



Vprašanja in odgovori

Objava dosežka v ugledni znanstveni reviji Science

S stabilizacijo svinčevih perovskitov v kovinsko-organskem steklu do boljše LED razsvetljave ter odpornejših zaslonov pametnih telefonov

Za kakšen članek in kakšno revijo gre?

Članek z naslovom »*Liquid-phase sintering of lead halide perovskites and metal-organic framework glasses*« (Sintranje tekočinskih faz svinčevih perovskitov in kovinsko-organskih stekel) je bil objavljen v prestižni znanstveni reviji Science. Revija Science od leta 1880 izdaja Ameriško združenje za napredek v znanosti (American Association for the Advancement of Science, AAAS). Zaradi strogega uredniškega sита je v njej objavljenih le sedem odstotkov vseh člankov, poslanih v recenzijo. Vpliv revije Science je izjemen (faktor vpliva 47.7), zato objava članka v tej reviji, poleg potrditve o izjemni izvornosti in pomenu raziskave, predstavlja tudi globalno referenco za znanstvenike, ki so pri raziskavi sodelovali, in njihove raziskovalne ustanove.

Besedilo članka je bilo v uredništvo revije Science prvič poslano 27. 10. 2020 ter po dopolnitvah ponovno 28. 5. 2021. V objavo je bilo sprejeto 17. 9. 2021 in objavljeno 28. 10. 2021.

Članek je prosto dostopen na povezavi: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abf4460>

Zakaj to odkritje premika meje in kateri družbeni izziv naslavlja?

Svinčevi perovskiti izkazujejo izjemne optoelektronske lastnosti, zaradi katerih bi z njimi lahko izdelovali svetlejše in cenejše svetlobne diode LED ter učinkovitejše in bolj fleksibilne sončne celice. Doslej je potekalo zgolj preučevanje lastnosti perovskitov pod kontroliranimi laboratorijskimi pogoji. Izkoriščanje perovskitov je v praksi namreč močno omejevala njihova nestabilnost v polarnih topilih oziroma okoljih. V takšnih okoljih perovskiti preidejo v optično neaktivne oblike, iz njih pa se tudi začnejo izločati zdravju škodljivi svinčevi ioni.

Z odkritjem inovativnega načina stabilizacije nestabilne fotoaktivne faze svinčevih perovskitnih nanodelcev s sintranjem v kovinsko-organskem steklu, smo naredili ključen korak na poti k njihovi širši uporabi. Kovinsko-organska stekla, ki so bila odkrita pred samo šestimi leti, imajo izjemne mehanske in optične lastnosti, v povezavi z optoelektronskimi lastnostmi perovskitov pa se odpirajo možnosti razvoja 'nezlomljivih' samo-polnilnih LED zaslonov. S tem bi ne le pripomogli k višji energijski učinkovitosti bodočih naprav, ampak tudi k daljši življenjski dobi in posledično manjši količini okolju škodljivih e-odpadkov.

Kateri partnerji so pri raziskavi sodelovali? Kakšna je bila vloga vaše skupine?



V raziskavi je sodelovalo 27 raziskovalcev iz trinajstih inštitucij iz Avstralije, Azije, Amerike in Evrope. Raziskavo sta vodila dr. Jingwei Hou z Univerze v Queenslandu in dr. Thomas D. Bennett z Univerze v Cambridgeu, s katerima že več let uspešno sodelujemo. Raziskovalna skupina Kemijskega inštituta je bila zadolžena za meritve z jedrsko magnetno resonanco (NMR).

Spektroskopija z magnetno resonanco je izredno močno orodje, ki omogoča vpogled v zgradbo snovi in dinamiko v njej na nivoju atomov. Pri tem je lahko snov tekoča ali trdna, urejena ali neurejena. V konkretni raziskavi je bila uporaba te metode še toliko bolj pomembna, ker smo z njo lahko ločeno opazovali gradnike aktivne snovi (jedra cezijeveh atomov v perovskitnih nanodelcih) in obdajajočega stekla (jedra vodikovih, dušikovih in ogljikovih atomov). Potrdili smo, da perovskitni nanodelci po sintranju ostajajo fazno čisti in da so na površini v tesnem stiku s kovinsko-organskim steklom. Slednje opažanje je pojasnilo odlično stabilnost perovskita v kompozitnem materialu.

Objavljena študija poudarja podrobne raziskave zgradbe snovi. Zakaj so te tako zelo pomembne?

Javnost oziroma morebitni uporabniki pri novih dosežkih navadno opazimo predvsem nov material, novo zdravilo ipd. Le redko pa se zavedamo, da za razvojem tega materiala ali zdravila ni le množica poskusov v sintetskem laboratoriju, ampak tudi dolgotrajno podrobno preučevanje zgradbe in delovanja na atomskem nivoju. Le s takšnim poglobljenim preučevanjem lahko pridemo do spoznanj, zakaj je nek material dober, kaj je tisto odločilno, kar ga naredi dobrega. Šele ko to razumemo, lahko začnemo iskati in načrtovati izboljšave.

Zakaj je raziskava pomembna za Kemijski inštitut in za celoten slovenski znanstveni prostor?

Z raziskovalnima skupinama iz Cambridgea v Veliki Britaniji in Santa Lucie v Avstraliji uspešno sodelujemo že vrsto let. Že to samo po sebi pomeni, da ugledni tuji instituciji priznavata posebno ekspertizo naših raziskovalcev z Odseka za anorgansko kemijo in tehnologijo na področju jedrske magnetne resonance v materialih, saj so se raje kot za enega mnogih manj oddaljenih laboratorijev za magnetno resonanco v Evropi ali Avstraliji odločili za sodelovanje z odličnim laboratorijem v Sloveniji.

Vsaka objava v najprestižnejši znanstveni reviji pa še dodatno promovira raziskovalce, raziskovalne skupine in inštitucije, s katerih prihajajo, v mednarodnih strokovnih okoljih. S tako objavo torej dvigujemo ugled tako Kemijskega inštituta kot slovenske raziskovalne skupnosti. Povečana prepoznavnost pa posledično prinaša tudi večje možnosti pri pridobivanju finančnih sredstev za nakup drage raziskovalne opreme in zaposlitev mladih raziskovalcev na razpisih Evropske unije.

Kakšna oprema je bila uporabljena pri raziskavi?

Meritve smo izvajali na spektrometru za jedrsko magnetno resonanco oziroma NMR spektrometru (NMR je angleška kratica za nuclear magnetic resonance, torej za jedrsko magnetno resonanco) v okviru Nacionalnega centra za NMR spektroskopijo visoke ločljivosti na Kemijskem inštitutu. Gre za zelo drago opremo, ki sestoji iz velikega superprevodnega



magneta, sofisticiranega radijskega oddajnika in sprejemnika in sond, s katerimi vzbujamo atomska jedra v vzorcu in zaznavamo njihov odziv. Takšne opreme si posamezna raziskovalna skupina v Sloveniji ne more privoščiti, zato je bil s strani države že pred dobrimi dvajsetimi leti na Kemijskem inštitutu ustanovljen nacionalni center, v katerem je zbranih več spektrometrov za meritve na različnih tipih snovi. Najstarejši med njimi je namenjen tudi meritvam v trdnih snoveh, torej tudi v materialih.

Kaj je naslednji korak?

Kolegi z Univerze v Queenslandu so lastniki patenta, ki opisuje pripravo kompozitnih materialov. Korake, ki vodijo k uporabi teh materialov za izdelavo svetlobnih diod LED, ki svetijo z belo svetlobo, in morda kasneje celo za izdelavo zaslonov za mobilne telefone bodo napravili oni. Skupaj z njimi nadaljujemo tudi bolj temeljne raziskave. Kompozitne materiale bi npr. želeli prirediti za uporabo v sončnih celicah.

Tudi v naši raziskovalni skupini na Odseku za anorgansko kemijo in tehnologijo Kemijskega inštituta aktivno razvijamo kovinsko-organske kristalne in steklaste materiale. Ciljana uporaba je tu drugačna – shranjevanje sončne energije in odpadne toplote, ohlajanje stavb, 'črpanje' vlage iz zraka za pridobivanje pitne vode v okoljih, kjer je pomanjkanje le-te.

Ne tako neposredno vezani na razvoj materialov, a zelo zelo pomembni za našo raziskovalno skupino pa bodo tudi koraki, ki jih moramo kaj kmalu narediti v smeri korenite posodobitve našega starega NMR spektrometra. Tu mislimo predvsem na nakup spektrometra, ki bi nam omogočal izpeljavo zahtevnejših in-situ meritev v širokem območju temperatur, tlakov in v atmosferi različnih plinov. Tak sodoben spektrometer naj bi imel tudi opremo za prenos polarizacije s sistema elektronov na sistem jeder, ki omogoča tudi več stokratne ojačitve NMR signala in s tem odpira pot do pomembnih raziskav površin delcev.