

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ДЕФЕКТНУЮ СТРУКТУРУ СИНТЕТИЧЕСКОГО КВАРЦА

С. А. АДАМЯН, П. А. БЕЗИРГАНЯН, Е. Г. ЗАРГАРЯН

Изучено поведение линейных дефектов, имеющих дислокационный характер, в поле пьезодеформации и вне его. Показано, что видимость линейных дефектов сильно изменяется в области деформации, особенно на краях области. Ухудшение видимости дефектов обусловлено повышением общей интенсивности рентгеновских лучей, рассеянных на деформированной области.

Рентгенотопографический метод Ланга дает возможность изучать дефектную структуру квазисовершенных кристаллов. Изучению дефектной структуры синтетического кварца этим методом посвящено много работ [1—5]. В них подробно изучена дефектная структура кварца, обусловленная условиями роста кристалла. Ростовые дефекты и дислокации в синтетических кристаллах кварца были впервые обнаружены и исследованы методами избирательного травления, термического декорирования, а также методом оценки оптической однородности выросшего материала по теневым проекциям.

На основе проведенных исследований были получены следующие результаты. Было установлено, что ростовые дефекты и дислокации ориентированы почти нормально к поверхности роста [3]. Основная масса ростовых дислокаций берет начало с поверхностных дефектов затравки, а также является наследником дислокаций, содержащихся в затравке. Часть дислокационных пучков зарождается на посторонних включениях, захваченных кристаллом.

Рентгенотопографические исследования синтетического кристалла кварца подтверждают дислокационную природу линейных ростовых дефектов и позволяют определить характер векторов Бюргерса. Но дислокационная структура до сих пор окончательно не выяснена. Особенно мало изучены изменения дефектной структуры под внешним воздействием.

Целью настоящей работы является исследование изменения дефектной структуры синтетического кристалла кварца под влиянием электростатического поля.

Для проведения исследований из кристалла синтетического кварца были изготовлены пластинки x -среза с толщиной 0,2 мм; плотность дислокаций составляла не более 10^2 см^{-2} . После механической и химической обработок на пластинку наносились методом вакуумного испарения серебряные электроды, при помощи которых на пластинку подавалось электрическое поле.

Дефектная структура синтетического кристалла кварца исследовалась рентгенотопографическим методом Ланга (рис. 1). Узкий рентгеновский пучок, выходящий из диафрагмы с шириной 40 мкм, падал на кристалл,

который находился на расстоянии 1 м от точечного фокуса рентгеновской трубки БСВ-19Мо.

Фотопластинка с высокой разрешающей способностью помещалась на расстоянии 1 см от диафрагмы, которая была помещена после образца для задержания первичного пучка. Были получены топограммы от кварцевых пластинок без нанесения серебряного слоя и с нанесенным тонким слоем серебра со временем экспозиций 3 часа. Работа проводилась на камере КРС с удлиненным коллиматором.

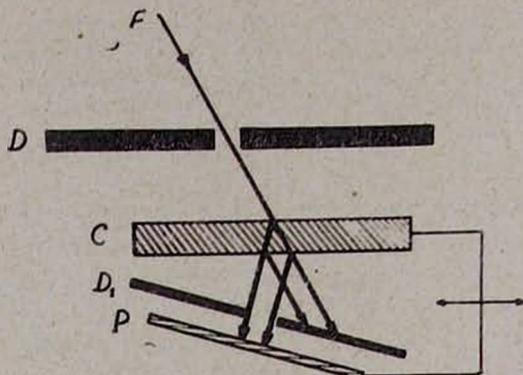


Рис. 1. Схематическое изображение рентгенофотографического метода Лапга: F — фокус рентгеновской трубки, D — диафрагма, C — пластинка из монокристалла кварца, D_1 — диафрагма для задержания первичного пучка, P — фотопластинка.

На полученных топограммах четко выражена дефектная структура кристалла кварца (рис. 2а). Были получены топограммы от одной и той же пластинки при наличии электростатического поля с напряженностью 10, 40, 60 и 100 кВ/см (соответственно рис. 2б, в, г и д).

При напряженности в 10 кВ/см на топограмме появляется слабо выраженное изображение электрода, которое усиливается с увеличением напряженности и становится уже достаточно четким при напряженности в 40 кВ/см. При высоких напряженностях (рис. 2в, г) в пределах электродов интенсивность продолжает увеличиваться, а на границах электродов наблюдается резкое падение интенсивности дифрагированных рентгеновских лучей. После выключения электростатического поля деформированные части пластинок не сразу восстанавливаются. Процесс восстановления продолжается непрерывно, для некоторых пластинок он достигает 40 часов.

Так как в нашем образце плотность дефектов мала, то имеется возможность детально характеризовать отдельные дефекты при наличии электрического поля. Большинство дефектов параллельны друг другу и образуют дефектную сеть. Эта сеть состоит как из действительно пересекающихся дефектов, так и из дефектов, у которых пересекаются проекции. На топограммах, изображенных на рис. 2б и в, видно, что линейные дефекты у самой границы электрода под действием электростатического поля одновременно сужаются и искривляются, причем сужение становится отчетливее при возрастании напряженности. При напряженностях 60 кВ/см и вы-

ше на границах электрода происходит разрыв дефектной области (рис. 2г). Когда напряженность электростатического поля достигает 100 кВ/см, в области электродов наблюдается ухудшение видимости, а для некоторых дефектов и исчезновение дифракционного контраста (рис. 2д).

Обсуждение результатов

Известно, что под влиянием электростатического поля в пьезокварце возникают упругие деформации. Для пластинок косых срезов только три компоненты тензора деформации не равны нулю:

$$r_{xx} = d_{11} E_x, \quad r_{yy} = -d_{11} E_x, \quad r_{yz} = d_{14} E_x,$$

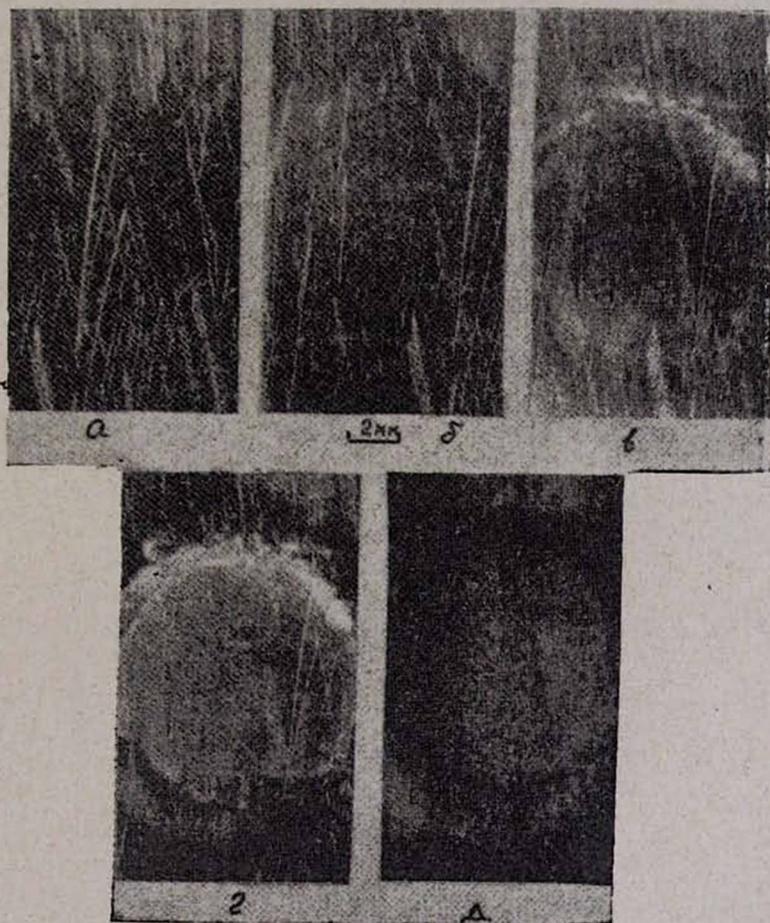


Рис. 2. Топограммы, полученные из тонкого кристалла кварца; рефлекс (1010), излучение MoK_{α} : а) без влияния электростатического поля; получено изображение линейных дефектов, часть которых имеет дислокационный характер; б) с полем с напряженностью 10 кВ/см; в) с полем с напряженностью 40 кВ/см; г) с полем с напряженностью 60 кВ/см; д) с полем с напряженностью 100 кВ/см.

где $d_{11}=6,9 \cdot 10^{-8} \text{ см}^{1/2} \text{ г}^{1/2} \text{ сек}$, $d_{14}=2 \cdot 10^{-8} \text{ см}^{1/2} \text{ г}^{1/2} \text{ сек}$. Компоненты r_{xx} и r_{yy} приводят только к изменению толщины кристалла, а r_{yz} — к видоизменению плоскостей.

Рассмотрим вид деформации, который возникает в кварцевой пластинке при наличии электростатического поля. Вид этой пластинки показан на рис. 3. Пластинка подвергается такому виду деформации, если вся площадь граней, перпендикулярных к оси x , покрывается серебром и во всей пластинке создается одно и то же поле. А в нашем случае между электродами находится только часть пластинки (обозначенная буквой a на рис. 3). Вокруг этой части находится другая часть в виде круглой рамки (обозначенной буквой b), расположенной вне области электрического поля.

Ясно, что в таком случае указанной деформации подвергается только посеребренная часть пластинки, а на границе между этими частями обра-

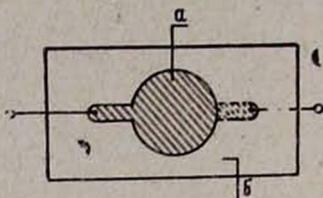


Рис. 3. Вид пластинки с серебряными электродами: а) пьезодеформированная часть пластинки; б) недеформированная часть пластинки, где распространяется градиент пьезодеформации.

зуются неоднородные механические напряжения. В рассмотренном виде деформации предполагалось, что x -компонента напряженности электрического поля между электродами везде одинакова. Но если в кристалле находятся разные дефекты и дислокации, то однородность электрического поля нарушается. На дефектах и в дефектных областях напряженность электрического поля изменяется. Это приводит к добавочному изменению дефектной области по сравнению с окружающими областями. Поэтому при образовании контраста наблюдается отклонение от ожидаемой закономерности.

Под влиянием электростатического поля пьезодеформация возникает только под электродами. Это значит, что упругая деформация, возникающая между электродами, на краях образует градиент напряженности, который при повышении напряженности электростатического поля достигает наибольшей величины. Дефекты, которые проходят через область, где градиент напряжения наибольший, прогибаются, разрываются и теряют свою отражающую способность (выходят из положения отражения). В монокристаллах кварца при высоких напряжениях происходит исчезновение дифрагированного контраста большинства дефектов.

Это явление, на наш взгляд, можно объяснить следующим образом. Пьезоэлектрическая деформация вызывает в дефектной структуре кварца образование новых структурных изменений, которые, в свою очередь, приводят к дополнительному изменению расходимости дифрагированных рент-

леновских лучей, и это повышает общий фон дифракции. Когда дифракция достигает больших значений, то изображения дислокационных областей становятся узкими. Кажется, что увеличилось разрешение наблюдения дефектов. Это действительно так, потому что если дислокационные области покрывают сами себя, то малорасходящиеся дифрагированные пучки не дают возможности различить деформированные области. Чтобы различить их можно использовать расходящийся пучок. В нашем случае расходимость увеличивается за счет пьезодеформаций. Поэтому при некоторых напряжениях сужение дислокационных картин растёт. Этим и объясняются изменения ширины дислокационной области. Это значит, что, измеряя изменения ширины дислокационной области, можно определить зависимость изменения расходимости рентгеновских лучей от величины деформации.

Как уже отмечалось, при повышении напряженности поля пьезодеформации увеличиваются, что приводит к исчезновению дислокационных картин, так как они сливаются с общим фоном. Таким образом можно объяснить ухудшение разрешающей способности метода Ланга, так как он уже не определяет дефектную структуру деформированного кристалла.

Ереванский государственный
университет

Поступила 5.V.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. W. J. Spenser, K. Haruta. J. Appl. Phys., 37, 549 (1966).
2. A. R. Lang, V. F. Miuskov. J. Appl. Phys., 38, 6 (1967).
3. Г. В. Клещев, Н. А. Мамаев. Вопросы физики твердого тела, Челябинск, 1973, вып. 4, стр. 81.
4. A. R. Lang. Z. Naturforsch, 5, 461 (1972).
5. Л. И. Цинкобер и др. Сб. Рост кристаллов, Изд. АН СССР, 1965, т. 4, стр. 22.

ԷԼԵԿՏՐՍՏԱՏԻԿ ԴԱՇՏԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿՎԱՐՑՅԱ
ԹԻԹԵՂՈՒՄ ԱՌԿԱ ԹԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ս. Հ. ԱԴԱՄՅԱՆ, Պ. Հ. ԲԵԶԻՐԳԱՆՅԱՆ, Ե. Գ. ԶԱՐԳԱՐՅԱՆ

Ուսումնասիրված է գծային թիրուխյունների վարքը դեֆորմացիոն դաշտում և նրանից դուրս: Ցույց է տրված, որ գծային թիրուխյունների տեսանկյունայինը խիստ կերպով փոխվում է դեֆորմացված տիրույթում և հատկապես այդ տիրույթի եզրերում ինչպես փոքր, այնպես էլ մեծ լարվածությունների դեպքում:

EFFECT OF AN ELECTROSTATIC FIELD ON THE DEFECTIVE STRUCTURE OF SYNTHETIC QUARTZ

S. H. ADAMYAN, P. H. BEZIRGANYAN, Y. G. ZARGARYAN

The behaviour of linear defects was studied in a piezodeformation field and outside of it. It was shown, that the visibility of linear defects strongly changes in the region of deformation and especially at its edge. The reduction in the visibility is due to the increase of total intensity of X-rays scattered from the deformation region.