

ОСОБЕННОСТИ РЕВЕРСИВНОГО ДВИЖЕНИЯ
ВИНТОВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В КРИСТАЛЛАХ InSb

В. И. Барбашов, Т. В. Родзина

В работе [1] впервые была обнаружена зависимость скорости дислокаций в кристаллах кремния и германия от направления их скольжения — скорость дислокаций в сужающихся полупетлях v_c примерно на два порядка выше, чем v_p — скорость в расширяющихся полупетлях. В кристаллах с решеткой сфалерита для 60° -ных α - и β -дислокаций $v_c/v_p = 2$, а для винтовых дислокаций, являющихся частью сложной дислокационной структуры, $v_c/v_p < 1$ [2, 3]. В настоящей работе изучается реверсивное движение винтовых дислокаций для не взаимодействующих полупетель с учетом анизотропных свойств исследуемых кристаллов.

Эксперименты выполнялись на кристаллах антимиониды индия n -типа с концентрацией носителей $2.9 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Свежие дислокации индуцировались изгибом относительно оси $\langle 11\bar{2} \rangle$, при этом источниками дислокаций служили либо поверхностные дефекты и микронеоднородности внутри кристалла, либо специально проведенная на плоскости (111) в направлении $\langle 1\bar{1}0 \rangle$ царапина. Условия нагружения и время последующей химической полировки подбирались таким образом, чтобы на поверхность кристалла (111) выходили преимущественно винтовые сегменты дислокационных полупетель диаметром не менее 200 мкм. Плоскости скольжения и направления векторов Бюргера для этих дислокаций соответственно были $(\bar{1}11)$, $(1\bar{1}1)$ и $\langle 101 \rangle$, $\langle 110 \rangle$ [4]. Вывод дислокаций в стартовое положение осуществлялся сжатием поверхности (111). При реверсе внешней нагрузки поверхность (111) была стороной растяжения.

Подвижность дислокаций как при расширении, так и при сужении полупетли измерялась с учетом их направления скольжения [5]. Были выделены направления $[10\bar{1}]$, $[01\bar{1}]$ (соответствующие направлениям движения 60° -ных α -дислокаций при сжатии поверхности кристалла (111)), и $[\bar{1}01]$, $[0\bar{1}1]$ в сторону движения β -дислокаций).

На рис. 1 представлены зависимости скорости дислокаций от температуры для выделенных направлений. При напряжении $\tau = 10 \text{ МПа}$ в случае расширяющейся полупетли средняя скорость дислокационных сегментов, перемещающихся в направлениях $[\bar{1}01]$ и $[0\bar{1}1]$, выше скорости сегментов этих же полупетель, но движущихся в противоположных направлениях. При $\tau = 5 \text{ МПа}$ наблюдается обратный по знаку эффект (рис. 1). Изменение знака внешней нагрузки по-разному влияет на динамические свойства этих дислокаций. Скорость дислокаций, ранее двигавшихся в направлениях $[\bar{1}01]$ и $[0\bar{1}1]$, при инверсии направления скольжения на $[10\bar{1}]$ и $[01\bar{1}]$ увеличивается. Для дислокаций, двигавшихся при расширении полупетель в направлениях $[10\bar{1}]$ и $[01\bar{1}]$, при изменении направления скольжения скорость уменьшается. Величина эффекта в обоих случаях зависит от напряжения. На рис. 2 приведена схема, иллюстрирующая этот процесс. Обозначения A и B даются соответственно для напряжений 10 и 5 МПа.

Анализ поведения винтовых дислокаций проведем отдельно для напряжений, меньших и больших 10 МПа. В первом случае динамические особенности дислокаций разного знака связаны, по-видимому, с различными граничными условиями (рис. 2). Так как углы между винтовыми дислокациями и 60° -ной неодинаковы, то и силы взаимодействия их в привершинной области будут отличаться [2, 6]. Направлены они в сторону сужения полупетли. При реверсе внешней нагрузки направления действия этих сил совпадают с ее знаком, что должно приводить к увеличению скорости дислокаций. Для острого угла этот вывод подтверждается экспери-

ментально. Однако для тупого угла при смене направления скольжения с $[10\bar{1}]$ и $[01\bar{1}]$ на $[\bar{1}01]$ и $[0\bar{1}1]$ наблюдается обратный по знаку эффект. Этот результат указывает на необходимость выполнения более глубокого теоретического анализа взаимодействия смежных дислокаций.

В области высоких напряжений геометрические особенности дислокационной петли в меньшей степени сказываются на процессе движения дислокаций и различие их динамических характеристик обусловлено, по-видимому, анизотропными свойствами кристалла и знаком дислокаций.

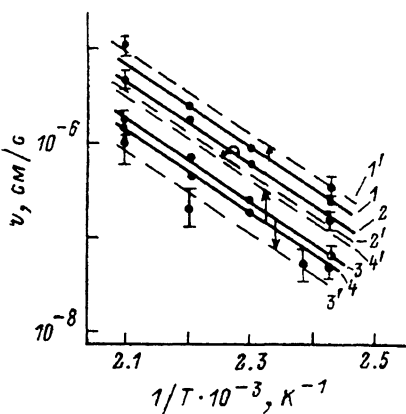


Рис. 1. Температурные зависимости скорости винтовых дислокаций для прямого (1—4) и реверсивного (1'—4') движения при $\tau=10$ (1, 2, 1', 2') и 5 МПа (3, 4, 3', 4').

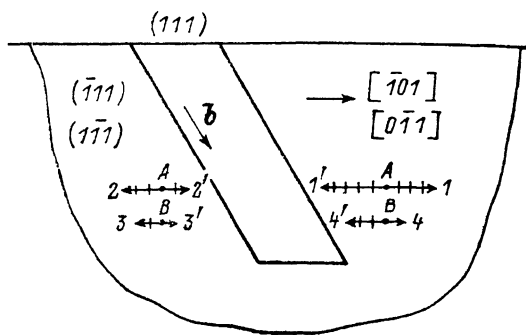


Рис. 2. Схема движения дислокаций. Обозначения те же, что и на рис. 1.

В области низких напряжений не следует, однако, исключать и влияние свободной поверхности (для германия оно не было обнаружено [1]), а также наличие ступенек на дислокациях [7].

Влияние граничных условий в области низких напряжений на подвижность дислокаций можно представить как изменение формы дислокационной полупетли вследствие взаимодействия смежных дислокационных сегментов. Этому изменению формы можно качественно сопоставить наличие в вершинной части угла цепочки одиночных геометрических перегибов. При приложении нагрузки эти перегибы термоактивационным путем распространяются вдоль дислокационной линии. В случае неглубоких дислокационных петель взаимодействие между смежными сегментами должно быть достаточным по величине, чтобы эти перегибы выходили на свободную поверхность кристалла, что может объяснить эффект «самостягивания» дислокационных петель [2].

Авторы благодарны В. И. Никитенко и Б. Я. Фарберу за полезные дискуссии и ценные замечания.

Список литературы

- [1] Никитенко В. И., Фарбер Б. Я., Бондаренко И. Е. // ЖЭТФ. 1982. Т. 82. № 5. С. 1539—1549.
- [2] Барбашов В. И., Родзина Т. В., Харин Н. П. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 6. С. 1830—1831.
- [3] Барбашов В. И., Зайцев В. И., Мостовой В. М., Алексеенко В. И. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 9. С. 524—526.
- [4] Ерофеева С. А., Осипьян Ю. А. Динамика дислокаций. Киев: Наукова думка, 1975. С. 26—30.
- [5] Барбашов В. И. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 11. С. 3519—3521.
- [6] Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций: Пер. с англ. М., 1973. 599 с.
- [7] Макара В. А., Пегухов Б. В. // ФТТ. 1988. Т. 24. № 11. С. 3458—3460.

Донецкий физико-технический институт АН УССР
Донецк

Поступило в Редакцию
22 мая 1989 г.
В окончательной редакции
26 июля 1989 г.