

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК SiO₂ НА СТОЙКОСТЬ ПАВ ФИЛЬТРОВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SiO₂ PROTECTIVE FILMS ON THE RESISTANCE OF SAW FILTERS TO HIGH POWER INPUT SIGNAL

А.Т.Гарифулина / alis@ro.ru

A.T. Garifulina

ООО «БУТИС», г. Москва

Исследовано влияние защитной пленки SiO₂ на стойкость ПАВ фильтров к воздействию радиочастотного сигнала большой мощности. Проведенные испытания показали, что фильтры, изготовленные по данной технологии, не теряют работоспособность при подаче сигнала мощностью 5,7 Вт.

The influence of SiO₂ protective film on the resistance of SAW filters to high-power input signal is studied. The tests have shown that filters made by this technology do not lose their performance when a signal with a power of 5.7 W is applied.

Ключевые слова: *поверхностная акустическая волна (ПАВ), импедансные ПАВ-фильтры, мощность радиосигнала.*

Keywords: *surface acoustic wave (SAW), impedance SAW filters, radio signal power.*

ВВЕДЕНИЕ

Качественный уровень приема и передачи информации в значительной степени определяется уровнем мощности радиочастотного сигнала (РЧ), которым может оперировать РЭА. Соответственно, такие же требования предъявляются и к ЭКБ, составляющей ее основу. До недавнего времени применение фильтров на ПАВ в таких системах было ограничено из-за малого допустимого уровня мощности РЧ сигнала (порядка 0,1 Вт) несмотря на значительно лучшие эксплуатационные характеристики по сравнению с соответствующими аналогами. Основной причиной этого является электромиграция атомов алюминия в электродной решетке преобразователей вследствие воздействия радиочастотного сигнала большой мощности, в результате чего фильтры на ПАВ теряют работоспособность – выгорают. В данной работе проведены исследования, направленные на уменьшение электромиграции, в том числе с применением защитных покрытий, блокирующих данный эффект.

В технике ПАВ пленки SiO₂ используются для улучшения термостабильности устройств. В основе метода лежит использование материалов с различными по знаку температурными коэффициентами частоты (ТКЧ) [1, 2]. Но также, такое покрытие ограничивает подвижность ионов и соответственно уменьшает эффект электромиграции.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования влияния пленок SiO₂ на допустимый уровень мощности входного РЧ сигнала был разработан фильтр на ПАВ на номинальную частоту 655 МГц, структурная схема которого приведена на рис 1. Фильтр реализован на основе импедансной конструкции и содержит два идентичных звена со следующими параметрами:

- резонатор 1 (Res1) содержит по 10 штырей в отражательных решетках и 379 электродов во встречно-штыревом преобразователе;

- резонатор 2 (Res2) содержит 3 штыря в решетке, 258 электродов в ВПП;
- резонатор 3 (Res3) содержит 15 штырей в решетке, 185 электродов в ВПП.

Фильтр реализован на пьезоподложке из 41° -среза ниобата лития и смонтирован в металлокерамический корпус типа SMD с габаритными размерами 5,0x5,0 мм. Топологическая структура фильтра сформирована с применением электронно-лучевого напыления (двухслойная металлизация: первый слой - ванадий толщиной 300 ангстрем; второй слой - алюминий толщиной 2500 ангстрем) и метода взрывной фотолитографии, как наиболее технологичного для многослойных структур. Следует отметить, что в любых конфигурациях многослойных электродных структур для минимизации потерь в резонаторах [6] толщина верхнего слоя алюминия должна быть не менее 1100 ангстрем. Кроме того для обеспечения хорошей адгезии алюминия к поверхности пьезоподложки толщина слоя ванадия (или титана) должна быть не менее 70-80 ангстрем.

Далее на структуру фильтра методом химического осаждения была нанесена пленка SiO_2 толщиной 1000 ангстрем. Преимущество данного метода заключается в высокой технологичности конструкции, что подтверждено результатами исследований, представленных в работах [3-5].

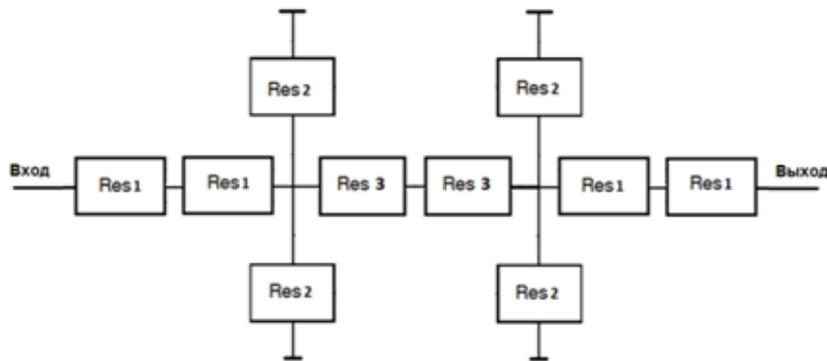


Рис.1. Структурная схема фильтра.

Для проведения испытаний на воздействие радиочастотных сигналов высокой мощности был использован специализированный стенд, который обеспечивает мощность РЧ сигнала в диапазоне от 0,1 Вт до 10 Вт [7] в диапазоне частот 20 - 4000 МГц. Структурная схема стенда приведена на рис.2. Для выбора частоты фильтра и уровня входной мощности радиосигнала используется генератор GS-8.

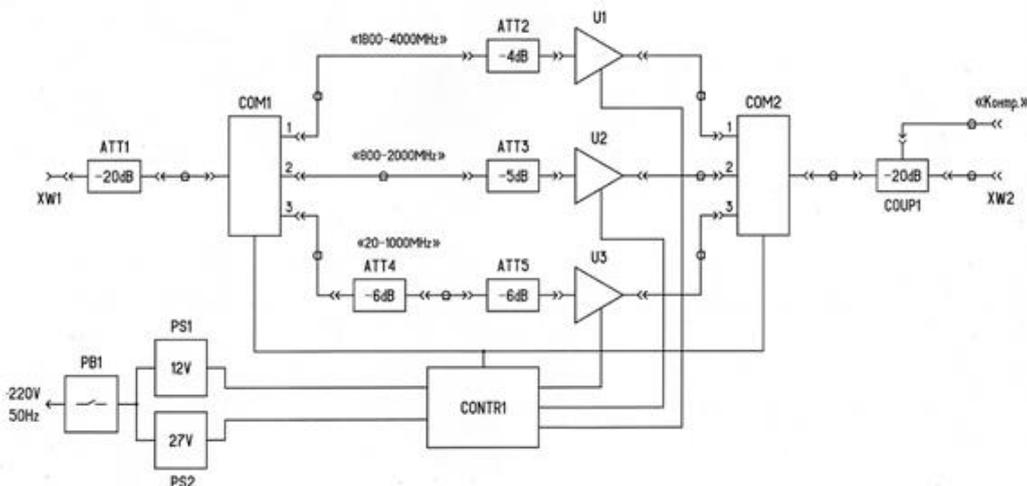


Рис.2. Структурная схема стенда.

Испытания проводятся путем ступенчатого увеличения мощности с шагом 0,1-1 Вт с выдержкой 30 минут при каждом уровне мощности при температуре +85°C.

Для обеспечения выполнения сборочных операций в технологический процесс изготовления была введена вторая фотолитография по пленке SiO₂ с целью вскрытия окон под установку монтажных перемычек. Внешний вид фильтра, выполненного по данной технологии, показан на рис.3.

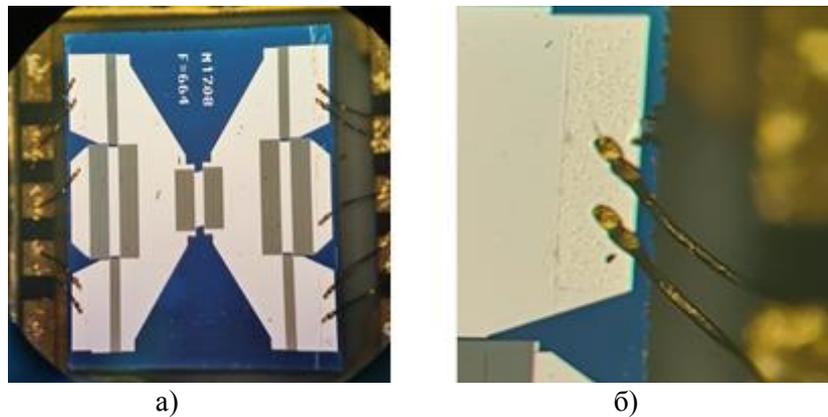


Рис.3 Внешний вид импедансного ПАВ-фильтра, реализованный на структуре V-300Å/Al-2500Å/SiO₂-1000Å (а); вскрытые окна в пленке SiO₂ под установку монтажных перемычек (б).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристики ПАВ-фильтров на основе двухслойной структуры V-300Å/Al-2500Å/SiO₂-1000Å при подаче радиочастотных сигналов различной мощности, представлены на рис.4.

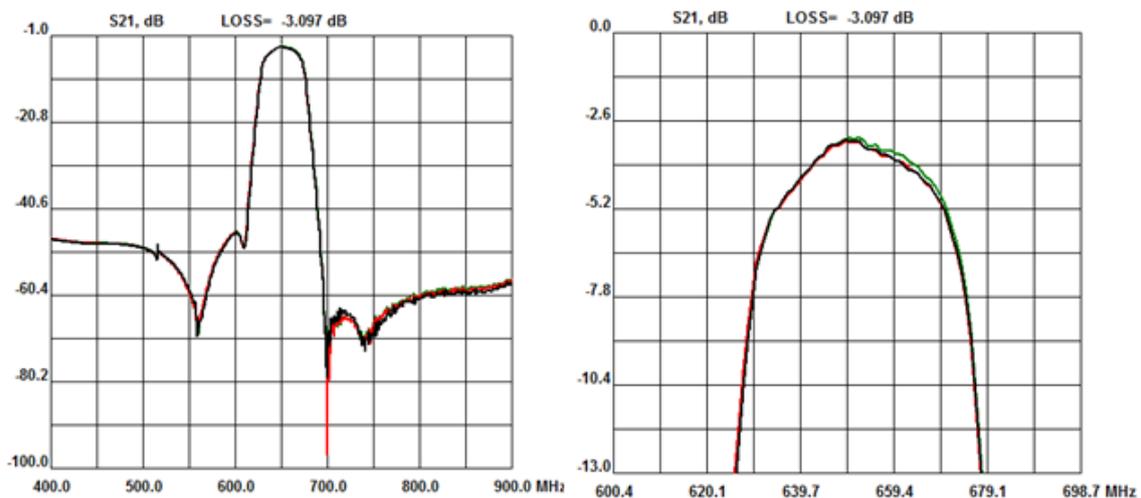


Рис.4 Сравнительные АЧХ импедансных ПАВ-фильтров при разных уровнях мощности: черная – 1,5 Вт; красная – 3,5 Вт; зеленая – 5,7 Вт

При проведении испытаний часть образцов испытывалась в открытом состоянии (фильтр не был закрыт крышкой, структура фильтра была открыта). Это позволило отслеживать постепенное выгорание ВШП. Фото структур ПАВ фильтра при разных мощностях входного сигнала показаны на рис. 5. Подписи к каждой фотографии

соответствуют мощности РЧ сигнала, подаваемого на вход фильтра. Фильтр потерял работоспособность при подаче сигнала мощностью 6 Вт.



Рис.5 Структура импедансного ПАВ-фильтра при воздействии РЧ-сигналов большой мощности.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показывает, что при примененной технологии изготовления отсутствует деградация (выгорание) электродных структур ВШП в ПАВ-резонаторах вплоть до полного отказа при уровне мощности 6 Вт. (рис. 5). Причиной потери работоспособности всех образцов фильтров было выгорание резонатора Res 3, имеющего минимальную площадь электродной области.

ВЫВОДЫ

Показано, что разработанная технология изготовления фильтров на ПАВ с применением защитного покрытия из диэлектрической пленки SiO_2 позволяет существенно увеличить допустимый уровень РЧ-сигнала за счет уменьшения эффекта электромиграции.

Увеличение мощности входного сигнала позволит увеличить выходную мощность современных систем передачи и обработки информации и, как следствие, повысить дальность и стабильность ее работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимова Т.А., Кондратьев С.Н., Сеницына Т.В. Термостабильные ПАВ-фильтры на слоистой структуре // Электронная техника, сер. Радиодетали и радиокомпоненты. 1989. вып. 1(74). С. 61-63.
2. Nakamura H., Nakanishi H., Fujiwara J., Tsurunari T. A Review of SiO_2 Thin Film Technology for Temperature Compensated SAW Devices // Proc. Sixth International Symposium on Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communication Systems. 2015. P. 67-72.

3. Сеницына Т.В., Гарифулина А.Т. Конструктивно-технологические особенности реализации фильтров на ПАВ с высокой входной мощностью // *Материалы Международной научно-технической конференции «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике»*. Москва. 2016. с. 191-194.

4. Багдасарян А.С., Сеницына Т.В., Груздев А.С., Гарифулина А.Т. Базовые конструкции фильтров на ПАВ с высокой входной мощностью для радиотехнических систем связи // *Сборник научных трудов XXI Международной научно-технической конференции «Высокие технологии в промышленности России»*, М., 2016. с.35-41.

5. Сеницына Т.В., Гарифулина А.Т., Груздев А.С., Багдасарян А.С. Исследование эксплуатационных характеристик ПАВ фильтров в условиях повышенной мощности входного сигнала // В сборнике: *Международная научно-техническая конференция «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» («МНТК ФТИ-2017»)* Сборник научных трудов. Под редакцией Булатова М.Ф.. 2017. с. 253-256.

6. Сеницына Т.В., Багдасарян А.С., Гарифулина А.Т., Груздев А.С., Дорофеева С.С. Конструктивно-технологические особенности устройств на ПАВ для обработки радиочастотных сигналов высокой мощности: Исследования способов минимизации потерь в резонаторах для условий многослойного напыления // *Научные технологии*. 2018. Т. 19. № 2. с. 46-57.

7. Сеницына Т.В., Машинин О.В., Багдасарян А.С., Львов В.Ф., Гарифулина А.Т. Испытания ПАВ-фильтров на воздействие сигнала с высокой входной мощностью // *Труды НИИР*. 2015. № 4. с. 9-13.