

Odsek za elektronsko keramiko raziskuje sintezo, lastnosti in uporabo keramičnih materialov za elektroniko in energetiko, pretežno kompleksnih materialov in struktur, ki lahko opravljajo več funkcij (multifunkcijski materiali). To so predvsem piezoelektriki, feroelektriki, relaksorji, multiferoiki, prevodni oksidi, nizko dimenzionalni magneti in bakrovi superprevodniki. Poudarek raziskav je na kreiranju lastnosti s sintezo in strukturo na nano-, mikro- in makroravni. Raziskujemo tudi osnove procesov za pripravo senzorjev tlaka, keramičnih mikroelektromehanskih sistemov (MEMS) in fleksibilne elektronike.

Nadaljevali smo z raziskavami na področju okolju prijaznih feroikov brez svinca. Natrijev niobat (NaNbO_3) je mejna spojina številnih trdnih raztopin na osnovi alkaljskih niobatov ($\text{KNbO}_3\text{-NaNbO}_3$) z izvrstnimi piezoelektričnimi lastnostmi, poleg tega je eden od prototipnih antiferoelektrikov. V sodelovanju s kolegi s Tehniške univerze Darmstadt, Nemčija, smo raziskovali nedopirani in donorsko dopirani natrijev niobat (1 mol% Ca ali Sr). Povprečna velikost zrn se z dodatkom dopantov drastično zmanjša, od približno 90 μm do mikronske velikosti, kar lahko razložimo z zmanjšano gibljivostjo mej zrn in je značilno za druge alkaljske niobate. Donorsko dopirani natrijev niobat izkazuje nizko električno prevodnost pri sobni temperaturi, do $10 \times 10^{-10} \text{ S/cm}$, kar je primerljivo z nedopiranim materialom. Rezultati nakazujejo, da je energijska reža natrijevega niobata precej višja od reže 3,4 eV–3,5 eV, določene z optično spektroskopijo, ki jo navajajo v literaturi.

Nadaljevali smo z raziskavami mehanizmov mikrodeformacije, ki jo povzroča električno polje, v polikristalnem BiFeO_3 . Z *in situ* rentgensko difrakcijo smo odkrili nepričakovano zmanjšanje deformacije rešetke z naraščajočo amplitudo polja pri frekvencah pod Hz. Odziv je bil pripisan povezanemu učinku prevodnosti lokalne domenske stene in elastičnega medzrnskega spajanja. Slednje vodi do obsežne prerazporeditve električnih polj znotraj posameznih zrn, kar povzroči posebno odvisnost od polja deformacije rešetke.

V sodelovanju z raziskovalci Kemijskega inštituta, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Švica, in Univerze Paris-Saclay, CentraleSupélec, Francija, smo z uporabo *in situ* vrstične presevalne elektronske mikroskopije proučevali dinamiko domenskih sten in defektov v monokristalu bizmutovega ferita pod električnim poljem. Dinamika domenskih sten v prisotnosti defektov razkriva edinstvene in kompleksne pojave na atomski ravni (slika 1). Rezultati študije, ki je bila objavljena v reviji *Nanoletters*, prispevajo k vpogledu v dinamične atomistične procese na domenskih stenah v feroelektričnih materialih.

Testirali smo nov pristop k mehanokemijski sintezi keramike $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ z uporabo kali v sodelovanju s kolegi iz Danske. Postopek je vključeval uporabo praškastih kali BaTiO_3 med mehanokemijsko aktivacijo, ki naj bi spodbudila tvorbo perovskitne faze. V nasprotju s pričakovanji je uporaba kali BaTiO_3 vodila k nastanku kemijsko nehomogene keramike s področji, bogatimi z BaTiO_3 . Medtem ko so za homogeno keramiko $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$, ki smo jo pripravili s konvencionalno sintezo brez kali, značilni večji piezoelektrični koeficienti šibkega polja, je heterogena keramika izkazovala izrazite napetosti pod visokim poljem zaradi večje reverzibilnosti odziva, kar smo povezali s prisotnostjo kemijskih heterogenosti.

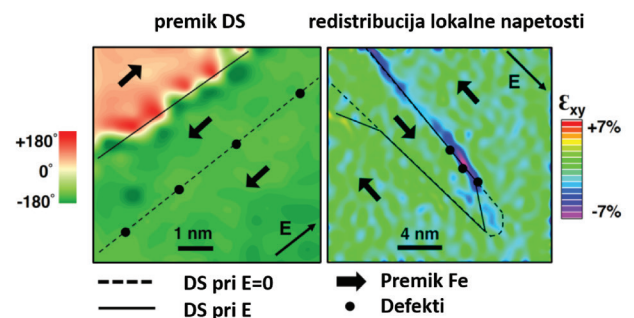
V sodelovanju s kolegi z Odseka za fiziko trdne snovi in Odseka za raziskave sodobnih materialov IJS ter s kolegi iz Maroka, Francije in Ukrajine smo proučili dielektrične in piezoelektrične lastnosti keramike na osnovi barijevega titanata. Pripravili smo različne sestave trdne raztopine $(1-x)\text{Ba}_{0,85}\text{Ca}_{0,15}\text{Zr}_{0,10}\text{Ti}_{0,90}\text{O}_3\text{-xBaTi}_{0,89}\text{Sn}_{0,11}\text{O}_3$ ($x\text{BTSn}$, $x = 0,2, 0,4$ in $0,6$). Keramika s sestavo $x = 0,2$ je izkazovala najvišji piezoelektrični koeficient $d_{33} = 228 \text{ pC}\cdot\text{N}^{-1}$.

Nadalje smo raziskali izvor velikega piezoelektričnega odziva relaksorsko feroelektrične keramike na osnovi trdne raztopine $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-xPbTiO}_3$ (PMN-PT). Sistematična analiza piezoelektričnega nelinearnega harmoničnega odziva relaksorske keramike PMN-PT in nerelaksorske keramike na osnovi $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT) je razkrila temeljne



Vodja:

prof. dr. Barbara Malič

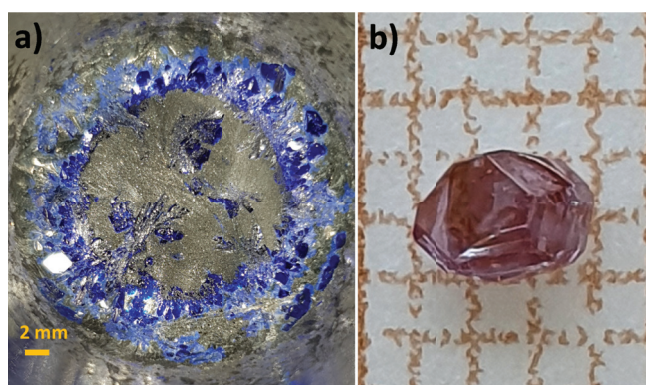


Slika 1: Odziv domenskih sten (DS) pod električnim poljem, raziskan z *in situ* presevalno elektronsko mikroskopijo. Usmerjenost premika Fe (levo) in porazdelitev napetosti (desno) sta bili ovrednoteni iz slik atomske ločljivosti HAADF. Na DS smo pri spremembi električnega polja opazili segregacijo defektov ter spremembe v lokalnih napetostih in porazdelitvi naboja.

Barbara Malič je prejela najvišjo nagrado društva IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control Society (UFFC-S) za izjemen prispevek k razjasnitvi odnosov med kemijskimi in fizikalnimi lastnostmi feroelektrične keramike.

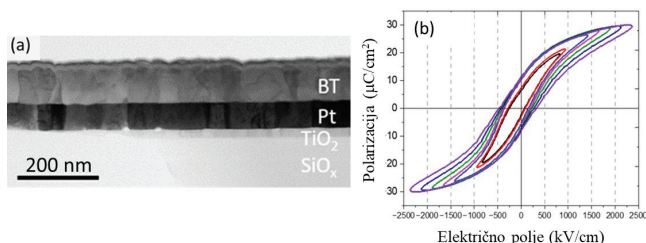
razlike v prispevkih dinamičnih domenskih sten k lastnostim v teh dveh sistemih. Čeprav posredno smo lahko prvič identificirali ključne nelinearne značilnosti, povezane z dinamiko domenskih sten pod nizkimi koti, in to vedenje primerjali z dinamiko običajnih domenskih sten v feroelektrikih, kot je PZT. Rezultati so bili objavljeni v preglednem članku v reviji *Journal of the American Ceramic Society*.

Doktorske študentke Oana-Andreea Condurache, Katarina Žiberna in Barbara Repič so na mednarodnih konferencah prejele nagrade za predstavitev rezultatov iz njihovih doktorskih študijev.



Slika 2: a) Modri monokristali $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ milimetrskih dimenzij, pridobljeni z metodo za gojenje monokristalov iz taline anorganske snovi, v platinastem lončku. b) Monokristal lila barve kandidatne spojine za kvantnospinsko tekočino $\text{NdTa}_7\text{O}_{19}$, vzgojen na K5.

Andreja Benčan Golob od leta 2022 vodi triletni velik interdisciplinarni projekt ARRS, katerega namen je vzpostaviti platformo za razvoj nove metodologije vrstične preseвне elektronske mikroskopije (4D STEM) za karakterizacijo energetsko učinkovitih materialov do kvantne ravni. Projekt povezuje znanstvenike, ki se ukvarjajo z razvojem mikroskopije, sinteze različnih energetsko učinkovitih materialov, računalniških metod in metod umetne inteligence iz dveh vodilnih slovenskih raziskovalnih ustanov, Instituta "Jožef Stefan" in Kemijskega inštituta.



Slika 3: a) Posnetek s presevnim elektronskim mikroskopom preseka tanke plasti barijevega titanata (BT) na podlagi platiniziranega silicija prikazuje pretežno stebričasto mikrostrukturo. Raztopino prekurzorjev v toplih etilen glikol in etanol smo štirikrat nanесли na podlago, sušili, pirolizirali in žgali pri 800 °C, da smo dosegli debelino plasti okrog 130 nm. b) Histerezne zanke polarizacija - električno polje tanke plasti BT z zlato zgornjo elektrodo.

V sodelovanju s kolegi z Odseka za reaktorsko fiziko IJS smo raziskali možnost uporabe **elektrokalične keramike** $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - x\text{PbTiO}_3$ (PMN-100xPT) v primerih, ko je material izpostavljen sevanju nevtronov in γ -žarkov. Keramiko PMN-100xPT ($x = 0, 0,1$ in $0,35$) smo obsevali s snopom $10^{15} - 10^{17}$ nevtronov/cm², kar presega največje pričakovano obsevanje v Evropski organizaciji za jedrske raziskave (CERN). Nevtroni in γ -žarki delno vplivajo na funkcijske lastnosti keramike PMN-35PT. Nasprotno pa so funkcijske lastnosti obsevanih vzorcev keramike PMN in PMN-10PT podobne tistim, ki niso bili obsevani, iz česar sledi, da sta PMN in PMN-10PT primerna za uporabo v elektrokaličnih hladilnih napravah, ki so izpostavljene sevanju nevtronov in γ -žarkov.

Del naših raziskav je bil osredotočen na gojenje **monokristalov in magnetne študije nizkodimenzionalnih in frustriranih magnetnih materialov**, kot sta na primer $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ in $\text{NdTa}_7\text{O}_{19}$. Najprej smo sintetizirali polikristalinični $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ in nato razvili metodo za gojenje monokristalov iz taline, s katero smo pridobili modre monokristale $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ in dopiran $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ milimetrskih velikosti (slika 2a), kar nam je omogočilo nadaljnje raziskave magnetnih lastnosti tega materiala. Poleg tega smo gojili tudi monokristale Isingovega antiferomagnetnega neodimijevega heptatantalata s trikotno mrežo, $\text{NdTa}_7\text{O}_{19}$ (slika 2b), ki bodo uporabljeni za nadaljnje raziskave osnovnega magnetnega stanja te spojine. V sodelovanju z Odsekom za fiziko trdne snovi IJS bomo kristale uporabili za vrsto meritev, kot so meritve magnetizacije, toplotne kapacitete, mionske spinske resonance in neelastičnega sipanja nevtronov.

Drugi del raziskav je bil osredotočen na spojine srebra(II). Predvideno je, da bodo imele fluoridne faze, ki vsebujejo spin $\frac{1}{2} 4d^9 \text{Ag}^{2+}$, eksotične magnetne lastnosti podobne kupratom. Ker je Ag^{2+} zelo močan oksidant, so sintezne tehnike omejene na uporabo F_2 ali brezvodnega HF. Poleg tega termični razpad AgF_2 , glavnega prekurzorja Ag^{2+} spojin, dodatno omejuje metode priprave teh materialov. Ravno zato smo se usmerili na nove sintezne tehnike za pripravo novih faz srebra(II).

Med okolju prijaznimi alternativami svinčevi piezoelektrični keramiki (PZT) so tudi trdne raztopine na osnovi $\text{Ba}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3 - (\text{Ba,Ca})\text{TiO}_3$ (BZT-BCT). Priprava tankih plasti iz raztopin omogoča cenovno ugodno možnost miniaturizacije elektronskih komponent. V splošnem priprava plasti zemljoalkalijskih perovskitov, kot je BaTiO_3 (BT) in trdne raztopine na osnovi BT, kot je BZT-BCT, temelji na uporabi zemljoalkalijskih karboksilatov, raztopljenih v karboksilni kislini, in alkoksidov kovin prehoda, razredčenih z alkoholi. Problem je, da počasna reakcija med topili vodi do pojava vode, ki hidrolizira alkoksid, kar lahko vodi do delnega obarjanja in izgube kemijske homogenosti. Razvili smo novo sintezno pot, ki temelji na uporabi topila etilenglikol za zemljoalkalijske reagentne in vodi do raztopin prekurzorjev z dolgo življenjsko dobo nekaj mesecev. Tanke plasti BT, pripravljene z novo kombinacijo topil, kristalizirajo po segrevanju pri 800 °C v perovskitni fazi s kolumnarno mikrostrukturo in izkazujejo dobre dielektrične in feroelektrične lastnosti (slika 3).

V sodelovanju s kolegi z Odseka za fiziko trdne snovi in Odseka za raziskave sodobnih materialov, IJS, ter s kolegi iz Maroka, Francije in Ukrajine smo proučili piezoelektrične lastnosti nanožičk $\text{H}_2(\text{Zr}_{0.1}\text{Ti}_{0.9})_3\text{O}_7$. Z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim modulom (PFM) smo določili piezoelektrični koeficient $d_{33} \sim 25 \text{ pm}\cdot\text{V}^{-1}$ posamezne nanožičke. Nadalje smo v sodelovanju s kolegi z Odseka za sintezo materialov, IJS, raziskali funkcijske lastnosti nanodelcev in nanožičk $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Opazovanja

feroelektričnih domen s PFM so pokazala piezoelektrično/feroelektrično naravo obeh nanostruktur.

Nadaljevali smo raziskave na področju debelih plasti okoli prijaznih piezoelektrikov na osnovi $K_{0,5}Na_{0,5}NbO_3$ (KNN) za uporabo v ultrazvočnih pretvornikih. Izdelali smo večplastno strukturo, ki je bila sestavljena iz podlage KNN z visokim koeficientom dušenja 0,5 dB/mm/MHz in debele plasti KNN, pripravljene s sitotiskom. Elektroakustični odziv večplastne strukture v vodi je imel osrednjo frekvenco 15 MHz in zelo veliko pasovno širino (BW) 127 % pri -6 dB. Večplastno strukturo bi lahko uporabili za izdelavo ultrazvočnega pretvornika za medicinsko diagnostiko pri frekvenci nad 15 MHz. Raziskavo smo izvedli v okviru projekta Proteus v sodelovanju z raziskovalci Univerze v Toursu, Francija.

Nadaljevali smo z raziskavami materialov in tehnologij za realizacijo elektrokemijskega senzorskega sistema (MES) za detekcijo neonikotinoidnih pesticidov. Miniaturne trielektrodne sisteme na korundni podlagi smo izdelali z metodo sitotiska. Potrdili smo elektrokemijski odziv delovnih elektrod na osnovi čistega ogljika za neonikotinoide. V sodelovanju s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani smo izboljšali odziv tako, da smo delovno elektrodo na osnovi ogljika modificirali z delci kovinskega oksida.

Nadaljevali smo z raziskavami debelih plasti z metodo nanosa v aerosolu v okviru Laboratorija za ultrahladno pripravo kompleksnih oksidov. Sredstva za postavitev laboratorija smo prejeli v okviru projekta Direktorjevega sklada ULTRACOOOL. S kolegi z Univerze Friedrich-Alexander, Erlangen-Nürnberg, Nemčija, in z Univerze v Toursu, Francija, smo pripravili in okarakterizirali večfunkcijske debele plasti $0,65Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,35PbTiO_3$ (PMN-35PT) na jeklenih podlagah. Plasti, segrete pri 500 °C, vzdržijo električna polja $1350 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$ in imajo obetavne lastnosti shranjevanja energije pri sobni temperaturi. Gostota shranjene energije v teh plasteh doseže $15 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-3}$ ter izkazuje stabilnost tudi po 5 milijonih ciklov električnega polja. Makroskopske piezoelektrične meritve so pokazale največjo relativno deformacijo 0,38 % pri $1000 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$, kar ustreza obratnemu piezoelektričnemu koeficientu $\sim 40 \text{ pm}\cdot\text{V}^{-1}$.

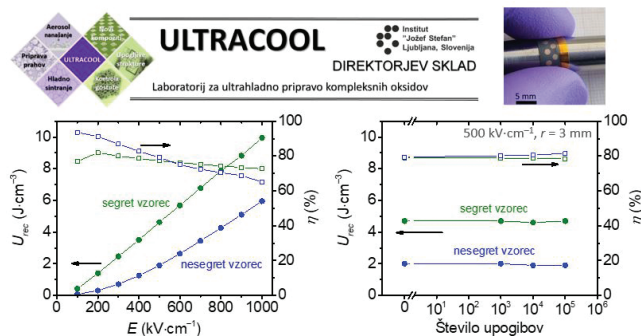
Nadalje smo razvili postopek za proučevanje piezoelektričnih plasti v preseku s PFM. Na ta način smo raziskali relaksorsko feroelektrično domensko strukturo po preseku debelih plasti PMN-35PT, pripravljenih s sitotiskom in nanosom v aerosolu. Zaradi različnih metod priprave in toplotne obdelave vzorcev se velikost zrn in struktura relaksorsko feroelektričnih domen v njih razlikujeta. V plasteh, natisnjenih s sitotiskom, je velikost domen v mikrometrskem območju, medtem ko je v plasteh, nanesenih z aerosolom, velikost domen v nanometrskem območju. V obeh skupinah vzorcev pa ni opaznih sprememb v domenski strukturi po debelini.

Nadalje smo z nanosom v aerosolu pripravili debele plasti $0,9Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,1PbTiO_3$ (PMN-10PT) na upogljivih polimernih podlagah (slika 4). Po segrevanju pri 400 °C plasti izkazujejo visoko polarizacijo ($38 \mu\text{C}\cdot\text{cm}^{-2}$) in nizke histerezne izgube. Gostota shranjene energije v teh plasteh doseže $10 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-3}$ pri $1000 \text{ kV}\cdot\text{cm}^{-1}$. Plasti izkazujejo odlično stabilnost funkcijskih lastnosti na upogibe s polmerom 3 mm (upogibna deformacija 1,1 %) in tudi na mehansko cikliranje do 100.000 ciklov. Pripravljene plasti izkazujejo lastnosti, ki so potencialno obetavne za aplikacije, povezane s fleksibilno elektroniko.

V sklopu raziskav hladnega sintranja funkcijskih oksidov v laboratoriju ULTRACOOOL smo poleg keramike BiFeO_3 vključili $(\text{K},\text{Na})\text{NbO}_3$ in kompozite s piezoelektričnimi polimeri (PVDF). Medtem ko je optimizacija parametrov hladnega sintranja keramičnih materialov še v teku, so prve izmerjene elektromehanske lastnosti hladno sintrane keramike zelo obetavne in kažejo veliko perspektivo za uporabo v aktuatorjih in zbiralnikih energije. Predhodne študije kažejo, da so glavne prednosti hladnega sintranja poleg prihranka energije zaradi nizkotemperaturne obdelave velika dielektrična prebojna trdnost, ki omogoča uporabo visokih napetosti, visoka dielektrična konstanta in nizke dielektrične izgube tako pripravljenih keramičnih materialov.

V sodelovanju s Kemijskim inštitutom iz Ljubljane in RC eNeM raziskujemo integracijo transparentne elektronike na industrijske steklene izdelke naslednje generacije. Projekt se osredotoča na izdelavo električno prevodnih oksidov brez vsebnosti indija in na cenovno ugodne okolju prijazne postopke za pripravo plasti iz raztopin.

Podeljen je bil evropski patent z naslovom A vibration system and a filtering plate for filtering substances, katerega soavtorji so Danjela Kuščer, Tadej Rojac in Darko Belavič.



Slika 4: Shranjevanje električne energije v debelih plasteh PMN-10PT na polimerni podlagi: (levo) gostota shranjene energije (U_{rec}) in izkoristek (η) v odvisnosti od električnega polja (E), (desno) U_{rec} in η v odvisnosti od števila mehanskih upogibov.

Mojca Otoničar in Tadej Rojac sta s pomočjo sodelavk in sodelavcev ter strokovnega društva MIDEM organizirala 57. mednarodno konferenco o mikroelektroniki, napravah in materialih z delavnico Zbiranje energije: materiali in uporaba, ki je potekala v Mariboru septembra 2022.

Najpomembnejše objave v preteklem letu

1. Šadl, Matej, Lebar, Andrej, Valentinčič, Joško, Uršič Nemevšek, Hana, Flexible energy-storage ceramic thick-film structures with high flexural fatigue endurance, *ACS applied energy materials*, 2022, 5, 6, 6896-6902, doi: 10.1021/acsaem.2c00518
2. Uršič Nemevšek, Hana, Prah, Uroš, Rojac, Tadej, Jazbec, Anže, Snoj, Luka, Drnovšek, Silvo, Bradeško, Andraž, Mirjanič, Anja, Vrabelj, Marko, Malič, Barbara, High radiation tolerance of electrocaloric $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_{3-x}\text{PbTiO}_3$, *Journal of the European ceramic society*, 2022, 42, 13, 5575-5583, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.05.051
3. Kuščer, Danjela, Kmet, Brigita, Drnovšek, Silvo, Bustillo, Julien, Levassort, Franck, Lead-free sodium potassium niobate-based multilayer structures for ultrasound transducer applications, *Sensors*, 2022, 22, 9, 3223-1-3223-13, doi: 10.3390/s22093223
4. Otoničar, Mojca, Dragomir, Mirela, Rojac, Tadej, Dynamics of domain walls in ferroelectrics and relaxors, *Journal of the American Ceramic Society*, 2022, 105, 11, 6479-6507, DOI: 10.1111/jace.18623

Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. MIDEM 2022: 57. mednarodna konferenca o mikroelektroniki, elektronskih sestavnih delih in materialih za delavnico *Zbiranje energije: materiali in aplikacije*, Maribor, Slovenija, 14.–16. 9. 2022

Patent

1. Mirko Faccini, Morillo Martín, David Amantia, Danjela Kuščer, Darko Belavič, Tadej Rojac, A vibration system and a filtering plate for filtering substances, EP3454977 (B1), European Patent Office, 9. 2. 2022

Nagrade in priznanja

1. Oana-Andreea Condurache, študentska nagrada za prispevek: *In situ* študija dinamike domenskih sten bizmutovega ferita pod električnim poljem s presevnim elektronskim mikroskopom z atomsko ločljivostjo, organizacijski odbor konference Microscopy & Microanalysis 2022
2. Barbara Malič, nagrada za izjemen prispevek k razjasnitvi odnosov med kemijskimi in fizikalnimi lastnostmi feroelektrične keramike, odbor za feroelektrike pri društvu Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control Society (UFFC-S) v okviru zveze Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
3. Barbara Repič, nagrada za najboljšo predstavitev v sklopu kategorije Senzorskih tehnologij, organizacijski odbor 14. študentske konference Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana
4. Katarina Žiberna, nagrada za uvrstitev med najboljše tri postre s področja materialov, organizacijski odbor 16th Multinational Congress on Microscopy

MEDNARODNI PROJEKTI

1. Meritve na segrevalnem mikroskopu
Meggitt Sensing Systems
prof. dr. Barbara Malič
2. Laboratorijske meritve za TDK
TDK Electronics GmbH & Co OG
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
3. H2020 - ATHENA; Izvajanje načrtov za enakost spolov za sprostitev raziskovalnega potenciala v raziskovalnih organizacijah in organizacijah za financiranje raziskav v Evropi
European Commission
prof. dr. Barbara Malič
4. H2020 - QMatCh; Iskanje kvantnih stanj snovi s kemijo pod ekstremnimi pogoji
European Commission
doc. dr. Mirela Dragomir
5. Tanke plasti okolju prijaznih feroelektrikov za zbiranje energije in za shranjevanje energije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Barbara Malič
6. In-situ študije dinamičnih procesov v keramičnih oksidih v redukcijskem okolju presevnega elektronskega mikroskopa
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Andreja Benčan Golob
7. Načrtovanje mikrostrukture in lastnosti piezoelektrikov brez svinca za zbiranje energije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Barbara Malič
8. Okolju prijazna priprava tankih plasti funkcijskih oksidov brez svinca za uporabo v mikro-elektro-mehanskih sistemih (MEMS)
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Barbara Malič
9. Pametna zasnova večfunkcijskih kompozitov z optimiziranim prenosom energije med komponentami
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Barbara Malič
10. ABO₃ perovskitna feroelektrična keramika za bodoče senzorje, aktuatorje in hladilne sisteme na osnovi trdne snovi
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
11. Nizkotemperaturna priprava piezoelektričnih debelih plasti za medicinsko diagnostiko in zbiranje energije
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
12. Feroelektrični in antiferoelektrični keramični materiali
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek

- Gojenje monokristalov in raziskave nizkodimenzionalnih kvantnih magnetov pod visokimi tlaki
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS
doc. dr. Mirela Dragomir

PROGRAM

- Multifunkcijski materiali in naprave: od kvantnega do makro nivoja
prof. dr. Barbara Malič

PROJEKTI

- In situ kvantitativna vrstična presečna elektronska mikroskopija funkcijskih materialov na atomski ravni
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- TCCbuilder: odprtokodno simulacijsko orodje za toplotne tokokroge
prof. dr. Barbara Malič
- Elektrokalični elementi za aktivno hlajenje elektronskih vezij
prof. dr. Barbara Malič
- Napredne anorganske in organske tanke plasti z ojačenim električno induciranim odzivom
prof. dr. Barbara Malič
- Iskanje visoko temperaturne superprevodnosti in eksotičnega magnetizma v fluorido argentatih(II)
doc. dr. Mirela Dragomir
- Oblikovanje funkcionalnosti feroelektrikov brez svinca in inženiringom domenskih sten
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- Hladno sintranje multifunkcijskih elektronskih komponent
doc. dr. Mojca Otoničar
- Načrtovanje tankih plasti relaksorskih feroelektrikov za piezoelektrične aplikacije in shranjevanje energije
prof. dr. Tadej Rojac
- Določevanje struktur spojin žlahtnih plinov s 3D elektronsko difrakcijo
doc. dr. Mirela Dragomir

- Več-kalorični elementi za okolju prijazne hladilne sisteme
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Visokotlačna stabilizacija in fazni prehodi zmuzljivih fluoridov prehodnih kovin
doc. dr. Mirela Dragomir
- Povečan piezoelektrični odziv relaksorske feroelektrične keramike s strukturnim neredom
prof. dr. Tadej Rojac
- Mikrofluidni Senzorski Sistem za zaznavanje Pesticidov (MISS PES)
prof. dr. Danjela Kušcer Hrovatin
- Upogljivi elementi z multi-fizikalnimi lastnostmi
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Antiferoelektrični materiali za hladilne in energetske elektronske aplikacije
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- 4D STEM energijsko učinkovitih materialov do kvantne ravnini
prof. dr. Andreja Benčan Golob
- Procesna intenzifikacija kontinuirne sinteze vodikovega peroksida visoke čistosti z uporabo elektrokatalitskega mikroreaktorja
prof. dr. Barbara Malič
- Napredni materiali in tehnologije za trajnostno tiskano elektroniko na steklu
prof. dr. Danjela Kušcer Hrovatin
- Cool BatMan: Sistem za toplotno upravljanje baterij na osnovi digitalnega mikrofluidnega magnetnokaličnega hlajenja
Univerza v Ljubljani
prof. dr. Hana Uršič Nemevšek
- Manjše storitve - tuji naročniki
prof. dr. Barbara Malič

VEČJE NOVO POGODBENO DELO

- Sofinanciranje L2-4469 Napredni materiali in tehnologije za trajnostno tiskano elektroniko na steklu
Razvojni center eNeM Novi Materiali, d. o. o.
prof. dr. Danjela Kušcer Hrovatin

OBISKI

- Nikola Tutić, Univerza v Bjelovarju, Bjelovar, Hrvaška, 16. 1. 2022–15. 4. 2022
- prof. Dragan Damjanovic, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Švica, 8. 3. 2022–2. 4. 2022
- Matheiu Fricaudet, CentraleSupélec, Pariz, Francija, 20. 3. 2022–10. 6. 2022
- dr. Ilona Zamaraitė, Vilnius University, Vilnius, Litva, 1.–30. 4. 2022
- Justine Breuzard, Université de Tours, Tours, Francija, 5.–24. 6. 2022
- Jeanne Gonzales, Université de Tours, Tours, Francija, 5. 4.–24. 6. 2022
- Meryem Lachhab, Université de Limoges, Limoges, Francija, 19. 4.–8. 7. 2022
- Longfei Song, Luxembourg Institute of Science and Technology, Luksemburg, Luksemburg, 16. 5.–15. 6. 2022
- Ivica Grgić, Univerza v Bjelovarju, Bjelovar, Hrvaška, 16. 5.–14. 7. 2022
- Christine Farmer, Institute of Technology Blois, Blois, Francija, 20. 5. 2022
- prof. Marco Deluca, Materials Center Leoben Forschung GmbH, Leoben, Avstrija, 24. 5. 2022
- dr. Xi Shi, Friedrich–Alexander–Universität Erlangen–Nürnberg. Nürnberg, Nemčija, 29. 5.–8. 6. 2022
- Marah Alqedra, Faculty of Science, Ankara University, Ankara, Turčija, 5. 7.–26. 9. 2022
- Matheiu Fricaudet, CentraleSupélec, Pariz, Francija, 23. 8.–13. 10. 2022
- dr. Julian Walker, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška, 19.–20. 9. 2022
- prof. Jacob L. Jones, North Carolina State University, Raleigh, ZDA, 23. 9. 2022
- prof. dr. Geoff Brennecke, Colorado School of Mines, Golden, ZDA, 1. 10. 2022–28. 2. 2023
- Matheiu Fricaudet, CentraleSupélec, Pariz, Francija, 25. 10.–9. 12. 2022
- Alexander Kobold, Materials Leoben Forschung GmbH (MCL), Leoben, Avstrija, 7.–11. 11. 2022
- Luka Čubrilo, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Srbija, 7. 11. 2022–7. 2. 2023
- prof. Vera Gradišnik, Prof. Duško Čakara, Univerza v Rijeki, Reka, Hrvaška, 22. 11. 2022
- dr. Jaroslav Kita, Faculty of Engineering Science, University of Bayeruth, Bayeruth Nemčija, 15.–16. 12. 2022
- dr. Yongli Wang, Albertus Santano, Kyosuke Nakamura, TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija, 22. 12. 2022

SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

- Oana–Andreea Condurache: In situ študija feroelektričnih domenskih sten pod napetostjo v presevnem elektronskem mikroskopu, 20. 1. 2022
- Matic Belak Vivod: Mehanokemijska sinteza alternativna metoda za pripravo fluoridoargentatov (II), 24. 3. 2022

- prof. Dragan Damjanovic, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Švica: Pojav »prepovedanih« lastnosti zaradi izgube centrosimetričnosti v kompleksnih materialih, 29. 3. 2022
- Victor Regis de Moraes: Multikalorični kompoziti, pripravljeni z metodo nanosa v aerosolu, 31. 3. 2022
- Lia Šibav: Efekti dopiranja kvantnega antiferomagneta SrCu₂(BO₃)₂, 7. 4. 2022
- Matheiu Fricaudet, CentraleSupélec, Pariz, Francija: Feroelektrični materiali za zbiranje energije, 14. 4. 2022
- dr. Ilona Zamaraitė, Vilnius University, Vilnius, Litva: Probing Perovskite Oxides: Fizikalne lastnosti lamelnih kristalov kovinskih tiosulfatov: pregled dosedanjih raziskav in obeti za prihodnost, 20. 4. 2022
- Ankita Sarkar: Raziskave optičnih in magnetnih lastnosti perovskitnih oksidov, 11. 5. 2022
- prof. Jacob L. Jones, North Carolina State University, Raleigh, ZDA: Napredek v razumevanju sinteze v trdnem stanju s kontrolo reakcijskih pogojev in z in situ rentgensko difrakcijo, 23. 9. 2022
- Katarina Žiberna: Mehansko obnašanje perovskitnih feroelektrikov brez svinca na nano nivoju, 29. 9. 2022
- Brigita Kmet: Debele plasti kemijsko modificiranega kalijevega natrijevega niobata na platiniziranih podlagah aluminijevega oksida, 23. 11. 2022
- dr. Antonio Iacomini: Sinteza in električne lastnosti piezoelektrične keramike KNN–BF, pripravljene z visokoenergijskim mletjem, 1. 12. 2022
- Matej Šadl: Debele plasti svinčevega magnezijevega niobata titanata, pripravljene z metodo nanašanja v aerosolu, 8. 12. 2022
- dr. Jaroslav Kita, Faculty of Engineering Science, University of Bayeruth, Nemčija: Razvoj na področju nanašanja prahu z aerosolom, 16. 12. 2022

UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

- Matic Belak Vivod, Mirela Dragomir, Lia Šibav, 17th European Powder Diffraction Conference (EPDiC17), Šibenik, Hrvaška, 31. 5.–3. 6. 2022 (2)
- Matic Belak Vivod, Mirela Dragomir, Slovenski kemijski dnevi 2022, Portorož, 21.–23. 9. 2022 (1)
- Matic Belak Vivod, Mirela Dragomir, Lia Šibav, 22th Croatian–Slovenian Crystallographic Meeting (CSCM28), Poreč, Hrvaška, 7.–11. 9. 2022 (2)
- Andreja Benčan Golob, Katarina Žiberna, 16th Multinational Congress on Microscopy – 16MCM, Praga, Češka Republika, 4.–9. 9. 2022 (1)
- Andreja Benčan Golob, Oana–Andreea Condurache, Katarina Žiberna, 15th International Ceramics Congress – CIMTEC 2022, Perugia, Italija, 20.–24. junij 2022 (3)

6. Andreja Benčan Golob, Maja Koblar, Mojca Otoničar, Katarina Žiberna, 4. slovensko posvetovanje mikroskopistov, Ankaran, 12.-13. maj 2022 (1)
7. Andreja Benčan Golob, Mirela Dragomir, Ivana Goričan, Sabi W. Konsago, Danjela Kuščer, Barbara Malič, Mojca Otoničar, Victor Regis de Moraes, Tadej Rojac, Samir Salmanov, Ankita Sarkar, Matej Šadl, Hana Uršič Nemevšek, 57th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & The Workshop on Energy Harvesting: Materials and Applications, 14.-16. september 2022, Maribor (4)
8. Oana-Andreea Condurache, konferenca Ceramics in Europe, Krakov, Poljska, 10.-14. 7. 2022 (1)
9. Oana-Andreea Condurache, konferenca Microscopy & Microanalysis (M&M), Portland, Oregon, ZDA, 30. 7.-4. 8. 2022 (1)
10. Mirela Dragomir, Solid State Chemistry Gordon Research Conference, New London, ZDA, 24.-30. 7. 2022 (1)
11. Mirela Dragomir, 19th Annual Meeting of the Science and Technology Forum (STS Forum), Kyoto, Japonska, 1.-4. 10. 2022 (1)
12. Mirela Dragomir, Science Festival Association - Event Designer & Sponsors, Genova, Italija, 28. 10.-2. 11. 2022
13. Sabi W. Konsago, Matej Šadl, Japonsko-slovenska delavnica o piezoelektričnih tankih filmih, 4. 2. 2022, virtualno (2)
14. Sabi W. Konsago, Barbara Repič, Matej Šadl, 14th Jožef Stefan International Postgraduate School Students' Conference (IPSSC) Mekinje, 1.-3. 6. 2022 (3)
15. Sabi W. Konsago, Barbara Malič, Mojca Otoničar, Victor Regis de Moraes, Matej, Šadl, ISAF-PPM-ECAPD Joint symposium 2022, 27. 6.-1. 7. 2022, Tours, Francija (5)
16. Danjela Kuščer, Kostja Makarovič, Barbara Repič, Ceramic Interconnect and Ceramic Microsystems Technologies (CICMT 2022), Dunaj, Avstrija, 13.-15. 7. 2022 (3)
17. Kostja Makarovič, konferenca YUCOMAT 2022, Herceg Novi, Črna gora, 29. 8.-2. 9. 2022 (1)
18. Mojca Otoničar, 7th International Workshop on Relaxor Ferroelectrics, 7.-12. 8. 2022, Vilna, Litva (1)
19. Mojca Otoničar, Advanced African School & Workshop on Multifunctional Ferroic Materials, 26.-30. 5. 2022, Hammamet, Tunizija (1)
20. Barbara Malič, Victor Regis de Moraes, 2022 UFFC Ferroelectrics School, 20.-24. 6. 2022, Lyon, Francija (1)
21. Maja Koblar, konferenca 2022 SVC TechCon, 2.-5. 5. 2022, Long Beach, ZDA (1)
22. Danjela Kuščer, International Congress on Advanced Materials Sciences and Engineering (AMSE-2022), 21.-24. 7. 2022, Opatija, Hrvaška (1)
23. Hana Uršič Nemevšek, konferenca CALORIGS, 12.-14. 9. 2022, Cambridge, Velika Britanija (1)
24. Hana Uršič Nemevšek, Pace Young Scientists 2022 Conference, Luksemburg, Luksemburg, 10.-12. 10. 2022 (1)
25. Hana Uršič Nemevšek, School on Energy Conversion Systems, 1. 3. 2022, virtualno (1)
26. Lia Šibav, European School on Magnetism 2022, 11.-23. 9. 2022

SODELAVCI

Raziskovalci

1. prof. dr. Andreja Benčan Golob, znanstveni svetnik
2. doc. dr. Mirela Dragomir
3. prof. dr. Goran Dražič*, znanstveni svetnik
4. prof. dr. Danjela Kuščer Hrovatin
5. dr. Kostja Makarovič*
6. **prof. dr. Barbara Malič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
7. doc. dr. Mojca Otoničar
8. prof. dr. Tadej Rojac, znanstveni svetnik
9. prof. dr. Hana Uršič Nemevšek

Podoktorski sodelavci

10. dr. Andraž Bradeško*
11. Antonio Iacomini, PhD., Italija
12. Soukaina Merselmiz, PhD., Maroko
13. *dr. Uroš Prah, časasna prekinitev 15. 6. 2021*

Mlajši raziskovalci

14. Matic Belak Vivod, mag. kem.
15. Oana Andreea Condurache, master fizica, Romunija
16. Ivana Goričan, mag. kem.
17. Maja Koblar, mag. nan.
18. Sabi William Konsago, Msc., Rusija
19. Victor Regis De Moraes, Msc., Brazilija
20. Barbara Repič, mag. inž. kem. inž.
21. Samir Salmanov, Msc., Rusija
22. Ankita Sarkar, Msc., Indija
23. dr. Matej Šadl
24. Lia Šibav, mag. kem.
25. Blaž Velkavrh, mag. inž. str.
26. Katarina Žiberna, mag. kem.

Strokovni sodelavci

27. Silvo Drnovšek, dipl. inž. kem. tehnol.
28. Brigita Kmet, mag. nan.
29. Izabela Stojanoska, mag. kem.

Tehniški in administrativni sodelavci

30. Andrej Debevec
31. Tina Ručigaj Korošec, univ. dipl. soc.

Opomba

* delna zaposlitev na IJS

SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Adam Mickiewicz University, Poznań, Poljska
2. Alexandru Ioan Cuza University (A.I. Cuza), Dielectric, Ferroelectric and Multiferoic Materials Department, Iași, Romunija
3. Associazione Festival della Scienza, Genova, Italija
4. BioSense Institute, Novi Sad, Srbija
5. Biosistemika, d. o. o., Ljubljana, Slovenija
6. Center odličnosti NAMASTE, Ljubljana, Slovenija
7. Center odličnosti VESOLJE, Ljubljana, Slovenija
8. Centrale Supélec, Université Paris-Saclay, Pariz, Francija
9. Colorado School of Mines, Golden, Colorado, ZDA
10. École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Švica

11. European Organization for Nuclear Research CERN, Genova, Švica
12. Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NAS of Ukraine, Kijev, Ukrajina
13. Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Department of Materials Science and Engineering, Erlangen, Nemčija
14. Institut für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik - Zentrum für Elektronenmikroskopie (FELMI TU Graz), Gradec, Avstrija
15. Institut za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, Odeok za nauku o materijalima (IMSI UB), Beograd, Srbija
16. Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija
17. Institute for Materials Science, University of Duisburg-Essen, Essen, Nemčija
18. Institute for Technical Physics and Materials Science, Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Science, Budimpešta, Madžarska
19. Institute of Physics of the Czech Academy of Science, Praga, Češka
20. Institute of Molecular Physics, Polish Academy of Sciences, Poznań, Poljska
21. KEKO - Oprema, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
22. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
23. Knauf Insulation, d. o. o., Škofja Loka, Slovenija
24. Lotrič Meroslovje, d. o. o., Selca, Slovenija
25. Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Luksemburg, Luksemburg
26. MAHLE Electric Drives Slovenija d. o. o., Šempeter pri Gorici, Slovenija
27. Materials Center Leoben Forschung GmbH (MCL), Leoben, Avstrija
28. McMaster University, Hamilton, Ontario, Kanada
29. Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, Slovenija
30. Meggitt Sensing Systems, Meggitt A/S, Kvistgård, Danska
31. Montanuniversität Leoben, Leoben, Avstrija
32. Murata Manufacturing Co., Ltd, Kyoto, Japonska
33. Murexin, d. o. o., Puconci, Slovenija
34. National Institute of Materials Physics, Magurele, Romunija
35. North Carolina State University (NCSSU), Materials Science and Engineering Department, Raleigh, Severna Karolina, ZDA
36. Norwegian University of Science and Tehnology (NTNU), Department of Materials Science and Engineering, Trondheim, Norveška
37. Osaka Prefecture University - Graduate School of Engineering, Department of Physics and Electronics, Osaka, Japonska
38. Penn State University, Materials Research Center, State College, Pensilvanija, ZDA
39. RC eNeM, d. o. o., Zagorje ob Savi, Slovenija
40. Shanghai University, Department of Electronic Information Materials, Šanghaj, Kitajska
41. Shizuoka University, Research Institute of Electronics, Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology, Hamamatsu, Japonska
42. Steklarna Hrastnik, Hrastnik, Slovenija
43. STELEM, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
44. TDK Electronics GmbH & Co OG, Deutschlandsberg, Avstrija
45. Technical University of Denmark (DTU), Kongens Lyngby, Danska
46. Technische Universität Darmstadt (TU Da), Darmstadt, Nemčija
47. Tsinghua University, School of Materials Science and Engineering, Peking, Kitajska
48. Université François-Rabelais Tours, Gremam CNRS, Tours, Francija
49. University of Applied Sciences, Department of Mechatronics, Bjelovar, Hrvaška
50. University of Aveiro (UA), Aveiro, Portugalska
51. University of Latvia, Institute of Solid State Physics, Riga, Latvija
52. University of New South Wales, Sydney, Avstralija
53. University of Hull, Hull, Velika Britanija
54. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, Slovenija
55. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
56. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
57. Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za naravoslovje, Nova Gorica, Slovenija
58. VARS, podjetje za proizvodnjo varistorja in sklopov, d. o. o., Ljubljana, Slovenija

Odsek za elektronsko keramiko

K-5

Izvirni znanstveni članek

- Matthieu Fricaudet, Katarina Žiberna, Samir Salmanov, Jens Kreisel, Delong He, Brahim Dkhil, Tadej Rojac, Mojca Otoničar, Pierre-Eymeric Janolin, Andraž Bradeško, "Multifunctional properties of polyvinylidene-fluoride-based materials", *ACS applied electronic materials*, 2022, **4**, 11, 5429–5436, 10.1021/acsaem.2c01091. [COBISSID 129361667]
- Matej Šadl, Andrej Lebar, Joško Valentinčič, Hana Uršič Nemevšek, "Flexible energy-storage ceramic thick-film structures with high flexural fatigue endurance", *ACS applied energy materials*, 2022, **5**, 6, 6896–6902, 10.1021/acsaem.2c00518. [COBISSID 110882307]
- Tina Đukić, Leonard Moriau, Luka Pavko, Mitja Kostelec, Martin Prokop, Francisco Ruiz-Zepeda, Martin Šala, Goran Dražič, Matija Gatalo, Nejc Hodnik, "Understanding the crucial significance of the temperature and potential window on the stability of carbon supported Pt-alloy nanoparticles as oxygen reduction reaction electrocatalysts", *ACS Catalysis*, 2022, **12**, 1, 101–115, 10.1021/acscatal.1c04205. [COBISSID 94150403]
- Gorazd Koderman Podboršek *et al.* (15 avtorjev), "Iridium stabilizes ceramic titanium oxynitride support for oxygen evolution reaction", *ACS Catalysis*, 2022, **12**, 24, 15135–15145. [COBISSID 135522051]
- Nina Daneu, Goran Dražič, Matjaž Mazaj, Fabrice Barou, José Alberto Padrón Navarta, "Formation of contact and multiple cyclic cassiterite twins in SnO₂-based ceramics co-doped with cobalt and niobium oxides", *Acta crystallographica. B. Structural science, crystal engineering and materials*, 2022, **B78**, 695–709, 10.1107/S2052520622006758. [COBISSID 116668675]
- Lisha Liu, Tadej Rojac, Dragan Damjanović, Jing-Feng Li, Marco Di Michiel, John E. Daniels, "Reduction of the lattice strain with increasing field amplitude in polycrystalline BiFeO₃", *Acta materialia*, 2022, **240**, 118319, 10.1016/j.actamat.2022.118319. [COBISSID 120616707]
- Jože Luzar *et al.* (13 avtorjev), "Zero-magnetostriction magnetically soft high-entropy alloys in the AlCoFeNiCu_x (x = 0.6–3.0) system for supersilent applications", *Advanced materials interfaces*, 2022, **9**, 32, 2201535, 10.1002/admi.202201535. [COBISSID 123917315]
- Alessandro Troglia *et al.* (13 avtorjev), "Evidence of a 2D electron gas in a single-unit-cell of anatase TiO₂ (001)", *Advanced science*, 2022, **9**, 16, 2105114, 10.1002/advs.202105114. [COBISSID 105753091]
- Kevin Nadaud, Matej Šadl, Micka Bah, Franck Levassort, Hana Uršič Nemevšek, "Effect of thermal annealing on dielectric and ferroelectric properties of aerosol-deposited 0.65Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ – 0.35PbTiO₃ thick films", *Applied physics letters*, 2022, **120**, 11, 112902, 10.1063/5.0087389. [COBISSID 101448451]
- Hana Uršič Nemevšek, Matej Šadl, "Investigation of piezoelectric 0.65Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ – 0.35PbTiO₃ films in cross section using piezo-response force microscopy", *Applied physics letters*, 2022, **121**, 19, 192905, 10.1063/5.0104829. [COBISSID 129118467]
- Longfei Song, Sebastjan Glinšek, Silvo Drnovšek, Veronika Kovacova, Barbara Malič, Emmanuel Defay, "Piezoelectric thick film for power-efficient haptic actuator", *Applied physics letters*, 2022, **121**, 21, 212901, 10.1063/5.0106174. [COBISSID 130305027]
- Mahabul Islam, Piu Rajak, Daniel Knez, Sandeep Kumar Chaluvadi, Pasquale Orgiani, Giorgio Rossi, Goran Dražič, Regina Ciancio, "HAADF STEM and Ab initio calculations investigation of anatase TiO₂/LaAlO₃ heterointerface", *Applied sciences*, 2022, **12**, 3, 1489, 10.3390/app12031489. [COBISSID 98021891]
- Maria N. Gancheva, Tadej Rojac, R. Iordanova, I. Piroeva, P. Ivanov, "Structural and optical properties of MgMoO₄ prepared by mechanochemical technique", *Ceramics international*, 2022, **48**, 12, 17149–17156, 10.1016/j.ceramint.2022.02.271. [COBISSID 99488771]
- Tia Kristian Tajnšek, Erik Svensson Grape, Tom Willhammar, Tatjana Antonić Jelić, Uroš Javornik, Goran Dražič, Nataša Zabukovec Logar, Matjaž Mazaj, "Design and degradation of permanently porous vitamin C and zinc-based metal-organic framework", *Communications chemistry*, 2022, **5**, 24, 10.1038/s42004-022-00639-x. [COBISSID 99932419]
- Mia Stanković, Margarita Popova, Matjaž Mazaj, Goran Dražič, Andraž Šuligoj, Nigel Willy Van de Velde, Mojca Oprešnik, Željko Jačimović, Nataša Novak Tušar, Nataša Zabukovec Logar, "Utilisation of waste Cu-, Mn- and Fe-loaded zeolites generated after wastewater treatment as catalysts for air treatment", *Frontiers in chemistry*, 2022, **10**, 39716, 10.3389/fchem.2022.1039716. [COBISSID 133462275]
- Ankica Šarić, Martina Vrankić, Dirk Lützenkirchen-Hecht, Ines Despotović, Željka Petrović, Goran Dražič, Franz Eckelt, "Insight into the growth mechanism and photocatalytic behavior of tubular hierarchical ZnO structures: an integrated experimental and theoretical approach", *Inorganic chemistry*, 2022, **61**, 6, 2962–2979, 10.1021/acs.inorgchem.1c03905. [COBISSID 98037251]
- Jadranka Milikić, Andres Tapia, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Mojca Otoničar, Srečo D. Škapin, Diogo M. F. Santos, Biljana Šljukić Paunković, "High-performance metal (Au,Cu)-polypyrrole nanocomposites for electrochemical borohydride oxidation in fuel cell applications", *International journal of hydrogen energy*, 2022, **47**, 87, 36990–37001, 10.1016/j.ijhydene.2022.08.229. [COBISSID 123229699]
- Martina Vrankić *et al.* (12 avtorjev), "Pressure-induced and flaring photocatalytic diversity of ZnO particles hallmarked by finely tuned pathways", *Journal of alloys and compounds*, 2022, **894**, 162444, 10.1016/j.jallcom.2021.162444. [COBISSID 83762691]
- Aleksander Matavž, Urša Uršič, Jaka Močivnik, Dmitry Richer, Matjaž Humar, Simon Čopar, Barbara Malič, Vid Bobnar, "From coffee stains to uniform deposits: significance of the contact-line mobility", *Journal of colloid and interface science*, 2022, **608**, part 2, 1718–1727, 10.1016/j.jcis.2021.10.066. [COBISSID 83585027]
- Shenglan Hao, Yao Minghai, Gaëlle Vitali-Derrien, Pascale Gemeiner, Mojca Otoničar, Pascal Ruello, Houssny Bouyanfif, Pierre-Eymeric Janolin, Brahim Dkhil, Charles Paillard, "Optical absorption by design in a ferroelectric: co-doping in BaTiO₃", *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2022, **10**, 1, 227–234, 10.1039/d1tc04250e. [COBISSID 91745795]
- Matic Klug Jovičević, Levi Tegg, Patricia Jovičević Klug, Goran Dražič, László Almásy, Bryan Lim, Julie M. Cairney, Bojan Podgornik, "Multi-scale modification of aluminum alloys with deep cryogenic treatment for advanced properties", *Journal of Materials Research and Technology*, 2022, **21**, 3062–3073, 10.1016/j.jmrt.2022.10.089. [COBISSID 127673603]
- Katarina Mužina, Stanislav Kurajica, Patrick Guggenberger, Marina Duplančič, Goran Dražič, "Catalytic activity and properties of copper-doped ceria nanocatalyst for VOCs oxidation", *Journal of materials research*, 2022, **37**, 11, 1929–1940, 10.1557/s43578-022-00606-1. [COBISSID 111854851]
- Marija V. Pergal, Biljana Dojčinović, Jasmina Nikodinović-Runić, Goran Dražič, Nataša Zabukovec Logar, Sanja Ostojčić, Bratislav Antić, "Synthesis, physicochemical, and antimicrobial characteristics of novel poly (urethane-siloxane) network/silver ferrite nanocomposites", *Journal of Materials Science*, 2022, **57**, 16, 7827–7848, 10.1007/s10853-022-07178-9. [COBISSID 106137091]
- Udo Eckstein *et al.* (11 avtorjev), "Room temperature deposition of freestanding BaTiO₃ films", *Journal of Materials Science*, 2022, **57**, 28, 13264–13286, 10.1007/s10853-022-07467-3. [COBISSID 115783683]
- Wafa Amdouni, Lluís Yedra, Mojca Otoničar, Pascale Gemeiner, Brahim Dkhil, Hager Maghraoui-Meherzi, "Annealing temperature effects on BiFeO₃ nanoparticles towards photodegradation of Eosin B dye", *Journal of materials science*, 2022, **57**, 40, 18726–18738, 10.1007/s10853-022-07829-x. [COBISSID 137220611]
- Udo Eckstein *et al.* (12 avtorjev), "Temperature-dependent dielectric anomalies in powder aerosol deposited ferroelectric ceramic films", *Journal of materiomics*, 2022, **8**, 6, 1239–1250, 10.1016/j.jmat.2022.05.001. [COBISSID 107830019]
- Hurija Džudžević Čančar, Matic Belak Vivod, Vojko Vlachy, Miha Lukšič, "Phase stability of aqueous mixtures of bovine serum albumin with low molecular mass salts in presence of polyethylene glycol", *Journal of molecular liquids*, 2022, **349**, 118477, 10.1016/j.molliq.2022.118477. [COBISSID 93209859]

28. Ankita Sarkar, Biswajit Dalal, Subodh Kumar De, "Spectroscopic and magnetic investigations of the dilute magnetically doped semiconductors $\text{BaSn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($0.02 \leq x \leq 0.1$)", *Journal of physics and chemistry of solids*, 2022, **170**, 110942, 10.1016/j.jpics.2022.110942. [COBISSID 141736195]
29. Vlad Alexandru Lukacs *et al.* (14 avtorjev), "Phase coexistence and grain size effects on the functional properties of BaTiO_3 ceramics", *Journal of the European ceramic society*, 2022, **42**, 5, 2230-2247, 10.1016/j.jeurceramsoc.2021.12.024. [COBISSID 89315075]
30. Uroš Hribar, Matjaž Spreitzer, Tadej Rojac, Jakob Koenig, "Destabilization of the ferroelectric order in $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3 - 6\text{wt}\%$ BaTiO_3 ceramics through doping", *Journal of the European ceramic society*, 2022, **42**, 8, 3446-3453, 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.03.003. [COBISSID 100773891]
31. Hana Uršič Nemevšek, Uroš Prah, Tadej Rojac, Anže Jazbec, Luka Snoj, Silvo Drnovšek, Andraž Bradeško, Anja Mirjanič, Marko Vrabelj, Barbara Malič, "High radiation tolerance of electrocaloric $(1-x)\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_{3-x}\text{PbTiO}_3$ ", *Journal of the European ceramic society*, 2022, **42**, 13, 5575-5583, 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.05.051. [COBISSID 111403011]
32. Matej Šadl, Kevin Nadaud, Micka Bah, Franck Levassort, Udo Eckstein, Neamul Hayet Khansur, Kyle Grant Webber, Hana Uršič Nemevšek, "Multifunctional energy storage and piezoelectric properties of $0.65\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 - 0.35\text{PbTiO}_3$ thick films on stainless-steel substrates", *JPhys energy*, 2022, **4**, 2, 024004, 10.1088/2515-7655/ac5fd5. [COBISSID 104197123]
33. Aleksander Sešek, Kostja Makarovič, "Metallization, material selection, and bonding of interconnections for novel LTCC and HTCC power modules", *Materials*, 2022, **15**, 3, 1036, 10.3390/ma15031036. [COBISSID 95619587]
34. Matic Klug Jovičević, Tim Verbovšek, Patricia Jovičević Klug, Barbara Šetina, Bojan Ambrožič, Goran Dražič, Bojan Podgornik, "Revealing the Pb whisker growth mechanism from Al-alloy surface and morphological dependency on material stress and growth environment", *Materials*, 2022, **15**, 7, 2574, 10.3390/ma15072574. [COBISSID 103036419]
35. Sabi William Konsago, Katarina Žiberna, Brigita Kmet, Andreja Benčan, Hana Uršič Nemevšek, Barbara Malič, "Chemical solution deposition of barium titanate thin films with ethylene glycol as solvent for barium acetate", *Molecules*, 2022, **27**, 12, 3753, 10.3390/molecules27123753. [COBISSID 111344131]
36. Anže Mraz *et al.* (15 avtorjev), "Charge configuration memory devices: energy efficiency and switching speed", *Nano letters*, 2022, **22**, 12, 4814-4821, 10.1021/acs.nanolett.2c01116. [COBISSID 113726211]
37. Gorazd Koderman Podboršek, Špela Zupančič, Rok Kaufman, Angelja Kjara Surca, Aleš Marsel, Andraž Pavlišič, Nejc Hodnik, Goran Dražič, Marjan Bele, "Microstructure and electrical conductivity of electrospun titanium oxynitride carbon composite nanofibers", *Nanomaterials*, 2022, **12**, 13, 2177, 10.3390/nano12132177. [COBISSID 114169091]
38. Hue-Tong Vu, Iztok Arčon, Danilo Oliveira de Souza, Simone Pollastri, Goran Dražič, Janez Volavšek, Gregor Mali, Nataša Zabukovec Logar, Nataša Novak Tušar, "Insight into the interdependence of Ni and Al in bifunctional Ni/ZSM-5 catalysts at the nanoscale", *Nanoscale advances*, 2022, **4**, 10, 2321-2331, 10.1039/d2na00102k. [COBISSID 107406339]
39. Darko Makovec, Nina Kosi Križaj, Anton Meden, Goran Dražič, Hana Uršič Nemevšek, Rok Kostanjšek, Martin Šala, Sašo Gyergyek, "Ferroelectric bismuth-titanate nanoplatelets and nanowires with a new crystal structure", *Nanoscale*, 2022, **14**, 9, 3537-3544, 10.1039/d2nr00307d. [COBISSID 101065219]
40. Stanislav Kurajica, Ivana Katarina Ivković, Goran Dražič, Vasyl Shvalya, Marina Duplančič, G. Matijašič, Uroš Cvelbar, Katarina Mužina, "Phase composition, morphology, properties and improved catalytic activity of hydrothermally-derived manganese-doped ceria nanoparticles", *Nanotechnology*, 2022, **33**, 13, 135709, 10.1088/1361-6528/ac44ed. [COBISSID 91469827]
41. Asad Mehmood *et al.* (13 avtorjev), "High loading of single atomic iron sites in Fe-NC oxygen reduction catalysts for proton exchange membrane fuel cells", *Nature Catalysis*, 2022, **5**, 4, 311-323, 10.1038/s41929-022-00772-9. [COBISSID 106718723]
42. Soukaina Merselmiz *et al.* (14 avtorjev), "Design of lead-free BCZT-based ceramics with enhanced piezoelectric energy harvesting performances", *PCCP. Physical chemistry chemical physics*, 2022, **24**, 10, 6026-6036, 10.1039/d1cp04723j. [COBISSID 102360579]
43. Nicole Bein *et al.* (15 avtorjev), "Fermi energy, electrical conductivity, and the energy gap of NaNbO_3 ", *Physical review materials*, 2022, **6**, 8, 084404, 10.1103/PhysRevMaterials.6.084404. [COBISSID 117363203]
44. Qianli Ma, Evan M. Smith, Zachary W. Cronkwright, Mirela Dragomir, Gabrielle Mitchell, Alexander I. Kolesnikov, Matthew B. Stone, Bruce D. Gaulin, "Dynamic parallel spin stripes from the 1/8 anomaly to the end of superconductivity in $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ", *Physical review research*, 2022, **4**, 1, 013175, 10.1103/PhysRevResearch.4.013175. [COBISSID 99894531]
45. Qianli Ma, Evan M. Smith, Zachary W. Cronkwright, Mirela Dragomir, Gabrielle Mitchell, Barry W. Winn, Travis J. Williams, Bruce D. Gaulin, "Magnetic field tuning of parallel spin stripe order and fluctuations near the pseudogap quantum critical point in $\text{La}_{1.36}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_{0.24}\text{CuO}_4$ ", *Physical review. B*, 2022, **106**, 21, 214427, 10.1103/PhysRevB.106.214427. [COBISSID 135765251]
46. Anca Peter *et al.* (13 avtorjev), "Barrier properties, migration into the food simulants and antimicrobial activity of paper-based materials with functionalized surface", *Polymers and polymer composites*, 2022, **30**, 10.1177/09673911221106347. [COBISSID 112073475]
47. Ruggero Vigliaturo, Maja Jamnik, Goran Dražič, Marjetka Podobnik, Magda Tušek-Žnidarič, Giancarlo Della Ventura, Günther Redhammer, Nada Žnidaršič, Simon Caserman, Reto Gieré, "Nanoscale transformations of amphiboles within human alveolar epithelial cells", *Scientific reports*, 2022, **12**, 1782, 10.1038/s41598-022-05802-x. [COBISSID 96630275]
48. Danjela Kuščer, Brigita Kmet, Silvo Drnovšek, Julien Bustillo, Franck Levassort, "Lead-free sodium potassium niobate-based multilayer structures for ultrasound transducer applications", *Sensors*, 2022, **22**, 9, 3223, 10.3390/s22093223. [COBISSID 105730563]
49. Jiajia Ran, Leonardo Girardi, Goran Dražič, Zhanhua Wang, Stefano Agnoli, Hesheng Xia, G. Granozzi, "The effect of the 3D nanoarchitecture and ni-promotion on the hydrogen evolution reaction in MoS_2 /reduced GO aerogel hybrid microspheres produced by a simple one-pot electrospraying procedure", *Small*, 2022, **18**, 14, 2105694, 10.1002/sml.202105694. [COBISSID 102002179]
50. Patricia Jovičević Klug, Nataša Lipovšek, Matic Klug Jovičević, Maruša Mrak, Jernej Ekar, Bojan Ambrožič, Goran Dražič, Janez Kovač, Bojan Podgornik, "Assessment of deep cryogenic heat-treatment impact on the microstructure and surface chemistry of austenitic stainless steel", *Surfaces and interfaces*, 2022, **35**, 102456, 10.1016/j.surfint.2022.102456. [COBISSID 128391939]
51. Zouhair Hanani *et al.* (17 avtorjev), "A flexible self-poled piezocomposite nanogenerator based on $\text{H}_2(\text{Zr}_{0.1}\text{Ti}_{0.9})_3\text{O}_7$ nanowires and polylactic acid biopolymer", *Sustainable energy & fuels*, 2022, **6**, 8, 1983-1991, 10.1039/d2se00234e. [COBISSID 102394883]

Pregledni znanstveni članek

1. Jan Schultheiß, Tadej Rojac, Dennis Meier, "Unveiling alternating current electronic properties at ferroelectric domain walls", *Advanced electronic materials*, 2022, **8**, 6, 2100996, 10.1002/aelm.202100996. [COBISSID 91708931]
2. Mojca Otoničar, Mirela Dragomir, Tadej Rojac, "Dynamics of domain walls in ferroelectrics and relaxors", *Journal of the American Ceramic Society*, 2022, **105**, 11, 6479-6507, 10.1111/jace.18623. [COBISSID 114034947]
3. Lalita Kodumudi Venkataraman, Bing Wang, Pengrong Ren, David A. Hall, Tadej Rojac, "Quenching effects and mechanisms in bismuth-based perovskite ferroelectrics", *Open ceramics*, 2022, **10**, 100259, 10.1016/j.oceram.2022.100259. [COBISSID 111035907]

Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

1. Tadej Rojac, "Piezoelectric nonlinearity and hysteresis arising from dynamics of electrically conducting domain walls", V: *Piezoelectric actuators*, IntechOpen, 2022, 5-31, 10.5772/intechopen.98721. [COBISSID 120626435]

Drugo učno gradivo

1. Hana Uršič Nemevšek, *Atomic force microscopy (AFM) and related techniques, advanced topics in nanosciences and nanotechnologies 2021/2022*, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2022. [COBISSID 92488963]
2. Hana Uršič Nemevšek, *Atomic force microscopy and related techniques I, advanced topics in nanosciences and nanotechnologies 2022/2023*, Ljubljana, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2022. [COBISSID 134449667]
3. Danjela Kuščer, Barbara Malič, Izabela Stojanoska, *Delavnica - brizgalno tiskanje*, Ljubljana, Institut Jožef Stefan, 2022. [COBISSID 110071299]
4. Tadej Rojac, *Dielektriki, piezoelektriki, piroelektriki, feroelektriki in elektrokaloriki: Definicije, osnove, uporaba*, Ljubljana, Institut Jožef Stefan, 2022. [COBISSID 94322435]
5. Tadej Rojac, *Keramika: osnovne definicije in pojmi*, Ljubljana, Institut Jožef Stefan, 2022. [COBISSID 94321923]
6. Hana Uršič Nemevšek, *Local electrical, electromechanical and thermal properties of the materials*, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2022. [COBISSID 108364547]
7. Hana Uršič Nemevšek, *Sensors and sensor technologies: Local characterization of sensor materials*, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2022. [COBISSID 92490499]
8. Alojz Anžlovar *et al.* (24 avtorjev), *Poletna raziskovalna šola, Kemijski inštitut, Ljubljana, 1.–12. avgust 2022*, Ljubljana, Kemijski inštitut, 2022. [COBISSID 120341251]

Patent

1. Mirko Faccini, Morillo Martín, David Amantia, Danjela Kuščer, Darko Belavič, Tadej Rojac, *A vibration system and a filtering plate for filtering substances*, EP3454977 (B1), European Patent Office, 9. 02. 2022. [COBISSID 29525543]

Mentorstvo

1. Gorazd Koderman Podboršek, *Elektronska mikroskopija iridijevih elektrokatalizatorjev s podlago iz titanovega oksinitrida: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2022 (mentor Goran Dražič). [COBISSID 133233667]
2. Matej Šadl, *Debele plasti svinčevega magnezijevega niobata titanata pripravljene z metodo nanašanja v aerosolu: doktorska disertacija*, Ljubljana, 2022 (mentor Hana Uršič Nemevšek). [COBISSID 134423299]
3. Minghai Yao, *Composites multiferroiques massifs tout-pérovskite à base de BiFeO₃: doktorska disertacija*, 2022 (mentorja Jens Kreisel, Mojca Otoničar). [COBISSID 109249027]