

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 539.4.019.3

© 1993

ПОДВИЖНОСТЬ ДИСЛОКАЦИЙ В МОНОКРИСТАЛЛАХ  
NaCl  
В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ю.И.Головин, О.Л.Казакова, Р.Б.Моргунов

Влияние на подвижность дислокаций (а следовательно, и на механические свойства кристаллов) таких факторов, как предшествующая деформация, легирование, облучение, температурный режим, изучено достаточно хорошо. Действие относительно слабого магнитного поля ( $B < 1$  Тл) на поведение дислокаций в ненагруженных ионных кристаллах — типичных диамагнетиках, — обнаруженное в [1], было весьма неожиданным и не нашло до сих пор исчерпывающего объяснения. Поскольку в [1,2] внешние напряжения к кристаллу не прикладывали, основной движущей силой процесса, по-видимому, были неконтролируемые внутренние напряжения. Поэтому представляет интерес исследование подвижности дислокаций в условиях совместного действия магнитного поля (МП) и заданной механической нагрузки.

Монокристаллические образцы NaCl (размеры  $3 \times 5 \times 15$  мм, содержание двухвалентных примесей Ca и Mg  $\sim 10^{-5}$ , плотность ростовых дислокаций  $3 \cdot 10^4$  см $^{-3}$ , предел текучести 0.6 МПа) подвергали при комнатной температуре одноосному сжатию вдоль (100) прямоугольными импульсами с регулируемой амплитудой  $\tau$  продолжительностью  $t$  и фиксированным фронтом длительностью 5 мс. Методом двойного избирательного травления измеряли пробеги  $\lambda$  свежевведенных краевых дислокаций в однородном постоянном МП, плавно включаемом до механического нагружения, и без поля —  $\lambda_0$ . Раздельно определяли пробеги в плоскостях скольжения типа (110), лежащих под углом  $45^\circ$  к вектору  $B$  (ориентация I) и параллельных  $B$  (ориентация II).

Увеличение пробегов в МП наблюдалось во всем исследованном интервале длительностей импульса нагрузки  $0.1 \leq t \leq 20$  с (рис. 1). Однако и абсолютный прирост  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$  и особенно относительный прирост  $\alpha = \Delta\lambda/\lambda_0$  были заметнее при  $t < 1$  с. В поле  $B = 0.7$  Тл в максимуме при  $t = 0.7$  с  $\alpha$  достигала 70% при ориентации I и 20% при ориентации II. Из анализа распределения дислокаций по пробегам вытекает, что МП наиболее эффективно действует на дислокации с малыми пробегами. Так, в поле  $B = 0.45$  Тл и  $t = 20$  с доля дислокаций с  $0 < \lambda < 10$  мкм и

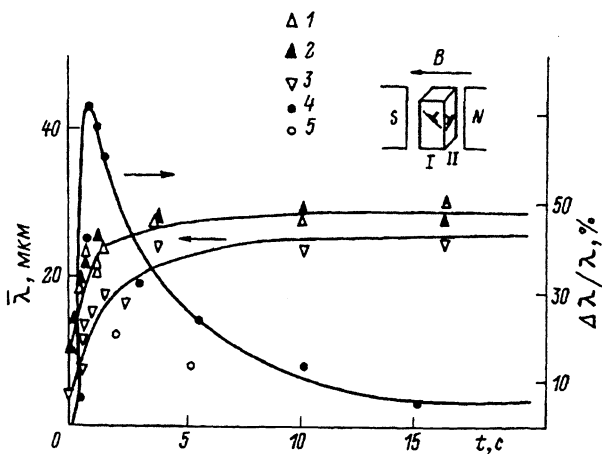


Рис. 1. Зависимость пробегов краевых дислокаций (1-3) и относительного прироста пробегов в МП (4,5) от длительности импульса механического нагружения.  $\tau = 3.5 \cdot 10^5$  Па.

1, 2, 4, 5 —  $B = 0.5$ ; 3 — 0 Тл. 1 — движение дислокаций по полю, 2 — движение дислокаций против поля. 1-4 — ориентация кристалла I, 5 — ориентация кристалла II.

$10 < \lambda < 20$  мкм упала более чем в 2 раза по сравнению с  $B = 0$ . Зависимость  $\lambda(\tau)$  оказалась близка к линейной как в поле, так и без поля (рис. 2).

Особый интерес представляло выяснение зависимости  $\Delta\lambda(B)$ , так как в ней могут содержаться указания на возможные механизмы эффекта. Совокупность экспериментальных точек аппроксимировалась различными простыми функциями: линейной, квадратичной, степенной, экспоненциальной и т.д. Регрессионный анализ показал, что наименьшая диспер-

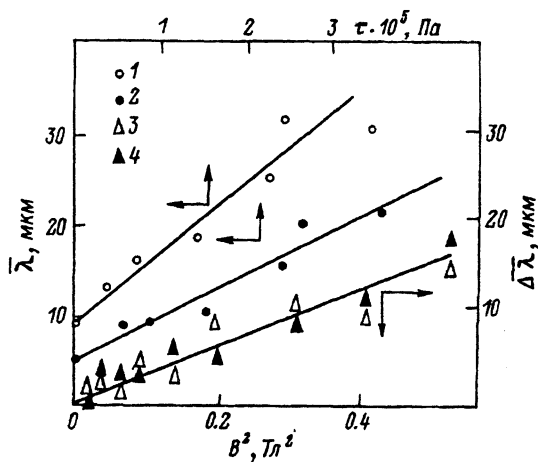


Рис. 2. Средний пробег дислокаций в зависимости от величины приложенного напряжения (1,2) и прирост пробегов дислокаций в зависимости от квадрата индукции МП (3,4).

1 —  $B = 0.5$ , 2 — 0 Тл, 3 — движение дислокаций по полю, 4 — движение дислокаций против поля.

сия реализуется для парабола  $\Delta\lambda \sim B^2$ . Дополнительным аргументом в пользу квадратичной зависимости  $\Delta\lambda(B)$  можно также считать равенство пробегов в поле для дислокаций, двигающихся по полю и против него (в ориентации I). Эти результаты качественно совпадают с полученными в [1-4]. Таким образом, и в условиях движения дислокаций под действием поля внешних механических напряжений наблюдается четный эффект увеличения подвижности в постоянном МП.

По поводу возможных механизмов действия МП на динамику дислокаций в диэлектрических диамагнитных кристаллах можно высказать достаточно обширный ряд предположений, которые целесообразно объединить в несколько групп: 1) прямое силовое действие МП на элементы дислокационной линии в направлении ее смещения (на заряженные ступеньки, парамагнитные центры и т.д.); 2) изменение атомной структуры ядра дислокации в МП, его конфигурации, способа преодоления препятствий; 3) изменение состояния и структуры стопоров в МП; 4) влияние МП на процесс преодоления дислокациями стопоров.

Выбор между этими возможностями осложнен малым объемом экспериментальных данных. Пока можно лишь только предполагать, что первая группа причин не может внести существенный вклад в эффект из-за малости возникающих сил. Действительно, как видно из рис. 2, влияние МП с  $B = 0.45$  Тл эквивалентно дополнительному напряжению сдвига  $\tau = 10^5$  Па. Для того чтобы создать такие напряжения за счет сил, действующих на заряженные или намагниченные элементы структуры ядра, необходимы поля, на 5-7 порядков величины превышающие те, которые реализуются в эксперименте. Среди трех остающихся типов механизмов наиболее разработанным является последний [2,5]. Однако нет никаких оснований сбрасывать со счета и перечисленные выше.

### Список литературы

- [1] Альшиц В.И., Даринская Е.В. и др. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 2. С. 467-470.
- [2] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Петржик Е.А. // ФТТ. 1991. Т. 33. № 10. С. 3001-3010.
- [3] Альшиц В.И., Даринская Е.В. и др. // Кристаллография. 1990. Т. 35. С. 1014-1016.
- [4] Альшиц И.И., Даринская Е.В., Петржик Е.А. // Изв. вузов. Черная металлургия. 1990. № 10. С. 85-87.
- [5] Молоцкий М.И. // ФТТ. 1991. Т. 33. № 10. С. 3112-3114.

Тамбовский государственный  
педагогический институт

Поступило в Редакцию  
1 декабря 1992 г.