

## ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ОКРЕСТНОСТИ МАГНИТНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА МОНОКРИСТАЛЛА $Y_3Fe_5O_{12}$

И. К. Камилев, Х. К. Алиев

Хотя до сих пор не существует полной теории фазовых переходов второго рода прогресс в исследовании точки Кюри в спонтанноупорядоченных веществах очевиден [1 – 3]. Если в прошлом основное внимание уделялось изучению равновесных параметров, то в последние годы значительное внимание привлекает также исследования кинетических коэффициентов вблизи точки Кюри и Нееля.

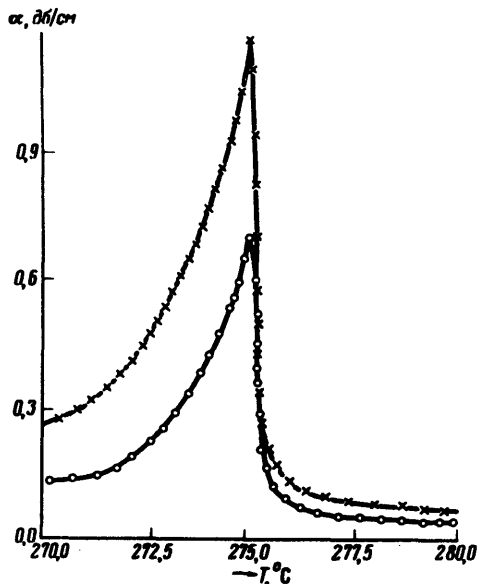


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента поглощения:  $\circ$  – [100] и  $\times$  – [110] (5 мГц)

Прежде всего это относится к изучению поглощения звука [2]. В отношении ферромагнетиков здесь, однако, существует пробел.

В настоящей работе приводятся результаты измерений поглощения продольных ультразвуковых волн на частоте 5 мГц в гранате  $Y_3Fe_5O_{12}$

в кристаллографических направлениях  $[100]$  и  $[110]$ . Поглощение измерено нами с помощью стандартной эхо-импульсной методики, с абсолютной ошибкой не превышающей 5%. Стабилизация температуры –  $0,01^\circ\text{C}$ . Абсолютная ошибка в измерении температуры равна  $0,5^\circ\text{C}$ . Температура  $T_c$  перехода ферромагнетик – парамагнетик  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  была также определена нами по методу термодинамических коэффициентов и оказалась равной  $275^\circ\text{C}$ . Примерно на эту же температуру приходится и значения максимума коэффициента поглощения звука (рис. 1). Известно, что магнитоупругое взаимодействие в  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  имеет одноионную природу и невелико. Этим, по-видимому, объясняется наблюдаемое сравнительно небольшое аномальное затухание звука вблизи  $T_c$  и, вообще говоря, малость магнитоэстроикционных констант  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ .

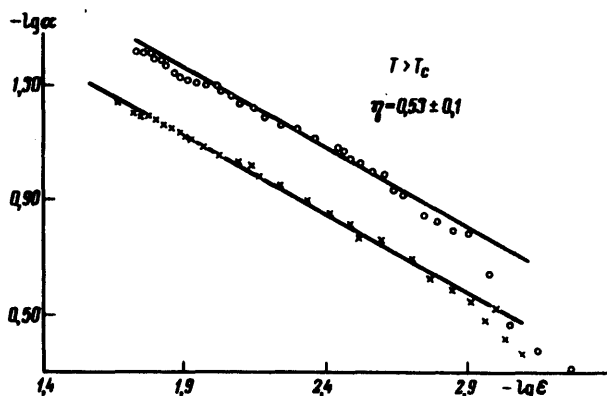


Рис. 2. Двойная логарифмическая зависимость  $\kappa$  от  $(\epsilon)$ :  $\circ$  –  $[100]$ ,  $\times$  –  $[110]$  (5 мГц)

Ниже точки Кюри ( на рисунке не приведено) в  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  нами наблюдалось также достаточно большое поглощение, возможно, обусловленное потерями на доменных стенках. Вблизи  $T_c$  наблюдается анизотропия и пики в поглощении ультразвука в направлениях  $[100]$  и  $[110]$ , что видно из рис. 1. Максимум частотнозависимого релаксационного поглощения звука вблизи  $T_c$  вытекает из феноменологической теории Ландау – Халатникова, основывающейся на существовании линейной связи между акустической деформацией и параметром упорядочения [ 4 ]. Первоначально термодинамическая теория поглощения Ландау – Халатникова в применении к ферромагнетикам рассматривалась Беловым и Левитиным [ 3 ]. Кроме такого типа релаксационного поглощения звука имеется принципиальная возможность наблюдения, по крайней мере, еще двух других механизмов: флуктуационного, связанного с корреляционной энергией и доменного [ 2 ]. Необходимо также принять во внимание магнитоупругие и другие эффекты в ферромагнетиках, которые могут дать существенный вклад в поглощение звука вблизи  $T_c$ . Все это указывает на нетривиальность обсуждения вопроса о поглощении звука в окрестности точки Кюри. Хорошим тестом для проверки теоретических предсказаний служат критические индексы, нахождение которых, вообще говоря, представляет одну из самых сложных и пока

нерешенных задач в физике фазовых переходов. Следует отметить, что в теории масштабных преобразований Каданова или иначе "скейлинга" [5], знание одного индекса дает возможность нахождения некоторых других. Так, например, в антиферромагнетиках  $\eta = 1 - \alpha/2$  [6], где  $\alpha$  — критический индекс теплоемкости. Для определения критического индекса поглощения ультразвука из выражения  $\kappa \sim \omega^2 \epsilon^{-\eta}$ , где  $\epsilon = (T - T_c) T_c^{-1}$  — приведенная температура,  $\omega$  — угловая частота звука,  $\eta$  — критический индекс, характеризующий степень температурной зависимости  $\kappa$ , мы обработали результаты эксперимента под степенной и логарифмической законами. Как видно из рис. 2 экспериментальные точки удовлетворяют степенному закону с критическим индексом  $\eta = 0,53$  и имеет одно и то же значение для направлений [100] и [110] вплоть до приведенной температуры  $\epsilon = 1,3 \cdot 10^{-3}$ . Начиная с  $\epsilon = 1,3 \cdot 10^{-3}$  экспериментальные точки обнаруживают значительные отклонения от зависимости  $\kappa \sim \omega^2 [(T - T_c)/T_c]^{-0,53}$ . В непосредственной близости к  $T_c$  на критическое поглощение сказываются примеси и температурная зависимость  $\kappa$  дается формулой

$$\kappa \sim e^{-\gamma \epsilon}, \quad \text{где } \gamma = 4,4.$$

Критический индекс  $\eta$  для  $Y_3Fe_5O_{12}$  значительно меньше предсказываемых теоретически для ферро- и антиферромагнетиков [6 — 8], т. е. наблюдается ситуация аналогичная гейзенберговским изотропным магнетикам [9 — 10]. В этом случае для объяснения аномалий поглощения  $\kappa$  привлекаются два времени релаксации, соответствующее спиновой и спин-решеточной релаксации. При этом на кривой  $\ln \kappa = f(\ln \epsilon)$  появляются два температурных интервала с различными критическими индексами  $\eta$ . В рамках этих представлений получено, что время спин-решеточной релаксации слабо зависит от температуры, а зависимость времени спиновой релаксации дается формулой  $\tau^{-1} \sim \omega_\infty \epsilon$ . Характерное время релаксации для  $Y_3Fe_5O_{12}$ , как показывают наши экспериментальные результаты, слабо зависит от температуры, на что указывает обнаруженное нами равенство критических индексов для поглощения и скорости ультразвуковых волн (данные по скорости будут опубликованы). Отсюда следует, согласно [9], что основной вклад в аномалии поглощения вблизи  $T_c$  в  $Y_3Fe_5O_{12}$  дает спин-решеточная релаксация.

Нам хочется закончить это сообщение выражением своей признательности А.Г.Титовой за представленные кристаллы и их ориентировку, А.С.Боровику-Романову и К.П.Белову за внимание к работе.

Дагестанский  
государственный университет  
им. В.И.Ленина

Поступила в редакцию  
11 мая 1972 г.

#### Литература

- [1] С.В.Вонсовский. Магнетизм. М., изд. Наука, 1971.
- [2] Г.А.Смоленский, В.А.Боков, В.А.Исупов, Н.Н.Крайник, Р.Е.Пасынков, М.С.Щур. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики, Л., изд. Наука, 1971.

- [ 3] К.П.Белов. Магнитные превращения. М., физматгиз, 1959.
  - [ 4] Л.Д.Ландау, И.М.Халатников. ДАН СССР, **96**, 469, 1954.
  - [ 5] В.Л.Покровский. УФН, **94**, 128, 1968.
  - [ 6] В.Н.Кащеев. ФТТ, **13**, 11, 3400, 1971; **25A**, 71, 1967.
  - [ 7] H.S.Bennet. Phys. Rev., **181**, 978, 1969; **185**, 801, 1969.
  - [ 8] G.E.Laramore, L.Kadanoff. Phys. Rev., **187**, 619, 1969; K.Kawasaki. Progr. Theor. Phys., **40**, 706, 1968; **39**, 1133, 1968.
  - [ 9] B.Lüthi, R.I. Pollina, T.I.Moran., J. Appl. Phys., **31**, 1741, 1970; B.Golding, M.Barmatz. Phys. Rev. Lett., **23**, 223, 1969.
  - [ 10] К.В.Гончаров, И.В.Мальцева, Е.М.Савицкий. ФТТ, **13**, 3700, 1971.
-