

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ МАГНИТНЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД В СИСТЕМЕ $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$

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

Институт Физики АН Азербайджана

Баку, 370143, пр. Г. Джавида, 33

Исследования намагниченности и парамагнитной восприимчивости катионозамещенных твердых растворов $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 2$) показали, что в системе происходит концентрационный магнитный фазовый переход ферримагнетизм-антиферромагнетизм: до $x=1.4$ составы обладают ферримагнитной структурой, при $1.4 < x < 2$ - антиферромагнитной.

FeCr_2S_4 кристаллизуется в шпинельной структуре и является ферримагнитным полупроводником с температурой Кюри $T_c = 200\text{ K}$ [1]. С целью выяснения влияния катионных замещений на магнитные свойства и определения характера изменения внутри- и междурешеточных обменных взаимодействий замещением ионов хрома ионами индия в октаэдрической подрешетке соединения FeCr_2S_4 была получена система твердых растворов $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 2$) и исследована их намагниченность и парамагнитная восприимчивость в широком интервале температур.

Для получения образцов использовались карбональное железо, электролитический хром, а также индий и сера чистотой 99,99 % и 99,99999 %, соответственно.

Синтез производился в звукопоглощающих кварцевых ампулах при 1170 K в течение 4-х суток. Полученные составы размельчались и спрессовывались под давлением 2,3 ГПа. Отжиг проводился при 970 K в вакууме в течение 8 суток. Рентгенографический анализ позволил установить, что все полученные составы однофазны и кристаллизуются в структуре шпинели с параметром элементарной ячейки $a_0 = 10,04\text{ E}$ ($x=0$); $10,09\text{ E}$ ($x=0,3$); $10,19\text{ E}$ ($x=0,6$); $10,24\text{ E}$ ($x=0,9$); $10,30\text{ E}$ ($x=1$); $10,45\text{ E}$ ($x=1,4$); $10,52\text{ E}$ ($x=1,6$); $10,65\text{ E}$ ($x=2$), что соответствует закону Вегарда и литературным данным [2].

Намагниченность измерялась на магнитном магнитометре типа Доменикали в интервале от 4,2 K до температуры магнитного превращения, парамагнитная восприимчивость - методом Фарадея на магнитоэлектрических весах в интервале температур от области магнитного превращения до 600 K.

Спонтанная намагниченность при фиксированной температуре определялась экстраполяцией намагниченности, измеренной при различных магнитных полях, на нулевое поле. Температура Кюри составов определялась методом термодинамических коэффициентов [3].

На рис. 1 приведена зависимость намагниченности составов $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 1$) от магнитного поля при 4,2 K. Как видно, для всех образцов достигается магнитное насыщение.

Рассчитанные магнитные моменты насыщения оказались различными: 1,47; 1,36; 1,25; 0,73 и $0,5\mu_B$ при $x=0$; 0,3; 0,6; 0,8 и 1, соответственно.

Полученные экспериментальные значения магнитных моментов насыщения согласуются с рассчитанными по Нелевской модели ферримагнетизма, если предполо-

жить, что в интервале $0 \leq x \leq 1$ ионы In^{3+} располагаются в октаэдрической подрешетке.

Температура Кюри (T_c) этих составов составляет 199; 192; 185; 167; и 155 K для $x=0$; $x=0,3$; $x=0,6$; $x=0,8$ и $x=1$, соответственно.

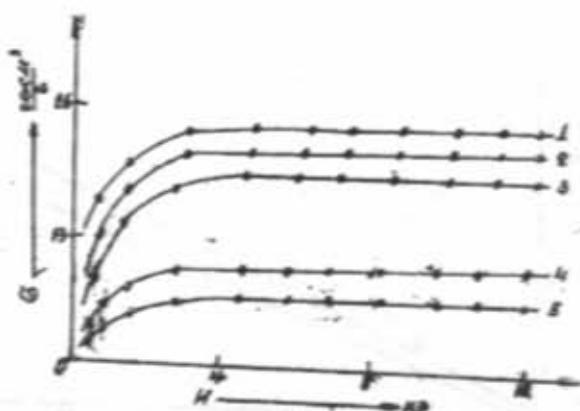


Рис. 1. Зависимость намагниченности составов $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 1$) от магнитного поля при 4,2 K. 1- $x=0$; 2- $x=0,3$; 3- $x=0,6$; 4- $x=0,8$; 5- $x=1,0$.

Температурная зависимость обратной величины парамагнитной восприимчивости составов с $x=0,3$; $x=0,6$; и $x=1$ имеет гиперболическую форму, что является характерным для ферримагнетиков. Парамагнитная температура Кюри указанных составов определялась экстраполяцией кривой $(1/x)$ (T) на ось температур и оказалась равной $\theta=275$; 210 и 175 K для $x=0,3$; 0,6 и 1, соответственно.

На рис. 2 приведена зависимость намагниченности от магнитного поля для состава с $x=1,4$ при 4,2 K. Как видно, для этого состава магнитное насыщение не достигается и зависимость $\sigma(H)$ представляет собой как-бы суперпозицию прямой, характерной для антиферромагнетиков, и малой спонтанной намагниченности.

Температурная зависимость намагниченности этого же состава в области 4,2-70 K показывает, что намагниченность, начиная от 4,2 K, несколько увеличивается, после чего начинается ее резкий спад. Зависимость $\sigma(T)$ для $x=1,4$, по-видимому, также свидетельствует о существовании в этом составе ферри- и антиферромагнитной структуры.

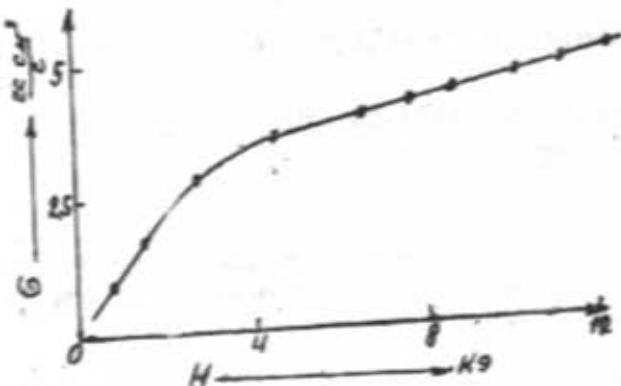


Рис. 2. Зависимость намагниченности $\text{FeIn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{S}_4$ от магнитного поля при 4,2К.

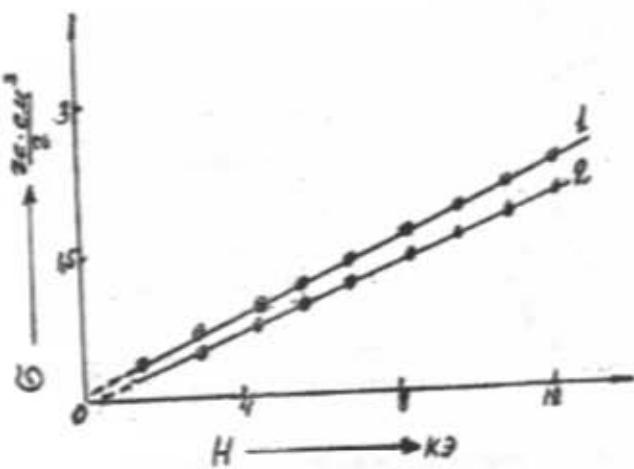


Рис. 3. Зависимость намагниченности $\text{FeIn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{S}_4$ (1) и FeIn_2S_4 (2) от магнитного поля при 4,2К.

- [1] G. Haacke, Beagle. Phys. Rev. Letter, 1966, v. 17, n. 8, p. 407.
[2] L. Goldstein, L. Brassard, M. Guttard, I.L. Dormann. Physica, 1977, v. 86-88, B+C, pt. 2, p. 889.

На рис.3 приведена зависимость намагниченности от магнитного поля для составов $x=1,6$ и $x=2$. Видно, что зависимость $\sigma(H)$ для этих составов линейна, что характерно для антиферромагнетиков.

Температурная зависимость магнитной восприимчивости для $x=1,6$ и $x=2$ также характерна для антиферромагнетиков: с ростом температуры восприимчивость растет до некоторого максимального значения, затем линейно уменьшается. Температура Нееля этих составов оказалась равной $T_c=15$ и 5К для $x=1,6$ и $x=2$, соответственно.

По результатам исследований парамагнитной восприимчивости, используя модель молекулярного поля, была произведена оценка интегралов внутренних и межподрешеточных обменных взаимодействий. Расчеты основывались на сопоставлении экспериментальных криевых температурной зависимости обратной парамагнитной восприимчивости в области $T>\theta$ с теоретической, описываемой законом Нееля [4].

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_0} + \frac{T}{C} - \frac{\delta_0}{T - \theta},$$

где указанные с коэффициентами молекулярного поля параметры $\frac{1}{X_0}$, δ_0 и θ определялись экспериментально.

Проведенные расчеты показали, что с ростом концентрации ионов In величина интегралов межподрешеточных обменных взаимодействий уменьшается, что и приводит к понижению температуры Кюри. Таким образом, замещение ионов Cr ионами In приводит к концентрационному магнитному фазовому переходу ферромагнетизм - антиферромагнетизм: до $x=1,4$ составы обладают ферромагнитной структурой, при $1,4 < x < 2$ - антиферромагнитной. Это является следствием того, что $x=1,4$ ионы J_{e}^{3+} располагаются в октаэдрических междоузлиях, при $x>1,4$ происходит перераспределение этих катионов как в окта- так и тетраэдрических междоузлиях.

- [3] К.П. Бедов, А.Н. Горяга. ФММ, т.3, 1956, с.41-46.
[4] С.В. Вонсовский. Магнетизм, Изд. "Наука", М., 1971, 1032 с.

R.Z. Sadygov, L.M. Vallyev, Sh.O. Orudzheva

$\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 2$) SİSTEMİNDE KONSENTRASYALI MAQNİT FAZA KEÇİDİ

Kationevazedilmiş $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 2$) berk mehlular sisteminin maqnitisme ve paramaqnit qavramıçılığının tədqiqi hemis sistemde ferrimaqnit-antiferomaqnit konsentrasiyalı maqnit faza keçidinin baş verdiyini aşkar etmişdir. terkibler $x=1,4$ qədər fer-rimaqnit, $1,4 < x < 2$ hələndə isə antiferomaqnit quruluşa malikdir.

R.Z. Sadygov, L.M. Vallyev, Sh.O. Orudzheva

THE CONCENTRATION MAGNETIC PHASE TRANSITION $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 2$) SYSTEM

The investigation of magnetization and paramagnetic susceptibility of cation-substituted solid solutions $\text{FeIn}_x\text{Cr}_{2-x}\text{S}_4$ ($0 \leq x \leq 2$) showed that there have been taken place concentration magnetic phase transition ferrimagnetism - antiferromagnetism in system: till $x=1,4$ the compounds have ferrimagnetic structure, at $1,4 < x < 2$ - antiferromagnetic one.

Дата поступления: 14.04.97

Редактор: Р.Р. Гусейнов