

mgr inż. Marcin Krajewski

Uniwersytet Warszawski

Wydział Fizyki

Instytut Fizyki Doświadczalnej

Zakład Fizyki Ciała Stałego

Właściwości strukturalne i magnetyczne nanodrutów żelazowych, nanocząstek żelazowych oraz wielościennych nanorurek węglowych pokrytych tlenkami żelaza

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Obecnie inżynieria nanomateriałów bazujących na związkach żelaza jest bardzo szybko rozwijającą się gałęzią nauki i nanotechnologii. Dlatego struktury oparte na związkach żelaza przyciągają uwagę ogromnej ilości naukowców z całego świata. Bez wątpienia jest to związane z obecnością dużej ilości żelaza w naturze, co korzystnie wpływa na koszty nanomateriałów żelazowych. Ponadto proste związki żelaza takie jak tlenki żelaza wykazują wyjątkowe właściwości optyczne, magnetyczne i związane ze zjawiskami zachodzącymi na ich powierzchni. Większość z nich jest również nisko toksyczna i biokompatybilna. Wszystkie te cechy sprawiają, że nanomateriały na bazie żelaza są obiecujące z punktu widzenia wielu zastosowań. Ale jednocześnie ich szybki rozwój dostarcza coraz więcej pytań, które są nowe lub nadal są niejasne i powinny zostać wyjaśnione. Stąd praca ta jest w całości poświęcona badaniom strukturalnym, morfologicznym i magnetycznym nanomateriałów na bazie żelaza, w tym nanocząstek i nanodrutów żelaza, nanokompozytu składającego się z wielościennych nanorurek węglowych pokrytych tlenkami żelaza (Fe_xO_y). Właściwości tych nanomateriałów zostały ustalone przy użyciu różnych uzupełniających się wzajemnie metod eksperymentalnych, takich jak: skaningowej mikroskopii elektronowej (ang. *scanning electron microscopy*; SEM) sprzężonej z spektrometrią dyspersji energii promieniowania X (ang. *energy dispersive X-ray spectroscopy*; EDXS), transmisyjnej mikroskopii elektronowej (ang. *transmission electron microscopy*; TEM), proszkowej dyfraktometrii promieniowania X (ang. *powder X-ray diffractometry*; XRD), spektroskopii Ramana, transmisyjnej spektroskopii Mössbauera (ang. *transmission Mössbauer spectroscopy*; TMS), analizy termogravimetrycznej (ang. *thermogravimetric analysis*; TGA), różnicowej analizy termicznej (ang. *differential thermal analysis*; DTA) oraz magnetometrii wykorzystującej drgającą próbkę (ang. *vibrating sample magnetometry*; VSM).

Chociaż w ostatnich latach pojawiło się wiele publikacji przedstawiających jak wytwarzać nanostruktury o różnych kształtach bazujące na związkach żelaza oraz jak zmieniać ich właściwości fizyczne i chemiczne w zależności od zastosowanych różnych modyfikacji, formy nanocząstek i nanodrutów są najbardziej interesujące z punktu widzenia naukowego oraz możliwości ich wykorzystania. Jest to związane z ich dużym współczynnikiem powierzchni do objętości, jak również ich wyjątkowymi właściwościami magnetycznymi w porównaniu z innymi powszechnie wytwarzanymi nanostrukturami.

Ogólnie rzecz biorąc, trudno jest znaleźć publikację, gdzie nanodruty i nanocząstki żelaza są porównane bezpośrednio w odniesieniu do ich właściwości magnetycznych. W związku z tym niniejsza praca prezentuje jedne z pierwszych wiarygodnych wyników doświadczalnych, które umożliwiają bezpośrednie porównanie właściwości magnetycznych obu tych nanostruktur, ponieważ mają one prawie identyczne składy chemiczne, co wynika z niemalże identycznych warunków zastosowanych podczas ich wytwarzania.

Oprócz badań przeprowadzanych na „świeżo” wytworzonych nanodrutach żelazowych, skupiono również uwagę na ich termicznym utlenianiu w przepływowej atmosferze neutralnego argonu, który zawierał śladowe ilości tlenu. Proces ten prowadzi do tworzenia osłonki z tlenku żelaza pokrywającego nanodruty żelazowe, której struktura zmienia się pod wpływem wzrostu temperatury wygrzewania. Dlatego wyniki doświadczalne przedstawione w pracy umożliwiają określenie jak zmieniają się właściwości magnetyczne i optyczne nanodrutów żelazowych w stosunku do ich zmian strukturalnych. Dostarczają one również informacje o przejściach fazowych występujących w „świeżo” wytworzonych nanodrutach pod wpływem obróbki termicznej.

Praca opisuje także procedurę przygotowania i charakterystykę nowego nanokompozytu, który składa się z chemicznie modyfikowanych wielościennych nanorurek węglowych pokrytych losowo rozmieszczonymi nanocząstkami tlenku żelaza. Obecność resztek katalizatora wewnątrz nanorurek węglowych pochodzących z procesu wytwarzania została potwierdzona przy użyciu transmisyjnego mikroskopu elektronowego. Zanieczyszczenia resztkami katalizatora są źródłem słabego magnetyzmu wielościennych nanorurek węglowych, które są głównym elementem badanego nanokompozytu. W związku z tym wkład diamagnetyczny grafitowych nanorurek i śladowe ilości katalizatora umieszczone w nich, a także osadzony tlenek żelaza jako cały nanomateriał wykazują bardzo złożone właściwości magnetyczne.

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy pogłębiają i rozwijają obecną wiedzę na temat powstawania i ewolucji nanostruktur typu żelazo-tlenek żelaza rdzeń-powłoka (ang. core-shell), oraz ukazują, jak zmieniają się ich właściwości fizyczne pod wpływem obróbki termicznej w lekko utleniającej atmosferze. Pokazują one również, że nowy interesujący nanokompozyt może być w prosty sposób wytwarzany za pomocą zaproponowanej metody chemicznej. Wszystkie omówione zagadnienia eksperymentalne są bardzo istotne z punktu widzenia możliwych zastosowań badanych nanomateriałów.