

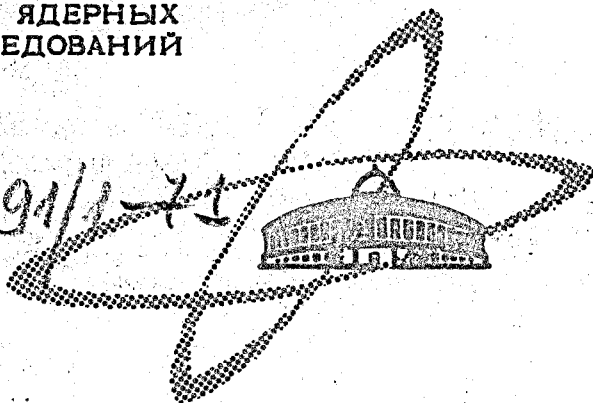
СЗ45Н + СЗ41.1м

П - 328
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 6014

3491/1-71



А.Пиотровски, В.И.Райко, Х.Тыррофф

ИОННЫЙ ИСТОЧНИК
ДЛЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

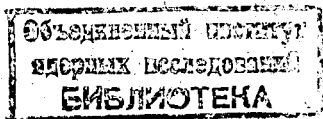
1971

P13 - 6014

А.Пиотровски, В.И.Райко, Х.Тыррафф

**ИОННЫЙ ИСТОЧНИК.
ДЛЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Направлено в ПТЭ



1. В в е д е н и е

В последнее время лабораторные масс-сепараторы все более широко используются в ядерной спектроскопии, в исследованиях физики твердого тела и при изучении атомных столкновений. Для этих целей через масс-сепараторы должно переноситься небольшое количество вещества при величинах ионных токов 10^{-6} - 10^{-3} а. Ниже дается описание плазменного ионного источника магнетронного типа ^{/1,2/}, который может быть использован в таких масс-сепараторах.

Источник был разработан для разделения короткоживущих радиоактивных изотопов, образующихся при облучении различных мишеней протонами 660 Мэв на синхроциклотроне ОИЯИ. (Программа ЯСНАПП) ^{/3/}.

Количество радиоактивного элемента после выделения его из облученной мишени радиохимическим методом составляло 10^{-9} - 10^{-12} гр. Поэтому для поддержания газового разряда и для настройки режима работы масс-сепаратора в источник подается газ-носитель и загружается несколько миллиграммов стабильного элемента-маркера, близкого по массе к разделяемому радиоактивному элементу. При разделении короткоживущих изотопов процесс разделения должен происходить достаточно быстро. Поэтому источник оборудован узлом автоматического ввода рабочего вещества без выключения его электропитания.

Для используемого масс-сепаратора типа "ИЗОЛЬДА" ^{/4/} необходим ионный пучок круглого сечения с малой угловой расходимостью. Условия для формирования такого пучка подробно были исследованы в работе ^{/5/}.

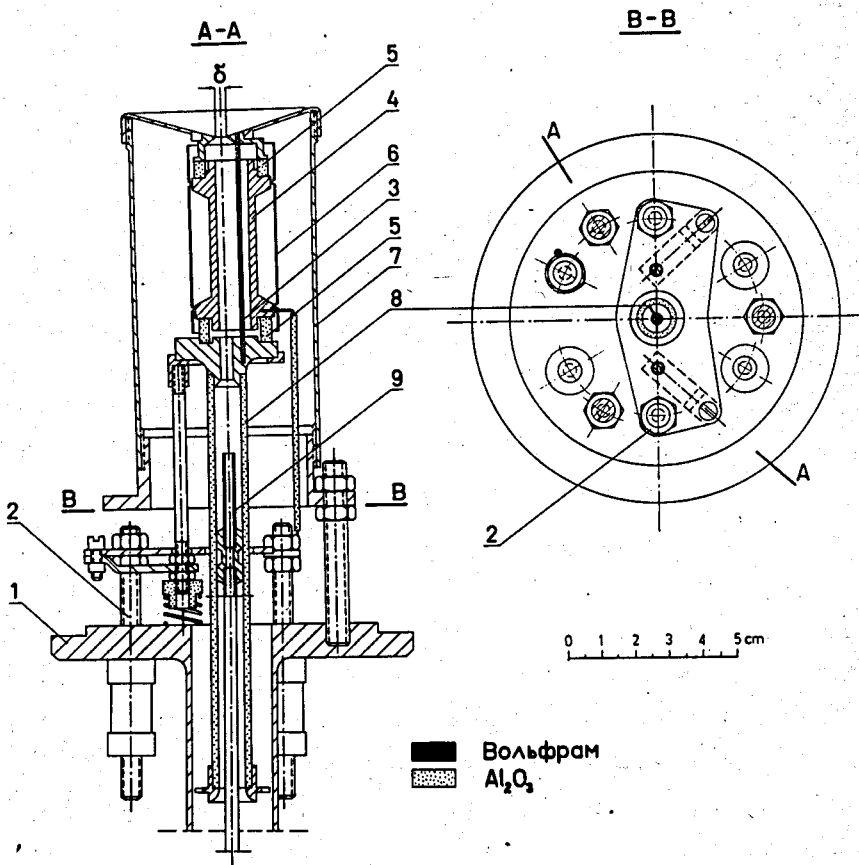


Рис. 1. Магнетронный ионный источник. 1 - опорный фланец; 2 - токовводы; 3 - катод; 4 - разрядная камера; 5 - изоляторы; 6 - тепловой экран; 7 - кожух; 8 - подводящая трубка; 9 - ампула с радиоактивным веществом.

2. Конструкция ионного источника

Чертеж ионного источника приводится на рис. 1. Разрядная камера (4), изготовленная из графита или молибдена, изолирована алуновыми кольцами (5) от нижней и верхней крышки. Катод (3) из вольфрамовой проволоки δ 1 мм вставлен в отверстия в этих крышках, которые находятся под катодным потенциалом и являются отражателями электронов. В верхней крышке имеется отверстие δ для выхода ионов. Диаметр выходного отверстия варьировался от 0,5 до 3 мм.

Через отверстие в нижней крышке и трубку (8) осуществляется ввод газа и паров рабочего вещества в разрядную камеру. Так как при работе источника разрядная камера нагрета до 1000°C , то вдоль трубки (8) наблюдается перепад температуры (от 100 до 1000°C , если трубка изготовлена из керамики). Таким образом, перемещая внутри трубки шток с ампулой (9), в которой находится рабочее вещество, можно регулировать температуру испарения. Требуемый градиент температуры по длине трубки подбирается путем изменения толщины ее стенок, а также подбором материалов с различной теплопроводностью (металлы, графит, керамика). Юстировка деталей источника и их фиксация осуществляются наружным кожухом (7). Источник устанавливался внутри соленоида, создающего продольное магнитное поле.

На рис. 2 дается схема автоматического ввода рабочего вещества в ионный источник. Ампула (П) с рабочим веществом вводится на подвижном штоке в вакуумный объем до шибера (Ш). После этого может быть включено все электропитание источника. После предварительной откачки этого объема через клапан (V_0) открывается шибер (Ш), и шток с ампулой вводится в испарительную трубку (Т) при помощи цилиндра с поршнем (Пм). Положение ампулы в трубке, а, следовательно, и ее температура, контролируются потенциометром ($Y_{\text{П}}$). Все операции осуществляются с помощью пневмоприводов, управляемых клапанами (V_y).

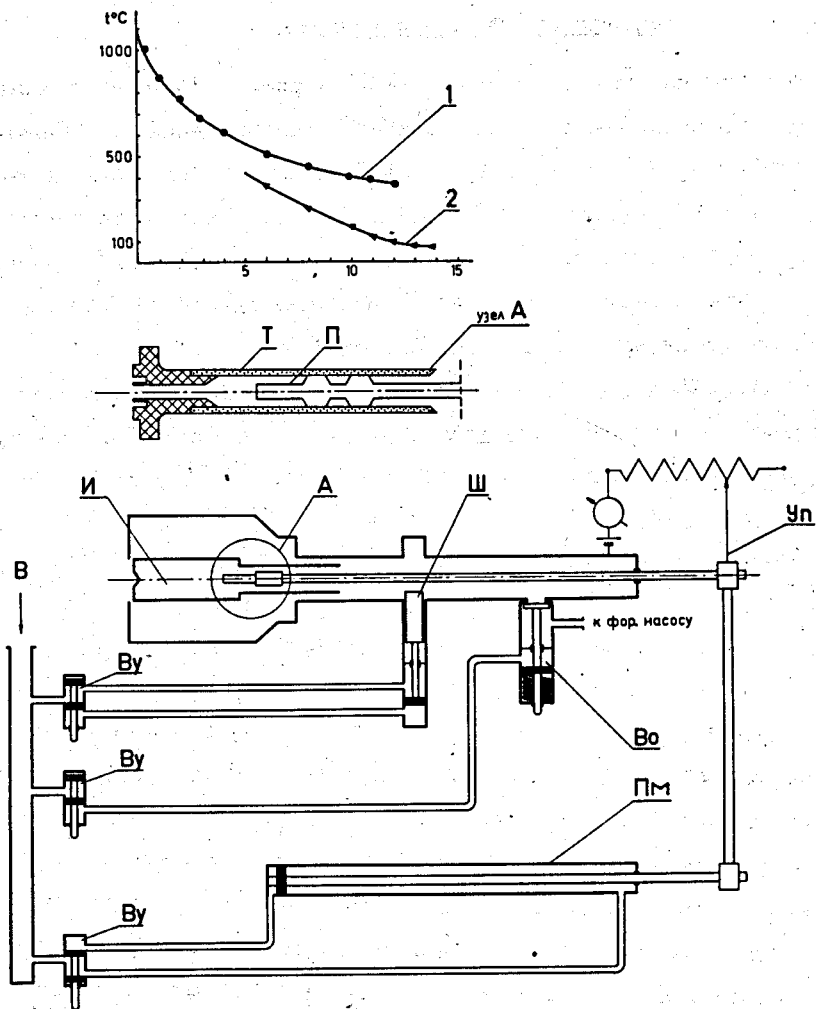


Рис. 2. Устройство для ввода рабочего вещества в ионный источник. П - ампула с радиоактивным веществом; Т - подводящая трубка-испаритель; И - ионный источник; Ш - вакуумный шибер; Уп - потенциометр; В₀ - клапан для вакуумной откачки; П_м - пневмоцилиндр; В_у - клапаны для управления пневмоприводами. На графике: распределение температуры по длине подводящей трубки. 1 - для трубки из нержавеющей стали; 2 - для керамической трубки.

Экспериментальные результаты

Эффективность или газовая экономичность ионного источника является его основным параметром. На рис. 3 приводятся экспериментальные значения эффективности для однозарядных ионов ксенона в зависимости от скорости (κ) подачи этого газа в источник при различных диаметрах выходного отверстия δ . Для каждого значения κ параметры газового разряда в источнике подбирались для получения максимального тока Xe^+ . Изменение параметров осуществлялось в пределах: ток разряда - 0,5-3 а, напряжение разряда - 50-200 в, ток катода - 45-60 а, магнитное поле источника 100-200 э. Максимальная эффективность достигается практически при минимально возможном для существования газового разряда давлении внутри разрядной камеры. Пунктирная кривая иллюстрирует эффективность широко распространенного ионного источника типа Нильсена ^{/8/}.

С описанным ионным источником на масс-сепараторе типа "ИЗОЛЬ-ДА" было получено разрешение массовых линий более 1000 (см. рис.4). Следует заметить, однако, что режим ионного источника для наилучшего разрешения может отличаться от режима, отвечающего максимальной эффективности. Это подробно исследовалось в работе ^{/5/}.

Ионный источник успешно использовался для разделения короткоживущих изотопов таллия ^{/7/}. В качестве вещества-маркера применялся стабильный свинец, режим ионного источника устанавливался по носителю-ксенону, при величине ионного тока 25 мка. Для $\delta=1$ мм разрешающая способность составляла 1000, а эффективность разделения зависела от времени разделения, как показано на рис. 5.

Авторы благодарят Р. Арльта, Т. Фенеша и И. Махунку за интерес к работе и В.А. Быстрова за высокое качество механических работ.

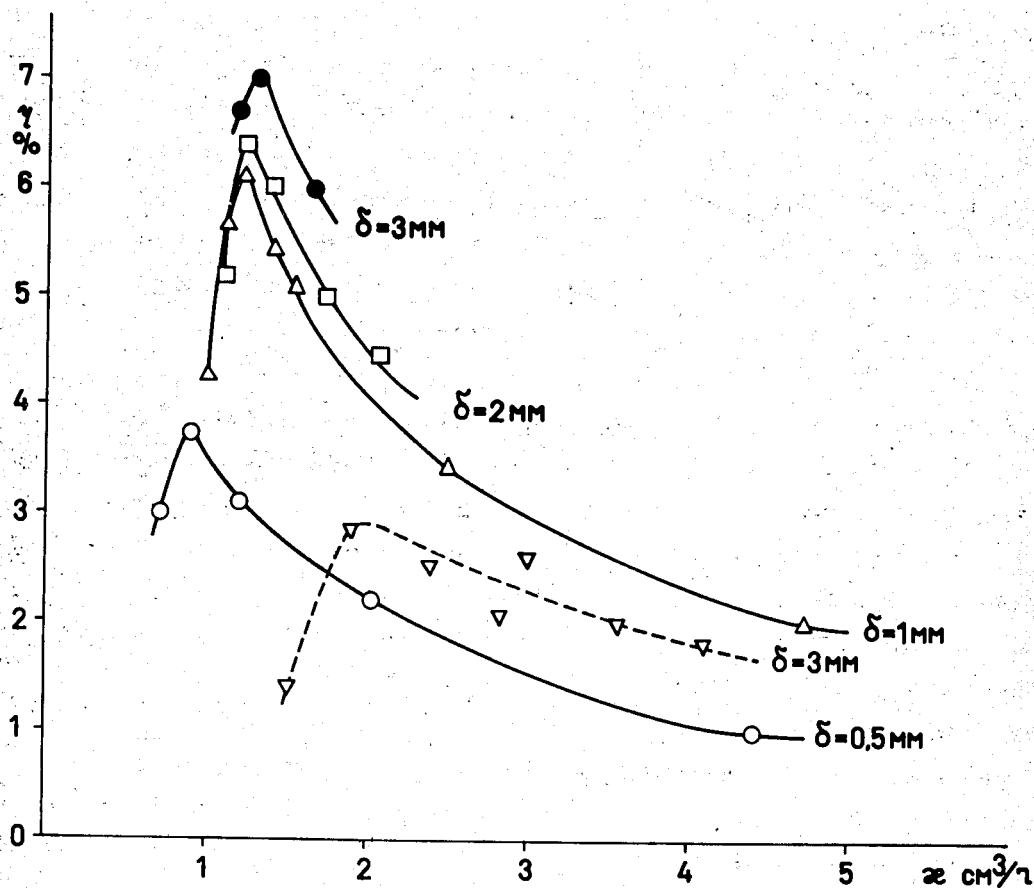


Рис. 3. Зависимость эффективности ионного источника от скорости подачи X_e при различных диаметрах выходного отверстия δ . (Сплошные кривые - источник магнетронного типа; пунктирные линии - источник с осцилляцией электронов типа Нильсена).

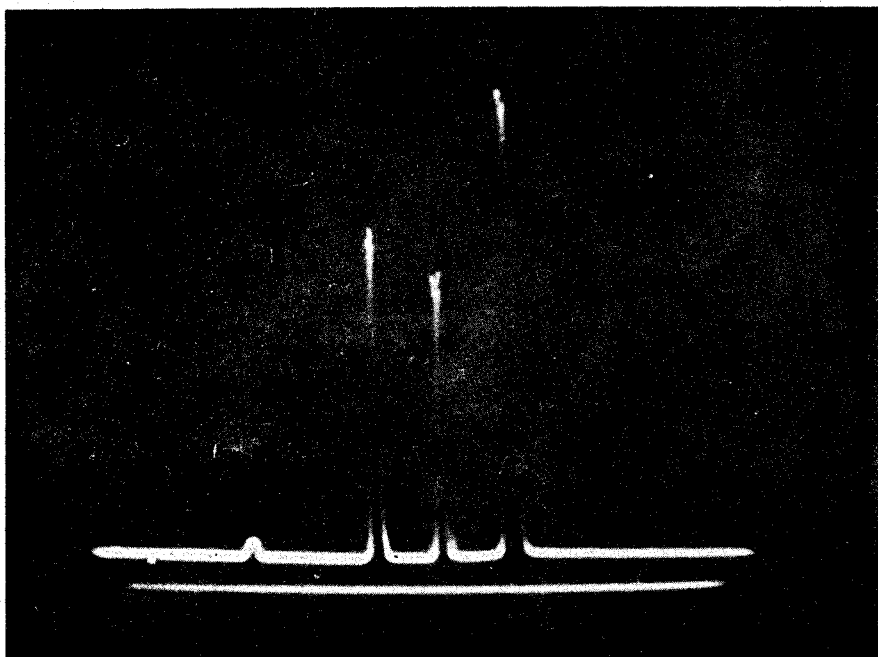


Рис. 4. Массовый спектр стабильных изотопов свинца.

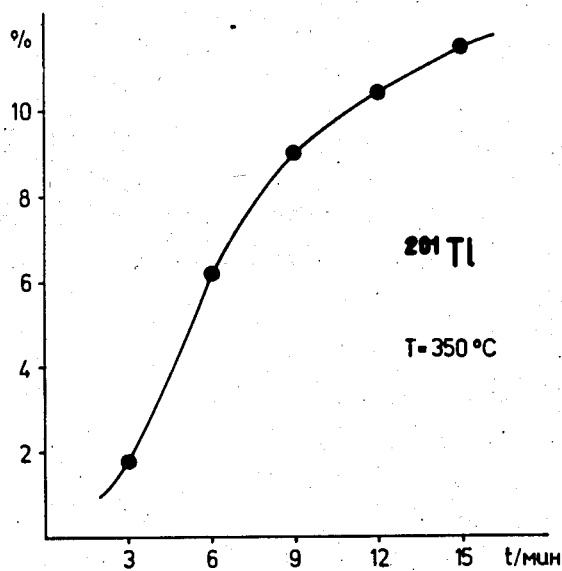


Рис. 5. Зависимость выхода изотопа Tl-201 от времени разделения.

Л и т е р а т у р а

1. B. Čobić, P. Cibin, D. Tošić. Proceedings on the Seventh International Conference on Phenomena in ionised Gases Vol III, Beograd 1966.
2. J.H. Freeman, Nuclear Instruments and Methods, 22, 306 (1963).
3. Г. Музиоль, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Препринт ОИЯИ Р6-4487, Дубна (1969).
4. Preprint CERN 70-3, 1970.
5. А. Пиотровски, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Препринт ОИЯИ Р13-5369, Дубна, 1970. A. Piotrowski, V.I. Raiko, H. Tyrroff. Proceedings to the Conference on Electromagnetic Isotope Separators. Marburg (1970).
6. K.O. Nielsen. Nuclear Instruments and Methods, 1, 239-301 (1957).
7. T. Fenyes, I. Mahunka, M. Mahunka, Z. Maté, A. Piotrowski, L. Tron, H. Tyrroff, J. Vandlik, N.G. Zaitseva. Proceedings to the "Conference on the Properties of Nuclei far the Region of Beta Stability". LEYSIN, 1970. CERN Publ; 70-30 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел
27 августа 1971 года.