

# Групповая технология изготовления кварцевых кристаллических элементов высокочастотных кварцевых резонаторов, выполненных в форме инвертированной мезаструктуры

Роман ГОШЛЯ  
goshliay\_roman@mail.ru

**В статье рассмотрены способы изготовления кварцевых кристаллических элементов, выполненных в форме инвертированной мезаструктуры, позволяющих уменьшить разброс по значению частоты кварцевых кристаллических элементов после глубокого химического травления.**

Современные достижения в области технологии пьезокварцевого производства позволяют изготавливать высокочастотные кварцевые резонаторы, работающие на основной гармонике в диапазоне частот от 30 до 350 МГц. При этом возникают проблемы, связанные с динамическими параметрами высокочастотных кварцевых резонаторов, которые напрямую зависят от качества обработки поверхности кварцевого кристаллического элемента (КЭ).

В литературе описываются способы изготовления кварцевых кристаллических элементов, включающие многоэтапную механическую обработку кварцевых пластин. Эти способы трудоемки и в производстве сверхтонких кварцевых пластин высокочастотного диапазона малоэффективны.

В работе [1] описан многоступенчатый процесс механической обработки с последовательным уменьшением величины зерна абразива и последующий длительный процесс оптической полировки, а также этапы предварительного и окончательного скругления кварцевых кристаллических элементов.

Механическая обработка кварцевых кристаллических элементов занимает большую часть времени изготовления кварцевых резонаторов и монолитных фильтров. Изделия пьезоэлектроники изготовленные по данной технологии, не отвечают современным требованиям по динамическим параметрам (в особенности по значению динамическому сопротивлению).

Технологический процесс изготовления тонких кварцевых пластин, описанный в [2], включает такие основные этапы технологических операций, как односторонняя обработка поверхности с использованием оптического контакта, вывод клиновидности путем перемещения эксцентричной нагрузки и использования пневматического микрометра, измерение механических параметров пластин методом интерференционных полос одинаковой ширины при отражении, определение царпин и раковин.

Данное технологическое решение обладает большой трудоемкостью, так как используется множество различных механических операций, не позволяющих изготавливать сверхтонкие кварцевые кристаллические элементы с толщиной порядка 0,025 мм (часто-

та резонатора 65 МГц по основному обороту) для современных монолитных фильтров и кварцевых резонаторов.

В данной работе была опробована технология изготовления КЭ с инвертированной мезаструктурой путем применения группового и селективного травления кварца. КЭ изготавливались в такой последовательности:

- механическая обработка кварцевых заготовок размером 15×15×0,2 мм;
- нанесение защитного покрытия с топологией, показанной на рис. 1а;
- глубокое химическое травление инвертированной мезаструктуры в растворе № 1 с характеристиками, показанными на рис. 2;
- снятие защитного покрытия;
- напыление защитного покрытия с топологией (рис. 1б);

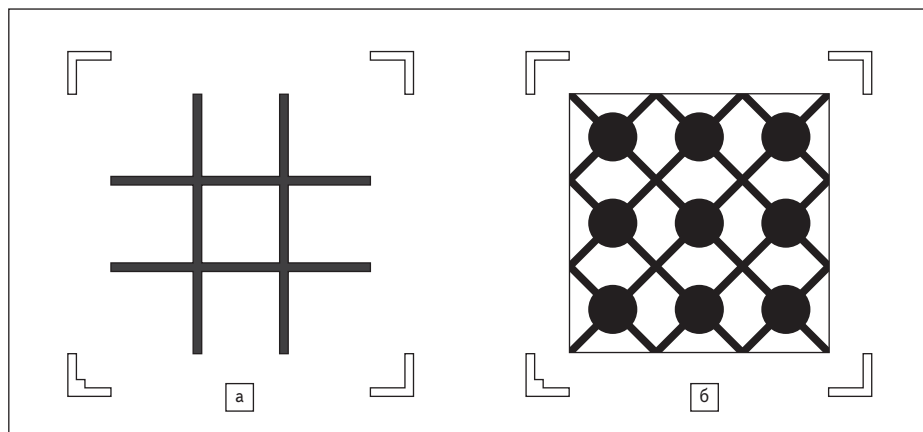
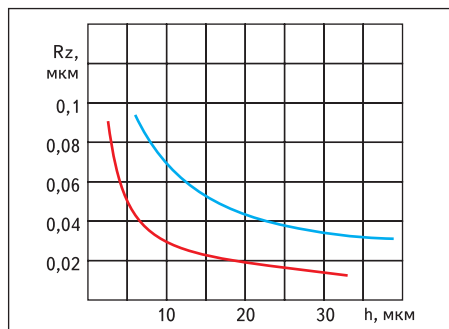
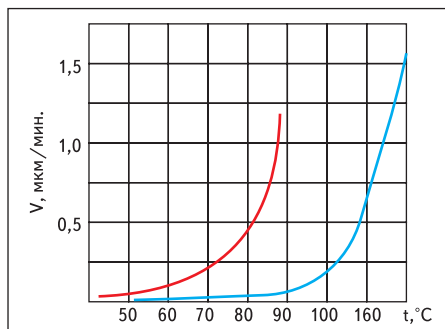


Рис. 1. Топологии защитных покрытий для изготовления КЭ методом группового селективного травления



**Рис. 2.** Зависимость шероховатости поверхности кварца от глубины травления (— раствор на основе 45%-ной плавиковой кислоты, — раствор на основе щелочи)



**Рис. 3.** Зависимость скорости травления от температуры раствора (— на основе плавиковой кислоты, — щелочи)

- деление заготовки на кристаллические элементы скоростным травителем (в растворе № 2) с характеристиками, показанными на рис. 3.

В качестве травящего раствора использовались растворы на основе плавиковой кислоты и щелочи с характеристиками, показанными на рис. 2, 3.

Преимущество заключается в том, что при использовании групповой технологии и селективного травления элементов повышается технологическая точность изготовления сверхтонких кристаллических элементов выполненных в форме инвертированной мезаструктурой за счет снижения операций механической обработки, что приводит к увеличению процента выхода годных КЭ, снижению разброса значения частоты кристаллических элементов за счет равного времени травления заготовок.

По данной технологии были изготовлены опытные образцы кварцевых кристаллических элементов АТ-среза ( $yx/l/+35^\circ 10'$ ) с геометрическими размерами первоначальной заготовки  $15 \times 15 \times 0,2$  мм. После

проведения последовательности операций селективного травления были получены кварцевые кристаллические элементы с инвертированной мезаструктурой с геометрическим размерами  $4,5 \times 4,5 \times 0,08$  мм в количестве 9 штук с заготовки, диаметром рабочей области 3,0 мм и толщиной КЭ с инвертированной мезаструктурой 0,025 мм. Из данных кристаллических элементов были изготовлены высокочастотные фильтровые кварцевые резонаторы на частоту 65 МГц с динамическими параметрами, указанными в таблице.

В настоящее время предприятиями России выпускаются кварцевые резонаторы с кристаллическими элементами в форме обратной мезаструктуры, динамическое сопротивление которых находится в диапазоне от 20 до 250 Ом, что затрудняет изготовление кварцевых фильтров с малыми потерями в полосе пропускания.

Резонаторы, выполненные по данной технологии, позволили получить значение динамического сопротивления в диапазоне от

**Таблица.** Динамические параметры кварцевых резонаторов

№ резонатора	Частота последовательного резонанса, кГц	Значение динамической индуктивности, мГн	Значение динамического сопротивления, Ом
1	65 000,1	1,2	7
2	65 000,4	1,2	10
3	65 000,5	1,32	9
4	65 000,4	1,25	9
5	65 000,4	1,2	15
6	65 000,4	1,15	8
7	65 000,5	1,2	9
8	65 000,3	1,2	10
9	65 000,2	1,19	11

7 до 15 Ом. Что сделало возможным практическое изготовление резонаторных кварцевых фильтров с потерями в полосе пропускания порядка 2 дБ, что улучшило чувствительность приемников. Технология селективного травления кварца позволяет сократить цикл изготовления высокочастотных кварцевых резонаторов до одного месяца.

Технологическое решение имеет патент на изобретение № 2287218 от 20.07.2006 г. Данная технология актуальна для применения на предприятиях, занимающихся изготовлением высокочастотных кварцевых резонаторов с кристаллическими элементами, выполненными в форме инвертированной мезаструктуры. ■

## Литература

1. Глюкман Л. И. Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы. Л.: Энергия, 1969.
2. Смагин А. Г. Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы и их применение. М.: Издательство комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1967.