

УДК 533.9.03+537.523.4

DOI: 10.17223/00213411/62/4/16

*С.Ф. БАЛАНДИН¹, В.А. ДОНЧЕНКО², Ал.А. ЗЕМЛЯНОВ¹, В.Ф. МЫШКИН³, В.А. ХАН^{1,3}, Е.С. АБРАМОВА⁴***ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАНАЛА ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В АТМОСФЕРЕ. I**

Описана схема и аппаратура исследований. Приведены экспериментальные результаты измерений проводимости в канале распространения лазерного излучения как в лабораторных, так и в условиях фокусировки лазерного излучения в свободной атмосфере. Показана возможность создания ионных каналов повышенной проводимости в атмосфере для сравнительно низкоэнергетических пучков CO₂-лазеров.

Ключевые слова: лазерное излучение, канал распространения, оптический пробой, электрические параметры.

В работе [1] показано, что при взаимодействии мощного лазерного излучения с атмосферой происходит ионизация среды в зоне воздействия. В результате этого изменяются электрическое поле, электропроводность, подвижность зарядов как в лазерном пучке, так и возле него. Электрические параметры относятся к числу основных параметров, характеризующих канал распространения лазерного пучка. В канале распространения лазерного излучения в аэрозольной атмосфере происходит также изменение микрофизических параметров аэрозоля, сопровождающееся изменениями его оптических и электрических характеристик [2]. Поэтому исследования электрических параметров в зоне воздействия необходимы при создании лазерной системы молниезащиты, получении канала высокой проводимости в атмосфере.

В реальной атмосфере большое влияние на степень ионизации в канале пучка, а следовательно, и на электропроводность помимо аэрозольной составляющей оказывают метеорологические параметры атмосферы, в частности ветер и влажность. Например, ветер определяет длительность воздействия излучения на конкретную частицу аэрозоля. Электропроводность канала, которая определяется характеристиками аэроионов [3], в первую очередь зависит от концентрации образовавшихся лёгких, средних и тяжёлых ионов, имеющих разную подвижность.

Подвижность отрицательных ионов обычно больше, чем положительных. Влажность воздуха снижает подвижность ионов вследствие образования средних ионов и перезарядки лёгких ионов с образующимся водным аэрозолем. По этой причине подвижность утяжеленных ионов над сушей выше, чем над водной поверхностью. Коэффициент рекомбинации тяжелых ионов на 3–4 порядка меньше, чем легких. Образовать устойчивые отрицательные ионы могут лишь частицы, обладающие положительным электронным сродством, например атомы кислорода, углерода, молекулы кислорода, озона, окислов азота, атомы и молекулы хлора брома, йода и др. Реальная концентрация легких ионов в чистой атмосфере составляет 500–1000 см⁻³. Химический состав их также сильно разнится. Для тропосферного континентального аэрозоля разработана специальная модель на основе многочисленных экспериментов [4]. По этим данным в атмосферном аэрозоле дисперсионная функция содержит: SiO₂ – 35 %, SO₄⁻² – 24 %, CO₃ – 10 %, Ca²⁺ – 9 %, Fe₂O₃ – 6 %, органика – 6 %. Для мелкодисперсного аэрозоля в атмосфере (размер частиц меньше 1 мкм) характерно повышенное содержание органики до 10–20 %, повышенное содержание ионов K⁺ (до 14 %). Эти факторы могут способствовать значительному снижению потенциала ионизации соединений, входящих в субмикронную фракцию.

Проведённые оценки [5] с учётом среднестатистических характеристик реальной атмосферной трассы длиной в 1 км показали, что для CO₂-лазера с частотой импульсов 10⁴ Гц и энергией в импульсе 0.05 Дж средняя ионная концентрация составляет 10⁴ см⁻³, следовательно, проводимость в канале в 50–100 раз превышает проводимость атмосферного воздуха.

Исследования [6–8] электрической проводимости воздуха в зоне действия 20 нс KrF-УФ-лазерного луча с длиной волны 247 нм были проведены в диапазоне плотности мощности $I = 3 \cdot 10^6 - 7 \cdot 10^{10}$ Вт/см². В области $I = 3 \cdot 10^8 - 7 \cdot 10^{10}$ Вт/см² зависимость концентрации электронов от плотности мощности имеет квадратичный вид, а в области $I = 3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^8$ Вт/см² – линейна. Линейная зависимость может быть связана с одноквантовой или двухступенчатой ионизацией сложных органических примесных молекул с низкими потенциалами ионизации и промежуточными

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>