

Методы подгонки центральной частоты сверхзакполосных фильтров на ПАВ

Б.А. Косарев, И.А. Корж

АО «ОНИИП»

Аннотация: в данной работе представлены результаты экспериментов по подгонке сверхзакполосных ПАВ фильтров с центральными частотами 65 МГц и 71 МГц и 80 МГц. Приведены технологические параметры, позволяющие изготавливать сверхзакполосные ПАВ фильтры с высокой точностью попадания в заданную центральную частоту.

Ключевые слова: сверхзакполосный ПАВ фильтр, подгонка центральной частоты, жидко- и плазмохимическое травление.

1. Введение

Сверхзакполосные фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ) с относительной полосой пропускания $\Delta f/f_0 \leq 0,1$ % широко используются в различной радиоаппаратуре в качестве фильтров промежуточной частоты (ПЧ). Центральные частоты таких фильтров обычно составляют от десятков до сотен МГц. Полоса пропускания фильтров находится в пределах от десятков до сотен кГц [1-3].

В диапазоне частот от 65 – 80 МГц для данного типа фильтров точность попадания в заданное значение центральной частоты должна составлять ± 10 кГц. Отсюда следует, что технология изготовления таких сверхзакполосных ПАВ фильтров должна быть воспроизводимая и позволять изготавливать такие фильтры с приемлемым процентом выхода годных. Центральная частота f_0 узакполосного ПАВ фильтра определяется его топологией, толщиной металлизации и коэффициентом металлизации электродов.

Анализ литературных данных мировых производителей сверхзакполосных ПАВ-фильтров, собственный опыт изготовления подобных устройств показывают, что их весьма затруднительно выпускать в больших количествах с заданной центральной частотой. Гораздо эффективнее изготавливать образцы ПАВ-фильтров с центральной частотой вблизи заданной. А затем использовать современные методы частотной подгонки, чтобы обеспечивать массовый выпуск сверхзакполосных ПАВ-фильтров с приемлемым процентом выхода годных.

Цель работы – показать технологические особенности современных методов подгонки центральной частоты сверхзакполосных ПАВ-фильтров.

2. Технологические методы изменения центральной частоты сверхзакполосного ПАВ-фильтра

Известными технологическими методами при подгонке центральной частоты сверхзакполосного ПАВ-фильтра являются жидко-химическое, плазмохимическое травление и напыление диэлектрической пленки.

Жидко-химическое травление

При жидко-химическом травлении поверхности ПАВ-фильтра частично травливается металлическая пленка, при этом уменьшается массовая нагрузка на звукопровод, а скорость ПАВ под электродами возрастает, поэтому увеличивается центральная частота фильтра [4]. Травление металлизации фильтра представлено на

рисунке 1.

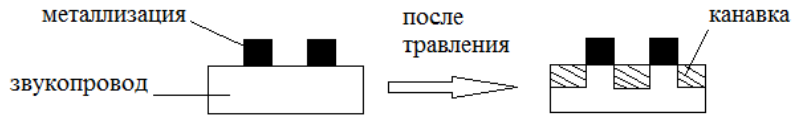


Рисунок 1. Жидко-химическое травление металлизации

Рассмотрим некоторые особенности данного метода.

При хранении ПАВ-фильтра с алюминиевой металлизацией в нормальных условиях на поверхности алюминия формируется оксидная пленка. Поэтому одной из особенностей жидко-химической подгонки частоты фильтра на ПАВ является предварительная очистка от окисной пленки и возможных остатков органики в 20 % водном растворе КОН при температуре $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30-40 секунд. После очистки поверхности зависимость изменения центральной частоты фильтра от времени травления носит монотонно-возрастающий характер. Следует отметить, что максимальное увеличение f_0 методом химической подгонки составляет 60–100 кГц (время травления 70-100 секунд). При более продолжительном травлении фильтра в растворе щелочи происходят растравы металлизации электродов, что приводит сначала к увеличению вносимых потерь, а затем и к деградации амплитудно-частотной характеристики фильтра. Типовая зависимость изменения центральной частоты фильтра от времени травления представлена на рисунке 2.

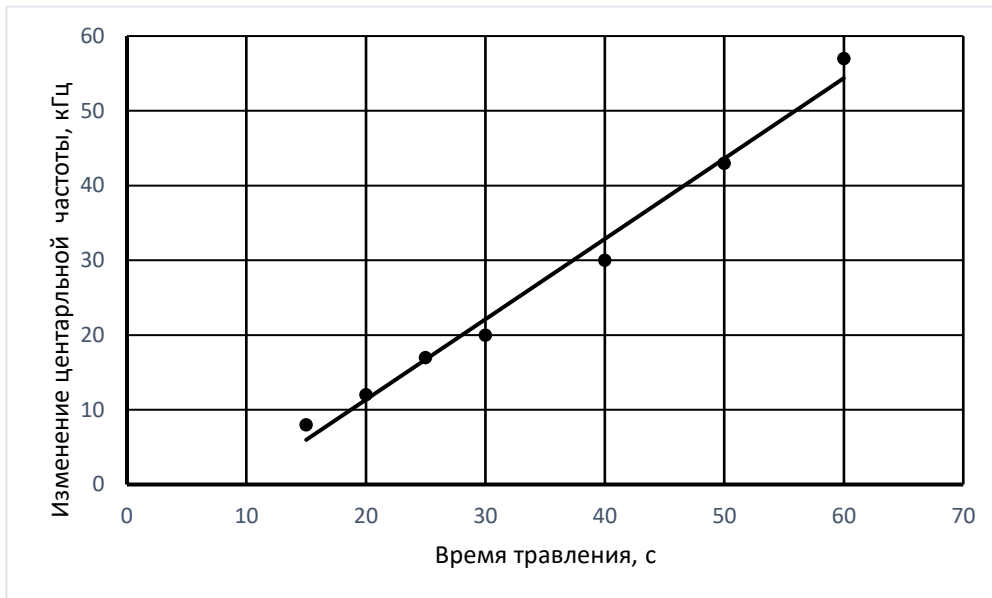


Рисунок 2. Зависимость изменения центральной частоты фильтра от времени жидко-химического травления в 20 % растворе КОН при температуре 25 °С

Плазмохимическое травление

Плазмохимическое травление фильтра предполагает в зависимости от состава газовой смеси травление свободной от металлизации поверхности звукопровода или травление самой металлизации. При травлении поверхности звукопровода происходит понижение частоты фильтра за счет уменьшения скорости ПАВ на участках травления (канавках) [4], а при травлении металлизации – увеличение за счет увеличения скорости ПАВ под электродами. Травление поверхности звукопровода представлено на рисунке 3.

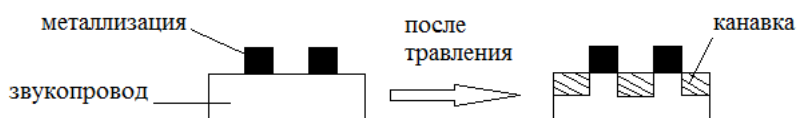


Рисунок 3. Плазмохимическое травление поверхности звукопровода фильтра

При плазмохимическом травлении ПАВ фильтров время травления на начальном этапе определяется состоянием поверхности платы фильтра. Для стабилизации процесса травления рекомендуется предварительный отжиг плат фильтров при $T = 250\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 2 часов, либо плазмохимическая очистка в кислородно-аргоновой смеси газов (мощность генератора равна 300 Вт на частоте 13,56 МГц, $\text{Ar}/\text{O}_2 = 1/10$, время травления 1–5 мин.). Типовая зависимость изменения центральной частоты фильтра от времени травления (мощность генератора 200 Вт, $\text{O}_2/\text{CF}_4 = 1/2$) представлена на рисунке 4.

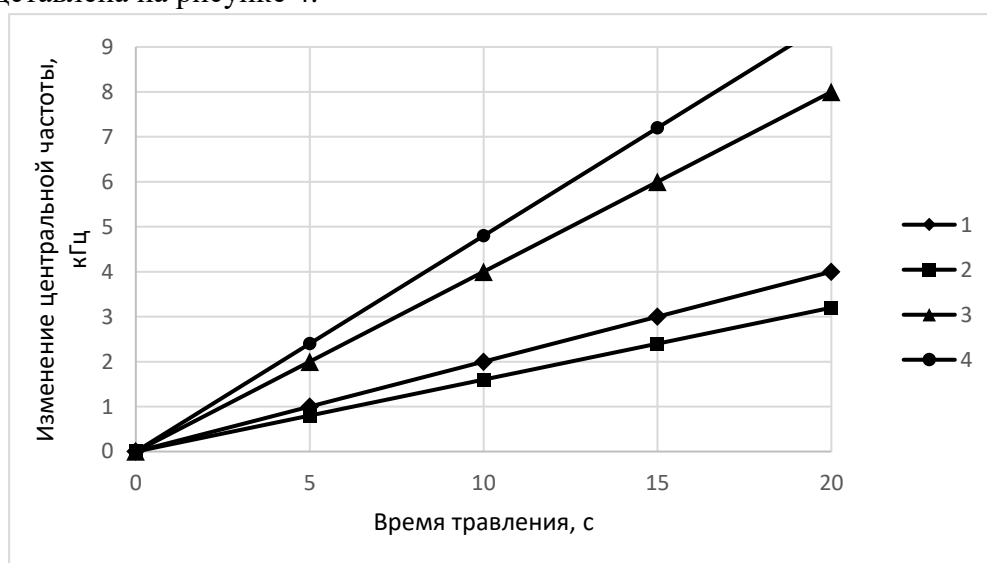


Рисунок 4. Зависимость изменения центральной частоты фильтра от времени плазмохимического травления: 1 – плата с $f_0 = 65$ МГц, 2 – плата в корпусе с $f_0 = 65$ МГц, 3 – плата в корпусе с $f_0 = 80$ МГц, 4 – плата с $f_0 = 80$ МГц

Из рисунка 4 следует, что изменение частоты фильтра на одну и ту же величину требует при травлении платы в корпусе большего времени, чем при травлении платы без корпуса. Можно предположить, что при плазмохимическом травлении металлизированный корпус фильтра выполняет роль экрана, тем самым затрудняя доступ плазмы к поверхности платы фильтра. Следует отметить, что максимальное изменение f_0 методом плазмохимической подгонки составляет 200–250 кГц.

Напыление диэлектрической пленки

К уникальным технологическим методам понижения частоты фильтра на ПАВ является напыление диэлектрической пленки, в частности, моноалюмината неодима NdAlO_3 [5].

Понижение частоты в этом случае, по-видимому, связано с уменьшением скорости ПАВ в многослойной структуре. Многослойная структура условно показана на рисунке 5.

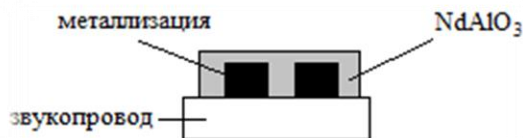


Рисунок 5. Многослойная структура алюминий – моноалюминат неодима

На рисунке 6 показано изменение центральной частоты фильтра $f_0 = 71$ МГц от времени напыления на поверхность звукопровода диэлектрической пленки моноалюмината неодима различной толщины. Повышение частоты фильтра вместо ожидаемого понижения в начале процесса объясняется превалированием процесса распыления поверхности платы фильтра над процессом осаждения пленки диэлектрика.

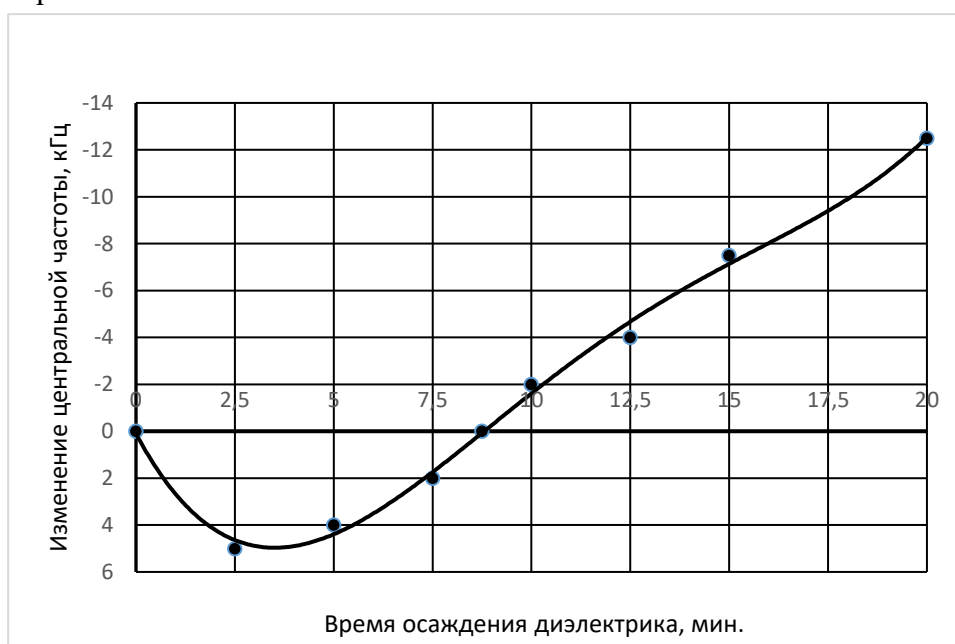


Рисунок 6. Изменение центральной частоты фильтра в зависимости от времени осаждения диэлектрика

3. Заключение

Проанализированы различные методы подгонки центральной частоты в диапазоне частот 65-80 МГц:

- жидко-химическое травление металлизации для увеличения f_0 на 60-100 кГц;
- плазмохимическое травление платы фильтра для понижения f_0 на 200-250 кГц;
- осаждение диэлектрика на поверхность фильтра для понижения f_0 .

Использование рассмотренных методов частотной подгонки позволяет обеспечить выпуск сверхузкополосных ПАВ-фильтров с приемлемым процентом выхода годных.

Список литературы

1. Narrow Bandpass Filters Using Double-Mode SAW Resonators on Quartz/ М. Tanaka [et al.]/IEEE 38th Annual Frequency Control Symp. (1984), pp. 286-293
2. Тихонов И.А., Доберштейн С.А. Фильтр на ПАВ на связанных резонаторах с уменьшенными габаритами и улучшенной термостабильностью// Техника радиосвязи. 2004. Вып. 9. С. 82-89.
3. Термостабильный узкополосный фильтр на поверхностных акустических волнах: пат. 2523958 Рос. Федерация/ Корж И.А., Тихонов И.А., Косарев Б.А. Оpubл. 27.07.2014;Бюль. № 21

4. Фильтры на поверхностных акустических волнах (расчет, технология, применение): Пер. с англ./Под ред. Г.Мэттьюза. – М.: Радио и связь, 1981. – 472 С.
5. Корж И.А. Сверхузкополосные фильтры на поверхностных акустических волнах. Технологические особенности изготовления // Техника радиосвязи. 1997. Вып.4. С.37-39.