

## СВЕРХЗВУКОВАЯ ДИНАМИКА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ОРТОФЕРРИТЕ ИТРИЯ

М.В. Четкин, С.Н. Гадецкий, А.И. Ахуткина

Показано, что форма движущейся доменной границы в ортоферрите иттрия сильно зависит от ее скорости и подвижности. Сверхзвуковое движение доменной границы становится двухмерным и нестационарным.

Исследования динамики доменных границ в ортоферритах, проведенные методом измерения времени пробега границей заданного расстояния, показали, что при скоростях, больших скорости поперечного звука, существует область неустойчивости движения<sup>1</sup>. Указанный метод не давал возможности судить о форме движущейся доменной границы (ДГ). Теория неустойчивости сверхзвукового движения ДГ, развитая к настоящему времени, является одномерной<sup>2, 3</sup>.

В данной работе исследована сверхзвуковая динамика ДГ в  $\text{YFeO}_3$ . При этих скоростях движение ДГ перестает быть одномерным. Неоднородность проявляется тем сильнее, чем выше подвижность доменной границы, и в  $\text{YFeO}_3$  наиболее ярко выражена при 100 К, когда подвижность близка к максимальной. Для высокоскоростной фотографии использовались импульсы света длительностью 6 нс, полученные от красителя оксазин, освещаемого импульсами света лазера ЛГИ-21. Исследования проводились на образцах толщиной 100 мкм, вырезанных перпендикулярно оптической оси. Разность углов поворота плоскости поляризации для двух, противоположно намагниченных доменов на рабочей длине волны 0,63 мкм, составляла  $58^\circ$ <sup>4</sup> и обеспечивала очень высокий контраст динамической доменной структуры. Это давало возможность регистрировать "мгновенные" положения доменной границы непосредственно на фотопленку высокой чувствительности без применения электронно-оптического преобразователя, используемого обычно для исследований динамики ДГ ферромагнетиков<sup>5, 6</sup>. Одиночная прямолинейная ДГ, промежуточного типа создавалась градиентным магнитным полем. Эта граница двигалась под действием импульсного поля, создаваемого двумя катушками с внутренним диаметром 1,5 мм. Передний фронт импульсного поля составлял 20 нс. При скоростях до 4000 м/с, соответствующих скорости поперечного звука, движущаяся ДГ остается строго прямолинейной. При росте  $H$  выше 60 Э начинает появляться неоднородность движения ДГ. В процессе движения она искривляется, на ней возникают полукруглые образования – лидирующие участки с характерным размером порядка нескольких сотен микрон, движущиеся быстрее, чем прямолинейные участки ДГ. По мере их роста, прямолинейная часть границы уменьшается и, наконец, исчезает совсем. В месте соприкосновения двух соседних лидирующих участков возникает особая точка ДГ. Последовательность фотографий "мгновенных" положений движущейся ДГ в импульсном магнитном поле  $H = 140$  Э через интервал 20 нс представлена на рис. 1 *а, б, в*. Положение лидирующих участков на границе, вообще говоря, случайно, но чаще всего они образуются ближе к виткам катушек, где магнитное поле немного больше, чем в середине.

Скорости прямолинейных участков ДГ и вершин лидирующих участков ДГ в зависимости от  $H$  представлены на рис. 2. При  $H > 25$  Э скорость прямолинейной части ДГ остается неизменной и равной скорости поперечного звука (кривая *а*). Вершины лидирующих участков движутся существенно быстрее (кривая *б*). Примеры зависимости путей  $S(t)$  проходящих прямой ДГ и вершинами полукруглых частей ДГ от времени показаны на рис. 3 кривыми *а* и *б* – соответственно. При  $H = 200$  Э вершины лидирующих участков достигают предельной скорости<sup>1</sup>. С дальнейшим ростом импульсного магнитного поля количество лидирующих участков увеличивается, их размеры уменьшаются (рис. 1, *г*), вся поверхность границы как бы кипит. Такое движение продолжается 10 – 15 нс (рис. 2, *в*), затем ДГ выравнивается и замедляется до предельной скорости (рис. 2, *г*). Зависимости  $S(t)$  для вершин лидирующих участков и выравнившейся ДГ в магнитном поле 375 Э показаны кривы-

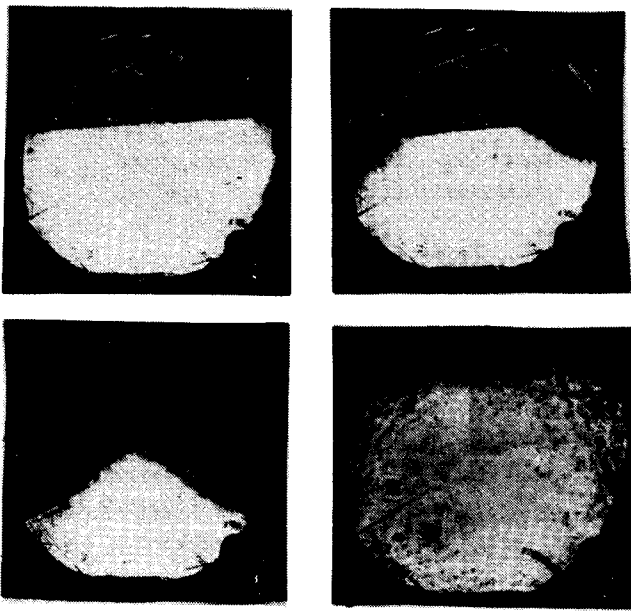


Рис.1. Последовательность фотографий динамической доменной структуры в  $YFeO_3$  через 20 нс в магнитном поле 140 Э (а, б, в) и в поле 2300 Э (з)

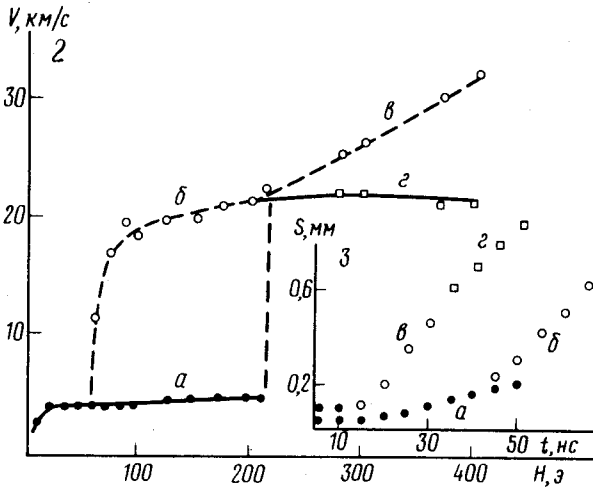


Рис.2. Зависимости скоростей прямолинейной части доменной границы  $YFeO_3$  (а), вершин лидирующих участков (б, в) и прямолинейной доменной границы после ее выравнивания (з) от магнитного поля

Рис.3. Зависимости путей, проходимых различными участками доменной границы от времени  $S(t)$  прямолинейных участков (а), вершин лидирующих участков (б) при  $H = 140$  Э, вершин лидирующих участков (в) и прямолинейной доменной границы после ее выравнивания (з) при  $H = 375$  Э

ми 3, в и 3, з, соответственно. Выравнивание ДГ происходит следующим образом. Прямолинейные части ДГ, примыкающие к особой точке на ней, движутся с предельной скоростью нормальной к ним (рис.1, з). За счет этого скорость особой точки растет и ДГ выравнивается. За время светового импульса ДГ проходит значительные расстояния. Были получены фотографии, на которых видны и положения прямолинейной ДГ, и лидирующая ее часть, возникающая в течение светового импульса. Величины сверхпредельной скорости ДГ, полученные из них фотометрированием, согласуются с приведенными на рис.2. данными. Таким образом, сверхзвуковое и сверхпредельное движение доменных границ в ортоферрите иттрия является двумерным и нестационарным. Нестационарность движения ДГ и ее отклонения от прямолинейности очень сильно зависят от подвижности доменной границы  $\mu$ . При  $\mu = 5000 \text{ см/с} \cdot \text{Э}$  они почти не заметны. Это соответствует результатам работы <sup>4</sup>. При  $\mu = 20000 \text{ см/с} \cdot \text{Э}$  нестационарность и крупномасштабная двумерность сверхзвукового движения ДГ становится очень ярко выраженной. Следует отметить, что теория взаимодействия движущейся доменной границы со звуком, развитая к настоящему времени, рассматривает только одномерное движение границы и, по-видимому, нуждается в уточнении.

Теоретическая модель сверхпредельного движения ДГ <sup>7</sup> развита в предположении одномерности ДГ. Как показано выше, движение со сверхпредельной скоростью не является одномерным. Этот факт должен быть учтен в теории. Не исключено, что движение ДГ со сверхзвуковой и сверхпредельной скоростями является трехмерным. В экспериментальных исследованиях динамики ДГ в ортоферритах в будущем необходим переход к использованию импульсов света лазеров субнаносекундной и пикосекундной длительности.

#### Литература

1. Четкин М.В., А де ла Кампа. Письма в ЖЭТФ, 1978, 27, 168.
2. Барьяхтар В.Г., Иванов Б.А., Сукстанский Д.А. ЖЭТФ, 1978, 75, 2183.
3. Звездин А.К., Попков А.Ф. ФТТ, 1979, 21, 1334.
4. Четкин М.В., Дидосян Ю.С., Ахуткина А.И. ФТТ, 1971, 13, 3414.
5. Четкин М.В., Бынзаров Ж.И., Гадецкий С.Н., Щербаков Ю.И. ЖЭТФ, 1981, 81, 1898.
6. Логгинов А.С., Непокойчицкий Г.А. Письма в ЖЭТФ, 1982, 35, 22.
7. Барьяхтар В.Г., Иванов Б.А. Письма в ЖЭТФ, 1982, 35, 85.

Московский государственный университет  
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию  
23 марта 1982 г.