

## СЕКЦИЯ 3 НАНОТЕХНОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

### Результаты экспериментальных исследований влияния различных по составу электродных структур на характеристики преобразователя и ПАВ устройства в целом

*А.Т. Гарифулина, А.С. Груздев, Т.В. Сеницына, \*А.С. Багдасарян*  
Москва, ООО «БУТИС», 121357 ул. Верейская, 29, стр. 135, e-mail: [alis@ro.ru](mailto:alis@ro.ru) ;  
\* Москва, Институт радиотехники и электроники РАН им. В.А. Котельникова, 125009,  
ул. Моховая 11, корп. 7.

*Исследовано влияние различных по составу электродных слоев на стойкость ПАВ фильтра к мощному сигналу.*

*The results of experimental studies of the influence of different electrode structures on the characteristics of SAW devices. A.T. Garifulina, A.S. Gruzdev, T.V. Sinitsina, A.S. Bagdasaryan. The influence of different electrode layers on the resistance of the SAW filter to a high power input signal is studied.*

#### **Введение.**

В настоящее время в современных системах приема, обработки и передачи информации различного функционального назначения используются фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ), которые в силу конструктивных особенностей имеют ряд проблем, связанных с ограничением допустимой мощности входного радиосигнала [1]. Единственным на сегодняшний день типом конструкции ПАВ-фильтров, позволяющим решить данную задачу, являются конструкции импедансного (лестничного) типа, реализованные на основе Г-, П- и Т-образных резонаторных звеньев [2], преимуществом которых является большая протяженность электродных структур во встречно-штыревых преобразователях (ВШП) – до 400 электродов. Это позволяет распределить воздействие сигнала по гораздо большей площади пьезоэлектрической подложки и по большей площади структуры ВШП и, как следствие, уменьшить локальные напряжения в электродных структурах преобразователей даже при больших мощностях входного радиочастотного (РЧ) сигнала.

Кроме того в мировой практике для реализации ПАВ-фильтров с высокой входной мощностью применяют более сложные по составу и геометрии пленочные слои в ВШП, что требует наличия большого спектра оборудования и усложнения технологического процесса изготовления. Результаты проведенных авторами исследований показали, что использование оригинальных конструктивных приемов, основанных на применении секционированных ВШП или их параллельное/последовательное включение, позволяет реализовать на основе стандартной фотолитографии ПАВ-фильтры, обеспечивающие обработку РЧ сигналов мощностью до 12 Вт.

#### **Результаты экспериментальных исследований.**

Для проведения исследований влияния различных по составу электродных структур на характеристики преобразователя и ПАВ устройства в целом была разработана топология ПАВ-фильтра импедансного типа на номинальную частоту 655 МГц (ширина полосы пропускания 5%). Для реализации оптимального соотношения импедансов последовательного и параллельного резонаторов и улучшения равномерности распределения проходящей энергии по площади пьезоэлемента, резонаторы выполнены в виде идентичных пар резонаторов, включенных последовательно (Res1- Res1; Res3-Res3) и параллельно (Res2-Res2). При этом последовательно включенные резонаторы Res1 и Res3 выполнены в виде секционированных ВШП, что позволяет примерно в четыре раза увеличить импеданс данных элементов [3]. Основные конст-

руктивные параметры элементов фильтра приведены в табл.1. Структурная схема импедансного ПАВ-фильтра, реализованного на основе  $YXl/-41^\circ$ -среза ниобата лития показана на рис.1.

Таблица 1. Конструктивные параметры элементов импедансного ПАВ-фильтра на номинальную частоту 655 МГц

Элемент	Число штырей в решетке	Число электродов в ВШП	Апертура, мкм	Коэффициент металлизации	Период электродов, мкм
Res 1	10	379	212	0,42	3,198
Res 2	3	258	112	0,42	3,464
Res 3	15	185	212	0,42	3,194

На основе данной топологии для проведения исследований были изготовлены 3 варианта фильтров, реализованных на различных типах двухслойных структур (табл.2). Резонаторные структуры сформированы методом обратной фотолитографии с применением электронно-лучевого вакуумного напыления. Толщины слоев алюминия титана и ванадия выбирались таким образом, чтобы массовая нагрузка на поверхность пьезоэлектрика была идентичной.

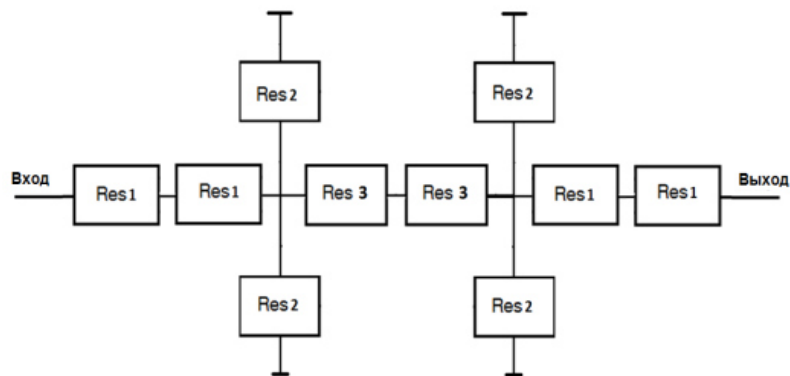


Рис.1 Структурная схема импедансного ПАВ-фильтра на номинальную частоту 655 МГц.

Таблица 2. Типы многослойных структур, использованные для реализации импедансного ПАВ-фильтра на номинальную частоту 655 МГц

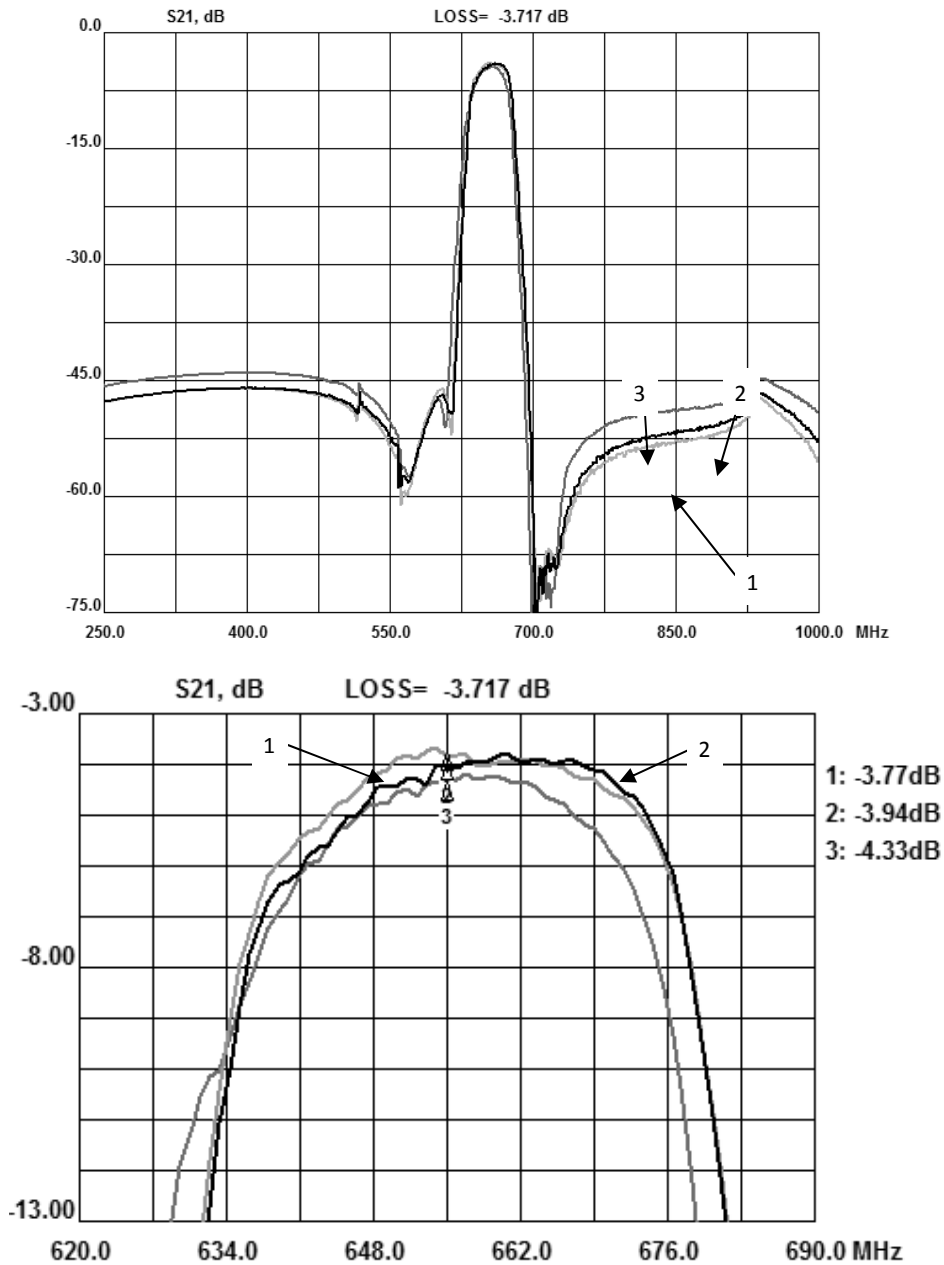
Количество слоев	Толщина слоев	Общая толщина пленки
2 слоя	Ti-300Å/Al-2700Å (Ti – 10% от общей толщины)	3000Å
2 слоя	V-300Å/Al-2500Å (V – 11%)	2800Å
2 слоя	Ti-600Å/Al-2200Å (Ti – 21%)	2800Å

На рис.2 представлены экспериментальные характеристики импедансных ПАВ-фильтров на основе двухслойной структуры Ti-300Å/Al-2700Å – 1, на основе двухслойной структуры V-300Å/Al-2500Å – 2 и на основе двухслойной структуры Ti-600Å/Al-2200Å – 3.

Из рис. 2 следует, что при идентичной массовой нагрузке на поверхность пьезоэлектрика влияние различных по составу многослойных структур на характеристики ВШП и фильтра в целом незначительно.

Для проведения испытаний на воздействие сигнала повышенной мощности от 0,1 Вт до 12 Вт использовался специализированный стенд [4], обеспечивающий максимальную мощность выходного сигнала 20 Вт в диапазоне частот от 20 до 4000 МГц. Испытания проводились при повышенной температуре окружающей среды +85°C.

Рисунки 3-5 и таблицы 3-5 показывают изменение вносимого затухания от мощности входного сигнала и длительности его воздействия.



*Рис.2 Сравнение характеристик ПАВ-фильтров на основе двухслойных структур.*

Таблица 3. Изменение вносимого затухания от длительности воздействия и мощности входного сигнала для двухслойной структуры Ti-300Å/Al-2700Å.

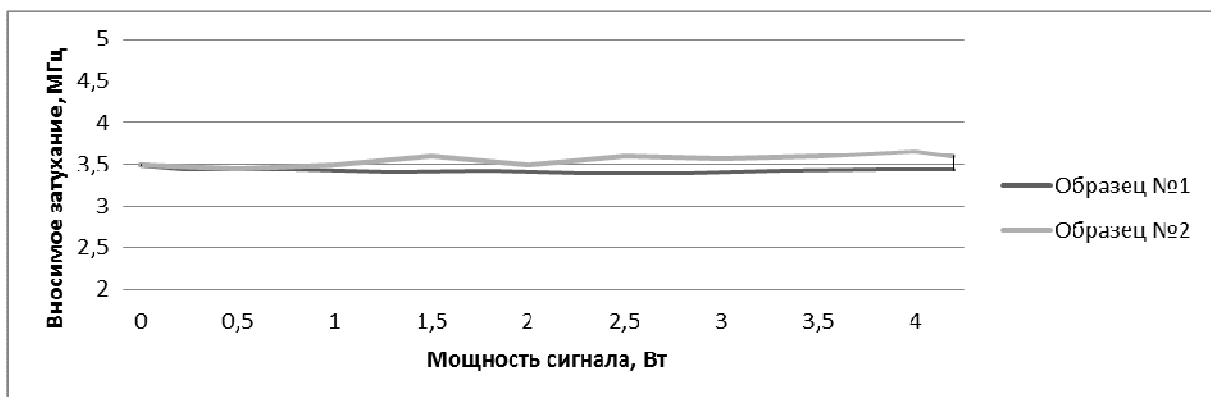
Мощность, Вт	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Образец №1, Вносимое затухание, МГц	3,77		3,78		3,72		3,87		3,9		3,88		3,8
Образец №2, Вносимое затухание, МГц	3,74	3,73		3,74		3,78		3,8		3,88		3,9	3,82
Время, ч		0,5	0,5	0,5	2	0,5	0,5	0,5	2	0,5	0,5	2	6



*Рис.3. Результаты испытаний ПАВ-фильтра, реализованного на основе двухслойной структуры Ti-300Å/Al-2700Å.*

Таблица 4. Изменение вносимого затухания от длительности воздействия и мощности входного сигнала для двухслойной структуры V-300Å/Al-2500Å

Мощность, Вт	0	1	1,3	1,5	1,8	2,5	2,8	3	3,3	3,5	3,8	4	4,2
Образец №1, Вносимое затухание, МГц	3,5		3,41		3,42		3,4		3,42		3,44		3,43
Образец №2, Вносимое затухание, МГц	3,49	3,5		3,6		3,6		3,56		3,6		3,65	3,6
Время, ч		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2



*Рис.4 Результаты испытаний ПАВ-фильтра, реализованного на основе двухслойной структуры V-300Å/Al-2500Å.*

Таблица 5. Изменение вносимого затухания от длительности воздействия и мощности входного сигнала для двухслойной структуры Ti-600Å/Al-2200Å.

Мощность, Вт	0	1	2	3	4	4,2
Образец №1, Вносимое затухание, МГц	3,74	3,73		3,77		3,76
Образец №2, Вносимое затухание, МГц	3,72		3,69		3,68	3,69
Время, ч	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2



Рис.5 Результаты испытаний ПАВ-фильтра, реализованного на основе двухслойной структуры Ti-600Å/Al-2200Å.

#### Выводы:

1. При идентичной массовой нагрузке на поверхность пьезоэлектрика влияние различных по составу многослойных структур на характеристики ВШП и фильтра в целом незначительно.

2. Все типы двухслойных структур выдержали воздействие РЧ-сигнала мощностью 4 Вт. Двухслойная структура Ti-300Å/Al-2700Å выдержала подачу РЧ сигнала мощностью 12Вт (длительные испытания продолжаются).

#### Литература

1. 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» 2017. С. 258–261.
2. Сеницына Т. В., Гарифулина А.Т. Конструктивно-технологические особенности реализации фильтров на ПАВ с высокой входной мощностью // В сборнике: Международная научно-техническая конференция «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» 2016. С. 191–194.
3. 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 // В сборнике: Высокие технологии в промышленности России. Тонкие пленки в электронике. Нанотехнологии. Сборник научных трудов XXI Международной научно-технической конференции, XXVIII Международного симпозиума и VIII Международной научно-технической конференции. 2016. С. 35–41.
4. 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. № 3. С. 9-13.