

VSEBINSKO POROČILO ZA LETO 2015

**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

Dr. Marjan Bele, 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

Dr. Marjan Bele, Kemijski Institut Ljubljana

Dr. Darko Makovec, Institut Jožef Stefan

Prof. dr. Danilo Suvorov, Institut Jožef Stefan

Prof. dr. Peter Panjan, Institut Jožef Stefan



I. KRATEK POVZETEK	4
II. VSEBINSKO POROČILO	
1 UVOD	5
2 Predstavitev RRP z opisom aktivnosti	8
1 Sunkovna laserska depozicija	10
2 Epitaksija z molekularnim snopom za oksidne plasti	12
3 Meritvena tehnika z ionskim snopom in obdelava materiala (FIB) na nanoskali	15
4 Optična nanolitografija	21
5 Karakterizacija fizikalnih lastnosti premazov z vgrajenimi nanodelci	23
6 Modeliranje prototipov	24
7 Uklonske optično spremenljive naprave	25
8 Meritve električnih lastnosti z mrežnim analizatorjem	27
9 Nizkotemperaturna manipulacija in spektroskopija posameznih atomov in molekul (LT STM)	28
10 Konfokalna RAMAN-FTIR mikroskopija	30
11 Konfokalna fluorescentna mikroskopija	32
12 NMR STM mikroskopija	35
13 4-sondna UHV STM/SEM mikroskopija	36
14 Izobraževanje, usposabljanje, razširjanje znanja in upravljanja z opremo	38
15 Razvoj novih pristopov k sintezi nanomaterialov	40
3 Predstavitev raziskovalne opreme z opisom aktivnosti	41
4 Skladnost s predmetom, cilji in nameni javnega razpisa	56
5 Kazalniki za spremljanje ciljev (načrtovani in realizirani)	58
5.1 Število raziskovalnih ur v FTE	58
5.2 Število RR projektov v CO s sodelovanjem podjetij	58
5.3 Število partnerstev z zasebnim sektorjem	58
5.4 Število patentov	58
5.5 Število inovacij	59
5.6 Drugi kazalniki	59
5.6.1 Koncentracija znanja in raziskovalne infrastrukture na prednostnih raziskovalnih in tehnoloških področjih	59
5.6.2 Povezovanje javnega in poslovnega sektorja	60
5.6.3 Povečanje uporabe znanja za konkurenčnost gospodarstva	51
5.6.4 Mednarodna odličnost	63
5.6.5 Uresničevanje horizontalnih ciljev	71
6 ZAKLJUČEK	72
PRILOGA 1: Seznam raziskovalne opreme CO Nanocentra	74



I. KRATEK POVZETEK

Vsebinsko je Center odličnosti Nanocenter v letu 2015 dosegel izjemne uspehe. Rezultati raziskav, ki so bile opravljene na opremi CO Nanocentra, so bile objavljene **v več kot 90 člankih**. Med najbolj uglednimi revijami, kjer so bili objavljeni rezultati raziskav, ki so bili opravljene na opremi zavoda so **Science, Science Advances, Nature Communication** in **Physical Review Letter**.

Na opremo CO Nanocentra se je v preteklem letu navezovalo **več kot 50 projektov**; vsaj 24 slovenskih projektov, več kot 16 mednarodnih projektov in 12 industrijskih projektov v skupni vrednosti več milijonov evrov letno.

Pri svojem delu je opremo CO Nanocentra redno uporabljalo **več kot 50 študentov**, od tega 24 doktorskih študentov in več kot 10 podoktorskih študentov. Med njimi tudi raziskovalci iz tujine. V letu 2015 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. Oprema je bila vključena v več kurikulumov posameznih fakultet in šol.

Krog uporabnikov opreme se vsako leto širi. Z zadovoljstvom opažamo, da je med uporabniki **vedno več slovenskih podjetji**.

Izjemen uspeh kaže tudi izdelek Protolaser LDI, ki ga izdeluje podjetje iz Naklega, LPKF Laser & Electronics. K razvoju prototipa v izdelek smo pripomogli tudi v CO Nanocentru prek skupnega demonstrativnega projekta z LPKF in Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. V letih 2015-2019 proizvajalec načrtuje prodajo 58 naprav v skupni vrednosti okoli 6,4 M€.

Poslovno je zavod obratoval z minimalnimi stroški, potrebnimi za obratovanje opreme, kar so krili delno uporabniki, delno solastniki. V letu 2015 se je uporabniški delež povečal. Kadrovsko je bila dopolnjena raziskovalna skupina.

V letu 2015 žal ni bilo razpisa za opremo na katerem bi CO Nanocenter lahko konkuriral za sredstva za dopolnitev oz. posodobitev opreme.

Ocenjujemo, da je CO Nanocenter tudi v letu 2015 povsem **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.



I. VSEBINSKO POROČILO

1 UVOD

Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije (CO Nanocenter) je bil organiziran z osnovnim ciljem vzpostavitve na svetovnem nivoju konkurenčne infrastrukture na različnih področjih nanoznanosti in nanotehnologije. Pridobljena infrastruktura predstavlja vrsto 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.

Od obstoja dalje (aprila 2010), je CO Nanocenter v celoti 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.

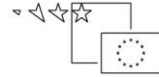
Kar 91% sredstev, ki smo jih v CO Nanocentru pridobili na razpisu za centre odličnosti, je bilo namenjeno neposrednim investicijam v razvojno in raziskovalno opremo. Kot je razvidno iz podrobnega vsebinskega poročila posameznih projektov in aktivnosti vezanih na opremo, je nakup opreme upravičen z velikim 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 kot 50 projektov, ki se financirajo iz zelo različnih slovenskih in evropskih virov v skupni vrednosti več 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.

Leto 2015 je bilo drugo leto delovanja CO Nanocentra po izteku financiranja iz operacije centrov odličnosti (31.12.2013). 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 2015 je bilo zagotovljeno iz plačil uporabe opreme ustanoviteljev in zunanjih naročnikov.

V letu 2015 je CO Nanocenter sodeloval kot sodelujoča organizacija pri prijavi na razpis za raziskovalne projekte Agencije za raziskovalno dejavnost RS (ARRS). Prijava je bila uspešna, financiranje se bo pričelo s 1.1.2016. Razpisi ARRS za infrastrukturne programe in raziskovalne programe onemogočajo prijavo centrom odličnosti (na kar že dlje časa opozarjamo pristojne organe). Zaradi krčenja sredstev za znanost, drugih nacionalnih razpisov na katere bi se center lahko prijavil v letu 2015 ni bilo. Strategija pametne specializacije, kot eden ključnih dokumentov za razpise iz strukturnih sredstev za raziskave in razvoj, je bila potrjena šele konec leta 2015. Razpise za R&R iz kohezijskih sredstev, na katerih bi lahko center pridobil dodatna sredstva za delovanje, tako pričakujemo šele v letu 2016.

V letu 2015 smo v centru ohranili delovno mesto administrative sodelavke – vodje projektov (80%), ki je neobhodno potrebno zaradi nalog poročanja, upravljanja z rezervacijskim sistemom in spremljanja priložnosti za financiranje. Kadrovske se je center v letu 2015 okrepil z zaposlitvijo dveh raziskovalcev. Razlog za zaposlitve je bila zahteva ARRS, saj bi v nasprotnem primeru center bil izbrisan iz evidence raziskovalnih organizacij za raziskovalno dejavnost. Sredstva za zaposlitve so bila zagotovljena iz plačil uporabe opreme ustanoviteljev in zunanjih naročnikov.

CO Nanocenter je v letu 2015 aktivno sodeloval v okviru pobud za opredelitev nosilnih področji v okviru Strategije pametne specializacije (SPS). Skupaj s partnerji in drugimi deležniki je CO Nanocenter koordiniral in bil nosilec dveh pobud na pozivu Službe vlade za



razvoj in kohezijsko politiko za opredelitev produktivnih in tehnoloških področij SPS. V obeh pobudah oz verigah vrednosti, VV Nanotehnologija (1) in VVFotonika (2), je sodelovalo več kot 30 slovenskih podjetji, raziskovalnih in izobraževalnih institucij. Utemeljitev obeh področji so bile uspešne in kot take prepoznane s strani ustvarjalcev SPS, saj so obe področji umestili med horizontalne vsebine SPS oz. t.i. omogočitevne tehnologije (Key Enabling Technologies – KET).

Zaradi pomanjkanja razpisov, na katerih CO Nanocenter lahko konkurira za sredstva za raziskovalno dejavnost, je narejena velika škoda na izjemnem zbiru infrastrukture, ki brez nadgradenj izgublja vrednost. Kot je razvidno iz vsebinskega poročila smo v CO Nanocentru, kljub finančnim omejitvam, v letu 2015 le 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. Tudi v letu 2015 je bila oprema centra uporabljena v številnih evropskih in mednarodnih projektih. 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 2015.

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. Sledi opis doseženih ciljev, mestoma so podane tudi tehnične obrazložitve investicij ter opis aktivnosti v letu 2015.

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	
Predstavitev	Sunkovna laserska depozicija je eden od glavnih stebrov sinteznega programa centra odličnosti in ključna za več udeleženih partnerjev centra.			
Aktivnosti v letu 2015	V letu 2015 smo nadaljevali z večino zastavljenih aktivnosti. Po odhodu Dr. Zoran Jovanovića (Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Republika Srbija) in Dr. Lei Li-ja (Zhejiang University, Hangzhou, Ljudska republika Kitajska) smo za delo v PLD laboratoriju zaposlili novega podoktorskega sodelavca, Dr. Daniel Díaz Fernández (Universidad Autónoma de Madrid, Španija). V 2015 je Dr. Dejan Klement zaključil doktorsko usposabljanje in se po zagovoru zaposlil v podjetju Krka, d.d., doktorsko usposabljanje v laboratoriju pa je začela mag. Tjaša Parkelj. Poleg nje z doktorskim usposabljanjem nadaljuje tudi mag. Urška Gabor. Monokristali $\text{Pb}[\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}]\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PMN-PT) so zaradi visokih vrednosti vzdolžnih piezoelektričnih koeficientov in elektromehanskih sklopitvenih koeficientov zelo obetavni za uporabo v mikroelektromehanskih sistemih, vendar se novejše raziskave ter razvoj naprav usmerjajo proti čedalje bolj dvodimenzionalnim oblikam. Glede na pretekle izkušnje se je priprava tankih plasti z opisanimi lastnostmi izkazala za bolj težavno. Tako je potrebno izbrati primerne substrate, pufrske plasti in elektrode, ter predvsem optimizirati pogoje nanašanja, da bi dosegli želeno strukturo, stehiometrijo, morfologijo ter posledično dobre električne lastnosti. Z uporabo pulznega laserskega nanašanja smo pripravili tanke plasti PMN-PT na čistih in z 0,5 ut. % Nb dopiranih (001)-usmerjenih SrTiO_3 substratih iz PMN-33PT tarč, ki so vsebovale različne količine prebitnega PbO ter z uporabo različnih zgornjih in spodnjih elektrod. Strukturna karakterizacija je bila opravljena z uporabo rentgenske difrakcije (XRD) in presevalne elektronske mikroskopije. Znotraj ozkega procesnega okna, ki je v glavnem posledica visoke hlapnosti svinca, smo uspeli sintetizirati enofazne plasti			



PMN-PT iz tarč, ki so vsebovale 10-20 mol. % prebitka PbO. Znotrajravninska XRD analiza je razkrila epitaksijo s substratom (t.i. "kocka-na-kocki"). Električne meritve so bile izvedene z uporabo simetričnih (LaNiO₃, LNO) ter asimetričnih (Nb:STO/Au, LNO/Au) elektrod različnih velikosti.

S tehniko pulznega laserskega nanašanja (PLD) smo se osredotočili na integracijo SrTiO₃ (STO) s Si(001). Povezava epitaksialnih kompleksnih oksidov z napredno polprevodniško tehnologijo je namreč izjemno pomembna, saj omogoča razvoj širokega spektra novih naprav. V ta namen površino Si očistimo s segrevanjem pri visokih temperaturah, čemur sledi nanos kovinskega Sr, ki površino silicija ustrezno pasivira in omogoča nadaljnjo epitaksalno rast STO. Pri delu smo preučevali predvsem ustrezno temperaturo rekristalizacije in primerno debelino plasti ob posameznem koraku rekristalizacije. Ugotovili smo, da obstaja izredno ozko okno, znotraj katerega lahko sinteza uspešno poteka (545°C, 2ML).

Rezultate opravljenega dela na PLD sistemu smo v letu 2015 objavili v sledečih znanstvenih člankih:

1. KLEMENT, Dejan, SPREITZER, Matjaž, SUVOROV, Danilo. Formation of a strontium buffer layer on Si(001) by pulsed-laser deposition through the Sr/Si(001)(233) surface reconstruction. Applied physics letters, ISSN 0003-6951. 2015, vol. 106, issue 7, str. 071602-1-071602-6, doi: [10.1063/1.4913464](https://doi.org/10.1063/1.4913464). [COBISS.SI-ID [28399143](https://www.cobiss.si/id/28399143)].
2. KOSTEVŠEK, Nina, ŽUŽEK ROŽMAN, Kristina, ARSHAD, Muhammad Shahid, SPREITZER, Matjaž, KOBE, Spomenka, ŠTURM, Sašo. Multimodal hybrid FePt/SiO₂/Au nanoparticles for nanomedical applications: combining photothermal stimulation and manipulation with an external magnetic field. The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces, ISSN 1932-7447, 2015, vol. 119, issue 28, str. 16374-16382, doi: [10.1021/acs.jpcc.5b03725](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b03725). [COBISS.SI-ID [28708903](https://www.cobiss.si/id/28708903)].

V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2015 nadaljevali z delom na sledečih projektih:

- 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
Predstavitev	<u>XRD - Difraktometer</u>	 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.	Št. investicije Naziv investicije	
	<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.	Z namenom prenašanja vzorcev med sistemom UHV do drugih UHV sistemov za karakterizacijo in procesiranje je bil nabavljen tudi 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.	
Aktivnosti v letu 2015	<u>XRD - Difraktometer</u>	Delo v tem sklopu se po vsebini navezuje na tematike, ki jih opravljamo v okviru PLD in MBE aktivnosti. Z difraktometrom smo pripravljene plasti analizirali: 3. v Theta-2Theta načinu,		



4. pri nizkih vpadnih kotih v primeru nastanka polikristaliničnih plasti,
5. v načinu rentgenske refleksije

Poleg omenjenih področij raziskav smo z napravo analizirali še številne prahove, ki jih pripravljamo v okviru drugih projektov in programov. V teh primerih smo se za uporabo difraktometra odločili predvsem zaradi možnosti uporabe različnih monokromatorjev, ki omogočajo bistveno izboljšanje dobljenih rezultatov.

V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2015 nadaljevali z delom na sledečih projektih:

- 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%, kar je povezano predvsem z dolgotrajnimi meritvami tankih plasti.

Halkogenidni MBE

V začetku leta 2015 smo nadaljevali z raziskavami uporabe metode MBE za nanašanje dihalogenidov prehodnih kovin. Veliko raziskovalnega dela je bilo namenjeno testiranju delovanja različnih podsistemov. Izvedli smo števila načrtovanja nadgradenj in jih nekaj tudi izvedli. Nadgradili smo napaarjevalnike z elektronskim žarkom, pri katerih so bile bakrene komponente očiščene in zaščitene s plastjo niklja, da se prepreči korozija zaradi stika z žveplom. Pripravili smo načrt nadgradnje kreking vira za žveplo, s katerim bomo nadomestili neustreznega vir za žveplo z nizkim izkoristkom. Napravo smo naročili, predviden rok dobave je marec 2016. Ugotovili smo tudi, da obstoječi sistem za vodno hlajenje ne bo primeren za nadaljnje hlajenje komponent sistema zaradi prevelike vsebnosti kontaminacije s kovinskimi delci, ki se v oksidih nalagajo na stene vodnega tokokroga, zato bo potrebno obstoječi sistem nadomestiti s pretočnim hladilnikom in zamenjati obstoječe hladilne cevi ter očistiti hlajene komponente, kar bomo naredili pred namestitvijo novega kreking vira. V prihodnjem letu predvidevamo naslednje nadgradnje: sanacija hladilnega sistema, namestitev kreking vira za žveplo in nabava pirometra, s katerim bomo dobili boljši nadzor nad temperaturo substrata.

V decembru 2015 smo dobili na uporabo masni spektrometer in naprševalni sistem. Z masnim spektrometrom smo precej izboljšali nadzor nad stanjem vakuumu v rastni komori, hkrati pa dobili vpogled v sestavo molekularnih žarkov. Naprševalni sistem je uporaben za pripravo oz. procesiranje vzorcev, ki komplementira obstoječo opremo, saj omogoča izdelavo elektrod na vzorcih zrasi na MBE.

V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2015 delovali v sklopu naslednjih projektov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi P1-0040, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–



	31. 12. 2020, • Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času J1-4022, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015, • Center za nanolitografijo in nanoskopijo, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, • 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 delo na opremi je bil aktivno vključen en doktorski študent. V letu 2015 je bila oprema izkoriščena za rast tankih plasti okoli 20%, preostalo pa namenjeno testiranju in nadgradnjam.
--	---

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
Predstavitev	FIB je tehnika, ki se uporablja v industriji polprevodnikov, pri vedah o materialih in v biologiji za različne analize, nanašanja in ionsko jedkanje s pomočjo pospešenih ionov. Dvožarkovni sistem je znanstveni instrument, ki je sestavljen iz vrstičnega elektronskega mikroskopa (SEM) za opazovanje površine vzorcev in ionskega snopa za jedkanje oziroma rezanje. Instrument se uporablja za izdelovanje različnih oblik in vzorcev na nanometerskem področju, za pripravo vzorcev za presevalni elektronski mikroskop (TEM), 3D tomografijo in nanašanje prevodnih oziroma neprevodnih tankih plasti s pomočjo ionskega snopa.				
Aktivnosti v letu 2015	Mikroskop s fokusiranim ionskim žarkom uporablja več različnih inštitutskih (IJS, KI, UL, UM) in industrijskih uporabnikov, raziskave in projekti, ki se na mikroskopu odvijajo, so zato temu primerno raznoliki (izkoriščenost opreme je več kot 100%): 1. Razvoj metode mikroskopiranja s fokusiranim ionskim snopom v metalografiji in raziskovanju kovinskih materialov. Metodo smo izpopolnjevali za ugotavljanje vpliva deformacije pri vtiskih pri določeni obremenitvi na trde nanostrukturirane prevleke. 2. Tanko-plastni kondenzatorji na osnovi Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃, ki ima Curiejevo temperaturo pri ~250 K, raziskujemo za uporabo v mikrovalovnih napravah, zaradi njihove izrazite odvisnosti dielektričnosti od električnega polja in relativno nizkih dielektričnih izgub v mikrovalovnem frekvenčnem območju. Ker so funkcijske lastnosti tankih plasti močno odvisne od njihove mikrostrukture, je poznavanje razvoja le te ključnega pomena. Pri preučevanju mikrostrukture plasti z debelinami nekaj 100 nm in z velikostjo zrn od 10 nm do 100 nm, uporabljamo poleg vrstičnega elektronskega mikroskopa in mikroskopa na atomsko silo tudi presevalni elektronski mikroskop (TEM), kjer slednji zahteva posebno pripravo vzorcev primernih za TEM analizo. Ker je željeno območje analize preseka tankih plasti manjše tudi od 100 nm, je natančna priprava vzorcev zelo pomembna. V primeru klasičnega postopka TEM priprave je direktno opazovanje zelenega območja na nano metrskega nivoju oteženo, medtem ko uporaba sistema s fokusiranim ionskim sklopom (FIB) to omogoča. Poleg tega je postopek priprave vzorcev s FIB-om bistveno hitrejši in omogoča pripravo tankih lamel, ki so primerne tudi za analizo na atomskem nivoju.				



3. Mikrostruktura analiza podpovršja tetragonalne cirkonijeve oksidne keramike (3Y-TZP), ki se zaradi izjemne kombinacije mehanskih lastnosti, biokompatibilnosti in estetskega videza vedno bolj uveljavlja kot alternativen material v zobni protetiki. Uporaba mikroskopa nam je omogočila boljše razumevanja vpliva mehanskih poškodb, kot sta brušenje in peskanje, in procesa staranja te keramike, ki je posledica nekontrolirane fazne transformacije tetragonalnega ZrO_2 v monoklinsko obliko (t-m) pri hidrotermalnih pogojih *In Vitro* ali klinični raziskavah *In Vivo*.
4. Razvoj 3D FIB-SEM tomografske metode za kvantitativno karakterizacijo materialov.
5. Podpora raziskav naprednih baterijskih materialov za Li-ion, Li-S, Mg baterijskih akumulatorjev (EUROLIS in EuroLiion projekta) s FIB-SEM preiskavami presekov.
6. Podpora raziskavam na področju naprednih materialov za nizkotemperaturne gorivne celice (PEM).
7. Razvoj naprednega algoritma avtomatskega zajema 2D sekvenc, ki omogoča visoko-ločljivo 3D preiskavo materialov.
8. Tri dimenzionalna karakterizacija materialov za IT-SOFC anode z visokoločljivo FIB-SEM tomografijo.
9. V okviru projekta Calgates smo s FIB-om izdelovali vzorce za presežno elektronsko mikroskopijo (TEM lamele) iz $CuFeAlCu$ materiala. Poleg tega smo na istem materialu tudi izvajali kvantitativno EDS mikroanalizo.
10. V okviru projekta MAG-DRIVE smo pripravili TEM lamelo iz Nd-Fe-B magneta.
11. S FIB-om smo pripravljali TEM lamele iz meteoritov Jesenice in Jezersko, v okviru raziskav za magistrsko nalogo Bojana Ambrožiča.
12. S FIB-om smo pripravljali TEM lamele iz ribonov sistema $GdSiSn$. Raziskave so bile uporabljene v magistrskem delu Luka Kelharja.
13. S FIB-om smo raziskovali vzorce halde iz jalovišča rudnika Brskovo v Črni gori. Dokazali smo prisotnost redkih zemelj v rudi.
14. V okviru slovensko-turškega bilateralnega sodelovanja smo pripravljali TEM lamele iz Sr-Al-P keramike dopirane s Eu, Dy in Co.
15. FIB smo uporabili za kemijsko karakterizacijo prevlek, karakterizacijo površine trdih prevlek pred in po triboloških testih in predvsem za študije defektov, ki nastanejo pri nanosu trdih prevlek na razna orodja. Slednje študije so brez uporabe mikroskopa, ki omogoča tudi kontrolirano jedkanje na majhni površini, nemogoče.
16. FIB mikroskop je bil uporabljen za depozicijo prevodnih Pt kontaktov na posamezne superprevodne nanožice Molibden nitrida. Z komplementarno opremo smo izmerili prevodnost MoN nanožic različnih debelin pri temperaturah med 300 in 1.5 K. Pomembni del meritev je predstavljalo merjenje tokovno napetostne karakteristike v bližini kritičnega toka, kar je razkrilo zanimivo dinamiko različnih uporabnih stanj v sistemu. Eksperimentalni rezultati se presenetljivo dobro ujemajo z teoretično napovedjo modela enodimenzionalnega superprevodnika. Poleg tega pa smo v letu 2015 uspeli pokazati, da je med metastabilnimi uporabnimi stanji moč preklapljati tudi z uporabo kratkih laserskih sunkov. Pri tej raziskavi je uporaba FIB mikroskopa igrala ključno vlogo, ne le zaradi depozicije prevodnih kontaktov, ampak tudi zaradi kontrole kakovosti uporabljenega nanomateriala. Nanomaterial smo morfološko karakterizirali s pomočjo SEM mikroskopije in podrobneje s STM analizo,

	vse znotraj FIB mikroskopa, kar zelo pohitri raziskovalni proces. 17. Z raziskovalci Odseka za dentalno medicino MF, UL rešujemo nekatere pereče probleme, ki spremljajo izdelavo polnokeramičnih zobnoprotesnih konstrukcij s keramiko 3Y-TZP kot ogrodnim materialom, njihovo cementiranje in vedenje v kliničnih razmerah. Uporaba in povpraševanje po dentalni keramiki 3Y-TZP je v porastu, kar potencialno odpira možnosti sodelave s podjetji, ki proizvajajo dentalne materiale in zobotehničnimi laboratoriji kot kupci in uporabniki keramike 3Y-TZP. 18. Podpora industrijski razvojni skupini v podjetju MetalFlex za načrtovanje in razvoj kovinskih membran z definirano prepustnostjo. 19. Podpora avtomobilski industriji (Hella) pri raziskavi napak na končnih materialih. 20. Raziskava tankoslojnih nanosov modernih tankoslojnih materialov za fotovoltaike. 21. Raziskava zaščitne plasti FeNdB magnetov, ki se uporabljajo v avtomobilski industriji (Letrika). V letu 2015 je k uporabi FIB mikroskopa pristopilo podjetje Karton Količevo, ki se ukvarja proizvodnjo recikliranega in svežega kartona visoke kakovosti teže med 200 in 500 g/m², kar se v glavnem uporablja za pakiranje hrane, kozmetike in zdravil. FIB mikroskop jim služi kot podpora proizvodnemu procesu. Rezultate opravljenega dela na mikroskopu FIB smo v letu 2015 objavili v mednarodno priznanih znanstvenih revijah: 1. SAMODUROVA, Anastasia, KOCJAN, Andraž, SWAIN, Michael, KOSMAČ, Tomaž. The combined effect of alumina and silica co-doping on the ageing resistance of 3Y-TZP bioceramics. <i>Acta biomaterialia</i>, ISSN 1742-7061, 2015, vol. 11, str. 477-487, doi: 10.1016/j.actbio.2014.09.009. [COBISS.SI-ID 28092455] 2. SAMODUROVA, Anastasia, VENGUST, Damjan, KOCJAN, Andraž, KOSMAČ, Tomaž. The sintering-temperature-related microstructure and phase assemblage of alumina-doped and alumina/silica-co-doped 3-mol%-yttria-stabilized tetragonal zirconia. <i>Scripta materialia</i>, ISSN 1359-6462, 2015, vol. 105, 50-53, doi:10.1016/j.scriptamat.2015.04.031. [COBISS.SI-ID 28615207] 3. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, ČEKADA, Miha. The influence of growth defects in sputter-deposited TiAlN hard coatings on their tribological behavior. <i>Surface & coatings technology</i>, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2016, vol. 288, str. 171-178, doi: 10.1016/j.surfcoat.2016.01.021. [COBISS.SI-ID 29221159] 4. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, PASKVALE, Srečko, BUH, Jože, ČEKADA, Miha. The influence of surrounding atmosphere on tribological properties of hard protective coatings. <i>Surface & coatings technology</i>, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2015, vol. 267, str. 15-20, doi: 10.1016/j.surfcoat.2014.11.068. [COBISS.SI-ID 28214055] 5. PANJAN, Peter, DRNOVŠEK, Aljaž. Influence of growth defects in PVD hard coating on their wear, corrosion and oxidation resistance. V: <i>The Thirteenth International Symposium on Sputtering Plasma Processes, ISSP 2015, July 8-10, 2015, Kyoto, Japan. Proceedings.</i> [S. l.: s. n.], 2015, str. 323-328. http://issp2015.org/program.html. [COBISS.SI-ID 28705831] 6. SLUBAN, Melita, UMEK, Polona, JAGLIČIĆ, Zvonko, BUH, Jože, ŠMITEK, Petra, MRZEL, Aleš, BITTENCOURT, Carla, GUTTMANN, Peter, DELVILLE, Marie-Helene, MIHAILOVIĆ, Dragan, ARČON, Denis. Controlling disorder and superconductivity in titanium oxynitride nanoribbons with anion exchange. <i>ACS nano</i>, ISSN 1936-
--	--

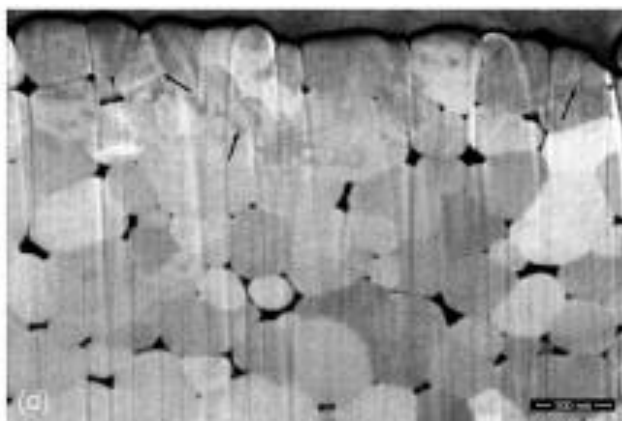
	0851, 2015, vol. 9, no. 10, str. 10133-10141, doi: 10.1021/acsnano.5b03742. [COBISS.SI-ID 28831271] 7. BUH, Jože, KABANOV, Viktor V., BARANOV, Vladimir V., MRZEL, Aleš, KOVIČ, Andrej, MIHAILOVIĆ, Dragan. Control of switching between metastable superconducting states in $[\delta]$-MoN nanowires. <i>Nature communications</i>, ISSN 2041-1723, 2015, vol. 6, str. 10250-1-10250-6, doi: 10.1038/ncomms10250. [COBISS.SI-ID 29119015] 8. RIGLER, Martin, BUH, Jože, HOFFMANN, Marc P., KIRSTE, Ronny, BOBEA, Milena, MITA, Seiji, GERHOLD, Michael, COLLAZO, R., SITAR, Zlatko, ZGONIK, Marko. Optical characterization of Al- and N-polar AlN waveguides for integrated optics. <i>Applied physics express</i>, ISSN 1882-0778, 2015, vol. 8, no. 4, str. 042603-1-042603-4, ilustr. http://iopscience.iop.org/1882-0786/8/4/042603/. [COBISS.SI-ID 2798436] 9. KAPUN, Gregor, ŠTURM, Sašo, JERMAN, Ivan, GABERŠČEK, Miran. Development of 3D phase analysis of materials for renewable energy. V: 1. slovensko posvetovanje mikroskopistov = 1st Slovene Microscopy Symposium, 18. in 19. maj 2015, Piran, Slovenija. ŠESTAN, Andreja (ur.), et al. Knjiga povzetkov = Book of abstracts. [S. l.: s. n., 2015]. [COBISS.SI-ID 28577063] Meritve z mikroskopom so prispevale k objavi patenta Franc Zupanič, Tonica Bončina, Gorazd Lojen, Carlos A. Nunes, Claudinei dos Santos, Carvalho Coelho Gilberto, Luciano Braga Alkmin, Paula Letícia Corrêa de Toledo Cury, <i>Izločevalno utrjena dentalna Ni-zlitina z velikim deležem Nb izdelana s postopkom kontinuirnega litja</i>: patent št. SI 24599 A, datum objave 31. 7. 2015; patentna prijava št. P-201400313, datum prijave 15. 9. 2014. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015. V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2015 delovali v sklopu naslednjih projektov: • Dinamika kompleksnih nanosnovi P1-0040, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, • Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času J1-4022, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015, • Center za nanolitografijo in nanoskopijo, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, • 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, • Raziskovalni program Inženirska in biokeramika (P2-0087; ARRS), • Bilateralni projekt z Republiko Srbijo v letih 2014 – 2015 Številka projekta: BI-RS/14-15-042 Naslov: <i>Razvoj in karakterizacija trdih in hkrati žilavih nanostrukturiranih prevlek</i>. Partner v Srbiji: prof. dr. Branko Škorić University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, sodelujoči v Sloveniji dr. Panjan Peter, Vodja. Dr. Tonica Bončina. Povezava s FIB-om: Izvedli smo analizo širjenja razpok v okolici vtiskov, ki smo jih predhodno naredili na preiskovanih prevlekeh z metodo mikroindentacije pod različnimi obremenitvami (100, 500 in 1000 mN). FIB nam je omogočal izdelavo in analizo mikrostrukture serije prečnih prereзов na točno določenem mestu. V našem primeru so bili to vtiski veliki nekaj
--	--

mikrometrov.

- V okviru slovensko-turškega bilateralnega sodelovanja smo pripravljali TEM lamele iz Sr-Al-P keramike dopirane s Eu, Dy in Co.
- V okviru študentskega projekta *Tehnološki proces nanosa praškastih barv* smo izvedli mikrokemično EDS-analizo korozijski produktov, ki so nastali po solni kopeli kovinskih praškasto barvanih vzorcev. V projektu je sodelovalo 11 študentov UM FS, FERI in EPF, mentor in vodja projekta Dr. Tonica Bončina, somentor izr. prof. dr. Matjaž Denac EPF in podjetji Gselman in Gselman ter G&G, Poljčane. Aktivnost v okviru EU projekta Evropskega socialnega sklada v okviru potrjene operacije »Po kreativni poti do praktičnega znanja«.

Drugi pomembnejši kazalci dela na FIB mikroskopu v letu 2015:

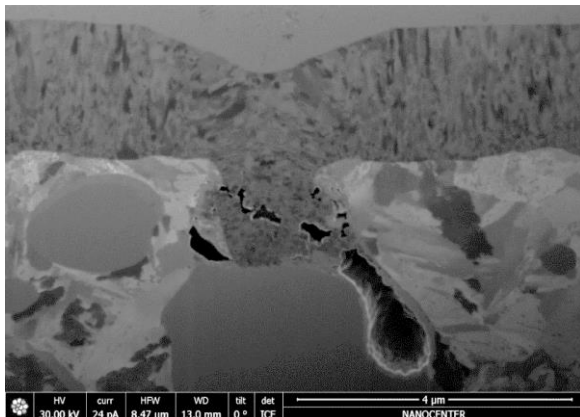
- Dvožarkovni sistem FIB/SEM je uporabljalo 5 doktorski/magistrskih študentov.
- Nova znanja pridobljena pri razvoju metod mikroskopiranja s fokusiranim ionskim snopom vpeljujemo v študijske programe strojništva, mehatronike in gospodarskega inženirstva na UM FS.



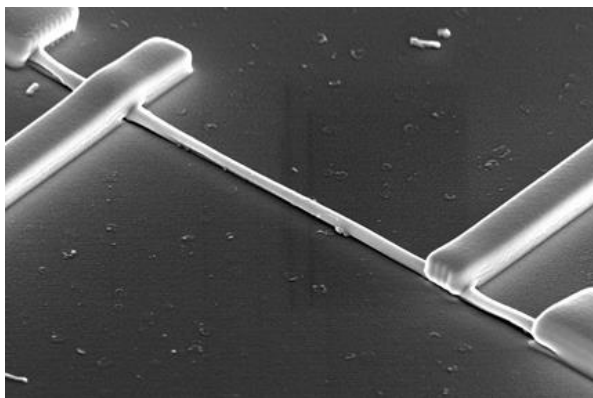
Slika 1: Visoka povečava preseka pripravljenega z FIB mikroskopom v 24ur staranem 0.25A-TZ/SiO₂ vzorcu.



Slika 2: Vzorec TiO₂ nanodelcev, ki so bili sintetizirani s hidrotermalno sitezo.



Slika 3: Slika narejena s snopom ionov. Na njej vidimo, kako napaka v jeklu povzroči neenakomerno rast prevleke.



Slika 4: Nanožica MoN na silicijevem substratu. Na žico so bili nanešeni štirje platinasti kontakti s pomočjo FIB mikroskopa s postopkom ionsko inducirane depozicije. Debelina kontaktov je približno 1 µm.

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	
Predstavitev	 Protolaser LDI 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.			
Aktivnosti v letu 2015	V letu 2015 je bilo s pomočjo nanolitografije izdelanih okrog 150 vezij. Večina je bila izdelana z lasersko litografijo. Opravljenih je bilo prek 70 nanašanj fotorezistov in prek 200 osvetljevanj. Največ vezij je bilo izdelanih na safirju in siliciju. Od raziskovanih materialov so prevladovali plastoviti kristali dihalogenidov prehodnih kovin (TaS₂, TaS-Se, TbTe), izdelanih pa je bilo tudi nekaj 10 vezij za meritve transporta v nanožicah oz. v mrežah naonžic ter nanocev (MoS₂, MoC, MoN). Z LDI smo strukturirali fotorezist SU8 in sicer plasti debelin od 2 do 25 mikrometrov. Matrice smo uporabili za izdelavo mikrofluidnih vezij iz PDMS za dva namena - za tvorbo mikrokapljic tekočega kristala v glicerolu in za demonstracijo integrirane mikrofluidne črpalke z mikroreglci. V letu 2015 je bil, zaradi strojne in programske nadgradnje sistema Protolaser LDI in uporabe novih fotorezistov (od junija dalje), narejen napredek pri laserski litografiji. Izboljšana je bila natančnost in ponovljivost postopka. Pri elektronski litografiji je bil preizkušen e-beam rezist SML-100, ki pa ni izboljšal resolucije, ki jo je moč doseči s klasičnim PMMA e-beam rezistom. V 2015 so se pričele izvajati raziskave direktnega prenosa prevodnika (tj. elektrod iz Au, Au/Pd, ...) s pomočjo femtosekundnih laserskih pulzov, brez pomoči maske iz fotorezistov. Ob izteku 2015 raziskave še niso bile zaključene, vmesni rezultati pa obetajo možnost uporabe. Nanoskopija se je redno uporabljala tako za lociranje, pregledovanje in analizo nanomaterialov, kot tudi za pregledovanje nanonaprav in struktur na njih, narejenih z nanolitografijo. V okviru svojih projektov so v letu 2015 opremo intenzivno uporabljali Odsek za kompleksne snovi Instituta »Jožef Stefan«, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in podjetje LPKF Laser & Electronics, d. o. o.. Oprema je osnova za izvajanje programa infrastrukturnega centra za nanolitografijo in nanoskopijo na Institutu »Jožef Stefan«. Rezultati meritev opravljenih na opremi so bili vključeni v več objav, tudi v eni najuglednejših revij, Science Advances. 1. VASKIVSKYI, Igor, GOSPODARIČ, Jan, BRAZOVSKII, Serguei, SVETIN, Damjan,			



	ŠUTAR, Petra, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Ian, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan. Controlling the metal-to-insulator relaxation of the metastable hidden quantum state in 1T-TaS₂. <i>Science advances</i>, ISSN 2375-2548, 2015, vol. 1, no. 6, str. e1500168-1-e1500168-6, doi: 10.1126/sciadv.1500168. [COBISS.SI-ID 28753959] 2. ŠUTAR, Petra, BOROVŠAK, Miloš, ŠKAPIN, Srečo D., SVETIN, Damjan, STOJCHEVSKA, Ljupka, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Dragan. Growing Mo-oxides and different forms of layered transition metal chalcogenides by transport and mineralization reaction. V: UMEK, Polona (ur.). "Bottom-up approaches of hybrid materials : preparation and design" : HINT Training School, May 26th-28th, 2015 Ljubljana, Slovenia. Ljubljana: Jožef Stefan Institute, 2015, str. 53. [COBISS.SI-ID 28641319] 3. ŠUTAR, Petra, BOROVŠAK, Miloš, ŠKAPIN, Srečo D., SVETIN, Damjan, STOJCHEVSKA, Ljupka, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Dragan. Growing Mo-oxides and different forms of layered transition metal chalcogenides by transport and mineralization reaction. V: 1. slovensko posvetovanje mikroskopistov = 1st Slovene Microscopy Symposium, 18. in 19. maj 2015, Piran, Slovenija. ŠESTAN, Andreja (ur.), et al. Knjiga povzetkov = Book of abstracts. [S. l.: s. n., 2015]. [COBISS.SI-ID 28575271] 4. VASKIVSKYI, Igor, SVETIN, Damjan, MIHAILOVIĆ, Ian, GOSPODARIČ, Jan, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan. Properties of the hidden quantum state in 1T-TaS₂. V: MERTELJ, Tomaž (ur.), MIHAILOVIĆ, Dragan (ur.), BONČA, Janez (ur.). Nonequilibrium phenomena in complex matter : new observations and new theories : book of abstract : Ambrož, Krvavec, Slovenia, December 13-16, 2015. Ljubljana: Jožef Stefan, 2015, str. 21. [COBISS.SI-ID 29107239] V direktni povezavi s pridobljeno opremo smo v letu 2015 delovali v sklopu naslednjih projektov: • Dinamika kompleksnih nanosnovi P1-0040, ARRS programov, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, • infrastrukturni center Nanolitografija in nanoskopija, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020. • N1-0017 Zlom simetrije v realnem času (vodja prof. dr. Dragan Mihailović) • J1-6724 Termodifuzijsko vodenje, zbiranje in razvrščanje biomolekul v mikrofluidičnih napravah (vodja dr. Natan Osterman) • projekti Laboratorija za fiziko organskih snovi (vodja prof.dr. Gvido Bratina; Robert A. Nawrotzky; »Izdelava tranzistorjev za organske polprevodnike«) Opremo je v okviru magistrske naloge na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani uporabljal en študent. V okviru projekta Optična nanolitografija 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 je bilo do sedaj prodanih več sistemov, v letih 2015-2019 pa se glede na povpraševanje načrtuje prodaja 58 naprav v skupni vrednosti okoli 6,4 M€. Sistem za optično nanolitografijo je bil v letu 2015 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
Aktivnosti v letu 2015	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. V letu 2015 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. Karakterizacija fizikalnih lastnosti premazov z vgrajenimi nanodelci nam je omogočila razvoj inovativnih, okolju prijaznih produktov. Razvoj omenjenih produktov pomeni večjo konkurenčnost na razvitih evropskih in globalnih trgih oziroma predstavljajo produkte z visoko dodano vrednostjo. Produkti z visoko dodano vrednostjo ne nazadnje pripomorejo tudi k ohranjanju števila zaposlenih.			



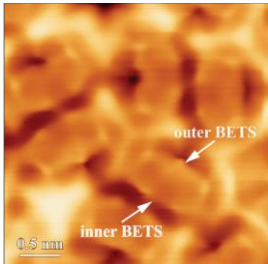
Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
6	Modeliranje prototipov	P. Venturini, D. Mihailović	Helios, IJS	Helios TBLUS, d. o. o., Količevo 65, Domžale
Aktivnosti v letu 2015	Razvili smo premaze na osnovi disperzije polimernih nanodelcev ter jih tekom razvoja opredelili 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. V letu 2015 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. Premazi na osnovi disperzije polimernih delcev so produkti, ki sledijo najnovejšim okoljskim zahtevam. Razvoj omenjenih produktov pomeni večjo konkurenčnost na razvitih evropskih in globalnih trgih oziroma predstavljajo produkte z visoko dodano vrednostjo. Produkti z visoko dodano vrednostjo ne nazadnje pripomorejo tudi k ohranjanju števila zaposlenih.			

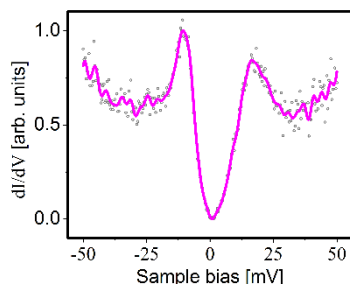
Zap. št. RRP	Naziv RRP	Vodilni raziskovalci	Sodelujoči partnerji	Lokacija opreme
7	Uklonske optično spremenljive naprave	P. Panjan, M. Klanjšek Gunde	Cetis, IJS	Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, Ljubljana
Aktivnosti v letu 2015	Raziskave na področju uklonskih optično spremenljivih naprav so intenzivno potekale v prvih letih delovanja centra odličnosti Nanocenter. Raziskave so bile uspešno zaključene, iz te tematike smo objavili več člankov, kar smo poročali v preteklih letnih poročilih. Pomemben družbeni rezultat je tudi utrditev raziskovalnih povezav med partnerji znotraj tega projekta, to so Institut »Jožef Stefan«, Kemijski inštitut in Cetis, d. d. Najpomembnejša znanstvena dosežka iz leta 2015: - Priprava in oddaja članka avtorjev N. Rogelj, N. Penttinen, M. Čekada (IJS), M. Klanjšek Gunde (KI): »Goniospectrometric space: Identifiable presentation of spectral goniometric data for complex diffractive samples«. Članek je pogojno (po odobritvi manjših popravkov) sprejet v objavo v revijo <i>Applied Optics</i> in bo predvidoma objavljen v letu 2016. - Zagovor doktorske disertacije V. Mladenoviča, mladega raziskovalca iz gospodarstva v podjetju Cetis, d. d. pod mentorstvom doc. dr. Miha Čekada iz IJS: »Vpliv parametrov strukturiranja površin na mehanske in strukturne lastnosti nerjavnega jekla«. S citirano tematiko je povezano tudi nadaljnje neformalno sodelovanje s kolegi iz Nuklearnega inštituta Vinča (Beograd), s katerimi raziskujemo procese obsevanja površin trdnih snovi z laserskimi pulzi. Eden od namenov takšne obdelave je tudi izdelava samoorganiziranih uklonskih struktur. Za obdobje 2016–17 imamo z njimi odobren bilateralni projekt. Izpis relevantnih enot iz Cobissa: 1. SALATIĆ, Branislav, PETROVIĆ, Suzana, PERUŠKO, Davor, ČEKADA, Miha, PANJAN, Peter, PANTELIĆ, Dejan, JELENKOVIĆ, Branislav. Single- and dual-wavelength laser pulses induced modification in 10x(Al/Ti)/Si multilayer system. <i>Applied Surface Science</i>, ISSN 0169-4332. [Print ed.], 2016, vol. 360, part B, str. 559-565, doi: 10.1016/j.apsusc.2015.10.203. [COBISS.SI-ID 29179943], 2. MLADENOVICH, Vladan, PANJAN, Peter, PASKVALE, Srečko, ČALIŠKAN, Halil, POLJANŠEK, Nastja, ČEKADA, Miha. Investigation of the laser engraving of AISI 304 stainless steel using a response-surface methodology = Istraživanje laserskog graviranja nehrđajućeg čelika AISI 304 primjenom metodologije odzivne površine (RSM). <i>Tehnički vjesnik</i>, ISSN 1330-3651, 2016, vol. 23, no. 1, str. 265-271, doi: 10.17559/TV-20150504150446. 3. TRTICA, Milan, LIMPOUCH, J., GAVRILOVIĆ, G., GEMINI, L., PANJAN, Peter, STASIĆ, Jelena, MILOVANOVIĆ, D., BRANKOVIĆ, Goran. Surface modification of a-CN/TiAlN double layer coating on ASP 30 steel induced by femtosecond laser with 10^{[sup](13)}-10^{[sup](14)} W/cm^{[sup]2} intensity in vacuum. <i>Laser and particle beams</i>, ISSN 0263-0346, 2015, vol. 33, issue 3, str. 551-559, doi: 10.1017/S0263034615000610. [COBISS.SI-ID 28747559], 4. MLADENOVICH, Vladan. Vpliv parametrov strukturiranja površin na mehanske in			



	strukturne lastnosti nerjavnega jekla : doktorska disertacija = Influence of surface structuring parameters on mechanical and structural properties of stainless steel : doctoral dissertation. Ljubljana: [V. Mladenovič], 2015. XIII, 126 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 281238784]
--	--

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	
Aktivnosti v letu 2014	Oprema se je uporabljala predvsem za analizo električnih lastnosti plasti, ki smo jih pripravili s pulznim laserskim nanašanjem. Za delo v električni merilnici smo v preteklem letu zaposlili tudi tehnika, Davida Fabjana, ki skrbi za učinkovito izrabo opreme in njeno pravilno uprabo. Merilno postajo imamo tako sedaj povezano z različnimi sistemi: LCR metrom, feroelektričnim sistemom in mrežnim analizatorjem. Glede na vsebino in projekte se delo pretežno navezuje na aktivnosti, ki so navedene pri PLD opremi (RRP1). Aktivnosti se neposredno povezujejo še na sledeča 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 se je v 2015 uporabljala v okviru sledečih raziskav objavljenih v: 1. MAČEK, Marjeta, KLEMENT, Dejan, JANČAR, Boštjan, SUVOROV, Danilo. Hydrothermal conditions for the formation of tetragonal BaTiO₃ particles from potassium titanate and barium salt. <i>Ceramics international</i>, ISSN 0272-8842. 2015, vol. 41, no. 10, part B, str. 15128-15137, doi: 10.1016/j.ceramint.2015.08.085. [COBISS.SI-ID 28836903]. 2. ŠKAPIN, Srečo D., PIRNAT, Urša, JANČAR, Boštjan, SUVOROV, Danilo. Microwave dielectric properties, crystal structure, and microstructure of the Bi₃Nb_{1-x}Ta_xO₇ solid solution. <i>Journal of the American Ceramic Society</i>, ISSN 0002-7820, 2015, vol. 98, no. 12, str. 3818-3823, doi: 10.1111/jace.13796. [COBISS.SI-ID 29116711]. 3. KOENIG, Jakob, SUVOROV, Danilo. Evolution of the electrical properties of K_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃ as a result of prolonged sintering. <i>Journal of the European ceramic society</i>, ISSN 0955-2219. 2015, vol. 35, no. 10, str. 2791-2799, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2015.04.003. [COBISS.SI-ID 28539687].			

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
Predstavitev					
Aktivnosti v letu 2015	Zmožnost priprave kristalnih omejenih superprevodnih monoplasti na različnih površinah je ključno za realizacijo novih funkcij in razumevanje narave ureditev teh materialov na nanonivoju. Pri različnih temperaturah substrata Ag(111) so bili pripravljene monoplastni izolativni in superprevodni otoki organske soli (BETS)₂GaCl₄. Pod temperaturo 125 K tvorijo BETS molekule ali verigam podobne ali pravilne dvodimenzionalne mreže. Nad 125 K se BETS dimeri orientirajo vzdolž treh ekvivalentnih <110> smeri in tvorijo izolativno Kagome mrežo z nanoporami (Slika 1). Pri nizkih hitrostih napajanja molekul na substrat pri sobni temperaturi pa se tvorijo monoplastni otoki, ki v gostoti elektronskih stanj kažejo superprevodno vrzel (Slika 2). Rezultati so predstavljeni v delu: HASSANIEN, Abdou, ZHOU, Biao, HISASHI, Tanaka, MIYAZAKI, Akira, TOKUMOTO, Madoka, KOBAYASHI, Akiko, ZUPANIČ, Erik, MUŠEVIČ, Igor. Epitaxial growth of insulating and superconducting monolayers of (BETS)₂GaCl₄ on Ag(111). Physica status solidi. B, Basic research, ISSN 0370-1972, 2015, vol. 252, no. 11, str. 2574-2579, doi: 10.1002/pssb.201552215. [COBISS.SI-ID 29015847].  Slika 1. Visoko ločljiva LT-STM slika prikazuje pare organskih BETS molekul na površini Ag(111). (10.5 x 10.5 nm², T=1.1K)				



Slika 2. Vrzel v gostoti elektronskih stanj, posneta na tanki plasti (BETS)₂GaCl₄ na Ag(111). (T=1.1K, U_{mod}=1 mV)

Delo na projektu se navezuje na raziskovalni program in projekt:

- Fizika mehke snovi, površin in nanostruktur, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- Kristalna in elektronska struktura kvazi enodimenzionalnih halkogenidov prehodnih kovin, bilateralni ARRS projekt, trajanje: 1. 1. 2014–31. 12. 2015.

Opremo LT STM pri magistrskem delu uporabljata študenta Marion van Midden ter David Florjančič. Oprema je bila uporabljena pri raziskovalnem delu, ki jo je v obliki magisterija STM mikroskopija tankih plasti superprevodnika na kovini predstavila Tjaša Parkelj, 11. 19. 2015, mentor prof. dr. Igor Muševič, somentor dr. Erik Zupanič.

1. PARKELJ, Tjaša. STM mikroskopija tankih plasti superprevodnika na kovini : magistrsko delo. Ljubljana: [T. Parkelj], 2015. 50 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 2845284]

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).

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	
Predstavitev				
Aktivnosti v letu 2015	V letu 2015 so se na opremi nadaljevale meritve osredotočene predvsem na določanje strukture kristalov (molibdenovih oksidov, K₂NiF₄), induciranje faznih sprememb v materialih (molibdenovi oksidi, , karakterizacijo in meritve učinkovitosti sončnih celic (resonančna Ramanska meritev svetlobno vzbujenega električnega toka), karakterizacijo zaščitnih kovinskih prevlek (CrN/CrNV oksidirane prevleke, TiO₂ prevleke, diamantu podobne ogljikove prevleke...), tekočih kristalov, nanožic (MoSi), nanocevk (MoC) in plastovitih kristalov s poudarkom na materialih sestavljenih iz ene plasti (MoS₂, WS₂, Wse₂, grafen,...), fotoluminiscenco eno plastnih kristalov MoS₂. Rezultati so bili objavljeni v mednarodno priznanih revijah in predstavljeni na mednarodnih konferencah. Meritve na opremi so bile vključene v naslednje objave: - VELLA, Daniele, VEGA MAYORAL, Victor, GADERMAIER, Christoph, VUJIČIĆ, Nataša, BORZDA, Tetiana, TOPOLOVŠEK, Peter, PRIJATELJ, Matej, TEMPRA, Iacopo, POGNA, Eva Arianna Aurelia, CERULLO, Giulio. Femtosecond spectroscopy on MoS₂ flakes from liquid exfoliation : surfactant independent exciton dynamics. Journal of nanophotonics, ISSN 1934-2608, 2015, vol. 10, no. 1, str. 012508-1 012508-8, doi: 10.1117/1.JNP.10.012508. [COBISS.SI-ID 29252647] - BORZDA, Tetiana, GADERMAIER, Christoph, VUJIČIĆ, Nataša, TOPOLOVŠEK, Peter, BOROVSŠAK, Miloš, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan, et al. Charge photogeneration in few-layer MoS₂. Advanced functional materials, ISSN 1616-301X, 2015, vol. 25, no. 22, str. 3351-3358, doi: 10.1002/adfm.201500709 - MAMIN, R. F., STRLE, Jure, BIZYAEV, D. A., YUSUPOV, Roman V., KABANOV, Viktor V., KRANJEC, Andrej, BOROVSŠAK, Miloš, MIHAILOVIĆ, Dragan, BUKHARAEV, A. A. Influence of magnetic field on electric-field-induced local polar states in manganites. Applied physics letters, ISSN 0003-6951. [Print ed.], 2015, vol. 107, no. 19, str. 192906 -1-192906 -4, doi: 10.1063/1.4935587 - BOROVSŠAK, Miloš, ŠUTAR, Petra, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Dragan. Topotactic changes on [eta]-MoS₂[eta](11) caused by biased atomic force microscope tip and cw-lase. Applied Surface Science. ISSN 0169-4332. [Print ed.],			



	2015, vol. 354, part B, str. 256-259, doi: 10.1016/j.apsusc.2015.07.205 V letu 2015 je bilo izvedeno šolanje za 3 nove uporabnike. Opremo pri svojem doktorskem študiju uporabljajo doktorski študenti, mladi raziskovalci na Institutu »Jožef Stefan«: Miloš Borovšak, Andrej Kranjec, Tatiana Borzda ter dva doktorska študenta v okviru evropskega projekta MSC Initial Training Network MOWSES: Victor Vega Mayoral in Danielle Vella. V študijskem letu 2014/2015 je bila oprema vključena v izobraževalne 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 se je povečalo zanimanje študentov za opravljanje prakse ali diplomskega dela. V okviru predmeta Fizikalni eksperimenti na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani smo v preteklem študijskem letu pričeli z vajami Karakterizacija grafena z Ramansko spektroskopijo in AFM. V letu 2015 smo na opremi izvedli meritve v okviru mednarodnih sodelovanj in raziskovalnega programa: 5. meritve na nanožicah, Univerza v Azerbajdžanu, 6. meritve lastnosti kupratov, Kazan Federal University, 7. meritve temperaturne odvisnosti Ramanskih spektrov K_2NiF_4, Politehnika Milano Oprema je bila v letu 2015 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	
Predstavitev	 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 26 uporabnikov.			
Aktivnosti v letu 2015	V letu 2015 smo nadaljevali z uspešno karakterizacijo lastnosti nanomaterialov ter razlago njihovih interakcij z evkariontskimi celicami s pomočjo konfokalne in fluorescenčne mikroskopije. Konfokalni mikroskop so v okviru svojih projektov uporabljali sodelavci Odseka za biokemijo, molekularno in strukturno biologijo (B1) in Odseka za trdne snovi (F5) Instituta »Jožef Stefan«. Sodelavci Odseka B1 so nadaljevali z raziskavami vloge cisteinskih proteinaz in inhibitorjev pri imunskem odzivu in vnetnih boleznih. V dosedanjih raziskavah so pokazali, da so miši z izbitim genom za stefin B (Maher et al., 2014), kakor tudi cistatin C (v delu), bolj občutljive na sepsa (N. Kopitar-Jerala). Opremo so uporabili tudi za raziskave imunomodulatornega delovanja klopnih cistatinov – potencialnih inhibitorjev lizosomskih protolitskih encimov v imunskih dendritičnih celicah gostitelja, študirali so vlogo eksoproteaze katepsina C med diferenciacijo črevesnih epitelijskih celic ter zaključili raziskavo o možni regulatorni vlogi modelnega inhibitorja tiropinskega tipa (fragmenta invariantne verige oblike p41 molekule MHC II) (Zavašnik-Bergant). Poleg tega so opremo uporabili za določanje znotraj celične lokalizacije in možnih poti razgradnje cisteinske proteaze katepsina F v modelu možganskega tumorja (nevroblastoma) (Jerič Kokelj) ter proučili translokacijo človeškega prokatepsina B s pomočjo lahke verige heterotetramernega kompleksa aneksin A2 (p11) v sesalski celični liniji HeLa (R. Rajković). Sodelavci Odseka F5 so letu 2015 opravili poskuse z mešanicami diskotičnih in kalamitskih tekočih kristalov, nematskih koloidov v obliki Mobiusovega traku, strukturami v tankih smektičnih tekočokristalnih filmih ter kiralnimi nematskimi kapljicami. Na osnovi rezultatov, pridobljenih s konfokalnim mikroskopom, so			



uporabili novo razvito nadgradnjo fluorescenčne konfokalne polarizirane mikroskopije in z njo identificirali nova topološka stanja v kiralnih nematskih kapljicah (G. Posnjak). Konfokalni mikroskop so uporabili za opazovanje struktur, ki nastanejo ob stiku smektičnega tekočega kristala z vodno raztopino surfaktanta CTAB, ter za proučevanje 3D oblike eksperimenta, pri katerem pride do spontanega nastajanja in anihilacije topoloških defektov v tekočem kristalu (M. Vitek). Poleg tega so s fluorescenčno konfokalno polarizacijsko mikroskopijo in lastnim razvitim računalniškim programom analizirali in rekonstruirali direktorsko polje v raznih tekočerkristalnih sistemih, kar omogoča nadaljnjo analizo topoloških defektov v kiralnih in nekiralnih nematikih (U. Jagodič).

V letu 2015 smo preko Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana izvedli eno 2-dnevno izobraževanje novih uporabnikov konfokalnega mikroskopa za dva doktorska študenta.

Meritve na opremi so bile v letu 2015 vključene v naslednje objave:

1. KOPITAR-JERALA, Nataša. The role of stefin B in neuro-inflammation. *Frontiers in cellular neuroscience* (IF: 4,3) ISSN 1662-5102, 2015, vol. 9, str. 458-1-458-8. [COBISS.SI-ID 29089063].
2. KOPITAR-JERALA, Nataša. Innate immune response in brain, NF-kappa B signaling and cystatins. *Frontiers in molecular neuroscience*, (IF: 4,1) ISSN 1662-5099, 2015, vol. 8, str. 73-1-73-9, doi: 10.3389/fnmol.2015.00073. [COBISS.SI-ID 29088807],
3. VUKOMANOVIĆ, Marija, REPNIK, Urška, ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, KOSTANJŠEK, Rok, ŠKAPIN, Srečo D., SUVOROV, Danilo. Is nano-silver safe within bioactive hydroxyapatite composites?. *ACS biomaterials science & engineering*, ISSN 2373-9878, 2015, vol. 1, no. 10, str. 935-946, doi: 10.1021/acsbiomaterials.5b00170. [COBISS.SI-ID 29292327]
4. ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, BERGANT MARUŠIČ, Martina. Exogenous Thyropin from p41 Invariant chain diminishes cysteine protease activity and affects IL-12 secretion during maturation of human dendritic cells. *PloS one*, ISSN 1932-6203, 2016, vol. 11, no. 3, str. 0150815-1-0150815-26, doi: 10.1371/journal.pone.0150815. [COBISS.SI-ID 29352999]
5. POSNJAK, Gregor, ČOPAR, Simon, ŽUMER, Slobodan, MUŠEVIČ, Igor. Director structures in chiral nematic droplets. V: 13th European Conference on Liquid Crystals, 7-11 September 2015, Manchester, UK. ECLC 2015. [S. l.: s. n.], 2015. [COBISS.SI-ID 2848868]
6. KOPITAR-JERALA, Nataša, MAHER, Katarina, JERIČ, Barbara, BUTINAR, Miha, MIKHAYLOV, Georgy, MANČEK KEBER, Mateja, STOKA, Veronika, VASILJEVA, Olga, TURK, Boris, GRIGORYEV, Sergei A. Cytosolic cathepsin inhibitor stefin B (Cystatin B) regulate caspase-11 expression. V: *Experimental biology 2015 : late-breaking abstracts*, March 1 - April 1, Boston, MA, USA. [S. l.: s. n.], 2015. [COBISS.SI-ID 28585511]

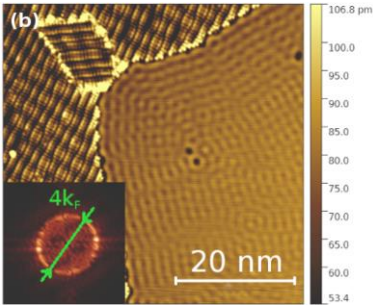
Meritve na opremi je N. Kopitar-Jerala predstavila na konferenci TOLL 2015; in sicer »Impaired Autophagy Results in Increased Inflammasome Activation in Stefin B-deficient mice« (Marbella, Španija, okt. 2015), ter na srečanju SBD FEBS3+; in sicer »The role of stefin B in autophagy and inflammasome activation« (Portorož, sept. 2015).

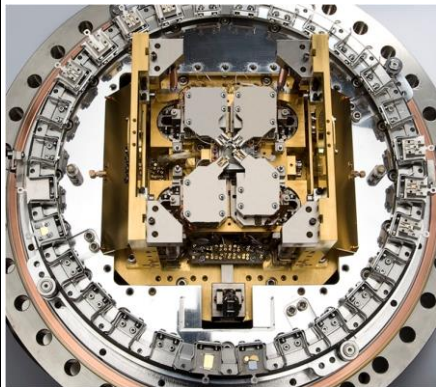
Meritve na opremi so bile vključene v več doktorskih, magistrskih in diplomskih dela:

1. JERIČ, Barbara. Functional characterization of human cathepsin F

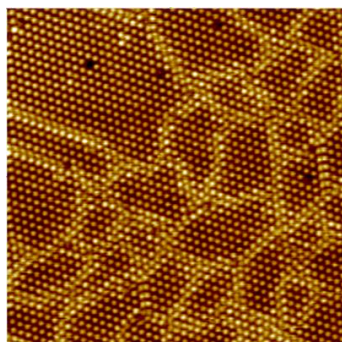


	pathophysiological mutations : doctoral dissertation = Funkcijska karakterizacija patofizioloških mutacij človeškega katepsina F : doktorska disertacija. Ljubljana: [B. Jerič Kokelj], 2015. XII, 107, [29] str., ilustr. [COBISS.SI-ID 28666663] 2. RAJKOVIĆ, Jelena. Vloga avtofaginov in ubikvitinu podobnega konjugacijskega sistema Atg8 v parazitu Trypanosoma cruzi in sesalcih : doktorska disertacija = The role of autophagins and Atg8 ubiquitin-like conjugation system in the parasite Trypanosoma cruzi and mammals : doctoral dissertation. Ljubljana: [J. Rajković], 2015. XII, 81, [35] str., ilustr. [COBISS.SI-ID 282547200] 3. URLAUB, Andreja. Vezava klopnege cistatina OmC2 na katepsin C v modelu diferenciranih celic MUTZ-3 : magistrsko delo. Ljubljana: [A. Urlaub], 2015. XIII, 61 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536276419] 4. MARIĆ, Tamara. Preučevanje interakcije med človeškim prokatepsinom B in lahko verigo heterotetramernega kompleksa aneksin A2 (p11) : magistrsko delo. Ljubljana: [T. Marić], 2015. XIII, 61 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536647875] 5. DUŠAK, Barbara. Inhibicija katepsina C s klopnim cistatinom OmC2 v diferenciranih celicah U937 : diplomsko delo. Ljubljana: [B. Dušak], 2015. V, 28 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536379843] Konfokalni mikroskop je bil v letu 2015 vključen v naslednje projekte in programe: • Proteoliza in njena regulacija, ARRS program (1. 1. 2015–31. 12. 2020), • Zaščitna vloga cistatinov pri LPS induciranim oksidativnem stresu in sepsi (Slovenja–CEA) (Kopitar-Jerala), • Mucus Permaeting Nanoparticulate Drug Delivery System – Alexander, mednarodni projekt (1. 4. 2012–31. 3. 2016). Konfokalni mikroskop je bil v letu 2015 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	
Aktivnosti v letu 2015	Na večini kovinskih materialov pride do močne modifikacije elektronske strukture adsorbatov zaradi njihove interakcije s podlago. Za razklopitev elektronskih stanj atomov in molekul na površinah se uporabljajo atomsko tanke izolatorske plasti, npr. CuN. Na opremi so se v letu 2015 opravljale raziskave izolativne monoatomska plast baker nitrid (CuN) na površini bakra s kristalografsko orientacijo (111), njena struktura je bila preverjena z uklonom nizkoenergijskih elektronov (LEED) ter preiskana s tunnelsko mikroskopijo in spektroskopijo.  Slika 1. LT-STM posnetek površine CuN na Cu(111). Vidijo se dve različni orientaciji superstrukture CuN plasti – levo zgoraj ter stoječe valovanje na čisti površini Cu(111) – desno. Vključena slika prikazuje FFT transformacijo stojećih valov, iz katere lahko določimo velikost valovnega vektorja elektronov površinskih stanj. (50 x 50 nm², T=5K) Opremo pri svojem delu uporablja študent Mark Berčan. Na opremi je bila opravljena magistrska naloga Preučevanje izolativne CuN monoplasi z STM mikroskopijo, Tim Verbovšek, 10. 09. 2015, mentor prof. dr. Igor Muševič, somentor Erik Zupanič. 1. VERBOVŠEK, Tim. Preučevanje izolativne CuN monoplasi z STM mikroskopijo : magistrsko delo. Ljubljana: [T. Verbovšek], 2015. 46 str., ilustr. [COBISS.SI-ID2844516] 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 2015 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	
Predstavitev	 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. 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. Osnovo 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. 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.			
Aktivnosti v letu 2015	V letu 2015 smo na 4-sondnem UHV STM/SEM mikroskopskem sistemu Nanoprobe izvajali raziskovanje skritih stanj v tantalovem disulfidu 1T-TaS ₂ , ki jih vzbudimo s svetlobnimi ali električnimi sunki. V eksperimentih smo izvajali tunelsko slikanje in tunelsko spektroskopijo površine v različnih temperaturnih fazah in v skritem stanju. Raziskovali smo različne načine za preklapljanje: z			

zunanjsimi laserskimi sunki, električnimi sunki ali napetostnimi sunki direktno prek tunelske konice.



Slika 1: S tunelskim mikroskopom posneta slika velikosti 30 nm × 30 nm, ki pri $T = 4$ K prikazuje domenske stene skritega stanja 1T-TaS₂ inducirane s tunelsko konico.

V letu 2015 smo izvedli tudi naslednje posege v sistem:

- namestitev naprševalne puške za čiščenje konice in vzorcev,
- zamenjava pokvarjenih skenerjev, ki so omejevali zmogljivost sistema,
- namestitev čistilnega sistema za elektronski mikroskop, ki je izboljšal stabilnost.

Rezultati so bili predstavljeni na več konferencah in v enem članku, ki je trenutno v postopku pregleda pri reviji Nature Communications.

V letu 2015 je doktorski študent Igor Vaskivskiy (štipendist Javnega sklada za razvoj kadrov in štipendij RS) zaključil svoje izobraževanje in v svojem doktorskem delu predstavil tudi rezultate pridobljene na sistemu Nanoprobe.

1. VASKIVSKYI, Igor. Light induced phase transitions to hidden states in strongly correlated systems : doctoral thesis. Ljubljana: [I. Vaskivskiy], 2015. XIV, 104 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 2841956]

Oprema je bila uporabljana v sklopu projektov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- 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,
- Center za nanolitografijo in nanoskopijo, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- 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 2015 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
Predstavitev	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.		
Aktivnosti v letu 2015	• usklajevanje in organizacija obiska revizork z Urada za nadzor proračuna MF, 10. februar 2015 – 27. marec 2015 • ogled opreme CO Nanocentra v laboratorijih na Institutu »Jožef Stefan« za študente Mednarodne podiplomske šole, 12. maj 2015 • oddaja Prednosti in slabosti nanodelcev, kratka predstavitev na RTV SLO v Novice ob 13ih, 11. junij 2015 • koordinacija partnerjev, priprava in predstavitev pobude na področju VV Nanotehnologija in VV Fotonika v okviru Javnega poziva za predložitev perspektivnih tehnoloških področji in produktivnih smeri, Služba vlade za razvoj in kohezijsko politiko, 15. -16. junij 2015 • v okviru predstavitve Odbora za znanost in tehnologijo pri OZS se je na Celjskem sejmu MOS (Mednarodni sejem obrti in podjetnosti) predstavil CO Nanocenter, 8 – 13. september 2015 • ogled opreme CO Nanocentra v laboratorijih na Institutu »Jožef Stefan« za dijake slovenskih srednjih šol, ki so na državnem tekmovanju iz fizike		

osvojili zlato priznanje, 16. oktober 2015

- v mesecu decembru 2015 sta laboratorije CO Nanocentra obiskala direktor Direktorata za raziskave in inovacije pri Evropski Komisiji, g. Jan Robert Smits in direktor Direktorata za znanost na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport RS, mag. Urban Krajcar s sodelavci, 8. december 2015
- vzdrževanje rezervacijskega sistema in spletne strani, dodajanje novih uporabnikov

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 2015 izvedli veliko usposabljanj za samostojno delo na opremi.

Veliko slovenskih in mednarodnih projektov se tesno 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 aktivnost na projektu Izobraževanje, usposabljanje, razširjanje znanja in upravljanja z opremo je predstavljen v sklopu kazalnikov v pričujočem poročilu (5.6 Drugi kazalniki).



Predstavitev na Celjskem sejmu MOS, 8. – 13. september 2015



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	
Predstavitev	Projekt oz. oprema se je navezovala na projekt MR-ji iz gospodarstva »Uporaba magnetofekcije za gensko antiangiogeno terapijo«, trajanje: 2010–2014. Projekt je bil v 2014 uspešno zaključen z zagovorom doktorske disertacije mlade raziskovalke (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 dissertation: postgraduate study. Ljubljana: [L. Prosen], 2014. XVIII, 99 f., ilustr. COBISS.SI-ID 276073728).			
Aktivnosti v letu 2015	Po zaključku projekta MR iz gospodarstva, se oprema navezuje na druge naloge in aktivnosti: - J1-6734: Zaščita lahkih zlitin na osnovi aluminija kot materialov prihodnosti za transportno industrijo (temeljni raziskovalni projekt pri ARRS); 2014 – 2017; Metalografski mikroskop (10%), Zeta Sizer Nano (5%) - J2-6758: Razvoj in in vitro karakterizacija multimodalnih magnetnih nanodelcev za dostavo učinkovin in označevanje celic (temeljni raziskovalni projekt pri ARRS); 2014 – 2017; Zeta sizer nano (10%), XRD (5%) Projekti v okviru gospodarstva (naročnik Kolektor Group): - Razvoj granularnega kompozitnega materiala; Metalografski mikroskop (10%), XRD (15%) - Stabilnost sistema izdelave armirnih obročkov: Temperaturni senzor (10%), Metalografski mikroskop (10%) Projekti v okviru gospodarstva (naročnik TANIN): - Priprava stabilne disperzije prehranskih dopolnil za domače živali; Metalografski mikroskop (5%), Zeta Sizer Nano (5%)			

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. V nadaljevanju navajamo naziv opreme in aktivnosti v letu 2015 povezane z opremo.

Zap. št.	Naziv investicije	oznaka	Opis
3	Sistem za hidrotermalno sintezo nanomaterialov	3-1/2010	vakuumska 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 platine smo uporabili kot izhodiščni material/reaktant pri sintezi drugih nanožic/nanocevk na osnovi molibdena. S sulfurizacijo dekoriranih svežnjev v mešanici $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2/\text{Ar}$ smo sintetizirali odprte votle nanocevke MoS_2 z vgrajenimi platinastimi delci. Z žarjenjem svežnjev nanožic $\text{Mo}_6\text{S}_y\text{I}_z$ v mešanici $\text{H}_2/\text{Ar}/\text{NH}_3$ smo sintetizirali čiste molibdenov nitridne nanožice z morfologijo enako prekursorjem, a z manjšim premerom, s čimer smo izdelali tudi transparentne kovinske elektrode. Z XRD karakterizacijo in meritvijo magnetne susceptibilnosti smo potrdili, da je sintetiziran material enofazen $\delta_3\text{-MoN}$. Z uporabo $\text{H}_2/\text{Ar}/\text{NH}_3$ mešanice smo uspeli pretvoriti nanotrakove TiO_2 v TiON .

Na opremo se v letu 2015 navezuje doktorska naloga, Andreja Koviča, ki je v letu 2015 zaključil doktorsko nalogo. Opremo pri svojem delu intenzivno uporabljata dva mlada raziskovalca, Melita Rutar in Matej Prijatelj.

Oprema se uporablja v okviru ARRS programov:

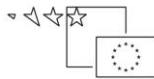
- Dinamika kompleksnih nanosnovi, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- Anorganska kemija in tehnologija, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2018.

Oprema se navezuje na naslednje objave iz leta 2015:

1. SLUBAN, Melita, UMEK, Polona, JAGLIČIČ, Zvonko, BUH, Jože, ŠMITEK, Petra, MRZEL, Aleš, BITTENCOURT, Carla, GUTTMANN, Peter, DELVILLE, Marie-Helene, MIHAILOVIČ, Dragan, ARČON, Denis. Controlling disorder and superconductivity in titanium oxynitride nanoribbons with anion exchange. *ACS nano*, ISSN 1936-0851, 2015, vol. 9, no. 10, str. 10133-10141, doi: 10.1021/acsnano.5b03742.
2. SLUBAN, Melita, ROZMAN, Nejc, PREGELJ, Matej, BITTENCOURT, Carla, CERC KOROŠEC, Romana, SEVER ŠKAPIN, Andrijana, MRZEL, Aleš, ŠKAPIN, Srečo D., UMEK, Polona. Transformation of hydrogen titanate nanoribbons to TiO_2 nanoribbons and the influence of the transformation strategies on the photocatalytic performance. *Beilstein*



<i>journal of nanotechnology</i>, ISSN 2190-4286, 2015, vol. 6, str. 831-844, doi: 10.3762/bjnano.6.86. 3. KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, RAVNIK, Jan, ŠTURM, Sašo, VILFAN, Mojca. Surface decoration of MoSi nanowires and MoS₂ multi-wall nanotubes and platinum nanoparticle encapsulation. <i>Materials letters</i>, ISSN 0167-577X. [Print ed.], 2015, vol. 159, str. 333-336, doi: 10.1016/j.matlet.2015.07.021. 4. BUH, Jože, KABANOV, Viktor V., BARANOV, Vladimir V., MRZEL, Aleš, KOVIČ, Andrej, MIHAILOVIĆ, Dragan. Control of switching between metastable superconducting states in $[\delta]$-MoN nanowires. <i>Nature communications</i>, ISSN 2041-1723, 2015, vol. 6, str. 10250-1-10250-6, doi: 10.1038/ncomms10250 5. BITTENCOURT, Carla, SLUBAN, Melita, UMEK, Polona, MRZEL, Aleš, VOZEL, Katja, ARČON, Denis, HENZLER, K., KRÜGER, Peter, GUTTMANN, Peter. Molecular nitrogen in N-doped TiO₂ nanoribbons. <i>RSC advances</i>, ISSN 2046-2069, 2015, vol. 5, no. 30, str. 23350-23356, doi: 10.1039/C4RA14410D., 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 naporjenih plasti in meritve transmisije in refleksije brizganih plasticnih 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 2015 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 2015 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.			
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 2015 smo opremo uporabljali zlasti za ekspanzijo interkaliranih kristalov, pa tudi za evaporacijo plasti MoS₂ in za rutinsko sušenje različnih vzorcev v vakuumu.

Opremo v okviru svojega doktorskega dela uporablja en doktorski študent.

Oprema se uporablja v sklopu naslednjih projektov:

- Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- 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,
- Center za nanolitografijo in nanoskopijo, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,

Ocenjujemo, da je bila oprema za termično procesiranje v letu 2015 izkoriščana 20% časa.

9	Oprema za atomsko enoslojno depozicijo	9-1/2012	ALD
V letu 2015 smo sistem ALD uporabili za depozicijo izolacijskega sloja HfO₂ z namenom meritev lastnosti transporta pravokotno na plasti kristalov TaS₂. Zaradi previsokih temperatur reakcije (180 °C) so bili nanosi le delno uspešni, saj smo pri tem deformirali obliko polimernega rezista za postopek litografije. Kasneje smo enak poskus naredili tudi z aluminijevim oksidom, ki se je za ta namen izkazal obetavnejši. V septembru 2015 smo v sodelovanju treh odsekov Instituta »Jožef Stefan«, Odsek za tanke plasti in površine, Odsek za kompleksne snovi, Odsek za fizikalno in organsko kemijo, sistem za atomsko enoslojno depozicijo (ALD) nadgradili s komoro za aluminijev prekurzor, s čimer smo povečali nabor rasti poleg tankih filmov HfO₂ tudi na izdelavo tankih filmov Al₂O₃, ki jih lahko sintetiziramo pri nižjih temperaturah (100 °C). Tanke filme Al₂O₃ smo uporabili pri izdelavi antikorozijskih plasti za aluminij in aluminijeve zlitine, ki so zanimive za letalsko industrijo, ki se spopada z iskanjem okolju prijaznejših nadomestkov za stare, strupene antikorozijske zaščite. O teh rezultatih bomo poročali v članku v letu 2016. Zanimanje za antikorozijsko zaščito je pokazalo tudi podjetje Hidria d. d., za katere smo testno nanесли nekaj filmov, dogovarjamo pa se o nadaljnjih preizkusih metode. V okviru praktičnega pouka je na ALD delal tudi študent na mednarodni izmenjavi (Erasmus), Lukas Matijosaitis iz Litve. Oprema je bila uporabljana v sklopu projektov: • Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, • Femtosekundno kontroliranje faznih prehodov v realnem času, ARRS temeljni projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015, • Center za nanolitografijo in nanoskopijo, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, V letu 2015 je bil sistem za ALD koriščen 50%.			
		9-3/2013	Tlačna celica
V toku 2015 smo nadaljevali z izobraževanjem in poskusnim obratovanjem celice. Izvedli smo dodatne preliminarne meritve časovno ločljive optične odbojnosti na TaS₂. Ukvarjali smo se tudi z analizo neželenih stranskih pojavov, ki jih prinese uporaba celice. Ker gre za osnovno znanost, je učinek na gospodarstvu in družbo posreden in dolgoročen preko ljudi, ki			



pridejo v toku svojega izobraževanja v stik s tehnologijo visokih tlakov.			
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 magnetni in vecnamenski materiali, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020, pa tudi okviru več drugih programov in projektov (okoli 10). Raziskave delno ali povsem izvedene na omenjeni opremi so bile v letu 2015 objavljene v več kot 20 znanstvenih člankih. Oprema je pomembna tudi za direktno sodelovanje z industrijo; v letu 2015 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 2015 uporabljena okoli 60 % (40% je na voljo za zunanje uporabnike).			
16	Suha komora	16-19-1/2010	Suha komora
Oprema je nameščena na Kemijskem Inštitutu in se uporablja za raziskave sodobnih Li-ionskih akumulatorjev in v zadnem času tudi Mg akumulatorjev. Sodelovanje na področju Li-ionskih akumulatorjev poteka predvsem s kolegi iz Francije. Tu je potrebno predvsem izpostaviti sodelovanje z College de France, s katerimi smo tudi objavili članek v reviji Science. Oprema se uporablja za sodelovanje s s tujimi podjetji (HONDA, SAFT, Renault, Solvionic), obstaja pa tudi interes slovenskih podjetij (FILC, d. d, TAB, d. d.) za sodelovanje. Rezultati raziskav pri katerih smo uporabili opremo, so bili v letu 2015 objavljeni: 1. AMISSE, Robin, SOUGRATI, Moulay Tahar, STIEVANO, Lorenzo, DAVOISNE, C., DRAŽIĆ, Goran, BUDIČ, Bojan, DOMINKO, Robert, MASQUELIER, Christian. Singular structural and electrochemical properties in highly defective LiFePO₄ powders. Chemistry of materials, ISSN 0897-4756. [Print ed.], Jun. 2015, vol. 27, iss. 12, str. 4261-4273. 2. VELIŠČEK, Žiga, SLEMENIK PERŠE, Lidija, DOMINKO, Robert, KELDER, Erik M., 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.			

3. MCCALLA, Eric, ABAKUMOV, Artem M., SAUBANÈRE, Matthieu, FOIX, Dominique, BERG, Erik J., ROUSSE, Gwenaëlle, DOUBLET, Marie-Liesse, GONBEAU, Danielle, NOVÁK, Petr, VAN TENDELOO, Gustaaf, DOMINKO, Robert, TARASCON, Jean-Marie. Visualization of O-O peroxo-like dimers in high-capacity layered oxides for Li-ion batteries. *Science*, ISSN 0036-8075, Dec. 2015, vol. 350, no. 6267, str. 1516-1521.
4. BITENC, Jan, PIRNAT, Klemen, BANČIČ, Tanja, GABERŠČEK, Miran, GENORIO, Boštjan, RANDON-VITANOVA, Anna, DOMINKO, Robert. Anthraquinone-based polymer as cathode in rechargeable magnesium batteries. *ChemSusChem*, ISSN 1864-564X. Online izd., Dec. 2015, vol. 8, iss. 24, str. 4128-4132.

Oprema je bila v letu 2015 izkoriščena 100%.

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

Aktivnosti v letu 2015 je predstavljalo oblikovanje oksidnih plastnih struktur debeline nekaj 10 nm s tiskanjem za transparentno elektroniko.

Oprema je bila uporabljena v okviru projekta:

- Oksidne pasivne in aktivne komponente za transparentno elektroniko, ARRS projekt, trajanje: 1. 7. 2011–15. 3. 2015.

Opremo je v okviru diplomske naloge na Naravoslovno-tehniški fakulteti Univerze v Ljubljani uporabljala Alja Kupec. Diplomsko delo z naslovom *Oblikovanje diskretnih struktur (K_{0.5}Na_{0.5})NbO₃ : diplomsko delo*. [COBISS.SI-ID 3101808] je zagovarjala januarja 2015.

Nadalje je opremo v okviru magistrskega študija na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana uporabljal študent Aleksander Matavž, ki je magistrsko delo z naslovom "Inkjet printing of transparent metal oxide-based nano-capacitors" (Brizgalno tiskanje transparentnih nano-kondenzatorjev na osnovi kovinskih oksidov) [COBISS.SI-ID 28874279] pod mentorstvom prof. dr. Barbare Malič zagovarjal v septembru 2015.

Raziskave, v okviru katerih je bila oprema v letu 2015 uporabljena, so bile objavljene v prispevku, objavljenem v zborniku konference:

1. MATAVŽ, Aleksander, FRUNŽA, Raluca-Camelia, MALIČ, Barbara, et al. Inkjet printing of alkoxide-based precursor solution for use in transparent electronics. V: 7. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana = 7th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference, 20.-22. 5. 2015, Ljubljana. REŠETIČ, Andraž (ur.), et al. Zbornik : 2. del = Proceedings : part 2. Ljubljana: Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2015, zv. 1, str. 218-227. [COBISS.SI-ID 28611623]

Ocenjujemo, da je bila oprema v letu 2015 izkoriščena 60% časa.

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 2015 uporabljala dva doktorska študenta MPŠ, Jitka Hreščak in Hugo Mercier.

Jernej Pavlič, ki je opremo uporabljal pri svojem raziskovalnem delu, je januarja 2015 zagovarjal na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana doktorsko delo, ki ga je opravil



pod mentorstvom doc. dr. Tadeja Rojaca in somentorstvom prof. dr. Barbare Malič. Raziskave, v okviru katerih je bila oprema uporabljena, so bile v 2015 objavljene v:

1. POPOVIČ, Arkadije, BENCZE, László, KORUZA, Jurij, MALIČ, Barbara. Vapour pressure and mixing thermodynamic properties of the $\text{KNbO}_3\text{-NaNbO}_3$ system. RSC advances, ISSN 2046-2069, 2015, vol. 5, no. 93, str. 76249-76256, doi: 10.1039/c5ra11874c. [COBISS.SI-ID 28837927]

Nadalje smo na osnovi predhodnih raziskav, ki so tudi vključevale opremo Nanocentra, objavili pregledni članek o sintranju kalijevega natrijevega niobata:

2. MALIČ, Barbara, KORUZA, Jurij, HREŠČAK, Jitka, BERNARD, Janez, WANG, Ke, FISHER, John Gerard, BENČAN, Andreja. Sintering of lead-free piezoelectric sodium potassium niobate ceramics. Materials, ISSN 1996-1944, 2015, vol. 8, no. 2, str. 8117-8146, doi: 10.3390/ma8125449. [COBISS.SI-ID 29068839]

Oprema je bila v letu 2015 uporabljena 40%.

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

Raziskovalne aktivnosti na opremi v letu 2015:

- Meritve dielektričnih epoksi smol in plastike za ohišja kondenzatorjev v sodelovanju z Laboratorijem za dielektrično spektroskopijo in podjetjem Iskra sistemi, d. d.- nadaljevanje meritev 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.),
- Meritve elastičnih modulov geliranih gum za namen celičnih nosilcev v tkivnem inženiringu

Nadaljevali smo raziskave dinamičnega mehanskega odziva zalivnih epoksi mas in plastik iz ohišij, ki jih v podjetju Iskra Sistemi, d.d. uporabljajo pri proizvodnji kondenzatorjev. V letu 2015 smo za obstoječo opremo Mettler Toledo DMA/SDTA861e dokupili kompresijski modul z namenom meritve viskoelastičnih lastnosti hidrogelnih kompozitov za uporabo v tkivnem inženiringu kot celični nosilci. Meritve je izvajal mladi raziskovalec Rok Kocen, ki se je predhodno že spoznal s podobno napravo na raziskovalnem obisku na Aalto University, Finska. V primerjavi s konvencionalnimi napravami za meritve kompresijskega modula, je bilo mogoče z DMA/SDTA861e izmeriti elastični in disipativni modul pri različnih frekvencah, kar je ključnega pomena pri karakterizaciji viskoelastičnih lastnosti celičnih lastnosti. Prav tako smo lahko določili njihovo najvišjo dovoljeno deformacijo pred porušitvijo. V naslednji fazi se pripravlja daljši eksperiment, kjer se bo s pomočjo DMA/SDTA861e spremljalo viskoelastične lastnosti celičnih nosilcev med degradacijo. Dobljeni rezultati bodo objavljeni v mednarodni znanstveni reviji.

Za samostojno operatorsko delo smo izšolali mladega raziskovalca Luke Pirkerja, ki dela na elektropredenih vlaknih nanokompozitov.

Ocenjujemo, da je bila oprema izkoriščena 50%.

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 magnetni in vecnamenski materiali, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020 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 20 znanstvenih člankih.

Oprema je pomembna tudi pri izobraževanju. Na opremi vsakodnevno dela med 4 in 8 mladih raziskovalcev. Magnetometer je dokaj specifična oprema, ocenjujemo, da je bila v letu 2015 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 nastavljivim 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 makromolekulah, 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. Ciljna področja so tako vse od novih baterij do biomedicinskih aplikacij.

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, saj omogoča kvantitativno ovrednotenje teh interakcij, kar ima za posledico tudi večjo napovedno moč.

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 oz. ločimo doprinos posameznih komponent interakcije med seboj. 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 (pri tem sodeluje več laboratorijev znotraj Kemijskim inštitutom in širše).

Ob vidno povečanem obsegu interesa za področje (bio)-nanotehnologije v razvojnih in industrijskih panogah ter pomena obravnavanje toksičnega učinka vseh novih tehnologij na okolje in ljudi, 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 s posebnim razumevanjem varnosti. 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 uporabljata mlada raziskovaleca Ahmed Samy Abdellal Kreta in Mirjana Rodošek.

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 nizkoogljeno 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.

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
- 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 letu 2015 smo s pomočjo elipsometra nadaljevali z raziskavami spontane organizacije lipofilnih derivatov gvanozina v tankih plasteh na meji med zrakom in vodo. Pri teh raziskavah smo uporabljali predvsem opcijo elipsometra za mikroskopiranje pri Brewstrovem kotu (BAM). Glavnina raziskav je bila osredotočena na vpliv dodatka različnih enovalentnih ionov v vodno podfazo na strukturno organizacijo v površinskem sloju. Ugotovili smo, da kationi K^+ , podobno kot pri formiranju molekularnih kompleksov v vodnih raztopinah, tudi v tankoplastnih strukturah povzročajo največje spremembe v medmolekulski organizaciji. Že majhen dodatek tovrstnih ionov v vodno podfazo povzroči prehod iz lamelarne structure, ki je značilna za čisto vodno podfazo, v povsem drugačno mozaično strukturo. Poleg kationov pa na medmolekulsko organizacijo v filmu vplivajo tudi anioni – tako imajo denimo anioni Pic^- dosti večji učinek na medmolekulske interakcije kot anioni Cl^- .



O rezultatih navedenega dela smo poročali v:

1. znanstvenem članku: ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Ion-specific self-assembly of a lipophilic guanosine derivative in thin surface films. *Langmuir*, 2015, vol. 31, iss. 17, str. 4837-4843,
2. v konferenčnem prispevku ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Ion-specific self-assembly of a lipophilic guanosine derivative in thin surface films. V: 5th International Meeting on Quadruplex Nucleic Acids, Bordeaux, France, 26-28 May 2015. *Book of abstracts*,
3. v strokovnem članku: ČOGA, Lucija, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Mikroskopija pri Brewstrovem kotu. *Obzornik za matematiko in fiziko*, 2015, letn. 62, št. 3, str. 88-96, in
- 4) v doktorski disertaciji: ČOGA, Lucija. *Self-assembling properties of lipophilic nucleoside derivatives on surfaces : doctoral thesis*. Univerza v Ljubljani, 2015.
4. ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Ion-specific self-assembly of a lipophilic guanosine derivative in thin surface films. V: 5th International Meeting on Quadruplex Nucleic Acids, Bordeaux, France, 26-28 May 2015. *Book of abstracts : G4thering in Bordeaux*. [S. l.: s. n., 2015], str. 172, ilustr. [COBISS.SI-ID 2814820]

V drugi polovici leta 2015 smo začeli tudi z novo raziskovalno problematiko – analizo tankih plasti derivatov gvanozina modificiranih z dodatkom fotoobčutljivih kemijskih skupin. Izvedli smo preliminarne BAM raziskave strukturne organizacije in ugotovili, da tudi ti derivati na čisti vodni podfazi tvorijo lamelarne structure. Poleg tega smo v grobem analizirali tudi vpliv osvetljevanja z UV svetlobo na medmolekulske interakcije v tankem filmu. Navedene raziskave potekajo v okviru doktorskega usposabljanja mladega raziskovalca Matjaža Ličen-a.

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		

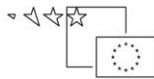
V letu 2015 smo na sondažnih postajah opravljali rutinska preverjanja delovanja kontaktov na mikrovzorcih in napravah iz različnih materialov: TaS₂, TaSe₂, MoS₂, MoSe₂,... V novembru in decembru 2015 smo z njimi izvajali tudi za meritve karakterizacije transporta na slabo raziskanih molibdenovih suboksidih, predvsem pri temperaturah do 200 °C. Sondažne postaje smo uporabili tudi za procesiranje elektrod, tako da smo z ostrimi iglami prekinjali valovode in krojili obliko elektrod.

S pomočjo sondažnih postaj smo izmerili lastnosti nanotrakov TiON, ki so bile objavljene v članku:

1. SLUBAN, Melita, UMEK, Polona, JAGLIČIĆ, Zvonko, BUH, Jože, ŠMITEK, Petra, MRZEL, Aleš, BITTENCOURT, Carla, GUTTMANN, Peter, DELVILLE, Marie-Helene, MIHAILOVIĆ, Dragan, ARČON, Denis. Controlling disorder and superconductivity in titanium oxynitride nanoribbons with anion exchange. *ACS nano*, ISSN 1936-0851, 2015, vol. 9, no. 10, str. 10133-10141, doi: 10.1021/acs.nano.5b03742. [COBISS.SI-ID 28831271].

V letu 2015 je doktoriral Jože Buh in diplomirala Petra Šmitek, ki sta v svojem doktorskem oz. diplomskem delu predstavila tudi podatke pridobljene na opremi.

Oprema je bila uporabljana v sklopu projektov:



- Dinamika kompleksnih nanosnovi, ARRS program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- 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,
- Center za nanolitografijo in nanoskopijo, ARRS infrastrukturni program, trajanje: 1. 1. 2015–31. 12. 2020,
- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 1. 5. 2013–30. 4. 2018.

Sondažni postaji sta bili koriščeni 30%.

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 2015 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.

Pomembni del meritev je predstavljalo merjenje tokovno napetostne karakteristike v bližini kritičnega toka, kar je razkrilo zanimivo dinamiko različnih uporabnih stanj v sistemu. Pri določenih temperaturah in amplitudah zunanega šuma je bilo moč opaziti telegrafski šum, ki predstavlja preklapljanje med dvema uporabnima stanjema pri konstantni vrednosti toka. Pokazali smo, da je možno preklapljanje med temi metastabilnimi stanji zelo učinkovito manipulirati z majhnim zunanjim električnim šumom. Nadalje smo pokazali, da je možno doseči deterministično kontrolo nad preklapljanjem med metastabilnimi superprevodnimi stanji z uporabo kratkih električnih tokovnih pulzov. Eksperimentalni rezultati se presenetljivo dobro ujemajo z teoretično napovedjo modela enodimenzionalnega superprevodnika.

Poleg tega pa smo v letu 2015 uspeli pokazati, da je med metastabilnimi uporabnimi stanji moč preklapljati tudi z uporabo kratkih laserskih sunkov. Eksperiment smo izvedli na nanožicah δ -MoN s kritično temperaturo, $T_c=11$ K. Opazili smo preklope med metastabilnimi superprevodnimi stanji, ki jih inducira en sam optični sunek dolžine 50 fs. Pri tem smo odkrili metastabilna stanja, ki niso dosegljiva samo z močno neravnovesno vzbuditvijo.

Ker gre za osnovno znanost, je učinek na gospodarstvo in družbo posreden in dolgoročen preko raziskovalcev, ki pridejo v toku svojega izobraževanja in raziskav v stik s tehnologijo superprevodnosti in nizkih temperatur ter velikih magnetnih polj. V letu 2015 se je na sistemu dodatno izobraževal en doktorski študent. Meritve na magnetu so v veliki meri prispevale k njegovi doktorske disertaciji, ki je bila uspešno obranjena v letu 2015.

V letu 2015 so bile meritve na magnetu ključne za objavo članka v reviji **Nature communications**:

1. BUH, Jože, KABANOV, Viktor V., BARANOV, Vladimir V., MRZEL, Aleš, KOVIČ, Andrej, MIHAILOVIĆ, Dragan. Control of switching between metastable superconducting states in



[delta]-MoN nanowires. Nature communications, ISSN 2041-1723, 2015, vol. 6, str. 10250-1-10250-6, doi: 10.1038/ncomms10250. [COBISS.SI-ID 29119015].

39	Naprava za merjenje oprijemljivosti prevlek	39-1/2011	
40	Naprava za merjenje triboloških lastnosti prevlek		

Napravi uporabljamo v Odseku za tanke plasti in površine Instituta »Jožef Stefan« vsakodnevno za lastno raziskovalno delo. Naprava za merjenje oprijemljivosti prevlek je v večji meri namenjena kontroli kakovosti prevlek, dejansko pa je podatek o adheziji sestavni del vsake karakterizacije prevleke, tako da večina naših člankov obsega tudi podatek, pridobljen iz te naprave. Napravo za merjenje triboloških prevlek (t. i. tribometer) pa smo intenzivno uporabljali kot osrednje raziskovalno orodje.

Na tem mestu kaže posebej poudariti del mladega raziskovalca Aljaža Drnovška (IJS), tema njegove doktorske disertacije je prav tribologija trdih prevlek. V svojem delu se je osredotočil na dva aspekta. Prvi je izvajanje tribološkega testa v različnih atmosferah: standardni (v teh pogojih so praktično vse objave v literaturi), v čistem kisiku in v čistem dušiku. Ugotovil je velik vpliv atmosfere in to objavil v reviji *Surface & Coatings Technology*. Drugi aspekt je obnašanje na samem začetku tribološkega testa, kjer je zasledoval obrabo na mikronivoju. V zelo kratkih korakih je namreč analiziral posamezne rastne defekte in ovrednotil njihov vpliv na začetno fazo (utekanje) tribološkega procesa.

Tribometer je bila tudi osrednja analitska naprava za študij vpliva dodajanja aditiva nanocevk MoS₂ klasičnim mazivom. To je bila tematika lani zaključenega projekta »raziskovalci na začetku kariere« dr. Srečka Paskvaleja (IJS). Ugotovil je znatno zmanjšanje koeficienta trenja ob uporabi nanocevk MoS₂ v primerjavi s klasičnimi nanodelci iste sestave. Delo na tribometru je bilo v manjši meri uporabljeno tudi pri nekaterih drugih raziskavah, omenimo obrabno obstojnost nanokompozitnih prevlek (s partnerji iz Turčije in iz Srbije), in na nekaterih povsem industrijskih raziskavah za konkretne naročnike.

Izpis relevantnih enot iz Cobissa:

1. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, ČEKADA, Miha. The influence of growth defects in sputter-deposited TiAlN hard coatings on their tribological behavior. *Surface & coatings technology*, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2016, vol. 288, str. 171-178, doi: 10.1016/j.surfcoat.2016.01.021. [COBISS.SI-ID 29221159],
2. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, PASKVALE, Srečko, BUH, Jože, ČEKADA, Miha. The influence of surrounding atmosphere on tribological properties of hard protective coatings. *Surface & coatings technology*, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2015, vol. 267, str. 15-20, doi: 10.1016/j.surfcoat.2014.11.068. [COBISS.SI-ID 28214055],
3. PASKVALE, Srečko, REMŠKAR, Maja, ČEKADA, Miha. Tribological performance of TiN, TiAlN and CrN hard coatings lubricated by MoS₂ nanotubes in Polyalphaolefin oil. *Wear*, ISSN 0043-1648. [Print ed.], 2016, vol. 352-353, str. 72-78, doi: 10.1016/j.wear.2016.01.020. [COBISS.SI-ID 29308711],
4. PANJAN, Peter, DRNOVŠEK, Aljaž. Influence of growth defects in PVD hard coating on their wear, corrosion and oxidation resistance. V: *The Thirteenth International Symposium on Sputtering Plasma Processes*, ISSP 2015, July 8-10, 2015, Kyoto, Japan. Proceedings. [S. l.: s. n.], 2015, str. 323-328. <http://issp2015.org/program.html>. [COBISS.SI-ID 28705831]
5. ÇALIŞKAN, Halil, CELIL, Cagatay Celil, PANJAN, Peter. Effect of multilayer nanocomposite TiAlSiN/TiSiN/TiAlN coating on wear behavior of carbide tools in the milling of hardened



AISI D2 steel. Journal of nano research, ISSN 1661-9897. [Online ed.], 2015, vol. 38, str. 9-17, doi: 10.4028/www.scientific.net/JNanoR.38.9. [COBISS.SI-ID 29179687], 6. TEREK, Pal, KUKURUZOVIĆ, Dragan, MILETIĆ, Aleksandar, PANJAN, Peter, KOVAČEVIĆ, Lazar, ŠKORIĆ, Branko. Mechanical and tribological properties of nanolayered TiAlN/TiSiN coating. V: 14th International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, May 13-15, 2015, Belgrade, Serbia. VENCL, Aleksandar (ur.). Serbiatrib '15 : proceedings. Kragujevac: Serbian Tribology Society; Belgrade: University, Faculty of Mechanical Engineering, 2015, str. 137-142. [COBISS.SI-ID 28834599] 7. TEREK, Pal, KUKURUZOVIĆ, Dragan, MILETIĆ, Aleksandar, PANJAN, Peter, KOVAČEVIĆ, Lazar, ŠKORIĆ, Branko. Surface roughness and its effect on tribological performance of magnetron sputtered nitride coatings. V: 14th International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, May 13-15, 2015, Belgrade, Serbia. VENCL, Aleksandar (ur.). Serbiatrib '15 : proceedings. Kragujevac: Serbian Tribology Society; Belgrade: University, Faculty of Mechanical Engineering, 2015, str. 143-148. [COBISS.SI-ID 28834087] 8. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, ČEKADA, Miha. Magnetron sputtered growth defects in a tribological contact. V: 22. mednarodno znanstveno srečanje Vakuumska znanost in tehnika, 21.-22. maj 2015, Osilnica = 22nd International Scientific Meeting on Vacuum Science and Technique, 21-22 May 2015, Osilnica. KOVAČ, Janez (ur.), JAKŠA, Gregor (ur.). Program in knjiga povzetkov = Programme and book of abstracts. Ljubljana: Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije: = Slovenian Society for Vacuum Technique, 2015, str. 12. [COBISS.SI-ID 28628007] 9. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, PASKVALE, Srečko, ČEKADA, Miha. The role of growth defects on the run-in period in a tribological contact. V: 42nd ICMCTF International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films, April 20-24, 2015, San Diego, Ca, USA : program, abstracts, technical sessions, exhibition. [S. l.: s. n.], 2015, str. 81. [COBISS.SI-ID 28630055] 10. ČEKADA, Miha. Adhezija nikljeve prevleke, (IJS delovno poročilo, 11926). 2015. [COBISS.SI-ID 28847143] 11. ČEKADA, Miha. Meritev koeficienta trenja tamponov, (IJS delovno poročilo, 12016). 2015. [COBISS.SI-ID 29121319]			
41	Reometer Physica	41-1/2010	Reometer Physica MCR 501
V letu 2015 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 2015 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 2015, 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. ŽITKO, Rok, JONG SOO, Lim, LÓPEZ, Rosa, AGUADO, Ramón. Shiba states and zero-bias anomalies in the hybrid normal-superconductor Anderson model. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 4, str. 045441-1-045441-18, doi: 10.1103/PhysRevB.91.045441. [COBISS.SI-ID 28348967]
2. OSOLIN, Žiga, PRUSCHKE, Thomas, ŽITKO, Rok. Fine structure of spectra in the antiferromagnetic phase of the Kondo lattice model. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 7, str. 075105-1-075105-15, doi: 10.1103/PhysRevB.91.075105. [COBISS.SI-ID 28388903]
3. KOKALJ, Jure, MCKENZIE, Ross H. Enhancement of the thermoelectric power by electronic correlations in bad metals : a study of the Kelvin formula. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 12, str. 125143-1-125143-5, doi: 10.1103/PhysRevB.91.125143. [COBISS.SI-ID 28468519]
4. ŽITKO, Rok, OSOLIN, Žiga, JEGLIČ, Peter. Repulsive versus attractive Hubbard mode : transport properties and spin-lattice relaxation rate. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 15, str. 155111-1-155111-18, doi: 10.1103/PhysRevB.91.155111. [COBISS.SI-ID 28492327]
5. KOKALJ, Jure, HERBRYCH, Jacek, ZHELUDEV, A., PRELOVŠEK, Peter. Antiferromagnetic order in weakly coupled random spin chains. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 15, str. 155147-1-155147-7, doi: 10.1103/PhysRevB.91.155147. [COBISS.SI-ID 28533543]
6. ŽITKO, Rok. Numerical subgap spectroscopy of double quantum dots coupled to superconductors. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 16, str. 165116-1-165116-14, doi: 10.1103/PhysRevB.91.165116. [COBISS.SI-ID 28492583]
7. KOKALJ, Jure, MCKENZIE, Ross H. Enhancement of thermal expansion of organic charge-transfer salts by strong electronic correlations. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 20, str. 205121-1-205121-10, doi: 10.1103/PhysRevB.91.205121. [COBISS.SI-ID 28581671]
8. ŽITKO, Rok, FABRIZIO, Michele. Z_{[sub]2} gauge theory description of the Mott transition in infinite dimensions. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 24, str. 245130-1-245130-11, doi: 10.1103/PhysRevB.91.245130. [COBISS.SI-ID 28663847]
9. PRELOVŠEK, Peter, KOKALJ, Jure, LENARČIČ, Zala, MCKENZIE, Ross H. Holon-doublon binding as the mechanism for the Mott transition. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 92, no. 23, str. 35155-1-35155-6, doi: 10.1103/PhysRevB.92.235155. [COBISS.SI-ID 29184551]
10. ZORKO, Andrej, KOKALJ, Jure, KOMELJ, Matej, ADAMOPOULOS, Othon, LUETKENS, H., ARČON, Denis, LAPPAS, Alexandros. Magnetic inhomogeneity on a triangular lattice : the magnetic-exchange versus the elastic energy and the role of disorder. *Scientific reports*, ISSN 2045-2322, 2015, vol. 5, str. 9272-1-9272-8, doi: 10.1038/srep09272. [COBISS.SI-ID 28450087]



Računalniška gruča je bila uporabljena tudi za izobraževanje in raziskave mladih raziskovalcev ter študentov. Simulacije v diplomskem delu Marjana Mačka (mentor doc. dr. Rok Žitko), ki je diplomiral v letu 2015, so potekale tudi na tej gruči. Trenutno gručo uporabljajo še mladi raziskovalci Jan Kogoj, Žiga Osolin in Alen Horvat.

Oprema se uporablja v okviru projekta ARRS J1-7259, "Problem več nečistoč", ter bilateralnega projekta z Republiko Srbijo BI-RS/16/17/020, "Močne elektronske korelacije in superprevodnost".

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 2015 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 2015 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 2015 se je tako na opremo CO Nanocentra navezovalo vsaj 24 slovenskih projektov, več kot 16 mednarodnih projektov in 12 industrijskih projektov v skupni vrednosti več milijonov evrov letno.

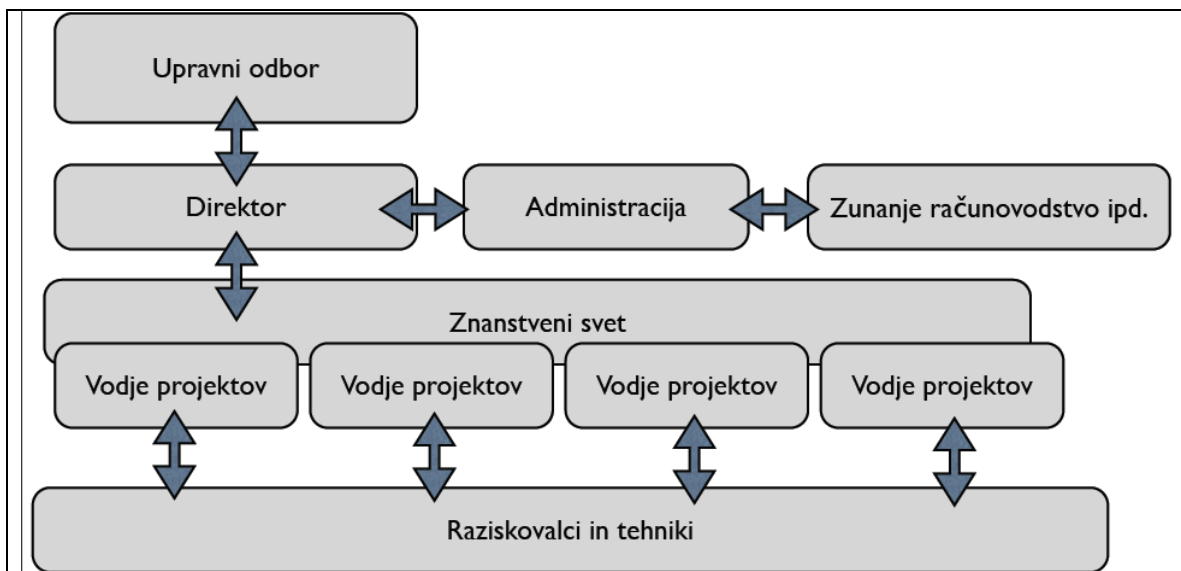
CO Nanocenter med drugim omogoča izobraževanje študentov in raziskovalcev iz industrije na vrhunski opremi, ki ključno vpliva na smer razvoja vodilnih tehnologij na področju novih materialov. Poleg takšnega neposrednega prenosa znanja med akademsko sfero in industrijo, so izjemno pomembni skupni projekti,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

V letu 2015 je opremo CO Nanocentra pri svojem delu redno uporabljalo več kot 50 študentov, od tega kar 24 doktorskih, in več kot 10 podoktorskih študentov. V letu 2015 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. Prikaz delovanja posamezne opreme je vsako leto vključena v več kurikulumov posameznih fakultet, zato v prihodnosti pričakujemo še večje zanimanje študentov za opravljanje prakse ter študijskega in raziskovalnega dela v okviru odiplomskega in podiplomskega študija.

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 2015 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 2015 objavljeni v več kot 90 člankih. Opremo je v okviru svojih doktorskih ali podoktorskih raziskav v letu 2015 uporabljalo več kot 10 raziskovalcev iz tujine.

CO Nanocenter je tudi v letu 2015 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 prioriternih 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 2015 povsem 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 2015	
	načrtovano	doseženo	načrtovano	doseženo	načrtovano	doseženo	načrtovano	doseženo	načrtovano	doseženo
Št. raziskovalnih ur v FTE	1,8	2,53	1,7	1,97	4,9	5,27	2,8	4,18	0	3,50
Št. RR projektov v CO s sodelovanjem podjetij	7	8	1	1	3	3	0	0	0	8
Št. partnerstev z zasebnim sektorjem	10	11	0	0	0	0	0	0	0	1
Št. patentov	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2
Št. inovacij	1	1	1	1	2	1	3	5	1	1

5.1 Število raziskovalnih ur v FTE

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 2015 je bila zaposlena administrativna sodelavka (80%) in dva raziskovalca (zaradi izpolnjevanja pogoja za vpis v evidenco raziskovalnih organizacij po merilih ARRS). Kazalnik je podrobno opisan v točki 5.6.1.

5.2 Število RR projektov v CO s sodelovanjem podjetij

Doseženo je bilo število projektov, ki je bilo kot cilj zastavljeno v kazalnikih ISARR in so potekali skozi celotno prvo fazo operacije centri odličnosti (2010 – 2013). Dva projekta sta se zaključila v 2014 oz. v letu 2015. Poleg omenjenih pa je bila oprema zavoda v letu 2015 vpeta v več projektov, kjer sodelujejo podjetja Metalflex, Hella, Letrika, Balder, Helios TLUS, Količevo Karton, Kolektor, Cetis, LPKF, Tanin, Stelem, Optacore, Filc, Tab, Iskra Sistemi,.... in tuja podjetja kot npr. Honda, SAFT, Renault, Solvionic.

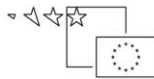
5.3 Število partnerstev z zasebnim sektorjem

V letu 2015 je bilo vzpostavljeno več neformalnih partnerstev in sodelovanj. Podrobno v točki 5.6.2.

5.4 Število patentov

V okviru CO Nanocentra v letu 2015 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

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.



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 dveh patentnih prijav; v povezavi z ultrahitro spominsko celico (prijavitelj Institut »Jožef Stefan«) in v povezavi z dentalno Ni-zlitina (prijavitelj Univerza v Mariboru).

5.5 Število inovacij

V letu 2015 so raziskovalci in uporabniki opreme predstavili in izboljšali številne nove metode za merjenje na opremi CO Nanocentra (meritve z nizkotemperaturnim vrstičnim mikroskopom, prenašanje vzorcev med UHV sistemi, metoda TERS, merjenje vzorcev na difraktometru, študij polprevodnikov in novih materialov...) ter izboljšanje rezervacijskega sistema, ki uporabnikom in skrbnikom omogoča pregled nad zasedenostjo opreme, delno je bila v rezervacijski sistem že dodana oprema drugih organizacij.

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).

- 1.6.1 Koncentracija znanja in raziskovalne infrastrukture na prednostnih raziskovalnih in tehnoloških področjih
- 1.6.2 Povezovanje javnega in poslovnega sektorja
- 1.6.3 Povečanje uporabe znanja za konkurenčnost gospodarstva
- 1.6.4 Mednarodna odličnost
- 1.6.5 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 2015 sta bila zato za krajši delovni čas v zavodu zaposlena le dva raziskovalca; zaposlitev dveh raziskovalcev je pogoj, da center ostane vpisan v evidenco raziskovalnih organizaciji, ki ga vodi ARRS. Ohranjeno je bilo administrativno delovno mesto vodje projektne pisarne zaradi spremljanja in poročanja delovanja zavoda, upravljanja z rezervacijskih sistemom, sodelovanja na razpravah in dogodkih povezanih s Strategijo pametne specializacije, promocijskih dogodkih ipd.)

Podatki za posamezno leto so prikazani v preglednici:

leto	2010	2011	2012	2013	2014	2015
FTE	2,54	4,05	4,66	4,27	1,35	1,16
R	1,55	2,98	3,31	3,01	0,37	0,18
Teh	0,29	0,09	0,37	0,28	0	0
Admin	0,7	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
št. zaposlenih	24	25	27	27	2	3

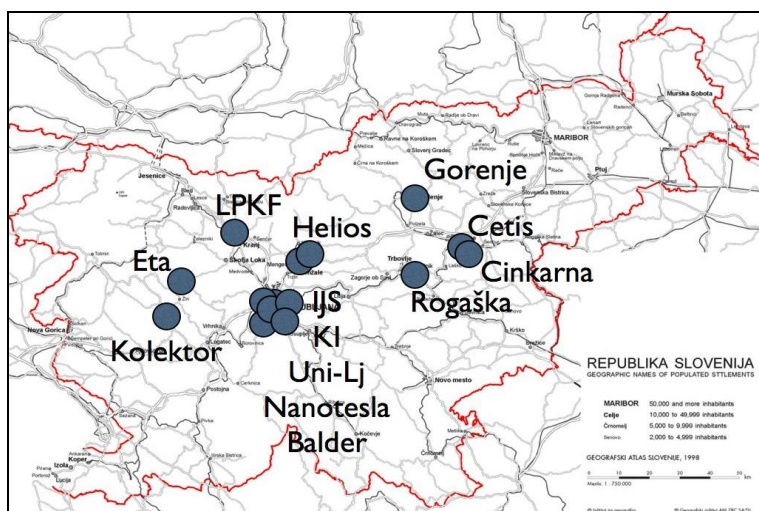
R	21	23	25	25	1	2
Teh	2	1	1	1	0	0
Admin	1	1	1	1	1	1

V okviru CO Nanocentra je več raziskovalnih in več kot 10 programskih skupin, ki vsebinsko delujejo na področju nanotehnologije, pridobila dostop do najsodobnejše raziskovalne opreme. Raziskovalne skupine so tako dobile več možnosti za medsebojno sodelovanje in konkurenčnost z mednarodno raziskovalno skupnostjo. Oprema, ki smo jo pridobili v okviru CO Nanocentra je po grobi oceni zasedena 80% (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.

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 ciljnih NOD, Število izdelanih demonstracijskih projektov po prednostnih področjih in ciljnih NOD, Število spin-off podjetij po prednostnih področjih in ciljnih NOD, Število novo ustvarjenih bruto delovnih mest po prednostnih področjih in ciljnih 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 okviru CO Nanocentra je v letu 2015 potekalo več projektov s sodelovanjem različnih podjetij Metalflex, Hella, Letrika, Balder, Helios TLUS, Količevo Karton, Kolektor, Cetis, LPKF, Tanin, Stelem, Optacore, Filc, Tab, Iskra Sistemi,... in tujimi podjetji kot npr. Honda, SAFT, Renault, Solvionic.

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. V letih 2015–2019 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 že od začetka 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 najboljše 100 tehnoloških produktov v različnih kategorijah po izbiri R&D Magazine. Sodelovanje med CO Nanocentrom in podjetjem Oxford Instruments, ki bo omogočilo še izboljšanje izdelka, se je intenzivno nadaljevalo tudi v letu 2015. Novi anorganski nanomateriali kot so feriti, TiO₂ 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 2015 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 dveh patentnih prijav; v povezavi z ultrahitro spominsko celico (prijavitelj Institut »Jožef Stefan«) in v povezavi z dentalno Ni-zlitina (prijavitelj Univerza v Mariboru).

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 2015 je opremo CO Nanocentra pri svojem delu redno uporabljalo več kot 50 študentov, od tega kar 24 doktorskih, in 10 podoktorskih študentov. V letu 2015 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«.

Vsako novo študijsko leto je več opreme vključeno v kurikulum posameznih fakultet, zato pričakujemo še tem večje zanimanje študentov za opravljanje prakse, raziskovalnega dela in vključevanje meritev na opremi zavoda v zaključna dodiplomska in podiplomska dela.

V okviru svojih doktorskih ali podoktorskih raziskav je v letu 2015 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	Okrvirno število udeležencev
• <i>Teden odprtih vrat</i> na lokaciji Jamova 39, Ljubljana	Ljubljana, 23.3.-28.3.2015	100
• oddaja Prednosti in slabosti nanodelcev	RTV SLO 11. junij 2015	
• predstavitev pobude na področju VV Nanotehnologija in VV Fotonika v okviru Javnega poziva za predložitev perspektivnih tehnoloških področji in produktnih smeri, Služba vlade za razvoj in kohezijsko politiko	Kino Šiška Ljubljana 15. -16. junij 2015	več kot 500
• Predstavitev CO Nanocentra v okviru Celjskega sejma MOS	Celje, 8 – 13. september 2015	250



- Predstavitve infrastrukture CO Nanocentra v sklopu predstavitev rezultatov na mednarodnih znanstvenih konferencah s strani raziskovalcev, ki opremo uporabljajo več kot 1000
- obisk direktorja Direktorata za raziskave in inovacije pri Evropski Komisiji, g. Jan Robert Smits in direktor Direktorata za znanost na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport RS, mag. Urban Krajcar s sodelavci december 2015

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), vaje Karakterizacija grafena z Ramansko spektroskopijo in AFM.
- Na opremi Raman-AFM mikroskopski sistem se izvajajo vaje v okviru Fizikalni praktikum (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

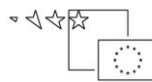
(Število publikacij in citatov po bibliografskih kriterijih ARRS, Vpetost v mednarodna združenja in povezave, Pogodbeno sodelovanje in vodenje mednarodnih projektov, Število gostujočih tujih raziskovalcev in predavateljev v CO – do enega tedna in več kot en teden, Obseg gostovanja RR osebja CO v mednarodnih 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 90 člankih. Med najbolj uglednimi revijami, kjer so bili objavljeni rezultati raziskav, ki so bili opravljeni tudi na opremi zavoda so **Science**, **Science Advances**, **Nature Communication** in **Physical Review Letter**. Zaradi metodologije ti rezultati v bazi SICRIS pod raziskovalno organizacijo Nanocenter niso vidni, saj nihče od avtorjev člankov v letu



2015 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:

2. AMISSE, Robin, SOUGRATI, Moulay Tahar, STIEVANO, Lorenzo, DAVOISNE, C., DRAŽIĆ, Goran, BUDIČ, Bojan, DOMINKO, Robert, MASQUELIER, Christian. Singular structural and electrochemical properties in highly defective LiFePO₄ powders. *Chemistry of materials*, ISSN 0897-4756. [Print ed.], Jun. 2015, vol. 27, iss. 12, str. 4261-4273
3. BITENC, Jan, PIRNAT, Klemen, BANČIČ, Tanja, GABERŠČEK, Miran, GENORIO, Boštjan, RANDON-VITANOVA, Anna, DOMINKO, Robert. Anthraquinone-based polymer as cathode in rechargeable magnesium batteries. *ChemSusChem*, ISSN 1864-564X. Online izd., Dec. 2015, vol. 8, iss. 24, str. 4128-4132
4. BITTENCOURT, Carla, SLUBAN, Melita, UMEK, Polona, MRZEL, Aleš, VOZEL, Katja, ARČON, Denis, HENZLER, K., KRÜGER, Peter, GUTTMANN, Peter. Molecular nitrogen in N-doped TiO₂ nanoribbons. *RSC advances*, ISSN 2046-2069, 2015, vol. 5, no. 30, str. 23350-23356, doi: 10.1039/C4RA14410D., vol. 46, str. 183-186, ilustr. COBISS.SI-ID 5395226
5. BOROVSŠAK, Miloš, ŠUTAR, Petra, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Dragan. Topotactic changes on [eta]-Mo₄₀[eta](11) caused by biased atomic force microscope tip and cw-lase. *Applied Surface Science*, ISSN 0169-4332. [Print ed.], 2015, vol. 354, part B, str. 256-259, doi: 10.1016/j.apsusc.2015.07.205
6. BORZDA, Tetiana, GADERMAIER, Christoph, VUJIČIĆ, Nataša, TOPOLOVŠEK, Peter, BOROVSŠAK, Miloš, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan, et al. Charge photogeneration in few-layer MoS₂. *Advanced functional materials*, ISSN 1616-301X, 2015, vol. 25, no. 22, str. 3351-3358, doi: 10.1002/adfm.201500709
7. BUH, Jože, KABANOV, Viktor V., BARANOV, Vladimir V., MRZEL, Aleš, KOVIČ, Andrej, MIHAILOVIĆ, Dragan. Control of switching between metastable superconducting states in [delta]-MoN nanowires. *Nature communications*, ISSN 2041-1723, 2015, vol. 6, str. 10250-1-10250-6, doi: 10.1038/ncomms10250. [COBISS.SI-ID 29119015]
8. BUH, Jože. Investigation of properties of nanowires produced by transformation from MoSi nanowires : doctoral thesis. Ljubljana: [J. Buh], 2015. XV, 106 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 2841700]
9. ÇALIŞKAN, Halil, CELIL, Cagatay Celil, PANJAN, Peter. Effect of multilayer nanocomposite TiAlSiN/TiSiN/TiAlN coating on wear behavior of carbide tools in the milling of hardened AISI D2 steel. *Journal of nano research*, ISSN 1661-9897. [Online ed.], 2015, vol. 38, str. 9-17, doi: 10.4028/www.scientific.net/JNanoR.38.9. [COBISS.SI-ID 29179687]
10. ČEKADA, Miha. Adhezija nikljeve prevleke, (IJS delovno poročilo, 11926). 2015. [COBISS.SI-ID 28847143]
11. ČEKADA, Miha. Meritev koeficienta trenja tamponov, (IJS delovno poročilo, 12016). 2015. [COBISS.SI-ID 29121319]
12. ČOGA, Lucija, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Mikroskopija pri Brewstrovem kotu. *Obzornik za matematiko in fiziko*, 2015, letn. 62, št. 3, str. 88-96
13. ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Ion-specific self-assembly of a lipophilic guanosine derivative in thin surface films. *Langmuir*, 2015, vol. 31, iss. 17, str. 4837-4843
14. ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Ion-specific self-assembly of a lipophilic guanosine derivative in thin surface films. V: 5th International Meeting on Quadruplex Nucleic Acids, Bordeaux, France, 26-28 May 2015. *Book of abstracts*
15. ČOGA, Lucija, MASIERO, Stefano, DREVENŠEK OLENIK, Irena. Ion-specific self-assembly of a lipophilic guanosine derivative in thin surface films. V: 5th



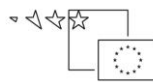
- International Meeting on Quadruplex Nucleic Acids, Bordeaux, France, 26-28 May 2015. *Book of abstracts : G4thering in Bordeaux*. [S. l.: s. n., 2015], str. 172, ilustr. [COBISS.SI-ID 2814820]
16. ČOGA, Lucija. *Self-assembling properties of lipophilic nucleoside derivatives on surfaces : doctoral thesis*. Univerza v Ljubljani, 2015
 17. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, ČEKADA, Miha. Magnetron sputtered growth defects in a tribological contact. V: 22. mednarodno znanstveno srečanje
 18. Vakuumska znanost in tehnika, 21.-22. maj 2015, Osilnica = 22nd International Scientific Meeting on Vacuum Science and Technique, 21-22 May 2015, Osilnica. KOVAČ, Janez (ur.), JAKŠA, Gregor (ur.). Program in knjiga povzetkov = Programme and book of abstracts. Ljubljana: Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije: = Slovenian Society for Vacuum Technique, 2015, str. 12. [COBISS.SI-ID 28628007]
 19. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, ČEKADA, Miha. The influence of growth defects in sputter-deposited TiAlN hard coatings on their tribological behavior. *Surface & coatings technology*, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2016, vol. 288, str. 171-178, doi: 10.1016/j.surfcoat.2016.01.021. [COBISS.SI-ID 29221159]
 20. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, PASKVALE, Srečko, BUH, Jože, ČEKADA, Miha. The influence of surrounding atmosphere on tribological properties of hard protective coatings. *Surface & coatings technology*, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2015, vol. 267, str. 15-20, doi: 10.1016/j.surfcoat.2014.11.068. [COBISS.SI-ID 28214055]
 21. DRNOVŠEK, Aljaž, PANJAN, Peter, PANJAN, Matjaž, PASKVALE, Srečko, ČEKADA, Miha. The role of growth defects on the run-in period in a tribological contact. V: 42nd ICMCTF International Conference on Metallurgical Coatings & Thin Films, April 20-24, 2015, San Diego, Ca, USA : program, abstracts, technical sessions, exhibition. [S. l.: s. n.], 2015, str. 81. [COBISS.SI-ID 28630055]
 22. DUŠAK, Barbara. Inhibicija katepsina C s klopnim cistatinom OmC2 v diferenciranih celicah U937 : diplomsko delo. Ljubljana: [B. Dušak], 2015. V, 28 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536379843]
 23. HASSANIEN, Abdou, ZHOU, Biao, HISASHI, Tanaka, MIYAZAKI, Akira, TOKUMOTO, Madoka, KOBAYASHI, Akiko, ZUPANIČ, Erik, MUŠEVIČ, Igor. Epitaxial growth of insulating and superconducting monolayers of (BETS)[sub]2GaCl[sub]4 on Ag(111). *Physica status solidi. B, Basic research*, ISSN 0370-1972, 2015, vol. 252, no. 11, str. 2574-2579, doi: 10.1002/pssb.201552215. [COBISS.SI-ID 29015847]
 24. JERIČ, Barbara. Functional characterization of human cathepsin F pathophysiological mutations : doctoral dissertation = Funkcijska karakterizacija patofizioloških mutacij človeškega katepsina F : doktorska disertacija. Ljubljana: [B. Jerič Kokelj], 2015. XII, 107, [29] str., ilustr. [COBISS.SI-ID 28666663]
 25. KAPUN, Gregor, ŠTURM, Sašo, JERMAN, Ivan, GABERŠČEK, Miran. Development of 3D phase analysis of materials for renewable energy. V: 1. slovensko posvetovanje mikroskopistov = 1st Slovene Microscopy Symposium, 18. in 19. maj 2015, Piran, Slovenija. ŠESTAN, Andreja (ur.), et al. Knjiga povzetkov = Book of abstracts. [S. l.: s. n., 2015]. [COBISS.SI-ID 28577063]
 26. KOKALJ, Jure, HERBRYCH, Jacek, ZHELUDEV, A., PRELOVŠEK, Peter. Antiferromagnetic order in weakly coupled random spin chains. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 15, str. 155147-1-155147-7, doi: 10.1103/PhysRevB.91.155147. [COBISS.SI-ID 28533543]
 27. KOKALJ, Jure, MCKENZIE, Ross H. Enhancement of the thermoelectric power by electronic correlations in bad metals : a study of the Kelvin formula. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 12,

- str. 125143-1-125143-5, doi: 10.1103/PhysRevB.91.125143. [COBISS.SI-ID 28468519]
28. KOKALJ, Jure, MCKENZIE, Ross H. Enhancement of thermal expansion of organic charge-transfer salts by strong electronic correlations. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 20, str. 205121-1- 205121-10, doi: 10.1103/PhysRevB.91.205121. [COBISS.SI-ID 28581671]
 29. KOPITAR-JERALA, Nataša, MAHER, Katarina, JERIČ, Barbara, BUTINAR, Miha, MIKHAYLOV, Georgy, MANČEK KEBER, Mateja, STOKA, Veronika, VASILJEVA, Olga, TURK, Boris, GRIGORYEV, Sergei A. Cytosolic cathepsin inhibitor stefin B (Cystatin B) regulate caspase-11 expression. V: *Experimental biology 2015 : late-breaking abstracts*, March 1 - April 1, Boston, MA, USA. [S. l.: s. n.], 2015. [COBISS.SI-ID 28585511]
 30. KOPITAR-JERALA, Nataša. Innate immune response in brain, NF-kappa B signaling and cystatins. *Frontiers in molecular neuroscience*, (IF: 4,1) ISSN 1662-5099, 2015, vol. 8, str. 73-1-73-9, doi: 10.3389/fnmol.2015.00073. [COBISS.SI-ID 29088807]
 31. KOPITAR-JERALA, Nataša. The role of stefin B in neuro-inflammation. *Frontiers in cellular neuroscience* (IF: 4,3) ISSN 1662-5102, 2015, vol. 9, str. 458-1-458-8. [COBISS.SI-ID 29089063]
 32. KOVIČ, Andrej, MRZEL, Aleš, RAVNIK, Jan, ŠTURM, Sašo, VILFAN, Mojca. Surface decoration of MoSi nanowires and MoS₂ multi-wall nanotubes and platinum nanoparticle encapsulation. *Materials letters*, ISSN 0167-577X. [Print ed.], 2015, vol. 159, str. 333-336, doi: 10.1016/j.matlet.2015.07.021
 33. KUPEC, Alja. Oblikovanje diskretnih struktur (K_{0.5}Na_{0.5})NbO₃ : diplomsko delo = Direct patterning of (K_{0.5}Na_{0.5})NbO₃ structures. Ljubljana: [A. Kupec], 2015. XVIII, 60 f., ilustr. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=71996&lang=slv>. [COBISS.SI-ID 3101808]
 34. MALIČ, Barbara, KORUZA, Jurij, HREŠČAK, Jitka, BERNARD, Janez, WANG, Ke, FISHER, John Gerard, BENČAN, Andreja. Sintering of lead-free piezoelectric sodium potassium niobate ceramics. *Materials*, ISSN 1996-1944, 2015, vol. 8, no. 2, str. 8117-8146, doi: 10.3390/ma8125449. [COBISS.SI-ID 29068839]
 35. MAMIN, R. F., STRLE, Jure, BIZYAEV, D. A., YUSUPOV, Roman V., KABANOV, Viktor V., KRANJEC, Andrej, BOROVŠAK, Miloš, MIHAILOVIĆ, Dragan, BUKHARAEV, A. A. Influence of magnetic field on electric-field-induced local polar states in manganites. *Applied physics letters*, ISSN 0003-6951. [Print ed.], 2015, vol. 107, no. 19, str. 192906-1-192906-4, doi: 10.1063/1.4935587
 36. MARIČ, Tamara. Preučevanje interakcije med človeškim prokatepsinom B in lahko verigo heterotetramernega kompleksa aneksin A2 (p11) : magistrsko delo. Ljubljana: [T. Marič], 2015. XIII, 61 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536647875]
 37. MATAVŽ, Aleksander, FRUNŽA, Raluca-Camelia, MALIČ, Barbara, et al. Inkjet printing of alkoxide-based precursor solution for use in transparent electronics. V: 7. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana = 7th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference, 20.-22. 5. 2015, Ljubljana. REŠETIČ, Andraž (ur.), et al. Zbornik : 2. del = Proceedings : part 2. Ljubljana: Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2015, zv. 1, str. 218-227. [COBISS.SI-ID 28611623]
 38. MCCALLA, Eric, ABAKUMOV, Artem M., SAUBANÈRE, Matthieu, FOIX, Dominique, BERG, Erik J., ROUSSE, Gwenaëlle, DOUBLET, Marie-Liesse, GONBEAU, Danielle, NOVÁK, Petr, VAN TENDELOO, Gustaaf, DOMINKO, Robert, TARASCON, Jean-Marie. Visualization of O-O peroxo-like dimers in high-capacity layered oxides for Li-ion batteries. *Science*, ISSN 0036-8075, Dec. 2015, vol. 350, no. 6267, str. 1516-1521

39. MLADENOVICH, Vladan, PANJAN, Peter, PASKVALE, Srečko, ČALIŠKAN, Halil, POLJANŠEK, Nastja, ČEKADA, Miha. Investigation of the laser engraving of AISI 304 stainless steel using a response-surface methodology = Istraživanje laserskog graviranja nehrđajućeg čelika AISI 304 primjenom metodologije odzivne površine (RSM). Tehnički vjesnik, ISSN 1330-3651, 2016, vol. 23, no. 1, str. 265-271, doi: 10.17559/TV-20150504150446
40. MLADENOVICH, Vladan. Vpliv parametrov strukturiranja površin na mehanske in strukturne lastnosti nerjavnega jekla : doktorska disertacija = Influence of surface structuring parameters on mechanical and structural properties of stainless steel : doctoral dissertation. Ljubljana: [V. Mladenovič], 2015. XIII, 126 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 281238784]
41. OSOLIN, Žiga, PRUSCHKE, Thomas, ŽITKO, Rok. Fine structure of spectra in the antiferromagnetic phase of the Kondo lattice model. Physical review. B, Condensed matter and materials physics, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 7, str. 075105-1-075105-15, doi: 10.1103/PhysRevB.91.075105. [COBISS.SI-ID 28388903]
42. PANJAN, Peter, DRNOVŠEK, Aljaž. Influence of growth defects in PVD hard coating on their wear, corrosion and oxidation resistance. V: The Thirteenth International Symposium on Sputtering Plasma Processes, ISSP 2015, July 8-10, 2015, Kyoto, Japan. Proceedings. [S. l.: s. n.], 2015, str. 323-328. <http://issp2015.org/program.html>. [COBISS.SI-ID 28705831]
43. PANJAN, Peter, DRNOVŠEK, Aljaž. Influence of growth defects in PVD hard coating on their wear, corrosion and oxidation resistance. V: The Thirteenth International Symposium on Sputtering Plasma Processes, ISSP 2015, July 8-10, 2015, Kyoto, Japan. Proceedings. [S. l.: s. n.], 2015, str. 323-328. <http://issp2015.org/program.html>. [COBISS.SI-ID 28705831]
44. PARKELJ, Tjaša. STM mikroskopija tankih plasti superprevodnika na kovini : magistrsko delo. Ljubljana: [T. Parkelj], 2015. 50 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 2845284]
45. PASKVALE, Srečko, REMŠKAR, Maja, ČEKADA, Miha. Tribological performance of TiN, TiAlN and CrN hard coatings lubricated by MoS₂ nanotubes in Polyalphaolefin oil. Wear, ISSN 0043-1648. [Print ed.], 2016, vol. 352-353, str. 72-78, doi: 10.1016/j.wear.2016.01.020. [COBISS.SI-ID 29308711]
46. POPOVIĆ, Arkadije, BENCZE, László, KORUZA, Jurij, MALIČ, Barbara. Vapour pressure and mixing thermodynamic properties of the KNbO₃-NaNbO₃ system. RSC advances, ISSN 2046-2069, 2015, vol. 5, no. 93, str. 76249-76256, doi: 10.1039/c5ra11874c. [COBISS.SI-ID 28837927]
47. POSNJAK, Gregor, ČOPAR, Simon, ŽUMER, Slobodan, MUŠEVIČ, Igor. Director structures in chiral nematic droplets. V: 13th European Conference on Liquid Crystals, 7-11 September 2015, Manchester, UK. ECLC 2015. [S. l.: s. n.], 2015. [COBISS.SI-ID 2848868]
48. PRELOVŠEK, Peter, KOKALJ, Jure, LENARČIČ, Zala, MCKENZIE, Ross H. Holon-doublon binding as the mechanism for the Mott transition. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 92, no. 23, str. 35155-1-35155-6, doi: 10.1103/PhysRevB.92.235155. [COBISS.SI-ID 29184551]
49. RAJKOVIĆ, Jelena. Vloga avtofaginov in ubikvitinu podobnega konjugacijskega sistema Atg8 v parazitu *Trypanosoma cruzi* in sesalcih : doktorska disertacija = The role of autophagins and Atg8 ubiquitin-like conjugation system in the parasite *Trypanosoma cruzi* and mammals : doctoral dissertation. Ljubljana: [J. Rajković], 2015. XII, 81, [35] str., ilustr. [COBISS.SI-ID 282547200]
50. RIGLER, Martin, BUH, Jože, HOFFMANN, Marc P., KIRSTE, Ronny, BOBEA, Milena, MITA, Seiji, GERHOLD, Michael, COLLAZO, R., SITAR, Zlatko, ZGONIK, Marko. Optical characterization of Al- and N-polar AlN waveguides for integrated optics. Applied



- physics express, ISSN 1882-0778, 2015, vol. 8, no. 4, str. 042603-1-042603-4, ilustr. <http://iopscience.iop.org/1882-0786/8/4/042603/>. [COBISS.SI-ID 2798436]
51. SALATIĆ, Branislav, PETROVIĆ, Suzana, PERUŠKO, Davor, ČEKADA, Miha, PANJAN, Peter, PANTELIĆ, Dejan, JELENKOVIĆ, Branislav. Single- and dual-wavelength laser pulses induced modification in 10x(Al/Ti)/Si multilayer system. *Applied Surface Science*, ISSN 0169-4332. [Print ed.], 2016, vol. 360, part B, str. 559-565, doi: 10.1016/j.apsusc.2015.10.203. [COBISS.SI-ID 29179943]
 52. SAMODUROVA, Anastasia, KOCJAN, Andraž, SWAIN, Michael, KOSMAČ, Tomaž. The combined effect of alumina and silica co-doping on the ageing resistance of 3Y-TZP bioceramics. *Acta biomaterialia*, ISSN 1742-7061, 2015, vol. 11, str. 477-487, doi: 10.1016/j.actbio.2014.09.009. [COBISS.SI-ID 28092455]
 53. SAMODUROVA, Anastasia, VENGUST, Damjan, KOCJAN, Andraž, KOSMAČ, Tomaž. The sintering-temperature-related microstructure and phase assemblage of alumina-doped and alumina%silica-co-doped 3-mol%-yttria-stabilized tetragonal zirconia. *Scripta materialia*, ISSN 1359-6462, 2015, vol. 105, 50-53, doi:10.1016/j.scriptamat.2015.04.031. [COBISS.SI-ID 28615207]
 54. SLUBAN, Melita, ROZMAN, Nejc, PREGELJ, Matej, BITTENCOURT, Carla, CERC KOROŠEC, Romana, SEVER ŠKAPIN, Andrijana, MRZEL, Aleš, ŠKAPIN, Srečo D., UMEK, Polona. Transformation of hydrogen titanate nanoribbons to TiO₂ nanoribbons and the influence of the transformation strategies on the photocatalytic performance. *Beilstein journal of nanotechnology*, ISSN 2190-4286, 2015, vol. 6, str. 831-844, doi: 10.3762/bjnano.6.86
 55. SLUBAN, Melita, UMEK, Polona, JAGLIČIĆ, Zvonko, BUH, Jože, ŠMITEK, Petra, MRZEL, Aleš, BITTENCOURT, Carla, GUTTMANN, Peter, DELVILLE, Marie-Helene, MIHAILOVIĆ, Dragan, ARČON, Denis. Controlling disorder and superconductivity in titanium oxynitride nanoribbons with anion exchange. *ACS nano*, ISSN 1936-0851, 2015, vol. 9, no. 10, str. 10133-10141, doi: 10.1021/acsnano.5b03742. [COBISS.SI-ID 28831271]
 56. ŠUTAR, Petra, BOROVŠAK, Miloš, ŠKAPIN, Srečo D., SVETIN, Damjan, STOJCHEVSKA, Ljupka, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Dragan. Growing Mo-oxides and different forms of layered transition metal chalcogenides by transport and mineralization reaction. V: UMEK, Polona (ur.). "Bottom-up approaches of hybrid materials : preparation and design" : HINT Training School, May 26th-28th, 2015 Ljubljana, Slovenia. Ljubljana: Jožef Stefan Institute, 2015, str. 53. [COBISS.SI-ID 28641319]
 57. ŠUTAR, Petra, BOROVŠAK, Miloš, ŠKAPIN, Srečo D., SVETIN, Damjan, STOJCHEVSKA, Ljupka, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Dragan. Growing Mo-oxides and different forms of layered transition metal chalcogenides by transport and mineralization reaction. V: 1. slovensko posvetovanje mikroskopistov = 1st Slovene Microscopy Symposium, 18. in 19. maj 2015, Piran, Slovenija. ŠESTAN, Andreja (ur.), et al. Knjiga povzetkov = Book of abstracts. [S. l.: s. n., 2015]. [COBISS.SI-ID 28575271]
 58. TEREK, Pal, KUKURUZOVIĆ, Dragan, MILETIĆ, Aleksandar, PANJAN, Peter, KOVAČEVIĆ, Lazar, ŠKORIĆ, Branko. Mechanical and tribological properties of nanolayered TiAlN/TiSiN coating. V: 14th International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, May 13-15, 2015, Belgrade, Serbia. VENCL, Aleksandar (ur.). *Serbiatrib '15 : proceedings*. Kragujevac: Serbian Tribology Society; Belgrade: University, Faculty of Mechanical Engineering, 2015, str. 137-142. [COBISS.SI-ID 28834599]
 59. TEREK, Pal, KUKURUZOVIĆ, Dragan, MILETIĆ, Aleksandar, PANJAN, Peter, KOVAČEVIĆ, Lazar, ŠKORIĆ, Branko. Surface roughness and its effect on tribological



- performance of magnetron sputtered nitride coatings. V: 14th International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, May 13-15, 2015, Belgrade, Serbia. VENCL, Aleksandar (ur.). Serbiatrib '15 : proceedings. Kragujevac: Serbian Tribology Society; Belgrade: University, Faculty of Mechanical Engineering, 2015, str. 143-148. [COBISS.SI-ID 28834087]
60. TRTICA, Milan, LIMPOUCH, J., GAVRILOVIĆ, G., GEMINI, L., PANJAN, Peter, STASIĆ, Jelena, MILOVANOVIĆ, D., BRANKOVIĆ, Goran. Surface modification of a-CN/TiAlN double layer coating on ASP 30 steel induced by femtosecond laser with 10^{13} - 10^{14} W/cm² intensity in vacuum. *Laser and particle beams*, ISSN 0263-0346, 2015, vol. 33, issue 3, str. 551-559, doi: 10.1017/S0263034615000610. [COBISS.SI-ID 28747559]
61. URLAUB, Andreja. Vezava klopnega cistatina OmC2 na katepsin C v modelu diferenciranih celic MUTZ-3 : magistrsko delo. Ljubljana: [A. Urlob], 2015. XIII, 61 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1536276419]
62. VASKIVSKYI, Igor. Light induced phase transitions to hidden states in strongly correlated systems : doctoral thesis. Ljubljana: [I. Vaskivskyi], 2015. XIV, 104 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 2841956]
63. VASKIVSKYI, Igor, GOSPODARIČ, Jan, BRAZOVSKII, Serguei, SVETIN, Damjan, ŠUTAR, Petra, GORESHNIK, Evgeny A., MIHAILOVIĆ, Ian, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan. Controlling the metal-to-insulator relaxation of the metastable hidden quantum state in 1T-TaS₂. *Science advances*, ISSN 2375-2548, 2015, vol. 1, no. 6, str. e1500168-1-e1500168-6, doi: 10.1126/sciadv.1500168. [COBISS.SI-ID 28753959]
64. VASKIVSKYI, Igor, SVETIN, Damjan, MIHAILOVIĆ, Ian, GOSPODARIČ, Jan, MERTELJ, Tomaž, MIHAILOVIĆ, Dragan. Properties of the hidden quantum state in 1T-TaS₂. V: MERTELJ, Tomaž (ur.), MIHAILOVIĆ, Dragan (ur.), BONČA, Janez (ur.). Nonequilibrium phenomena in complex matter : new observations and new theories : book of abstract : Ambrož, Krvavec, Slovenia, December 13-16, 2015. Ljubljana: Jožef Stefan, 2015, str. 21. [COBISS.SI-ID 29107239]
65. VELIŠČEK, Žiga, SLEMENIK PERŠE, Lidija, DOMINKO, Robert, KELDER, Erik M., 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
66. VELLA, Daniele, VEGA MAYORAL, Victor, GADERMAIER, Christoph, VUJIČIĆ, Nataša, BORZDA, Tetiana, TOPOLOVŠEK, Peter, PRIJATELJ, Matej, TEMPRA, Iacopo, POGNA, Eva Arianna Aurelia, CERULLO, Giulio. Femtosecond spectroscopy on MoS₂ flakes from liquid exfoliation : surfactant independent exciton dynamics. *Journal of nanophotonics*, ISSN 1934-2608, 2015, vol. 10, no. 1, str. 012508-1 012508-8, doi: 10.1117/1.JNP.10.012508. [COBISS.SI-ID 29252647]
67. VERBOVŠEK, Tim. Preučevanje izolativne CuN monoplasti z STM mikroskopijo : magistrsko delo. Ljubljana: [T. Verbovšek], 2015. 46 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 2844516]
68. VUKOMANOVIĆ, Marija, REPNIK, Urška, ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, KOSTANJŠEK, Rok, ŠKAPIN, Srečo D., SUVOROV, Danilo. Is nano-silver safe within bioactive hydroxyapatite composites?. *ACS biomaterials science & engineering*, ISSN 2373-9878, 2015, vol. 1, no. 10, str. 935-946, doi: 10.1021/acsbiomaterials.5b00170. [COBISS.SI-ID 29292327]
69. ZAVAŠNIK-BERGANT, Tina, BERGANT MARUŠIČ, Martina. Exogenous Thyropin from p41 Invariant chain diminishes cysteine protease activity and affects IL-12 secretion during maturation of human dendritic cells. *PloS one*, ISSN 1932-6203, 2016, vol. 11,



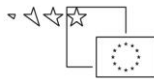
- no. 3, str. 0150815-1-0150815-26, doi: 10.1371/journal.pone.0150815. [COBISS.SI-ID 29352999]
70. ZORKO, Andrej, KOKALJ, Jure, KOMELJ, Matej, ADAMOPOULOS, Othon, LUETKENS, H., ARČON, Denis, LAPPAS, Alexandros. Magnetic inhomogeneity on a triangular lattice : the magnetic-exchange versus the elastic energy and the role of disorder. *Scientific reports*, ISSN 2045-2322, 2015, vol. 5, str. 9272-1- 9272-8, doi: 10.1038/srep09272. [COBISS.SI-ID 28450087]
 71. ŽITKO, Rok, FABRIZIO, Michele. Z₂ gauge theory description of the Mott transition in infinite dimensions. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 24, str. 245130-1-245130-11, doi: 10.1103/PhysRevB.91.245130. [COBISS.SI-ID 28663847]
 72. ŽITKO, Rok, JONG SOO, Lim, LÓPEZ, Rosa, AGUADO, Ramón. Shiba states and zero-bias anomalies in the hybrid normal-superconductor Anderson model. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 4, str. 045441-1-045441-18, doi: 10.1103/PhysRevB.91.045441. [COBISS.SI-ID 28348967]
 73. ŽITKO, Rok, OSOLIN, Žiga, JEGLIČ, Peter. Repulsive versus attractive Hubbard mode : transport properties and spin-lattice relaxation rate. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 15, str. 155111-1-155111-18, doi: 10.1103/PhysRevB.91.155111. [COBISS.SI-ID 28492327]
 74. ŽITKO, Rok. Numerical subgap spectroscopy of double quantum dots coupled to superconductors. *Physical review. B, Condensed matter and materials physics*, ISSN 1098-0121, 2015, vol. 91, no. 16, str. 165116-1-165116-14, doi: 10.1103/PhysRevB.91.165116. [COBISS.SI-ID 28492583]

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) <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:

- Coherent Trajectories through Symmetry Breaking Transitions, ERC Advanced Grant, mednarodni projekt, trajanje: 2013–2018,
- Mucus Permaeting Nanoparticulate Drug Delivery System – Alexander, mednarodni projekt, trajanje: 2012–2016,
- mednarodni projekt s Hondo R&D Europe (Deutschland) GmbH,
- Funkcionalizacija površin za razvoj dostavnih sistemov za ciljano 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,



- MAG-DRIVE Next generation electric motors, Level 2 - CP-FP - Call: FP7-SST-2013-RTD-1, 2013-2016
- EUROLIS Advanced European lithium sulphur cells for automotive application, FP7-NMP, 2012-2016
- EUROLION High energy density Li-ion cells for traction, FP7-NMP, 2011-2015
- MOWSES, MSC Initial Training Network, FP7-PEOPLE-2012-ITN, 2013 – 2017
- Meritve v okviru sodelovanja z Univerzo v Azerbajdžanu,
- Meritve v okviru sodelovanja z Kazan Federal University,
- Meritve v okviru sodelovanja z Politehnika Milano
- Več projektov s tujimi podjetji (SAFT, Renault, Solvionic)
- Več bilateralnih projektov

Rezultati pridobljeni na opremi centra so bili kot vabljeni predavanja in v obliki drugih prispevkov predstavljeni na številnih uglednih slovenskih in mednarodnih konferencah.

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 financiranja 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 2015:

- na opremo CO Nanocentra se je navezovalo več kot 50 projektov; vsaj 24 slovenskih projektov, več kot 16 mednarodnih projektov in 12 industrijskih projektov v skupni vrednosti več milijonov evrov letno;
- opremo CO Nanocentra je pri svojem delu redno uporabljalo več kot 50 študentov, med temi 24 doktorskih študentov in več kot 10 poddoktorskih študentov. V letu 2015 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. Oprema je bila vključena v več kurikulumov posameznih fakultet in šol;

- **rezultati raziskav, pri katerih smo uporabili opremo, so bili objavljeni v več kot 90 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 2015 uporabljalo več kot 10 raziskovalcev iz tujine;**
- **sodelovanje pri konfiguraciji dveh izdelkov, ki sta že na trgu: LT Nanoprobe in LDI Protolaser**

Iz aktivnosti zavoda v letu 2015 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 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 nastavljivim 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	Metaloografski 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	



Nanocenter

Center odličnosti nanoznanosti in nanotehnologije
Center of Excellence in Nanoscience and Nanotechnology



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski sklad za regionalni razvoj