

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3959/2-75



13/x-75

С 344.10

Б-734

P13 - 8961

Д.Д.Богданов, И.Воборжил, А.В.Демьянов,  
В.А.Карнаухов, Л.А.Петров

ИОННЫЙ ИСТОЧНИК  
С ПОВЕРХНОСТНОЙ ИОНИЗАЦИЕЙ  
ДЛЯ БЭМС-2 - МАСС-СЕПАРАТОРА  
НА ПУЧКЕ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

1975

P13 - 8961

Д.Д.Богданов, И.Воборжил, А.В.Демьянов,  
В.А.Карнаухов, Л.А.Петров

ИОННЫЙ ИСТОЧНИК  
С ПОВЕРХНОСТНОЙ ИОНИЗАЦИЕЙ  
ДЛЯ БЭМС-2 - МАСС-СЕПАРАТОРА  
НА ПУЧКЕ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

В настоящей работе описана новая конструкция ионного источника с поверхностной ионизацией для масс-сепаратора БЭМС-2 <sup>/1/</sup>. Этот прибор, работающий на пучке циклотрона тяжелых ионов У-300, предназначен для исследования радиоактивных изотопов, значительно удаленных от линии бета-стабильности. Малые времена жизни и низкие сечения образования этих изотопов определяют основные требования к установкам такого типа: высокая эффективность, достаточное быстродействие, надежность при длительной работе на пучке. Изменения, которые были внесены в конструкцию ионного источника <sup>/1/</sup>, имели целью увеличение надежности его работы при высоких температурах, необходимых для эффективной ионизации редкоземельных элементов.

Конструкция ионного источника схематически показана на *рис. 2*. Вольфрамовый ионизатор <sup>/3/</sup> имеет форму двух сопряженных цилиндров, отличающихся диаметром.

Узкая часть ионизатора, обращенная к вытягивающему электроду, имеет наружный диаметр 12 мм, внутренний - 8 мм, длину 20 мм. Доньшко ионизатора снаружи выполнено в виде конуса с углом при вершине 135° для формирования параксиального пучка ионов, вытягиваемых из выходного отверстия /  $\phi = 0,7$  мм /. Широкая часть ионизатора обращена к мишени <sup>/1/</sup> и закрыта тонкой танталовой фольгой <sup>/1,8 мкм/</sup>, прозрачной для ядер отдачи, выбиваемых пучком из мишени. Длина этой части ионизатора 12 мм, наружный диаметр - 25 мм, внутренний - 19 мм. Такой размер входного "окна" ионизатора выбран, исходя из реального размера пучка ядер отдачи.

Фольга плотно прижимается к ионизатору тонкостенным танталовым цилиндром <sup>/2/</sup> / толщина стенки 0,3 мм/

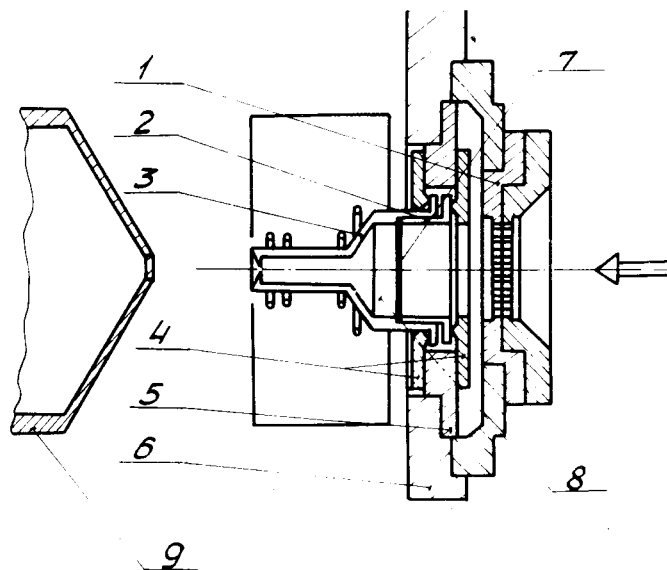


Рис. 1. Схематический вид ионного источника. 1 - кассета с мишенью, 2 - цилиндр из тантала для прижима фольги, 3 - ионизатор, 4 - танталовые кольца, 5 - прокладка из титана, 6 - медный держатель, 7 - фольга из тантала, 8 - стопер из тантала, 9 - вытягивающий электрод.

через промежуточные кольца из вольфрамовой фольги /50 мкм/. Внутри ионизатора помещен стопер /8/ ядер отдачи из тантала. Ионизатор вместе с прижимом фольги /2/ удерживается в рабочем положении танталовыми кольцами /4/ с узкими зубьями. Эти кольца для уменьшения теплопровода крепятся через титановую прокладку /5/ на массивный медный держатель /6/, охлаждаемый водой. С другой стороны держателя крепится медная кассета с мишенью /1/.

Нагрев ионизатора осуществляется бомбардировкой электронным пучком, эмиттируемым двумя вольфрамовыми спиралями с независимым питанием.

В описанной конструкции ионизатора была достигнута возможность создавать перепад температуры между об-

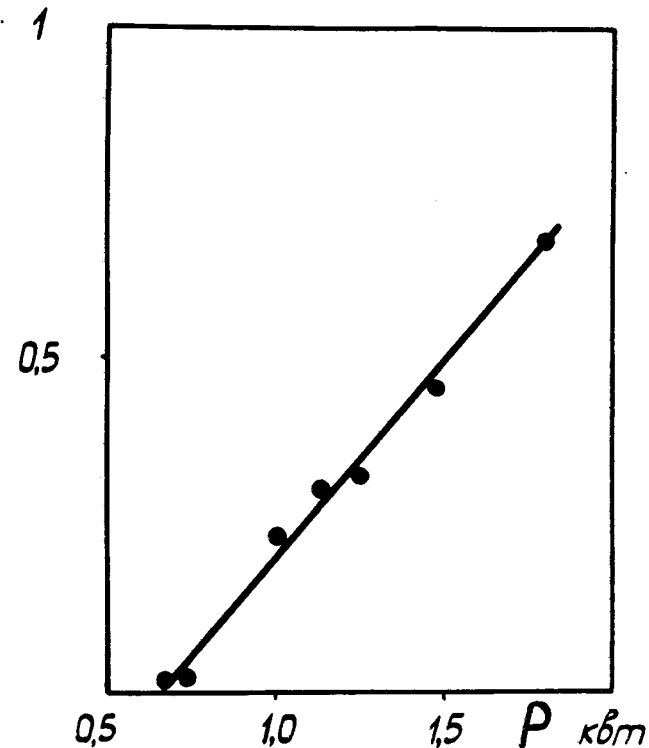


Рис. 2. Зависимость эффективности сепарации диспрозия /в относительных единицах/ от мощности электронного пучка, нагревающего ионизатор.

ластью выходного отверстия и входной фольги. Это было важно для того, чтобы увеличить срок службы фольги, как наименее жаропрочного элемента источника. Обычно нагрев ионизатора осуществлялся таким образом, чтобы температура в районе выходного отверстия /основная область ионизации/ было примерно на 600-700° выше, чем температура фольги.

Укажем также на другие изменения в конструкции ионного источника по сравнению с вариантом, описанным в работе <sup>1/</sup>. Они относятся к узлу мишени. Для некоторых опытов, когда требуется быстрая смена мишени, сконструирована и изготовлена подвижная рамка - держатель двух мишеней, охлаждаемая водой. Перемещение рамки,

т.е. замена одной мишени другой, осуществляется электрическим моторчиком без нарушения вакуума. Кроме этого, между ионизатором и мишенью был введен тепловой экран в виде тонкой графитовой пленки /50-100 мкг/см<sup>2</sup>/. Пленка крепилась на медную кассету мишени со стороны ионизатора. Дело в том, что, несмотря на интенсивное охлаждение медного держателя /6/, мощное тепловое излучение разогретого до высокой температуры ионизатора приводит к значительному нагреву фольги-мишени. В первых опытах /2/ мы использовали в качестве мишеней фольги из тугоплавких металлов /Zr, Nb, Mo/. Применение в качестве мишеней слоев вещества, нанесенных на алюминиевую подложку, было практически невозможно. Введение теплозащитной графитовой пленки заметно снизило температуру на мишени и позволило в течение длительного времени проводить облучение окиси кадмия, нанесенной на подложку из алюминия /5 мкм/. Надежная тепловая защита мишени особенно важна в случае использования дорогих разделенных изотопов.

Продукты ядерных реакций, выбитые из тонкой мишени бомбардирующей частицей, проходят через танталовую фольгу, закрывающую внутреннюю полость ионизатора, и внедряются в танталовый стопер. Из разогретого до высокой температуры стопера внедренные атомы диффундируют на поверхность, испаряются и при соударении с горячими стенками ионизируются с некоторой вероятностью. Ионы извлекаются из полости ионизатора через выходное отверстие и ускоряются электростатическим полем.

Приведем некоторые экспериментальные данные, полученные при работе с этим источником. На рис. 2 показана зависимость эффективности сепарации <sup>150</sup>Dy / T<sub>1/2</sub> = 7 мин/ от мощности электронного пучка, нагревающего ионизатор. Этот альфа-активный изотоп получался за счет реакции с испарением 6 нейтронов при облучении разделенного изотопа <sup>124</sup>Sn ионами <sup>32</sup>S /мишень была изготовлена в виде слоя окиси ≈ 2 мг/см<sup>2</sup>, нанесенного на золотую фольгу толщиной 1 мкм/. Для детекции <sup>150</sup>Dy использовалось приемное устройство в фокальной плоскости сепаратора, описанное в /1/. Для сравнения на рис. 3 приведена аналогичная кривая для <sup>76</sup>Rb / T<sub>1/2</sub> = 39 с/. Этот изотоп получался в реакции <sup>50</sup>Cr( <sup>32</sup>S, 3p 3n)

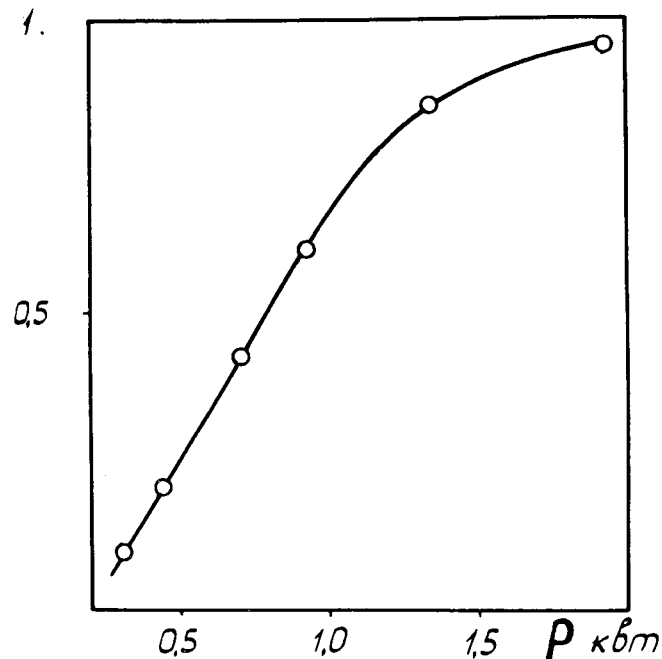


Рис. 3. Зависимость эффективности сепарации рубидия /в относительных единицах/ от мощности нагрева ионизатора.

и детектировался по бета-активности в фокальной плоскости масс-сепаратора, настроенного на выделение изобара с  $\Lambda = 76$ . В табл. 1 дана связь между мощностью подогрева и температурой T<sub>1</sub> в районе выходного отверстия и температурой фольги T<sub>2</sub>.

Таблица 1.

Мощность кв	0,5	1,0	1,5
T <sub>1</sub> - температура у выходного отверстия °К	2300	2600	2900
T <sub>2</sub> - температура фольги °К	1600	1900	2150

Температура стопера при этом имеет промежуточное значение. В этих измерениях ток накала в обеих вольфрамовых спиралях был одинаковый. В обоих случаях зависимости эффективности от мощности подогрева имеют вид пороговых кривых, что следует связать с процессом диффузии атомов из стопера.

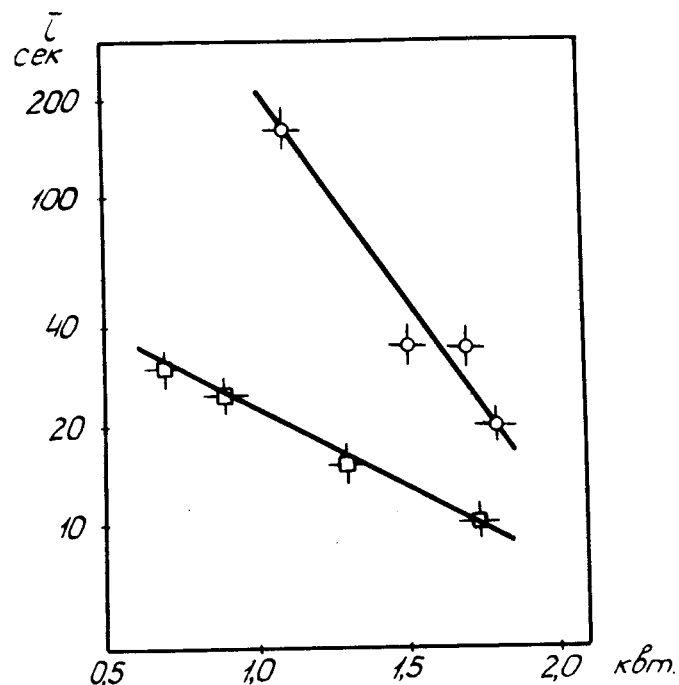


Рис. 4. Зависимость времени удержания диспрозия и рубидия в ионном источнике от мощности подогрева ионизатора: Dy —  $\circ$ , Rb —  $\square$ .

Абсолютная эффективность выделения  $^{150}\text{Dy}$  была определена для  $T_1 = 2600$  К. Активность  $^{150}\text{Dy}$  в фокальной плоскости сравнивалась с альфа-активностью с  $T_{1/2} = 7$  мин для ядер отдачи, вышедших из мишени. Для определения последней между мишенью и ионизатором помещалась танталовая сетка, задерживавшая половину ядер

отдачи. Определение количества  $^{150}\text{Dy}$  на этой сетке проводилось после облучения. Таким образом была получена величина эффективности, равная  $20 \pm 5\%$ .

Были проведены измерения времен удержания в ионном источнике диспрозия ( $^{150}\text{Dy}$ ) и рубидия ( $^{87}\text{Rb}$ ). В этих опытах пучок бомбардирующих частиц периодически перекрывался заслонкой и измерялось накопление активности в фокальной плоскости сепаратора в функции времени.

Результаты этих измерений приведены на рис. 4. Быстродействие источника для рубидия, так же, как и для цезия<sup>/1/</sup>, по-видимому, определяется процессом диффузии атомов из стопера. В случае диспрозия времена удержания существенно больше, чем для рубидия. Это может быть связано с более значительным временем адсорбции атомов диспрозия на стенках ионизатора<sup>/3/</sup>.

Опыт работы с этим ионным источником показал его большую надежность и удобство в эксплуатации по сравнению с вариантом, описанным в<sup>/1/</sup>.

Авторы благодарны академику Г.Н.Флерову за внимание к работе, группе эксплуатации циклотрона за обеспечение облучений, В.А.Чугрееву за проведение конструкторских работ, В.М.Плотко за изготовление графитовых пленок.

#### Литература

1. V.A.Karnaikhov, D.D.Bogdanov, A.V.Demyanov, G.I.Koval and L.A.Petrov. Nucl. Instr. Meth., 120, 69 (1974).
2. Д.Д.Богданов, А.В.Демьянов, В.А.Карнаухов, Л.А.Петров. Препринт ОИЯИ, Р6-7716, 1974.
3. Б.К.Медведев, Н.И.Попов, Ю.И.Беляков. ФТТ, 15, 2620 /1973/.

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 июня 1975 года.