

После установки в автоионный микроскоп и формирования атомно-гладкой поверхности образцы испарялись полем при 78°K со скоростью, приблизительно равной одному атомному слою (110) в секунду. При этом плотность пондеромоторных сил на поверхности образцов составляла $\sim 1500 \text{ кг/мм}^2$ и поддерживалась постоянной в процессе испарения в пределах 2%.

В результате проведенных исследований оказалось, что при испарении полем игольчатых монокристаллов в интервале диаметров $200\text{--}1000 \text{ \AA}$ более 50% образцов не обнаруживают каких-либо следов пластической деформации. Приблизительно у 10% образцов в процессе низкотемпературного нагружения электрическим полем наблюдается пластическая деформация с нарушением монокристалльности. В качестве примера на рис. 1, а и б приведены автоионные микрофотографии, иллюстрирующие возникновение переориентированного участка микрокристалла. Первоначально монокристалльный образец (рис. 1, а) под действием пондеромотор-

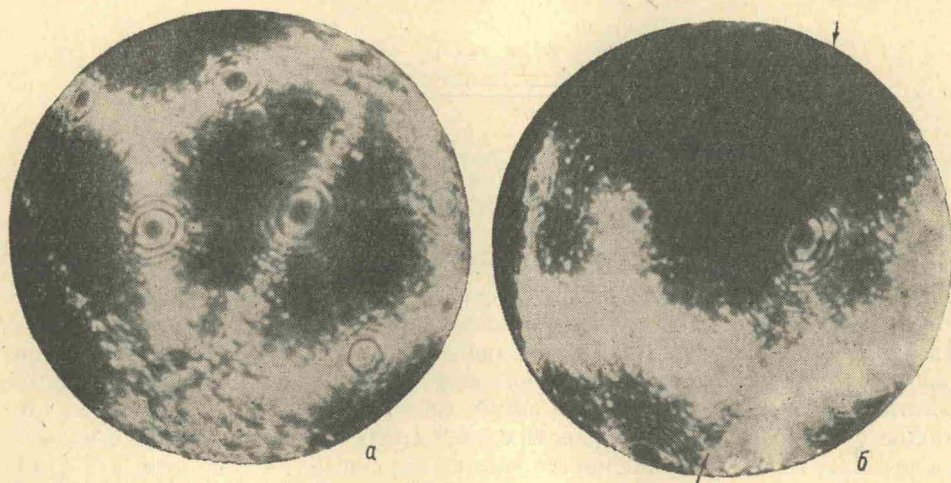


Рис. 1. Переориентация части микрокристалла под действием механических напряжений.

Угол разориентации 55° относительно оси [110].

ных сил продеформировался с образованием большеугольной границы. Разориентация смежных зерен описывается поворотом относительно оси [110] на угол 55° , приблизительно соответствующий образованию решетки совпадающих узлов [4, 5] с обратной плотностью совпадений $\Sigma = 11$. Вблизи центрального полюса [110] на границе наблюдаются спиральные атомные ступеньки, обычно возникающие при отклонении ориентационных соотношений большеугольных границ от специальных. Нормальная к поверхности компонента векторов Бюргера дислокаций, порождающих в процессе испарения полем геликоидальные фигуры, равна $\frac{1}{2} [110]$.

В большинстве случаев деформация монокристаллов приводила к образованию бикристаллов с большеугольными границами сравнительно малой кривизны. В двух из более ста исследованных образцов наблюдалась переориентация с формированием более сложных зернограничных конфигураций. Границы зерен, как правило, обнаруживали высокую устойчивость в поле пондеромоторных сил электрического поля. Однако в ряде случаев наблюдалось скачкообразное перемещение границ зерен на расстояние $200\text{--}400 \text{ \AA}$. Образование и перемещение большеугольных границ под действием высоких напряжений, по-видимому, аналогично наблюдавшемуся ранее [6] явлению низкотемпературной «механической рекристаллизации».

Приведенные данные об образовании большеугольных границ в условиях, практически исключающих термическую активацию процесса,

качественно согласуются с описанным в [1] механизмом формирования и миграции границ зерен под действием механических напряжений. Сдвиговое напряжение, необходимое для безактивационного протекания реакции между параллельными отталкивающимися дислокациями с векторами Бюргера b , ориентированными под углом α друг к другу, равно [1]

$$\tau_0 \approx \frac{\mu B \cos \alpha}{2\pi(1-\nu)r_0\sqrt{e}},$$

где μ — модуль сдвига, ν — коэффициент Пуассона, r_0 — радиус ядра дислокации.

Напряжения, при которых наблюдалась низкотемпературная переориентация микроструктур, изменялись в пределах $\mu/30$ — $\mu/20$, что

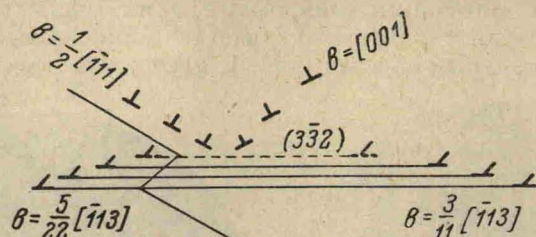


Рис. 2. Схема образования зародыша нового зерна при пересечении скоплений дислокаций.

в 2—3 раза меньше величины τ_0 . Последнее может быть связано с образованием в процессе пластической деформации небольших скоплений дислокаций, повышающих уровень локальных напряжений до величины τ_0 . На рис. 2 изображена одна из возможных схем образования нового зерна, разориентированного относительно матрицы на угол $\omega = 50.5^\circ$ при взаимодействии пересекающихся скоплений дислокаций $1/2 [111]$ и $[001]$, лежащих соответственно в плоскостях (112) и (110) . Возникающие в процессе последовательно протекающих реакций краевые дислокации $1/2 [\bar{1}13]$ расщепляются в плоскости $(3\bar{3}2)$ на две частичные $5/22 [\bar{1}13]$ и $3/11 [\bar{1}13]$, ограничивающие переориентированную область кристалла.

Снижение напряжения формирования большеугольных границ зерен, по-видимому, может быть связано также с непараллельностью дислокаций, вступающих в реакцию. Образующиеся в результате реакций зернограничные дислокации ограничены тройными узлами. Такая дислокационная конфигурация является сидячей и при наличии сдвиговых напряжений в плоскости расщепления может служить источником зернограничных дислокаций.

Л и т е р а т у р а

- [1] И. М. Михайловский. ФТТ, 14, 0000, 1972.
- [2] Р. И. Гарбер, Ж. И. Дранова, И. М. Михайловский. ДАН СССР, 174, 1044, 1967.
- [3] Ж. И. Дранова, И. М. Михайловский, В. И. Афанасьев. ФММ, 32, 179, 1971.
- [4] D. G. Brandon. Acta Met., 15, 341, 1967.
- [5] Р. И. Гарбер, Ж. И. Дранова, И. М. Михайловский. ЖЭТФ, 54, 714, 1968.
- [6] И. А. Гиндин, Б. Г. Лазарев, Я. Д. Стародубов. ФТТ, 3, 920, 1961.

Физико-технический институт
АН УССР
Харьков

Поступило в Редакцию
10 апреля 1972 г.
В окончательной редакции
20 июля 1972 г.