



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



UA0501396

Препринт КИЯИ-05-3

А. Е. Вальков, А. В. Демьянов, А. И. Колосов,
Ю. И. Камышников, Т. П. Руденко

ИСТОЧНИК ИОНОВ ГАЗООБРАЗНЫХ И ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ
ДЛЯ МАСС-СЕПАРАТОРА

Київ 2005

Источник ионов газообразных и твердых веществ для масс-сепаратора / Вальков А. Е., Демьянов А. В., Колосов А. И. и др. - Киев, 2005. - 4 с. - (Препр. / НАН Украины. Ин-т ядерных исслед.; КИЯИ-05-3).

Для дугового источника твердых веществ разработан метод получения паров этих веществ при помощи специального тигля – печки, расположенной под антикатодом с отверстием. Этот метод позволяет регулировать скорость распыления твердого вещества независимо от режима разряда и без перемещения распыляемого электрода за счет проникновения газоразрядной плазмы в тигель с рабочим веществом и распыления или испарения его экстрагируемыми из плазмы ионами или электронами.

Ил. 2. Список лит.: с. 4 (8 назв.).

Рецензент Ю. В. Кибкало.

Source of ions gaseous and solid matters for mass separator / Valkov A. E., Demiyunov A. V., Kolosov A. I. et al. - Kyiv, 2005. - 4 p. - (Prepr. / National Academy of Sciences of Ukraine. Institute for Nuclear Research; KINR-05-3).

For an arc source of solid matters of the steams obtaining method of these materials is designed by means of a special crucible – board, which is under a target cathode with a foramen. This method allows to regulate speed of sputtering of solid matter irrespective of drain and without movement of the welding rod, which one is sputtered at the expense of infiltration of gas-discharge plasma into a crucible with actuating medium. Sputtering or vaporization of this actuating medium by ions or electrons are abstracted from plasma.

2 figs., 8 refs.

Утверждено к печати ученым советом
Института ядерных исследований НАН Украины

© А. Е. Вальков, А. В. Демьянов,
А. И. Колосов, Ю. И. Камышников,
Т. П. Руденко, 2005

Проблема высококачественного разделения изотопов требует создания и использования на масс-сепараторах универсальных и сильноточных источников, способных эффективно производить широкий спектр ионов различных элементов, находящихся как в газообразном состоянии, так и в твердом.

Для этих целей применяются источники ионов нескольких типов, в которых используются несколько способов подачи паров рабочих веществ в разрядную камеру:

- 1 - дуговой источник ионов с распыляемым антикатодом [1];
- 2 - дуговой источник ионов с подогреваемым тиглем [2, 4];
- 3 - дуговой источник с композитными катодами из спеченного порошкового вольфрама с добавками Al_2O_3 , VO и др. [2];
- 4 - дуговой источник ионов с подвижным распыляемым электродом [3, 5, 6];
- 5 - ионный источник Фримана [7, 8, 10].

Однако все эти источники обладают рядом недостатков, снижающих их характеристики. Так, в источнике 1 режим распыления антикатада неразрывно связан с режимом разряда, что не позволяет достичь оптимальных параметров при его работе.

Источники 2 и 5 имеют относительно низкую предельную температуру тигля (≤ 1000 °C), что ограничивает диапазон используемых рабочих веществ. Источник 3 не позволяет получать высокие интенсивности ионов рабочих веществ, так как увеличение содержания этих веществ ухудшает свойства катода. Источник 4 требует сложного механического перемещения распыляемого электрода и прецизионного удержания его на строго определенном расстоянии от дуги разряда, в противном случае поступление в разряд рабочего вещества по мере распыления будет далеко от оптимального.

Недостатком фримановского источника ионов 5 является применение в источнике сравнительно массивного катода из дефицитных и дорогостоящих тугоплавких металлов (тантала, вольфрама), а также малое время работы катода (20÷24) ч.

Эти недостатки устраняются в разработанном нами источнике ионов с тиглем с распыляемым веществом, расположенным под антикатодом, имеющем отверстие (рис. 1). На рисунке показаны два типа источников: с прямым и с косвенным накалами. В разработанном нами источнике плазма газового разряда, распространяясь вдоль магнитного поля, проникает в тигель и образует у поверхности распыляемого вещества двойной слой толщиной порядка дебаевского радиуса экранирования ($D = 0,1$ мм в условиях дугового разряда), величина которого слабо зависит от параметров плазмы ($D \sim \sqrt{T_e/n_e}$, где T_e – температура электронов в плазме, n_e – плотность электронов в плазме). Антикатод и тигель изолированы друг от друга, и напряжение U_{AT} (антикатод - тигель) регулируется независимо от параметров дуги.

В зависимости от знака потенциала U_{AT} из плазмы экстрагируется поток ионов или электронов, бомбардирующих распыляемое (ионами) или испаряемое (электронами) рабочее твердое вещество. В этом случае плотность тока

ионов J определяется выражением $J = 4/9\epsilon_0 (2e/M)^{1/2} U_{AT}^{3/2}/D^2$ и зависит только от величины U_{AT} , так как $D \approx \text{const}$. Здесь e – заряд электрона, ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, M – масса иона.

Таким образом, изменение напряжения, прикладываемого между тиглем и антикатодом, позволяет регулировать интенсивность распыления рабочего вещества независимо от режима разряда источника без механического перемещения распыляемого электрода.

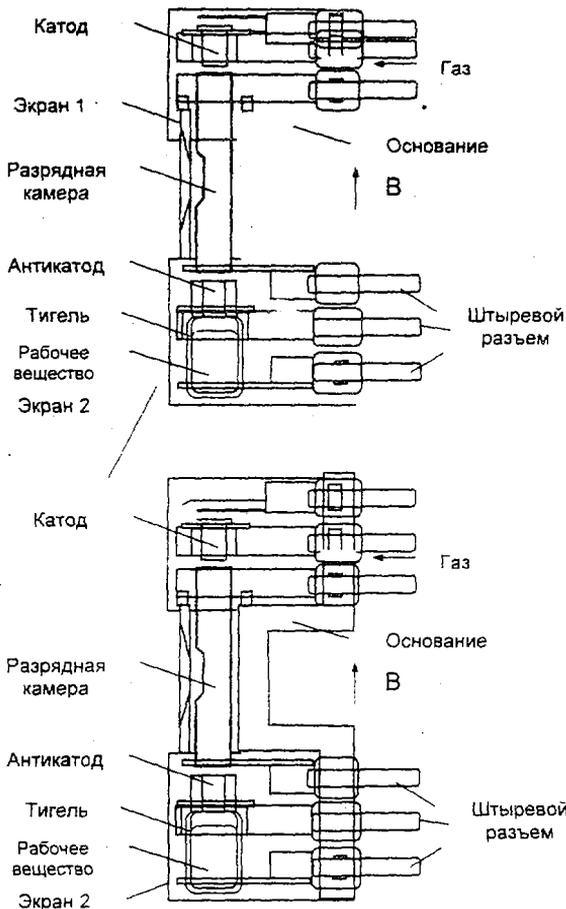


Рис. 1. Источник ионов с нагреваемой разрядной камерой.

Распыленное вещество через отверстие в антикатоде проникает в разрядную камеру и поступает в разряд. Для десорбции рабочего вещества разрядная камера выполнена в виде теплоизолированного полого электрода, который разогревается частично за счет мощности основного разряда.

При температуре разрядной камеры ниже температуры испарения поступление рабочего вещества в разряд существенно снижается. Для повышения температуры разрядная камера дополнительно разогревается. Регулирование тока разогрева разрядной камеры позволяет оптимизировать поступление рабочего вещества в разряд.

Экспериментальные данные

Упрощенный вариант источника ионов был разработан и изготовлен на базе оборудования имплантационной установки «Везувий-15А» [9]. Функциональная схема источника ионов с электропитанием приведена на рис. 2. В этом источнике отсутствует дополнительный разогрев разрядной камеры.

Источник размещается внутри герметичного корпуса, что обеспечивает минимальную подачу балластного газа $\leq 0,2$ см³/мин при зажигании разряда. В качестве распыляемого вещества использовалась медь ($t_{пл} = 1083$ °С, $t_{кип} = 2300$ °С).

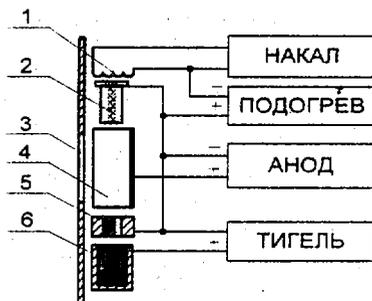


Рис. 2. Функциональная схема источника ионов.
1 – подогреватель катода; 2 – катод; 3 – эмиссионная щель; 4 – анод; 5 – антикатод; 6 – тигель с распыляемым веществом.

Испытания источника проводились с целью определения работоспособности конструкции источника и уточнения конструкции отдельных элементов (катода, антикатада, соотношения размеров катода и размера отверстия антикатада, испытания конструкции тигля), а также выяснения режимов работы источника.

Для электропитания источника ионов использовались недостаточно мощные системы питания имплантатора «Везувий-15», что ограничивало возможности определения вольт-амперных характеристик и уточнения режимов работы источника. Дополнительно были разработаны и изготовлены макеты источников питания анода и тигля. Параметры систем питания приведены в таблице.

Наименование	Напряжение, В	Ток нагрузки, А	Мощность, Вт
Накал	5	120	600
Подогрев	1200	1,5	1800
Анод («Везувий-15А»)	800	2	1600
Анод	800	0,5	400
	300	2,5	750
Тигель	300	0,5	150

В качестве катода использовался вольфрамовый эмиттер, изготовленный из проволоки диаметром $\varnothing = 0,6$ мм и длиной $h = 14$ мм в экранирующих молибденовых держателях с экраном, который снижает тепловое излучение эмиттера. Такая сборка обеспечивала устойчивую эмиссию катода при электронном подогреве $U_n = 400$ В, $I_n \leq 1,5$ А, т.е. мощность подогрева не превышала $W_n = 600$ Вт.

При работе источника на парах меди разрядный ток менялся в пределах от 0,5 до 2 А в зависимости от скорости поступления в разряд паров меди, которая определялась разностью потенциалов "тигель - антикатод U_{AT} ".

Список литературы

1. *Владимиров А. И., Саенко В. А., Ю. П. и др.* Источник ионов с рабочим веществом в твердой фазе. - Дубна, 1971. - 12 с. - (Препр. / ОИЯИ; P13-5559).
2. *Пасюк А. С., Третьяков Ю. П.* Ионные источники для получения многозарядных ионов из твердых веществ. - Дубна, 1972. - 12 с. - (Препр. / ОИЯИ; P7-6668).
3. *Пасюк А. С., Воробьев В. Л., Иванников Р. И. и др.* Источник многозарядных ионов кальция и цинка. - Дубна, 1969. - 10 с. - (Препр. / ОИЯИ; P7-4488).
4. *Демьянов А. В., Папаш А. И., Кутнер В. Б. и др.* Исследование выхода многозарядных ионов из дугового циклотронного источника с катодами, изготовленными методом порошковой металлургии: Аннотация докл. на XI Всесоюз. совещ. по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1985. - (Депонир. ст. в ОИЯИ). - Дубна, 1986. - Б19 - 86 - 36. - 104 с.
5. *Кутнер В. Б., Пасюк А. С., Третьяков Ю. П. и др.* Источники многозарядных ионов с катодным распылением твердого рабочего вещества. - Дубна, 1978. - 13 с. - (Препр. / ОИЯИ; P9-11281).
6. *Бредихин М. Ю., Ильенко А. П., Третьяков Ю. П. и др.* Источник многозарядных ионов для электростатического ускорителя с внешним инжектором // Вопросы атомной науки и техники. Сер. общей ядерной физики. - 1980. - Вып. 12. - С. 65.
7. *Freeman JH* New Source for an Electromagnetic Isotope Separator // NIM. - 1963. - Vol. 22. - P. 306.
8. *Хоренко В. К., Ильенко А. П., Бредихин М. Ю. и др.* Установка ионной имплантации малых и средних доз // Электронная промышленность. - 1989. - Вып. 7. - С. 10 - 15.

Поступила в редакцию 25.03.05.

Научное издание

ВАЛЬКОВ Александр Евгеньевич
ДЕМЬЯНОВ Александр Васильевич
КОЛОСОВ Александр Иосифович
КАМЫШНИКОВ Юрий Иванович
РУДЕНКО Татьяна Прокофьевна

ИСТОЧНИК ИОНОВ ГАЗООБРАЗНЫХ И ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ
ДЛЯ МАСС-СЕПАРАТОРА

Редактор Л. Н. Троян

Подп. к печ. 04.05.05. Формат 60 x 90/16. Бум. офс.

Усл.-печ. л. 0,23. Тираж 150 экз. Зак. 43

Институт ядерных исследований НАН Украины

03680, Киев-28, проспект Науки, 47
