

- [1] Никулин Е.И. ФТТ **37**, 4, 1235 (1995).
 [2] Андреев А.Ф. ЖЭТФ **46**, 5, 1823 (1964).
 [3] Yu M.L., Mercereau I.E. Phys. Rev. **B12**, 11, 4909 (1975).
 [4] Medina R., Aporte I., Ostavio M. Physica **B165-166**, 1595 (1990).
 [5] В сб.: Высокотемпературная сверхпроводимость. Л. (1990). Т. 1. С. 136.

Физика твердого тела, том 38, № 4, 1996
 Solid State Physics, vol. 38, N 4, 1996

НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ EuMn_2O_5

© И.А.Зобкало, В.А.Поляков, О.П.Смирнов, С.В.Гаврилов,
 В.П.Платий, И.В.Голосовский, С.Н.Шарыгин

Петербургский институт ядерной физики
 им.Б.П.Константинова Российской академии наук,
 188350 Гатчина, Ленинградская обл., Россия
 (Поступило в Редакцию 20 июля 1995 г.
 В окончательной редакции 18 октября 1995 г.)

1. Соединения редкоземельных манганатов с общей формулой RMn_2O_5 (R — редкоземельный ион), к семейству которых принадлежит EuMn_2O_5 , кристаллизуются в орторомбическую структуру с пространственной группой $Pbam$. В элементарной ячейке такого соединения два иона марганца (Mn^{3+} и Mn^{4+}) занимают различные кристаллографические положения. Обменное взаимодействие для пар ионов $\text{Mn}^{3+}-\text{Mn}^{3+}$, $\text{Mn}^{3+}-\text{Mn}^{4+}$, $\text{Mn}^{4+}-\text{Mn}^{4+}$ может иметь разный знак [1], а конкуренция этих взаимодействий приводит к магнитному упорядочению с несоразмерным вектором распространения, что наблюдалось в нейтронных исследованиях некоторых соединений из этого ряда (с $R = \text{Er}$, Tb [1-3], Lu , Nd , Ho , Y [1,2], Dy [4]). Индивидуальные особенности редкоземельных ионов обуславливают исключительное разнообразие магнитных явлений в этих соединениях. В частности, в EuMn_2O_5 измерения диэлектрической проницаемости [5], а также магнитной восприимчивости [6] обнаруживают корреляцию магнитных и диэлектрических свойств.

Природный Eu имеет очень большое сечение поглощения тепловых нейтронов, поэтому для наших экспериментов были выращены (по технологии, описанной в [5]) монокристаллы EuMn_2O_5 , содержащие изотоп ^{153}Eu , относительно прозрачный для нейтронов.

Нейтронные исследования EuMn_2O_5 проводились на установках, расположенных на реакторе ВВР-М ПИЯФ РАН: на многосчетчиковом порошковом дифрактометре и на спектрометре поляризованных нейтронов.

2. Порошковые исследования были выполнены при температурах образца 40, 25 и 4.2 K и длине волны нейтронов 1.386 Å. Параметры кристаллической структуры получены методом Ритвельда, реализованным в программе FULLPROF. Все рефлексy в парамагнитной фазе

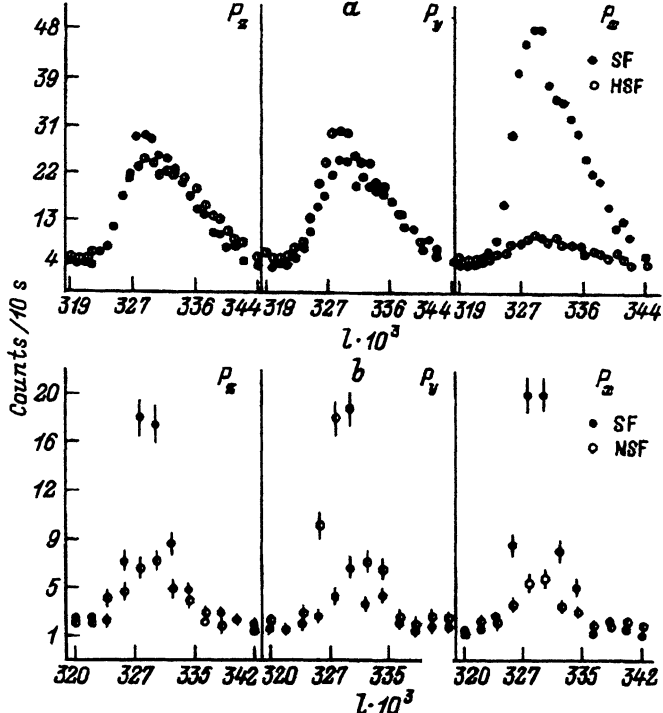
| Атом | Позиция | x | y | z |
|------------------|---------|----------|----------|----------|
| Mn^{4+} | 4f | 0 | 0.5 | 0.25 |
| Mn^{3+} | 4h | 0.41(1) | 0.354(9) | 0.5 |
| Eu | 4g | 0.143(5) | 0.171(5) | 0 |
| O1 | 4c | 0 | 0 | 0.27 |
| O2 | 4g | 0.163(7) | 0.450(5) | 0 |
| O3 | 4h | 0.153(7) | 0.434(6) | 0.5 |
| O4 | 8i | 0.398(4) | 0.204(4) | 0.244(9) |

описываются в рамках пространственной группы $Pbam$ со следующими параметрами ячейки: $a = 7.3816(6) \text{ \AA}$, $b = 8.5750(7) \text{ \AA}$, $c = 5.6910(5) \text{ \AA}$. В пределах точности наших измерений параметры и координаты атомов в ячейке оставались одинаковыми для всех температур, так что в таблице приведены средние значения для координат.

3. В эксперименте с поляризованными нейтронами был применен метод полного поляризационного анализа рассеянных нейтронов [7]. Монокристалл EuMn_2O_5 , использованный в этих измерениях, имеет форму шестиугольной призмы с размерами $4 \times 4 \times 3 \text{ mm}$. Схема эксперимента была полностью идентична использованной в работе [8], длина волны нейтронов — 2.43 \AA . Измерялись интенсивности нейтронов, рассеянных с переворотом (SF) и без переворота спина (NSF), для трех направлений поляризации нейтрона на образце $P_{x,y,z}$. Во время эксперимента ось b кристалла была расположена вертикально, так что плоскость кристалла ac находилась в плоскости рассеяния нейтронов. При температурах ниже 30 К были обнаружены отражения, которым могут быть приписаны индексы $(000)^\pm$, $(100)^\pm$, $(001)^\pm$, $(200)^\pm$, $(002)^\pm$, при этом их положение соответствует несоразмерному вектору $k = (0.5 \ 0 \ 0.33)$. На рисунке показаны результаты сканирования одного из них вдоль направления $(00l)$. Соотношения интенсивностей SF и NSF однозначно свидетельствуют о его магнитной природе.

Из рисунка видна существенная асимметрия сателлита $(000)^+$ при температуре 4.2 К. Этот эффект наблюдался при температурах ниже 18 К, причем соотношение интенсивностей SF и NSF также меняется по сравнению с более высокой температурой. По-видимому, это связано с появлением еще одного магнитного сателлита, соответствующего другому вектору магнитной структуры, по величине и направлению очень близкому к первому.

4. Поскольку наши результаты в некоторой степени коррелируют с данными по диэлектрической проницаемости [5,6], то есть смысл рассмотреть применимость рассуждений авторов [5,6] к нашим результатам. В [6] указывается на существование в данной структуре нескольких почти эквивалентных вариантов для осуществления обменных связей между ионами марганца. Можно предположить, что при температуре выше 18 К реализуется один из вариантов, которому соответствует некоторая предпочтительная для данной связи магнитная структура. По мере понижения температуры начинают включаться более слабые взаимодействия, для которых характерна своя магнитная структура со своим вектором, что приводит к сосуществованию двух магнит-



Результаты сканирования спутника 000⁺ при 4.2 (a) и 24 К (b).

ных структур. Температурный интервал, в котором это наблюдается, совпадает с диапазоном существования аномалии Шоттки на температурной зависимости диэлектрической проницаемости [5].

Авторы выражают глубокую признательность В.А. Саниной и Е.И. Головенчицу за приготовление образцов и плодотворные стимулирующие дискуссии.

Работа выполнена при поддержке Международного научного фонда и российского правительства (грант N J5X100), Российского фонда фундаментальных исследований (грант 93-02-2227) в рамках государственной программы «Нейтронные исследования вещества».

Список литературы

- [1] Buisson G. Phys. Stat. Sol. (a) **16**, 533 (1973).
- [2] Buisson G. Phys. Stat. Sol. (a) **17**, 191 (1973).
- [3] Gardner P.P., Wilkinson C., Forsyght J.B., Wanklyn B.M. J. Phys. C**21**, 5653 (1988).
- [4] Wilkinson C., Sinliar F., Gardner P., Forsyght J.B., Wanklyn B.M. J. Phys. C**14**, 1671 (1981).
- [5] Санина В.А., Сапожникова Л.М., Головенчиц Е.И., Морозов Н.В. ФТТ **30**, 10, 3015 (1988).
- [6] Головенчиц Е.И., Морозов Н.В., Санина В.А., Сапожникова Л.М. ФТТ **34**, 1, 108 (1992).
- [7] Moon R.M., Riste T., Kochler W.C. Phys. Rev. **181**, 920 (1969).
- [8] Gukasov A.G., Kokowin S.Yu., Plakhty V.P., Zobkalo I.A., Barilo S.N., Zhigunov D.I. Physica **B180&181**, 4551 (1992).