

Таким образом, в области частот $10^2 \text{ Гц} \leq \omega \leq 10^4 \text{ Гц}$ $\sigma_{ac}(\omega)$ определяется прыжками носителей заряда (биполяронов) между стохастически расположенными центрами, среднее расстояние между которыми $r_0 \approx \approx (\pi \epsilon \epsilon_0 / N(E) e^2)^{1/2} \approx 80 \text{ \AA}$, причем $r^* < r_\omega < r_0$. При частотах $\omega \geq 10^5 \text{ Гц}$ основной вклад в динамическую проводимость вносят пространственно скоррелированные пары дефектов с максимальным расстоянием между центрами $r_\omega = r^*$.

Наличие пространственно скоррелированных пар дефектов (оборванных связей) с максимальным расстоянием $r^* \approx 30 \text{ \AA}$, по-видимому, означает присутствие в матрице $a\text{-Si}_3\text{N}_4$ структурных несовершенств типа пор и микротрещин.

Авторы благодарны М. Г. Фойгелю за обсуждение результатов работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Нитрид кремния в электронике / Под ред. А. В. Ржанова. Новосибирск: Наука, 1982. 185 с.
- [2] Kumeda M., Yonomichi H., Shimizu T. // Jap. J. Appl. Phys. 1984. V. 23. N. 7. P. 502—504.
- [3] Long A. R. // Adv. Phys. 1982. V. 31. N 5. P. 553—637.
- [4] Васильев В. В., Есаев Д. Г., Саница С. П. // ЖТФ. 1982. Т. 52. № 4. С. 795—798.
- [5] Efros A. L. // Phil. Mag. B. 1981. V. 13. N 5. P. 829—838.
- [6] Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: 1982. Т. 1. 336 с.

Одесский государственный университет
им. И. И. Мечникова
Одесса

Поступило в Редакцию
17 июля 1989 г.

УДК 537.611.3

© Физика твердого тела, том 32, в. 1, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 1, 1990

ВЛИЯНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ БЛОХОВСКИХ ЛИНИЙ НА ПЕРИОД ПОЛОСОВОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Т. Г. Астафьева, Ф. Г. Барьяхтар, В. Т. Довгий, А. М. Прудников

В [1, 2] наблюдались различные метастабильные состояния доменных структур в пленках ферритов-гранатов при различной температуре и способах формирования. Однако реальная структура доменных границ не учитывалась. В то же время снижение температуры, так же как и ее повышение, вызывая изменение параметров пленок, существенным образом влияет как на структуру доменных границ [3], так и на состояние доменных структур.

В настоящей работе приводятся результаты исследования влияния вертикальных блоховских линий (ВБЛ) в доменных границах на период равновесных и метастабильных состояний доменных структур. Исследовались пленки ферритов-гранатов с осью легкого намагничивания, перпендикулярной их плоскости, и выращенные на (111) подложках из гадолиний-галлиевого граната. Параметры пленок определялись по стандартным магнитооптическим методикам [4, 5]. В работе приводятся результаты для пленки $(\text{YSmLuCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$, у которой намагниченность $4\pi M_s = 181 \text{ Гс}$, поле анизотропии $H_A = 1810 \text{ Э}$, толщина $h = 6.7 \text{ мкм}$, характеристическая длина $l = 0.719 \text{ мкм}$, обменная константа $A = 1.69 \times 10^{-7} \text{ эрг/см}$.

На рис. 1 приведены зависимости периода полосовой доменной структуры (ДС) от температуры для различных способов формирования. Кривая 1 характеризует период полосовой ДС, сформированной приложе-

нием постоянного поля смещения, напряженность которого постепенно уменьшалась до нуля, после чего на образец воздействовали импульсами поля смещения длительностью ~ 1 мкс (равновесная доменная структура [1]). Кривая 2 характеризует зависимость периода системы полосовых доменов, образованной при спонтанном размагничивании феррит-гранатовой пленки, от температуры [6]. Из рисунка видно, что кривая 2 расположена выше кривой 1 и разница между ними увеличивается с понижением температуры. Спонтанное размагничивание происходит без наличия внешнего магнитного поля [6], образуя систему полосовых доменов, период которой определяется энергией доменных границ и энергией полей размагничивания. Таким образом, можно предположить, что увеличение периода доменной структуры происходит из-за увеличения энергии доменной границы. Одним из источников увеличения энергии доменной границы являются ВБЛ.

Плотность средней энергии доменной стенки с вертикальными блоховскими линиями описывается выражением [7]

$$\bar{\sigma} = \sigma_0 [1 + (\pi\Delta_0/S)^2 + (2Q)^{-1}]^{1/2},$$

где $\pi\Delta_0 = \pi (A/K)^{1/2}$ и $\sigma_0 = 4 (AK)^{1/2}$ — толщина и плотность энергии доменной стенки блоховского типа, S — расстояние между блоховскими

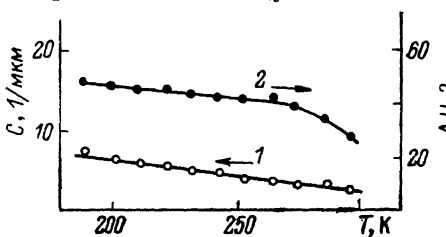
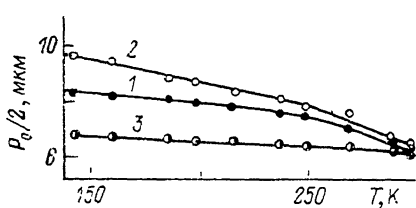


Рис. 1. Зависимость периода полосовой доменной структуры от температуры для различных способов формирования.

Рис. 2. Зависимость плотности вертикальных блоховских линий C и разброса полей коллапса ЦМД ΔH от температуры.

линиям. Используя теорию полосовых доменов [8], можно определить плотность ВБЛ в доменных границах при спонтанном размагничивании, считая, что кривая 1 характеризует доменную структуру без вертикальных блоховских линий. На рис. 2, 1 приведена зависимость плотности ВБЛ от температуры.

Экспериментально исследовано наличие вертикальных блоховских линий в границах полосовых доменов при спонтанном размагничивании феррит-гранатовых пленок. Наличие ВБЛ в ДГ определялось по разбросу полей коллапса цилиндрических магнитных доменов (ЦМД), образованных из этих полосовых доменов. При этом полосовые домены вначале «разрезались» импульсом поля смещения, направленного против намагниченности в домене [9], а затем стягивались в ЦМД с помощью постоянного поля смещения. Примененный способ «разрезания» полосовых доменов не сопровождается зарождением в их ДГ дополнительных ВБЛ. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что, если перед «разрезанием» доменную структуру подвергнуть воздействию критического планарного поля, уничтожающего ВБЛ [10], образованные при «разрезании» ЦМД имеют минимальный разброс полей коллапса, характерный для ЦМД без ВБЛ. На рис. 2, 2 приведена зависимость разброса полей коллапса ЦМД от температуры. Таким образом, экспериментально установлено, что при спонтанном размагничивании феррит-гранатовых пленок доменные границы имеют большую плотность ВБЛ, которые приводят к увеличению периода доменной структуры. Исследование доменной структуры, сформированной приложением постоянного поля смещения и обработанной импульсным полем смещения [1], показало наличие очень малой плотности ВБЛ в доменных границах, которые незначительно изменяют ее энергию.

Кривая 3 (рис. 1) характеризует зависимость периода полосовой ДС, сформированной квазистатическим планарным магнитным полем, от температуры. Установлено, что период доменной структуры при таком способе формирования почти не зависит от температуры. Однако он всегда меньше, чем для равновесной доменной структуры (рис. 1, 1), и чем ниже температура, тем больше разница. «Разрезание» полосовых доменов по-казало отсутствие ВБЛ в доменных границах. Уменьшение периода ДС объясняется, во-первых, существованием потенциального барьера между равновесным состоянием доменной структуры и ее метастабильными состояниями, во-вторых, уменьшением периода при воздействии планарного поля. В [11] показано, что энергия ДГ уменьшается с ростом поля быстрее, чем энергия полей размагничивания, что и приводит к уменьшению периода ДС. При снижении планарного поля доменная структура «замерзает» в одном из метастабильных состояний. Экспериментально установлено, что чем ниже температура, тем выше энергетический барьер и тем больше разница периода ДС по сравнению с равновесной.

Таким образом, при низких температурах наличие ВБЛ в доменных границах приводит к увеличению периода доменной структуры, а существование потенциального барьера — к «замораживанию» доменных структур.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Телеснин Р. В., Дурасова Ю. А. и др. // ЖТФ. 1982. Т. 52. № 3. С. 588—589.
- [2] Molho P., Portesell J. L. et al. // J. Appl. Phys. 1987. V. 61. N 8. P. 4188—4193.
- [3] Барьяхтар Ф. Г., Линник А. И., Прудников А. М., Ходосов Е. Ф. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 8. С. 2503—2504.
- [4] Shaw R. F., Hill D. E., Sandford R. M., Moody J. M. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 6. P. 2346—2349.
- [5] Druyvestein W. F., Dorleijn F. W., Rinierse R. F. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 6. P. 2397—2401.
- [6] Барьяхтар Ф. Г., Дорман В. Л., Карпий С. П. и др. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 5. С. 1571—1574.
- [7] Малоземов А., Слозуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М., 1982. 382 с.
- [8] Бобек Э., Делла Торре Э. Цилиндрические магнитные домены. М., 1977. 192 с.
- [9] Nishida H., Kobayashi T., Sugita Y. // IEEE Trans. Magn. 1973. V. MAG-9. P. 517—519.
- [10] Барьяхтар Ф. Г., Линник А. И., Прудников А. М., Соболев В. Л. // Сб. научных трудов. М.: ИНЭУМ, 1986. С. 84—93.
- [11] Johansen T. R., Norman D. I., Torok E. J. // J. Appl. Phys. 1971. V. 42. N 4. P. 1715—1718.

Донецкий физико-технический институт АН УССР
Донецк

Поступило в Редакцию
3 апреля 1989 г.
В окончательной редакции
17 июля 1989 г.

ЧАСТОТНАЯ И ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТИ ВНУТРЕННЕГО ПОЛЯ ДЕФЕКТНЫХ КРИСТАЛЛОВ ТГС

О. М. Сердюк, Л. Н. Камышева, С. Н. Дрождин

Причиной возникновения внутреннего поля $E_{\text{вн}}$ в сегнетоэлектрических кристаллах являются дефекты кристаллической структуры различного происхождения. Механизмы возникновения поля $E_{\text{вн}}$ связывают с полем объемных электрических зарядов и механических напряжений, а также с существованием поверхностных зарядов на границе кристалла [1, 2]. Первые два механизма реализуются, вероятно, в примесных и радиа-