

## МАГНИТОСТИМУЛИРОВАННОЕ УПРОЧНЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ NaCl (Pb)

*Е.В.Даринская, М.В.Колдаева*

*Институт кристаллографии РАН<sup>1)</sup>  
117333 Москва, Россия*

Поступила в редакцию 29 июня 1999 г.

Исследуется движение дислокаций в кристаллах NaCl(Pb) под действием импульсной механической нагрузки в магнитном поле и при его отсутствии. Обнаружено уменьшение подвижности дислокаций при деформации этих кристаллов в магнитном поле. Предполагается, что наблюдаемое магнитостимулированное упрочнение NaCl(Pb) связано с особенностью спин-зависимых электронных переходов в системе дислокация – примесь свинца, в результате которых увеличивается барьер для движения дислокаций.

PACS: 62.20.Fe, 68.72.Ff, 75.90.+w, 76.30.Da

В работах [1–7] изучен магнитопластический эффект – движение дислокаций в постоянном магнитном поле в отсутствие механической нагрузки в кристаллах NaCl, LiF, CsI, Zn и Al. Подробное исследование этого явления позволило сделать вывод о том, что магнитное поле вызывает эволюцию спинов в системе дислокация – парамагнитный центр, завершающуюся спин-зависимыми электронными переходами в этой системе, приводящими к резкому понижению барьера для движения дислокаций. В результате дислокация преодолевает барьер и в дальнейшем движется в поле внутренних напряжений кристалла. Аналогичная концепция [8, 9] лежит в основе объяснения множества процессов, на протекание которых влияет слабое магнитное поле. Как показано в [2, 3], в кристаллах NaCl, содержащих 0.5 ppm кальция и 1–100 ppm свинца, не наблюдалось движения дислокаций в магнитном поле в отсутствие механической нагрузки. Такое поведение дислокаций в NaCl(Pb) могло быть обусловлено двумя причинами: во-первых, свинец может упрочнять кристалл, тогда для движения дислокаций в магнитном поле необходима дополнительная механическая нагрузка; во-вторых, магнитное поле может создавать условия, препятствующие движению дислокаций. Настоящая работа посвящена изучению подвижности дислокаций в кристаллах NaCl(Pb) в магнитном поле под действием дополнительной механической нагрузки.

Исследовалась подвижность свежих дислокаций в отожженных кристаллах NaCl(Pb), содержащих 0.5 ppm Ca и 10 ppm Pb, и NaCl(Ca) с концентрацией примеси Ca не более 10 ppm, деформированных в постоянном магнитном поле  $B = 0.3$  Тл. Для создания импульсов давления была разработана специальная установка [10]. Использовались трапецеидальные импульсы с длительностью плато 5 мин (вставки на рис. 1,2).

Ранее [2, 3] обнаружено, что подвижность дислокаций в магнитном поле зависит от взаимной ориентации дислокации, ее вектора Бюргерса и вектора индукции магнитного поля. Дислокации, параллельные вектору магнитной индукции, в магнитном поле неподвижны. Таким образом, при деформации образца механическим

<sup>1)</sup> e-mail: public@mechan.incr.msk.su

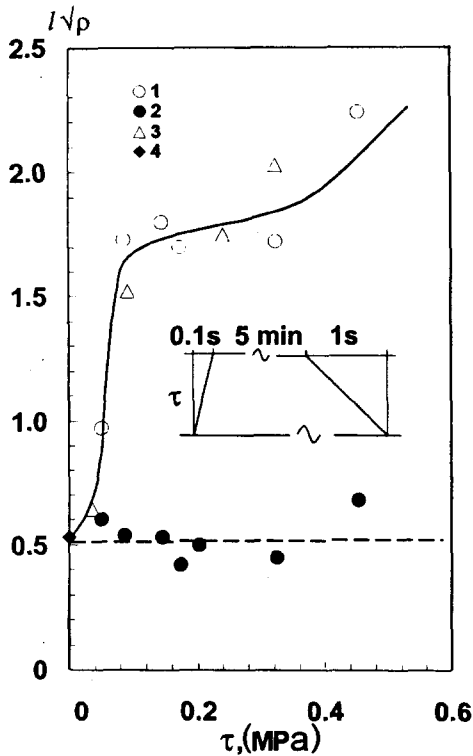


Рис.1. Зависимость среднего нормированного пробега дислокаций  $l/\rho$  от напряжения сдвига  $\tau$  для кристаллов NaCl(Pb), ( $B = 0.3$  Тл,  $t = 5$  мин: 1 -  $L_1$ -дислокации, на подвижность которых магнитное поле не влияет, 2 -  $L_2$  дислокации, на движение которых влияет магнитное поле, 3 - контрольные эксперименты в отсутствие магнитного поля, 4 - тройное фоновое травление. На вставке - форма механического импульса

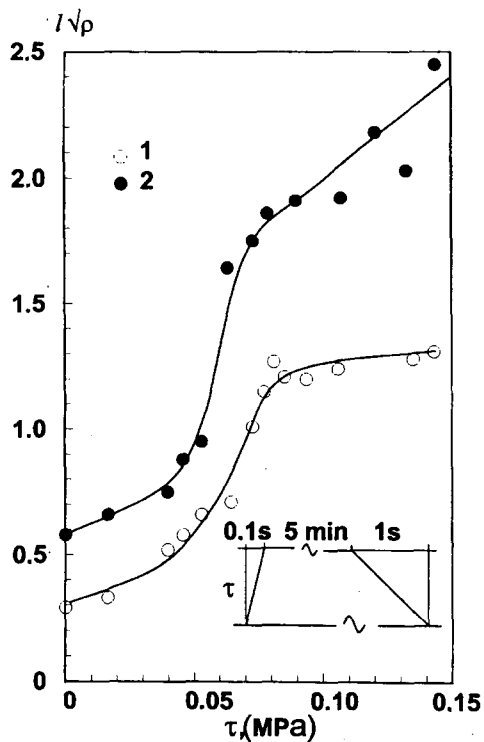


Рис.2. Зависимость среднего нормированного пробега дислокаций  $l/\rho$  от напряжения сдвига  $\tau$  для кристаллов NaCl(Ca): 1 - в отсутствие магнитного поля, 2 - при одновременном действии механической нагрузки и магнитного поля  $B = 0.3$  Тл,  $t = 5$  мин. На вставке - форма механического импульса

импульсом в магнитном поле можно исследовать одновременно подвижность двух типов дислокаций:  $L_1$ -дислокации, на движение которых магнитное поле не оказывает влияния, и  $L_2$ -дислокации, на подвижность которых влияет магнитное поле. Контрольные эксперименты проводились на образцах, деформированных в отсутствие магнитного поля. Для выявления дислокаций использовался метод многократного избирательного травления. Измерения пробегов проводились на микроскопе Neophot-2. Поскольку плотность дислокаций  $\rho$  в образцах различна, средний пробег  $l$  нормировался на расстояние между дислокациями  $1/\sqrt{\rho}$ . Ошибка эксперимента от образца к образцу составляла 15%.

На рис.1 представлена зависимость пробегов дислокаций от амплитуды импульса нагрузки для двух типов дислокаций в кристаллах NaCl(Pb). Видно, что пробег дислокаций  $L_1$  (сплошная кривая), на движение которых магнитное поле не влияет, почти в 3 раза больше, чем пробег дислокаций  $L_2$  (штриховая линия), на подвижность которых влияет магнитное поле. В последнем случае пробег практически оста-

ется на уровне фонового (точка 4), связанного с вытравливанием приповерхностных стопоров [11]. Результаты контрольных экспериментов (точки 3), проводимых в отсутствие магнитного поля, хорошо ложатся на кривую 1 рис.1.

Для сравнения на рис.2 показаны аналогичные зависимости для кристалла NaCl(Ca) – с примесью Ca, в которых ранее наблюдался магнитоэластический эффект в отсутствие дополнительной механической нагрузки [3, 4]. Видно, что магнитное поле увеличивает пробег дислокаций при импульсном деформировании кристаллов NaCl(Ca). Как показано на рис.1, наличие примеси свинца в NaCl(Pb) приводит к уменьшению подвижности дислокаций в магнитном поле, что, по-видимому, связано со спецификой спин-зависимых электронных переходов в системе дислокация – примесь свинца, в результате которых увеличивается барьер для движения дислокаций.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что пластические свойства кристаллов в магнитном поле зависят от его примесного состава. Природа этого явления, так же как и в случае положительного и отрицательного фотоэластического эффекта [12, 13], обусловлена изменением состояния электронной подсистемы кристаллов.

Авторы выражают благодарность В.И.Альшицу за обсуждение полученных результатов, В.П.Киселю за отжиг кристаллов и исследовательскому институту физики твердого тела и оптики Венгерской Академии Наук, Будапешт, за кристаллы NaCl(Pb). Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований 97-02-16327.

- 
1. В.И.Альшиц, Е.В.Даринская, Т.М.Перекалина, А.А.Урусовская, ФТТ **29**, 467 (1987).
  2. В.И.Альшиц, Е.В.Даринская, Е.А.Петржик, Изв. Вуз'ов, "Черная металлургия" **10**, 85 (1990).
  3. V.I.Alshits, E.V.Darinskaya, O.L.Kazakova et al., Y. Alloys. Comp. **211/212**, 548 (1994).
  4. V.I.Alshits, E.V.Darinskaya, O.L.Kazakova et al., Mat. Sci. Eng. **A234-236**, 617 (1997).
  5. Ю.И.Головин, Р.Б.Моргунов, ЖЭТФ **115**, 605 (1999).
  6. Э.П.Белозерова, А.А.Светашов, В.Л.Красников, Изв. РАН, сер. физ. **61**, 291 (1997).
  7. В.И.Альшиц, Н.Н.Беккауер, А.Е.Смирнов, А.А.Урусовская, ЖЭТФ **115**, 951 (1999).
  8. Я.Б.Зельдович, А.Л.Бучаченко, Е.Л.Франкевич, УФН **155**, 3 (1988).
  9. А.Л.Бучаченко, Р.З.Сагдеев, К.М.Салихов, *Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях*, Новосибирск: Наука, 1978.
  10. М.В.Колдаева, Е.В.Даринская, В.Н.Сытин, ПТЭ **3**, 151 (1998).
  11. В.Б.Парийский, А.И.Ландау, В.И.Старцев, ФТТ **5**, 1377 (1963).
  12. Ю.А.Осипьян, И.Б.Савченко, Письма в ЖЭТФ **7**, 130 (1968).
  13. Ю.А.Осипьян, М.Ш.Шахсаидов, ФТТ **15**, 3711 (1973).