

- [3] Горнаков В. С., Дедух Л. М., Никитенко В. И. Письма ЖЭТФ, 1984, т. 39, № 5, с. 199—202.
- [4] Hackenbracht D., Schuster H. G. Z. Phys. B, 1981, vol. 42, N 1, p. 367—371.
- [5] Любчанский И. Л., Соболев В. Л., Соболева Т. К. ФНТ, 1987, т. 13, № 10, с. 1061—1066.
- [6] Захаров В. Е., Манаков С. В., Новиков С. П., Пятаевский Л. П. Теория солитонов. Метод обратной задачи. М.: Наука, 1980. 320 с.
- [7] Богдан М. М., Косевич А. М., Манжос И. В. ФНТ, 1985, т. 12, № 5, с. 991—993.

Физико-технический институт  
низких температур АН УССР  
Харьков

Поступило в Редакцию  
6 июля 1988 г.

УДК 538.221 : 534.22

Физика твердого тела, том 31, в. 2, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 2, 1989

## РЕЛАКСАЦИЯ НЕОДНОМЕРНОСТЕЙ НА ДВИЖУЩЕЙСЯ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЕ В ОРТОФЕРРИТЕ ИТТРИЯ

М. В. Четкин, В. В. Лыков, С. В. Гомонов, Ю. Н. Курбатова

При переходе на сверхзвуковые скорости доменная граница (ДГ) слабых ферромагнетиков перестает быть одномерной — на ней появляются лидирующие участки [1]; в однородных образцах и в однородном вдоль доменной границы магнитном поле на ней возникают строго периодические структуры [2]. Период, время развития и релаксации структур

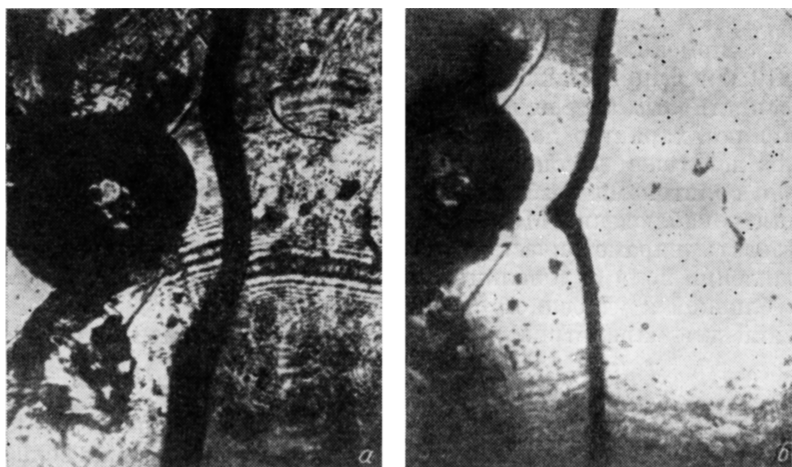


Рис. 1. Двукратная высокоскоростная фотография движущейся доменной границы после ее прохождения области локального ускоряющего (а) и замедляющего (б) магнитных полей.

зависят от величины внешнего магнитного поля, в котором движется доменная граница. Представляет интерес исследование процессов релаксации неперiodических неоднородностей на ДГ при любой скорости ее движения, чему и посвящена данная работа.

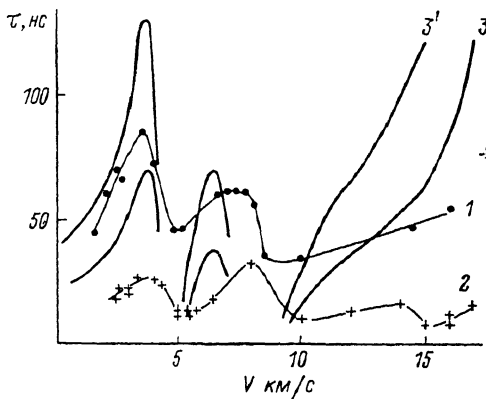
Одиночная прямолинейная ДГ в пластинке ортоферрита иттрия толщиной 100 мкм создавалась с помощью внешнего магнитного поля, перпендикулярного поверхности образца с градиентом 260 Э/см. Эксперимент проводился при комнатной температуре. Движение ДГ происходило под действием управляющего магнитного поля, однозначно определяю-

щего скорость движения ДГ. Неоднородность на ДГ создавалась локальным магнитным полем при помощи катушек Гельмгольца диаметром 250 мкм. Времена релаксации и скорость ДГ определялись методом двукратной высокоскоростной фотографии [1] с длительностью импульса света 0.2 нс. Локальное магнитное поле отличалось от управляющего в 5.5 раз и могло быть направлено по или против него, соответственно ускоряя или замедляя определенный участок ДГ.

При совпадении направлений локального и управляющего магнитных полей на ДГ возникал лидирующий участок (рис. 1, а), амплитуда которого  $A_0$  релаксировала со временем и могла изменяться в зависимости от скорости движения ДГ от 20 до 150 мкм. Протяженность неоднородности вдоль ДГ  $L$  при этом изменялась от 600 до 1000 мкм. На рис. 2, 1 представлена зависимость времени релаксации  $\tau$  возмущения (т. е. времени уменьшения амплитуды в  $e$  раз) от скорости движения ДГ. Эта зависимость немонотонная. В областях постоянства скорости ДГ в окрестности скорости поперечного и продольного звука время

Рис. 2. Зависимость времени релаксации неоднородностей на доменной границе от скорости ее движения в присутствии ускоряющего (1) и замедляющего (2) полей.

з и з' — теоретические зависимости для протяженностей неоднородностей на ДГ.  $L=600$  и 800 мкм.



релаксации имеет максимумы. При дальнейшем увеличении скорости  $V$  ДГ время релаксации растет, стремясь к бесконечности при приближении скорости движения ДГ к предельной (20 км/с для ортоферрита иттрия), что связано с релятивистским характером динамики ДГ в слабых ферромагнетиках и соответствует теоретическому рассмотрению релаксации малоамплитудных возмущений ДГ [3].

При направлении локального возмущающего поля против управляющего поля на ДГ появляется отстающий участок, амплитуда которого изменяется от 20 до 200 мкм, а длина неоднородности вдоль ДГ от 600 до 800 мкм в зависимости от скорости движения ДГ (рис. 1, б). Зависимость  $\tau(V)$  качественно не отличается от случая с ускоряющим магнитным полем (рис. 2, 2). Время релаксации также аномально изменяется при  $V=V_t$ ,  $V=V_l$ , где  $V_t=4.2$  км/с,  $V_l=7.2$  км/с — скорости поперечного и продольного звука в образце. Уменьшение времени релаксации при  $V=14.0$  км/с обусловлено наличием на зависимости скорости ДГ от амплитуды управляющего поля области постоянства скорости движения ДГ такого же характера, что и на звуковых скоростях, но меньшей величины. Вследствие этого аномалия на зависимости  $\tau(V)$  при  $V=14.0$  км/с менее выражена, чем при  $V=4.2$  и 7.2 км/с.

Теоретический анализ процесса релаксации неоднородностей на ДГ можно провести на основе исследования уравнения баланса импульса [4]

$$\partial P / \partial t + P / \tau - \nabla_{\perp} m c^2 \nabla_{\perp} q = 2 M_s H + f(P), \quad (1)$$

где  $q$  — координата центра,  $P = m \dot{q}$  — плотность импульса,  $m = m_0 / (1 + (\nabla_{\perp} q)^2 - \dot{q}^2 / c^2)^{1/2}$  — «релятивистская» масса ДГ,  $f(P)$  — сила торможения за счет диссипации в упругой подсистеме кристалла. Линейный анализ (1) выполнен в [3]. В первом порядке нелинейной теории возмущений по малому параметру  $\varepsilon = c \tau / L \sim 10^{-2}$  уравнение (1) эквивалентно уравнению Бюргера для  $\psi = (-\Delta / 2c) (\partial q / \partial x)$

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} + \psi \frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{1}{R} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где  $R = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} + (\tau/m_0) (\partial f/\partial V)$  — аналог числа Рейнольдса,  $V$  — скорость ДГ. Как известно, с помощью нелинейной замены переменных (2) сводится к линейному уравнению диффузии, и тем самым можно получить общее решение для  $q$

$$q = Vt + \frac{4c^2\tau}{VR} \ln \left\{ \left( \frac{R}{4\pi c^2\tau t} \right)^{1/2} \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[ \frac{R}{4c^2\tau} \left( Vq_0(\xi, t=0) - \frac{(x-\xi)^2}{t} \right) \right] d\xi \right\}. \quad (3)$$

Для параболического начального возмущения ДГ

$$q = b [(L/2)^2 - x^2]^{1/2} \text{ при } -L/2 \leq x \leq L/2; \quad 0 \text{ при } x > L/2, x < -L/2$$

интеграл в (1) сводится к интегралу вероятностей. Расчеты времени релаксации велись при следующих значениях параметров ДГ:  $m_0 = 5 \cdot 10^{-12}$  г/см<sup>2</sup>,  $\mu = 10^4$  см/с·Э,  $A_0 = L/5$ ,  $\Delta H_i = 30$  Э,  $\Delta H_l = 40$  Э.

На рис. 2 представлены теоретические зависимости  $\beta$ ,  $\beta'$  времени релаксации амплитуды нелинейного возмущения от скорости ДГ. При  $V_l < V < 5.1$  км/с,  $V_l < V < 9.2$  км/с устойчивое решение отсутствует. Полученные теоретические зависимости качественно описывают результаты эксперимента. Максимумы времени релаксации соответствуют максимумам  $R$ . Интересен факт отсутствия устойчивых решений при  $V > V_l$  и  $V > V_l$ .

В заключение можно отметить, что наблюдавшиеся явления могут иметь место в реальных приборах функциональной микроэлектроники в процессах движения ДГ при наличии дефектов в образцах или неоднородностей внешнего управляющего магнитного поля.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Четкин М. В., Гадецкий С. Н., Кузьменко А. П., Филатов В. Н. ПТЭ, 1984, № 3, с. 196—199.
- [2] Четкин М. В., Звездил А. К., Гадецкий С. Н. и др. ЖЭТФ, 1988, т. 94, № 1, с. 269—279.
- [3] Звездил А. К., Попков А. Ф. Письма в ЖЭТФ, 1984, т. 39, № 8, с. 348—351.
- [4] Звездил А. К., Костюченко В. В., Попков А. Ф. ФТТ, 1985, т. 27, № 10, с. 2936—2940.

Московский государственный университет  
им М. В. Ломоносова  
Москва

Поступило в Редакцию  
7 июля 1988 г.

## ВАЛЕНТНОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕРИЯ В ТЕРНАРНЫХ СИЛИЦИДАХ d-МЕТАЛЛОВ

Е. М. Левин, О. И. Бодак, Л. Д. Финкельштейн

В проблеме промежуточной валентности (ПВ) редкоземельных ионов, в частности, церия, входящих в состав сложных интерметаллических соединений, до настоящего времени не выяснена роль различных факторов в формировании параметров этого состояния. Исходя из этого, представляет интерес изучение различных соединений, отличающихся как типом кристаллической структуры, так и качественным и количественным составом.

Особый интерес среди соединений с промежуточной валентностью редкоземельных ионов представляют тернарные соединения  $R_xM_yX_z$ , где  $R =$