

ОТЗЫВ

официального оппонента Строганова Кирилла Александровича на диссертацию Груздева Александра Сергеевича «Методы проектирования высокоизбирательных микроблоков на основе фильтров на поверхностных акустических волнах», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Актуальность диссертационного исследования

В настоящее время проблемы совершенствования отечественной электронной компонентной базы (ЭКБ) приобретают важнейшее значение в связи с увеличением объёма их производства, расширением областей применения, а также возросшей конкуренцией и проблемами поставки зарубежной ЭКБ.

Одним из наиболее распространённых и востребованных типов ЭКБ в различной аппаратуре обработки сигналов являются устройства частотной селекции и, в частности, фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ), позволяющие реализовать широкий диапазон полос пропускания от 0.05% до 100% на частотах до 3 ГГц. Частотно-избирательные параметры фильтров ПАВ в значительной степени определяют качество аппаратуры, используемой в различных системах связи, навигации, радиолокационной и телекоммуникационной аппаратуре и системах управления.

Вместе с тем, при практическом использовании таких фильтров зачастую возникают проблемы, связанные с конструктивной реализацией, особенностями включения и согласования фильтров ПАВ с оконечными электронными узлами, что затрудняет достижение предельных параметров фильтров и аппаратуры в целом. В этой связи задача разработки и совершенствования частотно-избирательных микроблоков (ЧИМ), совмещающих в едином конструктивном и схемотехническом исполнении как фильтры на ПАВ, так и электронные компоненты, которой посвящена диссертационная работа А.С. Груздева, имеет

большое *практическое значение* и, несомненно, является *актуальной и своевременной*. Решение этой проблемы имеет важное народно-хозяйственное значение, обеспечивая снижение стоимости и трудоёмкости изготовления аппаратуры при их серийном изготовлении. Создание базовых конструкций селективных микроблоков на основе фильтров на ПАВ в корпусах для поверхностного монтажа позволит существенно упростить структуру и повысить помехозащищённость и надёжность входных и выходных узлов приёмно-передающих устройств управления и связи.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и библиографии цитируемой литературы. Материал диссертации хорошо структурирован по главам, приведенные в диссертации выводы и рекомендации, в основном, соответствуют результатам расчетов и экспериментов, полученным в процессе исследований.

Во введении в соответствии с требованиями ВАК сформулированы основные цели и задачи работы, обозначены методы исследований, указана научная новизна работы, основные положения, выносимые на защиту, а также, обоснована достоверность результатов, отражен личный вклад соискателя, указана апробация работы и подтверждено соответствие диссертации паспорту научной специальности.

В первой главе рассмотрены основные принципы работы и моделирования ПАВ фильтров, приведены основные параметры и характеристики усилительных микросхем, а также критерии выбора усилительных элементов в рамках поставленных в работе задач. На основании анализа имеющейся отечественной элементной базы, обоснован выбор базовой микросхемы (1324УВ6Н4 производства НПП «Пульсар»), наиболее полно удовлетворяющая требованиям, предъявляемым к данному классу приборов, включая радиационную стойкость.

Следует отметить корректность и обоснованность выбора схемотехнического решения и конструкции ЧИМ, проведённых в данной главе, что подтверждено дальнейшими исследованиями и экспериментами.

Во второй главе более детально рассмотрены способы формирования частотных характеристик фильтров ПАВ и конструктивно-топологические особенности встречно-штыревых преобразователей различных типов.

Особое внимание уделено методам разработки фильтров с малыми вносимыми потерями, как наиболее перспективному направлению развития современных ПАВ фильтров. К позитивным аспектам данной главы следует отнести предложенную классификацию фильтров, что позволило обосновать выбор оптимальных конструктивных решений фильтров для их применения в ЧИМ и подтвердить корректность сделанных выводов с помощью экспериментальных результатов.

Описанная в данной главе САПР и ряд специализированных программ для расчёта и синтеза фильтров на ПАВ позволяют проводить разработку элементов селекции достаточно оперативно и высокой степенью адекватности моделирования.

На основе имеющегося программного обеспечения и предварительных экспериментов разработаны различные типы полосовых фильтров (импедансный, кольцевой, с продольной акустической связью), адаптированные к применению в составе ЧИМ. Результаты экспериментальных исследований фильтров подтвердили корректность разработок и их совместимость с усилительной микросхемой.

Глава 3 посвящена разработке и экспериментальному исследованию частотно-селективных микроблоков на основе разработанных ПАВ фильтров, выбранной усилительной микросхемы и обоснованного конструктивно-схемотехнического решения. В заданном частотном диапазоне (до 1500 МГц) результаты экспериментов, в целом, подтверждают теоретические выводы, хорошо коррелируют с данными моделирования и соответствуют требованиям, предъявляемыми к ЧИМ в различных условиях эксплуатации, в том числе, и по механическим и климатическим воздействиям.

Используемые измерительные приборы и оснастка соответствуют современным требованиям к метрологическому обеспечению экспериментальных исследований, что подтверждает корректность полученных в работе результатов.

В главе 4 рассмотрены вопросы проектирования прецизионных контактных устройств, как для измерения отдельных ПАВ фильтров, так и ЧИМ. Следует отметить, что проблема создания измерительной оснастки, обеспечивающей высокую степень достоверности полученных параметров СВЧ устройств является

весьма *актуальной задачей*, имеющей большое практическое значение для контроля и реализации предельных параметров аппаратуры в целом.

Автором предложены методы проектирования и конструкции различных вариантов контактных устройств. В зависимости от частотного диапазона и типа корпуса измеряемого прибора определены конкретные конструктивные решения контактных устройств, обеспечивающие минимальные искажения характеристик фильтров и ЧИМ при их измерении и тестировании. Качество разработанных и изготовленных контактных устройств продемонстрировано не только сравнительными результатами измерений с помощью устройств других производителей, но и подтверждено исследованиями с использованием современных приборов и способов спектрального сканирования.

Практический интерес, на мой взгляд, также представляет предложенная методика исключения влияния паразитных элементов КУ на параметры фильтра, что позволяет не только оценить его реальные характеристики и их соответствие результатам моделирования, но и с большей точностью проводить подбор элементов согласования.

Выводы по работе соответствуют приведенным в разделах диссертации результатам.

К несомненным достоинствам диссертации следует отнести глубину проведенных исследований, практическую направленность полученных результатов и большой объем экспериментов, подтверждающих основные выводы. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

Апробация диссертационной работы: основные результаты диссертации опубликованы как в периодических научных журналах, так и в отдельных сборниках, докладывались на различных конференциях, что подтверждает их *достоверность и актуальность*.

Замечания по работе

Следует отметить некоторые недостатки диссертации.

1. В работе не достаточно подробно выполнен сравнительный анализ характеристик существующих аналогов ЧИМ на основе фильтров на ПАВ

как отечественного, так и зарубежного производства с вновь разработанными ПАВ-устройствами.

2. Впечатляет практическая значимость работы, однако ничего не сказано о подтверждении её актами о внедрении.

3. В первом разделе главы 2 рассмотрены фильтры с повышенными вносимыми потерями (трансверсальные, веерные), которые в дальнейшем не применяются в составе ЧИМ. На мой взгляд, данный раздел свидетельствует об эрудиции автора, но не имеет прямого отношения к основному содержанию диссертации.

4. При анализе основных типов фильтров ПАВ с малыми вносимыми потерями не рассмотрен такой перспективный тип фильтров, как гибридные фильтры, в составе которых присутствуют как элементы с продольной акустической связью, так и импедансные.

5. Эффективность разработанного метода подавления паразитной ПАВ-составляющей излучения для различных срезов ниобата лития за счёт нанесения дополнительной плёнки SiO_2 малой толщины требует более всесторонней и обстоятельной аргументации.

Несмотря на указанные недостатки следует отметить, что диссертационная работа **А.С. Груздева** является значительным вкладом в теорию и практику проектирования и производства **фильтров на ПАВ и ЧИМ на их основе** с предельными параметрами частотных характеристик, применение которых обеспечивает значительный экономический эффект.

Замечания носят уточняющий характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

Стоит отметить, что в автореферате достаточно полно и объективно отражены основные результаты представленной диссертации.

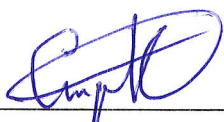
Заключение

Диссертация **А.С. Груздева** «Методы проектирования высокоизбирательных микроблоков на основе фильтров на поверхностных акустических волнах» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу и соответствует всем требованиям п.п.9-14 Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Актуальность решаемых проблем, научная и практическая значимость полученных результатов позволяют сделать вывод о том, что рецензируемая работа, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор **Александр Сергеевич Груздев** заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Официальный оппонент:

Начальник отдела микросистемотехники и РЧИД ОАО «Авангард»,
г. Санкт-Петербург, кандидат технических наук по специальности 05.27.01
Строганов Кирилл Александрович


_____ **К. А. Строганов**
« 20 » 04 2022 г.

Адрес предприятия: 195271, г. Санкт-Петербург, Кондратьевский пр., д. 72.
Тел: +7 (812) 543 90 76 доб.84-93, моб. тел.: +7 (921) 581 62 27
E-mail: k.stroganov@avangard.org

Подпись Строганова Кирилла Александровича заверяю

« 20 » 04 2022 г.



 / *Перексина М.А.*
(Подпись заверяющего)