

Магнитная релаксация осциллирующих доменных границ в $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$

© А.А. Безлепкин, С.П. Кунцевич, В.И. Костюков

Харьковский государственный университет, 310077 Харьков, Украина

(Поступила в Редакцию 10 июля 1996 г.)

1. Движущуюся блоховскую доменную границу (ДГ) можно рассматривать как локализованное возмущение магнетика, топологический солитон, "центр тяжести" которого перемещается. Поступательное движение ДГ будет сопровождаться прецессией вектора намагниченности и генерацией спиновых волн [1,2]. В [3] показано, что в блоховской ДГ существуют три ветви поверхностных внутриграницных колебаний, одна из которых начинается с частоты анизотропии. Сила динамического торможения и потери энергии, возникающие при движении ДГ, обусловлены взаимодействием генерируемых спиновых волн с тепловыми квазичастицами: магнонами и фононами. Об особенностях этих взаимодействий можно судить, исследуя процессы релаксации при ферромагнитном резонансе (ФМР). Цель настоящей работы состояла в том, чтобы изучить температурные особенности процесса диссипации энергии осциллирующими блоховскими ДГ и ширины линии ФМР в однодоменном состоянии гексаферрита $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$ (РЬМ).

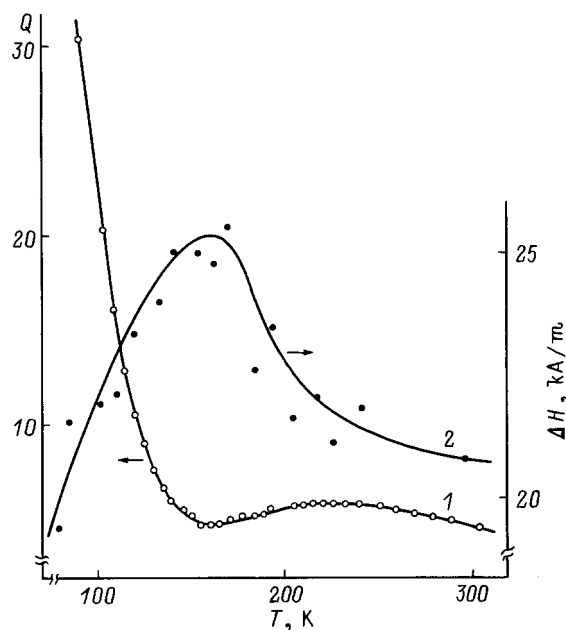
2. В качестве образцов использовались монокристаллы РЬМ, выращенные методом раствора в расплаве флюса РЬО. Образцы имели естественное содержание изотопа ^{57}Fe . Фазовый состав синтезированных кристаллов контролировался рентгенографическим методом. Постоянные кристаллической решетки при комнатной температуре равны $c = 2.312 \text{ nm}$, $a = 0.589 \text{ nm}$. Изучение релаксационных потерь ДГ проводилось измерением добротности колебательного контура, содержащего образец РЬМ, гексагональная ось которого ориентировалась вдоль оси катушки индуктивности. В качестве регистрирующего прибора использовался спектроанализатор СК4-59. Для исследования ФМР применялся спектрометр прямого усиления, образец сферической формы диаметром 0.37 mm помещался на торце закороченного волновода. Погрешность определения ширины линии ФМР составляет $\approx 10\%$, а поля анизотропии — $\approx 6\%$.

3. На рисунке приведена зависимость от температуры добротности Q колебательного контура, содержащего исследуемый образец РЬМ, определенной как отношение резонансной частоты контура к ширине резонансной линии на уровне 0.7 от ее высоты. Форма образца близка к сферической. Измерения проведены на частоте 70 MHz . Как видно из рисунка (кривая 1), на фоне общей тенденции роста добротности при понижении температуры от 295 до 77 K наблюдается ее минимум при $\approx 160 \text{ K}$, который соответствует максимальной диссипации энергии для осциллирующих

ДГ. Рост добротности при понижении температуры связан с увеличением электросопротивления образца РЬМ вследствие полупроводникового характера его проводимости. Наличие максимума потерь энергии при 160 K можно объяснить с учетом следующих обстоятельств. Если возбудить колебательное движение ДГ осциллирующим магнитным полем, приложенным в направлении легкого намагничивания (гексагональная ось c), то это вызовет параметрическое возбуждение прецессии магнитных моментов придоменных слоев блоховских ДГ на частоте естественного ФМР ω_0 . Резкое возрастание релаксационных потерь на частоте ω_0 должно приводить и к росту диссипации энергии колеблющимися ДГ. Поэтому появление минимума при 160 K на кривой зависимости добротности от температуры может быть связано с рассмотренным механизмом. Для образца сферической формы с направлением легкого намагничивания вдоль оси c резонансную частоту можно выразить следующим образом [4]:

$$\omega_0 = \gamma[H_a(H_a + 4\pi J_s)]^{1/2},$$

где γ — гиромагнитное отношение, H_a — поле анизотропии, J_s — намагниченность насыщения.



Температурная зависимость добротности колебательного контура с сердечником из монокристаллического $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$ (1) и ширины линии ФМР сферического образца из того же материала (2).

Измеренные нами при 160 К величины, входящие в формулу, имели следующие значения: $H_a = 1.1 \text{ MA/m}$, $\gamma = 2.67 \cdot 10^4 \text{ MHz/T}$, $J_s = 38.9 \text{ kA/m}$. Используя измеренные величины и выражение для ω_0 , получим значение частоты естественного ФМР 41.7 GHz. Это значение удовлетворительно согласуется с величиной $\omega_0 = 40.1 \text{ GHz}$, определенной в [5] для температуры 295 К.

Если изложенные выше соображения являются правомерными, то на частотах, близких к частоте естественного ФМР, должен наблюдаться максимум ширины линии для образца в однодоменном состоянии. На рисунке приведена зависимость ширины линии ФМР от температуры (кривая 2), измеренная на частоте 50.0 GHz для однодоменного образца в поляризующем поле напряженностью 0.38 MA/m, приложенном вдоль оси *c*. Как видно из рисунка, наблюдается немонотонная зависимость $\Delta H = f(T)$ с максимумом приблизительно при 160 К. Поэтому есть основания предположить, что максимум потерь энергии для осциллирующих ДГ при 160 К связан с резким возрастанием затухания в магнитном спектре на частоте естественного ФМР при этой температуре.

Список литературы

- [1] А.М. Косевич, Б.А. Иванов, А.С. Ковалев. Нелинейные волны намагниченности. Наук. думка, Киев, (1983). 210 с.
- [2] F.G. Bass, N.N. Nasonov, O.V. Naumenko. Phys. Stat. Sol. **146**, 1, K61 (1988).
- [3] И.А. Гилинский. ЖЭТФ **68**, 3, 1032 (1975).
- [4] Б.Н. Филиппов, А.П. Танкеев. Динамические эффекты в ферромагнетиках с доменной структурой. Наука, М. (1987). 205 с.
- [5] Т.П. Величко, М.А. Сигал. ФТТ **10**, 8, 2528 (1968).