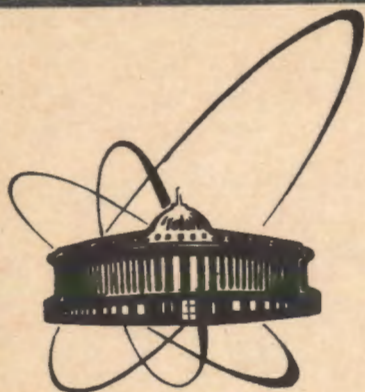


91-457



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

9-91-457

Н. В. Васильев, А. А. Глазов, Д. Л. Новиков

ЦИКЛОТРОННЫЙ ИСТОЧНИК ИОНОВ
С ХОЛОДНЫМ ПОЛЫМ КАТОДОМ

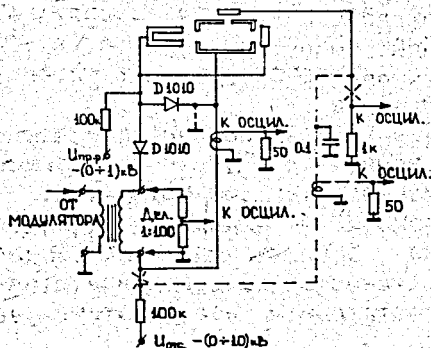
1991

1. ВВЕДЕНИЕ

Преимущества использования в циклотронах ионных источников с разрядом типа Пеннинга с холодным катодом подробно описаны в^{1/1}. Известны преимущества полого холодного катода в ионных источниках^{2/1}. Из-за несопоставимости размеров зазора между полюсами магнитов некоторых ускорителей и габаритами описанных в литературе источников с холодным полым катодом ввод источников в камеру ускорителя осуществляется через отверстие в ярме магнита (вертикальный источник^{3/1}). При этом имеются трудности с установкой источника в рабочее положение относительно пулера. Отработанные конструкции ионных источников горизонтального ввода и удобства их юстировки и эксплуатации не распространяются, по изложенным причинам, на источники с холодным полым катодом. Это и послужило основанием для постановки и проведения данной работы.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ИОННОГО ИСТОЧНИКА

Исследование характеристик источника ионов проводилось на стенде^{4/1}. Схема импульсного питания источника описана в^{5/1}. Схема включения источника представлена на рис.1. Для облегчения зажигания основного разряда в источнике зажигался предварительный тлеющий разряд от выпрямителя ($U_{пр.р.} \approx 1$ кВ, $I_{пр.р.} \approx 1$ мА). Экстракция ионов из источника осуществляется отсасывающим электродом (танталовая пластина шириной 10 мм), отстоящим во всех экспериментах от источника на 2,5 мм, через щель в анодной камере источника.



Экстракция ионов из источника осуществляется отсасывающим электродом (танталовая пластина шириной 10 мм), отстоящим во всех экспериментах от источника на 2,5 мм, через щель в анодной камере источника.

Рис.1. Схема питания и измерения параметров пучка (для протонов схема дана пунктиром).

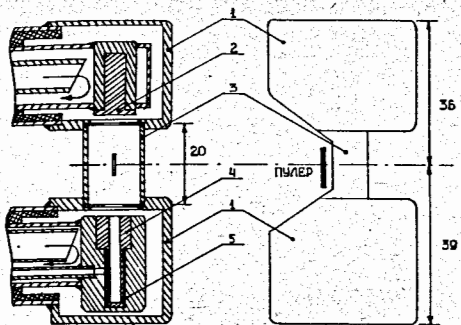


Рис.2: Конструкция источника ионов: 1 - корпус, 2 - антикатод, 3 - анодная камера, 4 - катод, 5 - отверстие подачи газа.

(1x5 мм) перпендикулярно магнитному полю. Измерения токов дуги и экстракции проводились с использованием измерительных катушек, выполненных

в виде пояса Роговского¹⁶. Подача рабочего газа в источник (технический водород) проводилась градуированным игольчатым вентилем и контролировалась по вакууму в камере стэнда. Источник находился в постоянном стабилизированном магнитном поле, величину которого можно изменять в пределах от 0,15 до 1,2 Тл.

Конструкция ионного источника представлена на рис.2. Некоторые конструктивные особенности источника обусловлены возможным использованием на ускорителе У-120М. Головка источника находится на двух штоках (традиционный горизонтальный ввод). Катод и антикатод - водоохлаждаемые и изготовлены из тантала. Рабочий газ подается в нижнюю часть полости катода. Диафрагмы анодной камеры имеют отверстия ϕ 5 мм.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В экспериментах величина импульсного напряжения, подаваемого на источник, составляла 1-4 кВ при токе разряда дуги от 0,5 до 7 А, и наблюдался характерный для источника с холодным полым катодом разряд. Номинальное значение тока дуги составляло 2,4 А.

Исследовались зависимости характеристик разряда и отсасываемого тока от величины расходуемого газа, магнитного поля, напряжения отсоса, геометрии разрядной области источника, а также возможность использования его в непрерывном режиме горения разряда и возможность получения H^- -ионов.

Устойчивый разряд дуги источника ионов возникает при величине магнитного поля 0,2 Тл, а изменение до 1,2 Тл не вызывает заметного изменения тока дуги и ионного тока из источника.

Устойчивая работа источника возможна при расходе водорода 2,4 см³ в минуту. Работа источника с большими расходами водорода будет приводить к увеличению основных потерь пучка отрицательных ионов из-за развала на остаточном газе, поэтому уве-

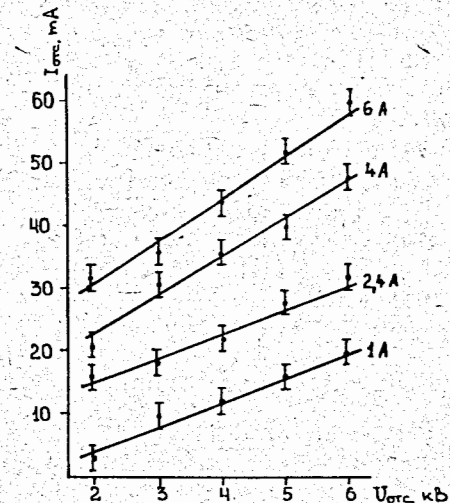
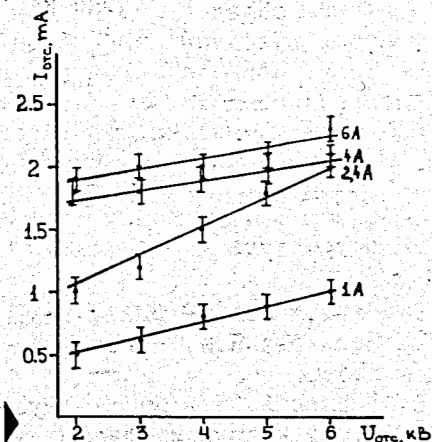


Рис.4. Зависимость $I_{отс.} = f(U_{отс.})$, $I_{Д} = (1:6)$ А (H^- -ионы).

Рис.3. Зависимость $I_{отс.} = f(U_{отс.})$, $I_{Д} = (1:6)$ А (протоны).



личение газоподачи не исследовалось. При газоподаче 1,2 см³ в минуту наблюдалось увеличение шума в разряде, а при газоподаче 0,8 см³ в минуту разряд становился нестабильным.

Наряду с экстракцией из ионного источника протонов исследовалась возможность экстракции H^- -ионов. При исследовании геометрии разрядной области источника было установлено, что для оптимального выхода отрицательных ионов необходимо располагать столб плазмы от щели анода на 1,3-1,5 мм. Выход протонов из источника при этом изменяется незначительно и может составлять десятки миллиампер. Таким образом, не изменяя геометрию разрядной области ионного источника, можно экстрагировать и протоны, и H^- -ионы. На рис.3, 4 показаны зависимости отсасываемого тока от величины отсасывающего напряжения для разных токов дуги, при экстракции протонов и H^- -ионов с одинаковым расстоянием столба плазмы от щели анода 1,25 мм.

Варьирование размеров полости катода показало, что при прочих равных условиях эффективное горение разряда при укорочении полости будет иметь место при одновременном уменьшении ее диаметра по закону $d^3/\ell \sim \text{Const}$, где d - диаметр, ℓ - длина полости.

Исследования непрерывного режима работы ионного источника были ограничены питающим выпрямителем (4 кВ, 250 мА) и конструкцией источника (неохлаждаемый анод). При токе дуги 210 мА

был получен отсасываемый ток 3,5 мА (для протонов), $U_{отс.} = 4$ кВ. При этом расход газа составлял 1,2 см³ в минуту.

Заметных изменений характеристик ионного источника после его долговременной работы не обнаружено.

Таким образом, можно констатировать, что для источников ионов с разрядом Пеннинга и холодным полым катодом возможно создание ионного источника с горизонтальным вводом для циклотронов, имеющих достаточно малый зазор между полюсами магнита. При этом можно экстрагировать из источника как протоны, так и H^- -ионы с приемлемыми токами экстракции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. - ОИЯИ, Р-524, Дубна, 1960.
2. Москалев Б.И. - Разряд с полым катодом. М.: Энергия, 1969, с.168.
3. Глазов А.А. и др. - Труды Всесоюзного совещания "Ускорители ионов низких и средних энергий", Киев: Наукова думка, 1982, с.224.
4. Глазов А.А. и др. - ОИЯИ, 9-81-736, Дубна, 1981.
5. Васильев Н.В. и др. - ОИЯИ, 9-88-7, Дубна, 1988.
6. Глазов А.А., Онищенко Л.М. - ОИЯИ, 1234, Дубна, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 октября 1991 года.