

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 537.634.2

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ МАГНИТОСТРИКЦИИ
ФЕРРИТОВ-ХРОМИТОВ $\text{Ga}_x\text{Fe}_{1-x}\text{NiCrO}_4$

Л. Г. Антошина, А. И. Кокорев

(кафедра общей физики для естественных факультетов)

E-mail: alg@ofefc41.phys.msu.ru

Впервые исследована магнитострикция образцов системы $\text{Ga}_x\text{Fe}_{1-x}\text{NiCrO}_4$ ($x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$). Обнаружено, что образцы составов с $x = 0.2, 0.4$ и 0.6 в низких температурах имеют большие значения объемной магнитострикции ($\omega \sim -4 \cdot 10^{-4}$) и ее производной ($d\omega/dH \sim -4 \cdot 10^{-8} \text{ Э}^{-1}$). Установлено, что изотермы $\omega(H)$ в низких температурах подчиняются квадратичному закону. Найдено, что у состава с наибольшим содержанием немагнитных ионов $\text{Ga}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{NiCrO}_4$ продольная и поперечная магнитострикции имеют положительный знак.

Исследование разбавленных ферритов систем $\text{CuGa}_x\text{Al}_x\text{Fe}_{2-2x}\text{O}_4$ [1] и $\text{CuGa}_x\text{Al}_{2x}\text{Fe}_{2-3x}\text{O}_4$ [2] показало, что поведение магнитострикции у составов с фрустрированной магнитной структурой ($x \geq 0.5$) и ($x \geq 0.3$) соответственно является аномальным. Было обнаружено, что продольная $\lambda_{||}$ и поперечная λ_{\perp} магнитострикции имеют положительный знак и приблизительно равны по величине. Это означает, что магнитострикция за счет технического намагничивания незначительна, а, в основном, наблюдается магнитострикция парапроцесса. Также найдено, что у этих ферритов объемная магнитострикция ω в несколько раз больше, чем величина ω у ферритов с нефрустрированной магнитной структурой.

В связи с этим представляло интерес исследовать поведение магнитострикции ферритов-хромитов с фрустрированной магнитной структурой.

Поэтому в качестве объектов исследования были выбраны образцы системы $\text{Ga}_x\text{Fe}_{1-x}\text{NiCrO}_4$ ($x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$), которые, согласно Мёсбауэровским исследованиям [3], имеют фрустрированную магнитную структуру. Для этих составов впервые исследованы температурные и полевые зависимости продольной $\lambda_{||}$, поперечной λ_{\perp} , объемной ω и анизотропной λ_t магнитострикций в магнитных полях до 12 кЭ в интервале температур от 80 до 400 К.

На рис. 1 показаны зависимости спонтанной намагниченности $\sigma_s(T)$, продольной $\lambda_{||}(T)$, поперечной $\lambda_{\perp}(T)$, анизотропной $\lambda_t(T)$ и объемной $\omega(T)$ магнитострикций образца с $x = 0.2$, снятые в поле $H = 12$ кЭ. Видно, что зависимости $\lambda_{||}(T)$, $\lambda_{\perp}(T)$, $\lambda_t(T)$ и $\omega(T)$ носят сложный характер. При этом величина ω имеет большое значение ($\omega \approx -4.0 \cdot 10^{-4}$ при температуре жидкого азота). Температурные и

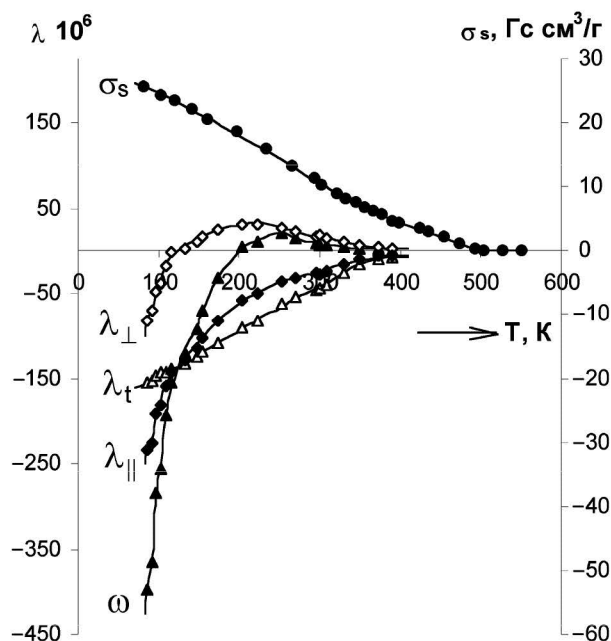


Рис. 1. Температурные зависимости спонтанной намагниченности $\sigma_s(T)$, продольной $\lambda_{||}(T)$, поперечной $\lambda_{\perp}(T)$, анизотропной $\lambda_t(T)$ и объемной $\omega(T)$ магнитострикций феррита $\text{Ga}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{NiCrO}_4$, снятые в поле $H = 12$ кЭ

полевые зависимости магнитострикции для составов с $x = 0.4$ и 0.6 имеют аналогичный вид.

На рис. 2 приведены изотермы продольной $\lambda_{||}(H)$, поперечной $\lambda_{\perp}(H)$, объемной $\omega(H)$ и анизотропной $\lambda_t(H)$ магнитострикций феррита с $x = 0.2$, снятые при температуре $T = 109.5$ К. Величины ω и λ_t рассчитывались соответственно по формулам: $\omega = \lambda_{||} + 2\lambda_{\perp}$ и $\lambda_t = \lambda_{||} - \lambda_{\perp}$. Видно, что в больших полях зависимости $\lambda_{||}(H)$ и $\lambda_{\perp}(H)$ носят изотропный характер. Однако следует отметить нелинейный рост величин $\lambda_{||}$ и λ_{\perp} с увеличением поля, т. е. на кривых $\lambda_{||}(H)$ и $\lambda_{\perp}(H)$ в полях $H > 4$ кЭ имеется

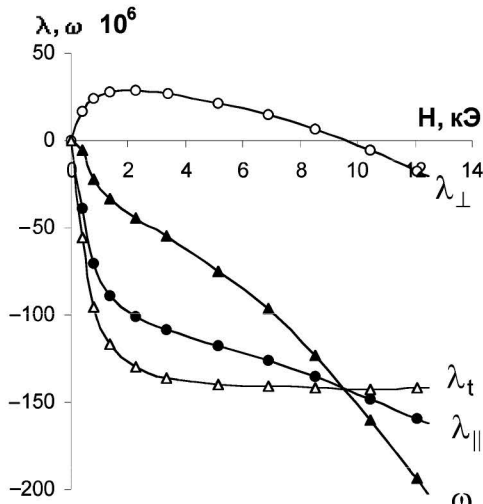


Рис. 2. Изотермы продольной $\lambda_{||}(H)$, поперечной $\lambda_{\perp}(H)$, объемной $\omega(H)$ и анизотропной $\lambda_t(H)$ магнитострикций феррита $\text{Ga}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{NiCrO}_4$, снятые при $T = 109.5$ К

изгиб. Так как при этой температуре величина H_c составляет приблизительно 40 Э, то аномальное поведение изотерм $\lambda_{||}(H)$ и $\lambda_{\perp}(H)$ не связано с магнитной анизотропией.

На рис. 2 также видно, что изотерма $\omega(H)$ в области низких температур имеет аномальный вид. При этом зависимости $\omega(H)$ для образцов с $x = 0.2$ и 0.6 в полях $H \geq 2$ кЭ и для состава с $x = 0.4$ в полях $H \geq 3.5$ кЭ экстраполируются квадратичными зависимостями с ветвями параболы, опущенными вниз. Следует отметить, что при исследовании магнитострикций сплавов [4] было установлено, что изотермы $\omega(H)$ становятся параболическими в области составов, соответствующих состоянию спинового стекла.

Таким образом, обнаруженное поведение изотерм объемной магнитострикции $\omega(H)$ подтверждает наличие фрустрированной магнитной структуры в исследуемых ферритах-хромитах.

В работах [5, 6] при исследовании магнитострикции марганец-цинковых ферритов было получено, что производная $d\omega/dH$ имеет значительную величину, приблизительно равную $-(1 \div 2) \cdot 10^{-9}$ Э⁻¹. Авторы отмечают, что такая большая величина $d\omega/dH$ имеет место лишь в диамагнитно замещенных ферритах, тогда как в обычных ферритмагнетиках объемная магнитострикция пренебрежимо мала ($d\omega/dH \approx -5 \cdot 10^{-12}$ Э⁻¹) [7].

Для исследуемых нами образцов с $x = 0.2, 0.4$ и 0.6 найдено, что величина производной $d\omega/dH$ при температуре жидкого азота, рассчитанная в поле $(10.5 \div 12.2)$ кЭ, составляет $-39.3 \cdot 10^{-9}$, -6.63×10^{-9} и $-43.0 \cdot 10^{-9}$ Э⁻¹ соответственно. Эти значения более чем на порядок превышают величину $d\omega/dH$, полученную в работах [5, 6].

Следовательно, можно сделать вывод, что фрустрация магнитных связей в ферритах-хромитах приводит к большой величине $d\omega/dH$.

Однако для феррита-хромита с $x = 0.8$ зависимости $\lambda_{||}(T)$, $\lambda_{\perp}(T)$, $\lambda_t(T)$ и $\omega(T)$ носят совершенно другой характер. Для этого образца температурные зависимости спонтанной намагниченности $\sigma_s(T)$, продольной $\lambda_{||}(T)$, поперечной $\lambda_{\perp}(T)$, анизотропной $\lambda_t(T)$ и объемной $\omega(T)$ магнитострикций, снятые в поле $H = 12$ кЭ, представлены на рис. 3. Видно, что в отличие от образцов с замещением $x = 0.2, 0.4$ и 0.6 для состава с $x = 0.8$ значения $\lambda_{||}$ и λ_{\perp} положительны во всем исследованном интервале температур, причем $\lambda_{\perp} > \lambda_{||}$. По-видимому, одинаковый знак магнитострикций $\lambda_{||}$ и λ_{\perp} наблюдается только у ферритов, имеющих значительную фрустрацию магнитных связей. Так, например, положительные значения $\lambda_{||}$ и λ_{\perp} имели место у разбавленных ферритов систем $\text{CuGa}_x\text{Al}_{1-x}\text{Fe}_{2-2x}\text{O}_4$ ($x \geq 0.5$) [1] и $\text{CuGa}_x\text{Al}_{2x}\text{Fe}_{2-3x}\text{O}_4$ ($x \geq 0.3$) [2]. В исследуемом образце $\text{Ga}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{NiCrO}_4$ это, очевидно, связано с большим содержанием немагнитных ионов Ga^{3+} в А-подрешетке.

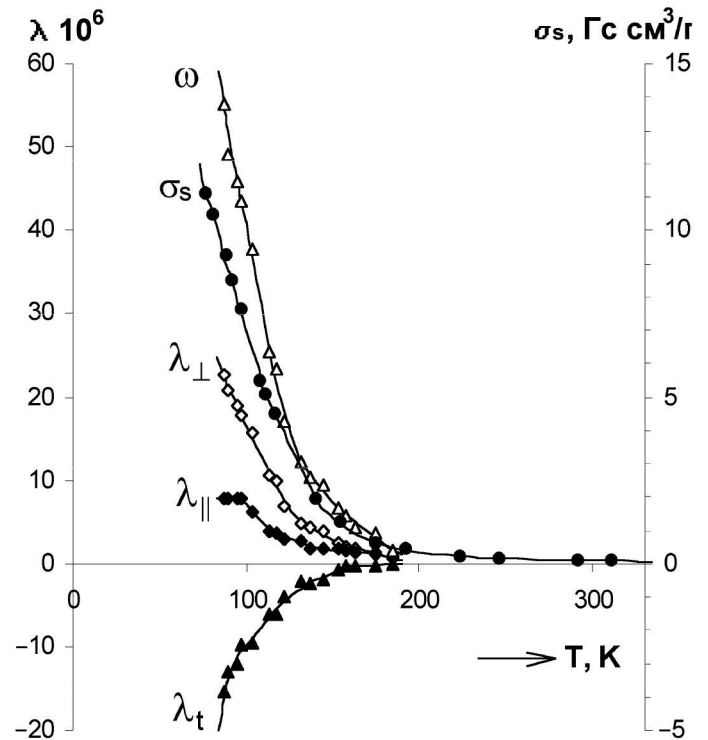


Рис. 3. Температурные зависимости спонтанной намагниченности $\sigma_s(T)$, продольной $\lambda_{||}(T)$, поперечной $\lambda_{\perp}(T)$, анизотропной $\lambda_t(T)$ и объемной $\omega(T)$ магнитострикций феррита $\text{Ga}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{NiCrO}_4$, снятые в поле $H = 12$ кЭ

Исследование изотерм магнитострикции феррита-хромита $\text{Ga}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{NiCrO}_4$ показало, что во всем исследованном интервале температур зависимости $\lambda_{||}(H)$ и $\lambda_{\perp}(H)$ в больших полях носят изотропный характер, тогда как в малых полях до $H < 1.5$ кЭ они анизотропны.

Также для состава $\text{Ga}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{NiCrO}_4$ получено, что величина ω при температуре $T = 87.5$ К зависит от поля по квадратичному закону, однако с ветвями параболы, направленными вверх. Сле-

дует отметить, что подобные зависимости $\omega(H)$ при температуре жидкого азота обнаружены нами для разбавленных ферритов $\text{CuGa}_{0.6}\text{Al}_{0.6}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_4$ и $\text{CuGa}_{0.4}\text{Al}_{0.8}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_4$.

Литература

1. Антошина Л.Г., Кукуджанова Е.Н. // ФТТ. 1998. **40**, № 8. С. 1505.
2. Antoshina L.G. // J. Phys. Condens. Matter. 2001. **13**. L127.
3. Srivastava J.K., Jehanno G. // J. Phys. Soc. Japan. 1987. **56**. P. 1252.
4. Wada H., Muraoka Y., Shiga M., Nakamura Y. // J. Phys. Soc. Japan. 1985. **54**. P. 4761.
5. Пахомова Н.Л., Дзержкович Н.Б., Козлов В.А. и др. // Сб. тр. V Всеросс. науч. конф. «Оксиды. Физико-химические свойства». Екатеринбург, 2000. С. 385.
6. Пахомова Н.Л., Дзержкович Н.Б., Козлов В.А. и др. // Изв. вузов. Физика. 1989. № 8. С. 114.
7. Белов К.П. Ферриты в сильных магнитных полях. М.: Наука, 1972.

Поступила в редакцию
28.10.02