

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

367, 83

17/1-83
13-82-763

Ю.М.Антипов*, Ю.П.Горин*, В.С.Дацко*,
Г.В.Мицельмахер, А.А.Ноздрин, А.И.Петрухин*,
С.Л.Смирнова

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕКЦИИ
БОЛЬШОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО
СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

*Институт физики высоких энергий, Серпухов.

1982

ВВЕДЕНИЕ

В ОИЯИ и ИФВЭ в рамках проекта СИГМА-АЯКС создается большой цилиндрический спектрометр для измерения энергии медленных частиц, в частности протонов отдачи, вылетающих из жидководородной мишени при облучении ее пучком частиц высоких энергий.

К спектрометру предъявляются следующие требования:

- 1/ измерение энергии протонов отдачи в диапазоне 10 ± 200 МэВ,
- 2/ большая апертура /около 4π /,
- 3/ достаточно высокое энергетическое разрешение /лучше 10% при 200 МэВ/,
- 4/ возможность осуществления быстрого триггера,
- 5/ низкая стоимость, простота в изготовлении и эксплуатации.

Эти требования обусловили выбор в качестве рабочего вещества спектрометра пластического сцинтиллятора.

Использование других методов детектирования /неорганических сцинтилляторов, полупроводниковых счетчиков, ионизационных камер, магнитных спектрометров/, имеющих более высокое энергетическое разрешение, не позволило бы выполнить остальные требования. Вместо пластического сцинтиллятора можно использовать жидкий, однако это усложнит конструкцию и эксплуатацию прибора.

ОПИСАНИЕ СПЕКТРОМЕТРА

Спектрометр /см. рис.1/ представляет из себя полый цилиндр с внутренним и внешним диаметрами 570 мм и 1070 мм соответственно и длиной 800 мм. На оси цилиндра расположена жидководородная мишень. Между мишенью и спектрометром размещаются трековые детекторы. Спектрометр разбит по окружности на 32 секции /светоизолированные друг от друга/, имеющие в сечении вид трапеции с основаниями 56 мм и 106 мм и высотой 250 мм. Каждая секция состоит из двух склеенных между собой блоков сцинтиллятора длиной 400 мм. Пластический сцинтиллятор на основе полистирола изготовлен в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Поверхность сцинтиллятора со стороны большего основания трапеции полирована, остальные поверхности матовые*.

* Полировка блоков по остальным граням существенно не улучшает характеристик прибора.

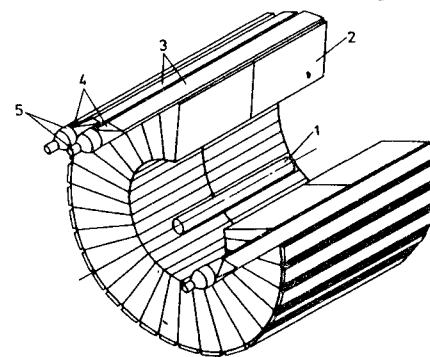


Рис.1. Схематический вид спектрометра: 1 - жидководородная мишень, 2 - блок сцинтиллятора, 3 - световод-сместитель спектра, 4 - световод, 5 - фотоумножитель.

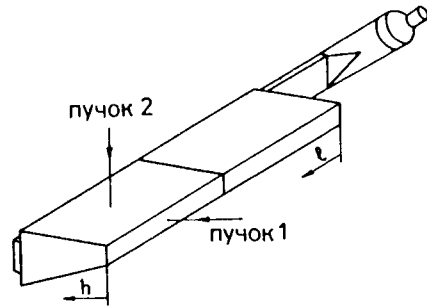
Светосбор с каждой секции осуществляется с помощью световода-сместителя спектра /сечением 10×90 мм² и длиной 1 м/, накладываемого на сцинтиллятор без оптического контакта со стороны большего основания трапеции. Технология изготовления таких световодов путем нанесения на полированную пластину из плексигласа химического вещества /пирозолина/ - сместителя спектра излучения разработана в ИФВЭ^{1/}. Торец пластины соединен через световод обычного типа с фотоумножителем. Сцинтиллятор и световоды оборачиваются алюминизированным майларом.

Метод собирания сцинтилляционного света с помощью сместителей спектра интенсивно развивается в последние годы^{2/}. При обычных методах светосбора, со сцинтилляторов больших размеров требуется большое количество фотоумножителей или сложные, громоздкие световоды. Использование же сместителей спектра χ_{01} и приводит к значительным потерям света от сцинтиллятора /~5-10 раз/, позволяет существенно упрощать конструкции детекторов, делать их более экономичными и удобными в эксплуатации, а также улучшать некоторые их характеристики. Световодом - сместителем спектра можно собирать свет с большой поверхности, что в значительной степени компенсирует потери света. Принцип собирания света указанным методом состоит в следующем. Вышедший из сцинтиллятора "голубой" свет попадает на световод-сместитель спектра, поглощается веществом - сместителем спектра, изотропно переизлучается в более длинноволновый "зеленый" свет, который распространяется к концу световода за счет полного внутреннего отражения и собирается на фотоумножитель.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРА

В настоящей работе исследовались характеристики отдельной секции цилиндрического спектрометра. Схема измерений, проводимых на пучке π^- -мезонов с энергией 40 ГэВ ускорителя ИФВЭ, показана на рис.2. С помощью телескопа счетчиков, вырезающего область пучка сечением 1 см², проводилось облучение сцинтиллятора в раз-

Рис.2. Схема измерения характеристик сцинтилляционной секции на пучке π^- -мезонов с энергией 40 ГэВ.



личных точках при двух направлениях пучка, 1 и 2 /см. рис.2/, а также под углами к ним. Импульс с ФЭУ поступал на 10-битный преобразователь амплитуда-код, связанный с ЭВМ. Получаемые амплитудные распределения анализировались.

ФОТОУМНОЖИТЕЛИ

Были опробованы различные типы фотоэлектронных умножителей: ФЭУ-85, ФЭУ-84, АVP-56, ФЭУ-110. Наилучший светосбор со сцинтиллятора был получен при использовании ФЭУ-110 со световодом длиной 220 мм и диаметром в месте соединения с фотокатодом 70 мм. Это обусловлено тем, что ФЭУ-110 имеет наибольший диаметр фотокатода /60 мм/ среди рассмотренных ФЭУ, высокую чувствительность фотокатода и спектральную характеристику, близкую к спектру, излучаемому сместителем спектра / ~ 500 нм/. Длительность импульса с ФЭУ составляла около 50 нс.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫВОДЫ

Типичное амплитудное распределение, соответствующее прохождению π^- -мезонов через сцинтилляционную секцию при направлении пучка 1 /см. рис.2/, приведено на рис.3. А рис.4 показывает зависимость амплитуд A , соответствующих максимумам этих амплитудных распределений, от места облучения ℓ по длине секции. Как видно из рисунка, коэффициент неоднородности амплитуды, определяемый как

$$\Delta A = \pm \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}},$$

где A_{\max} и A_{\min} - наибольшее и наименьшее значения амплитуды A , равен 8%. При облучении сцинтиллятора в направлении пучка 2 /см. рис.2/ на определенном расстоянии h от основания блока коэффициент ΔA по длине ℓ , как показали измерения, также не превышал 8% при различных h . Применяв определенные специальные меры, однородность светособирания можно, по-видимому, еще более улучшить.

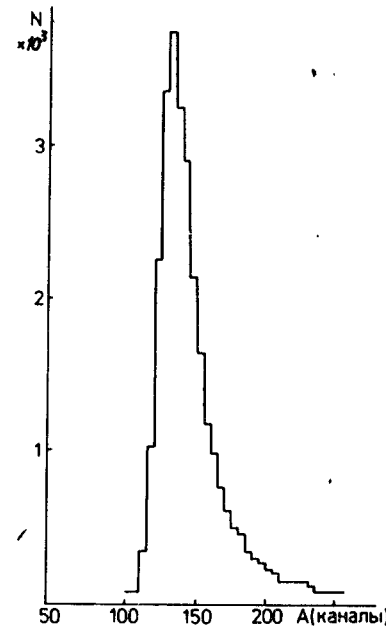


Рис.3. Амплитудное распределение, соответствующее прохождению π^- -мезонов через сцинтилляционную секцию при направлении пучка 1 /см. рис.2, толщина сцинтиллятора по пучку - 25 см/.

Рис.4. Зависимость амплитуды импульса A от места облучения по длине сцинтиллятора.

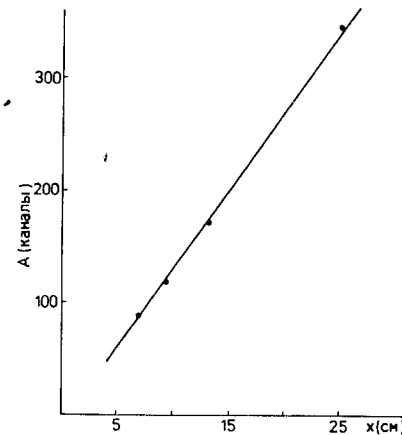
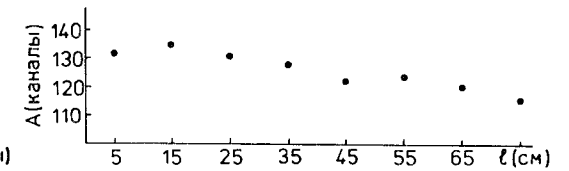


Рис.5. Зависимость амплитуды импульса от толщины сцинтиллятора, через которую проходит пучок частиц.

На рис.5 приведена зависимость амплитуды импульса от толщины сцинтиллятора, через которую проходит пучок частиц при определенном ℓ . Прямая характеризует хорошую линейную зависимость амплитуды импульса от энергии, поглощенной в сцинтилляторе.

Полученные данные позволяют оценить энергетическое разрешение спектрометра. Амплитудное разрешение для спектра /приведенного на рис.3/, соответствующего прохождению релятивистских частиц через сцинтиллятор толщиной 25 см и энергии, выделенной в нем, $E = 50$ МэВ, будет составлять: $\delta\Sigma = 21\%$ /полная ширина на поло-

вине высоты/. Исключая из этой величины вклад распределения Ландау, которое для данной толщины сцинтиллятора составляет

$\delta_{\Lambda} = 16\%$, получим $\delta = \sqrt{\delta_{\Sigma}^2 - \delta_{\Lambda}^2} = 14\%$ при $E = 50$ МэВ. Из зависимости

разрешения от энергии $\delta \sim \frac{1}{\sqrt{E}}$ следует, что энергетическое разре-

шение спектрометра для протонов отдачи с энергией 200 МэВ должно быть $\sim 7\%$, или 14 МэВ /ПШПВ/.

Для сравнения отметим, что в бозонном спектрометре ЦЕРН-ИФВЗ^{3/}, где задача измерения энергии протона отдачи решалась также сцинтилляционной методикой, энергетическое разрешение было примерно такое же, однако азимутальный аксептанс нашего спектрометра в 30 раз больше.

Таким образом, результаты данной работы показывают, что использование разработанных секций позволяет создать спектрометр с большой апертурой, высоким быстродействием и измерять энергию протона отдачи в диапазоне $\sim 10 \pm 200$ МэВ с разрешением около 7% при 200 МэВ.

Авторы благодарят сотрудников ИФВЗ и ОИЯИ, участвующих в сотрудничестве СИГМА-АЯКС, за помощь в исследованиях, а также Н.В.Виноградову и З.Г.Зайцеву за большую работу по изготовлению сцинтилляторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.Н. и др. Препринт ИФВЗ 82-62, Серпухов, 1982.
2. Keil G. NIM, 1970, 89, 111; Varish B. et al. IEEE Transaction on Nuclear Science, 1978, vol.NS-25, No.1, p.532-536; Bourdinaud M., Thevenin J.C. Physica Scripta, 1981, vol.23, p.534-538.
3. Antipov Y.M. et al. Nucl.Phys., 1973, B57, p.333.

Рукопись посту
3 но

Антипов Ю.М. и др.

13-82-763

Исследование секции большого цилиндрического сцинтилляционного спектрометра

Приводятся результаты исследования секции большого цилиндрического сцинтилляционного спектрометра, предназначенного для измерения энергии медленных частиц, в частности протонов отдачи, вылетающих из жидководородной мишени при облучении ее частицами высоких энергий. Секция из пластического сцинтиллятора имеет в сечении вид трапеции с основаниями 56 мм и 106 мм и высотой 250 мм. Длина секции - 800 мм. Светосбор осуществляется с помощью световода - сместителя спектра. Коэффициент неоднородности светособирания не превышает 8%. Приведена оценка энергетического разрешения, которое должно быть около 7% /ПШПВ/ для протонов отдачи с энергией 200 МэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и Институте физики высоких энергий /Серпухов/.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Antipov Yu.M. et al.

12-82-763

Investigation of Large Cylindrical Scintillation Spectrometer Section

The results of investigation of large cylindrical scintillation spectrometer section to measure slow particle energy, for instance, of recoil protons which fly out of liquid hydrogen target at the bombardment by high energy particles, are presented. The plastic scintillation section has a trapezoid form with the 56 mm and 106 mm bottoms and the 250 mm height. The section length is 800 mm. It is viewed with a wavelength-shifter bar. The factor of nonuniformity light collection does not exceed 8%. The energy resolution for 200 MeV recoil protons is estimated as approx. 7% (FWHM).

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Physics, JINR, and the Institute of High Energy Physics (Serpukhov).

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.