

Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk



Praca doktorska

Właściwości magnetyczne czystego i modyfikowanego grafenu

mgr inż. Roman Strzelczyk

Promotor: dr hab. Maria Augustyniak-Jabłokow

Zakład Nadprzewodnictwa i Przemian Fazowych

Poznań 2017

Streszczenie

Przedstawiona rozprawa doktorska zawiera wyniki badań własności magnetycznych czystego grafenu, zredukowanych termicznie i chemicznie tlenków grafenu, tlenku grafenu oraz częściowo uwodornionego grafenu. Celem tych badań było określenie warunków występowania i obserwacji przewidywanego teoretycznie magnetyzmu grafenu i jego pochodnych, wykazanie, że jest to właściwość badanych materiałów, określenie natury uporządkowania magnetycznego dla każdego z badanych materiałów i określenie stabilności obserwowanych zjawisk.

Własności magnetyczne badane były za pomocą Rezonansu Ferromagnetycznego obserwowanego na spektrometrze Elektronowego Rezonansu Paramagnetycznego oraz magnetometrii wibracyjnej VSM i SQUID (Superconducting Quantum Interference Device). Badania magnetometryczne pozwoliły na uzyskanie zależności magnetyzacji od temperatury oraz od przyłożonego pola magnetycznego. Ponadto, na podstawie analizy widm rezonansu ferromagnetycznego rejestrowanych w temperaturach 4,2 – 300 K otrzymane zostały temperaturowe zależności ich intensywności, która jest proporcjonalna do podatności magnetycznej. Badania magnetyczne uzupełnione zostały szeregiem metod mających na celu pełniejsze scharakteryzowanie badanych materiałów. Wśród nich znalazły się: Skaningowa Mikroskopia Elektronowa, Rentgenowska Spektroskopia Fotoelektronów, Spektroskopia Podczerwieni, Mikroskopia Sił Atomowych, w trybach topograficznym oraz sondy Kelvina.

Stwierdzona różnymi metodami wysoka czystość badanych materiałów oraz wewnętrzna spójność wyników pozwoliły stwierdzić, że magnetyzm tych materiałów jest ich wewnętrzną własnością. Porównanie wyników otrzymanych metodami rezonansu ferromagnetycznego i magnetometrii pozwoliło na uzyskanie pełnego obrazu uporządkowania magnetycznego w materiałach grafenowych. Obserwacja jednowymiarowego magnetyzmu krawędziowego wymaga nie tylko próżni, ale i przestrzennego rozdzielania płatków. Ferromagnetyzm krawędziowy tlenku grafenu, w formie wysuszonego na powietrzu papieru, istnieje dzięki niewysyconym stanom krawędziowym w zamkniętych porach tego materiału. Względna stabilność dwuwymiarowego uporządkowania ferromagnetycznego w częściowo uwodornionym grafenie związana jest z niską efektywnością oddziaływań RKKY (Ruderman-Kittel-Kasuya-Yoshida) spowodowaną obecnością defektów magnetycznych w obszarach nieuwodornionych.

Własności magnetyczne badanych materiałów są zgodne z teoretycznymi przewidywaniami. Jednak w kilku przypadkach obserwowane zjawiska nie były wcześniej przewidziane. Przykładem jest tendencja do ferromagnetycznego uporządkowania centrów paramagnetycznych rozproszonych na powierzchni chemicznie zredukowanego tlenku grafenu i częściowo uwodornionego grafenu. Badania wykazały również, że powierzchniowy nieporządek stabilizuje uporządkowanie ferromagnetyczne.