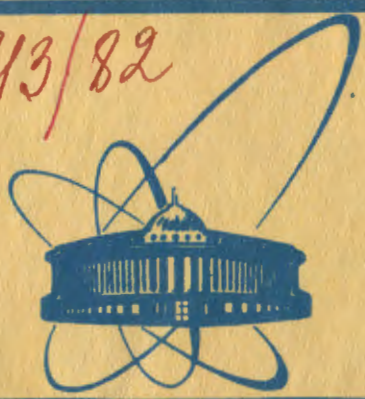


22/11-82

913/82



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

9-81-736

А.А.Глазов, Н.К.Жигалкин, Н.Г.Шакун

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1981

Реконструкция синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в сильноточный фазотрон с вариацией магнитного поля /1/ затрагивает практически все основные системы ускорителя. Вновь разрабатываемые узлы фазотрона должны в дальнейшем обеспечивать длительную и надежную работу ускорителя, и поэтому все новые элементы необходимо тщательно исследовать перед их окончательным изготовлением и установкой на ускорителе.

Описываемый стенд создан для моделирования и исследования отдельных систем ускорителя: ионных источников /ИИ/ с закрытым столбом разряда, системы аксиальной инжекции ионов и элементов электростатического вывода пучка.

В настоящей работе дается краткое общее описание стенда и более подробно рассматриваются только системы и оборудование, используемые для проведения исследований ионных источников с закрытым столбом разряда. Общий вид стенда и схема его основных систем показаны на рис.1 и 2.



Рис.1. Общий вид стенда для исследования ионных источников.

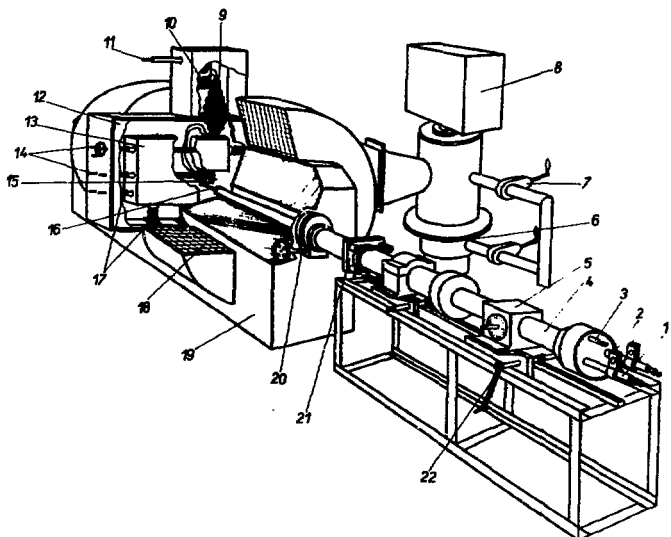


Рис. 2. Схема стенда для исследования ионных источников: 1, 2 - охлаждаемые токоподводы накала катода; 3 - штуцер подачи газа; 4 - шток ионного источника; 5 - механизм поворота штока вокруг оси; 6 - вакуумный агрегат ВА-2-3; 7 - форвакуумная линия; 8 - магнито-разрядный насос "Норд-250"; 9 - проходной высоковольтный изолятор; 10 - тороидальные трансформаторы; 11 - высоковольтный кабель; 12 - вакуумная камера; 13 - дуант; 14 - механизм привода пробников; 15 - пробники; 16 - разрядная камера ИИ; 17 - изоляторы; 18, 19 - обмотка и ярмо электромагнита; 20 - эксцентриковый механизм; 21 - шпозовое устройство; 22 - привод штока.

Стенд состоит из следующих основных узлов и систем: электромагнита; вакуумной камеры; вакуумной системы; штока ионного источника; дуанта с набором пробников для измерения характеристик пучка ионов; системы питания, контроля и управления стендом; системы очистки и подачи рабочего газа.

На электроды дуанта подается постоянное или импульсное напряжение, поэтому стенд можно представить как "1/2-оборотный" циклотрон с аксиальным вводом ионного источника.

ЭЛЕКТРОМАГНИТ

На стенде использован электромагнит с диаметром полюсов 50 см. В каждом полюсе и ядре магнита имеются отверстия диаметром 100 мм, в которых размещаются элементы ионного источника или тракт аксиальной инжекции. Один из полюсов магнита сделан подвижным, что позволяет изменять магнитный зазор от 0 до 500 мм. На стенде выдержан зазор между полюсами, равный 120 мм, что соответствует магнитному зазору в центре фазотрона. При указанном зазоре магнит позволяет получить магнитную индукцию в центре магнита 1,355 Т при потребляемой мощности 50 кВт. Кривая возбуждения магнита показана на рис. 3, а на рис. 4 - зависимость магнитной индукции от радиуса. Спад магнитной индукции в центре /из-за наличия аксиальных отверстий/ составляет около 5%. Радиальная компонента магнитной индукции оказывает существенное влияние как на условия разряда в ионном источнике, так и на аксиальную инжекцию ионов в центр ускорителя. Частичное уменьшение радиальной компоненты можно осуществить при помощи стальных вставок в отверстия. Влияние вставок на распределение магнитного поля показано на рис. 4 /кривые 2-4/.

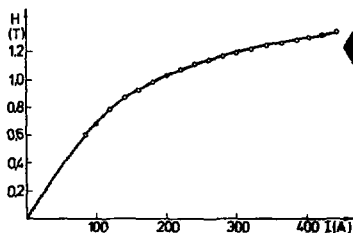
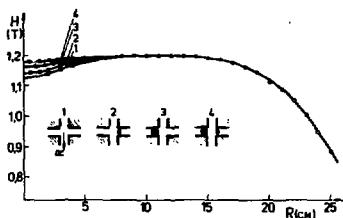


Рис. 3. Кривая возбуждения электромагнита.

Рис. 4. Зависимость магнитной индукции от радиуса магнита: 1 - с открытыми аксиальными отверстиями; 2, 3, 4 - с частичным заполнением аксиальных отверстий ферромагнитным материалом.



ВАКУУМНАЯ КАМЕРА И ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА

Вакуумная камера изготовлена из дюралюминия. Рабочий зазор камеры - 120 мм, причем для обеспечения максимальной индукции магнитного поля в зазоре часть боковых стенок камеры, прилегающих к полюсам электромагнита, изготовлена из магнитного

материала. Объем вакуумной камеры $0,175 \text{ м}^3$. Откачка производится диффузионным вакуумным агрегатом ВА-2-3 с жидкоазотной ловушкой со скоростью откачки $0,500 \text{ м}^3/\text{с}$. Форвакуумная откачка осуществляется механическими насосами ВН-6 ($0,150 \text{ м}^3/\text{с}$) и ДВН-1500 ($1,500 \text{ м}^3/\text{с}$). Возможно также осуществление безмасляной откачки магнитоэлектрическим насосом "Норд-250". Максимальный вакуум, получаемый в вакуумной камере, $7 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$.

ШТОК ИОННОГО ИСТОЧНИКА

Стенд позволяет исследовать ионные источники типа источника Пеннинга с закрытым столбом разряда, работающие в сильном аксиальном магнитном поле. Источник, укрепленный на конце штока, вводится в камеру через отверстие в ярме и полюсе магнита. Эксцентриковый механизм, аналогичный примененному в 88-дюймовом циклотроне LRL^{2/2}, позволяет перемещать разрядную камеру в плоскости, перпендикулярной штоку, а тонкая система регулировки с нониусным отсчетом перемещает ее в аксиальном направлении на $+30 \text{ мм}$ относительно положения, зафиксированного при вводе ионного источника в камеру.

Предусмотрена также возможность вращения источника вокруг продольной оси с точностью установки угла $0,9^\circ$ и с помощью внешнего привода - изменения расстояния между катодом и анодной диафрагмой на $+10 \text{ мм}$ с точностью $0,1 \text{ мм}$.

Расположенная внутри штока система токо-, газо- и водоподводов выполнена в двух вариантах, что позволяет работать как с обычными, так и с аксиально-симметричными катодами.

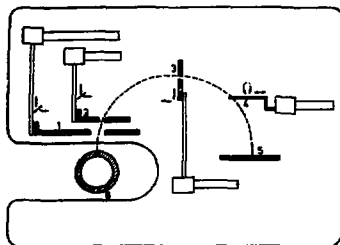
ДУАНТ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРОБНИКАМИ

Система отсасывающих электродов и пробников для измерения параметров пучка смонтирована на "1/2-оборотном" дуанте. Общий вид дуанта показан на рис.5, а схема расположения и перемещения электродов и пробников - на рис.6. Дуант высотой 60 мм крепится в вакуумной камере на керамических изоляторах. Электроды и пробники, расположенные внутри дуанта, имеют возможность перемещаться в двух направлениях одновременно, что обеспечивается системой механизмов перемещения, расположенных на фланце вакуумной камеры. Регулировка положения пробников осуществляется штоками со вставками из изоляционного материала. Постоянное или импульсное напряжение подается на дуант через герметичный разъем, к которому подключены также все электроды пробников.



Рис.5. Общий вид дуанта с измерительными пробниками.

Рис.6. Схема расположения и перемещения пробников в дуанте: 1,2,3,4 - пробники; 5 - коллектор.



СИСТЕМА ОЧИСТКИ И ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ГАЗА

Система газоподачи базирується на установці для очищення водороду "Палладій-0,1-Д"^{3/8}, забезпечуючої вихід чистого водороду до $3 \cdot 10^{-5}$ м³/с з вмістом домішок (O₂+N₂) менше $1 \cdot 10^{-7}$ %. Блок-схема установки очищення водороду показана на рис.7. Водород очищується шляхом його пропускання через нагріті діафрагми з палладієвого сплаву PdCrH-10-5,5. Очищений водород поступає в іонний джерело або в спеціальний балон для чистого водороду. Кількість подаваного газу ре-

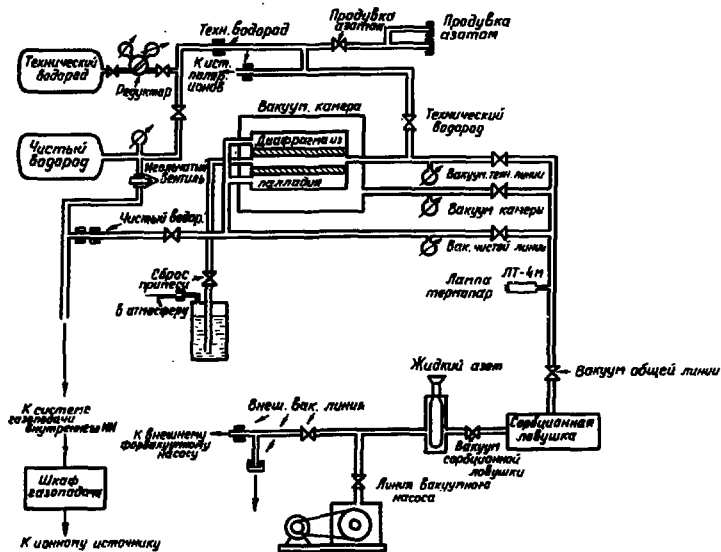


Рис. 7. Блок-схема системы очистки и подачи водорода.

гулируется дистанционно при помощи управляемого игольчатого вентиля. Для поддержания постоянного расхода газа перед игольчатым вентилем установлен регулятор давления, поддерживающий постоянное давление на входе в игольчатый вентиль. Положение иглы вентиля /расход газа/ регистрируется многооборотным прецизионным потенциометром.

СИСТЕМА ПИТАНИЯ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Блок-схема системы питания, контроля и управления приведена на рис. 8. Она включает в себя мотор-генератор возбуждения магнита с пультом дистанционного управления двигателем и регулятором тока генератора, источники питания нити накала переменным и постоянным током, высоковольтный регулируемый выпрямитель отсоса, системы водоохлаждения, газоподачи и импульсного питания^{1/4}. Управление источниками питания накала, высоковольтным выпрямителем, игольчатым вентилем системы газоподачи,

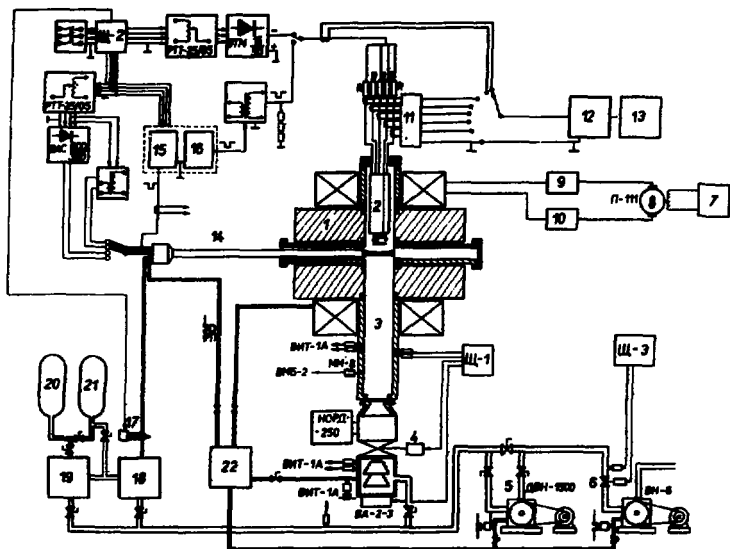


Рис.8. Блок-схема системы питания, управления и контроля стенда для исследования ионных источников: 1 - электромагнит; 2 - дуант с системой пробников; 3 - вакуумная камера; 4,5,6 - форвакуумная система; 7,8,9,10 - система питания электромагнита на базе мотор-генератора МГ-10Д; 11,12,13 - система диагностики пучка; 14 - шток ионного источника; 15 - модулятор дуги; 16 - модулятор отсоса; 17 - игольчатый вентиль; 18,19 - система очистки водорода; 20 - баллон с техническим водородом; 21 - баллон с очищенным водородом.

а также элементами вакуумной системы осуществляется со щитов, имеющих развитую схему блокировок и сигнализации, снабженных коммутационной аппаратурой и необходимыми измерительными приборами.

Управление импульсными системами питания осуществляется с передних панелей стоек.

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА

В связи с тем, что шток с разрядной камерой ИИ электрически соединены с корпусом установки и имеют нулевой потенциал, напряжение дуги подается на катод, а напряжение отсоса - на дуант с измерительными пробниками. Для ИИ установки "Ф" напряжение дуги представляет собой последовательность импульсов с частотой 600 Гц, длительностью 50 мкс, напряжением до 2 кВ и током до 30 А. Напряжение, подаваемое на систему отсоса, регулируется от 0 до 50 кВ и может быть постоянным либо импульсным.

При импульсном характере работы ИИ и высоком потенциале на токонесущих проводниках измерение токов осуществляется бесконтактным методом с помощью тороидальных трансформаторов и интеграторов, описанных в работе ^{1/4}, либо с помощью светодиода, установленного в высоковольтной цепи, и ФЭУ, разделенных изоляционным промежутком.

Помимо этого с помощью многоточечного автопотенциометра осуществляется непрерывная запись режимов и условий работы ИИ по следующим показателям: ток и напряжение накала, средний ток отсоса, напряжение отсоса, вакуум в камере, положение игольчатого вентиля. Эти же данные с помощью кнопочного коммутатора могут быть выведены на цифровой вольтметр. В настоящее время реализована возможность сканирования и обработки практически всех аналоговых и релейных сигналов на линии с ЭВМ "MERA-60".

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И.Х.Ноздрину, М.Г.Акимову и сотрудникам цеха опытного производства Лаборатории ядерных проблем за участие в работах по созданию стенда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 9-3211, Дубна, 1967.
2. Naughian J.M. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1962, vol.18, 19, p.559-561.
3. Быстрицкий В.М. и др. ПТЭ, 1972, №2, с.226.
4. Аккурстов В.А. и др. ОИЯИ, 9-11224, Дубна, 1978.