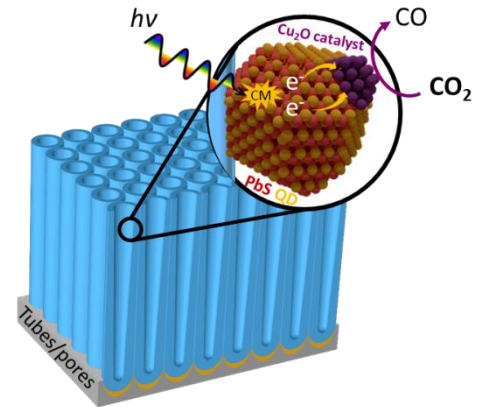


Wspomagana światłem redukcja CO₂ na nanostrukturalnych elektrodach charakteryzujących się zaawansowanym zarządzaniem fotonami (SOLAFAME)

Nadszedł czas żebyśmy zajęli się naszą planetą. Działania ludzkości doprowadziły do drastycznych zmian środowiska naturalnego. Wzrost średniej dziennej temperatury, zanieczyszczenie powietrza oraz ogromne ilości plastiku pływającego w oceanach w znaczący sposób wpływają nie tylko na stan zdrowia ludzi, ale i na różnorodność biologiczną. Biorąc pod uwagę te niepokojące skutki oraz rosnącą świadomość społeczeństwa, podjęto działania zarówno natury społecznej jak i legislacyjnej, aby przeciwstawić się dewastacji naszej planety. Wśród wielu rozwiązań największą uwagę należy poświęcić na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do produkcji paliw oraz surowców chemicznych, tak, aby osiągnąć cel UE, jakim jest wprowadzenie niskoemisyjnej gospodarki do 2050 roku. Obecnie stosowane ogniwa krzemowe, elektrownie wodne czy turbiny wiatrowe to zaawansowane technologie, ale ich możliwości zaspokajania zapotrzebowania na energię są ograniczone. Chcąc spełnić obietnice dotyczące produkcji paliw ze źródeł odnawialnych, musimy nauczyć się jak przeprowadzać reakcje chemiczne wymagające dużych nakładów energii poprzez zastosowanie nowych rozwiązań. Ze względu na swoje unikalne właściwości, nanomateriały mogą stawić czoła tym wyzwaniom. Możliwość manipulowania procesami fotofizycznymi i katalitycznymi oparta o projektowanie geometrii materiału, może być wykorzystana do wydajnej produkcji paliwa poprzez utlenianie wody w połączeniu z redukcją CO₂ („sztuczna fotosynteza”).



Żeby produkcja paliw z wykorzystaniem promieniowania słonecznego stała się rzeczywistością, skomplikowane procesy związane z redukcją CO₂ (CO₂red) wymagają dalszych badań. Obecne wyzwania dotyczą mechanizmu redukcji z udziałem wielu elektronów, konkurencyjnej reakcji wydzielania wodoru, ograniczonej rozpuszczalności CO₂ w wodzie i wiązania C=O (energia 750 kJ·mol⁻¹). Partnerzy konsorcjum, na które składają się dwie doświadczalne grupy badawcze z FAU i IMP PAN, proponują modułowe podejście do projektowania oddzielnych fotoelektrod dedykowanych do redukcji CO₂ oraz utleniania wody (H₂Ooxid) i połączenia ich w urządzeniu działającym w oparciu o tzw. „schemat Z”, w którym dwie absorbujące światło warstwy znajdują się naprzeciwko siebie. W ramach tego projektu proponujemy wykorzystanie wysoce uporządkowanych substratów, które po modyfikacji, będą stanowiły zaawansowane fotoelektrody do reaktora napędzanego energią słoneczną.

Jedną z innowacji SOLAFAME będzie wykorzystanie procesu zwielokrotnienia nośników ładunku. Proces ten polega na konwersji pojedynczego wysoce energetycznego elektronu (oraz towarzyszącej mu tzw. „dziury”) na dwa elektrony o niższej energii. Do prowadzenia procesu redukcji CO₂ planujemy wykorzystać właściwości kropek kwantowych (QD) aby wygenerować większą gęstość elektronów z wykorzystaniem zwielokrotnienia nośnika. W ten sposób rozwiążemy problem związany z wieloelektronową ścieżką reakcji niezbędną by doprowadzić do redukcji CO₂ przy użyciu katalizatora jakim będzie Cu lub Cu₂O. Kolejnym osiągnięciem będzie zintegrowanie układu QD/katalizator w porach wysoce uporządkowanej matrycy otrzymanej na drodze anodyzacji. Taka geometria pozwoli na rozwinięcie powierzchni dostępnej dla reakcji o kilka rzędów wielkości omijając w ten sposób problem ograniczonego stężenia CO₂ w wodzie. Natomiast, reakcja utleniania wody będzie zachodziła na komplementarnej elektrodzie złożonej z nanorurek TiO₂ pokrytych warstwą o grubości atomu, w skład której wejdzie absorber światła Sb₂S₃ oraz katalizator Ir/V₂O₅. Obie elektrody będą wykorzystywać nie tylko właściwości naniesionych materiałów, ale również wysoki stopień uporządkowania podłoża, co ułatwi optymalną absorpcję światła oraz transport ładunku. W ramach projektu zweryfikujemy zwiększoną wydajność całego systemu składającego się z obu zoptymalizowanych elektrod wykazujących komplementarne właściwości optyczne. W celu zwiększenia potencjału napędzającego reakcję, fotoelektrody zostaną połączone w ogniwo tandemowe.

Zastosowane przez nas środowisko o neutralnym pH zapewni odpowiednie dopasowanie poziomów energetycznych fotoelektrod oraz zaawansowaną kontrolę nad:

- wzmocnieniem absorpcji światła – przez zmianę grubości warstwy absorbera i wymiarów nanorurek lub porów oraz
- kształtem widma absorpcji – poprzez dostosowanie wielkości QD lub stechiometrii materiałów.

Dzięki zestawieniu wyników otrzymanych na podstawie kompleksowej charakterystyki fizykochemicznej (w tym czasowo-rozdzielczej spektroskopii czy pomiarów in-situ spektroelektrochemicznych) oraz z badań wydajności fotokonwersji CO₂ z użyciem ogniwa tandemowego zbudowanego w skali laboratoryjnej, pokonamy ograniczenia rozwiązań dotychczas proponowanych dla „sztucznej fotosyntezy”.