

Streszczenie

„Analiza dynamiki przemagnesowania ferromagnetycznych struktur nisko wymiarowych pod kątem zastosowań w układach pamięciowych i przetwarzania informacji”

mgr inż. Paweł Stebliński

W związku z osiąganiem limitów technologicznych we współczesnej elektronice pojawiają się nurty naukowe będące próbą odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie konsumentów. Spintronika jest jednym z nich i podlega gwałtownemu rozwojowi. Domeną tej działalności badawczej są układy magnetyczne, których niektóre cechy mogą mieć zastosowanie w elektronice. W szczególności układy magnetyczne z elementami ferromagnetycznymi podlegają intensywnym pracom teoretyczno-doświadczalnym prowadzonym przez liczne grono naukowców do zastosowań w elektronice.

Aby układy ferromagnetyczne posiadały oczekiwane przez elektronikę cechy należy zapewnić odpowiednią ich strukturę w taki sposób aby uzyskiwać oczekiwaną przez nas odpowiedź układu na jego pobudzenie określonymi sygnałami. Niestety układy ferromagnetyczne są zazwyczaj zbyt złożone aby badać je analitycznie i w ten sposób uzyskiwać pożądane ich cechy. Dlatego do badania takich układów używa się narzędzi numerycznych – symulatorów.

Istnieją różne wersje oprogramowania do symulacji układów ferromagnetycznych, które są powszechnie dostępne w sieci i nie wymagają zakupu licencji. Jednakże symulatory te zazwyczaj potrafią symulować układy dla bardzo niskich temperatur zbliżonych do zera bezwzględnego. Komercyjna elektronika jednakże pracuje w zakresie temperatur zbliżonych do temperatury pokojowej, zatem istnieje konieczność badania układów ferromagnetycznych dla temperatur powyżej zera absolutnego, w tym zbliżonych do temperatur bliskich zaniku zjawisk ferromagnetycznych (temperatury Curie). Dlatego na potrzeby tej dysertacji, autor zdecydował się odpowiedzieć na zapotrzebowanie w postaci wysokotemperaturowego symulatora układów ferromagnetycznych i zrealizował własne oprogramowanie. Przy jego pomocy zbadał zaproponowany przez siebie model pamięci magnetycznej, która złożona jest z matrycy oddzielnych komórek i charakteryzuje się czasem przełączania rzędu setek pikosekund, a także nie wymaga stosowania układów głowic przełączających. Dzięki temu istnieje szansa na zapewnienie krótszego czasu dostępu do pamięci w stosunku do współczesnych rozwiązań n.p. w porównaniu z pamięciami wykonanymi z ciągłych warstw magnetycznych. Sporządzone oprogramowanie i zaproponowany model daje nadzieję na dalszy rozwój badań i znalezienie modelu pamięci o jak najniższym czasie przełączania i jak największej gęstości zapisu, co wyrażono w tezie pracy. Jako podstawę autorskiego systemu informatycznego wykorzystano oprogramowanie MAGPAR zrealizowane w Politechnice Wiedeńskiej i stosowane do obliczeń mikromagnetycznych dla temperatur bliskich zera bezwzględnego. Symulator ten posiadał pożądane cechy technologiczne takie jak możliwość przetwarzania rozproszonego i wykorzystywania wielu węzłów obliczeniowych do przyspieszenia obliczeń (MPI).

Zastosowanie wysokich temperatur w badaniu układów ferromagnetycznych wymagało uzyskania ich rozkładu dla całego badanego modelu więc należało odpowiednio rozwiązywać dodatkowe równie określające przepływy cieplne i zaimplementować je w metodyce elementów skończonych co pokazano w niniejszej pracy. Ze wzrostem temperatur uległo zmianie równanie opisujące czasowo-przestrzenną ewolucję zmian namagnesowania w układzie ferromagnetycznym, które zastąpiło równanie zaimplementowane dla opisu ewolucji namagnesowania dla niskich temperatur. Temperatures powyżej zera bezwzględnego wywierają wpływ na wyrazy pola efektywnego, co ma przełożenie na przebieg ewolucji namagnesowania. Zmienione równanie ewolucji namagnesowania i zmodyfikowane wyrazy pola efektywnego należało odpowiednio implementować w metodyce elementów skończonych co także zawarto w pracy. Uczyniono przegląd zagadnień badawczych będących domeną spintroniki, w tym nakreślono potencjalne jej zastosowania w architekturach komputerowych inspirowanych budową układu nerwowego istot żywych, co jak pokazano, może mieć istotny wpływ na polepszenie wydajności numerycznych obliczeń rozproszonych.