

ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ $MnCr_2S_4$

Р.З. САДЫХОВ, Л.М. ВАЛИЕВ, Ш.О. ОРУДЖЕВА

Институт Физики АН Азербайджана

Баку, 370143, пр. Г. Джавида 33

В работе изучены магнитные свойства $MnCr_2S_4$. Показано, что соединение, обладая структурой шпинели, является ферромагнетиком с температурой Кюри $T = 70$ К. Выявлено, что в тетраэдрической подрешетке значения магнитных моментов ионов Mn^{2+} ниже чисто спиновых значений.

Соединение $MnCr_2S_4$ кристаллизуется в структуре шпинели [1] и обладает полупроводниковыми свойствами [2,3]. Существующие в литературе [1-3] данные по магнитным свойствам этого соединения, особенно в области низких температур, носят противоречивый характер, что не позволяет однозначно интерпретировать его физические свойства. В связи с этим в настоящей работе исследована намагниченность и парамагнитная восприимчивость соединения $MnCr_2S_4$ в широком интервале температур, начиная от 4,2 К.

Для получения образцов использовались электролитический хром, переплавленный марганец и сера чистотой 99,9999%.

Синтез проводился в откаченных кварцевых ампулах при 800 °С в течении 10 суток. Полученные продукты тщательно измельчались, спрессовывались под давлением 20 Т/см² и отжигались в вакууме при 750 °С в течении 5 суток.

Рентгенофазовые исследования, проведенные в камере РКД-57,3 мм, в Cu- и Fe- излучениях при экспозициях 40 часов, показали, что $MnCr_2S_4$ кристаллизуется в шпинельной структуре с параметром решетки $a = 30,32$ Е, что согласуется с литературными данными [1,2].

Намагниченность измерена на маятниковом магнитометре Доменикалли в интервале температур от 4,2 К до области магнитного превращения, парамагнитная восприимчивость - методом Фарадея на магнитоэлектрических весах - от температуры магнитного превращения до ~700 К.

Спонтанная намагниченность при фиксированной температуре определена экстраполяцией намагниченности, измеренной при различных магнитных полях, на нулевое поле.

На рис.1 приведена зависимость удельной намагниченности $MnCr_2S_4$ от магнитного поля при 4,2 К. Видно, что техническое намагничивание заканчивается в полях до 1,5 кЭ. Дальнейшее увеличение намагниченности связано с парапроцессом, являющимся, по-видимому, следствием ослабленного подрешеточного или межподрешеточного обменных взаимодействий.

Рассчитан магнитный момент $MnCr_2S_4$ при 4,2 К, который оказался равным 1,2 мБ. Полученное экспериментальное значение несколько превышает рассчитанное по Неелевской модели ферромагнетизма с учетом чисто спиновых значений магнитных моментов Mn^{2+} и Cr^{3+} .

В работе [4] на основе исследований соединения $MnCr_2S_4$ методом нейтронной диффракции при 4,2 К показано, что ионы Mn^{2+} находятся только в тетраэдрических междуузлиях и обладают магнитным моментом 4,7 мБ, что меньше чисто спинового значения.

Трехвалентные ионы Cu с магнитным моментом 3 мБ, согласно [3], располагаются в октаэдрических междуузлиях. С учетом результатов работы [4] наблюдается хорошее согласие полученного нами экспериментального значения магнитного момента (1,2 мБ) с рассчитанным по Неелевской модели ферромагнетизма (1,3 мБ).

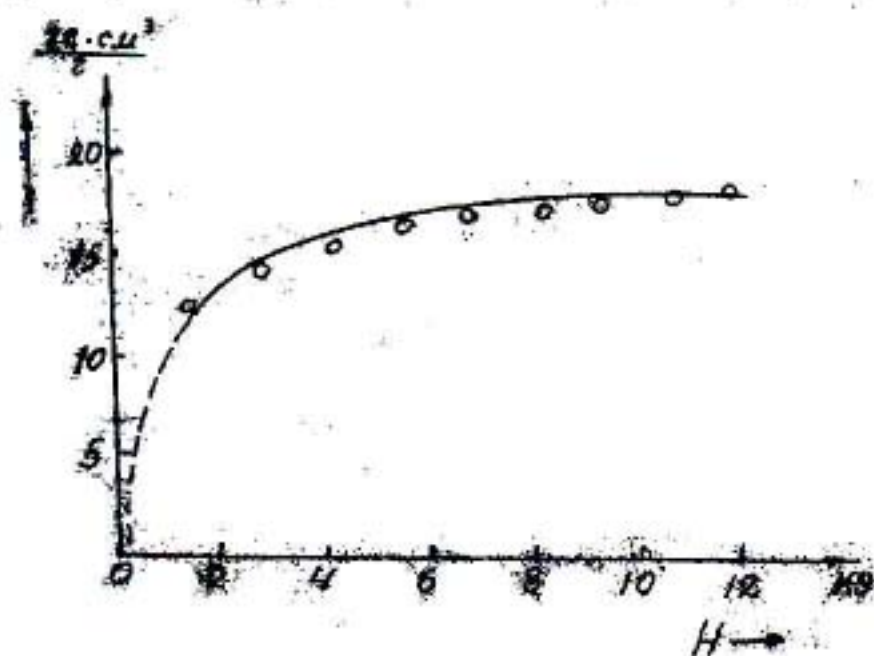


Рис.1. Зависимость удельной намагниченности $MnCr_2S_4$ от магнитного поля при 4,2 К.

Температурная зависимость спонтанной намагниченности, полученная на основе данных по температурной зависимости намагниченности при 6,7; 0,5; 10,8 кЭ, приведена на рис.2. Температура Кюри, определенная из температурной зависимости спонтанной намагниченности, а также методом термодинамических коэффициентов [5] оказалось равной $T = 75$ К. Из рисунка видно, что температурная зависимость намагниченности $MnCr_2S_4$ обладает ярко выраженным максимумом в области 40 К. Максимум в температурной зависимости спонтанной намагниченности $MnCr_2S_4$, по-видимому, можно связать с различной зависимостью внутриподрешеточных взаимодействий от температуры.

Известно, что взаимодействие в октаэдрической подрешетке более сильное по сравнению с подобным взаимодействием в тетраэдрической подрешетке. Предполагается, что с повышением температуры до 40 К магнитное разупорядочение происходит, в основном, в тетраэдрической подрешетке. Дальнейшее повышение температуры приводит к разупорядочению спинов и в октаэдрической подрешетке. В результате указанных процессов в температурной зависимости спонтанной намагниченности наблюдается максимум.

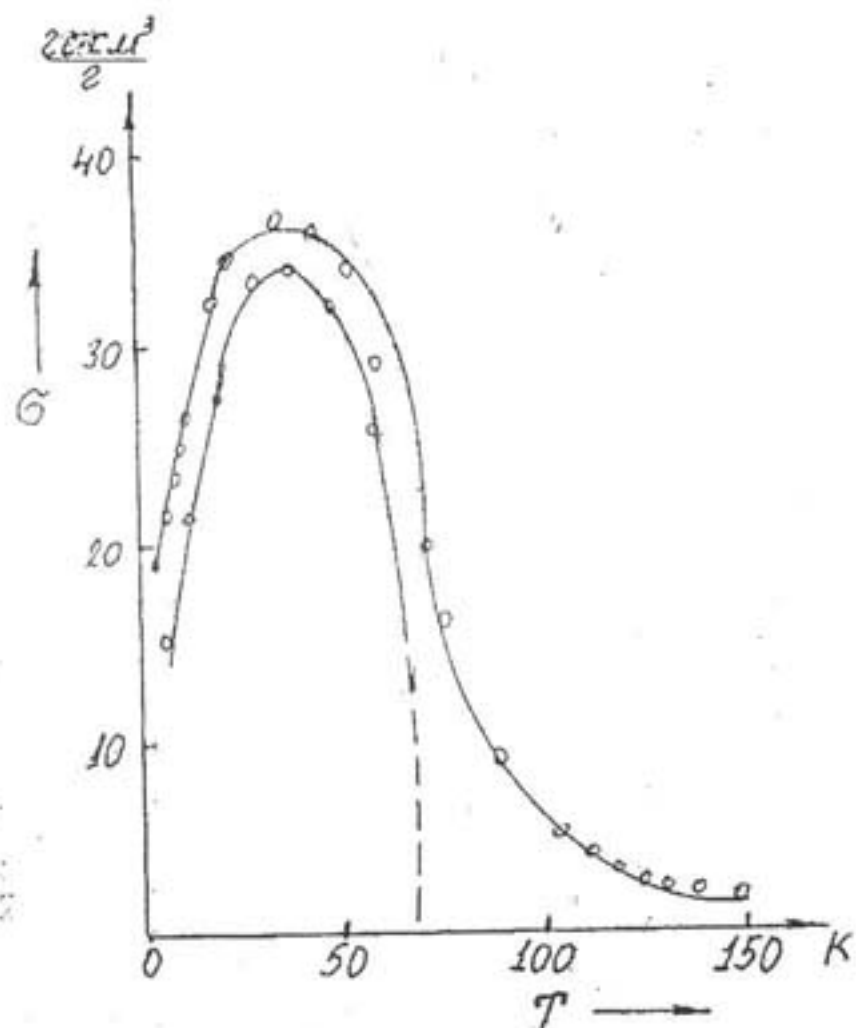


Рис.2. Температурная зависимость спонтанной намагниченности $MnCr_2S_4$.

На рис.3 приведена температурная зависимость обратной парамагнитной восприимчивости $\left(\frac{1}{\chi}\right)$ соединения $MnCr_2S_4$. Видно, что эта зависимость имеет вид, характерный для ферромагнитных материалов.

Из высокотемпературной области зависимости $\frac{1}{\chi}(T)$ рассчитан эффективный магнитный момент χ соединения $MnCr_2S_4$, который оказался равным 9,5 мБ. Теоретическое значение, рассчитанное с учетом чисто спиновых значений магнитных моментов ионов Mn^{2+} и Cr^{3+} , равно 8,1 мБ.

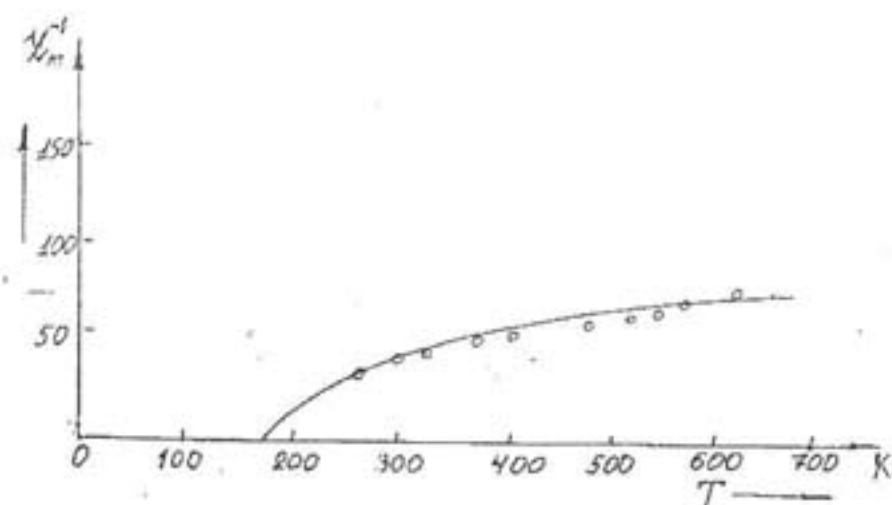


Рис.3. Температурная зависимость обратной парамагнитной восприимчивости $MnCr_2S_4$.

Как видно, наблюдается удовлетворительное согласие экспериментальных и теоретических результатов.

Экспериментальная зависимость $\frac{1}{\chi}(T)$ позволила определить параметры, входящие в уравнение, согласно которому изменяется парамагнитная восприимчивость. Оказалось, что парамагнитная восприимчивость $MnCr_2S_4$ описывается уравнением

$$\frac{1}{\chi} = 26 + \frac{1}{16} - \frac{1833}{T - 180}$$

- [1] R.J. Baughard, P.A. Russot, A. Wold Inorg. Chem. v. 4, № 5, 1965, p. 685-689.
 [2] N. Menyuk, R. Dwight, A. Wold. J. Appl. Phys., v. 36, № 3, p. 11, 1965, 1088-1093.

- [3] L. Coldstein. Physica Bc.86-Bc.88, 1977, pr. 893-895.
 [4] R. Rumer. J. Phys. Chem. Sol., v. 41, 1980, p.871-873.
 [5] К.П. Белов, А.Н. Горяга. ФММ, т. 3, № 3, 1956, с.441-446.

R.Z. Sadıxov, L.M. Vəliyev, Ş.O. Orucova

$MnCr_2S_4$ -ÜN MAQNİT XASSƏLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

$MnCr_2S_4$ -ün maqnit xassələri tədqiq edilib. Bu birləşmənin şpinel quruluşu malik olmaqla $T=70$ K Kuri temperaturu ferrimaqnit olduğu göstərilib. Tetraedrik altqəfəsində Mn^{2+} ionlarının maqnit momentlərinin qiymətinin təmiz spin qiymətindən kiçik olduğu aşkar edilib.

R.Z. Sadıhov, L.M. Valiev, Sh.O. Orudjeva

THE FEATURES MAGNETIC PROPERTIES OF $MnCr_2S_4$

In this paper the magnetic properties of $MnCr_2S_4$ have been investigated. It was shown, that this compound having Shpinel structure at Kuri temperature $T = 70$ K is a ferrimagnet. It was founded, that in a tetrahedral underlattice the values of Mn^{2+} ions magnetic moments is lower than pure spin values.

Дата поступления: 08.04.98

Редактор: Р. Р. Гусейнов