

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Лукиной Анны Андреевны на тему
«Оптоэлектронная конверсия как метод снижения фазовых шумов автогенераторов СВЧ диапазона с резонансной системой бегущей волны»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.07
«Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Актуальность темы диссертационного исследования

Радиофотоника (РФ) как научно-техническое направление, сформировавшееся на стыке традиционных дисциплин - радиотехники (РТ) и оптоэлектроники (ОЭ), в последние годы вызывает большой интерес со стороны исследовательского сообщества и коммерческого сектора. Основная ценность РФ технологий связана с возможностью реализации ряда ключевых функциональных устройств, которые сложны в реализации, или даже вовсе не реализуемы в домене РФ. В настоящее время диапазон разнообразных приложений РФ включает сотовую, беспроводную и спутниковую связь, кабельное телевидение, распределенные антенные системы, оптические системы обработки сигналов и медицинских изображений терагерцового диапазона волн и др. Эти приложения основаны на РФ-устройствах с постоянно увеличивающимися скоростью обработки, полосой пропускания и динамическим диапазоном. При этом важной особенностью этих устройств является их компактность, малый вес и высокая помехоустойчивость к электромагнитным помехам.

Одним из успешных примеров таких РФ-устройств являются оптоэлектронные СВЧ-генераторы (ОЭАГ), являющиеся важным элементом любой радиотехнической системы по приему или формированию сигналов. Наиболее важным показателем данных устройств является высокая спектральная чистота генерируемого ими сигнала, т.е. малый уровень фазовых шумов (ФШ). В данной связи, исследование вопросов дальнейшего снижения уровня ФШ ОЭАГ определяет актуальность рецензируемой диссертационной работы.

Внутреннее единство структуры работы и методы исследования

Структура диссертационной работы, включающей постановку и решение актуальной научной задачи по разработке и 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, соответствует критерию внутреннего единства. Она основана как на методах теоретического и компьютерного моделирования, так и экспериментальных методах.

К первым из них относятся моделирование малошумящих АГ методами математического, графического имитационного моделирования, а также электродинамического моделирования с помощью прикладных пакетов MathCAD, Matlab-Simulink, CST Studio. На данной основе автором доказана эффективность

способов подавления паразитных мод в оптоэлектронном генераторе с волоконно-оптической линией задержки. А также подтверждена достоверность предлагаемых автором работы способов эффективного возбуждения высокодобротных диэлектрических дисковых резонаторов (ДДР) АГ азимутальными модами с большим азимутальным индексами (модами «шепчущей галереи» - МШГ).

Основной целью экспериментальных исследований являлась проверка рабочих гипотез, а также получение новых научных знаний в исследуемой области.

Степень обоснованности и достоверности диссертационных выводов

Научные положения, результаты и выводы, сформулированные в диссертационной работе Лукиной А.А., представляются обоснованными и достоверными. В ней корректно используются известные, апробированные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Автором изучены и критически анализируются достижения и теоретические положения других авторов по вопросам проектирования и совершенствования ОЭАГ. Список использованной литературы, включая иностранную, содержит 119 наименований. Обоснованность и достоверность сделанных автором выводов, в целом, не вызывают сомнений, так как они базируются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов исследования и применением современного оборудования, аппаратуры и вычислительной техники.

Научная новизна полученных результатов

Ряд научных результатов диссертационного исследования А.А. Лукиной является новыми.

К ним относятся:

- способ эффективного возбуждения высокодобротных диэлектрических дисковых резонаторов оптического и радиодиапазона модами «шепчущей галереи»;

- предложение автора по адаптации известной схемы комбинированной стабилизации СВЧ-АГ с целью компенсации фазовых флуктуаций в оптическом контуре ОЭАГ на основе соответствующей элементной базы - высокодобротного оптического микрорезонатора (ОМР) и оптоволоконного интерферометра, построенного на основе X- разветвителя;

- модификация системы подавления фазовых флуктуаций лазерного источника ОЭАГ, построенной по методу Паунда – Древера – Холла, в которой резонатор Фабри-Перо заменяется высокодобротным оптическим ОМР, работающим в режиме резонанса бегущей волны.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки и практики

Рассмотренные и исследованные в диссертационной работе структурные схемы РФ устройств – ОЭАГ и PDH-систем стабилизации частоты лазерного излучения указывают на ключевое значение в данных конструкциях

резонансных систем выполненных на основе работающих в режиме резонанса бегущей волны (РБВ) оптических микрорезонаторов (ОМР), возбуждаемых модами «шепчущей галереи» (МШГ). Именно эти устройства обеспечивают высокую спектральную чистоту формируемых в ОЭАГ СВЧ- сигналов, количественно определяемой спектральной плотностью мощности его излучения $L(f)$ в одной боковой полосе при заданной отстройке f от несущей частоты f_0 в частотном интервале 1 Гц. Низкий уровень $L(f)$ необходим для множества приложений. Так, например, в радиолокационной технике, смещение несущей частоты ~ 10 ГГц доплеровской РЛС, при регистрации отраженного сигнала от цели, движущейся в направлении радара со скоростью около ~ 500 км/ч составляет всего ~ 10 кГц. Очевидно, что для обнаружения цели в данных условиях необходимо, чтобы фазовый шум принимаемого сигнала на доплеровской частоте, т.е. уровень $L(10$ кГц.), был на ~ 80 дБ ниже мощности неподвижного радиолокационного фона. В других радиоэлектронных системах – системах передачи, фазовый шум появляется во временной области в виде динамического дрожания - джиттера, оказывающего влияние на устойчивость синхронизации и уровень системных битовых ошибок. Поэтому для обеспечения высокой скорости передачи данных здесь также необходимо минимизировать фазовый шум на частотах отстройки $f \sim$ нескольких кГц.

Значимость выводов и рекомендаций, полученных в диссертации А. А.Лукиной, для науки и практики определяется тем, что их использование в инженерных разработках приближает к созданию интегральных микросхем малошумящих, легких и компактных АГ-СВЧ, по своим характеристикам пригодных для применения в указанных выше системах.

Результаты диссертационных исследований апробированы на 10 международных, всероссийских, региональных конференциях.

По результатам исследований опубликовано 18 печатных работ. Из них 3 шт. - в рекомендованных ВАК РФ и приравненных к ним периодических изданиях. Одна из статей опубликована в трудах международной конференции, реферируемой в базе данных «Scopus». Получен патент на полезную модель № 170771.

Замечания по диссертационной работе и пожелания по ее развитию:

1. Во второй главе, на рис. 2.2.1, автором приводятся описание и фотографии макета экранированного сапфирового дискового СВЧ- резонатора с электродинамической системой, состоящей из двух сосредоточенных штыревых коаксиальных зондов и направленного фильтра, построенного на основе квадратурного СВЧ- моста. Судя по описанию, указанная система предназначена для возбуждения в резонаторе бегущих азимутальных мод высокого порядка (МШГ). Далее, на рис. 2.2.2, автор приводит результаты соответствующих расчетных экспериментов по оценке влияния ошибок в угловом положении зондов на добротность резонатора. Однако экспериментальных результатов, связанных с указанным макетом и подтверждающих результаты расчетов, автором не приводится.
2. В четвертой главе автор не достаточно подробно рассматривает возможность практической реализуемости предложенной ею системы компенсации

случайных фазовых сдвигов в оптическом контуре оптоэлектронного автогенератора с помощью системы авторегулирования, построенной на основе двух опорных проходных оптических резонаторов с различными частотными интервалами свободной дисперсии (FSR). Работа такой системы, очевидно, всегда будет сопряжена с необходимостью постоянной юстировки параметров FSR этих резонаторов, которые в ходе эксплуатации системы неизбежно будут испытывать относительный дрейф вследствие температурных и др. факторов. В работе не поясняется механизм такой юстировки в указанной системе авторегулирования.

3. Замечания по оформлению. В конце второй (и третьей) глав диссертации (стр. 62 и 87) указывается, что перечисленные результаты позволили сформулировать первое (второе) защищаемое положение. Было бы лучше еще раз их повторить здесь, с тем, чтобы не обращаться к Введению, либо автореферату. Более того, а какие результаты легли в основу третьего и четвертого положений не указано (по-видимому, должно было быть в конце четвертой главы?). В работе встречаются описки, неточности, неудачные формулировки. Так, на стр. 14 диссертации, в подписи к рис. 1.1.2 читаем – «Базовая схема автогенератора с обратной связью, **генерирующей** на собственной частоте резонатора». На этой же стр., ниже - «Она представляет усилитель с положительной обратной связью (ОС), **компенсирующего** потери в петле...». Качество отдельных рисунков в диссертации плохое, например, рис. 1.5.3 г. на стр. 35, рис. 3.1.9 а на стр. 71.

К сожалению, опечатки встречаются и в автореферате. Например, в названии таблицы 1, стр. 11, читаем – «**Парометры** макета...».

Указанные замечания кардинально не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы А.А. Лукиной и ее практической ценности. Это скорее пожелания на будущее, если автор продолжит работы по указанной тематике.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

В целом диссертационная работа Лукиной Анны Андреевны «Оптоэлектронная конверсия как метод снижения фазовых шумов автогенераторов СВЧ диапазона с резонансной системой бегущей волны» является завершенным научным исследованием, в котором решены важные научные и практические задачи в области разработки 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 радиосигналов, имеющие существенное значение для развития страны. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертация написана грамотно и аккуратно оформлена. Автореферат диссертации соответствует основному содержанию и структуре диссертации и излагает основные ее положения.

Считаю, что рецензируемая работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Лукина Анна Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 - Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Профессор, д.т.н. по научной специальности 01.04.05 - Оптика
Кафедра промышленной и медицинской электроники,
Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Национального исследовательского Томского
политехнического университета,

профессор



Евтушенко Геннадий Сергеевич

ФГАО ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

8(3822) 41-96-05, evt@tpu.ru

Подпись официального оппонента

Евтушенко Геннадий Сергеевича заверяю:

Ученый секретарь Ученого Совета ТПУ

06.12.2017 г.



О.А. Ананьева