

ОБ АНОМАЛИЯХ МАГНИТОСТРИКЦИИ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ САМАРИЯ И ТУЛИЯ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

К.Л.Белов, В.И.Соколов

Нами уже сообщалось о необычных магнитоэлектрических свойствах редкоземельных ферритов-гранатов и галлатов-гранатов: тербия, диспрозия, гольмия и эрбия при низких температурах [1, 2]. Характерной

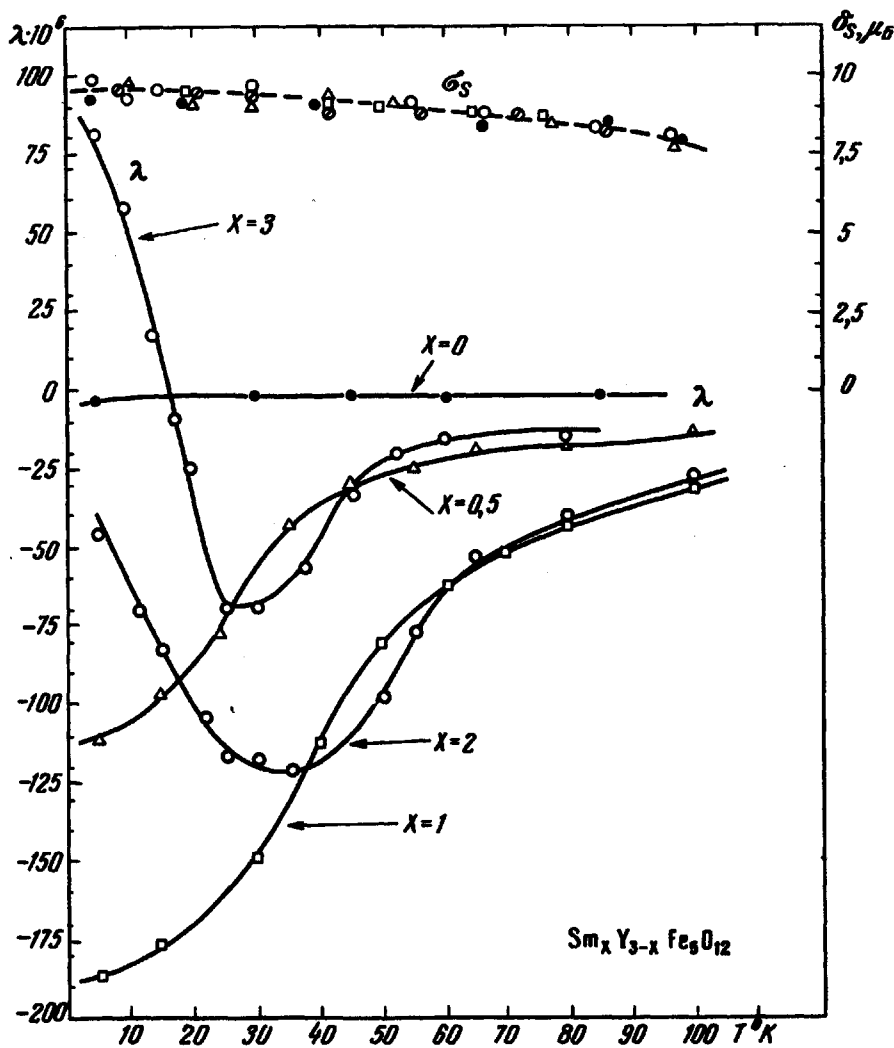


Рис.1. Зависимость от температуры магнитоэлектричества (λ) и намагниченности насыщения (σ_s) иттрий-самариевых ферритов-гранатов

особенностью этих гранатов является огромная магнитоэлектричность вблизи $4,2^\circ\text{K}$, возникновение которой связывалось с анизотропией электронного

облака ионов Tb^{3+} , Dy^{3+} , Ho^{3+} и Er^{3+} и его взаимодействием с внутрискристаллическим полем решетки.

В настоящей статье сообщается об обнаруженном нами аномальном поведении магнитострикции в области низких температур в ферритах-гранатах самария и тулия. Измерения были проведены на поликристаллических образцах $Sm_x Y_{3-x} Fe_5 O_{12}$ ($x = 0; 0,5; 1; 2; 3$) и $Tu_3 Fe_5 O_{12}$ емкостным методом [3] в интервале температур 4,2-100°K в магнитном поле до 25 кэ.

На рис. 1 приведены температурные зависимости магнитострикции (λ) и намагниченности насыщения (σ_s) ферритов-гранатов системы Y-Sm. Видно, что, если кривые $\sigma_s(T)$ для разных составов весьма не-

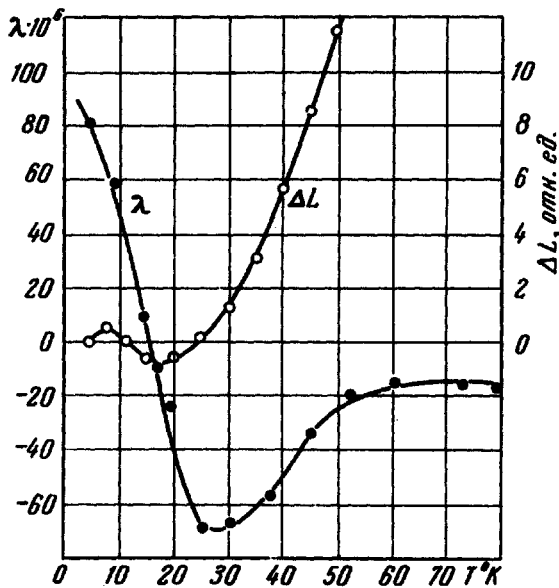


Рис.2. Температурная зависимость магнитострикции (λ) и теплового расширения (ΔL) образца $Sm_3Fe_5O_{12}$

значительно отличаются друг от друга, то кривые магнитострикции носят очень сложный характер и существенно зависят от концентрации Sm^{3+} в гранате, особенно в районе температуры жидкого гелия (у образца $Sm_3 Fe_5 O_{12}$ λ даже изменяет знак при 15°K), т.е. отсутствует какая-либо видимая корреляция между магнитострикцией и намагниченностью. Очевидно, что магнитострикция ферритов-гранатов, содержащих ионы Sm^{3+} , в области низких температур обязана своим возникновением упорядочению магнитных моментов ионов самария, так как магнитострикционный вклад железных подрешеток очень мал (для $Y_3 Fe_5 O_{12}$ при 4,2°K $\lambda_s \approx 2 \cdot 10^{-6}$). Однако, вследствие незначительного отличия от нуля полного

магнитного момента иона Sm^{3+} (для свободного иона $M = g J = 0,71 \mu_B$), это существенно не сказывается на величине σ_s ферритов.

Вместе с упорядочением спиновых магнитных моментов (под действием обменных сил), благодаря сильному спин-орбитальному взаимодействию происходит упорядочение и орбитальных магнитных моментов

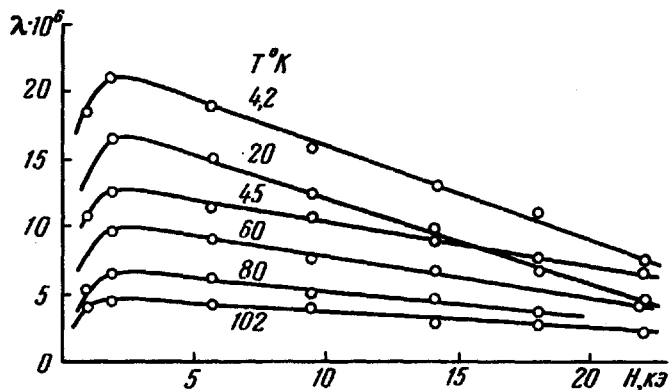


Рис.3. Изотермы магнитострикции феррита-граната тулия

Sm^{3+} . Это резко изменяет положение анизотропного электронного облака по отношению к симметрии электростатического поля решетки, обуславливая большую магнитострикцию. Причем, в отличие от других редкоземельных ферритов-гранатов [1] в самариевом гранате указанное взаимодействие носит более сложный характер. Возможно, что при низких температурах особенности электронного облака Sm^{3+} в гранате приводят к изменению знака магнитострикции, а также знака константы магнитной анизотропии (K_1) [4]. Не исключена возможность, что в самариевом феррите-гранате именно изменение знака магнитострикции приводит к изменению знака K_1 .

На рис. 2 приведена измеренная нами зависимость теплового расширения $\text{Sm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ от температуры. Вблизи 15°K, где происходит изменение знака магнитострикции этого граната, имеет место аномалия на кривой $\Delta L(T)$, которая, в соответствии со сказанным выше, обусловлена спонтанной деформацией кристаллической решетки при упорядочении орбитальных моментов Sm^{3+} .

При исследовании магнитных свойств феррита-граната тулия Геллером с сотрудниками было найдено, что магнитный момент $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ при 4,2°K линейно возрастает вплоть до поля 80 кэ, не достигая насыщения [5]. Наши измерения показали, что изотермы магнитострикции этого феррита имеют необычный характер (рис. 3): вначале магнитострикция резко увеличивается с ростом поля, а затем уменьшается, не обнаруживая насыщения.

Магнитные и магнитострикционные свойства феррита-граната тулия можно объяснить, если предположить, что при низких температурах в нем возникает неколлинеарная структура магнитных моментов Tu^{3+} . При этом, магнитострикция, обусловленная изменением угловых конфигураций Tu^{3+} с магнитным полем, имеет противоположный по сравнению с обычной (анизотропной) магнитострикцией знак. Благодаря малости анизотропной магнитострикции в феррите-гранате тулия магнитострикция, обусловленная разрушением неколлинеарной структуры в нем, проявляется более отчетливо, чем в феррите-гранате гольмия, также обладающем неколлинеарной магнитной структурой [6].

Физический факультет Московского
Государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию
6 июня 1967 г.

Литература

- [1] К.П.Белов, В.И.Соколов. ЖЭТФ, 48, 979, 1965.
- [2] К.П.Белов, В.И.Соколов. Письма ЖЭТФ, 4, 186, 1966.
- [3] В.И.Соколов. ИТЭ, № 2, 181, 1967.
- [4] F.Harrison, J.Thompson, G.Lang. J.Appl. Phys., 36, 1014, 1965.
- [5] S.Geller, J.Remeika, S.Sherwood, H.Williams, G.Espinosa. Phys.Rev., 137, 1034A, 1965.
- [6] В.И.Соколов, Тхан Дык Хиен. ЖЭТФ, 52, 1485, 1967.