

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ДС.ТПУ.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Решение диссертационного совета ДС.ТПУ.01 от 28.11.2019 г. № 2

О присуждении гражданину Китайской Народной Республики Ли Линь ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Аппаратно-программный лазерный комплекс для исследования параметров высокотемпературного горения» по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

принята к защите 18 сентября 2019 г. (протокол заседания №1) диссертационным советом ДС.ТПУ.01, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Минобрнауки России по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 43, ауд. 115, приказ о создании диссертационного совета № 15895 от 06.12.2018.

Ли Линь окончил Национальный исследовательский Томский политехнический университет в 2015 году, квалификация по диплому магистра – «Магистр» по направлению 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника.

В 2019 году окончил очную аспирантуру Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Диссертация выполнена в Исследовательской школе химических и биомедицинских технологий (ранее – кафедра промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля) ФГАОУ ВО

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – Губарев Федор Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий.

**Дополнительно введённые члены диссертационного совета ДС.ТПУ.01:**

*Солдатов Алексей Иванович*, доктор технических наук, профессор, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение электронной инженерии Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности;

*Коротких Александр Геннадьевич*, доктор физико-математических наук, доцент, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», научно-образовательный центр И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики.

**Официальные оппоненты:**

*Юдин Николай Александрович* – доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра управления инновациями;

*Кудряшова Ольга Борисовна* – доктор физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем химико-энергетических технологий» Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики преобразования энергии высокоэнергетических материалов.

Дали положительные отзывы на диссертацию Ли Линь.

Выбор дополнительно введённых членов диссертационного совета и официальных оппонентов обосновывался их высоким авторитетом в научном сообществе и неоспоримой профессиональной компетенцией в области горения высокоэнергетических материалов, методов и средств неразрушающего контроля и диагностики, лазерной физики, достижениями и наличием публикаций в данной области науки и практики за последние 5 лет в соответствии с установленными требованиями.

Соискатель Ли Линь имеет 27 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях – 8 работ. Общий объём публикаций по теме диссертации составляет 151 страницу с долей авторского участия соискателя 46 %. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы (из числа рецензируемых изданий) по теме диссертации за последние 5 лет:

1. Optical System with Brightness Amplification for Monitoring the Combustion of Aluminium-Based Nanopowders / L. Li, A.V. Mostovshchikov, A.P. Ilyin, A. Smirnov, F.A. Gubarev // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, – 2019 (early access).
2. Study of self-propagating high-temperature synthesis of aluminium nitride using a laser monitor / L. Li, A.P. Ilyin, F.A. Gubarev, A.V. Mostovshchikov, M.S. Klenovskii // Ceramics International. – 2018. – Vol.44, № 16. – P. 19800–19808.
3. High-speed visualization of nanopowder combustion in air / F.A. Gubarev, M.S. Klenovskii, L. Li, A.V. Mostovshchikov, A.P. Ilyin // Optica Pura y Aplicada. – 2018. – Vol. 51, № 4. – P. 1–7.
4. Monitoring of aluminum nanopowder combustion ignited by laser radiation / L. Li, A.V. Mostovshchikov, A.P. Il'in, F.A. Gubarev // Progress in Electromagnetics Research Letters. – 2018. – Vol. 75. – P. 125–130.

5. Spatial–temporal gain distribution of a CuBr vapor brightness amplifier / F.A. Gubarev, L. Li, M.S. Klenovskii, D.V. Shiyanov // Applied Physics B: Lasers and Optics. – 2016. – Vol. 122, № 11. – Art no. 284.
6. Radial distribution of radiation in a CuBr vapor brightness amplifier used in laser monitors / F.A. Gubarev, M.V. Trigub, M.S. Klenovskii, L. Li, G.S. Evtushenko // Applied Physics B: Lasers and Optics. – 2016. – Vol. 122, № 2. – Art no. 2.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1) отзыв на автореферат от д.ф.-м.н. Фёдорова Анатолия Игнатьевича, старшего научного сотрудника лаборатории квантовой электроники, ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск (с замечанием);

2) отзыв на автореферат от д.ф.-м.н., старшего научного сотрудника Панченко Алексея Николаевича, старшего научного сотрудника лаборатории оптических излучений ФГБУН Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН), Россия, г. Томск (без замечаний);

3) отзыв на автореферат от доктора Николы Василева Саботинова, профессора Института физики твердого тела, Болгарская академия наук, г. София, Болгария (без замечаний);

4) отзыв на автореферат от д.ф.-м.н., профессора Казаряна Мишика Айразатовича, ведущего научного сотрудника отдела люминесценции им. С.И. Вавилова, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва (с замечанием);

5) отзыв на автореферат от д.ф.-м.н. Геликонова Григория Валентиновича, заведующего лабораторией высокочувствительных оптических измерений, ФГБУН Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук, г. Нижний Новгород (с замечанием);

6) отзыв на автореферат от д.т.н., профессора Харитонов Сергея Александровича, заведующего кафедрой электроники и электротехники,

директора Института силовой электроники, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск (с замечаниями).

Все поступившие отзывы являются положительными, замечания, указанные в них, носят рекомендательный и дискуссионный характер, и касаются проблемы нестабильности энергии в импульсах генерации усилителя яркости, физических ограничений по наблюдаемым средам и процессам горения, аспектов влияния пламени над поверхностью образца на динамику спеклов, получаемых с поверхности образца, выбора окна при расчёте коэффициента корреляции, выбора фокусного расстояния в экспериментах, описания экспериментальной установки.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** аппаратно-программный комплекс и новая экспериментальная методика, позволяющие наблюдать изменение морфологии поверхности горящего образца порошка металла в режиме реального времени и выявить качественно новые закономерности исследуемых явлений;

**предложены** оригинальный подход при проведении количественной оценки процессов горения по изменению отражательной способности поверхности порошка и устройство, реализующее этот подход;

**предложена** экспериментальная методика определения временных параметров процессов горения нанопорошков на основе метода корреляции цифровых спекл-изображений;

**доказана** перспективность использования методов наблюдения на основе лазерного мониторинга и лазерной подсветки для изучения процессов горения нанопорошков металлов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** возможность проведения количественной оценки коэффициента отражения поверхности горящего нанопорошка при наблюдении с помощью лазерного монитора; продемонстрировано, что изменение яркости изображений,

формируемых усилителем яркости, позволяет оценивать изменение коэффициента отражения поверхности горящего образца нанопорошка в диапазоне до 2,5 раз в режиме реального времени со скоростью нарастания до 180 %/с;

**изучен** характер влияния параметров работы усилителя яркости на профиль излучения на протяжении импульса генерации;

**доказано**, что неоднородность усиления в центре пучка, характерная для лазеров на парах металлов, выравнивается в первые 7–10 нс (18 нс для ГРТ большого активного объема) путем оптимизации концентрации паров рабочего вещества и введения активной добавки HBr;

**использован** метод мониторинга на основе анализа спекл-изображений для наблюдения изменения характеристик отражения порошковых (нано- и ультрадисперсные порошки металлов) объектов, позволяющий определять скорость и время протекания стадий горения нанопорошков металлов в воздухе;

**проведена** модернизация существующих методов обработки спекл-изображений, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработан** аппаратно-программный лазерный комплекс для исследования параметров высокотемпературного горения;

**разработаны** методы количественной оценки процесса горения нанопорошка металла на основе лазерного монитора и анализа спекл-изображений;

**определены** перспективы использования аппаратно-программного лазерного комплекса для исследования высокотемпературных процессов;

**представлены** методические рекомендации по использованию методов на основе лазерного монитора и анализа спекл-изображений для исследования процессов высокотемпературного горения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**экспериментальные данные** получены с использованием современных сертифицированных регистрирующей аппаратуры и программного обеспечения;

**показана** воспроизводимость экспериментальных результатов;

**установлено** качественное и количественное соответствие результатов измерений, выполненных различными методами и средствами;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными другими авторами по данной тематике;

**использованы** методики сбора и обработки информации, представительные совокупности измерений и экспериментов.

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственном участии соискателя в получении исходных данных, постановке и проведении научных экспериментов, личном участии в апробации результатов исследования, разработке ключевых элементов экспериментальных стендов и установок, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Автором сформулированы научные положения и основные выводы диссертации.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработан аппаратно-программный комплекс для наблюдения и измерения параметров высокотемпературного горения нано- и ультрадисперсных порошков металлов и их смесей в режиме реального времени, и проведены исследования различных образцов порошков и их смесей, в том числе, горение которых сопровождается разлетом продуктов сгорания.

По объему, актуальности, уровню научных и практических результатов представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 8, п. 9, п. 10, п. 11 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном

исследовательском Томском политехническом университете», утвержденного приказом ректора № 93/од от 06.12.2018 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

На заседании 28 ноября 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Ли Линь ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 7 человек, из них 6 докторов наук и 1 кандидат наук по научной специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из 3-х человек, входящих в состав совета, и 4-х человек, дополнительно введенных в состав совета, проголосовали: за 7, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета ДС.ТПУ.01

д.ф.-м.н., профессор



Шаманин Игорь Владимирович

Ученый секретарь ДС.ТПУ.01

диссертационного совета

к.т.н.

Мостовщиков Андрей Владимирович

28.11.2019 г.