

CENTER ZA ELEKTRONSKO MIKROSKOPIJO (CEM)

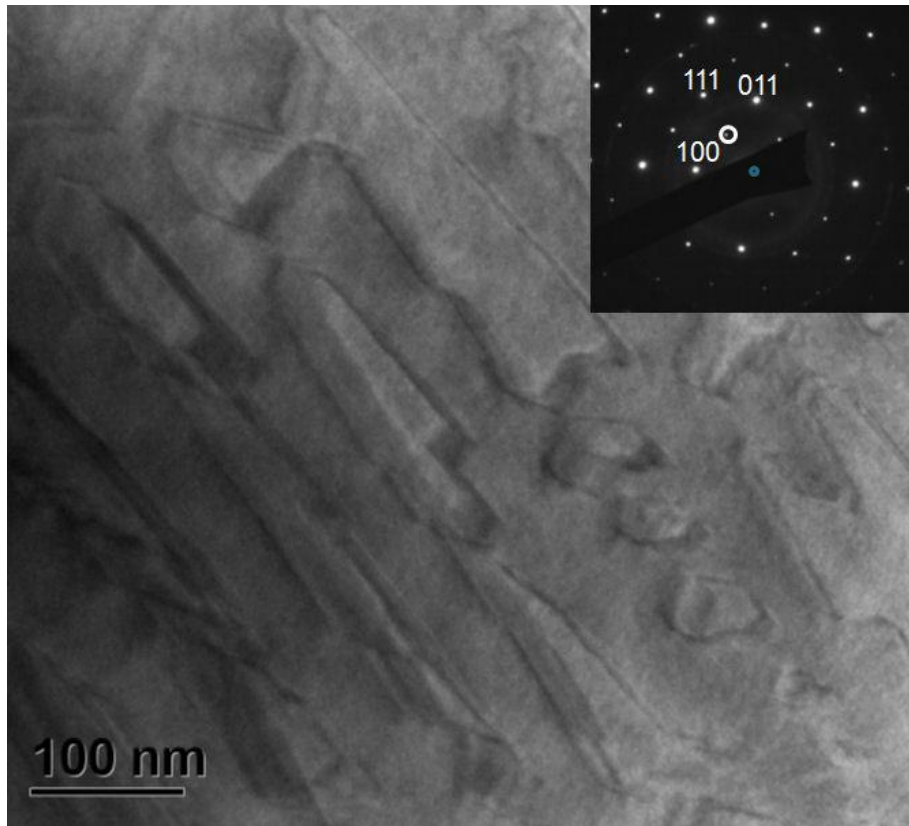
Center za elektronsko mikroskopijo (CEM) je infastrukturna enota IJS, ki združuje analitsko opremo s področja elektronske mikroskopije, ki je nujna za izvajanje razvojno-raziskovalnega dela odsekov K5, K6, K7, K8 in K9. Dostop do raziskovalne opreme CEM imajo tudi ostale raziskovalne enote IJS ter tuji inštituti in fakultete. Uporabniki raziskovalne opreme CEM so predvsem tisti raziskovalci, ki jih zanima celovita strukturalna in kemijska karakterizacija anorganskih materialov z različnimi komplementarnimi metodami elektronske mikroskopije in sicer od mikronskega do atomarnega nivoja. V CEM sta dva vrstična elektronska mikroskopa (JSM-840A in JSM-5800), dva presevalna elektronska mikroskopa (JEM-2000FX in JEM-2010F) ter oprema za pripravo vzorcev. Sodelavci CEM nadalje skrbijo za delovanje presevalnega elektronskega mikroskopa JEM-2100 CO NiN in vrstičnega elektronskega mikroskopa JSM-7600F, ki je bil na IJS instaliran v letu 2009 in je skupni nakup desetih raziskovalnih odsekov IJS ter NTF in FKKT Univerze v Ljubljani. Elektronski mikroskopi so bili v letu 2010 nadgrajeni z naslednjo analitsko opremo, ki je bila kupljena v okviru CO NAMASTE: CCD kamero na JEM-2010F, ADF detektorjem na JEM-2010F in EBSD sistemom na JSM-7600F.

Vrstična elektronska mikroskopija (SEM) se uporablja za opazovanje morfologije in strukture površin. Ker sta vsi elektronske mikroskopi dopolnjena z EDXS in/ali WDXS spektroskopijo, omogočajo tudi določevanje kemijske sestave preiskovanih materialov. Zaradi majhnega premera elektronskega snopa lahko nedestruktivno analiziramo zgolj nekaj μm^3 materiala, zaradi česar govorimo o t.i. elektronski mikroanalizi (EPMA). Novi FEG-SEM JSM-7600F pa je poleg EDXS in WDXS analiznega sistema opremljen tudi z elektronsko litografijo.

Kadar nas zanimajo strukturalni elementi nano-dimenzij, uporabljamo presevalno elektronsko mikroskopijo (TEM), ki omogoča celovit vpogled v strukturo preiskovanega materiala. Presevalni elektronski mikroskop JEM-2010F s FEG izvorom elektronov ima ločljivostjo med dvema točkama pod 0.19 nm, kar omogoča opazovanje materialov na atomarnem nivoju. Poleg tega ima mikroskop JEM-2010F detektor za tako imenovano Z-kontrast mikroskopijo (HAADF-STEM), ki omogoča kemijsko analizo posameznih atomskih kolon na podlagi njihove intenzitete. Vsi presevalni elektronski mikroskopi so opremljeni s spektroskopskimi metodami (EDXS in/ali EELS), ki omogočajo kemijsko analizo materialov na nano nivoju. V CEM je nadalje zbrana spremljajoča in nujna oprema za pripravo SEM in TEM vzorcev. Posebno pomembne so aparature za ionsko tanjšanje, ki omogočajo pripravo tankih folij, ki so prepustne za visokoenergijske elektrone pri presevalni elektronski mikroskopiji. V letu 2010 je bila kupljena nova naprava za ionsko tanjšanje vzorcev (Gatan, PIPS).

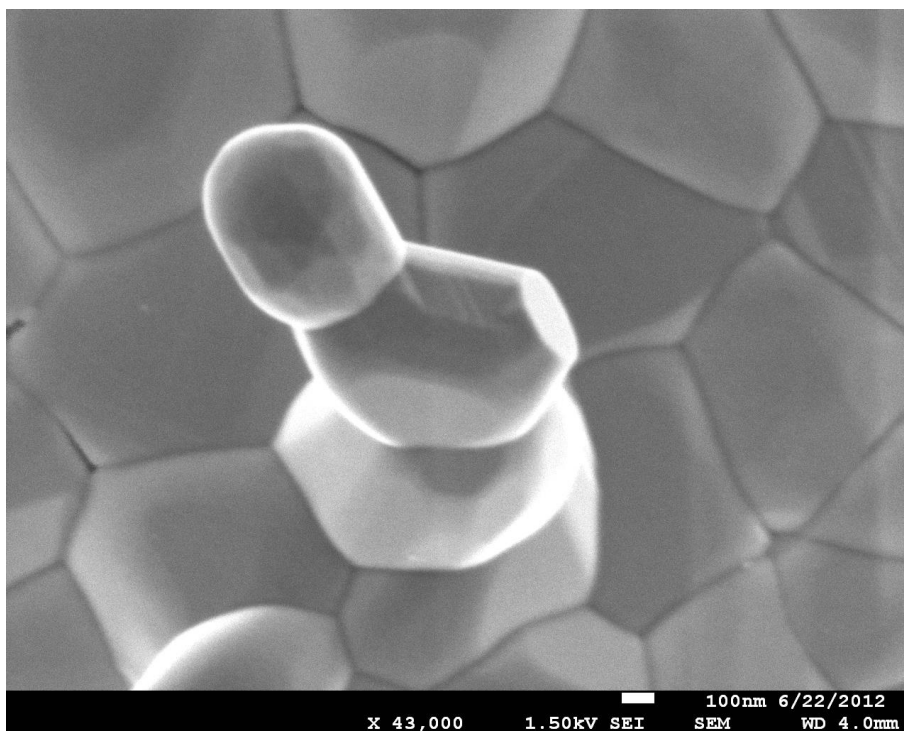
Raziskave, ki jih uporabniki izvajajo na opremi CEM so zelo raznolike, tako glede preiskovanih materialov, kot tudi glede uporabljenih metod. Z vrstično elektronsko mikroskopijo preiskujejo predvsem mikrostrukturo in kemijsko sestavo polikristaliničnih oksidnih in neoksidnih keramičnih materialov (funkcijska keramika, inženirska keramika, biokeramika, kompoziti, itd.), kovinskih magnetnih materialov, kovin, zlitin stekla, itd. S presevalno elektronsko mikroskopijo pa v istih materialih preiskujejo strukturo in kemijsko sestavo mej med zrni, planarnih napak, dislokacij ter precipitativ. Tovrstne preiskave so še posebno pomembne, saj je znano, da so končne fizikalne lastnosti materiala v veliki meri odvisne prav od strukture in kemijske sestave notranjih mej v polikristaliničnih materialih.

Da lahko uporabniki opreme CEM izvajajo naštete preiskave z metodami elektronske mikroskopije, mora oprema delovati optimalno. Tako je ključnega pomena za delovanje CEM zagotavljanje čim večje operativnosti elektronskih mikroskopov in spremljajoče opreme. Te izredno kompleksne in drage aparature namreč poleg servisiranja zahtevajo redno vsakodnevno vzdrževanje. Med ostale dejavnosti CEM sodita še izobraževanje operaterjev in uvajanje novih analitskih metod elektronske mikroskopije ob pomoči zunanjih sodelavcev CEM.



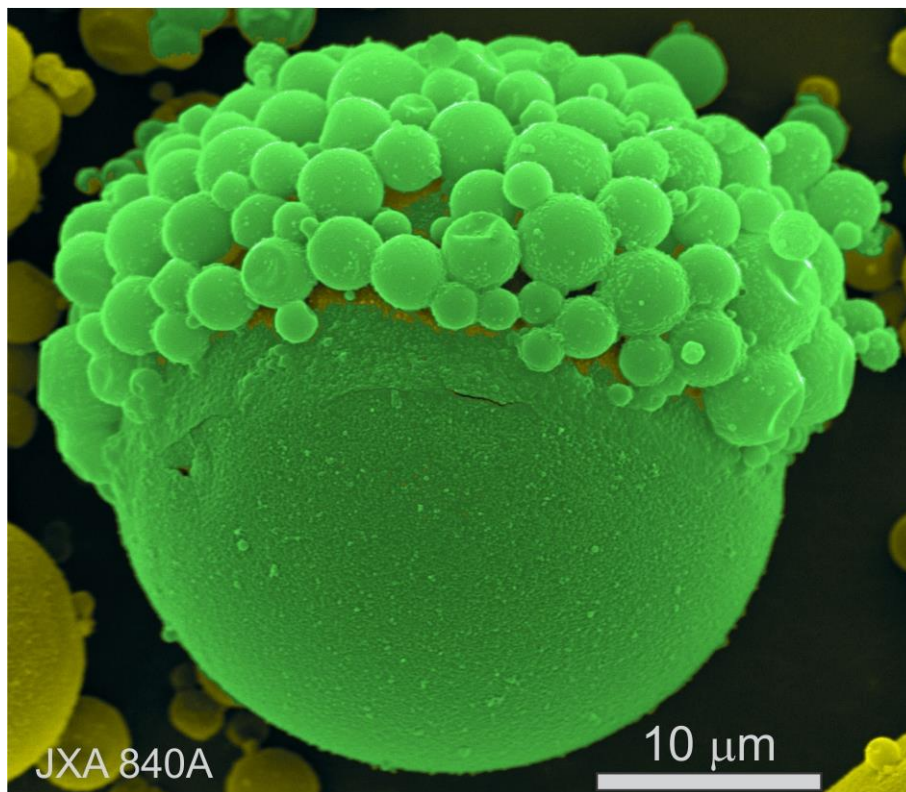
Slika presevnega mikroskopa v svetlem polju: Antifazne meje v zrnih BiFeO_3 , posnete v conski osi $[01-1]$. Keramika BiFeO_3 je bila sintrana pri 760°C . Na difrakciji izbranega področja je označen uklon, na $(\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2})$ poziciji, ki je posledica nagiba oktaedrično koordiniranih kisikov v BiFeO_3 strukturi.

Odsek za elektronsko keramiko: T. Rojac, A. Benčan, G. Dražić, M. Kosec, D. Damjanović, Piezoelectric nonlinearity and frequency dispersion of the direct piezoelectric response of BiFeO_3 ceramics. *J. appl. phys.*, 2012, vol. 112, no. 6, str. 064114-1-064114-12, [COBISS.SI-ID 26122791]



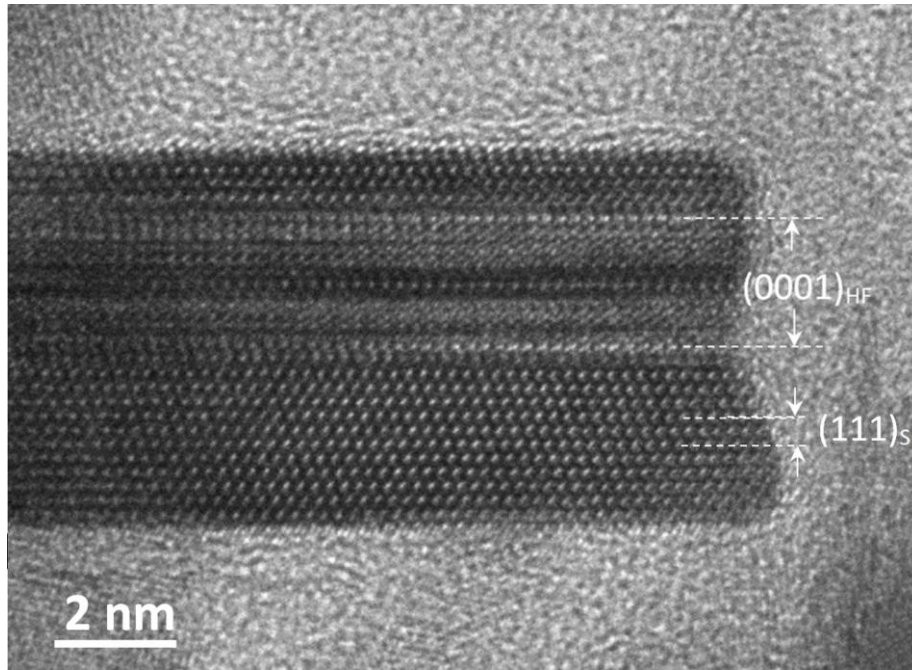
FEG-SEM posnetek kristalitev β -3-kalcijevega fosfata na površini keramike iz zirkonijevega oksida po termični obdelavi.

Odsek za inženirsko keramiko: M. Štefanič



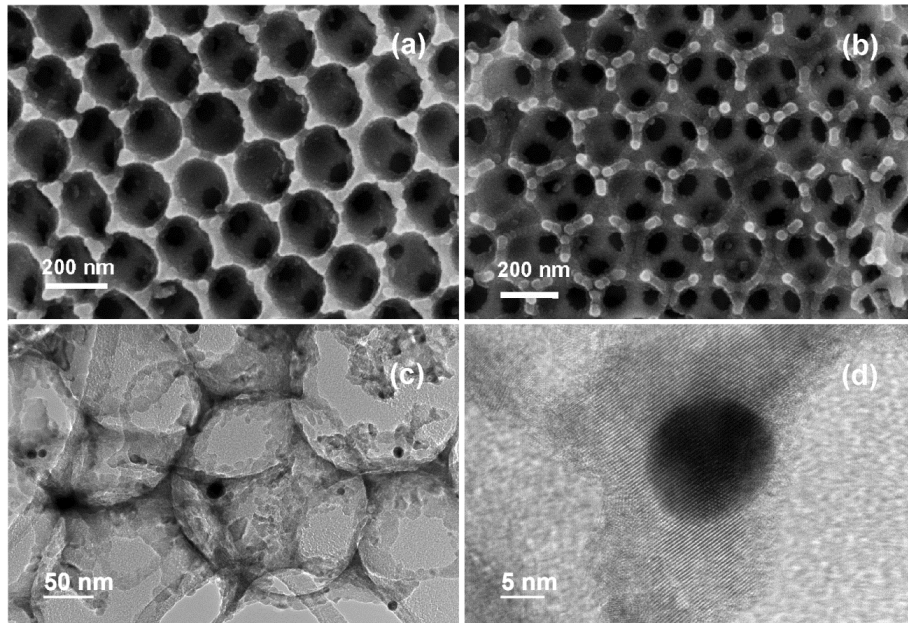
Agregat mikrokapsul barvnega pigmenta.

Odsek za nanostrukturne materiale: Z. Samardžija



Visoko-ločljivostni presečni elektronsko mikroskopski (HREM) posnetek nanokompozitnega delca sestavljenega iz heksaferitne plasti $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ (HF) vraščene v matrico spinelnega (S) železovega oksida $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$

Odsek za sintezo materialov: D. Primc



TiO₂/Au kompozit z inverzno opalsko strukturo: nov material z specifično strukturo, ki prispeva k izboljšanju površinskih in optičnih lastnosti. Uniformna 3D poroznost materiala povečuje specifično kontaktno površino. Struktura prispeva k izboljšanju optičnih lastnosti kot posledica kombinacije: (i) SPR Au kovinskih nanodelcev v stiku z TiO₂ polprevodnikom in (ii) fotonske selektivne prepustnosti optičnih kristalov. Material lahko uporabljamo v različnih separacijskih procesih, katalizi, biomedicinskih nanotehnologijah ter za izdelavo optičnih filtrov.

Odsek za raziskave sodobnih materialov: M. Vukomanović