

## ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ В ЦГК

Плужникова Т. Н., Кириллов Р. А., Федоров В. А.

*Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов*  
[feodorov@tsu.tmb.ru](mailto:feodorov@tsu.tmb.ru)

Исследовано влияние электромагнитного излучения на движение дислокаций в ионных кристаллах. Предположено, что в основе наблюдаемых эффектов лежит взаимодействие дислокаций с низкоэнергетическими экситонами.

### Введение

Воздействие ультрафиолетового (УФ) излучения на вещество сопровождается различными эффектами: упрочнением металлов [1], характерной окраской ЦГК [2] после совместного воздействия УФ излучения и ударной волны [3], гашением магнито-пластического эффекта [4] и т.д. Известно, что большие дозы рентгеновского излучения ведут к образованию радиационных дефектов и способствуют упрочнению материала [5]. Влияние малых доз рентгеновского излучения на вещество практически не исследовано. До настоящего времени работы по взаимодействию с веществом малых доз ионизирующего излучения ультрафиолетового и рентгеновского диапазонов длин волн не потеряли своей актуальности, как в научном плане, так и в прикладных направлениях.

Цель работы: изучить влияние малых доз рентгеновского и УФ излучения на движение дислокаций в ЦГК.

### Методика эксперимента

Исследования проводили на оптически прозрачных монокристаллических образцах LiF размером  $2 \times 5 \times 15$  мм с количественным содержанием примесей  $10^{-2}$ – $10^{-3}$  вес %.

Дислокации в образцы вводили при помощи индентирования на микротвердометре ПМТ-3. Для выявления дислокационной структуры использовали метод химического травления.

В первой серии опытов образцы с введенными дислокациями и выявленной дислокационной структурой подвергались воздействию внешней механической нагрузки, составляющей 0,3–0,9 МПа. После второго травления в полосах скольжения, содержащих краевые и винтовые дислокации, выявлялись остроконечные ямки (рис. 1).

Во второй серии опытов, при тех же нагрузках образцы подвергались воздействию малых доз рентгеновского или УФ излучения. Для облучения монокристаллов рентгеновскими лучами использовалась установка ДРОН-0,5 с железным анодом (длина волны  $\lambda = 1,93 \text{ \AA}$ ). Время облучения кристаллов варьировалось от 1 до 10 минут (напряжение на трубке 35 кВ, ток  $8 \pm 10$  мА). Поглощенная доза варьировалась от  $0,18 \cdot 10^{-5}$  до  $1,8 \cdot 10^{-5}$  Дж/кг. Для облучения монокристаллических образцов УФ лучами была использована ртутно-кварцевая лампа ПРК-2. Поглощенная доза варьировалась от 0 до 402 Дж/кг. Облучали кристаллы со стороны поверхности, подвергнутой воздействию индентора.

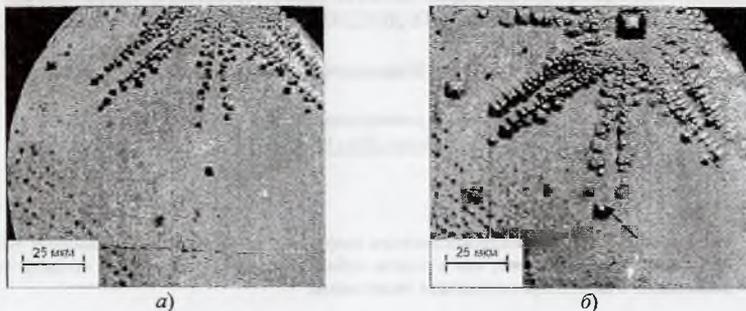


Рис. 1. Движение дислокаций при механической нагрузке 450 г.: а) контрольный кристалл, б) кристалл после нагружения (стрелками показаны остроконечные ямки травления).

**Движение дислокаций под действием механической нагрузки.** Предварительно были проведены эксперименты по воздействию на образцы (с введенными дислокациями и выявленной дислокационной структурой) механической нагрузки. Длина пробега краевых и винтовых дислокаций варьировалась от 4,5 до 5,5 мкм. Далее образцы, при прочих равных условиях, подвергали дополнительно воздействию рентгеновского или УФ излучений.

**Движение дислокаций при комплексном воздействии механической нагрузки и малых доз рентгеновского излучения.** Экспериментально установлено, что при комплексном воздействии механической нагрузки и малых доз рентгеновского излучения ( $9,8 \cdot 10^{-4}$  рад), также происходят заметные изменения дислокационной структуры в лучах розеток. Длина пробега винтовых дислокаций изменяется от 5,5 до 10 мкм, в зависимости от нагрузки (рис. 2). На рис.3 приведено изменение длин дислокационных лучей, содержащих краевые дислокации.

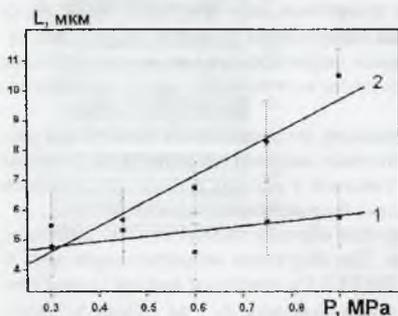


Рис. 2. Зависимость изменения длины пробега винтовых дислокаций от механической нагрузки (1) и комплексного воздействия механической нагрузки и малых доз рентгеновского излучения  $9,8 \cdot 10^{-4}$  рад (2).

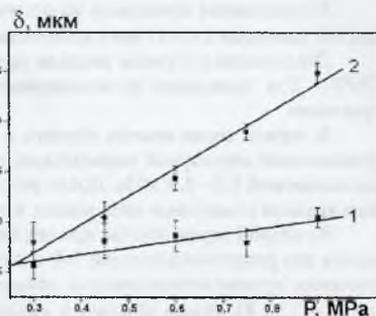


Рис. 3. Зависимость изменения длины дислокационных лучей, содержащих краевые дислокации от механической нагрузки (1) и комплексного воздействия механической нагрузки и малых доз рентгеновского излучения (2).

Движение дислокаций при комплексном воздействии механической нагрузки и УФ излучения. Во второй серии экспериментов проверялось движение дислокаций при одновременном воздействии механической нагрузки и малых доз УФ излучений. Установлено, что при комплексном воздействии механической нагрузки и УФ излучения длина пробега краевых дислокаций, в среднем, составляла 4,3–6,3 мкм, а для винтовых 3,5–5,2 мкм (рис.4).

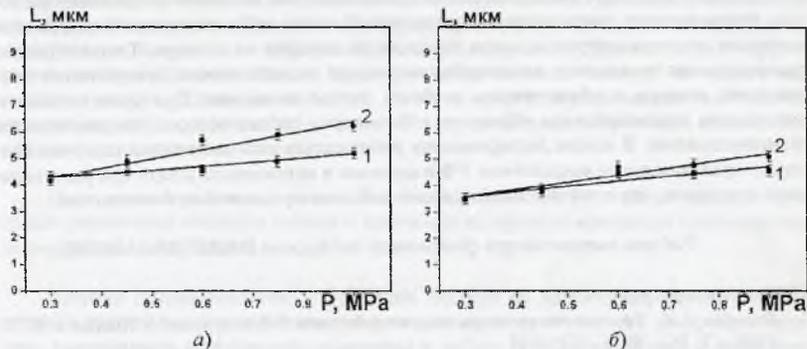


Рис. 4. Зависимости длины пробега краевых (а) и винтовых (б) дислокаций от механической нагрузки (1) и комплексного воздействия механической нагрузки и УФ излучения (2).

На рис.5 приведены зависимости изменения длин дислокационных лучей, содержащих винтовые и краевые дислокации от механической нагрузки (зависимость 1) и комплексного воздействия механической нагрузки и ультрафиолетового излучения (зависимость 2).

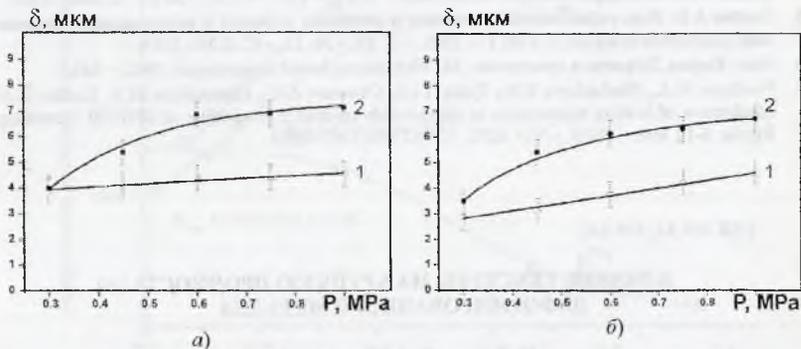


Рис. 5. Зависимость изменения длины дислокационных лучей, содержащих краевые (а) и винтовые (б) дислокации от механической нагрузки (1) и комплексного воздействия механической нагрузки и ультрафиолетового излучения (2).

Из полученных данных можно сделать вывод, что рентгеновское излучение оказывает большее влияние на движение дислокаций, чем УФ излучение. Увеличение длин пробега дислокаций при рентгеновском излучении происходит ~90%. Изменение длин пробега дислокаций при УФ излучении достигает ~80%.

## Обсуждение результатов

В основу наблюдаемых эффектов может быть положен механизм взаимодействия дислокации в ионных кристаллах с низкоэнергетическими экситонами [6]. Последние образуются при облучении ионных кристаллов УФ и рентгеновскими лучами. Взаимодействие экситона с заряженной ступенькой на дислокации сопровождается смещением ее на одно межатомное расстояние. Это взаимодействие вызывает увеличение винтовых составляющих дислокации, остановленной каким-либо стопором. Аннигиляция винтовых отрезков сопровождается отрывом дислокации от стопора. Таким образом, дислокационно-экситонное взаимодействие может способствовать преодолению дислокацией стопора и обеспечивать ее более легкое движение. При дислокационно-экситонном взаимодействии образуются F- центры, распад которых сопровождается люминесценцией. В наших экспериментах наблюдалась люминесценция щелочногалогенидных кристаллов при воздействии УФ излучения и исландского шпата при рентгеновском излучении, что косвенно подтверждает действие предложенного механизма.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (05-01-00759).*

### Список литературы

1. Федоров А.И. Упрочнение металлов под воздействием УФ-излучения // Письма в ЖТФ. 1998. – Т. 24. – № 23. – С. 14-18.
2. Абрамишвили М.Г., Ахведиани З.Г. Образование стабилизированных F2 –центров в окрашенных кристаллах LiF под действием внешних полей // ФТТ. – 1998. – Т.40. – №11. – С. 2044 - 2050.
3. Абрамишвили М.Г., Ахведиани З.Г. Калабегшвили Т.Л., Квацадзе В.Г., Саралидзе З.К. Релаксационные процессы в окрашенных кристаллах LiF после совместного воздействия УФ излучения и ударной волны // ФТТ. – 2000. – Т.42. – №10. – С.1794 - 1799.
4. Головин Ю.И., Моргунов Р.Б., Бадилевич М.В., Шмурак С.З. Оптическое гашение магнитоэластического эффекта в кристаллах NaCl // ФТТ. – 1997. – Т.39. – № 8. – С.1389 - 1391.
5. Гектин А.В. Роль радиационных точечных и линейных дефектов в механическом упрочнении кристаллов типа NaCl. // ФТТ. – 1985. – Т. 27. – № 11. – С. 3254 - 3256.
6. Ван - Бюрен. Дефекты в кристаллах. М.: Изд. иностранной литературы, 1962. – 384 с.
7. Feodorov V.A., Plushnikova T.N., Tjalin Yu.I., Chivanov A.V., Chemerkina M.V. Kirillov R.A. Mechanism of healing microcracks in alkali-halide crystals // Proceeding of SPIE. St. Peterburg, Russia. 6-12 June. – 2005. – Vol. 6253. – P. 62530K1-62530K4.

УДК 669.14; 539.241

## ВЛИЯНИЕ ТЕКСТУРЫ НА ХРУПКУЮ ПРОЧНОСТЬ ДЕФОРМИРОВАННОГО МЕТАЛЛА

Котречко С. А., Кучер А. В.

*Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины,  
Киев, Украина*

Различные технологические операции (такие как прокатка, волочение, осадка и т.д.) на стадии изготовления приводят к возникновению анизотропии пластических и прочностных свойств материала. Основной причиной этого явления считают кристаллографическую текстуру, образовавшуюся в процессе предварительной пластической