


« 27 »  2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ТУСУРа
д.т.н., профессор
Шелупанов А. А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Томский государственный университет систем
управления и радиотехники» (ТУСУР).

Диссертация «Оптоэлектронная конверсия как метод снижения фазовых шумов автогенераторов СВЧ диапазона с резонансной системой бегущей волны» выполнена на кафедре радиотехники и защиты информации Томского государственного университета систем управления и радиотехники.

В период подготовки диссертации соискатель Лукина Анна Андреевна обучалась в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиотехники».

В 2013 г. А.А. Лукина окончила государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиотехники» по специальности «Радиотехника».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2017 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиотехники».

Научный руководитель – Задорин Анатолий Семенович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиотехники и защиты информации (РЗИ), федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиотехники».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертация А.А. Лукиной является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научно-технической задачи, в которой содержится решение важных и актуальных задач:

1. Разработка схем АГ на основе высокодобротных резонансных структур, работающих в режиме резонанса бегущей волны (РБВ).

2. Разработка способов эффективного возбуждения высокодобротных диэлектрических дисковых резонаторов (ДДР) АГ азимутальными модами с большим азимутальным m но низкими радиальным и аксиальным индексами n и $k \sim 1$ (модами «шепчущей галереи» - МШГ).

3. Исследование способов подавления паразитных мод в оптоэлектронном генераторе с волоконно-оптической линией задержки.

4. Разработка системы автоматического регулирования (САР) компенсации фазовых флуктуаций в оптическом контуре оптоэлектронного автогенератора (ОЭАГ), построенной на основе фазового дискриминатора в виде высокодобротного оптического микрорезонатора (ОМР), а также оптоволоконного интерферометра, построенного на основе X-разветвителя.

5. Разработка САР для подавления фазовых флуктуаций лазерного источника ОЭАГ, построенных по методу Паунда – Древера – Холла (Round-Drever-Hall - PDH) с использованием высокодобротных оптических микрорезонаторов (ОМР), работающих в режиме резонанса бегущей волны (РБВ).

Актуальность темы и направленность исследования.

Диссертационная работа посвящена исследованию методов снижения уровня фазовых шумов и массогабаритных показателей автогенераторов СВЧ-диапазона с резонансной системой бегущей волны за счет применения оптоэлектронных преобразований, элементной базы и обработки сигналов. Технологии генерации СВЧ-сигналов в настоящее время являются фундаментом для построения разнообразных приложений во многих научно-технических направлениях радиоэлектроники – беспроводной связи, специальных радиолокационных системах высокого разрешения, биологии, медицине и др. Одной из наиболее важных характеристик такого рода является уровень фазового шума устройства, определяющий его спектральную чистоту. СВЧ-автогенераторы с низким уровнем $L(f)$ является важнейшим узлом различных радиотехнических систем. Поэтому актуальной задачей является поиск методов снижения $L(f)$ СВЧ-АГ.

В простых схемах АГ эта задача решается за счет высокой добротности резонансной системой. В СВЧ-диапазоне в качестве таковой находят применения диэлектрические, коаксиальные резонаторы, резонаторы на поверхностных и объемных акустических волнах и др. Повышение рабочей частоты АГ также может быть достигнуто, например, на основе резонатора, построенного из железо-иттриевого граната (YIG), недостатками которого являются большой вес, габариты, высокая потребляемая мощность и стоимость.

Таким образом, задача создания малозумящего, легкого и компактного АГ-СВЧ, совместимого с габаритами гибридной интегральной микросхемы сегодня остается актуальной и представляет собой серьезный вызов для разработчиков радиоаппаратуры.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Все результаты работы получены автором лично или при непосредственном его участии. Обработка и интерпретация результатов выполнена лично автором. Экспериментальные исследования проведены совместно с коллективом кафедры РЗИ ТУСУР и АО НПФ Микран, Постановка задач выполнена научным руководителем А.С. Задориным.

Степень достоверности результатов проведённых исследований.

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивается обоснованностью предлагаемых моделей, решений и выводов, верификацией полученных результатов с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными, результатами компьютерной симуляции, а также полученными автором экспериментальными данными.

Новизна результатов проведенных исследований.

Научной новизной обладают следующие результаты:

1. Предложен и исследован оригинальный способ эффективного возбуждения бегущей волны в возбуждаемых МШГ высокочастотных диэлектрических дисковых резонаторах, основанный на некомпланарном расположении элементов возбуждения относительно поверхности резонаторного диска, обеспечивающий большую устойчивость к ошибкам в их изготовлении.

2. Предложено использование в качестве эталонного резонатора в схеме стабилизации частоты лазерного излучения ОЭАГ по методу Паунда-Древера-Холла высокочастотного ОМР, как средства, обеспечивающего снижение массогабаритных показателей схемы.

3. Обоснованы новые средства для построения системы авторегулирования случайных фазовых сдвигов в оптическом контуре ОЭАГ, представленные проходным оптическим микрорезонатором, выполняющим функцию дискриминатора сигнала ошибки, а также оптическим интерферометром, построенным на основе оптоволоконного X-разветвителя.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в следующем:

1. Результаты исследования могут быть использованы при разработке автогенераторов сантиметрового диапазона для снижения их фазовых шумов;

2. Практические рекомендации и предложения диссертационной работы, а также патент автора на полезную модель сапфирового резонатора МШГ сантиметрового диапазона используются при разработках малошумящих автогенераторов предприятия АО НПФ «Микран».

3. Данные рекомендации и предложения, позволяющие снизить как уровень фазового шума автогенераторов, так и их массогабаритные показатели могут быть использованы также и в разработках других предприятий радиотехнического профиля.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.

По результатам исследований опубликованы 18 печатных работ, из которых в рекомендованных ВАК РФ периодических изданиях – 2, Scopus – 1, а также один патент на полезную модель № 170771.

Публикации в рецензируемых изданиях

1. Galiev, A.B. The optoelectronic microwave oscillator based on an optical disk microresonator / A.B. Galiev, A.S. Zadorin, A.A. Lukina, R.S. Kruglov //

Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo), 24th International Crimean Conference – 2014 – pp. 99-100.– DOI: 10.1109/CRMICO.2014.6959307.

2. Задорин, А.С. Исследование моделей подавления паразитных мод оптоэлектронного СВЧ- автогенератора на основе инжекционной и многоконтурной схем / А.С. Задорин, А.А. Лукина // Журнал Доклады ТУСУРа – 2016 – том 19 № 4 – с. 81–84.

3. Горевой, А.В. Режим резонанса бегущей волны в диэлектрическом дисковом резонаторе автогенератора сантиметрового диапазона / А.В. Горевой, А.С.Задорин, А.А. Лукина. // Журнал Труды НИИ Радио –2017– №2 – стр. 14–22.

4. Направленный фильтр СВЧ. пат № 170771 / Горевой А.В., Лукина А.А.; заявитель и патентообладатель АО НПФ «Микран» заявка № 2016145709, от 22.11.2016.

Публикации в иных сборниках и журналах

1. Лукина, А.А. Модовый состав оптического микрорезонатора оптоэлектронного генератора СВЧ диапазона / А.А. Лукина, А. Б. Галиев. // Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2014», Россия, Томск – 14–16 мая 2014 г.– Часть 1,– 280 с.

2. Галиев, А. Б. Шумовая модель оптоэлектронного генератора СВЧ диапазона / А. Б. Галиев, А.А. Лукина, А. Н. Нуркасымов // Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2014», Россия, Томск – 14–16 мая 2014 г.– Часть 1,– 280 с.

3. Галиев, А. Б. Моделирование оптоэлектронного генератора в среде simulink / А. Б. Галиев, А.А. Лукина, А.С. Задорин // Материалы докладов X Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления»,– Россия, Томск – 12–14 ноября 2014 г Часть 2– стр. 178-182.

4. Лукина, А.А. Возможности микроминиатюризации оптоэлектронного генератора СВЧ-диапазона / А.А. Лукина, А.С. Задорин // Материалы докладов X Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», Россия, Томск – 12–14 ноября 2014 г Часть 2– стр. 182-186.

5. Горевой, А. В. Оптоэлектронный генератор с волоконно-оптической линией задержки: численное моделирование и экспериментальное исследование./ А. В. Горевой, Д. А. Конкин, А. А. Лукина, Г. К. Толендиев. // Научная сессия ТУСУР – 2015: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13-15 мая 2015 г. - Томск В-Спектр, 2015: в 5 частях. – Ч. 2. – с. 26-29.

6. Горевой, А. В. Макет оптоэлектронного генератора с волоконно-оптической линией задержки./ А. В. Горевой, Г. К. Толендиев, Д. Е. Бадырова, М. Г. Шарипова, А. А. Лукина, Д. А. Конкин // Научная сессия ТУСУР – 2015: Материалы Всероссийской научно-технической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13-15 мая 2015 г. - Томск В-Спектр, 2015: в 5 частях. – Ч. 2. – с. 70-72.

7. **Лукина, А.А.** Исследование оптоэлектронного генератора СВЧ-диапазона / А.А. Лукина, Толендиев Г.К., Горевой А.В. // 25-я Юбилейная Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» г. Севастополь – 2015 г.–с. 1036-1036

8. Горевой, А. В. Исследование направленного фильтра на СВЧ-резонаторе с эффектом волн шепчущей галереи / А. В. Горевой, **А.А. Лукина** // Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления»,– Россия, Томск, 25–27 ноября 2015 г. – № 1– С. 262-265.

9. Горевой, А. В. Возбуждение резонатора бегущей волны моды «шепчущей галереи» с линией передачи с распределенной связью / А. В. Горевой, **А.А. Лукина**// 26-я Международная крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», Севастополь, Россия –2016 г.– С. 1311-1314.

10. Горевой, А. В. Реализация четырехпортового направленного фильтра с бегущей волной типа "шепчущей галереи" / А. В. Горевой, **А.А. Лукина** // Материалы докладов XII Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» Россия, Томск, 2016 г.– № 1. – С. 182-184.

11. Задорин, А.С. Режим резонанса бегущей волны в оптическом дисковом микрорезонаторе оптоэлектронного автогенератора / А.С.Задорин, **А.А. Лукина** // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 5, № 2 – С. 94-99.

12. Горевой, А.В. Возбуждение дискового диэлектрического СВЧ резонатора бегущей волной / А.В. Горевой, **А.А. Лукина**, Н. В. Пилин, Н. Аманбаев // Научная сессия ТУСУР–2017: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, В-Спектр – Россия, Томск.

13. Задорин, А.С. Система стабилизации частоты лазерного излучения на основе высокочастотного планарного оптического дискового микрорезонатора./ А.С. Задорин, **А.А. Лукина** // Материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления»,– Россия, Томск, 2017 г.

14. Задорин, А.С. Интерферометрический контроль фазовых шумов в оптоэлектронном автогенераторе с высокочастотным оптическим микрорезонатором./ А.С. Задорин, **А.А. Лукина**, Н. Аманбаев // Материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления»,– Россия, Томск, 2017 г.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности.

Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы», согласно формуле «Специальность в области науки и техники, занимающаяся использованием оптического диапазона электромагнитных волн для создания исследовательских, измерительных, коммуникационных и технологических

приборов, систем и комплексов, а также разработкой способов применения таких приборов, систем и комплексов» по областям исследования:

- Исследование и разработка новых методов и процессов, которые могут быть положены в основу создания оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов различного назначения.
- Создания оптического и оптико-электронного оборудования для научных исследований в различных областях науки и техники.

Диссертация «Оптоэлектронная конверсия как метод снижения фазовых шумов автогенераторов СВЧ диапазона с резонансной системой бегущей волны» Лукиной Анны Андреевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».


Заключение принято семинаре кафедры радиоэлектроники и защиты информации радиотехнического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Присутствовало на заседании – 12 чел., в том числе 2 д.т.н., 3 к.т.н., 1 к.ф.-м.н. и др. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол №7 от «26» июня 2017 г.

Председатель семинара,
к.т.н., зав. каф. РЗИ

 А.В.Фатеев

Секретарь семинара,
ст. преподаватель каф. РЗИ

 Ю.В. Зеленецкая