

УДК 538.214

ФИЗИКА

Член-корреспондент АН СССР П. В. ГЕЛЬД,
В. Г. ЗУБКОВ, И. И. МАТВЕЕНКО

СЛАБЫЙ ФЕРРОМАГНЕТИЗМ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$

Известно, что Cr_2O_3 является антиферромагнетиком с коллинеарной магнитной структурой ⁽¹⁾, в то время как в Ti_2O_3 магнитное упорядочение отсутствует ⁽²⁾. Однако рентгенографические исследования показали, что в системе $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Ti}_2\text{O}_3$ образуется непрерывный ряд взаимных твердых растворов $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$ со структурой типа корунда.

Образцы для исследования изготовлялись спеканием в вакууме из смесей порошков полтораокисей титана и хрома. Состав образцов контролировался химическим анализом, а их однофазность была

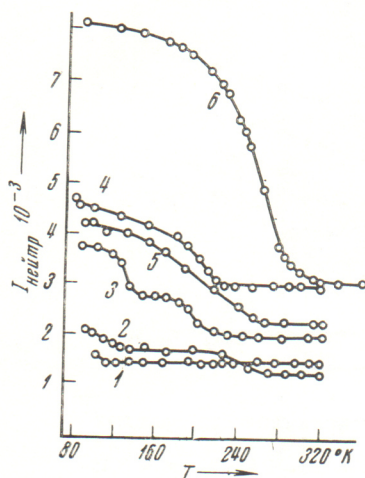


Рис. 1

Рис. 1. Температурно-концентрационные зависимости интенсивности антиферромагнитных рефлексов (110) в твердых растворах $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$: 1 — $\text{Cr}_{0.8}\text{Ti}_{1.2}\text{O}_3$; 2 — $\text{Cr}_{1.0}\text{Ti}_{1.0}\text{O}_3$; 3 — $\text{Cr}_{1.2}\text{Ti}_{0.8}\text{O}_3$; 4 — $\text{Cr}_{1.4}\text{Ti}_{0.6}\text{O}_3$; 5 — $\text{Cr}_{1.6}\text{Ti}_{0.4}\text{O}_3$; 6 — Cr_2O_3

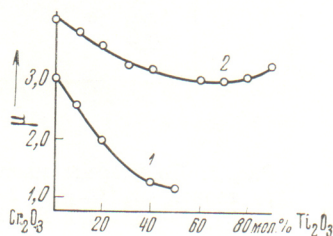


Рис. 2

Рис. 2. Влияние состава твердых растворов $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$ на μ_2 (1) и $\mu_{\text{эфф}}$ (2)

подтверждена рентгенографически. Нейтронографические исследования препаратов производились в интервале температур от 77 до 300° К при $\lambda = 0,99 \text{ \AA}$. При этом выяснилось, что на нейтронограммах, снятых при комнатной температуре, отсутствуют сверхструктурные рефлексы, что свидетельствует о статистическом распределении ионов хрома и титана в (4с)-позициях. Было также установлено, что магнитная структура твердых растворов $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$ совпадает с магнитной структурой чистой полтораокиси хрома и магнитными рефлексами являются (110), (211). Исследование температурных зависимостей интенсивностей рефлекса (110) позволило определить температуру Нееля и установить границы существования антиферромагнитной фазы (рис. 1). В частности, оказалось, что когерентное магнитное рассеяние исчезает при $x < 1$, а магнитный момент μ_2 , вычисленный по магнитным вкладам в рефлексы (110) и (211), сложным образом меняется с составом твердого раствора (рис. 2).

Результаты изучения магнитной восприимчивости твердых растворов $\text{Cr}_2\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$ показывают, что при $x \leq 1$ политерма $\chi^{-1}(T)$ имеет характер-

ную для ферромагнетиков гиперболическую форму (рис. 3). Из-за отсутствия упорядоченного расположения атомов хрома и титана в 4(c)-позициях эта зависимость не может быть обусловлена нескомпенсированным антиферромагнетизмом; это подтверждается также отсутствием когерентного магнитного рассеяния в препаратах с $x < 1$.

Объяснить слабый ферромагнетизм $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$ появлением вектора слабого ферромагнетизма в магнитном поле также нельзя. Действительно ⁽³⁾, он может существовать только в магнитных кристаллах с четной магнит-

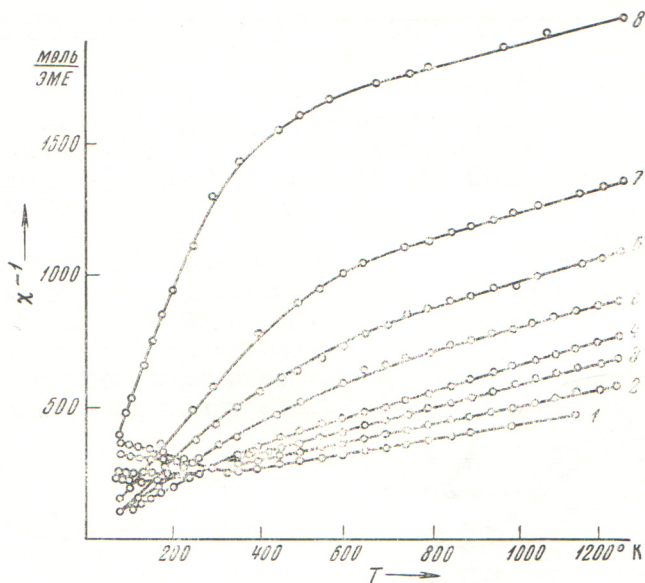


Рис. 3. Политермы магнитной восприимчивости твердых растворов $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$: 1 — $x = 2,0$; 2 — $x = 1,6$; 3 — $x = 1,4$; 4 — $x = 1,0$; 5 — $x = 0,8$; 6 — $x = 0,6$; 7 — $x = 0,4$; 8 — $x = 0,2$.

ной структурой, между тем, как известно, магнитная структура Cr_2O_3 (и твердых растворов $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$) является нечетной.

Полученные результаты, по-видимому, можно объяснить, используя представления Э. Л. Нагаева ⁽⁴⁾ о конкурирующих косвенном антиферромагнитном обмене и ферромагнитном обмене через электроны зоны проводимости, ведущих к появлению неколлинеарной магнитной структуры. Эта неколлинеарность достигает своего максимального значения при концентрации носителей n в зоне проводимости, превышающей некоторое пороговое значение $n > n_A$. Во внешнем магнитном поле за счет частичного разворота магнитных моментов должна появляться добавочная компонента проекции спинового момента, пропорциональная $\sqrt{n - n_A}$. Об этом, в частности, свидетельствует концентрационная зависимость $\mu_{\text{эфф}}$ (рис. 2, 2). Поэтому, естественно, ферромагнетизм проявляется только когда образцы находятся в магнитном поле, например, при изучении их магнитной восприимчивости.

Появление диффузного фона на нейтронограммах вблизи рефлексов (110) и (211) также указывает на существование неколлинеарности в расположении магнитных моментов атомов в твердых растворах, по составу, близких к $\text{Cr}_{1,0}\text{Ti}_{1,0}\text{O}_3$.

Наконец, в соответствии с теорией Э. Л. Нагаева, при $n = n_A$ на изотерме термо-э.д.с. (α) нами была обнаружена четкая аномалия. При этом знак α с ростом концентрации Ti_2O_3 изменяется с положительного (при $x > 1,0$) на отрицательный (при $x < 1,0$).

Таким образом, обнаруженный в твердых растворах $\text{Cr}_x\text{Ti}_{2-x}\text{O}_3$ (при $x \leq 1,0$) слабый ферромагнетизм может быть объяснен в рамках модели концентрационного фазового перехода.

Институт химии
Уральского филиала Академии наук СССР
Свердловск

Поступило
9 II 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ B. N. Brockhouse, J. Chem. Phys., **21**, 961 (1953). ² R. N. Moon, T. Riste et al., J. Appl. Phys., **40**, 1445 (1969). ³ Е. А. Туров, Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов, Изд. АН СССР, 1963. ⁴ Э. Л. Нагаев, ЖЭТФ, **57**, 1274 (1969).