



Kraków, 5 września 2017

Rewolucja w bateriach litowo-jonowych coraz bardziej realna

Współczesny świat nie może się już obejść bez przenośnych urządzeń elektronicznych, takich jak smartfony, tablety, laptopy, aparaty fotograficzne czy kamery. Wiele z tych urządzeń jest zasilanych z baterii litowo-jonowych, które mogłyby być mniejsze, lżejsze, bezpieczniejsze i bardziej wydajne, gdyby znajdujący się w nich płynny elektrolit zastąpić substancją w formie stałej. Obiecującym kandydatem na stały elektrolit wydaje się nowa klasa materiałów na związkach litu, zaprezentowana przez fizyków ze Szwajcarii i Polski.

Komercyjnie dostępne baterie litowo-jonowe składają się z dwóch elektrod połączonych ciekłym elektrolitem. Elektrolit ten utrudnia inżynierom redukcję rozmiarów i masy baterii, a na dodatek może wyciec; znajdujący się w odsłoniętych elektrodach lit wchodzi wówczas w kontakt z tlenem w powietrzu i ulega samozapłonowi. Kłopoty firmy Boeing, która na wiele miesięcy musiała wstrzymać loty samolotów Dreamliner, są spektakularnym przykładem problemów, jakie przysparza eksploatacja współczesnych baterii litowo-jonowych.

W laboratoriach od lat trwają poszukiwania materiałów stałych zdolnych zastąpić ciekłe elektrolity. Do najpopularniejszych kandydatów należą związki, w których jony litu znajdują się w otoczeniu jonów siarki lub tlenu. W publikacji w czasopiśmie „Advanced Energy Materials” szwajcarsko-polski zespół naukowców zaprezentował jednak nową klasę związków jonowych, gdzie nośnikami ładunku są jony litu poruszające się w środowisku cząsteczek aminowych (NH_2) i borowodorkowych (BH_4). Część eksperymentalną projektu badawczego zrealizowano w szwajcarskim federalnym ośrodku badań materiałowych Empa w Dübendorfie oraz na Uniwersytecie Genewskim (UG). Za opis teoretyczny mechanizmów prowadzących do wyjątkowo dużej przewodności jonowej nowego materiału odpowiadał prof. dr hab. Zbigniew Łodziana z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie.

„Zajmowaliśmy się amido-borowodorkiem litu, substancją wcześniej znaną jako niezbyt dobry przewodnik jonowy. Związek ten wytwarza się mieląc ze sobą dwa składniki w proporcji 1 do 3. Nikt dotychczas nie sprawdzał, co się dzieje z przewodnością jonową, gdy proporcje między tymi składnikami zostaną zmienione. Zrobiliśmy to dopiero my i raptem się okazało, że zmniejszając liczbę grup NH_2 do pewnej wartości granicznej można znacznie poprawić przewodność. Wzrasta ona tak bardzo, że staje się już porównywalna z przewodnością ciekłych elektrolitów!”, mówi prof. Łodziana.

Kilkudziesięciokrotny wzrost przewodności jonowej nowego materiału, zaobserwowany jako efekt zmiany proporcji tworzących go składników, otwiera nowy, dotychczas nieeksplorowany kierunek poszukiwań kandydatów na stały elektrolit. Wcześniej na świecie koncentrowano się niemal wyłącznie na zmianach kompozycji chemicznej substancji. Teraz okazuje się, że na etapie

produkcji związków kluczową rolę mogą odgrywać same proporcje między składnikami używanymi do ich wytworzenia.

„Nasz amido-borowodorek litu to przedstawiciel nowej, obiecującej klasy materiałów-kandydatów na stały elektrolit. Jednak zanim baterie zbudowane na takich związkach trafią do użytku, musi jeszcze upłynąć trochę czasu. Na przykład między elektrolitem a elektrodami nie powinny zachodzić żadne reakcje chemiczne prowadzące do ich degradacji. Ten problem wciąż czeka na optymalne rozwiązanie”, zauważa prof. Łodziana.

Perspektywy badań są obiecujące. Naukowcy z Empa, UG i IFJ PAN nie ograniczyli się bowiem do samego scharakteryzowania właściwości fizyko-chemicznych nowego materiału. Związek został użyty jako elektrolit w typowym półogniwie $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$. Półogniwo miało dobrą wydajność, która w testach polegających na 400-krotnym ładowaniu i rozładowaniu okazała się stabilna. Poczyniono też obiecujące kroki ku rozwiązaniu innego ważnego problemu. Opisany w publikacji amido-borowodorek litu wykazywał bowiem świetną przewodność jonową dopiero od temperatury ok. 40 stopni Celsjusza. W najnowszych doświadczeniach udało się ją już obniżyć poniżej temperatury pokojowej.

Pod względem teoretycznym nowy materiał pozostaje jednak wyzwaniem. Dotychczasowe modele konstruowano dla substancji, w których jony litu poruszały się w środowisku atomów. W nowym materiale jony przemieszczają się wśród lekkich cząsteczek, które zmieniając swoją przestrzenną orientację ułatwiają im ruch.

„W zaproponowanym modelu znakomita przewodność jonowa to konsekwencja specyficznej budowy sieci krystalicznej badanego materiału. Sieć ta składa się w rzeczywistości z dwóch podsieci. Okazuje się, że jony litu przebywają tu w komórkach elementarnych tylko jednej podsieci. Jednak bariera dyfuzji między podsieciami jest niska. W odpowiednich warunkach jony przenoszą się więc do drugiej, pustej podsieci, w której mogą się dość swobodnie przemieszczać”, wyjaśnia prof. Łodziana.

Przedstawiony opis teoretyczny tłumaczy tylko część obserwowanych cech nowego materiału. Mechanizmy odpowiedzialne za jego dużą przewodność z pewnością są bardziej złożone. Ich lepsze zrozumienie powinno znacząco przyspieszyć poszukiwania optymalnych związków na stały elektrolit i w konsekwencji skrócić proces komercjalizacji nowych źródeł prądu, które z dużym prawdopodobieństwem zrewolucjonizują przenośną elektronikę.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

prof. dr hab. **Zbigniew Łodziana**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628267
email: zbigniew.lodziana@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „A Lithium Amide-Borohydride Solid-State Electrolyte with Lithium-Ion Conductivities Comparable to Liquid Electrolytes”
Y. Yan, R.-S. Kühnel, A. Remhof, L. Duchene, E. Cuervo Reyes, D. Rentsch, Z. Łodziana, C. Battaglia
Advanced Energy Materials, 2017, 1700294
DOI: 10.1002/aenm.201700294

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.empa.ch/>

Strona szwajcarskiego ośrodka badań materiałowych Empa.

<http://www.ifj.edu.pl/>

Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>

Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ170905b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2017/09/05/IFJ170905b_fot01.jpg

Amido-borowodorek litu to obiecujący kandydat na stały elektrolit. Struktura krystaliczna tego materiału składa się z dwóch podsieci, tu przedstawionych w różnych kolorach. W odpowiednich warunkach jony litu (czerwony), zwykle znajdujące się w komórkach elementarnych tylko jednej podsieci (żółtej), przenoszą się do pustych komórek drugiej podsieci (niebieskiej), gdzie mogą się swobodnie propagować. (Źródło: IFJ PAN)