

[12] Wilkinson M. K., Koehler W. C., Wollan E. O., Cable J. W. // J. Appl. Phys. Suppl. 1961. V. 32. N 1—2. P. 48—49.

[13] Бессергенов В. Г., Гогава В. В., Манджавидзе А. Г. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. № 2. С. 92—94.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова
Москва

Поступило в Редакцию
1 декабря 1988 г.
В окончательной редакции
16 февраля 1989 г.

УДК 538.69

Физика твердого тела, том 31, в. 7, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 7, 1989

АНОМАЛЬНОСТЬ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ErFeO_3

А. М. Балбашов, Н. К. Даньшин, А. И. Изотов,
М. А. Сдвижков, Л. Т. Цымбал

В окрестности низкотемпературного спонтанного фазового перехода в ортоферрите эрбия ($T \approx 4.11$ К) обнаружены гигантские резонансного типа аномалии скорости ($\Delta s/s > 25\%$) и поглощения ($\Delta \Gamma > 100$ дБ/см) активной поперечной акустической моды ($\mathbf{k} \parallel c$, $\mathbf{E} \parallel b$).

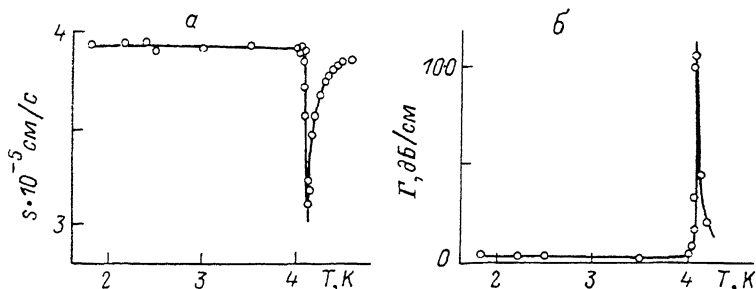
В области гелиевых температур при $T = T_N \approx 4.11$ К в ортоферрите эрбия происходит спонтанный фазовый переход (ФП) $\Gamma_2 (T > T_N) \rightarrow \Gamma_{12} (T < T_N)$ — антиферромагнитное упорядочение спинов эрбия вдоль кристаллографической оси c на фоне уже упорядоченной системы спинов железа при одновременной плавной переориентации вектора антиферромагнетизма железа в плоскости (b, c) от оси c к оси b [1]. Т. е. имеет место своеобразное наложение двух ФП — упорядочения и ориентационного. Этот сложный ФП сопровождается неполным размягчением одной из мод магнитного резонанса (энергетическая щель, в которой резонансное поглощение отсутствует, составляет $f_0 \approx 25$ ГГц [2]) и, согласно теории, должен привести к аномалиям в поглощении и скорости ультразвуковых волн. В частности, из-за магнитострикционной перенормировки упругих модулей при спин-переориентационном ФП скорость смягчающейся поперечной акустической моды должна падать до нуля. Однако, как правило, экспериментально наблюдаемые изменения скорости активной акустической моды, имея в точках ФП характер, подобный предсказываемому теорией, реально по величине составляют доли (единицы) процента.

В настоящей работе экспериментально исследованы акустические характеристики ортоферрита эрбия в области низкотемпературного ФП на частоте $f = 25$ МГц, $\ll f_0$. Измерения проводились на импульсном ультразвуковом спектрометре с использованием резонансных пьезопреобразователей из ниобата лития. Образец имел форму диска толщиной $d = 1.9$ мм, диаметром 4 мм с нормалью $n \parallel$ оси кристалла c и был изготовлен из монокристалла ErFeO_3 , выращенного методом бестигельной зонной плавки с радиационным нагревом [3].

Активной является поперечная акустическая мода с волновым вектором $\mathbf{k} \parallel c$ и вектором поляризации $\mathbf{E} \parallel b$. Температурные зависимости s и коэффициента затухания Γ этой ультразвуковой волны представлены на рисунке. При $T \rightarrow T_N$ уменьшение скорости звука ($> 25\%$) сопровождается стремительным ростом его коэффициента затухания (> 100 дБ/см) вплоть до полного исчезновения сигнала. Особенностью приведенных кривых является заметное отличие характера их поведения слева и справа от критической точки. Столь значительные критические аномалии резонансного типа, по-видимому, обнаружены впервые. Они на порядок превосходят известные ранее для ФП упорядочения (см., например, [4]), спин-флоп переходов (см., например, [5]), ориентационных

ФП [6-10]. При этом наблюдаемые изменения скорости и затухания неактивных акустических мод (поперечной с $E \parallel a$ и продольной) по меньшей мере на два порядка ниже, чем активной акустической моды. Измеренные скорости звука при $T=77$ К и $k \parallel c$ составляли (см/с): для поперечной волны $E \parallel a - (3.42 \pm 0.03) \cdot 10^5$, для продольной волны $- (6 \pm 0.05) \times 10^5$, для поперечной волны $E \parallel b - (3.93 \pm 0.03) \cdot 10^5$.

В принципе обнаруженные аномалии могут быть связаны с особенностями устойчивой антиферромагнитной доменной структуры железа при ФП в реальных кристаллах ErFeO_3 [11], с ее синхронной перестройкой



Экспериментально установленные температурные зависимости скорости s (а) и коэффициента затухания Γ (б) поперечной ультразвуковой волны при $k \parallel c$, $E \parallel b$, $f = 25$ МГц в окрестности низкотемпературного спонтанного фазового перехода в ErFeO_3 .

кой в поле интенсивной звуковой волны при ориентационном фазовом переходе. С этим, однако, не согласуется тот факт, что наблюдаемая величина критических аномалий не зависит от амплитуды задающего радиопульса при ее изменении в значительных пределах (например, при $T = 4.2$ К минимальный импульс, при котором еще возможно измерение скорости, может быть увеличен в ~ 5 раз). Заметим также, что в ErFeO_3 в области спонтанного ориентационного ФП $\Gamma_2 - \Gamma_4$ в подсистеме спинов железа ($T = 90 - 100$ К) столь мощные аномалии изменения скорости не наблюдаются [6, 7]. Мы подтвердили результаты работ [6, 7] в контрольном эксперименте на исследуемом образце ErFeO_3 .

Возможной причиной наблюдаемого эффекта может быть и уникальность рассматриваемого ФП, и соответствующая специфика перестройки упругих модулей. Вопрос об однозначном определении природы критических аномалий в ортоферрите эрбия нуждается в дальнейшем анализе.

Авторы искренне признательны И. М. Витебскому за обсуждение результатов работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Кадомцева А. М., Крынецкий И. Б., Матвеев В. М. // ЖЭТФ. 1980. Т. 79. № 4 (10). С. 1451—1460.
- [2] Витебский И. М., Данышин Н. К., Ковтун Н. М., Сдвижков М. А. // ЖЭТФ. 1986. Т. 90. № 3. С. 1118—1122.
- [3] Балбашов А. М., Червоненкис А. Я., Антонов А. В., Бахтязов В. Е. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1971. Т. 35. № 6. С. 1234—1247.
- [4] Moran T. J., Lüthi B. // Phys. Rev. B. 1971. V. 4. N 1. P. 122—132.
- [5] Sharira Y. // Phys. Rev. B. 1969. V. 184. N 2. P. 589—600.
- [6] Gorodetsky G., Lüthi B. // Phys. Rev. B. 1970. V. 2. N 9. P. 3688—3698.
- [7] Гришмановский А. Н., Леманов В. В., Смоленский Г. А. и др. // ФТТ. 1974. Т. 16. № 5. С. 1426—1431.
- [8] Дерягин А. В., Квашнин Г. М., Капшионов А. М. // ФММ. 1984. V 57. № 4. С. 686—691.
- [9] Шутилов В. А., Котов Л. Н., Мирзоахмедов Х., Сарнацкий В. М. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 6. С. 1783—1787.
- [10] Данышин Н. К., Жерлицын С. В., Звада С. С. и др. // ЖЭТФ. 1987. Т. 93. № 6 (12). С. 2151—2160.
- [11] Ковтун Н. М., Троицкий Г. А., Хмара В. М., Яблонский Д. А. // ФТТ. 1986. Т. 26. № 7. С. 2213—2215.