

Energy transfer mechanisms in stacks composed of a monolayer transition metal dichalcogenide and a Ruddlesden-Popper 2D perovskite

Mechanizmy przekazu energii w heterostrukturach złożonych z monowarstwy dichalkogenku metalu przejściowego oraz dwuwymiarowego perowskitu Ruddlesden-Popper

Miriam Karpińska

Przez wiele dziesięcioleci heterostruktury (HS) były wykorzystywane do budowy urządzeń o ściśle określonych właściwościach. Początkowo HS wytwarzano głównie technikami epitaksjalnymi, w których materiały składowe musiały posiadać zbliżone wartości stałych sieciowych, co istotnie ograniczało liczbę materiałów, które mogły być użyte razem. Po przełomowym wyizolowaniu grafenu w 2004 roku, nowy rodzaj HS oparty na materiałach van der Waalsa stał się nowym tematem badań. W związku z tym, że w HS van der Waalsa warunek dopasowania stałych sieciowych nie musi być spełniony, okazały się być one doskonałymi kandydatami do nowej generacji urządzeń optoelektronicznych.

Jednym z przykładów procesu istotnego z punktu widzenia przyszłych zastosowań jest przekaz wzbudzenia między warstwami materiałów składowych heterostruktury. Może się on odbywać na drodze przekazu ładunku (CT) lub przekazu energii (ET). Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było zbadanie mechanizmu przekazu wzbudzenia w HS złożonych z dwóch różnych materiałów van der Waalsa - dwuwymiarowych hybrydowych perowskitów organiczno-nieorganicznych i monowarstwowych dichalkogenków metali przejściowych (TMD). Przedstawioną analizę oparto na porównaniu wyników otrzymanych w eksperymentach spektroskopii optycznej z wynikami obliczeń w ramach teorii funkcjonału gęstości (DFT). W tej rozprawie zbadane zostały następujące HS: $\text{PEA}_2\text{PbI}_4/\text{WS}_2$, gdzie PEA oznacza fenyloetyloaminę (PEPI/ WS_2), $\text{PEA}_2\text{PbI}_4/\text{MoSe}_2$ (PEPI/ MoSe_2), oraz $\text{BA}_2\text{PbI}_4/\text{MoSe}_2$, gdzie BA oznacza butyloaminę (BAPI/ MoSe_2).

Przejawy przekazu wzbudzenia w badanych strukturach zostały zaobserwowane w pomiarach fotoluminescencji (PL), odbicia, widm wzbudzenia PL oraz PL rozdzielonej czasowo. Wszystkie doświadczenia przeprowadzono w temperaturze 5 K. CT zaobserwowano monitorując koncentrację nadmiarowych nośników poprzez określenie stosunku intensywności PL ekscytonów naładowanych do ekscytonów neutralnych w TMD. Przejawami ET były rezonanse zaobserwowane w widmach wzbudzenia PL w TMD. Według obliczeń DFT przeprowadzonych na potrzeby tych eksperymentów przez współpracującą grupę z Politechniki w Dreźnie, wszystkie trzy HS wykazują szczególne ułożenie pasm typu II, umożliwiające przekaz dziur i blokujące przekaz elektronów pomiędzy warstwami perowskitu i TMD. Porównując wyniki otrzymane w eksperymencie z wynikami DFT stwierdzono, że w strukturach PEPI/ WS_2 i BAPI/ MoSe_2 zachodzi zarówno CT jak i ET, podczas gdy próbka PEPI/ MoSe_2 wykazywała tylko CT.

Uzyskane wyniki pokazały, że kanał przekazu wzbudzenia w HS złożonych z dwuwymiarowego perowskitu i monowarstwy TMD można otworzyć bądź zamknąć poprzez zastosowanie konkretnych związków organicznych budujących perowskit. Łatwa kontrola przekazu wzbudzenia wskazuje na możliwość wykorzystania tych HS w nowoczesnych, ultracienkich urządzeniach elektronicznych.

Minigun Kerpin'ska