

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЬЕЗОКВАРЦА С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

Ю.В. Петров, А.А. Шульгинов, Е.В. Голубев, В.Ф. Божко

Предложен способ оценки качества кристаллов искусственного кварца по величине затухания ультразвука и анализу спектра коротких ультразвуковых импульсов.

Основной частью любого пьезоэлектрического устройства является пьезоэлемент. В качестве последнего широко используются пластинки, изготовленные из искусственно выращенных кристаллов кварца. Одним из наиболее важных параметров кварцевого пьезоэлемента является добротность. Измерение добротности на российских кварцевывращивающих предприятиях производится в основном способом измерения инфракрасного спектра поглощения кварцевой пластинкой. Этот способ основан на установлении зависимости между величиной коэффициента поглощения инфракрасного излучения с добротностью. Для проведения испытаний из партии кристаллов, выращенных в автоклаве за один технологический процесс, выбирается один. Из него вырезается пьезопластинка У-среза толщиной десять миллиметров. Измерение коэффициента поглощения производят в направлении от затравки до края пластинки (Z-область роста кристалла, из которой далее изготавливаются пьезоэлементы). Затем по эмпирической формуле производят расчет добротности пьезопластины для частоты 5 МГц. Полученное значение добротности считается одной и той же для всей партии кристаллов.

Данный способ обладает рядом недостатков, основными из которых являются необходимость распиловки кристаллов на пластины, наличие дорогостоящих спектрофотометров, необходимость расчета добротности по формуле связи с коэффициентом поглощения и ограничение этого расчета по частоте. Кроме того, такая методика не предусматривает определения добротности всех входящих в партию выращенных кристаллов. Следует заметить, что понятие добротности обычно применяют к колебательным системам. Такой системой можно считать пьезоэлемент, но не кристалл кварца. Поскольку его размеры достаточно велики, то он больше подходит под понятие сплошной упругой среды, свойства которой характеризовать добротностью не принято.

Нами предлагается способ оценки качества кристаллов кварца, основанный на измерении коэффициента затухания и анализа амплитудного спектра ультразвукового импульса наносекундной длительности, прошедшего Z-область роста кристалла. Способ реализуется следующим образом. Кристалл помещается в ванну с контактной жидкостью (вода или масло) и на его плоскосторонние стороны с помощью кондуктора закрепляются два широкополосных пьезопреобразователя. Конструкция кондуктора при сканировании преобразователями Z-области обеспечивает достаточно плотное прилегание их к местам ввода и приема ультразвука в кристалл. Один из пьезопреобразователей, нагружается на генератор зондирующих импульсов наносекундной длительности и возбуждает ультразвуковые колебания. Эти колебания через контактную жидкость проходят контролируемую зону кристалла и регистрируются вторым пьезопреобразователем. С него сигнал подается на широкополосный усилитель, далее на экран широкополосного осциллографа, где наблюдается серия отраженных ультразвуковых импульсов. Коэффициент затухания вычисляется по формуле

$$\delta = \frac{1}{d} 20 \lg \frac{A_0}{A},$$

где A_0 , A – амплитуды упругих колебаний в точках ввода и приема, d – расстояние, проходимое ультразвуком в кристалле между излучающим и приемным преобразователями.

Определение коэффициентов затухания значительно упрощается, если воспользоваться блоком цифровой обработки сигналов (БЦО), который имеется в любом серийном дефектоскопе. При подаче сигнала с приемного тракта на БЦО, на его экране высвечивается непосредственное значение коэффициента затухания в децибелах. Для получения и анализа амплитудного и фазового спектров регистрируемых ультразвуковых импульсов, они с экрана осциллографа записываются на видеокамеру, вводятся в компьютер и обрабатываются с помощью специально разработанной программы.

При наличии у компьютера специальной платы сбора данных (приобретение такой платы в настоящий момент не представляет большой трудности), сигнал с усилителя подается непосредственно в компьютер и процесс обработки прошедших через кристалл ультразвуковых импульсов сводится к наблюдению и регистрации коэффициента затухания, амплитудного и фазового спектров.

По предложенной методике были исследованы три кварцевых кристалла и три кварцевые пластинки У-среза. Все образцы отличались друг от друга добротностями, значения которых определялись по заводской методике. Поверхности ввода ультразвука у кристаллов и пластинок разбивались на участки размером 10×10 мм (по размеру пьезопреобразователя) и прозвучивались по Z-области роста менее десяти раз. Затем определялись средние значения коэффициента затухания по всей контролируемой зоне. Следует заметить, что для пьезопластин в случае необходимости, значение коэффициента затухания нетрудно пересчитать на добротность.

Анализ полученных данных показал, что образцы, которые отличались друг от друга по значениям добротности, в такой же зависимости отличаются и по значениям коэффициентов затухания. На рис. 1 и 2 приведены формы акустических импульсов прошедших контролируемую зону кристалла и их спектров. Видно, что амплитуда и форма спектров для образцов с разными значениями коэффициентов затухания (добротности) существенно отличаются друг от друга.

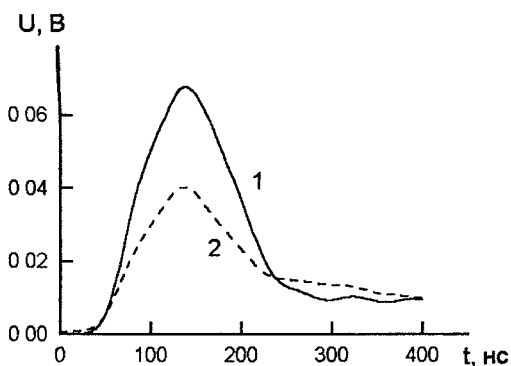


Рис. 1. Форма ультразвукового импульса, прошедшего через Z-область роста кристалла:
 1 – $\theta = 2,4 \cdot 10^6$, $\langle \delta \rangle = 2,24$ дБ;
 2 – $\theta = 1,49 \cdot 10^6$, $\langle \delta \rangle = 3,28$ дБ

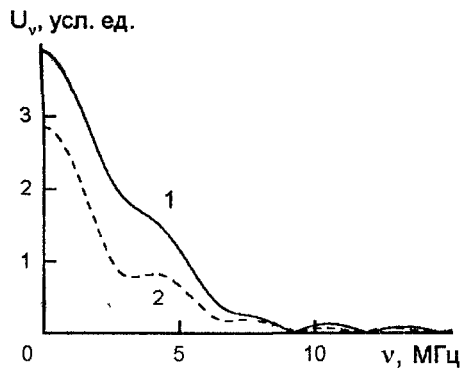


Рис. 2. Амплитудный спектр ультразвукового импульса, прошедшего через Z-область роста кристалла: 1 – $\theta = 2,4 \cdot 10^6$, $\langle \delta \rangle = 2,24$ дБ;
 2 – $\theta = 1,49 \cdot 10^6$, $\langle \delta \rangle = 3,28$ дБ

Таким образом, исходя из результатов проведенной работы, предлагаемый способ оценки качества искусственных кристаллов кварца с помощью коротких ультразвуковых импульсов, может быть рекомендован для их 100 % неразрушающего контроля в условиях производства.