

ПРЯМОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ БЛОХОВСКОЙ СТЕНКИ НА ЕЕ ПОДВИЖНОСТЬ

*Л.М.Дедух, В.И.Никитенко, А.А.Полянский,
Л.С.Успенская*

Измерена зависимость скорости 180° -й блоховской стенки в монокристаллах иттриевого феррограната от состояния ее структуры и величины намагничивающего поля. Экспериментально установлено, что движение блоховских линий приводит к увеличению вязкого трения всей границы.

Изучение подвижности доменных границ в магнитоупорядоченных кристаллах представляет фундаментальный интерес уже не только потому, что она определяет важнейшие макроскопические характеристики намагничивания ферромагнетиков [1]. Исследованиями последнего десятилетия [2] была доказана возможность использования отдельного элемента магнитной структуры (домена или даже участка доменной границы) в качестве носителя информации в различных системах памяти для ЭВМ, что открыло перспективы микроминиатюризации систем обработки информации и революционизирующего изменения соответствующих областей техники. Быстродействие таких новых элементов памяти непосредственно определяется подвижностью доменных границ. Именно это и стимулировало резкое расширение и углубление фронта работ по исследованию тонких особенностей структуры доменных границ и механизмов, лимитирующих скорость их перемещения. В результате был обнаружен ряд не получивших еще однозначной интерпретации особенностей в движении блоховских стенок. Одной из наиболее интересных (и дискуссионных относительно природы формирования) явилась нелинейная зависимость [3] скорости v доменной границы от величины намагничивающего поля H , определяющая значительное уменьшение подвижности при возрастании H , появление "жестких" доменов, снижающих качество элементов памяти. Для ее объяснения, в частности, было выдвинуто предположение [4] о том, что в увеличении сопротивления движению границы решающую роль играет динамическое преобразование ее структуры, определяющееся движением блоховских линий. Однако прямого экспериментального доказательства справедливости этого предположения до сих пор не было получено. Дело в том, что подавляющее большинство исследований подвижности блоховских стенок выполнено с использованием магнитооптических методик на перспективных в плане практических применений ферритовых пленках с одноосной анизотропией, на которых из-за серьезных методических трудностей не удается осуществить одновременное изучение структуры блоховской стенки.

В [5] было показано, что в реальных кристаллах иттрий – железистого граната толщина 180°-й границы в объеме кристалла оказалась достаточной не только для поляризационно-оптического наблюдения ее разбиения на субдомены, но и для изучения хода намагниченности в стенке. Это определило возможность проведения на таких кристаллах прямого экспериментального исследования зависимости скорости доменной границы как от величины намагничивающего поля, так и от поведения в ней блоховских линий.

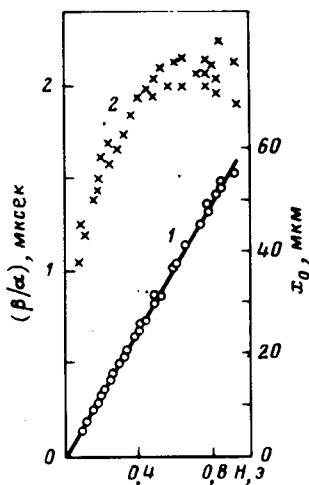


Рис. 1. Зависимость X_0 (1) и β/a (2) от величины намагничивающего поля H . $v = X_0 / (\beta/a)$

Эксперименты, результаты которых описаны в настоящей статье, были выполнены на пластинках толщиной $\sim 60 \text{ мкм}$, ограниченных плоскостями $\{112\}$. Для повышения точности измерений образцы приготавливались в форме длинных параллелепипедов, вытянутых вдоль $\langle 111 \rangle$ и имевших единственную 180°-ю блоховскую стенку, разделявшую два домена, намагниченные в плоскости пластины. В таком образце движение границы не приводило к изменению ее площади S и сопровождалось возрастанием размагничивающей силы $F = \alpha X$ строго пропорционально смещению X стенки ($\alpha = \text{const}$, рис. 1, кривая 1). Коэффициент вязкого трения β определялся из закона движения границы под действием импульсного магнитного поля H : $X = X_0 [1 - \exp(-at/\beta)]$. Здесь $X_0 = 2M_0HS/\alpha$, M_0 – намагниченность насыщения, t – время движения стенки. Смещение стенки во времени определялось по данным измерений интенсивности прошедшего через кристалл плоско-поляризованного света в условиях, когда пластина была слегка наклонена по отношению к направлению наблюдения, а николи микроскопа несколько раскрещены. v для каждого значения H определялось как отношение $X_0 / (\beta/a)$ [6].

Зависимость скорости границы от намагничивающего поля практически во всем изученном интервале H оказалась нелинейной. По мере роста H увеличивается β (рис. 1, кривая 2), а значит и интенсивность диссипативных процессов, лимитирующих подвижность доменной стенки. На рис. 2 показаны фотографии в поляризованном свете движущейся с различными скоростями 180°-й блоховской стенки. Последняя состоит из субдоменов, выявляющихся в виде черных и белых участков. В мес-

тах их стыка, где происходит смена знака направления вращения спинов, находятся блоховские линии. Граница колеблется под действием переменного магнитного поля, что обусловило ее двойное изображение. При малых v структура стенки практически не меняется (рис. 2а). С увеличением скорости границы происходит размытие (рис. 2б, в) переходных областей между "черными" и "белыми" ее субдоменами, что свидетельствует о последовательном росте амплитуды колебания и скорости движения блоховских линий. Вызванное им дополнительное рассеяние энергии движущейся границей с увеличением v определяет рост β в качественном соответствии с [4].

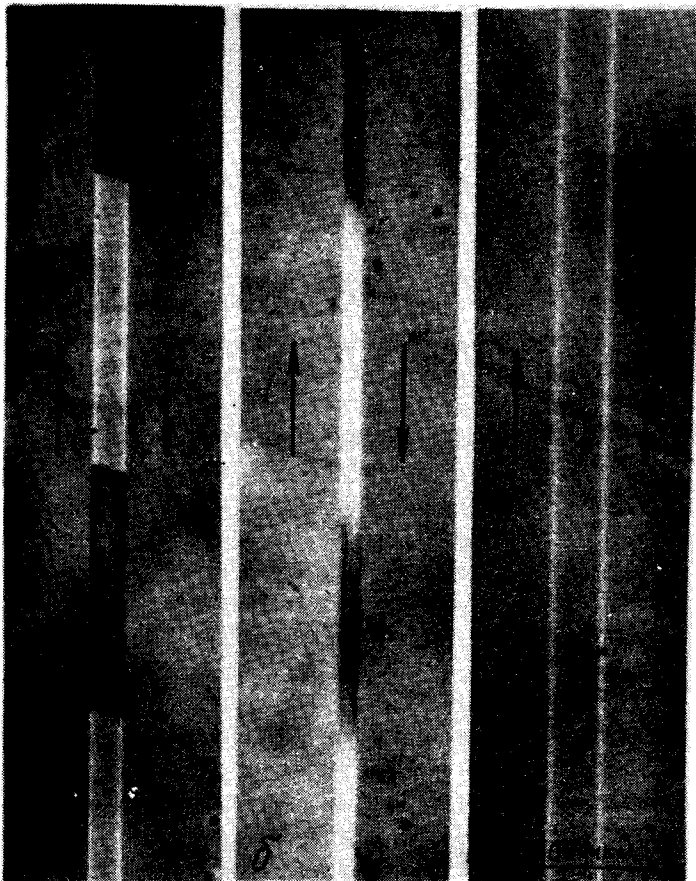


Рис. 2. Изображение в поляризованном свете блоховской стенки, колеблющейся в переменном магнитном поле: а - $v < 1 \cdot 10^{-3}$; б - $v = 6$; в - $v < 15$ м/сек

Следует отметить, что динамические изменения структуры блоховской стенки начинаются при относительно малых ее скоростях. Это может определяться тем, что, как показывает эксперимент, движение

блеховских линий и, особенно, их зарождение и аннигиляция зависят не только от скорости границы, но и от реальной структуры кристалла (особенно, от наличия в нем дислокаций).

Авторы благодарят С.Ш.Генделева за предоставленные кристаллы.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28 июля 1977 г.

Литература

- [1] С.В.Вонсовский. Магнетизм, М., изд. Наука, 1971.
 - [2] В.Г.Барьяхтар, В.В.Ганн, Ю.И.Горобец, Г.А.Смоленский, Б.Н.Филиппов. УФН, 121, 593, 1977.
 - [3] В.Н.Дудоров, В.В.Рандошкин, Р.В.Телеснин. УФН, 122, 253, 1977.
 - [4] J.C.Slonczewski. J. Appl. Phys., 44, 1759, 1973.
 - [5] В.К.Власко-Власов, Л.М.Дедух, В.И.Никитенко. ЖЭТФ, 71, 2291, 1976.
 - [6] J.A.Setchik, W.D.Doyle, G.K.Goldberg. J. Appl. Phys., 42, 1272, 1971.
-