103)	2.627.392	1.768.856
102	del 43	1. Amortizacija, nadomeščena v breme dolgoročno odloženih prihodkov	0	0
103	del 43	2. Druga amortizacija	2.627.392	1.768.856
104	44	H. REZERVACIJE	0	0
105		I. DRUGI STROŠKI (106+107)	0	0
106	72	1. Prevrednotevalni odhodki	0	0
107	48	2. Ostali drugi stroški	0	0
108	74	J. FINANČNI ODHODKI	4.653	19.098
109	75	K. DRUGI ODHODKI	1	1
110		L. CELOTNI ODHODKI (093+097+101+104+105+108+109)	2.731.270	2.107.184
111	del 80	M. PRESEŽEK PRIHODKOV (092-110)	17.950	0
112	del 80	M. PRESEŽEK ODHODKOV (110-092)	0	21.347

113	del 81	N. DAVEK OD DOHODKOV PRIDOBITNE DEJAVNOSTI	0	0
114	del 81	O. ČISTI PRESEŽEK PRIHODKOV OBRAČUNSKEGA OBDOBJA (111-113)	17.950	0
115	89	P. ČISTI PRESEŽEK ODHODKOV OBRAČUNSKEGA OBDOBJA (112+113)	0	21.347
116	del 80	R. PRESEŽEK PRIHODKOV IZ PREJŠNJIH LET, NAMENJEN POKRITJU PRESEŽKA ODHODKOV ALI IZBRANIH STROŠKOV OBRAČUNSKEGA OBDOBJA	0	0
117		S. POVPREČNO ŠTEVILO ZAPOSLENCEV NA PODLAGI DELOVNIH UR V OBRAČUNSKEM OBDOBJU (na dve decimalki)	0,94	3,70
118		Š. ŠTEVILO MESECEV POSLOVANJA	12	12

7 Načrt upravljanja s tveganji

Za uspešno ravnanje s tveganji smo dolžni opredeliti tveganja in določiti ustrezne načine ravnanja s prepoznanimi tveganji.

Vrsta tveganja	Verjetnost nastanka*	Vpliv na poslovanje*	Ukrep
Prenizko število raziskovalnih ur v FTE	majhna	velik	- pogovor z zaposlenimi, - razprava z zaposlenimi o predlogih za izboljšave
Prenizko število RR projektov v CO s sodelovanjem podjetij	majhna	majhen	- spremljanje izvajanja projektov, - predstavitev rezultatov projektov na spletni strani CO, v medijih, dogodkih, sejmih
Prenizko število partnerstev z zasebnim sektorjem	majhna	majhen	- spremljanje izvajanja projektov, - predstavitev rezultatov projektov na spletni strani CO, v medijih, dogodkih, sejmih
Prenizko število patentov	velika	srednji	- spremljanje RR dela in iskanje možnosti patentiranja
Prenizko število inovacij	srednja	srednji	- možnost predloga inovacij imajo vsi zaposleni v zavodu
Zamuje pri izvajanju RR projektov	srednja	velik	- analiza vzrokov zamud - izboljšanje koordinacije vodenja projektov
Prenizko število publikacij	majhna	majhen	- zadolžitev raziskovalcev za pripravo publikacij
Zamude pri dobavah opreme	velika	majhen	- pospešena priprava specifikacije za nakup, - iskanje nadomestnih ali začasnih rešitev
Nedoseganje vsebinskih ciljev	majhna	velik	- analiza vzrokov - preučitev strategije in ciljev - redefiniranje vsebine skladno s pogodbo in navodili
Večja finančna odstopanja od pogodbe	majhna	velik	- preučitev odstopanj in analiza vzrokov - postavitve novega finančnega okvira v skladu s pogodbo in navodili

Nekaj možnih tveganj, ki se lahko pojavijo pri delovanju Zavoda:

- upravljanje z intelektualno lastnino
 - neupoštevanje pravilnika Zavoda
 - spremembe zakonodaje (zakon o industrijski lastnini, Zakon o avtorskih in sorodnih pravicah, Zakon o izumih iz delovnega razmerja,..)
- tveganja zunanjega okolja
 - spremembe zakonodaje
 - politično okolje
 - nerazpoložljivost in neprimernost delovne sile (neustrezno število zaposlenih, neustrezna usposobljenost, velika fluktuacija)
 - naravne nesreče in katastrofe, teroristična in kriminalna dejanja

- nezakonito ravnanje
- tveganje izgube ugleda
- poslovna tveganja
 - prekoračitev pogodbenih zneskov
 - valutno/obrestno tveganje
 - likvidnostno tveganje
- tveganja pri vodenju
 - vodstvo nima jasno določene strategije in določenih ciljev poslovanja
 - ni vzpostavljenega ustreznega sistema poročanja in nadzora
- IT sistem
 - spremembe v sistemu
 - sesutje sistema
- spremembe v organizaciji
 - vzpostavitev novih oddelkov
 - neustrezni oddelki
- spremembe v postopkih dela
- možnost izgube sredstev in informacij
- informacijsko tveganje
 - slaba kvaliteta informacij (nepopolne, nepravočasne)
 - nepooblaščen dostop do podatkov

Notranje kontrole

Notranje kontrole so definirane kot vsaka aktivnost, predlagana s strani vodstva, ki poveča verjetnost, da bodo opredeljeni cilji dejansko doseženi. Kontrole so lahko:

- preventivne (preprečujejo nastanek nezaželenih pojavov),
- detektivne (odkrivajo in odpravljajo nezaželene pojave) ter
- usmerjevalne (usmerjajo oziroma vzpodbujajo zaželene pojave).

Nekaj primerov operativnih notranjih kontrol:

- opisi postopkov za poslovne procese,
- kontrole, ki zagotavljajo popolno in točno izvajanje transakcij, vključno s kontrolami zaporednosti oz. nepretrganega niza dokumentov,
- uskladitve in primerjave ene vrste dokumentov z drugimi (npr. kontrola naročila s prejetim računom),
- kontrole, ki preprečujejo izvajanje postopkov, če ti niso predhodno ustrezno odobreni,
- vsak dokument pregledata in potrđita dve različni osebi – pravilo štirih oči,
- ustrezna razmejitev dolžnosti in jasno določene odgovornosti,



-
- kontrola dostopa – tako fizičnega dostopa kot tudi logične kontrole – kontrola dostopa do uporabe računalniških evidenc, zaščita dostopa z geslom.

Nekaj primerov nadzornih notranjih kontrol:

- visok nivo nadzora vodstva, vključno s pregledovanjem izvrševanja proračuna (finančnega načrta), poročil, upoštevanjem priporočil NRS,
- vodstvo izvaja postopke preverjanja dela zaposlenih,
- določeni standardi dokumentiranja dela in poročanja.