

Л. В. СКОБЕЛЕВА, П. И. НИКИТИЧЕВ, Г. В. КЛЕЩЕВ, А. Н. БРЫЗГАЛОВ,
Л. Н. ЧЕРНЫЙ, Т. Н. КИТАЕВА

ПАССИВНЫЕ ГРАНИ И ДЕФЕКТНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 14 XII 1970)

Известно, что грани гексагональной призмы m ($10\bar{1}0$) кристаллов кварца являются пассивными, нарастание по ним практически не происходит (^{1, 2}); у кристаллов корунда, выращенных гидротермальным методом, пассивны грани пинакоида C (0001) (³). В настоящем сообщении показывается, что пассивные грани могут играть существенную роль в формировании кристалла и быть ответственными за образование в них дефектных поверхностей.

Исследовалось строение искусственных кристаллов кварца (и. к. к.), выращенных на затравочных пластинах, поверхности среза которых (несингулярные грани) образовывали различные углы α с гранью тригональной призмы X ($11\bar{2}0$). Изучаемые образцы вырезались из сектора роста этих несингулярных граней выросшего кристалла. Для сравнения изучалось строение кристаллов корунда, выращенных гидротермальным методом (⁴). В качестве затравки использовался кристалл, имеющий цилиндрическую форму, выращенный по методу Вернейля. Геометрическая ось его направлена перпендикулярно $[0001]$.

Применялись методы рентгеновской топографии (⁵⁻⁷) и травления гидротермальным раствором при высоких температурах и давлениях (^{8, 9}).

Результаты работы сводятся к следующему. 1. И. к. к. в секторах роста несингулярных граней имеют пластинчатое строение (рис. 1а). Пластинки параллельны пассивной грани m , образующей наименьший угол с данной несингулярной поверхностью, и разделены границами, которые параллельны указанной пассивной грани. Эти границы представляют собой дефектные поверхности. Они, как и дислокации, являются существенным элементом субструктуры.

2. Образование таких дефектных поверхностей связано с особенностями строения несингулярных граней, на которых нарастает кристалл. Известно (¹⁰), что несингулярная грань в контакте с раствором приобретает ступенчатое строение. На рис. 1б видно, что ступени особенно отчетливы на границе кристалл — затравка. Одна из сторон каждой ступени в нашем случае параллельна пассивной грани m , и в процессе нарастания кристалла она, разрастаясь в тангенциальном направлении, образует дефектную поверхность. Кристалл оказывается разделенным многочисленными дефектными поверхностями на пластины.

3. Каждая такая пластина имеет характерную структуру: она состоит из отдельных ламелей, границы которых параллельны грани тригональной призмы X .

4. В секторах роста рассматриваемых несингулярных граней обнаруживаются дислокации (рис. 2). На топограммах в рефлексе (0003) выявляются дислокации, вектор Бюргера которых направлен по оси $[0001]$. Подтверждением тому является отчетливый дифракционный контраст в рефлексе (0003) и полное отсутствие его в рефлексах ($10\bar{1}0$) и ($11\bar{2}0$).

Линии таких дислокаций почти параллельны кристаллографической оси a (угол с осью a не превышает 7°).

5. В рефлексе $(11\bar{2}0)$ обнаруживаются дислокации другого типа, лежащие в плоскостях, параллельных дефектным поверхностям. Однако линии дислокаций образуют с осью a заметно больший угол ($\sim 20^\circ$). Дислокации этого типа обнаруживаются в рефлексе $(10\bar{1}0)$, а в рефлексе (0003) перестают обнаруживаться. По-видимому, вектор Бюргера дисло-



Рис. 1

Рис. 1. Строение и.к.к. в секторе роста несингулярной грани. $\alpha = 15^\circ$, гидротермальное травление, срез (0001) . a — пластинчатое строение и.к.к., дефектные поверхности и ступени на границе кристалл — затравка, $10\times$; b — ламеллярное строение пластин, ямки травления на их границах, $400\times$

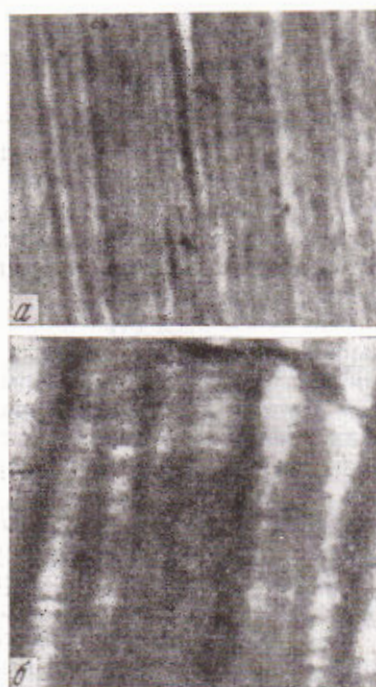


Рис. 2

Рис. 2. Дислокации и.к.к. Срез $(10\bar{1}0)$, a — рефлекс (0003) ; b — $(10\bar{1}0)$; $70\times$

каций этого типа параллелен кристаллографической оси a , т. е. направлен по линии дислокации. Такое соотношение ориентировок оси и вектора Бюргера указывает, что рассматриваемые дислокации являются винтовыми. Они распределяются по кристаллу неравномерно, в некоторых областях их концентрация настолько велика, что отдельные дислокации выявляются с трудом, а весь этот участок изображается на топограмме в виде широкой полосы с почти однородным потемнением.

6. Дислокации первого типа являются краевыми и, по-видимому, лежат в дефектных поверхностях параллельных медленно растущей грани m . Выходы этих дислокаций на поверхность кристалла выявляются в виде ямок травления (рис. 1б).

Дислокации второго типа формируются не в дефектных поверхностях, а внутри пластин. Они не перпендикулярны фронту роста кристалла и образуют с ним угол α , величина которого зависит от ориентировки несин-

гулярной поверхности. Так у изученных нами кристаллов угол $\alpha \sim 20-25^\circ$. Не исключено, что нарастание пластин в секторе роста несингулярных поверхностей происходит за счет этих винтовых дислокаций, однако убедительных данных в пользу такого предположения пока нет.

7. Аналогичные дефектные поверхности обнаруживаются у и.к.к., выращенных на затравочных пластинах, составляющих некоторый угол с гранью $(10\bar{1}1)$ (рис. 3). В этом случае дефектные поверхности параллельны другой медленно растущей грани R $(01\bar{1}1)$.

8. Дефектные поверхности выявляются и у природных кристаллов кварца (рис. 2 в (1)). На стадии регенерации равновесной формы его



Рис. 3. Дефектные поверхности и.к.к., параллельные грани $(01\bar{1}1)$. Срез (1120) , рефлекс $(01\bar{1}1)$; $70\times$



Рис. 4. Дефектные поверхности, параллельные грани пинакоида в секторе роста m (кристалл корунда). В центре — затравка, секторы роста грани m , дефектные поверхности выявляются в виде темных линий; $10\times$

нарастание происходит по несингулярной грани и при этом в секторах роста ромбоэдров формируются многочисленные дефектные поверхности.

9. При нарастании кристалла корунда на затравке цилиндрической формы сначала происходит регенерация стационарной формы нарастающим по граням гексагональной призмы m . В регенерационном секторе роста формируются многочисленные дефектные поверхности (рис. 4), параллельные пассивной грани пинакоида (0001) . Они, как и в случае кристаллов кварца, начинаются от поверхности затравки.

Таким образом, при нарастании кристаллов по несингулярным граням в них образуются многочисленные дефектные поверхности, параллельные медленно растущим (либо пассивным) граням. Зародышами этих поверхностей являются ступеньки на несингулярной грани.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Н. Брызгалов, Г. В. Клещев, Зап. Всесоюзн. мин. общ., **99**, 106 (1969).
² К. Ф. Кашкуров, В. Т. Ушаковский и др., Там же, **96**, 435 (1967). ³ П. И. Никитичев, В. Г. Ноздрина, Л. И. Цинобер, Тр. Всесоюзн. п.-и. инст. пьезоматериалов, **4** (1960). ⁴ П. И. Никитичев, Г. В. Клещев и др., Зап. Всесоюзн. мин. общ., **97**, 376 (1968). ⁵ Сборн. Прямые методы исследования дефектов в кристаллах, под ред. А. М. Елистратова, М., 1965. ⁶ И. В. Кабанович, А. Г. Смагин и др., Изв. высш. учебн. завед., физика, **1**, 158 (1970). ⁷ И. В. Кабанович, Л. Н. Черный и др., Мин. сборн. Львовск. унив., **4**, 57 (1966). ⁸ И. Шмид, Сборн. Рост кристаллов, **6**, «Наука», 1965, стр. 58. ⁹ Г. В. Клещев, А. Н. Брызгалов и др., Неорганические материалы, **4**, 362 (1968). ¹⁰ А. А. Чернов, УФН, **73**, 277 (1964). ¹¹ А. Н. Брызгалов, Л. Н. Черный и др., Сборн. Вопросы оптики и молекулярной спектроскопии, Челябинск, 1968, стр. 15.