

Perowskity metalohalogenkowe są od niedawna „gorącym” tematem w dziedzinie optoelektroniki. Ta nowa klasa materiałów znana jest szczególnie ze spektakularnej kariery w fotowoltaice, gdzie osiągnęła niespotykany dotąd wzrost wydajności konwersji fotonów, z 12% do 25% w ciągu zaledwie dekady rozwoju. Oprócz konkurencyjnej wydajności, materiały te oferują łatwe i tanie metody wytwarzania, dając również możliwość projektowania elastycznych urządzeń. Jednakże, ograniczona stabilność tych związków przez długi czas hamowała wydajność perowskitowej optoelektroniki, uniemożliwiając ujawnienie jej pełnego potencjału. Jednym z takich problemów jest zjawisko segregacji fazowej, proces zachodzący w związkach będących mieszaninami halogenków, pod wpływem dostarczanej z zewnątrz energii (światła lub prądu elektrycznego). Proces ten powoduje wytrącanie się monohalogenkowych domen, efektywnie wychwytyjących wzbudzone światłem nośniki ładunku z całej warstwy materiałów. Domeny te charakteryzują się obniżoną wartością krytycznego parametru – przerwy energetycznej, co skutkuje zmniejszeniem napięcia operacyjnego, prowadząc do strat energetycznych. W fotowoltaicznym wyścigu o sprawność liczy się każdy procent, dlatego podjęto duży wysiłek badawczy, aby znacząco ograniczyć zjawiska segregacji fazowej. Ostatnio udało się to z powodzeniem osiągnąć poprzez drobiazgową regulację składu chemicznego związków perowskitowych.

Dobre absorbery światła są zazwyczaj dobrymi emiterami - i jest to prawdą również w przypadku perowskitów metalohalogenkowych. Jednak technologia emisji światła na bazie materiałów perowskitowych w porównaniu z fotowoltaiką jest na znacznie wcześniejszym etapie rozwoju. W uproszczeniu, urządzenia emitujące światło w warunkach operacyjnych muszą radzić sobie z większą gęstością energii niż ich fotowoltaiczne odpowiedniki, co jest zbyt dużym obciążeniem dla obecnie znanych materiałów perowskitowych. Koszmar dla fotowoltaiki okazuje się jednak świetnym emiterem, gdyż po przejściu segregacji fazowej warstwy perowskitowe zwiększają intensywność emisji światła nawet do 15 razy. Emisja ta zachodzi poprzez domeny o niskiej przerwie, które tworząc się tylko w pobliżu oświetlanej powierzchni i stanowiąc mniej niż 2% całkowitej objętości warstwy perowskitowej, odpowiadają za ponad 90% całkowitej emisji światła. Gdyby udało się wykorzystać ten efekt w urządzeniu, można by utrzymać określone parametry pracy przy ograniczeniu czynników wzbudzających emisję, co poprawiłoby żywotność urządzeń.

Celem projektu jest obalenie paradygmatu o "wyłącznie pasożytniczej" roli zjawiska segregacji fazowej w perowskitach, wykorzystując je do poprawy wydajności perowskitowych źródeł światła. Dokładnie zbadamy to zjawisko, zwłaszcza dla emisji w widzialnym, zielonym zakresie spektralnym, istotnym dla codziennych zastosowań. Zbadamy, jakie metody chemiczne można zastosować dla lepszej kontroli procesu segregacji fazowej i jej długotrwałej stabilizacji bez utrzymywania bodźców zewnętrznych, aby przybliżyć ją do zastosowań w rzeczywistych urządzeniach. Zaprezentujemy również lasery, w których emiterami będą wyłącznie domeny o niskiej przerwie energetycznej. Spodziewamy się, że wysoka koncentracja nośników w obszarze rozdzielonych przyczyni się do obniżenia progu laserowania, co może prowadzić do wydłużenia czasu życia i stabilności pracy urządzeń. W ten sposób zjawisko kojarzone dotychczas ze stratami energii w ogniwach słonecznych zyska praktyczne zastosowanie jako potencjalny sposób komercjalizacji perowskitowych źródeł światła.