

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

9-87-668

С.А.Густов

**СКАНИРУЮЩИЙ ДИОДНЫЙ РЯД  
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПУЧКОВ**

**1987**



## ВВЕДЕНИЕ

Для диагностики и транспортировки пучка заряженных частиц необходимо знать распределение интенсивности в поперечном сечении пучка или, как минимум, два профиля пучка - вертикальный и горизонтальный /свертки распределения интенсивности по одной из координат/. С этой целью используются многоэлектродные камеры различных конструкций /1-4/ в пропорциональном режиме или режиме вторичной эмиссии. Для приборов этого типа характерны технологичность, высокая прозрачность и радиационная стойкость, однако использовать многоэлектродные камеры для измерения распределения интенсивности в плотных пучках невозможно, а информации о двух профилях не всегда бывает достаточно.

В данной работе представляется прибор для измерения распределения интенсивности в сечении пучка - сканирующий диодный ряд.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ

В основу конструкции прибора положены следующие основные принципы:

- 1/ промышленные диоды КД209, КД208 можно использовать как ППД;
- 2/ сочетание параллельного съема информации с диодного ряда /вертикальная ось Y/ и механического сканирования диодного ряда в перпендикулярном направлении /горизонтальная ось X/ дает разумное соотношение скорости съема информации о сечении пучка и простоты электронной схемы;
- 3/ чувствительности диодов различны и по-разному меняются под воздействием облучения. Возникает необходимость калибровки диодов. Проще всего это сделать, помещая все диоды поочередно в одну и ту же точку пучка. Чтобы устройство механического сканирования можно было использовать и для калибровки, диодный ряд поворачивается на  $90^\circ$  и располагается вдоль оси сканирования /оси X/.

## ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Конструктивно прибор состоит из диодного ряда, закрепленного в узле механического перемещения; в 1-1,5 метрах находятся блок усилителей и блок управления шаговым двигателем; эти блоки соединены 37-жильным кабелем с блоком счета шагов и блоками оцифровки сигналов детекторов, которые через интерфейс связаны с ЭВМ HP 21MX /рис.1/.

Функционально прибор состоит из координатной и детекторной частей, которые могут работать независимо друг от друга. Координатная часть состоит из механического узла, блока управления шаговым двигателем и блока счета шагов. Механический узел представляет собой шестереночную передачу от вала шагового двигателя к винту, который преобразует вращение в линейное перемещение платформы. На платформе находится поворотное устройство /рис.2/. На одной стороне подвижной части закреплен диодный ряд, на другой - упор, который, задевая за левый или правый ограничитель, переворачивает диодный ряд соответственно в горизонтальное или вертикальное положение.

Сигналы от концевиков К1, К2, расположенных в крайних положениях движения платформы, поступают в блок управления шаговым

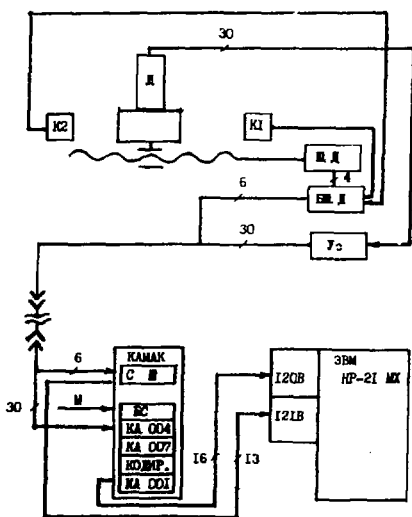
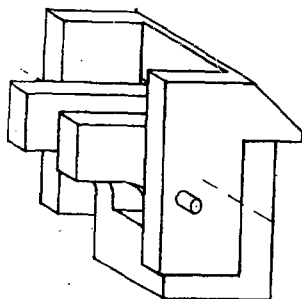


Рис.1. Блок-схема прибора. К1, К2 - концевики, Д - диодный ряд, Ус - блок усилителей, ШД - шаговый двигатель, ШД - блок управления шаговым двигателем, СШ - счетчик шагов, М - сигнал монитора, БС - блок синхронизации.

Рис.2. Поворотное устройство.



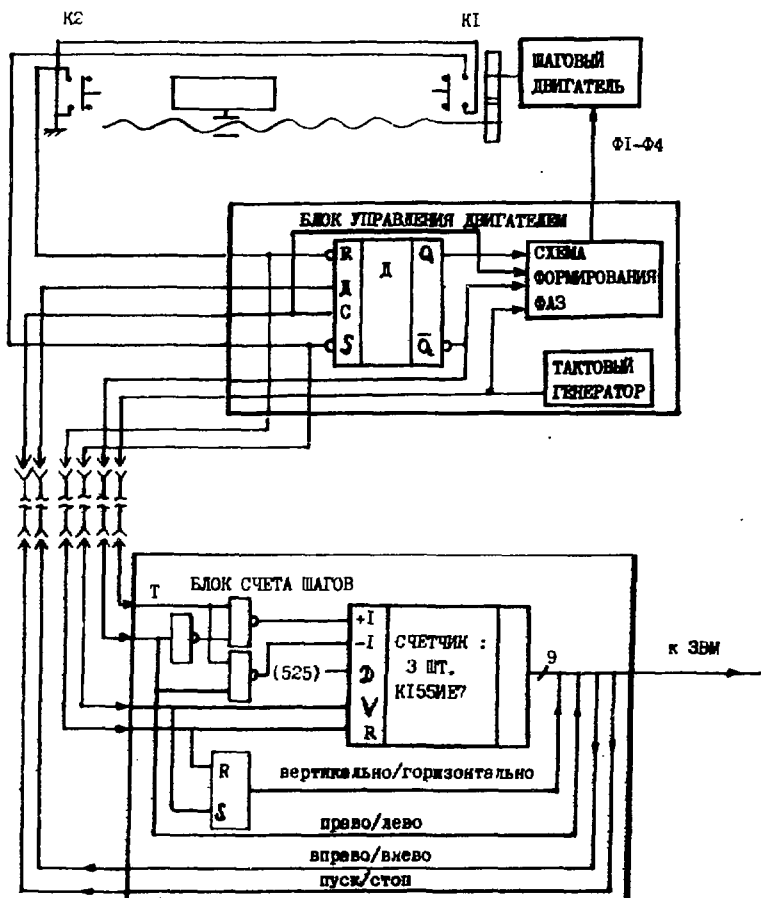


Рис. 3. Блок-схема координатной части.

двигателем на R- и S-входы D-триггера, на D- и C-входы которого поступают сигналы от ЗВМ: "Вправо/Влево" и "Пуск/Стоп". Такое включение упрощает управление блоком и предотвращает преждевременный выход из строя двигателя, так как сигналы с выхода D-триггера Q и  $\bar{Q}$  (право/лево) идут на схему формирования фаз и определяют направление вращения двигателя. Наличие вращения определяет сигнал "Пуск/Стоп". Частоту вращения задает

тактовый генератор /см.рис.3/, импульсы от которого считает блок счета шагов.

Блок счета шагов представляет собой реверсивный счетчик, который сбрасывается в "0" сигналом от концевика K1 и устанавливается в состояние "525" /подобрано экспериментально/ сигналом от концевика K2. Реверсом счета управляет сигнал "Право/Лево". ЭВМ считывает с блока кроме 9 битов координаты 1 бит - направление движения, 1 бит - положение ряда.

Управление передвижением обеспечивает подпрограмма POIND, которая может установить диодный ряд в вертикальное или горизонтальное положение /срабатывает соответствующий концевик K1 или K2 и меняется направление движения, одновременно нуль X-координаты сопоставляется с нулем счетчика/. Затем подпрограмма задает направление движения и при достижении заданной координаты останавливает платформу.

Детекторная часть состоит из диодного ряда, блока усилителей и блоков в стандарте КАМАК для оцифровки сигналов с датчиков. Диодный ряд - это 30 диодов, расположенных в линию через равные промежутки внутри экранированного корпуса. 30-жильный кабель диодный ряд соединен с блоком усилителей, который представляет собой 30 неинвертирующих усилителей на ОУ К140 УД8А /рис.4/. Особенностью блока является наличие съемных наборов RC с одной и той же постоянной интегрирования 100 мкс и различным R, что позволяет быстро менять рабочий диапазон.

Сигнал от усилителей подается на блоки оцифровки. Синхронизация этих блоков осуществляется мониторным сигналом ускорителя, амплитуда которого пропорциональна полной мощности импульса ускорителя. Кроме того, мониторный сигнал необходим для вычисления средней интенсивности пучка в точке:  $U$  импульса с диода /  $U$  импульса с монитора =  $U$  среднее с диода /  $U$  среднее с монитора.

На ЭВМ данные поступают в виде последовательности слов:

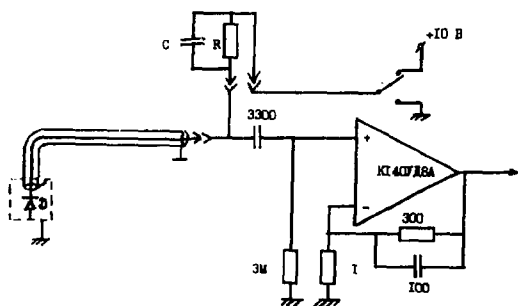


Рис.4. Схема одного канала блока усилителей.

...((номер диода, U монитора, U диода)...)...

8 раз для каждого номера диода

Сбои аппаратуры контролируются по номеру диода, который может быть или равен предыдущему, или больше на 1, или равен 1, если предыдущий равен 30. В группе по 8 троек для каждого номера датчика производится усреднение отношения  $U$  диода/ $U$  монитора с выбросом значений, выходящих за 30-процентный интервал.

Если диодный ряд применяется для грубой настройки токов в элементах тракта, то удобнее использовать детекторную часть отдельно, без координатной. Хотя полнота информации теряется, получается выигрыш в скорости смены информации, а также в размерах /особенно критична толщина/. В этом случае диодный ряд с помощью кронштейна устанавливается горизонтально /или вертикально/ по центру трубы /фланца/. Если возможно отклонение пучка от горизонтали, то более удобна крестообразная форма расположения детекторов /горизонтальный и вертикальный ряд одновременно/.

#### ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

Получение данных о сечении пучка обеспечивает подпрограмма MATRI в виде матрицы  $30 \times 30$ . Шаг сканирования по  $X$  выбран равным расстоянию между диодами - 3 мм.

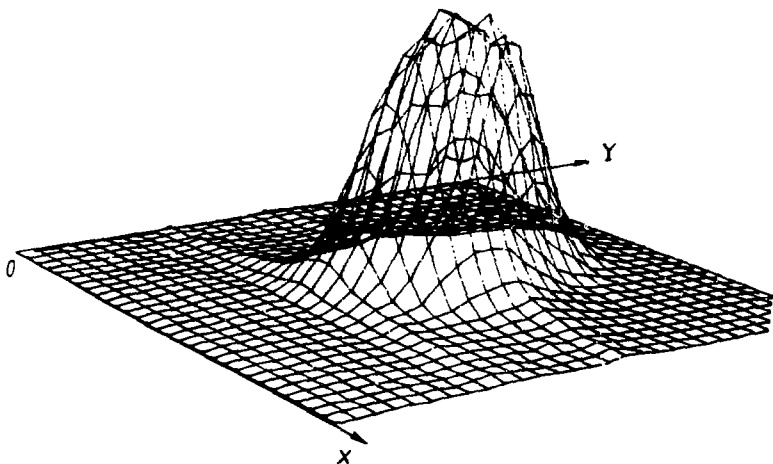


Рис.5. Изображение пучка на нейтронной мишени.

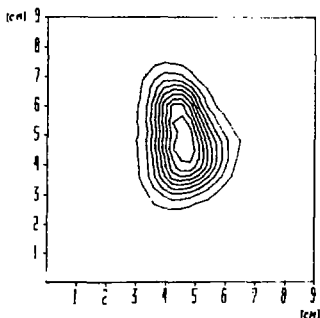


Рис.6. Изодозное распределение пучка.

Программа для сканирующего ряда работает по следующему циклу:  
 а/ ввод служебной информации;  
 б/ вызов подпрограммы MATRI, которая с помощью подпрограммы POINT устанавливает ряд в заданное положение, выставляет счетчик, устанавливает начальную координату. Затем производит сканирование с заданным шагом. В каждой из 30 точек обрабатываются

сигналы с датчиков и вычисляется калибровочный коэффициент /в режиме калибровки/ либо полученные величины нормируются на калибровочные коэффициенты и данные заносятся в соответствующий столбец матрицы /в режиме снятия данных/;

в/ после окончания сканирования матрица воспроизводится на цветном дисплее с 10 градациями по цвету. После предварительной оценки информация записывается на диск.

Если используется неподвижный ряд, то также происходит обработка сигналов с датчиков и нормировка; данные представляются в виде гистограммы на экране черно-белого дисплея. Наиболее характерные гистограммы распечатываются.

Информация о сечении пучка с диска может быть представлена в виде объемного рисунка /рис.5/, изодозного распределения /рис.6/, графиков профилей /рис.7 - горизонтальный, рис.8 - вертикальный/ и аналогичных гистограмм на черно-белом дисплее /рис.9/. Приведенные рисунки демонстрируют протонный пучок /660 МэВ, 0,3 мкА/ на нейтронной мишени.

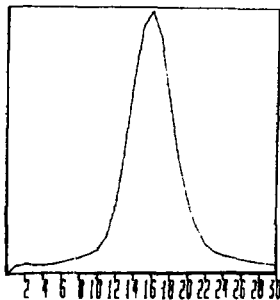


Рис.7. Горизонтальный профиль пучка.

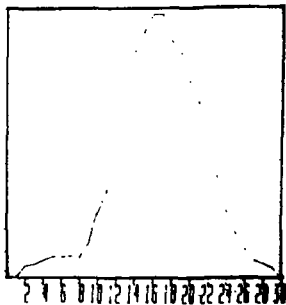


Рис.8. Вертикальный профиль пучка.





Рис. 9. Гистограммы горизонтального и вертикального профилей на черно-белом дисплее.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБОРА

Отклонение чувствительной области диода от идеального положения не превышает по оси диодного ряда -  $\pm 0,50$  мм, в перпендикулярном направлении -  $\pm 0,25$  мм. Ошибка установки подвижной платформы не более  $\pm 0,25$  мм. Нелинейность усилительно-оцифровывательного тракта не более  $\pm 3\%$  в диапазоне 0,2-8,0 В. Среднеквадратичная ошибка калибровочного коэффициента - 3%. Среднеквадратичная ошибка амплитуды с датчика  $\pm 5\%$ . Минимальная интенсивность - 100 рад/мин ( $10^6$  частиц/мм<sup>2</sup>/с). Максимальная интенсивность -  $10^6$  рад/мин ( $10^{10}$  частиц/мм<sup>2</sup>/с). Радиационная стойкость -  $10^7$  рад.

#### ВЫВОДЫ

Сканирующий диодный ряд может успешно применяться для "тонкой" диагностики пучков. Он измеряет распределение интенсивности в поперечном сечении пучка, применялся для измерения

эмиттанса и настройки элементов трактов. Прибор прост в изготовлении, надежен, имеет малое время съема информации /2-5 мин/. Неподвижный диодный ряд весьма удобен для быстрой предварительной настройки трактов, так как имеет меньшую ширину и время смены информации /5-10 с/.

В заключение автор благодарит О.В.Савченко за постановку задачи и постоянную поддержку в работе, И.И.Клочкова за ряд советов по разработке механических узлов, Г.В.Мицына за помощь в разработке и наладке электронной схемы, В.М.Абазова и С.А.Кутузова за помощь в создании программного обеспечения, а также И.В.Мирохина за плодотворные обсуждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баткин В.И., Гетманов В.Н., Савченко О.Я. - ПТЭ, 1987, № 2.
2. Гресь В.Н. и др. - ПТЭ, 1985, № 3.
3. Вражнов В.И., Дышкант А.С. - ПТЭ, 1982, № 1.
4. Волков В.И. и др. - ПТЭ, 1978, № 1.

Рукопись поступила в издательский отдел  
• 28 октября 1987 года.

Густов С.А.

9-87-668

Сканирующий диодный ряд для диагностики пучков

Описан прибор - сканирующий диодный ряд - для измерения распределения интенсивности в поперечном сечении пучка заряженных частиц с пространственной точностью не хуже  $\pm 0,5$  мм по обеим координатам и дискретностью по оси Y - 3 мм, по оси X - кратной 0,25 мм. Прибор прост в изготовлении, надежен, имеет малое время съема информации - 2-5 мин. Рабочий диапазон  $10^2$ - $10^6$  рад/мин ( $10^5$ - $10^{10}$  частиц/мм<sup>2</sup>/с для протонов с энергией 660 МэВ). Радиационная стойкость -  $10^7$  рад. Прибор может применяться для "тонкой" настройки элементов трактов при транспортировке пучка и измерения его эмиттанса. Неподвижный диодный ряд /упрощенный вариант прибора/ имеет меньшие габариты и время съема информации /2-5 с/ и применяется для быстрой предварительной настройки элементов тракта. Приведены блок-схема прибора и различные варианты представления данных о сечении пучка.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Gustov S.A.

9-87-668

Diode Line Scanner for Beam Diagnostics

The device scanning diode line is described. It is applied for beam profile measuring with space precision better than  $\pm 0.5$  mm and with discreteness of 3 mm along Y-axis and 0.25 mm along X-axis. The device is easy in preparation, reliable and has a small time of information acquisition (2-5 min). The working range is from 100 to  $10^6$  rad/min ( $10^5$ - $10^{10}$  part/mm<sup>2</sup>/s for 660 MeV protons). Radioresistance is  $10^7$  rad. The device can be applied for precise beam line element tuning at beam transporting and emittance measuring. The fixed diode line (a simplified device version) has smaller dimensions and smaller time of data acquisition (2-5 s). It is applied for quick preliminary beamline tuning. The flow sheet and different variants of data representation on beam profile are given.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987

12 коп.

Редактор Т. Я. Жабицкая. Макет Н. А. Киселевой.  
Набор Л. В. Пахомовой.

Подписано в печать 14.10.87.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,78.

Тираж 205. Заказ 39733.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна Московской области.