

- [1] Никитенко В. И. // Динамика дислокаций. Киев.: Наукова думка, 1975. С. 7—26.  
 [2] Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972. 599 с.  
 [3] Kramer H. A. // Physica. 1940. V. 7. N 4. P. 284—304.  
 [4] Петухов Б. В. // ФТГ. 1988. Т. 30. № 10. С. 2893—2897.  
 [5] Ерофеев В. Н., Никитенко В. И. // ЖЭТФ. 1971. Т. 60. № 5. С. 1780—1786.

Институт кристаллографии АН СССР  
 Москва

Поступило в Редакцию  
 20 апреля 1989 г.

УДК 537.611.3

© Физика твердого тела, том 32, № 7, 1990  
 Solid State Physics, vol. 32, N 7, 1990.

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ МИКРОДЕФЕКТОВ НА ДИНАМИКУ ЦМД

В. Г. Элеменкин, В. В. Смирнов

В [1] экспериментально исследовано движение прямой доменной границы (ДГ) в «бездефектных» монокристаллических пленках феррит-граната (МПФГ) и обнаружены задержки ДГ, которые связывались с наличием микродефектов, распределенных в объеме пленки с плотностью около  $10^{12}$  см<sup>-3</sup>.

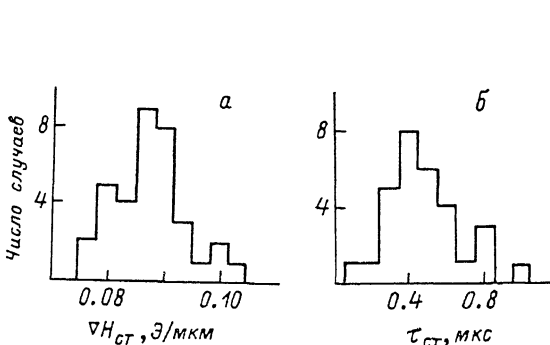


Рис. 1. Гистограммы основных параметров импульсов, вызывающих начало движения (старт) ЦМД.  $\tau=0.4$  мкс (а),  $\Delta H=0.09$  Э/мкм (б).

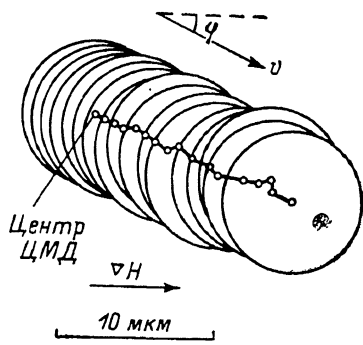


Рис. 2. Перемещение ЦМД под действием серии одиночных импульсов градиента поля смещения.  $\nabla H=0.12$  Э/мкм,  $\tau=0.4$  мкс.

Данная работа посвящена исследованию динамики цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) в малых градиентных продвигающих полях смещения  $\nabla H$ , близких к градиентам полей старта ЦМД  $\nabla H_{ст}$ . Исследования проводились на МПФГ  $(\text{TmBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$  с диаметром ЦМД 9 мкм с помощью телевизионного оптического микроскопа с общим увеличением (оптической и телевизионной части) около  $\times 3000$ , что позволяло наблюдать на экране монитора перемещение ДГ ЦМД на десятые доли мкм (возможность наблюдения меньших перемещений ограничивалась оптическим разрешением микроскопа). Градиенты поля смещения создавались с помощью параллельных проводников по методу [2]. Для исследования выбирались «бездефектные» участки МПФГ, т. е. те, на которых отсутствовали явные задержки ЦМД.

При воздействии импульсов  $\nabla H$  длительностью от 0.1 до 9 мкс наблюдались значительный разброс  $\nabla H_{ст}$  (минимального градиента поля смещения, после воздействия которого смещался центр ЦМД) при каждой

фиксированной длительности  $\tau$  импульсов и разброс  $\tau_{ст}$  (минимальной длительности импульса старта ЦМД) при фиксированном  $\nabla H$  (рис. 1). Приведенные на этом рисунке результаты получены на одном и том же участке МПФГ размерами  $20 \times 20$  мкм. Близкие к нормальным распределения  $\nabla H_{ст}$  (при  $\tau = \text{const}$ ) и  $\tau_{ст}$  (при  $\nabla H = \text{const}$ ) свидетельствуют о случайности воздействий, вызывающих задержки ЦМД.

При перемещении ЦМД под воздействием серии одиночных импульсов постоянной длительности величиной  $\nabla H > \nabla H_{ст}$  наблюдались флуктуации скорости  $v$  и угла  $\varphi$  между направлением градиента поля и скоростью ЦМД (рис. 2). Аналогичные флуктуации  $\nabla H_{ст}$ ,  $v$  и  $\varphi$  наблюдались авторами ранее на образцах других составов с диаметрами ЦМД 3 мкм [3, 4].

При  $\nabla H < \nabla H_{ст}$  имели место скачки на 0.3—0.8 мкм участков ДГ ЦМД. Центр ЦМД и остальные участки ДГ в это время оставались неподвижными.

Наблюдаемые явления могут быть объяснены наличием в МПФГ магнитных микродефектов, имеющих размеры одного порядка с шириной ДГ  $\Delta_0 = \sqrt{A/K_u} \sim 0.05$  мкм ( $A$  — обменная константа,  $K_u$  — константа одноосной анизотропии). Эти микродефекты статистически взаимодействуют с ДГ ЦМД и играют роль статического и динамического сухого «трения». Дефекты больших размеров вызывают задержку на них всего ЦМД, дефекты размерами менее  $\Delta_0$  не вызывают явных задержек на них ДГ и играют роль в вязком «трении» ЦМД. Таким образом, наблюдаемые в эксперименте явления, по-видимому, вызваны микродефектами, имеющими размеры порядка  $10^{-5}$  см. Очевидно, наблюдаемые скачки ДГ могут иметь место, если расстояния между микродефектами где-то на порядок больше, чем их размеры, т. е. около  $10^{-4}$  см. Тогда, считая, что микродефекты равномерно распределены в объеме МПФГ, получим их плотность порядка  $10^{12}$  см $^{-3}$ , что совпадает с оценками, сделанными в работе [1]. Следует отметить, что наибольшая концентрация микродефектов, на наш взгляд, должна наблюдаться на поверхности МПФГ, поскольку стравливание тонкого поверхностного слоя МПФГ существенно изменяет картину флуктуаций динамических характеристик [4].

Из-за задержек участков ДГ на микродефектах и происходящих в результате этого сжатия или расширения ЦМД происходит накопление доменом энергии после воздействия импульса  $\nabla H$ . При дальнейшем воздействии даже небольших  $\nabla H$  существует вероятность реализации накопленной доменом энергии в виде изменения его состояния  $S$  (за счет возникновения или потери вертикальных или горизонтальных блоховских линий и блоховских точек) или переключения его хиральности, что наблюдалось в данных эксперимента, а также в работах [3, 4].

Указанные явления могут быть основой для объяснения значительных экспериментальных разбросов динамических характеристик МПФГ при их измерениях различными методами, а также отсутствия четкой корреляции между этими методами [5, 6].

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Григоренко А. Н., Мишин С. А., Рудашевский Е. Г. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 10. С. 2948—2954.
- [2] Vella-Coleiro G. P., Tabor W. J. // Appl. Phys. Lett. 1972. V. 21. N 1. p. 7.
- [3] Элеменкин В. Г., Сидоров А. А., Смирнов В. В., Рассказова Г. А., Маковская И. Э. // Тез. докл. Всес. школы-семинара «Доменные и магнитооптические запоминающие устройства». Тбилиси, 1987. С. 25—26.
- [4] Элеменкин В. Г., Смирнов В. В. // Деп. в ВИНТИ. 1989. № 2101-B89.
- [5] De Leeuw F. H. // IEEE Trans. Magn. 1978. V. 14. N 3. P. 596—598.
- [6] Элеменкин В. Г., Ильяшенко Е. И. // Тез. докл. Всес. совещ. «Доменные и магнитооптические запоминающие устройства». М., 1985. С. 147—148.