

БЛОХОВСКИЕ ТОЧКИ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ БЛОХОВСКОЙ ЛИНИИ

Ю.П.Кабанов, Л.М.Дедух, В.И.Никитенко

Показана возможность выявления с помощью магнитооптического метода блоховских точек в линии Блоха, совершающей под влиянием гиротропных сил вынужденные колебания в кристаллах иттриевого феррограната. Обнаружены эффект генерирования блоховских точек и их влияние на характеристики колебаний блоховских линий.

В последнее время наблюдается все возрастающий интерес к изучению свойств различных элементов доменной структуры ферромагнетиков: доменных границ, блоховских линий, блоховских точек. В значительной мере он стимулируется успехами в развитии представлений о нелинейных явлениях в системе упорядоченных спинов, где эти элементы выступают в роли топологически устойчивых магнитных солитонов. Без детального анализа специфики их свойств и процессов генерирования невозможно решение фундаментальной задачи создания общей теории процессов намагничивания кристаллов, а также формирования в них элементарных и нелинейных возбуждений.

Методы наблюдения и экспериментального изучения динамических свойств доменных границ и блоховских линий были развиты уже давно^{1, 2}. Однако задача визуализации блоховских точек и развития способов исследования их динамических свойств до сих пор еще не была решена. В настоящей статье описаны возможности магнитооптического выявления блоховских точек в кристалле иттриевого феррограната и исследования их свойств, представлены результаты экспериментального изучения процессов рождения блоховских точек и их влияния на динамику линий Блоха.

Исследования были выполнены на монокристаллической пластине с размерами $0,8 \times 0,35 \times 0,025$ мм. Она была разбита 180-градусными стенками на несколько доменов, намагниченных вдоль направлений $\langle 111 \rangle$, параллельных: длинному ребру и поверхности $(11\bar{2})$ образца (рис. 1). В исходном состоянии доменные границы были разделены блоховскими линиями на субдомены. Спины, расположенные в центральном слое субдоменов в стенке, были ориентированы перпендикулярно поверхности. Связанное с ними магнито-статическое поле разворачивало приповерхностные спины в блоховской линии вдоль доменной стенки, что вызывало смещение концов линии в противоположные стороны и ее отклонение от нормали к поверхности (рис. 1а). В просвечивающем поляризационном

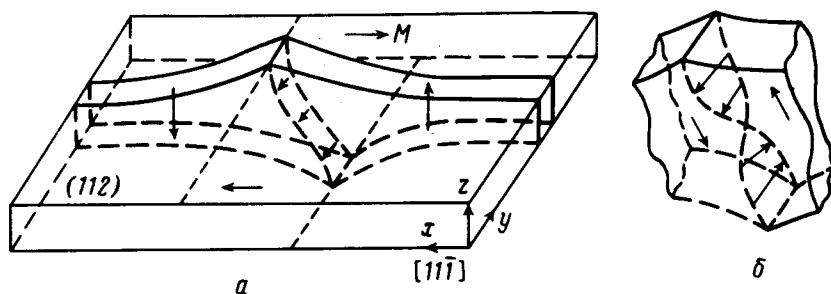


Рис. 1. Форма доменной границы с блоховской линией и распределение намагниченности (M) в монополярной (а) и содержащей блоховскую точку (б) линии

микроскопе в скрещенных николях такая линия изображалась в проекции на плоскость пластины в виде темной полоски между яркими субдоменами в стенке, выявлявшимися за счет эффекта Фарадея (рис. 2а). Для получения информации о характеристиках однородных или изгибных колебаний блоховской линии фотометрировались локальные участки черно-белого изображения стенки с линией при раскрещенных николях по методу, описанному в ^{2, 3}.

Как известно ¹, при движении доменной границы на линию Блоха действует гиротропная сила, смещающая ее вдоль границы в направлении, зависящим от знака топологического заряда линии, который определяется характером распределения спинов в ней. Если линия полностью поляризована (в исходном состоянии или намагничивающим ее постоянным полем H_y , перпендикулярным доменной стенке), то в синусоидальном поле H_x , параллельном намагниченности в доменах, она совершает однородные колебания вдоль стенки. Это приводит к размытию изображения всей блоховской линии (рис. 2б). При переполяризации блоховской линии в процессе уменьшения намагничивавшего ее внешнего постоянного поля H_y при некотором значении H_y вблизи одной из поверхностей пластины на изображении колеблющейся линии появляется неподвижная точка (рис. 2в). По мере дальнейшего уменьшения, изменения полярности и последующего увеличения H_y она пере-

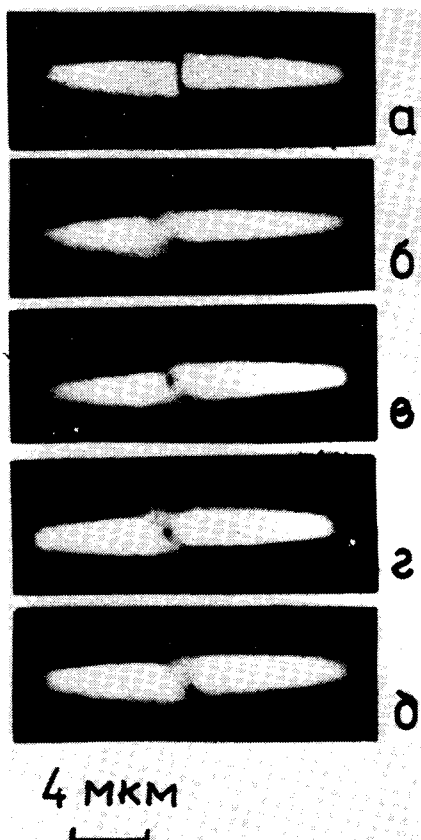


Рис. 2. Фотографии участка стенки с одной блоховской линией, полученные в лазерном свете ($\lambda = 63 \text{ нм}$) в отсутствие внешнего поля (а) и в синусоидальном поле H_x при $H_x^0 = 90 \text{ мЭ}$ и $\nu = 0,5 \text{ МГц}$ (б ÷ д), $H_y = +2$ (б), $+0,135$ (в), $-0,45$ (г), $-1,5 \text{ Э}$ (д). Длина изображения стенки определяется размером диаметра лазерного пучка в фокальной плоскости

мещается вдоль линии к противоположному ее концу (рис. 2г, д). Фазовый анализ показал, что участки блоховской линии, прилегающие к неподвижной точке, совершают противофазные колебания. Это означает, что она разделяет осциллирующую линию на две части, на которые действуют гиротропные силы противоположного знака. После прохождения точки вдоль всей линии фаза ее однородных колебаний, естественно, изменялась на π .

Описанные факты свидетельствуют о том, что "узел", появляющийся на осциллирующей линии Блоха, связан с процессом ее переполаризации и является блоховской точкой¹, которая разделяет в линии квазидомены, отличающиеся противоположными знаками поляризации этих зарядов (рис. 1б). Таким образом, в монокристаллах иттриевого феррограната оказывается возможным выявлять и визуализировать положение, а также изучать движение блоховской точки. В низкочастотном (порядка Гц) поле H_y удается даже следить за траекторией движения блоховской точки при ее вынужденных колебаниях вдоль движущейся блоховской линии, амплитуда которых уменьшается с ростом частоты до ~ 1 кГц.

Блоховская точка изменяет существенно спектр колебаний линии Блоха. На рис. 3 показаны зависимости интенсивности магнитооптического сигнала (пропорционального величине смещения блоховской линии вдоль доменной границы) от частоты поля H_x , измеренные при фотометрировании половины блоховской линии. Кривая 1 записана в условиях, когда линия была намагничена полем H_y . Она содержит один резко выраженный пик, отражающий резонанс однородного смещения блоховской линии. Кривая 2 на рис. 3 записана при колебании линии, в середину которой предварительно с помощью H_y была введена блоховская точка. В этом случае пик на $J(\nu)$, ответственный за однородный резонанс линии Блоха, отсутствует, но появился новый (при $\nu \approx 1$ МГц), определяемый стоячей волной, при которой на длине колеблющейся линии укладывается полволны, а узел находится в центре линии, т. е. там, куда мы поместили блоховскую точку (рис. 2з).

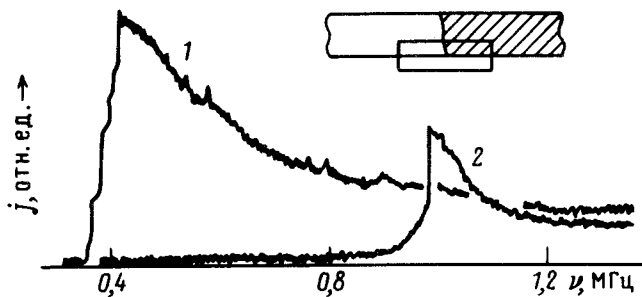


Рис. 3. Частотные зависимости магнитооптического сигнала (J) в поле H_x , измеренные при фотометрировании нижней половины изображения участка стенки с блоховской линией. $H_x^0 = 15$ мЭ. Кривая 1 — $H_y = 3$ Э, линия намагничена; кривая 2 — $H_y = 0,27$ Э, в середину линии введена блоховская точка. На вставке — схема изображения блоховской линии при раскрещенных николях микроскопа. Участок фотометрирования ограничен прямоугольником

Исследования спектров вынужденных колебаний блоховских линий совместно с прямым наблюдением осциллирующих линий показали, что рождение блоховских точек происходит в линии Блоха и в отсутствие перемагничивающего ее постоянного поля H_y , если амплитуда возбуждающего поля H_x превышает некоторую величину. В частности, в процессе изменения частоты поля H_x вблизи поверхности пластины при определенных ее значениях наблюдалось рождение (или исчезновение) блоховских точек и их перемещение вдоль блоховской линии. На резонансных частотах, соответствующих возбуждению стоячих изгибных волн на линии Блоха, блоховские точки совпадали с узлами этих волн. Это может отражать специфику изгибных колебаний вихреподобного магнитного солитона, каковым является блоховская линия. Возможно также, что при формировании ее изгибных колебаний блоховские точки, зарождаваясь на поверхности образца, смещаются в участки линии, которые колеблются с минимальной амплитудой.

Литература

1. *Малоземов А., Слонзуски Дж.* Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982.
2. *Горнаков В.С., Дедух Л.М., Кабанов Ю.П., Никитенко В.И.* ЖЭТФ, 1982, 82, 2007.
3. *Кабанов Ю.П., Дедух Л.М., Никитенко В.И.* Письма в ЖЭТФ, 1988, 47, 638.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
31 марта 1989 г.
