

## ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ НА ПОДВИЖНОСТЬ ДИСЛОКАЦИЙ В МОНОКРИСТАЛЛАХ NaCl

Ю.И. Головин, Р.Б. Моргунов

Тамбовский государственный педагогический институт  
(Поступила в Редакцию 20 июня 1994 г.  
В окончательной редакции 1 сентября 1994 г.)

В [1,2] обнаружен и описан эффект действия предварительной обработки постоянным магнитным полем (МП)  $B = 1 \text{ Т}$  на подвижность дислокаций в NaCl при последующем нагружении импульсом сжатия. В этих работах разделены вклады от действия МП на состояние точечных стопоров и самих дислокаций в общем эффекте увеличения количества подвижных дислокаций и их средних пробегов после выдержки образцов в МП. Однако механизмы влияния столь слабого МП на структурные дефекты в диамагнитном кристалле остаются неясными.

В работе сделана попытка схематического описания возможных причин влияния МП на подвижность дислокаций путем определения активационных параметров процессов изменения внутренней структуры дислокаций и стопоров, а также их взаимодействия при последующем механическом нагружении кристалла.

Методика принципиально не отличалась от описанной в [1,2], за исключением того, что в части опытов обработка кристаллов в МП происходила при температуре 293 К, а в части — при 400 К. Пробег  $l$  введенных от царапины краевых дислокаций после приложения к кристаллу механического импульса сжатия неизменных параметров (амплитуда приведенных напряжений сдвига — 0.17 МРа, длительность — 30 с) определяли двойным избирательным травлением по усредненному значению 80–200 отдельных измерений. Время между включением МП и приложением импульса нагрузки, необходимое для охлаждения образца и первого травления, было также неизменным и составляло 4 мин. Последовательность процедур в разных сериях опытов показана на рис. 1. Как и в [1,2], и при 293, и при 400 К введение дислокаций после обработки кристалла в МП давало меньшую прибавку к  $l$ , чем их введение перед помещением образца в поле (рис. 2). Таким образом, имеется возможность определения роли изменения под действием МП состояний дислокаций и локальных препятствий порознь. Из рис. 2 следует, что отжиг при температуре 400 К без включения МП не приводил к изменению подвижности дислокаций, а отжиг в МП — сокращал время достижения насыщения  $l$  в несколько раз. При этом для дислокаций, введенных до обработки кристалла полем, возрастает и прибавка пробегов  $\Delta l$ . Сама по себе обработка МП при 300 К не приводила к смещению дислокаций в наших кристаллах. При 400 К этот эффект наблюдался, как и в [3,4]. Но в результатах, показанных на рис. 2, он автоматически исключался, так как первое травление осуществлялось после действия МП.

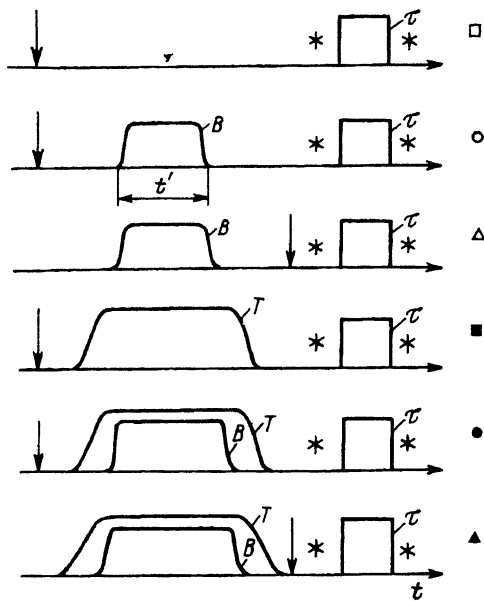


Рис. 1. Последовательность процедур в опытах разного типа.

Стрелкой обозначен момент введения дислокаций, звездочкой — травление.  $B$  — выдержка в МП,  $T$  — нагрев до 400 К,  $\tau$  — механическое нагружение,  $t'$  — длительность выдержки образца в МП.

Таким образом, установлено, что процессы перестройки в стопорах и дислокациях под действием МП термически активируются. Оценка энергии активации  $E$  по изменению времени выхода эффекта увеличения  $l$  на насыщение дает для стопоров значения  $0.2 \pm 0.05$  eV, а для дислокаций —  $0.07 \pm 0.02$  eV. Столь низкие значения  $E$  свидетельствуют, по-видимому, о том, что активируемые процессы происходят в малой окрестности точечных дефектов и дислокаций, где решетка сильно искажена. Все процессы объемной диффузии, проводимости, поляризации имеют в наших кристаллах гораздо большие величины  $E$ . В системе точечных дефектов наиболее близкими значениями  $E$  облада-

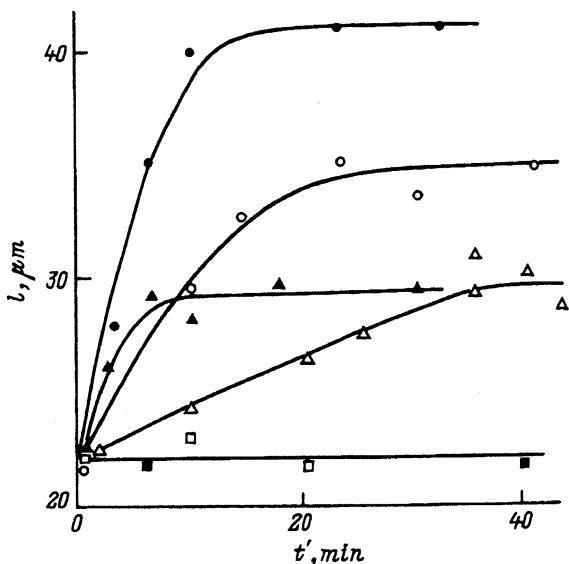


Рис. 2. Зависимость средних пробегов краевых дислокаций от времени выдержки в постоянном магнитном поле  $B = 1$  Т в разных типах опытов (см. обозначения на рис. 1).

ют процессы образования — распада вакансионно-примесных пар и их агрегатирование — диссоциация в димеры и тримеры ( $0.15-0.2\text{eV}$  для  $\text{NaCl}$  [5]). Что касается дислокаций, то можно предположить, что дополнительное увеличение их подвижности при введении до обработки кристалла полем вызвано изменением их внутренней структуры, поскольку все процессы с радиальным перемещением частиц также характеризуются значениями  $E$ , значительно большими, чем  $0.07\text{eV}$ . Оно может происходить в результате изменения характера и энергетики взаимодействия в МП неких легкоподвижных особенностей, блуждающих вдоль ядра под действием термических флуктуаций. В результате может измениться их концентрация, распределение длин сегментов, ограниченных ими, реакционная способность при образовании связей с локальными стопорами при последующем перемещении по кристаллу. Известно, что одно только изменение распределения слабых точек закрепления вдоль ядра может привести к существенному изменению подвижности дислокаций [6]. Ввиду мелкого вторичного рельефа Пайерлса в ГЦК и кристаллах процессы случайных блужданий вдоль дислокационной линии могут иметь низкие энергии активации. Косвенно это согласуется с высокими значениями коэффициента диффузии и самодиффузии вдоль дислокационной трубки, обычно значительно превышающими объемный, и пониженными в 2–2.5 раза значениями  $E$  [7,9]. Однако учитывая, что минимальные значения  $E$  для диффузии и самодиффузии в объеме в  $\text{NaCl}$  составляют  $0.7-0.9\text{eV}$  (следовательно, для трубчатой диффузии —  $0.3-0.4\text{eV}$ ), вряд ли наблюдаемое явление может быть сведено к простому стимулированию трубчатой диффузии в МП. Определение типа объекта, который перемещается вдоль дислокационной линии, требует дополнительных данных.

Измерения активационных объемов процесса движения дислокаций методом варьирования приложенных напряжений показывают, что в обработанных МП кристаллах они составляли  $(7.6 \pm 3.0) \cdot 10^{-25} \text{m}^3$  по сравнению с  $(2.0 \pm 0.6) \cdot 10^{-25} \text{m}^3$  в необработанных. Таким образом, и эти данные свидетельствуют о том, что МП способствует понижению концентрации таких особенностей структуры дислокации, которые являются точками закрепления при последующем перемещении.

#### Список литературы

- [1] Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. Письма в ЖЭТФ **58**, 3, 189 (1993).
- [2] Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. ФТТ **35**, 9, 2582, (1993).
- [3] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Перекалина Т.М., Урусовская А.А. ФТТ **29**, 2, 467 (1987).
- [4] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Петржик Е.А. ФТТ **33**, 10, 3001 (1991).
- [5] Grawford J.H. J. Phys. Chem. Sol. **31**, 399 (1970).
- [6] Ямафуджи К., Вауэр К.Л. Актуальные вопросы теории дислокаций. М. (1968), С. 115.
- [7] Баллуфи Р. Термически активированные процессы в кристаллах. М. (1973), С. 42.
- [8] Бокштейн Б.С., Бокштейн С.З., Жуховицкий А.А. Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах. М. (1974), 280 с.
- [9] Клявин О.В. Физика пластичности кристаллов при гелиевых температурах. М. (1987), 256 с.