

РАССЕЯНИЕ СВЕТА И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛА КВАРЦА В ТОЧКЕ ЕГО ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

*О.А.Шустин, Т.Г.Черневич, С.А.Иванов,
И.А.Яковлев*

Описаны результаты исследования нового явления – образования макроскопической фазовой структуры в точке фазового α - β -превращения кристалла кварца. Результаты работы существенны для выяснения механизма фазовых превращений в кристаллах.

Аномальное рассеяние света в точке фазового α - β -превращения кристаллического кварца было впервые обнаружено в 1956 году И.А.Яковлевым, Т.С.Величкиной, Л.Ф.Михеевой [1]. Позже этот результат был подтвержден в ряде работ [2, 3]. Однако природа аномального рассеяния света в точке фазового превращения продолжает дискутироваться.

Для выяснения вопроса о характере неоднородностей кристалла, возникающих в точке его фазового превращения и приводящих к столь сильному возрастанию интенсивности рассеянного света, нами было предпринято исследование света, рассеянного монокристаллами кварца под малыми углами (несколько градусов). Экспериментальная установка позволяла одновременно измерять интенсивность рассеянного света, фиксировать картину фраунгоферовой дифракции и фотографировать методом Теллера изображение исследуемого образца.

На рис.1 представлена принципиальная схема установки. Пучок света от He-Ne-лазера фокусируется длиннофокусной линзой O_1 ($f = 80$ см) в изучаемом образце кварца K . Рассеянный свет попадает на объектив O_2 ($f = 9$ см), перед которым находится круглый экран \mathcal{E} ($\varnothing = 2$ мм), не пропускающий прямой световой пучок. Часть рассеянного света отражается разделительной пластинкой PP_1 и при помощи

линзы O_3 на фотопленке фотоаппарата ΦA_1 фиксируется фокальная плоскость объектива O_2 . Фотоаппарат ΦA_2 регистрирует увеличенное изображение кристалла.

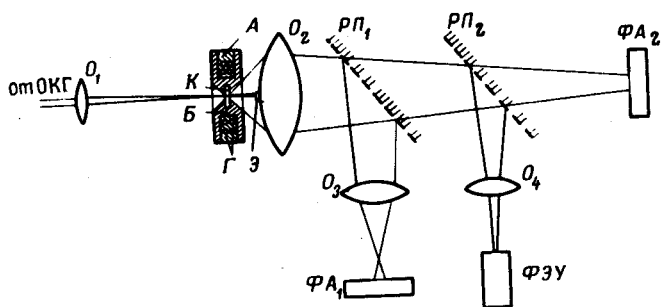


Рис. 1

Относительная интенсивность рассеянного света измеряется фотомножителем.

Для измерений были использованы образцы естественного и синтетического кварца, которые представляли собой диски диаметром 5 мм и толщиной от 1 до 4 мм, вырезанные или перпендикулярно, или параллельно оптической оси кристалла. Исследуемые образцы в свободном состоянии помещались в печь, конструкция которой понятна из рис. 1 (A — керамика, B — стальной корпус печи, B — нагревательная платиновая спираль).

Наши опыты показали, что в узкой температурной области ($0,5^\circ$) вблизи точки фазового превращения кристалла, в нем возникают сравнительно крупные фазовые неоднородности, приводящие к сильному рассеянию света, особенно существенному под малыми углами. На рис. 2, a приведена картина френгоферовой дифракции для образца кварца толщиной 1 мм, вырезанного перпендикулярно оптической оси кристалла (первичный световой пучок распространяется вдоль оптической оси). На фотографии видны дифракционные кольца, соответствующие дифракции на хаотически расположенных неоднородностях. На рис. 2, b приведена полученная методом Теплера картина фазовых неоднородностей; возникающих внутри кристалла. Если же оптическая ось кристалла составляет некоторый угол с направлением распространения первичного светового пучка, то дифракционная картина имеет вид показанный на рис. 2, $в$. Такая картина соответствует дифракции на фазовых неоднородностях, вытянутых вдоль оптической оси кристалла. Этот вывод подтверждается и фотографиями, приведенными на рис. 3, для образца, вырезанного параллельно оптической оси кристалла (падающий свет идет перпендикулярно оптической оси). Рис. 3, a дает картину френгоферовой дифракции, которая представляет собой систему дифракционных максимумов, расположенных вдоль прямой, перпендикулярной оптической оси кристалла. В некоторых случаях дифракционная

картина более или менее периодична, в других периодичности нет. На рис. 3, б представлена фотография структуры кристалла для этого случая наблюдения.

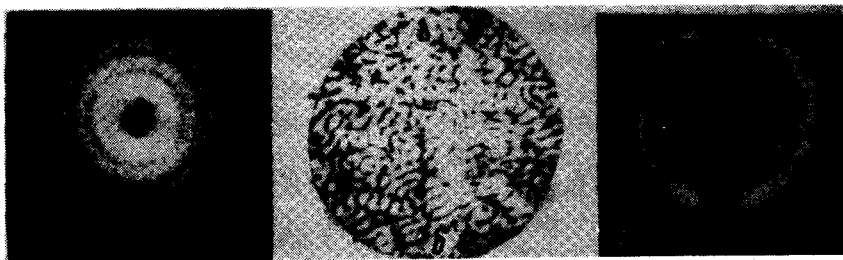


Рис. 2

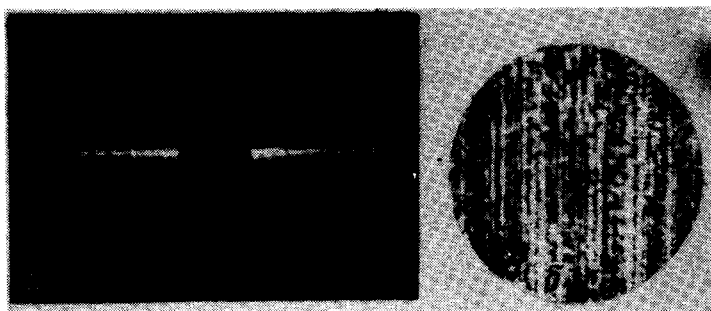


Рис. 3

Измерения интенсивности рассеянного (дифрагированного) света показали, что, при распространении падающего пучка света перпендикулярно оптической оси кристалла, максимальная интенсивность рассеянного света составляет 10^{-5} от интенсивности падающего (для кристалла толщиной 2 мм) для интервала углов рассеяния от $0,7$ до 8° . Если же падающий световой пучок распространяется вдоль оптической оси, то это отношение значительно больше и достигает значения 10^{-3} для образца толщиной 1 мм и в интервале углов рассеяния от $0,7$ до $4,5^\circ$. Надо отметить, что β - α -превращение сопровождается возникновением более резких неоднородностей кристалла, чем α - β -превращение, что дает для первого случая значительно более сильное возрастание интенсивности дифрагированного света, чем для второго. Приведенные выше данные относятся к β - α -превращению.

Таким образом, в узком интервале температур вблизи точки фазового превращения кристалла кварца существует состояние кристалла, которое характеризуется весьма резкими стационарными неоднородностями показателя преломления. Причем в условиях нашего опыта это состояние захватывает весь образец кристалла. Возникшие неоднородности вызывают сильное рассеяние света, особенно под малыми углами рассеяния. Однако структура такого типа наблюдалась в 1977 году еще до наших опытов Т.С.Величкиной и под углом рассеяния 90° . Результаты наших дифракционных измерений показали, что неоднородности представляют собой столбики со средним поперечным размером $0,03$ мм

с отличающимися от окружающей среды показателем преломления и вытянутые вдоль оптической оси кристалла.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
8 февраля 1978

Литература

- [2] И.А.Якволев, Л.Ф.Михеева, Т.С.Величкина. Кристаллография, I, № 1, 1956.
- [3] S.M.Shapiro. The Johns Hopkins Univ, 1969.
- [3] The Theory of Licht Scattering in Solids. Proc. first soviet-amer. Symp. Moskow 1975, "Nauka".
-