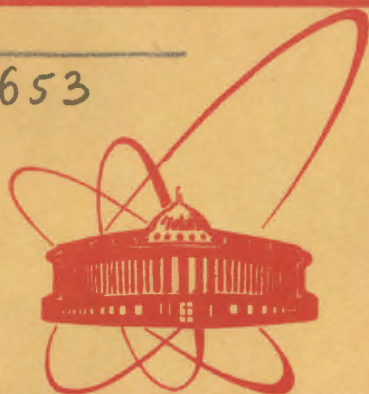


И-653



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

5592/2-79

7/1-80

P9 - 12726

В.Д.Инкин, А.А.Мозелев, В.П.Саранцев,
С.И.Тютюнников

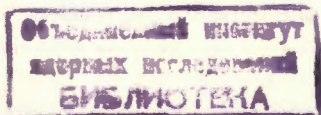
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОНОВ
ПО ТОРМОЗНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ
НА АТОМАХ ОСТАТОЧНОГО ГАЗА
В КАМЕРЕ АДГЕЗАТОРА КУТИ
НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ СЖАТИЯ КОЛЬЦА

1979

P9 - 12726

В.Д.Инкин, А.А.Мозелев, В.П.Саранцев,
С.И.Тютюнников

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОНОВ
ПО ТОРМОЗНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ
НА АТОМАХ ОСТАТОЧНОГО ГАЗА
В КАМЕРЕ АДГЕЗАТОРА КУТИ
НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ СЖАТИЯ КОЛЬЦА



Инкин В.Д. и др.

P9 - 12726

Метод определения числа электронов по тормозному излучению на атомах остаточного газа в камере адгезатора КУТИ на начальном этапе сжатия кольца

Определена конфигурация системы измерения числа электронов по их тормозному излучению при рассеянии на атомах остаточного газа в камере адгезатора на начальном этапе сжатия кольца. Аппаратура, регистрирующая тормозное излучение, выполнена в стандарте КАМАК и функционирует на линии с ЭВМ ТРА-і. Для работы с аппаратурой КАМАК и обработки информации используется расширенный вариант языка ФОКАЛ. Все это позволяет определять число электронов в каждом цикле ускорителя.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Inkin V.D. et al.

P9 - 12726

Methods of Determination of Electron Number by Bremsstrahlung on Residual Gas at the First Stage of Ring Compression in KUTI Adgesator

The configuration of the system has been defined for measuring the number of electrons over their bremsstrahlung on residual gas in the adgesator chamber at the first stage of ring compression. The apparatus has been performed in the CAMAC system and operates on-line with TPA-і computer. For work with CAMAC apparatus and for information process an extended version of FOKAL language is used. That allows one to determine the number of electrons in every acceleration cycle.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

© 1979 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

1. ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы являлась разработка аппаратуры и программы обработки информации для определения числа электронов N_e , захваченных на равновесную орбиту в адгезаторе. За основу был взят метод измерения тормозного излучения, обусловленного рассеянием электронов на атомах остаточного газа, возможности регистрации которого в ходе экспериментов на коллективном ускорителе показаны в работе^{1/}. Аппаратура, регистрирующая тормозное излучение электронного кольца на атомах остаточного газа, выполнена в стандарте КАМАК и функционирует на линии с ЭВМ ТРА-і. Это позволяет в течение цикла ускорителя, длительность которого составляет 2с, производить считывание, обработку и вывод информации о N_e . При изменении режима работы ускорителя производится коррекция программы обработки информации путем введения с телетайпа измененных параметров. Для работы с аппаратурой КАМАК используется расширенный вариант языка ФОКАЛ^{4/}.

2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Блок-схема системы измерения числа электронов N_e на равновесной орбите приведена на рис. 1а. С фотоумножителя /ФЭУ/ с кристаллом NaJ(Tl) и формирователем импульсов сигналы с амплитудой, пропорциональной энергии регистрируемых частиц, поступают на вход дискриминатора, с помощью которого "отрезаются" шумы ФЭУ и низкоэнергетическая компонента спектра. С выхода дискриминатора сигналы подаются на вход стробируемого двоично-десятичного счетчика типа 015^{2/}.

От синхронизатора ускорителя строб с амплитудой 30 В поступает на вход преобразователя типа 053, которым преобразуется в сигнал уровня NIM. Затем строб поступает на вход одного из четырех таймеров модуля КАМАК типа 312, который выполняет роль задержки, равной 1200 мкс. Другой

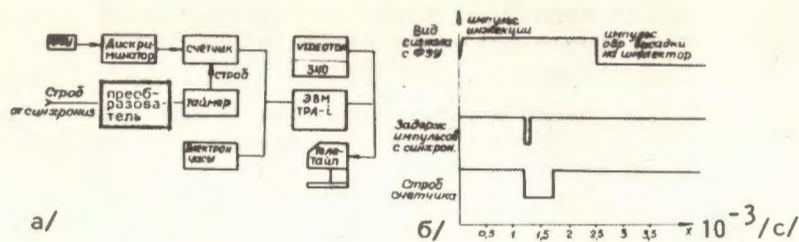


Рис. 1. а/ Блок-схема системы измерения числа электронов на равновесной орбите; б/ временная диаграмма.

таймер в этом же модуле КАМАК выполняет роль формирователя длительности стоба, которая равна 500 мкс. Далее строб поступает на вход счетчика. Временная диаграмма приведена на рис. 16.

После поступления сигнала LAM с таймера типа CAM.5.01 информация со счетчика считывается в ЭВМ ТРА-1. Частота сигнала задается программным путем и равна частоте работы ускорителя /0,5 Гц/. После обработки информации число электронов N_e выводится на телетайп или дисплей VT340.

3. ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ N_e ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЬЦА НА АТОМАХ ОСТАТОЧНОГО ГАЗА

Для повышения точности вычисления числа электронов N_e на равновесной орбите программа обработки разбита на две части. Сначала производится вычисление интегрального сечения выхода γ -квантов под углами, соответствующими их попаданию в детектор, и в диапазоне энергий от E_H до E_e , где E_H - нижняя энергия спектра, определяемая порогом дискриминации, а E_e - энергия электронов. Численно методом трапеции производится интегрирование дифференциального сечения, которое рассчитывается по формуле Шиффа [3]

$$d\sigma(k, \theta_0) = \frac{4z^2 r_0^2 dk}{137k} \cdot y dy \cdot \frac{16y^2 E}{(y^2 + 1)^4 E_0} \cdot \frac{(E_0 - E)}{(y^2 + 1) E_0^2} \cdot \left[\frac{E_0^2 - E^2}{(y^2 + 1)^2 E_0^2} - \frac{4y^2 E}{(y^2 + 1)^4 E_0} \right] \ln M(y) \quad (1)$$

$$y = E_0 \theta_0, \quad \frac{1}{M(y)} = \left(\frac{k}{2E_0 E} \right)^2 \cdot \left(\frac{z^{1/3}}{111(\chi^2 - 1)} \right)^2$$

где r_0 - классический радиус электрона, E_0 и E - начальная и конечная энергии электрона в единицах mc^2 , k - энергия γ -кванта в единицах mc^2 , θ - угол вылета γ -кванта, z - заряд ядра остаточного газа.

Блок-схема программы вычисления N_e приведена на рис. 2.

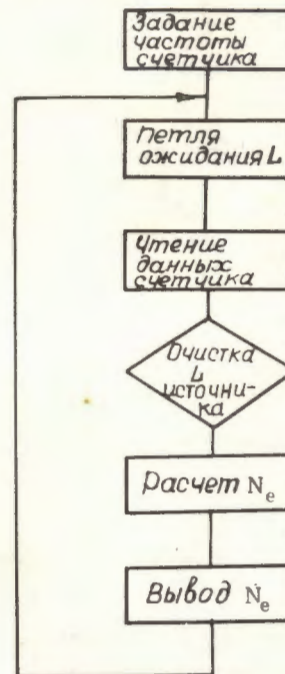


Рис. 2. Блок-схема программы измерения N_e .

Исходя из информации, поступающей в ЭВМ, находим число электронов по формуле

$$N_\gamma = G \frac{S}{L^2} \bar{\sigma} n \Sigma 2\pi R u N_e \quad (2)$$

где G - "видимая" часть электронного кольца, $\bar{\sigma}$ - интегральное сечение выхода γ -квантов, N_e - число электронов в кольце, $n \Sigma$ - суммарная плотность нейтралов и ионов, накопленных в кольце к моменту измерений, $2\pi R$ - периметр равновесной орбиты, u - число оборотов кольца за время измерения. Выход γ -излучения из камеры осуществляется через окно, затянутое тонкой майларовой пленкой /40 мкм/, так что поглощением γ -квантов в майларе можно пренебречь. Расположение регистрирующей аппаратуры и источника излучений

показано на рис. 3. Расстояние от источника до ФЭУ $L = 80$ см. В этом случае можно считать, что геометрическая эффективность с высокой степенью точности определяется телесным углом, в котором детектор "видит" источник $\Delta\Omega = \frac{S}{L^2}$, где S - площадь освещенной части кристалла.

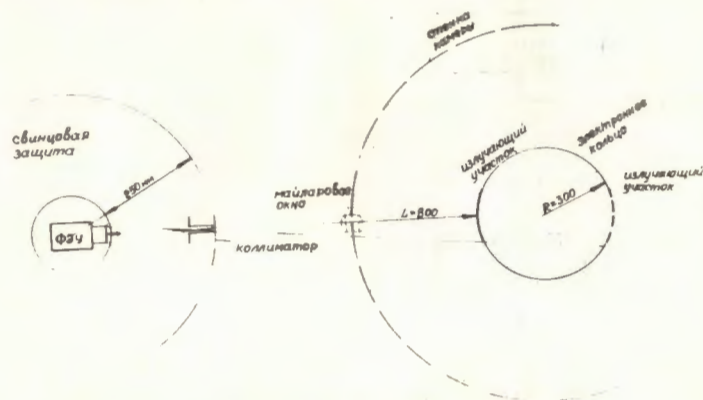


Рис. 3. Схема для расчета телесного угла.

Для регистрации гамма-квантов используется скинтиллятор $\text{NaJ}(\text{Tl})$ с размерами $\varnothing 25 \times 40$ мм. Энергетическая эффективность в данном случае $\sim 10\%$. Далее вычисленное число электронов N выводится на периферийное устройство - телетайп или VIDEOTON-340, а программа возвращается в состояние ожидания LAM-сигнала, и цикл повторяется.

Использование для работы с модулями КАМАК $^4/$ языка ФОКАЛ в расширенном варианте упрощает составление программ, а также их коррекцию.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКА ОШИБКИ

Минимальная чувствительность системы измерения числа электронов на равновесной орбите в камере адгезатора составляет $1 \cdot 10^{12}$. Измеренное системой число электронов находилось в пределах $9 \cdot 10^{12} \div 2 \cdot 10^{13}$. Оценка ошибки производилась на основе анализа погрешностей, вносимых компонентами, входящими в расчетную формулу $^5/$.

Измеряемая интенсивность N_γ подчиняется распределению Пуассона, и относительная ошибка $\delta(N_\gamma)$ составляет $\frac{1}{\sqrt{N_\gamma}} \leq 8\%$.

Относительная ошибка, возникающая из-за погрешности в геометрическом моделировании, $\delta(G\Omega) \leq 5\%$. Измерение давления в камере адгезатора производится с ошибкой $\delta(p_\Sigma) \leq 20\%$. При оценке погрешности в расчетах сечений учитывалось, что энергия может меняться от 1,5 до 2 МэВ, что приводит к значению $\delta(\bar{\sigma}) \leq 17\% ^3/$. Общая относительная ошибка системы измерения числа электронов на равновесной орбите в адгезаторе

$$\delta(N_e) \leq 50\%.$$

Остальные компоненты существенного вклада в ошибки не вносят.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.А.Свиридову за консультации, А.Х.Ангелову - за помощь при работе с ЭВМ, А.К.Красных - за хорошую настройку ускорителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инкин В.Д. и др. ОИЯИ, Р9-12725, Дубна, 1979.
2. Голутвин И.А., Кондрашов В.Д., Смолин Д.А. ОИЯИ, 10-8352, Дубна, 1974.
3. Koch H.W., Motz J.W. Rev. of Mod. Phys., 1959, v.31, p.924.
4. Ангелов А.Х., Дубовик Л.В. ОИЯИ, 10-9493, Дубна, 1976.
5. Яковлев К.П. Математическая обработка результатов измерений. Атомиздат, М., 1950.
6. Gardner et al. Nucl. Instr. & Meth., 1971, v.93, p.169.
7. Вартанов Н.А., Самойлов П.С. Практические методы скинтилляционной гамма-спектрометрии. Атомиздат, М., 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 августа 1979 года.