

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Изучение магнитных фазовых переходов в разбавленных ферритах. Никелевый феррит

А. А. Опаленко^{1,a}, А. И. Фиров¹, А. Б. Коршак², Л. Г. Антошина²

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет,
¹кафедра физики твердого тела; ²кафедра общей физики и магнитоупорядоченных сред.
 Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.
 E-mail: ^atellur125@mail.ru*

Статья поступила 09.03.2010, подписана в печать 16.03.2010

Измерены мёссбауэровские спектры никелевого феррита при значительном разбавлении его немагнитными ионами: $\text{NiGa}_x\text{Al}_x\text{Fe}_{2-2x}\text{O}_4$ при $x = 0.5, 0.7, 0.8$. В температурном диапазоне 90–295 К экспериментально найдено соотношение сил ближнего и дальнего порядка, определены температуры Кюри.

Ключевые слова: фазовый переход, мёссбауэровский спектр, никелевый феррит.

УДК: 539.172; 539.621. PACS: 76.80+у, 75.50.Gg, 75.30.Et.

Введение

Мёссбауэровское исследование на ядре Fe-57 для неразбавленных ферритов, например для никелевого феррита NiFe_2O_4 , показывает распределение ионов Fe^{3+} по тетраэдрическим и октаэдрическим узлам кубической решетки шпинели, что проявляется в суперпозиции двух зеemanовских секстетов спектра.

При исследовании никелевого феррита, разбавленного немагнитными ионами $\text{NiGa}_x\text{Al}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$, при значениях $x = 0, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ [1]

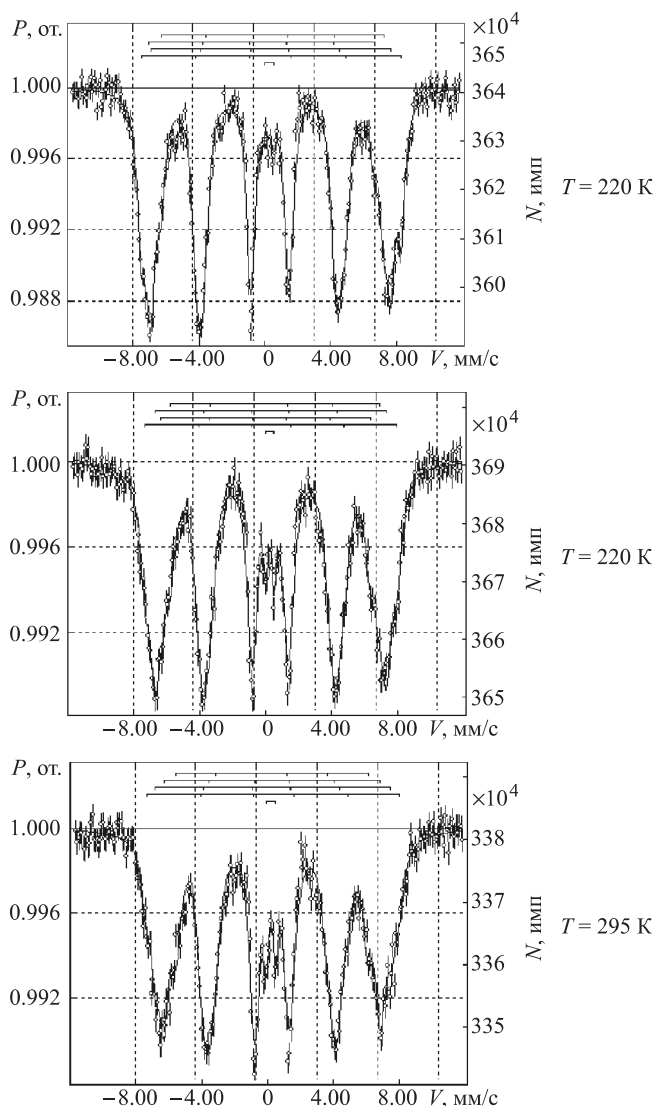
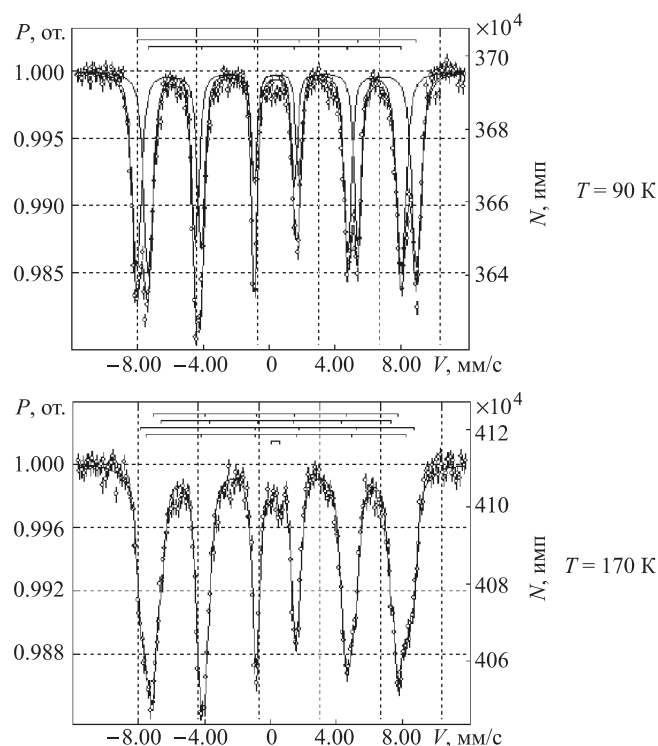


Рис. 1. Мёссбауэровские спектры феррита никеля при $x = 0.5$

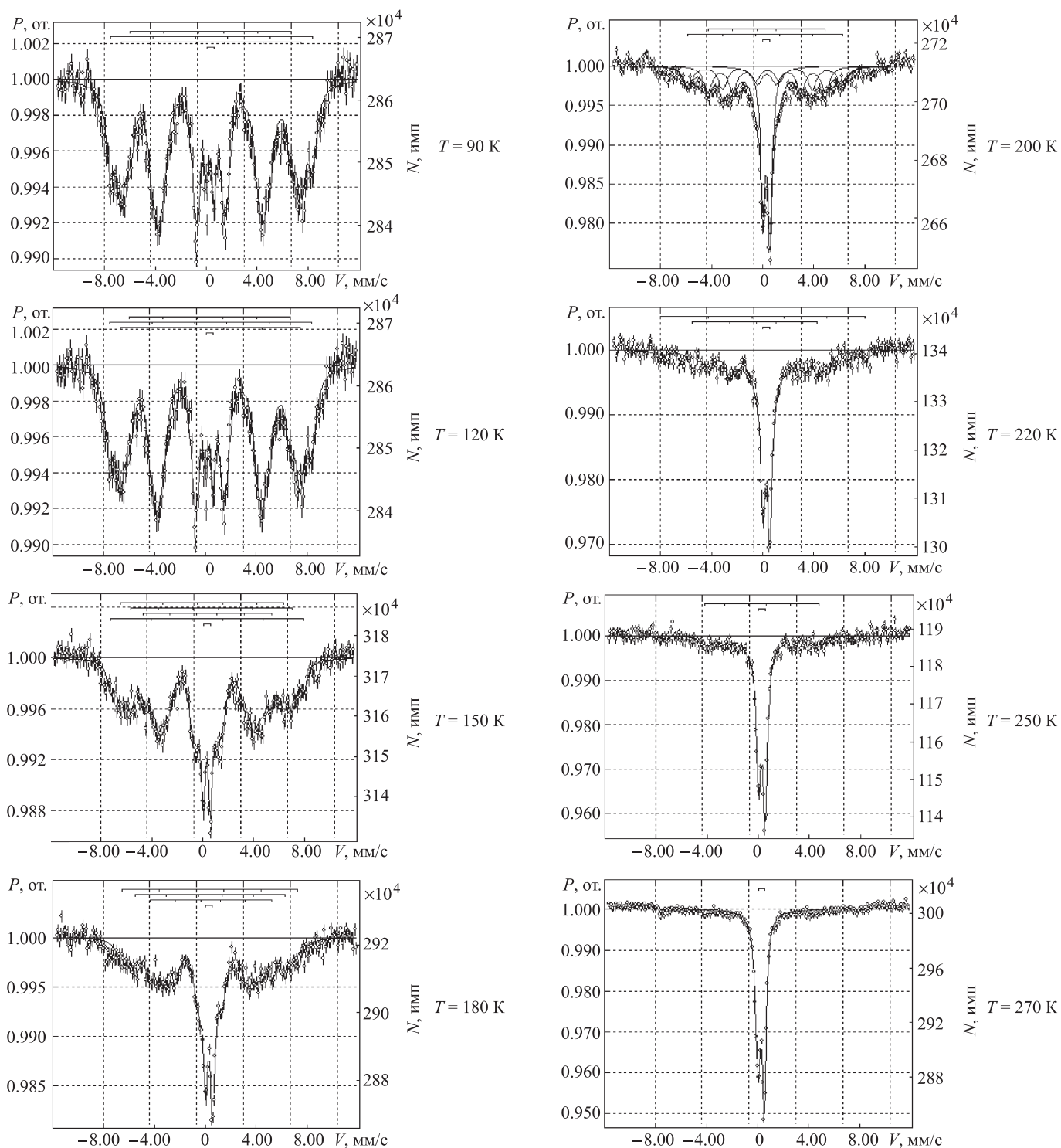


Рис. 2. Мёссбауэровские спектры феррита никеля при $x = 0.7$

мы обнаружили, что начиная с концентрации $x = 0.5$ в спектрах кроме секстетов появляется дублет и его относительная доля возрастает с ростом x . Это свидетельствует о нарушении упорядоченного магнитного состояния, вызванного силами дальнего порядка, о появлении взаимодействий ближнего порядка.

Эксперимент

Проводится измерение мёссбауэровских спектров образцов феррита $\text{NiGa}_x\text{Al}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$ для $x = 0.5$

(рис. 1), $x = 0.7$ (рис. 2) и $x = 0.8$ (рис. 3) в температурном диапазоне $90 \div 295$ К. При математической обработке спектров (разложении спектра на сумму секстетов и дублетов) получаем относительную площадь секстетов, отвечающую за силы дальнего порядка.

На рис. 4 приведена температурная зависимость относительной площади секстетов (S_6) для изученных составов. В случае с $x = 0.5$ во всем диапазоне преобладают силы дальнего порядка. Доля сил ближнего

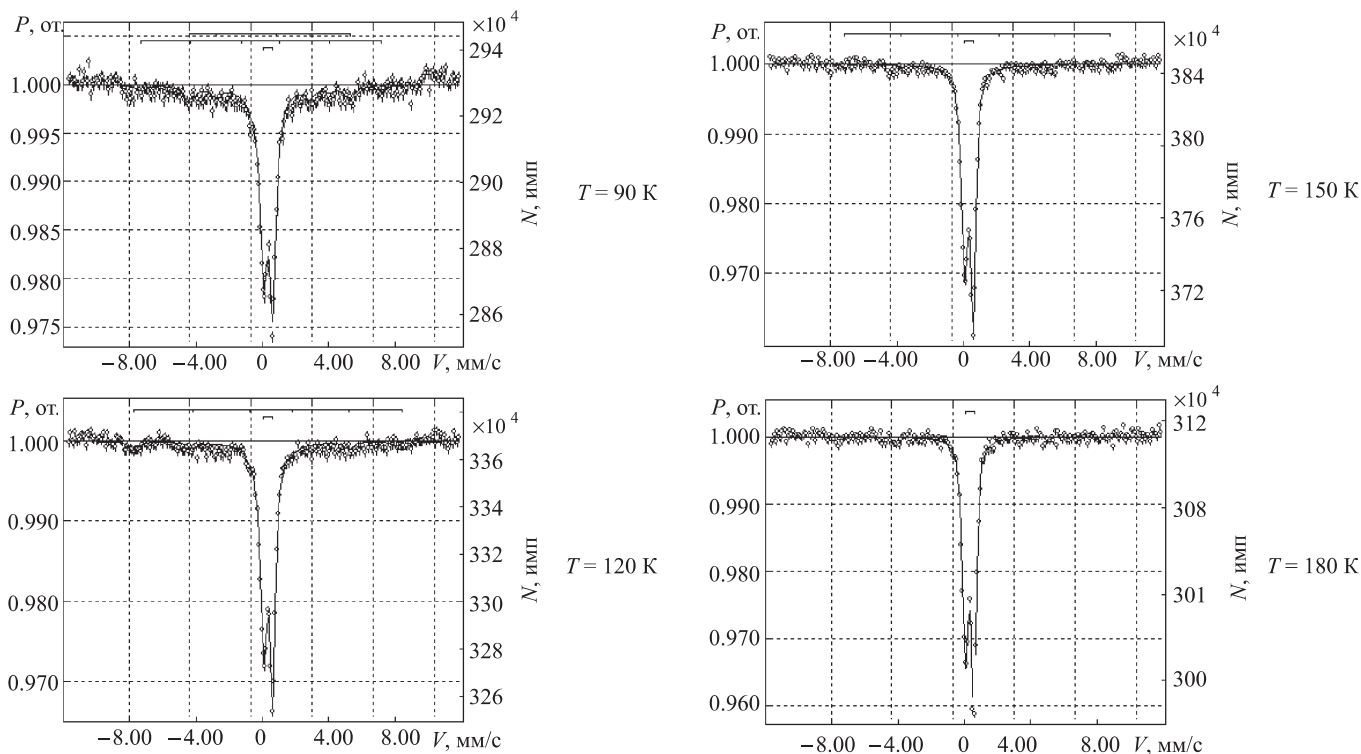


Рис. 3. Мёссбауэровские спектры феррита никеля при $x = 0.8$

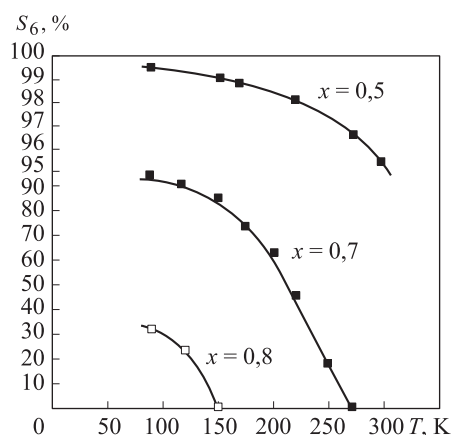


Рис. 4. Температурная зависимость доли зеемановских секстетов в спектрах ферритов

порядка составляет около 5% при $T = 295$ К, а при $T = 90$ К силы ближнего порядка исчезают совсем.

При дальнейшем увеличении концентрации немагнитных ионов картина иная. При охлаждении образца с $x = 0.7$ от комнатной температуры до $T = 270$ К спектр состоит только из парамагнитного дублета. При дальнейшем охлаждении появляется секстет, и его доля стремительно нарастает, достигая при $T = 90$ К величины 95%. Посмотрим на зависимость $S_6(T)$ для состава с $x = 0.8$. В спектре преобладает парамагнитный дублет, секстет появляется только при охлаждении ниже $T = 150$ К, и он весьма незначителен вплоть до $T = 90$ К.

Обсуждение результатов

Подобные мёссбауэровские спектры наблюдались в работе [2] для никелевого феррита, разбавленного

ионами алюминия и хрома $\text{NiAl}_x\text{Cr}_x\text{Fe}_{2-2x}\text{O}_4$ для концентрации $x = 0.6, 0.8, 0.9$. При комнатной температуре эти спектры состоят из суперпозиции двух секстетов и парамагнитного дублета. Интенсивность дублета увеличивается с ростом x . Те же авторы для концентраций от $x = 0.1$ до $x = 0.5$ нашли преобладание взаимодействий дальнего порядка, т.е. наличие коллинеарной ферромагнитной структуры.

Полученные нами зависимости доли сил дальнего порядка от температуры (см. рис. 4) фактически дублируют кривые намагниченностей насыщения для этих образцов [1]. Таким образом, температуру $T = 270$ К для состава $x = 0.7$ и $T = 150$ К для состава $x = 0.8$ можно считать температурой Кюри этих соединений. На основании наших результатов, а также используя предыдущую работу [1], можно построить зависимость температуры Кюри (T_c) от степени разбавления сплава (рис. 5). Как ранее наблюдалось для малого разбавления, так и теперь для большого разбавления

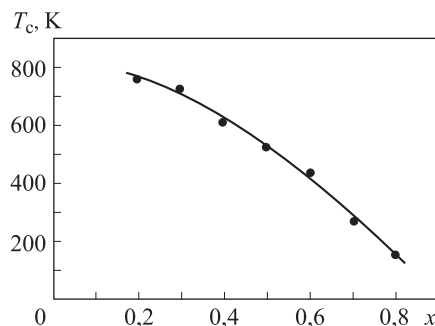


Рис. 5. Зависимость температуры Кюри от состава феррита

температура Кюри уменьшается практически линейно с увеличением концентрации немагнитных ионов.

По результатам измерений можно сделать вывод, что в магнитной структуре разбавленных ферритов имеют место два фазовых перехода. При охлаждении в точке Кюри происходит переход из парамагнитного состояния в смешанное состояние, которое характеризуется наличием сил ближнего и дальнего порядка. Но при дальнейшем охлаждении степень ферримагнитного упорядочения нарастает, и тем быстрее, чем меньше степень разбавления феррита. И при некоторой температуре $T < T_c$ полностью восстанавливается ферримагнитная структура со 100% сил дальнего порядка. Для нашего образца при $x = 0.5$ такой температурой перехода из неупорядоченной структуры в упорядоченную ферримагнитную является $T = 90$ К (см. рис. 4). Для образца с $x = 0.7$ эта точка находится предположительно несколько ниже температуры жидкого азота. Для образца с $x = 0.8$ эта температура находится значительно ниже.

Заключение

Для никелевого феррита с нарушенными магнитными связями при измерении мёссбауэровских спектров выявлена последовательность магнитных фазовых переходов, обнаружено сочетание сил дальнего и ближнего порядка. Полученные кривые зависимости относительной доли сил дальнего порядка от температуры согласуются с данными магнитных измерений для намагниченности насыщения.

Получены значения точек Кюри для ферритов со степенью разбавления $x = 0.7$ и $x = 0.8$. Температуры Кюри для разбавленных ферритов уменьшаются практически линейно от степени разбавления.

Список литературы

1. Антошина Л.Г., Евстафьева Е.Н., Козьмин А.С. и др. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2006. № 5. С. 57.
2. Chhaya U.V., Trivedi B.S., Kulkarni R.G. // J. Mater. Sci. Lett. 1999. 18. P. 1177.

Investigation on magnetic phase transitions in the diluted ferrites. Nickel ferrite.

A. A. Opalenko^{1,a}, A. I. Firov¹, A. B. Korshak², L. G. Antoshina²

¹Department of Solid State Physics; ²Department of General Physics and Magneto-ordered Media, Faculty of Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia.
E-mail: ^a tellur125@mail.ru.

The Mössbauer spectra of nickel ferrite are measured at the significant dilution by nonmagnetic ions: $\text{NiGa}_x\text{Al}_x\text{Fe}_{2-2x}\text{O}_4$ with $x = 0.5, 0.7, 0.8$. In temperature range 90–295 K the ratio of the forces of neighbor and long-range order is experimentally found, Curie temperatures are determined.

Keywords: phase transition, Mössbauer spectra, nickel ferrite.

PACS: 76.80.+y, 75.50.Gg, 75.30.Et.

Received 9 March 2010.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 5(2010).

Сведения об авторах

1. Опаленко Анатолий Архипович — докт. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.; тел.: (495) 939-23-91, e-mail: tellur125@mail.ru.
2. Фиров Александр Иванович — вед. электроник; тел.: (495) 939-23-91.
3. Коршак Алексей Борисович — физик; тел.: (495) 939-23-91.
4. Антошина Любовь Георгиевна — докт. физ.-мат. наук, доцент.