

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

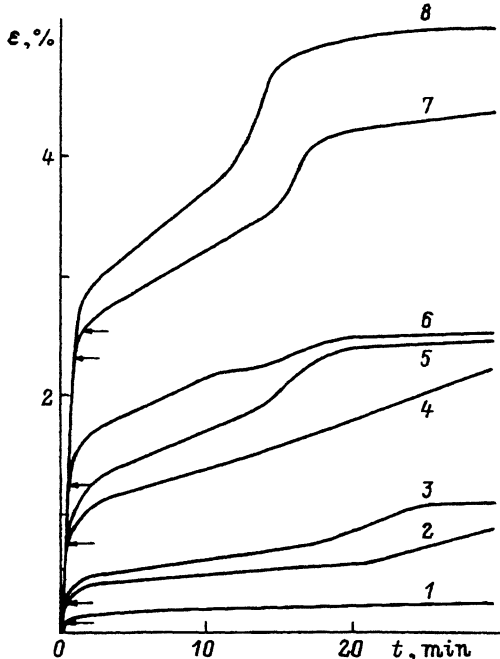
М.А.Алиев, Х.О.Алиева, В.В.Селезнев

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)



Зависимость деформации от времени $\epsilon = f(t)$ при постоянных напряжениях τ и температуре T .

τ (МПа) и T ($^{\circ}\text{C}$): 1 — 23.5 и 800, 2 — 11.8 и 650, 3 — 17.6 и 650, 4 — 11.8 и 800, 5 — 17.8 и 800, 6 — 23.5 и 650, 7 — 23.5 и 750, 8 — 23.5 и 800. 1 — ТПД, 2-8 — ЭПД. От $\epsilon = 0$ до точек, отмеченных стрелками, — режим нагружения.

от обычной термопластической деформации (ТПД), т.е. при нагреве внешним источником тепла. При процессе ЭПД на порядок и более снижается величина стартовых напряжений, в несколько раз увеличивается абсолютная величина деформации для равных с процессом ТПД режимов по температуре и времени. На экспериментальных кривых ЭПД, помимо стадий неустановившейся и квазистационарной ползучести, обнаружена новая стадия разупрочнения, скоростной режим и временной интервал которой варьируется в зависимости от режимов по температуре и напряжению. Наиболее ярко новая стадия разупрочнения проявляется при высоких температурах и напряжениях. С помощью температурной зависимости скорости деформации на квазистационарном участке кривых ползучести, показано, что деформация имеет обычный термоактивационный характер. По наклону прямых $\lg V_g = f(1/T)$ была определена энергия активации процесса ЭПД, которая составила $1.3 \div 1.9$ eV для интервала напряжений $\tau = 23.5 \div 3.9$ МПа, соответственно. Низкая величина энергии активации является еще одним показателем процесса ЭПД.

Сопоставляя условия и результаты наших испытаний с существующими представлениями [4] о характере воздействия направленного потока носителей на генерацию и движение дислокаций, можно отметить следующее. Ввиду низкой плотности тока вероятность генерации дислокаций за счет эффекта увлечения [3] мала, более вероятно, влияние этого эффекта на скорость движения открепленных участков петель. Влияние магнитного поля тока по механизму пинч-эффекта также маловероятно по той же причине. Таким образом, наиболее вероятной причиной, ответственной за наблюдаемые особенности процесса ЭПД, остается эффект теплового действия тока. Однако, согласно полученных экспериментальных результатов, проявление его имеет некоторую

специфику. Ею, на наш взгляд, может служить локализация процесса диссипации энергии носителей в области ядра дислокаций. В результате этого область ридовского цилиндра приобретает значительно более высокую температуру, чем основной объем кристалла. Косвенно, на это указывает факт повышенного рассеяния носителей на дислокациях за счет огибания ридовских цилиндров [5], причем в увеличении плотности дислокаций эффект возрастает.

Если рассмотреть комбинации механизма локализации теплового действия тока с эффектом увлечения, то становятся понятными и низкая величина стартовых напряжений и высокая скорость деформации на квазистационарном участке кривых ползучести. Более того, наличие нового участка разупрочнения на кривых для ЭПД также можно интерпретировать на базе механизма локализации теплового действия тока, так как это коррелирует с фактом обнаружения новых стадий пластического течения в кремнии и германии при высокотемпературных испытаниях [6]. Высокая скорость на новом участке разупрочнения для режимов с большими величинами тока и сдвигового напряжения, возможно, связана с автокаталитическим характером процесса деформации. На это указывает факт возрастания рассеяния за счет эффекта огибания при увеличении плотности дислокаций. Поэтому при определенном уровне параметров возбуждения (величины тока и сдвигового напряжения), а также при достижении самой системой определенного уровня самоорганизации, система дислокаций может перейти в режим самосогласованного процесса, по аналогии с процессом образования полос Чернова-Людерса [7].

Список литературы

- [1] Алиев М.А., Селезнев В.В. Фото- и электрические явления в полупроводниках. Махачкала (1985). 167 с.
- [2] Кравченко В.Я. ЖЭТФ 51, 4, 1676 (1966).
- [3] Фикс В.Б. ЖЭТФ 80, 6, 2313 (1981).
- [4] Спицын В.И., Троицкий О.А. Электропластическая деформация металлов. М. (1985).
- [5] Прокопенко В.М., Тальянский В.И. ЖЭТФ 78, 2, 673 (1980).
- [6] Schröter W., Siethoff H. Z. Metallkunde 75, 7, 482 (1984).
- [7] Олемский А.И., Складар И.А. УФН 162, 6, 29 (1992).