

разцах на величину температуры Нееля в области  $\eta < 1$  пренебрежимо мало. Отметим, что измерения магнитной восприимчивости и теплоемкости для кристалла  $Tb_3Al_5O_{12}$  дают одинаковые значения  $T_N$  [12].

Полученные экспериментальные результаты подтверждают основные теоретические выводы работы [5]. Зависимость  $T_N(x)$  для кристаллов  $\{Tb_xY_{1-x}\}_3Al_5O_{12}$  может быть условно разделена на три области с индуцированным магнитным порядком: ядерную при  $x \leq 0.6$ , электронно-ядерную при значениях  $0.6 \leq x \leq 0.75$  и электронную для  $x \geq 0.75$ .

Авторы благодарят В. Н. Крутихина и Д. Д. Перлова за помощь в работе.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Bleaney B. Proc. R. Soc., 1963, vol. A276, N 1364, p. 19—27.
- [2] Bidaux R., Gavignet-Tillard A., Hamman J. J. Phys., 1973, vol. 34, N 1, p. 19—26.
- [3] Gavignet-Tillard A., Hamman J., De Seze L. J. Phys., 1973, vol. 34, N 1, p. 27—33
- [4] Hamman J. Acta Cryst., 1969, vol. B25, N 9, p. 1853—1856.
- [5] Murao T. J. Phys. Soc. Japan, 1972, vol. 33, N 1, p. 33—38.
- [6] Hamman J., Manneville P. J. Phys., 1973, vol. 33, N 7, p. 615—622.
- [7] Shiles E., Taggart G. B., Tahir-Kheli R. A. J. Phys. C, 1974, vol. 7, N 8, p. 1515—1522.
- [8] Alekseevskii N. E., Dodokin A. P., Bazan C., Bagdasarov Kh. S., Fedorov E. A., Belyaev L. M. Cryogenics, 1981, vol. 21, N 10, p. 598—600.
- [9] Зиновьева К. Н., Вайнберг В. В., Воробкало Ф. М., Зарубин Л. И., Болдарев С. Т. ПТЭ, 1985, № 5, с. 198—200.
- [10] Уайт Г. К. Экспериментальная техника в физике низких температур. М.: Физматгиз, 1961. 368 с.
- [11] Cooper B. R., Vogt O. Phys. Rev., 1970, vol. B—4, N 3, p. 1218—1226.
- [12] Onn D. G., Meyer H., Remeika J. P. Phys. Rev., 1967, vol. 156, N 2, p. 663—670.

Институт кристаллографии АН СССР  
Москва

Поступило в Редакцию  
5 августа 1987 г.

УДК 539.4.019.3

Физика твердого тела, том 30, в. 5, 1988  
Solid State Physics, vol. 30, № 5, 1988

## ЗАЛЕЧИВАНИЕ ТРЕЩИН {110} В МОНОКРИСТАЛЛАХ LiF

В. М. Финкель, М. А. Рувинский, Л. А. Курганская,  
О. Г. Сергеева

Известно [1—4], что в монокристаллах ШГК типа NaCl расколы по плоскостям спайности хорошо заживляются одноосным сжатием. В то же время восстановление сплошности в случае разрушения по плоскостям скольжения дислокаций [5] не исследовалось. Целью данной работы является изучение возможностей залечивания трещин {110} в монокристаллах фтористого лития.

В образцах LiF посредством локального нажима создавались полосы скольжения, насыщение которых приводило к появлению вскрытий по {110} длиной до 5 мм и раскрытием до 0.5 мм (рис. 1). Для их залечивания применялись механическое сжатие нормально поверхности раздела и гидростатический обжим.

При одноосном сжатии частичное восстановление сплошности происходило при нагрузках порядка 200 МПа. Степень залечивания не превышала 25 % первоначальной длины трещины {110}, в то время как трещины по спайности при давлении всего лишь в 1 МПа заживают на 80 % [1].

Всестороннее сжатие позволяло заращивать 5-миллиметровые вскрытия по {110} с областью восстановления сплошности, достигавшей 70 % первоначальной длины. При этом нижним пределом нагрузок, обеспечи-

вающихся залечивание трещин  $\{110\}$ , является давление в 100 МПа, в то же время для трещин по спайности эта величина не превышает 5 МПа [6].

Необходимость приложения существенно более высоких нагрузок для залечивания трещины  $\{110\}$  в отличие от соответствующих для  $\{100\}$  (в 20—200 раз) обусловлена ощутимо худшей состыковкой фраттографических поверхностей  $\{110\}$ . Смыкание берегов осложняется тем, что трещина  $\{110\}$  наряду с раскрытием и продольным сдвигом до  $1^\circ$  (как и трещина по спайности), обладает еще и поперечным сдвигом до 4 мкм на 1 мм длины за счет скольжения дислокаций, возникающих при ее образовании и распространении разрушения.

На фраттографической поверхности  $\{110\}$  различались две основные части. Первая, примыкающая к устью трещины, обнаруживала сильно изборож-

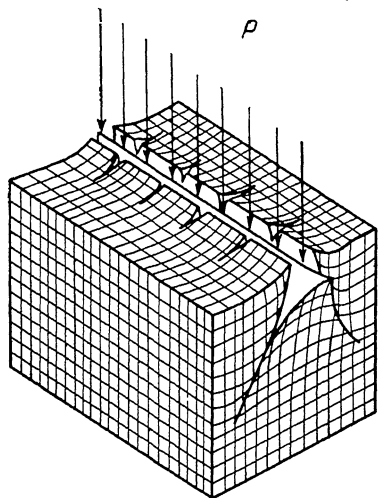


Рис. 1. Схема образования трещины  $\{110\}$ .  $P$  — действующая нагрузка.

денный рельеф (высота неровностей  $h_{\max} \leq 0.5$  мм, плотность расположения  $n \leq 1/1000$  1/мкм). Вторая, расположенная ближе к вершине, была относительно гладкой, с рельефом, созданным макродефек-

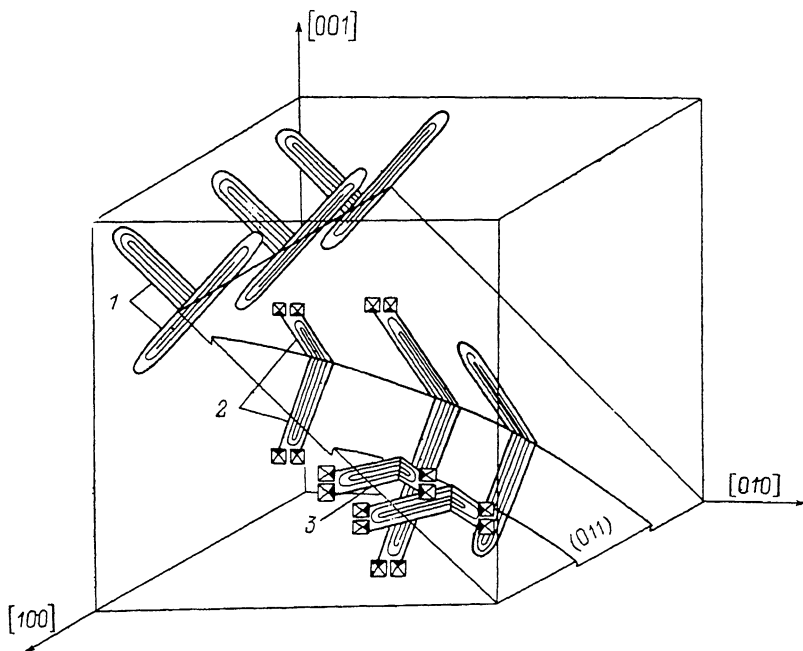


Рис. 2. Дислокационные петли, возникшие в процессе торможения и залечивания трещины  $\{110\}$ .

Системы скольжения: 1 —  $\{001\}$ ,  $\langle 011 \rangle$ , 2 —  $\{101\}$   $\langle 101 \rangle$ , 3 —  $\{110\}$   $\langle 110 \rangle$ .

тами двух родов. Это, во-первых, ступени ручьевого узора ( $h_{\max} \leq 20$  мкм,  $n \leq 1/500$  1/мкм) и, во-вторых, три системы прямолинейных ступеней, лежащих по направлениям  $\langle 100 \rangle$  ( $h_{\max} \leq 1$  мкм,  $n \leq 1/20$  1/мкм) и  $\langle 111 \rangle$  ( $h_{\max} \leq 0.2$  мкм,  $n \leq 1/2$  1/мкм). Установлено, что ступени второго типа образуются за счет скольжения дислокационных петель систем  $\{110\}$   $\langle 110 \rangle$ , необратимо фиксирующих моды трещины — раскрытие и два вида сдвига.

Следуя [7], оценим возможность залечивания трещины {110}. Необходимый для этого контакт берегов может быть обеспечен пластическим изгибом материала вокруг дефектов поверхностей раздела. Максимальной плотности дислокаций в монокристаллах LiF,  $\rho=10^{13}$  м<sup>-2</sup>, соответствует прогиб берегов радиусом  $R=5 \cdot 10^{-4}$  м. При наибольшей высоте препятствия  $h_{\max}=20$  мкм, вокруг него образуется незалеченная область длиной  $L_{\max}=150$  мкм. Поскольку  $L_{\max}$  меньше расстояния между ступенями скола (см. выше), залеченная трещина наряду с участками восстановленной сплошности содержит незалеченные районы — анклавов [1], возникшие на крупных дефектах фрактографии.

В области, окружающей залеченную трещину (травление сколов по спайности), обнаружена новая дислокационная структура, появившаяся в процессе реанимации (рис. 2). На плоскости (100) она образует «треугольный» узор ямок травления, локализованный в полосе шириной 25—30 мкм вдоль линии бывшей трещины. На поверхности (010) формирует крестообразные с длиной лучей до 50 мкм скопления фигур травления. Описанная картина представляет собой выходы дислокационных петель, принадлежащих системам скольжения (110)  $[\bar{1}10]$  и (101)  $[\bar{1}01]$ , и выдавливаемых на неровностях фрактографии, действующих в процессе сжатия как микроинденторы.

Дислокационная структура собственно границы реанимации исследовалась на плоскостях (100) и (010). Оказалось, что на поверхности (100) вдоль линии восстановления сплошности выявляются ямки травления краевых дислокаций с плотностью  $10^6$  м<sup>-1</sup>, а на (010) — винтовых с плотностью  $10^6$ — $10^7$  м<sup>-1</sup>. Они принадлежат выходам на изучаемые поверхности дислокационных петель системы (011)  $[0\bar{1}1]$  (рис. 2). Судя по характеру следов травления (вершинки пирамидальных ямок точно в центре), можно заключить, что линии дислокаций выходят на обе поверхности ортогонально. Отсюда следует, что структура залеченной трещины {110} представляет собой прямоугольную или квадратную сетку, состоящую из отрезков краевых и винтовых дислокаций с вектором Бюргерса  $(a/2) [0\bar{1}1]$ .

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Финкель В. М., Конкин Б. Б. ФТТ, 1983, т. 25, № 3, с. 804—807.
- [2] Финкель В. М., Конкин Б. Б. Проблемы прочности, 1983, № 8, с. 28—34.
- [3] Финкель В. М., Фомин И. М., Шегай В. В. ДАН СССР, 1985, т. 281, № 2, с. 327—331.
- [4] Финкель В. М., Курганская Л. А., Конкин Б. Б., Шегай В. В., Фомин И. М. ФТТ, 1984, т. 26, № 4, с. 1193—1195.
- [5] Финкель В. М., Рувинский М. А., Курганская Л. А., Шегай В. В., Фомин И. М. ФТТ, 1986, т. 28, № 8, с. 2210—2213.
- [6] Финкель В. М., Курганская Л. А., Рувинский М. А. ФТТ, 1987, т. 29, № 3, с. 868—871.
- [7] Фридель Ж. Ж. Дислокации. М.: Мир, 1967. 644 с.

Ростовский-на-Дону завод-ВТУЗ  
Ростов-на-Дону

Поступило в Редакцию  
25 сентября 1987 г.