

ПОВЕРХНОСТНАЯ МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ И РЕЛАКСАЦИЯ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ИТТРИЕВОМ ОРТОФЕРРИТЕ

Г.С.Кринчик, Е.Е.Чепурова, А.В.Штайн

Магнитооптическим методом установлено, что поверхностная магнитная восприимчивость доменных границ иттриевого ортоферрита на грани (001) в несколько раз превышает магнитную восприимчивость границ в объеме, а релаксационная частота "дополнительного" продвижения доменных границ в приповерхностном слое примерно на три порядка меньше объемной.

Известно, что структура доменной границы (ДГ) в области ее выхода на поверхность может изменяться самым существенным образом, например, стать асимметричной^{1, 2}, если граница разделяет домены с намагниченностью, параллельной поверхности образца, или скрученной³, если соседние домены имеют нормальную к поверхности компоненту намагниченности. Естественно предположить, что в приповерхностной области могут также изменяться статические и динамические характеристики ДГ, определяющие процессы намагничивания.

В данной работе впервые на монокристаллах иттриевого ортоферрита изучены процессы смещения и релаксации ДГ в области выхода их на поверхность. Показано, что для приповерхностных участков ДГ, выходящих на грань (001), как амплитуда смещения в заданном внешнем магнитном поле, так и время релаксации, определяемое ее частотной зависимостью резко отличаются от соответствующих объемных характеристик.

Магнитную восприимчивость ферромагнитного образца с полосовыми доменами, разделенными 180°-ными ДГ, можно записать в виде

$$k = \frac{2I_s x_0}{lH},$$

где x_0 — смещение ДГ в поле H , l — ширина домена, I_s — намагниченность насыщения. Следовательно, магнитную восприимчивость отдельной ДГ можно охарактеризовать коэффициентом $k = x_0/H$. Измерения смещений x_0 отдельной ДГ на поверхности монокристаллов $YFeO_3$ были проведены с помощью магнитооптической методики микронного разрешения⁴.

Магнитооптический сигнал при продвижении щели ФЭУ поперек границы (ось x_j) наблюдается только на перемагничиваемом при смещении ДГ под действием $H \parallel C$ участке поверхности. Полуширина кривых распределения $\delta(x)$, измерявшихся на грани (001) с помощью полярного, а на грани (110) — экваториального эффектов Керра, определяла амплитуду смещения x_0 ДГ от положения равновесия.

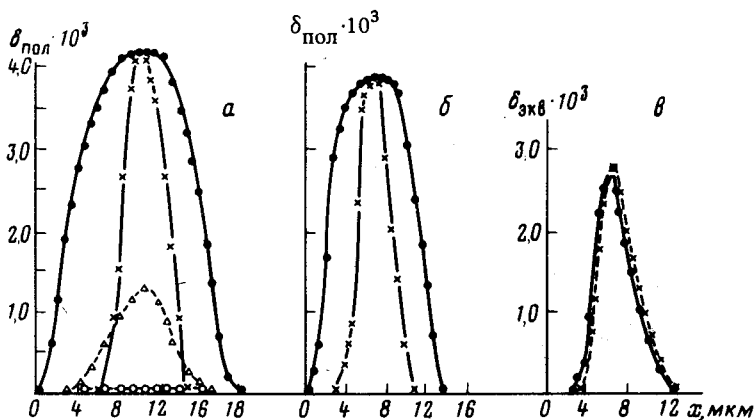


Рис. 1. Кривые распределения $\delta(x)$, измеренные при $\bullet - f_1 = 78$ Гц, $\times - f_2 = 1258$ Гц на а - грани (001), $H = 0,28$ Э, ($\Delta - f_1$, $\circ - f_2$, $H = 0,14$ Э); б - пластинке при $H = 2,1$ Э; в - грани (110) при $H = 0,46$ Э

На рис. 1 представлены зависимости $\delta^{\text{пол}}(x)$ и $\delta^{\text{экв}}(x)$, полученные на естественных гранях монокристалла YFeO_3 и на монокристаллической пластинке толщиной 60 мкм, вырезанной перпендикулярно оси c . Приведенные типичные кривые (при переходе от границы к границе и от одного участка к другому наблюдался статистический разброс $x_0 \sim 20\%$) показывают, что амплитуды смещения ДГ на поверхности (001) при $f_2 = 1258$ Гц падают в 2 – 3 раза, тогда как на грани, параллельной оси c , изменения амплитуды смещения ДГ не наблюдается (рис. 1). Заметим, что при уменьшении амплитуды внешнего магнитного поля H величина $\delta^{\text{пол}}(x)$ в области смещения ДГ на частоте f_2 становится вообще равной нулю (см. пунктирные кривые рис. 1).

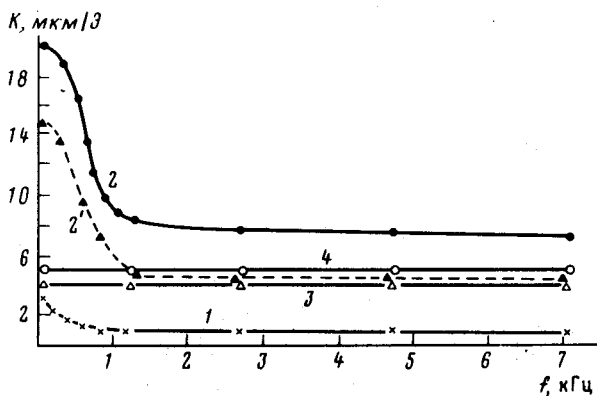


Рис. 2. Частотные зависимости $K = x_0/H$: 1 - пластинка $H = 2$ Э; 2, 2' - грань (001) $H = 0,7$ Э; 3 - грань (110) $H = 0,6$ Э; 4 - объем $H = 0,6$ Э

На рис. 2 представлены зависимости $k(f)$, измеренные на монокристаллической пластинке и на естественных гранях YFeO_3 (кривые 1, 2, 3 соответственно). На этом же рисунке для сравнения приведена зависимость $k(f)$ (кривая 4), полученная из объемных кривых намагничивания монокристалла YFeO_3 , измеренных индукционным методом. Видно, что величина $k(f)$ для объема и грани (110) не зависит от частоты до 7 кГц. Для грани же (001) зависимости $k(f)$ представляют типичные релаксационные спектры с частотой релаксации ~ 500 Гц. Полученные результаты подтверждаются также проведенными нами интегральными измерениями кривых намагничивания поверхности (001) монокристалла при полной ее засветке. Результаты измерений представлены на рис. 3 кривыми 1, 2. На этом же рисунке для сравнения приведены объемные кривые намагничивания (3, 4), измеренные индукционным методом. Видно, что кривые 3 и 4 ($f_1 = 78$ Гц и $f_3 = 7$ кГц), практически одинаковы, а кривая 1 лежит выше кривых 2, 3 и 4, что согласуется с результатами, представленными выше.

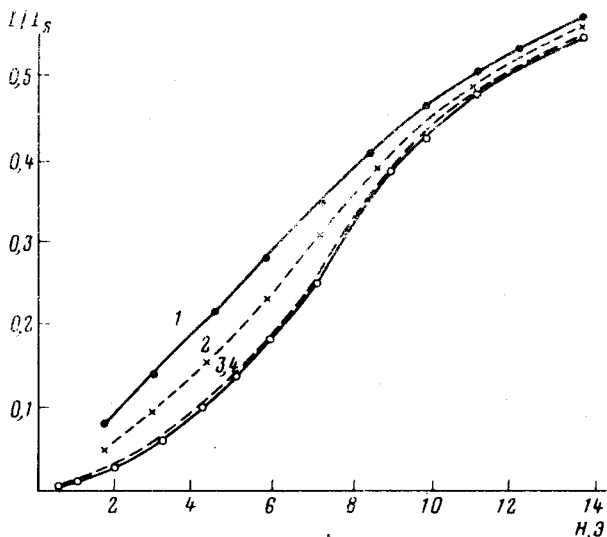


Рис. 3. Кривые намагничивания: 1, 2 – грани (001) при $f_1 = 78$ Гц и $f_2 = 1258$ Гц соответственно; 3, 4 – объёмна при $f_1 = 78$ Гц и $f_3 = 7$ кГц

Таким образом, экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что на грани (001) локальная магнитная восприимчивость ДГ у поверхности примерно в три раза превышает объёмную, при этом "дополнительное" смещение ДГ "выключается" уже при частоте 1 кГц и поверхностная восприимчивость соответствует объёмной. Это означает, что релаксационная частота поверхностной магнитной восприимчивости на три порядка меньше объёмной, измеренной Россолом⁵.

Качественное объяснение полученных результатов может состоять в следующем. Как известно, коэффициент упругости, характеризующий возвращающую силу ДГ к положению равновесия в совершенных монокристаллических образцах с легкой осью анизотропии, перпендикулярной поверхности, в основном определяется магнитостатической энергией взаимодействия, т. е. результирующим размагничивающим полем, действующим на ДГ. При этом, как указано в⁶ поля рассеяния, создаваемые динамическими зарядами на поверхности, уменьшают действующую на границу возвращающую силу, что должно привести к увеличению амплитуды смещения ДГ на поверхности. Для получения количественной информации о величине x_0 следует учесть не только указанное изменение действующего поля, но и зависимость плотности энергии ДГ от амплитуды смещения с учетом ее изгиба. Качественно можно понять также и обнаруженное уменьшение релаксационной частоты для приповерхностных участков. Известно, например, что значение параметра затухания в уравнении Ландау – Лифшица для железо-иттриевого граната, определенное из подвижности ДГ на два порядка превышает значение, найденное из ширины линии ферромагнитного резонанса^{6,7}. Это означает, что эффективные силы трения для прецессирующих спинов в таком сложном по структуре объекте, как ДГ, значительно возрастают по сравнению с однородной прецессией в случае ферромагнитного резонанса. Поэтому наблюдавшееся нами увеличение сил трения можно связать с усложнением структуры ДГ в приповерхностной области опять же с учетом увеличения потерь энергии на изгибные колебания⁶. Вместе с тем вызывает удивление столь сильное (на три порядка) их увеличение. В связи с этим заметим, что в данной статье для простоты мы приводили информацию только о наблюдении полярного эффекта Керра на грани (001), т. е. об изменении нормальной к поверхности компоненты I в области смещения ДГ. Полученная нами экспериментальная информация о тангенциальных компонентах I свидетельствует о том, что при смещении ДГ существенно изменяется структура всей приповерхностной перемагничивающейся области. Это, в частности, означает, что в процессы релаксации могут давать вклад не только спины, которые находятся внутри узкой 180° ной границы раздела с характерной шириной порядка $10^{-5} - 10^{-6}$ см, но и спины, находящиеся во всей прилегающей к ней перемагничивающейся области.

Мы благодарим А.Я.Залесского за представленный для измерений монокристалл.

Литература

1. *La Bonte A.E.* J. Appl. Phys., 1969, 40, 2450; *Hubert A.* J. Angew. Phys., 1971, 32, 58.
2. *Hubert A.* Phys. Stat. Sol., 1969, 32, 519.
3. *Schlömann E.* Appl. Phys. Lett., 1972, 21, 227.
4. *Кринчик Г.С., Бенидзе О.М.* ЖЭТФ, 1974, 67, 2180.
5. *Rossol F.C.* J. Appl. Phys., 1969, 40, 1082.
6. *Малоземов А. Слоизуски Дж.* Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982.
7. *Hagedorn F., Gyorgy E.* J. Appl. Phys. 1961, 32, 282S.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
7 февраля 1983 г.
