

## ОТЖИГ ДЕФЕКТОВ В ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ ${}^4\text{He}$

А.А.Левченко, Л.П.Межов-Деглин

Энергия активации процессов диффузии дислокаций в деформированных кристаллах  ${}^4\text{He}$ , выращенных при давлении в 31 атм совпадает с энергией активации вакансий в образцах той же плотности, а также с характерной энергией активации примесных атомов  ${}^3\text{He}$  и зарядов в области термоактивированного движения.

Ранее мы сообщали <sup>1</sup>, что изгиб совершенных кристаллов ГПУ  ${}^4\text{He}$  при  $T \leq 0,45$  К приводит к многократному уменьшению коэффициента теплопроводности  $\kappa(T)$ . Судя по величине и температурной зависимости теплопроводности деформированного кристалла дополнительное сопротивление  $W_g = \kappa_g^{-1} - \kappa_u^{-1}$  ( $\kappa_u, \kappa_g$  – теплопроводности исходного и деформированного образца) обусловлено в основном рассеянием фононов на введенных при изгибе дислокациях. Измерения показали, что деформированные кристаллы хорошо отжигаются: для возврата теплопроводности деформированного образца к исходному значению  $\kappa_u$  за время  $\cong 10$  мин достаточно нагреть образец до температуры  $T_0 = 0,6 - 0,8 T_{\text{плав}}$ . Время, необходимое для полного отжига введенных изгибом дефектов с понижением температуры быстро возрастает. Естественно предположить, что величина  $W_g$  пропорциональна плотности введенных дефектов. Поэтому исследование зависимости  $W_g$  от времени отжига при различных температурах позволяет судить о температурной зависимости подвижности свежевведенных дислокаций.

В данной работе приводятся результаты измерений зависимости дополнительного теплового сопротивления от времени  $W_g(t)$  при разных температурах отжига. Эксперименты выполнены на образцах из чистого  ${}^4\text{He}$ , выращенных при постоянном давлении в 31 атм в тонкостенном металлическом капилляре внутренним диаметром 1,8 мм, длиной 15 см, изогнутом на шаблоне радиусом  $\cong 5$  см. Конструкция прибора подробно описана в <sup>1</sup>.

Процедура измерений состояла в следующем. Сначала измеряли теплопроводность исходного образца  $\kappa_u$  в широком интервале температур, затем образец деформировали (изгиб-разгиб при  $T \leq 0,40$  К) и измеряли величину  $W_g$  при  $T = 0,403$  К в зависимости от времени отжига образца при фиксированной температуре  $T_{\text{отж}}$ . Отжиг проводили при нескольких температурах,  $T_{\text{отж}} = 0,45$  К,  $T_{\text{отж}} = 0,475$  К,  $T_{\text{отж}} = 0,50$  К,  $T_{\text{отж}} = 0,55$  К,  $T_{\text{отж}} = 0,62$  К. Чтобы обеспечить одинаковую исходную плотность введенных дефектов, после цикла измерений при данной  $T_{\text{отж}}$  образец отжигали при 1,5 К и вновь деформировали при  $T \leq 0,40$  К.

Зависимости относительного теплового сопротивления  $W_g(t)/W_g(0)$  от времени выдержки при данной  $T_{отж}$  приведены на рис.1 (время выдержки  $t$  измеряется в минутах). Величина  $W_g(0) = \kappa_g^{-1}(0) - \kappa_u^{-1}$ , где  $\kappa_g(0)$  – теплопроводность при  $T = 0,403$  К, измеряемая сразу же после деформации до отжига. Оказалось, что экспериментальные результаты хорошо описываются зависимостью вида

$$W_g(t)/W_g(0) = 1 - A \ln(1 + \frac{t}{\tau})$$

используемой при описании явлений возврата в деформированных кристаллах<sup>2</sup>, где  $A$  – некоторая константа,  $\tau$  – время релаксации, зависящее от температуры  $T_{отж}$ . Из рис. 1 видно, что с повышением температуры скорость отжига быстро возрастает. Полагая, что процесс диффузии дислокаций носит термоактивированный характер, т.е.  $\tau \sim \exp(\Delta/T)$ , по известным  $\tau(T)$  можно оценить величину энергии активации  $\Delta$ .

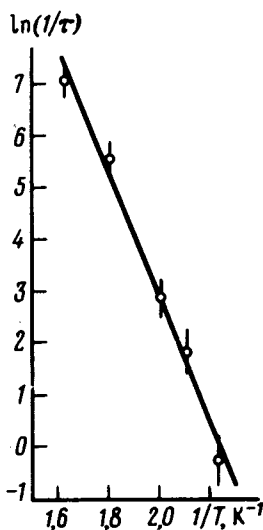
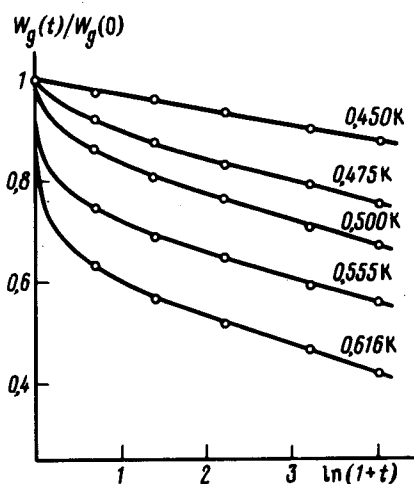


Рис.1. Зависимость относительного теплового сопротивления от времени выдержки при разных температурах отжига

Рис.2. Зависимость  $\ln(1/\tau)$  от  $1/T$

Зависимость  $\ln(1/\tau)$  от  $1/T$  показана на рис. 2. Видно, что экспериментальные точки удовлетворительно ложатся на прямую линию. Вычисленная по наклону прямой энергия активации  $\Delta$  равна  $11,6 \pm 1,5$  К. Среднее значение энергии активации рассчитанное по измерениям на четырех образцах составило  $12 \pm 2$  К.

Полученные значения энергии активации процессов диффузии дислокаций в ГПУ  $^4\text{Ne}$  совпадают с энергией активации вакансий и характерными энергиями активаций примесных атомов  $^3\text{He}$  и зарядов в области термоактивированного движения (см. например<sup>3</sup>).

Авторы благодарны В.Н.Хлопинскому за помощь в подготовке и проведении экспериментов.

#### Литература

1. Левченко А.А., Межев-Деглин Л.П. ЖЭТФ, 1982, 82, 278.
2. Коттрел А.Х. „Дислокации и пластическое течение в кристаллах“, М.: Металлургиздат, 1958.
3. Шикин В.Б. УФН, 1977, 121, 457.