

МАГНИТОСТРИКЦИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ГАЛЛАТОВ-ГРАНАТОВ

К.П.Белов, В.И.Соколов

В ферритах-гранатах тербия, диспрозия и гольмия в области гелиевых температур наблюдается огромная магнитострикция [1], тогда как в ферритах-гранатах иттрия и гадолиния она очень мала. Согласно современным представлениям большие магнитострикционные эффекты в указанных ферримagnetиках обязаны своим происхождением влиянию орбитального состояния ионов Tb^{3+} , Dy^{3+} и Ho^{3+} на кристаллическую решетку.

В настоящей работе была исследована магнитострикция парамагнитных гранатов, в которых все железо замещено диамагнитным галлием. Гранаты Fe и Ga имеют очень сходную структуру [2], и поэтому можно было предположить, что исследование галлатов даст дополнительные сведения о поведении редкоземельных ионов в структуре граната. Нами были измерены магнитные и магнитострикционные свойства поликристал-

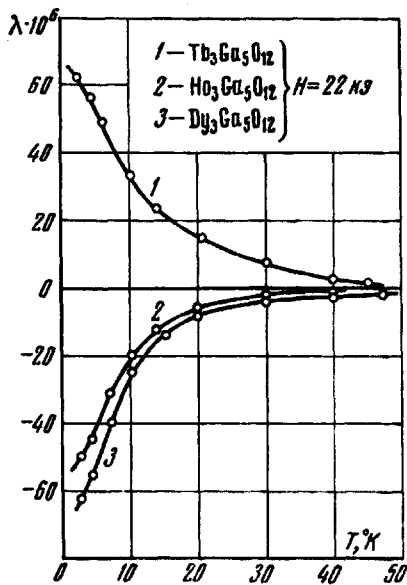


Рис. I

лических галлатов-гранатов $R_3Ga_5O_{12}$, где $R - Gd, Tb, Ho$ и Dy в интервале температур 1,7 - 50°K. Для измерения магнитострикционных деформаций использовался метод емкостного датчика, а намагничивание образцов производилось сверхпроводящим соленоидом (магнитное поле до 25 кэ).

На рис. I приведены температурные зависимости магнитострикции галлатов-гранатов Tb , Dy и Ho , снятые в поле 22 кэ. Видно, что с понижением температуры магнитострикция резко возрастает, достигая значительной (для парамагнетиков)

величины $\sim 60 \cdot 10^{-6}$. В галлате гадолиния магнитострикция на два порядка меньше и составляет при $4,2^\circ K + 0,25 \cdot 10^{-6}$, а при $T = 15^\circ K$.

ее уже не удастся надежно измерить (чувствительность установки $\sim 5 \cdot 10^{-8}$). Интересно отметить, что знаки магнитоупругости исследованных галлатов-гранатов такие же, как и соответствующих ферритов-гранатов (положительная для Tb и отрицательная для Dy и Ho).

На рис.2 приведены зависимости молярной восприимчивости галлатов-гранатов Gd , Tb , Dy и Ho от температуры, которые качественно согласуются с данными [3]. Как видно из рисунка, восприимчивость резко возрастает в районе температур жидкого гелия, а на кривой $\chi(T)$ наблюдается слабый перегиб. Такое поведение температурной зависимости восприимчивости может свидетельствовать

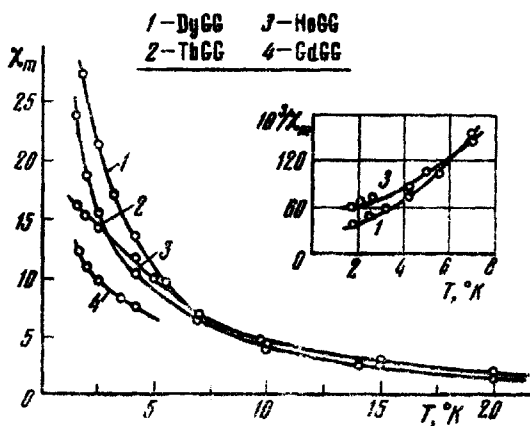


Рис. 2

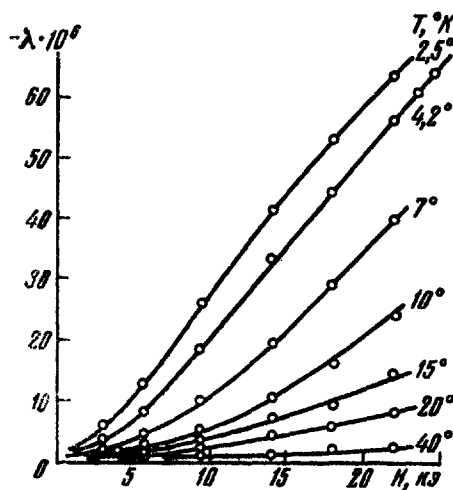


Рис. 3

о магнитном упорядочении, температура которого лежит ниже $1,7^{\circ}K$ (возможность антиферромагнитного упорядочения в галлатах-гранатах при низких температурах отмечается в [4]). Это предположение позволяет объяснить наблюдающиеся в галлатах-гранатах значительные по величине магнитоупругостные эффекты. При магнитном упорядочении спиновых магнитных моментов (под действием обменных сил) вследствие большого спин-орбитального взаимодействия, существующего в редкоземельных гранатах, происходит упорядочивание и орбитальных магнитных моментов, которые будут "возмущать" локальное электростатическое поле кристалла, и это обуславливает возникновение большой магнито-

стрикции. Следовательно, магнитострикция может служить чувствительным индикатором процесса магнитного упорядочения при приближении к Θ со стороны высоких температур

В районе температуры упорядочения изменяется и характер зависимости $\lambda(H)$. На рис. 3 в качестве примера приведены изотермы магнитострикции $2\mu_3 Ga_5 O_{12}$, показывающие характерный для парамагнетиков квадратичный рост магнитострикции с магнитным полем. Однако уже при $T = 4,2^\circ K$ возникает отклонение от этой зависимости, а при $2,5^\circ K$ прогиб кривой по отношению к оси поля изменяет знак. Подобная ситуация наблюдается в поведении четных магнитных эффектов при приближении к точке Кюри ферромагнетиков со стороны высоких температур [5].

Однако не исключается возможность, что описанный выше характер изотерм магнитострикции при низких температурах связан с явлением парамагнитного насыщения в сильных магнитных полях.

В заключение авторы выражают благодарность Тхан Дык Хлену за помощь при измерениях.

Физический факультет

Московского государственного
университета им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию

22 июня 1966 г.

Литература

- [1] К.П.Белов, В.И.Соколов. ЖЭТФ, 48, 979, 1965.
- [2] F.Bertaut, F.Ferrat. Compt. rend., 243, 1219, 1956.
- [3] W.Wolf, M.Ball, M.Hutchings, M.Leask, A.Wyatt. J.Phys.Soc. Japan, 17, Suppl B-I, 441, 1962.
- [4] M.Ball, G.Garton, M.Leask, D.Ryan. J.Appl. Phys., Suppl., 32, 267, 1961.
- [5] К.П.Белов. "Магнитные превращения", Физматгиз, 1959.