

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Е. В. ЦИНЗЕРЛИНГ

**СТАБИЛИЗАЦИЯ РЕШЕТКИ КВАРЦА,  
ИМЕЮЩЕГО ЗОНАРНОЕ СТРОЕНИЕ**

(Представлено академиком А. В. Шубниковым 16 I 1954)

Автором ранее было показано <sup>(1)</sup>, что решетку кварца можно стабилизировать искусственным путем. Ее можно лишить способности к переориентации, например отрицательного ромбоэдра  $r$  в положительный  $R$  и обратно  $r \rightleftharpoons R$ , при воздействии способами искусственного двойникования или отжига. Для этого следует предварительно вывести из кварца примеси методом электроочистки <sup>(2)</sup>. Искусственную стабилизацию решетки наглядно можно наблюдать на кварце, обладающем зонарным строением.

Зонарное строение кварца выявляется в появлении зонарной окраски после облучения кристалла рентгеновскими лучами, но гораздо отчетливее оно подчеркивается образованием вторичных двойников, которые можно получить искусственно либо методом  $\alpha \rightleftharpoons \beta$ -превращения <sup>(3)</sup>, либо деформацией кручения <sup>(4)</sup> или изгиба.

Проследим влияние зонарного строения кварца на процесс двойникования, связанного с другими явлениями. Возьмем для нашей серии опытов монокристалльную пластинку из трудно двойникуемого зонарного кварца, вырезанную параллельно отрицательному ромбоэдру  $r$ , который мы условно изображаем на рисунках черным цветом. Такая пластинка должна частично переориентироваться при искусственном двойниковании в зоны положительного ромбоэдра  $R$  <sup>(5)</sup>, который мы обозначаем белым цветом. На рис. 1, состоящем из трех рядов парных фотографий, последовательно отражены результаты различных операций, сделанных с одной и той же пластинкой \*. В левом столбце даны изображения одной стороны пластинки, в правом — другой стороны.

На рис. 1 *а* и *б* показано зонарное распределение двойниковых полей  $R$ . Они возникли в монокристалльной пластинке после того, как она претерпела однократное  $\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$ -превращение, и по местоположению совпадают с теми зонами, которые слабо окрасились при облучении рентгеновскими лучами.

После этого пластинка была подвергнута электроочистке только в нижней ее половине. Затем вся пластинка при 500° была подвергнута деформации кручения. В результате этих двух операций мы получили картину, показанную на рис. 1 *в* и *г*. Нижняя половина пластинки, лежащая к аноду, резко отличается от верхней ее половины: верхняя часть (рис. 1 *в*) стала почти монокристалльной, в нижней же части произошла стабилизация и потому здесь сохранилось расположение полос \*\* пер-

\* После каждой операции прежний рисунок двойниковых границ, выявленный травлением плавиковой кислотой, шлифуется с поверхности пластинки, которая вновь травится, чтобы обнаружить новый рисунок.

\*\* Зонарные полосы выявлены по своей длине только частично вследствие неполного контакта кварцевой пластинки с анодным электродом.

вичной ориентировки  $r$ . Эти зоны (черные) остались несдвоенными, несмотря на приложенную деформацию кручения.

Нижняя половина пластинки, обращенная к катоду, осталась неочищенной от примесей вследствие кратковременного действия электроочистки. Эта часть слоя пластинки, как и вся верхняя ее половина, тоже с загрязненной решеткой, изменили свою первоначальную ориентировку почти полностью на положительный ромбоэдр  $R$ . Под влиянием приложенной деформации кручения мы получили почти монокристалл (рис. 1  $г$ ).

Последующая операция состояла в следующем. Пластика была подвергнута термической обработке с максимальной температурой  $500^\circ$  в течение 1 часа. Весь процесс нагревания и охлаждения продолжался 12 час. В результате этой обработки произошли новые изменения (рис. 1  $д$  и  $е$ ). Возврат двойниковых полей к первичной ориентировке  $r$  (<sup>4</sup>, <sup>6</sup>) произошел только в неочищенных от примесей частях пластинки и только в тех зонах, которые были окрашены более интенсивно при облучении рентгеновскими лучами. Это относится к обеим сторонам верхней половины пластинки и к соприкасающейся с катодом нижней ее половине. Наоборот, в половине, обращенной к аноду, сохранилась прежняя картина. Ни рисунков двойниковых границ, ни ориентировка самих двойниковых полей совсем не изменились.

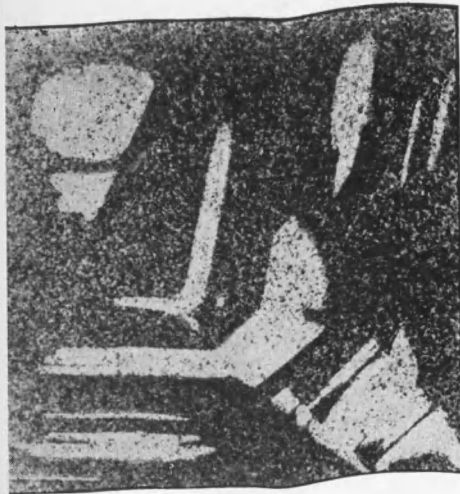
Стабилизация двойникового рисунка с соответствующей ориентировкой отрицательного и положительного ромбоэдров в отдельных зонах обусловлена воздействием электроочистки. Она прочно сохранилась, несмотря на приложенную деформацию кручения и последующую термическую обработку.

Наложим мысленно друг на друга рисунки  $a$  на  $в$ ,  $a$  на  $д$  и  $б$  на  $е$ . Если сравнить полученные таким образом новые картины с рисунком распределения темной и светлой окраски, выявленной на пластинке при облучении рентгеновскими лучами, то заметим следующее: зоны отрицательного ромбоэдра  $r$  (черные) соответствуют областям темной окраски, а участки положительного ромбоэдра  $R$  (белые) совпадают с полями светлыми\*. Так как на протяжении всей серии опытов черные полосы укладываются в те же промежутки между белыми, то это доказывает, что разные процессы двойникового строения протекают по строго определенным зонам и связаны с различной интенсивностью окраски. Двойникование у кристаллов кварца, обладающих зонарным строением, происходит по светлым зонам, если оно вызвано принудительно соответственными методами, как это было доказано уже ранее (<sup>3</sup>), а двойникование при возврате к первичной ориентировке происходит по темным зонам. Это последнее связано с неустойчивым состоянием после деформации кручения только таких кварцев, которые засорены сплошь или только в отдельных зонах примесями. Такие кварцы по своей природе весьма стабильны.

Эти опыты подтверждают ранее высказанные автором взгляды о влиянии примесей на процесс двойникового кварца.

Искусственная стабилизация двойникового или монокристалльного состояния кварца, возникающая под влиянием электрического поля, происходит одинаково прочно в любом кварце и независимо от ориентировки образца. Стабилизация кварца в своей исходной ориентировке происходит благодаря выводу из решетки примесей под действием электрического поля. Последнее обнаруживается после облучения рентгеновскими лучами по более светлой окраске в поверхностном слое, находящемся под анодом. Слой кварца, обращенный к катоду, не меняет в этом случае своей окраски (<sup>2</sup>). Следовательно, решетка этого слоя не претерпевает тех изменений, которые происходят в прианодном слое, и сохраняет свои свойства, связанные с процессом двойникового.

\* За исключением того случая, когда происходит полная монокристаллизация.



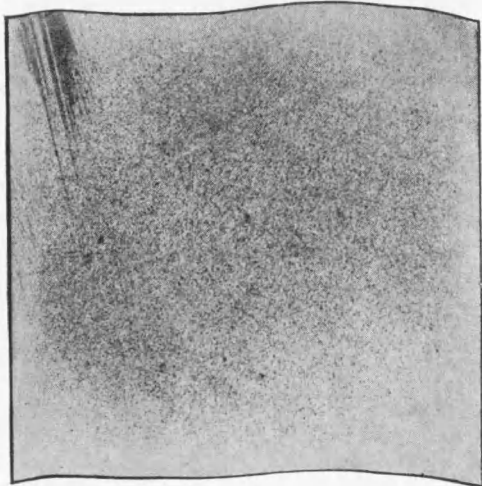
*a*



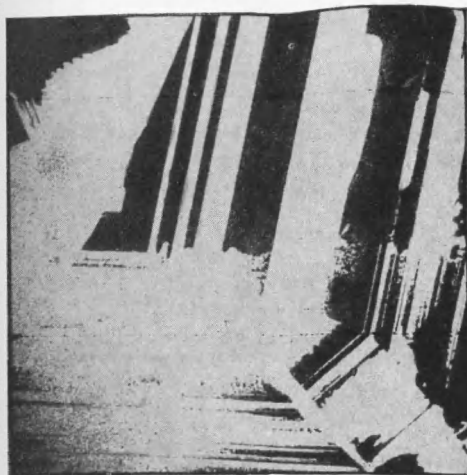
*б*



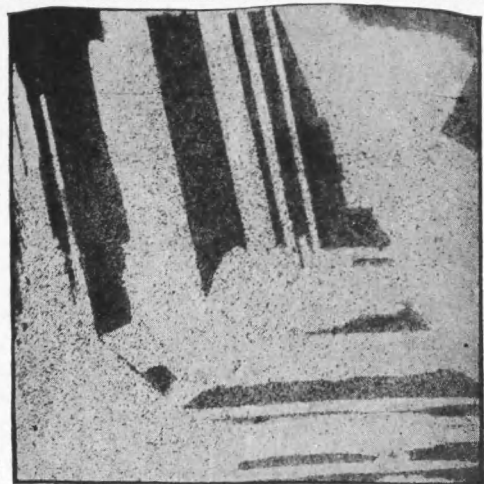
*в*



*г*



*д*



*e*

Рис. 1. Двойниковый рисунок на двух сторонах пластинки после различных операций. *a* и *б* — после  $\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$ -превращения; *в* и *г* — после электроочистки нижней половины пластинки и деформации кручения всей пластинки; *д* и *е* — после отжига

Решетка кварца, по природе относительно чистая от примесей, и решетка кварца, искусственно очищенная от примесей, существенно отличаются друг от друга: первая обладает пластическими свойствами, вторая их лишена.

Двойниковая кварцевая пластинка, подвергнутая электроочистке, не способна ни раздвойниковываться кручением, ни изменять конфигурацию двойников при отжиге.

Электроочистка испытуемой пластинки была любезно проведена Л. Г. Ченцовой, за что приношу ей свою благодарность.

Институт кристаллографии  
Академии наук СССР

Поступило  
16 I 1954

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Е. В. Цинзерлинг, ДАН, **95**, № 3 (1954). <sup>2</sup> Л. Г. Ченцова, Н. Е. Веденеева, ДАН, **48**, № 2, 305 (1949). <sup>3</sup> Е. В. Цинзерлинг, ДАН, **57**, № 4, 387 (1947). <sup>4</sup> Е. В. Цинзерлинг, ДАН, **94**, № 6 (1954). <sup>5</sup> Е. В. Цинзерлинг, Г. Г. Леммлейн, ДАН, **33**, № 6, 419 (1941). <sup>6</sup> Е. В. Цинзерлинг, ДАН, **90**, № 5, 785 (1953).