

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 533.9.03+537.523.4

DOI: 10.17223/00213411/65/4/88

ПРОЦЕССЫ ИОНИЗАЦИИ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЛИННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ
НА УГЛЕРОДНЫЙ АЭРОЗОЛЬ. IIС.Ф. Баландин¹, В.А. Донченко^{2,3}, В.Ф. Мышкин⁴, А.И. Потекаев³,
В.А. Хан^{1,4}, А.К. Оразымбетова⁵, Н.А. Оспанова⁵¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия² Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова Томского государственного университета,
г. Томск, Россия³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия⁴ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия⁵ Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Республика Казахстан

Описана экспериментальная установка, методика измерений температуры и концентрации частиц углерода и окиси бария в ионизированной дисперсной среде. Показано, что в широкоапертурном лазерном пучке Nd-лазера на длине волны 1.06 мкм и длительности импульса ~ 1 мс порог ионизации углеродной дисперсной среды ниже порога ионизации сфокусированного пучка. Для окиси бария (с низким потенциалом ионизации) порог ионизации в 5–10 раз выше, чем для углеродной среды, как для сфокусированного, так и для широкоапертурного пучка. Экспериментально подтверждено, что экзотермические реакции при ионизации исследуемых сред преобладают над другими процессами.

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

В работе [1] рассмотрены механизмы взаимодействия низкоэнергетических лазерных импульсов большой длительности с дисперсным углеродом в воздухе и приведены основные уравнения, описывающие процессы испарения, термоэмиссии, экзотермических реакций, протекающих при температурах более 1000 °С. Проведенные оценки показали, что атомы и молекулы с высоким потенциалом ионизации ϕ_e (например, для углерода $\phi_e = 11$ эВ) способствуют понижению температуры и электронной концентрации в образовавшейся плазме, атомы и молекулы с низким потенциалом ионизации (например, для оксида алюминия $\phi_e = 5$ эВ, окиси бария $\phi_e \approx 5$ эВ), наоборот, повышают газовую температуру и электронную концентрацию. Изменения температуры могут достигать сотен и тысяч градусов, электронной концентрации – на порядок и более.

Целью настоящей работы является экспериментальная проверка теоретических оценок и расчетов, выполненных в первой части работы, о преобладающей роли экзотермических реакций на уровень ионизации в канале лазерного пучка с длиной волны 1.06 мкм, интенсивностью $\sim 10^5$ – 10^6 Вт/см², длительностью импульса ~ 1 мс с дисперсными частицами углерода и окиси бария, размером 10–100 мкм, концентрацией 10^4 – 10^6 см⁻³.

Для процесса взаимодействия лазерного излучения с дисперсными средами запишем уравнение баланса энергии:

$$P \frac{dV_{п.о.}}{dt} + E_{изл} + E_{тепл} + E_{энд} = \sigma_{п} I + E_{н} + E_{экз}, \quad (1)$$

где $V_{п.о.}$ – объем плазменного образования; P – давление; $E_{изл}$, $E_{тепл}$, $E_{энд}$ – энергия, теряемая плазменным образованием за счет излучения, теплопроводности и химических реакций, протекающих с поглощением энергии; $\sigma_{п} I$ – общая поглощенная энергия плазменным образованием; $E_{н}$ и $E_{экз}$ – энергия, выделяемая при нагреве частиц и при экзотермических реакциях.

Рассмотрим случай, когда

$$E_{экз} > \sigma_{п} I. \quad (2)$$

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>