

С. Я. СОКОЛОВ

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ МОНОКРИСТАЛЛАМИ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 30 XI 1948)

Для исследования были взяты монокристаллы кварца, поваренной соли, сегнетовой соли и др. Наблюдения велись на частотах в пределах от $1,6 \cdot 10^7$ до $1 \cdot 10^9$ Hz.

Монокристаллы не содержали никаких внутренних неоднородностей, что было установлено известными оптическими методами. Для исследования использовались ультразвуковые импульсные установки, дающие импульсы в одну микросекунду и меньше.

Для монокристаллов обычно поглощение ультразвука столь мало, что импульсы десятки раз могли отражаться от противоположных граней кристалла, затухая весьма слабо ⁽¹⁾. Число многократных отражений от граней кристалла является мерой величины поглощения колебаний в кристалле.

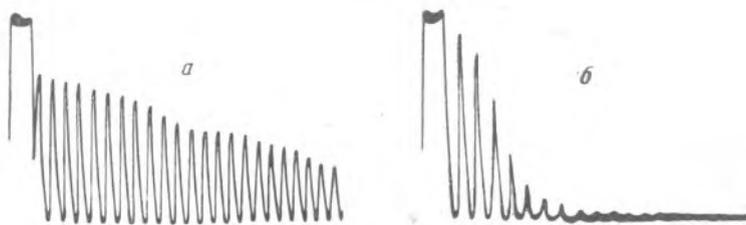


Рис. 1

Расстояние между импульсами на экране катодной трубки пропорционально длине пути, пройденного ультразвуковым импульсом в кристалле.

Вначале опыт проводился с монокристаллами кварца, являвшимися средой, в которой распространялись ультразвуковые волны. Источником ультразвуковых волн служила возбуждаемая от радиопередатчика кварцевая пластинка, плотно прижатая к монокристаллу, с размерами во много раз меньше, чем размеры исследуемого кристалла.

Распространение ультразвуковых колебаний в монокристаллах кварца изучалось в направлении оптической, электрической и механической осей. Было обнаружено, что коэффициент поглощения ультразвука имеет различное значение для разных направлений. Минимальное значение его наблюдалось в направлении оптической оси, максимальное значение для исследуемых образцов наблюдалось в направлении, перпендикулярном к оптической оси.

Для некоторых образцов монокристаллов кварца разница в коэффициентах поглощения для различных направлений была выражена чрезвычайно сильно, например в направлении оптической оси коэффициент поглощения ультразвука был в десятки раз меньше, чем в перпендикулярном к оптической оси направлении.

Для одного образца кварца на рис. 1 показана картина многократного отражения импульсов частоты $f = 10^8$.

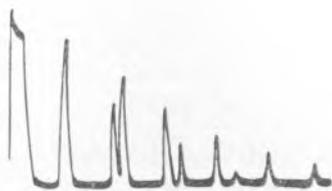


Рис. 2

В направлении оптической оси (рис. 1, а) число отражений было порядка 52. В направлении электрической оси (рис. 1, б) число отражений было порядка 7. Эти рисунки наглядно показывают большую разницу коэффициента поглощения ультразвука в указанных направлениях.

Таким образом, было испытано свыше десятка кварцевых кристаллов, и во всех случаях явление анизотропного поглощения ультразвука имело место. Анизотропный характер поглощения звука в кристалле кварца следует, видимо, объяснить анизотропией вязкости кристалла.

Интересно отметить, что в ряде испытываемых образцов кварцевых монокристаллов одновременно возбуждались продольные и поперечные колебания.

На рис. 2 приводится фотография отраженных импульсов, указывающих на одновременное возбуждение продольных и поперечных колебаний в образце. Ясно видна разница в скорости распространения продольных и поперечных колебаний. Следует также указать, что нами были получены ультразвуковые колебания с частотой $f = 10^9$, которые также хорошо распространялись в направлении оптической оси.

Большой интерес представляет картина расположения импульсов на рис. 4. Как видно из рисунка, здесь имеется 2 группы импульсов.

Первая группа импульсов, плотно прилегающих друг к другу и расположенных в левой части рисунка, соответствует продольному типу колебаний.

Вторая группа импульсов, расположенных значительно (примерно в 4,5 раза) реже, соответствует, видимо, другому типу колебаний, распространяющихся со скоростью в 4,5 раза меньшей.

Подобные явления наблюдались на трех кварцевых образцах. Следует ли отнести это явление к новому типу колебаний типа капиллярных, распространяющихся в кварце со скоростью порядка 1250 м/сек., или это явление следует объяснить интерференционными причинами, должны показать дальнейшие опыты.

Следует указать, что описываемый метод наблюдений распространения ультразвуковых колебаний с помощью многократно отра-

женных импульсов может быть использован для распознавания степени упругой неоднородности монокристаллов.

Если кристалл однороден, не содержит включений, двойников, то картина отраженных импульсов будет однообразной с постепенным затуханием импульсов.

Если же в монокристаллах кварца имеются неоднородности, то картина импульсов будет неправильной, импульсы будут расположены

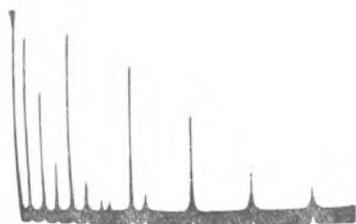


Рис. 4

на неравных расстояниях и величина их будет меняться скачкообразно с резким затуханием.

На рис. 3 показана фотография импульсов, прошедших через кристалл кварца, содержащий внутренние неоднородности в виде двойников.

Выводы

На основании проведенных опытов можно сделать вывод, что коэффициент вязкости пьезоэлектрических кристаллов с анизотропными упругими свойствами имеет анизотропный характер.

Не вдаваясь пока в детали поглощения звука в монокристаллах в зависимости от частоты, следует указать, что выражение для коэффициента поглощения продольных волн в изотропной среде:

$$\gamma_e = \frac{\omega^2}{2\rho C_e^3} \left[\left(\frac{4}{3} \eta + \zeta \right) + \frac{xT\alpha^2 \rho^2 \left(C_e^2 - \frac{4}{3} C_t^2 \right)}{C_p^2} \right]$$

должно быть для случая анизотропной среды (пьезоэлектрических монокристаллов) заменено другим, в которое вместо первого и второго коэффициентов вязкости η и ζ войдут компоненты симметричного тензора вязкости η_{ikem} 4-го ранга.

Наблюдаемую анизотропию вязкости, видимо, следует частично отнести за счет пьезоэлектрических свойств кристаллов.

Поступило
10 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Соколов, ДАН, 59, 883 (1948). ² Л. Ландау и Е. Лившиц, Механика сплошных сред, 1944, стр. 610.