

Spektroskopia kropek kwantowych CdSe/ZnSe z pojedynczymi jonami Fe^{2+}

Tomasz Smoleński

STRESZCZENIE

Praca poświęcona jest spektroskopowym badaniom samorganizowanych kropek kwantowych CdSe/ZnSe zawierających pojedyncze jony Fe^{2+} . System ten należy do szerokiej rodziny kropek domieszkowanych pojedynczymi jonami metali przejściowych. Największą zaletą tych kropek jest możliwość optycznej kontroli nad spinem jonu, który oddziałuje z siecią krystaliczną, ale jest dobrze odizolowany od pozostałych jonów magnetycznych znajdujących się w makroskopowej próbce. Wyniki zaprezentowane w tej pracy ukazują zupełnie nową funkcjonalność oferowaną przez tego typu kropki, jaką jest możliwość sterowania własnościami magnetycznymi pojedynczej domieszki, a w szczególności — ich jakościowej modyfikacji. Własności te są zdeterminowane przede wszystkim przez stan podstawowy jonu, który w przypadku jonu Fe^{2+} znajdującego się w objętościowym półprzewodniku II-VI jest niezdegenerowanym singletem. Jak pokazano w niniejszej pracy, obraz ten ulega zasadniczej zmianie po umieszczeniu jonu Fe^{2+} w epitaksjalnej kropce kwantowej, w której jego stan podstawowy składa się nie z jednego, lecz z dwóch niemal zdegenerowanych stanów o rzutach spinu na oś wzrostu kropki równych ± 2 . Odkrycie to zostało potwierdzone zarówno na gruncie teoretycznym, jak i doświadczalnym.

Analizę teoretyczną przeprowadzono w oparciu o stosunkowo prosty model ładunków punktowych opisujący wpływ otoczenia krystalicznego na własności jonu magnetycznego. Na podstawie wyników tego modelu pokazano, że podstawową przyczyną zmiany charakteru stanu podstawowego jonu Fe^{2+} w kropce jest jej silne strukturalne naprężenie wynikające z niedopasowania stałych sieci materiałów kropki i bariery. Naprężenie to w istotny sposób modyfikuje energie stanów orbitalnych jonu Fe^{2+} , co z kolei wprowadza jakościowe zmiany w charakterze rozszczepień stanów spinowych wywołanych przez oddziaływania spin-orbita i spin-spin.

Przewidywania skonstruowanego modelu dotyczące struktury stanów jonu Fe^{2+} zostały potwierdzone w szeroko zakrojonych magnetoptycznych pomiarach pojedyn-

czych kropek kwantowych CdSe/ZnSe zawierających pojedyncze jony Fe^{2+} . Na podstawie wyników tych eksperymentów, przeprowadzonych dla ponad trzydziestu losowo wybranych kropek, określono ogólną postać widm fotoluminescencji różnych kompleksów ekscytonowych sprzężonych wymiennie ze spinem jonu za pośrednictwem oddziaływania $s,p-d$. Ustalono również charakter ewolucji tych widm w polu magnetycznym przykładowym w dwóch podstawowych konfiguracjach: Faradaya i Voigta. Uzyskane wyniki doświadczalne precyzyjnie odtworzono przy użyciu modelu Hamiltonianu spinowego. Na tej podstawie wyznaczono typowe wartości parametrów opisujących strukturę niskoenergetycznych stanów jonu Fe^{2+} w badanych kropkach oraz siłę i charakter oddziaływania wymiennego pomiędzy jonem a każdym z dwóch rodzajów nośników: elektronem i dziurą.