

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР

препринт 117

Г.И.Димов, Б.Н.Сухина

**Особенности высокочастотного
источника отрицательных ионов
водорода перезарядного
инжектора протонов**

г.Новосибирск 1967

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Препринт

Г.И. Димов, Б.Н. Сухина

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИСТОЧНИКА ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ
ИОНОВ ВОДОРОДА ПЕРЕЗАРЯДНОГО ИНЪЕКТОРА ПРОТОНОВ

г. Новосибирск
1967

Первые эксперименты по перезарядной инжекции протонов в Институте ядерной физики СО АН СССР /I/ были выполнены с использованием высокочастотного источника отрицательных ионов водорода. На рис. I представлена конструкция этого источника без фокусирующей и сепарирующей системы. Разрядная камера I выполнена из кварца и уплотнена с помощью резиновой прокладки 7. Высокочастотный разряд кольцевой в поперечном магнитном поле. Возбуждение разряда с помощью пятивитковой катушки контура в.ч. генератора на частоте 30 Мгц. Мощность питания в.ч. генератора 330 вт. Магнитное поле на оси разрядной камеры ~ 30 э, создается постоянным магнитом. Давление водорода в камере $\sim 3 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст.

Система вытягивания протонов беззондовая, сферического типа с оптимальной геометрией. Медный анод 4 имеет эмиссионное отверстие диаметром 4 мм, изолирован от плазмы кварцевым диском 2 толщиной 0,2 мм и стеклянным цилиндром 3. Вытягивающий электрод 5 из нержавеющей стали имеет входное отверстие диаметром 2 мм. На него подается вытягивающий отрицательный потенциал до 9 кв. Расстояние между электродами по оси системы 6 мм. В полости вытягивающего электрода установлена перезарядная молибденовая трубка 6 длиной 60 мм с переменным диаметром от 2 до 3 мм. Перезарядная трубка ограничивает расход водорода из источника до $10 \div 15$ см³/час. Средняя плотность водорода в трубке близка к оптимальной для перезарядки протонов в отрицательные ионы водорода. При работе источника часть пучка протонов поступает на трубку и она эмитирует электроны. В результате трубка приобретает положительный потенциал относительно вытягивающего электрода. Значение потенциала трубки определяется сопротивлением R, через которое она подсоединяется к вытягивающему электроду. Создание в перезарядной трубке потенциальной ямы для электронов приводит к усилению компенсации пространственного заряда входящего протонного пучка, уменьшению его расходимости и к увеличению выхода отрицательных ионов водорода. Кроме этого уменьшается поток вторичных электронов в вытягивающем промежутке к аноду, вследствие чего возрастает электрическая прочность промежутка и ослабляется нагрев разрядной камеры и анода.

При испытании источника на стенде пучок отрицательных ионов водорода после выхода из перезарядной трубки дополнительно ускорялся до нулевого потенциала, фокусировался одиночной линзой и пропускался через сепарирующий магнит. На рис.2 представлены зависимости тока отрицательных ионов водорода I , токов на вытягивающий электрод и трубку I_0 и $I_{тр}$ и напряжения на трубке $U_{тр}$ от сопротивления R при вытягивающем потенциале 7 кв. При напряжении на трубке свыше 150 ± 200 в ток отрицательных ионов водорода на 40% больше, а суммарный ток на вытягивающей электрод и трубку в $\sim 2,5$ раза меньше по сравнению с их значениями при нулевом потенциале трубки относительно вытягивающего электрода. Ток на трубку уменьшается в 3,5 раза в основном за счет прекращения потока вторичных электронов из трубки. Некоторый вклад в уменьшение этого тока, по-видимому, дает часть вторичных электронов от входного отверстия вытягивающего электрода, попадающих на трубку под действием запирающего напряжения $U_{тр}$. Можно полагать, что вытягиваемый ионный ток в перезарядную трубку не менее тока $I_{тр}$ при $U_{тр} > 200$ в, то есть имеет величину не менее 1,2 ма. Отсюда следует, что выход отрицательных ионов водорода не превышает 0,7%, то есть более чем в 3 раза меньше от максимально возможного.

На рис.3 представлены зависимости токов I^- ; I_0 и $I_{тр}$ от вытягивающего напряжения U при напряжении на перезарядной трубке 160 ± 170 в. Суммарный ток на вытягивающий электрод и трубку слабо зависит от вытягивающего напряжения. Перераспределение его между электродом и трубкой при повышении вытягивающего напряжения связано с улучшением фокусировки вытягиваемого протонного пучка. Небольшое падение суммарного тока с ростом вытягивающего напряжения связано с тем, что с уменьшением протонного тока на вытягивающий электрод уменьшается ток вторичных электронов с него. Максимум тока отрицательных ионов лежит при $U = 7$ кв. Если принять, что при этом плазменная поверхность в эмиссионном отверстии представляет сферу расчетного радиуса с равномерной до поверхности эмиссией, то ток вытягиваемых протонов по закону "трех вторых" составляет $\sim 3,7$ ма. В действительности плотность тока эмиссии ионов падает у краев эмиссионного отверстия и поэтому вытягиваемый ток протонов меньше расчетного.

Будучи установленным в высоковольтном электроде ускорителя Ван-де-Граафа на 1,5 Мэв, описанный ионный источник позволил получить ток отрицательных ионов водорода до 11 мка, ускоренных до минимальной энергии. Повышение выхода отрицательных ионов по сравнению с результатом, полученным на стенде, по-видимому, связано с несколько лучшим режимом в.ч.газового разряда. Эксплуатация ускорителя с описанным источником показала высокую надежность последнего. По своим параметрам данный источник отличается от описанных ранее [2,3] малой мощностью питания и отсутствием интенсивного охлаждения при относительно высокой интенсивности пучка отрицательных ионов водорода.

На ускорителе Ван-де-Граафа была так же испытана вытягивающая система источника с повышенной площадью эмиссионной поверхности плазмы. Диаметры отверстий в аноде, вытягивающем электроде и перезарядной трубке были увеличены до 7 мм, 3,5 мм и 3 мм соответственно, а длина вытягивающего промежутка увеличена до 8 мм. При вытягивающем напряжении ~ 10 кв и давлении водорода в разрядной камере $\sim 7 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. был получен ток отрицательных ионов водорода 21 мка. Однако, из-за повышенного расхода водорода, составляющего ~ 30 см³/час, электрическая прочность ускорительной трубки значительно ухудшилась и мы отказались от использования этого варианта источника в экспериментах по перерядной инжекции.

В заключение авторы выражают благодарность Журавлеву П.А., изготовившему источник с высоким качеством.

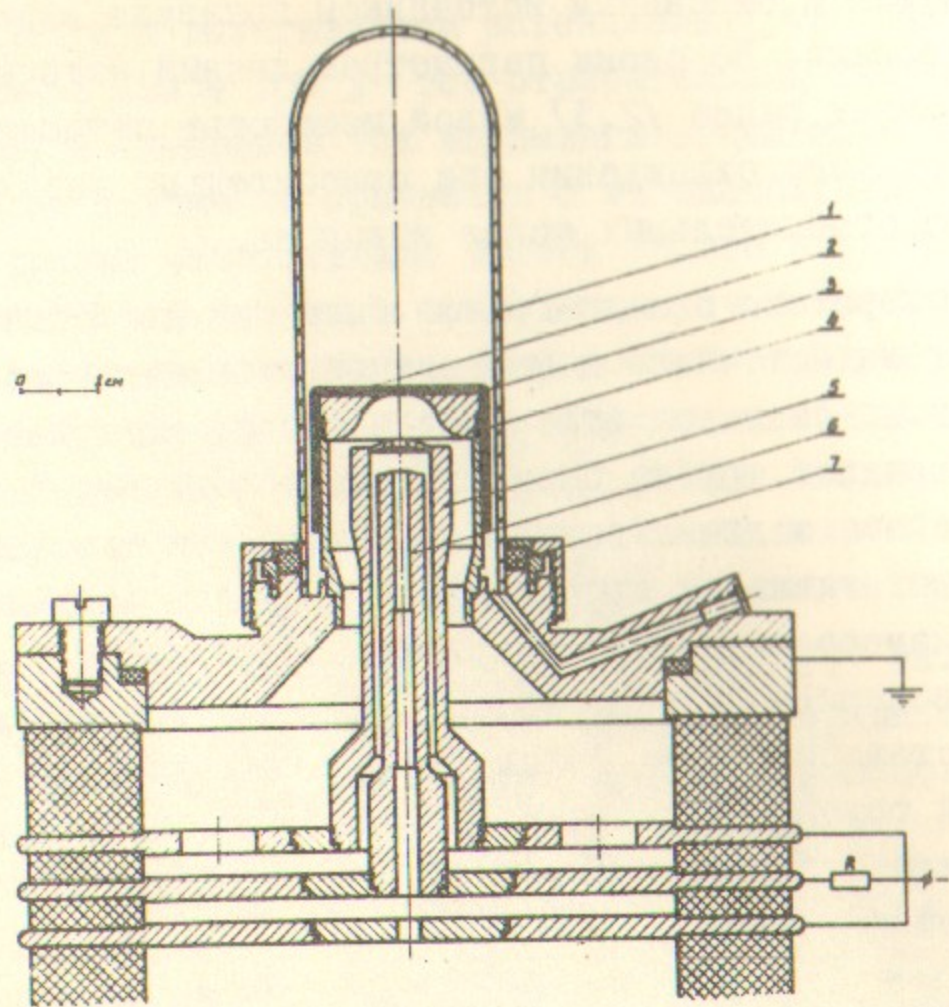


Рис. I

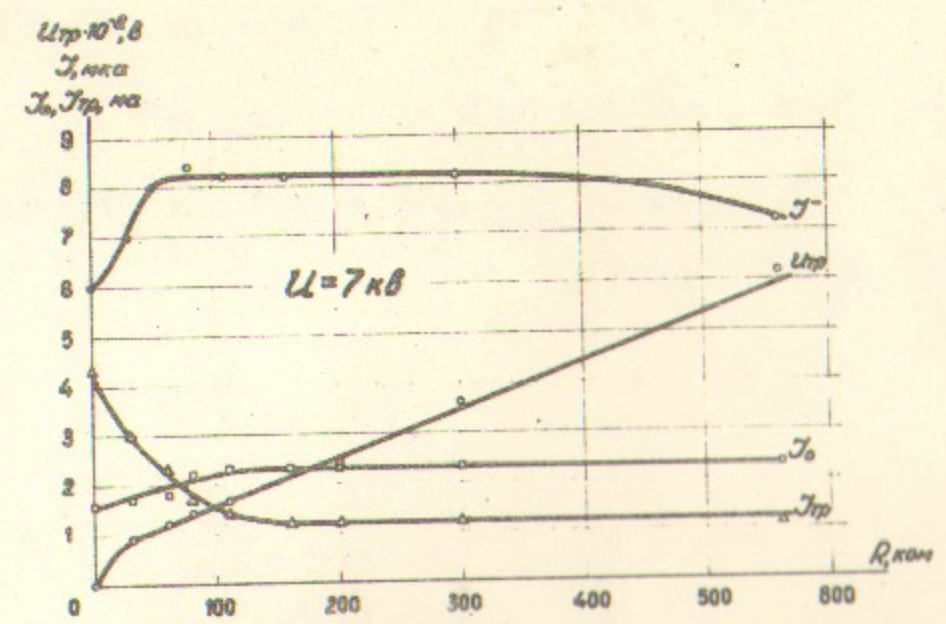


Рис. 2

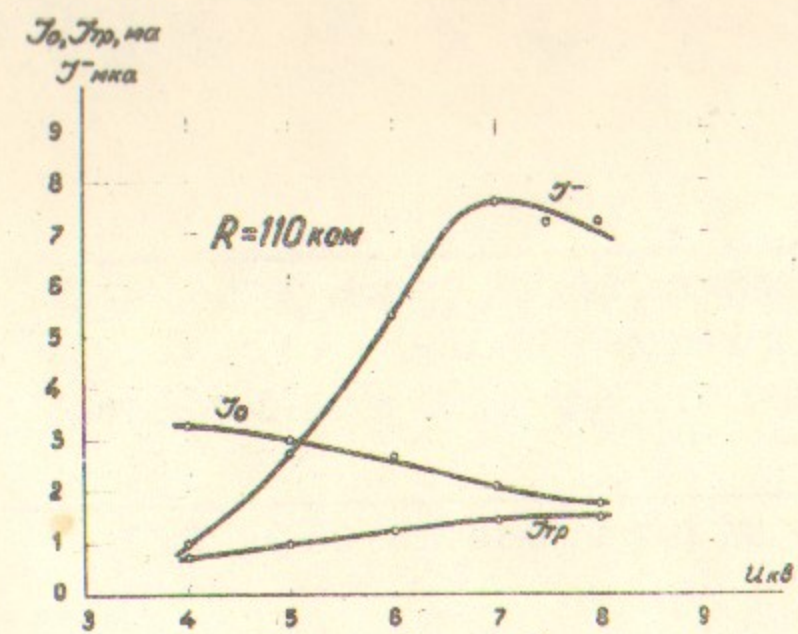


Рис. 3

Л и т е р а т у р а

1. Г.И.Будкер, Г.И.Димов, А.Г.Попов, Ю.К.Свиридов, Б.Н.Сухина, И.Я.Тимошин. "Атомная энергия", 19, 507-510 (1965).
2. Ю.М.Хирный. "Приборы и техника эксперимента", 2, 51 (1958).
3. *Collins L.E., Riviere A.C., Nuclear Instruments and Methods*, 4, 121 (1959).

Ответственный за выпуск Сухина Б.Н.
Подписано к печати 20.УП-1966 г.
Усл.0,2 печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно.
Заказ № 117

Отпечатано на ротапринте ИЯФ СО АН СССР.