

## К Р А Т К И Е С О О Б Щ Е Н И Я

УДК 538.221

© 1994

О ДВИЖЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ  
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИИ  
МОНОКРИСТАЛЛОВ БОРАТА ЖЕЛЕЗА*О.С.Колотов, Ким Ён Хен, В.А.Погожев*

Движение доменных границ (ДГ) в легкоплоскостном слабом ферромагнетике борате железа  $\text{FeVO}_3$  имеет ряд особенностей [1,2], обусловленных малым значением анизотропии в базисной плоскости и сильным влиянием магнитоупругого взаимодействия. До сих пор исследовались лишь квазиравновесные ДГ, формируемые задолго до начала их движения [2-7]. Представляет интерес исследование неравновесных динамических ДГ, возникающих при импульсном перемагничивании, поскольку, как показывает опыт изучения Fe-Ni пленок [8,9], свойства динамических ДГ могут существенно отличаться от свойств квазиравновесных границ. В данной работе впервые в борате железа наблюдались неравновесные домены. Обсуждаются условия образования динамических ДГ и особенности их движения.

Использовалась стробоскопическая магнитооптическая установка с временным разрешением  $\sim 0.7$  нс и пространственным разрешением не хуже 2 мкм [10]. Исследовались монокристаллы толщиной 24-110 мкм. Значение граничного поля  $H_{br}$ , при котором достигается состояние технического насыщения исследуемых образцов в их базисной плоскости, не превышало 1.5-2.5 Э. Исходное состояние насыщения обеспечивалось с помощью постоянного поля  $H_0 = 1.1H_{br}$ . Импульсное поле  $H_p$  было направлено противоположно полю  $H_0$ . Далее указаны значения результирующего перемагничивающего поля  $H_s = H_p - H_0$ .

Анализ динамических структур показал, что в полях  $H_s \geq H_{br}$  перемагничивание однородных монокристаллов  $\text{FeVO}_3$  не связано с движением ДГ и обусловлено неоднородным вращением намагниченности. Только в неоднородных образцах обнаруживаются локальные районы, перемагничивание которых происходит смещением ДГ. Фотографии динамических доменов в подобном образце приведены на рис. 1. Толщина образца 80 мкм,  $H_{br} \approx 1.8$  Э. Амплитуда поля  $H_s = 2.2$  Э. Моменты стробирования отсчитываются от начала перемагничивающего импульса. Рис. 1,а иллюстрирует неоднородность освещенности и наличие ростовых дефектов на поверхности образца. Примерно через 10 нс

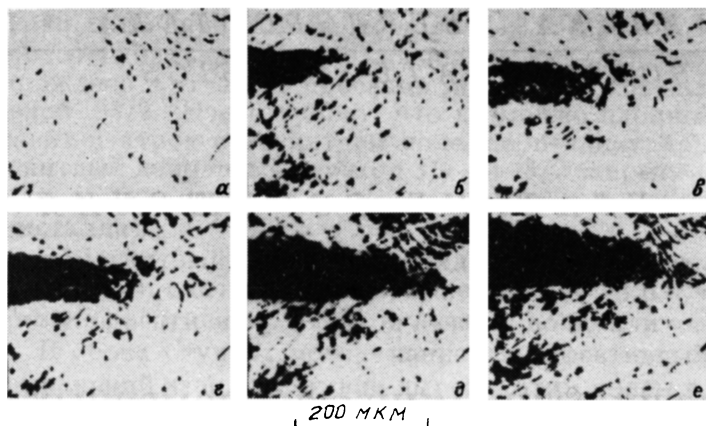


Рис. 1. Фотографии динамических доменов.

Поле  $H_s$  направлено горизонтально. а — (-50), б — 10, в — 20, г — 30, д — 40, е — 50 нс.

после начала перемагничивания появляется зародыш обратной намагниченности. Формирование зародышей наблюдалось при  $H_s \leq 3.8$  Э. В больших полях перемагничивание данного района осуществляется вращением намагниченности.

Возникновение районов, перемагничиваемых движением ДГ, связано, очевидно, с неоднородностью процесса кристаллизации, приводящей к внутренним напряжениям. Под действием напряжений возрастает локальное эффективное поле анизотропии и, следовательно, пороговое поле необратимого вращения намагниченности. Таким образом, изучение движения динамических ДГ возможно только в неоднородных образцах.

На рис. 2 приведена зависимость скорости движения  $v$  продольных (коллинеарных полю  $H_s$ ) динамических ДГ от амплитуды поля. Из-за конкурирующего действия процессов вращения намагниченности не удается достичь предельной скорости движения. Видно, что,

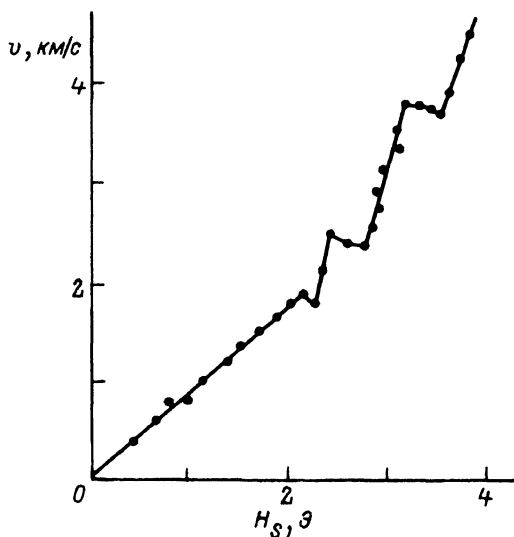


Рис. 2. Зависимость скорости  $v$  движения динамической ДГ от амплитуды перемагничивающего поля  $H_s$ .

как и в случае квазиравновесных ДГ [2,4-7], на зависимости  $v(H_s)$  имеются три характерных участка, где подвижность границ резко падает. Близки и значения скоростей квазиравновесных и динамических ДГ, при которых наблюдаются эти участки. Так, первому участку соответствует скорость  $v_1 \approx 1.8$  км/с. Согласно [2], эта величина близка к скорости распространения акустических волн Лэмба. На втором участке скорость динамических ДГ  $v_2 \approx 2.5$  км/с. Для квазиравновесной границы второму участку соответствует скорость  $\sim 2.7$  км/с [2], что в пределах ошибки эксперимента совпадает с указанным значением  $v_2$  и близко к скорости поверхностных акустических волн. Наконец, для третьего участка характерно значение  $v_3 \approx 3.6 \div 3.7$  км/с. Подобный участок впервые наблюдали Ким и Хван [4]. Ему соответствует скорость распространения поперечных звуковых волн. Таким образом, и для динамических ДГ при совпадении скорости их движения со скоростью распространения одной из мод упругих акустических волн [1,2,4-7] наблюдается резкое торможение движения.

Итак, закономерности движения динамических ДГ имеют большое сходство с закономерностями движения квазиравновесных ДГ. Однако есть и одна особенность, связанная с тем, что в слабых полях ( $H_s < 2.5$  Э в данном конкретном случае) динамические зародыши могут быть несквозными. Об этом свидетельствуют результаты фотометрирования пленки с изображением зародыша. В этой ситуации продольные границы представляют собой продолжения торцевых границ (параллельных поверхности монокристалла). Их движение связано с увеличением площади торцевых границ, на что, естественно, должна затрачиваться дополнительная энергия. Возможно, по этой причине начальная подвижность  $\mu_0$  динамических ДГ (измеренная в слабых полях) заметно меньше средней подвижности  $\mu$  в больших полях. Так, в данном случае  $\mu_0 \approx 85$ , а  $\mu \approx 125$  км · с<sup>-1</sup> · Э<sup>-1</sup>.

### Список литературы

- [1] Звездин А.К., Костюченко В.В., Мухин А.А. // Препринт № 209 ФИАН им. П.Н.Лебедева. М., 1983.
- [2] Chetkin M.V., Lykov V.V. // J. of Magnetism and Magnetic Mater. 1992. V. 103. N 1-3. P. 325-334.
- [3] Scott G.B. // J. Phys. D. Appl. Phys. 1974. V. 7. P. 1574.
- [4] Ким П.Д., Хван Д.Ч. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 8. С. 2300-2304.
- [5] Чёткин М.В., Шербаков Ю.И., Гадецкий С.М., Терещенко В.Д. // ЖЭТФ. 1985. Т. 55. № 1. С. 207-209.
- [6] Чёткин М.В., Терещенко В.Д. // Кристаллография. 1988. Т. 33. № 5. С. 1311-1313.
- [7] Чёткин М.В., Лыков В.В., Терещенко В.Д. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 3. С. 939-941.
- [8] Колотов О.С., Лобачев М.И., Погожев В.А., Телеснин Р.В. // Письма в ЖЭТФ. 1975. Т. 21. № 3. С. 193-196.
- [9] Колотов О.С., Лобачев М.И. // ФММ. 1975. Т. 40. № 2. С. 435-436.
- [10] Ишков А.Б., Кашинцев А.С., Ким Ён Хен, Колотов О.С., Погожев В.А. // Тез. докл. XII Всесоюз. школы-семинара «Новые магнитные материалы микроэлектроники». Ч. 1. Новгород, 1990. С. 192.

Московский государственный университет  
им. М.В.Ломоносова

Поступило в Редакцию  
17 мая 1993 г.