

УДК 533.9.03+537.523.4

DOI: 10.17223/00213411/63/2/137

Е.С. АБРАМОВА¹, С.Ф. БАЛАНДИН², В.А. ДОНЧЕНКО³, В.Ф. МЫШКИН⁴, А.И. ПОТЕКАЕВ³, В.А. ХАН^{2,4}

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ПРОТЯЖЁННЫХ КАНАЛОВ ИОНИЗАЦИИ В АЭРОЗОЛЬНО-ГАЗОВЫХ ВЗВЕСЯХ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Показано, что распространение мощного лазерного пучка в газодисперсных средах и атмосфере с фоновым аэрозолем сопровождается широким спектром эффектов, связанных с тепловыми, акусто-гидродинамическими и ионизационными процессами, возникающими как в окрестности частиц, так и в масштабах пучка. Проведён анализ основных механизмов взаимодействия лазерного пучка с повышенной энергетикой с газодисперсными средами, в том числе и содержащими металлы. Построена фазовая диаграмма для оценки физических процессов в канале распространения лазерного излучения.

Ключевые слова: фазовый переход, лазер, искра, импульс, ионизация, интенсивность.

Введение

Воздействие лазерного излучения с интенсивностью 10^7 – 10^{14} Вт/м² на газодисперсные среды может вызвать целый ряд необратимых диссипативных процессов, связанных с радиационным нагревом, испарением, диссоциацией, фрагментацией и ионизацией аэрозольной компоненты и её паров, а также сопутствующими химическими реакциями. В работах [1–8] рассмотрены эти явления и показана принципиальная возможность оптического пробоя в атмосфере, при интенсивностях 10^{12} – 10^{14} Вт/м² и при наличии на трассе дисперсных частиц размером 1–10 мкм и более. При этом наибольший интерес представляют длинные каналы ионизации атмосферы, инициированные очагами пробоя.

В настоящее время продолжают исследования, позволяющие создавать эффективную систему лазерной молниезащиты [9–12]. Ее основой является длинная лазерная искра, соединяющая грозовое облако с заземленным металлическим стержнем – классическим молниеотводом. Максимальные длины управляемого лазерной искрой электрического разряда ~ 16 м были получены в России и Японии при использовании импульсных СО₂-лазеров с энергией до 0.5 кДж и сферической оптики. Позднее было показано, что длинная лазерная искра с хорошей проводимостью канала и временем его включения получается с помощью конической оптики [9, 13].

Для направления электрических разрядов с использованием лазерной искры в основном рассматриваются импульсные субмикросекундные СО₂-, DF-лазеры и фемтосекундные твердотельные лазеры [13]. Расчёты плотности мощности импульсных СО₂-лазеров с длительностью 10^{-9} с, необходимой для создания длинной сплошной лазерной искры длиной в 1000 м и с концентрацией электронов 10^{12} см⁻³, показали, что начальная интенсивность пучка должна быть не менее 10^{11} Вт/см² [9]. Известно, что под действием лазерного излучения в аэрозольно-газовых средах могут инициироваться экзотермические реакции [1, 2], в результате чего должен снижаться порог интенсивности, приводящей к ионизации среды по трассе распространения излучения, что, в свою очередь, представляет интерес в создании лазерных и плазменных антенн [3, 8, 11–14].

Поэтому целью настоящей работы является исследование физических механизмов, в результате которых повышается электропроводность аэрозольно-газовых сред под действием лазерного излучения и появляется возможность создания длинных проводящих каналов при минимальных энергетических затратах.

Процессы при взаимодействии интенсивного лазерного излучения с веществом

В объёме лазерного пучка с повышенной энергетикой изменяется агрегатное состояние вещества и его временные и пространственные масштабы. Это происходит из-за различных физических процессов, происходящих под воздействием излучения. К числу их относятся испарение, кипение, взрыв капель и др. Энергетические границы, в которых проявляются эти процессы, можно оценить по диаграмме фазовых переходов. В основу построения диаграммы положим следующие рассуждения.

Уважаемые читатели!

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

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