

- [1] Морозов А.И. и др. — ЖТФ, № 2, 1987.
 [2] Рыжов А.Ю., Стриженов Д.С. — ДАН, 1967, т. 172, с. 1309.
 [3] Габович М.Д., Плешивцев Н.В., Семашко Н.Н. Пучки ионов и атомов для УТС и технологических целей. М.: Энергоатомиздат, 1986.
 [4] Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1970.

Поступило в Редакцию
 19 ноября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4

26 февраля 1988 г.

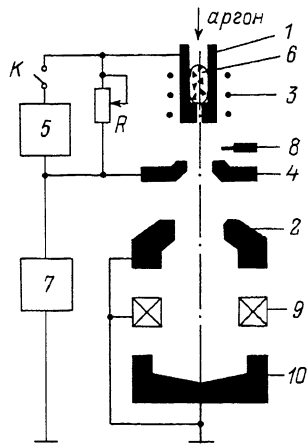
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ РАЗРЯД С КАТОДНЫМ ПЯТНОМ ПРИ ПОСТОЯННОМ НАПРЯЖЕНИИ НА ЭЛЕКТРОДАХ

В.А. Никитинский, О.А. Богатырев

Катодное пятно является эффективным эмиттером электронов и позволяет получать сильноточные пучки как в импульсном [1, 2], так и в непрерывном режимах [3, 4]. Непрерывный режим отбора электронов из разряда с катодным пятном реализуется при питании разрядной камеры и высоковольтного промежутка от двух отдельных источников. В разрядной камере генерируется дуговым разрядом плазма, часть электронов которой выходит через эмиссионное отверстие малого диаметра в высоковольтный промежуток. Такая система трех электродов с двумя источниками питания позволяет существовать независимо двум областям с напряжением на электродах, отличающимся на несколько порядков. Известно, что генерация плазмы и ускорение электронного пучка в разряде с катодным пятном в импульсном режиме могут быть совмещены в диодной системе, питаемой от одного высоковольтного источника [1, 2]. Самопроизвольное разделение диодного промежутка на две области, выполняющие те же функции, что и в трехэлектродной системе, заканчивается переводом высоковольтного источника в режим короткого замыкания при заполнении разрядного промежутка плазмой.

В данной работе получен высоковольтный разряд с катодным термомпятном при питании разрядной системы от одного источника постоянного напряжения. Разрядная система (рис. 1) включает молибденовый катод (1) с капиллярным каналом диаметром 0.3 мм и длиной 2 мм, через который напускается рабочий газ (аргон) и анод (2) с отверстием диаметром 8 мм, расположенный на расстоянии 22 мм от катода. В капиллярном канале поддерживается дав-

Рис. 1. Схема эксперимента.



ление $\sim (1.3-13) \cdot 10^2$ Па, достаточное для существования термоядта за счет нагрева кольцевой зоны канала ионами, ускоренными в катодном падении. В области анода поддерживается давление $(6 \cdot 10^{-3}-1)$ Па с помощью вакуумного агрегата ВА-5-4 Пр. Для инициирования термоядта используется вольфрамовый подогреватель (3) и поджигающий электрод (4) с отверстием диаметром 2.5 мм, подключенный к низковольтному источнику (5). Крошка LaB_6 (6) внутри катода обеспечивает ре-

генерируемую пленку этого материала в канале, что снижает температуру катода ($T = 1200-1500$ °С) и минимальный ток самостоятельного дугового разряда до ~ 0.2 А с напряжением ~ 35 В без разрушения материала катода. Для реализации высоковольтного режима разряда в широком диапазоне расходов газа между электродами (1) и (4) включен реостат R , а отрицательный полюс высоковольтного источника (7) подключен к электроду (4). Зонд (8) позволяет оценивать потенциал прикатодной плазмы. Мощность пучка электронов, фокусируемого магнитной линзой (9), рассеивается с помощью водоохлаждаемого медного коллектора (10).

После зажигания дугового разряда между электродами (1) и (4) (ключ K замкнут) при больших расходах газа $Q > 5.6 \frac{\text{м Па} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ включение источника (7) приводит к перебрасыванию низковольтной дуги на анод (2). При малых расходах $Q < 1.3 \frac{\text{мПа} \cdot \text{м}^3}{\text{с}}$ реализуется режим отбора электронов из невозмущенной плазмы дугового разряда между электродами (1) и (4) (рис. 2, а, кр. 1, 2), как в работах [3, 4], т. к. ток катода, установленный с помощью источника (5) равным 0.5 А, практически не зависит от напряжения U источника (7). При промежуточных расходах происходит изменение вида характеристик (кр. 3-6). На начальном участке кривой 4 напряжение U практически не влияет на ток катода и наблюдается ограничение тока I эмиссионными свойствами плазмы вспомогательного разряда между электродами (1) и (4). Увеличение $U > U'$ приводит к росту крутизны характеристики и самопроизвольному росту тока катода (участок bc). На участке cd крутизна характеристики уменьшается, что можно объяснить снижением потенциала поджигающего электрода относительно катода за счет протекания доли тока I через R . На участке bd источник (5) может быть отключен (ключ K разомкнут), т.е. электрод (2) переходит из режима зонда в режим анода. Высоковольтный разряд может существовать в самостоятельной форме (рис. 2, б, кр. 1-4) и

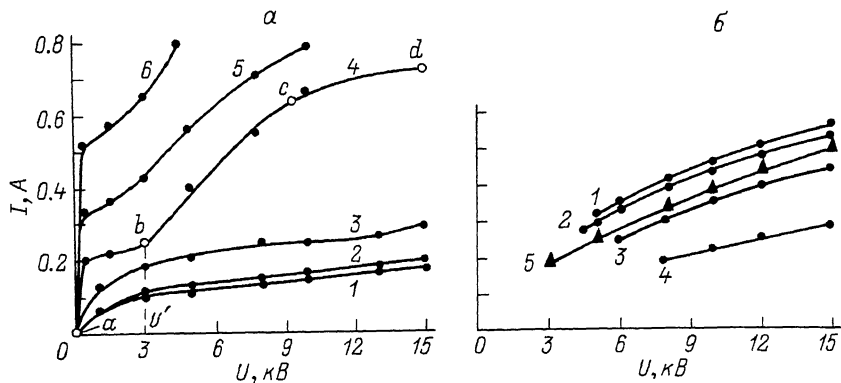


Рис. 2. Зависимость суммарного тока I на коллектор и анод от напряжения U источника (7). а) ключ К замкнут. Q , $\frac{\text{мПа}\cdot\text{м}^3}{\text{с}}$: 1 - 1.1, 2 - 1.3, 3 - 1.5, 4 - 2.3, 5 - 2.7, 6 - 3.1; б) ключ К разомкнут. $Q = 2.3 \frac{\text{мПа}\cdot\text{м}^3}{\text{с}}$. R , Ом: 1 - 70, 2 - 100, 3.5 - 200, 4 - 400. Кривые 1-4 - без подогревателя, кривая 5 - с подогревателем.

нагрев кольцевого термопятна поддерживается бомбардировкой ионов из прикатодной плазмы. Плавающий потенциал зонда относительно катода в режиме самостоятельного высоковольтного разряда как и в режиме самостоятельной низковольтной дуги составляет (5-10) В, на основании чего можно полагать, что катодное падение потенциала и в высоковольтном режиме имеет такое же низкое значение ~ 35 В, а высокое напряжение ~ 10 кВ сосредоточено в анодной области. При большой мощности в разряде и фокусировке пучка электронов материал охлаждаемого коллектора испаряется, пучок электронов наблюдается визуально и его поперечные размеры составляют ~ 2 мм.

Таким образом, показано, что ограничивая подпитку прикатодной плазмы материалом, испаряющимся из катодного пятна, можно реализовать высоковольтный разряд, формирующий электронный пучок длительное время (более 1 часа).

Л и т е р а т у р а

- [1] Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. Импульсный электрический разряд в вакууме. Новосибирск: Наука, 1984, 265 с.
- [2] Бугаев С.П., Крейнделер Ю.Е., Щанин П.М. Электронные пучки большого сечения. М.: Энергоатомиздат, 1984, 111 с.
- [3] Гапоненко А.Т., Никитинский В.А., Лозовой Б.С., Герасименко А.В., Филипп

пов В.И. - Электронная обработка материалов, 1978, № 5, с. 80-82.

[4] Груздев А.В., Крейнделъ Ю.Е., Ремпе Н.Г., Троян О.Е. - ПТЭ, 1985, № 1, с. 140-142.

Рубежанский филиал
Ворошиловградского
машиностроительного института

Поступило в Редакцию
26 мая 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4

26 февраля 1988 г.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРИБЛИЖЕННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА С ПЛАЗМОЙ

Н.И. Карбушев, Н.Л. Цинцадзе,
Г.Г. Чигладзе

Известно, что в процессе взаимодействия электронных пучков малой плотности с плазмой возбуждаются колебания частиц и поля, в результате чего часть кинетической энергии пучка переходит в энергию колебаний. На линейной стадии неустойчивости амплитуда колебаний возрастает экспоненциально во времени, а на нелинейной стадии происходит захват электронов пучка волной и насыщение роста ее амплитуды, причем в определенный момент времени достигается ее максимум. Тогда как линейная стадия неустойчивости хорошо описывается аналитически, для правильного описания нелинейной стадии требуется использование численных методов счета нелинейных усредненных уравнений [1]. Существующие аналитические методы [2-4] дают только грубо приближенные значения установившейся амплитуды поля плазменной волны, существенно отличающиеся от действительного, и не указывают на характер изменения амплитуды во времени.

В настоящей работе построена приближенная аналитическая нелинейная теория взаимодействия моноэнергетичного электронного пучка с холодной электронной плазмой, позволяющая исследовать эволюцию роста амплитуды поля возбуждаемых колебаний во времени вплоть до достижения ею первого максимального значения. Плазма предполагается линейной, а движение электронов пучка находится с помощью метода последовательных приближений путем разложения по степеням амплитуды поля с точностью до третьей степени.

Рассматривается безграничная однородная система с изотропной плазмой и нерелятивистским пучком без начальной модуляции по скорости или плотности. Равновесная плотность электронного пучка n_{80} мала по сравнению с равновесной плотностью электронов плазмы n_{p0} , а равновесная скорость пучка равна u . Предполагается, что в плазме возбуждается монохроматическая ленгмюровская