

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Генеральный директор  
АО «НИИ «Элла»**

  
**С.А. Феоктистов**

**2022 г.**



## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Элла»  
(АО «НИИ Элла»)**

**о научно-практической ценности диссертации**

**ГРУЗДЕВА АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВИЧА**

**на тему «Методы проектирования высокоизбирательных микроблоков  
на основе фильтров на поверхностных акустических волнах»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника,  
радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы  
на квантовых эффектах»**

**Актуальность темы заявленного исследования.** Развитие нового поколения аппаратуры передачи, обработки и приема информации с повышенными требованиями к габаритам, частотной избирательности и уровню потерь сигнала в частотно-избирательных трактах делает всё более актуальной решение задачи создания комплексированных электронных модулей, которые комбинируют в себе различные функциональные узлы – фильтры, усилители, фазовращатели, делители и другие элементы.

Поиск решения этой задачи привел к созданию активных частотно-избирательных элементов на основе ПАВ-фильтров, использование которых в качестве избирательных элементов микроблоков обусловлено уникальностью их эксплуатационных характеристик в широком диапазоне частот от 20 до 3500 МГц. Нужно особо подчеркнуть, что устройств с использованием отечественной компонентной базы, обладающих

небольшими размерами и большим затуханием сигнала за полосой (свыше 70 дБ) и при этом сравнительно большим коэффициентом передачи на российском рынке практически нет, в то время как потребность в них в современной аппаратуре велика.

Таким образом, тема диссертационной работы А.С. Груздева, направленной на разработку и усовершенствование высокоизбирательных микроблоков на основе фильтров на поверхностных акустических волнах является, **актуальной**, и ее результаты будут иметь практическое применение в различных отраслях народного хозяйства.

Основными задачами работы являются: исследования, направленные на совершенствование конструктивно-технологических особенностей создания и разработку методов проектирования высокоизбирательных микроблоков на основе фильтров на поверхностных акустических волнах; поиск новых конструктивных решений микроблоков на основе фильтров на ПАВ; выбор оптимальных базовых конструкций ЧИМ для разных частотных диапазонов и полос пропускания, выбор оптимальных конструкций фильтров на ПАВ для разных частотных диапазонов и полос пропускания, а также проведение исследований в области СВЧ измерений, включающие моделирование влияния конструктивных и технологических параметров АРК и ЧИМ на их рабочие характеристики; разработка методов проектирования «нейтральных» контактных устройств (КУ) с минимальным влиянием на характеристики измеряемых АРК как в полосе пропускания, так и в полосах заграждения.

#### **Значимость для науки и производства.**

Полученные в диссертации результаты имеют универсальный характер и могут быть использованы на предприятиях микроэлектронной промышленности, специализирующихся на разработке пьезоэлектрических устройств частотной селекции, таких как ОАО «Авангард», АО «НИИ «Элпа», АО «ЛИТ-ФОНОН», АО «НПП «Радар ммс», АО «ОНИИП».

Кроме того, практическая значимость полученных в работе результатов уже сейчас подтверждается их использованием предприятиями ООО «БУТИС», АО «НПП «Исток» им. Шокина», АО «НПО ИТ», АО «УМЗ», АО «УПП Вектор», ООО «НПП «Техно-ПАРК».

**Фундаментальный характер научной новизны** полученных Груздевым А.С. результатов подтверждается исследованиями, выполненными при поддержке грантов РФФИ (№ 17-07-01372; № 18-07-00282).

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**, представленных в диссертационной работе, подтверждается корректностью поставленных задач, использованием апробированных методов их решения, а также совпадением с альтернативными решениями, в т.ч. методами имитационного моделирования.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, посвященных описанию методов и результатов решения задач, сформулированных в диссертационном исследовании, и заключения.

**Глава 1** посвящена конструктивно-технологическим особенностям создания частотно-избирательных микроблоков специального назначения.

Опираясь на проведенные исследования, четко обоснован выбор структурной схемы для построения микроблоков, что подтверждено результатами работы, а так же в условиях импортозамещения из существующей базы российских производителей выбран широкополосный радиационно-стойкий малошумящий усилитель в бескорпусном исполнении, наиболее полно удовлетворяющий требованиям для данного вида продукции. Таким образом, предложенная базовая конструкция ЧИМ полностью реализована с использованием компонентной базы российского производства.

**Глава 2** посвящена особенностям проектирования фильтров на ПАВ в качестве частотно-избирательных элементов ЧИМ. Приведены основные физико-технические принципы построения фильтров на ПАВ. Проведен широкий спектр исследований:

- с целью повышения точности моделирования фильтров на ПАВ проведены исследования по минимизации искажений характеристик ПАВ-устройств, обусловленных наличием паразитных элементов конструкции;

- с целью минимизировать уровень вносимого затухания фильтров на ПАВ проведены исследования по определению влияния типа пьезоэлектрика и толщины напыляемой пленки на величину потерь на распространение волны  $\gamma_p$ , а также коэффициент электромеханической связи  $k^2$ ;

- исследованы новые перспективные срезы ниобата лития (ориентации  $YXl/19^\circ$  и  $YXl/15^\circ$ ).

Особо стоит выделить обоснованность применения пьезоэлектрических материалов с повышенной проводимостью, а так же использование ПАВ-фильтров импедансного типа для обработки радиочастотных сигналов большой мощности.

Представленные в данном разделе результаты исследований носят универсальный характер и могут быть использованы при разработке всех

типов акустических радиокомпонентов, что повышает значимость работы в целом.

В **Главе 3** диссертации представлены результаты исследований и испытаний конкретных частотно-избирательных микроблоков на основе фильтров на ПАВ, разработанных на основе предложенных базовых конструкций на частотный диапазон 157-1330 МГц. Несомненно, нужно отметить практическую значимость результатов, а именно расширение номенклатуры и частотного диапазона применяемости разработанных изделий.

Использованное конструктивно-технологическое решение микроблоков обеспечило достижение всех заданных параметров, высокую повторяемость характеристик ЧИМ, а также их надежность в части воздействия механических, климатических и специальных факторов.

Разработанные модификации оригинальных программ обеспечили высокую корреляцию теоретических и экспериментальных результатов.

Следует отметить результаты, представленные Груздевым А.С. в **Главе 4**, которая посвящена исследованиям в области разработки методов проектирования прецизионных контактных устройств, обеспечивающих высокую точность измерения параметров акустоэлектронных радиокомпонентов в ВЧ и СВЧ-диапазонах (до 4 ГГц).

Использование современных методов исследований, а именно метода спектрального сканирования позволило оптимизировать конструкции контактных устройств для различных частотных диапазонов и типов корпусов. Предложенные базовые конструкции КУ обеспечивают высокую степень достоверности получаемых параметров за счет малого КСВн (не более 1,25) в рабочем частотном диапазоне АРК от 20 до 3500 МГц и уровне электромагнитной развязки в рабочей зоне контактного устройства более 80 дБ.

Практическое применение, на наш взгляд, имеет и метод экспериментальной коррекции, исключая паразитные составляющие импеданса контактного устройства, что в конечном итоге ускоряет и повышает точность подбора внешних элементов согласования.

Полученные Груздевым А.С. оригинальные результаты полностью соответствуют сформулированным целям и задачам диссертационного исследования.

Выбранная автором структура диссертационной работы соответствует обоснованной актуальности, имеет последовательную логику изложения и включает все разделы, предусмотренные требованиями ВАК к составу диссертационной работы.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации и позволяет сделать обоснованное заключение о научной новизне, актуальности и основных научно-технических результатах исследований.

**Личный вклад:** автор внес определяющий вклад в проведение экспериментов, разработку конструктивных решений (Главы 1, 2, 4), методов и методик исследований (Главы 3, 4). Кроме того, автор осуществлял обработку, анализ и обобщение результатов. Экспериментальные исследования в области СВЧ измерений, проектирование и изготовление контактных устройств, обеспечивающих прецизионность контроля параметров АРК, выполнены автором в рамках данной научной работы.

**Публикации.** Основные результаты работы изложены в опубликованных 20 статьях и докладах международных и российских конференций, в том числе 11 - в изданиях, рекомендуемых в действующем перечне ВАК РФ. Получен патент на полезную модель. Ключевые положения, основные научные и практические результаты многократно представлялись на международных и всероссийских конференциях.

Отмечая высокий научный уровень и широкий круг задач, решенных при выполнении диссертационной работы, а также личный вклад А.С. Груздева в развитие российской акустоэлектроники, следует, тем не менее, сделать несколько замечаний:

1. Физико-технические принципы построения фильтров на ПАВ (раздел 2.1) рассматриваются на примере конструкций трансверсального и веерного типа, которые далее не используются в составе ЧИМ.

2. На ряд графиков по осям отсутствуют обозначения параметров и единицы их измерения (Глава 2), либо использован очень мелкий шрифт (шумовые характеристики в Главе 3), что затрудняет восприятие графического материала.

3. В системах приема, передачи и обработки информации важным параметром устройств на ПАВ является групповое время запаздывания в полосе рабочих частот, к сожалению эта важная характеристика не нашла своего отражения в тексте диссертации.

4. В список использованных источников включены достаточно много старых публикаций (10 лет и более).

Сделанные замечания, однако, не носят принципиальный характер и не снижают общей высокой положительной оценки научной и практической ценности диссертационной работы Груздева А.С.

Диссертация А.С. Груздева является законченной научно-исследовательской работой, в которой успешно решена важная народно-хозяйственная задача по реализации частотно-избирательных микроблоков

на основе фильтров на поверхностных акустических волнах, обеспечивающих предельные параметры назначения систем и средств связи, в т.ч. по шумовым характеристикам, энергопотреблению и избирательности в расширенных диапазонах частот и полос пропускания, а также исследований в области СВЧ измерений, включающие моделирование влияния конструктивных и технологических параметров АРК и ЧИМ на их рабочие характеристики.

Таким образом, диссертация Груздева Александра Сергеевича «Методы проектирования высокоизбирательных микроблоков на основе фильтров на поверхностных акустических волнах» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, что соответствует требованиям п.9 Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Диссертация А.С. Груздева была представлена и обсуждена на заседании НТС АО «НИИ «Элпа» (Протокол № 01 от 06.04.2022г., присутствовало 17 человек, из них 7 кандидатов наук, за – 17, против – 0, воздержавшихся – 0.)

Адрес: 124460, г.Москва, г.Зеленоград, Панфиловский проспект, д.10  
Телефон: (499) 735-13-10  
e-mail: [elpra@elpapiezo.ru](mailto:elpra@elpapiezo.ru)

Отзыв подготовил:  
Ведущий инженер-технолог опытного  
производства многослойных пленочных  
элементов НПК-3, к.ф.-м.н.



Воронова  
Наталья Владимировна

Подпись Вороновой Натальи Владимировны заверяю:  
Заместитель генерального директора по науке и  
инновациям, к.ф.-м.н.



Дайнеко  
Андрей Владимирович