

Nanokryształy półprzewodnikowe to małe cząstki, które stosunkowo łatwo można zsyntetyzować w cieczy. Ich średnice wahają się w granicach między 2 i 8 nm, czyli są ok. 10000 razy mniejsze niż średnica włosa. Rozmiar determinuje ich właściwości optyczne, a rozmiarem można w prosty sposób sterować kontrolując czas reakcji. W ten sposób badacze potrafią sterować barwą światła emitowanego i absorbowanego przez nanokryształy. Możliwości łatwej “mokrej” syntezy i kontrolowania właściwości widmowych sprawiły, że nanokryształy są intensywnie badane ze względu na potencjalne zastosowania w urządzeniach optoelektronicznych, np. wyświetlaczach lub bateriach słonecznych, a także w medycynie do znakowania pojedynczych komórek lub tkanek. Problem z realizacją tych zastosowań bierze się stąd, że najlepiej poznane nanokryształy zbudowane są z selenku kadmu lub siarczku ołowiu. Jony kadmu i ołowiu są wysoce toksyczne i w konsekwencji zastosowanie tych materiałów w urządzeniach dnia codziennego jest bardzo ograniczone przez prawo międzynarodowe. Potrzebne są zatem badania alternatywnych nietoksycznych materiałów i określenie w jak sterować ich właściwościami optycznymi.

W ramach niniejszego projektu zsyntetyzujemy i zbadamy nanokryształy trójskładnikowe, opisane wzorem chemicznym ABX_2 , gdzie A to zwykle miedź lub srebro, B to ind, gal, glin lub żelazo, a X (w wypadku proponowanych badań) to siarka. Nanokryształy z tych materiałów są zatem zbudowane nie tylko z pierwiastków nietoksycznych, ale jednocześnie z takich które obficie występują w skorupie ziemskiej. Dzięki temu idealnie nadają się do zastosowań w urządzeniach dnia codziennego. Tymczasem właściwości nanokryształów z ABX_2 są stosunkowo słabo poznane i słabo zrozumiane. Nawet w przypadku najczęściej badanego materiału, $CuInS_2$, nie ma wśród badaczy zgody co do mechanizmu emisji światła.

W ramach tego projektu przeprowadzimy kompleksowe badania właściwości optycznych nanokryształów z różnych materiałów ABX_2 i ustalimy, jakie procesy są odpowiedzialne za emisję światła. W tym celu będziemy badać dynamikę wzbudzonych światłem elektronów, badać właściwości spektroskopowe w temperaturze ciekłego helu i analizować strumienie światła emitowane przez pojedyncze nanokryształy. Badania te będą wymagały laserów emitujących ultrakrótkie impulsy światła — trwające krócej niż jedna miliardowa sekundy, oraz ultraczułych detektorów — potrafiących rejestrować czasy nadejścia pojedynczych fotonów. Nasze eksperymenty wesprzemy obliczeniami teoretycznymi, które pozwolą nam wyznaczyć energie stanów w nanokryształach, budowanych na potrzeby tych obliczeń atom po atomie. Rachunki te będziemy wykonywać na wysokowydajnych komputerach dużej mocy. Połączenie badań doświadczalnych i teoretycznych pozwoli nam określić, jak rozmiar, struktura krystaliczna, skład chemiczny oraz otoczenie wpływają na właściwości optyczne nanokryształów z ABX_2 . W wyniku tych badań będziemy potrafili zaproponować strategię optymalizacji właściwości optycznych badanych materiałów pod kątem konkretnych zastosowań.

W drugiej części projektu wykorzystamy zdobytą wiedzę by zbadać możliwości sterowania tym, jak nanokryształy z ABX_2 absorbują światło. Ponieważ zużycie energii elektrycznej na całym świecie szybko rośnie, konieczne jest poszukiwanie nowych, bezpiecznych i wydajnych źródeł energii. Dzisiejsze baterie słoneczne konwertują energię słoneczną na elektryczną w sposób dość niewydajny: tylko fotony o określonej energii są używane do produkcji elektryczności. W ramach niniejszego projektu zbadamy możliwość adaptacji widma słonecznego, aby je dopasować do owej optymalnej wartości energii. Dokładniej rzecz biorąc, będziemy do struktury krystalicznej ABX_2 dodawać małe ilości jonów lantanowców. Jony te mogą konwertować fotony w stronę wyższych lub niższych energii. Zbadamy wydajność tych procesów, aby określić, czy użycie lantanowców jest właściwą drogą do zwiększenia wydajności baterii słonecznych.

Proponowane badania dotyczą względnie słabo poznanej klasy materiałów. Można oczekiwać, iż wyniki uzyskane w ramach niniejszego projektu odbiją się szerokim echem w środowisku badaczy zajmujących się koloidalnymi nanokryształami, a także wyznaczą nowe kierunki poszukiwań ich zastosowań.