

Ф. Д. СЕНЧУКОВ, С. З. ШМУРАК

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДИСЛОКАЦИЙ В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 26 V 1969)

В работах (1-3) было показано, что при приложении к фотохимически окрашенному ионному кристаллу импульса напряжения возникает свечение. В этих работах доказан дислокационный механизм возникновения свечения. Движущиеся под действием внешнего напряжения дислокации освобождают электроны, находящиеся на центрах захвата, рекомбинация которых с дырками, локализованными на центрах свечения, возбуждает люминесценцию этих центров.

В настоящей работе предлагается новый метод определения скоростей дислокаций, основанный на изучении свечения, возникающего при деформации фотохимически окрашенных ионных кристаллов.

Очевидно, что число излученных при деформации квантов света прямо пропорционально числу электронов, освобожденных дислокациями из центров захвата. В то же время, если предположить, что в исследуемых кристаллах центры свечения распределены равномерно по кристаллу, то число излученных квантов пропорционально площади, обметаемой дислокациями при нагружении. Число излученных квантов света равно

$$I = S r n \eta,$$

где S — площадь, обметаемая дислокациями; r — радиус взаимодействия дислокаций с F -центрами, n — концентрация центров окраски; η — квантовый выход деформационной люминесценции.

Величину S можно представить следующим образом:

$$S = N l L,$$

где N — число подвижных дислокаций; l — размер кристалла для образца $l \times l \times l$ см³; L — среднее расстояние, на которое перемещается при нагружении дислокация.

Тогда $I = A L$, где $A = N l r n \eta$.

Таким образом, по числу излученных при деформации квантов света можно определить средний путь, пройденный дислокацией. Если известно время приложения импульса напряжения t , то усредненная скорость дислокации определится следующим образом:

$$v = I / A t. \quad (1)$$

Исследуя зависимость от напряжения числа излученных при нагружении квантов света $I = I(\tau)$, можно по формуле (1) определить скорость как функцию внешнего напряжения $v = v(\tau)$.

Исследования производились на кристаллах KCl. Кристаллы окрашивались при облучении на источнике γ -квантов Co⁶⁰. Оптический предел текучести исследуемых образцов $\tau_T = 100$ г/мм². Деформация образцов производилась импульсами напряжения длительностью от 30 до 50 мсек. при фронте нарастания 10 мсек. Для получения импульсов напряжения был разработан новый метод нагружения кристаллов с использованием в качестве деформирующего элемента магнитоэстрикционного преобразовате-

ля. Этот метод имеет определенные преимущества (постоянство скорости нагружения; формы импульса, величины нагрузки; возможность получения прямоугольного импульса) перед традиционной методикой импульсного нагружения, применяющейся в работах других авторов — методикой удара исследуемого кристалла о массивную наковальню (4, 5).

Для нахождения скорости движения дислокаций необходимо определить значения величин, входящих в формулу (1). Это было сделано следующим образом. Концентрация центров окраски определялась по контуру F -поглощения с использованием формулы Смакулы. Значения квантового выхода деформационной люминесценции и радиус взаимодействия дислокаций с F -центрами определены в работе (3). Плотность дислокаций определялась по фигурам травления. Определение скорости движения дислокаций производилось в предположении, что все дислокации, проявленные при травлении, являются подвижными.

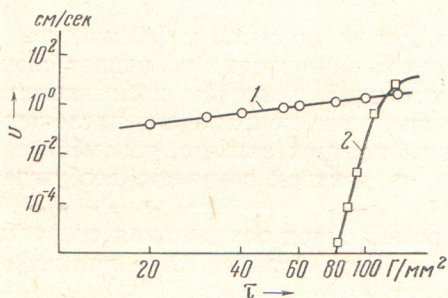


Рис. 1. Зависимости скорости движения дислокаций v от напряжения по измерению деформационной люминесценции (1) и по данным работы (6) (2)

На рис. 1 (кривая 1) представлена зависимость скорости дислокаций $v = v(\tau)$ для кристаллов KCl. На этом же рисунке (кривая 2) изображены зависимости $v = v(\tau)$ для кристаллов KCl ($\tau = 100$ г/мм²), полученные по методике травления (6).

Из рисунка видно, что зависимость $v = v(\tau)$, полученная нами, существенно отличается при малых напряжениях от аналогичной зависимости, полученной в работе (6).

Скорости дислокаций, полученные по измерению числа квантов света, излученных при деформации кристалла, слабо зависят от величины нагрузки и практически не чувствительны к наличию примесей. Такое резкое различие результатов обусловлено различием условий исследования, при которых наблюдается движение дислокаций в этих двух случаях. В наших экспериментах измеряется средняя скорость выгибания дислокаций между стопорами, скорость микродвижения.

С другой стороны, при определении скорости дислокаций методикой травления фактически определяется скорость конца дислокационной петли, выходящей на поверхность кристалла. Кроме того, методика травления позволяет определить скорость движения дислокаций только в том случае, когда перемещение конца дислокационной петли $> 1\mu$ (эта величина определяется разрешением микроскопа). При этом

$$v = L / (t_d + t_3),$$

где t_d — время движения дислокаций; t_3 — время задержки дислокаций на стопорах.

Скорость движения дислокаций, определенная по методу, предложенному в настоящем сообщении, может быть представлена в виде

$$v = L / t_d.$$

Сравнение этих двух выражений позволяет сделать оценку отношения времени задержки дислокаций на стопорах ко времени движения. Это отношение изменяется от 10^8 при $\tau = 50$ г/мм² до нуля при $\tau = 130$ г/мм².

Необходимо отметить, что наши результаты качественно совпадают с результатами определения скорости дислокаций, полученными по измерению декремента затухания на кристаллах LiF (7) и KBr (8).

Таким образом, в настоящей работе предложена новая методика для определения скорости движения дислокаций, которая в сочетании с методикой травления позволяет получить более полную информацию о сущности физических процессов, происходящих при деформации кристалла. Кроме того, эта методика позволяет определять время задержки дислокаций на стопорах.

В заключение авторы выражают благодарность В. В. Коршунову за помощь в проведении экспериментов и В. Л. Броуде за ценные советы и замечания.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР
Черноголовка Моск. обл.

Поступило
8 V 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. З. Шмурак, М. Б. Элиашберг, ФТТ, **9**, 1818 (1967). ² С. З. Шмурак, ФТТ, **10**, 1935 (1968). ³ Ф. Д. Сенчуков, С. З. Шмурак, ФТТ, **12**, № 1 (1970). ⁴ W. G. Johnston, J. J. Gilman, J. Appl. Phys., **30**, 129 (1959). ⁵ Э. Ю. Гутманас, Э. М. Надгорный, А. В. Степанов, ФТТ, 1021 (1963). ⁶ С. В. Лубенец, В. И. Старцев, ФТТ, **10**, 122 (1968). ⁷ G. S. Backer, J. Appl. Phys., **33**, 1730 (1962). ⁸ В. Я. Платков, В. П. Ефименко, В. И. Старцев, ФТТ, **9**, 2799 (1967).