

93-185



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P13-93-185

М.А.Игнатенко, Г.Д.Столетов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МИКРОКАНАЛЬНОГО ФЭУ-165  
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МИНИМАЛЬНО  
ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

1993

## ВВЕДЕНИЕ

Опыт применения ФЭУ на основе микроканальных пластин (МКП) во временных спектрометрах для регистрации минимально ионизирующих частиц и единичных фотоэлектронов показал [1—3], что из-за невысокой квантовой эффективности фотокатода, относительно низкой вероятности захвата фотоэлектронов каналами МКП и небольшой площади фотокатода не удастся реализовать основное преимущество МКП — высокое временное разрешение на один зарегистрированный фотоэлектрон. Достижимое временное разрешение спектрометров с МКП уступает разрешению, получаемому с быстрыми ФЭУ обычного типа.

Однако микроканальные ФЭУ способны работать в сильных продольных (по отношению к оси МКП) и умеренных поперечных магнитных полях [4—6] и имеют малые размеры. Это делает их привлекательными для использования в сочетании с органическими сцинтилляторами в системах быстрого триггера и измерения времени пролета частиц в случаях, когда сцинтилляционные счетчики приходится располагать в магнитном поле детектора. В [7] исследовалась также возможность применения МКП в качестве активной мишени для минимально ионизирующих частиц. Были измерены эффективность и временное разрешение МКП в пучках  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 3 ГэВ/с и протонов с импульсом 7 ГэВ/с. Для увеличения эффективности МКП устанавливались под углом  $18^\circ$  к направлению пучка. В результате для двухступенчатой “шевронной” структуры были достигнуты эффективность 80% и временное разрешение 180 пс, а для структуры из трех микроканальных пластин — эффективность 90% и временное разрешение 260 пс.

В настоящем сообщении представлены результаты измерений характеристик сцинтилляционного счетчика, оснащенного микроканальным ФЭУ-165-1, а также характеристик этого ФЭУ как самостоятельного детектора минимально ионизирующих частиц.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА С ФЭУ-165-1

ФЭУ-165-1 имеет “шевронную” структуру, состоящую из двух МКП с диаметром каналов 12 мкм. Полупрозрачный Sb-K-Na-Cs-фотокатод диаметром 25 мм нанесен на плоское оптическое окно ФЭУ. Малая площадь фотокатода позволила установить ФЭУ в счетчике в непосредственном контакте с торцом сцинтиллятора, имевшего форму параллелепипеда, размером  $25 \times 50 \times 580$  мм. Использовался делитель напряжения типа А, рекомендованный фирмой-изготовителем. Порог формирователя сигналов от ФЭУ был установлен 20 мВ.

При проведении измерений исследуемый счетчик располагался между двумя мониторными счетчиками и облучался космическими частицами. Площадь облучаемой области составляла  $50 \times 50$  мм. Исследовались амплитуды сигналов, эффективность и временное разрешение счетчика. Временное разрешение оценивалось по ширине распределения времен пролета космических частиц между исследуемым

счетом и одним из мониторов. Временное разрешение оценивалось по ширине распределения времен пролета космических частиц между исследуемым

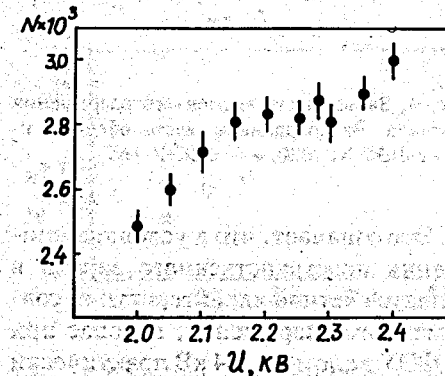


Рис. 1. Счетная характеристика счетчика с ФЭУ-165-1

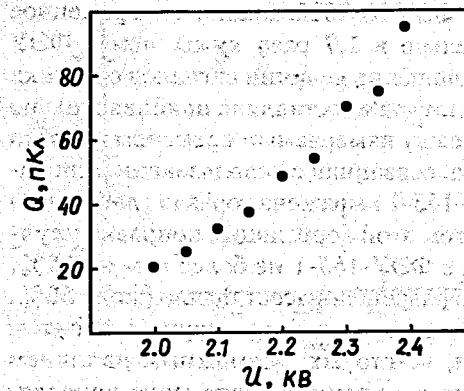


Рис. 2. Зависимость средней амплитуды сигнала ФЭУ-165-1 от напряжения

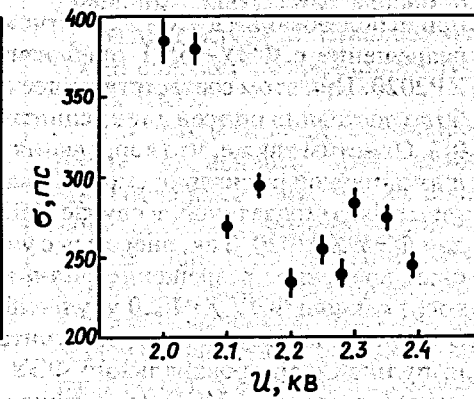


Рис. 3. Зависимость временного разрешения счетчика с ФЭУ-165-1 от напряжения

счетчиком и расположенным в 10 см ниже него мониторным счетчиком. Аппаратура и методика измерений подробно описаны в [8].

На рис. 1, 2, 3 представлены соответственно счетная характеристика и зависимости от напряжения на ФЭУ средней амплитуды сигналов и временного разрешения счетчика при облучении центральной области сцинтиллятора. Вклад "стопового" счетчика в приводимом временном разрешении, определенный в отдельных измерениях, составляет 95 пс.

В области плато счетной характеристики амплитуда сигнала растет линейно с увеличением напряжения. Это означает, что в условиях описываемых измерений эффекты насыщения пространственного заряда в МКП не играли заметной роли. Начало плато счетной характеристики совпадает с началом области лучшего временного разрешения, которое при дальнейшем повышении напряжения на ФЭУ вплоть до 2,4 кВ практически не меняется.

На рис. 4 показана измеренная при напряжении 2,3 кВ зависимость временного разрешения исследуемого счетчика от координаты места облучения. Там же для сравнения приведены результаты, полученные ранее [8] при использовании в этом же счетчике ФЭУ XR2020. Видно, что временное разрешение с ФЭУ-165-1 приблизительно в 1,7 раза хуже, чем с ФЭУ XR2020. При этом соответствующее отношение величин сигналов счетчика было постоянно по всей длине сцинтиллятора и составляло приблизительно 0,3. Отметим также, что корреляция между измеряемым временем пролета и амплитудой регистрируемого сигнала, связанная с использованием пороговых формирователей, в случае ФЭУ-165-1 выражена гораздо слабее, чем для ФЭУ XR2020. Так, вносимая с учетом этой корреляции поправка улучшает временное разрешение счетчика с ФЭУ-165-1 не более чем на 15%, тогда как для ФЭУ XR2020 улучшение разрешения составляло около 50%. Это, по-видимому, можно объяснить, во-первых, более крутым фронтом импульсов с микроканального ФЭУ и, во-вторых, возможным наличием послеимпульсов в МКП [5], нарушающим время-амплитудную корреляцию.

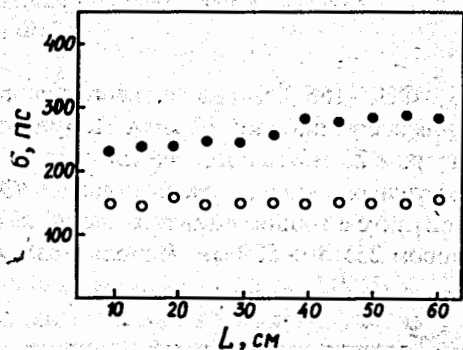


Рис. 4. Зависимость временного разрешения счетчика от координаты места облучения: o — с ФЭУ XR2020, ● — с ФЭУ-165-1

## 2. ФЭУ-165-1 КАК ДЕТЕКТОР МИНИМАЛЬНО ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

В процессе испытаний в качестве детектора частиц ФЭУ-165-1 устанавливался мониторными счетчиками и ориентировался так, чтобы космические частицы пересекали МКП под углами, близкими к  $90^\circ$ , что, естественно, дает выигрыш в рабочей площади детектора по сравнению с условиями испытания МКП в работе [7]. На рис. 5 представлена зависимость от напряжения эффективности ФЭУ-165-1 как детектора. Эффективность определялась по отношению скоростей счета космических частиц телескопом

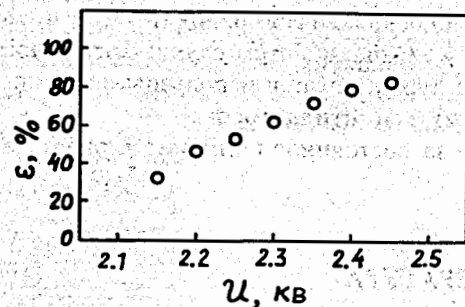


Рис. 5. Эффективность МКП ФЭУ-165-1 как детектора космических частиц в зависимости от напряжения

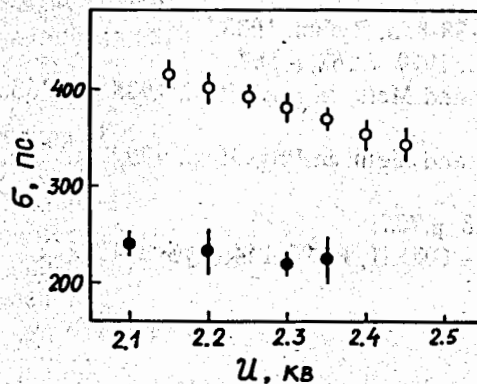


Рис. 6. Временное разрешение МКП ФЭУ-165-1 как детектора космических частиц в зависимости от напряжения: o — без сцинтиллятора, ● — со сцинтиллятором толщиной 10 мм

счетчиков при использовании ФЭУ-165-1 без сцинтиллятора и с пластическим сцинтиллятором толщиной 10 мм и диаметром, равным диаметру фотокатода ФЭУ. Видно, что эффективность растет с увеличением напряжения и достигает 80% при 2,45 кВ. Амплитуда сигнала с МКП при всех напряжениях лишь немного превышала порог формирователя. По-видимому, малая величина сигнала обусловлена тем, что в рассматриваемых условиях преимущественно реализуется одноэлектронный режим срабатывания МКП и, более того, первичные электроны появляются на разной глубине каналов, что также снижает коэффициент усиления МКП.

На рис. 6 приведена зависимость временного разрешения МКП от напряжения. Там же показано временное разрешение, измеренное при использовании ФЭУ вместе со сцинтиллятором. Временное разрешение МКП как детектора существенно хуже, чем разрешение ФЭУ в сборке со сцинтиллятором. Возможно, это также является следствием образования первичных электронов на разной

глубине каналов МКП, что приводит к значительному возрастанию дисперсии времени формирования выходного импульса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные измерения характеристик сцинтилляционного счетчика с микроканальным ФЭУ-165-1 показали, что эти ФЭУ могут использоваться в системах сцинтилляционных счетчиков, предназначенных для выработки быстрого триггера, а также в системах измерения времени пролета частиц, где достаточно временное разрешение порядка 300 пс.

Результаты испытания ФЭУ-165-1 в качестве самостоятельного детектора минимально ионизирующих частиц показали возможность обеспечить эффективность регистрации около 80%. Однако в этом случае временное разрешение оказывается существенно хуже, чем при использовании микроканального ФЭУ вместе с пластическим сцинтиллятором.

Авторы благодарны Л.С.Ажгирею за постоянное внимание к работе и полезные обсуждения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Moszynski M., Vacher J., Odru R. — Nucl.Instr. and Meth., 1983, v.204, p.471.
2. Giles R.T., Pipkin F.M., Wolinski J.P. — Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res., 1986, v.A252, p.41.
3. Выврышук Я. и др. — ОИЯИ, 13-88-855, Дубна, 1988.
4. Wiza J.L. — Nucl.Instr. and Meth., 1979, v.162, p.587.
5. Morenzoni E. et al. — Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res., 1988, v.A263, p.397.
6. Schecker J.A. et al. — Nucl.Instr. and Meth. in Phys.Res., 1992, v.A320, p.556.
7. Oba K. et al. — IEEE, 1981, NS-28, p.705.
8. Игнатенко М.А., Столетов Г.Д. — ОИЯИ, 13-93-144, Дубна, 1993.