

Relaksacja spinu w nanostrukturach magnetycznych

Ehsan Barati

promotor: dr hab. Marek Cinal

Streszczenie

W rozprawie zostały przedstawione teoretyczne badania relaksacji spinu w nanostrukturach magnetycznych w oparciu o podejście kwantowo-mechaniczne, zawierające nowe metody opracowane w obecnym projekcie. Stała tłumienia Gilberta α , występująca w równaniu Landaua-Lifszycy-Gilberta (LLG) opisującym dynamikę magnetyzacji, jest wyznaczona dla objętościowych ferromagnetycznych metali przejściowych oraz różnych ultracienkich magnetycznych metalicznych układów warstwowych przy użyciu modelu Kamberskiego wykorzystującego funkcję korelacji momentu siły. Wyrażenie na α zostało uogólnione na przypadek dowolnego kierunku magnetyzacji. Obliczenia zostały przeprowadzone przy użyciu realistycznego modelu ciasnego wiązania uwzględniającego oddziaływanie spin-orbita, a ich efektywność poprawiona przez wprowadzenie skończonej temperatury do czynników obsadzeniowych i sumowanie po częstościach Matsubary. Ponadto otrzymano dwa alternatywne wyrażenia na α zależne od funkcji Greena. Uzyskano wyniki dla objętościowych ferromagnetyków, warstw ferromagnetycznych, dwuwarstw ferromagnetyk/niemagnetyk (Co/NM) (NM=Cu, Pd, Ag, Pt and Au) oraz układów trójwarstwowych NM/Co/NM, Co/NM1/NM2, supersieci $L1_0$ Co/NM (stopów uporządkowanych) i wielowarstw $[Co/NM]_N$. Otrzymana zależność α od współczynnika rozpraszania elektronów dla objętościowych Fe, Co i Ni jest zgodna z uprzednimi obliczeniami *ab initio*. Zbadano zależność α od grubości Co i NM oraz wpływ warstw niemagnetycznych i stwierdzono ich zgodność z obserwacjami eksperymentalnymi. Obliczona wartość α w układach dwuwarstwowych Co/NM i trójwarstwowych Co/NM1/NM2 ulega zwiększeniu w wyniku pokrycia kobaltu warstwami niemagnetycznymi, szczególnie w przypadku NM, NM2=Pt i Pd. Wzrost ten został wyjaśniony przez silne sprzężenie spin-orbita w tych niemagnetykach, w połączeniu z dużą gęstością stanów na poziomie Fermiego ϵ_F . Pokazano, że wzmocnienie tłumienia Gilberta w układzie Co/NM1/Pt ulega zanikowi wraz ze wzrostem grubości warstwy buforowej NM1=Cu i Ag. Nielocalne pochodzenie wzmocnienia tłumienia magnetycznego zostało wykazane przez wizualizację dużego wkładu warstwy niemagnetycznej do stałej α . Wkłady do α pochodzące od poszczególnych warstw atomowych oraz rozkład α w przestrzeni wektora falowego \mathbf{k} zostały wyznaczone i analizowane dla różnych układów warstwowych. Stwierdzono, że w dwuwarstwach Co/NM z NM o pasmie d przecinającym ϵ_F główny wkład do tłumienia Gilberta pochodzi od kilku warstw atomowych w NM blisko powierzchni międzywarstwowej Co/NM, zaś dla układów z NM o pasmie d leżącym poniżej ϵ_F wkład ten pochodzi od warstwy Co. Analiza w przestrzeni \mathbf{k} ujawniła istnienie niewielkich „gorących” obszarów strefy Brillouina dających największy wkład do α . Dodatkowo obliczono, dla ferromagnetyków objętościowych i warstw ferromagnetycznych, współczynnik β nieadiabatycznego momentu siły związanego z transferem spinu, wchodzący do rozszerzonej postaci równania LLG. Metoda obliczania tego współczynnika została ulepszona przez zastosowanie twierdzenia Hellmana-Feynmana do wyznaczania prędkości elektronowych. W każdym przypadku otrzymane rezultaty porównano z wynikami innych metod teoretycznych, takimi jak obliczenia *ab initio* i teoria pompowania spinowego, oraz wynikami eksperymentalnymi.