

## РЕЗОНАНСНОЕ ГЕНЕРИРОВАНИЕ БЛОХОВСКИХ ЛИНИЙ

*В.И. Никитенко, Л.М. Дедух, В.С. Горнаков,  
Ю.П. Жабанов*

Обнаружен эффект скачкообразного увеличения плотности блоховских линий в  $180^\circ$ -ной доменной границе в монокристалле иттриевого феррограната под действием слабого переменного магнитного поля, перпендикулярного поверхности пластины и намагниченности в доменах, при определенных значениях его амплитуды и частоты,

Уже давно было показано [1], что основному состоянию ферромагнетика может соответствовать кристалл, разбившийся на домены под влиянием магнитостатического поля, обусловленного поверхностными магнитными зарядами. Типы доменных границ и их свойства в значительной мере, а порой и решающим образом, определяют намагничивание образца в постоянном и переменном магнитных полях, спектр его спиновых волн и т. д. Теоретическому и экспериментальному изучению закономерностей перестройки доменной структуры, подвижности доменных границ посвящено огромное количество работ [2].

Значительно позже обратили внимание на то, что по той же причине и сами доменные границы могут быть разбиты на субдомены [3]. В результате в подавляющем большинстве случаев неизбежным элементом доменной структуры кристалла могут быть блоховские линии, разделяющие участки стенки с противоположным направлением разворотов спинов в границе, которые, естественно, должны оказывать влияние на свойства доменных границ и всего кристалла. В последние годы представления о блоховских линиях начали привлекаться теоретиками для объяснения ряда экспериментальных данных о важнейших характеристиках блоховских стенок (их подвижности, предельной скорости смещения и т. д.), не поддававшихся объяснению в рамках одномерной модели доменной границы [4]. Экспериментальное же исследование свойств блоховских линий только начинает разворачиваться: лишь в этом году были опубликованы первые работы [5, 6], в которых развиты методы измерения их динамических характеристик.

В [6] были реализованы условия возбуждения резонанса смещения блоховских линий в  $180^\circ$ -ной доменной границе в иттриевом феррогранате слабым переменным магнитным полем, перпендикулярным поверхности образца и намагниченности в прилегающих доменах, который позволяет получать сведения о массе и подвижности блоховских линий в стенке. При дальнейшем изучении этого эффекта в более широком интервале изменения амплитуды и частоты внешнего поля нами было обнаружено новое, не предсказывавшееся теоретически явление резонансного генерирования блоховских линий. Оно открывает возможности контролируемого изменения субструктуры доменной границы и изучения ряда ее фундаментальных характеристик. Его краткому описанию посвящено настоящее сообщение.

Перпендикулярные поверхности (112) монокристаллической пластины толщиной 35 мкм — "вертикальные" блоховские линии выявлялись

при раскрещенных николях поляризаационного микроскопа в виде резкой границы, разделяющей темный и светлый субдомены в стенке, характеризующиеся противоположными направлениями разворотов спинов. При наложении синусоидального переменного магнитного поля с амплитудой  $H_0 = 0,01$  Э, в диапазоне частот  $\nu$  50 — 500 кГц по размытию контраста переходной области между субдоменами наблюдались [6] резонансные колебания блоховских линий. При последующем росте  $\nu$  амплитуда их смещения уменьшалась до значений, не разрешаемых микроскопом. Однако, в процессе дальнейшего увеличения  $\nu$  при некоторых критических, зависящих от  $H_0$ , частотах обнаруживались скачкообразные изменения плотности вертикальных блоховских линий в границе (рис. 1, *a - e*). В интервале максимальных из использованных нами частот до 12,5 МГц резонансное генерирование блоховских линий осуществлялось несколько раз и настолько уменьшало размер субдомена, что он становился примерно, равным толщине блоховской стенки ( $\sim 2$  мкм). При выключении внешнего поля структура с высокой плотностью блоховских линий сохранялась.

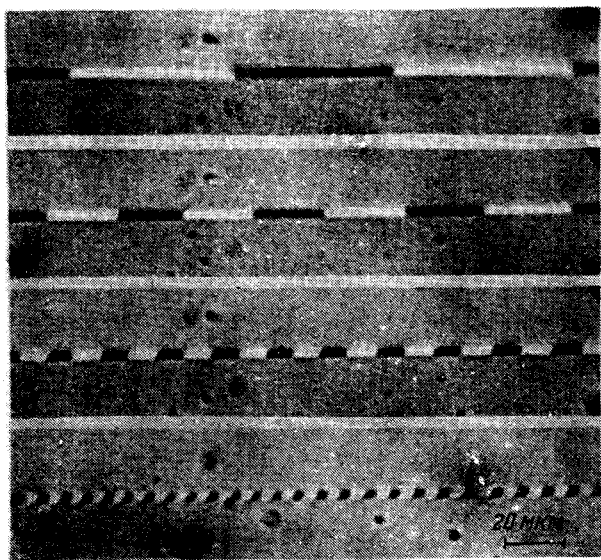


Рис. 1. Структура доменной границы в переменном поле ( $H_0 = 0,06$  Э) при частотах: *a* —  $0,5 < \nu < 5,6$ ; *b* —  $5,6 < \nu < 7$ ; *в* —  $7 < \nu < 9$ ; *г* —  $9 < \nu < 12$  МГц

Аналогичные скачкообразные изменения субструктуры доменной границы наблюдались и при неизменной частоте с увеличением амплитуды внешнего магнитного поля (рис. 2). Причем, при более низких значениях  $\nu$  резонансное образование блоховских линий приводило к более резкому, чем представлено на рис. 2, увеличению их плотности за один скачок (в четыре — шесть раз), который происходил при больших  $H_0$ .

Часто генерирование субдоменов начиналось не одновременно по всей стенке, а в участках кристалла, содержащих дефекты, или расположенных в области максимального градиента внешнего поля, создаваемого как и в [6] двумя витками (диаметром 1,1 мм) провода. При этом, наряду с увеличением плотности блоховских линий можно было заметить перемещение всех субдоменов. В некоторых диапазонах  $\nu$

и  $H_0$  перестройке субструктуры стѐнки предшествовали настолько большие вынужденные колебания блоховских линий, что тонкая структура изображения границы уже не разрешалась. В ряде случаев резонансное смещение блоховских линий возбуждало колебание всей стенки.

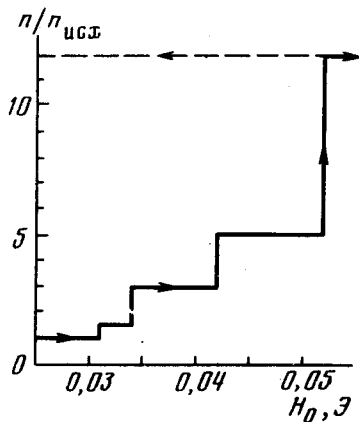


Рис. 2. Зависимость относительной плотности ( $n$ ) блоховских линий в границе от амплитуды переменного магнитного поля.  $\nu = 11$  МГц  $n_{исх}$  — начальная плотность блоховских линий при  $H_0 = 0$ . Сплошная линия соответствует изменению  $n/n_{исх}$  при увеличении  $H_0$ , пунктирная отвечает уменьшению  $H_0$ .

Скачкообразное увеличение плотности субдоменов в границе может быть обусловлено термически активируемым зарождением и последующим разрастанием под действием внешнего магнитного поля новых блоховских линий, ограничивающих зародыш субдомена. При некоторой амплитуде и частоте поля его размер становится равным толщине пластины. Участки блоховской линии, параллельные поверхности, выходят на нее и в кристалле остаются лишь "вертикальные" блоховские линии, обуславливающие устойчивое увеличение плотности субдоменов, обнаруживающееся в эксперименте. Большой набор резонансных частот и полей отвечает, по-видимому, возникновению зародышей в неоднородном потенциальном рельефе кристалла вблизи дефектов, в системе приповерхностных спинов и т. п.

Институт физики твердого тела  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
25 июня 1980 г.  
После переработки  
19 августа 1980 г.

### Литература

- [1] L.D.Landau, E.M.Lifshitz. *Sov. Phys.*, 8, 153, 1935.
- [2] С.В.Вонсовский. *Магнетизм*, М., изд. Наука, 1971.
- [3] А.Хуберт. *Теория доменных стенок в упорядоченных средах*. М., изд. Мир, 1977.
- [4] A.P.Malozemoff, J.C.Slonczewski. *Magnetic domain walls in bubble materials*, New York, Academic Press, 1979.
- [5] O.Bastanjoglo, T.Rosin. *Phys. Stat. Sol. (a)*, 57, 1561, 1980.
- [6] В.И.Никитенко, Л.М.Дедух, В.С.Горнаков, Ю.П.Кабанов. *Письма в ЖЭТФ*, 32, 152, 1980.