

Możliwość kontrolowania własności półprzewodników za pomocą różnorodnych metod modyfikacji stanowi jedną z przyczyn ich pomyślnego wykorzystywania w wielu praktycznych zastosowaniach. Te metody obejmują łączenie właściwości różnych materiałów poprzez tworzenie związków chemicznych, domieszkowanie kryształów (kontrolowane wprowadzanie bardzo małej ilości innego pierwiastka do sieci macierzystej materiału) oraz wprowadzanie odkształceń, powodujących przemieszczenie jonów względem ich pozycji równowagi, którą przyjmują przy braku zewnętrznych naprężeń mechanicznych. W konwencjonalnych półprzewodnikach wielkość naprężenia, które można wprowadzić, jest na ogół ustalana podczas procesu wytwarzania. Chociaż ostatnio nastąpił znaczny postęp w opracowywaniu metod stosowania rekonfigurowalnych naprężeń do tych materiałów, maksymalna wielkość odkształcenia, które można wprowadzić w konwencjonalnych półprzewodnikach, jest zwykle ograniczona do około 1% poprzez ich granicę sprężystości.

Zastosowanie naprężeń jest szczególnie atrakcyjną metodą modyfikacji dwuwymiarowych (2D) półprzewodników. Materiały te charakteryzują się warstwową strukturą krystaliczną, w której atomy są utrzymywane razem przez silne wiązania w płaszczyźnie warstwy, podczas gdy warstwy są połączone jedynie słabymi oddziaływaniami van der Waalsa. Ta osobliwa struktura krystaliczna pozwala na mechaniczne rozdzielanie kryształów objętościowych w celu uzyskania płatków o grubości od kilku do kilkudziesięciu nanometrów. Ich bardzo mała grubość sprzyja uzyskaniu dużych odkształceń przed osiągnięciem progu pęknięcia. Ponadto, materiały 2D wykazały doskonałą wytrzymałość mechaniczną i elastyczność, co pozwala im wytrzymać bardzo duże odkształcenia. Tym samym, poprzez przyłożenie zewnętrznych naprężeń, można istotnie wpłynąć na właściwości tych materiałów. W szczególności, odkształcenie powoduje odwracalne zmiany własności elektronowych, optycznych oraz drgań sieci krystalicznej.

Perowskity halogenowo-ołowiowe są wschodzącą klasą półprzewodników. Materiały te mają strukturę krystaliczną, która składa się z trójwymiarowej sieci połączonych ze sobą ośmiościanów halogenkowo-ołowiowych. Zostały one wstępnie zbadane pod kątem ich doskonałych właściwości optoelektronicznych i wyjątkowej wydajności jako warstwy absorbujące światło w panelach słonecznych. Jednak perowskity metalo-halogenkowe są nie tylko bardzo dobrymi absorberami, ale również dobrymi emiterami światła, o czym świadczy ich zastosowanie w urządzeniach takich jak wyświetlacze, diody elektroluminescencyjne i lasery. Jedną z wad perowskitów z halogenkiem ołowiu jest ich ograniczona stabilność w warunkach atmosferycznych. Poprzez włączenie do struktury krystalicznej długich łańcuchów kationów organicznych można zsyntetyzować próbki, w których warstwy ośmiościanów oddzielone są organicznymi separatorami. Materiały te, zwykle określane jako perowskity warstwowe lub dwuwymiarowe, charakteryzują bardzo dużą energią wiązania ekscytonów oraz bogatą, nie do końca poznaną fizyką. Ostatnio syntezainnych materiałów warstwowych, zwanych chalkohenolanami srebra została zademonstrowana. Te materiały są również półprzewodnikami o właściwościach emisyjnych w niebieskim obszarze widma widzialnego i charakteryzują się znacznie poprawioną stabilnością w porównaniu do perowskitów 2D.

Pomimo sukcesu perowskitów w zastosowaniach optoelektronicznych, odkształcenia nie były dotąd stosowane do modyfikowania właściwości perowskitów warstwowych. Ze względu na niedawną syntezę chalkogenolanów srebra, eksperymenty, w których chalkogenolany srebra są poddawane naprężeniu, nie zostały jeszcze podjęte. W ramach tego projektu chcemy zbadać wpływ jednoosiowych odkształceń mechanicznych na właściwości optoelektroniczne tych materiałów. W szczególności, proponujemy wprowadzanie odkształceń mechanicznych i zbadanie, w jaki sposób mogą one pomóc w kontrolowanym dostrojeniu energii emisji, częstotliwości modów wibracyjnych, sprzężenia między siecią a wzbudzeniami elektronowymi, oraz jak wpływają na transport nośników ładunku. Aby osiągnąć te cele, wykorzystamy zestaw eksperymentów spektroskopii optycznej, które zostaną przeprowadzone z użyciem specjalnie opracowanych urządzeń do przykładania naprężeń zewnętrznych do cienkich płatków warstwowych perowskitów. Zbadamy, w jaki sposób obecność odkształcenia wpłynie na widma optyczne i dynamikę rekombinacji wzbudzeń elektronowych. Wyniki uzyskane w ramach tego projektu będą stanowić pierwszą demonstrację możliwości kontrolowania własności optoelektronicznych warstwowych perowskitów za pomocą odkształceń mechanicznych.