

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 533.9.03+537.523.4

DOI: 10.17223/00213411/65/2/148

ПРОЦЕССЫ ИОНИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЛИННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА УГЛЕРОДНЫЙ АЭРОЗОЛЬ. I

С.Ф. Баландин¹, В.А. Донченко^{2,3}, В.Ф. Мышкин⁴, А.И. Потекаев³,
В.А. Хан^{1,4}, А.К. Оразымбетова⁵, Н.А. Оспанова⁵

¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

² Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова Томского государственного университета, г. Томск, Россия

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

⁴ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

⁵ Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Республика Казахстан

Рассмотрены механизмы взаимодействия низкоэнергетических лазерных импульсов большой длительности (~ 1 мс) с дисперсными частицами в воздушной среде. Сформулированы основные уравнения, описывающие механизмы движения частицы в потоке плазмы при нагреве, термоэмиссии, испарении. Рассмотрены частные случаи решения уравнений при преобладающих эффектах испарения и термоэмиссии электронов с поверхности частиц. Представлены данные по изменению газовой температуры плазменной среды при вводе частиц с низким (~ 5 эВ) и высоким (~ 11 эВ) потенциалом ионизации. Анализируются возможные химические реакции в углеродной дисперсной среде, и показано их влияние на изменение энергетики плазменного образования.

Ключевые слова: лазерное излучение, оптический пробой, плазма, импульс, ионизация, интенсивность, углерод, химические реакции.

Прохождение высокоэнергетического излучения через атмосферные аэрозоли сопровождается рядом нелинейных эффектов, из которых самым низкопороговым является теплоакустическое самовоздействие, приводящее к дефокусировке пучка и изменению формы импульса. Нелинейные оптические эффекты обусловлены процессами радиационного нагрева, испарения, горения, диссоциации, фрагментации и ионизации аэрозольной компоненты. В результате происходит переконденсация испаренного вещества, образование светоиндуцированных тепловых и гидродинамических неоднородностей, изменение физических параметров в окрестности конденсированных частиц и в сечении пучка, а также изменение границ сосуществования различных агрегатных состояний [1–7].

Хорошо известно, что наличие в газе взвешенных частиц на 3–4 порядка снижает порог оптического пробоя [1]. Это явление называется низкопороговым коллективным оптическим пробоем. Такой пробой возникает в результате нагрева частиц лазерным лучом, их испарения и образования в результате слияния микрофакелов пароплазменного облака. При этом потенциал ионизации паров меньше потенциала ионизации буферного газа (воздуха, инертных газов). Поэтому концентрация электронов в пароплазменном облаке значительно повышена, что приводит к увеличению поглощения лазерного излучения, разогреву и ионизации облака паров. При превышении интенсивности импульса излучения порогового значения может развиваться волна медленного горения в воздухе.

Следует отметить, что сейчас хорошо изучена физическая природа испарения тугоплавкой частицы в атмосфере с учетом конденсации пересыщенного пара в окрестности частицы и образования субмикронного аэрозоля при звуковых скоростях разлета испаренного вещества [1, 6]. Проведены численные расчеты с учетом реальной температурной зависимости коэффициентов тепло-массопереноса для профилей полей давления, температуры, концентрации испаренного вещества в окрестности частицы и скорости расширения парогазового облака. Обнаружено существенное различие результатов, получаемых с учетом и без учета процессов переконденсации парогазового облака. Предложены с соответствующим обоснованием новые граничные условия для параметров пара у поверхности дисперсной частицы и их соотношение со значениями параметров на поверх-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>