

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Таранова Михаила Александровича** «*Волоконно-оптический низкокогерентный рэлеевский рефлектометр для распределенных измерений относительной деформации и температуры*», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиоп физика

Волоконно-оптические датчики физических величин представляют собой устройства, которые позволяют определять механическое напряжение, давление, температуры, вибрации и т.д. Такой тип датчиков находит широкое применение во многих сферах деятельности благодаря их высокой временной стабильности, устойчивости к электромагнитным помехам, возможности бесконтактного измерения и другим преимуществам. Одной из важных задач в данном направлении является разработка автоматизированных высокоточных систем, осуществляющих контроль и управление физических величин на сравнительно больших расстояниях с высоким пространственным разрешением, что и определяет актуальность выбранной тематики исследования.

Диссертационная работа Таранова М.А. посвящена актуальной проблеме, касающейся распределенных измерений относительной продольной деформации и температуры с использованием волоконно-оптических устройств, базирующихся на интерференционных эффектах обратного рэлеевского рассеяния. Широкий круг возможного использования таких систем для решения различного спектра задач прикладного характера определяет практическую ценность полученных результатов.

Цель работы заключалась в подробном изучении интерференционных эффектов рэлеевского рассеяния в одномодовом оптическом волокне перестраиваемого по частоте деполаризованного оптического излучения с ограниченной степенью когерентности, в исследовании влияния изменения деформации и температуры оптического волокна на указанные эффекты, а также разработке и тестировании реально работающих устройств, основанных на данных эффектах.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, указаны научная новизна, положения, выносимые на защиту, сведения об апробации работы и публикациях автора.

В Главе 1 представлен обзор существующих решений для распределённых измерений деформации и температуры с помощью оптического волокна, описанию эффектов неоднородности мощности обратного рэлеевского рассеяния. Кроме того, на основе анализа опубликованных данных сформулированы предпосылки проведения научного исследования по изучению эффектов рэлеевского рассеяния излучения с ограниченной степенью когерентности.

Глава 2 посвящена описанию экспериментальной схемы и методики регистрации изменений спектров рэлеевского рассеяния в оптическом световоде, вызванных его деформацией и воздействием температуры. Также в данной главе представлены

экспериментально полученные и теоретические результаты о свойствах автокорреляционной функции спектров рассеяния Рэлея, которая связана с основными параметрами разрабатываемого рефлектометра. Результатом проведенных исследований стала разработка и тестирование схемы рэлеевского рефлектометра с перестраиваемым источником излучения низкой степени когерентности на основе спектрального МЭМС фильтра. Показано, что разработанное устройство позволяет регистрировать воздействия деформации и температуры в широком диапазоне величин ($1000 \text{ мкм}\cdot\text{м}^{-1} / 111 \text{ К}$) с малой стандартной неопределённостью ($2 \text{ мкм}\cdot\text{м}^{-1} / 0.24 \text{ К}$) при длине оптического волокна 8 км. Продемонстрирована возможность увеличения дальности работы предложенной схемы рефлектометра до 25 км путем использования рамановского усиления в используемом оптическом волокне.

В Главе 3 приводятся результаты изучения влияния нелинейных эффектов на предельно достижимые характеристики низкокогерентного рэлеевского рефлектометра с МЭМС-фильтром. Установлено, что основное ограничение дальности проводимых измерений связано со спектральным уширением зондирующих импульсов. Предложен и экспериментально осуществлён метод уменьшения влияния нелинейных эффектов на спектры рассеяния Рэлея за счёт ограничения регистрируемой спектральной полосы, что позволило достичь дальности до 100 км.

В Главе 4 с помощью математического моделирования проведен подробный анализ влияния неоднородного воздействия на получаемые рефлектограммы. Сделаны выводы о форме получаемых рефлектограмм в зависимости от ступенчатого и условно точечного воздействия.

В заключительной (пятой) главе рассмотрена возможность применения гибридной схемы рефлектометра (сочетание рэлеевской и рамановской рефлектометрии) для регистрации распределённых измерений деформации и температуры оптического волокна. Экспериментально продемонстрирована возможность использования предложенной схемы для практического использования.

Диссертация написана хорошим и грамотным языком. Автореферат диссертации корректно и в достаточно полной степени отражает содержание работы. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное исследование. Все основные положения и выводы работы достаточно обоснованы, достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Научно-практическая значимость и новизна полученных результатов определяется получением аналитических выражений для автокорреляционной функции спектров рассеяния Рэлея и их экспериментальным подтверждением; подробным исследованием спектров рэлеевского рассеяния при неоднородных воздействиях на оптическое волокно; экспериментальной демонстрацией возможности определения изменений деформации и температуры в диапазоне до $1000 \text{ мкм}/\text{м}$ и 110 К , соответственно, при дальности около 100 км.

Основные результаты работы опубликованы в 9 статьях, из них 7 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, получен 1 патент РФ.

В качестве недостатков работы можно отметить следующее:

- 1) Автором работы не представлено сравнительного анализа основных параметров разработанных устройств, описанных в данной диссертации, и существующих аналогов, что, без сомнений, было бы уместным.
- 2) В четвертой главе автором недостаточно подробно (без указания основных используемых параметров, алгоритмов, математических пакетов и др.) описано проведенное моделирование неоднородного воздействия на оптическое волокно, что затрудняет анализ полученных результатов.

Указанные замечания не носят принципиального характера, не снижают научной значимости полученных автором результатов и не влияют на общую положительную оценку представленной работы.

В целом, диссертационная работа Таранова Михаила Александровича удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно пп. 9–14 Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Зам. руководителя НЦВО РАН,
доктор физико-математических наук

С.В. Фирстов

Подпись заместителя руководителя по научной работе НЦВО РАН, д.ф.-м.н. Фирстова Сергея Владимировича заверяю.

Зам. директора по научной работе ИОФ РАН,
врио ученого секретаря ИОФ РАН,
доктор физико-математических наук



В.В. Глушков

06.08.2021

Фирстов Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.21 «Лазерная физика»), заместитель руководителя по научной работе обособленного подразделения «Научный центр волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (сокр. НЦВО РАН)

Почтовый адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38

Телефон: +7 (499) 503-8823

E-mail: fir@fo.gpi.ru