

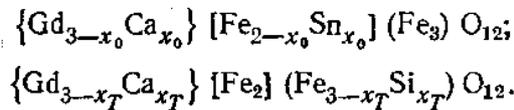
Л. П. ШЛЯХИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ОБМЕННЫХ ПОЛЕЙ В ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕРРИТАХ—ГРАНАТАХ ГАДОЛИНИЯ

Редкоземельные ферриты—гранаты $\{R_3\} [Fe_2] (Fe_3) O_{12}$ являются ферримагнетиками с тремя неэквивалентными магнитными подрешетками a , d и c . Магнитные моменты ионов в каждой из этих подрешеток находятся под воздействием эффективного обменного поля, создаваемого как магнитными моментами ионов данной подрешетки, так и магнитными моментами ионов двух других подрешеток.

Рассмотрим ионы редкоземельной c -подрешетки. Вследствие того что в структуре граната обменное взаимодействие между редкоземельными ионами много меньше обменного взаимодействия между редкоземельными и железными ионами, $H_{обм}$, действующее на редкоземельные ионы, создается в основном ионами железа в подрешетках a и d [1]. Представляло интерес проверить остается ли это утверждение справедливым в замещенных редкоземельных ферритах—гранатах.

Для исследования были выбраны ферриты—гранаты гадолиния с замещением железа на немагнитные ионы как в a , так и в d -подрешетке:



Эти системы различаются тем, что при увеличении x_0 (концентрации немагнитных ионов в октаэдрической подрешетке) магнитный момент d -подрешетки остается неизменным (магнитный момент суммарной железной подрешетки увеличивается), а при увеличении x_T (концентрации немагнитных ионов в тетраэдрической подрешетке) уменьшается магнитный момент d -подрешетки (и уменьшается магнитный момент суммарной железной подрешетки при $x_T < 1$).

Представляло интерес определить, какое влияние оказывает на $H_{обм}$, действующее на редкоземельные ионы, изменение магнитных моментов a и d -подрешеток.

Были исследованы следующие составы замещенных ферритов—гранатов гадолиния: $x_0=0,0; 0,3; 0,6; 0,9$ и $x_T=0,3; 0,6; 0,9; 1,2$. Способ приготовления образцов, параметры решетки и метод измерения намагниченности даны ранее [2].

Для определения $H_{обм}$ была использована формула теории молекулярного поля для температурной зависимости спонтанной намагниченности редкоземельной подрешетки:

$$M_{SR} = M_{RO} B_S \left(\frac{2S\mu_{\sigma} H_{обм}}{kT} \right).$$

Температурная зависимость спонтанной намагниченности редкоземельной подрешетки была найдена при вычитании кривых температурной зависимости спонтанной намагниченности феррита—граната гадолиния и феррита—граната иттрия, температурная зависимость спонтанной намагниченности которого отождествлялась с температурной зависимостью спонтанной намагниченности железных подрешеток a и d вместе. Для этого были предварительно получены кривые зависимостей спонтанной намагниченности замещенных ферритов—гранатов гадолиния и замещенных ферритов—гранатов иттрия аналогичных составов. Намагниченность измерялась в температурах от жидкого азота до точки Кюри.

На рис. 1 представлены кривые $H_{обм}(T)$ в ферритах—гранатах гадолиния при различном содержании немагнитных ионов в d -подрешетке. $H_{обм}$ уменьшается с увеличением температуры и с увеличением концентрации немагнитных ионов в d -подрешетке.

Аналогичная зависимость от температуры и состава наблюдается для $H_{обм}$ в системе ферритов—гранатов гадолиния с замещением в a -подрешетке.

При экстраполяции кривых $H_{обм}(T)$ к $T=0^\circ K$ получена зависимость $H_{обм}(X)$, представленная на рис. 2. Из рис. 2 видно, что $H_{обм}$ уменьшается при введении немагнитных ионов как в a , так и в d -подрешетку.

Следует обратить внимание на слабую температурную зависимость $H_{обм}$ при низких температурах, полученную на всех изученных составах гранатов при замещении как в a , так и в d -подрешетках.

$H_{обм}$, действующее на редкоземельные ионы в феррите—гранате, можно записать следующим образом:

$$H_{\text{обм.}} = \gamma M_{SR} + \lambda M_{\text{Fe}},$$

где γ и λ — параметры обменных взаимодействий редкоземельных ионов и редкоземельных ионов с ионами железа соответственно.

Слабая зависимость $H_{\text{обм.}}(T)$ при низких температурах, где как раз идет наиболее резкое изменение намагниченности редкоземельной подрешетки (см. рис. 3),

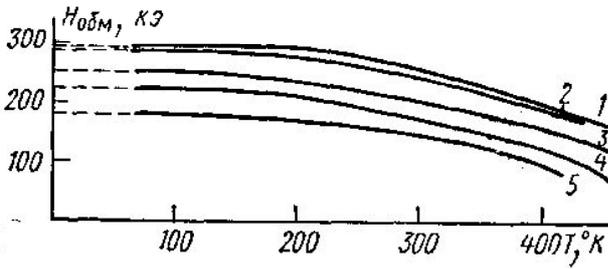


Рис. 1. Температурные зависимости обменных полей, действующих на ионы гадолиния, в ферритах — гранатах $\{\text{Ga}_{3-x}\text{Ca}_x\} [\text{Fe}_2] (\text{Fe}_{3-x}\text{Si}_x) \text{O}_{12}$
1 — $x = 0$, 2 — $x = 0,3$, 3 — $x = 0,6$,
4 — $x = 0,9$, 5 — $x = 1,2$

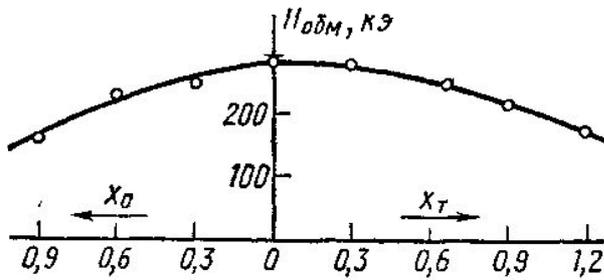


Рис. 2. Зависимость от состава обменных полей, действующих на ионы гадолиния, при 0°K в ферритах — гранатах $\{\text{Ga}_{3-x_T}\text{Ca}_{x_T}\} [\text{Fe}_2] (\text{Fe}_{3-x_T}) \text{O}_{12}$
и $\{\text{Ga}_{3-x_0}\text{Ca}_{x_0}\} [\text{Fe}_{2-x_0}\text{Sn}_{x_0}] (\text{Fe}_3) \text{O}_{12}$

$H_{\text{обм.}}$ во всех изученных составах замещенных ферритов — гранатов гадолиния, кроме $x_T = 1,2$, ориентирует магнитные моменты ионов гадолиния против направления суммарного вектора намагниченности железных подрешеток (т. е. против направления внешнего поля). M_R и M_d антипараллельны.

При $x_T = 1,2$ $H_{\text{обм.}}$ ориентирует магнитные моменты ионов гадолиния параллельно направлению намагниченности суммарной железной подрешетки (следовательно, по направлению внешнего поля). M_R и M_d опять антипараллельны, хотя магнитный момент d -подрешетки в составе $x_T = 1,2$ меньше, чем магнитный момент a -подрешетки.

Последнее позволяет утверждать, что отрицательное c — d обменное взаимодействие сильнее, чем отрицательное c — a обменное взаимодействие в замещенных ферритах — гранатах гадолиния, что соответствует выводам других авторов [3].

Выражаю благодарность проф. К. П. Белову, под руководством которого выполнена данная работа.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Белов К. П., Белянчикова М. А., Левития Р. З., Никитин С. А. Редкоземельные ферро- и антиферромагнетики. М., «Наука», 1965.
- 2 Белов К. П., Шляхина Л. П. «Физика металлов и металловедение», 30, 22, 1970.

Поступила в редакцию
27.2 1970 г.

Кафедра
общей физики для биологов

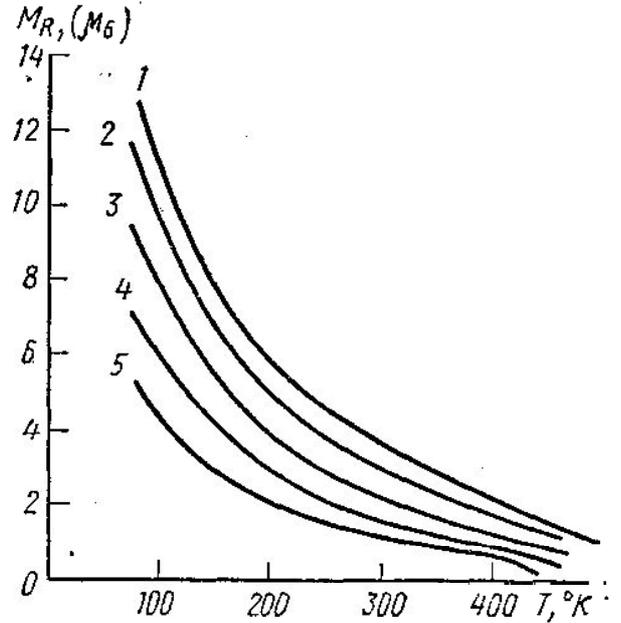


Рис. 3. Температурные зависимости намагниченности гадолиниевой подрешетки в ферритах — гранатах $\{\text{Ga}_{3-x}\text{Ca}_x\} [\text{Fe}_2] (\text{Fe}_{3-x}\text{Si}_x) \text{O}_{12}$
Обозначения те же, что на рис. 1