

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

V okviru raziskav okolju prijaznih piezoelektrikov brez svinec smo v sodelovanju s Tehniško univerzo Darmstadt raziskali vpliv velikosti zrn natrijevega niobata v območju od približno 150 nm do 50  $\mu\text{m}$  na fazno sestavo. Z diferenčno dinamično kalorimetrijo, dielektrično spektroskopijo in jedrsko magnetno resonanco ( $^{23}\text{Na}$  NMR 3QMAS) smo pokazali, da induciramo feroelektrično fazo z zmanjševanjem velikosti zrn pod približno 270 nm, medtem ko je material z mikrometskimi zrni antiferoelektrik. Pojav feroelektričnosti z zmanjševanjem velikosti kristalinitov, ki ga v drugih feroičnih sistemih niso opazili, smo razložili z zmanjšano kompenzacijo feroelastične energije ob nastanku  $ne-180^\circ$  domen in veliko anizotropijo termičnega raztezka v posameznih kristalografskih oseh natrijevega niobata.

Prvi smo izmerili in objavili piezoelektrični odziv keramike  $\text{BiFeO}_3$  pri povišanih temperaturah do 260  $^\circ\text{C}$ . Temperaturno odvisnost piezoelektričnega koeficienta in faznega kota smo razložili s t. i. Maxwell-Wagnerjevimi mehanizmom, ki predvideva lokalna področja v keramiki s povišano električno prevodnostjo. Prevodna področja na domenskih stenah in mejah med zrni so torej ključ do kontrole temperaturno odvisnega piezoelektričnega odziva  $\text{BiFeO}_3$  in njemu sorodnih piezoelektričnih keramičnih materialov.

S kombinacijo mikroskopije na atomsko silo s piezoelektričnim modulom in presevalne elektronske mikroskopije smo študirali korelacije med sintezo, strukturo in lastnostmi v keramiki  $\text{BiFeO}_3$ , modificirani s  $\text{Sm}_2\text{O}_3$ . V sodelovanju z Ural Federal University iz Rusije smo odkrili, da se domenska struktura in preklapljanje domen na lokalnem nivoju bistveno razlikujeta glede na uporabljeno sintezno metodo, tj. klasično sintezo v trdnem stanju oziroma mehano-kemijsko sintezo. Na lokalnem nivoju smo dokazali prehod, induciran z električnim poljem, iz antiferoelektrične Pbam-faze v feroelektrično R3c-fazo. Fazni prehod pomembno vpliva na funkcijske lastnosti sistemov  $\text{BiFeO}_3$ , modificiranih z oksidi redkih zemelj.

V sodelovanju z raziskovalci iz Odseka za raziskave sodobnih materialov smo z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim modulom raziskali lastnosti ploščic  $\text{BaTiO}_3$ , pripravljenih s sintezo v talini. Ugotovili smo, da tako mikrometrске kot tudi submikrometrске ploščice izkazujejo feroelektrične in piezoelektrične lastnosti, kar odpira nove možnosti uporabe ploščic na področju miniaturnih piezoelektričnih senzorjev.

V sklopu raziskav piezoelektrične keramike, ki vsebuje svinec, smo z namenom, da bi bolje razumeli kompleksne elektromehanske odzive v polikristaliničnih relaksorskih feroelektrikih, začeli študij vpliva polarizacije na strukturne spremembe v keramiki PMN-xPT. Spremembam kristalne in domenske zgradbe pod vplivom zunanjega električnega polja v različnih sestavah PMN-xPT smo sledili s kombinacijo mikroskopskih in difrakcijskih *ex situ*-tehnik.

Nadalje smo s sodelavci Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani izdelali piezoelektrične mikročrpalke na osnovi keramike  $0,75\text{Pb}(\text{Sc}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3-0,43\text{PbTiO}_3$ . To je bil prvi primer uporabe relaksorskega feroelektrika kot piezoelektričnega aktuatorja v mikro-črpalkah.

Elektrokalični (EK) pojav je pretvorba električne energije v toploto in je v literaturi navadno definiran kot adiabatsna in reverzibilna sprememba temperature v polarnem materialu pod vplivom zunanjega električnega polja. Zaradi visoke energijske učinkovitosti in možnosti miniaturizacije imajo hladilne tehnologije na osnovi EK-pojava velik potencial na različnih področjih uporabe, kot na primer hlajenje elektronskih komponent in precizna temperaturna regulacija. Amplitude električnega polja, ki so potrebne za doseganje temperaturnih EK-sprememb ( $\Delta T_{\text{EC}}^T$ ), primernih za uporabo v hladilni tehniki, to je okrog 2 K, so blizu dielektrične prebojne trdnosti volumenske EK-keramike. Tipične vrednosti so okrog 100 kV/cm. Da bi znižali napetost, s katero dosežemo dovolj visoko  $\Delta T_{\text{EC}}^T$ , smo s

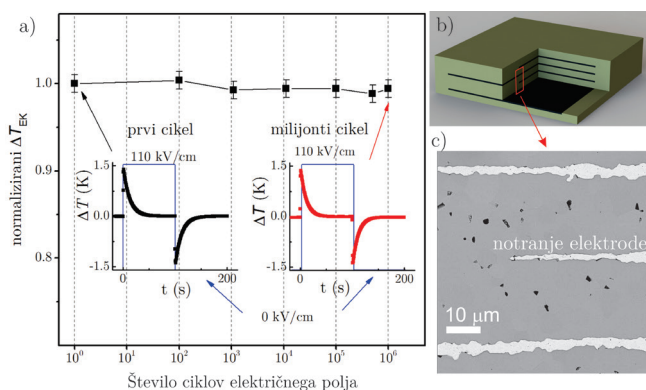


Vodja:

**prof. dr. Barbara Malič**

**Strokovni svet direktorja IJS je sredstva direktorjevega sklada za leto 2017 podelil projektu z naslovom »Laboratorij za ultrahladno pripravo kompleksnih oksidov«, poimenovan ULTRACOOL. Dobitniki nagrade so Hana Uršič, Mojca Otoničar in Marko Vrabelj. Sredstva so namenjena gradnji novega laboratorija za pripravo materialov pri nizkih temperaturah (tj. pri sobni ali blizu sobne temperature) po postopkih nanašanja trdnih delcev v curku aerosola in hladnega sintranja.**

**Odlični v znanosti na področju tehnike! V letu 2017 se je med odlične uvrstil tudi dosežek „Razlaga električne prevodnosti domenskih sten bizmutovega ferita“ (T. Rojac, A. Benčan Golob, G. Dražič, H. Uršič Nemevšek, B. Jančar, G. Tavčar, M. Makarovič, J. Walker in B. Malič, Nat. Mater., 16. 3. 2017).**



Slika 1: Stabilnost elektrokaloričnega pojava v večplastnih elementih iz svinečevega magnezijevega niobata. a) Normirane vrednosti elektrokalorične temperaturne spremembe ( $\Delta T_{EK}$ ) v odvisnosti od števila ciklov električnega polja. Izreza na sliki prikazujeta temperaturno spremembo ( $\Delta T$ ) prvega in milijontega cikla pod električnim poljem z magnitudo 110 kV/cm. b) 3D model večplastnega elementa. c) Mikrostruktura prereza večplastnega elementa, posneta z vrstičnim elektronskim mikroskopom.

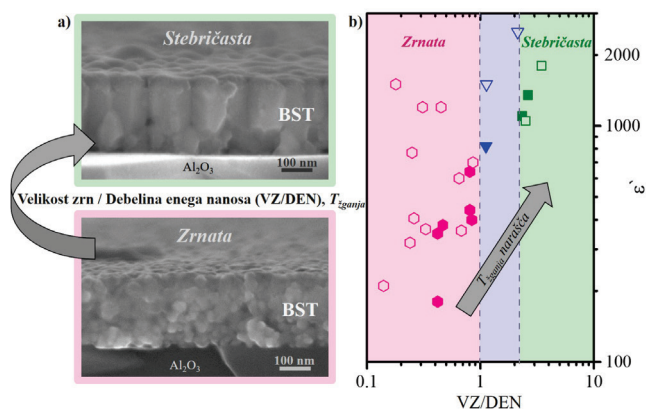
tehnologijo nalivanja in laminacije v sodelovanju s podjetjem KEKO Oprema, Žužemberk, pripravili večplastne elemente relaksorja  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$  (PMN) z notranjimi platinskimi elektrodami, pri čemer je bila debelina posamezne keramične plasti okrog 30  $\mu m$ , debelina elektrode pa okrog 4  $\mu m$ . Stabilnost EK-pojava (EK-utrujanje) večplastnih elementov PMN smo študirali v sodelovanju s Tehniško univerzo Darmstadt, Nemčija, in Odsekom za fiziko trdne snovi. Večplastne elemente smo izpostavili  $10^6$  enopolarnim ciklom, pri čemer je bila amplituda električnega polja 110 kV/cm. Direktno EK-meritve so pokazale, da se je začetna vrednost  $\Delta T_{EK}$ , ki je bila 1,45 K, med cikliranjem zmanjšala le za 0,01 K, kar kaže na odsotnost pojava utrujanja. Z opisano študijo smo prvi pokazali, da so večplastni relaksorski elementi primerni za uporabo v hladilnih EK-napravah, kjer mora material prenesti številne cikle električnega polja z amplitudami, ki včasih presegajo 100 kV/cm. Rezultati so zato pomemben korak v smeri uporabe keramičnih EK-materialov v hladilnih napravah novih generacij. (slika 1)

Preučevali smo multikalorični pojav v polikristaliničnem  $Pb(Fe_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ . Keramiko smo pripravili z mehano-kemijsko aktivacijo kovinskih oksidov, ki ji je sledilo sintranje pri 1 000 °C v kisikovi atmosferi. Največjo magneto-kalorično spremembo temperature (0,16 °C pri 3,979 MA/m (50 kOe) smo ugotovili pri -271 °C. V bližini sobne temperature smo opazili izrazito elektro-kalorično spremembo temperature (0,81 °C pri 80 kV/cm), medtem ko je bila njena maksimalna vrednost 1,29 °C opažena v bližini paraelektričnega-feroelektričnega faznega prehoda, to je pri 100 °C.

V okviru projekta M-ERA.NET PiezoMEMS smo s projektnimi partnerji iz Romunije in Poljske nadaljevali raziskave feroelektričnih tankih plasti na osnovi okolju prijaznih perovskitov za uporabo v piezoelektričnem zbiranju energije. Z optimizacijo kemijske sestave in priprave plasti  $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ , dopiranih s stroncijem in manganom, smo predvsem zmanjšali tok

puščanja skoraj za red velikosti, na  $\approx 2 \cdot 10^{-8}$  A/cm<sup>2</sup> pri amplitudi električnega polja 100 kV/cm.

V sodelovanju z Inštitutom za znanost in tehnologijo Luksemburg (LIST) smo preučevali razvoj mikrostrukture tankih plasti  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  (BST), pripravljenih s sintezo v raztopini. Tanke plasti smo pripravili na podlagah polikristalnega aluminijevega oksida s ponavljanjem stopenj nanosa raztopine, sušenja, pirolize in segrevanja pri temperaturah med 640 °C in 900 °C in z debelinami med  $\approx 300$  nm in  $\approx 240$  nm. Preučevali smo velikost (VZ) in obliko zrn v povezavi z debelino posameznega nanosa (DEN) in temperaturo segrevanja. Tanke plasti BST, ki smo jih pripravili pri temperaturah do 800 °C, sestavljajo 10–40 nm velika enakoosna zrna in  $VZ/DEN < 1$ , medtem ko imajo plasti, pripravljene pri temperaturah  $\geq 880$  °C stebričasta zrna s povprečno lateralno velikostjo 90 nm in  $VZ/DEN > 2,5$ . Opisane spremembe v velikosti in obliki zrn smo razložili v okviru modela, ki omogoča napovedovanje mikrostrukture tankih plasti, pripravljenih iz raztopin. Dielektričnost plasti se je z naraščajočo velikostjo zrn bistveno povečala, s 180 na 1 350. Omenjeni mikrostrukturni model lahko uporabimo kot učinkovito smernico pri pripravi tankih plasti z načrtovanimi funkcijskimi lastnostmi. (slika 2)



Slika 2: a) Shematski prikaz razvoja mikrostrukture iz zrnate v stebričasto v primeru tankih plasti  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  (BST), pripravljenih s sintezo iz raztopin. b) Dielektričnost tankih plasti  $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$  ( $x = 0-1$ ) v odvisnosti od razmerja VZ/DEN; prazni simboli ustrezajo vrednostim iz literature, polni pa prikazujejo vrednosti, izmerjene v okviru našega dela.

**Relaksorski večplastni elementi tudi po  $10^6$  ciklih električnega polja z amplitudo 110 kV/cm ne izkazujejo pojava utrujanja in so primerni za uporabo v elektrokaloričnih hladilnih napravah.**

V okviru projekta M-ERA.NET INTCerSEN smo z metodo sitotiska uspešno pripravili več 10  $\mu m$  debele plasti  $0,65Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,35PbTiO_3$ . Te smo pripravili na podlagah iz keramike z nizko temperaturo žganja. Omenjene podlage so uporabne v mikroelektromehanskih sistemih, kot so piezoelektrični senzorji in aktuatorji, zato je njihova kompatibilnost s funkcijskimi plastmi velikega pomena. Preučevali smo vpliv spodnje elektrode, nanesene na podlago z metodo sitotiska, na lastnosti funkcijskih plasti. Plasti, nanesene na podlage z zlatimi elektrodami, izkazujejo veliko boljše dielektrične in piezoelektrične lastnosti ter vsebujejo manj sekundarnih faz kot plasti z elektrodami Ag in Ag/Pd.

Piezoelektrični koeficient  $d_{33}$  plasti na podlagah keramike z nizko temperaturo žganja z zlatimi elektrodami je 120 pC/N. (slika 3)

Nadaljevali smo raziskave priprave **debelih plasti** okolju prijaznih piezoelektrikov na osnovi  $K_{0,5}Na_{0,5}NbO_3$  na metaliziranih keramičnih podlagah z metodo **elektroforetskega nanosa** za uporabo v visokofrekvenčnih ultrazvočnih prevodnikih in v napravah za zbiranje energije (ang. energy harvesters). Z numeričnim modeliranjem smo pokazali, da je debelina plasti po elektroforetskem nanosu enakomerna, če sta elektrodi podobnih dimenzij, razdalja med njimi pa je nekaj milimetrov, kar smo potrdili z eksperimenti. Po žganju pri 1 100 °C so pribl. 30 μm debele plasti izkazovale dobre dielektrične in elektromehanske lastnosti, zadnje izmerjene v sodelovanju z Univerzo François-Rabelais Tours, Francija. Plasti so izkazovale piezoelektrični koeficient  $d_{33} = 80$  pC/N in sklopitveni faktor po debelini 35 % (slika 4).

Nadaljevali smo mikrostrukturne raziskave nekaj mikrometrov do več 10 μm **debelih plasti**  $BiFeO_3$  na podlagi platiniziranega  $Al_2O_3$ . Plasti smo pripravili z **metodo sitotiska**.

Na področju **brizgalnega tiskanja** (angl.: inkjet printing) **nanosstruktur** funkcijskih oksidov smo v sodelovanju z Odsekom za fiziko trdne snovi raziskali, kako površinske lastnosti podlage vplivajo na ločljivost in stabilnost natisnjene vzorca. Ugotovili smo, da lahko omakanje podlage s črnili na osnovi organskih prekursorjev enostavno modificiramo z nanosom nekaj nanometrov debele plasti polimera in na osnovi termične analize izbrano toplotno obdelavo.

V okviru raziskav **polprevodnih materialov** smo v sodelovanju z Univerzo Brescia, Italija, in Univerzo Guilan, Iran, pripravili tanke plasti cinkovega kositrovega oksida z naprševanjem iz keramičnih tarč z načrtovano kemijsko in fazno sestavo. Potrdili smo primernost plasti za kemijske senzorje etanola, acetona in dušikovega oksida.

Preiskovali smo material **LTCC** (keramika z nizko temperaturo žganja, ang. Low-Temperature Co-Fired Ceramics) in preučevali tehnološke postopke za načrtovanje in izdelavo mikrofluidnih keramičnih sistemov. Teoretično in eksperimentalno smo študirali vpliv različnih parametrov na fluidne pretoke, na hidrodinamične upornosti kanalov in diodne lastnosti ventilov. Tovrstni podatki so uporabni pri načrtovanju različnih mikrofluidnih komponent, naprav in sistemov. Na tej osnovi in v sodelovanju z raziskovalnima partnerjema **CO NAMASTE** in **HIPOT-RR** ter industrijskim partnerjem **KEKO Oprema** nam je uspelo integrirati senzor tlaka in elektrokemijski senzor v keramičen mikrofluidni sistem tako, da se fluidne lastnosti opazovanega kanala ne spremenijo. (slika 5)

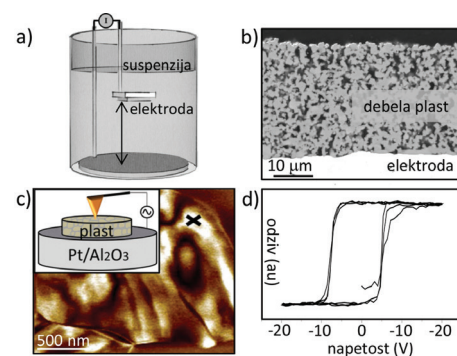
V sodelovanju s podjetjem **ETI Elektroelement**, d. o. o., iz Izlake smo izdelali kordieritno keramiko z nizkim koeficientom linearnega termičnega raztezka v ekstremno ozkem območju in z visoko mehansko trdnostjo, kar smo dosegli z optimizacijo količine in velikosti delcev  $Al_2O_3$ . Material, ki je primeren za kompleksno visoko serijsko proizvodnjo na avtomatiziranih linijah, smo patentno zaščitili.

### Najpomembnejše objave v preteklem letu

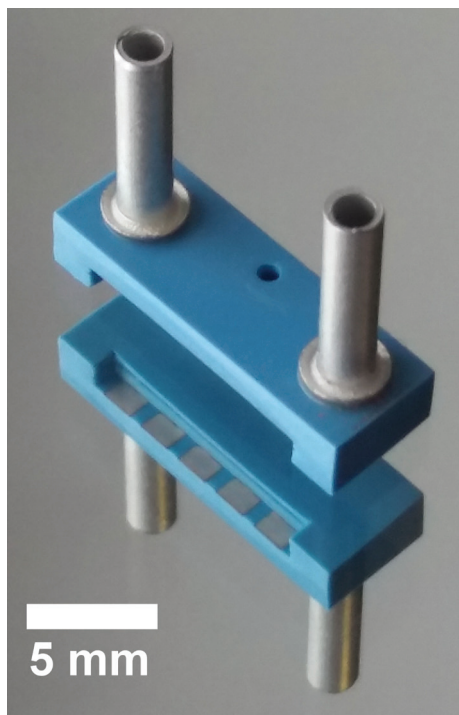
1. Rojac, Tadej, Benčan, Andreja, Dražič, Goran, Sakamoto, Naonori, Uršič, Hana, Jančar, Boštjan, Tavčar, Gašper, Makarovič, Maja, Walker, Julian, Malič, Barbara, Damjanović, Dragan. Domain-wall conduction in ferroelectric  $BiFeO_3$  controlled by accumulation of charged defects. *Nature materials*, ISSN 1476-1122, 16 (2017) 3, 322-327, doi: 10.1038/nmat4799. [COBISS.SI-ID 29936679]
2. Fulanović, Lovro, Koruza, Jurij, Novak, Nikola, Weyland, Florian, Malič, Barbara, Bobnar, Vid. Fatigue-less electrocaloric effect in relaxor  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ . *Journal of the European ceramic society*, ISSN 0955-2219. [Print ed.], 37 (2017) 15, 5105-5108, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2017.06.011. [COBISS.SI-ID 30569511]
3. Matavž, Aleksander, Bobnar, Vid, Malič, Barbara. Tailoring ink-substrate interactions via thin polymeric layers for high-resolution printing. *Langmuir*, ISSN 0743-7463, 33 (2017) 43, 11893-11900, doi: 10.1021/acs.langmuir.7b02181. [COBISS.SI-ID 30841383]
4. Mercier, Hugo, Malič, Barbara, Uršič, Hana, Hreščak, Jitka, Levassort, Franck, Kušcer, Danjela. Electrophoretic deposition and properties of strontium-doped sodiumpotassium niobate thick films. *Journal of the European ceramic society*, ISSN 0955-2219., 37 (2017) 16, 5305-5313, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2017.06.030.
5. Rojac, Tadej, Damjanović, Dragan. Domain walls and defects in ferroelectric materials. *Japanese journal of applied physics*, ISSN 0021-4922, 56 (2017) 10S, 10PA01-1-10PA01-4, doi: 10.7567/JJAP.56.10PA01. [COBISS.SI-ID 30744615]



*Slika 3: Naslovnica revije Informacije MIDEM, ki prikazuje amplitudno sliko lokalnega piezoelektričnega odziva debele plasti  $0,65Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-0,35PbTiO_3$  dobljene z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim modulom. Sodelavci odseka aktivno sodelujemo tako pri objavah kot tudi pri urejanju revije Informacije MIDEM. Odsek je bil soorganizator 53. mednarodne konference o mikroelektroniki, elektronskih sestavnih delih in materialih z delavnico »Materiali za pretvorbo energije in njihova uporaba: elektrokoloriki in termoelektriki« MIDEM 2017, ki se je odvijala na Institutu »Jožef Stefan«.*



*Slika 4: a) Shema naprave za elektroforetski nanos. b) Mikrostruktura debele plasti ( $K_{0,5}Na_{0,5}Sr_{0,005}NbO_3$  na podlagi  $Pt/Al_2O_3$  pripravljene z metodo elektroforetskega nanosa, sintrane pri 1 100 °C. c) Amplitudna slika lokalnega piezoelektričnega odziva debele plasti, dobljena z mikroskopom na atomsko silo s piezoelektričnim modulom. d) Lokalna histerezna zanka v odvisnosti od električne napetosti na izbranem področju na plasti (področje označeno z x na sliki c).*



Slika 5: Fluidni kanal v strukturi LTCC z integriranim senzorjem tlaka

## Patenta

1. Ines Bantan, Danjela Kuščer, Janez Holc, Process for manufacturing cordierite ceramics having controlled and reproducible mechanical and thermal properties, EP3115347 (B1), European Patent Office, 1. 11. 2017
2. Barbara Malič, Hana Uršič, Marija Kosec, Silvo Drnovšek, Jena Cilenšek, Zdravko Kutnjak, Brigita Rožič, Uroš Flisar, Andrej Kitanovski, Marko Ožbolt, Uroš Plaznik, Alojz Poredoš, Urban Tomc, Jaka Tušek, Method for electrocaloric energy conversion, EP3027980 (B1), European Patent Office, 18. 10. 2017

## Organizacija konferenc, kongresov in srečanj

1. MIDEM 2017: 53. mednarodna konferenca o mikroelektroniki, elektronskih sestavnih delih in materialih z delavnic "Materials for energy conversion and their applications: Electrocalorics and Thermoelectrics", Ljubljana, 4.-6. 10. 2017

## Nagrade in priznanja

1. Andraž Bradeško: Uvrstitev med najboljše plakate na konferenci ISAF, Atlanta, ZDA, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
2. Mojca Otoničar, Hana Uršič, Marko Vrabelj: Sredstva direktorjevega sklada za leto 2017, Ljubljana, Strokovni svet direktorja IJS, projekt ULTRACOOL; Laboratorij za ultra hladno pripravo kompleksnih oksidov

## MEDNARODNI PROJEKTI

1. COST MP1308; Na poti k oksidni keramiki (TO-BE)  
Cost Office  
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
2. Izdelava in modeliranje integriranih piezoelektričnih struktur za visokfrekvenčne ultrazvočne pretvornike  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Danjela Kuščer Hrovatin
3. Domenska struktura kompleksnih oksidov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
4. Lokalna struktura relaksorskih feroelektrikov - ključ za razumevanje funkcionalnih lastnosti  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
doc. dr. Andreja Benčan Golob
5. Piezoelektrične plasti za mikroelektromehanske sisteme na osnovi okolju prijaznih perovskitnih materialov  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS  
prof. dr. Barbara Malič

3. Multifunkcijski materiali za aktuatorske in hladilne naprave  
doc. dr. Tadej Rojac
4. Napredna elektrokalična pretvorba energij  
prof. dr. Barbara Malič
5. Mikro-elektromehanski in elektrokalični plastni elementi  
prof. dr. Barbara Malič
6. Feroelektrični keramični plastni elementi z načrtovano domensko strukturo za učinkovito zbiranje in za pretvorbo energije  
prof. dr. Barbara Malič
7. INTCERSEN: Integrirani elektrokemični senzorji s keramičnimi mikrofluidnimi strukturami  
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
8. PiezoMEMS: Piezoelektrični MEMS elementi za učinkovito zbiranje energije  
prof. dr. Barbara Malič
9. Brizgalno tiskanje testnih PZT struktur  
prof. dr. Barbara Malič
10. Analiza vzorcev piezoelektričnih elementov različnih proizvajalcev  
prof. dr. Barbara Malič
11. Laboratorij za ultra hladno pripravo kompleksnih oksidov - ULTRACOOL  
doc. dr. Hana Uršič Nemevšek, dr. Mojca Otoničar

## PROGRAM

1. Elektronska keramika, nano, 2D in 3D strukture  
prof. dr. Barbara Malič

## PROJEKTI

1. Analiza nehomogenosti fotonapetostnih gradnikov in vpliv na zmogljivost sončnih elektrarn tekem življenjske dobe  
prof. dr. Barbara Malič
2. Novi elektrokalični materiali za novo ekološko prijazno dielektrično tehnologijo hlajenja  
prof. dr. Barbara Malič

## VEČJA NOVA POGODBENA DELA

1. Svetovanja pri razvoju steatitnega materiala, analiza surovin in žganih vzorcev, svetovanje pri reševanju tekočih problemov v proizvodnji  
Eti, d. d.  
prof. dr. Barbara Malič
2. Razvoj LTCC materiala in prevodnih past, ki so kompatibilne z LTCC materialom, s poudarkom na primerni adheziji prevodnega materiala z LTCC ter usklajenim zgoščevanjem obeh materialov  
Keko - Oprema, d. o. o., Žužemberk  
prof. dr. Barbara Malič
3. Feroelektrični keramični plastni elementi z načrtovano domensko strukturo za učinkovito zbiranje in za pretvorbo energije  
Keko - Oprema, d. o. o., Žužemberk  
prof. dr. Barbara Malič

## OBISKI

1. Agnieszka Monika Paszkowska, Maria Curie-Skłodowska University, Lublin, Poljska, 24. 10. 2016-31. 3. 2017

2. Karolina Szymanek, Maria Curie-Skłodowska University, Lublin, Poljska, 24. 10. 2016-31. 3. 2017
3. Hugo Mercier, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija, 5.-18. 2. 2017; 9.-22. 4. 2017; 18. 5.-2. 6. 2017 in 18. 9.-14. 10. 2017
4. dr. Gregor Trefalt, Université de Genève, Ženeva, Švica, 16. 2. 2017

5. Martina Guliš, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvaška, 6. 3.-6. 6. 2017
6. prof. dr. Jacob L. Jones, North Carolina State University, Raleigh, Severna Karolina, ZDA, 7.-8. 3. 2017
7. mag. Stjepan Golubić, Visoka Tehnička Škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvaška, 20.-21. 3. 2017
8. mag. Zoran Vrhovski, Visoka Tehnička Škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvaška, 20.-21. 3. 2017
9. dr. Soma Dutta, Materials Science Division, National Aerospace Laboratories, Bangalore, Karnataka, Indija, 31. 3.-24. 8. 2017
10. Allard Mathéo, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija, 3. 4.-23. 6. 2017
11. Hafsa Znihrat, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija, 3. 4.-23. 6. 2017
12. prof. dr. Franck Levassort, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija, 17.-19. 5. 2017
13. prof. dr. Isabelle Laffez, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija, 17.-19. 5. 2017
14. dr. Julian Walker, Pennsylvania State University, ZDA, 26.-30. 6. 2017
15. Goran Benkek, Visoka Tehnička Škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvaška, 3. 7.-8. 9. 2017
16. Miriam Karpinska, Politechnika Wroclawska, Wroclaw, Poljska, 10. 7.-13. 10. 2017
17. Izabela Rutkowska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Krakow, Poljska, 10. 7.-7. 9. 2017
18. dr. Magdalena Wencka, Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, Poznanj, Poljska, 16. 8. 2017
19. prof. dr. Naonori Sakamoto, Research Institute of Electronics, Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Shizuoka, Japonska, 14.-23. 9. 2017
20. Ivan Šimunović, Visoka Tehnička Škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvaška, 4. 9.-1. 12. 2017
21. Asterios Mantzani, University of Ioannina, Ioannina, Grčija, 27. 9.-20. 12. 2017
22. dr. Kerstin Schmoltner, EPCOS OHG A TDK Group Company, Deutschlandsberg, Avstrija, 28. 9. 2017
23. dr. Manfred Schweininger, EPCOS OHG A TDK Group Company, Deutschlandsberg, Avstrija, 28. 9. 2017
24. dr. Denis Orosel, EPCOS OHG A TDK Group Company, Deutschlandsberg, Avstrija, 28. 9. 2017
25. dr. Antje Kynast, PI Ceramic GmbH, Lederhose, Nemčija, 4.-6. 10. 2017
26. dr. Holger Neubert, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden, Nemčija, 4.-6. 10. 2017
27. dr. Sylvia Gebhardt, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden, Nemčija, 4.-6. 10. 2017
28. dr. Xavier Moya, Department of Materials Science & Metallurgy, University of Cambridge, Cambridge, Velika Britanija, 4.-6. 10. 2017
29. prof. dr. Brahim Dkhil, Laboratoire Structures, Propriétés et Modélisation des Solides, Centrale Supélec, Université Paris-Saclay, Châtenay-Malabry, Francija, 4.-6. 10. 2017
30. dr. Emmanuel Defay, Luxembourg Institute of Science and Technology, Luksemburg, Luksemburg, 4.-6. 10. 2017
31. Ana Čukman, Visoka Tehnička Škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvaška, 27. 11. 2017-23. 2. 2018
16. dr. Kristian Radan: Forbidden Chemistry: Forcing noble gases to react, 4. 7. 2017
17. prof. dr. Naonori Sakamoto, Research Institute of Electronics, Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Shizuoka, Japonska: Solution derived synthesis and analysis for cage structured  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  particles, 18. 9. 2017
18. dr. Špela Stres: Dejavnosti Centra za prenos tehnologij in inovacij IJS, 9. 3. 2017
19. Matej Šadl: Self-poling effect in ferroelectrics induced by strain gradients, 28. 6. 2017
20. dr. Gregor Trefalt, Université de Genève, Ženeva, Švica: Tuning van der Waals Forces between Silica Surfaces with Heat Treatment, 16. 2. 2017

## UDELEŽBA NA ZNANSTVENIH ALI STROKOVNIH ZBOROVANJIH

1. Andreja Benčan Golob, Andraž Bradeško, Mojca Otoničar, 2017 Joint IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics (ISAF), International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices (IWATMD), and Piezoresponse Force Microscopy Workshop (PFM), Atlanta, ZDA, 7.-11. 5. 2017 (3)
2. Andreja Benčan Golob, International Workshop on Topological Structures in Ferroic Materials, Leeds, Velika Britanija, 10. 8. 2017 (1)
3. Andraž Bradeško, Lovro Fulanović, Uroš Prah, Marko Vrabelj, MIDEM 2017 – International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Materials for Energy Conversion and their Applications: Electrocalorics and Thermoelectrics, Ljubljana, 4.-6. 10. 2017 (4)
4. Darko Belavič, 21<sup>st</sup> European Microelectronics Packaging Conference, EMPC 2017, Varšava, Poljska, 10.-13. 9. 2017 (3)
5. Darko Belavič, Space Engineering and Technology Final Presentation Days (European Space Research and Technology Centre), Noordwijk, Nizozemska, 21.-22. 11. 2017 (1)
6. Lovro Fulanović, Barbara Malič, Uroš Prah, 15<sup>th</sup> Conference & Exhibition of the European Ceramic Society (ECerS2017), Budimpešta, Madžarska, 9.-13. 7. 2017 (2)
7. Maja Makarovič, Barbara Malič, Piezo 2017: Electroceramics for End-Users IX, Madrid, Španija, 19.-22. 2. 2017 (2)
8. Maja Makarovič, 9<sup>th</sup> International Conference on Mechanochemistry and Alloying (INCOME), Košice, Slovaška, 3.-7. 2017 (1)
9. Maja Makarovič, 25. mednarodna konferenca o materialih in tehnologijah (ICM&T), Portorož, 16.-19. 10. 2017 (1)
10. Barbara Malič, ICE2017, 8<sup>th</sup> International Conference on Electroceramics, Nagoya, Japonska, 27.-31. 5. 2017 (1)
11. Barbara Malič, NANOAPP 2017, Bled, 15.-17. 6. 2017 (1)
12. Barbara Malič, Kristian Radan, Slovenski kemijski dnevi, Portorož, 20.-22. 9. 2017 (2)
13. Barbara Malič, The International Conference on High-Performance Ceramics (CICC) series, Šanghaj, Kitajska, 4.-9. 11. 2017 (1)
14. Tanja Pečnik, TO-BE Spring meeting 2017, Luksemburg, Luksemburg, 3.-5. 4. 2017 (1)
15. Tanja Pečnik, 2017 E-MRS Fall Meeting, Varšava, Poljska, 18.-21. 9. 2017 (1)
16. Uroš Prah, 9. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana, Ljubljana, 19.-20. 4. 2017 (1)
17. Kristian Radan, 25<sup>th</sup> Slovenian-Croatian Crystallographic Meeting 2017, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, 14.-18. 6. 2017 (1)
18. Tadej Rojac, 41<sup>st</sup> International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach, Florida, ZDA, 22-27. 1. 2017 (1)
19. Tadej Rojac, DPG-Frühjahrstagung 2017: Spring Meeting of the Condensed Matter Section (SKM), Dresden, Nemčija, 19.-24. 3. 2017 (1)
20. Tadej Rojac, International Research School and Workshop on Electronic Crystals, ECRY 2017, Cargèse, Francija, 21. 8.-2. 9. 2017 (1)
21. Hana Uršič, 2. Slovensko posvetovanje mikroskopistov, Piran, 11.-12. 5. 2017 (1)
22. Hana Uršič, E-MRS 2017 Spring Meeting & Exhibit, Phoenix, Arizona, ZDA, 22.-26. 5. 2017 (2)
23. Marko Vrabelj, IMF 2017, The Fourteenth International Meeting on Ferroelectricity 2017, San Antonio, Texas, ZDA, 4.-8. 9. 2017 (1)

## RAZISKOVALNO DELO V TUJINI

1. doc. dr. Danjela Kuščer Hrovatin: Université François-Rabelais de Tours, laboratory GREMAN UMR7347 CNRS, Tours, Francija, 10. 10. 2016-13. 1. 2017 (karakterizacija ultrazvočnih pretvornikov)
2. Maja Makarovič: European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Francija, 3.-11. 7. 2017 (eksperimenti na sinhrotronu)
3. dr. Mojca Otoničar, North Carolina State University, Raleigh, ZDA, 12. 5.-21. 5. 2017 (strukturna karakterizacija feroelektričnih materialov)
4. doc. dr. Tadej Rojac, Department of Materials Science and Engineering, NTNU, Trondheim, Norveška, 22.-25. 1. 2017 (razumevanje funkcijskih odzivov in strukturnih značilnosti keramike BiFeO<sub>3</sub>)
5. Uroš Prah, Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, Poznanj, Poljska, 26. 11.-10. 12. 2017 (magnetne meritve multikalorične keramike)

## SEMINARJI IN PREDAVANJA NA IJS

1. Barbara Bertoncelj: Influence of glass fiber weight content and fiber distribution on functional properties of glass-fiber reinforced polymer-matrix composites, 6. 4. 2017
2. doc. dr. Boštjan Genorio: Funkcionalizacija materialov za uporabo v napravah za shranjevanje in konverzijo energije, 13. 11. 2017
3. dr. Sebastjan Glinšek, Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Esch-sur-Alzette, Luksemburg: Ferroelectric Thin Films in Luxembourg?, 19. 12. 2017
4. doc. dr. Janez Kovač: Application of XPS, SIMS and AES analytical methods for chemical analyses of thin ceramic films, 7. 12. 2017
5. Maja Makarovič: Defect chemistry of BiFeO<sub>3</sub> based piezoelectric ceramics, 20. 9. 2017
6. Andraž Bradeško: Which PMN-xPT makes the coolest electrocaloric refrigerator?, 25. 9. 2017
7. dr. Soma Dutta, Materials Science Division, National Aerospace Laboratories, Bangalore, Karnataka, Indija: Functional Materials for Aerospace Applications: An Integrated View, 26. 4. 2017
8. prof. dr. Jacob L. Jones, North Carolina State University, Raleigh, Severna Karolina: What Materials Researchers Should Know About Bayesian Inference: New Statistics for Classical Problems, 8. 3. 2017
9. dr. Evgeniya Khomyakova: Electron BackScattered Diffraction: background and basic application, 28. 3. 2017
10. doc. dr. Danjela Kuščer: Processing and characterization of high-frequency ultrasound transducers, 4. 4. 2017
11. Maja Makarovič: Defect chemistry of BiFeO<sub>3</sub> based piezoelectric ceramics, 20. 9. 2017
12. Hugo Mercier, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija: Processing of sodium-potassium niobate based thick films for energy harvesting applications, 19. 5. 2018
13. prof. dr. Isabelle Laffez, Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija: Overview of the research activities in GREMAN laboratory and focus on piezoelectric lead free materials, 18. 5. 2017
14. dr. Mojca Otoničar: Intrinsic instabilities at morphotropic phase boundaries in complex perovskites, 29. 6. 2017
15. Uroš Prah: Multicaloric Effect in Multiferroic Materials, 13. 4. 2017

## SODELAVCI

### Raziskovalci

1. doc. dr. Andreja Benčan Golob
2. doc. dr. Goran Dražič\*
3. doc. dr. Danijela Kuščer Hrovatin
4. **prof. dr. Barbara Malič, znanstveni svetnik - vodja odseka**
5. dr. Mojca Otoničar
6. doc. dr. Tadej Rojac
7. doc. dr. Hana Uršič Nemevšek
8. dr. Katarina Vojsavljevič

### Podoktorski sodelavci

9. dr. *Evgeniya Khomyakova, odšla 1. 5. 2017*
10. dr. Kostja Makarovič\*
11. dr. Tanja Pečnik
12. dr. Kristian Radan
13. dr. Marko Vrabelj

### Mlajši raziskovalci

14. Andraž Bradeško, mag. nan.
15. Lovro Fulanovič, mag. ing. mech., R Hrvaška
16. Maja Makarovič, mag. nan.
17. Uroš Prah, mag. kem.

### Strokovni sodelavci

18. Darko Belavič, univ. dipl. inž. el.
19. Silvo Drnovšek, dipl. inž. kem. tehnol.
20. Brigita Kmet, dipl. inž. kem. tehnol.

### Tehniški in administrativni sodelavci

21. Tamara Matevc, univ. dipl. lit. komp. in fil.
22. Tina Ručigaj Korošec, univ. dipl. soc.
23. *Matejka Smit, dipl. soc. del., odšla 15. 7. 2017*

Opomba

\* delna zaposlitev na IJS

## SODELUJOČE ORGANIZACIJE

1. Academia Română, Institutul de Chimie Fizică Ilie Murgulescu, Bukarešta, Romunija
2. Akademie věd České republiky, Fyzikální Ústav AV ČR, Praga, Češka
3. Center odličnosti NAMASTE, Ljubljana, Slovenija
4. Center odličnosti VESOLJE, Ljubljana, Slovenija
5. Consiglio Nazionale delle Ricerche - IENI Genova, Italija
6. CTR Carinthian Tech Research AG, Beljak, Avstrija
7. Danmarks Tekniske Universitet - DTU, Kongens Lyngby, Danska
8. Materials Center Leoben (MCL), Leoben, Avstrija
9. Department of Chemistry and Chemical Biology, McMaster University, Hamilton, Ontario, Kanada
10. Kitami Institute of Technology, Department of Materials Science, Kitami, Japonska
11. DomeI, d. d., Železniki, Slovenija
12. École Centrale Paris, Pariz, Francija
13. École Polytechnique Fédérale de Lausanne - EPFL, Département des Matériaux, Group for Ferroelectrics and Functional Oxides, Lausanne, Švica
14. ETI Elektroelement, d. d., Izlake, Slovenija
15. Ferroelectric Laboratory, Institute of Natural Sciences, Ural Federal University, Rusija
16. Forschungszentrum Jülich, Jülich, Nemčija

17. Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Nemčija
18. G. I. P. Ultrasons, Blois, Francija, Ljubljana, Slovenija
19. Georgia Tech, George W. Woodruff School of Mechanical Engineering, Atlanta, ZDA
20. Hidria AET, d. o. o., Tolmin, Slovenija
21. HIPOT-RR, d. o. o., Otočec, Slovenija
22. Institut za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, Odsek za nauku o materijalima (MSI UB), Beograd, Srbija
23. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC, Madrid, Španija
24. Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, Poznanj, Poljska
25. Inštitut za kovinske materiale in tehnologije - IMT, Ljubljana, Slovenija
26. KEKON, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
27. KEKO-Oprema, d. o. o., Žužemberk, Slovenija
28. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija
29. National Institute for Materials Physics, Magurele, Romunija
30. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim, Norveška
31. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, ZDA
32. Obrtno podjetniška zbornica Slovenije, Ljubljana, Slovenija
33. Oulun yliopisto, Mikroelektronikan ja materiaalfysiikan laboratoriot, Oulu, Finska
34. Pennsylvania State University, Materials Research Institute, ZDA
35. Politechnika Wroclawska, Wroclaw, Poljska
36. Politechnika Warszawska, Varšava, Poljska
37. Razvojni center RC eNeM Novi Materiali, d. o. o., Izlake, Slovenija
38. Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen- RWTH, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik - IWE II, Aachen, Nemčija
39. Shizuoka University, Research Institute of Electronics, Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Shizuoka, Hamamatsu, Japonska
40. Sincrotrone Trieste S.C.p.A, Bazovica, Italija
41. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Nemčija
42. Technische Universität Graz, Gradec, Avstrija
43. Universitatea „Alexandru Ioan Cuza, Iasi, Romunija
44. Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, Romunija
45. Université de Limoges, Limoges, Francija
46. Université François-Rabelais de Tours, Tours, Francija
47. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, Slovenija
48. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija
49. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija
50. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija
51. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor, Slovenija
52. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija
53. Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, Slovenija
54. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija
55. Visoka Tehniška Škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvaška
56. Xi'an Jiaotong University, Electronic Materials Research Laboratory, Xi'an, Kitajska
57. Meggitt Sensing Systems, Meggitt A/S, Kvistgaard, Danska
58. Tsinghua University, State Key Laboratory of New Ceramics and Fine Processing, School of Materials Science and Engineering, Peking, Kitajska
59. Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Science (SICCAS), Šanghaj, Kitajska
60. University of New South Wales, School of Materials Science and Engineering, Sydney, Avstralija
61. SENSOR Lab, CNR INO & University of Brescia, Dept. of Information Engineering, Brescia, Italija
62. VERMON, Tours, Francija
63. INSA Centre de Loire, Tours, Francija
64. LETIAT Technological Center, Barcelona, Španija

## BIBLIOGRAFIJA

### IZVIRNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. M. Airimioaei, M. T. Buscaglia, I. Tredici, U. Anselmi-Tamburini, Adrian Ciomaga, L. P. Curecheriu, Andreja Benčan, Vincenzo Buscaglia, Liliana Mitoseriu, "SrTiO<sub>3</sub>BaTiO<sub>3</sub> nanocomposites with temperature independent permittivity and linear tunability fabricated using field-assisted sintering from chemically synthesized powders", *J. mater. chem. C*, **5**, 35, 9028-9036. [COBISS.SI-ID 30748455]
2. Denis Alikin, A. P. Turygin, Julian Walker, Andreja Benčan, Barbara Malič, Tadej Rojac, Vladimir Shur, Andrei L. Kholkin, "The effect of phase assemblages, grain boundaries and domain structure on the local switching behavior of rare-earth modified bismuth ferrite ceramics", *Acta mater.*, **125**, 265-273, 2017. [COBISS.SI-ID 30075943]

3. Riccardo Arpaia, Dmitri Golubev, Reza Baghdadi, Regina Ciancio, Goran Dražič, Pasquale Orgiani, Domenico Montemurro, Thilo Bauch, Floriana Lombardi, "Transport properties of ultrathin YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> nanowires: a route to single-photon detection", *Physical review. B*, **96**, 6, 064525, 1 Aug. 2017. [COBISS.SI-ID 6211610]
4. Darko Belavič, Andraž Bradeško, Tomaž Kos, Tadej Rojac, "Design and integration of a piezoelectric vibrating device in an LTCC structure", *Microelectron. int.*, **34**, 3, 121-126, 2017. [COBISS.SI-ID 30801959]
5. Blaž Belec, Goran Dražič, Sašo Gyergyek, Benjamin Podmiljšak, Tanja Goršak, Matej Komelj, Julio J. Nogués, Darko Makovec, "Novel Ba-hexaferrite structural variations stabilized on the nanoscale as building blocks for epitaxial bi-magnetic hard/soft sandwiched maghemite/hexaferrite/maghemite nanoplatelets with out-of-plane

- easy axis and enhanced magnetization", *Nanoscale*, **9**, 44, 17551-17560, 2017. [COBISS.SI-ID 30880551]
6. Romana Cerc Korošec, Matej Felicijan, Boštjan Žener, Matevž Pompe, Goran Dražič, Jana Padežnik Gomilšek, Boris Pihlar, Peter Bukovec, "The role of thermal analysis in optimization of electrochromic effect of nickel oxide thin films, prepared by the sol-gel method: Part 3", *Thermochim. acta*, **655**, 344-350, Sep. 2017. [COBISS.SI-ID 1537483971]
  7. Andrej Čampa, Marko Berginc, Katarina Vojisavljević, Barbara Malič, Peter Panjan, Marko Topič, "Optical and electrical properties of gallium doped indium tin oxide optimized for low deposition temperature applications", *Thin solid films*, **621**, 52-57, Jan. 2017. [COBISS.SI-ID 11620180]
  8. Goran Dražič, Goran Štefanič, Tanja Jurkin, Marijan Gotič, "Impact of cadmium and phosphate ions on the hematite nanorings formation", *J. mol. struct.*, **1140**, 113-121, Jul. 2017. [COBISS.SI-ID 6102810]
  9. A. A. Esin, Denis Alikin, A. P. Turygin, Sergei A. Abramov, Jitka Hreščak, Julian Walker, Tadej Rojac, Andreja Benčan, Barbara Malič, Andrei L. Kholkin, Vladimir Shur, "Dielectric relaxation and charged domain walls in (K,Na)NbO<sub>3</sub>-based ferroelectric ceramics", *J. appl. phys.*, **121**, no 7, 074101, 2017. [COBISS.SI-ID 30261799]
  10. C. M. Fancher, S. Brewer, C. C. Chung, S. Röhrig, Tadej Rojac, Giovanni Esteves, M. Deluca, N. Bassiri-Gharb, Jacob L. Jones, "The contribution of 18023 domain wall motion to dielectric properties quantified from in situ X-ray diffraction", *Acta mater.*, **126**, 36-43, 2017. [COBISS.SI-ID 30100263]
  11. Rok Fink, Denis Okanovič, Goran Dražič, Anže Abram, Martina Oder, Mojca Jevšnik, Klemen Bohinc, "Bacterial adhesion capacity on food service contact surfaces", *Int. j. environ. health res.*, **27**, 3, 169-178, 2017. [COBISS.SI-ID 5235819]
  12. Lovro Fulanovič, Silvo Drnovšek, Hana Uršič, Marko Vrabelj, Danjela Kuščer, Kostja Makarovič, Vid Bobnar, Zdravko Kutnjak, Barbara Malič, "Multilayer 0.9Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub> – 0.1PbTiO<sub>3</sub> elements for electrocaloric cooling", *J. Eur. Ceram. Soc.*, **37**, 2, 599-603, 2017. [COBISS.SI-ID 29796903]
  13. Lovro Fulanovič, Jurij Koruza, Nikola Novak, Florian Weyland, Barbara Malič, Vid Bobnar, "Fatigue-less electrocaloric effect in relaxor Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>", *J. Eur. Ceram. Soc.*, **37**, 15, 5105-5108, 2017. [COBISS.SI-ID 30569511]
  14. Viviana Golja, Goran Dražič, Martina Lorenzetti, Janja Vidmar, Janez Ščančar, Maša Zalaznik, Mitjan Kalin, Saša Novak, "Characterisation of food contact non-stick coatings containing TiO<sub>2</sub> nanoparticles and study of their possible release into food", *Food addit. contam., Part A, Chem. anal. control expo. risk assess.*, **3**, **34**, 421-433, 2017. [COBISS.SI-ID 30190631]
  15. Alessandro F. Gualtieri, Nicola Bursi Gandolfi, Simone Pollastri, Manfred Burghammer, Eva Tibaldi, Fiorella Belpoggi, Kilian Pollok, Falko Langenhorst, Ruggero Vigliaturo, Goran Dražič, "New insights into the toxicity of mineral fibres: a combined in situ synchrotron  $\mu$ -XRD and HR-TEM study of chrysotile, crocidolite, and erionite fibres found in the tissues of Sprague-Dawley rats", *Toxicol. lett.*, **274**, 20-30, 15 May 2017. [COBISS.SI-ID 6164506]
  16. Sašo Gyergyek, Darko Makovec, Marko Jagodič, Mihael Drogenik, Kurt Schenk, Olivier Jordan, Janez Kovač, Goran Dražič, Heinrich Hofmann, "Hydrothermal growth of iron oxide NPs with a uniform size distribution for magnetically induced hyperthermia: structural, colloidal and magnetic properties", *J. alloys compd.*, **694**, 261-271, 2017. [COBISS.SI-ID 29840423]
  17. Špela Hajduk, Sean P. Berglund, Matejka Podlogar, Goran Dražič, Fatwa F. Abdi Abdi, Zorica Crnjak Orel, Menny Shalom, "Conformal carbon nitride coating as an efficient hole extraction layer for ZnO nanowires-based photoelectrochemical cells", *Advanced materials interfaces*, **4**, 24, 1700924, Dec. 2017. [COBISS.SI-ID 6270746]
  18. Špela Hajduk, Venkata D. B. C. Dasireddy, Blaž Likozar, Goran Dražič, Zorica Crnjak Orel, "CO<sub>x</sub>-free hydrogen production via decomposition of ammonia over Cu-Zn-based heterogeneous catalysts and their activity/stability", *Appl. catal., B Environ.*, **211**, 57-67, 15 Aug. 2017. [COBISS.SI-ID 6138906]
  19. S. Hemmatzadeh Saeedabad, Camilla Baratto, F. Rigoni, S. M. Rozati, G. Sberveglieri, Katarina Vojisavljević, Barbara Malič, "Gas sensing applications of the inverse spinel zinc tin oxide", *Mater. sci. semicond. process.*, **71**, 461-469, 2017. [COBISS.SI-ID 30765607]
  20. Jitka Hreščak, Goran Dražič, Marco Deluca, Iztok Arčon, Alojz Kodre, Monica Dapiaggi, Tadej Rojac, Barbara Malič, Andreja Benčan, "Donor doping of K<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>NbO<sub>3</sub> ceramics with strontium and its implications to grain size, phase composition and crystal structure", *J. Eur. Ceram. Soc.*, **37**, 5, 2073-2082, 2017. [COBISS.SI-ID 4638715]
  21. Jitka Hreščak, Barbara Malič, Jena Cilenšek, Andreja Benčan, "Solid-state synthesis of undoped and Sr-doped K<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>NbO<sub>3</sub>, Study by thermal analysis and in situ high-temperature X-ray diffraction", *J. therm. anal. calorim.*, **127**, 1, 129-136, 2017. [COBISS.SI-ID 29608999]
  22. Jurij Koruza, Pedro Groszewicz, Hergen Breitzke, Gerd Buntkowsky, Tadej Rojac, Barbara Malič, "Grain-size-induced ferroelectricity in NaNbO<sub>3</sub>", *Acta mater.*, **126**, 77-85, 2017. [COBISS.SI-ID 30099495]
  23. Danjela Kuščer, Ines Bantan, Marko Hrovat, Barbara Malič, "The microstructure, coefficient of thermal expansion and flexural strength of cordierite ceramics prepared from alumina with different particle sizes", *J. Eur. Ceram. Soc.*, **37**, 2, 739-746, 2017. [COBISS.SI-ID 30123303]
  24. Danjela Kuščer, Tadej Rojac, Darko Belavič, Marina Santo-Zarnik, Andraž Bradeško, Tomaž Kos, Barbara Malič, Marcel Boerrigter, Diego Morriolo Martin, Mirko Faccini, "Integrated piezoelectric vibration system for fouling mitigation in ceramic filtration membranes", *J. membr. sci.*, **540**, 277-284, 2017. [COBISS.SI-ID 30594087]
  25. Marjeta Maček, Boštjan Jančar, Hana Uršič, Melita Tramšek, Danilo Suvorov, "Tailoring the shape, size, crystal structure, and preferential growth orientation of BaTiO<sub>3</sub> plates synthesized through a topochemical conversion process", *Cryst. growth des.*, **17**, 16, 3210-3220, 2017. [COBISS.SI-ID 30486567]
  26. Smilja Marković, Ana Stanković, Jasmina Dostanić, Ljiljana Veselinović, Lidija T. Mančić, Srečo D. Škapin, Goran Dražič, Ivona Janković - Častvan, Dragan Uskoković, "Simultaneous enhancement of natural sunlight- and artificial UV-driven photocatalytic activity of a mechanically activated ZnO/SnO<sub>2</sub> composite", *RSC advances*, **7**, 68, 42725-42737, 2017. [COBISS.SI-ID 6225434]
  27. Aleksander Matavž, Vid Bobnar, Barbara Malič, "Tailoring ink-substrate interactions via thin polymeric layers for high-resolution printing", *Langmuir*, **33**, 43, 11893-11900, 2017. [COBISS.SI-ID 30841383]
  28. Aleksander Matavž, Barbara Malič, Vid Bobnar, "Inkjet printing of metal-oxide-based electronic devices", *J. appl. phys.*, **122**, 21, 214102, 2017. [COBISS.SI-ID 30978087]
  29. Hugo Mercier, Barbara Malič, Hana Uršič, Jitka Hreščak, Franck Levassort, Danjela Kuščer, "Electrophoretic deposition and properties of strontium-doped sodiumpotassium niobate thick films", *J. Eur. Ceram. Soc.*, **37**, 16, 5305-5313, 2017. [COBISS.SI-ID 30637351]
  30. Hugo Mercier, Barbara Malič, Hana Uršič, Danjela Kuščer, Franck Levassort, "Processing and sintering of sodium-potassium niobate-based thick films", *Inf. MIDEEM*, **47**, 3, 179-185, 2017. [COBISS.SI-ID 31002151]
  31. Bojana Miličević, Vesna Đorđević, Katarina Vuković, Goran Dražič, Miroslav D. Dramićanin, "Effects of Li<sup>+</sup> co-doping on properties of Eu<sup>3+</sup> + activated TiO<sub>2</sub> anatase nanoparticles", *Opt. mater. (Amst.)*, **72**, 316-322, Oct. 2017. [COBISS.SI-ID 6193178]
  32. Mojca Otoničar, Joonsuk Park, Manca Logar, Giovanni Esteves, Jacob L. Jones, Boštjan Jančar, "External-field-induced crystal structure and domain texture in (1-x)Na<sub>0.5</sub>Bi<sub>0.5</sub>TiO<sub>3-x</sub>K<sub>0.5</sub>Bi<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub> piezoceramic", *Acta mater.*, **127**, 319-331, 2017. [COBISS.SI-ID 30265895]
  33. Borut Pečar, Hana Uršič, Barbara Malič, Matej Možek, Danilo Vrtačnik, "Microcylinder pump employing 0.57Pb(Sr<sub>1/2</sub>Nb<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub> – 0.43PbTiO<sub>3</sub> piezoelectric actuator", *J. Optoelectron. Adv. Mater.*, **19**, 9/10, 617-622, Oct. 2017. [COBISS.SI-ID 11861844]
  34. Uroš Prah, Irena Kozjek-Škofic, "Preparation and investigation of the thermal stability of phosphate-modified TiO<sub>2</sub> anatase powders and thin films", *Acta chim. slov. (Print ed.)*, **64**, 4, 877-887, 2017. [COBISS.SI-ID 31184167]
  35. Uroš Prah, Magdalena Wencka, Zdravko Kutnjak, Marko Vrabelj, Silvo Drnovšek, Barbara Malič, Hana Uršič, "Multicaloric effect in polycrystalline Pb(Fe<sub>0.5</sub>Nb<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>", *Inf. MIDEEM*, **47**, 3, 165-170, 2017. [COBISS.SI-ID 31007783]
  36. Tadej Rojac, Andreja Benčan, Goran Dražič, Naonori Sakamoto, Hana Uršič, Boštjan Jančar, Gašper Tavčar, Maja Makarovič, Julian Walker, Barbara Malič, Dragan Damjanović, "Domain-wall conduction in ferroelectric BiFeO<sub>3</sub> controlled by accumulation of charged defects", *Nature materials*, **16**, 3, 322-327, 2017. [COBISS.SI-ID 29936679]
  37. Irina Stanciu, Luminita Predoana, Jeanina Pandelescu, Silviu Preda, Mihai Anastasescu, Katarina Vojisavljević, Barbara Malič, Maria Zaharescu, "Thermal behaviour of the TiO<sub>2</sub>-based gels obtained by microwave-assisted sol-gel method", *J. therm. anal. calorim.*, **130**, 2, 639-651, 2017. [COBISS.SI-ID 30707751]
  38. Luka Suhadolnik, Matic Krivec, Kristina Žagar, Goran Dražič, Miran Čeh, "A TiO<sub>2</sub>-nanotubes-based coil-type microreactor for highly efficient photoelectrocatalytic degradation of organic compounds", *J. Ind. Eng. Chem. - Korean Soc. Ind. Eng. Chem.*, **47**, 384-390, 2017. [COBISS.SI-ID 30193703]

39. Ankica Šarić, Ines Despotović, Goran Štefanić, Goran Dražić, "The influence of ethanolamines on the solvothermal synthesis of zinc oxide: a combined experimental and theoretical study", *ChemistrySelect*, **2**, 31, 10038-10049, Oct. 2017. [COBISS.SI-ID 6269978]
40. Ankica Šarić, Marijan Gotić, Goran Štefanić, Goran Dražić, "Synthesis of ZnO particles using water molecules generated in esterification reaction", *J. mol. struct.*, **1140**, 12-18, 2017. [COBISS.SI-ID 6027802]
41. Victor G. Thomas, Nina Daneu, Aleksander Rečnik, Rudolf I. Mashkovtsev, Goran Dražić, Sandra Drev, Sergey P. Demin, Pavel N. Gavryushkin, Dmitry A. Fursenko, "Micro-sectoriality in hydrothermally grown ruby crystals: the internal structure of the boundaries of the growth sectors", *CrystEngComm*, **19**, 44, 6594-6601, 2017. [COBISS.SI-ID 30820647]
42. Hana Uršič, Andreja Benčan, Evgeniya Khomyakova, Silvo Drnovšek, Ionel-Florinel Mercioniu, Kostja Makarovič, Darko Belavič, Cristina Schreiner, Romeo Ciobanu, P. Fanjul Bolado, Barbara Malič, "Pb(Mg,Nb)O<sub>3</sub>PbTiO<sub>3</sub> thick films on metalized low-temperature co-fired ceramic substrate", *Inf. MIDE M*, **47**, 2, 71-78, 2017. [COBISS.SI-ID 30993191]
43. Katarina Vojisavljević, Susanne Wicker, Inci Can, Andreja Benčan, Nicolae Barsan, Barbara Malič, "Nanocrystalline cobalt-oxide powders by solution-combustion synthesis and their application in chemical sensors", *Adv. powder technol.*, **28**, 4, 1118-1128, 2017. [COBISS.SI-ID 30119719]

## PREGLEDNI ZNANSTVENI ČLANEK

1. Tadej Rojac, Dragan Damjanović, "Domain walls and defects in ferroelectric materials", *Jpn. j. appl. phys.*, **56**, 10S, 10PA01, 2017. [COBISS.SI-ID 30744615]

## OBJAVLJENI ZNANSTVENI PRISPEVEK NA KONFERENCI

1. Darko Belavič, Andraž Bradeško, Kostja Makarovič, Marjan Hodnik, Hana Uršič, "Basic microfluidic elements in the LTCC structures", V: *European Microelectronics Packaging Conference, EMPC 2017, 10-13 September 2017, Warsaw, Poland*. [COBISS.SI-ID 30802471]
2. Darko Belavič, Andraž Bradeško, Kostja Makarovič, Marjan Hodnik, Hana Uršič, "Fluidic elements and sensors in LTCC-based ceramic microsystems", V: *Conference proceedings 2017*, 53rd International Conference on Microelectronics, Devices and Materials & the Workshop on Materials for Energy Conversion and their Applications: Electrocalorics and Thermoelectrics, October 4 - October 6, 2017, Ljubljana, Slovenia, Slavko Bernik, ur., Marko Topič, ur., Barbara Malič, ur., Ljubljana, MIDE M - Society for Microelectronics, Electronic Components and Materials, 2017, 130-135. [COBISS.SI-ID 31081767]
3. Darko Belavič, Katarina Vojisavljević, Danjela Kuščer, Tanja Pečnik, Jerzy Zajac, Adrian Anghelescu, George Muscalu, Marjan Hodnik, Tomaž Kos, Silvo Drnovšek, Barbara Malič, "Ceramic packaging of PiezoMEMS devices", V: *European Microelectronics Packaging Conference, EMPC 2017, 10-13 September 2017, Warsaw, Poland*. [COBISS.SI-ID 30802727]
4. Nina Drašinc, Boštjan Erjavec, Goran Dražić, Albin Pintar, "Peroxo and gold modified titanium nanotubes for effective removal of methyl orange with CWPO under ambient conditions", V: *Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes - EAAOP4*, Athens, Greece, 21 to 24 October 2015, *Catal. today*, **280**, Pt. 1, 155-164, 2017. [COBISS.SI-ID 5964826]
5. Danjela Kuščer, Tina Bakarič, Andre-Pierre Abellard, Julien Bustillo, Marc Lethiecq, Franck Levassort, "High-frequency acoustic characterization of porous lead zirconate titanate for backing applications", V: *2017 IEEE International Ultrasonic Symposium, September 6-9, 2017, Washington, D. C., USA*, Danvers, IEEE = Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017. [COBISS.SI-ID 30751783]
6. Marjeta Maček, Hana Uršič, Danilo Suvorov, Romeo Ciobanu, "Size- and shape-controlled synthesis of ferroelectric plate-like particles and their piezoelectric characteristics", V: *Proceedings of the 22nd IMEKOTC-4 International Symposium "Supporting World Development through Electrical & Electronic Measurements" and 20th International Workshop on ADC Modelling and Testing Congres Hall Palas, September 14-16, 2017 Iasi, Romania*, Budapest, IMEKO, 2017, 439-445. [COBISS.SI-ID 30935591]
7. A. P. Turygin, Denis Alikin, A. S. Abramov, Jitka Hreščak, Julian Walker, Andreja Benčan, Tadej Rojac, Barbara Malič, Andrei L. Kholkin, Vladimir Shur, "Characterization of domain structure and domain wall kinetics in lead-free Sr<sup>2+</sup> doped K<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>NbO<sub>3</sub> piezoelectric ceramics by piezoresponse force microscopy", V: *Proceedings of Second International Workshop Modern Nanotechnologies (IWMN-2016)*,

August 27-29, 2016, Ekaterinburg, Russia, *Ferroelectrics*, vol.508, 1, 77-86, 2017. [COBISS.SI-ID 30476327]

## SAMOSTOJNI ZNANSTVENI SESTAVEK ALI POGlavJE V MONOGRAFSKI PUBLIKACIJI

1. Barbara Malič, Alja Kupec, Katarina Vojisavljević, Tanja Pečnik, "Lead-free ferroelectric thin films", V: *Handbook of sol-gel science and technology*, Lisa C. Klein, ur., Mario Aparicio, ur., Andrei Jitianu, 1-28. [COBISS.SI-ID 30186791]

## DRUGO UČNO GRADIVO

1. Andraž Kocjan, Tadej Rojac, *Keramika*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehnična fakulteta, 2017. [COBISS.SI-ID 31037223]
2. Danjela Kuščer, *Oblikovanje debeloplastnih struktur*, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2017. [COBISS.SI-ID 31002663]
3. Danjela Kuščer, *Priprava suspenzij za oblikovanje debeloplastnih struktur*, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2017. [COBISS.SI-ID 31002407]
4. Tadej Rojac, *Dielektrični, piezoelektrični, piroelektrični, feroelektrični in elektrokalični materiali: osnove in aplikacije*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2017. [COBISS.SI-ID 30518823]
5. Tadej Rojac, *Mechanochemistry: basics and application examples*, Ljubljana, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, 2017. [COBISS.SI-ID 31069479]
6. Tadej Rojac, *Mechanochemistry: basics and applications*, Ljubljana, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2017. [COBISS.SI-ID 30518311]
7. Tadej Rojac, *Role of charged defects in switching and piezoelectric response of polycrystalline ferroelectrics*, Ljubljana, Jožef Stefan International Postgraduate School, 2017. [COBISS.SI-ID 30518055]
8. Tadej Rojac, *Sinteza keramike v trdnem stanju: zimski semester*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2017. [COBISS.SI-ID 31068967]
9. Tadej Rojac, *Sinteza keramike v trdnem stanju*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2017. [COBISS.SI-ID 30518567]
10. Tadej Rojac, *Uvod v keramiko: zimski semester*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehnična fakulteta, 2017. [COBISS.SI-ID 31068711]

## PATENTNA PRIJAVA

1. Mirko Faccini, Morillo Martín, David Amantia, Danjela Kuščer, Darko Belavič, Tadej Rojac, *A vibration system and a filtering plate for filtering substances*, WO2017194999 (A1), WIPO International Bureau, 16. 11. 2017. [COBISS.SI-ID 30992679]

## PATENTA

1. Ines Bantan, Danjela Kuščer, Janez Holc, *Process for manufacturing cordierite ceramics having controlled and reproducible mechanical and thermal properties*, EP3115347 (B1), European Patent Office, 01. 11. 2017. [COBISS.SI-ID 30322983]
2. Barbara Malič, Hana Uršič, Marija Kosec, Silvo Drnovšek, Jena Cilenšek, Zdravko Kutnjak, Brigita Rožič, Uroš Flisar, Andrej Kitanovski, Marko Ožbolt, Uroš Plaznik, Alojz Poredoš, Urban Tomc, Jaka Tušek, *Method for electrocaloric energy conversion*, EP3027980 (B1), European Patent Office, 18. 10. 2017. [COBISS.SI-ID 29642791]

## MENTORSTVO

1. Anže Abram, *Sinteza in karakterizacija hidrotermalno obdelanih in funkcionaliziranih površin cinka in aluminija*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2017 (mentor Goran Dražić). [COBISS.SI-ID 289126400]
2. Barbara Bertoncelj, *Vpliv deleža in porazdelitve steklenih vlaken na funkcijske lastnosti kompozitov na osnovi polimerne matrice*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2017 (mentor Barbara Malič; somentor Janez Rihtaršič). [COBISS.SI-ID 290002688]
3. Viviana Golja, *Migracija nanodelcev iz materialov v stiku z živili*: doktorska disertacija, Ljubljana, 2017 (mentor Saša Novak Krmpotič; somentor Goran Dražić). [COBISS.SI-ID 293294848]