

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАССЕЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

В. И. АВУНДЖЯН, П. А. БЕЗИРГАНЯН

Исследовано рассеяние рентгеновских лучей на кристалле кварца, подвергнутом пьезоэлектрическим колебаниям вдоль оси Y . Влияние колебаний выражается в том, что заполняется промежуток лауэ-дублетов, полученными от сравнительно толстых кристаллов, и растет общая интенсивность дифракционных максимумов. Рост интенсивности увеличивается с увеличением переменного напряжения, поданного на кристалл. Наибольшее влияние на рассеяние наблюдается в середине кристалла, где имеется пучность механического напряжения, и наименьшее влияние — в крае кристалла, где имеется узел механического напряжения.

В работах [1]—[4] была теоретически исследована зависимость интенсивности лауэ-пятен первичного пучка и диффузных максимумов от пьезоэлектрических колебаний облучаемого образца.

В работе [5] был предложен метод определения направления пьезоэлектрических колебаний с помощью рентгеновской дифракционной картины.

В данной работе экспериментально исследовано влияние в различных точках кристалла пьезоэлектрических колебаний вдоль оси Y на интенсивность лауэ-рефлексов в зависимости от величин переменного электрического напряжения, поданного на кристалл.

Согласно нашим теоретическим представлениям [1] как продольные (вдоль оси X), так и поперечные (вдоль оси Y) пьезоэлектрические колебания должны влиять на интенсивность рассеяния рентгеновских лучей. Однако в экспериментальных работах [6]—[8] влияние колебаний вдоль оси Y образца на интенсивность лауэ-пятен не обнаружено. Этот отрицательный результат нам казался ошибочным и, вероятно, обусловлен недостаточной точностью эксперимента.

Поэтому авторы настоящей работы решили экспериментально исследовать влияние пьезоэлектрических колебаний вдоль оси Y на интенсивность рассеяния рентгеновских лучей в двустороннем случае [9].

Методика эксперимента

Была исследована зависимость интенсивности дифракционных максимумов от пьезоэлектрических колебаний вдоль оси Y . Исследованные два образца кварца имели вид прямоугольного параллелепипеда. Один из них имел размеры $3 \times 35 \times 3$ мм, а другой $3 \times 27 \times 3$ мм в направлениях X , Y и Z соответственно.

Первичный пучок рентгеновских лучей падал по направлению оптической оси (ось Z), а колебания были возбуждены в направлении механической оси (ось Y). Указанные кристаллы в направлении оси Y имели собственные частоты 80 и 100 кГц соответственно.

Была измерена интенсивность отражения в состояниях покоя и колебания образцов. Измерения проведены двумя методами — фотографическим и ионизационным.

Фотографическим методом эксперимент произведен следующим образом. На установке УРС-60 были получены лауэграммы. С целью поддержания одинаковых условий проявки снимки от покоящегося и колеблющегося образцов были сделаны на одной и той же пленке. Лауэ-пятна были фотометрированы на микрофотометре МФ-4. С помощью этих лауэграмм было исследовано влияние пьезоэлектрических колебаний на интенсивность волн, отраженных от различных семейств плоскостей при различных напряжениях. Таким образом, лауэграммы дали возможность исследовать зависимость влияния пьезоэлектрических колебаний на интенсивность отражения от угла между отражающими плоскостями и направлением колебаний.

Ионизационным методом исследования проводились на дифрактометре УРС-50И. Измерялась интенсивность отражения излучения M_0K_α от плоскостей $(10\bar{1}0)$. Интенсивность регистрировалась на диа-

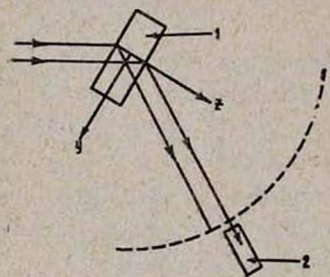


Рис. 1. Схема исследования структуры рефлекса. Кристалл кварца (1), счетчик Гейгера (2).

исследована зависимость изменения интенсивности от величины электрического напряжения. Величина этого напряжения изменялась от 5 до 30 вольт через 5.

Сначала кристалл устанавливался неподвижно в максимально отражающем положении, а счетчик с помощью вспомогательного моторчика равномерно вращался вокруг оси кристалла (рис. 1). Это было сделано с целью исследования структуры рефлекса до и во время колебаний.

С помощью двух указанных методов было исследовано изменение интенсивности отражения из-за пьезоэлектрических колебаний от точки к точке по длине образца. Кроме того, в каждой из этих точек была

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 приведена пара лауэграмм, полученных от одной точки кристалла до колебаний (рис. 2а) и во время колебаний (рис. 2б).

На рис. 3 показана микрофотограмма интенсивности точки (1), указанной стрелкой (напряжение 0, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 вольт).

Из рисунков 2а и 2б видно, что пьезоэлектрические колебания образца на разные (h , k , l) рефлексы влияют по-разному. Максимальное усиление отражения получается от тех семейств плоскостей, которые перпендикулярны к направлению колебаний. Колебания на интенсивность отражения от плоскостей, расположенных параллельно направлению колебаний, не влияют. Этим обстоятельством можно воспользоваться для определения направления пьезоэлектрических колебаний как в кварце, так и в других пьезокристаллах и вообще в кристаллах, подвергнутых пьезоэлектрическим колебаниям [5].

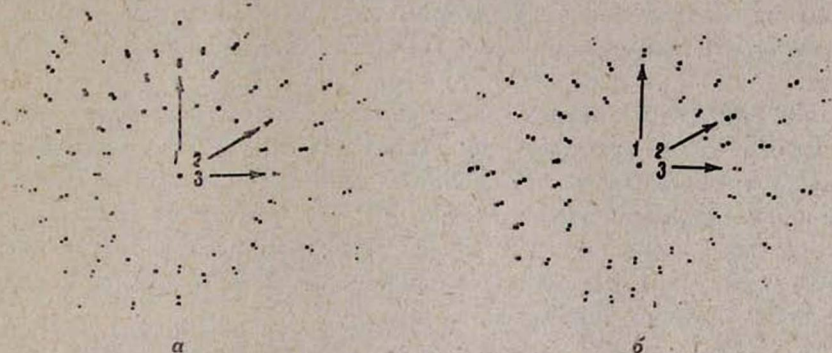


Рис. 2. Лауэграммы не колеблющегося (а) и колеблющегося кварца (б).

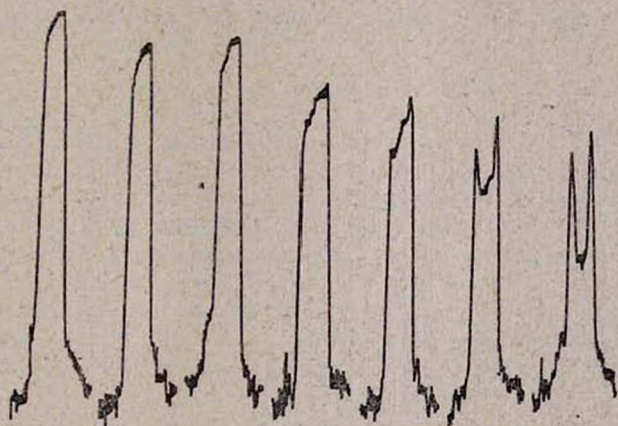


Рис. 3. Микрофотограммы дифракционного максимума (указан на рис. 2 стрелкой 1) при напряжениях 0, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 вольт.

Как видно из этих же рисунков, влияние пьезоэлектрических колебаний сводится как к общему увеличению интенсивности, так и к заполнению промежутка между двумя компонентами отдельных лауэ-пятен (лауэ-дублетов). Как известно [1], при сравнительно толстых совершенных образцах лауэ-пятна расщепляются на две компоненты (лауэ-дублеты): поверхностные слои, совершенство которых нарушено вследствие полировки или шлифовки, рассеивают сильнее, а внутрен-

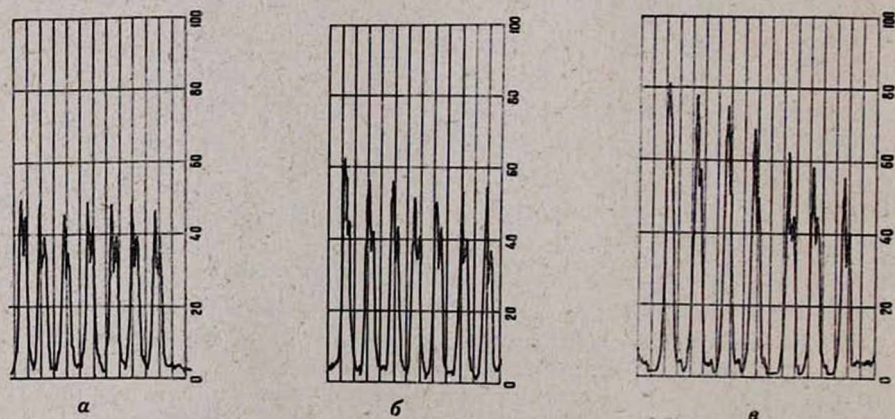
ние, более совершенные части рассеивают слабее. Однако при пьезоэлектрических колебаниях совершенство внутренних частей нарушается, что приводит к увеличению отражательной способности этих участков и интенсивность средних частей лауэ-пятен растет быстрее, чем интенсивность компонент дублетов.

Далее исследуя влияние пьезоэлектрических колебаний на интенсивность рассеяния рентгеновских лучей в различных направлениях, можно составить топографическую картину зависимости упругих констант от кристаллографических направлений.

Фотографическим методом исследовалось также изменение интенсивности отражения от точки к точке образца и зависимость этого изменения от колеблющегося напряжения. Однако здесь мы изложим результаты исследования, проведенного только ионизационным методом.

На рисунке 4 показаны рентгеновские диаграммы интенсивностей отражения от трех точек (по длине) кристалла. На каждой из них показана интенсивность отражения в данной точке при различных напряжениях. Номера рисунков (4а, 4б, 4в) растут от края кристалла до середины вдоль оси Y . Такие диаграммы-записи составлены для десяти точек, из которых здесь приведены только три. Эти диаграммы-записи наглядно показывают, что:

1. С увеличением напряжения интенсивность лауэ-пятен растет.
2. В средней точке кристалла влияние пьезоэлектрических колебаний максимально, а в крайних точках (на концах параллелепипеда) минимально.



Ри . 4. Влияние пьезоэлектрических колебаний на интенсивность дифракционных максимумов от края кристалла (а), от промежуточной точки между краем и серединой (б) и от середины кристалла (в) при колеблющихся напряжениях 0, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 вольт.

Увеличение интенсивности отражения с увеличением напряжения, очевидно, объясняется тем, что с увеличением этого напряжения увеличивается амплитуда колебаний рассеивателей и, таким образом, увеличивается несовершенство облучаемого кристалла.

Сравнительно сильное влияние пьезоэлектрических колебаний на интенсивность отражения рентгеновских лучей в средней точке образца объясняется следующим образом. Как известно, при колебаниях на первой гармонике в середине кристалла образуется узел смещений и пучность механического напряжения (рис. 5). Следовательно, несмотря на то, что амплитуды колебаний точек в окрестности средней точки кристалла малы, градиент этих амплитуд велик (деформация большая), однако амплитуды крайних точек велики, а градиент невелик.

Поэтому деформация кристалла во время пьезоэлектрических колебаний от центра к концам кристалла уменьшается и аналогично в этом же направлении уменьшается влияние пьезоэлектрических колебаний на интенсивность отражения рентгеновских лучей.

Ереванский государственный
университет

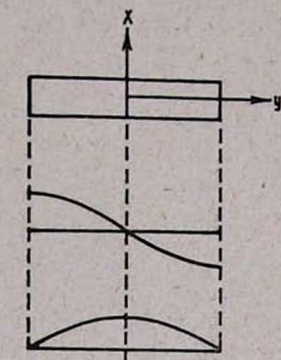


Рис. 5. Распределение амплитуды колебания и механического напряжения вдоль оси Y кварца при колебании на первой гармонике.

Поступила 14 июня 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Безирианиян, В. И. Авунджян, Кристаллография, в печати.
2. П. А. Безирианиян, В. И. Авунджян, Известия АН АрмССР, Физика, 1, 147 (1966).
3. П. А. Безирианиян, В. И. Авунджян, Кристаллография, в печати.
4. П. А. Безирианиян, В. И. Авунджян, Известия АН АрмССР, Физика, 1, 227 (1966).
5. В. И. Авунджян, П. А. Безирианиян, ДАН АрмССР, 42, 284 (1966).
6. К. С. Баррет, К. Е. Хой, Phys. Rev., 39, 889 (1932).
7. С. Нишикава, И. Сакисака, И. Сумото, Phys. Rev., 43, 363 (1933).
8. М. И. Кольби, С. Гарис, Phys. Rev., 43, 562 (1933).
9. А. И. Китайгородский, Рентгеноструктурный анализ. ГИТА, М., 1950.

ՌԵՏԳԻՆԵՅԱՆ ՀԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՅՐՄԱՆ ՎՐԱ ՊՅԵԶՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ
ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԱԶԴԵՅՈՒԹՅԱՆ ՓՈՐՁԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Վ. Ի. ՀԱՎՈՒՆՋՅԱՆ, Պ. Հ. ԲԵԶԻՐԱՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված է X -կտրված կվարցյա բյուրեղի տարբեր կետերից ռենտգենյան ճառագայթների ցրումը՝ նրա Y առանցքի ուղղությամբ պլեզոէլեկտրական տատանումների ժամանակ:

Տատանումների ազդեցությունը արտահայտվում է նրանում, որ համեմատաբար հաստ բյուրեղներից ստացված լաուեի դուբլետների միջակայքը լցվում է, և դիֆրակցիոն մաքսիմումների ընդհանուր ինտենսիվությունն աճում է:

Ինտենսիվության աճը մեծանում է տատանող լարման մեծացման հետ: Տատանումների ազդեցությունը ամենամեծն է բյուրեղի կենտրոնից ջրված ճառագայթների վրա, որտեղ գոյություն ունի մեխանիկական լարման ուռուցք, և փոքրագույնն է եզրում, որտեղ գոյություն ունի մեխանիկական լարման հանգույց:

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF PIEZOELECTRIC OSCILLATIONS ON THE INTENSITY OF X-RAY SCATTERING

V. I. HAVUNDJIAN and P. A. BEZIRGANIAN

The scattering of X-ray on a quartz crystal subjected to piezoelectric oscillations along Y axis. The effect of the oscillations is expressed in the filling of the space between the Laue-doublets obtained from comparatively thick crystals and in the increase of the total intensity of the diffraction maxima. The higher alternative voltage is supplied to the crystal, the greater the growth of intensity will be. The greatest effect on the scattering is observed on the middle of the crystal where there is a loop of mechanical stress, and the least effect is at the edge of crystal where there is a knot of mechanical stress.