

- [1] Reuter E. H. T., Sondheimer E. H. // Proc. Roy. Soc. A. 1948. Т. 195. P. 336—364.  
 [2] Песчанский В. Г., Дассанаеке Махендра, Цыбулина Е. В. // ФНТ. 1985. Т. 11. № 3. С. 297—304.  
 [3] Азбель М. Я. // ЖЭТФ. 1960. Т. 39. № 2. С. 400—412.

Физико-технический институт  
 им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
 Ленинград  
 Физико-технический институт  
 низких температур АН УССР  
 Харьков

Поступило в Редакцию  
 10 июля 1989 г.

УДК 538.221

© Физика твердого тела, том 32, № 3, 1990  
 Solid State Physics, vol. 32, N 3, 1990

## ОРИЕНТАЦИОННЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД, ИНДУЦИРОВАННЫЙ ДВИЖУЩЕЙСЯ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЕЙ В БОРАТЕ ЖЕЛЕЗА

*М. В. Четкин, В. В. Лыков, В. Д. Терещенко*

Легкоплоскостной ферромагнетик борат железа ( $\text{FeVO}_3$ ) известен с начала 60-х годов [1], прозрачен в видимой (зеленой) области спектра, тем не менее динамика доменных границ (ДГ) в нем еще не достаточно изучена [2-4] по сравнению с другими прозрачными магнетиками прежде всего из-за технических трудностей, связанных с малым углом вращения плоскости поляризации. Изучение динамики ДГ в  $\text{FeVO}_3$  крайне интересно: он обладает сильной магнитоупругой связью и малой (легко задаваемой) величиной константы анизотропии. Поэтому можно ожидать существенного отличия поведения ДГ в нем по сравнению с другими магнетиками, например ортоферритом иттрия. Впервые на необычное поведение ДГ в нем было обращено внимание в [5] и наблюдалось в [4], где отмечалось, что после достижения ДГ скорости звука «ДГ теряла устойчивость, становилась пространственно-неоднородной и широкой», однако существующая в то время экспериментальная методика оставила для будущих исследователей вопрос о выяснении сути этого явления, чему посвящена настоящая работа.

Как известно, прогресс в изучении динамики ДГ был связан с применением высокоскоростной фотографии, позволившей фиксировать как скорость, так и форму ДГ [6]. Вращение плоскости поляризации в  $\text{FeVO}_3$  менее  $1^\circ$ , а в контрасте ДГ еще меньше, поэтому мы имеем дело с весьма мало контрастным и слабоосвещенным объектом для фотографирования. Нами использовались высокочувствительные ортохроматические пленки, проявители с добавлением полиокса, позволившие применить метод двукратной высокоскоростной фотографии с временным разрешением 0.2 нс [7]. В этом методе изображение движущейся ДГ получается при последовательном подсвечивании образца двумя импульсами света, задержанными относительно друг друга на время, равное в нашем эксперименте 11 нс. Контраст доменов выставляется противоположным каждому из лучей, и ширина полученной таким образом полоски пропорциональна скорости ДГ (рис. 1). По сравнению с [7] лазер на азоте накачивал лазер на красителе чрезвычайно простой конструкции: в кювете на оптическом контакте крепились два легких зеркала (100 и 20 % на длине волны 535 нм); выигрыш в мощности получается в несколько раз. Методика позволяла фиксировать изображение при вращении плоскости поляризации на угол менее  $0.5^\circ$ . Одиночная  $180^\circ$ -ная неелевская ДГ создавалась в кристаллической пластинке бората железа толщиной 30 мкм

при помощи градиентного магнитного поля величиной до 70 Э/см. В плоскости образца могло создаваться сжимающее давление  $P$  величиной до  $20 \cdot 10^8$  дин/см<sup>2</sup>. Движение ДГ осуществлялось под действием импульс-

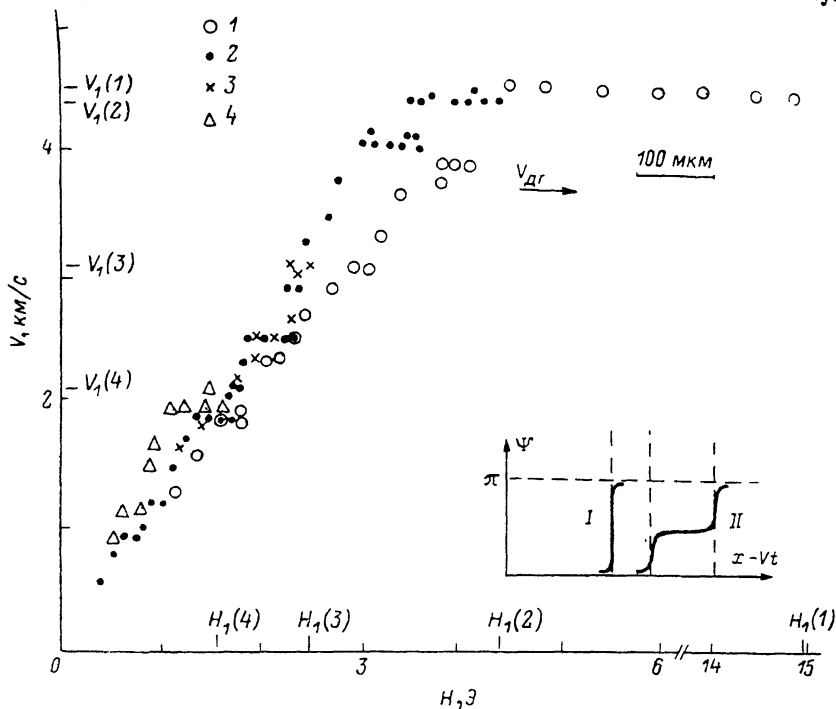


Рис. 1. Зависимость скорости  $V$  ДГ от амплитуды управляющего магнитного поля  $H$  при внешних давлениях  $P=20 \cdot 10^8$  (1),  $10 \cdot 10^8$  (2),  $3 \cdot 10^8$  (3),  $0.1 \cdot 10^8$  дин/см<sup>2</sup> (4). На вставке — фотография момента образования ОФП и схема структуры ДГ с направлением  $\Psi$  вектора намагниченности при последовательном подвешивании образца первым (I) и через 11 нс вторым (II) импульсом света.  $V=V_1$  (2),  $H \geq H_1$  (2),  $P=10 \cdot 10^8$  дин/см<sup>2</sup>.

ного магнитного управляющего поля  $H$  с временем нарастания менее 8 нс.

Динамика ДГ в ортоферритах характеризуется прежде всего наличием четко выраженной предельной скорости, совпадающей со скоростью спиновых волн на линейном участке их дисперсии [6], а наличие магнитоупругого взаимодействия проявляется в присутствии областей постоянства скорости ДГ на зависимости  $V(H)$ , совпадающей со скоростями поперечного  $S_t$  и продольного  $S_l$  звуков. Основное отличие (применитель-

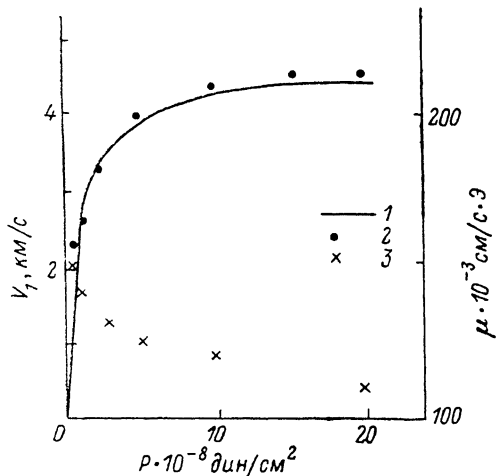


Рис. 2. Рассчитанная по [5] теоретическая (1) и экспериментальная (2) зависимость скорости  $V_1$ , определяющей ширину щели, а также подвижности  $\mu$  (3) от внешнего давления  $P$ .

но к динамике ДГ) бората железа от ортоферритов заключается в сильной магнитоупругой связи и малой величине анизотропии, что, как уже говорилось, существенно меняет всю динамику ДГ.

При скорости ДГ, меньшей некоторой скорости  $V_1$  (в поле  $H_1$ ), движение ДГ стационарно (рис. 1). На зависимости  $V(H)$ , как и в ортоферрите, есть области постоянства скорости ДГ шириной 0.3—0.6 Э при скоростях движения ДГ 4.0, 2.7, 1.8 км/с, из которых первая связана со скоростью поверхностной, а две другие — со скоростью лэмбовских волн [8]. Кроме того, если давление достаточно, подобная особенность существует на скорости 4.5 км/с, близкой к скорости поперечного звука [4].

При достижении ДГ скорости  $V_1$  (в поле  $H_1$ ) происходит ее распад на две  $90^\circ$ -ные ДГ, а ширина образовавшегося  $90^\circ$ -ного домена определяется разностью управляющего и градиентного полей. Иными словами, при достижении ДГ скорости  $V_1$ , в области, где  $H > H_1$ , происходит спин-переориентационный фазовый переход (ОФП) с направлением вектора намагниченности в ней, близким к  $90^\circ$ ; ДГ при этом выступает зародышем новой фазы [9]. Скорость  $V_1$  существенно зависит от давления  $P$  (рис. 2). На вставке рис. 1 изображен процесс распада ДГ при  $H \geq H_1$ : сразу после подачи импульса магнитного поля с одновременной подсветкой лучом  $I$  распада нет, и через 11 нс, в момент подсветки лучом  $II$ , видна область, где произошел ОФП (на фотографии эта область выглядит в виде «полукоонтраста»).

Впервые на возможность существования щели в спектре скоростей ДГ было обращено внимание в [5]. Наличие ее объяснялось существованием сильного магнитоупругого взаимодействия, а ширина определялась как разность  $(S_i - V_1)$ . Вблизи скорости звука рост магнитоупругой энергии может быть столь значительным, что эффективные константы наведенной анизотропии меняют знак; в самих же точках  $S_i$ ,  $S_i$  они расходятся как  $1/(S_{i,i}^2 - V_1^2)$ . Вопрос достижения предельной скорости тем самым связан с возможностью преодоления щели, в частности, при помощи давления. В наших экспериментах при  $P \approx 25 \cdot 10^8$  дин/см<sup>2</sup> такой переход не обнаружен. Зависимость  $V_1(P)$ , рассчитанная по [5] для  $\text{FeVO}_3$ , представлена на рис. 2.

Магнитоупругая связь определяет также зависимость подвижности  $\mu$  от давления (рис. 2). При малых давлениях подвижность ДГ может быть рекордно велика ( $\sim 150 \cdot 10^3$  см/с·Э). В целом эта зависимость качественно согласуется с [5], однако для количественного расчета необходимо знание ряда констант, еще не измеренных для  $\text{FeVO}_3$ .

#### Список литературы

- [1] Diehl D., Jantz W., Nalang J., Wettling W. // Current Topic in mater. Sci. 1984. V. 1. N 11. P. 1—370.
- [2] Scott G. B. // J. Phys. D: Appl. Phys. 1974. V. 7. P. 1578—1587.
- [3] Ким П. Д., Хван Д. И. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 8. С. 2300—2304.
- [4] Четкин М. В., Терещенко В. Д. // Кристаллография. 1988. Т. 33. № 5. С. 1311—1313.
- [5] Звездин А. К., Костюченко В. В., Мухин А. А. // Препринт ФИАН. 1983. № 209. 56 с.
- [6] Барьялтар В. Г., Иванов Б. А., Четкин М. В. // УФН. 1985. Т. 146. № 3. С. 417—458.
- [7] Четкин М. В., Звездин А. К., Гадецкий С. Н., Гомонов С. В., Смирнов В. Б., Курбатова Ю. Н. // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. № 1. С. 269—279.
- [8] Красильников В. А., Крылов В. В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984. 400 с.
- [9] Белов К. П., Звездин А. К., Кадомцева А. М., Левитин Р. З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979. 320 с.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова  
Москва

Поступило в Редакцию  
12 июля 1989 г.