

W erze rosnących wyzwań związanych z zapotrzebowaniem na energię połączonych z jednoczesną ochroną środowiska naturalnego, idea fotokatalitycznego wytwarzania wodoru na szeroką skalę jest bez wątpienia jednym z największych i jednocześnie najbardziej fascynujących wyzwań naukowych, które mogą doprowadzić do kolejnej bezprecedensowej rewolucji technologicznej w XXI wieku. Inaczej niż w przypadku konwencjonalnej katalizy, w której zajście przemian chemicznych wymaga udziału wysokiej temperatury, ciśnienia lub zastosowania zewnętrznego pola elektrycznego, fotokatalizatory absorbują fotony i transformują ich energię w energię potrzebną do zajścia reakcji chemicznych. Pośród wszystkich dostępnych źródeł największe zasoby energii są dostarczane przez Słońce. Średnia ilość energii dostarczanej codziennie do powierzchni Ziemi ze Słońca wynosi ok. 10^{22} J co w przybliżeniu pokrywa roczne globalne zapotrzebowanie ludzkości. Dlatego też energia słoneczna posiada największy potencjał do jego zaspokajania, zakładając zrównoważony rozwój i przyjazne dla środowiska metody jej przetwarzania. Wodór jest powszechnie uważany za najbardziej obiecujące paliwo przyszłości i potencjalnie idealny nośnik energii ze względu na najwyższą energię grawimetryczną i zerową emisję dwutlenku węgla. Niemniej jednak, zanim nasz świat będzie mógł zmierzyć się z nowym scenariuszem rozwoju energetyki, należy stawić czoła kilku wyzwaniom. Najważniejszym z wyzwań jest realizacja wydajnego procesu wytwarzania H_2 , który spełni oczekiwania przemysłu. Taki proces powinien zapewniać długoterminowe dostawy H_2 i uwzględniać kwestie środowiskowe, takie jak minimalizacja lub całkowita eliminacja wszelkich produktów ubocznych (odpadowych), ze szczególnym uwzględnieniem CO_2 lub jakiegokolwiek innego gazu cieplarnianego.

Zlokalizowany powierzchniowy rezonans plazmonowy (LSPR) to zjawisko fizyczne, które można opisać jako kolektywne oscylacje swobodnych elektronów na powierzchni nanomateriału przewodzącego wywołane padającą falą elektromagnetyczną. Niedawno wykazano, że reakcje chemiczne wspomagane LSPR w fazie gazowej mogą osiągnąć niezwykle wysoką wydajność kwantową, nawet o dwa rzędy wielkości wyższą niż typowe wartości podawane dla konwencjonalnej fotokatalizy. Ponadto reakcje chemiczne wspomagane LSPR mogą być prowadzone w stanie wzbudzonym molekuł, przewyżczając ograniczenia termodynamiczne bardzo trudnych i niezwykle ważnych endotermicznych reakcji, takich jak reforming metanu. To z kolei otwiera drogę do opracowania wysokowydajnej i zrównoważonej technologii wytwarzania H_2 opartej na (termo)fotokatalizie wzmocnionej efektem LSPR.

Aerożele to zróżnicowana klasa porowatych, przezroczystych materiałów, które wykazują unikatowy wachlarz ekstremalnych właściwości. Aerożele ze względu na swoją porowatość sięgającą 99% są najlżejszymi znanymi ludzkości materiałami stałymi. Monolity aerożelowe są zdolne do pułapkowania światła i ciepła, dlatego oczekuje się, że osadzenie nanocząstek (NPs) plazmonowych w ich strukturze pozwoli na osiągnięcie jeszcze wyższej wydajności kwantowej i aktywności (termo)fotokatalitycznej takich hybrydowych układów.

Zainspirowani ostatnimi postęпами w fotochemii plazmonowej, a także naszą pierwszą udaną syntezą układów aerożel–NPs plazmonowe, zamierzamy zaprojektować, wytworzyć i zademonstrować działanie takich nowatorskich struktur hybrydowych do zrównoważonej produkcji H_2 z nośników wodoru w fazie gazowej. **Głównym celem proponowanego projektu jest stworzenie, przezroczystych monolitów aerożelowych zawierających plazmonowe NPs, które umożliwią wysokowydajną (termo)fotokatalityczną produkcję H_2 .** Aby osiągnąć ten cel, zamierzamy zbadać korelacje między składem chemicznym i fazowym aerożelu, jego morfologią, odpowiedzią plazmonową NPs oraz wydajnością (termo)fotokatalityczną w warunkach symulujących światło słoneczne. Będziemy badać złożoną fizykę i chemię związaną z interakcją pomiędzy LSPR a optycznie aktywną strukturą aerożelu przy użyciu kombinacji zaawansowanych technik eksperymentalnych i narzędzi teoretycznych. Ostatecznie zademonstrujemy wydajność naszych nowych układów, przeprowadzając fotokatalityczny reforming metanu jako reakcję modelową.

Jesteśmy przekonani, że wyniki uzyskane w ramach tego projektu pozwolą poszerzyć stan wiedzy w zakresie (termo)fotokatalitycznej produkcji wodoru, jak również będą miały silny wpływ na rozwój dziedzin inżynierii materiałowej, chemii fizycznej oraz fotokatalizy heterogenicznej. Wierzmy również, że wyniki badań podstawowych przeprowadzonych w tym projekcie pomogą stworzyć podstawy dla skalowalnej i ekonomicznie uzasadnionej technologii (termo)fotokatalitycznej produkcji H_2 z fazy gazowej na dużą skalę. Jest to kluczowy czynnik dla pomyślanej realizacji „zielonej” i zrównoważonej gospodarki opartej na wodrze.