

CrSBr: Nowe Horyzonty w Kontroli Magnetycznych-Ekscytonów

Wyobraźmy sobie materiały tak cienkie, że są dwuwymiarowe, a jednocześnie posiadają fascynujące właściwości, takie jak magnetyzm i emisja światła, które możemy kontrolować z niespotykaną precyzją. To jest świat dwuwymiarowych materiałów van der Waalsa – wyznaczających granice w nowoczesnej fizyce, która obiecuje rewolucyjne osiągnięcia w elektronice, optyce, a nawet w komputerach kwantowych. Celem naszego projektu jest poznanie jednego z takich niezwykle ciekawych materiałów: CrSBr, który jest warstwowym półprzewodnikiem o unikalnych właściwościach magnetycznych, które są ściśle powiązane z jego zdolnością do emisji światła.

Od przełomowego odkrycia grafenu świat dwuwymiarowych materiałów rozkwitł gwałtownie, ujawniając metale, półprzewodniki, izolatory i nadprzewodniki, wszystkie w formie atomowych warstw. Bardzo niedawnym, odkryto również magnetyzm w tych niezwykle cienkich warstwach, co przeczyło długo utrzymywanym przekonaniom naukowym. Te dwuwymiarowe magnesy stanowią idealne pole do badania magnetyzmu w jego najbardziej fundamentalnej granicy 2-wymiarów.

W tej rodzinie wyróżnia się CrSBr. Jest to antyferromagnetyk (co oznacza, że jego maleńkie wewnętrzne magnesy układają się w przeciwnych kierunkach między warstwami), ale w przeciwieństwie do wielu innych dwuwymiarowych materiałów magnetycznych, jest on niezwykle stabilny w powietrzu, co czyni go praktycznym do zastosowań w rzeczywistych warunkach. Tym, co czyni CrSBr naprawdę wyjątkowym, jest silne powiązanie między jego stanem magnetycznym a sposobem, w jaki oddziałuje ze światłem. Możemy faktycznie "odczytać" jego konfigurację magnetyczną, po prostu obserwując, jak świeci!

Jednak pomimo jego ogromnego potencjału, nasze zrozumienie właściwości CrSBr związanych z emisją światła – a konkretnie jego "ekscytonów" (maleńkich pakietów energii, które przekształcają się w fotony w procesie emisji światła i są tworzone w procesie absorpcji światła) – jest wciąż na wczesnym etapie. Naukowcy nie są nawet zgodni co do podstawowych właściwości, takich jak siła wiązania tych ekscytonów czy ich interakcja z magnetyzmem materiału. Co najważniejsze, brakuje nam strategii aktywnego kontrolowania tych właściwości za pomocą światła lub pól magnetycznych. Ten projekt ma na celu to zmienić.

Naszym nadrzędnym celem jest fundamentalne zrozumienie i opanowanie unikalnego sprzężenia między stanami magnetycznymi a ekscytonowymi w CrSBr oraz jego chemicznie zmodyfikowanych wersjach (stopy z chlorem, tworzące CrSBr(Cl)). Dążymy do uzyskania bezprecedensowej kontroli nad tymi właściwościami w tym nowatorskim dwuwymiarowym półprzewodniku magnetycznym.

Aby to osiągnąć, przeprowadzimy najnowocześniejsze eksperymenty, w tym badania w niezwykle silnych polach magnetycznych, do 90 Tesli – znacznie silniejszych niż typowe laboratoryjne magnesy. Dzięki tym ambitnym badaniom będziemy:

- **Opracowywać nowe "sondy" optyczne:** Znajdziemy sposoby wykorzystania światła do precyzyjnego mapowania stanów magnetycznych materiału.
- **Ustanawiać nowe metody manipulowania ekscytonami:** Opracujemy techniki kontrolowania zachowania ekscytonów poprzez wykorzystanie porządku magnetycznego materiału.
- **Demonstrować aktywną kontrolę:** Pokażemy, jak aktywnie stroić właściwości magnetyczne i optoelektroniczne w CrSBr, stosując trzy kluczowe podejścia: modyfikację chemiczną (stopowanie z chlorem), stosowanie pól elektrycznych i strukturyzowanie podłoża, na którym materiał się znajduje.

Sukces tego projektu odblokuje ogromny potencjał CrSBr zarówno dla fundamentalnych odkryć naukowych, jak i szerokiego zakresu zastosowań technologicznych, torując drogę do integracji funkcjonalności magnetycznych w świecie przyszłych urządzeń dwuwymiarowych.