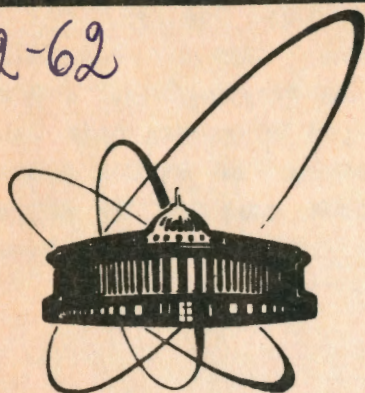


92-62



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-92-62

С.П.Авдеев, В.А.Карнаухов, В.Д.Кузнецов,
Л.А.Петров

ДИСКРЕТНЫЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ МОНИТОР
ДЛЯ ПУЧКОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

1992

Дискретный сцинтилляционный монитор
для пучков релятивистских ядер

Описывается прибор для мониторинга пучков релятивистских ядер. Радиатор монитора представляет собой квадратную матрицу, которая состоит из 121 сцинтилляционной палочки. Свет от сцинтилляционных палочек регистрируется двумя фотоумножителями XP-2020. Подробно обсуждается диапазон применимости данного прибора в зависимости от ширины пучка и требуемой ошибки при измерении интенсивности пучка. Максимальная интенсивность, которую позволяет измерять монитор, составляет $5 \cdot 10^8$ частиц/сброс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод М.И.Потапова

Avdeyev S.P. et al.

P13-92-62

Discrete Scintillation Beams Monitor
of Relativistic Nuclei

A device for monitoring beams of relativistic nuclei is described. The radiator of the monitor is a square matrix of 121 scintillation sticks. The light of the scintillation sticks is detected by two photomultiplier tubes XP-2020. The applicability range of the device as a function of the beam width and of the required beam intensity measurement error is discussed in detail. The maximum intensity to be measured by the monitor is $5 \cdot 10^8$ particles per beam spill.

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

Описываемый прибор используется для мониторинга выведенного пучка релятивистских ядер синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ в экспериментах на установке "ФАЗА". Пучок релятивистских ядер канала ЗВ медленного вывода синхрофазотрона имеет размер $2 \div 3$ см по горизонтали и $1 \div 2$ см по вертикали (полная ширина на половине высоты). На рис. 1 показан общий вид монитора.

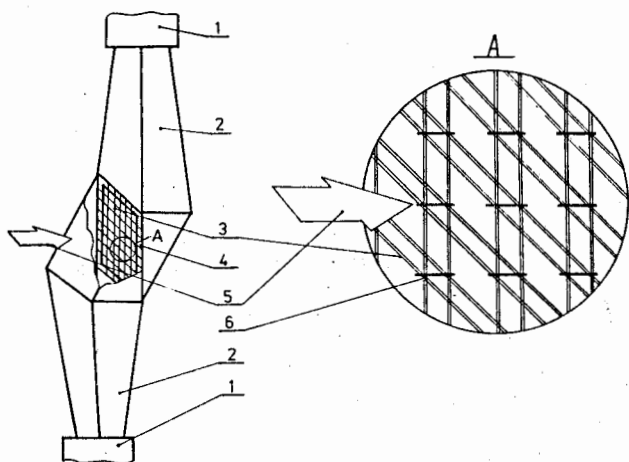
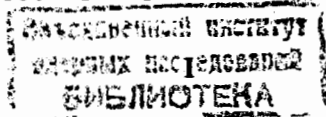


Рис. 1. Конструкция дискретного монитора:

- 1 - фотоумножители; 2 - воздушные световоды;
- 3 - лавсановые нити; 4 - рамка матрицы;
- 5 - пучок; 6 - сцинтилляционные палочки.

Чувствительная часть прибора представляет собой квадратную матрицу из 121 пластиковой сцинтилляционной палочки. Палочки зажаты в междоузлиях двух параллельных сеток так, что пучок частиц проходит перпендикулярно сеткам и, соответственно, параллельно палочкам. Сетки выполнены из лавсановых нитей диаметром 80 мкм. Шаг сетки $a=10 \times 10$ мм². Сцинтилляционные палочки имеют диаметр $d=0,5$ мм, длину $l=6$ мм. Таким образом, радиатор монитора представляет собой дискретную структуру, при прохождении которой зарегистриро-



ваться может K^{-1} частиц пучка, где коэффициент K определяется геометрическим фактором и равен:

$$K = \frac{4 a^2}{\pi d^2} = 509 \pm 40 \quad (1)$$

Световые вспышки от сцинтилляторов попадают по воздушным световодам, обклеенным изнутри алюминизированным лавсаном, на фотокатоды двух фотоумножителей XP-2020, сигналы с которых складываются в аналоговом сумматоре. Амплитудный спектр, полученный на пучке релятивистских ядер ^{16}O , приведен на рис. 2.

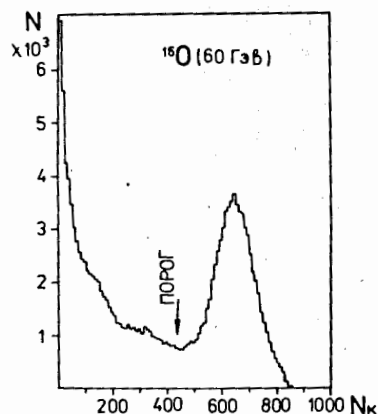


Рис. 2. Амплитудный спектр сигналов для ядер ^{16}O с энергией 3,65 ГэВ/нуклон.

События, группирующиеся в пике, относятся к ядрам пучка, давшим вспышку при прохождении сцинтилляционных палочек радиатора монитора. Качество светосбора позволяет монитору работать в режиме полного собирания с коэффициентом пересчета, близким к геометрическому. Подъем спектра в районе малых амплитуд вызван черенковским свечением лавсановых нитей и воздуха при прохождении плоскости матрицы остальными частицами пучка. Шумы фотоумножителя примерно в 500 раз меньше, чем амплитуда в пике. Это означает, что форма спектра для пучков с меньшим Z (вплоть до протонов) будет аналогична приведенной на рис.2.

Калибровка монитора производилась с помощью детектора со сплошным пластиковым радиатором для пучка с интенсивностью меньше, чем 10^6 частиц/сброс. Было найдено, что $K = 472 \pm 5$, что близко к значению, рассчитанному по формуле (1). В общем случае это не является обязательным. Остановимся на этом подробно.

Надежность измерения интенсивности пучка с помощью описываемого прибора находится в зависимости от дисперсии пучка, места попадания его в радиатор и угла наклона к плоскости матрицы. Что касается последнего, то очевидно, что угол падения частиц пучка не должен превышать

$$\alpha = \arctg \frac{d}{l} \approx 5^\circ.$$

В противном случае амплитудный спектр (рис. 2) "размоется", из-за чего коэффициент пересчета будет отличаться от геометрического, так как появится зависимость скорости счета от порога. Установка матрицы перпендикулярно к пучку с точностью лучшей 5° не представляется чрезмерно сложной задачей.

Мы исследовали зависимость коэффициента пересчета от дисперсии пучка. Для этого был проведен расчет при следующих предположениях: 1) частицы пучка распределены по площади по нормальному закону с дисперсией σ ; 2) пучок обладает осевой симметрией; 3) $\sigma \gg d$, $a \gg d$. На рис. 3 графически представлены результаты расчета зависимости $K = f(2 \sigma/a, x_0, y_0)$, где x_0, y_0 - координаты центра пучка. Две кривые определяют верхнюю и нижнюю границы коэффициента пересчета K , сливаясь при $\sigma \geq 0,75 a$. Коэффициент пересчета при этом соответствует геометрическому коэффициенту. Нижняя граница изменения K соответствует тому случаю, когда центр пучка попадает в одну из сцинтилляционных палочек; верхняя граница отвечает ситуации, когда центр пучка попадает точно между четырьмя палочками. Появление неопределенности в измерении величины K становится источником систематической ошибки в измерении интенсивности пучка. На рис. 4 показана зависимость систематической ошибки α от параметра $2\sigma/a$. Величина относительной ошибки α опреде-

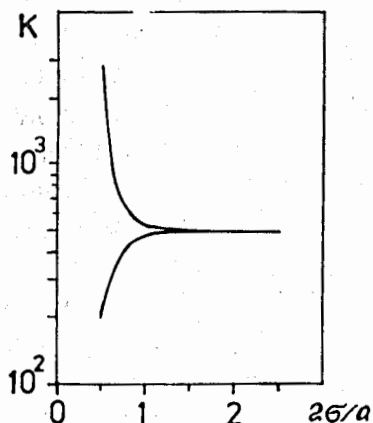


Рис. 3. Зависимость коэффициента пересчета K от параметра $2\sigma/a$.

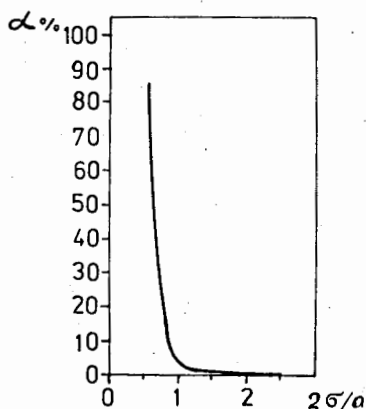


Рис. 4. Зависимость систематической ошибки измерения пучка α от параметра $2\sigma/a$.

лена по формуле $|\alpha| = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_{\max} + K_{\min}} \cdot 100\%$. Зная дисперсию пучка и задавшись необходимой точностью измерения интенсивности, по кривой на рис. 4 можно определить требуемую дискретность a решетки радиатора. В нашем случае дискретный монитор обеспечивал точность измерения интенсивности в пределах нескольких процентов для потоков вплоть до $\approx 5 \cdot 10^8$ частиц/сброс. К достоинствам прибора можно отнести простоту в изготовлении и эксплуатации, а также возможность применения в экспериментах, где требуется малое количество вещества на пучке.

Авторы благодарят Ларина А.А. и Воробьева Г.Г. за предоставление сцинтилляционных волокон и полезные рекомендации.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 февраля 1992 года.