

С 34 М
П-199

7/VI-69

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна.

P7 - 4488



**А.С.Пасюк, Е.Л.Воробьев, Р.И.Иванников,
В.И.Кузнецов, В.Б.Кутнер, Ю.П.Третьяков**

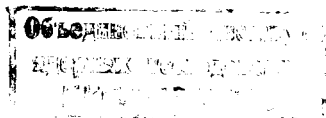
**ИСТОЧНИК МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ
КАЛЬЦИЯ И ЦИНКА**

Р7 - 4488

А.С.Пасюк, Е.Л.Воробьев, Р.И.Иванников,
В.И.Кузнецов, В.Б.Кутнер, Ю.П.Третьяков

**ИСТОЧНИК МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ
КАЛЬЦИЯ И ЦИНКА**

Направлено в АЭ



7854/2 чр.

Проблема синтеза далеких трансураниевых элементов в области ядер с зарядом $Z = 114$ и 126 и многие другие задачи ядерной физики требуют ускоренных пучков многозарядных ионов таких элементов, как кальций и цинк.

В случае получения ионов из твердых веществ в газоразрядных ионных источниках, предназначенных для масс-сепараторов и масс-анализаторов, в основном применяются два способа введения этих веществ в разряд: их испарением при высоких температурах из нагреваемого тигля (см., например, ^{/1/}) или их катодным распылением ^{/2,3/}. Известна конструкция циклотронного источника ионов лития, который работает на парах Li , поступающих из специального испарителя ^{/4/}. Для американских линейных ускорителей многозарядных ионов разработан источник, в котором многозарядные ионы получают из металлов, подаваемых в разряд катодным распылением ^{/5/}. В Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ созданы источники с подачей рабочего вещества как катодным распылением, так и в виде паров. Основные достоинства и недостатки этих методов рассмотрены в нашей предыдущей статье ^{/6/}. В данной работе описан источник с подачей рабочего вещества в виде пара. Для кальция и цинка этот способ себя оправдал, что видно из

табл. 1 и таблицы, приведенной в работе /6/. Очевидно, его можно успешно применять и в случае использования других металлов, у которых необходимая для поддержания разряда в источнике упругость паров достигается при температуре не выше 800-900°С. Что касается различных соединений, то еще необходимо, чтобы они в рабочем режиме источника не разрушали материалы, из которых изготовлены тигель и газоразрядная камера.

Конструкция источника и методика исследований

Источник для получения многозарядных ионов кальция и цинка (см. схему на рис. 1) разработан на основе источника, применяемого на циклотроне У-300 для получения ионов из газов /7/. За основу узла, включающего нагреватель и тигель, взята конструкция, которая используется на источнике для масс-сепаратора /1/.

Неохлаждаемая газоразрядная камера (5) изготовлена из нержавеющей стали и теплоизолирована от штоков источника с помощью титановых шайб (3). В нижней части камеры крепится тигель (11), изготовленный из нержавеющей стали. В него загружается испаряемое вещество (10), ионы которого необходимо получать. Тигель разогревается нагревателем (12), который представляет собой две коаксиальные трубки, включенные последовательно в цепь выпрямителя. Нагреватель и тигель для экранирования от токов высокой частоты заключены в медный кожух (на рисунке он не показан). Нагреватель и тигель изготовлены так, чтобы их теплоемкость была по возможности минимальной с целью уменьшения тепловой инерции при регулировке подачи паров металла. Пары металла из тигля по паропроводу (14) через отверстия (13) поступают в канал газоразрядной камеры (5). Были предприняты меры по герметизации камеры, чтобы пары металлов выходили из источника только через эмиссионную щель. Температура па-

ропровода и газоразрядной камеры поддерживалась всегда на несколько более высоком уровне, чем температура тигля, во избежание конденсации пара. Контроль за температурой этих деталей осуществлялся с помощью хромель-алюмелевых термопар, помещенных в гнезда газоразрядной камеры (7) и тигля (9). Длина эмиссионной щели (6) источника - 15 мм, ширина - 1 мм.

Исследование источника проводилось на стенде /8,9/. Разделение ускоренных ионов по зарядам осуществлялось в однородном магнитном поле напряженностью 4000 э при повороте на 180°. В этом же поле работал источник. Ускоряющее напряжение было равно 15+19 кв. Токи различных ионов регистрировались коллектором, перемещающимся вдоль линии фокусов, и записывались на ленту самописца, синхронно перемещающуюся с коллектором. Одна из диаграмм, на которой записаны токи многозарядных ионов цинка, представлена на рис.2. Режим работы источника импульсный; частота посылок - 100 гц, длительность импульса - 1+2 мсек. В качестве рабочего вещества использовались цинк и кальций технической чистоты. В начале работы для разогрева газоразрядной камеры источник зажигался на каком-либо инертном газе, а затем разогревался тигель. По мере поступления паров металла в газоразрядную камеру подача инертного газа постепенно уменьшалась до полного прекращения.

Результаты исследований

При исследовании источника на стенде получены пучки ионов кальция до девятизарядного, а цинка - до десятизарядного (см. таблицу). Импульсное значение токов ионов каждой зарядности, указанных в таблице, является суммарным по всем изотопам.

Таблица

Рабочее вещество	Режим разряда			Ток ионов различных зарядностей (ма)									
	I (а) д	U (В) д	t °С тигля	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+
Zn	8,2	470	390	-	18	33	30	18	7,9	3,6	1,4	0,14	≈ 0,001
Ca	9,5	700	720	7,8	32	33	29	12	3,0	0,69	0,17	≈ 0,01	-

Для получения девятизарядных ионов кальция и десятизарядных ионов цинка необходима очень тщательная настройка источника по всем параметрам. В таблице указаны наиболее характерные режимы его работы. Они могут изменяться для разных источников и даже для одного источника в зависимости от времени работы.

Поскольку детали, ограничивающие газоразрядную камеру источника с торцов, имели низкую температуру, то на них была возможна конденсация паров рабочих металлов. Это должно было привести к иному распределению концентрации нейтральных частиц вдоль камеры, чем в случае обычных газов. Поэтому на стенде проводились исследования выхода ионов в зависимости от места подачи паров металла в газоразрядную камеру. Рассматривались три варианта подачи пара: а) только в область эмиссионной щели камеры, б) только в область катода и в) одновременно в области катода и эмиссионной щели.

При подаче пара только в область катода или одновременно в области катода и эмиссионной щели выход высокозарядных ионов почти не меняется. Если же рабочее вещество подавать только в область эмиссионной щели, то количество высокозарядных ионов заметно уменьшается. Наиболее приемлемым вариантом подачи признан такой, когда в область катода подается паров примерно в два раза больше, чем в область эмиссионной щели. В этом случае наблюдается устойчивая работа источ-

ника при хорошей интенсивности пучков высокозарядных ионов. (Приведенные в таблице данные получены при подаче пара только в область катода). Средний расход цинка составляет около 50 мг/час, кальция - около 100 мг/час.

На циклотроне У-300 были поставлены опыты по ускорению семизарядных ионов кальция и десятизарядных ионов цинка. Средний ток ионов Ca_{40}^{7+} на радиусе 100 см достигал 3 мка. Как указывалось ранее, ^{16/} металлы с малой работой выхода при попадании, в больших количествах внутрь циклотрона из источника ухудшают электрическую прочность циклотрона. Чтобы уменьшить поступление нейтральных атомов кальция в циклотрон, эмиссионная щель источника была несколько уменьшена до размеров 9 x 2,7 мм. Это несколько снижало интенсивность пучка ионов кальция, но давало возможность работать циклотрону длительное время. Так, в течение 16 дней ионы кальция ускорялись на циклотроне в общей сложности 20 часов (4 раза по 5 часов) и ухудшения электрической прочности циклотрона не наблюдалось.

Ток десятизарядных ионов цинка, извлекаемых непосредственно из источника, на внутреннем пучке циклотрона измерить затруднительно, так как интенсивность его сравнима с током десятизарядных ионов, которые могут получиться в результате обдирки на остаточном газе двухзарядных ионов, ускоренных на 5-й гармонике. В связи с этим измерения проводились на выведенном пучке как с помощью измерителя слабых токов, так и с помощью кремниевого детектора, который давал возможность измерять и энергию ионов. На выведенном пучке был зарегистрирован ток десятизарядных ионов цинка, равный $\approx 10^{-4}$ мка. При работе с цинком эмиссионная щель источника имела размеры 15 x 3 мм.

В заключение мы выражаем благодарность Г.Н. Флерову за постановку задачи и неизменное внимание к получаемым результатам.

Авторы также весьма благодарны механикам С.Г. Чебоненко и А.А.Еропкину за сборку источников.

Л и т е р а т у р а

1. П.М. Морозов, Б.Н. Маков, М.С. Иоффе, Б.Г. Брежнев, Г.Н. Фрадкин, Труды II Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1958 г. Доклады советских ученых, т.6, стр. 111, Москва, Атомиздат, 1959.
2. Y. Druaux and R. Bernas. Electromagnetically Enriched Isotopes and Mass Spectrometry. Proceed. of the Confer. held in Cocroft Hall, Harwell, 13-16 Sept. 1955. London, Butterworths Scientific Public., 1956, p.30.
3. K.Y. Hill, R.S. Nelson. Nucl. Instr. & Meth., 38, 15 (1965).
4. Н.И. Веников, Б.И. Хорошавин, В.И. Чуев, Н.И. Чумаков. Авторское свидетельство СССР, № 197786.
5. V.F. Gavin. Nucl. Instr. & Meth., 64, 73 (1968).
6. Ю.П. Третьяков, А.С. Пасюк, Л.П. Кулькина, В.И. Кузнецов. Источник многозарядных ионов с катодным распылением рабочего вещества. Препринт ОИЯИ, Р7-4477, Дубна, 1969.
7. А.С. Пасюк, И.А. Шелаев, Го Ци-цянь, Ю.П. Третьяков. ПТЭ, №5, 23 (1963). Препринт ОИЯИ, 924, Дубна, 1962.
8. А.С. Пасюк, Го Ци-цянь, Ю.П. Третьяков. Препринт ОИЯИ, 1523, Дубна, 1964.
9. А.С. Пасюк, Ю.П. Третьяков, С.К. Горбачев. Препринт ОИЯИ, 7-3370, Дубна, 1967; Атомная энергия, т.24, в.1, 21 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 мая 1969 года.

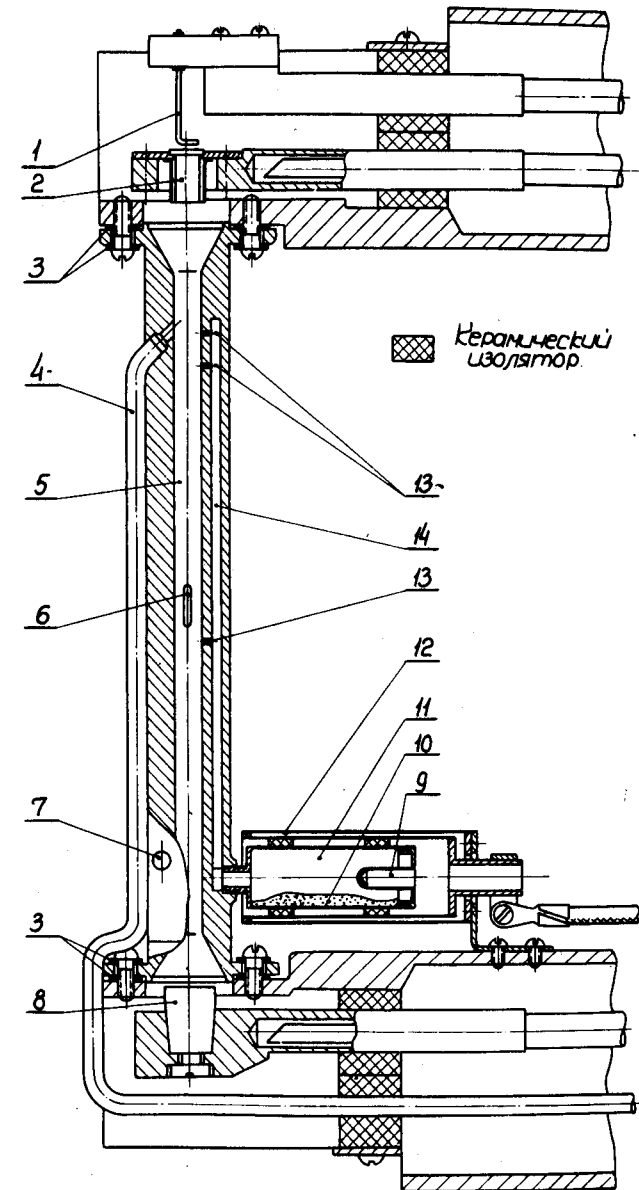


Рис.1. Схематическое изображение ионного источника. 1 - нить накала (первый катод), 2 - подогревный катод, 4 - трубка подачи газа для начального разогрева газоразрядной камеры, 8 - антикатод. Остальные детали описаны в тексте.

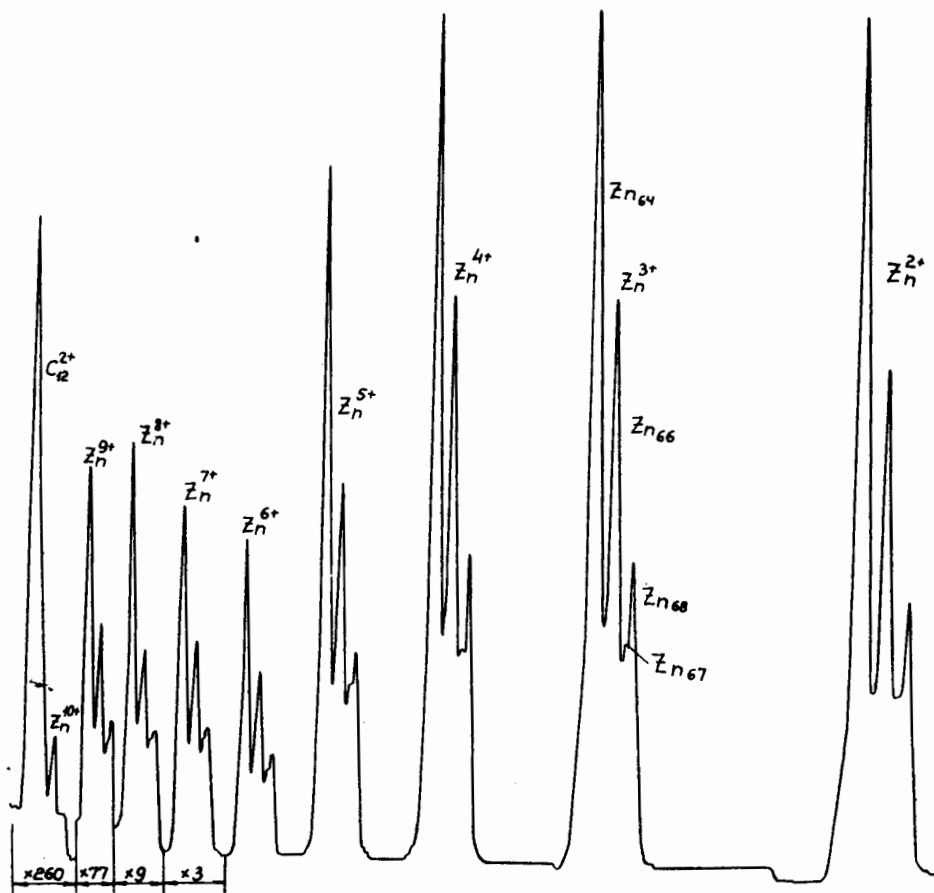


Рис.2. Диаграмма токов ионов цинка, полученная на стенде. По горизонтальной оси - расстояние от источника, по вертикальной - относительный выход ионов. Для ионов высокой зарядности указано, во сколько раз увеличена чувствительность регистратора в сравнении с ионами низких зарядностей.