

## САМОПРОИЗВОЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОБЛУЧЕННОМ КРИСТАЛЛЕ

*В.С.Кружанов, О.В.Подшивалова*

Наблюдается самопроизвольное блуждание жидких включений в кристалле, в котором равномерно распределены радиационные дефекты. Предлагается объяснение собственно процесса движения и хаотичности его направления. Термодинамическая оправданность наблюдаемого явления обусловлена понижением дефектности кристалла при движении в нем включений.

Известно <sup>1</sup>, что жидкое включение в монокристалле (например, захваченное при росте включение маточного раствора) может перемещаться как целое. Процесс движения происходит путем растворения вещества кристалла на одной из поверхностей включения, диффузии через его объем и осаждения на противоположной поверхности. При этом дви-

жение включения происходит в направлении, противоположном направлению потока вещества кристалла через объем включения. Движущей силой обсуждаемого процесса является градиент химического потенциала атомов кристалла, обусловленный либо внешним силовым полем, либо неоднородным распределением дефектов или напряжений в той области кристалла, где находится включение<sup>1-3</sup>. Нами обнаружен другой тип движения включений, реализующийся в случае, когда дефектность в кристалле распределена равномерно, и, следовательно, сила, способная вынудить движение, в исходном состоянии отсутствует.

Обсуждаемый тип движения включений наблюдался нами в облученных кристаллах KCl с включениями насыщенного водного раствора размером до 100 мкм. Кристаллы облучались электронами энергией 10 МэВ дозой  $10^{17}$  см<sup>-2</sup>. Спектральные исследования облученных кристаллов показали наличие в них равномерно распределенных центров окраски преимущественно F- и V<sub>3</sub>-типа, концентрации которых были одного порядка и достигали величины  $2 \cdot 10^{17}$  см<sup>-3</sup>.

После облучения кристаллы выдерживались в изотермических условиях при комнатной температуре. При этом обнаруживалось самопроизвольное хаотическое движение включений, о реальности и траектории которого можно судить по просветленным следам за включениями. Типичная иллюстрация наблюдавшегося эффекта представлена на рис. 1. В описываемых опытах было установлено, что скорость движения включений зависит от их размера (рис. 2).

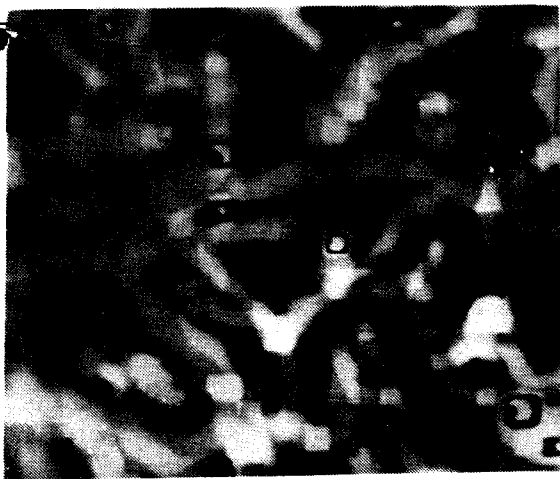


Рис. 1

Рис. 1. Миграция включений в облученном кристалле; время после облучения – 30 суток; увеличение 100

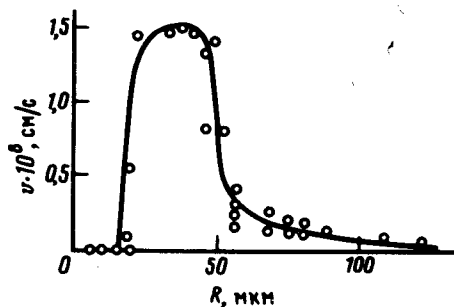


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость скорости движения включений от их размера

Движение включения является следствием направленного переноса вещества кристалла через включение под действием разности химических потенциалов атомов между его лобовой и тыльной поверхностями. Она появляется при незначительном смещении включения вследствие флуктуации или кратковременного внешнего воздействия и обусловлена тем обстоятельством, что вблизи лобовой поверхности включения кристалл содержит центры окраски, а на тыльной образуется неокрашенный кристалл. Неравнозначность структурного состояния лобовой и тыльной поверхностей включения сохраняется в процессе движения и поддерживает имеющуюся разность химических потенциалов. Энергию, необходимую для движения включения, система черпает из энергии центров окраски, которые исчезают в процессе движения включения.

Наблюдаемая зависимость  $v(R)$  объясняется следующими обстоятельствами. В области малых размеров, как известно <sup>4</sup>, движение включений является эффектом пороговым, т.е. включения, размер которых ниже некоторого порогового, в данном силовом поле неподвижны. Скорость движущихся включений пропорциональна градиенту химического потенциала атомов в его объеме <sup>1</sup>. Специфика нашего случая состоит в том, что разница химических потенциалов между лобовой и тыльной поверхностями не зависит от размера включения, а это значит, что градиент химического потенциала, а следовательно и скорость включений убывают с увеличением их размера. Именно такая зависимость и наблюдается в области больших размеров включений.

Тот факт, что движение включений имеет характер блужданий, объясняется следующим. Растворение вещества кристалла происходит на той из поверхностей включения, на которой имеется наиболее активный дислокационный источник ступеней растворения. При движении включения его поверхности пересекаются новыми, случайно расположенными дислокациями, и роль ведущего переходит от одного источника растворения к другому, благодаря чему включение изменяет направление своего движения.

Заметим, что описанный эффект может быть использован для изучения закономерностей растворения облученных кристаллов и для получения энергетических характеристик дефектов радиационного происхождения.

Авторы выражают глубокую признательность проф. Я.Е.Гегузину за полезные замечания при обсуждении работы и Ю.В.Владимирову, проводившему облучение образцов.

#### Литература

1. Гегузин Я.Е., Кривоглаз М.А. Движение макроскопических включений в твердых телах. М.: Металлургия, 1971, с. 344.
2. Дзюба А.С. ФТТ, 1977, 19, 78.
3. Гегузин Я.Е., Кружанов В.С., Кристаллография, 1979, 24, 866.
4. Anthony T. R., Cline H.E. J. Appl. Phys., 1971, 42, 3380.

Харьковский  
государственный университет им. А.М.Горького

Поступила в редакцию  
10 декабря 1986 г.