

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 539.216:537.622.6

© 1995

СОКРАЩЕНИЕ ДЛИНЫ КЛАСТЕРА
ВЕРТИКАЛЬНЫХ БЛОХОВСКИХ ЛИНИЙ
ВО ВНЕШНЕМ ПЛАНАРНОМ ПОЛЕ*В.В.Гришачев, Ю.Е.Сосунов, Ю.Н.Федюнин*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
119899, Москва, Россия

(Поступило в Редакцию 6 марта 1995 г.)

Экспериментально обнаружено сокращение динамической длины кластера вертикальных блоховских линий во внешнем планарном магнитном поле. Сокращение составляло до половины первоначальной длины кластера. Превышение планарным полем величины $4\pi M$ вызывало коллапс кластера.

Движение доменных стенок (ДС) с вертикальными блоховскими линиями (ВБЛ) приводит к искривлению стенок в динамике, к группированию ВБЛ в протяженные кластеры [1]. Кластер ВБЛ является устойчивым объектом, могущим совершать управляемое движение вдоль ДС [2]. На кластер ВБЛ оказывают влияние как внешнее магнитное поле, так и поля рассеяния ДС и ВБЛ [3]. В данной работе экспериментально исследовалось движение протяженного кластера ВБЛ под действием гиротропных сил во внешнем планарном магнитном поле.

1. Эксперимент

Исследование проводилось при помощи установки высокоскоростной фотографии, на основе YAG-лазера с преобразованием излучения во вторую гармонику (на $0.53 \mu\text{m}$), с длительностью светового импульса 10 ps (рис. 1). Излучение лазера заводится в поляризационный микроскоп и проходит через образец с системой формирования магнитного поля. Прошедшее излучение регистрировалось на фотопленке (фотоаппаратом) или видеконом телекамеры. Общее увеличение на фотопленке достигало $\times 900$. Для синхронизации лазерного импульса с магнитным импульсом разрывалась внутренняя система синхронизации лазера и в ее цепь вводился двухканальный генератор импульсов. Один вход генератора замыкал систему синхронизации лазера и запускал запоминающий осциллограф, другой использовался для формирования магнитного импульса или его синхронизации. Определение временных положений магнитного и светового импульсов производилось

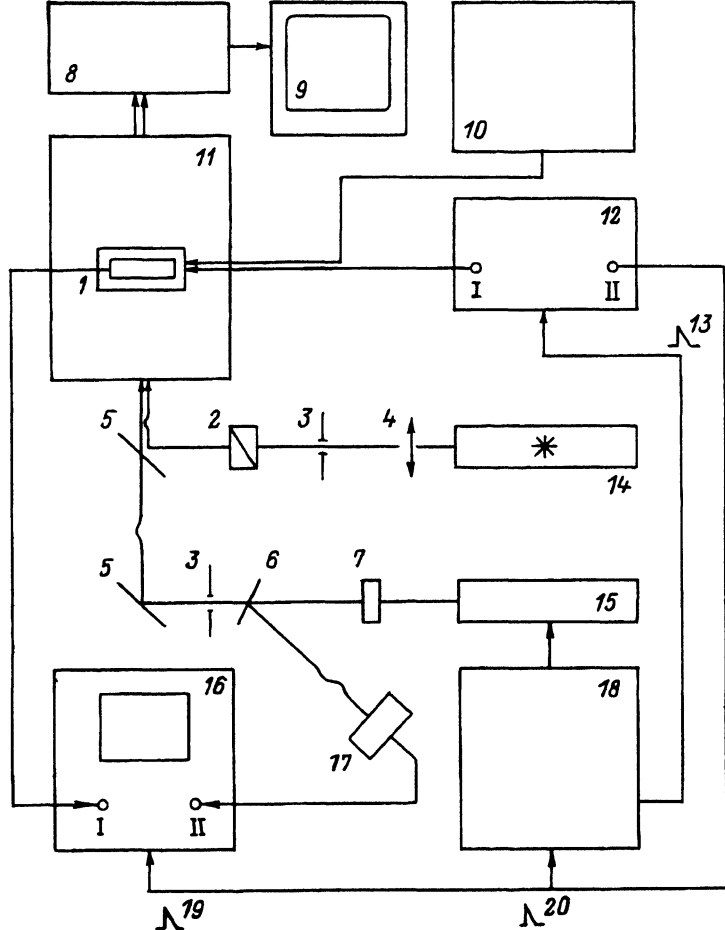


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — образец с системой формирования полей, 2 — поляризатор, 3 — диафрагмы, 4 — конденсор, 5 — поворотные призмы, 6 — тепловой фильтр на длину световой волны $1.06 \mu\text{m}$ и 3% зеркало, 7 — нелинейный кристалл LiNbO_3 , 8 — фотоаппарат, телекамера, 9 — монитор, 10 — блок питания системы формирования поля, 11 — поляризационный микроскоп, 12 — генератор импульсов, 13 — импульс запуска генератора, 14 — источник света, 15 — YAG-лазер, 16 — осциллограф, 17 — фотодиод, 18 — блоки питания, охлаждения и управления лазера, 19 — импульс запуска осциллографа, 20 — импульс запуска лазера.

двухканальным запоминающим осциллографом с погрешностью менее 10 ns . Электрический импульс из системы формирования магнитного поля поступал на один вход осциллографа, а на другой — сигнал с фотодиода, на который падала часть излучения лазера отводимая полупрозрачным зеркалом. Стационарные исследования параметров магнитной пленки производилось с помощью постоянного источника света (гелий-неоновый лазер или лампа накаливания).

Система формирования магнитных полей состояла из катушки постоянного поля смещения с постоянной 220 Oe/A , катушек Гельмгольца постоянного планарного поля (160 Oe/A) и системы формирования

микрополей. В магнитной пленке с помощью пары напыленных на стеклянную подложку параллельных проводников создавался рельеф магнитного поля, в котором формировался изолированный полосовой домен (ПД). Импульсное поле смещения формировалось второй парой напыленных проводников или маленькой катушкой из 50 витков тонкого провода. Микромагнитные поля калибровались по постоянному полю катушки смещения, методом компенсации неизвестного поля известным и измерению ширины изолированного полосового домена. Магнитное поле катушки смещения и катушек Гельмгольца измерялось непосредственно датчиком Холла.

Исследование динамики ДС и ВБЛ производилось в феррит-гранатовой пленке состава $(\text{BiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$, толщиной $h = 6.56 \mu\text{m}$, с равновесным периодом полосовой структуры $P = 46.0 \mu\text{m}$, характеристической длиной $l = 2.78 \mu\text{m}$, $4\pi M = 90 \text{ Гс}$ и $Q = 30$.

2. Результаты эксперимента

Мы исследовали движение протяженного двухстороннего кластера ВБЛ под действием гиротропных сил, вызываемых импульсом поля смещения, во внешнем планарном магнитном поле H_{\parallel} . Импульс поля смещения вызывал сжатие изолированного ПД. Участки ДС, содержащие кластер ВБЛ, имели более низкую подвижность, чем участки, свободные от ВБЛ. Это вызывало характерное искривление ДС, видимое на мгновенных фотографиях (рис. 2). В утолщенной области ПД на противоположных стенках домена располагаются кластеры ВБЛ. Искривления доменной стенки перемещаются от импульса к импульсу поля смещения, что подтверждает нахождение в этой области ВБЛ. По серии последовательных мгновенных фотографий можно проследить изменение положения кластера, его динамической длины. Мы исследовали изменение динамической длины кластера ВБЛ во внешнем магнитном поле, приложенном в плоскости пленки параллельно доменной стенке. Поле H_{\parallel} прикладывалось так, что во время действия импульса магнитного поля оно оставалось постоянным, но на каждый следующий импульс величина его изменялась. Сначала оно росло до некоторой величины, меньшей $4\pi M$, затем уменьшалось до нуля и вновь росло. Полученная серия фотографий представлена на рис. 2. Здесь мы имеем движение одного и того же двухстороннего кластера в различных планарных магнитных полях. Если внешнее планарное поле отсутствует, то длина кластера ВБЛ L_0 остается неизменной от импульса к импульсу. При увеличении поля H_{\parallel} , длина кластера L сокращается, причем наблюдается гистерезис изменения длины кластера при изменении полярности поля H_{\parallel} . Зависимость L/L_0 от $H_{\parallel}/4\pi M$ представлена на рис. 3.

В статике ВБЛ распределены равномерно по ДС, с равновесным периодом между линиями [1]

$$S_0 = \sqrt{2} \pi \left[1 + (2Q)^{-1} \right]^{-1/2} \Lambda_0,$$

где $\Lambda_0 = \sqrt{A/2\pi M^2}$ — параметр ширины изолированной линии Блоха, A — константа обменного взаимодействия в пленке. Внешнее поле H_{\parallel}

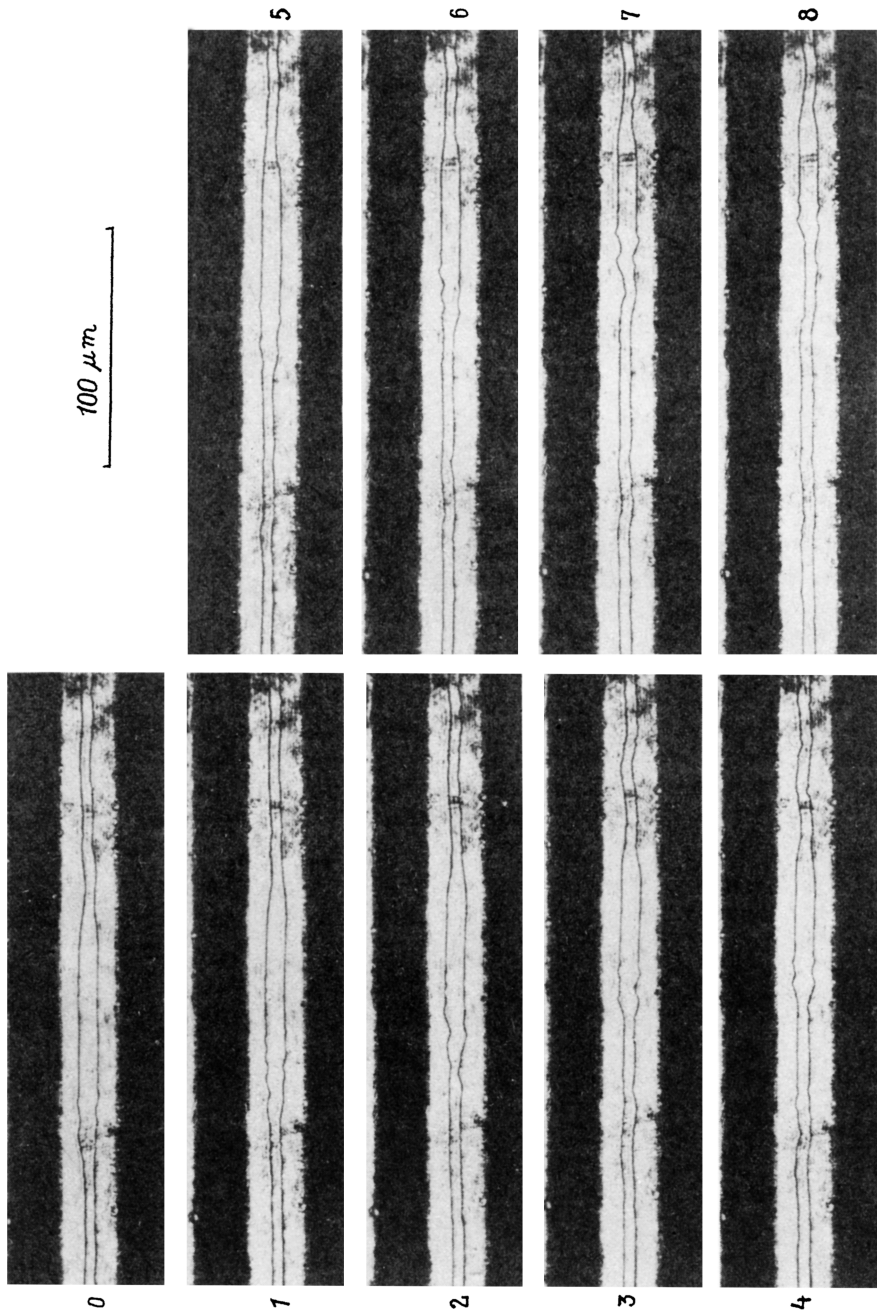


Рис. 2. Серия последовательных мгновенных фотографий сжатия изолированного полосового домена со стенками, содержащими двухсторонний кластер ВБЛ, во внешнем постоянном магнитном поле H_{\parallel} параллельном полосовому домену в плоскости пленки. Постоянное поле смещения — 20.9 Oe, амплитуда магнитного импульса — 19.1 Oe, его параметры $0.02 \mu - 1.10 - 0.02 \mu s$, время задержки мгновенных фотографий относительно фронта импульса — 1.05 μs . Значение H_{\parallel} : 0 Oe, +18.6 Oe, +37.4 Oe, +56.5 Oe, +74.4 Oe, +18.6 Oe, -37.4 Oe, -56.5 Oe, -74.4 Oe.

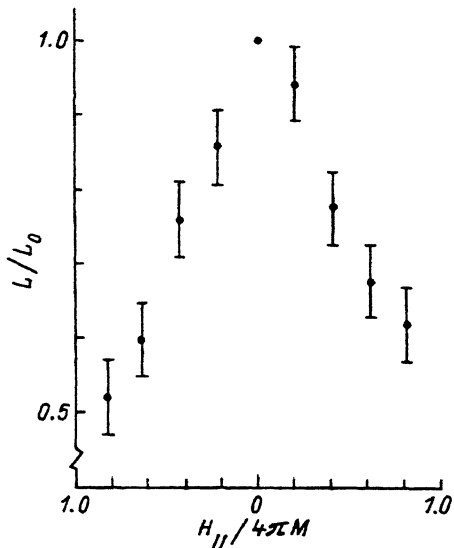


Рис. 3. Зависимость относительной длины двухстороннего кластера L/L_0 от величины внешнего постоянного магнитного поля $H_{||}$, нормированного на $4\pi M$. L_0 — длина кластера при $H_{||} = 0$.

нарушает равновесное расположение ВБЛ в кластере с одинаковой закрученностью (рис. 4). Ориентация магнитных моментов на участках ДС против $H_{||}$ становится энергетически невыгодной. Соседние линии, между которыми ориентация магнитных моментов внутри стенки противоположна полю, сближаются, образуя пару ВБЛ. Весь кластер ВБЛ из равномерно распределенных линий Блоха преобразуется в кластер пар ВБЛ с расстоянием внутри пары $S_2 < S_0$, а сами пары располагаются на расстоянии $S_1 \gtrsim S_0$. Увеличение $H_{||}$ уменьшает S_2 до полного попарного раскручивания ВБЛ в полях, превышающих $4\pi M$. Все это проявляется в зависимости динамической длины кластера от $H_{||}$. В эксперименте длина кластера не уменьшается сильнее чем до $L_0/2$, так как минимальная длина кластера не может быть меньше $nS_1/2$, где $n/2$ — число пар ВБЛ. В полях $H_{||} \lesssim 4\pi M$ происходит

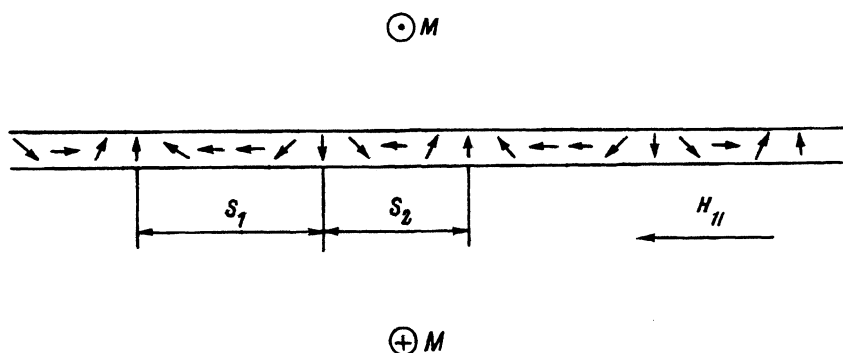


Рис. 4. Распределение намагниченности M внутри доменной стенки с ВБЛ в присутствии планарного магнитного поля $H_{||}$.

замедление сближения ВБЛ, что вызвано увеличением сил отталкивания ВБЛ. Изменение полярности H_{\parallel} приводит к обмену ВБЛ в парах, при этом наблюдается небольшой гистерезис длины кластера — он сжимается сильнее в тех же полях H_{\parallel} . По-видимому, это связано с коэрцитивностью ВБЛ.

В заключение авторы выражают благодарность за интересные замечания сотрудникам кафедры общей физики Л.И. Антонову, Е.Н. Ильичевой и А.Г. Шишкову.

Список литературы

- [1] Малоземов А., Слозуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами / Пер. с англ. М. (1982). 382 с.
- [2] Гришачев В.В., Ильичева Е.Н., Сосунов Ю.Е., Шишков А.Г., Звездин А.К., Зюбин В.В., Попков А.Ф. ФТТ **34**, 6, 1740 (1992).
- [3] Гришачев В.В., Ильичева Е.Н., Шишков А.Г., Сосунов Ю.В. ФТТ **36**, 11, 3206 (1994).

УДК 548.4.

© Физика твердого тела, том 37, № 12, 1995
Solid State Physics, vol. 37, N 12, 1995

ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КРЕМНИЯ

М.А.Алиев, Х.О.Алиева, В.В.Селезнев

Институт физики Дагестанского научного центра
Российской академии наук,
367003, Махачкала, Россия
(Поступило в Редакцию 11 апреля 1995 г.)

Ранее [1], при использовании постоянного тока в качестве технологического фактора нагрева образца, было отмечено значительное повышение пластичности германия. Величины добавочного механического напряжения $\sigma(j)$ [2,3] с учетом использованной плотности тока, было не достаточно для объяснения наблюдаемого эффекта увлечения дислокаций электронным ветром. В настоящей работе мы попытаемся рассмотреть специфику проявления электропластического эффекта [4] при деформации полупроводников в условиях электронагрева.

Объектом исследований служил монокристаллический кремний, легированный фосфором $N_a = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, плотность ростовых дислокаций $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$. Образцы в виде параллелепипедов с ребрами $5 \times 10 \times 12 \text{ мм}$, совпадающими с направлениями [111], [112], [110] соответственно, после механической и химической полировки, деформировались сжатием вдоль направления [110] при постоянных напряжениях $\tau = 3.9; 5.9; 11.8; 17.6; 23.5 \text{ МПа}$ в течение 30 min. Температурный интервал и соответствующая ему плотность тока составили $650 \div 800 \text{ }^\circ\text{C}$ и $3.6 \cdot 10^5 \div 5.5 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$.

На рисунке приведен характерный вид экспериментальных кривых. Представлены кривые крайних температурных режимов и трех наибольших режимов по напряжению. Полученные результаты выявили существенное отличие электропластической деформации (ЭПД)