

УДК 548.4

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СКАЧКООБРАЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ

И. М. МУРАДЯН, Ас. А. ДУРГАРЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 15 июля 1984 г.)

Исследовано влияние закалки на скачкообразное движение дислокаций в кристаллах KCl . Показано, что режим закалки не меняет ранее полученные закономерности скачкообразного движения дислокаций. Установлено, что напряжение, при котором наблюдается скачкообразное движение дислокаций ($\sim 10^7$ дин·см $^{-2}$), совпадает с напряжением, при котором наблюдается экспоненциальный рост амплитудно-зависимого поглощения ультразвука (начальная стадия микропластичности).

Скачкообразное движение дислокаций обусловлено наличием примесных центров и других неоднородностей кристаллической решетки, распределение и состояние которых существенно зависят от термообработки кристаллов. Следовательно, исследование влияния термообработки на скачкообразное движение дислокаций может выявить изменение как закономерностей термоактивационного движения дислокаций, так и пластичности кристаллов.

Исследование влияния термообработки (закалки) на скачкообразное движение дислокаций проводилось на кристаллах KCl . Это интересно тем, что в ионных кристаллах состояние примесных центров весьма многообразно. Закалка осуществлялась при температурах 110, 200 и 300° С. Скорость нагрева составляла 100 град/мин, выдержки в закалочной ванне — 10, 30, 60 и 90 мин. Образцы охлаждались на воздухе при комнатной температуре. Средняя скорость охлаждения составляла ~ 40 град/мин.

Специальные контрольные эксперименты показали, что воздушная закалка не приводит к генерации дислокаций. Скачкообразное движение дислокаций изучалось при комнатной температуре при постоянной нагрузке по методике, описанной в [1]. Исследования проводились на дислокациях, которые рождались под нагрузкой. Нагрузка составляла 100 г/мм 2 , время выдержки — 10 мин.

Исследовалось скачкообразное движение изолированных и неизолированных винтовых и краевых дислокаций. Было установлено, что в закаленных кристаллах число скачков убывает по сравнению с незакаленными кристаллами [1] (изолированные дислокации совершают всего два скачка). При закалке кристаллов при температуре 110° С как для первого скачка, так и для второго при всех временах выдержки при температуре закалки на гистограммах распределения длины скачков имеется достаточ-

но выраженный максимум (рис. 1). При закалке при температуре 200°C распределения по длинам пробега несколько сглаживаются (рис. 2). При закалке при температуре 300°C перемещения дислокаций происходят лишь при выдержке кристалла в течение 10 мин. Наблюдается также воз-

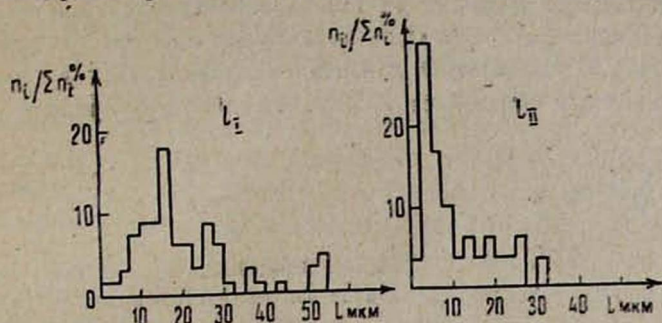


Рис. 1. Гистограммы распределения длин скачков винтовых дислокаций при закалочной температуре 110°C (l_I и l_{II} — длины первого и второго скачков дислокаций).

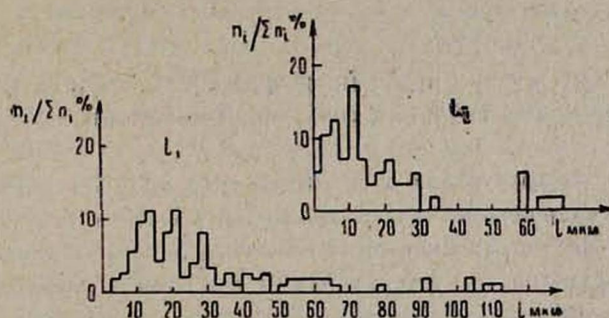


Рис. 2. Гистограммы распределения длин скачков винтовых дислокаций при закалочной температуре 200°C (l_I и l_{II} — длины первого и второго скачков).

растание длин скачков краевых дислокаций с увеличением времени выдержки кристаллов при закалочной температуре. Однако в кристаллах, выдержанных при закалочной температуре в течение 90 мин, движение изолированных краевых дислокаций полностью прекращается. Вместе с тем закалочная процедура практически не влияет на времена стояния дислокаций.

Неизолированные винтовые дислокации в кристаллах, закаленных при температуре 110°C и выдержанных при этой температуре 60 мин, совершают всего один скачок, а краевые дислокации в кристаллах, выдержанных в течение 60 и 90 мин, не перемещаются. Можно отметить существенное уменьшение длин скачков неизолированных дислокаций по сравнению с изолированными дислокациями. Однако времена стояния дислокаций и в этом случае меняются весьма незначительно.

Сопоставление значений длин скачков изолированных и неизолированных дислокаций в закаленных и незакаленных кристаллах [1, 2] показало, что закалка кристаллов при температурах 110 и 200°C приводит к возрастанию средних длин первых скачков дислокаций по сравнению с незакаленными кристаллами. При этом степень возрастания существенно за-

висит от продолжительности выдержки кристалла при закалочной температуре. В каждом случае имеется оптимальное время выдержки $(t_3)_{\max}$, которое приводит к максимальным значениям величины скачка.

Так, например, максимальные скачки винтовых дислокаций в кристаллах, закаленных при температуре 110°C , наблюдаются при временах выдержки ~ 60 мин, а в кристаллах, закаленных при температуре 200°C — при $(t_3)_{\max} \approx 30$ мин. Общий характер изменения средних длин первых скачков закаленных кристаллов KCl иллюстрируется кривыми на рис. 3.

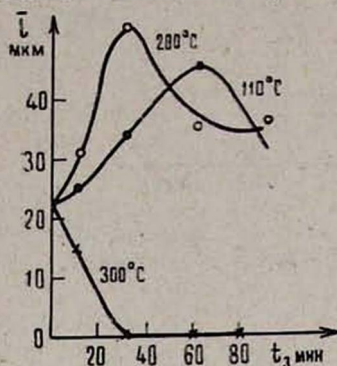


Рис. 3. Зависимость средних длин первых скачков изолированных винтовых дислокаций от времени выдержки при закалочной температуре.

Видно, что путем закалки при температуре 200°C средняя длина первого скачка изолированных винтовых дислокаций может быть увеличена более чем в два раза.

При закалке кристаллов при температуре 300°C картина резко меняется. Даже непродолжительная выдержка кристаллов при этой температуре резко снижает средние длины скачков винтовых дислокаций. При выдержке кристаллов в течение 30 мин при этой температуре движение дислокаций полностью подавляется. Аналогичная тенденция в изменении длин скачков при термообработке кристаллов KCl имеет место также для вторых скачков. Однако для последних эти изменения менее выражены.

Следует также указать, что средние значения времен стояния дислокаций перед первым скачком в закаленных кристаллах несколько увеличиваются по сравнению со средними значениями в незакаленных образцах. Перед вторым скачком изменения времен стояния почти не наблюдаются.

Известно, что вероятность преодоления барьера пропорциональна $e^{H/kT}$, где H — энергия активации процесса. Следовательно, после закалки увеличение времени стояния до первого скачка, по-видимому, обусловлено тем, что дислокации рождаются в областях с относительно большой концентрацией примесей по сравнению с незакаленными образцами. Это и приводит к увеличению энергии активации процесса, а следовательно, и к увеличению времени стояния.

Исследование параметров скачкообразного перемещения дислокаций в закаленных кристаллах показывает, что хотя по сравнению с незакаленными кристаллами происходит некоторое изменение параметров перемещения дислокаций, однако общие закономерности их поведения в основном сохраняются. Так, при всех исследованных режимах обработки (за исключением случаев, когда термообработка полностью подавляет движение дислокаций) величина скачка дислокации при постоянном внешнем напря-

жении резко уменьшается с номером скачка. Не наблюдается также, как и в незакаленных кристаллах [1], какой-либо четкой корреляции между длиной скачка l_i и расстоянием, пройденным дислокацией $\sum_{k=1}^i l_k$ (где i — номер скачка, а k — число скачков), а имеет место соответствие между длинами скачков дислокаций и общим временем их перемещения [1, 2].

На основании полученных результатов по исследованию влияния закалки на скачкообразное движение дислокаций в кристаллах, а также работ [3—5] следует полагать, что в исходных образцах KCl значительная часть примесей должна находиться преимущественно в преципитатном состоянии. Нагревание кристалла с последующим быстрым охлаждением приводит к частичному растворению преципитатных комплексов, и тем в большей степени, чем выше температура закалки и более длительной была выдержка при закалочной температуре. Следовательно, термообработка кристаллов, по-видимому, приводила к ослаблению центров торможения дислокаций и увеличению концентрации рассеянных мелких дефектов в пространстве, в котором двигались дислокации.

Поскольку в закаленных кристаллах в целом наблюдается тенденция к уменьшению числа и длин скачков дислокаций, можно заключить, что рассеянные мелкие дефекты типа примесных диполей оказывают сильное влияние на скачкообразное движение дислокаций. Некоторое несоответствие с этой общей тенденцией возникает только при не слишком высоких температурах закалки и малых временах выдержки, когда наблюдается заметное увеличение длин скачков дислокаций. Подобная аномалия, возможно, связана с тем, что при указанных режимах закалки происходит некоторое разрыхление преципитатных комплексов, однако еще не имеет места эффективное растекание примесных центров в окружающее пространство.

Из полученных результатов следует, что независимо от состояния образца справедливы ранее полученные закономерности [1, 2] по скачкообразному движению дислокаций и предложенный механизм закономерности термоактивационного движения дислокаций.

Учитывая, что пластичность кристаллов в основном характеризуется рождением дислокаций и их подвижностью, то как ранее полученные закономерности по скачкообразному движению дислокаций [1, 2], так и вышеприведенные результаты характеризуют закономерности изменения начальной стадии микропластичности кристаллов в зависимости от состояния образца. Действительно, напряжение ($\sim 10^7$ дин·см⁻²), при котором начинается скачкообразное движение дислокаций в исследуемых кристаллах KCl , по порядку величины совпадает с напряжением, при котором начинается экспоненциальный рост на кривой амплитудно-зависимого поглощения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Предводителев А. А., Мурадян И. М., Дургарян А. А. Изв. вузов. Физика, № 8, 130 (1977).
2. Дургарян А. А., Мурадян И. М. Изв. вузов, Физика. № 7, 60 (1980).
3. Блистанов А. А., Павлов А. Н., Шаскольская М. П. ФТТ, 13, 1901 (1971).

4. Блистанов А. А., Павлов А. Н., Шаскольская М. П. ФТТ, 14, 1230 (1972).
5. Шаркези И., Предводителей А. А. Кристаллография, 22, 784 (1977).

ԶԵՐՄԱՄՇԱԿՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴԻՍԼՈԿԱՑԻԱՆԵՐԻ ԹՈՒՉՔԱԶԵՎ ՇԱՐՔՄԱՆ ՎՐԱ

Ի. Մ. ՄՈՒՐԱԴՅԱՆ, Հ. Ա. ԴՈՒՐԳԱՐՅԱՆ

KCl բյուրեղներում հետազոտվել է միմյան ազդեցությունը դիսլոկացիաների թռիչքաձև շարժման վրա: Ցույց է արված, որ միմյան ռեժիմը չի փոխում դիսլոկացիաների թռիչքաձև շարժման նախկինում ստացած օրինաչափությունները լմված բյուրեղների համար, այսինքն դիսլոկացիաների թռիչքաձև շարժման օրինաչափությունները կախված չեն բյուրեղների վիճակից: Ստացվել է, որ լարումը ($\sim 10^7$ դին.սմ⁻²), որի դեպքում դիտվում է դիսլոկացիաների թռիչքաձև շարժում, համընկնում է լարման այն արժեքի հետ, որի դեպքում դիտվում է ուլտրաձայնի կլանման ամպլիտուդային կախվածության էքսպոնենցիալ աճ (միկրոալաաստիկության սկզբնական ստադիա):

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON JUMPING MOTION OF DISLOCATIONS

I. M. MURADYAN, H. A. DURGARYAN

The influence of tempering on the jumping motion of dislocations in KCl crystals has been investigated. It was shown, that the conditions of tempering don't affect priorly obtained regularities of jumping motion of dislocations. It was shown, that the value of strength, under which the jumping motion of dislocations was observed (10^7 dyne·cm⁻²), coincided with the value at which the exponential [growth of the amplitude dependent absorption of ultrasound took place (the initial stage of microplasticity).