

Warszawa, 28 stycznia 2016

Naprężenie pozwala na sterowanie magnetycznymi właściwościami pojedynczego atomu żelaza

*Atom żelaza Fe^{2+} wbudowany w półprzewodnik ma pojedynczy stan podstawowy o zerowym momencie magnetycznym, ale fizycy z Uniwersytetu Warszawskiego pokazali, że naprężenie powoduje taką reorganizację stanów elektronowych, że atom żelaza Fe^{2+} zyskuje podwójny, magnetyczny stan podstawowy. Taki stan może już zostać wykorzystany do przechowywania i przetwarzania informacji kwantowej. Praca na ten temat ukazała się właśnie w prestiżowym piśmie *Nature Communications* [T. Smoleński et al., *Nature Commun.* 7, 10484 (2016)]*

W wodzie zamarzającej w zamkniętej butelce zmieniają się średnie odległości między atomami, co powoduje naprężenia rozsadzające szkło. Podobnie, różne kryształy zrośnięte ze sobą mogą być naprężone tak jakby były zgniatane lub rozciągane ciśnieniem kilkadziesiąt razy wyższym niż ciśnienie panujące na dnie oceanów. Przy takich naprężeniach duże kryształy zazwyczaj pękają albo powstają w nich defekty, jednak bardzo małe kryształy, nanokryształy, mogą pozostać trwale naprężone i dzięki temu zasadniczo modyfikować właściwości atomów wbudowanych w takie struktury. Zjawisko to jest już wykorzystywane np. przy optymalizacji prędkości działania tranzystorów w procesorach, gdzie zestawiane są ze sobą nanostruktury o różnych odległościach międzyatomowych.

Tomasz Smoleński i współpracownicy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego sprawdzili jak zmieniają się właściwości atomów żelaza po wbudowaniu w silnie naprężone nanokryształy półprzewodnikowe. Choć żelazo kojarzy się z magnetyzmem, to już od lat 60-tych XX wieku wiadomo, że żelazo w stanie ładunkowym $2+$ staje się niemagnetyczne po wbudowaniu w typowy półprzewodnik. Mówiąc precyzyjniej – elektrony z powłoki d atomu żelaza mają tylko jedno możliwe ustawienie w stanie podstawowym, a w takim ustawieniu wypadkowy moment magnetyczny atomu żelaza jest równy zero i przyłożenie niewielkiego pola magnetycznego nie może tego zmienić. Okazało się jednak, że pod wpływem silnego naprężenia następuje reorganizacja stanów elektronowych atomu żelaza i w najniższej energii występują dwa możliwe stany spinowe. W związku z tym przyłożenie już niewielkiego pola magnetycznego indukuje moment magnetyczny. Praca na ten temat została właśnie opublikowana w prestiżowym czasopiśmie *Nature Communications* [1].

Cały eksperyment i obliczenia zostały wykonane na Uniwersytecie Warszawskim. Wykorzystując epitaksję z wiązek molekularnych Tomasz Smoleński i współautorzy wyhodowali kryształy selenku cynku zrośnięte z nanokryształkami selenku kadmu o większej stałej sieci. W ten sposób powstały silnie naprężone kropki kwantowe selenku kadmu w barierze z selenku cynku. Do tego dodano niewielką ilość atomów żelaza, tak że w niektórych kropkach kwantowych znajdował się dokładnie jeden taki atom, który dzięki swoim właściwościom magnetycznym zaburzał emisję światła z kropki

kwantowej pobudzonej do świecenia przy pomocy lasera. Badając fotoluminescencję kropki kwantowej z pojedynczym jonem żelaza można było więc ustalić konfigurację elektronową i właściwości magnetyczne atomu żelaza. Co więcej, udało się także wyindukować moment magnetyczny żelaza przy pomocy światła. W ten sposób nowy system - kropka kwantowa z pojedynczym jonem żelaza - stał się kolejnym znakomitym kandydatem do zastosowania w dziedzinach związanych z przetwarzaniem i przechowywaniem informacji: spintronice – elektronice wykorzystującej spin nośników zamiast ładunku oraz w solotronice – optoelektronice opartej na pojedynczych domieszkach.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytut: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

PUBLIKACJE NAUKOWE:

[1] Magnetic ground state of an individual Fe²⁺ ion in strained semiconductor nanostructure, T. Smoleński, T. Kazimierczuk, J. Kobak, M. Goryca, A. Golnik, P. Kossacki, W. Pacuski, Nature Communications 7, 10484 (2016).

<http://www.nature.com/ncomms/2016/160128/ncomms10484/full/ncomms10484.html>

Badania sfinansowano z grantów Narodowego Centrum Nauki, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

KONTAKTY:

Tomasz Smoleński
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532706
email: Tomasz.Smolski@fuw.edu.pl

Tomasz Kazimierczuk
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532711
email: Tomasz.Kazimierczuk@fuw.edu.pl

Wojciech Pacuski
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
tel. +48 22 5532707
email: Wojciech.Pacuski@fuw.edu.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.fuw.edu.pl/>
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW160128b_rys01s.png HR: http://www.fuw.edu.pl/press/images/2016/FUW160128b_rys01.png
Atom żelaza Fe²⁺ wbudowany w półprzewodnik ma pojedynczy stan podstawowy o zerowym momencie magnetycznym. Fizycy z Uniwersytetu Warszawskiego pokazali jednak, że naprężenie (symbolizowane tutaj przez prasę) powoduje reorganizację stanów elektronowych atomu żelaza Fe²⁺, tak że atom ten zyskuje podwójny, magnetyczny stan podstawowy. Taki stan może już zostać wykorzystany do przechowywania i przetwarzania informacji kwantowej [T. Smoleński et al., Nature Communications 7, 10484 (2016)] (Źródło: FUW, A. Bogucki)