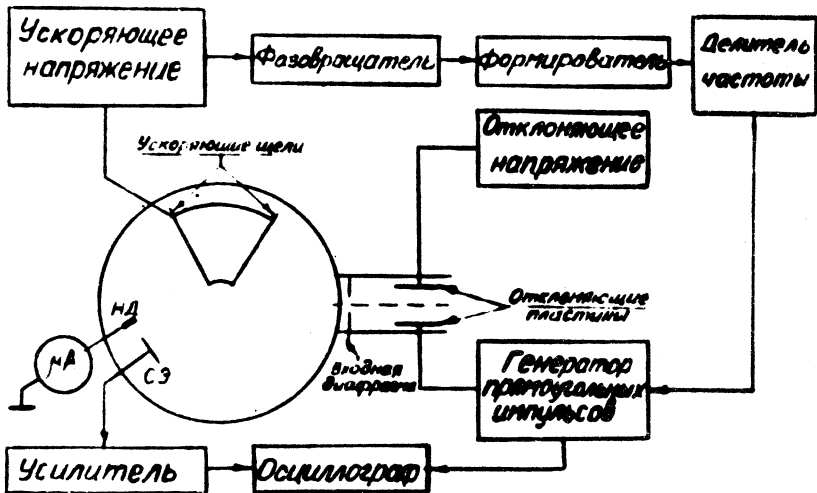


МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПУЧКА ПРИ УСКОРЕНИИ В СЕКТОРНОМ ЦИКЛОТРОНЕ

В. Т. Блохин, Л. Н. Кадауров, Л. П. Нечаева,
В. Я. Рихтер

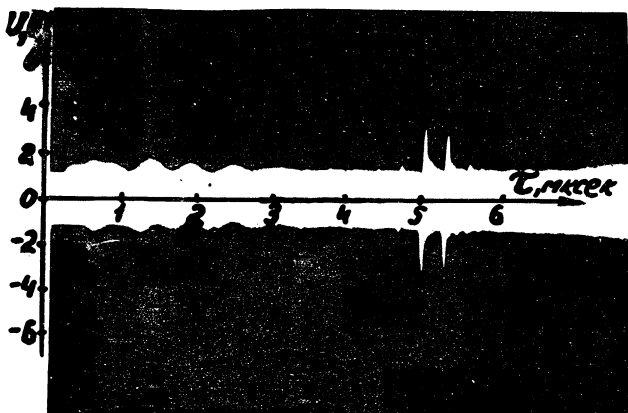
В работе описана методика измерения положения пучка при ускорении в циклотроне, осуществленная на модели трехсекторного циклотрона ФИАН /1/ с внешней инжекцией. Обычно для этой цели пользуются токовыми датчиками /2/, но при этом невозможно определить геометрическое положение ускоренного пучка в циклотроне, если при ускорении виток с большей энергией проходит на меньшем радиусе, чем виток с меньшей энергией (на одном и том же азимуте). Под витком здесь и в дальнейшем подразумевается отрезок траектории ускоренного пучка за один период. Описанная ниже методика позволяет определять геометрическое положение витков и порядок их следования при ускорении на любом азимуте, что оказывается важным, например, при осуществлении вывода ускоренного пучка ионов из циклотрона.

На рис. 1 показана блок-схема устройства, позволяющего выполнять эти измерения. Пучок инжектируемых протонов пропускается в циклотронную камеру в течение времени τ_u , причем $\tau_u < T$, где T - период ускоряющего в.ч. напряжения. Поэтому в течение времени $t = kT$ (k - коэффициент деления делителя частоты) ускоряется лишь один сгусток. Пучок, пройдя с постоянной скоростью расстояние от входной цапфы до первой ускоряющей щели дуанта, ускоряется и, совершив некоторое количество витков n , регистриру-



Р и с. 1. Блок-схема измерительной установки.

ется пикап-электродом. Импульсы напряжения, наводимые на пикап-электрод проходящим около него пучком, усиливаются и подаются на вертикальные пластины осциллографа, горизонтальная развертка которого запускается передним фронтом прямоугольных импульсов,



Р и с. 2. Осциллограмма импульсов, наводимых на пикап-электрод сгустками ускоренных протонов.

пропускающих инжектируемый пучок в циклотронную камеру. На рис.2 приведена осциллограмма импульсов, наводимых на пикап-электрод сгустками ускоренных протонов при длительности инжекции $\tau_{и} = 0,1$ мксек и частоте инжекции 10 кгц. Генератор прямоугольных импульсов синхронизован в.ч. напряжением, приложенным к дуанту, при помощи делителя частоты и фазовращателя так, чтобы при подходе к дуанту пучок попадал в ускоряющую фазу. Время τ , прошедшее от начала инжекции до появления импульса на экране осциллографа, состоит из времени τ_0 , необходимого на прохождение пучком расстояния от входной диафрагмы до первой ускоряющей щели дуанта, времени ускорения и времени задержки в подводящем кабеле и распределенном усилителе $\tau_{уд}$ (это время измерено экспериментально). Если угол между первой ускоряющей щелью

и азимутом, на котором расположен датчик (по ходу пучка), обозначить Ω , а число витков n , то

$$\tau = \tau_0 + \tau_{\text{зад}} + \frac{\Omega}{2\pi} T + (n - 1)T.$$

Таким образом, число витков оказывается равным

$$n = \frac{\tau - \tau_0 - \tau_{\text{зад}}}{T} - \frac{\Omega}{2\pi} + 1.$$

Для определения геометрического положения витков использовалась система из трех датчиков: одного пикап-электрода (сигнальный электрод - СЭ) и двух непрозрачных датчиков, установленных на разных азимутах. Пучок, попадающий на непрозрачные датчики, можно регистрировать по току и визуально по свечению на кварцевых пластинах. Все три датчика могли с помощью специальных устройств перемещаться по радиусу, а непрозрачные датчики - с помощью сферического вильсоновского уплотнения и по азимуту.

Измерение геометрического положения проводилось следующим образом. С помощью СЭ на экране осциллографа наблюдали сигнал от проходящего ускоряемого пучка. Затем одним из непрозрачных датчиков, путем перемещения его в камере, перекрывали этот пучок. Перекрытие пучка определялось по исчезновению сигнала на экране осциллографа. По месту положения непрозрачного датчика, перекрывающего пучок, определялось геометрическое положение последнего. Повторяя эти измерения для одного и того же сигнала несколько раз, можно оценить точность, с которой определялось геометрическое положение пучка. Она оказалась ± 2 мм. (Расстояние между соседними орбитами в конце ускорения ~ 5 мм.) Эта точность в основном определялась нестабильностью ускоряющего напряжения. Необходимо отметить, что этот способ измерения положения ускоряемого пучка представляет особый интерес, когда неизвестен порядок следования витков.

В заключение авторы приносят благодарность Н. М. Архипову и В. А. Гладышеву за помощь в работе и полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
18 мая 1971 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. А. Гладышев, Л. Н. Кацауров, А. Н. Кузнецов, Е. М. Мороз, Л. П. Нечаева. Атомная энергия, 19, 442 (1965).
2. H.-H. Feldmann. IEEE Trans. on nuclear science, 13, №4, 30 (1966).