

Głównymi źródłami energii na Ziemi są gaz i węgiel. Należą one jednak do surowców nieodnawialnych co oznacza, że ich złoża w niedalekiej przyszłości mogą ulec wyczerpaniu. Poza tym, podczas procesu ich przetwarzania, do atmosfery emitowane są duże ilości CO₂, co stanowi jedną z przyczyn zmian klimatycznych, m.in. globalnego ocieplenia. Dlatego też na świecie prowadzone są intensywne badania, celem których jest opracowanie metod przetwarzania energii słonecznej w energię elektryczną lub chemiczną. Oszacowano, że energia słoneczna dochodząca rocznie do powierzchni Ziemi wynosi ok. $3 \cdot 10^{24}$ J co jest ilością wystarczającą, by pokryć roczne zużycie energii przez wszystkich jej mieszkańców. Problemem jest natomiast przetwarzanie i magazynowanie energii. Jednym ze sposobów wykorzystania energii słonecznej jest proces fotokatalitycznej degradacji zanieczyszczeń organicznych wody i powietrza, natomiast jej magazynowanie może się odbywać poprzez fotorozkład wody do wodoru i tlenu, które mogą być magazynowane i wykorzystywane jako paliwa. Procesy te odbywają się z wykorzystaniem nieorganicznych lub organicznych półprzewodników, w których po oświetleniu promieniowaniem o odpowiedniej energii następuje wytworzenie par elektron-dziura. Wytworzone w ten sposób nośniki ładunku mogą ulec zubożeniu (rekombinacji), lub wziąć udział w reakcjach przebiegających na powierzchni półprzewodnika. Proces rekombinacji wpływa bardzo niekorzystnie na efektywność procesu katalitycznego i dlatego dąży się do jego wyeliminowania. Innym ważnym warunkiem dobrej aktywności fotokatalitycznej układu jest także usytuowanie krawędzi pasm energetycznych półprzewodników, by fotowgenerowane elektrony i dziury miały jak największy potencjał redukujący i utleniający. By spełnić te warunki opracowuje się nowe układy i proponuje nowatorskie rozwiązania.

Bardzo ciekawym i obiecującym podejściem zaproponowanym w literaturze w ostatnich latach, jest wzorowany na procesach fotosyntezy tzw. fotokatalityczny schemat-Z. Układ pracujący wg tego schematu składa się z dwóch aktywnych w świetle widzialnym półprzewodników o takim usytuowaniu pasm przewodnictwa i walencyjnego, które pozwala na kontrolowaną rekombinację par elektron-dziura o mniejszych zdolnościach redukujących i utleniających. Dzięki temu w jednym z półprzewodników pozostają elektrony zdolne do redukcji jonów wodorowych lub tlenu (do aktywnych katalitycznie rodników nadtlenkowych), natomiast w drugim pozostają dziury, które mogą utlenić grupy hydroksylowe do aktywnych rodników hydroksylowych, a także prowadzić do utlenienia wody z wydzielaniem tlenu.

Pomimo, że fotokatalizatory o schemacie-Z wykazują bardzo duży potencjał aplikacyjny i dają nadzieję na rozwiązanie problemów dotyczących wydajnego przetwarzania energii słonecznej, ich dogłębne poznanie i rozwój są wciąż na etapie początkowym. Problemem jest brak wyników kompleksowych badań nad procesami międzyfazowego przeniesienia ładunku i rekombinacji w tych dość skomplikowanych, bo trójskładnikowych układach hybrydowych. Badania te są nieodzowne do uzyskania lepszej wydajności fotokatalitycznej i dalszego rozwoju w tej dziedzinie. Ten fakt był dla nas motywacją do zaproponowania szeroko zakrojonych badań w ramach niniejszego projektu, ukierunkowanych na wyznaczenie parametrów kinetycznych procesów separacji i transportu ładunku oraz reakcji przebiegających na granicy faz półprzewodnik-roztwór oraz korelację tych parametrów z metodami syntezy składników układu, jego właściwościami fizykochemicznymi i aktywnością fotokatalityczną. Badania zostaną przeprowadzone dla kilku układów składających się z dwóch półprzewodników nieorganicznych i polimerowych aktywnych w świetle widzialnym oraz stałego mediatora w postaci nanocząstek metali lub kropek węglowych, który ułatwi kontrolowaną rekombinację niepożądanych w układzie par e-h. Będą one ukierunkowane na zweryfikowaniu roli stałego mediatora oraz wzajemnego usytuowania pasm energetycznych obu półprzewodników.

Wszystkie wytworzone składniki oraz układ hybrydowy zostaną kompleksowo scharakteryzowane przy użyciu metod mikroskopowych (SEM, HR-TEM), spektroskopowych (UV-Vis, FTIR, XPS) i rentgenowskich (XRD, EDX) oraz badań teoretycznych metodami DFT. Dynamika przeniesienia ładunku zostanie zbadana z zastosowaniem metod elektrochemicznych i spektroskopowych (pomiarów fotoprądu i fotopotencjału w funkcji czasu, pomiarów impedancyjnych fotopotencjału i fotoprądu z modulowaną intensywnością światła, elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej, femtosekundowej przejściowej spektroskopii absorpcyjnej i fotoluminescencji czasowo-rozdzielczej). Przeprowadzone zostaną testy aktywności fotokatalitycznej wytworzonych układów hybrydowych w reakcjach fotodegradacji modelowych związków organicznych (4-chlorofenolu i barwników) oraz reakcji fotokatalitycznego rozkładu wody.

Wyniki uzyskane w trakcie realizacji niniejszego projektu pomogą w przezwyciężeniu problemu wciąż niesatysfakcjonującej wydajności katalitycznej dotychczas opracowanych układów o schemacie-Z.

Przeprowadzone badania umożliwią sformułowanie bardziej ogólnych wniosków na temat półprzewodnikowych układów hybrydowych. Wiedza na ten temat jest kluczowa w projektowaniu nowych, niedrogich i nietoksycznych fotokatalizatorów o dużej skuteczności w fotorozkładzie zanieczyszczeń organicznych i produkcji paliw pod wpływem światła widzialnego.