

1381.3
и. 43



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

D13 - 9164

**Международное совещание
по методике проволочных камер**

**International Meeting
on Proportional and Drift Chambers**

Дубна, 1975

✓

В соответствии с решением XXXVI сессии Ученого совета Объединенного института ядерных исследований в Дубне с 17 по 20 июня 1975 года было проведено Международное совещание по методике проволочных камер, в котором приняли участие ученые и инженеры из ведущих научных центров стран-участниц, а также стран Европы и США.

Совещание имело целью:

1. Обсудить опыт разработок и создания новых конструкций установок с использованием пропорциональных и дрейфовых камер.

2. Намечить перспективы в развитии этого нового методического направления в технике детектирования частиц.

3. Обсудить методы использования пропорциональных и дрейфовых камер в постановке интересных и важных экспериментов.

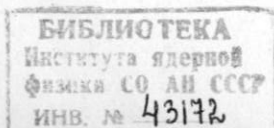
Практически все доклады и сообщения, представленные на совещание, публикуются в настоящем сборнике. Не включены лишь доклады В.Г.Аблеева и др. "Система на 2500 каналов с пропорциональными и дрейфовыми камерами для исследования рассеяния адронов" и В.Г.Аблеева и др. "Исследование пропорциональных камер", вышедшие в свет в виде сообщений ОИЯИ.

Мы признательны дирекции, ученому секретариату и международному отделу ОИЯИ за помощь в проведении совещания, а также издательскому отделу Института за подготовку настоящего сборника к публикации и печатью этого издания.

Оргкомитет совещания:

Щербаков Ю.А.	- председатель
Заневский Ю.В.	- зам. председателя
Струнов Л.Н.	- член Оргкомитета
Филиппов А.И.	- "
Ажгирей Л.С.	- "
Вишняков В.В.	- "
Пешехонов В.Д.	- "
Силаев Е.А.	- "
Кирюшин Ю.Т.	- "
Лыткин Л.К.	- "
Ефимова А.И.	- "
Саранцева В.Р.	- "
Зарубина И.С.	- "
Попов Ю.М.	- "
Устенко Л.П.	- ответственный секретарь

© 1975 Объединенный институт ядерных исследований Дубна



О Г Л А В Л Е Н И Е

Вступительное слово академика К.Ланиуса - вице-директора ОИЯИ.	7
I. ДРЕЙФОВЫЕ И ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ	
Investigation on the Operation of High-Accuracy Drift Chambers. F.Sauli	11
Дрейфовая камера для работы в интенсивных пучках. С.И.Битюков, Ю.Б.Бушнин, Р.И.Джелядин, А.Ф.Дунайцев, А.М.Зайцев, А.К.Кэнопьянников, В.Ф.Константинов, В.П.Кубаровский, Л.Г.Ландсберг, В.М.Леонтьев, В.А.Мухин, В.Г.Рыбаков, В.А.Сенько, А.Н.Сытин	24
Конструкция и технология изготовления многоканальной системы дрейфовых камер. А.С.Водопьянов, Т.С.Нигманов, В.П.Пугачевич, В.Д.Рябов, Д.В.Уральский, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов	28
Характеристики дрейфовых камер размерами 130 x 130 мм ² . С.Г.Басиладзе, А.С.Водопьянов, Т.С.Нигманов, В.П.Пугачевич, В.Д.Рябов, Д.В.Уральский, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов	31
Импульсная дрейфовая камера. В.Н.Евдокимов, Л.К.Лыткин, А.А.Тяпкин	34
Operation and Further Development of Large Area Drift Chambers. A.N.Walenta	38
Дрейфовая камера для регистрации сильноионизирующих частиц. Э.Р.Маркрян, Г.Г.Мкртчян, О.П.Петросян, Р.Н.Пихтелев	53
Cylindrical Geometry for Proportional and Drift Chambers. B.Sadoulet	55
Разработка цилиндрических и гиперболических пропорциональных камер. Н.П.Кравчук, А.С.Моисеенко, И.Полах, А.И.Филиппов	71
Pluto Detector with Cylindrical Proportional Chambers. L.Criegee, K.Derikum, G.Franke, W.Krechlock, G.Knies, E.Lohrmann, H.Mehrgardt, R.Schmitz, T.N.Ranga Swamy, U.Timm, P.Waloschek, G.G.Winter, W.Zimmermann	76
Разработка больших пропорциональных камер для магнитного детектора МД-1. В.Р.Грошев, Г.М.Колачев, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин, В.И.Тельнов, Ю.А.Тихонов	81
Развитие методики пропорциональных и дрейфовых камер в ИФВЭ. Ю.М.Антипов	94
Система проволочных пропорциональных камер на 960 каналов. Н.И.Божко, А.А.Борисов, А.С.Вовенко, Л.А.Волкова, В.Ю.Глебов, Ю.Д.Карпеков, А.А.Кульков, В.В.Лапин, А.И.Мухин, Ю.И.Саломатин, Ю.Н.Симонов, Р.М.Фахрутдинов	99
A Report on the Use of Proportional Chambers at the Rutherford Laboratory. W.M.Evans	103
The System of Proportional Chambers for the SFM Spectrometer. W.Bell, R.Bouclier, E.Chesi, R.Cooper, L.Dumps, H.G.Fischer, F.Gagliardi, B.Heck, P.G.Innocenti, G.Maurin, A.Minten, L.Naumann, F.Piuz, O.Ullaland	111

Пропорциональная камера в криогенном режиме. Б.И.Хазин, Е.П.Солодов	116
Газы для пропорциональных камер в координатном режиме. В.Р.Грошев, А.П.Онучин	120
20K Wire Proportional Chamber System for a Large Magnetic Spectrometer at Cornell. D.L.Hartill	124
The Identification of Secondary Particles by Proportional and Drift Chambers. W.W.M.Allison	128
Применение пропорциональной камеры для ионизационных измерений. В.В.Вишняков, И.Л.Писарев, Л.П.Черненко	147
Pulse Shape Study in a Multiwire Proportional Chamber. H.G.Fischer, F.Piuz, O.Ullaland	152
Angle Measurement and Space Resolution in Proportional Chambers. H.G.Fischer, F.Piuz, W.J.Schwille, G.Sinapius, O.Ullaland	158
Простой способ улучшения пространственного разрешения пропорциональных камер. А.А.Воробьев, Е.А.Дамаскинский, А.П.Кашук, А.Г.Крившич	163
Пространственно-временное распределение кластеров в пропорциональной камере. Е.А.Дамаскинский, А.Г.Крившич	167
Телескоп пропорциональных камер для спектрометра полного поглощения. А.В.Вишневский, А.В.Зарубин, Ю.Т.Кирюшин, Л.В.Комогорова, Д.А.Смолин	171
II. ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И ДРЕЙФОВЫЕ КАМЕРЫ ДЛЯ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
Proportional and Drift Chambers in Applied Investigations. V.Perez-Mendez	177
Use of Drift Chambers for Medical Diagnostics. F. Sauli	204
III. СЪЕМ ИНФОРМАЦИИ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ И ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР И РЕГИСТРИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА	
Пропорциональные камеры с аналоговым съемом информации. В.Г.Зинов	211
Пропорциональная камера с линией задержки для измерения координат с высокой точностью. А.Е.Бондарь, В.Р.Грошев, А.П.Онучин, Е.Л.Панина, В.И.Тельнов.	219

A High Resolution Readout System for Drift Chambers. D.L.Hartill	224
Триггерная система с пропорциональными камерами, работающая совместно с ионизационным детектором ядер отдачи в экспериментах по рассеянию адронов на малые углы. А.А.Воробьев, Г.Н.Величко, Е.А.Дамаскинский, Ю.К.Залиге, А.П.Кашук, А.Г.Крившич, Э.И.Малютенков, О.Е.Прокофьев	228
Hardware Processors for Pattern Recognition Tasks in Experiments with Wire Chambers. C.Verkerk	232
Схема съема информации с дрейфовых камер с запоминанием аналогового сигнала. В.М.Кукарев	252
Электроника дрейфовых камер. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала	256
Регистрирующая электроника для пропорциональных камер. А.П.Кашук, Т.Г.Макаев	260
Пропорциональные камеры на 1000 каналов электроники. С.Е.Бару, В.Р.Грошев, Ю.В.Коршунов, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин, Г.И.Провиз, Г.А.Савинов	264
Электронная аппаратура для анализа и чтения данных с пропорциональных камер. Ю.Б.Бушнин, А.А.Денисенко, А.Ф.Дунайцев, А.К.Коноплянников.	268
Electronics for Drift Chambers. F.Kirsten	272
Multichannel Analyser as a Multiwire Proportional Chamber Monitor. J.Skvaril, I.Krekule	281
IV. РАЗНОЕ	
Развитие детекторов частиц на основе конденсированных благородных газов. Е.А.Долгошеин	285
The Scintillation Chamber. A.J.P.L.Policarpo	302

Амплитудно-временной анализ для ядер отдачи в проекционной камере. А.О.Гаспарян, В.М.Кукарев, Э.Р.Маркарян, Г.Г.Мкртчян, Р.Н.Пихтелев	311
Использование добавок Хе в рабочую смесь МПК для увеличения амплитуды светового сигнала. А.С.Александрян, И.С.Амирханова, М.В.Анохин, Е.А.Бондаренко, В.М.Кукарев, Г.Г.Марикян, В.М.Харитонов	315
Search for New Particles by the MIT-Brookhaven Group. J.J.Aubert	318
Список участников Совещания	343

Рукопись поступила в издательский отдел
15 сентября 1975 года.

Ответственные за выпуск В.В.Вишняков, А.И.Филиппов.

Отпечатано методом прямого репродуцирования с материалов,
представленных Оргкомитетом.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

академика К.ЛАНУСА,

вице-директора Объединенного института ядерных исследований

Уважаемые коллеги!

Сегодня в Дубне начинает свою работу Второе международное совещание по методике проволочных камер. В Объединенном институте ядерных исследований стало хорошей традицией проводить подобные совещания по различным вопросам методики физического эксперимента. С проведением каждого совещания мы все более убеждаемся в полезности такого рода обсуждений отдельных проблем в узком, но авторитетном научном коллективе.

Мы отчетливо понимаем особую роль этих совещаний в проведении физических исследований с помощью проволочных детекторов, благодаря которым удается полностью автоматизировать процесс накопления и обработки данных.

Сейчас ясно, что пропорциональные и дрейфовые камеры становятся основными в таких исследованиях. Они позволяют успешно проводить как поисковые опыты, так и прецизионные количественные измерения. Мы уверены в последующем успешном развитии этой методики, еще более интенсивном ее внедрении в практику эксперимента, что обеспечит дальнейший прогресс как в фундаментальной науке, так и в прикладных исследованиях.

РАЗРАБОТКА БОЛЬШИХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
ДЛЯ МАГНИТНОГО ДЕТЕКТОРА МД-1

В.Р.Грошев, Г.М.Колачев, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин,
В.И.Тельнов, Ю.А.Тихонов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Для экспериментов на встречных пучках в Институте ядерной физики СО АН СССР создается магнитный детектор МД-1 с объемом магнитного поля $9,5 \text{ м}^3$ (рис.1). Магнит представляет собой прямоугольный соленоид закрытого типа. Максимальная напряженность поля 16 кГс, вес стального яра 400 т, вес медной обмотки 40 т, потребляемая мощность 3,5 МВт.

Для регистрации частиц будут использоваться пропорциональные камеры трех типов - координатные, ливнево-пробежные и мюонные, а также газовые черенковские счетчики и сцинтилляционные счетчики.

С помощью координатных камер измеряется траектория частиц и их импульс.

В ливнево-пробежных камерах определяется пробег частиц, регистрируются γ -кванты, а также измеряется энергия электронов и γ -квантов. В этих камерах, кроме координат, измеряется амплитуда сигнала.

Мюонные камеры находятся за обмоткой магнита, в яре и за яром. Они предназначены для отбора частиц с большим пробегом.

Сцинтилляционные счетчики используются для отделения от фона космических частиц по измерению времени пролета, а также для измерения ионизационных потерь.

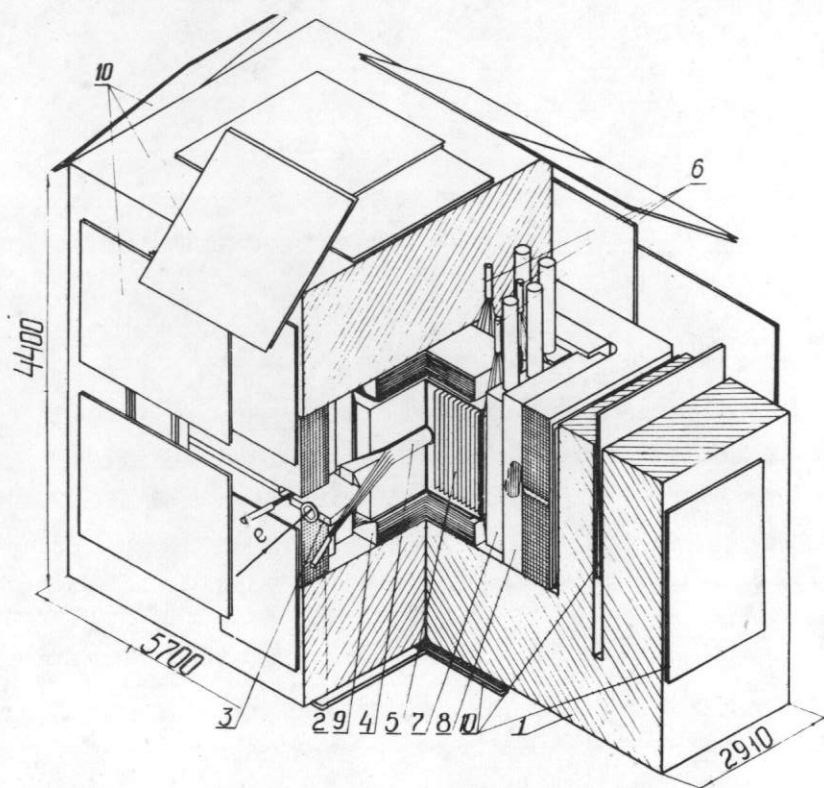


Рис. I. Магнитный детектор МД-I:

1 - ярмо магнита, 2 - медная обмотка, 3 - вакуумная камера, 4 - цилиндрический сцинтилляционный счетчик, 5 - координатные пропорциональные камеры, 6 - сцинтилляционные счетчики, 7 - газовый черенковский счетчик, 8 - ливнево-пробежные пропорциональные камеры, 10 - мюонные пропорциональные камеры.

Порог срабатывания черенковских счетчиков составляет для пионов 700 МэВ/с .

Телесный угол системы с анализом частиц по импульсу и регистрации черенковскими счетчиками составляет $0,58 \times 4\pi$, телесный угол по регистрации заряженных частиц и γ -квантов - $0,85 \times 4\pi$.

Для триггера системы в основном будут использоваться координатные, ливнево-пробежные и мюонные камеры. Пропорциональные камеры дадут возможность легко менять вид триггера в процессе эксперимента.

О разработке камер для детектора МД-I сообщалось на предыдущем совещании в Дубне^{1/}. В таблице I приведены данные о размерах камер, их количестве и числе каналов электроники.

Таблица I

Тип камеры	Рабочие размеры, м^2	Количество камер, шт.	Количество каналов электроники, тыс.
Координатные	$0,9 \times 1,0$	30	10
Ливнево-пробежные	$0,7 \times 1,7$	100	1,6
Мюонные	$1,3 \times 1,6$	80	1,3

У основной части координатных камер шаг проволочек на анодной плоскости равен 2 мм. Камеры, измеряющие координату по направлению магнитного поля, сделаны с шагом 4 мм.

Ливнево-пробежные и мюонные камеры имеют шаг на анодной плоскости 4 мм, что позволяет сделать камеры таких больших размеров без поддержки проволочек. Из соображения экономии электроники на этих камерах анодные проволочки спаиваются группами так, что на одну координатную плоскость ставится 16 каналов электроники.

Кроме указанных в таблице I камер, в системе регистрации будут использоваться еще камеры небольших размеров, так что суммар-

ное количество каналов электроники составляет около 15 тысяч.

Конструктивные данные основных камер приведены в таблице 2. Натяжение проволочек рассчитывалось по формулам работ /2/.

Таблица 2

Основные данные		Тип камеры		
		координатная	ливнево- пробежная	мюонная
Габаритные размеры, мм		1000x1120	1780x845	1800x1455
Рабочие размеры, мм		940x860	1680x745	1675x1350
Зазор между анод. и катод. плоскостями, мм		6	6	6
Макс. натяжение, кД		4	3	3
Анод. плоскость из волфрамовой пров. Ø 28 мкм	Длина, мм	860	1680	1675
	Шаг, мм	2	4	4
	Натяжение в граммах из условия устойчивости	55	60	60
	смещения на 0,1 мм под действием силы тяжести	12	40	40
	принятое	100	90	90
Катод. плоскость из бронзовой проволоки Ø 100 мкм	Длина, мм	860	-	1640
	Шаг, мм	1	-	1
	Натяжение в граммах из условия смещения на 0,1 мм:			
	под действием силы тяжести	65	-	240
	под действием электростатических сил	100	-	120
принятое	160	-	200	

Электроника

Электроника пропорциональных камер будет находиться в двух местах - на камерах и в пультовой регистрации.

На камерах будут расположены интегральные усилители-формирователи К243АП1, с выхода которых стандартный импульс по кабелю

парной скрутки длиной 26 м передается на логическую электронику, расположенную в пультовой регистрации. Камеры вместе с усилителями-формирователями находятся внутри герметизированных объемов, которые откачиваются и заполняются рабочим газом. Вывод сигналов из объемов производится с помощью малогабаритных герметизированных разъемов серии МР-1 с золочеными контактами. Такие же разъемы стоят на логической электронике.

Формирование стандартных импульсов на камерах позволило использовать на канал электроники по одному контакту в разъемах. Земляные жилы в разъемах объединяются и пропускаются через один общий контакт.

Электроника, расположенная на координатных камерах, объединена в модули по 64 канала. Кабель связи, кроме сигнальных пар, содержит провода для питания усилителей-формирователей. Для этой электроники используются 76-контактные разъемы.

Для ливнево-пробежных и мюонных камер модуль электроники и кабель связи содержат 16 каналов. Для этих камер используются 19-контактные разъемы.

Гибридные интегральные усилители-формирователи К243АП1 разработаны /3/ совместно ИЯФ СО АН СССР (Новосибирск), ЛЭО ОИЯИ (Дубна). Габаритные размеры микросхемы 12x12x5 мм³, исполнение немагнитное. Меняя режим включения микросхемы, можно на выходе получить сигналы уровня ТТЛ или ЭКЛ. Основные данные микросхемы приведены в таблице 3.

Логическая часть электроники содержит одновибратор задержки, схему совпадений и триггер памяти. Длительность импульса одновибратора 500 нсек. Электроника выполнена на интегральных ТТЛ схемах. В стандартном крейте содержится 1024 канала электроники. Конструк-

Таблица III.

Параметры усилителя-формирователя К243АПГ:

1. Входное сопротивление	$1,3 \text{ кОм} \pm 10\%$
2. Номинальный порог срабатывания	$1,1 \text{ мВ} \pm 10\%*$
3. Диапазон регулировки порога смещением	$0,7 \pm 4 \text{ мВ}$
4. Изменение порога срабатывания:	
а) в диапазоне температур $+20 \pm 70^\circ\text{C}$	$0,2\% / ^\circ\text{C}$
б) при изменении напряжений питания на $\pm 1\%$	$\pm 2\%$
5. Порог срабатывания для положительных импульсов	не ниже $0,7 \text{ В}$
6. Длительность фронта усилителя	$40 \pm 5 \text{ нсек}$
7. Длительность переднего фронта выходного импульса:	
а) входной сигнал 3 мВ	$5,5 \pm 6 \text{ нсек}$
б) входной сигнал 200 мВ	4 нсек
8. Задержка выходного импульса:	
а) входной сигнал 3 мВ	$27 \pm 33 \text{ нсек}$
б) входной сигнал 200 мВ	$12 \pm 13 \text{ нсек}$
9. Время восстановления для сигнала $\pm 300 \text{ мВ}$	меньше 250 нсек
10. Потребляемая мощность	55 мВА

тивным модулем электроники является блок на 256 каналов. На передней панели выводится сигнал быстрого ИЛИ, сформированный из переднего фронта импульса одновибратора. Схема организации быстрого ИЛИ позволяет разбить внутри блока каналы электроники на несколько групп, причем граница разбиения может проходить в любом месте. Если требуется организовать совпадение между группами или произвести другую логическую операцию, внутрь блока можно вставить специальные платы для решения данной задачи.

Для проверки электроники создана система из 8 камер размерами $40 \times 40 \text{ см}^2$ и 1000 каналов электроники. Стоимость комплектующих изделий для одного канала электроники 10 рублей, время изготовления канала - 3 часа.

*Измерения проводились на 100 образцах из разных партий.

Результаты испытаний и более подробные сведения об электронике приведены в отдельном сообщении на данном совещании^{4/}.

Технологические проблемы изготовления камер

Полная система камер содержит около 70 тыс. анодных и 300 тыс. катодных проволочек. Большие размеры камер приводят к необходимости натягивать проволочки с большой силой (таблица II). Все это предъявляет повышенные требования к прочности проволочек и надежности пайки. К тому же координатные и ливнево-пробежные камеры находятся внутри магнита, где температура может достигать до 60°C .

Для изготовления анодных плоскостей мы выбрали вольфрамовую проволоку ВР-20 диаметром 28 мкм, покрытую золотом термическим способом. Измерения показали, что для этой проволоки предел упругих деформаций составляет 150-200 г; при силе 100 г относительное удлинение равно 0,3%. Разрыв происходит при натяжении 250-350 г. Использование этой проволоки позволило делать без поддержек камеры размером до 1 м с шагом на анодной плоскости 2 мм и камеры размером до 2 м с шагом 4 мм.

Для пайки используется припой ПОС-61 с температурой плавления 180°C . Испытания показали, что натяжение проволочек не изменяется со временем (наблюдение около года), если камеры находятся при нормальной температуре. Ситуация с пайкой существенно ухудшается, если камеры находятся при температуре 80° . Вопрос надежности пайки при повышенных температурах является для нас проблемой.

Ламели для закрепления анодных проволочек в координатных камерах сделаны с шагом 2 мм, ширина медной полоски 1,5 мм. Для катодных плоскостей оказалось технологически удобно использовать гальванохимическое нанесение меди на стеклотекстолитовые планки, которые являются конструктивными элементами камеры. Планки перед

нанесением меди шлифуются, что обеспечивает высокую точность зазора в камере. Ламели для анодных плоскостей мюонных и ливнево-пробежных камер делаются по такой же технологии.

Изготовление проволочных плоскостей камер производится намоточном станке, работающем по принципу вращающейся рамы.

Для чистки камер мы осваиваем ультразвуковую мойку в дистиллированной воде. Испытания показали, что после такой мойки существенно уменьшаются шумы камеры.

Координатные камеры

Координатные камеры находятся в двух герметичных объемах, один из которых показан на рис.2. Объем представляет собой жесткую несущую конструкцию, на которой монтируются камеры. Со стороны места встречи в объеме имеется цилиндрическое окно, затянутое тонкой фольгой. На торцевых стенках объема закреплены разъемы, через которые выводятся сигналы от камер. В одном объеме находится 15 камер и 5 тыс. каналов электроники. Объем откачивается и заполняется рабочим газом.

Камеры имеют две несущие рамки из стеклотекстолита. На рис.3 показана конструкция координатной камеры. На одной из них намотаны катодная и анодная плоскости, на другой - вторая плоскость. Проволочки катодной и анодной плоскостей параллельны. Такой вариант конструкции обеспечивает постоянство рабочего зазора даже в том случае, когда рамки испытывают деформации.

На рамке, несущей анодную плоскость, закрепляются усилители-формирователи и выходной кабель.

Из соображений уменьшения многократного рассеяния координатные камеры будут работать на газе $Ne+8\%Ar+20\%CO_2+3,5\%C_2H_5OH$, радиационная единица длины которого в 4 раза больше, чем у $Ar+20\%CO_2^{5/}$.

Первые координатные камеры в настоящее время находятся в производстве.

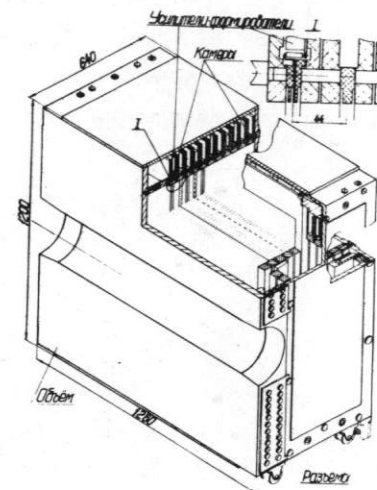


Рис. 2. Система координатных камер.

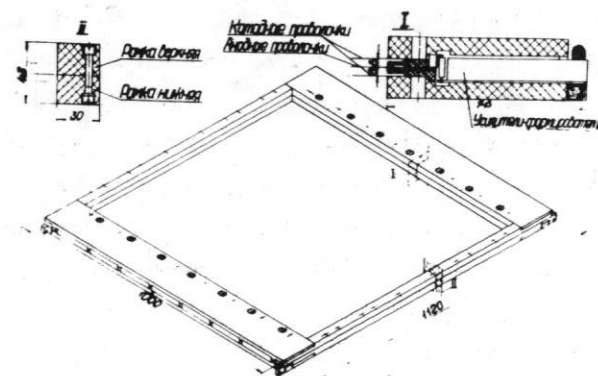


Рис. 3. Координатная камера.

Ливнево-пробежные камеры

На рис.4 показана конструкция ливнево-пробежных камер. В жестком герметичном объеме из нержавеющей стали находится 10 камер. В детекторе МД-1 будет 10 подобных объемов.

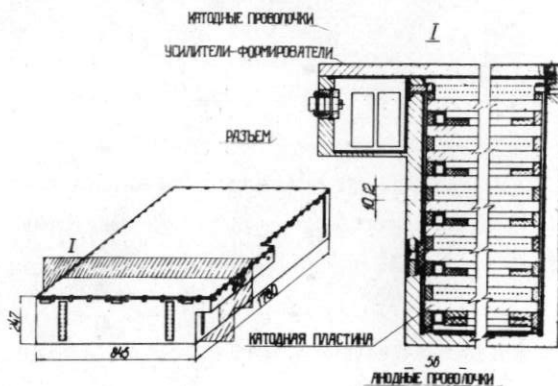


Рис. 4. Ливнево-пробежные камеры.

Основой конструкции камеры являются пластины из нержавеющей стали толщиной 10 мм, обработанные с точностью 0,1 мм. Эти пластины являются катодными электродами. Зазор между ними составляет 12 мм. На пластинах закреплены анодные проволочки.

Анодные проволочки каждой камеры разбиты на 16 групп, каждая группа присоединена к своему усилителю-формирователю К243АП, с которого, кроме стандартного сигнала, выводится линейный импульс. Линейные сигналы со всех 16 групп одной камеры суммируются и выводится один общий сигнал.

Ливнево-пробежные камеры будут работать с газом $Ar + 20\%CO_2$. Был изготовлен и испытан опытный образец камеры рабочих раз-

меров. Наиболее трудной проблемой в ливнево-пробежных камерах оказалась проблема изготовления пластин из нержавеющей стали с высоким требованием на плоскостность. Эта проблема не решена до сих пор.

Мюонные камеры

Конструкция мюонных камер показана на рис.5. Основой конструкции камер является объем из дюралюминиевых пластин, уплотняемых с помощью вакуумной резины. В объеме находятся две камеры, измеряющие взаимно перпендикулярные координаты. Каждая крышка объема является несущей конструкцией для одной из камер. Катодные электроды делаются из проволочек, натянутых параллельно проволочкам анодной плоскости. Такая конструкция обеспечивает постоянство зазора даже при заметных деформациях пластины.

Для одной камеры используется 16 каналов электроники. Усилители-формирователи К243АП закреплены на планке камеры.

Мюонные камеры работают на газе $Ar + 20\%CO_2$ в режиме "на продув".

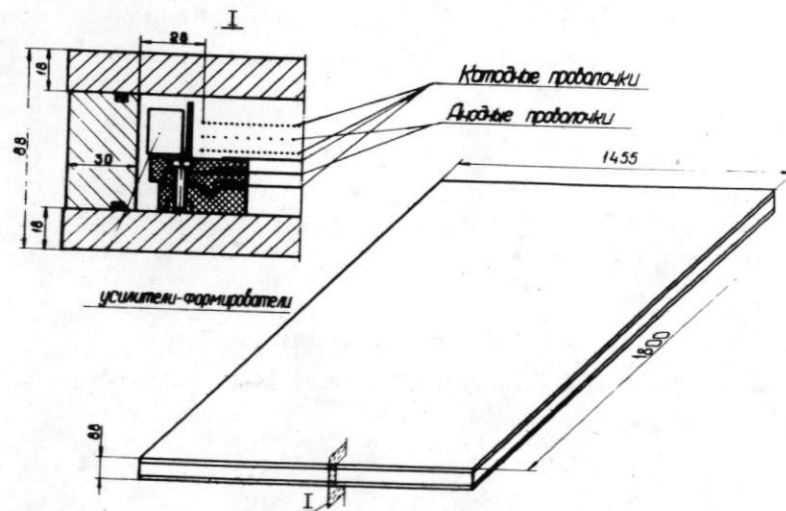


Рис. 5. Мюонные камеры.

К настоящему времени изготовлено две рабочих камеры. На рис. 6 и 7 показаны результаты испытания камер.

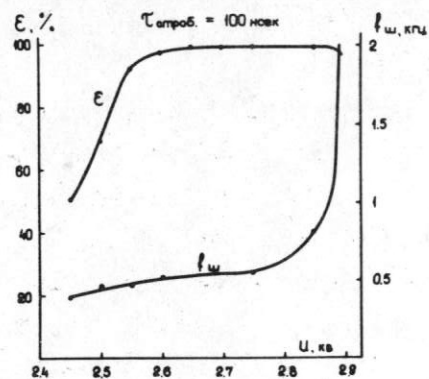


Рис. 6. Зависимость эффективности шумов от напряжения на камере.

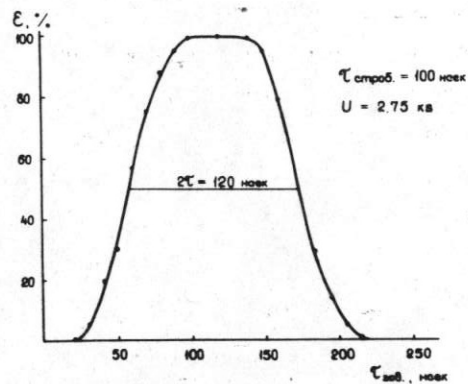


Рис. 7. Кривая задержанных совпадений

Видно, что камеры имеют широкое плато, хорошее разрешающее время. Шумы камеры на плато в основном обусловлены космическими частицами.

Авторы благодарят С.Е.Бару, В.Г.Биржкова, А.А.Жидкова, Ю.В.Коршунова, С.П.Пачина, Г.И.Провиза, Г.А.Савинова, В.А.Сидорова и А.А.Тарасова за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Р.Грошев, Г.М.Колачев, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин, В.И.Тельнов, Ю.А.Тихонов. Пропорциональные камеры. Дубна, 1973 г., стр. 46.
2. В.И.Тельнов. ПТЭ, №5, 46, 1974 г.
3. С.Е.Бару, С.Г.Басиладзе, В.Р.Грошев, М.В.Гусак, И.И.Маркус, А.П.Онучин, Г.И.Провиз. Препринт ИЯФ 74-81, Новосибирск, 1974.
4. С.Е.Бару, В.Р.Грошев, Ю.В.Коршунов, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин, Г.И.Провиз, Г.А.Савинов. Данный сборник, стр. 264.
5. В.Р.Грошев, А.П.Онучин. Данный сборник, стр. 121.

ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА В КРИОГЕННОМ РЕЖИМЕ

Г.И.Хазин, Е.П.Солодов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Для проведения экспериментов на установке ВЭП-2М в настоящее время изготавливается криогенный магнитный детектор. Регистрация частиц будет производиться в цилиндрической искровой камере с फिल्मным съёмом информации. Камера, окружающая место встречи пучков помещена в магнитное поле 30 кГс. Поле создается сверхпроводящим соленоидом и параллельно оси пучков. В качестве запускающей системы используются две пропорциональные камеры, одна из которых помещена в непосредственной близости от места встречи, а вторая - за искровой камерой. Искровая камера работает при температуре $T=7\text{°K}$ и давлении 2 атм. Увеличение плотности газа, наполняющего камеру, позволило получить пространственное разрешение 100 мкм. Желательно, чтобы пропорциональные счетчики работали при той же температуре, что и искровая камера. Это условие жестко ограничивает выбор газов для наполнения счетчиков.

Конструкция пропорциональных камер

Внутренняя камера и промежуток встречи имеют конструкции, изображенную на рис.1. Трубка из нержавеющей стали толщиной 50 мкм (3) предохраняется от "схлопывания" поддержкой из бериллия (2) толщиной 1 мм. На промежуток надевается земляной электрод (4) из дюралюминия, толщиной 150 мкм, покрытый с внешней стороны слоем меди тол-

диной 2 мкм и кольца из оргстекла (I). На кольцах укреплены ленточки из фольгированного стеклотекстолита для пайки сигнальных проволочек (5) из золоченого вольфрама $\varnothing 23$ мкм, натянутых через 2 мм. Расстояние от сигнальных проволочек до земляных электродов (4) 3 мм.

Конструкция колец позволяет сохранить натяжение проволочек после охлаждения. Высокое напряжение подается на сигнальные проволочки, поэтому съём сигнала производится через емкостную развязку. Внешняя камера имеет аналогичную конструкцию.

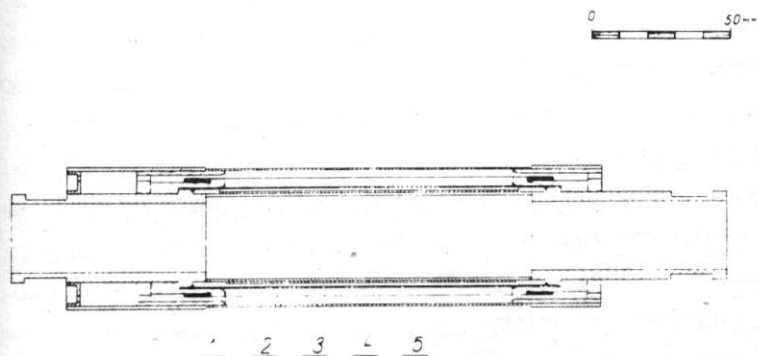


Рис. I.

Используются усилители с входным сопротивлением 50 Ом, коэффициентом усиления ~ 8000 и $f_{\text{верх}} \sim 30$ МГц. Измерение эффективности и временного разрешения производилось стандартным образом, с использованием время - амплитудного преобразователя. Для запуска использовался импульс совпадения от сцинтилляционного счетчика и одной из половинок камеры.

Результаты экспериментов

Работа камер изучалась при наполнении гелием, водородом, неоном и смесями этих газов, а также смесями аргона, неона, водорода и метана. Хотя смесь неона с водородом ($Ne + 10\% H_2$, $p=10$ атм при $T=300^\circ K$) позволяет получить при комнатных температурах эффективность $\sim 99\%$ и временное разрешение ~ 40 нсек, выяснилось, что при азотной температуре и катодах из дюралюминия или нержавеющей стали она теряет работоспособность, невозможно получить высокое газовое усиление. Небольшие добавки метана и аргона ситуацию не изменили. Через некоторое время после включения (~ 5 мин) амплитуда импульса с камеры резко падает и увеличить потенциал на проволочках больше не удается - в цепи высокого напряжения идет ток, близкий к току короткого замыкания проволочки на землю $\sim 10^{-4}$ А. Измерения поверхностных сопротивлений между проволочками и земляными электродами дали величину $\sim 10^{13}$ Ом, т.е. при использованных напряжениях ~ 3 кЕ, токи утечки не могут превышать долей наноампера. Отсутствие характерных послеимпульсов указывает на непричастность ионов к этому эффекту. Наиболее вероятными представляются следующие гипотезы: либо из-за вторичных процессов, вызываемых нейтральными частицами (возбужденными ионами, γ -квантами), возникает непрерывный одноэлектронный разряд, либо поверхностный заряд на непроводящей пленке примесей, высадившихся на катодах, компенсирует заряд проволочек. С целью улучшения поверхностных свойств были изготовлены катоды из дюралюминия, покрытого гальваническим методом слоем меди толщиной 10 мкм. С этими катодами и смесью газов $Ne + 5\% Ar + 0,7\% H_2 + 0,25\% CH_4$ $p=2$ атм при $T=78^\circ K$ работа камер оказалась устойчивой и были получены следующие результаты: эффектив-

ность 99% при ширине плато 100 В (см.рис.2) и временное разрешение 50 нсек.

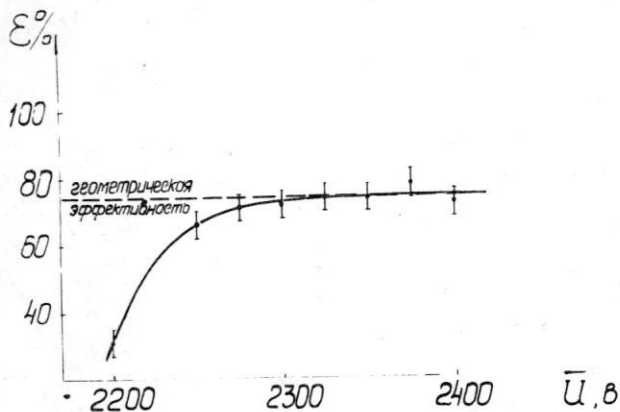


Рис. 2.

На рис.3 изображена гистограмма с анализатора импульсов после время-амплитудного преобразователя, дающая удвоенное время разрешения.

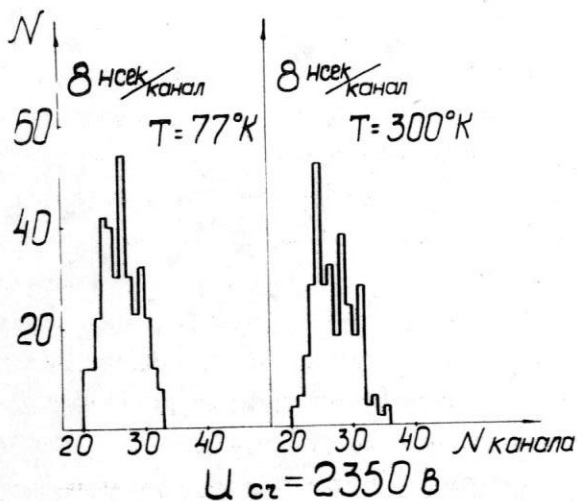


Рис. 3.

ГАЗЫ ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР В КООРДИНАТНОМ РЕЖИМЕ

В.Р.Грошев, А.П.Онучин

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Для камер, работающих в координатном режиме, был проведен подбор и испытание большого числа газовых смесей. Предварительный отбор смесей производился с источником γ -квантов Co^{60} . Удалось найти две газовые смеси, позволяющие получить большой коэффициент усиления I/I_0 .

Окончательные измерения проводились с коллимированным пучком электронов от источника Sr^{90} . Монитором служили два сцинтилляционных счетчика и пропорциональная камера. Для измерений использовалась камера размерами 25×25 см². Шаг анодных проволочек 2 мм, диаметр 28 мкм. Расстояние между анодной и катодной плоскостями — 6 мм. Перед работой камера была промыта ультразвуком в дистиллированной воде*. Камера помещалась в герметичный объем, который откачивался форвакуумным насосом и заполнялся рабочим газом. Сигнал снимался с 20 анодных проволочек, объединенных в две группы по 10 штук. Входными каскадами электроники являлись эмиттерные повторители, расположенные на камере. Суммарная входная емкость повторителя и одной группы проволочек — 15 пф, входное сопротивление — 1,2 кОм. Порог срабатывания дискриминатора менялся дискретно и составлял в пересчете к входу 1,2,4 ... мВ.

При измерениях напряжение на камере увеличивалось до тех пор

* Такая процедура существенно снижает шумы камеры.

пока эффективность не достигала 99%. Значения напряжения в таблице обозначены U_I и U_{max} соответственно для порога 1 мВ и максимального порога. При этих значениях напряжения приведены шумы и временное разрешение. Временное разрешение измерялось с помощью время-амплитудного конвертора. Для запуска использовался импульс от сцинтилляционного счетчика. В таблице приведены значения ширины временного спектра на полувысоте $\tau_{1/2}$ и ширина по основанию $\tau_{осн}$, в пределах которой сосредоточено 99% событий.

В таблице представлены результаты измерений на найденных газовых смесях (№№ 1,2). Для сравнения в тех же условиях были проведены измерения на магическом газе (№ 3) ^{1/2} и на смесях, обычно используемых для пропорциональных камер (№№ 4,5).

Видно, что найденные смеси уступают магическому газу по максимальному коэффициенту усиления в 2 раза. Однако найденные смеси имеют ряд преимуществ по другим параметрам. Для них рабочее напряжение ниже в 1,3 раза, что существенно сказывается на конструкции больших камер. У газовой смеси на неоне меньше разрешающее время, особенно $\tau_{осн}$. Газовая смесь на основе гелия имеет большую радиационную единицу длины, что может быть существенным в некоторых экспериментах, когда возникает проблема уменьшения многократного рассеяния на газе.

На рисунке для газовой смеси № + 8%Ar + 20% CO₂+3,5% C₂H₅OH приведена зависимость эффективности регистрации, шумов и временных параметров от напряжения на камере. Порог регистрации составлял 1 мВ.

С газовой смесью № 2 были проведены исследования влияния больших доз облучения. Для облучения использовался изотоп Co^{60} . Камера размерами 25×25 см² находилась в 15-литровом объеме и работала при напряжении, близком к границе перехода в гайгеровский ре-

Таблица.

Данные по амплитуде, временному разрешению и шумам

№	Г А Б	X ₀ , м	максим. по- лог, мВ	по- лог, мВ	данные при U ₁			данные при U _{max}			
					U ₁ , кВ	τ _{осн} , нсек	τ _{1/2} , нсек	U _{max} , кВ	τ _{осн} , нсек	τ _{1/2} , нсек	
1	Ne+8%Ar+20%CO ₂ +3,5%С ₂ H ₅ OH	240	64	I	3,6	63	22	4,0	23	8	35
2	He+8%Ar+20%CO ₂ +3,5%С ₂ H ₅ OH	510	64	I	3,7	90	23	4,0	27	10	50
3	Ar+24,5%С ₄ H ₁₀ +0,5%CF ₃ Ar+4% метилала	120	128	I	4,7	85	12	5,2	50	12	50
4	Ar+ 20%CO ₂	120	8	I	3,7	80	27	4,1	32	12	10
5	Ar+20%CO ₂ +3,5%С ₂ H ₅ OH	120	8	I	3,7	75	25	4,1	30	12	13

жим. Облучение проводилось в течение недели. Контролировались коэффициент газового усиления и шумы. Суммарная доза облучения была доведена до 10^{11} импульсов. При этом не было обнаружено изменений ни в коэффициенте газового усиления, ни в шумах.

Таким образом, найденные газовые смеси дают большой коэффициент газового усиления, хорошее временное разрешение, устойчивы к воздействию облучения и могут быть рекомендованы для работы с координатными камерами.

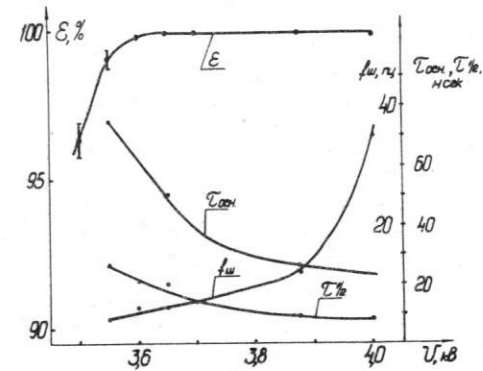


Рис.1. Результаты измерений для газовой смеси
Ne+ 8%Ar + 20% CO₂ + 3,5% C₂H₅OH.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Р.Грошев, Г.М.Колачев, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин, В.И.Тельнов, Ю.А.Тихонов. Пропорциональные камеры, Дубна 1973 г., стр. 48.
2. G. Charpak et al. Nucl. Instr. Meth. 99, 279, 1972

ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА С ЛИНИЕЙ ЗАДЕРЖКИ ДЛЯ
ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ

А.Е.Лондарь, В.Р.Грошев, А.П.Онучин, Е.Л.Панина, В.И.Тельнов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Основной метод^{/1/} является использование наведенного на катодную плоскость сигнала, положение которого измеряется с помощью линии задержки (ЛЗ). Достигнуто^{/2/} пространственное разрешение $\sigma = 100$ мкм как для коллимированного пучка γ - квантов (5,9 кэВ), так и для релятивистских частиц.

Камера с ЛЗ имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с дрейфовой камерой.

В настоящей работе приводятся результаты изучения пространственного разрешения камеры с ЛЗ.

Линии задержки

Пространственное разрешение, обусловленное шумами электроники, определяется выражением:

$$\sigma = \frac{U_{ш}}{\sqrt{2} U_c} \frac{t_{\phi}}{\tau_z},$$

где $U_{ш}$ - среднеквадратичная амплитуда шума, U_c - амплитуда сигнала, t_{ϕ} - фронт сигнала, τ_z - задержка линии на единицу длины.

Амплитуда сигнала пропорциональна волновому сопротивлению линии. Шумы определяются в основном входным сопротивлением R и полосой усилителя. Основные требования к ЛЗ - высокое волновое сопротивление и малое отношение t_{ϕ} / τ_z , где t_{ϕ} - собственный фронт ЛЗ.

Для выбора ЛЗ было изготовлено несколько образцов спиральных ЛЗ, а также ЛЗ из тонкого коаксиального кабеля.

Для спиральных ЛЗ различных конструкций с τ_3 от 10 до 100 нсек/см и ρ - от 0,4 до 2 кОм величина $\tau_f/\tau_3 \cdot \text{см}$ изменялась в диапазоне 2 + 8. Лучшей оказалась ЛЗ, описанная в [3], имеющая при длине 15 см $\tau_3 = 66$ нсек/см, $(\tau_f/\tau_3 \cdot \text{см}) = 2,1$, $\rho = 1,4$ кОм.

Эта ЛЗ была поставлена на камеру с шагом между анодными проволочками 4 мм и 1 мм - между катодными, зазор между катодной и анодной плоскостью 6 мм. Длина катодных проволочек 25 см. Линия была приклеена к ламелям катодной плоскости эпоксидной смолой. Таким образом была осуществлена емкостная связь ЛЗ с камерой. Каждая катодная проволочка заземлялась через сопротивление 1,8 МОм (при сопротивлении 0,2 МОм затухание амплитуды на длине линии составляло около 40%). В таком виде ЛЗ имеет $\tau_3 = 80$ нсек/см, $(\tau_f/\tau_3 \cdot \text{см}) = 2,6$, $\rho = 1,2$ кОм.

Данные коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 и 100 Ом приведены в таблице I.

Таблица I

Тип кабеля	РК-50-I-II				РК-100-I-4I			
$T_{\text{зад}}$, нсек	50	120	260	550	980	40	70	110
τ_f , нсек	11	23	43	100	200	10	16	20

Из кабеля РК-100-I-4I была изготовлена ЛЗ с $\tau_3 = 20$ нсек/см и поставлена на камеру (отрезки кабеля длиной 40 см припаивались к катодным проволочкам). Постановка ЛЗ на камеру не привела к заметным изменениям параметров линии.

Измерение пространственного разрешения

Используемая в работе электроника состояла из эмиттерных повторителей, усилителей, интегрирующих цепочек, дискриминаторов с фиксированным порогом, время-амплитудного конвертора, анализато-

ра импульсов. Разрешение, обусловленное электроникой, измерялось от генератора, при этом импульс по форме подбирался таким же, какой идет с ЛЗ на камеру от источника Fe^{55} (рис.1). Для обоих типов задержек при одинаковых амплитудах разрешение оказалось примерно одинаковым, и на рисунке приведена одна кривая. Величина разрешения согласуется с тепловой природой шумов.

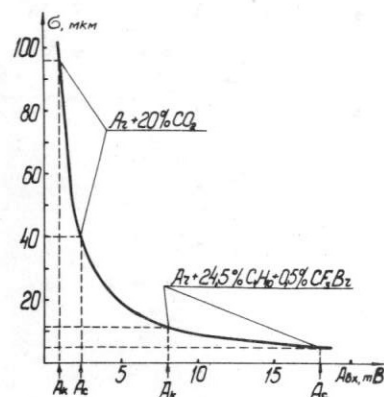


Рис. 1. Разрешение, обусловленное электроникой: A_k и A_c - максимальная амплитуда соответственно на кабельной и спиральной ЛЗ

Измерения пространственного разрешения камеры проводились с коллимированным пучком γ - квантов от источника Fe^{55} . Щель коллиматора составляла 30 мкм, длина 10 мм, расстояние от анодной плоскости до коллиматора 8 мм. Использовались газы $Ar + 20\% CO_2$ и магическая смесь ($Ar + 24,5\% C_4H_{10} + 0,5\% CF_3Br$). Данные об амплитуде сигнала и полученном разрешении приведены в таблице II. Разрешение B определялось как ширина на полувысоте, деленная на 2,36.

Интересно отметить, что для магической смеси имеется оптимальное напряжение на камере, при большем напряжении разрешение ухудшается (рис.2), при этом изменений в форме токового сигнала не заметно. Вероятно, этот эффект связан с флуктуацией центра лавины вдоль анодной проволочки.

Таблица II

Газ	Ar + 20%CO ₂	магический
Максимальная амплитуда, мВ		
спиральная ЛЗ	2,3	18
кабельная ЛЗ	I	8
Лучшее разрешение с Fe ⁵⁵ , б, мкм		
спиральная ЛЗ	90	85
кабельная ЛЗ	150	90

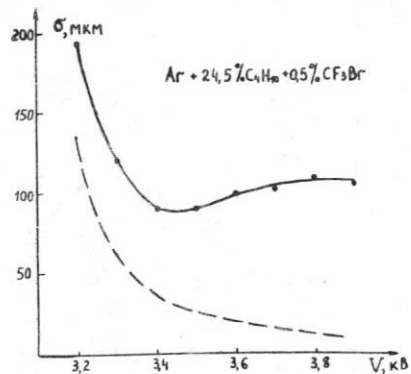


Рис.2. Зависимость разрешения от напряжения на камере с кабельной ЛЗ. Сплошная кривая — измеренное разрешение, пунктирная — разрешение, обусловленное электроникой.

Для уменьшения вклада в разрешение пробега фотоэлектронов были проведены измерения с магическим газом при давлении 3 атм на камере со спиральной ЛЗ. При этом абсолютное количество фреона было таким же, как при атмосферном давлении. Получено разрешение

$\delta = 50$ мкм (рис.3). Максимальный сигнал был такой же, как при нормальном давлении, напряжение на камере в 1,7 раза выше. Ухудшения разрешения при больших напряжениях не замечено.

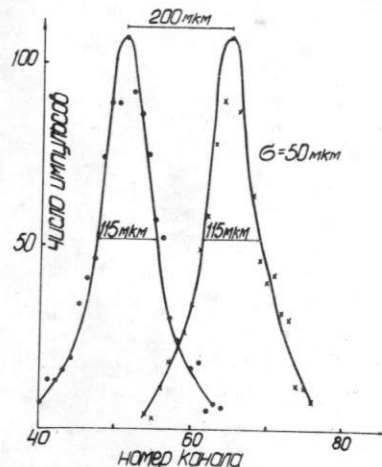


Рис.3. Разрешение с источником Fe⁵⁵ на магической смеси при давлении 3 атм.

Авторы благодарят за помощь в работе В.И.Аульченко, Г.Д.Минькова, С.И.Середнякова, И.Г.Фельдмана и В.С.Филиппова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grove, K., Lee, V., Perez-Mendez, Sperinde, Nucl. Instr. and Meth. 89(1970), 257; A. Rindi, V. Perez-Mendez, Wallace, Nucl. Instr. and Meth. 77(1970), 325.
2. J. Lacy, R. Lindsey, Nucl. Instr. and Meth. 119(1974)483.
3. R. Grove, V. Perez-Mendez, J. Sperinde, Nucl. Instr. and Meth. 106(1973), 407.

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ НА 1000 КАНАЛОВ ЭЛЕКТРОНИКИ

С.Е.Бару, В.Р.Грошев, В.В.Коршунов, Г.Д.Минаков,

А.П.Онучин, Г.И.Провиз, Г.А.Савинов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Электроника для параллельного съема информации с 1000 проводочек пропорциональных камер разработана как базовый элемент системы регистрации на 15.000 каналов^{/1/}. В планируемом эксперименте камеры будут размещены внутри магнита. Необходимость полностью использовать объем поля, уменьшить выделение тепла в объеме камеры, упростить эксплуатацию привела к разбиению электроники канала на 2 части. Непосредственно на камере размещены усилители-формирователи (УФ); логическая часть ("быстрое ИЛИ", задержка, стробирование, память, электроника триггера и вывода) и источники питания размещены в пультовой регистрации и соединены с камерной электроникой кабелями парной скрутки длиной 26 м. Разъемы - РМГ-76, герметизированные, 76-контактные. 64 контакта-сигнальные, через остальные к УФ подключены питание и "земля".

Усилитель-формирователь К243АГ1-совместная разработка ИЯФ СО АН СССР (Новосибирск), ЛВЭ ОИЯИ (Дуна)^{/2/}.

Конструктивной единицей камерной электроники выбрана "плата 64К". На печатной плате размерами 127x105 мм² размещены 64 УФ и фильтры питания. Высота конструкции - 17 мм. Монтаж - объемный. Снизу-входы, сверху закреплен жгут их витых пар, которыми выходы УФ соединены с разъемом. Один провод пары - "земля"; "земли" пар

спаяны в кольцо на расстоянии 1 см от разъема и соединены с аналогичным кольцом кабеля через 4 контакта разъема. Кольцо соединено также со стенкой объема камеры. Специальный монтаж "платы 64К" и "земляное кольцо" исключает ложные срабатывания и самовозбуждение системы. Кроме того, применение кольца вдвое уменьшает число разъемов, оставляя характеристики линии связи практически без изменений. Мощность, потребляемая одним каналом камерной электроники, - 55 мВт. Все компоненты камерной электроники немагнитны.

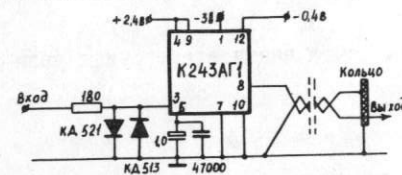


Рис.1. Схема включения усилителя-формирователя.

Разделка разъемов в кабеле связи выполнена так же, как в камерной электронике. Кабель длиной 26 м, диаметр провода витых пар - 0,5мм. Уровень перекрестных наводок: от соседней пары - 3%, от десяти соседних пар - 15%. Разброс задержек от пары к паре ± 3 нсек. Характеристики подобного кабеля приведены в работе^{/3/}.

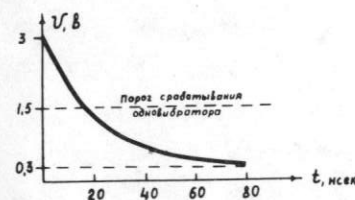


Рис. 2. Рабочий фронт импульса на выходе кабеля. Фронт на входе кабеля - 5 нсек (выход К243АГ1).

Одновибратор задержки, схема стробирования по заднему фронту и фиксирования выбраны как один из вариантов, описанных в работе^{/4/}. Длительность импульса "быстрое ИЛИ" - 40 + 60 нсек. Запас помехоустойчивости схемы по входу обеспечивает полное отсутствие ложных срабатываний от перекрестных наводок в линии связи. Задержка относительно входного импульса, показанного на рис.2: "быстрого ИЛИ"-

55 ± 10 нсек, одновибратора - 500 ± 15 нсек (в диапазоне температур +23° + 50°C).

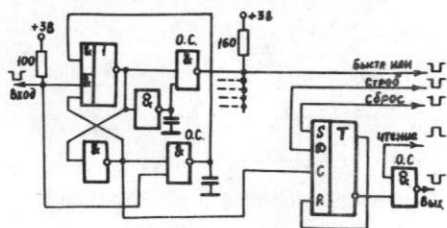


Рис.3. Схема логики канала.

Конструктивной единицей описываемой части электроники является блок МК-256, содержащий логику 256 каналов. Блок выполнен в стандарте "Вишня" высотой 238 мм, ширина - 120 мм. Электроника размещена на платах (по 16 каналов на плате), соединяемых с магистралью блока разъемами РПП-2-48. Две передние платы отведены для реализации алгоритма триггера. Организация "быстрого ИЛИ" блока позволяет включать в схему триггера любую область камер. Дискретность задания границ области - 1 канал.

Стоимость комплектующих изделий, необходимых для изготовления одного канала электроники - 10 руб. Трудоемкость производства одного канала в условиях лаборатории - 3 часа (40%, 30%, 30% на камерную электронику, кабели и логику соответственно).

Для проверки электроники было изготовлено 8 камер размерами 40x40 см². Четыре камеры измеряют X-координату и четыре - Y-координату. Шаг проволочек на анодной плоскости у X-камер - 2 мм, у Y-камер - 4 мм, диаметр провода 28 мкм. Зазор между катодной и анодной плоскостями - 6 мм. Все камеры вместе с УФ находятся внутри герметизированного объема, который откачивается и заполняется рабочим газом. Измерения проводились с космическими частицами. Электроника работает в режиме онлайн с использованием телетайпа и

дисплея. На рис.4 и 5 приведены результаты измерений.

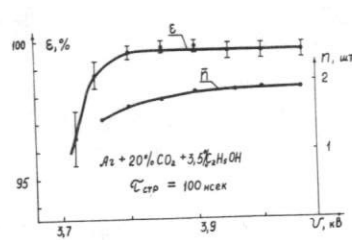


Рис.4. Зависимость эффективности и среднего числа сработавших проволочек от напряжения в камере.

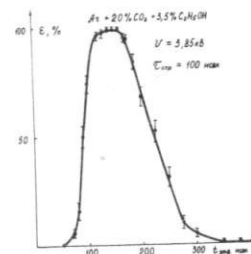


Рис.5. Кривая задержанных совпадений.

В заключение авторы выражают благодарность В.А.Сидорову за постоянный интерес к работе и полезные обсуждения, а также С.Ямада, Н.В.Асташкиной и Е.Л.Паниной за помощь в программном обеспечении работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Р.Грошев, Г.М.Колачев, Г.Д.Минаков, А.П.Онучин, В.И.Тельнов, Ю.А.Тихонов. Разработка больших пропорциональных камер для магнитного детектора МД-1. Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, июнь 1975 г.
2. С.Е.Бару, С.Г.Басиладзе, В.Р.Грошев, М.В.Гусак, М.И.Маркус, А.П.Онучин, Г.И.Провиз. Препринт ИЯФ СО АН СССР 74-81. Новосибирск, 1974 .
3. Е.А.Силаев. Пропорциональные камеры. Издание ОИЯИ 13-7154. Дубна, 1973 г., стр.121.
4. С.Е.Бару, Ю.В.Коршунов, Г.А.Савинов. Пропорциональные камеры. Издание ОИЯИ 13-7154. Дубна, 1973 г., стр. 129.