

УДК 677.027

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНІТНОВПОРЯДКОВАНИХ ЧАСТИНОК ЗА ДАНИМИ ФЕРОМАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ

Студ. Д.В. Данилицька, гр. МгЗПрЕ-17(л)
Науковий керівник доц. О.В. Гараніна
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Мета – дослідження характеристик магнітовпорядкованих синтетичних та природних магнетитів за даними феромагнітного резонансу (ФМР).

Завдання – отримання спектрів феромагнітного резонансу зразків синтетичних та природних магнетитів, встановлення взаємозв'язку одержаних сигналів ФМР із магнітними властивостями досліджуваних зразків.

Об'єкт дослідження. В якості магнітних матеріалів використовували синтетичні та природні магнетити.

Методи та засоби дослідження.

Магнітні властивості зразків природного та синтетичного магнетиту досліджували методом феромагнітного резонансу. Спектри феромагнітного резонансу реєстрували на спектрометрі електронного парамагнітного резонансу, працюючого в трьохсантиметровому діапазоні довжин хвиль (ERS-231, Німеччина).

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

Вперше досліджено характеристики магнітовпорядкованих синтетичних та природних магнетитів за даними феромагнітного резонансу і проаналізовано відмінності у спектрах ФМР, що обумовлені різницею у розмірах та, відповідно, властивостей отриманих зразків. Практичний потенціал зразків синтетичних магнетитів та магнетитів полягає в можливості до екранування енергії мікрохвиль, здатність до якого забезпечують частинки нанорозмірів.

Результати дослідження. Феромагнітний резонанс (ФМР) – це резонансне поглинання зовнішнього електромагнітного випромінення в феромагнітних речовинах. Феромагнітний резонанс є одним з різновидів магнітного резонансу та проявляється у вибіркового поглинанні феромагнетиком енергії електромагнітного поля при частотах, які співпадають з власними частотами ω_0 прецесії магнітних моментів електронної системи феромагнітного зразку у внутрішньому ефективному полі H_{ef} . Особливості резонансних явищ в феромагнетиків визначаються тим, що в цих речовинах розглядаються не окремі ізольовані атоми (з спіновими чи орбітальними моментами), а складна система сильновзаємодіючих електронів. Обмінний характер цієї взаємодії створює велику результуючу намагніченість, а з нею – і велике внутрішнє магнітне поле. В феромагнетиках до основного спінового магнетизму приєднується ще невелика добавка орбітального магнетизму. Основні характеристики ФМР – резонансні частоти, релаксація, форма та ширина ліній поглинання, нелінійні ефекти – визначаються колективною багатоелектронною природою феромагнетизма. Частота ω_0 залежить від форми зразка, від орієнтації постійного поля відносно вісей симетрії кристала та від температури. Поряд з анізотропією ФМР, що пов'язана з магнітною кристалографічною анізотропією феромагнетиків, виникає ще анізотропія, що пов'язана з формою зразку. Скінченність розмірів зразку призводить до неоднорідності умов резонансу в об'ємі зразку. Перший тип цих неоднорідностей пов'язаний з тим, що завдяки полям розмагнічування, які обумовлені поверхневими «магнітними зарядами», в об'ємі зразка виникають окремі області (домени) з різними напрямками спонтанної намагніченості. Ця доменна структура спричиняє суттєвий вплив на умови резонансу. Наявність

доменної структури в феромагнетику ускладнює ФМР, призводячи до можливості появи декількох резонансних піків. Отже, основні параметри, що впливають на резонансну частоту феромагнетику: форма зразка, кристалографічна магнітна анізотропія, доменна структура.

Спектри ФМР природних та синтетичних магнетитів наведені на рис. 1. Ось абсцис на цих рисунках показує значення індукції магнітного поля в Гс, а ось ординат інтенсивність резонансних сигналів в відносних одиницях.

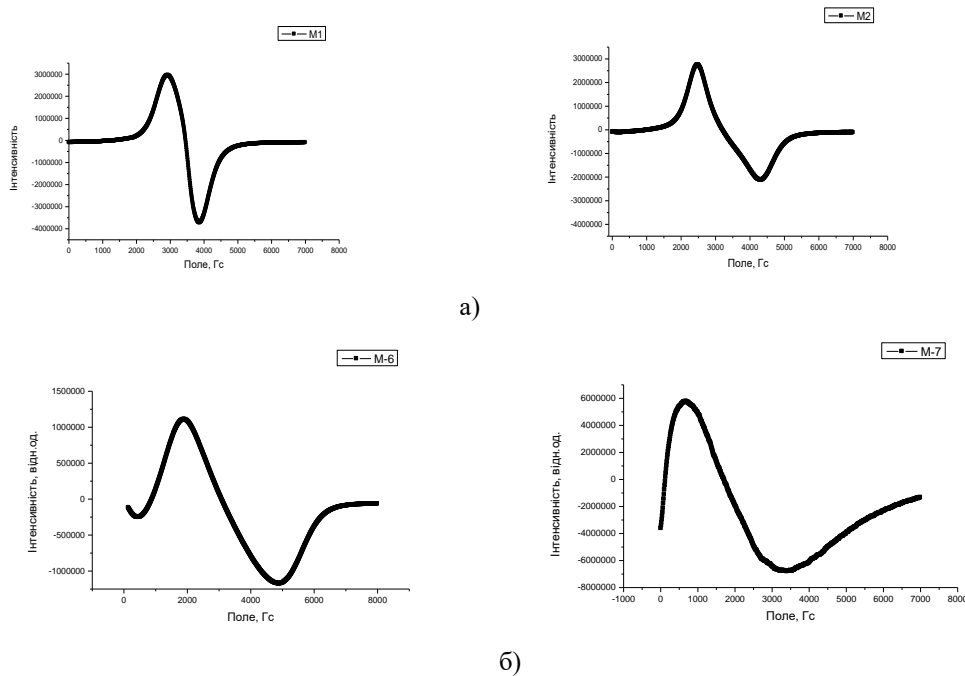


Рисунок – 1. Спектри феромагнітного резонансу синтетичних (а, б) та природних (в, г) магнетитів, розміщених відповідно при 0° та 90° відносно магнітного поля

Відомо, що магнітні властивості матеріалів залежать існуючого критичного мінімального розміру частинок феромагнетиків (критичний розмір однодомності), при якому частинки проявляють унікальні специфічні властивості. Цей розмір, в тому числі, залежить від форми частинки феромагнетика. Для частинок магнетиту кубічної форми цей розмір дорівнює 128 нм, при чому, частинка такого розміру має максимальну коерцитивну силу. Розміри природних магнетитів були в межах 100 мкм, а розміри синтетичних наноманетитів складала в середньому 50 – 100 нм. Намагніченість насичення природних магнетитів складала для різних зразків 70 – 80 $A \cdot m^2/kg$, а намагніченість насичення синтетичних наноманетитів, синтезованих методом співосадження, була в діапазоні від 55 до 81 $A \cdot m^2/kg$.

В експериментальних дослідженнях показано, що спектри ФМР природних магнетитів демонструють інтенсивний сигнал ФМР в низьких полях (менше 100 мТл). Спектри ФМР синтетичних наноманетитів сильно відрізняється від природних та проявляють інтенсивний сигнал ФМР в більш високих полях (біля 250 мТл). Відмінність спектрів ФМР природних та синтетичних магнетитів пов'язана з різницею у розмірах та, відповідно, властивостями цих зразків.

Висновки. Таким чином, виявлені особливі властивості наноманетитів відчиняють широкі перспективи для вирішення проблем сучасного матеріалознавства, пов'язаних із створенням нових текстильних матеріалів технічного призначення.

Ключові слова. Феромагнітний резонанс, наночастинки, магнетит, інтенсивність сигналу ФМР, спектри.