

В диссертационный совет Д 212.173.02
при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении
высшего образования «Новосибирский государственный технический
университет»

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора

Владимира Платоновича Вавилова

на диссертационную работу Шмыгалёва Александра Сергеевича

«Экспериментальное исследование теплопереноса инфракрасными галогенидсеребряными световодами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

1. Актуальность темы исследования

Актуальность диссертационных исследований обоснована автором, прежде всего, в связи с сохраняющейся в науке и технике необходимостью разработки новых методик и приборов, предназначенных для осуществления теплового контроля энергетических агрегатов различного типа. Метод инфракрасной (ИК) термографии, применяемый автором в диссертационных исследованиях, известен и широко используется многими зарубежными и российскими учёными. Однако новый импульс для его развития возник в последнее десятилетие, в связи с улучшением характеристик ИК тепловизоров, включая их технические возможности, коммерческую доступность и возможность использования методов компьютерной обработки изображений.

Вместе с тем, при использовании тепловизионного оборудования возникает ряд проблем, одна из которых, как отмечает автор, обусловлена сложностями проведения съёмки в пространственно-затруднённых местах, замкнутых контурах, а также при экстремальных условиях. С данным тезисом трудно не согласиться, поскольку он обоснован усложнением современных технических систем и расширением диапазона их характеристик. Для решения вышеупомянутой проблемы в диссертационной работе предлагается создать канал передачи информации о тепловом состоянии объекта к измерительному устройству, используя материалы волоконной оптики. Фактически, в ходе выполнения работы диссертантом решался ряд актуальных задач в нескольких научных областях, которые включали в себя производство ИК световодов, исследование их физических и теплопереносных свойств, а также разработку оптоволоконных приборов, предназначенных для осуществления теплового контроля различных нагретых объектов.

2. Научная новизна диссертационной работы

Диссертантом выдвинуто пять пунктов научной новизны, которые сводятся к следующему.

1. Согласно технологии, включающей в себя четыре укрупненных этапа, автором изготовлены кристаллические ИК световоды на основе систем $\text{AgCl} - \text{AgBr}$, $\text{AgBr} - \text{Ti}$.
2. В работе выполнен ряд экспериментов, подтверждающих возможность переноса теплового излучения и термического изображения нагретого объекта по световодам с учетом факторов, влияющих на величину передачу.
3. Автором разработана методика, создана опико-электронная система, работающая в среднем ИК диапазоне (7,0 – 9,0 мкм), и получены новые качественные и количественные данные о теплопереносе по ИК световодам при непрерывном и импульсном режимах передачи
4. В ходе исследований получены новые данные о теплофизических свойствах ИК световодов, включающие в себя коэффициенты теплопереноса и температуропроводности, а также величины удельной теплоемкости.

С вышеприведенными четырьмя пунктами можно согласиться.

5. Автором разработан ряд предложений по практическому использованию световодов в различных областях науки и техники.

С данным пунктом в целом можно согласиться, однако имеется Замечание 1 (см. ниже). Общее количество пунктов научной новизны (пять) – более чем достаточно для кандидатской диссертации. В целом, оппонент согласен с содержанием вышеупомянутых пунктов научной новизны.

3. Теоретическая и практическая значимость работы

В рамках сформулированной выше актуальности диссертационных исследований А. С. Шмыгалеву удалось создать новые элементы научных знаний и внести вклад в теплофизическую науку и практику. Необходимо отметить значительную практическую направленность проведенных исследований, в частности, разработан и реализован ряд экспериментальных установок, позволяющих проводить комплексное исследование процесса теплопереноса в ИК световодах. Полученные с помощью этих установок результаты представляются важными и могут быть использованы на различных этапах разработки оптоволоконных приборов, предназначенных для теплового контроля. Также в работе содержится ряд предложений по практическому применению ИК световодов в области теплового контроля разнообразных теплоэнергетических объектов, а также в медицине. Реализация предложенных

устройств на конкретных предприятиях говорит об их эффективности и достоверности.

4. Общая характеристика работы

Структура диссертационной работы носит целостный, логичный характер и включает в себя введение, четыре главы, заключение, список сокращений и обозначений, список цитируемой литературы из 227 источников и приложения. Текст диссертации изложен на 164 страницах, содержит 64 рисунка и 16 таблиц. Работа написана технически грамотным языком и хорошо оформлена.

Во **введении** диссертации отражены все необходимые положения, определяемые рекомендациями ВАК, включающие обоснование актуальности темы, степень ее разработанности, цель и задачи работы, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы исследования, выносимые на защиту положения, степень достоверности и апробацию результатов.

Первая глава является обзорной, описывает существующие ИК материалы, их физические свойства, методы изготовления, а также области применения.

Вторая оригинальная глава описывает физико-химические основы и технологию производства ИК световодов на основе твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия. Исходный материал – высокочистая шихта (99.9999 %) – был получен методом термозонной кристаллизации-синтеза (ТЗКС) с соблюдением условий, рассчитанных автором. Из шихты на ростовой установке, реализующей метод Бриджмена-Стокбаргера, выращены монокристаллы твердых растворов систем $\text{AgCl} - \text{AgBr}$ и $\text{AgBr} - \text{Tl}$. Условия роста, включающие температурные градиенты в четырех зонах роста, а также скорость, подбирались диссертантом экспериментально. Автором были установлены основные функциональные свойства выращенных кристаллов. К ним относятся широкий диапазон прозрачности от видимой (0,4 мкм) до средней ИК области спектра (40 мкм) без окон поглощения, а также показатель преломления. Методом экструзии были изготовлены оптические волокна четырех составов: $\text{AgCl}_{0,75}\text{Br}_{0,25}$, $\text{AgCl}_{0,5}\text{Br}_{0,5}$, $\text{AgCl}_{0,25}\text{Br}_{0,75}$, $\text{Ag}_{0,95}\text{Tl}_{0,05}\text{Br}_{0,95}\text{I}_{0,05}$ с диаметрами 0,5; 1,12 и 1,75 мм, прозрачные в диапазоне от 2,5 до 25,0 мкм.

Третья оригинальная глава посвящена комплексному изучению теплопереносных свойств ИК световодов и разделена на три раздела. В первом разделе приводятся результаты экспериментального исследования возможности передачи энергии в форме теплоты и теплового изображения. Показано, что

световоды способны передавать информацию о температуре нагретого объекта как в коротковолновом, так и в длинноволновом диапазоне спектра. Установлено влияние различных факторов на величину пропускания теплового излучения световодами. Проведена количественная оценка влияния диаметра, длины, радиуса изгиба световода и наличия теплозащитных оболочек на его пропускание и предложены способы минимизации потерь. Продемонстрирована возможность создания оптоволоконных сборок для передачи тепловизионного изображения.

Второй раздел содержит экспериментальные данные по исследованию передачи теплового излучения по ИК световодам в непрерывном и импульсном режимах. Автором разработана методика и сконструирована установка, позволяющая проводить измерения в температурном диапазоне от 280 до 400 К с частотой от 20 до 170 Гц при различных геометрических конфигурациях световодов. Проведена комплексная оценка рабочих параметров установки, включающих линейность частотных свойств КРТ-детектора, уровень шумов операционного усилителя, влияние геометрических характеристик и временных условий на передачу теплового излучения. На основании полученных данных оптимизированы условия экспериментов. При сравнении пропускания теплового излучения в импульсном режиме световодов различных составов выявлена связь со спектральными их спектральными характеристиками.

В третьем разделе приведена информация об основных теплофизических свойствах ИК световодов, таких как коэффициент теплопереноса, эффективная температуропроводность и удельная теплоемкость. Автор использует понятие коэффициента теплопереноса, необходимость введения которого обоснована тем, что в ИК световодах, представляющих собой прозрачную среду, теплоперенос обусловлен несколькими механизмами. Для определения коэффициентов теплопереноса была разработана методика и её аппаратное оформление. Полученные экспериментальные данные были подвергнуты дополнительной проверке, что подтверждает их достоверность. Коэффициенты температуропроводности световодов определялись посредством оригинальной методики, основанной на классическом методе Паркера. На основании полученных данных о коэффициентах теплопереноса и температуропроводности произведен расчёт значений удельной теплоемкости ИК световодов.

Четвертая оригинальная глава содержит предложения по практическому применению кристаллических ИК световодов на основе твердых растворов галогенидов серебра. В частности, разработана и апробирована экспериментальная модель оптоволоконной системы для вывода диагностической информации о тепловом состоянии движущихся деталей

(лопаток) из проточной части турбины в ходе эксплуатации. Предложен вариант комбинированного кабеля, состоящего из кварцевых и ИК световодов, а также проведено исследование возможности передачи излучения пламени газового факела в ультрафиолетовом диапазоне спектра через кварцевое оптическое волокно, а также в ИК диапазоне – с помощью кристаллических световодов на основе галогенидов серебра. Кроме того, автором сделан ряд предложений по применению световодов в медицине.

5. Основные замечания и вопросы по работе

1. Автору следовало более подробно раскрыть пятый пункт научной новизны. Он сформулирован слишком обще. Фактически предложения по использованию найденных технических решений имеют смысл, если они нетривиальны.
2. В содержании диссертации автором рассмотрены некоторые аспекты взаимосвязи между теплофизическими и оптическими свойствами ИК световодов. Между тем конкретный тип этой связи не раскрывается.
3. В качестве перспективной области применения ИК световодов автор указывает создание оптоволоконной системы, предназначенной для теплового контроля деталей и механизмов газотурбинных установок. Известно, что работа энергетических машин сопровождается значительными вибрациями. Однако, в диссертационной работе не рассматриваются вопросы, связанные с влиянием вибраций на характеристики световода.

Заключение

Высказанные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку научного исследования, представленного диссертантом. Диссертационная работа Шмыгалева А.С. «Экспериментальное исследование теплопереноса инфракрасными галогенидсеребряными световодами» представляет собой завершённое научное исследование на актуальную тему. Сделанные в работе выводы и сформулированные защищаемые положения адекватны полученным результатам. По результатам исследования автором работы опубликовано 26 научных работ, из них 7 – в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, а также в журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science. По теме исследований диссертантом (с соавторами) получено 3 патента. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях в 2014 – 2017 гг. В целом, научные статьи, патенты и доклады на конференциях отражают результаты диссертационной работы. Автореферат и опубликованные статьи в полной мере отражают содержание диссертационной работы.

Представленная работа охватывает широкий круг вопросов, связанных с изготовлением ИК световодов на основе твердых растворов систем $\text{AgCl} - \text{AgBr}$ и $\text{AgBr} - \text{Tl}$, их исследованием и анализом теплопереносных свойств, а также разработкой на их основе оптоволоконных приборов, предназначенных для теплового контроля.

Диссертация логично построена, ее структура и содержание соответствуют поставленным целям исследования и паспорту специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

По своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, а также по личному вкладу автора, диссертационная работа «Экспериментальное исследование теплопереноса инфракрасными галогенидсеребряными световодами» полностью соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями на 02 августа 2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Основываясь на вышеизложенном, считаю, что Александр Сергеевич Шмыгалев достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Заведующий научно-производственной лабораторией «Тепловой контроль» Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук (по специальности 05.02.11 – Методы контроля в машиностроении), профессор


Владимир Платонович Вавилов

19.11.2018

Адрес места работы: 634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 30

ФГАОУ ВО НИ ТПУ (<http://www.tpu.ru>).

Тел/факс: +7 (3822) 60-63-33

Адрес электронной почты: vavilov@tpu.ru

Подпись доктора технических наук, профессора В.П. Вавилова удостоверяю:

Ученый секр


О.А. Ананьева

Получено в 16:00 от 27.11.
Ученый секр А.С. Шмыгалев

С ответами ознакомлен
27.11.2018 

Шмыгалев А.С.