

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

B-192

9-88-7

**Н.В.Васильев, А.А.Глазов, Д.Л.Новиков,
М.М.Семенов**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ИОНОВ
С ПОЛЫМ КАТОДОМ
И АКСИАЛЬНЫМ ВЫВОДОМ ПУЧКА**

1988

1. ВВЕДЕНИЕ

В целом ряде случаев, в частности, при использовании время-пролетных методик, необходимы ионные источники, имеющие одновременно большой средний ток и малую длительность импульсов при высокой частоте повторения. Кроме того, для проведения многих исследований необходим возможно больший срок работы источников без изменения параметров. Для решения этих задач в Отделе новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований разработан источник дугового типа с полым катодом и аксиальным выводом пучка /рис.1/. За прототипы были взяты источники, описанные в работах /1,2/ и показавшие высокие эксплуатационные характеристики. В связи с большими значениями импульсного тока дуги и средней мощности в качестве материала для изготовления катода и антикатода использовался тантал.

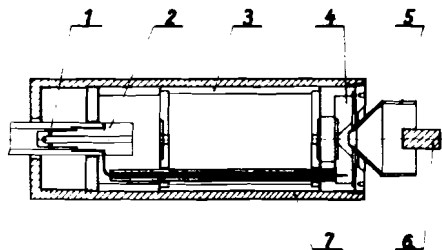


Рис.1. Конструкция источника ионов. 1 - отверстия подачи газа, 2 - катод, 3 - анодная камера, 4 - антикатод, 5 - отсасывающий электрод, 6 - коллектор, 7 - корпус.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Исследование характеристик источника ионов проводилось на стенде /3/, где использовались специально разработанные системы импульсного питания и измерения параметров ионного пучка /рис.2/.

Система импульсного питания дуги включает в себя задающий генератор типа Г5-54 и разработанный модулятор со следующими выходными параметрами:

выходное напряжение $U_{\text{вых.}} = /1,0 \div 4,0/$ кВ;

ток нагрузки в импульсе $I_{\text{н.}} = /1,0 \div 20/$ А;

длительность импульса $t_{\text{им.}} = /1,0 \div 100/$ мкс;

частота повторения импульсов $F = /1,0 \div 10000/$ Гц.

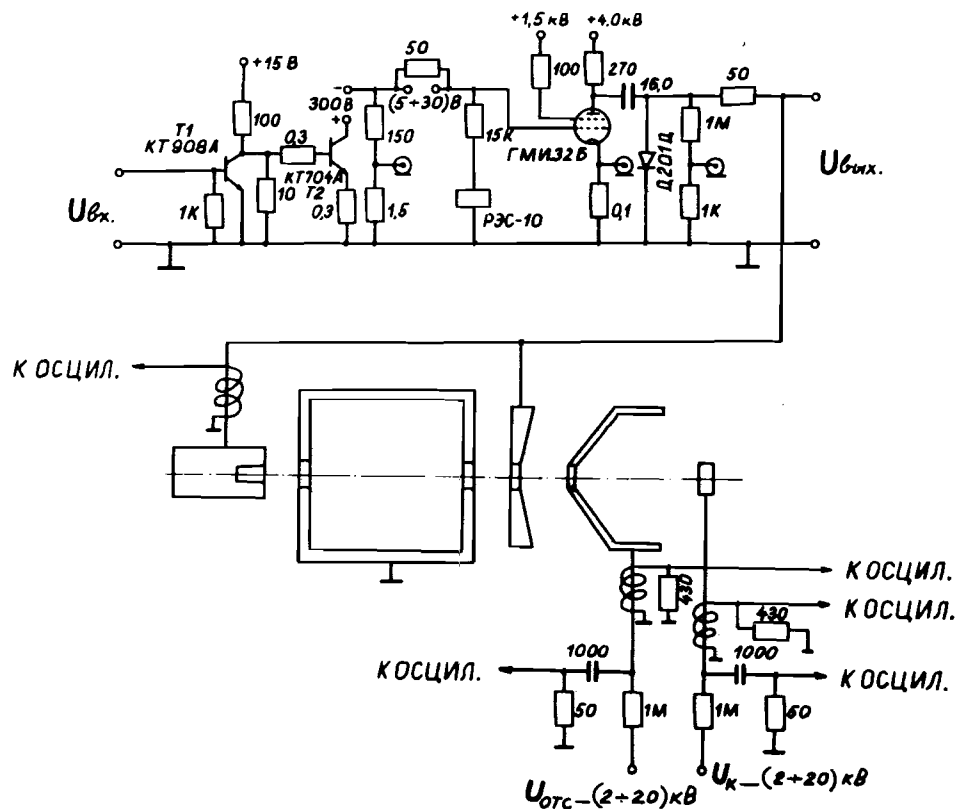


Рис.2. Схема питания и измерения параметров пучка.

Модулятор изготовлен по схеме /рис.2/ и состоит из выходного каскада на импульсной электронной лампе ГМИ 32Б и подмодулятора с непосредственной связью на высоковольтных транзисторах КТ 704А. Выходной каскад модулятора связан с разрядной камерой кабелем через согласующее балластное сопротивление 50 Ом. В схеме используется частичный разряд накопительной емкости. Подмодулятор представляет собой усилитель напряжения с изолированным коллекторным напряжением и малой нагрузкой. В исходном состоянии транзистор T_2 открыт, и все напряжение источника питания -300 В подается на первую сетку лампы ГМИ 32Б, запирая ее. При подаче положительного импульса на вход усилителя, транзистор КТ-704А запирается, отключая от первой сетки лампы отрицательное напряжение. Одновременно с этим источник питания $/5\div 30/$ В создает на сетке положительное напряжение, вводя лампу в режим максимальной мощности.

Экстракция ионов из источника осуществлялась подвижным аксиальным отсасывающим электродом с углом раствора 100° . Экстрагированный из дуги источника через отверстие в антикатоде диаметром 3 мм пучок ионов попадал через отверстие в вытягивающем электроде диаметром 6 мм на коллектор диаметром 13 мм. Независимые источники постоянного питания вытягивающего электрода и коллектора $/2\div 20$ кВ/ позволили варьировать фокусирующие свойства системы. Одновременно измерялись средние токи соответствующих электродов с помощью стрелочных приборов и осциллограммы импульсов тока. Кроме того, измерения тока дуги, коллектора и экстракции проводились с использованием измерительных катушек, выполненных в виде пояса Роговского^{/4/}. Исследования с измерительными катушками показали, что они позволяют достоверно воспроизводить форму импульса с фронтом до 5 нс и длительностью до 100 мкс. Их преимущество перед схемами с делителями напряжения заключается в безопасных условиях работы на линиях, находящихся под высоким напряжением.

Регулируемая подача рабочего газа в источник /технический водород/ контролировалась по вакууму в камере стэнда. Подающий игольчатый вентиль на системе подачи газа в источник ионов отградуирован водородным ротаметром. Источник находился в постоянном стабилизированном магнитном поле, величину которого можно изменять в пределах от 0,15 до 1,7 Т.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В экспериментах амплитуда импульса напряжения, подаваемого на катод и антикатод источника ионов, составляла $2,5\div 4$ кВ при токе /разряда/ дуги источника от 10 до 18 А. Номинальное значение тока дуги составляло 14 А. Исследовались зависимости характеристик разряда и отсасываемого тока от величины расходуемого газа, магнитного поля и напряжения отсоса, а также устойчивость горения дуги при изменениях геометрии разрядной области источника ионов.

Устойчивый разряд дуги источника ионов возникает при величине магнитного поля, равной 0,15 Т. Изменение магнитного поля от 0,2 до 1,7 Т не вызывает заметного изменения тока дуги источника и ионного тока, экстрагированного из источника.

Устойчивая работа источника ионов на водороде возможна при расходе его от 1 до 5 см³ в минуту. Задержка разряда от начала модулирующего импульса - около 1,5 мкс, разброс задержек меньше 0,2 мкс. На рис.3 показана зависимость отсасываемого тока /тока экстракции/ от расхода газа при постоянном напряжении на отсасывающем электроде $U_{отс} = 5$ кВ. Как видно из рис.3,

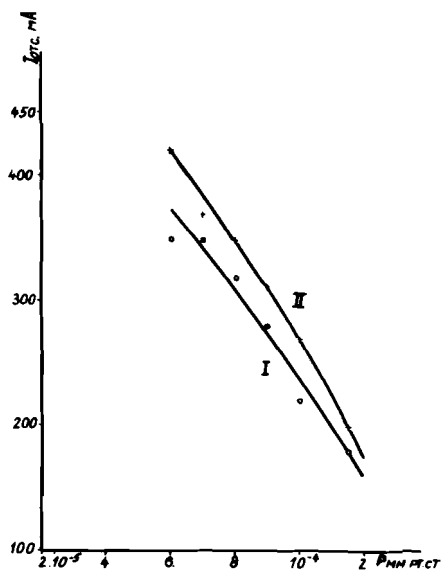


Рис.4. Зависимость $I_{отс.} = f(U_{отс.})$.

средний за время импульса ток ионов, проходящий через отверстие в антикатоде, увеличивается при уменьшении расхода газа вплоть до величины 1 см^3 в минуту, после чего разряд становится нестабильным.

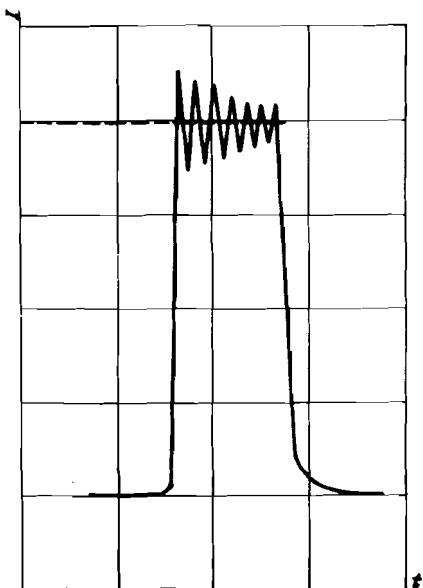
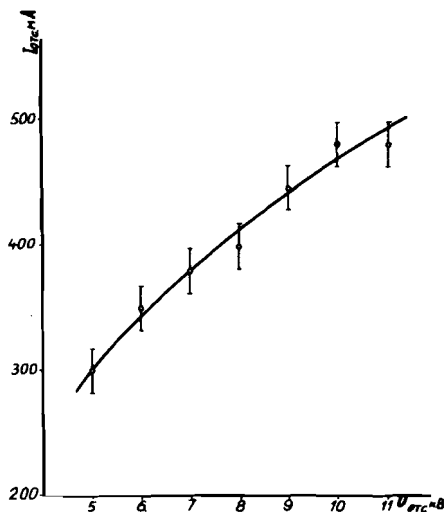


Рис.3. Зависимость $I_{отс.} = f(P)$. I - $I_D = 11 \text{ A}$, ϕ отв. отсасывающего электрода 4 мм; II - $I_D = 13 \text{ A}$, ϕ отв. - 6 мм.



Зависимость амплитуды суммарного отсасывающего тока от величины отсасывающего напряжения показана на рис.4, $I_D = 3 \text{ A}$.

Устойчивое горение дуги источника и стабильная экстракция ионного пучка наблюдаются при частотах повторения от 50 Гц до 10 кГц. Увеличение длительности импульса дуги от 5 до 50 мкс не ведет к существенному увеличению амплитуды токов отсоса и коллектора. На рис.5 приведена характерная

Рис.5. Осциллограмма импульсов тока отсоса. Развертка 1 мкс/дел. Масштаб по вертикали 100 мА/дел.

осциллограмма импульса отсоса для режима $I_D = 12 \text{ A}$, $U_{отс.} = 10 \text{ кВ}$, $I_{отс.} = 400 \text{ mA}$.

Исследование поверхности катода и антикатада с помощью электронного микроскопа показало отсутствие заметной эрозии под воздействием тока разряда, что говорит о возможности долговременной работы источника без заметных изменений его характеристик.

На основании полученных результатов был разработан и изготовлен ионный источник для использования на установке Технического университета г.Дрезден. Магнитное поле создавалось бронированным соленоидом с индукцией на оси $0,155 \text{ T}$. Исследование источника на специальном вакуумном стенде показало близость характеристик к полученным ранее.

Таким образом, можно констатировать, что для рассмотренных конструкций источников ионов с разрядом Пеннинга и холодным полым танталовым катодом, возможно получить токи ионных пучков с интенсивностью в несколько сотен мА в импульсе при достаточно простой конструкции и несложном питающем оборудовании. Привлекательным является также то обстоятельство, что основные характеристики источника ионов остаются без изменений в течение длительного времени эксплуатации.

В постановке и проведении экспериментов на начальном этапе принимали участие Ким Чер Хо и В.В.Кондратьев, за что авторы выражают им свою признательность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 1285, Дубна, 1963.
2. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 9-83-496, Дубна, 1983.
3. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 9-81-736, Дубна, 1981.
4. Глазов А.А., Онищенко Л.М. ОИЯИ, 1234, Дубна, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 января 1988 года.