

- [1] Giulio M.R., Misosssi G., Rizzo A., Terore A. - J. Appl. Phys., 1983, 54, N 10, p. 5839-5843.
- [2] Гимпанова И., Кязымзаде А.Г., Салиманов В.М., Тагиров В.И. Acta Physica Univ Comen., 1984, v. 24, p. 27-39.
- [3] Катеринчук В.Н., Ковалюк З.Д., Манассон В.А. - ФТП, 1987, т. 21, № 11, с. 2094-2096.
- [4] Williams R.H., McEvoy A.J. - J. Vac. Sci. and Technol., 1972, v. 9, N 2, p. 867-870.
- [5] Powder Diffraction File Date Cards. Inorganic Section, Set 5, Cards N 5-0522 // JCPDS, Swarthmore, Pennsylvania, USA, 1976.
- [6] Гавриленко В.И., Грехов А.М., Корбуньяк Д.В., Литовченко В.Г. Оптические свойства полупроводников. Киев: Наукова думка, 1987. 607 с.

Поступило в Редакцию  
20 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 22

26 ноября 1988 г.

ОБЪЕМНЫЙ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯД,  
ИНИЦИИРУЕМЫЙ УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ И ЭЛЕКТРОНАМИ  
ПЛАЗМЫ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА  
ПО ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИКА

В.В. Аполлонов, Г.Г. Байцур,  
О.Б. Ковальчук, В.Н. Конев, В.Р. Миненков,  
К.Н. Фирсов, Б.Г. Шубин

В работах [1-4] показана возможность инициирования объемного самостоятельного разряда (ОСР) при больших межэлектродных расстояниях ( $d$ ) в системах электродов без специального профиля при предварительном заполнении разрядного промежутка (РП) электронами, транспортируемыми от прикатодного источника к аноду в электрическом поле смещения. В соответствии с [3-4] задача получения ОСР в этих условиях по существу сводится к поиску источника электронов (ИЭ) с производительностью и длительностью работы, достаточными для экранирования катода электронами и полного заполнения ими РП при дрейфе в электрическом поле до начала ионизационных процессов. При использовании ИЭ типа описанных

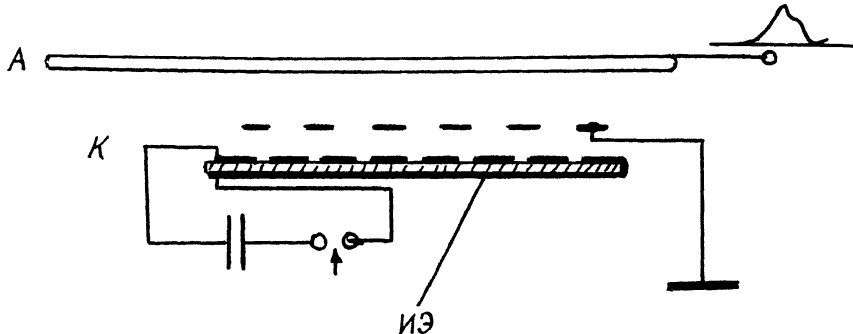


Схема экспериментальной установки.

в [3], указанным требованиям не удается в полной мере удовлетворить уже при  $d \geq 0.5$  м. Так, длительность работы ИЭ на основе многоканального скользящего разряда поверхности пластины диэлектрика с высокой диэлектрической проницаемостью, ограниченного собственной емкостью пластины недостаточна для полного заполнения РП электронами, а ИЭ на основе барьерного разряда, распределенного по поверхности катода, не обеспечивает необходимого экранирования катода объемным зарядом [3, 4].

При использовании ИЭ, являющегося одновременно и источником УФ-излучения, длительность фазы заполнения может быть уменьшена, т. к. часть промежутка уже проионизована. Плотная фотоплазма вблизи катода также обеспечивает эффективное экранирование его краев.

Целью настоящей работы является исследования возможности получения ОСР в системе непрофилированных электродов при больших  $d$  при применении ИЭ на основе многоазорного искрового разряда по поверхности диэлектрика.

Эксперименты проводились в смесях газов  $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$  атмосферного давления с добавками  $\sim 1$  мм рт. ст. легкоионизируемого вещества триэтиламина при  $d = 20-70$  см. Схема установки показана на рисунке. В ИЭ зажигалось 108 рядов искр по 50 искр длиной 1 мм в каждом ряду от общего накопительного конденсатора С, заряжаемого до 30-40 Кв. По принципу работы ИЭ не отличался от предьонизатора в [5], но обеспечивал значительно большую плотность искр на единицу площади поверхности.

Размеры рабочей части ИЭ ( $40 \times 57 \text{ см}^2$ ) несколько превышали размеры катода - сетки прямоугольной формы с размерами  $36 \times 57 \text{ см}^2$ , закрепленной на расстоянии 3 см от поверхности ИЭ. Выталкивание электронов из плазмы искр за сетку осуществлялось при подаче отрицательного напряжения смещения на ИЭ по отношению к катоду РП. Катодный узел и плоский анод с размерами  $120 \times 170 \text{ см}^2$  размещались в диэлектрической трубе внутренним диаметром 140 см. Генератор питания ОСР с энергозапасом до

20 кДж обеспечивал на РП импульсы напряжения амплитудой до 450 кВ и длительностью фронта  $\tau_{\varphi} = 0.2-40$  мкс.

При  $d = 20$  см с используемым ИЭ был получен ОСР в режиме с  $\tau_{\varphi} = 0.2$  мкс, что свидетельствует о его высокой эффективности в качестве источника УФ излучения [6].

В этом случае не было необходимости увеличивать время работы ИЭ, поэтому ОСР мог быть получен при минимальных емкостях питающего конденсатора  $C = 0.3$  мкФ. и индуктивности в цепи питания ИЭ  $L = 2$  мкГ.

При  $d > 20$  см для исключения образования неоднородностей ОСР на аноде приходилось увеличивать  $\tau_{\varphi}$ . Минимальные величины  $\tau_{\varphi}$  при  $d = 40$  и 60 см в смеси газов  $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 4 : 16 : 80$  атмосферного давления составили соответственно 8 и 16 мкс.

Если ИЭ включался на фронте нарастания напряжения на РП, то уже при напряжении на РП  $\sim 50$  кВ на краях катода зажигалась стримерная корона, развитие которой не удавалось предотвратить после включения ИЭ, что привело к искровому пробоя на краю РП.

Условия экранирования катода нарушались также при многократных переходах тока ИЭ через нуль, поэтому увеличение длительности работы ИЭ достигалось, в основном, только за счет увеличения емкости питающего конденсатора, а не индуктивности в цепи питания.

Если смещение на ИЭ для выталкивания электронов из плазмы искровых каналов за сетчатый катод не подавалось, то в прикатодной зоне развивались незавершенные искровые каналы, что указывает на недостаточную эффективность ионизации газа в прикатодной зоне УФ излучением ИЭ к моменту зажигания ОСР. По-видимому, используемый ИЭ является эффективным источником УФ излучения только в момент пробоя искровых промежутков.

В соответствии с результатами работы [8], при использовании смеси легкоионизируемых веществ с разными потенциалами ионизации (0.06 мм рт. ст. трипропиламина + 0.7 мм рт. ст. триэтиламина) удалось значительно увеличить длину проионизованной области и уменьшить минимальную необходимую для зажигания ОСР величину  $\tau_{\varphi}$  при  $d = 50$  см (смесь газов  $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 6 : 13 : 80$ ) с 13 до 7 мкс. Затраты энергии на иницирование ОСР в этом случае также уменьшились пропорционально  $\tau_{\varphi}$ .

Из-за малого радиуса кривизны краев сетчатого катода напряжение статистического пробоя РП при  $d \geq 40$  см не превышало половины напряжения в максимуме тока ОСР. Поэтому из-за увеличения остаточного напряжения на РП с ростом  $\tau_{\varphi}$  [7] при  $d \geq 50$  см ( $\tau_{\varphi} \geq 13$  мкс), как правило, происходил искровой пробой, задержанный на 100-200 мкс по отношению к тому ОСР.

Для исключения искрового пробоя на остаточном напряжении и улучшения условий ввода энергии генератора питания в плазму ОСР его схема была изменена: аналогично [4], после зажигания в РП слаботоочного ОСР в обычном режиме напряжение на РП скачкообразно увеличивалось до значения, при котором обеспечивался

практически полный ввод энергии генератора в плазму ОСР и исключался искровой пробой РП на остаточном напряжении. В данном режиме при  $T_{\varphi} = 25-35$  мкс был получен ОСР при  $d=70$  см в смесях газов  $CO_2:N_2$ :He атмосферного давления с содержанием молекулярных компонентов до 20%. Осциллограммы тока и напряжения ОСР не отличались от приводившихся ранее в [4]. Удельный энерго-вклад в плазму ОСР составил 140 Дж/л, а при  $d=50$  см - 200 Дж/л. В отличие от [4], в настоящих экспериментах достигалась лучшая начальная однородность ОСР в прикатодной зоне, поэтому зажигание основного ОСР было возможным при длительности саботочного ОСР до 6-8 мкс.

Таким образом, в настоящей работе получен ОСР при заполнении РП электронами из плазмы искрового вспомогательного разряда и фотоэлектронами, образованными в прикатодной зоне его УФ излучением. Найден оптимальный режим зажигания ОСР при  $d$  до 70 см.

### Л и т е р а т у р а

- [1] Аполлонов В.В., Байцур Г.Г., Прохоров А.М., Фирсов К.Н. - Письма в ЖТФ, 1985, в. 20, с. 1262-1265.
- [2] Аполлонов В.В., Байцур Г.Г., Прохоров А.М., Фирсов К.Н. - Квантовая электроника, 1987, с. 135-145.
- [3] Аполлонов В.В., Байцур Г.Г., Кудабаяев Б.Б., Прохоров А.М., Семкин Б.В., Трефилов Е.Э., Фирсов К.Н., Шубин Б.Г. - Квантовая электроника, 1987, с. 2139-2141.
- [4] Аполлонов В.В., Байцур Г.Г., Прохоров А.М., Трефилов Е.Э., Фирсов К.Н., Шубин Б.Г. - Письма в ЖТФ, 1988, в. 6, с. 541-546.
- [5] Баранов В.Ю., Борисов В.М., Сатов Ю.А., Судаков Ю.Ю. - Квантовая электроника, 1975, с. 2086-2088.
- [6] Аполлонов В.В., Байцур Г.Г., Семенов С.К., Прохоров А.М., Фирсов К.Н. - Квантовая электроника, 1987, с. 2218-2221.
- [7] Байцур Г.Г., Фирсов К.Н., - Препринт ИОФАН, № 260, М. 1987.
- [8] Аполлонов В.В., Ахунов Н., Фирсов К.Н. - Препринт ИОФАН, № 212, М, 1985.

Поступило в Редакцию  
7 сентября 1988 г.