ОТЗЫВ
официального оппонента
д.ф-м.н. Драчева Владимира Прокопьевича
на диссертацию Степанова Ивана Васильевича на тему «Снижение шага перестройки частоты оптоэлектронного автогенератора с элементами интегральной фотоники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

на оппонирование представлены:
- диссертация, 99 стр. с приложениями и списком источников, включающим 134 наименования;
- автореферат диссертации объемом 19 стр., список основных опубликованных работ автора содержит 12 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 4 в научных изданиях, входящих в базы цитирования Web of Science и Scopus, также зарегистрированы 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Степанова Ивана Васильевича посвящена оптоэлектронным осцилляторам, в частности снижению шага перестройки частоты при сохранении широкого диапазона перестройки.

Актуальность темы диссертации вызвана применением источников сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний для телекоммуникационных и радиолокационных систем. Действительно, генерация спектрально чистых и широкополосных перестраиваемых микроволновых сигналов крайне востребована в радиолокационной технике, восстановлении оптических часов, беспроводной высокоскоростной связи, детектировании радиочастотных (РЧ) сигналов, сенсорике и быстрых аналого-цифровых преобразователях. Полностью электронные микроволновые генераторы, обычно основанные на умножении низкочастотных сигналов или прямой генерации с использованием микроволновых резонаторов с высокой добротностью (Q), имеют ограничения. Генерация малошумящих сигналов на высоких частотах представляет собой сложную задачу для таких генераторов, поскольку характеристики фазового шума ухудшаются с увеличением частоты. При этом они должны обладать низким уровнем фазового шума и возможностью перестройки частоты генерируемого колебания в широком диапазоне. Одним из вариантов решения является оптоэлектронный автогенератор, однако текущие реализации обладают слишком большим для систем связи шагом перестройки частоты.

Таким образом, работа Степанова Ивана Васильевича посвящена решению актуальных научно-технических задач в области развития беспроводных систем связи.

ВХОД. № 4298-13
«27» 10 2026г.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников. Работа изложена на 99 страницах, содержит 46 рисунков, 4 таблицы и 3 приложения. В список используемой литературы включено 134 наименования.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, научная новизна, а также практическая и теоретическая значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу существующих архитектур оптоэлектронных автогенераторов (оптоэлектронных осцилляторов – ОЭО) и способов перестройки их частоты. Выделены основные компоненты, обеспечивающие возможность перестройки частоты. Приведено математическое описание принципов работы ОЭО.

Во второй главе разработана математическая модель процесса перестройки частоты ОЭО с интегральной оптической частью. Также рассмотрены возможные варианты реализации перестраиваемой линии задержки (ПЛЗ).

В третьей главе представлены результаты численного моделирования отдельных компонентов фотонной интегральной схемы (ФИС) и ПЛЗ. Для моделирования были использованы методы конечных разностей собственных мод, разложения собственных мод, конечных элементов и аппарат матриц рассеяния. В качестве программного обеспечения был использован Ansys Lumerical. Все компоненты были рассчитаны для обобщённой платформы кремний-на-изоляторе.

В четвертой главе представлены результаты численного моделирования зависимости частоты на выходе ОЭО от вносимой временной задержки и проведено сравнение результатов моделирования с расчётом на основе разработанной математической модели. Также в рамках численного моделирования показана возможность перестройки частоты без срыва процесса генерации и представлено структурное решение, упрощающее процесс измерения и управления частотой сигнала на выходе ОЭО.

В заключении изложены основные результаты и выводы диссертации.

Приложения содержат акты о внедрении результатов работы, формулу полезной модели к патенту Российской Федерации и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается опубликованными по материалам исследования работами, включая 3 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, 4 в научных изданиях, входящих в базы цитирования Web of Science и Scopus (2 из них уровня Q1 и Q2), 5 публикаций в других изданиях.

Также автором диссертации зарегистрированы 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация отличается логичной и последовательной структурой и сопровождается достаточным количеством иллюстраций и таблиц, которые наглядно подтверждают ключевые результаты и выводы исследования. Содержание автореферата полностью отражает основные положения, изложенные в диссертационной работе.

Полученные результаты соответствуют заявленным автором пунктам паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных автором результатов не вызывает сомнений, поскольку они опираются на известные физические и математические принципы, подтверждаются проверкой адекватности аналитических моделей с помощью численного моделирования и согласуются с данными, представленными у других авторов.

Научная новизна полученных результатов

К новым научным результатам, полученным в работе, следует отнести:

1. Разработку математической модели процесса перестройки частоты на выходе оптоэлектронного осциллятора, основанной на контроле фазового набега в его оптической части петли обратной связи, отличающейся учётом применения элементов интегральной фотоники оптической части петли обратной связи оптоэлектронного осциллятора, и позволяющей определить частоту сверхвысокочастотного колебания на выходе оптоэлектронного осциллятора и диапазон её перестройки, а также построить настроечную характеристику возбудителя сверхвысокочастотных колебаний.

2. Разработку метода перестройки частоты на выходе оптоэлектронного осциллятора, основанного на изменении фазового набега в оптической части петли обратной связи, отличающегося применением интегральной оптической линии задержки в ней, и позволяющим обеспечить перестройку частоты на выходе оптоэлектронного осциллятора без срыва генерации.

3. Разработку методики структурной оптимизации конструкции оптической части петли обратной связи оптоэлектронного осциллятора, отличающейся учётом различных физических эффектов для изменения фазы оптического сигнала в интегральном оптическом волноводе, позволяющей снизить шаг перестройки частоты на выходе оптоэлектронного осциллятора.

4. Разработку структуры синтезатора сверхвысокочастотных колебаний, основанной на использовании оптоэлектронного осциллятора с элементами интегральной фотоники в его оптической части петли обратной связи, отличающейся применением блока понижения частоты, позволяющей упростить структуру блока измерения частоты и её перестройки.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертационной работы

Предложены метод перестройки частоты ОЭО без срыва генерации, структурное решение, обеспечивающее снижение шага перестройки частоты ОЭО, а также разработана методика структурной оптимизации конструкции оптической части петли обратной связи ОЭО. С практической точки зрения снижение шага перестройки частоты ОЭО и упрощение блока измерения и управления его частотой позволит применять его в большем количестве телекоммуникационных устройств.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Непонятны обозначения на Рис.1.2. Справа показана частотная зависимость, из которой следует, что разностная частота больше частоты второго лазера.
2. Не дано определение шага перестройки. Например, на стр.11 говорится, что для коммерческих лазеров минимальный шаг перестройки длины волны равен 1 пм, что соответствует шагу изменения частоты 125 МГц. Необходимо уточнить здесь и в целом определение термина «шаг перестройки»?
3. Было бы информативно обсудить причину огромную разницу крутизны настроечных характеристик. Например, для термооптической линии задержки на микрокольцевом резонаторе гораздо больше, чем в остальных трех случаях, включая электрооптический метод с тем же МКР. Цитата из Основных результатов на странице 15 автореферата: «В рамках численного моделирования получены значения крутизны настроечной характеристики ОЭО для различных видов ПЛЗ: 1) для термооптической ПЛЗ на основе ИМЦ – 2,77 ГГц/В; 2) для электрооптической ПЛЗ на основе ИМЦ – 462 МГц/В; 3) для термооптической ПЛЗ на основе МКР – 1601,6 ГГц/В; 4) для электрооптической ПЛЗ на основе МКР – 195,44 МГц/В.»

Указанные комментарии не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации Степанова Ивана Васильевича.

Заключение

Диссертация Степанова Ивана Васильевича является законченной научно-квалификационной работой обладающей новизной и практической значимостью. В работе содержится решение задачи снижения шага перестройки частоты оптоэлектронных осцилляторов при сохранении широкого диапазона перестройки частоты. Решение данной задачи имеет существенное значение для телекоммуникационной отрасли, а полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых систем радиосвязи.

Диссертационная работа «Снижение шага перестройки частоты оптоэлектронного автогенератора с элементами интегральной фотоники» полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, предусмотренными п.п. 9-11, 13, 14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842 с последующими изменениями и дополнениями, а её автор Степанов Иван Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент:
Д.ф-м.н., директор центра инженерной физики автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», Драчев Владимир Прокопьевич.

16 октября 2026 г.

Подпись д.ф-м.н., Драчева Владимира Прокопьевича удостоверяю.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОТДЕЛА
КАДРОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ
Гук О.С.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»
Специальность, по которой защищена докторская диссертация:
01.04.05 – Оптика

Даю согласие на обработку персональных данных

Адрес: 121205, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д. 30, стр. 1
Телефон: +7 (916) 504-23-41
Электронная почта: v.drachev@skoltech.ru