

## Отзыв на автореферат

диссертации Губарева Федора Александровича

«Методы и аппаратура для визуализации и контроля поверхности горения высокоэнергетических материалов на основе нанопорошков металлов в режиме реального времени»

по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

Экзотермические процессы сопровождаются значительным выделением энергии и ярким свечением, которое создает сложности в исследовании поверхности реагирующих сред во время горения при использовании традиционных средств скоростной визуализации. В последние несколько десятилетий достигнут прогресс в понимании механизмов инициирования и горения нанопорошков металлов и нанотермитных смесей. В то же время остаются пробелы в понимании физических и химических процессов, которые позволили бы контролировать протекание процессов горения.

Новизной работы является разработка комплекса методик и технических средств для исследования поверхности горящих высокоэнергетических материалов на основе лазерного излучения и усиления яркости изображений, позволяющих на качественном и количественном уровне оценивать характеристики процесса горения (скорость распространения волн горения по поверхности, стадийность, индукционный период, ширина и форма видимого фронта волны горения), анализировать появление продуктов горения с разным коэффициентом отражения и разным фазовым состоянием. При этом мощность зондирующего излучения, освещающего объект наблюдения, составляет десятки милливатт, что существенно меньше порога воспламенения – имеет ключевое значение при исследовании легковоспламеняющихся веществ.

В работе предложен ряд технических решений, позволяющих визуализировать поверхность горящих нанопорошков металлов непосредственно в процессе горения. При этом техника позволяет наблюдать не только прохождение волн горения, но и процесс лазерного инициирования непосредственно в области лазерного воздействия. Одним из таких решений является схема для исследования тонких слоев нанопорошков. Подобный лазерный монитор может найти применение для исследования широкого круга нанотермитов. Способность горения в тонких слоях и миллиграммовых навесках открывает возможности для применения нанотермитов в области микроразмерных пиротехнических устройств.

В работе предлагается анализировать изменение коэффициента отражения с использованием эффекта усиления яркости отраженного лазерного излучения, что в сочетании с видеозаписями эволюции поверхностей образцов во время горения нанопорошка поможет установить закономерности горения и разработать физико-

химическую модель процесса горения различных смесей нанопорошков, что в конечном итоге позволит разработать методы управления процессом горения и получения материалов с требуемыми свойствами.

По содержанию автореферата возникли следующие вопросы:

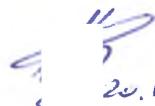
1. Чем определялось максимальное расстояние до объекта исследования в лазерном мониторе 0,5 м?
2. Какая толщина слоя засветки принималась в расчетах в случае разлета продуктов сгорания?

Отмеченные вопросы носят уточняющий характер. Совокупность результатов и выводов, сформулированных в защищаемых положениях, научной новизне, теоретической и практической значимости работы, может классифицироваться как решение важной научно-технической задачи в области исследования горения высокоэнергетических материалов.

Диссертационная работа соответствует п. 8 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. Автор диссертации, Губарев Федор Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Доктор химических наук, доцент,  
директор департамента химических технологий  
ООО «Институт Легких Материалов  
и Технологий» ОК РУСАЛ



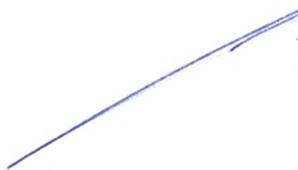
Р.И. Крайденко

20.10.2024 г

Крайденко Роман Иванович  
119049, г. Москва, Ленинский проспект,  
д. 6, стр. 21. +7-495-720-51-70 доб. 12-24  
[Roman.Kraydenko@rusal.com](mailto:Roman.Kraydenko@rusal.com)

ООО «Институт Легких Материалов и Технологий» ОК РУСАЛ (ООО «ИЛМиТ»)

Подпись Р.И. Крайденко заверяю:  
генеральный директор ООО «ИЛМиТ»  
Вахромов Роман Олегович



Р.О. Вахромов

