

УДК 548.5+549.514.51

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

В. Т. УШАКОВСКИЙ, Л. Н. ЧЕРНЫЙ, П. И. НИКИТИЧЕВ

К ВОПРОСУ О РОСТЕ ГРАНЕЙ ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ ПРИЗМЫ В КРИСТАЛЛАХ КВАРЦА

(Представлено академиком Н. В. Беловым 9 XII 1969)

Морфология природных кристаллов кварца, как известно, очень разнообразна. Всего для кварца отмечено свыше 500 простых форм⁽²⁾. Однако основными формами, от которых зависит габитус кристаллов кварца, являются гексагональная призма $\{10\bar{1}0\}$, а также положительный $\{10\bar{1}1\}$ и отрицательный $\{01\bar{1}1\}$ ромбоэдры.

Согласно представлениям о секториальном строении кристаллов кварца⁽⁵⁾, грани гексагональной призмы при росте образуют собственные пирамиды роста. Это подтверждается либо наличием зональной окраски, либо присутствием минеральных включений (хлорита, карбоната и т. п.), образующих так называемые фантом-кристаллы.

Кроме призматических кристаллов кварца, в природных условиях часто встречаются обелисковидные кристаллы, т. е. кристаллы, суживающиеся от основания к головке. На таких кристаллах грани гексагональной призмы по существу отсутствуют. Вместо них развиты грани острейших ромбоэдров. Считается, что рост подобных кристаллов происходит только вдоль оптической оси, а призма практически не нарастает⁽⁶⁾.

Среди природных кристаллов кварца нередко встречаются бездефектные кристаллы, у которых грани гексагональной призмы не росли, хотя морфологически выражены отчетливо. Такие кристаллы сложены в основном пирамидами роста граней ромбоэдров $\{10\bar{1}1\}$ и $\{01\bar{1}1\}$, что удалось установить методом рентгеновской дифракционной топографии⁽⁴⁾.

Таким образом, среди природных кристаллов кварца отчетливо выделяются две группы кристаллов: 1) кристаллы, у которых происходил рост граней гексагональной призмы, и 2) кристаллы, у которых грани призмы практически не росли.

Исследования искусственных кристаллов кварца позволили выяснить, что в широком диапазоне температур, давлений и пересыщения грани гексагональной призмы практически не растут⁽¹⁾.

Последующая практика выращивания искусственных кристаллов кварца в промышленных масштабах показала, что, независимо от условий роста, наличия или отсутствия примесей, характера рабочих растворов, существенного роста граней гексагональной призмы получить не удалось. В связи с этим возникла проблема получения кристаллов большой величины, потребность в которых для промышленности все время возрастает.

Для выяснения условий роста граней гексагональной призмы природных кристаллов кварца применен метод рентгеновской дифракционной топографии⁽³⁾. Этим методом изучены кристаллы кварца, у которых макроскопически устанавливался рост призмы.

Кристалл кварца из месторождения горного хрусталя в Казахстане относится к кристаллам уплощенного облика: две противоположные грани гексагональной призмы шире остальных и сближены между собой. Грани ромбоэдров развиты неравномерно, из чего можно заключить, что кристалл рос в близком к горизонтальному положению. Об этом же говорит и одностороннее присутствие хлопьевидного карбоната, образующего фантом-кристалл. Отметим, что «внутренний кристалл» имеет обелисковид-

ный габитус, хотя в нижней его части уже сформированы грани гексагональной призмы. Длина описываемого кристалла по оси L_3 80 мм, а по большей оси L_2 25 мм.

На рис. 1* приведена рентгеновская топограмма среза (0001) этого кристалла. Топограмма выявляет интересные особенности в росте кристалла. Во-первых, обращает на себя внимание тот факт, что после выпадения карбоната на верхние грани кристалла начался двойниковый рост этих граней: появились бразильские двойники; грани же, обращенные вниз и свободные от примесей, росли без каких-либо дефектов. Во-вторых, наблюдается отчетливое изменение формы кристалла в процессе роста: превращение первоначально обелисковидного кристалла в призматический.

На рис. 2 показана рентгеновская топограмма еще одного кристалла, вернее его обломка, в котором наблюдался «кристалл в кристалле». Обломок бесцветный, без видимых дефектов, с частично сохранившимися гранями гексагональной призмы. На топограмме среза (1120) видно, что «внутренний кристалл» формировался за счет граней ромбоэдров, и габитус его обелисковидный. Обладая в целом довольно совершенной структурой, этот кристалл имеет по краям и дефектные участки. Дефекты структуры «внутреннего кристалла» дали начало росту бразильских двойников. Интересно, что выше дефектов наблюдается слоистость, параллельная острейшим ромбоэдрам, и снова отчетливо проявляется превращение в процессе роста обелисковидного кристалла в призматический.

На рис. 3 приведена фотография пластинки кристалла кварца среза (0001) из месторождения на Южном Урале, в котором также виден «кристалл в кристалле». Кристалл дымчатый, слегка уплощенного габитуса, слабо суживающийся к головке, длина его по оси L_3 125 мм, по большой оси L_2 65 мм. «Внутренний кристалл» проявлен зональной примесью хлорита и карбоната, форма его обелисковидная. На поверхности одной грани гексагональной призмы наблюдается ступенька, которая наследуется из «внутреннего кристалла». На рис. 3 хорошо видно, что рост граней гексагональной призмы связан с образованием бразильских полисинтетических двойников.

Рост граней гексагональной призмы, как известно, характерен для кристаллов аметиста скипетровидного облика. И здесь их рост связан с образованием бразильских двойников, так как эти двойники присутствуют во всех без исключения кристаллах аметиста (2).

Таким образом, устанавливается прямая связь роста граней гексагональной призмы с образованием бразильских двойников. Чаще всего это происходит после перерыва в минералообразовании, когда на кристалл осаждаются примеси и создаются условия для образования двойников.

Связь роста граней гексагональной призмы с образованием бразильских двойников не случайна.

Согласно представлениям В. Т. Ушаковского (7), рост кристаллов кварца происходит только по направлению положительного конца полярных осей $X(L_2)$. В связи с этим рост по направлению электрически нейтральных осей Y у кристаллов кварца в идеальном случае должен отсутствовать. А так как грани гексагональной призмы расположены перпендикулярно осям Y , то рост их не происходит. Образование полисинтетических бразильских двойников приводит, как известно, к нейтрализации полярных осей X , в связи с чем появляются еще неизвестные нам изменения в механизме роста кристаллов, приводящие к росту граней гексагональной призмы. Условия образования бразильских двойников детально не изучены, известно только, что они являются двойниками роста. Опыты по получению полисинтетических бразильских двойников при выращивании искусственных кристаллов кварца не дали положительных результатов.

* Рис. 1, 2, 3 см. на вклейке к стр. 1027.

При образовании дофинейских двойников также происходит нейтрализация полярных осей в кристаллах кварца, но на рост граней гексагональной призмы эти двойники никакого влияния не оказывают, так как индивиды в них расположены довольно крупными блоками, и каждый из них растет как монокристалл.

Стимулирующим фактором для роста граней гексагональной призмы является выпадение на их поверхность различных примесей, за счет которых образуются входящие углы, приводящие к нарушению равновесной формы.

Как видно из топограммы (рис. 1), наряду с двойниковым, происходит, хотя и с меньшей скоростью, бездефектный рост отдельных граней гексагональной призмы. Это обусловлено, очевидно, образованием входящего угла за счет более интенсивного роста тех граней, где имеются бразильские двойники.

Бездефектный рост отдельных граней гексагональной призмы, связанный с двойниковым ростом соседних граней, можно использовать для получения искусственных кристаллов кварца с большим поперечным сечением.

Таким образом, искусственные кристаллы кварца, а также те из природных кристаллов, которые растут в стабильных условиях и свободны от дефектов, формируются в основном за счет роста граней ромбоэдров. Роста граней гексагональной призмы в таких условиях не происходит.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. П. Бутузов, Н. Ю. Иксриикова, Зап. Всесоюзн. минералог. общ., ч. 85 в. 3. (1956). ² Дж. Дэна, Э. С. Дэна, В. Фрондель, Система минералогии, Минералы кремнезема, М., 1966. ³ И. В. Кабанович, В. Т. Ушаковский и др., Минералог. сборн. Львовск. унив., в. 4, № 20 (1966). ⁴ К. Ф. Капкuroв, В. Т. Ушаковский и др., Зап. Всесоюзн. минералог. общ., ч. 96, в. 4 (1966). ⁵ Г. Г. Леммлейн, Секториальное строение кристаллов, Изд. АН СССР, 1948. ⁶ В. А. Москвитский, Зап. Всесоюзн. минералог. общ., ч. 82, в. 5 (1953). ⁷ В. Т. Ушаковский, Там же, ч. 97, № 5 (1968).