

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

УДК 539.172; 537.621

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТА-ХРОМИТА НИКЕЛЯ NiFeCrO_4 В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПЕНСАЦИИ

Л. Г. Антошина, Е. Н. Евстафьева

(кафедра общей физики и магнитоупорядоченных сред)

E-mail: ekaterina@vega.phys.msu.ru

Обнаружено, что у феррита-хромита NiFeCrO_4 в области температуры компенсации T_c происходит резкое возрастание величины диэлектрической проницаемости ϵ , которое имеет гистерезисный характер. Установлена взаимосвязь между магнитными и электрическими свойствами исследуемого феррита. Сделано предположение, что наблюдаемое аномальное поведение диэлектрической проницаемости связано с непосредственным перекрытием t_{2g} -орбиталей ионов Cr^{3+} в октаэдрических узлах.

Феррит-хромит никеля NiFeCrO_4 имеет аномальную зависимость спонтанной намагниченности N -типа (по Неелю). Температура компенсации T_c составляет 325 К, температура Кюри $T_C \approx 575$ К. Ранее нами с помощью измерений магнитосопротивления в районе температуры T_c было показано, что при $T < T_c$ за магнитный момент ответственна октаэдрическая подрешетка, а при $T > T_c$ — тетраэдрическая подрешетка феррита [1].

Цель настоящей работы — выяснить, как изменение магнитного упорядочения при температуре компенсации влияет на электрические свойства феррита.

В интервале температур $295 \div 400$ К исследовано поведение диэлектрической проницаемости ϵ феррита-хромита NiFeCrO_4 . Величина ϵ определялась из измерения емкости компенсационным методом. Электрические контакты были сделаны из серебряной пасты. Величина ϵ образца рассчитывалась по формуле $C = \epsilon S/d$, где C — емкость образца (измеренная с помощью измерителя L и C Е12-1А), S — площадь образца, d — толщина образца. Относительная ошибка показаний прибора составляла 1%.

Обнаружено, что изменение магнитного упорядочения в области температуры компенсации T_c сопровождается резким возрастанием величины ϵ . На рис. 1 даны температурные зависимости спонтанной намагниченности $\sigma_s(T)$ и диэлектрической проницаемости $\epsilon(T)$. Видно, что при нагревании образца вблизи температуры T_c величина ϵ возрастает от 59 до 75. Установлено, что данное изменение ϵ имеет гистерезисный характер. На рис. 2 приведена температурная зависимость $\epsilon(T)$, измеренная вблизи точки T_c при непрерывном нагревании и последующем

медленном охлаждении образца. Видно, что изменение величины ϵ происходит ниже температуры $T_c = 325$ К, ширина петли гистерезиса составляет приблизительно 3 К. Аномальный рост величины ϵ наблюдался ранее для феррита $\text{Fe}_{1.6}\text{Cr}_{1.4}\text{O}_4$ [2]. Однако гистерезис на зависимости $\epsilon(T)$ мы обнаружили впервые.

Ранее в работах [3, 4] при исследовании дифракционных и оптических спектров ферритов-хромитов $\text{MgCr}_{2-x}\text{AlO}_4$ было установлено, что в образцах с большим содержанием ионов Cr^{3+} октаэдрические узлы имеют симметрию ниже кубической. При этом ионы Cr^{3+} смещены от центров октаэдров и имеют три равные короткие и три равные длинные связи.

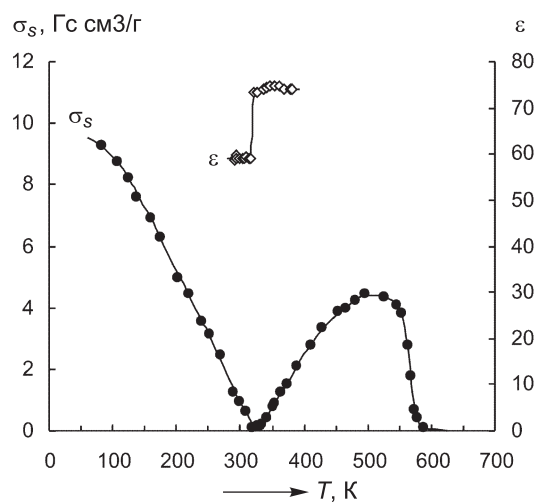


Рис. 1. Температурные зависимости спонтанной намагниченности $\sigma_s(T)$ и диэлектрической проницаемости $\epsilon(T)$

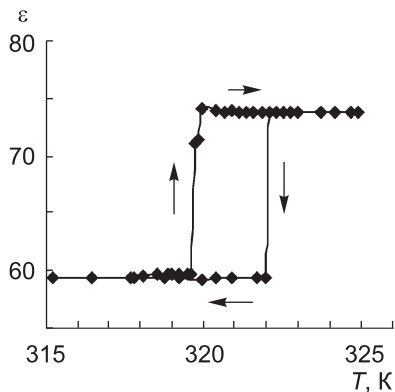


Рис. 2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости $\varepsilon(T)$ феррита-хромита NiFeCrO_4 в области температуры компенсации $T_c = 325$ К

В этом случае образуются устойчивые ковалентные связи типа катион–катион, следствием которых является смещение катиона из центра октаэдра. Появление данной связи происходит в результате фазового перехода, при котором изменяются упругие, электрические и магнитные свойства у ферритов-хромитов.

Авторы работы [5] впервые предположили, что в структуре шпинели может иметь место прямое обменное взаимодействие между катионами, находящимися в октаэдрических узлах (В), так как в этой структуре ВВ-расстояния относительно малы (порядка 2.9 Å).

В работе [2] сделан вывод о том, что аномальное поведение ε у феррита-хромита $\text{Fe}_{1.6}\text{Cr}_{1.4}\text{O}_4$ вызвано смещением ионов Cr^{3+} из центров октаэдрических комплексов в результате непосредственного перекрытия t_{2g} -орбиталей. Подтверждением этому служит тот факт, что обнаруженный фазовый переход из ферромагнитного состояния в парамагнитное ($T_c \approx 337$ К) находится в том интервале температур, где, согласно Гуденафу, должен возникать прямой обмен между катионами d^3-d^3 .

Не исключено, что наблюдавшееся нами резкое увеличение ε в области температуры компенсации T_c также обусловлено перекрытием t_{2g} -орбиталей в октаэдрических узлах при температуре возникновения прямого обменного взаимодействия между ионами Cr^{3+} .

Ранее нами было установлено, что в феррите-хромите NiFeCrO_4 , ниже T_c , где за магнитный момент ответственна В-подрешетка, имеет место фрустрированная магнитная структура, а выше T_c она отсутствует [6, 7].

Известно, что фрустрированная (неупорядоченная) магнитная структура в ферритах-хромитах со

структурой шпинели возникает из-за наличия в них обменных взаимодействий, различных по знаку и величине [8, 9]. В случае ферритов-хромитов сильный отрицательный обмен между ионами, находящимися в октаэдрической подрешетке [10] приводит к увеличению фрустрации, которая дестабилизирует ферромагнитную матрицу при совершенно низких уровнях разбавления.

В результате этого в ферритах-хромитах при определенных концентрациях ионов Cr^{3+} имеет место неупорядоченная (фрустрированная) магнитная структура, обусловленная прямым обменным взаимодействием между этими ионами.

В настоящей работе сделано предположение, что наблюдаемое аномальное поведение диэлектрической проницаемости связано с непосредственным перекрытием t_{2g} -орбиталей ионов Cr^{3+} в октаэдрических узлах. Установлена взаимосвязь между магнитными и электрическими свойствами феррита-хромита никеля NiFeCrO_4 . Найдено, что изменение магнитного упорядочения в области температуры компенсации T_c сопровождается резким возрастанием величины ε . Обнаружено, что возрастание ε имеет гистерезисный характер.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант 1351).

Литература

1. Антошина Л.Г., Евстафьева Е.Н., Кокорев А.И. // ФТТ. 2007. **49**. С. 8.
2. Белов К.П., Горяга А.Н., Шереметьев В.Н. // Письма в ЖЭТФ. 1983. **42**, № 1. С. 37.
3. Grimes N.W., Collet A.J. // Phys. Stat. Solidi (B). 1971. **43**. P. 591.
4. Ford R.A., Hill O.F. // Spectrochim. Acta. 1960. **16**. P. 1318.
5. Wickham D.G., Goodenough J.B. // Phys. Rev. 1959. **115**, No. 5. P. 1156.
6. Antoshina L.G., Goryaga A.N., Sankov V.V. // Phys. Metals Metallogr. 2002. **93**, No. 1. P. 119.
7. Антошина Л.Г., Горяга А.Н., Чурсин Д.А. // ФТТ. 2002. **44**, № 4.
8. Coey J.M.D. // J. Appl. Phys. 1978. **49**, No. 3. P. 1646.
9. Dormann J.L., Nogues M. // J. Phys: Condens. Matter. 1990. **2**. P. 1223.
10. Motida K., Miyahara S. // J. Phys. Soc. Japan. 1970. **28**, No. 5. P. 1188.

Поступила в редакцию
18.04.07