

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ С ОПТОВОЛОКОННЫМ СВЕТОВОДОМ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНОГО $\Delta E$ -СПЕКТРОМЕТРА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В.А.Гладышев\*, М.Б.Голубева\*, О.Н.Гончаренко\*, В.А.Краснов\*,  
Е.А.Монич\*, А.Л.Проскураков\*, В.И.Разин\*, Т.П.Филиппова\*,  
Е.Н.Матвеева

Описана конструкция и исследованы характеристики плоского сцинтилляционного детектора со световодом на основе переизлучающих оптических волокон. Получена высокая однородность светосбора по площади детектора и световыход в 20 фотоэлектронов на 1 МэВ ионизационных потерь в детекторе. Доказана возможность создания детекторов большой площади и с высоким амплитудным разрешением.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

### Study of Characteristics of Flat Scintillation Detectors with a Fiber Optics Light Guide for the Multilayer Charged Particle $\Delta E$ -Spectrometer

V.A.Gladyshev et al.

The design is described and characteristics are studied for a flat scintillation detector with the light guide on the base of re-emitting fiber optics. A high uniformity of the light collection over the detector area and the light yield in 20 photoelectrons per 1 MeV of ionization losses in the detector are obtained. A possibility of the construction of detectors with a large area and high amplitude resolution is proved.

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

### Введение

В ИЯИ АН СССР коллективом авторов создается спектрометр для идентификации и измерения энергии заряженных пионов в диапазоне 50-170 МэВ.

---

\*ИЯИ АН СССР, Москва

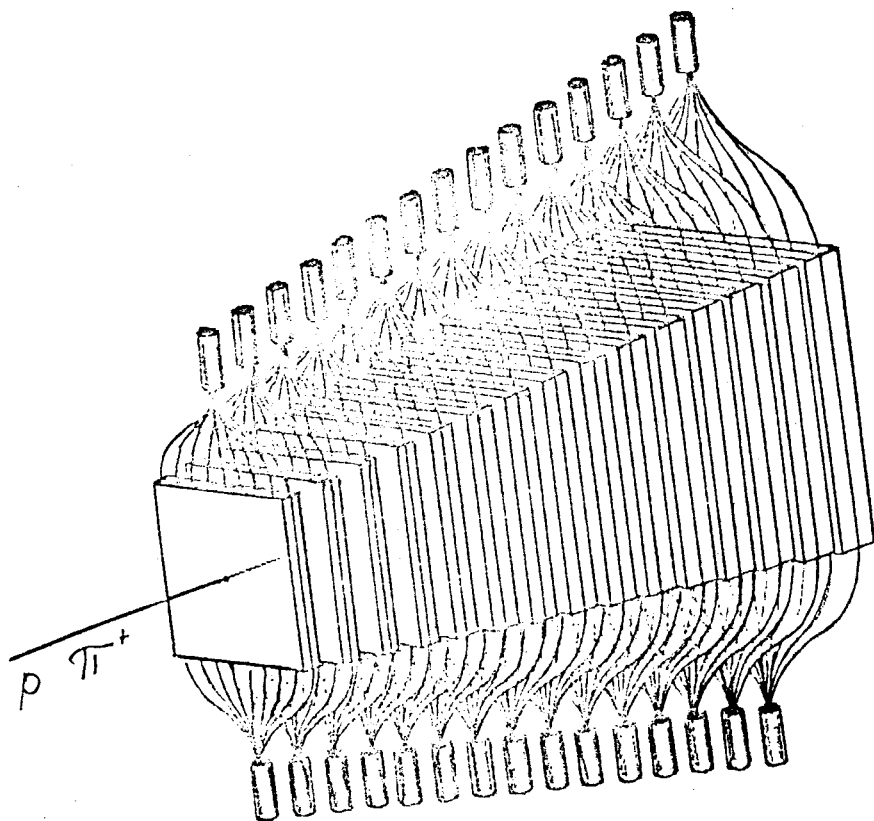


Рис.1. Конструкция  $\Delta E$  спектрометра пионов.

Конструкция спектрометра показана на рис.1. Спектрометр состоит из 14 плоских сцинтилляционных детекторов. Площади детекторов изменяются от 160x160 мм до 270x270 мм. В каждом детекторе измеряются ионизационные потери регистрируемой частицы. Расчеты, проведенные с помощью программы "Geant" (см.<sup>1/1</sup>), позволяют утверждать, что точности 5% в восстановлении энергии частицы можно достигнуть при измерении удельной ионизации в каждой пластине с точностью около 20%. При этом предполагается использовать процедуру восстановления энергии, описанную в работе<sup>2/1</sup>.

При создании спектрометра необходимо, чтобы составляющие его детекторы удовлетворяли следующим условиям: высокая однородность светосбора с пластины, т.е. чтобы разрешение определялось только статистикой энергетических потерь и статистикой

фотоэлектронов; компактность, т.к. существуют жесткие ограничения на габариты спектрометра; удобство технологии сборки. Технология на основе оптоволокон со спектрсмещающими добавками является в этом случае наиболее приемлемой. Она обеспечивает однородный светосбор с пластин, особенно для пластин большой площади (270x270 мм), дает возможность разместить ФЭУ максимально близко к сцинтилляционным пластинам и позволяет создавать световоды по единой технологии для детекторов разных размеров.

### Конструкция детекторов

Было изготовлено три сцинтилляционных детектора размером 200x200x40 мм. Их конструкция показана на рис.2. Свет выводится на фотоприемники с помощью переизлучающих оптоволокон. Волокна клеиваются параллельно друг другу кремний-органическим клеем "Эластосил" между двумя пластинами из пластмассового сцинтиллятора толщиной 20 мм. За пределами пластины волокна собираются в пучок диаметром 10 мм. Снаружи детектор покрыт диффузным отражателем света (MgO) с коэффициентом отражения света > 96%. Каждый счетчик просматривался двумя ФЭУ-84. Оптоволокна диаметром 0,8 мм изготовлены из полистирола ( $n = 1,59$ ) и покрыты оболочкой из фторированного метилметакрилата ( $n = 1,39$ ) толщиной 10 мкм. КERN волокон содержит люминофор, спектр поглощения которого имеет максимум на длине волны 450 нм и хорошо совпадает со спектром излучения сцинтиллятора счетчика. Спектр излучения люминофора имеет максимум при 530 нм. Длина затухания переизлученного света в волокне составляет около 150 см.

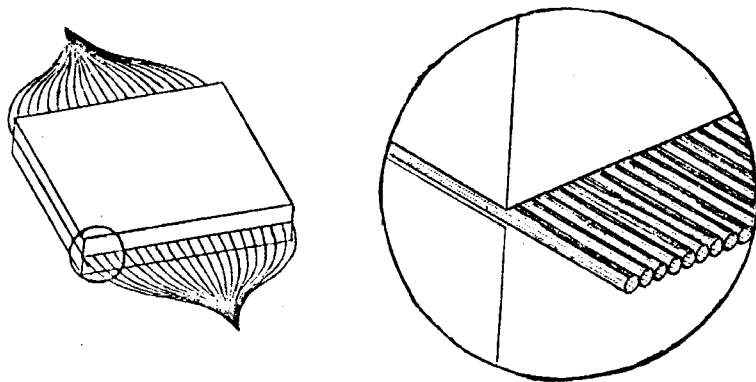


Рис.2. Конструкция отдельного счетчика спектрометра.

## Схема измерений

Испытания счетчиков проводились на пионном канале ИЯИ АН СССР синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ. Сборка из трех детекторов облучалась пучком протонов и пионов с импульсом 1000 МэВ/с. Схема измерений приведена на рис.3. Счетчики S1, S2 и S3 являются триггерными. S3 имеет размер 10х5 мм и позволяет производить сканирование по площади исследуемого детектора. Черенковский счетчик С служит для разделения протонов и пионов. Амплитуды сигналов с каждого ФЭУ отдельно записывались на магнитную ленту. Суммирование сигналов с двух ФЭУ, которые просматривали одну пластину, производилось в процессе обработки. При этом, чтобы учесть различие в усилениях ФЭУ, для каждого из них вводились свои весовые коэффициенты.

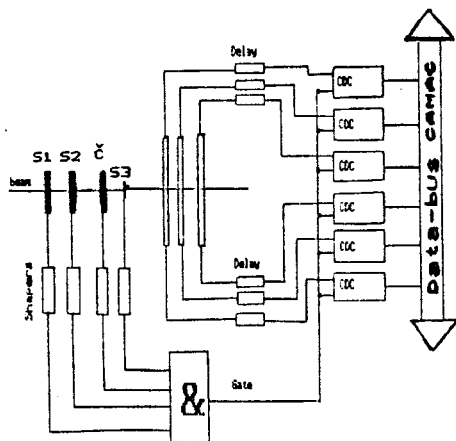
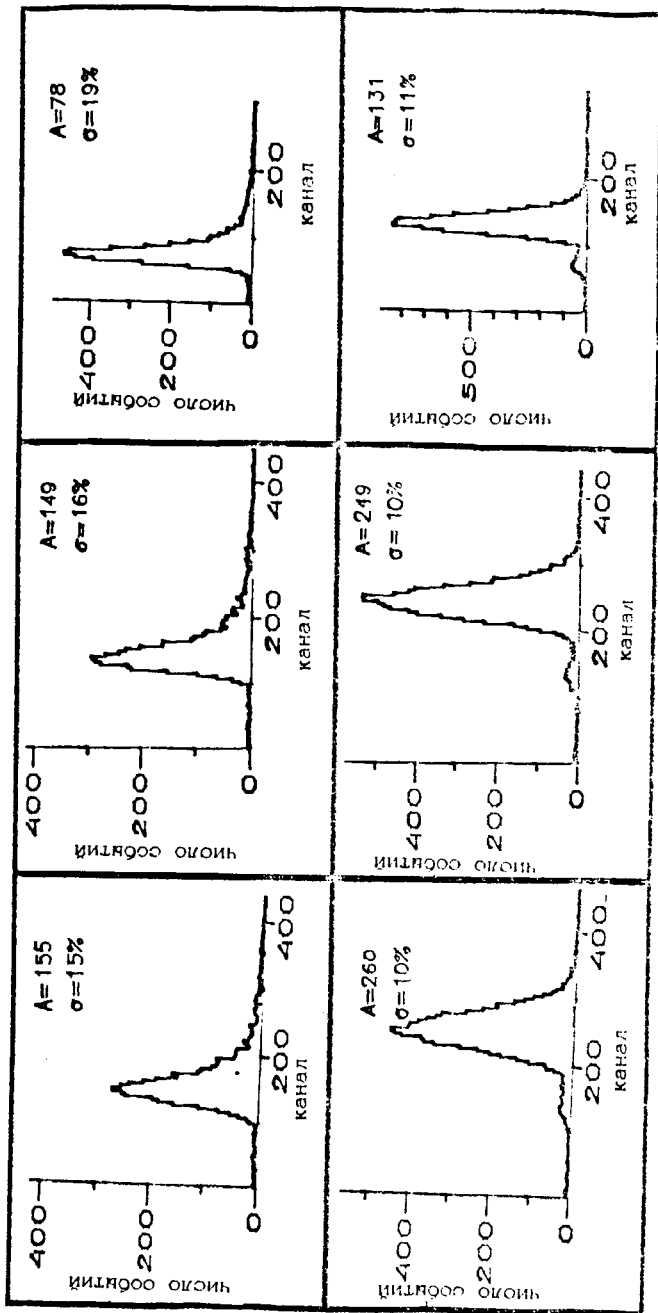


Рис.3. Схема измерений.

## Амплитудные характеристики сигнала и энергетическое разрешение

На энергетическое разрешение каждого счетчика могут оказывать влияние следующие факторы: 1) различие в захвате света для волокон, расположенных по центру сцинтилляционной пластины, и тех, что находятся с краю, 2) различная величина затухания для захваченного света, идущего по боковым, более длинным волокнам, и света, идущего по центральным, более коротким волокнам, 3) неоднородности в конверсионной эффективности по площади фотокаатода ФЭУ.

Для того чтобы определить суммарные амплитудные характеристики сигнала и разрешение, детекторы были исследованы на пучке протонов и пионов так, чтобы равномерно засвечивалась вся поверхность детекторов. На рис.4 изображены спектры, полученные в этом случае. В верхней части рисунка представлены спектры от пионов с импульсом 1000 МэВ/с. В нижнем — от протонов с таким же импульсом. Буквы а, б, в соот-



• а

б

в

Рис. 4. Амплитудные спектры сигналов со сборки счетчиков при облучении их пионами с импульсом 1000 МэВ/с (верхний ряд) и протонами с импульсом 1000 МэВ/с (нижний ряд): а) первый счетчик, б) второй счетчик, в) третий счетчик.

ветствуют трем исследуемым детекторам. Там же указаны средние амплитуды спектра ( $A$ ) и стандартное отклонение ( $\sigma$ ). На спектрах, соответствующих протонам, ясно виден небольшой пик от пионов, которые не отсекались черенковским счетчиком. При вычислении характеристик спектра эти события отбрасывались установкой соответствующего порога. Стандартные ошибки в измерении энергий составили 10% для протонов и 15-19% для пионов.

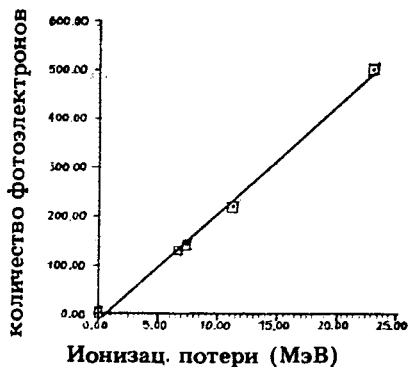


Рис.5. Зависимость амплитуды светового сигнала от ионизационных потерь.

На рис.5 показан график зависимости средней амплитуды сигнала на ФЭУ от средних ионизационных потерь в детекторе. Измерения производились на первом детекторе, в сборке, центральная точка детектора облучалась пионами и протонами с импульсами 1000 МэВ/с и 700 МэВ/с. Ионизационные потери здесь рассчитывались с помощью программы "Geant". Эти данные очень хорошо описываются кривой

$$N_{\text{ph.e.}} = 21 \cdot \Delta E \text{ (МэВ)} - 10.$$

### Однородность сигнала

Для определения однородности светосбора, т.е. зависимости амплитуды сигнала от координаты прохождения частицы, производилась экспозиция сборки из сцинтилляционных детекторов в шести точках. Схема расположения засвечиваемых точек на поверхности сборки изображена на врезке рис.6. Точка 5 находится в центре пластины, а точки 1, 2, 3, 4, 6 — на расстоянии 20 мм от края сборки.

На рис.6 показаны средние амплитуды сигналов от трех детекторов в зависимости от той точки, где частицы пересекали поверхность счетчиков. Видно, что наилучшую однородность имеет детектор 2 (на рис.6б), неоднородность равна 5%. Худшие характеристики имеет детектор 1 (на рис.6а), его неоднородность равна 10%. За меру неоднородности здесь мы принимаем величину:

$$\text{Неоднородность} = 2(A_{\text{max}} - A_{\text{min}}) / (A_{\text{max}} + A_{\text{min}}),$$

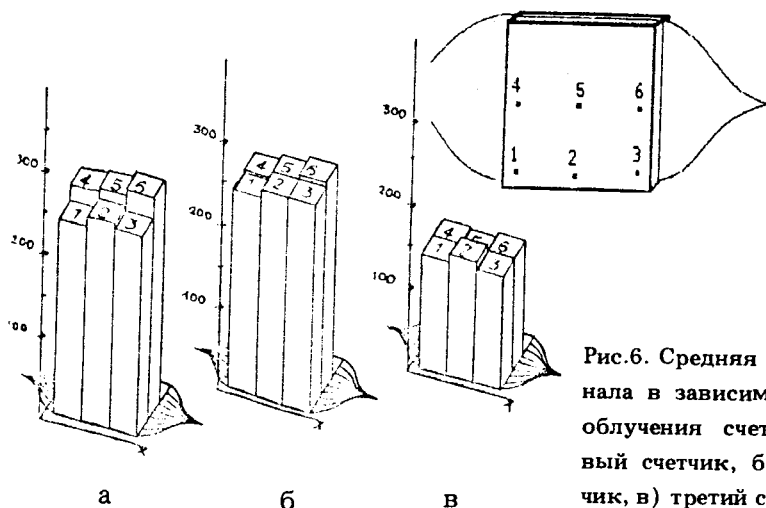


Рис.6. Средняя амплитуда сигнала в зависимости от точки облучения счетчика: а) первый счетчик, б) второй счетчик, в) третий счетчик.

где  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  — максимальное и минимальное средние значения амплитуды со счетчика в шести измерениях. При этом, как и следовало ожидать, меньше всего света собирается из угловых точек пластины (точки 1 и 3). По-видимому, частично это обусловлено разной длиной волокон, выводящих свет с краев и из центра счетчика и, соответственно, разным затуханием этого света в волокне, а также неоднородностью фотокатода ФЭУ.

### Заключение

Таким образом, испытания прототипов элементов спектрометра показали, что изготовленные детекторы с оптоволоконными световодами имеют эффективность порядка 20 фотоэлектронов (для ФЭУ-84) на 1 МэВ потерянной энергии и имеют высокую (до 95%) однородность светосбора по площади. Это позволяет сделать вывод о возможности создания на их основе спектрометра заряженных пионов с требуемыми характеристиками.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.В.Попову и С.Н.Филиппову за плодотворные обсуждения и помощь в работе.

### Литература

1. Brun R. et al. — Preprint CERN-DD/EE/84-1, 1987.
2. Горнов М.М. и др. — ПТЭ, 1981, № 2, с.42.

Рукопись поступила 18 апреля 1991 года.