

МАГНИТНАЯ ПАМЯТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ NaCl С ДИСЛОКАЦИЯМИ

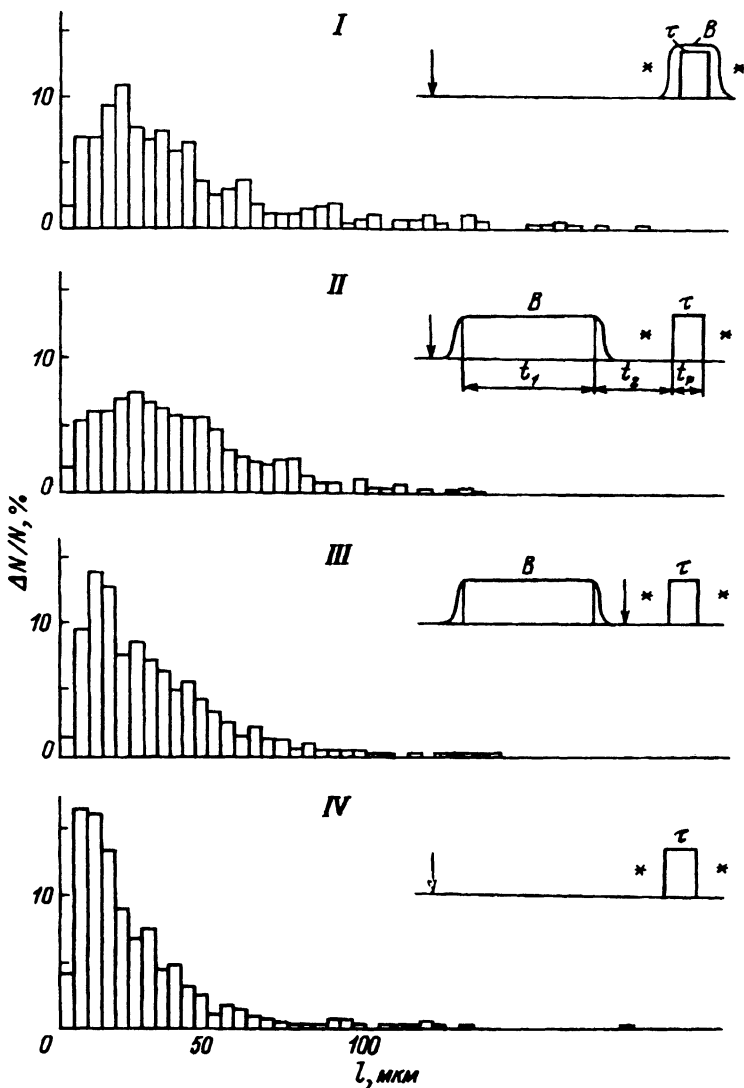
Ю.И.Головин, Р.Б.Моргунов

Известен ряд работ, в которых экспериментально исследовалось действие постоянного магнитного поля (МП) на подвижность дислокаций и механические свойства магнитных кристаллов [1-8]. В основе всех без исключения трактовок наблюдавшихся эффектов лежали представления об изменении характера взаимодействия дислокаций со стопорами под действием поля. В работе предпринята попытка обнаружить действие и последствие относительно слабого постоянного МП (индукция $B = 1$ Тл) на структуру и свойства самих дислокаций и тормозящих центров в монокристаллах NaCl (концентрация двухвалентных примесей $\sim 10^{-6}$).

Влияние МП на свежевведенные (от парапины) краевые дислокации исследовали при комнатной температуре, измеряя их пробег l в поле калиброванного прямоугольного импульса сжатия (амплитуда 10^5 Па, длительность $t_p = 6$ с, фронт 10 мс), воспроизводимого с точностью 2% от опыта к опыту электродинамическим нагружающим устройством. Среднюю величину \bar{l} определяли двойным избирательным травлением путем усреднения пробегов $N = 10^2 \div 10^3$ индивидуальных дислокаций. Постоянное МП создавали электромагнитом с однородностью поля 10^{-3} в области расположения образца (размером $\sim 12 \times 5 \times 3$ мм). Длительность переходных процессов при его включении и отключении составляла ~ 2 с, а стабилизация тока обеспечивала постоянство поля с точностью лучше чем 10^{-3} , так что градиенты МП и вихревые электрические поля были пренебрежимо малы.

В работе проведены опыты I-II типа, отличающиеся последовательностью процедур (см. рисунок). В опытах I типа вводили свежие дислокации и фиксировали их положение первым травлением. Затем образец помещали в электромагнит, включали ток и после установления МП нагружали механическим импульсом. По окончании нагружения выключали МП и травили образец второй раз для определения нового положения дислокаций. В опытах II типа на свежевведенные дислокации действовали в течение 1 ч одним МП. Затем образец травили первый раз и нагружали механически, после чего травили второй раз.¹ Опыты III типа отличались от опытов II типа только тем, что дислокации вводили в кристалл не до, а после обработки МП. Во всех опытах, где кристалл подвергался действию МП, обнаружено увеличение \bar{l} по сравнению с контрольными опытами (IV типа) без МП (см. таблицу), причем большей величины эффект действия МП достигает в опытах I и II типа и меньшей величины — в опытах III типа. Это соотношение сохранялось после закалки, γ -облучения и обесцвечивания кристаллов светом.

¹ В отличие от [7,8] в наших кристаллах действие МП без приложения механической нагрузки не вызывало смещения дислокаций.



Последовательность процедур и распределения дислокаций по пробегам в опытах разного типа (от I до IV).

Стрелкой обозначен момент введения дислокаций, а звездочкой — момент травления.

Итак, для наблюдения магнитопластического эффекта вовсе не обязательно наличие МП во время нагружения. Предварительная обработка кристалла МП также приводит к увеличению l при последующем смещении дислокаций механическим импульсом. Следовательно, какие-то элементы структуры «запоминают» факт магнитной обработки. Увеличение пробегов дислокаций, введенных после действия МП, свидетельствует о том, что этими элементами могут быть локальные стопоры.

Еще более существенным и интересным представляется факт дополнительного увеличения подвижности дислокаций, если их вводят до обра-

Влияние постоянного магнитного поля $B=1$ Тл на подвижность дислокаций в монокристаллах в опытах разного типа

Тип опыта	Характер предварительной обработки образца	Количество измеренных пробегов индивидуальных дуальных дислокаций N	Средний пробег дислокаций \bar{l} , мкм	Наиболее вероятный пробег дислокаций l_p , мкм	Средний пробег дислокаций в одном активационном скачке Δl , мкм	Среднее количество активационных скачков за время нагружения n	Время ожидания активационного скачка τ_a , с
I	γ -Облучение (доза 10^6 рад)	507	40.4 ± 3	20.6	19.8	1.04	5.8
II	То же	1071	45 ± 2	24.5	20.5	1.2	5.0
II а	« - »	565	46.9 ± 3	24.5	22.4	1.09	5.5
II в	« - »	292	39.2 ± 4	15.5	23.7	0.66	9.1
III	« - »	733	31.5 ± 2	11	20.5	0.54	11.0
IV	« - »	1033	23.2 ± 2	11.6	11.6	1.0	6.0
II	Закалка от 600 К	70	37 ± 6				
IV	То же	92	25 ± 3				
II	γ -Облучение (доза 10^6 рад), обесцвечивание светом	94	47 ± 7				
III	То же	80	31 ± 5				

ботки кристалла МП (опыты II типа). Различие между l в опытах II и III типа однозначно свидетельствует о том, что дислокации «запоминают» воздействие МП. Подобный эффект наблюдался в [9] при предварительной обработке кристаллов NaCl электрическим полем. Разница между \bar{l} в опытах II и III типа нарастала при увеличении длительности импульса МП t_1 от 0 до $3 \cdot 10^3$ с, а при дальнейшем росте t_1 оставалась неизменной. Последствие МП наблюдалось в течение десятков минут, однако при паузах между импульсами МП и нагрузки $t_2 \gtrsim 10^3$ с эффект ослабевал. Пробеги дислокаций на разных гранях одного и того же кристалла и движущихся в разных направлениях, т.е. характеризующихся различными углами между вектором \mathbf{V} и вектором Бюргерса \mathbf{b} (45, 90, 135, -45, -90, -135°), а также между вектором \mathbf{V} и дислокационной линией (0, 90°), различались мало (см. таблицу).

Анализ распределений дислокаций по пробегам по методике, предложенной Аргоном [10], показал (см. таблицу и рисунок), что, кроме l , МП увеличивает среднюю величину скачков дислокаций $\Delta l = \bar{l} - l_p$ практически вдвое для всех типов опытов с МП (здесь l_p — наиболее вероятная величина l). Одновременно для некоторых сочетаний экспериментальных условий наблюдалось увеличение времени активации таких скачков $\tau_a = t_p / \Delta l$ в 1.5–2 раза. Таким образом, в кристалле имеются как минимум две разновидности стопоров и МП по-разному действует на чувствительность дислокаций к ним: понижает ее по отношению к одним (что сопровождается ростом Δl), одновременно повышая ее по отношению к другим (что вызывает рост τ_a).

Микромеханизмы обнаруженных явлений магнитной памяти в диамагнитном кристалле нуждаются в специальном исследовании. Однако большие времена, необходимые для проявления и релаксации этих эффектов ($\sim 10^3$ с), нечувствительность к наличию F-центров могут указывать на то, что МП меняет не электронную, а атомную структуру ядра дислокации и локальных стопоров, например конфигурацию дислокационной линии, концентрацию и высоту ступенек и перегибов на ней, а также состояние точечных дефектов.

Список литературы

- [1] Старцев В.И., Ильичев В.Я., Пустовалов В.В. Пластичность и прочность металлов и сплавов при низких температурах. М., 1975. 328 с.
- [2] Кишкин С.Т., Клыпин А.А. // ДАН СССР. 1973. Т. 211. № 2. С. 325–327.
- [3] Ossypyan Yu.A., Bobrov V.S. // Crystal Research and Technol. 1984. V. 19. N 6. P. 827–838.
- [4] Galligan J.M. // Cryst. Res. and Technol. 1984. V. 19. N 6. P. 839–843.
- [5] Pavlov V.A., Pereturina I.A., Pecherikina I.L. // Phys. Stat. Sol. (a). 1980. V. 57. N 2. P. 449–459.
- [6] Лебедев В.П., Крыловский В.С. // ФММ. 1984. Т. 58. № 4. С. 827–829.
- [7] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Петржик Е.А. // ФТТ. 1991. Т. 33. № 10. С. 3001–3010.
- [8] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Петржик Е.А. // ФТТ. 1992. Т. 34. № 1. С. 155–158.
- [9] Сергеев В.П., Зуев Л.Б. // ФТТ. 1980. Т. 22. № 6. С. 1766–1780.
- [10] Argon A.S. // Phil. Mag. 1972. V. 25. N 5. P. 1053–1072.

Тамбовский государственный
педагогический институт

Поступило в Редакцию
20 апреля 1993 г.