

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 538.65

Р. З. ЛЕВИТИН, Ю. Ф. ПОПОВ

ΔE -ЭФФЕКТ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОВ NiO И CoO В СИЛЬНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Недавно в работах [1, 2] была теоретически рассмотрена зависимость ΔE -эффекта антиферромагнетика, обусловленного процессами вращения и упорядочения магнитных моментов под действием упругих напряжений, от магнитного поля. Показано, что в слабых полях ΔE -эффект зависит от поля квадратично, а в более сильных полях, сравнимых с критическим полем магнитной анизотропии H_0 , должен появляться член, пропорциональный четвертой степени поля. Экспериментально эти выводы еще не проверялись. В работе [3], посвященной ΔE -эффекту антиферромагнетиков, измерения ΔE -эффекта поля $H_0 \sim 10^5$ эрст.

В данной статье описывается методика измерений ΔE -эффекта в импульсных магнитных полях и приведены данные измерений ΔE -эффекта антиферромагнетиков в полях, сравнимых с H_0 .

Методика эксперимента. Импульсное магнитное поле создавалось на установке, состоящей из батарей конденсаторов ($c=3000$ мф, $u_{max}=5$ кэв) и соленоида, намотанного проводом ПЭВ 0,9 и содержащего 400 витков. В таком соленоиде можно легко получать поля до 150 кэв при длительности импульса 7—10 мсек.

Схема измерения ΔE -эффекта в импульсных полях изображена на рис. 1. В ее основу положен резонансный метод составного осциллятора [4], в котором модуль упругости исследуемого образца определяется по резонансной кривой осциллятора, состоящего из пьезоэлемента — кварца с известной собственной частотой (3) и образца (4). На электроды кварца (3) подается переменное напряжение от генератора (1). Резонансная частота составного осциллятора определяется по максимуму сигнала, снимаемого с сопротивления (9).

Для измерения ΔE -эффекта в импульсном поле составной осциллятор помещается в соленоид (5). Если возбуждать составной осциллятор на частоте, отличной от его резонансной частоты в отсутствие поля H_0 на величину Δf , то амплитуда входного сигнала будет меняться вследствие изменения резонансной частоты составного осциллятора, вызванного ΔE -эффектом в образце. В момент, когда резонансная частота осциллятора в поле становится равной возбуждающей, амплитуда выходного сигнала проходит через максимумы. Выходной сигнал с составного стержня и

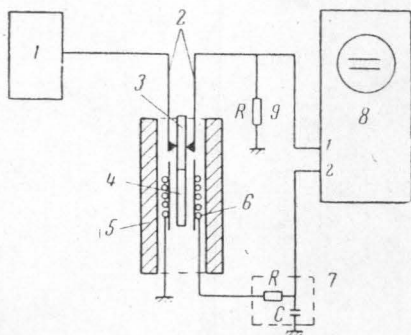


Рис. 1. Схема установки для измерения ΔE -эффекта в импульсных магнитных полях: 1 — генератор, 2 — держатель составного осциллятора, 3 — кварц, 4 — образец, 5 — соленоид импульсного поля, 6 — катушка для измерения поля, 7 — интегрирующая RC-цепочка, 8 — двухлучевой осциллограф, 9 — сопротивление

сигнал от импульса поля одновременно фиксируются на экране двухлучевого осциллографа (8). Таким образом, зная величину поля, соответствующую моменту резонанса, можно определить зависимость ΔE -эффекта от поля. Из теории составного осциллятора [4] следует, что, если собственная частота кварца отличается от собственной частоты образца меньше, чем на 1–2%, ΔE -эффект может быть вычислен по формуле

$$\frac{\Delta E}{E} = 2 \frac{\Delta f}{f_0} \left(1 + \frac{m_k}{m_{\text{обр}}} \right). \quad (1)$$

Здесь m_k — масса кварца, $m_{\text{обр}}$ — масса образца, и приближенно принято, что собственная частота составного осциллятора совпадает с его резонансной частотой.

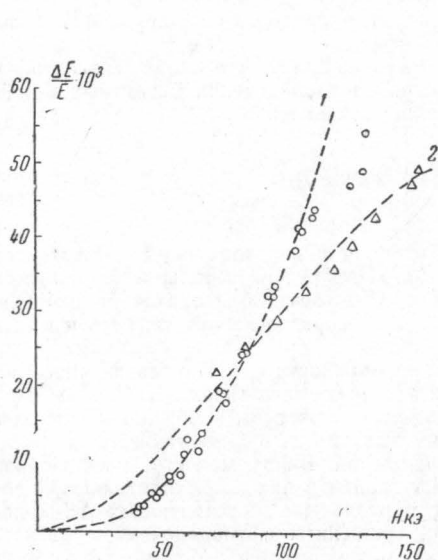


Рис. 2. Зависимость ΔE -эффекта NiO от поля. Экспериментальные данные: \circ — при $T=293^\circ \text{K}$ и \triangle — при $T=173^\circ$. Теоретические данные (пунктир) построены по соотношению (3)

$$\frac{\Delta E}{E} = AH^2 + BH^4. \quad 1 - A = 2,4 \times 10^{-12} \text{ Кэс}^{-2}, \quad B = 12 \cdot 10^{-23} \text{ Кэс}^{-4}, \\ 2 - A = 3,7 \cdot 10^{-12} \text{ Кэс}^{-2}, \quad B = -7 \times 10^{23} \text{ Кэс}^{-4}$$

Измерение ΔE -эффекта в импульсных полях возможно лишь в том случае, если колебательная система (составной осциллятор) при прохождении резонанса находится в квазистационарном состоянии. Физический смысл этого условия заключается в том, что длительность переходного процесса в системе должна быть много меньше длительности воздействия вынуждающей силы. Вычисления показывают, что квазистационарный режим осуществляется при выполнении соотношения

$$\frac{1}{E} \frac{\partial E}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial t} \ll \delta f_0, \quad (2)$$

где δ — логарифмический декремент затухания материала образца. Это условие значительно ограничивает возможности применения описанного выше метода измерения ΔE -эффекта в импульсных магнитных полях. Измерения возможны лишь в ограниченном интервале частот колебаний, при достаточной длительности импульса поля и на ограниченном классе образцов со сравнительно большим логарифмическим декрементом затухания.

В настоящей работе измерение ΔE -эффекта антиферромагнетиков NiO и CoO проводилось на частотах 150–200 кГц в импульсных полях длительностью 7–10 мсек. Поликристаллический образец NiO приготавливался по обычной керамической технологии. Монокристалл CoO выращивался по способу Вернейля (кристаллографическая

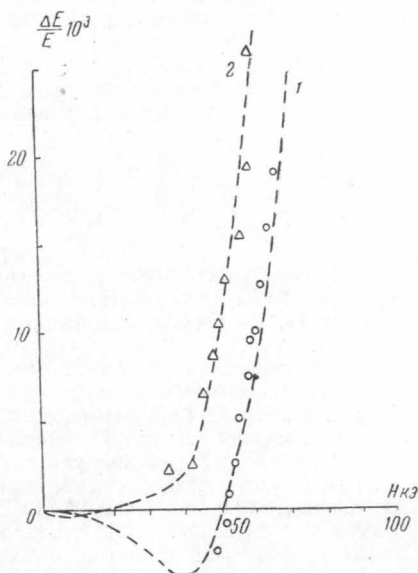


Рис. 3. Зависимость ΔE -эффекта CoO от поля. Экспериментальные данные: \circ — при $T=258^\circ \text{K}$ и \triangle — при $T=183^\circ$. Остальные обозначения те же, что на рис. 2

