

НЕЙТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ СИСТЕМЫ $^{114}\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Cr}_2\text{Se}_4$

*Р.А.Садыков, П.Л.Грузин, А.А.Минаков,
Т.Г.Аминов, В.Г.Веселого, В.Т.Калинников,
В.Е.Махоткин*

В статье приведены результаты магнитного и нейтронографического исследования системы $^{114}\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Cr}_2\text{Se}_4$ магнитных полупроводников со структурой шпинели. Показано, что с уменьшением концентрации цинка в системе происходит увеличение периода магнитной спирали. Из полученных нейтронограмм следует, что переход из магнитной спирали в ферромагнитное состояние проходит через неупорядоченную магнитную фазу.

Соединения системы $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Cr}_2\text{Se}_4$ являются магнитными полупроводниками со структурой нормальной шпинели. Эта система соединений интересна тем, что в ней происходит резкий переход из ферромагнитного состояния в антиферромагнитное при замещении Cd на Zn вблизи концентрации $X = 0,4$ [1].

Из нейтронографических данных [2,3] известно, что ZnCr_2Se_4 при $T < 20$ К имеет спиральную магнитную структуру с вектором распространения вдоль направления [100] в кристалле и углом поворота спинов от плоскости к плоскости равным 42° . Однако исследование магнитной структуры всей системы $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Cr}_2\text{Se}_4$ при $X < 1$ затруднено из-за большого сечения поглощения тепловых нейтронов естественным кадмием (2500 бн).

Нами впервые проведено нейтронографическое исследование магнитной структуры данной системы. Для уменьшения поглощения тепловых нейтронов при изготовлении образцов использовался изотоп ^{114}Cd , имеющий сечение поглощения ~ 7 бн. Монокристаллы системы выращены методом спонтанной кристаллизации из раствора в расплаве. Подробно метод роста кристаллов описан в работе [4]. Зависимость параметра кристаллической ячейки от X является линейной и изменяется от $10,755 \text{ \AA}$ до $10,440 \text{ \AA}$ при $X = 1,0$ [5].

С помощью вибрационного магнитометра на данных образцах получена зависимость температуры фазового перехода от концентрации Zn, представленная на рис.1. Эта зависимость близка к той, которая была получена ранее в [1].

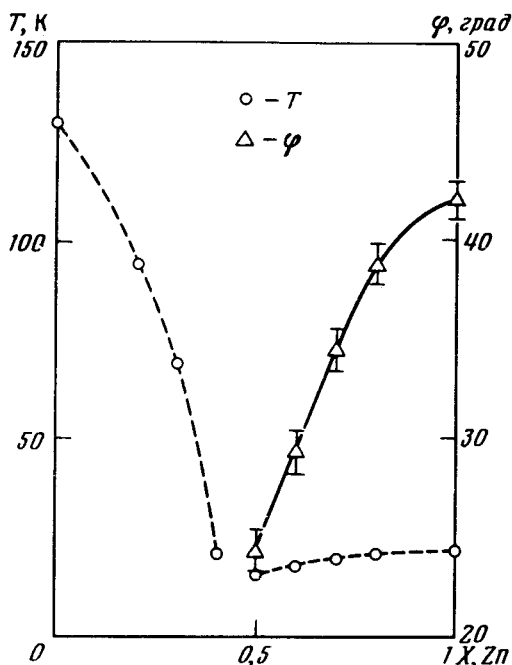


Рис.1. Зависимость температуры фазового перехода T и угла поворота ϕ магнитного момента от состава

Температура Кюри определялась с помощью метода изломов намагниченности ("КИНК"-метод) [6, 7]. Определение температуры Нееля проводилось по максимуму зависимости намагниченности от температуры. Из полученных данных следует, что при $X > 0,4$ образцы являются антиферромагнетиками.

С целью выяснения магнитной структуры этих соединений проведены исследования на нейтронографической установке ИРТ МИФИ с длиной волны нейтронов $1,05 \text{ \AA}$. Измерены нейтронограммы порошковых образцов, полученных растиранием монокристаллов и упакованных в ванадиевые кассеты. Измерения проводились при температуре жидкого гелия и комнатной температуре.

На нейтронограммах измеренных при комнатной температуре для всех составов имеются только отражения, соответствующие структуре нормальной кубической шпинели.

Аналогично работам [2,3] при $T = 4,2 \text{ K}$ на нейтронограмме ZnCr_2Se_4 мы наблюдали магнитные сателлиты спиральной структуры вблизи пиков ядерного отражения. Угол поворота магнитного момента также был получен равным 42° .

Дифракционные картины составов с содержанием цинка $X = 0,8; 0,7; 0,6; 0,5$ также показывают наличие при $T = 4,2 \text{ K}$ магнитных сателлитов, положения которых заметно изменяются в зависимости от X . Полученная зависимость угла поворота магнитного момента от X показана на

рис.1. Настоящий результат подтверждает проведенный ранее в работе [1] расчет угла поворота от состава.

На рис.2 приведены нейтронограммы шпинелей с концентрацией цинка $X = 0,8; 0,5; 0,4; 0,3$ при $T = 4,2$ К. Для состава с $X = 0,6$ и $0,5$ магнитные сателлиты 111^- и 111^+ значительно уширены по сравнению с ядерным отражением 111 , а на нейтронограмме образца $^{114}\text{Cd}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Cr}_2\text{Se}_4$ на месте рефлекса 111 обнаружен широкий диффузный максимум. На нейтронограммах составов с $X = 0,3; 0,2; 0$ наблюдаются только пики ферромагнитного упорядочения. Перечисленное показывает, что при уменьшении концентрации цинка происходит увеличение периода спирали, а с $X = 0,6$ начинается распад магнитной системы на области с разным периодом спирали. При концентрации $X = 0,4$ отсутствует определенная магнитная структура по всему кристаллу и, по-видимому, существуют области как с ферромагнитным, так и со спиральным упорядочением.

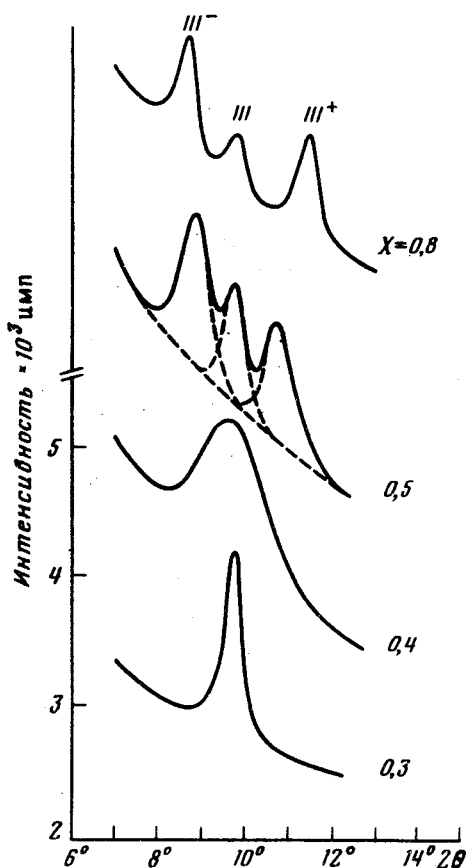


Рис.2. Нейтронограммы порошков $^{114}\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Cr}_2\text{Se}_4$ при $T = 4,2$ К

Авторы выражают признательность Ю.Ф.Бабиковой за интерес к работе, А.В.Зачатской за приготовление образцов, В.П.Плахтию и В.Ф.Петрунину за обсуждение результатов и помощь в проведении измерений.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
29 сентября 1978 г.

Литература

- [1] В.Е.Махоткин, В.Г.Веселаго, В.Т.Калинников. ФТТ, **20**, 1350, 1978.
- [2] R.Plumier. J. Phys., **27**, 213, 1966.
- [3] J.Akimitsu, K.Siratori, G.Shirane, M.Iizumi, T.Watanabe. J.Phys. Soc, Japan, **44**, 172, 1978.
- [4] А.С.Алиханян, А.В.Стеблевский, В.Т.Калинников, Т.Г.Аминов, В.Б.Лазарев, Я.Х.Гринберг, В.И.Горгораки. Ж. неорган. материалы, **13**, 1194, 1977.
- [5] Т.Г.Аминов, В.Т.Калинников, В.Е.Махоткин, Л.И.Очертянова, Г.Г.Шабунина. Ж. неорган. материалы, **12**, 1299, 1976.
- [6] P.J.Wojtowicz, M.Rayl. Phys. Rev., **20**, 1489, 1968.
- [7] К.М.Голант, В.Е.Махоткин, В.Г.Веселаго. ФТТ, **17**, 2279, 1975.
-