

УДК 539.232

АМПЛИТУДНАЯ И ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ
ПОГЛОЩЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В КРИСТАЛЛАХ ВИСМУТА

В. В. ЕСАЯН

Ереванский политехнический институт

Р. С. ГАРДИЛЯН, А. А. ДУРГАРЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 17 февраля 1984 г.)

Исследованы амплитудная и ориентационная зависимости поглощения ультразвука в кристаллах Bi , а также оценены параметры, характеризующие динамическое и термоактивационное движение дислокаций при ультразвуковом воздействии, и найдена их зависимость от ориентации кристалла. Вычислены напряжения отрыва дислокаций от точечных дефектов, скорость возврата поглощения $d\Delta/dt$ и рассчитан коэффициент демпфирования. Все эти величины обладают выраженной анизотропией.

Переход от динамического колебательного движения дислокационных сегментов к термоактивационному при больших амплитудах ультразвука обусловлен отрывом дислокационных сегментов от центров закрепления. Граница перехода определяет начало микропластичности, которое невозможно определить другими методами. Поэтому исследование амплитудной зависимости поглощения ультразвука должно давать обширную информацию о параметрах, характеризующих динамическое и термоактивационное движение дислокаций, и о механизмах начальной стадии микропластичности.

Целью настоящей работы является исследование амплитудной и ориентационной зависимостей поглощения ультразвука в кристаллах Bi , а также оценка параметров, характеризующих динамическое и термоактивационное движение дислокаций при ультразвуковом воздействии, и нахождение их зависимости от ориентации кристалла.

Исследования проводились при комнатной температуре методом составного стержня в килогерцевой области частот [1]. Образцы вырезались из одного слитка монокристалла чистоты 99,999 с удельным сопротивлением $\rho = 0,057 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и начальной плотностью дислокаций $N \sim 10^4 \text{ см}^{-2}$. Образцы деформировались методом сжатия под нагрузкой 15 кг/см^2 в одинаковых условиях перпендикулярно распространению ультразвуковых волн. Плотность дислокаций после деформации составляла $\sim 10^6 \text{ см}^{-2}$. До деформации на всех образцах наблюдалось слабое амплитудно-зависимое поглощение ультразвука, а временная зависимость поглощения не наблюдалась.

Как видно на рис. 1, деформация приводит к резкому увеличению фона поглощения без изменения вида зависимости. Через 94 часа после де-

формации фон поглощения ультразвука во всей области амплитуд почти полностью восстанавливался. Из кривых амплитудной зависимости $\Delta(\varepsilon)$ были определены скорости возврата поглощения $d\Delta/dt$, значения которых для различных ориентаций приведены в таблице. Как следует из таблицы, скорость возврата максимальна для образца с ориентацией [111].

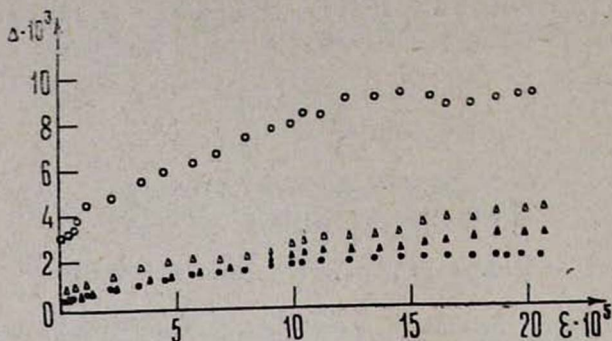


Рис. 1. Амплитудная зависимость внутреннего трения монокристалла с ориентацией 0° к [111]: ● — до деформации; ○ — после деформации сразу; Δ — через 10 часов после деформации; ▲ — через 94 часа после деформации.

Как и следовало ожидать, после пластической деформации с увеличением поглощения ультразвука модуль упругости уменьшается, но с возвратом поглощения он вновь частично восстанавливается (см. таблицу). Так, например, до деформации образца ориентации [111] модуль упругости $E \sim f^2 = 2,5075 \cdot 10^9 \text{ с}^{-2}$, после деформации — $2,5071 \cdot 10^9 \text{ с}^{-2}$, через 100 часов после деформации — $2,5074 \cdot 10^9 \text{ с}^{-2}$.

Рассчитанное из амплитудной зависимости поглощения ультразвука напряжение отрыва дислокаций от точечных дефектов дало, например, для ориентации [111] значение $\sim 8,9 \cdot 10^5 \text{ дин/см}^2$ (см. таблицу).

Таблица

№	Ориентация образца	$N, \text{ см}^{-2}$	$L, \text{ см}$	$B \cdot 10^{-1}, \text{ дин} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^{-2}$	$\sigma_{\text{эфф}}, \text{ дин/см}^2$	$f, \text{ Гц}$	$d\Delta/dt$
1	0° к [111]	10^7	$1,73 \cdot 10^{-5}$	0,2	$8,93 \cdot 10^5$	50807	$2,4 \cdot 10^{-4}$
2	20° к [111]	10^7	$3,77 \cdot 10^{-5}$	3	$3,57 \cdot 10^6$	52445	$9,5 \cdot 10^{-5}$
3	40° к [111]	10^7	$2,3 \cdot 10^{-5}$	0,18	$2,6 \cdot 10^5$	52108	$7 \cdot 10^{-5}$
4	60° к [111]	10^7	$1,47 \cdot 10^{-5}$	0,4	$1,78 \cdot 10^6$	52046	$4 \cdot 10^{-5}$
5	90° к [111]	10^7	$2,04 \cdot 10^{-5}$	0,2	$8,93 \cdot 10^5$	52748	$7 \cdot 10^{-5}$

На рис. 2 изображены зависимости исходного поглощения после деформации от ориентации в амплитудно-независимой области. При последовательном повороте осей образцов относительно направления [111] наблюдается анизотропия поглощения с максимальным значением у образцов с 20° ориентацией к [111]. Эта анизотропия поглощения сохраняется и после деформации.

Из графика зависимости поглощения от амплитуды следует, что амплитудная зависимость поглощения скорее всего объясняется в рамках

теории Сварца и Виртмана [2], чем теорией КГЛ (Келлера—Граната—Люкке) [3]. Действительно, в образцах Bi достаточно высока как плотность дислокаций, так и концентрация точечных дефектов, что приводит к появлению амплитудно-независимой области поглощения после линейного роста поглощения.

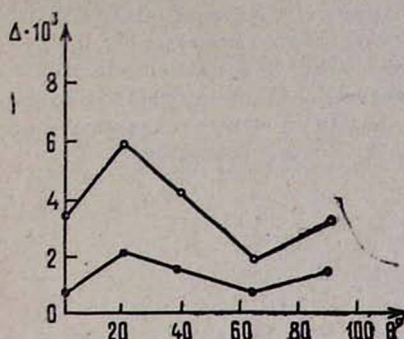


Рис. 2.

Рис. 2. Зависимость поглощения ультразвука в амплитудно-независимой области от ориентации кристалла: ● — до деформации; ○ — сразу после деформации.

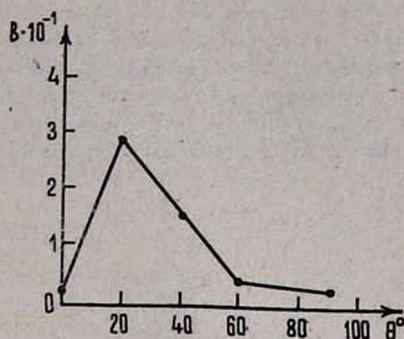


Рис. 3.

Рис. 3. Зависимость коэффициента демпфирования от ориентации кристалла.

Увеличение поглощения ультразвука после деформации в амплитудно-независимой области позволяет выделить чисто дислокационное поглощение и на основе теории КГЛ с учетом изменения модуля упругости с деформацией рассчитать коэффициент демпфирования B и длины дислокационных сегментов L .

Как видно на рис. 3, коэффициент демпфирования имеет явно выраженную анизотропию с максимальным значением для 20° ориентации к $[111]$. Следует отметить, что существует корреляция между поглощением ультразвука и коэффициентом демпфирования дислокаций. Максимальное значение отрыва дислокаций наблюдается для 20° ориентации к $[111]$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Швидковский Е. Г., Дургарян А. А. Научные доклады высшей школы, сер. физ.-мат. наук, 5, 211 (1958).
2. Swartz I. C., Weertman I. J. Appl. Phys., 32, 1860 (1961).
3. Granato A., Lüke K. J. Appl. Phys., 27, 583 (1956).

ՈՒՆՏՐԱՋԱՅՆԻ ԿԼԱՆՄԱՆ ԱՄՊԼԻՏՈՒԴԱՅԻՆ ԵՎ ՕՐԻԵՆՏԱՅԻՆ ԿԱԽՈՒՄԸ Bi ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ

Վ. Վ. ԵՍԱՅԱՆ, Ռ. Ս. ԳԱՐԻԻՅԱՆ, Ա. Հ. ԴՈՒՐԳԱՐՅԱՆ

Աշխատանքում ուսումնասիրված է ուլտրաձայնի կլանման ամպլիտուդային և օրիենտացիոն կախումը Bi բյուրեղներում: Գնահատված են դիսլոկացիաների դինամիկ և թերմոստիկացիոն շարժումը բնութագրող պարամետրերը և նրանց կախումը օրիենտացիայից: Հաշվված են կետային դեֆեկտներից դիսլոկացիաների պոկման լարումները, արգելակման գործակիցը և ուլտրաձայնի կլանման վերականգնման արագությունը: Այդ մեծությունները ունեն արտահայտված անիզոտրոպիա:

AMPLITUDE AND ORIENTATIONAL DEPENDENCES OF ULTRASOUND ABSORPTION IN *Bi* CRYSTALS

V. V. ESAYAN, R. S. GARDILYAN, A. A. DURGARYAN

The amplitude and orientational dependences of ultrasound absorption in *Bi* crystals were investigated and an estimate of parameters, characterizing the dynamical and thermoactivation motions of dislocations under the action of ultrasound and their dependence on the crystal orientation, was made. The tear strain of dislocations from point defects as well as the restoration velocity of ultrasound absorption were calculated. All the quantities were shown to have distinct anisotropy.