

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТИПА "БЛОХОВСКАЯ ТОЧКА" В ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЕ

В.Е.Зубов, Г.С.Кринчик, А.Д.Кудаков.

Магнитооптическим методом изучена тонкая структура блоховской границы на поверхности монокристаллов железа, однозначно связанная с направлением асимметричного загиба границы в приповерхностной области. В асимметричной блоховской границе впервые обнаружены структурные особенности типа блоховской точки.

В последнее время проводятся интенсивные экспериментальные исследования вертикальных блоховских линий (ВБЛ) в связи с возможностью их использования в устройствах памяти¹. Теоретически структура блоховских линий – линий раздела субдоменов различной полярности в доменной границе (ДГ) и блоховских точек – точек раздела субдоменов блоховских линий изучена достаточно подробно². Однако экспериментально блоховские точки наблюдать пока не удавалось.

В данной статье сообщается об обнаружении магнитооптическим методом структурных особенностей типа блоховская точка в асимметричной 180° блоховской ДГ на поверхности монокристаллов железа. В работе³ при магнитооптическом исследовании 180° ДГ в железе было установлено, что при подходе к поверхности граница уширяется в несколько раз и имеет асимметричную форму, обусловленную появлением неелевской (перпендикулярной плоскости ДГ) компоненты намагниченности. В настоящей работе, с помощью усовершенствованной магнитооптической установки микронного разрешения продолжено исследование структуры ДГ в нитевидных монокристаллах железа-вискерах. Вискеры имели оптически совершенные грани типа (001), длина их составляла 5 – 10 мм, поперечные размеры $\sim 50 \times 50$ мкм². 180° ДГ, параллельная двум граням (100), располагалась в центре вискера вдоль его длинной оси [010]. Исследование ДГ проводилось путем измерения магнитооптического экваториального эффекта Керра (ЭЭК), обусловленного наличием неелевской компоненты намагниченности при колебаниях ДГ под действием переменного магнитного поля параллельного оси [010]. Распределение намагниченности изучалось на локальных участках поверхности образца с размерами $0,3 \cdot 1$ мкм².

На рис. 1 приведена зависимость ЭЭК от x (кривая 1) при амплитуде раскачки ДГ равной 0,1 мкм (оси x и y лежат в плоскости грани вискера перпендикулярно и параллельно плоскости ДГ, соответственно, ось z перпендикулярна плоскости грани). Так как ЭЭК пропорционален производной $\partial I_x / \partial x$, то используя кривую ЭЭК, можно восстановить зависимость $I_x(x)$ (I_x – проекция вектора намагниченности \mathbf{I} на ось x), которая представлена кривой 2. Форма кривой ЭЭК от ДГ не изменялась при увеличении частоты переменного магнитного поля от 20 Гц до 100 кГц. Как будет ясно из дальнейшего, асимметрия распределения $I_x(x)$ в ДГ связана с асимметричным загибом \mathbf{I} на поверхности, существование которого приводит к значительному уменьшению полей рассеяния. Наблюдаемому распределению намагниченности в 180° ДГ вблизи поверхности лучше всего соответствует модель асимметричной блоховской границы, предложенной Хубертом в работе⁴.

На рис. 2 приведены кривые $I_x(x)$, снятые вблизи выхода ВБЛ на поверхность. В первом случае направление загиба ДГ с разных сторон от ВБЛ одинаково, во втором различно. Так как в объеме кристалла знаки I_z в ДГ с разных сторон от ВБЛ различаются, то на поверхности в первом случае справа и слева от ВБЛ знаки I_x должны быть разные, а во втором одинаковые (знак I_x определяется порядком следования главных отрицательных и положительных экстремумов кривой ЭЭК, что ясно видно из рис. 1. Кроме того, из рисунка видно, что при движении вдоль ДГ через ВБЛ в первом случае бокового смещения кривых ЭЭК не происходит, а во втором такое смещение $\sim 0,4$ мкм, т. е. сравнимо с шириной ДГ. Естественно

предположить, что в объеме не происходит смещения границы вблизи ВБЛ, поэтому наблюдаемое смещение на рис. 2 б еще раз свидетельствует об асимметричном загибе ДГ на поверхности. Наименьший из трех экстремумов на кривой ЭЗК всегда расположен со стороны противоположной направлению загиба ДГ.

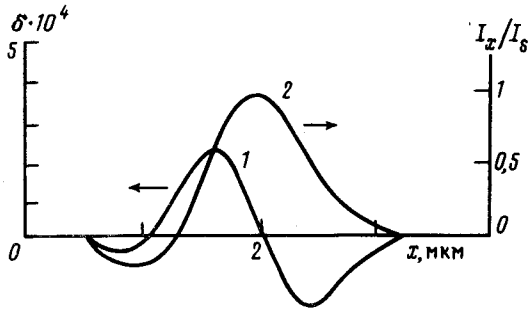


Рис. 1

Рис. 1. 1 – зависимость ЭЗК ($\delta(x)$), обусловленная наличием I_x в ДГ при малых колебаниях ДГ; 2 – распределение неелевской компоненты намагниченности $I_x(x)$

Рис. 3. Семейство кривых ЭЗК, аналогичных кривой 1 на рис. 1, вблизи блоховской точки на поверхности кристалла

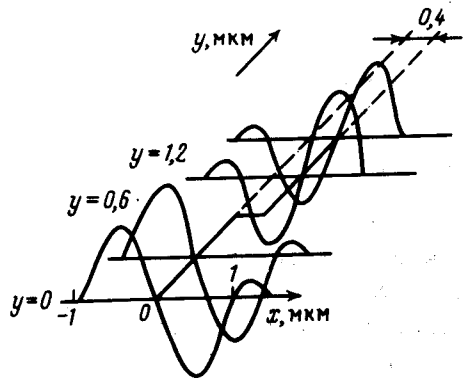


Рис. 3

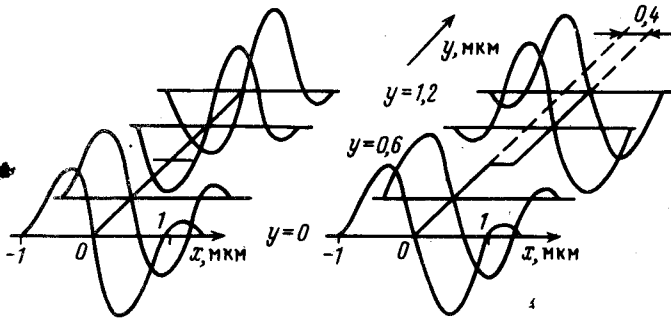


Рис. 2. Семейства кривых ЭЗК, аналогичных кривой 1 на рис. 1, для двух случаев выхода ВБЛ на поверхность кристалла

На рис. 3 представлена еще одна экспериментально наблюдаемая особенность в структуре ДГ на поверхности. При продвижении вдоль оси y происходит боковое смещение на расстояние $\sim 0,4$ мкм и смена порядка чередования максимумов ЭЗК, т. е. смена знака намагниченности в ДГ. Эта особенность не связана с выходом ВБЛ на поверхность (обе возможности выхода ВБЛ на поверхность были рассмотрены выше), а является особой точкой, разделяющей субдомены различной полярности в одномерной приповерхностной структуре типа блоховских линий, при сохранении неизменной полярности ДГ в объеме. Таким образом, особенности данного типа приповерхностной структуры ДГ естественно называть блоховскими точками. Наблюдения показывают, что блоховские точки в асимметричных блоховских ДГ встречаются гораздо чаще, чем выходы ВБЛ на поверхность.

Литература

1. Kanishi S. IEEE Trans. Magn., MAG-19, 1983, 1838.
2. Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982.
3. Кричик Г.С., Бенидзе О.М. ЖЭТФ, 1975, 67, 2180.
4. Hubert A. Zs. Angew. Phys., 1971, 32, 58.