



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

---

924

Го Ци-цзянь, А.С. Пасюк, Ю.П. Третьяков, И.А. Щелаев

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ  
НЕОНА В ИМПУЛЬСНОМ ИСТОЧНИКЕ  
ДЛЯ ЦИКЛОТРОНА

*ТТЭ, 1963, № 5, с 23-25.*

Го Ци-цзянь, А.С.Пасюк, Ю.П.Третьяков, И.А.Шелаев

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ  
НЕОНА В ИМПУЛЬСНОМ ИСТОЧНИКЕ  
ДЛЯ ЦИКЛОТРОНА

Направлено в ЖТФ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

1405/2 48-

### А н н о т а ц и я

В статье дано краткое описание источника многозарядных ионов, а также приведены некоторые результаты, полученные при работе с этим источником. Указывается на возможность получения тока четырехзарядных ионов неона величиной 50-80 миллиампер в импульсе.

В настоящее время все большее и большее внимание уделяется взаимодействию многозарядных ионов с различными ядрами. Наибольший интерес, конечно, представляют моноэнергетические пучки ионов. На циклотроне такие пучки ионов можно получить только в том случае, если ускоряемые многозарядные ионы образуются в ионном источнике.

В литературе имеется лишь несколько работ, описывающих конструкции ионных источников с дуговым разрядом, которые могут быть применены для получения многозарядных ионов в достаточных количествах <sup>/1,2,3,4,5,6/</sup>.

### Конструкция и схема питания источника

Для получения многозарядных ионов на циклотроне в Объединенном институте ядерных исследований применяется закрытый источник дугового типа с осциллирующей электроном вдоль газоразрядной камеры. При разработке этого источника за основу взята конструкция, описанная в работе <sup>/4/</sup>. Однако, в процессе многолетней эксплуатации сделаны некоторые изменения как в самом источнике, так и в схеме его питания.

На рис. 1 схематически представлены разрядный промежуток источника и блок-схема питания источника. Газоразрядная камера изготовлена из меди, катод - вольфрамовый, антикатод - молибденовый, нить накала (первый катод) - вольфрамовая. Газоразрядная камера со стороны щели, из которой вытягиваются ионы, закрыта молибденовой пластиной. Корпус камеры, держатели нити, катода и антикатода, а также штоки, на которых крепятся все электроды, охлаждаются водой. В качестве изоляционных материалов применяется керамика и фторопласт-4. Общий вид источника показан на фотографии 2. В циклотрон источник вводится через шлюз без нарушения вакуума. Имеется возможность юстировки источника в двух направлениях по отношению к вытягивающему электроду, закрепленному на дуанте, при работающем циклотроне. Примерная геометрия расположения вытягивающего электрода и источника показаны на рис. 3.

Источник работает в импульсном режиме синхронно с циклотроном. Длительность импульса - регулируемая и может плавно изменяться от 200 мксек до нескольких миллисекунд. Частота посылок может изменяться от 10 до 300 в секунду.

Форма импульса близка к прямоугольной. Схема питания разрядного промежутка источника <sup>/8/</sup> включает в себя выпрямитель с плавно регулируемым напряжением, накопительную емкость и модуляторную лампу, управляемую синхронизирующим импульсом. Имеется возможность подводить постоянную составляющую тока разряда, величина которой регулируется от сотен миллиампер до 2 ампер изменением запирающего потенциала на сетке модуляторной лампы. Подогрев катода осуществляется электронной бомбардировкой. Накал нити производится током повышенной частоты, равной 5000 гц.

Импульсная схема питания дуги позволяет вводить большую мощность в разряд (до 40 Квт) в течение импульса при значительно меньшей средней мощности. Увеличение мощности в разряде, на основании данных работы <sup>/5/</sup>, приводит к сдвигу массспектрального состава ионов к более высокой кратности заряда.

Количество газа, подводимого в источник, регулируется с помощью игольчатого вентиля. Расход газа подбирается по оптимальному току ионов на мишень в циклотроне и колеблется от 1,5 до 5 см<sup>3</sup>/мин. Количество подаваемого газа зависит от рода газа, режима работы источника, а также от времени работы данного источника. Обычно к концу работы источника требуется больший расход газа. Как правило, для получения оптимальных условий работы источника количество газа приходится уменьшать до тех пор, пока дуга не начнет срываться. При этом создаются наилучшие условия для получения многократно заряженных ионов.

В среднем суммарное время работы источника равно 30 часам.

### Результаты исследований

Исследования источника проводились на циклотроне. Коллектор ионов закреплялся на пробнике, вводился между дуантами и устанавливался на необходимый радиус (в приводимых опытах пробник стоял на  $R = 100$  см). От наводок коллектор закрывался сеткой и, кроме того, при малых токах - тонкой алюминиевой фольгой. При больших токах фольга сгорала, но при этом в ней не было и необходимости, так как наводки по отношению к току в этом случае составляли пренебрежимо малые количества. Ток ионов на коллектор измерялся с помощью интегратора слабых токов <sup>/7/</sup>.

I. Для определения оптимальной длительности импульса работы источника был проделан следующий эксперимент. Длительность импульса источника была установлена 2 миллисекунды, а высокой частоты циклотрона - 0,7 миллисекунды. После этого с помощью задержки передний фронт импульса работы высокой частоты мог смещаться, оставаясь постоянным по длительности, относительно переднего фронта работы источника. В результате получена кривая зависимости тока ионов  $Ne_{20}^{+4}$ , распределенного во времени в течение импульса работы источника (рис. 4). Из рисунка ясно, что в течение примерно 1,4 миллисекунды ток ионов постоянный, а затем начинает падать. В дальнейшем, вероятно, происходит перегрев катода, дуга входит в неуправляемый режим, напряжение на разрядном промежутке понижается, следствием чего и является уменьшение выхода многозарядных ионов. Еще более быстрое уменьшение интенсивности при задержке в 1,7 миллисекунды объясняется тем, что импульсы источника и высокой частоты в данном случае перекрываются только на 300 микросекунд и за это время амплитуда напряжения на дуантах только достигает максимума. Практическое исчезновение тока при задержке в 1,8 миллисекунды говорит о том, что за оставшиеся 200 микросекунд одновременной работы источника и высокой частоты напряжение на дуантах еще не достигает значения напряжения нулевой интенсивности, необходимого для того, чтобы ионы дошли до радиуса в 100 см.

Исходя из данных кривой рис. 4 в дальнейшем опыты проводились при синхронной работе источника и циклотрона с длительностью импульса в 1,5 миллисекунды при частоте посылок 150 в секунду.

II. Исследовалась зависимость тока ионов  $Ne_{20}^{+4}$  от длины эмиссионной щели источника (при постоянной ширине 3 мм), из которой вытягиваются ионы. В результате получены данные, приведенные на рис. 5. Видно, что при длине щели в 20 мм ток ионов резко возрастает и достигает максимума, а затем при длине щели в 25 мм ток уменьшается вдвое и дальше остается постоянным. При длине щели в 40 мм дуга довольно часто срывалась. По-видимому, наличие острого максимума при длине щели в 20 мм объясняется данной геометрией центра циклотрона. При другой геометрии центра максимум может сместиться, а кривая - изменить свою форму. Приведенные результаты получены при подаче в источник естественной смеси неона. Ток в максимуме колебался в пределах 100 - 150 мка.

Производилось также ускорение ионов  $O_{16}^{+3}$ , получаемых в источнике из воздуха. При этом получался ток в 5-6 раз меньший, чем ток ионов  $Ne_{20}^{+4}$  из естественной смеси неона. Следует заметить, что ускорение  $O_{16}^{+3}$  производилось без перестройки высокой частоты и изменения шимм магнитного зазора, а поэтому спад магнитного поля был менее благоприятный, чем при ускорении  $Ne_{20}^{+4}$ .

Для определения тока ионов  $Ne_{20}^{+4}$  из источника в импульсе необходимо учесть следующие факторы:

- а) процентное содержание  $Ne_{20}$  в подаваемом неоне;
- б) скважность работы циклотрона (отношение отрезка времени между началом двух импульсов к длительности импульса);
- в) отношение фаз, в течение которых происходит полезный захват ионов к полному периоду высокой частоты;
- г) прозрачность сетки, помещенной перед коллектором для экранировки;
- д) явление перезарядки ионов на фольге, если она помещается перед коллектором;
- е) потери ионов по радиусу.

С учетом вышеприведенных факторов получается, что при непрерывном отсосе в течение импульса из источника имеется возможность извлечь 50-80 ма тока четырехзарядных ионов неона.

В заключение авторы выражают благодарность Г.Н.Флерову за постоянное внимание к работам, связанным с ионными источниками, и механикам группы ионных источников за изобретательское внедрение предлагаемых изменений конструкции ионного источника. В этом отношении следует особо отметить механика В.М.Плотко.

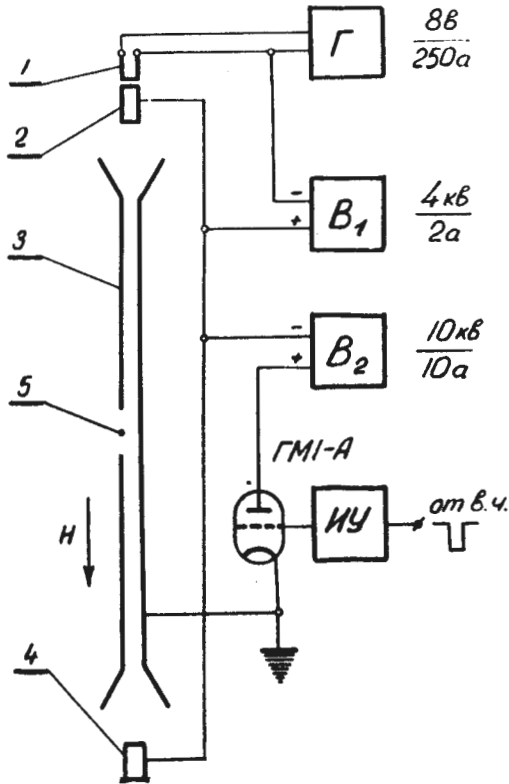


Рис. 1. Головка источника и блок-схема питания источника.

1 - нить; 2 - катод, 3 - анод, 4 - антикатод, 5 - эмиссионная щель. ИУ - импульсный усилитель, Г - машинный преобразователь частоты 5 кГц, 2 кВт; Н - направление магнитного поля. Цифры источников питания соответствуют максимальным значениям.

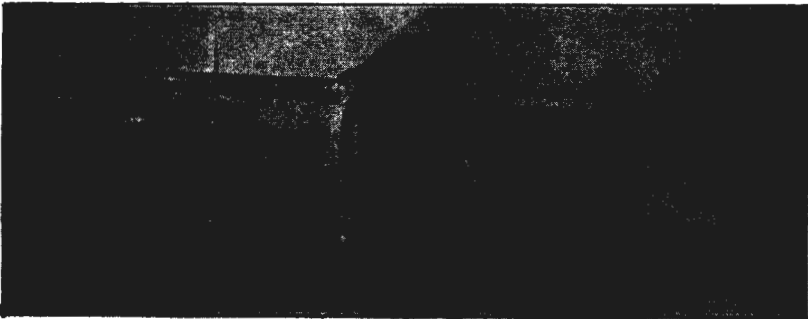


Рис. 2. Общий вид источника.

1 - головка источника, 2 - часть шлюза.



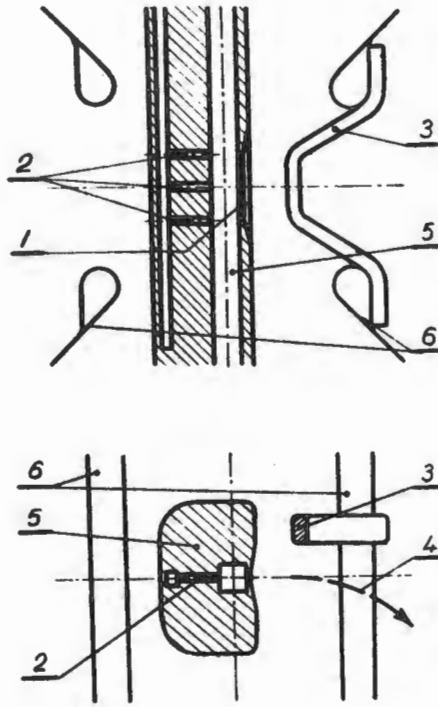


Рис. 3. Геометрия центра.

- 1 - эмиссионная щель, 2 - подача газа в источник,  
 3 - вытягивающий электрод, 4 - направление  
 пучка ионов, 5 - камера источника,  
 6 - края филеров.

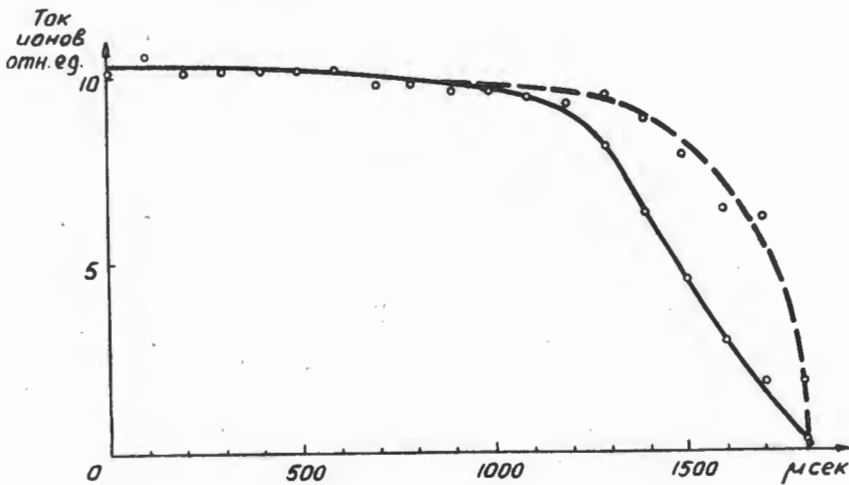


Рис. 4. Распределение тока из источника по времени импульса работы. Сплошная кривая соответствует измеренному току на коллектор. Пунтирная кривая - ток ионов с учетом того, что импульсы работы источника и высокой частоты полностью не перекрываются при задержке большей 1,3 миллисекунды.

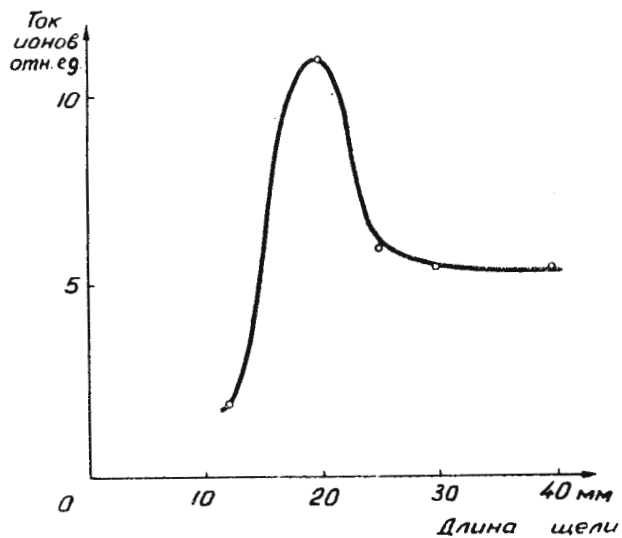


Рис. 5. Зависимость тока ионов  $Ne_{20}^{+4}$  от длины щели.

#### Л и т е р а т у р а

1. J. Jones, A. Zucker, *Rev. Sci. Instr.*, 25, N 6, 562 (1954)
2. H.L. Reynolds, A. Zucker, *Rev. Sci. Instr.*, 26, N 9, 894 (1955).
3. C.E. Anderson, K.W. Ehler, *Rev. Sci. Instr.*, 27, N 10, 809 (1956).
4. П.М. Морозов, Б.Н. Маков, М.С. Иоффе. Атомная энергия, 11, № 3, 272 (1957)
5. Ю.Д. Пигаров, П.М. Морозов. ЖТФ, т. XXXI, вып. 4, 467 и 476 (1961).
6. Л.И. Болотин, П.С. Маркин, С.И. Мелешков. ПТЭ, № 6, 86 (1961).
7. А.А. Курашов, А.Ф. Линева. ПТЭ, № 2, 70 (1957).
8. Дипломная работа Л.Н. Морозова. Объединенный институт ядерных исследований.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 февраля 1962 года.