

В.В.Мартинюк

Є.Р. Грушова

К.В. Походощук

Відкриття ефекту гігантського магнетоопору (ЕГМО)

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У доповіді розглянуто дослідження ефекту гігантського магнетоопору (ЕГМО) – одного з найважливіших відкриттів фізики твердого тіла кінця XX століття, що справило значний вплив на розвиток сучасної нанотехнології та спінтроники. Його відкриття дало змогу створити нове покоління високочутливих магніторезистивних датчиків, що використовуються у зчитувальних головках жорстких дисків. Доповідь охоплює історію відкриття цього явища, його фізичну природу, експериментальні методи його дослідження та основні характеристики. Особливу увагу буде приділено механізму спін-залежного розсіяння електронів, який лежить в основі ЕГМО.

Ключові слова: ефект гігантського магнетоопору, ЕГМО, спінтроніка, нанотехнології, магніторезистивні датчики, жорсткий диск, спін-залежне розсіювання.

Abstract

The report discusses the study of the giant magnetoresistance effect (GMRE) – one of the most important discoveries in solid-state physics of the late 20th century, which had a significant impact on the development of modern nanotechnology and spintronics. Its discovery made it possible to create a new generation of highly sensitive magnetoresistive sensors used in hard disk read heads. The report covers the history of the discovery of this phenomenon, its physical nature, experimental methods for its study and main characteristics. Special attention will be paid to the mechanism of spin-dependent electron scattering, which underlies GMRE.

Keywords: giant magnetoresistance effect, GMRE, spintronics, nanotechnology, magnetoresistive sensors, hard disk, spin-dependent scattering.

Вступ

Ефект гігантського магнітоопору - це явище аномальної зміни опору в багатошарових плівкових структурах, які складаються з магнітних та немагнітних матеріалів, при накладенні зовнішнього магнітного поля [1]. Головна мета відкриття ефекту гігантського магнетоопору (ЕГМО) полягала в тому, щоб глибше зрозуміти та дослідити властивості магнітних матеріалів на нанометровому рівні.

Основна частина

Ефект ГМО було експериментально відкрито у 1988 році двома науковими колективами незалежно один від одного: лабораторіями Альбера Ферта і Петера Грюнберга. у 2007 році. Ферт вивчав провідність багатошарових плівок, а Грюнберг у 1986 році відкрив антиферомагнітну обмінну взаємодію в плівках Fe/Cr.

У 1988 році вони досліджували магнетоопір надграток (001)Fe/(001)Cr, отриманих методом осадження шарів Fe і Cr на підкладку GaAs у вакуумі. Встановлено, що зміна товщини хромових прошарків впливала на антиферомагнітний зв'язок і намагніченість. За температури 4,2 К спостерігалось зменшення опору до 50 % під дією магнітного поля. Ферт назвав це явище гігантським магнетоопором (ЕГМО).

Автори відкриття припустили, що основою ефекту є спин-залежне розсіювання електронів, яке відбувається в багатошарових наноструктурах, де шари матеріалів з різними магнітними властивостями (наприклад, феромагнітні і немагнітні матеріали) взаємодіють один з одним. Електрони, рухаючись через ці шари, розсіюються по-різному залежно від орієнтації спінів шарів. Це розсіювання може призводити до значних змін у електричному опорі матеріалу в магнітному полі. Зміна спінового стану електронів та їх взаємодія з магнітними шарами є основним механізмом, що лежить в основі ГМО, і призводить до великого збільшення опору в магнітному полі, що є характерним для цього ефекту [2].

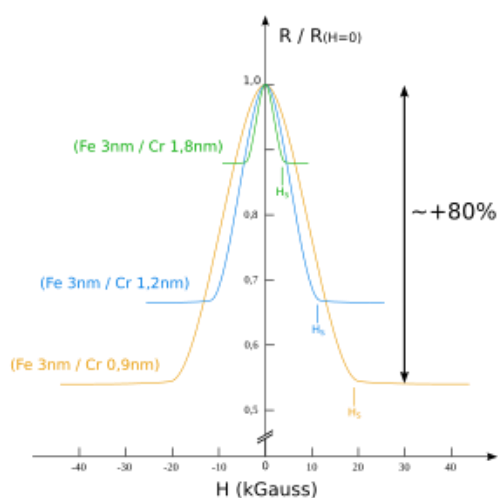


Рис. 1 ГМО, результати Альбера Ферта і Петера Грюнберга (1988 рік): зміна опору Fe/Cr надграток за температури 4,2 К при прикладанні зовнішнього магнітного поля напруженістю H . Зовнішнє поле і струм спрямовані вздовж осі. Праворуч стрілкою вказано найбільшу досягнуту зміну у відсотках. H_s — поле насичення.

Характеристики гігантського магнетоопору (ГМО), такі як температурна залежність, товщина шарів, геометрія струму та чутливість до магнітного поля, визначають його застосування в різних технологіях, що використовують спінові ефекти для обробки

інформації. Ефект гігантського магнетоопору (ГМО) має найбільшу вираженість при низьких температурах (наприклад, 4,2 К), оскільки на цих температурах матеріали зберігають свої магнітні властивості. З підвищенням температури ефект зменшується через зниження намагніченості. Товщина шарів сильно впливає на ГМО: збільшення товщини немагнітних шарів зменшує ефект, оскільки зменшується взаємодія між феромагнітними шарами. Геометрія струму також важлива: у СРР-геометрії ефект зазвичай виражений сильніше, оскільки струм проходить через більшу кількість атомів, що посилює вплив на опір. ГМО чутливий до магнітного поля, що робить його корисним для створення високочутливих магнітних сенсорів та спінтронних елементів пам'яті.

Застосування ГМО:

Ефект гігантського магнетоопору успішно застосовується у виробництві жорстких дисків. У 1994 році IBM розробила магніторезистивну зчитувальну головку, що дозволила збільшити щільність запису на магнітному диску в 17 разів, що забезпечило перевагу магнітним дискам у конкуренції з оптичними. Нині технологія гігантського магнетоопору є стандартом у комп'ютерах, цифрових камерах та MP3-плеєрах [3].

Завдяки властивостям магніторезистивних матеріалів з різним опором в залежності від намагніченості, можна також створювати магнітну пам'ять з довільним доступом (MRAM). Її перевага полягає в тому, що збережені дані не потребують електричної енергії для збереження.

Висновок

Ефект гігантського магнетоопору (ГМО) відіграє важливу роль у розвитку сучасних технологій, зокрема в області магнітних сенсорів, жорстких дисків та спінтроники. Він дозволяє значно підвищити ефективність пристроїв, що використовують магнітні ефекти для зберігання і обробки інформації. Впровадження ГМО в технології зчитування та запису даних стало важливим кроком у підвищенні щільності запису та швидкості обробки інформації, що знайшло своє застосування у комп'ютерах, цифрових пристроях і пам'яті. Враховуючи широкий спектр застосувань, ГМО має великий потенціал для подальших інновацій та вдосконалення технологічних процесів у різних галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Експериментальні результати. Гігантський магнітоопір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [Експериментальні результати, Гігантський магнітоопір - Методи отримання та фізичні властивості нанодротів \(огляд\)](#)
2. Гігантський магнетоопір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [Гігантський магнетоопір — Вікіпедія](#)
3. Аналіз впровадження сучасних тенденції розвитку та використання нанотехнологій в екології [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [Аналіз впровадження сучасних тенденції розвитку та використання нанотехнологій в екології](#)

Грушова Єва Русланівна – студентка групи 4КН-24б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: evagrusovaa@gmail.com

Походошук Катерина Валентинівна – студентка групи 4КН-24б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: katerinapohodosuk@gmail.com

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — доцент кафедри загальної фізики Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: martynyuk.v.v@vntu.edu.ua

Eva Ruslanivna Grushova – student of group 4KN-24b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: evagrusovaa@gmail.com

Kateryna Valentynivna Pokhodoshchuk – student of group 4KN-24b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: katerinapohodosuk@gmail.com

Academic supervisor: **Martyniuk Volodymyr Valeriiovych** — Associate Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: martynyuk.v.v@vntu.edu.ua