

П-199

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

2124/2-78



15/IV-78

9 - 11280

А.С.Пасюк, В.Б.Кутнер, И.П.Кузнецова

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОЧНОГО ГАЗА
НА ВЫХОД МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ
ИЗ ЦИКЛОТРОННОГО ИСТОЧНИКА

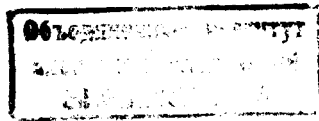
1978

9 - 11280

А.С.Пасюк, В.Б.Кутнер, И.П.Кузнецова

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОЧНОГО ГАЗА
НА ВЫХОД МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ
ИЗ ЦИКЛОТРОННОГО ИСТОЧНИКА**

Направлено в АЭ



Пасюк А.С., Кутнер В.Б., Кузнецова И.П.

9 - 11280

Влияние добавочного газа на выход многозарядных ионов из циклотронного источника

Представлены данные о влиянии добавочных газов (водорода, гелия, воздуха, инертных газов) на выход многозарядных ионов неона, аргона и ксенона из источника в экспериментах на стенде и циклотронах У-300 и У-200.

Экспериментально показано, что наличие в источнике добавочного газа приводит к снижению интенсивности ускоренного пучка.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

© 1978 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

В разряде дугового источника многозарядных ионов кроме ионов рабочего (основного) вещества обычно присутствуют ионы материала электродов (катода и антикатода) и остаточных газов. В источниках с катодным распылением рабочего вещества присутствуют частицы распыляемого электрода, который может быть сплавом из нескольких элементов. При получении некоторых ионов приходится подавать в источник химические соединения, а не чистые элементы. В связи с этим представляется интересным выяснить влияние присутствия добавочных газов или элементов в разряде на выход требуемых многозарядных ионов.

В некоторых работах /1-3/ изучалось влияние добавочных газов на выход многозарядных ионов или зависимость выхода от химического соединения.

В работе /1/ сообщается, что в стендовых испытаниях незначительные добавки водорода увеличивают, примерно в два раза, выход ионов N^{5+} из источника с косвенным подогревом катода и осцилляцией электронов вдоль магнитного поля.

На окридском изохронном циклотроне получено значительное увеличение интенсивности пучков ионов C^{5+} , O^{5+} и Ne^{6+} при добавлении в ионный источник с холодными катодами ксенона, криптона и аргона /2/.

В стендовых испытаниях из источника с косвенным подогревом катода и осцилляцией электронов вдоль магнитного поля получались ионы Si^{5+} из соединений SiH_4 , SiF_4 , $SiCl_4$ и смеси сульфидов SiS и SiS_2 с кремнием /3/. Обнаружено, что с увеличением массы элемента, с которым кремний находится в соедине-

нии, уменьшается выход пятизарядных ионов кремния. (Из рассмотрения следует исключить данные по SiH_4 , т.к. в этом случае источник работает неустойчиво).

Целью проведенных экспериментов, которые были начаты в 1968 году, является исследование влияния добавочного газа на получение многозарядных ионов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

Исследования циклотронного источника многозарядных ионов с осцилляцией электронов вдоль магнитного поля и косвенным подогревом катода проводились на стенде ионных источников /4/ и циклотронах У-300 и У-200 ОИЯИ. В источнике /5/ имелась возможность подавать газы независимо в область катода и область эмиссионной щели.

В качестве рабочих газов использовались воздух, неон, аргон, криптон и ксенон, в качестве добавочных — водород, гелий, воздух, аргон, криптон и ксенон.

Расход рабочего и добавочного газов регулировался независимо с помощью отдельных игольчатых вентилях.

В опытах можно было осуществлять подачу в газоразрядную камеру готовой смеси рабочего вещества и добавочного газа, а также и раздельное поступление основного газа и добавочного как в центр, так и в область катода газоразрядной камеры.

Оптимизация результатов достигалась тем, что сначала, при разряде на рабочем газе, выбирался режим источника, обеспечивающий наибольший выход высокозарядных ионов, затем осуществлялась подача в разряд добавочного газа.

С целью получения режима максимального выхода высокоразрядных ионов рабочего вещества осуществлялось изменение давления смеси газов в разряде путем варьирования количества и относительной концентрации смеси.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ниже приведены наиболее характерные и типичные результаты. На рис. 1 представлена зависимость выхода

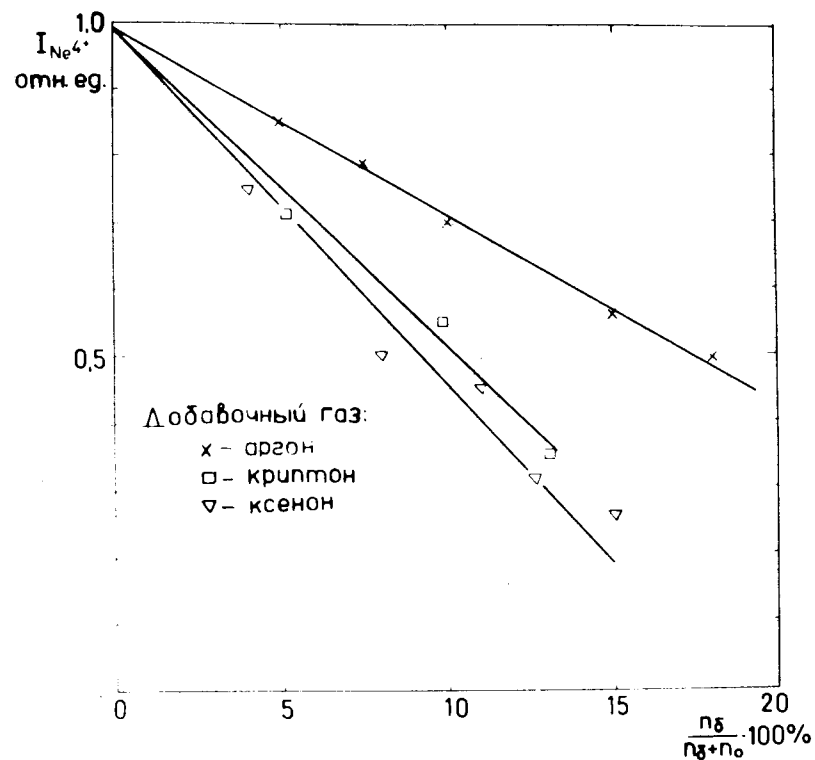


Рис. 1. Влияние дополнительных газов на выход ионов Ne^{4+} .

ионов Ne^{4+} от добавочных газов аргона, криптона и ксенона, полученная в стендовых испытаниях ионного источника. Влияние лёгких добавочных газов водорода, неона и воздуха на выход ионов Xe^{10+} приведено на рис. 2. (На рисунках 1, 2, 3 по горизонтальной оси отложена доля добавочного газа $\frac{n_\delta}{n_\delta + n_0} \times 100\%$, где n_δ — количество добавочного газа, а n_0 — количество рабочего газа, поступающих в разряд за единицу времени).

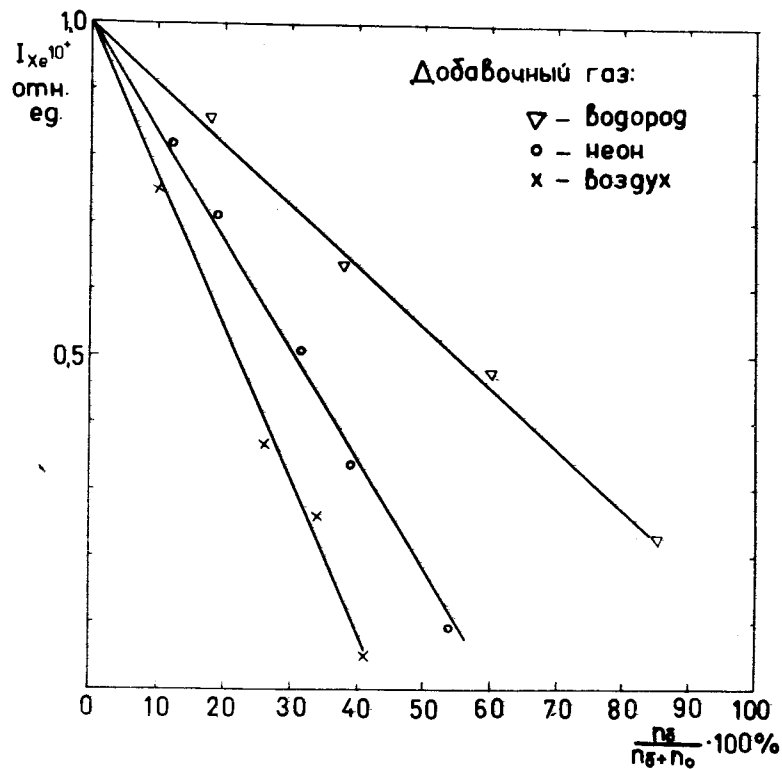


Рис. 2. Влияние дополнительных газов на выход ионов Xe^{10+} .

Из рисунков 1 и 2 видно, что с увеличением атомного номера добавочного газа уменьшается выход многозарядных ионов основного газа. На первый взгляд кажется, что кривая выхода Xe^{10+} при добавлении воздуха должна идти выше кривой выхода при добавлении неона. Наблюдаемый факт, по-видимому, можно объяснить тем, что молекулы азота и кислорода, во-первых, имеют больший вес, чем атомы неона, и, во-вторых, попадая в разряд, они распадаются на атомы, и число частиц в разряде удваивается.

В опытах установлено, что добавочный газ оказывает наибольшее влияние на высокозарядную часть спектра получаемых ионов. Характерная зависимость выхода ионов ксенона от добавления водорода показана на рис. 3.

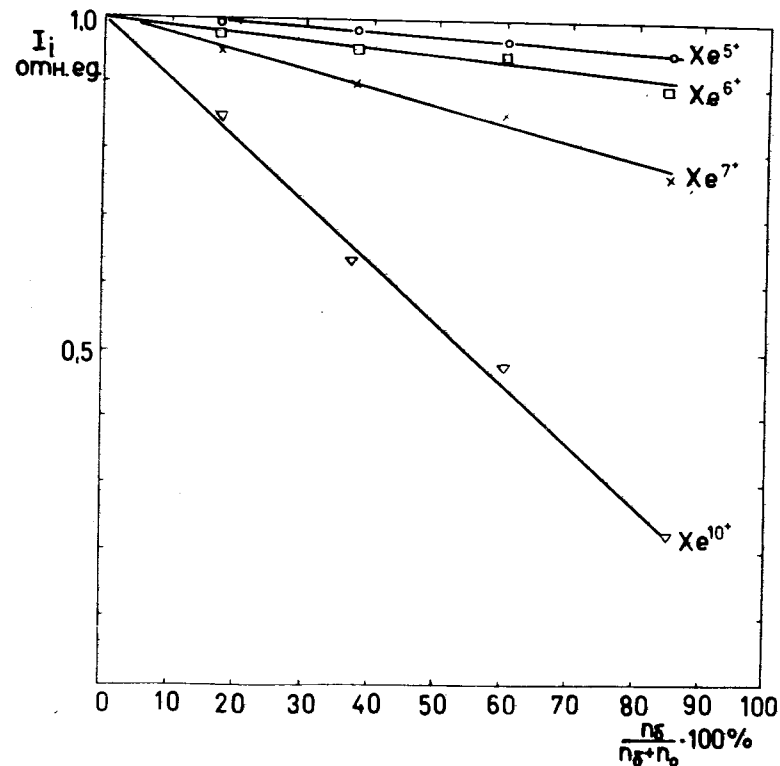


Рис. 3. Влияние водорода на выход высокозарядных ионов ксенона.

В стендовых исследованиях с использованием добавочных газов водорода и гелия наблюдалось увеличение тока высокозарядных ионов, причем увеличение было тем больше, чем меньше отношение A/Z_i (A - атомный вес, Z_i - заряд иона). Например, ток ионов

Xe^{10+} при добавлении гелия увеличивается в 1,5 раза, ток ионов Ne^{4+} и Ar^{8+} при добавлении водорода или гелия - в 2 раза, ток ионов N^{4+} при использовании водорода - в 3,5 раза.

Было установлено, что указанный эффект увеличения интенсивности проявляется наиболее заметно, если добавочный газ подается не в смеси с основным газом, а по отдельной линии в центральную область разряда. Подача добавочного газа непосредственно в пучок ионов, извлекаемых из эмиссионной шели, к увеличению интенсивности не приводит.

Присутствие водорода в разряде приводит к нестабильности работы источника ионов и уменьшению на 10-15% полного тока всех извлеченных ионов.

В экспериментах на циклотронах У-300 и У-200 при получении пучков ионов O^{4+} , Ne^{4+} , Ne^{5+} , Ar^{6+} , Ar^{7+} , Ar^{8+} и Zn^{10+} никогда не наблюдалось увеличения интенсивности при добавлении водорода или гелия. В этих случаях добавочный газ всегда приводил к снижению интенсивности ускоренных пучков.

При добавлении таких тяжелых газов, как криптон и ксенон, к легким (кислороду, неону) достигается устойчивость разряда в источнике, стабильность ускоренных пучков на циклотроне У-200, а также экономия дорогостоящих изотопов. Увеличения интенсивности, как в работе /2/, при этом не наблюдается.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

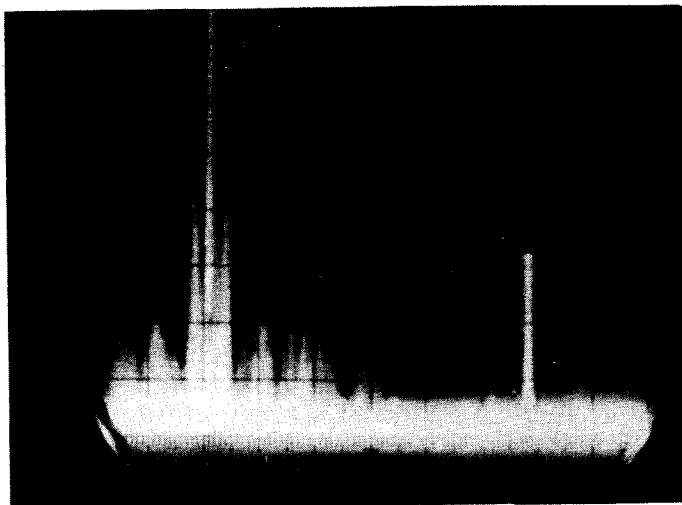
Полученные на циклотронах экспериментальные данные выхода высокозарядных ионов из источников с косвенным подогревом катода и осцилляцией электронов вдоль магнитного поля показывают, что появление в разряде добавочных частиц всегда приводит к снижению интенсивности высокозарядных ионов основных атомов независимо от того, поступают ли они в разряд отдельно или в виде химического соединения с основным элементом. Снижение интенсивности основных многозарядных ионов увеличивается с увеличением атомного веса добавочного газа.

На интенсивность ионов различной зарядности добавочный газ влияет тем сильнее, чем выше зарядность ионов.

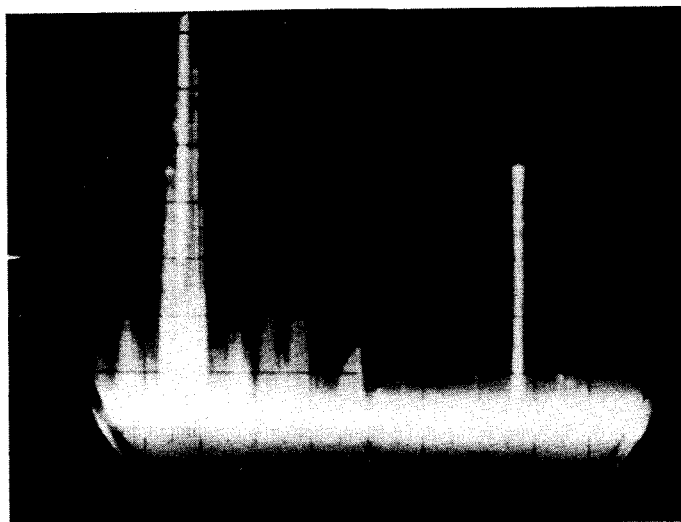
Одно из возможных объяснений роста тока высокозарядных ионов на коллекторе стенда состоит в следующем. При подаче водорода в источник уменьшаются амплитуды колебаний тока дуги. На рис. 4 приведены спектры колебаний в разряде на чистом азоте и с добавлением водорода. Видно, что в присутствии водорода амплитуды колебаний понижаются, особенно в области частот ~300 кГц. В связи с этим компенсация пучка вытянутых ионов увеличивается /6/. При этом уменьшается объемное расталкивание, и на коллектор приходит большая часть ионного пучка.

Добавки тяжелых газов к легким в источнике с косвенным подогревом катода не привели к увеличению интенсивности последних в отличие от результатов, полученных на окридском циклотроне в источнике с холодными катодами. Происходит это, по-видимому, потому, что в источнике с холодными катодами первичный пучок электронов является следствием ионно-электронной эмиссии с катодов. В источнике же с косвенным подогревом катода основная часть электронного тока - это термоэлектроны. Поскольку тяжелые ионы имеют больший коэффициент ионно-электронной эмиссии, чем легкие, то небольшие добавки тяжелого газа в разряд заметно увеличивают электронную составляющую тока разряда в источнике с холодными катодами, что и приводит к увеличению выхода многозарядных ионов. В источнике же с косвенным подогревом катода, где ток разряда примерно в 10 раз больше, чем в источнике с холодными катодами, добавки криптона или ксенона не дают заметного увеличения электронной составляющей в разряде, и поэтому выход многозарядных ионов не увеличивается.

Авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флеорову за внимание к работе. Мы благодарим С.Л.Богомолова, Г.Г.Гульбекяна, А.А.Еропкина и Ю.П.Третьякова за помощь в работе и обсуждение результатов.



а)



б)

Рис. 4. Спектр колебаний тока дуги а) - при разряде на азоте; б) - при разряде на азоте с дополнительно подаваемым водородом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Makov B.N. IEEE. Trans. Nucl. Sci., 1976, NS-23, 2, p.1035.
2. Hudson E.D. e.a. Nucl. Instr. and Meth., 1977, 141, p.381.
3. Пасюк А.С. и др. ОИЯИ, 7-6344, Дубна, 1972.
4. Пасюк А.С., Третьяков Ю.П., Горбачев С.К. АЭ, 1968, 24, с. 21; ОИЯИ, 73-3370, Дубна, 1967.
5. Пасюк А.С., Кутнер В.Б. ОИЯИ, Р7-4289, Дубна, 1969.
6. Незлин М.В. ИАЭ, 1277, Москва, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 января 1978 года.