

W stronę statycznego nieporządku energetycznego perowskitów hybrydowych: podstawowy wskaźnik wydajności cienkowarstwowych struktur optoelektronicznych (PeroDisorder)

Bezprecedensowy wzrost wydajności fotowoltaiki perowskitowej w ostatnich latach wzbudził zainteresowanie badaniami podstawowymi ukierunkowanymi na zrozumienie powodów ich niezwykłych osiągnięć. Obok wyjątkowych właściwości optycznych oraz niskich kosztów produkcji, jedną z kluczowych cech, które czynią hybrydowe organiczno-nieorganiczne perowskity halogenkowe konkurencyjną platformą półprzewodnikową, jest ich niski nieporządek energetyczny, będący odwzorowaniem dobrej jakości krystalicznej i niskiej aktywności defektów. Poziom nieporządku można oszacować na podstawie nachylenia krawędzi absorpcji (pochlania) światła, możliwej do uzyskania za pomocą bardzo czułych metod eksperymentalnych. Badania prowadzone w temperaturze pokojowej są dobrym wskaźnikiem dla wydajności ogniw słonecznych i diod elektroluminescencyjnych, jednak nie dostarczają pełnej informacji o naturze nieporządku materiałowego. Może on wynikać z niedoskonałości kryształu, agregacji sąsiednich atomów lub efektów aktywowanych temperaturą, takich jak wibracje kryształu lub fluktuacje wzbudzonych nośników ładunku.

W ramach tego projektu zamierzamy przeprowadzić systematyczne badania nieporządku energetycznego w hybrydowych perowskitach wykorzystywanych jako nowa klasa materiałów półprzewodnikowych w technologii cienkowarstwowej. Połączenie dwóch metod eksperymentalnych, spektroskopii defleksji fototermicznej (bezkontaktowa) oraz zewnętrznej wydajności kwantowej (na poziomie przyrządów), pozwoli na porównanie właściwości bardzo cienkich warstw (rzędu dziesiątek-setek nanometrów – nawet tysiąc razy cieńszych od ludzkiego włosa) przed i po umieszczeniu pomiędzy przezroczystymi elektrodami, składając się na prototyp przyrządu. Istotnym krokiem będzie przeprowadzenie tych samych eksperymentów przy wyłączeniu wpływu wzbudzeń termicznych poprzez schłodzenie struktur do temperatur kriogenicznych, zgodnych z warunkami panującymi w przestrzeni kosmicznej.

Materiały użyte w projekcie będą wykonane metodami mokrej chemii a także naparowywania termicznego, przypominającego techniki epitaksjalne stosowane w przemyśle półprzewodnikowym. Niektóre z materiałów zostały zoptymalizowane do poziomu umożliwiającego uzyskanie tandemowych ogniw fotowoltaicznych i diod świecących o rekordowej wydajności. Zamierzamy również zbadać wpływ starzenia (utrzymania w stanie działania przez długi czas) przyrządów na nieporządek warstwy aktywnej, gdzie spodziewamy się rozpoznać różnice między potencjalną degradacją samego materiału perowskitowego a pogorszonego transportu nośników ładunku na interfejsie z sąsiadującymi przezroczystymi warstwami przewodzącymi, służącymi jako elektrody. Liczymy na to, że wyniki tego projektu rozszerzą stan wiedzy na temat czynników ograniczających wydajność cienkowarstwowych przyrządów optoelektronicznych opartych o hybrydowe perowskity i jednocześnie wyznaczą kierunki ich przezwyciężenia.