

04; 07

© 1992

О МЕХАНИЗМЕ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА,
ИНИЦИИРУЕМОГО ИЗЛУЧЕНИЕМ УФ ЛАЗЕРА

Л.Л. Л о с е в, В.И. С о с к о в

В работе [1] был исследован процесс распространения волны ионизации в воздухе по каналу, ионизованному излучением УФ лазера. Была показана возможность управления таким способом искровым пробоем.

Важным параметром искрового разрядника является скорость срабатывания, которая определяется скоростью волны ионизации. В [1] было установлено, что при управлении разрядом с помощью лазера скорость волны ионизации возрастает на два порядка по сравнению с неуправляемым разрядом. Однако детального исследования зависимости скорости волны ионизации от начальных условий проведено не было.

Целью данной работы является исследование механизма разряда, а также скорости волны ионизации от начальной концентрации ионов и напряженности электрического поля.

Э к с п е р и м е н т а л ь н а я у с т а н о в к а

Ионизация газа осуществлялась четвертой гармоникой $Nd:YAG$ лазера (длина волны 266 нм), работающим в режиме синхронизации мод (длительность импульса 35 пс). Световой пучок диаметром 15 мм фокусировался линзой с фокусом 5 м через отверстие в земляном электроде в середину межэлектродного промежутка. Электроды имели сферическую форму диаметром 7 см.

Высоковольтный импульс, форма которого показана на рис. 1, с амплитудой 270 кВ прикладывался к разрядному промежутку через 1 мкс после лазерного импульса. Так как за это время электроны, образовавшиеся при многофотонной ионизации кислорода [2], прилипают к молекулам кислорода [3], то канал состоит из положительных и отрицательных ионов кислорода. При расчете концентрации ионов, который проводился на основе экспериментальных данных [2], нами учитывалась рекомбинация ионов [4].

Скорость волны ионизации измерялась двумя способами. Первый способ заключался в измерении задержки между импульсом напряжения и током в разрядном контуре. Скорость определялась как частное от деления длины разрядного промежутка на время задержки. Также в эксперименте снималась эопограмма свечения разряда с помощью камеры „Агат-СФ“. Из эопограмм также определялась скорость волны ионизации.

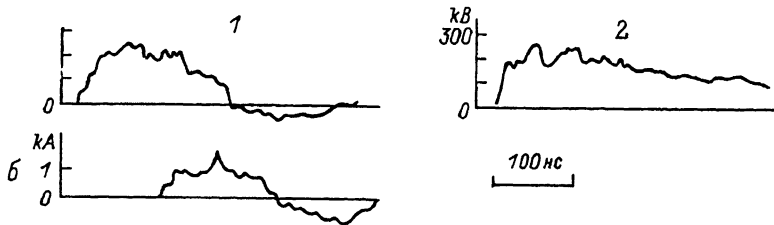


Рис. 1. Осциллограммы импульсов напряжения (а) и токов (б) при пробое разрядного промежутка (1) и при отсутствии пробоя (2)

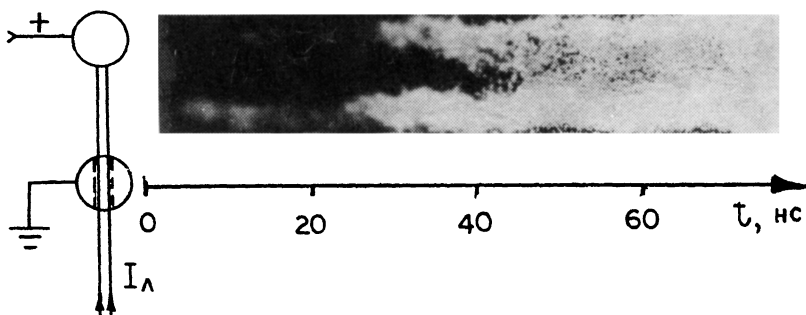


Рис. 2. Эопограмма разряда. Разрядный промежуток - 9 см. Напряжение 270 kV .

Обсуждение экспериментальных результатов

На рис. 1 показаны осциллограммы импульсов напряжения и токов. Характерная эопограмма разряда представлена на рис. 2. Скорости волны ионизации, определенные по осциллограммам и эопограммам, для одних и тех же экспериментальных условий совпали с 50% точностью.

Зависимость скорости волны ионизации от начальной концентрации ионов для различных значений средней напряженности поля (величины разрядного промежутка) показана на рис. 3. Энергия лазерного излучения менялась в пределах (0,2-3,5) мДж. Как видно из графика, для исследованного диапазона значений напряженностей электрического поля (40-16) kV /см скорости волны ионизации меняется в пределах (10⁸-10⁹) см/сек. Такие значения скоростей, как показывают многочисленные эксперименты [5], отвечают стримерному механизму пробоя. Об этом свидетельствуют также результаты, полученные при обработке эопограмм. Временная развертка свечения разряда (рис. 2) показывает, что с анода (высоковольтный электрод) распространяется волна ионизации со скоростью

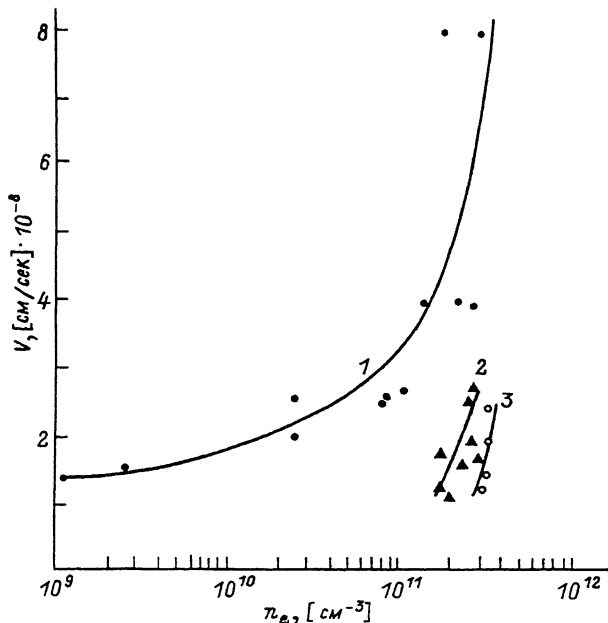


Рис. 3. Зависимость скорости стримера от начальной концентрации ионов. Напряжение на ГИНе 280 KV . Величина разрядного промежутка 1 - 6 см, 2 - 11 см, 3 - 16 см.

$\sim 10^9$ см/сек. Характер свечения и величина скорости позволяют утверждать, что эта волна ионизации является стримером. Навстречу стримеру с земляного электрода (катода) движется волна ионизации, имеющая существенно меньшее значение скорости $\sim 10^7$ см/сек, и ярко светящийся передний фронт. Исходя из известных экспериментальных фактов [5], можно сделать вывод, что это лидер.

В условиях нашего эксперимента неуправляемый разряд должен происходить по лидерному механизму в сквозной фазе [5]. Однако лидер, перекрывающий разрядный промежуток, вследствие короткого импульса напряжения не успевает сформироваться и пробоя не происходит. А многочисленные стримеры, замыкающие промежуток, не обладают высокой проводимостью, так как отсутствует сильное перенапряжение [5].

При развитии разряда по каналу, инициируемому излучением УФ лазера, ситуация меняется. В этом случае вблизи анода формируется преимущественно один стример, развивающейся по ионизованному каналу. Погонная емкость такого стримера может значительно превосходить емкость обычных стримеров, формирующихся в виде пучка стримеров [5]. Поэтому ток смещения, который протекал по каналу стримера, нагревает газ и увеличивает его проводимость, при управляемом разряде оказывается значительно выше. Так как величина тока смещения пропорциональна погонной емкости

стримера [5], это позволяет осуществить стримерный пробой в отсутствии перенапряжений, что и наблюдается в эксперименте.

При увеличении напряженности поля вблизи высоковольтного электрода, которое достигалось в нашем эксперименте путем уменьшения радиуса кривизны до 0.5 см, управления разрядом получить не удалось. Это связано с тем, что в этом случае возникает множество стримеров, распространяющихся не по ионизованному каналу.

Таким образом, в данной работе показано, что искровой разряд, управляемый излучением УФ лазера при величине разрядного промежутка (6-17) см и напряженности электрического поля (40-16) KV/cm , протекает по стримерному механизму. Измеренная максимальная скорость стримера составила $\sim 10^9$ см/сек.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Антипов А.А., Грасюк А.З., Жигалкин А.К., Лосев Л.Л., Сосков В.И. // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 4. С. 200-204.
- [2] Лосев Л.Л., Сосков В.И. // Оптика атмосферы. 1990. Т. 3. В. 8. С. 842-846.
- [3] Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987.
- [4] Таблицы физических величин. М.: Атомиздат, 1976.
- [5] Базелян Э.М., Ражанский И.М. Искровой разряд в воздухе. Новосибирск.: Наука, 1988.

Физический институт
им. П.Н. Лебедева РАН,
Москва

Поступило в Редакцию
6 июня 1992 г.