

Paliwa kopalniane takie jak węgiel, ropa oraz gaz są cały czas dominującymi źródłami energii. Jednakże, ich zasoby są ograniczone, nie są dostępne w każdym zakątku Ziemi, a poprzez uwalnianie przy spalaniu szkodliwe gazy powodują ogromne skażenie środowiska. Presja na ograniczenie naszego uzależnienia od nieprzyjaznych środowisku i przyczyniających się do globalnego ocieplenia paliw kopalnianych jest coraz silniejsza. Liczne państwa podjęły już kroki zmierzające do alternatywnych źródeł energii. Obecnie około 20% światowego zapotrzebowania na energię pochodzi ze źródeł odnawialnych. Spośród odnawialnych źródeł energii energia słoneczna jest najczystsza i najbardziej dostępna. Światło słoneczne niesie ze sobą zaskakująco dużą ilość energii. Po przebyciu setek kilometrów w atmosferze Ziemi na jeden metr kwadratowy powierzchni w pogodny dzień pada średnio tyle energii słonecznej, która wystarczyłaby do działania średniej wielkości komputera – pod warunkiem, że cała energia zostałaby wychwycona i przetworzona na energię elektryczną. Technologie fotowoltaiczne obecnie przetwarzają niewielką ilość tej energii, ale niewątpliwie będą się rozwijać w najbliższej przyszłości. W ogniwie słonecznym światło jest absorbowane i przetwarzane w energię elektryczną poprzez efekt fotoelektryczny. Wydajność tej konwersji zależy od właściwości użytego absorbentu.

W ostatniej dekadzie pojawiły się nowe materiały, organiczno-nieorganiczne halogenki ołowiove o strukturze perowskitu, jako doskonałe absorbenty do zastosowań fotowoltaicznych. W ciągu 7 lat od pierwszego doniesienia na ten temat perowskitowe ogniwa słoneczne zanotowały błyskawiczny wzrost efektywności konwersji energii słonecznej do ponad 22%. Ten bezprecedensowy postęp oraz łatwość i niskie koszty wytwarzania takich ogniw są silną motywacją do dalszych badań w tej dziedzinie. Jednak w drodze do praktycznych zastosowań pewną przeszkodę może stanowić toksyczność związków ołowiu oraz ich stabilność chemiczna. Dlatego obecnie obserwujemy pogoń za alternatywnymi, nietoksycznymi i stabilnymi absorbentami. Jedną ze stosowanych metod jest inżynieria nowych materiałów poprzez domieszkowanie i podstawienie chemiczne. To podejście prowadzi jednak zazwyczaj do pewnej niejednorodności chemicznej i strukturalnej, co ogranicza kontrolę nad pożądanymi właściwościami materiału. Badania ciśnieniowe proponowane w tym projekcie są wolne od tej niedogodności. Wysokie ciśnienie może zmieniać długości wiązań i kąty pomiędzy nimi bez ingerencji chemicznej. Takie indukowane zmiany strukturalne modyfikują strukturę elektronową kryształu, a więc ciśnienie daje możliwość precyzyjnej zmiany podstawowych właściwości fotowoltaicznych materiału, takich jak przerwa energetyczna, czy droga dyfuzji ładunku.

Głównym celem tego projektu jest zbadanie wszystkich aspektów wpływu ciśnienia na strukturę i właściwości fizyczne materiałów perowskitowych do zastosowań w ogniwach słonecznych oraz w innych optoelektronicznych urządzeniach. Planujemy wykonanie wysokociśnieniowych eksperymentów dla hybrydowych organiczno-nieorganicznych oraz całkowicie nieorganicznych halogenków o strukturze perowskitu, które obecnie należą do najgorętszych tematów w takich dziedzinach jak fizyka i chemia ciała stałego oraz nauka o materiałach. Poprzez zastosowanie dyfrakcji promieniowania X na kryształach ściśkanych w kowadłach diamentowych oczekujemy uzyskania precyzyjnej informacji o zmianie parametrów strukturalnych pod działaniem ciśnienia hydrostatycznego. Uzyskane wyniki będą korelowane ze zmianami indukowanymi ciśnieniem we właściwościach spektroskopowych, które są istotne dla parametrów fotowoltaicznych i optoelektronicznych.

Dużą część projektu jest poświęcona uważnemu zbadaniu zależności fazowych występujących w metalohalogenkach perowskitowych pod ciśnieniem. Zamierzamy uzyskać nowe dane na temat faz indukowanych ciśnieniem, współistnienia faz oraz amorfizacji materiałów. Takie eksperymentalne dane są niezbędne, ponieważ są one w literaturze albo niedostępne, albo rozpowszechniane są informacje budzące sporo wątpliwości. W szczególności, zamierzamy podjąć pionierskie badania bardzo powolnych przemian indukowanych pod ciśnieniem. Takie przemiany strukturalne, rozciągnięte w czasie na przestrzeni tygodni lub nawet miesięcy, zaobserwowaliśmy ostatnio po raz pierwszy w naszym laboratorium. Przemiany te zachodzą w stosunkowo niskich ciśnieniach i towarzyszą im drastyczne zmiany parametrów optycznych, a więc powinny być szczegółowo zbadane, ponieważ mogą wpływać na zmianę właściwości urządzeń optoelektronicznych. Poznając przy użyciu wysokich ciśnień relacje pomiędzy strukturą i właściwościami materiałów perowskitowych uzyskujemy informacje potrzebne do poszukiwania materiałów nowych chemicznym składzie i lepszej funkcjonalności. Wiarygodne dane strukturalne są kluczowe dla interpretacji relacji struktura-własności oraz teoretycznego modelowania i prognozowania kierunków dalszych badań. Ponadto wykrycie powolnych transformacji w hybrydowych perowskitach pod wpływem ciśnienia otwiera nowy obszar badań. W urządzeniach optoelektronicznych naprężenia mogą być generowane na granicy warstw, przy mechanicznym zgięciu (np. elastycznego wyświetlacza) albo w wyniku zmian temperatury w ekstremalnych warunkach atmosferycznych. Tego typu naprężenia mogą uruchamiać niepożądane zmiany optoelektronicznych charakterystyk w skali czasowej tygodni, czy miesięcy po wyprodukowaniu urządzenia. Można oczekiwać, że projekt dostarczy nowej wartościowej wiedzy na temat perowskitów do zastosowań w fotowoltaice i optoelektronice i będzie motywacją do dalszych badań eksperymentalnych i teoretycznych.