

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия/01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики.

Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий.

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
Аппаратно-программный лазерный комплекс для исследования динамики высокотемпературного горения

УДК 621.373.826:004.41:536.46

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A5-05	Ли Линь		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт	Потылицын А.П.	д.ф.-м.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШХБМТ	Губарев Ф.А.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2019 г.

Целью настоящей работы является разработка новых оптических методов и технических средств для исследования динамики процессов и оценки параметров горения порошковых материалов (нано- и микропорошков алюминия, железа, меди, никеля и их смесей) в режиме реального времени.

Для достижения поставленной цели в рамках диссертационной работы необходимо решить следующие задачи:

- Разработать макет лазерного монитора для скоростной визуализации, позволяющий исследовать высокотемпературное горение нанопорошков металлов и их смесей. Провести исследование процесса горения нанопорошков металлов с использованием разработанного макета.
- Разработать метод количественной оценки коэффициента отражения поверхности нанопорошка при наблюдении с помощью лазерного монитора.
- Выявить характер влияния параметров работы усилителя яркости на характеристики излучения.
- Разработать метод мониторинга на основе анализа спекл-изображений для наблюдения изменения характеристик рассеяния порошковых (нано- и микропорошки металлов) и жидких (плазма, кровь) объектов.
- Провести оптимизацию параметров обработки лазерных спекл-изображений и оценить влияние источника излучения на точность измерений.
- Разработать программное обеспечение, позволяющее проводить анализ спекл-изображений, а также изображений, полученных с помощью лазерного монитора.

Научная новизна

1. Впервые реализовано наблюдение процессов горения нанопорошков металлов в воздухе с использованием лазерного монитора. Показана возможность изучения морфологии поверхности горящего образца в режиме реального времени.
2. Предложен метод количественной оценки процессов горения по изменению отражательной способности поверхности порошка, и предложено устройство, реализующее этот метод.
3. Определен характер влияния параметров работы усилителя яркости на парах бромида меди на радиальное распределение усиления и оптимальные параметры работы для получения равномерного профиля усиления. Выявлено изменение радиального распределения усиления во время импульса генерации.
4. Предложена оптическая система на основе метода корреляции цифровых спекл-изображений для определения временных параметров процессов горения нанопорошков.
5. Разработано устройство для измерения времени фибринообразования в плазме и нативной крови человека с использованием метода корреляции цифровых спекл-изображений.

В заключении сформулированы основные результаты работы:

1. Для ГРТ большого (диаметр 5 см, длина 90 см) и малого (диаметр 2,5 см, длина 50 см) активного объема наиболее равномерное распределение усиления получено при средней мощности излучения 40–60% от максимального значения. Для этого режима работы температура контейнеров с бромидом меди составила 515–530 °С без добавки HBr (для обеих ГРТ) и 475–500 °С с добавкой HBr (для ГРТ диаметром 5 см).
2. Увеличение концентрации паров бромида меди приводило к сужению профиля усиления активной среды и увеличению усиления в осевой области ГРТ. Этот эффект имел место как с добавкой HBr, так и без нее.
3. Усиление активной среды на парах бромида меди изменялось во время импульса генерации. Для ГРТ диаметром 5 см и длиной 90 см в течение первых 7–12 нс без HBr и до 18 нс с добавкой HBr излучение имело распределение, близкое к гауссовскому. К концу импульса генерации профиль становился кольцевым. Аналогичное изменение профиля усиления наблюдалось в ГРТ диаметром 2,5 см.
4. Использование лазерного монитора на парах бромида меди позволило регистрировать изменения и определять характеристики поверхности образцов нанопорошков металлов во время горения с высоким временным и пространственным разрешением, несмотря на интенсивную фоновую засветку.
5. Применение фотодиодов для регистрации интенсивности выходного сигнала усилителя яркости позволило отслеживать изменение отражения поверхности, и количественно характеризовать процесс горения.
6. Разработана схема формирования изображения на основе зеркальной оптики, которая позволила реализовать мониторинг высокотемпературного горения на расстоянии 50 см от оптической схемы.
7. Использование двух схем лазерного монитора с коротким и длинным фокусным расстоянием позволило наблюдать динамику процесса горения как с микрометровым, так и с субмиллиметровым пространственным разрешением.
8. Применена внешняя лазерная подсветка для визуализации горения смесей на основе нанопорошка алюминия, которая в совокупности с цифровой видеорегистрацией позволила оценить поведение и характеристики горения смесей.
9. Впервые применен метод корреляции цифровых спекл-изображений для исследования горения нанопорошков металлов.
10. Разработан аппаратно-программный комплекс на основе различных лазерных методов, который позволяет оценивать объективные параметры процессов, на основе которых может быть разработана оптико-физическая модель динамических процессов для сжигания высокоэнергетических материалов.