



PRIOPĆENJE ZA MEDIJE

KONTAKT: Petra Buljević Zdjelarević / Ured za odnose s javnošću
Institut Ruđer Bošković / +385 99 267 9514 / [@pr@irb.hr](mailto:pr@irb.hr)

Fosfatna stakla i staklo-keramike: materijali budućnosti za napredne baterije i katalizatore

Razumijevanje strukture stakla i interakcije između strukturnih elemenata ovih materijala ključno je za razvoj novih, učinkovitijih i jeftinijih natrij-ionskih baterija, koje nadmašuju performanse trenutne litij-ionske opcije, te novih katalizatora.

Zagreb, 21. lipnja 2024. – Staklo je jedan od onih materijala koji se na prvi pogled mogu činiti sasvim običnim materijalom. Međutim, staklo ima dugu povijest i važnu ulogu u našim životima kao jedan od najstarijih materijala koje je čovjek proizveo. Neizostavan je dio naše svakodnevice, a zbog jedinstvenih svojstava predmet je intenzivnih istraživanja znanstvenika diljem svijeta. Istražujući fosfatna stakla i staklo-keramike znanstvenici Instituta Ruđer Bošković (IRB) otkrili su kako prilagodbom svojstava povećati njihov potencijal za napredne tehnološke primjene u dizajniranju boljih materijala za baterije nove generacije i katalizatore.

Fosfatna stakla posebno su zanimljiva zbog svoje sposobnosti da provode struju, što ih čini idealnim za upotrebu u sensorima i baterijama. Istraživanja znanstvenika na IRB-u su pokazala da promjenom sastava stakla mogu značajno poboljšati njihovu sposobnost provođenja struje. Ovaj fenomen omogućuje znanstvenicima da pripreme nova stakla s boljim svojstvima za korištenje u natrij-ionskim baterijama, koje su jeftinija i dostupnija alternativa litij-ionskim baterijama.

Poboljšana električna vodljivost za napredne baterije

Ali kako točno staklo, koje obično smatramo nevodljivim materijalom, uspijeva provoditi struju? Ovdje stvari postaju uzbudljive u laboratorijima poput Laboratorija za funkcionalne materijale na IRB-u gdje istraživači zaranjaju duboko u svijet fosfatnih stakala i staklo-keramike.

U svom radu, **Sara Marijan**, doktorandica Hrvatske zaklade za znanost (HrZZ) i znanstvena asistentica u Laboratoriju za funkcionalne materijale, pod vodstvom dr. sc. **Luke Pavića**, te izv. prof. dr. sc. **Jane Pisk** s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (PMF), fokusira se na posebne višekomponentne staklene sustave.

Riječ je o staklu koje se sastoji od četiri različite vrste oksida u svojoj osnovnoj formulaciji. Ovakvi višekomponentni sustavi omogućuju složeniju kontrolu nad optičkim, mehaničkim i električnim svojstvima stakla, zahvaljujući kombinaciji različitih oksida koji zajedno mogu tvoriti miješanu staklenu mrežu i na taj način poboljšati istraživana svojstva.

Također, dizajnirani su za korištenje u natrij-ionskim baterijama te su kombinacija natrijevog oksida i tri staklotvorna oksida. Pri tome, klasični staklotvorci, fosforov i niobijev pentoksid, prisutni su većinski, dok je vanadijev pentoksid dodan kao treći, manjinski, uvjetni staklotvorac. Dodatak vanadijevog pentoksida posebno je zanimljiv jer on može imati dvostruku ulogu, te osim što modificira strukturu stakla, može doprinijeti i ukupnoj električnoj vodljivosti.

"Ono što ove materijale čini tako posebnima je njihova sposobnost provođenja električne struje dvostrukim mehanizmom. Stakla poput ovih koje istražujemo u našem laboratoriju, a koja sadrže i natrijev oksid i vanadijev pentoksid, mogu voditi električnu struju gibanjem natrijevih iona kroz staklenu mrežu, ali i preskokom elektrona s jednog iona vanadija na drugi. Takav dvostruki mehanizam vodljivosti može dovesti do bolje učinkovitosti punjenja i pražnjenja baterija", objašnjava **Sara Marijan**.

U istraživanju koje su nedavno proveli znanstvenici s IRB-a, u suradnji s izv. prof. dr. sc. Janom Pisk i izv. prof. dr. sc. Željkom Skokom s PMF-a te prof. Peterom Mošnerom i prof. Ladislavom Koudelkom s Fakulteta za kemijsku tehnologiju Sveučilišta Pardubice, eksperimentirali su



dodavanjem različitih količina vanadijevog i niobijevog pentoksida u ove višekomponentne fosfatne staklene sustave ne bi li vidjeli kako to mijenja sposobnost stakla da provodi struju. Otkrili su da dodatak niobijevog pentoksida potiče brže kretanje natrijevih iona kroz staklo, značajno povećavajući vodljivost stakla.

Također, kako se ugrađuje više niobija, struktura stakla prelazi u hibrid niobata i fosfata. Ova promjena je presudna jer tu staklo postiže svoju optimalnu vodljivost, osobito kada je sadržaj niobija oko 20%. Međutim, ako niobija ima previše, stvaraju se niobatni klusteri koji usporavaju gibanje natrijevih iona kroz strukturu stakla. Stoga je ključno razumjeti delikatan odnos udjela ovih komponenti kako bi se pronašla optimalna kompozicija.

"Korištenjem naprednih tehnika poput elektronske paramagnetske rezonancije te vibracijske i impedancijske spektroskopije, primijetili smo da su strukturne promjene dovele do povećanja performansi stakla, osobito s oko 20% niobija, gdje je vodljivost bila najviša. Ovo detaljno ispitivanje pomoglo nam je otkriti da do određene točke dodavanje niobija može biti korisno, ali dalje od toga može ometati električna svojstva materijala", objašnjava **Sara Marijan**.

Katalitička svojstva stakla

"Osim razvoja sinteze stakala i staklo-keramika te korelacije njihovih termičkih i električnih svojstava sa strukturnim značajkama, novi smjer koji smo otvorili u suradnji s izv. prof. dr. sc. Janom Pisk s PMF-a u okviru Sarinog doktorata je ispitivanje ovih materijala kao katalizatora. Iznenaduje da nije dostupan velik broj istraživanja na ovu temu iako su se fosfatna stakla i staklo-keramike pokazali kao potencijalni katalizatori u kemijskim reakcijama, poput epoksidacije, što otvara nove smjerove za njihovu uporabu", navodi mentor dr. sc. **Luka Pavić**, jedan od voditelja istraživanja.

"Istražujući mogućnosti stakla kao katalizatora, otkrili smo da stakla s visokim udjelom vanadijevog oksida pokazuju izvrsnu katalitičku aktivnost i selektivnost u katalitičkim reakcijama", objašnjava **Sara Marijan**.

Vrijedi istaknuti da se ishodni materijal može regenerirati i ponovno koristiti, pri čemu zadržava učinkovitost u idućem katalitičkom ciklusu. Štoviše, ova se stakla mogu pripremiti jednostavnim postupkom koji osigurava reproducibilnost i pojednostavljuje pripremu ovih materijala na većim skalama, što je od posebne važnosti za primjenu u katalizi na industrijskoj skali.

Značaj istraživanja

"Ovakva istraživanja su važna jer razumijevanje načina na koji se različiti oksidi međusobno povezuju unutar strukture stakla otvara mogućnosti za razvoj novih vrsta natrij-ionskih baterija koje bi mogle biti učinkovitije i isplativije od trenutnih litij-ionskih opcija", zaključili su znanstvenici.

Povrh toga, ovim istraživanjima znanstvenici su dodatno potvrdili multifunkcionalnost fosfatnih stakala i staklo-keramika. Dodatno, pokazali su da su električna i katalitička svojstva usko povezana sa strukturnim značajkama stakla, što omogućava njegovu daljnju prilagodbu i optimizaciju za specifične primjene.

U svojim istraživanjima, tim je koristio napredne tehnike kao što su Ramanova i infracrvena spektroskopija, impedancijska spektroskopija čvrstog stanja i plinska kromatografija kako bi pobliže proučili strukturu stakla i njenu korelaciju s električnim i katalitičkim svojstvima. Ove su metode otkrile kako je jednostavnim promjenama u sastavu moguće izravno utjecati na sposobnost stakla da provodi struju i značajno povećati njegovu vodljivost, ali i postići visoku katalitičku aktivnost.

Rezultati istraživanja fosfatnih stakala i staklo-keramika znanstvenika Laboratorija za funkcionalne materijale objavljeni su u nekoliko znanstvenih časopisa: [Journal of Physics and Chemistry of Solids](#), [International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials](#), [Journal of Non-Crystalline Solids](#) te [International Journal of Molecular Sciences](#). Istraživanja su podržana u sklopu projekata Hrvatske zaklade za znanost i Zaklade HAZU.