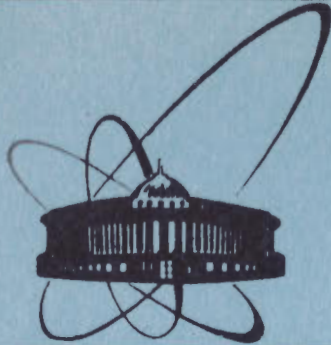


187/184



Объединенный  
Институт  
Ядерных  
Исследований  
Дубна

P9-84-254

С.Л.Богомолов, А.А.Ефремов, И.М.Ковальчук,  
В.Б.Кутнер, А.С.Пасюк

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАНОВ  
ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО НАПУСКА РАБОЧЕГО ГАЗА  
В ЦИКЛОТРОННЫЙ ИСТОЧНИК  
МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ

Направлено на VI Всесоюзный семинар  
по ионным источникам /Киев, 1984 г./

1984

Проблема синтеза трансурановых элементов и задачи физики взаимодействия сложных ядер требуют увеличения интенсивности ускоренных пучков тяжелых ионов.

Возможности получения высокозарядных ионов в зависимости от различных параметров разряда в ионном источнике изучены в [1], где показано, что выход наиболее высоких зарядностей существенно зависит от расхода рабочего газа. Наибольшая интенсивность высокозарядных ионов достигается при некотором оптимальном расходе, соответствующем минимуму подачи рабочего газа, необходимого для устойчивого горения разряда. Этот факт связан с тем, что с уменьшением концентрации нейтралей в разряде повышается температура электронов и уменьшается вероятность рекомбинации и перезарядки. Поэтому варьирование параметра расхода газа предполагает некоторые преимущества в получении более интенсивных пучков высокозарядных ионов.

В [2,3] показано увеличение выхода высокозарядных ионов из циклотронного дугового источника при импульсном напуске рабочего газа. Осуществление импульсного напуска газа позволяет также в 1,5-2 раза снизить расход рабочего газа, что имеет особо важное значение при использовании в качестве последнего редких разделенных изотопов.

Реализация импульсного напуска газа в циклотронный источник является сложной технической задачей, так как клапан должен быть расположен непосредственно на газоразрядной камере в центре циклотрона /чтобы обеспечить необходимую глубину модуляции/ и иметь весьма ограниченные размеры, определяемые радиусом первого оборота ионного пучка.

В настоящей работе изучены характеристики различных клапанов /с вращающимся барабаном, пьезоэлектрического и электромагнитного/, разработанных для импульсного напуска газа в циклотронный ионный источник.

## 1. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ИОННОГО ИСТОЧНИКА В РЕЖИМЕ ИМПУЛЬСНОГО НАПУСКА ГАЗА

На рис.1 показаны осциллограммы импульсов тока разряда /нижние лучи/ и полного тока вытянутых ионов для соответствующих моментов импульса газа. Видно, что вершины импульсов токов характеризуются формой огибающей импульса газа в указанные моменты. Время задержки импульса разряда относительно импульса газа позволяет варьировать давление в разрядной камере в момент поджига,



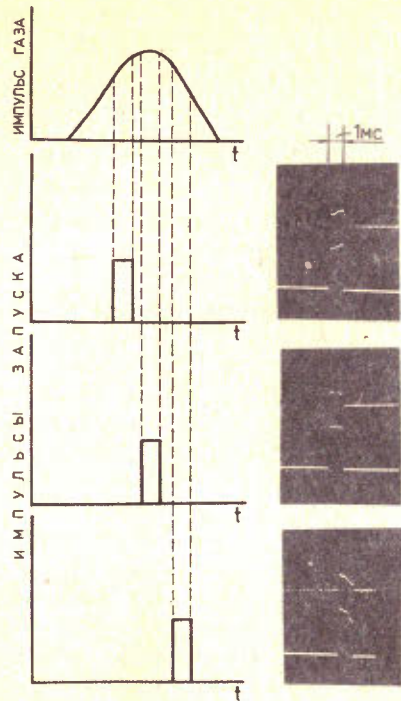


Рис.1. Временные диаграммы импульса газа и осциллограммы вытянутого тока ионов /верхние лучи/ и тока дуги.

и его изменение в течение разряда. Таким образом, источник ионов с импульсным напуском газа в сравнении с источником с непрерывным напуском имеет ряд дополнительных временных параметров:  $T$  - период следования импульсов газа,  $t_p$  - длительность импульса,  $\tau$  - время задержки начала импульса разряда относительно начала импульса газа.

## 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАНОВ

Изучение характеристик клапанов проводилось по схеме, представленной на рис.2. Клапан устанавливался на камеру ионного источника. Нить накала служила катодом прямого накала и электрически соединялась с антикатодом. На них подавался постоянный отрицательный относительно камеры-анода потенциал. Между нитью-катодом и анодом был установлен коллектор для регистрации ионов, образующихся при ионизации осциллирующим электронным пучком по-

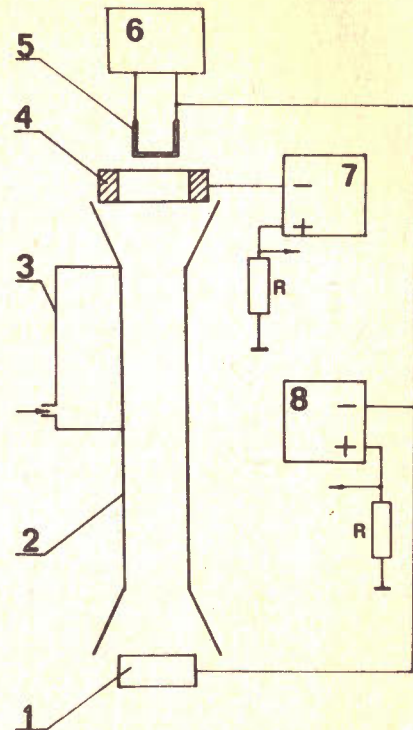


Рис.2. 1 - антикатод, 2 - разрядная камера, 3 - клапан, 4 - коллектор ионов, 5 - нить накала, 6,7,8 - выпрямители.

ступающего в камеру газа. Поскольку коллектор ионов расположен на небольшом расстоянии  $\sim 15$  мм/ от катода, то можно предположить, что форма импульса ионного тока, регистрируемого коллектором, близка к форме газового потока, поступающего в камеру. Исследование характеристик клапанов проводилось на стенде ионных источников в магнитном поле 0,5 Т.

## 3. МОДУЛЯТОР ПОТОКА ГАЗА С ВРАЩАЮЩИМСЯ БАРАБАНОМ

Источник ионов с модулятором потока газа показан на рис.3. Модулятор представляет собой два пустотелых коаксиальных барабана/4/, один из которых неподвижно закреплен на камере источника, а другой вращается внутри неподвижного барабана, который соединяется с газоразрядной камерой сквозным отверстием. Во вращающемся барабане также имеются отверстия. Газ в камеру источника поступает при совмещении отверстий обоих барабанов. Внутренний барабан служит буферным объемом, обеспечивающим постоянный поток газа при открывании отверстия в камеру источника. В этот барабан газ подается непрерывно через обычный игольчатый

вентиль. Период следования импульсов газа определяется скоростью вращения и числом отверстий внутреннего барабана. Длительность импульса газа определяется размерами отверстий в барабанах и скоростью вращения внутреннего барабана.

На вставке рис.3 представлены осциллограммы ионного тока, опережающего импульс с фотодиода, регистрирующего свечение разряда и расположенного в области эмиссионной щели. Крутизну фронта и среза импульса газа можно менять путем изменения формы отверстий во вращающемся барабане. Синхронизация импульсов поджига разряда с импульсами газа осуществляется посредством синхроконтатов, замыкающихся при совпадении отверстий в барабанах.

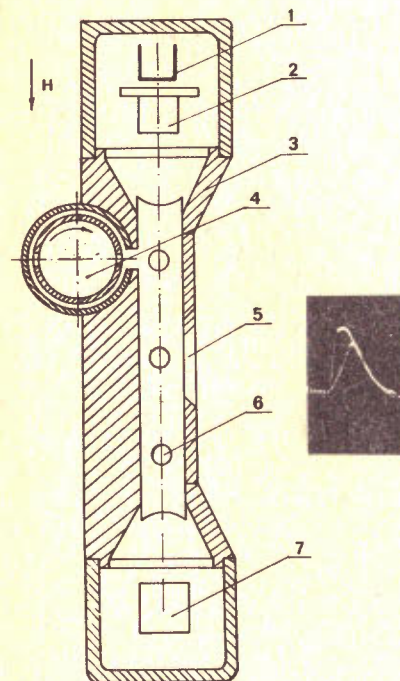


Рис.3. 1 - нить накала, 2 - катод, 3 - разрядная камера, 4 - модулятор, 5 - эмиссионная щель, 6 - фотодиод.



#### 4. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КЛАПАНЫ

За основу пьезоэлектрического клапана взято устройство, описанное в [5]. На рис. 4 показана камера ионного источника с закрепленным на ней клапаном. В корпус клапана, являющегося буферным объемом, непрерывно поступает газ. Пьезоэлемент при подаче на него импульса напряжения изгибается и открывает отверстие, через которое газ поступает в разрядную камеру. Параметры импульсов газа определяются амплитудой и длительностью импульсов напряжения, подаваемых на пьезоэлемент, а также давлением газа в буферном объеме, которое регулируется игольчатым вентилем.

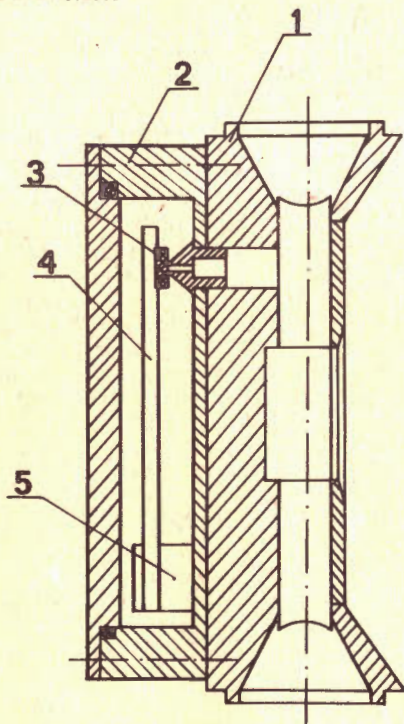


Рис. 4. 1 - разрядная камера, 2 - корпус клапана, 3 - уплотнение, 4 - пьезоэлемент /рамка с обмоткой/, 5 - узел крепления и регулировки.

При работе электромагнитного клапана в поле 2 Т необходима более тонкая регулировка амплитуды и длительности управляющего импульса, чем при поле 0,5 Т.

Синхронизация импульсов поджига разряда осуществляется от переднего фронта импульсов управления клапанами.

Устройство электромагнитного клапана аналогично устройству пьезоэлектрического клапана. При пропускании импульса тока через обмотку рамки она отклоняется и открывает отверстие для напуска газа в камеру источника.

На рис. 5 и 6 показаны осциллограммы импульсов ионного тока /нижние лучи/ при различных параметрах импульсов напряжения на пьезоэлементе и на обмотке электромагнитного клапана соответственно. Осциллограммы сняты при частоте работы клапанов 150 Гц.

Задержка между импульсами управления клапанами и импульсами ионного тока определяется скоростью срабатывания клапанов и составляет 0,5-1 мс в зависимости от параметров управляющих импульсов. Клапаны были испытаны также в магнитном поле циклотрона /~2 Т/ при работающем ионном источнике. Режим работы пьезоэлектрического клапана в сильном магнитном поле не отличается от режима работы в поле 0,5 Т.

При работе электромагнитного клапана в поле 2 Т необходима

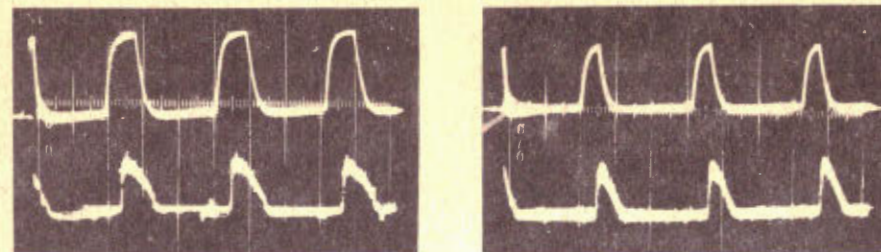


Рис. 5. Осциллограммы импульсов ионного тока /нижние лучи/ и импульсов напряжения на пьезоэлементе. Развертка - 2 мс/дел., масштаб по вертикали - 1 В/дел. /нижние лучи/, 50 В/дел. - верхние лучи.

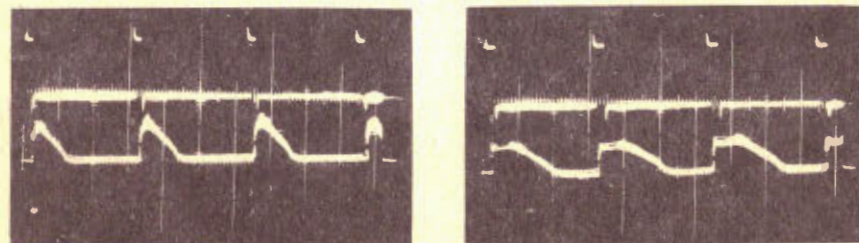


Рис. 6. Осциллограммы импульсов ионного тока /нижние лучи/ и импульсов напряжения на обмотке рамки. Развертка - 2 мс/дел., масштаб по вертикали - 2 В/дел. /нижние лучи/, 1 В/дел. /верхние лучи/.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованные в работе клапаны позволяют формировать импульсные потоки газа с параметрами, необходимыми для работы циклотронного источника.

К недостаткам модулятора с вращающимся барабаном следует отнести высокие технологические требования к его изготовлению, связанные с необходимостью обеспечения минимального зазора между барабанами при высоких (3000 об/мин) скоростях вращения; невозможность оперативного регулирования длительности и формы импульсов газа; использование синхроконтатов для синхронизации работы источника с импульсом газа.

Пьезоэлектрический и электромагнитный клапаны отличаются конструктивной простотой. Они обеспечивают регулировку параметров импульсов газа в достаточно широких пределах. Следует отметить, что характеристики электромагнитного клапана зависят от уровня магнитного поля.



Авторы выражают благодарность К.И.Семину, Е.А.Масленникову, В.М.Полканову, В.В.Борисову за полезные консультации, А.А.Еропкину - за помощь в изготовлении и наладке клапанов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пасюк А.С., Третьяков Ю.П., Горбачев С.К. АЭ, 1968, 24, с.21.
2. Пасюк А.С., Кутнер В.Б. ОИЯИ, Р9-82-47, Дубна, 1982.
3. Pasyuk A.S., Kutner V.B., Bogomolov S.L. In: Proc. XVI Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases. Düsseldorf, 1983, vol.5, p.770.
4. Иванов М.П., Пасюк А.С., Иванников Р.И. Авт.свид.СССР №434509 от 27.03.73 г. Бюлл.ОИПОТЗ, 1974, № 24, с.124.
5. Гарнов В.А. и др. ПТЭ, 1980, № 4, с.165.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 апреля 1984 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды V Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды V Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований



ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Богомолов С.Л. и др.

P9-84-254

Изучение характеристик клапанов для импульсного напуска рабочего газа в циклотронный источник многозарядных ионов

Описаны различные клапаны для импульсного напуска газа в циклотронный дуговой источник многозарядных ионов: с вращающимся барабаном, электромагнитный, пьезоэлектрический. Изучены характеристики /длительность и форма/ газовых потоков, формируемых клапанами. Показано, что пьезоэлектрический и электромагнитный клапаны обеспечивают возможность регулировки амплитуды и длительности импульсов потока газа в широких пределах.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Bogomolov S.L. et al.

P9-84-254

Study of Characteristics of Valves for Pulsed Gas Feed into Multicharged Ion Cyclotron Source

Different valves (with rotating drum, piezoelectric and electromagnetic) for pulsed gas feed into cyclotron multicharged ion arc source are described. It is shown that piezoelectric and electromagnetic valves provide a possibility of regulating in a wide range the gas pulse parameters.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984