

3/ix-79

3455/2-79



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

A-91

1 - 12365

Р.Г. Аствацатуров, В.А.Крамаренко, А.И.Малахов,
Г.Л.Мелкумов, М.Н.Хачатурян

ДЕТЕКТОР ГАММА-КВАНТОВ
И ЭЛЕКТРОНОВ 90-КАНАЛЬНОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА

1979

1 - 12365

Р.Г. Аствацатуров, В.А. Крамаренко, А.И. Малахов,

Г.Л. Мелкумов, М.Н. Хачатурян

ДЕТЕКТОР ГАММА-КВАНТОВ
И ЭЛЕКТРОНОВ 90-КАНАЛЬНОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА

Направлено в ПТЭ

Аствацатуров Р.Г. и др.

1 - 12365

Детектор гамма-квантов и электронов 90-канального черенковского масс-спектрометра

Описана конструкция модуля 90-канального черенковского годоскопа из свинцового стекла. Исследована возможность использования нескольких типов клеев для обеспечения оптического контакта между стеклом черенковского счетчика и фотоумножителем. Излагается метод, использованный при подборе фотоумножителей для черенковского годоскопа. Эксплуатация 90 модулей разработанной конструкции в течение восьми лет показала их высокую надежность.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

ВВЕДЕНИЕ

В ЛВЭ ОИЯИ создана экспериментальная установка - 90-канальный черенковский масс-спектрометр¹, предназначенный для изучения процессов рождения и распада элементарных частиц. В 1976-77 гг. с помощью масс-спектрометра были измерены дифференциальные сечения реакции $\pi^- + p \rightarrow \eta^0 + p$ при импульсах 3,3 и 4,75 ГэВ/с^{2,3}.

Основным элементом масс-спектрометра является 90-канальный черенковский годоскоп, состоящий из 90 идентичных детекторов - черенковских счетчиков полного поглощения из свинцового стекла⁴. В установке черенковский годоскоп служит для измерения энергии электронов и гамма-квантов, образующихся в результате взаимодействия налетающей частицы с частицами мишени.

В настоящей работе описывается метод подбора фотоумножителей и конструкция модуля черенковского годоскопа.

КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО ГОДОСКОПА

Конструкцию модуля иллюстрирует рис. 1. Каждый модуль спектрометра представляет собой самостоятельный прибор, полностью светоизолированный от остальных. Радиатор черенковского излучения (2) изготовлен из свинцового стекла марки ТФ-1 и имеет форму шестигранной призмы высотой 35 см с диаметром вписанной окружности основания 17,5 см. Свинцовое стекло и фото-

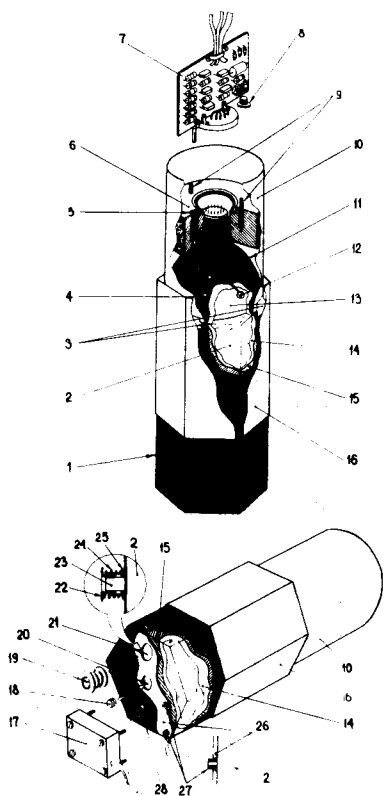


Рис. 1. Конструкция модуля черенковского 90-канального гамма-спектрометра: 1,11 - черная липкая полихлорвиниловая лента; 2 - радиатор из свинцового стекла марки ТФ-1; 3 - липкая полиэтиленовая лента; 4 - резистор МЛТ-1,5 МОм; 5 - гнездо для подачи высокого напряжения на фотокатод; 6 - пенопластовое кольцо; 7 - высоковольтный делитель напряжения; 8 - гайки крепления высоковольтного делителя напряжения; 9 - шпильки для крепления делителя напряжения; 10 - цилиндрический пермаллоевый экран; 12 - вывод фотокатода ФЭУ, 13 - фотоумножитель ФЭУ-49Б; 14 - алюминиевая фольга; 15 - черная бумага; 16 - шестигранный пермаллоевый экран; 17 - термостат со световым диодом; 18 - импульсный источник света на основе кристалла NaJ (П) и радиоактивного изотопа ^{241}Am ; 19 - устройство для

ввода света от искрового разрядника; 20 - отверстие для импульсного источника света 18; 21 - отверстие для ввода света от искрового разрядника в свинцовое стекло; 22,25 - светоизолирующие втулки устройства ввода света от искрового разрядника; 23 - цилиндрический световод; 24 - пружина; 26 - текстолитовая пластина толщиной 0,5 мм; 27 - гайки крепления термостата со светодиодом; 28 - отверстие для ввода света от светодиода.

умножитель обернута отражателем из алюминиевой фольги (14). Поверх фольги, для светоизоляции, стекло и ФЭУ обернуты черной полихлорвиниловой лентой типа ПВХ толщиной 0,3 мм (1,11). Свинцовое стекло дополнительно светоизолировано с помощью слоя черной бумаги (15), расположенного между фольгой и полихлорвиниловой лентой.

Для защиты от рассеянного магнитного поля на часть стекла, прилежащую к ФЭУ, и на ФЭУ одеты магнитные экраны из отожженного пермаллоя марки 80НХС толщиной 0,5 мм (10,16). Магнитные экраны крепятся с помощью липкой полихлорвиниловой ленты. На цилиндрическую часть ФЭУ одевается кольцо из пенопласта (6), окрашенное в черный цвет для дополнительной светоизоляции фотоумножителя, а также для крепления цилиндрического магнитного экрана (10). В этом кольце имеются специальные канавки для обеспечения светоизоляции в месте стыка панели делителя (7) и ФЭУ, а также гнездо (5) для подачи высокого напряжения на фотокатод ФЭУ (12). Две шпильки (9) в пенопластовом кольце служат для крепления делителя с помощью гаек (8). На магнитные экраны подается высокое напряжение от фотокатода через резистор с номиналом 5 МОм (4) для исключения пробоев между фольгой (14), ФЭУ и магнитными экранами. Магнитные экраны сверху обернуты тонкой фторопластовой пленкой для электрической изоляции соседних модулей при их совместной сборке (разность потенциалов на экранах соседних модулей достигает 400 В).

К одному из торцов стекла крепится шестиугольная пластина из текстолита толщиной 0,5 мм. В этой пластине, а также в алюминиевой фольге и светоизолирующих слоях имеются отверстия для ввода импульсов света в свинцовое стекло от трех независимых источников для контроля работы черенковского модуля. В центре (отверстие 20) с помощью клея марки КОДАК HE-10 крепится источник импульсных световых вспышек на основе кристалла NaJ (П) и радиоактивного изотопа ^{241}Am (альфа-частицы с энергией 5,5 МэВ) /5/. Напротив отверстия (21) помещен цилиндрический световод (23)

из органического стекла с системой светоизолирующих втулок (22, 25), входящих одна в другую. Втулка (22) поджимается с помощью пружины (24) к пластине из органического стекла (на рисунке не показана), расположенной перед модулями. В эту пластину с помощью световодов вводится свет от искрового разрядника. Напротив отверстия (21) каждого модуля в пластине имеются отверстия, через которые свет от разрядника попадает в модули. Отношение амплитуд сигналов с ФЭУ от разрядника с хорошей точностью постоянно. Подробно эта система контроля описана в работе /6/.

Текстолитовая пластина (26) имеет четыре гайки из эбонита (27), служащие для крепления пенопластового термостата, внутри которого смонтированы светодиод и электронная схема для поддержания постоянной температуры /7/.

ОПТИЧЕСКИЙ КОНТАКТ МЕЖДУ СВИНЦОВЫМ СТЕКЛОМ И ФОТОУМНОЖИТЕЛЕМ

Для обеспечения надежного оптического контакта между ФЭУ и свинцовым стеклом было найдено целесообразным клеить ФЭУ к радиатору. Этот способ имеет ряд преимуществ по сравнению с применением для этой цели жидких смазок.

При выборе клея к нему были предъявлены следующие требования:

- 1) высокая прозрачность в интервале длин волн 3300-5000 Å;
- 2) коэффициент преломления в пределах $1,49 \leq n \leq 1,64$ (промежуточное значение между коэффициентом преломления стекла фотокатода ФЭУ и свинцового стекла);
- 3) постоянство характеристик во времени;
- 4) прочность и долговечность склейки;
- 5) возможность растворения с помощью известных растворителей.

Нами были рассмотрены клеи следующих марок: МБК-1, ДЭГ-1, НЕ -10. Их характеристики приводятся в таблице.

Таблица

марка клея	показатель преломления	растворитель в отвержденном состоянии
МБК-1	1,4840	спирт
ДЭГ-1	1,4995	вода
НЕ -10	1,577	хлороформ

Клей МБК-1 (трехкомпонентный клей: монобутилметакрилат, диметиланилин, перекись бензоила) имеет низкий коэффициент преломления $n=1,484$ и после отверждения приобретает желтый цвет.

ДЭГ-1 (10 весовых частей эпоксидной смолы ДЭГ-1 и 1 весовая часть этилендиамина) удобен при замене ФЭУ, т.к. легко растворяется в воде, но обладает тем недостатком, что в месте склейки довольно быстро нарушается оптический контакт. Использование клея ДЭГ-1 для аналогичных целей рассматривалось в работе /8/. Наши исследования показали, что с течением времени оптический контакт в случае применения клея ДЭГ-1 нарушается (появляются "елочки", которые довольно быстро распространяются от края к центру).

Клеем ДЭГ-1 была приклеена пробная партия (около 30 ФЭУ). Место склейки ежедневно контролировалось в течение двух месяцев. Результаты этого исследования приведены на рис. 2, из которого видно, что за два месяца оптический контакт нарушился практически во всех 30 склейках.

Одно из возможных объяснений этого - растворимость клея ДЭГ-1 в воде. Оптический контакт нарушается из-за того, что в слой клея проникает влага из окружающего воздуха, которая постепенно распространяется от периферии к центру склейки. Была предпринята попытка герметизации места склейки покрытием границы склейки различными водонепроницаемыми составами (лаки, клей МБК-1, вакуумная смазка и т.п.). Но эта

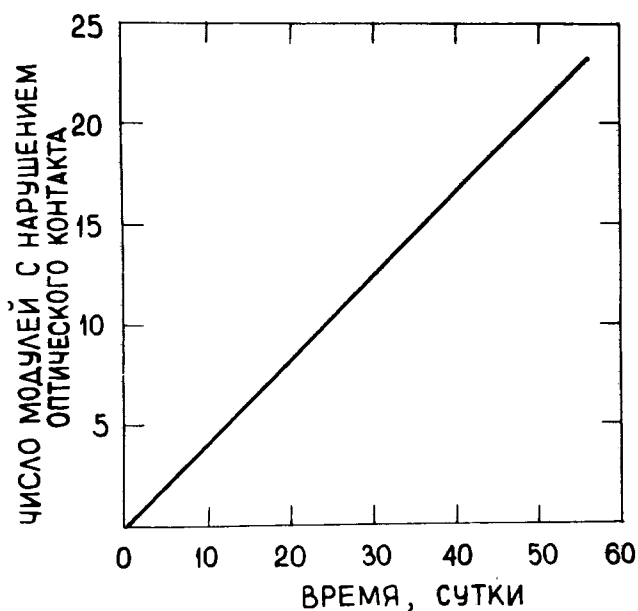


Рис. 2. Зависимость оптического контакта между свинцовым стеклом и фотоумножителем от времени для клея ДЭГ-1.

мера, так же как и изменение соотношения количества эпоксидной смолы и отвердителя, не дала желаемых результатов.

Исследования с клеем марки КОДАК НЕ-10 (эпоксидный двухкомпонентный клей) показали, что он имеет коэффициент преломления 1,58 (см. таблицу), достаточно прозрачен в тонком слое и стоек.

Для склеивания ФЭУ со стеклом модулей нами использовался клей НЕ-10.

Для отклеивания ФЭУ и свинцового стекла в случае выхода ФЭУ из строя (при склейке с помощью НЕ-10) были изготовлены два герметично закрывающихся сосуда из нержавеющей стали. При площади склейки около 230 см² расклеивание происходит в хлороформе за один-два месяца.

ПОДБОР ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ

В гамма-спектрометре черенковский свет регистрируется с помощью фотоумножителя типа ФЭУ-49Б с диаметром фотокатода 15 см. С целью улучшения спектротрических характеристик прибора в годоскопе используются ФЭУ с квантовой чувствительностью фотокатода, превышающей 100 мкА/лм.

Перед монтажом в спектрометре были проверены амплитудные характеристики 120 фотоумножителей. Среди них были отобраны 90 шт., обладающих максимальной амплитудой выходного сигнала и высоким амплитудным разрешением при низком уровне собственных шумов.

На рис. 3 приведено распределение по квантовым чувствительностям 120 исследованных ФЭУ-49Б. В спектрометры монтировались фотоумножители, имеющие квантовую чувствительность фотокатода в пределах от 100 до 200 мкА/лм.

Проверка и отбор ФЭУ-49Б проводилась по схеме, приведенной на рис. 4. Исследуемые ФЭУ помещались в светонепроницаемый стальной кожух, который одновременно служил и магнитным экраном. Для экранирования от слабых магнитных полей (~ 1 Э) использовался пермалловый экран толщиной 1 мм. Источник импульсных световых вспышек (радиоактивный изотоп ²⁴¹Am с кристаллом CsJ(П)) помещался над фотокатодом ФЭУ на расстоянии около 20 см таким образом, чтобы освещать весь фотокатод. В указанных условиях разброс амплитуд световых сигналов не превышает 10% (FWHM).

Результаты измерений иллюстрирует рис. 5, где приведены распределения наиболее вероятных значений амплитуд выходных сигналов с ФЭУ и амплитудных разрешений при напряжении питания ФЭУ 1600 В. Измерения проводились на предварительно подобранном делителе /9/. Поскольку качество поверхности фотокатода ФЭУ при склейке имеет большое значение, фотоумножители со стрелой прогиба окна ФЭУ более 0,1 мм (рис. 6) предварительно шлифовались и полировались (65 ФЭУ из 90).

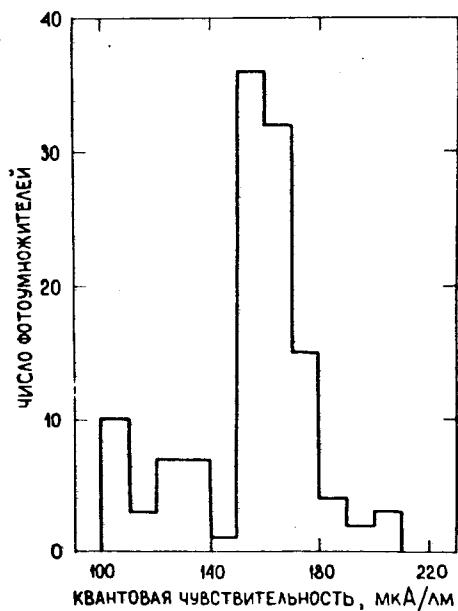


Рис.3. Распределение по квантовой чувствительности фотокаатодов ФЭУ-49Б.

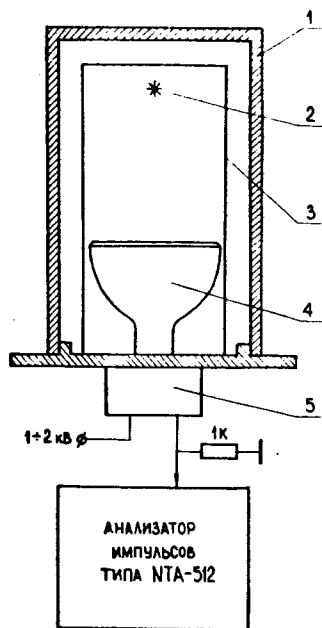


Рис.4. Схема устройства для проверки и подбора фотоумножителей ФЭУ-49Б.

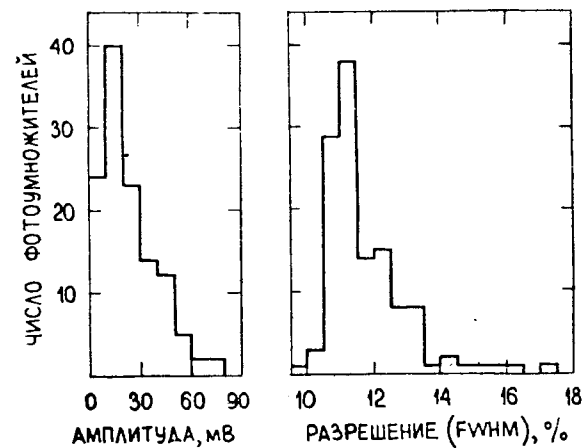


Рис.5. Распределение амплитуд выходных сигналов с ФЭУ-49Б и амплитудных разрешений от светового источника на основе кристалла CsJ(Tl) и радиоактивного изотопа ^{241}Am .

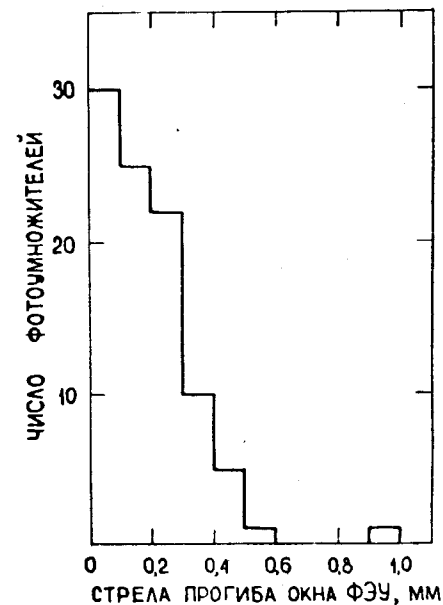


Рис.6. Распределение числа фотоумножителей в зависимости от кривизны поверхности фотокаатода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Годоскоп черенковских спектрометров был смонтирован в 1972 г. и прокалиброван на пучке электронов с импульсами 2 и 4 ГэВ/с. За время работы годоскопа (около 5000 ч) только на двух модулях (из 90) были заменены фотомножители.

Авторы выражают благодарность профессору А.М.Балдину за поддержку и интерес к работе, Е.Власову, Е.Кнапику и В.И.Иванову за помощь в измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверичев С.А. и др. ОИЯИ, 1-11482, Дубна, 1978.
2. Аствацатуров Р.Г. и др. ЯФ, 1978, т. 27, вып. 2.
3. Arkhipov V.V. et al.
ОИЯИ, E1-11596, Дубна, 1978.
4. Аствацатуров Р.Г. и др. Nukleonika, 1974, 19, 6, с. 575.
5. Нго Куок Бьун и др. ПТЭ, 1974, 6, с. 163.
6. Малахов А.И., Хачатурян М.Н. ПТЭ, 1975, 5, с. 35.
7. Басиладзе С.Г. и др. ПТЭ, 1975, 4, с. 92.
8. Александров Ю.А. и др. ПТЭ, 1966, 3, с. 221.
9. Аствацатуров Р.Г. и др. Nukleonika, 1975, 20, 5, с. 483.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 апреля 1979 года.