

04; 10

© 1990

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИОННОГО ТОКА
ВАКУУМНО-ДУГСВОГО ИОННОГО ИСТОЧНИКА

С.Б. Новичков, А.Г. Строганов

Интерес к излучению вакуумно-дуговых ионных источников (ВДИ) был в значительной степени инициирован работами [1-3], в которых обсуждались перспективы использования их для модификации свойств поверхностей металлов и сплавов.

Разрядный промежуток в такого рода ионных источниках обычно образуют аксиально симметричные катод и анод, который выполнен в виде кольца или цилиндра. Ионный ток, извлекаемый ионно-оптической системой таких источников, не превышает 1-2% тока дуги I_d [4, 5]. Использование аксиально симметричного магнитного поля для контрагирования плазмы позволяет увеличить извлекаемый ионный ток до 5-6% I_d [6]. Такое соотношение токов не является предельным. В работах по изучению сильноточных коммутаторов на основе вакуумной дуги [7] показано, что поток ионов, испускаемый катодом, достигает 10-12% I_d . Найдено также, что распределение испускаемых ионов близко к косинусоидальному, причем максимум распределения приходится на направление, соответствующее кратчайшему расстоянию от катода к аноду. В этой связи можно предположить, что уменьшение угла между осью ионно-оптической системы (ИОС) и кратчайшим направлением катод-анод будет приводить к увеличению соотношения ионного тока, извлекаемого ИОС к току дуги.

Для проверки этого предположения сравнивали величину ионного тока и профиль его распределения по радиусу пучка для обычной конфигурации электродов ВДИ с кольцевым анодом и анодом в виде стержня, расположенного на одной оси с катодом и ИОС. При такой конструкции угол между осью ИОС и направлением анод-катод уменьшается до 0° , рис. 1. Измерения проводили для медного катода. Ток дуги составлял 30 А при длительности импульса 200 мкс, частота импульсов-50 Гц, ускоряющее напряжение - 40 кВ. Распределение плотности ионного тока по радиусу пучка измеряли с помощью ряда цилиндров Фарадея, расположенных на линии, перпендикулярной оси источника на расстоянии 20 мм, непосредственно за вытягивающим электродом. Значение плотности ионного тока в импульсе, измеренное каждым цилиндром, усредняли за 10 минут работы ВДИ. Полученные распределения изображены на рис. 2. Полный ионный ток определяли путем интегрирования распределения плотности ионного тока по всему сечению пучка. Оказалось, что величина ионного тока увеличилась с 0.9% I_d

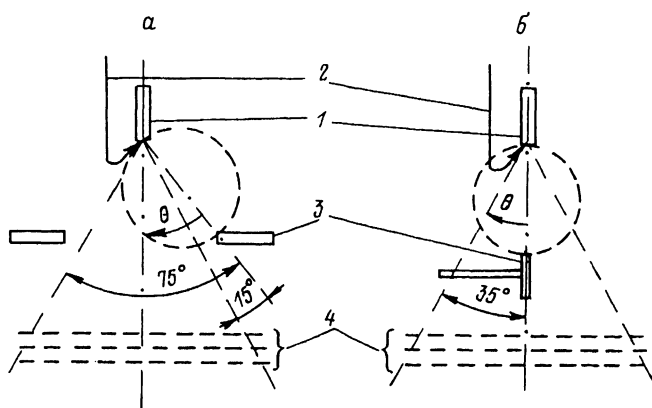


Рис. 1. Конструкции ВИД: а - с кольцевым анодом, б - со стержневым анодом. 1 - катод, 2 - поджигающий электрод, 3 - анод, 4 - ИОС.

при аксиальной системе до 2,4% I_d при системе со стержневым анодом при прочих равных условиях.

Для интерпретации полученных результатов были выполнены расчеты полного тока для двух рассмотренных случаев. Полагая, что угловое распределение испускаемых ионов является косинусоидальным, ионный ток можно выразить в виде:

$$I_i = \iint_{\varphi, \theta} A \cdot \sin \theta \cos \theta d\theta d\varphi,$$

где θ - угол от оси источника $0 < \theta < \pi/2$, φ - азимутальный угол $0 < \varphi < 2\pi$, A - нормировочный коэффициент. Интегрируя это выражение с учетом, что полный ионный ток равен $0,1 \cdot I_d$, получим: $A = 0,1 \cdot I_d / 4\pi$. Тогда в пределах телесного угла, задаваемого геометрией ионного источника: в первом случае $15^\circ < \theta < 75^\circ$ рис. 1, а, а во втором случае $0^\circ < \varphi < 35^\circ$ рис. 1, б, получим $I_i = 1,13\% I_d$ и $I_i = 3,76\% I_d$ соответственно, что неплохо согласуется с экспериментальными данными в рамках идеализированной модели вакуумной дуги.

Таким образом, использование стержневого анода в вакуумно-дуговом ионном источнике позволяет увеличить максимальный ионный ток, извлекаемый ИОС не менее, чем в 2 раза при прочих равных условиях. Эффект увеличения максимального ионного тока при использовании стержневого анода можно ожидать и в конструкции источника с аксиальным магнитным полем.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Аксенов А.И., Бугаев С.П. Тез. докл. У1 Всес. симп. по сильноточной электронике, Томск. 1986. Ч. 3, С. 181-183.

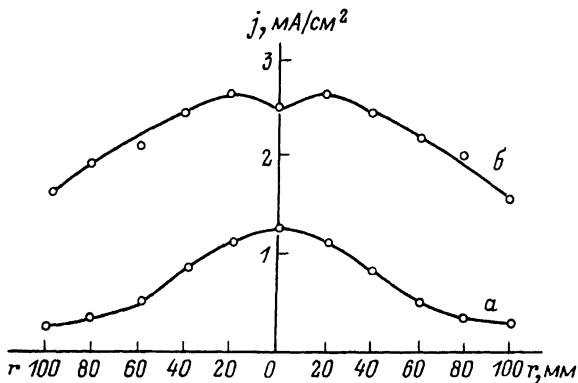


Рис. 2. Распределение плотности ионного тока j по радиусу пучка r для конструкции: а - с кольцевым анодом, б - со стержневым анодом.

- [2] Арзубов Н.М., Исаев Г.П., Рябчиков А.И. Там же. С. 204-206.
- [3] Диденко А.Н., Лигачев А.Е., Куракин И.Б. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. М.: Энергоатомиздат. 1987. 184 с.
- [4] Аксенов А.И., Анучин М.И. // ПТЭ. № 5. 1988. с. 134-138.
- [5] Рябчиков А.И., Арзубов Н.М. Тез. докл. УП Всес. симп. по сильноточной электронике. Томск. 1988. Ч. 2. С. 228-230.
- [6] Brown I.G. // IEEE Transaction on plasma science. V. PS-15. N 4. 1987. P. 346-350.
- [7] Daalder J.E., Wielders P.G.E. Proc. 12th. Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases. Eindhoven. 1975. Part. 1. P. 232.

Московский авиационный
технологический институт
им. К.Э. Циолковского, Москва

Поступило в Редакцию
3 августа 1990 г.