Высоковольтный Электрический пробой протяженного воздушного промежутка, управляемый амплитудно-модулированным УФ лазерным импульсом

В.Д. Зворыкин, А.А. Ионин, А.О. Левченко, Л.В. Селезнев, Д.В. Синицын, И.В. Сметанин, Н.Н. Устиновский, А.В. Шутов

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, zvorykin@sci.lebedev.ru

Амплитудно-модулированные УФ импульсы, генерируемые Ti:Sapphire/KrF лазером ГАРПУН-МТВ, представляют собой комбинацию усиленного цуга пикосекундных ультракоротких импульсов (УКИ) и 100-нс импульса квазинепрерывной генерации [1]. УКИ, обладающие высокой пиковой мощностью 0,2–0,3 ТВт, эффективно ионизуют молекулы кислорода в процессе многофотонной ионизации воздуха, а импульс квазистационарной генерации длительностью ~100 нс, поддерживает электронную плотность в плазменном канале на уровне *ne* = (3÷5) ×1014 см-3 за счет подавления прилипания электронов к кислороду [2]. В настоящих экспериментах амплитудно-модулированные импульсы обеспечивали управление электрическим разрядом вдоль лазерного пучка между положительно заряженной сферой с радиусом 1,5 сми заземленной плоскостью (рис.1). При амплитуде импульса напряжения 420 кВ управляемый лазером пробой разрядного промежутка длиной *l* ≈ 70 см наблюдался только для амплитудно-модулированных импульсов, энергия которых составляла 6,3 Дж. Время развития пробоя зависело от задержки приложенного напряжения относительно лазерного импульса. Его минимальное значение *br* ≈ 0,6 мкс соответствовало задержке *del* ≈ 0,8 мкс, однако управляемый пробой наблюдался и для больших задержек в десятки микросекунд, что на много порядков превышает время жизни свободных электронов в создаваемом лазером плазменном канале (~10 нс) [3].

|  |  |
| --- | --- |
| zvor.tif | **Рис. 1.** Схема экспериментов и интегральные по времени фотографии разряда длиной 70 см при различных задержках между амплитудно-модулированным лазерным импульсом и импульсом напряжения. |

Исследование динамики развития пробоя показало, что при лазерном инициировании скорость положительного лидера *vL* = 4,0×106 м/с была значительно больше, чем в режиме самопробоя *vL* = 1,2×106 м/с. Приближаясь к заземленной плоскости, лидер ускорялся до 3,2×107 м/с, после чего немедленно следовал обратный удар разряда, распространявшийся со скоростью *vRS* = 6.7×107 м/с. Предложен механизм управляемого лазером пробоя, обусловленный ускорением процесса лавинной ионизации воздуха за счет образующихся после окончания лазерного импульса отрицательных молекулярных ионов кислорода, которые имеют низкую энергию связи электронов ~ 0,5 эВ и большое время жизни ~ 1 мс.

Работа выполнялась при поддержке Проектов РФФИ №№ 11-02-01414, 11-02-01524 и 12-02-31431-мол, а также Проект EOARD №067007 (Проект МНТЦ №4073 Р).

Литература

1. Зворыкин В.Д., Ионин А.А., Левченко А.О. и др., *Квантовая электроника*, 2013, **43**, 332.
2. Зворыкин В.Д., Ионин А.А., Левченко А.О. и др., *Квантовая электроника*, 2013, **43**, 339.
3. Shutov A.V., Smetanin I.V., Ionin A.A., et al., *Appl. Phys. Letts*., 2013, **103,** 034106.