

ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ В ИОНИЗОВАННОЙ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ АТМОСФЕРЕ

С.Ф. Баландин¹, В.А. Донченко^{2,3}, В.Ф. Мышкин⁴,
А.И. Потекаев², В.А. Хан^{1,4}, Е.С. Абрамова⁵

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

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

³ Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова

Томского государственного университета, г. Томск, Россия

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

⁵ Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
г. Новосибирск, Россия

Рассмотрены физические процессы, протекающие в атмосфере при создании лазерным излучением каналов слабой ионизации. Предложена схема передачи электромагнитной энергии и рассчитаны параметры, необходимые для ее технической реализации. Исследован вариант передачи электромагнитной энергии с использованием «плазменного зеркала» в атмосфере. Оценены частоты, длительности и энергии лазерных импульсов, при которых формируется канал слабой ионизации в атмосфере и ионосфере.

Ключевые слова: лазерное излучение, оптический пробой, плазма, импульсное излучение, ионизация, интенсивность, частота колебаний.

В работах [1–4] исследованы основные параметры канала распространения лазерных пучков в аэрозольных средах и в атмосфере. Из результатов этих работ видно, что с использованием лазерных пучков возможно формирование атмосферного канала связи с помощью радиоволн. В [1] рассматриваются различные способы ионизации атмосферы с помощью предварительного введения аэрозольных частиц различной химической природы в лазерный канал. Однако такой способ является затратным и сложным для практической реализации. Поэтому представляет интерес рассмотреть возможность использования атмосферного аэрозоля для создания слабоионизованной зоны ионизации, формируемой дистанционно лазерным излучением, и передачи с помощью ее СВЧ-излучения.

Локализация электромагнитного излучения в плазменном канале

При распространении излучения CO₂-лазера в атмосфере, содержащей природный аэрозоль с концентрацией частиц $N_{\text{ч}} \sim 10^6\text{--}10^8 \text{ м}^{-3}$ и радиусом $R_{\text{ч}} \sim 5 \cdot 10^{-8}\text{--}10^{-6} \text{ м}$, порог пробоя достигается при плотности потока лазерного излучения более 10^{12} Вт/м^2 [2–4]. В результате в атмосфере создается слабоионизованный канал, в который вводится электромагнитное излучение. Полное отражение волн от ионизованного слоя будет происходить, когда частота электромагнитного поля, распространяющегося в канале, не превосходит частоту плазменных колебаний в слое. Необходимая концентрация электронов N_e в ионизованном канале зависит от частоты передаваемой электромагнитной волны. При наклонном падении лучей максимально возможная частота электромагнитного излучения, отражаемая плазмой, определяется выражением [5]

$$f(\varphi)_{\text{max}} = \frac{\sqrt{80.6 N_{\text{кр}}}}{\cos \varphi} > f_{\text{кр}}; \quad (1)$$

$$f_{\text{кр}} = \sqrt{80.6 N_{\text{кр}}} . \quad (2)$$

Здесь $f_{\text{кр}}$ – плазменная ленгмюровская частота; $N_{\text{кр}}$ – критическая плотность электронов для заданной частоты электромагнитного излучения; φ – угол между падающим излучением и нормалью к поверхности канала в точке падения.

Из выражения (1) видно, что при наклонном падении волны чем меньше угол между направлением распространения излучения и поверхностью ионизованного канала, тем больше частота электромагнитного излучения, которое захватывается каналом ионизации.

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>