



Warszawa, 7 listopada 2017

## **Mechanochemia na drodze ku lepszej jakości perowskitowych ogniw fotowoltaicznych**

*Napięcie związane ze zbliżającą się komercjalizacją perowskitowych ogniw fotowoltaicznych od kilku lat stopniowo rośnie. Teraz nastąpiło kolejne małe trzęsienie ziemi: okazuje się, że urządzenia bazujące na tych materiałach mogą jeszcze sprawniej przekształcać energię słoneczną w elektryczną! Warunek jest jeden: zamiast produkować perowskity metodami tradycyjnymi, należy wytwarzać je przez... ucieranie.*

Współdziałanie naukowców dysponujących fundamentalną wiedzą chemiczną z doświadczonymi technologami może przynieść nieoczekiwane rezultaty. Szwajcarsko-polski zespół z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN) w Warszawie i École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) w Lozannie (Szwajcaria), współpracujący w międzynarodowym projekcie GOTSolar realizowanym w ramach programu FET Open (Future and Emerging Technologies) Horyzont 2020 Unii Europejskiej, zademonstrował ogniwo perowskitowe charakteryzujące się wyraźnie mniejszą liczbą defektów struktury. Nieoczekiwaną poprawę właściwości fotoogniwa zaobserwowano, gdy do budowy typowego ogniwa fotowoltaicznego użyto perowskitów wyprodukowanych metodą mechanochemiczną.

Mechanochemia jest coraz dynamiczniej rozwijającą się dziedziną nauki, zajmującą się reakcjami chemicznymi zachodzącymi bezpośrednio między związkami w fazie stałej pod wpływem działającej na nie siły mechanicznej. W laboratoriach takie procesy przebiegają w automatycznych młynkach kulowych. Część reakcji mechanochemicznych można jednak z powodzeniem wykonać w domowych warunkach, za pomocą ręcznego ucierania w zwykłych moździerzach.

Perowskity to duża grupa materiałów o ogólnym wzorze chemicznym  $ABX_3$ , charakteryzujących się sześcienną strukturą krystaliczną. Atomy pierwiastka A są rozmieszczone w centrum sześcianu, pośrodku każdej ściany znajduje się atom X, a w narożach tkwią atomy pierwiastka B. Nazwa tej grupy materiałów pochodzi od naturalnie występującego minerału, tytanianu(IV) wapnia  $CaTiO_3$ , nazwanego perowskitem na cześć rosyjskiego geologa Lwa Perowskiego. Z czasem okazało się, że właściwości fizykochemiczne materiałów tej grupy można ulepszać zastępując wapń, tytan i tlen innymi pierwiastkami. Obecnie najpowszechniej badany związek z grupy perowskitów jest  $(CH_3NH_3)PbI_3$ . W tym materiale jony wapnia, tytanu i tlenu są zastępowane odpowiednio przez jony metyloamoniumowy (w pozycji A), ołowiu (w pozycji B) i jodkowy (w pozycji X).

Grupa prof. dr hab. Janusza Lewińskiego (IChF PAN, Politechnika Warszawska) jako pierwsza wykazała, że w reakcjach mechanochemicznych można wytwarzać polikrystaliczne perowskity halogenkowe, np. wspomniany  $(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{PbI}_3$ . Ostatnio członkowie grupy zaprezentowali także mechanochemiczną produkcję perowskitów mieszanych, tj. takich, w których w pozycji A może występować naprzemiennie kilka różnych typów jonów. To istotne osiągnięcie, ponieważ przez umiejętny dobór składu chemicznego materiałów perowskitowych można dopasować ich cechy do konkretnych zastosowań w fotowoltaice, katalizie i innych dziedzinach nauki i techniki.

„Mechanochemiczne wytwarzanie naszych perowskitów w praktyce przebiega następująco. Dwa proszki, np. biały jodek metyloamoniowy  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$  i żółty jodek ołowiu  $\text{PbI}_2$ , umieszczamy w młynku wyposażonym w kilka stalowych kul. Następnie ucieramy je przez kilkanaście do kilkudziesięciu minut i... wysypujemy jednorodny czarny proszek perowskitu  $(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{PbI}_3$ , który może być bezpośrednio użyty do budowy ogniw fotowoltaicznych. Nie trzeba stosować wysokich temperatur, rozpuszczalników organicznych, ani martwić się o odpady. Cały proces wytwarzania to prawdziwie szybka i wydajna zielona chemia”, opisuje doktorant Marcin Saski (IChF PAN).

Zespół prof. Lewińskiego prowadzi prace akademickie nad syntezą perowskitów na największą skalę w Polsce. Materiały tu wyprodukowane są badane na EPFL w ramach współpracy ze światowej klasy szwajcarskim chemikiem, prof. Michaeliem Grätzelem. Prof. Grätzel specjalizuje się w nano- i mezomateriałach tworzonych z myślą o zastosowaniach w optoelektronice. Do jego największych sukcesów należy opracowanie w 1991 roku nowego typu ogniw słonecznych, w których konwersji energii słonecznej na elektryczną dokonuje się z użyciem odpowiedniego barwnika. Dziś ogniwa te są znane jako ogniwa barwnikowe lub po prostu ogniwa Grätzela.

Laboratoryjne ogniwa fotowoltaiczne, pracujące na materiałach perowskitowych otrzymanych mechanochemicznie, zostały właśnie skonstruowane przez dr. Daniela Prochowicza (EPFL, IChF PAN). Co ciekawe, do skutecznego działania ogniwa wystarczyła warstwa perowskitu grubości zaledwie ~300 nanometrów. Tak cienkie pokrycie w przyszłości pozwoli obniżyć jednostkowy koszt produkcji ogniw.

„Ważną właściwością charakteryzującą jakość ogniwa fotowoltaicznego jest ilość ładunku elektrycznego gromadzącego się na granicy poszczególnych warstw ogniwa. Jeśli jest go za dużo, ogniwo szybciej ulega degradacji. Perowskity otrzymane mechanochemicznie udało się nanieść na ogniwo w postaci bardzo jednorodnej warstwy, co zmniejszyło liczbę defektów struktury pogarszających pracę ogniwa oraz zredukowało ilość ładunku gromadzącego się na powierzchni”, mówi dr Prochowicz, który swoje badania prowadzi w ramach indywidualnego grantu Marii Skłodowskiej-Curie w grupie prof. Grätzela.

Dlaczego właściwości prądowe ogniw z perowskitów otrzymanych przez ucieranie są lepsze? Odpowiedź nie jest jeszcze w pełni znana. Wydaje się, że w klasycznych perowskitach negatywną rolę odgrywa rozpuszczalnik używany podczas produkcji. Może się on wbudowywać w strukturę materiału, a jego resztki przy osadzaniu perowskitu na podłożu mogą prowadzić do formowania się defektów w strukturze krystalicznej. Badania mikroskopowe oraz elektryczne ujawniły, że lepsza jakość perowskitów syntetyzowanych mechanochemicznie (a więc bez udziału rozpuszczalnika) redukuje liczbę pułapek dla nośników ładunku, tworzących się na styku materiału z podłożem.

Badania przeprowadzono w ramach dwóch projektów z programu Horyzont 2020. Projekt GOTSolar jest realizowany w programie FET-Open – to jeden z najbardziej prestiżowych grantów przyznawanych wielonarodowościowym konsorcjom naukowo-badawczym na rozwój przełomowych technologii na wczesnym etapie rozwoju, kluczowych dla przyszłości. Celem projektu GOTSolar jest wytworzenie nowej generacji wydajnych i stabilnych perowskitowych ogniw słonecznych zarówno w skali laboratoryjnej, jak i przemysłowej. Z kolei indywidualne stypendia badawczo-szkoleniowe Marii Skłodowskiej-Curie (MSCA IF) to prestiżowe granty przyznawane młodym naukowcom na badania w ramach stażu doktorskiego.

Informacja prasowa zrealizowana ze środków europejskiego grantu ERA Chairs w ramach programu Horizon 2020.

Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (<http://www.ichf.edu.pl/>) został powołany w 1955 roku jako jeden z pierwszych instytutów chemicznych PAN. Profil naukowy Instytutu jest silnie powiązany z najnowszymi światowymi kierunkami rozwoju chemii fizycznej i fizyki chemicznej. Badania naukowe są prowadzone w dziewięciu zakładach naukowych. Działający w ramach Instytutu Zakład Doświadczalny CHEMIPAN wdraża, produkuje i komercjalizuje specjalistyczne związki chemiczne do zastosowań m.in. w rolnictwie i farmacji. Instytut publikuje około 200 oryginalnych prac badawczych rocznie.

#### **KONTAKT:**

prof. dr hab. inż. **Janusz Lewiński**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie  
Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej  
tel. +48 22 3432076  
email: [lewin@ch.pw.edu.pl](mailto:lewin@ch.pw.edu.pl)

mgr inż. **Marcin Sasaki**  
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie  
tel. +48 22 3432077  
email: [msaski@ichf.edu.pl](mailto:msaski@ichf.edu.pl)

#### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

1. „Reduction in the Interfacial Trap Density of Mechanochemically Synthesized MAPbI<sub>3</sub>”  
D. Prochowicz, P. Yadav, M. Saliba, M. Sasaki, S. M. Zakeeruddin, J. Lewiński, M. Grätzel  
ACS Applied Materials & Interfaces, 2017, 9 (34), pp 28418–28425  
DOI: 10.1021/acsami.7b06788

#### **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://www.gotsolar.eu/>  
Strona projektu GOTSolar.

<http://ipi.epfl.ch/>  
Strona zespołu prof. Michaela Grätzela – Laboratory of Photonics and Interfaces EPFL.

<http://lewin.ch.pw.edu.pl>  
Strona zespołu prof. Janusza Lewińskiego.

<http://www.ichf.edu.pl/>  
Strona Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk.

<http://www.ichf.edu.pl/press/>  
Serwis prasowy Instytutu Chemii Fizycznej PAN.

<http://www.ichfdlafirm.pl/>  
Oferta Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk skierowana do przedsiębiorców i przemysłu.

#### **MATERIAŁY GRAFICZNE:**

**ICHF171107b\_fot01s.jpg**

**HR:** [http://ichf.edu.pl/press/2017/11/ICHF171107b\\_fot01.jpg](http://ichf.edu.pl/press/2017/11/ICHF171107b_fot01.jpg)

Laboratoryjne ogniwa fotowoltaiczne, pracujące na materiałach perowskitowych otrzymanych mechanochemicznie, efektywniej przekształcają energię słoneczną na elektryczną. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)