

МАГНИТНОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ ИОНОВ Mn^{2+} И Cr^{3+} В ГРАНАТЕ $Mn_3Cr_2Ge_3O_{12}$

*И.В.Голосовский, В.П.Плахтий, О.П.Смирнов,
Ю.П.Черненко, А.В.Ковалев, М.Н.Бедризова*

Методом дифракции нейтронов определена магнитная структура спинов Mn^{2+} в додекаэдрических узлах и спинов Cr^{3+} в октаэдрических узлах граната $Mn_3Cr_2Ge_3O_{12}$. Магнитное упорядочение в каждой из подрешеток происходит независимо при температурах 3,9 и 5,1К соответственно.

В структуре граната магнитные ионы могут занимать узлы трех типов (октаэдрические, тетраэдрические и додекаэдрические), что приводит к большому разнообразию магнитных структур в зависимости от соотношения величин взаимодействий между подрешетками и внутри отдельных подрешеток. В этой связи представляет интерес выяснение магнитной структуры граната $Mn_3Cr_2Ge_3O_{12}$, в котором ионы Mn^{2+}

находятся в додекаэдрических узлах, а ионы Cr^{3+} — в октаэдрических. Измерения теплоемкости [1] показывают несколько аномалий при гелиевых температурах, что может свидетельствовать о необычном характере магнитного упорядочения.

Мы провели нейтронографическое исследование этого соединения на поликристаллическом образце в температурном интервале 2 — 300К. На нейтронограмме, измеренной при температуре 2К, наблюдаются дополнительные, по сравнению с комнатной температурой, рефлексы и вклады в некоторые ядерные отражения, обусловленные дальним антиферромагнитным порядком. Все отражения индицируются в химической ячейке, причем сумма всех индексов четная. Следовательно в магнитной ячейке сохраняется объемноцентрированность. Симметрия кристаллографических положений, занятых магнитными ионами, допускает в рамках гамильтониана Гайзенберга двенадцать мод спиновой структуры ионов в додекаэдрической подрешетке и восемь — в октаэдрической [2]. Тщательное рассмотрение законов погасания соответствующих этим конфигурациям магнитных рефлексов показывает, что наблюдаемая система отражений может быть обусловлена единственной магнитной модой для ионов в октаэдрических узлах и одной из четырех мод (или их линейной комбинацией) для ионов в додекаэдрических узлах.

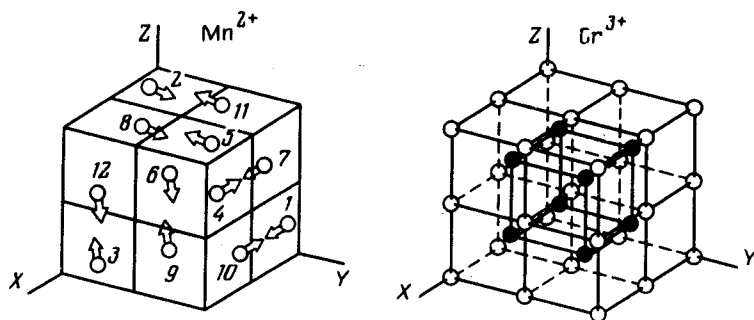


Рис. 1. Антиферромагнитная структура спинов Mn^{2+} и Cr^{3+}

Магнитная структура ионов Cr^{3+} аналогична структурам, наблюдаемым в гранатах с магнитными ионами Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} [3] только в октаэдрических узлах. Эта модель представляет две ферромагнитные решетки, вставленные друг в друга и антиферромагнитно упорядоченные одна относительно другой (рис. 1). Ориентация спинов Cr^{3+} относительно кристаллографических осей не может быть определена из нейтронографических данных. Из температурной зависимости рефлекса 200 (рис. 2), отвечающего этой структуре, следует, что магнитный порядок в системе ионов Cr^{3+} возникает ниже $T_{N1} = 5,1$ К, что может соответствовать аномалии в ходе теплоемкости.

Уточнение возможных конфигураций в додекаэдрической подрешетке методом наименьших квадратов приводит единственным образом к неколлинеарной треугольной моде. Все спины лежат в плоскости (111) вдоль направлений $[\bar{2}11]$. Спины атомов, координаты которых связаны

центром инверсии, направлены противоположно (рис. 1). (Номера атомов совпадают с принятыми в [2] и [4]). Такая же структура предложена в [5] для граната $Mn_3Al_2Ge_3O_{12}$ с ионами Mn^{2+} , занимающими додекаэдрические узлы. По температурной зависимости рефлекса 211 соответствующего этой структуре, определена температура магнитного упорядочения ионов Mn^{2+} $T_{N2} = 3,9K$, что близко к максимуму теплоемкости [1].

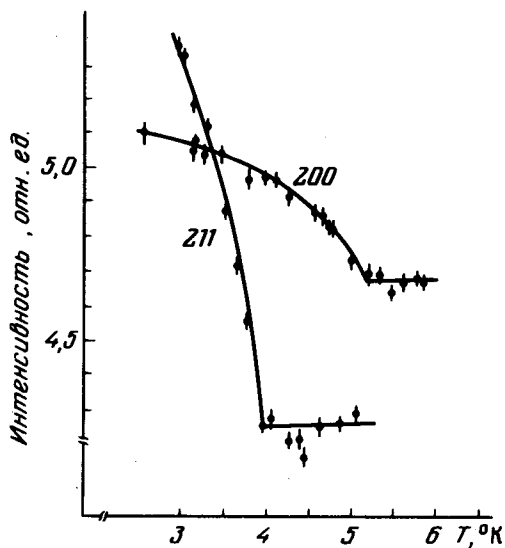


Рис. 2. Температурная зависимость магнитных рефлексов 200 и 211, соответствующих подрешеткам Cr^{3+} и Mn^{2+}

Таким образом, спины ионов Cr^{3+} и Mn^{2+} упорядочиваются независимо. Связь октаэдрической и додекаэдрической подрешеток слабая, она приводит лишь к уменьшению внутриподрешеточного взаимодействия, по сравнению с гранатами, содержащими один из этих ионов ($T_N \approx 12K$ для граната $Ca_3Cr_2Ge_3O_{12}$ [6] и $T_N = 6,68K$ для граната $Mn_3Al_2Ge_3O_{12}$ [4]).

В заключение выражаем свою признательность Б.В.Миллю, синтезировавшему образец.

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
25 августа 1976 г.

Литература

- [1] К.П.Белов, Л.Г.Мамсурова, Б.В.Милль, В.И.Соколов. Письма в ЖЭТФ, 16, 173, 1972.
[2] E. F. Bertaut. J. Phys. Chem., Solids, 21, 256, 1961.

- [3] I. V. Golosovsky, V. P. Plakhty, B. V. Mill, V. I. Sokolov, O. P. Sheva-
leevsky. *Sol. State. Comm.*, 14, 309, 1974.
- [4] Т.В.Валянская, В.П.Плахтий, В.И.Соколов. *ЖЭТФ*, 70, 2279, 1976.
- [5] W. Prandl. *Phys. status solidi (b)*, 55, K159, 1973.
- [6] Т.В.Валянская, Б.В.Милль, В.И.Соколов. *ФТТ*, 18, 1212, 1976.
-