

Б-399

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



15/1-79

164/2-79

P9 - 11858

Ю.Д.Безногих, М.А.Воеводин, Л.П.Зиновьев,
А.Д.Коваленко

НОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА
ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА
СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

1978

P9 - 11858

Ю.Д.Безногих, М.А.Воеводин, Л.П.Зиновьев,
А.Д.Коваленко

НОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА
ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА
СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

*Направлено на VI Всесоюзное совещание
по ускорителям заряженных частиц /Дубна, 1978/*

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Безногих Ю.Д. и др.

P9 - 11858

Новые диагностические устройства инжекционного комплекса синхрофазотрона ОИЯИ

Сообщается о новых диагностических устройствах, расширивших диапазон и возможности оперативного контроля параметров пучков, инжектируемых в синхрофазотрон ОИЯИ. Среди них: малогабаритные датчики, выполненные на основе тороидальных резонаторов, настроенных на первую гармонику частоты следования сгустков, - для контроля и настройки энергетических параметров пучков; два прозрачных датчика, основанных на использовании эффекта ионизации пучком молекул остаточного газа и регистрации вторичных электронов с помощью ФЭУ, - для контроля низкоинтенсивных пучков, а также для наблюдения процесса заполнения камеры ускорителя частицами и захвата их в режим ускорения. Кроме того, описана система измерения абсолютной величины интенсивности пучков ядер в камере синхрофазотрона, состоящая из коллекторного датчика специальной конструкции и электронной аппаратуры, обеспечивающей эффективное подавление синфазных помех. Чувствительность системы - $\sim 5 \cdot 10^4$ зарядов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Beznogikh Yu.D. et al.

P9 - 11858

New Diagnostic Devices for Injection Complex of JINR Synchrophasotron

Some new diagnostic devices being designed for 10 BeV proton synchrotron of JINR are described. These expand the range and resources of monitoring parameters of beams injected into the JINR synchrophasotron. Among them are: 1) compact toroidal cavities tuned on first harmonic of bunch repetition rate (~ 145 MHz) for the beam energy spread and energy modulation monitoring; 2) two devices for nondestructive diagnostic based on residual gas ionization and registration of secondary electrons by photomultipliers for low intensity ($\sim 10^{-7}$ Amps) beam measurements and for monitoring the injection process, particle circulation inside the accelerator etc. from $\sim 3 \cdot 10^5$ charges; 3) a special construction Faraday cup for low intensity beam measurements in the synchrophasotron chamber. The system sensitivity is $\sim 5 \cdot 10^4$ charges.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubno 1978

Одной из составляющих программы работ на синхрофазотроне ОИЯИ является создание новых диагностических устройств, способных обеспечить надежный и оперативный контроль параметров всех пучков. В настоящем докладе кратко сообщается о разработанных и исследованных в последнее время диагностических устройствах.

1. Для контроля за энергетическими параметрами пучков, инжектируемых в синхрофазотрон, на тракте инжекции установлены разработанные в ЛВЭ ОИЯИ /1/ малогабаритные прозрачные датчики, представляющие собой симметричные тороидальные резонаторы, настроенные на частоту ~ 145 МГц. Особенностью конструкции датчиков /рис. 1/ является то, что резонатор отделен от вакуумного объема. Несмотря на наличие ряда факторов, снижающих добротность, таких как наличие диэлектрической вставки, малость зазора и другие, чувствительность датчика оказалась на уровне $0,6 \div 0,7$ В/мА, что дало возможность, с помощью простой схемы подавления высокочастотных помех, применить его для измерений на пучках с токами от ~ 20 мкА и выше.

В настоящее время установлены два таких датчика: один /РД-1/ непосредственно за вакуумным кожухом линейного ускорителя, другой /РД-3/ на расстоянии 21 м от него, за выравнивателем энергии и модулятором энергии. Изготовлен третий датчик /РД-2/, который будет установлен перед выравнивателем энергии.

С каждого датчика используется два выходных сигнала: один через высокочастотный усилитель-ограничитель и ступенчатый фазорегулятор подается на фазовый мост,

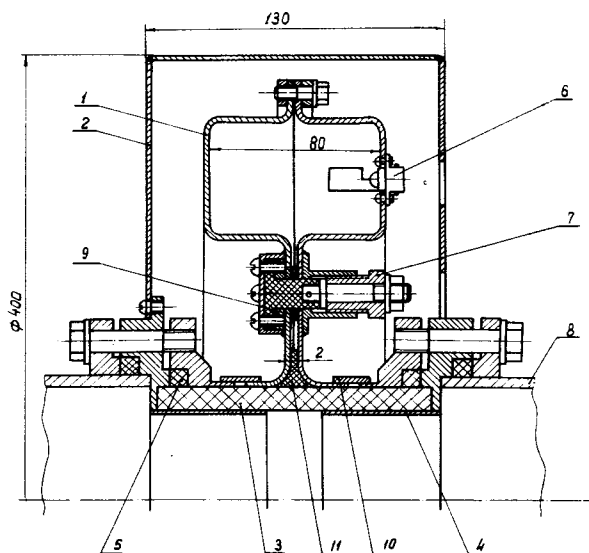


Рис. 1. Конструкция резонаторного датчика: 1 - резонатор, 2 - кожух, 3 - керамическая трубка, 4 - металлические экраны, 5 - вакуумные уплотнения, 6 - петля связи, 7 - механизм грубой подстройки частоты, 8 - ионопровод, 9,11 - фторопластовые шайбы, 10 - металлические обжимы.

выходной сигнал с которого используется для измерения величины модуляции энергии пучка в течение длительности импульса; второй выходной сигнал служит для получения информации об энергетическом спектре пучка /второй сигнал с РД-1 несет информацию только об интенсивности пучка/. Измерительная система дает возможность контролировать параметры пучка не только собственно линейного ускорителя, но и в совокупности с выравнивателем и модулятором энергии.

2. Прозрачный датчик, основанный на использовании эффекта ионизации молекул остаточного газа движущимся пучком заряженных частиц, разработан для тракта инжекции с учетом необходимости получения высокой чувствительности и минимального воздействия на про-

ходящий пучок. Последнее обстоятельство заставило отказаться от известной^{2/} системы плоских электродов, создающих азимутально-несимметричное электрическое поле, вытягивающее вторичные частицы, перпендикулярное направлению движения пучка, и привело к системе цилиндрических, концентрично расположенных электродов, действующих на пучок лишь как очень олабая электростатическая линза. Вторичные электроны, ускоренные до энергии ~ 15 кэВ радиальным электрическим полем, созданным в промежутке между электродами датчика, попадают на коллекторный электрод /рис. 2/, изготовленный из пластического сцинтиллятора, и производят световые вспышки, передаваемые по световоду на фотокатод ФЭУ.



Рис. 2. Вид коллекторного электрода и световода ионизационного датчика для тракта инжекции на стадии сборки.

Чувствительность датчика определяется главным образом эффективной площадью* коллекторного электрода, уровнем вакуума в области датчика, зарядом и скоростью движущегося ядра.

В исследованном варианте конструкции коллекторного электрода и световода эффективная площадь оказалась примерно в 25 раз меньше возможной, поэтому чувствительность датчика составила величину $20 \text{ z}^2 \text{ В/мА}$ /хуже ожидаемой/ при давлении в ионопроводе $\sim 10^{-6} \text{ Тор}$. Основные эксперименты проводились на пучке углерода при токе $3 \div 5 \text{ мкА}$. В настоящее время изготавливаются коллекторный электрод и световод новой конструкции, использование которых позволит существенно увеличить эффективную площадь и, следовательно, чувствительность датчика.

3. Для измерения в квазибетатронном режиме абсолютной величины тока и заряда пучков ядер углерода и других, более тяжелых, разработаны и изготовлены специальная подвижная мишень - коллектор и электронная аппаратура. В измерительном тракте в качестве предусилителей используются быстродействующие электрометрические усилители, собранные на базе операционных усилителей К140УД 8Б, имеющих большое, порядка 1 ГОм /по постоянному току/, входное сопротивление. Для уменьшения внешних наводок, влиянию которых подвержен усилитель с большим входным сопротивлением, мишень выполнена в виде двух параллельных, близко расположенных пластин, одна из которых служит коллектором, а вторая дает сигнал, используемый для компенсации синфазной электростатической наводки. Обе пластины соединены с двумя идентичными электрометрическими усилителями, сигналы с которых подаются на дифференциальный усилитель /К1УТ531/. Подбором внешних элементов последнего удалось получить ослабление синфазной электростатической навод-

* Эффективной площадью мы называем ту часть поверхности коллекторного электрода, световая вспышка с которой вызывает сигнал на выходе ФЭУ выше уровня шумов.

ки 40 дБ в полосе частот от 0 до 10 кГц . Чтобы получить информацию не только о величине заряда, но и о форме тока в цепи коллектора, на выходе предусилителя осуществлено дифференцирование сигнала. Порог чувствительности устройства определяется величиной собственных шумов предусилителя и составляет $\sim 5 \cdot 10^4$ зарядов.

4. Введена в действие система, позволяющая контролировать интенсивность пучка в течение всего времени его пребывания в камере синхрофазотрона, начиная от момента инжекции.

Наиболее интересным для нас является наблюдение процесса накопления частиц в камере синхрофазотрона, их циркуляции и захвата в режим ускорения. Обычно для этих целей используют пояс Роговского^{3/}, магнитопровод которого охватывает рабочую область камеры. В нашем случае, однако, этот способ представляет известные трудности из-за большого размера рабочей области камеры / $1500 \times 400 \text{ мм}$ /. Поэтому разработан еще один ионизационный датчик, отличающийся от описанного ранее только конфигурацией электродов. Исследование датчика на пучках С, N, O, Ne показало, что порог чувствительности системы в режиме интегрирования составляет $\sim 3 \cdot 10^5$ зарядов при давлении $\sim 2 \cdot 10^{-6} \text{ Тор}$, а при измерении формы сигнала - $\sim 10^7$ зарядов. Система испытана во всем диапазоне интенсивностей от 10^5 част./цикл при ускорении ядер углерода до $\sim 10^{14}$ при работе на протонах. Динамический диапазон обеспечивается ослаблением светового потока посредством сменных светофильтров, а также регулировкой усиления ФЭУ.

На рис. 3а,б показаны осциллограммы импульсов, полученных при работе с пучком ядер углерода с помощью устройств, описанных в п.3 /нижний луч/ и п. 4 /верхний луч/.

Рис. 3а соответствует режиму с отключенной ускоряющей станцией, а рис. 3б - с ускорением.

Из приведенных осциллограмм можно заключить, например, что при данной настройке имеются потери пучка $\sim 10\%$ в бетатронном режиме, и коэффициент захвата частиц в синхротронный режим составляет $\sim 1/6$.

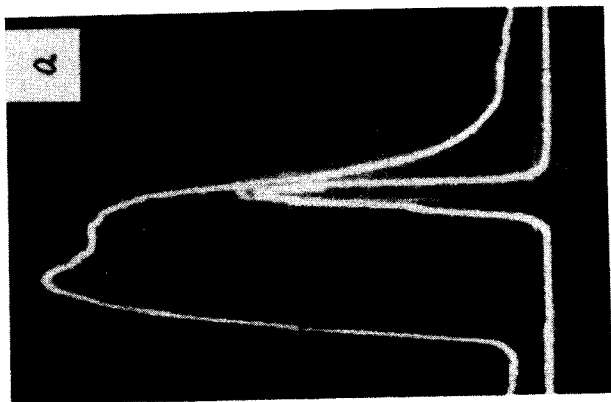
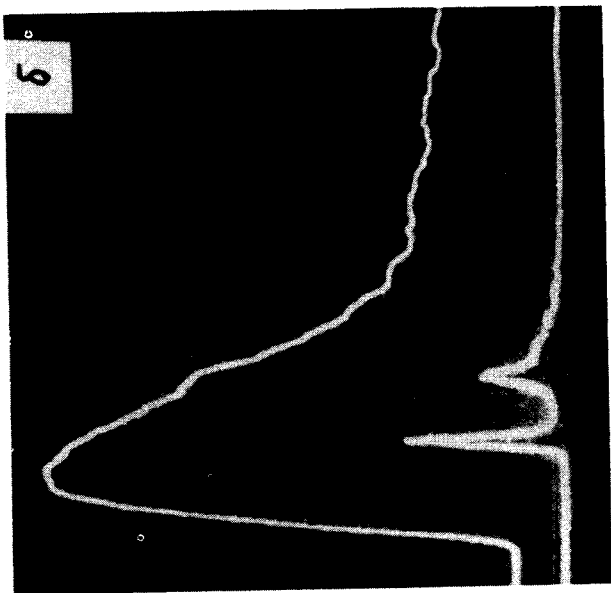


Рис. 3. Осциллограммы импульсов при работе с ядрами углерода. $S = 2 \text{ В/дел}$, $\tau = 250 \text{ нс/дел}$.

Описанные выше измерительные системы позволили получить дополнительную информацию, использованную при проведении работ по повышению интенсивности пучков синхрофазотрона^{4/}, а также при ускорении низкоинтенсивных ядерных пучков.

В заключение авторы выражают благодарность В.А.Попову, А.А.Ларину, В.И.Черникову за большой вклад в проведение конструкторских и наладочных работ по отдельным системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводин М.А. и др. ОИЯИ, Р9-11089, Дубна, 1977.
2. Hornstra F. e.a. In: Proc. of the 6th Int. Conf. on High Energy Accelerator, Cambridge, 1974, p.374.
3. Gardner I.S.K. В сб.: Труды X Международной конференции по ускорителям высоких энергий. Изд-во ИФВЭ, 1977, с.1021.
4. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, Р9-11903, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 августа 1978 года.