

Rosnące zapotrzebowanie na energię w społeczeństwie o zwiększającej się populacji i rozwijającym się przemyśle kwestionuje obecny model zaopatrzenia energetycznego, który w dużym stopniu opiera się na nieodnawialnych paliwach kopalnych. Jednym z najbardziej obiecujących źródeł odnawialnej energii jest energia słoneczna, która może być bezpośrednio przetwarzana na elektryczność w urządzeniach fotowoltaicznych. Technologia ta jest obecnie zdominowana przez tradycyjne materiały półprzewodnikowe, takie jak krystaliczny krzem (Si) lub arsenek galu (GaAs). Podczas gdy krzemowe baterie słoneczne, już po kilku dekadach badań, osiągnęły wydajność konwersji energii na poziomie 20% , to ogromne koszty produkcji, związane głównie z dużymi kosztami materiałów półprzewodnikowych, znacząco hamują ich wszechstronne stosowanie, a w długoterminowej perspektywie, zastąpienie obecnego modelu opartego na nieodnawialnych źródłach energii.

W odpowiedzi na tę sytuację, zostały podjęte znaczne starania badawcze w celu znalezienia opłacalnej alternatywy takiej jak wydajne, tanie i niezawodne materiały aktywne w bateriach fotowoltaicznych mające zastąpić baterie krzemowe. W ostatnim czasie zaproponowano perowskity metalo-halogenkowe jako materiał aktywny w bateriach słonecznych. Niezrównane tempo wzrostu wydajności perowskitowych baterii słonecznych widoczne jest poprzez wzrost wydajności od 4% z pierwszych demonstracji, do 25% w najnowszych doniesieniach, uzyskując tym samym wydajność na poziomie krzemowych baterii w zaledwie kilka lat. Sprawia to, iż perowskity stanowią najbardziej obiecujący materiał do zastosowań fotowoltaicznych. Perowskity metalo-halogenkowe są jednak nie tylko znakomitymi absorberami światła. W szczególności atomowej grubości nanokryształy, zwane nanopłytkami, okazały się być wysoko wydajnymi emiterami światła w zakresach spektralnych niezwykle interesujących pod kątem zastosowania w urządzeniach emitujących, takich jak wyświetlacze, LED-y itp., zapewniając przy tym niskie zużycie energii i ślad węglowy – cecha bardzo istotna ze względu na wzrost świadomości w kwestii zmian środowiskowych, które czekają nas w nadchodzących latach.

W tym momencie, ich wyjątkowe właściwości emisyjne są jednak niedostatecznie wsparte głębokim zrozumieniem fizycznych mechanizmów odpowiadających za emisję światła. Metalo-halogenkowe perowskity znane są jako jonowe półprzewodniki. Oznacza to, że atomy, z których zbudowany jest kryształ mają tendencję do przyciągania elektronów o znacznie różnej sile. Obecnie podejrzewa się, że ta właściwość jest ściśle związana z wieloma wyjątkowymi właściwościami optycznymi tych materiałów. Silną motywacją do badań w tym projekcie naukowym jest osiągnięcie głębszego zrozumienia mechanizmów fizycznych prowadzących do emisji światła w metalo-halogenkowych perowskitach. Spodziewamy się, że rozpocznie to dodatnie sprzężenie zwrotne, które w końcu doprowadzi do jeszcze większego usprawnienia ich właściwości optycznych.

Aby osiągnąć nasz cel, opracowaliśmy zestaw eksperymentów z zakresu spektroskopii optycznej, aby zrozumieć zachowanie nośników ładunku w tych materiałach: jak silnie oddziałują między sobą i jak silne jest oddziaływanie z siecią krystaliczną perowskitu. Ten aspekt, który jest wyjątkowo widoczny w perowskitach metalo-halogenkowych, wyróżnia je na tle bardziej konwencjonalnych półprzewodników.

Wstępne badania sugerują, że sieć krystaliczna perowskitu reaguje na obecność nośników ładunku poprzez otoczenie ich chmurą polaryzacji. Jest to koncepcyjnie podobne do zasady działania mydła, który składa się z molekuł, otaczających cząsteczki tłuszczu sprawiając, iż mogą się one rozpuszczać w wodzie poprzez proces zwany solwatacją, co umożliwi oczyszczenie ubrań albo naszych ciał.

Nasze badania będą składać się z serii eksperymentów optycznych w różnych warunkach poziomu wzbudzenia, temperatury i pola magnetycznego, żeby zbadać ich wpływ na właściwości optyczne. Wykorzystamy ultrakrótkie impulsy laserowe i będziemy obserwować zależność czasową emisji z nanopłytek perowskitu metalo-halogenkowego, aby ukazać jak obecność efektu solwatacji zmienia emisję w czasie.

Pola magnetyczne, które wykorzystamy są jednymi z najsilniejszych dostępnych dla eksperymentatorów, co pozwoli nam na zrozumienie dynamiki nośników ładunku w tych materiałach. Eksperymenty te pozwolą na ilościowe określenie siły korelacji nośnik-nośnik oraz oszacowanie wpływu efektu solwatacji sieci na właściwości optyczne w perowskitach metalo-halogenkowych.