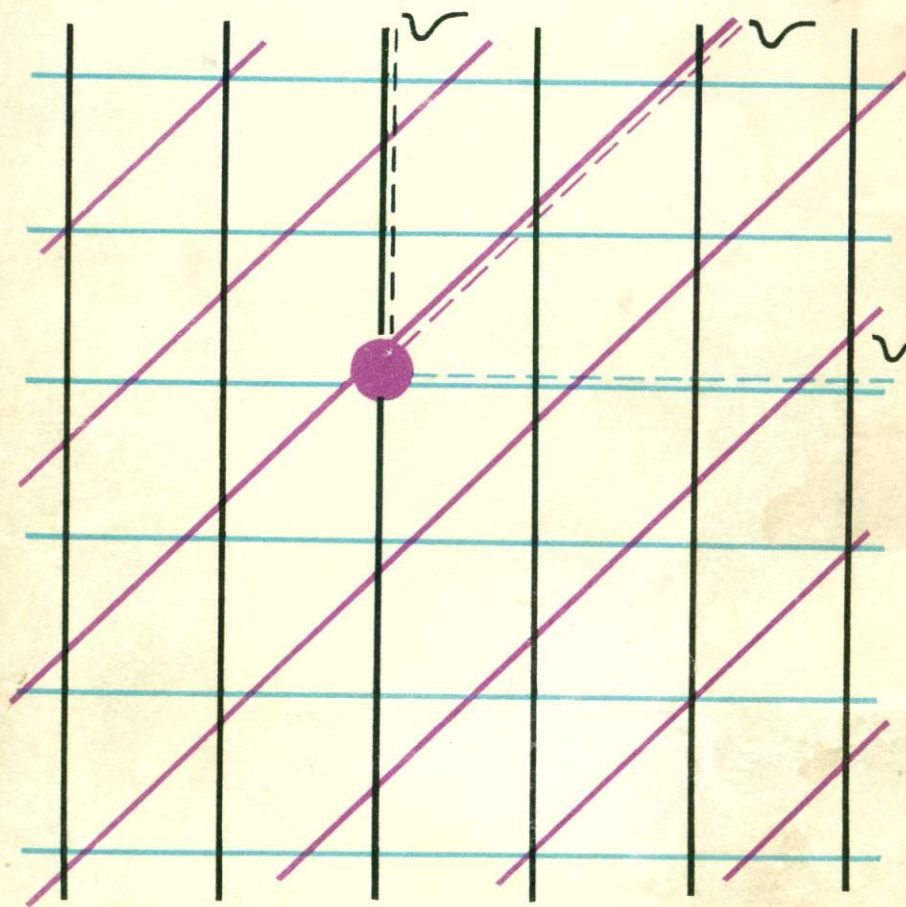


B381.5

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

P.13



ДУБНА 1973

РАЗРАБОТКА БОЛЬШИХ МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР

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 разрабатывается магнитный детектор с объемом магнитного поля около 10 м^3 . Регистрация частиц будет производиться с помощью системы многопроволочных пропорциональных камер. По своему назначению это камеры трех типов: координатные, ливнево-пробежные и мюонные.

Рабочие размеры камер составляют 0,7 - 1,7 м. Основные конструктивные данные камер приведены в таблице I. В системе будет работать около 200 таких камер. Количество каналов электроники составляет 20000. В настоящее время первые образцы камер находятся в производстве.

Создание камер таких больших размеров представляет значительную проблему. Кроме того, поскольку камеры находятся внутри магнита, к их конструкции предъявляется требование минимальных размеров конструктивных элементов с тем, чтобы полезный телесный угол был максимальным.

Последнее условие определило и вариант расположения электроники. Основная ее часть будет находиться за пределами магнита на расстоянии около 5 м от камер. На камерах будет находиться согласующая электроника, позволяющая соединить камеры с

основной электроникой при помощи витых пар или однопроводных линий.

При разработке камер изучались многие конструктивные вопросы, а также вопросы выбора рабочего газа для камер. Было изготовлено несколько десятков камер размерами $25 \times 25 \text{ см}^2$ и 8 камер размерами $40 \times 40 \text{ см}^2$.

Выбор сигнальных проволок

При выборе диаметра сигнальных проволок стоит обратить внимание на тот факт, что при одинаковом относительном изменении радиуса проволоки и прикладываемого напряжения коэффициент газового усиления меняется сильнее при изменении напряжения, чем при изменении радиуса проволоки. Были проведены измерения с проволокой диаметром 20, 28 и 50 мк. При одинаковом коэффициенте усиления напряжения на камере относятся как

$$U_{20} : U_{28} : U_{50} = 1 : 1,5 : 1,28.$$

С точки зрения конструкции камер это означает, что выгоднее увеличивать диаметр проволоки, так как её разрывное усилие практически растет пропорционально квадрату диаметра, а необходимое натяжение (из условия устойчивости) растет как квадрат прикладываемого напряжения. Однако увеличение рабочего напряжения на камере ведет к уменьшению максимально допустимого коэффициента усиления, ограниченного по напряжению сверху пробоями или шумами.

В качестве оптимального варианта был выбран вольфрамовый провод диаметром 28 мк, разрывное усилие которого составляет 150-200г.

Было проведено сравнение качества вольфрамовой проволоки с золотым и медным покрытием. Для этого была изготовлена камера, у которой часть сигнальной плоскости намотана одной проволокой, а вторая часть - другой. Измерения с коллимированным пучком показали, что на проволоке с золотым покрытием разброс коэффициента уси-

ления, обусловленный разбросом диаметра проволоки, составляет $\pm 5\%$, а на проволоке с медным покрытием $\pm 10\%$.

Таблица I.

Основные данные		Тип камеры		
		Координатная	Ливнево-пробегная	мюонная
Габаритные размеры, мм		1130x1010	1736x726	1800x1455
Рабочие размеры, мм		1000x920	1660x660	1640x1300
Зазор между сигн. и в.в. плоскостями, мм		6	6	6
Макс. напряжение, кв		4	3	3
Сигнальная плоскость из фольгированной проволоки ϕ 28 мк.	Длина, мм	1000	1660	1640
	Шаг, мм	2	4	4
	Натяжение в граммах из условия:			
	устойчивости	75	60	60
	смещения на 0,1 мм под действием силы тяжести	15	40	40
принятое	90	90	90	
В.в. плоскость из бронзовой проволоки ϕ 100 мк.	Длина, мм	1000	-	1640
	Шаг, мм	1	-	1
	Натяжение в граммах из условия смещения на 0,1 мм:			
	под действием силы тяжести	90	-	240
	под действием электростатических сил	140	-	120
принятое	150	-	300	

Координатные камеры

Координатные камеры предназначены для измерения траектории и импульса частиц. Конструкция камеры показана на рис. 1.

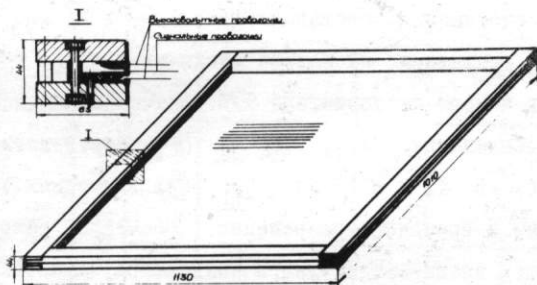


Рис. 1. Координатная камера

Камера имеет две несущие рамки из дюралюминия. На одной из них намотаны в.в. плоскость и сигнальная, на другой – вторая в.в. плоскость. Проволоки сигнальной и в.в. плоскостей параллельны, и расстояния между тремя поверхностями, на которых закреплены проволоки, жестко фиксированы. Такой вариант конструкции обеспечивает постоянство рабочего зазора даже в том случае, когда рамки, как целое, испытывают заметные деформации.

Для работы с камерами в координатном режиме был проведен подбор и испытание большого количества газовых смесей. Окончательные измерения проводились с коллимированным пучком электронов от изотопа Sr^{90} . Монитором служили два сцинтилляционных счетчика и многопроволочная пропорциональная камера. Для измерений использовалась

камера размером $25 \times 25 \text{ см}^2$, импульс снимался с 20 сигнальных проволочек, спаянных вместе (полоса шириной 4 см).

Входное сопротивление электроники 2 ком, суммарная входная ёмкость электроники и выделенного участка камеры - 60 пф. Порог срабатывания электроники (усилитель и дискриминатор для работы со сцинтилляционными счетчиками) составлял 1 мв, 4 мв и 16 мв.

При измерениях напряжение на камере увеличивалось до тех пор, пока эффективность камеры не достигала 99%. Значения напряжения в таблице II обозначены U_1 , U_4 и U_{16} соответственно для порога регистрации 1, 4 и 16 мв. При этих значениях напряжения измерялись шумы и временное разрешение. Временное разрешение измерялось с помощью время-амплитудного конвертора, для запуска использовался импульс от сцинтилляционного счетчика. В таблице II приведены значения ширины временного спектра на полувысоте $\tau_{1/2}$ и ширина по основанию $\tau_{осн}$, в пределах которой сосредоточено 99% событий.

Хорошими свойствами обладает газовая смесь $Ne + 8\% Ar + 20\% CO_2 + 3,5\% C_2H_5OH$: большой коэффициент усиления, хорошее временное разрешение, низкое рабочее напряжение (рис. 2). Несколько хуже временное разрешение из газа № 2, у которого вместо Ne используется He . Отметим еще, что для обоих этих газов при повышении напряжения нет искровых пробоев, камеры переходят в гайгеровский режим.

С газом № 2 были проведены исследования влияния больших доз облучения. Для облучения использовался изотоп Co^{60} . Камера размерами $25 \times 25 \text{ см}^2$ находилась в 15-литровом объеме. Объем откачивался форвакуумным насосом и заполнялся рабочей газовой смесью. Облучение производилось в течение недели. Контролировались коэф-

Таблица П.

Данные по амплитуде, временному разрешению и шумам. Зазор камеры ± 6 мм, шаг 2 мм, диаметр проволоки 28 мк.

№ пп	Газ	Пор-рот мв	Данные при U_1			Данные при U_4			Данные при U_{16}					
			U кв	$\tau_{1/2}$ нсек	$\tau_{0,01}$ нсек	$A_{мк}$ кГц	U кв	$\tau_{1/2}$ нсек	$\tau_{0,01}$ нсек	$A_{мк}$ кГц	U кв	$\tau_{1/2}$ нсек	$\tau_{0,01}$ нсек	$A_{мк}$ кГц
1	Ne + 8%Ar + 20%CO ₂ + +3.5%C ₂ H ₅ OH	I	3,7	28	70	0,08	3,85	18	43	0,5	4,0	13	31	3
		4						22	68	0,12		13	31	2
		I6									15	43	1,9	
2	Ne+8%Ar +20%CO ₂ + +3.5%C ₂ H ₅ OH	I	3,8	35	115	0,15	3,9	18	55	0,3	4,0	13	45	0,6
		4						22	95	0,2		20	45	0,5
		I6									20	55	0,3	
3	Ar +20%CO ₂ + 3.5%C ₂ H ₅ OH	I	3,8	35	85	0,01	4,1	18	40	0,2				
		4						25	65	0,01				
		I6												
4	Ar +20%CO ₂	I	3,8	45	95	0,01	4,1	18	45	0,01				
		4						30	80	0,005				
		I6												

Коэффициент усиления и шумов. Суммарная доза облучения была доведена до 10^{11} импульсов. При этом не было обнаружено изменений ни в коэффициенте усиления, ни в шумах. Камера работала при напряжении, близком к границе перехода в гайгеровский режим.

Ливнево-пробежные камеры

Ливнево-пробежные камеры предназначены для регистрации γ -квантов, измерения их энергии, а также для определения длины пробега частиц. Рабочие размеры камеры 1660x660 мм (таблица I). Точность определения координат частиц около 10 см.

Основой конструкции камер являются пластины из нержавеющей стали толщиной 10 мм, обработанные с точностью $\sim 0,1$ мм. Эти пластины являются рабочим материалом на пути γ -квантов и

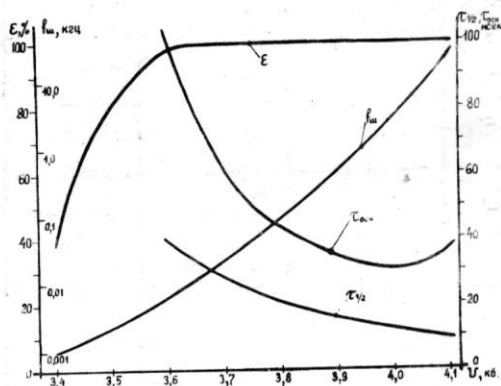


Рис. 2. Зависимость эффективности регистрации, временного разрешения и шумов от напряжения на камере для газа $Ne + 8\% Ar + 20\% CO_2 + 3\% C_2H_5OH$. Рабочий зазор ± 6 мм, диаметр проволоки 28 мк. Порог регистрации 1 мв.

заряженных частиц, а также в.в. электродами. Зазор между пластинами составляет 12 мм. На пластинах закреплены проволочки сигнальных электродов.

Шаг между проволочками в сигнальной плоскости составляет 4 мм. Это позволяет создать камеру с длиной сигнальной проволочки 1,7 м без использования поддержек. С целью экономии электроники сигнальные проволочки будут спаяны группами шириной 10 см.

Для измерения ионизации, создаваемой частицами, камеры должны работать в пропорциональном режиме и с газом, дающим хорошее амплитудное разрешение. Была проведена серия измерений с различными газами для определения максимальной амплитуды сигнала в линейном режиме, значения амплитудного разрешения, а также величины $\frac{dA/A}{dV/V}$, где A — амплитуда сигнала, V — напряжение на камере. Последнее отношение характеризует требования на точность изготовления камеры. Входное сопротивление электроники 20 ком, суммарная ёмкость электроники и камеры — 100 пф. Измерения амплитуды проводились с коллимированным пучком электронов от Sr^{90} , при этом выделялась область энергии электронов с минимальной ионизацией. Для определения границы линейности использовалось отношение амплитуд сигналов для случаев, когда частицы идут под углом к плоскости камеры и перпендикулярно к ней. Амплитудное разрешение измерялось для перпендикулярного прохождения электронов, а также с 5,9 кэв γ — квантами изотопа Fe^{55} . Основные результаты измерений приведены в таблице III.

Таблица III.

Амплитудное разрешение (ширина на полувысоте) и максимальная линейная амплитуда сигнала от частиц с минимальной ионизацией. Газор ± 6 мм, шаг 4 мм, диаметр 28 мк.

№ пп	Газ	Амплитудное разрешение %		Режим максим. линейного сигнала		$\frac{dA/A}{dV/v}$
		Fe ⁵⁵	Sr ⁹⁰	U _{max} кв.	Амплитуда имп. мв.	
1	Ne+15%C ₃ H ₈ O ₂ +2%C ₂ H ₅ OH	21	100	2,2	2,5	I7
2	Ne+10%CO ₂	22	103	2,02	2,5	I8
3	Ar+10%CO ₂	19	90	2,27	2,5	I7
4	Ar+20%CO ₂ +15%C ₃ H ₈ O ₂	20	80	2,4	2,5	I6
5	Xe+10%CO ₂	20	89	2,8	I2	I8
6	CO ₂ +15%C ₃ H ₈ O ₂	50	70	3,75	2,5	I8
7	CO ₂	50	72	4,1	2,5	I8
8	Ne+8%Ar+20%CO ₂ +3,5%C ₂ H ₅ OH	35	100	2,5	2,5	20

Мюонные камеры

Мюонные камеры расположены за обмоткой и ярмом магнита. С по-

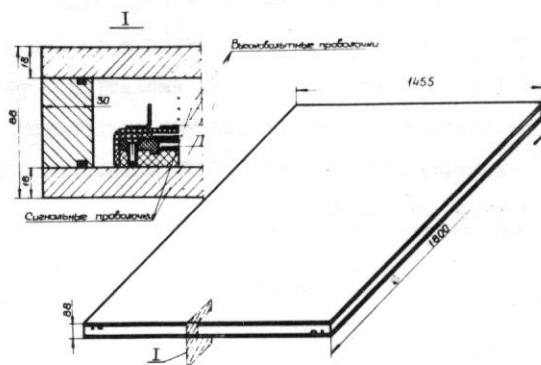


Рис. 3. Мюонные камеры.

мощью этих камер будут регистрироваться частицы с большим пробегом, в основном мюоны. Точность измерения координат около 20 см. На рис. 3 показана конструкция камер.

Основой конструкции камер является объем из дюралюминиевых пластин, уплотненных с помощью вакуумной резины. В объеме находятся две камеры (X - и Y -координаты). Каждая крышка объема является несущей конструкцией для одной из камер. В.в. электроды камер делаются из проволоки и натягиваются в параллельном направлении с проволоками сигнальной плоскости.