

УБЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОНЫ ПРИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ РАЗРЯДАХ В ГЕКСАФТОРИДЕ СЕРЫ АТМОСФЕРНОЙ ПЛОТНОСТИ

Л. П. Бабич, Т. В. Лойко

Гексафторид серы SF_6 широко используется в качестве изолятора в высоковольтных устройствах, а также как компонент активных сред газовых лазеров. Применения SF_6 вызывают необходимость изучения его фундаментальных газоразрядных свойств (см., например, [1-4]); причем теоретические работы выполняются в приближении локальной зависимости энергии электронов от напряженности поля. В высоковольтных разрядах наносекундного диапазона, в том числе используемых для накачки химических лазеров [5], разряд развивается в соответствии с принципами нелокальной модели [6-8], согласно которой динамика ионизационных процессов определяется убегающими электронами (УЭ). Изучение ускорительных процессов в плотном SF_6 в связи с его высокой электрической прочностью представляет несомненный интерес. В настоящей работе излагаются результаты оценочных измерений характеристик УЭ в SF_6 .

Т а б л и ц а

r_k , см	Газ	ϵ , кэВ	v_{max} , кВ
0.2	Воздух	240	120
	SF_6	270	140
6	Воздух	280	180
	SF_6	280	250

Для получения наносекундных импульсов высокого напряжения использовался тот же генератор, что и в работе [9], с разрядником-обострителем на напряжении $U_p \approx 140$ кВ. Разряды осуществлялись в камере с коническими катодами, имевшими угол при вершине $2\alpha = 60^\circ$ и радиусы кривизны вершины $r_k = 0.2$ и 3 мм, а также с катодом, имевшим полусферическую рабочую поверхность с $r_k = 6$ мм. Анодом служила алюминиевая фольга толщиной 15 мкм. Межэлектродное расстояние $d = 5-10$ мм. Измерения выполнены при атмосферном давлении в SF_6 и для сравнения в воздухе.

УЭ генерировались в разрядах для всех исследованных геометрий межэлектродного промежутка (r_k , d). Регистрация УЭ осуществлялась пленкой РГ-1. На рис. 1 представлены экспериментальные кривые поглощения УЭ в слоях алюминия для двух геометрий. Кривые имеют вид, характерный для моноэнергетических электронов. В таблице приведены значения энергии электронов ϵ , определенные по величине экстраполированного пробега $R_p(\epsilon)$. Точность измерений 10 %.

На рис. 2 представлены импульсы напряжения, зарегистрированные с помощью делителя, выполненного из сопротивлений ТВО, и осциллографа ОК-

31. Генератор работает по схеме с перезарядкой емкости разрядника, максимальное значение импульса холостого хода генератора $u_{r\max} \approx 1.8u_p \approx 250$ кВ. Необходимо отметить, что в случае катода с $r_k = 6$ мм в SF_6 реализуется $u_{r\max}$, т. е. пробой газа развивается во время спада напряжения и, следовательно, УЭ генерируются при напряжении, существенно меньшем, нежели $u_{r\max}$. Таким образом, как и в воздухе [9], УЭ в SF_6 при атмосферном давлении являются электронами аномальной энергии (ЭАЭ). Их энергия несколько больше, чем в воздухе, в соответствии с величиной $u_{r\max}(r_k, d)$. Число ЭАЭ в SF_6 меньше, чем в воздухе ($N_e \approx 10^8$). Если исходить из механизма самоускорения электронов на фронте поляризуемого стримера [8], то это обстоятельство можно попытаться объяснить прилипанием электронов на стадии формирования стримера, когда энергия электронов невелика. По-видимому, также сильным прилипанием следует объяснять уменьшение числа ЭАЭ в SF_6 с ростом однородности поля, в воздухе наблюдается обратная зависимость. Измерения длительности импульса ЭАЭ, выполнен-

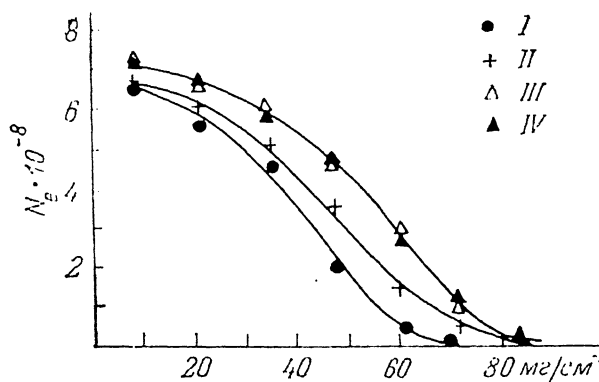


Рис. 1. Кривые поглощения убегающих электронов.

I, III — воздух, 1 импульс; II — SF_6 , 5 импульсов; IV — SF_6 , 40 импульсов; r_k , мм: I, II — 0.2; III — 6; $d = 10$ мм.

Рис. 2. Осциллограммы напряжения.

1 — $u_r(t)$; 2 — воздух, 3 — SF_6 , $r_k = 0.2$ мм; 4 — воздух, 5 — SF_6 , $r_k = 6$ мм; 6 — метки времени 100 МГц; $d = 10$ мм.

ные с помощью схемы, состоящей из сцинтиллятора ПОПОП, ФЭК-12 и ОК-31, как в воздухе, так и в SF_6 дают величину $\Delta t_e = 3.5$ нс, что является разрешающим временем системы регистрации.

В SF_6 при атмосферном давлении и $d = 10$ мм реализуется объемная форма разрядов как следствие предыонизации промежутка импульсом ЭАЭ с последующим перекрытием вторичных электронных лавин [10].

Список литературы

- [1] Ковальчук Б. М., Кремнев В. В., Потамилцын Ю. Ф. Спльноточные наносекундные коммутаторы. Новосибирск: Наука, 1979. 176 с.
- [2] Siddagangappa M. C., Lakshminarasimha C. S., Naidu M. C. // J. Phys. D. 1983. Vol. 16. N 9. P. 1595—1602.
- [3] Бортник И. М., Кочетов И. И., Ульянов К. Н. // ТВТ. 1983. Т. 21. № 2. С. 234—239.
- [4] Бортник И. М., Вертиков В. П., Кушко А. Н. и др. // ЖТФ. 1987. Т. 57. Вып. 7. С. 1276—1284.
- [5] Босамякин В. С., Гордон Е. Б., Горохов В. В. и др. // Квантовая электрон. 1982. Т. 9. № 7. С. 1489—1491.
- [6] Бабич Л. П., Станкевич Ю. Л. // ЖТФ. 1972. Т. 42. Вып. 8. С. 1669—1673.

- [7] Kunhardt E. E., Byszewski W. W. // Phys. Rev. 1980. Vol. 21. A. N 6. P. 2069—2077.
[8] Бабич Л. П. // ДАН СССР. 1982. Т. 263. № 1. С. 76—79.
[9] Бабич Л. П., Лойко Т. В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 5. С. 956—958.
[10] Бабич Л. П., Иванов Н. В., Лойко Т. В. // Тез. докл. III Всесоюз. конф. по физике газового разряда. Киев, 1986. С. 9—11.

Поступило в Редакцию
2 ноября 1990 г.

04

© 1991 г.

Журнал технической физики, т. 61, в. 9, 1991

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЭП С ИСТОЧНИКОМ ПАРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ОКСИД ВАНАДИЯ—ЦЕЗИЙ

А. Г. Каландаришвили, В. Г. Кашия

Основными электродными материалами в термоэмиссионных преобразователях энергии (ТЭП) являются тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, ниобий, рений и т. д.). Для улучшения отдельных механических и физических свойств этих металлов (жаропрочность, коррозионная стойкость и т. д.) в качестве легирующих добавок к ним часто применяются рутений, ванадий и цирконий [1, 2].

Исследования, проведенные в работах [1, 3], показали, что в определенных условиях эффективным коллекторным материалом может служить ванадий либо ванадийсодержащие сплавы. Наличие кислорода в остаточной атмосфере рабочего объема прибора приводит к тому, что реально, несмотря на разные методы обработки, на поверхности эмиттера и коллектора всегда присутствуют оксиды материалов, входящих в состав электродов [3]. Эти оксиды могут вступать в реакцию с цезиевым паром и образовывать различные соединения, существенным образом влияющие на выходные параметры преобразователя. Например, такие соединения на поверхности коллектора могут служить источниками паров цезия, нарушая прямую функциональную зависимость выходной мощности ТЭП от температуры резервуара с рабочим телом. Кроме того, источник паров рабочего тела на основе соединения цезия с оксидом материала электрода может привести к улучшению выходных параметров ТЭП за счет оптимизации кислородом эмиссионно-адсорбционных свойств электродов.

В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования вольт-амперных характеристик (ВАХ) ТЭП с источником рабочего тела на основе системы оксид ванадия (V_2O_5)—цезий.

Экспериментальная установка и методика исследования ВАХ ТЭП были аналогичны описанным в работах [4, 5]. Эмиттером цилиндрического ТЭП служил W (110), в качестве коллектора применялся сплав ниобия с цирконием, а межэлектродный зазор в холодном состоянии электродов составлял 0.25 мм. Цезий перед контактом с V_2O_5 дополнительно очищался методом вакуумной дистилляции. Исходные образцы оксида ванадия марки ОЧ в виде таблеток весом 0.5—1.0·10⁻³ г изготовлялись из мелкодисперсного порошка методом холодного прессования.

Обжигающие ВАХ ТЭП снимались для температур эмиттера $T_e=1900$ —2100 К и коллектора $T_k=900$ —1300 К через 100 К. Обработка экспериментальных результатов проводилась методом наименьших квадратов на ЭВМ ЕС 1050 со среднеквадратичной ошибкой, не превышающей 2 % [5].

Синтез источника паров рабочего тела на основе системы оксид ванадия—цезий осуществлялся непосредственно в рабочем объеме ТЭП. Температурный режим и продолжительность синтеза были определены предварительно гравиметрическим методом [6]. Исследования показали, что при температуре оксида