

4501

ЭНЦИКЛ. ЗАДА

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4501



В.А.Вагов, В.В.Вишняков, А.А.Сафрошкина,
А.Н.Синаев

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ПРОВОЛОЧНОЙ ИСКРОВОЙ КАМЕРЫ С ВЫВОДОМ
ИНФОРМАЦИИ С ОБОИХ ЭЛЕКТРОДОВ
НА ФЕРРИТОВЫЕ СЕРДЕЧНИКИ

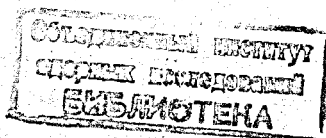
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1969

13 - 4501

В.А.Вагов, В.В.Вишняков, А.А.Сафрошкина,
А.Н.Синаев

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ПРОВОЛОЧНОЙ ИСКРОВОЙ КАМЕРЫ С ВЫВОДОМ
ИНФОРМАЦИИ С ОБОИХ ЭЛЕКТРОДОВ
НА ФЕРРИТОВЫЕ СЕРДЕЧНИКИ



1.

В экспериментах по физике частиц высоких энергий все шире применяются искровые камеры с электронными методами вывода информации. Одно из основных мест среди них занимают камеры с проволочными электродами, в которых запись информации производится на ферритовые кольца с прямоугольной петлей гистерезиса^{/1-5/}. В последнее время увеличиваются как размеры, так и число камер, используемых в эксперименте, а, следовательно, увеличивается и общее число проволочек, с которых требуется снимать информацию. Однако не потеряли своего значения и небольшие установки, в которых общее число проволочек не превышает нескольких сотен.

В настоящей работе описывается искровая камера с общим числом проволочек, равным 256. Установка предназначена для работы на синхроциклотроне ОИЯИ. Поскольку цикл работы синхроциклотрона длится 10 мсек, а в пределах цикла пучок частиц испускается в течение нескольких сотен микросекунд, то искровая камера, имеющая, как правило, мертвое время порядка миллисекунд, сможет срабатывать только один раз за цикл. Следовательно, для вывода информации после каждого срабатывания камеры имеется время ≈ 10 мсек и к скорости вывода не предъявляется высоких требований.

Рабочий объем искровой камеры равен $128 \times 128 \times 6 \text{ мм}^3$. Ее основой служит стеклянная рамка. Оба электрода камеры изготовлены из нихромовой проволоки диаметром 0,1 мм с шагом 1 мм. Проволочки на электродах расположены перпендикулярно друг другу. Для уменьшения краевых эффектов расстояние между электродами на краях увеличено до 10 мм. Окна камеры закрыты лавсановой пленкой толщиной 0,1 мм.

Каждая проволочка земляного и высоковольтного электрода проходит через ферритовое кольцо с прямоугольной петлей гистерезиса (рис. 1). Кольцо перемагничивается при прохождении тока через соответствующую проволочку. Используются кольца типа МЭЛ-1, имеющие ток перемагничивания 0,7 а и внешний диаметр 2 мм. Кольца собраны в две матрицы 8 x 16, одна из которых соединена с проволочками земляного электрода, а другая - высоковольтного. В матрице высоковольтного электрода на проволочки, связанные с камерой, надеты изолирующие трубки из тефлона диаметром 1 мм. Изоляция выдерживает напряжение до 15 кв при длительности импульса 0,3 мксек. Все кольца залиты эпоксидной смолой. Через каждую группу из 16 колец проходит обмотка считывания; одноименные кольца в каждой группе объединяются сигнальной обмоткой. Кроме того через все кольца матрицы проходит общая проверочная обмотка. Каждая обмотка состоит из одного витка.

Блок-схема установки, с помощью которой проводились исследования искровой камеры, показана на рис. 2. Электроны от радиоактивного источника проходят через два сцинтилляционных счётчика, между которыми находится искровая камера, и вызывают срабатывание схемы совпадений с разрешающим временем 10^{-8} сек. Импульс со схемы совпадений попадает на запуск генератора высоковольтных импульсов, который выполнен на вакуумном импульсном разряднике ВИР-14. На камеру подается импульс с амплитудой 3-5 кв и длительностью 0,3 мксек. Задержка времени появления высоковольтного импульса по отношению к моменту прохождения частицы составляет 150 нсек. Для уменьшения величины тока разряда и демпфирования колебаний импульс на камеру подается через сопротивление 50 ом.

Импульс со схемы совпадений подается также на устройство считывания информации, которое после каждого срабатывания камеры определяет номера перемагничившихся ферритовых колец и передает информацию в накопительное устройство установки АИ-4096/6/, входящей в состав центра накопления и обработки информации, получаемой в экспериментах на синхротроне/7/. Поступающая информация может обрабатываться по одной из двух программ, разработанных в центре - "запись" или "анализ". По

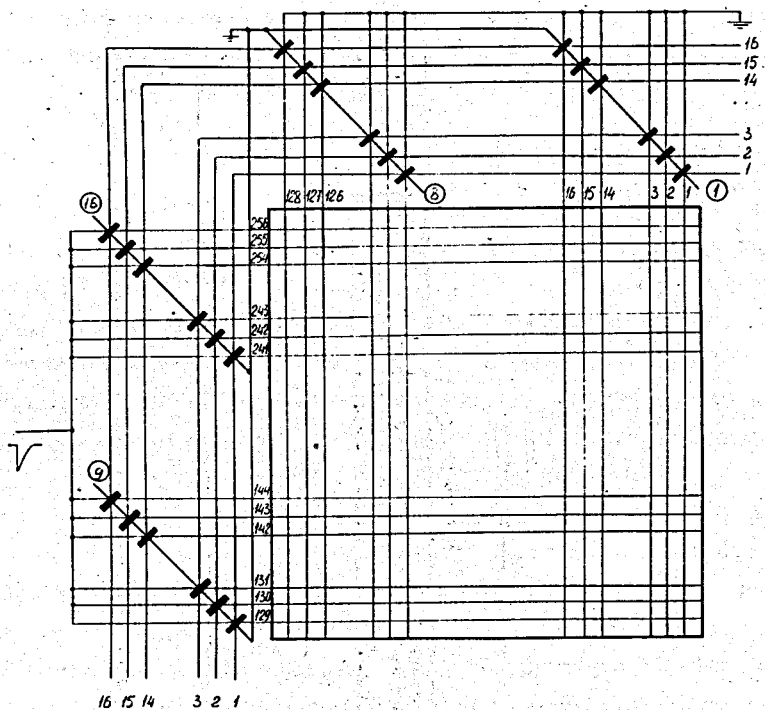


Рис. 1. Схема матрицы из ферритовых колец для искровой камеры.

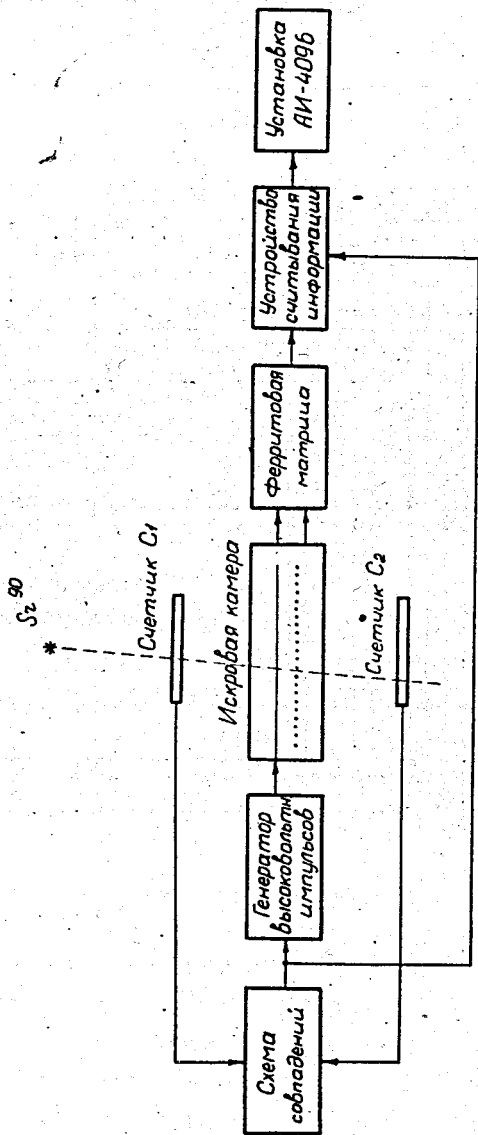


Рис. 2. Блок-схема установки для исследования работы искровой камеры.

первой программе коды последовательно записываются в ячейки (каналы) запоминающего устройства, а во второй — код является адресом канала запоминающего устройства, содержимое которого увеличивается на единицу. После заполнения используемого накопительного устройства информация из него через буферное накопительное устройство может быть выведена на цифропечать, накопитель на магнитной ленте или передана по кабелю в вычислительную машину "Минск-22". На время вывода информации из накопительного устройства, занимающее несколько десятков секунд, приходится прерывать эксперимент. Следует отметить, что это время может быть сокращено до 0,3 сек путем автоматизации процесса вывода^{18/}.

II .

Функциональная схема устройства считывания информации изображена на рис. 3. В левой части рисунка показана схема управления, внизу — схема формирования токов считывания, подаваемых в матрицу (элементы схемы обозначены буквой X), и справа — схема регистрации сигналов, поступающих из матрицы (элементы схемы обозначены буквой Y). Считывание информации из матрицы осуществляется полным током.

Одновременно с подачей на камеру высоковольтного импульса на устройство считывания поступает пусковой импульс со схемы совпадения. Этот импульс запускает одновибратор задержки, дающий импульс длительностью 40 мсек. Чтобы избежать действия помех, возникающих при разряде камеры, все триггеры в схеме удерживаются импульсом одновибратора в определенном состоянии, а именно триггеры управления 1 и 2 и триггеры 1-16 в состоянии "0", а триггеры X1-X5 и Y1-Y4 в состоянии "1". После окончания импульса одновибратора триггер управления 1 переводится в состояние "1", в результате чего начинает работать управляемый блокинг-генератор БГ-1. Импульсы с генератора поступают на вход двоичной счётной схемы, состоящей из триггеров X1-X5. Потенциалы, характеризующие состояние триггеров, через соответствующие усилители и дешифратор подаются на схемы пропускания (СП) X1-X16. При каждом состоянии счётной схемы открыта одна из схем пропускания. Первый импульс, поступающий с блокинг-генерато-

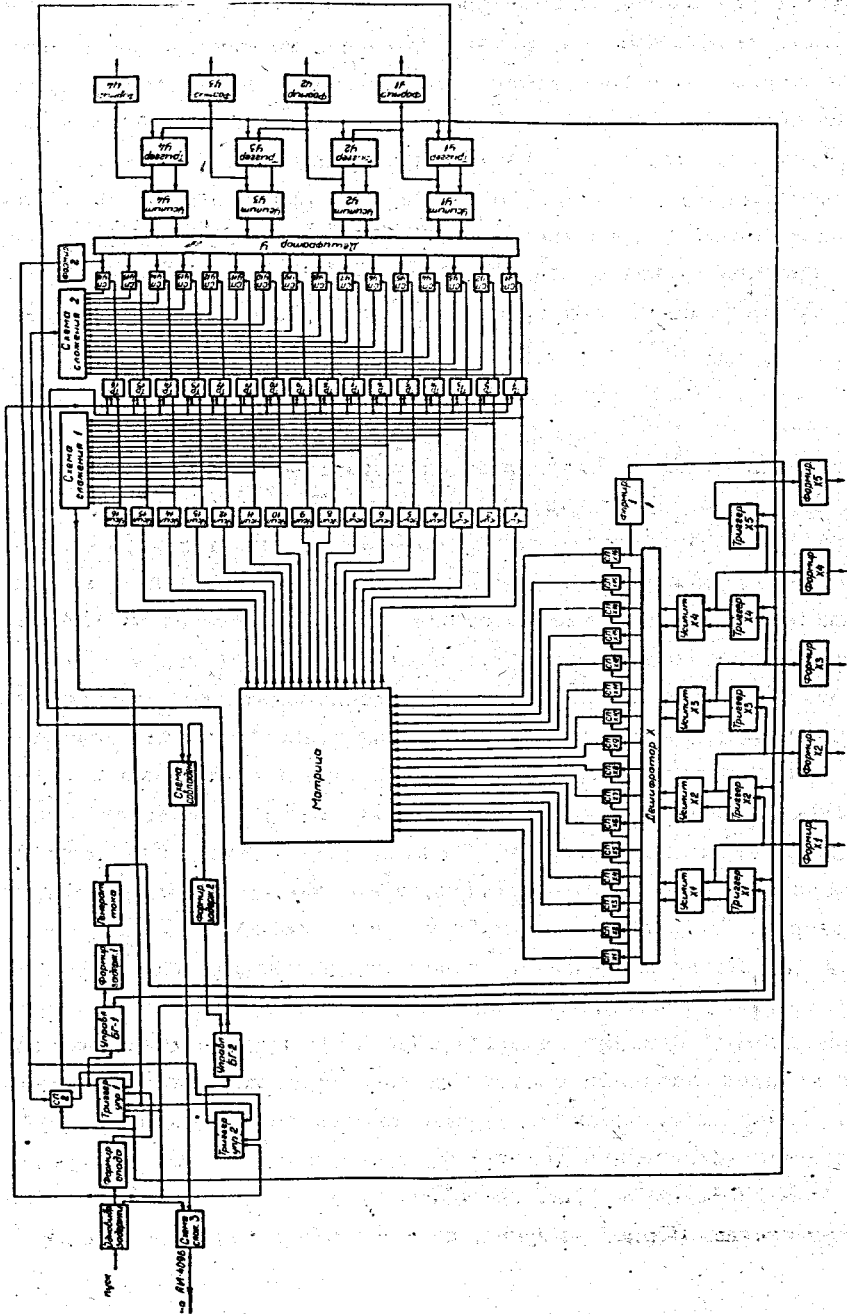


Рис. 3. Функциональная схема устройства считывания информации с искровой камерой.

ра БГ-1, переводит все триггеры счётной схемы в состояние "0", в результате чего открывается схема пропускания X1. Через нее пройдет импульс от генератора тока, который формируется из задержанного на 2 мксек импульса блокинг-генератора БГ-1. Этот импульс с амплитудой 0,8 а и длительностью 2 мксек поступает на обмотки считывания первой группы сердечников матрицы (каждая группа состоит из 16 сердечников). Если все сердечники этой группы находятся в нулевом состоянии, процесс считывания будет продолжаться таким же образом, т.е. после прихода следующего импульса блокинг-генератора БГ-1 импульс считывания поступит на обмотки второй группы сердечников и т.д.

Если же в опрашиваемой группе один или несколько сердечников будут находиться в состоянии "1", то в соответствующих сигнальных обмотках возникнут импульсы, которые после их усиления усилителями 1-16 переведут соответствующие триггеры из группы 1-16 в состояние "1". Эти же импульсы, пройдя через схему сложения 1, переведут триггер управления 1 в состояние "0", а триггер управления 2 - в состояние "1". В результате управляемый блокинг-генератор БГ-1 прекратит свою работу, а управляемый блокинг-генератор 2 начнет выдавать импульсы. Импульсы с него подаются на вход двоичной счётной схемы, состоящей из триггеров У1-У4. Эти триггеры связаны с дешифратором У и схемами пропускания (СП) У1- У16 так же, как и соответствующие элементы с индексом X. Поскольку перед поступлением первого импульса с блокинг-генератора БГ-2 все триггеры У1-У4 находились в состоянии "1", то они сбрасываются им в состояние "0", в результате чего открывается схема пропускания У1. Если связанный с ним триггер 1 находится в состоянии "0", то разрешающий потенциал на выход схемы пропускания не проходит, и с приходом следующего импульса от блокинг-генератора БГ-2 опрос группы триггеров 1-16 продолжается. Когда же открывающий потенциал поступит на схему пропускания, связанную с триггером группы 1-16, находящимся в состоянии 1, то разрешающий потенциал с выхода схемы пропускания пройдет через схему сложения 2 и откроет схему совпадений, через которую пройдет задержанный на 1 мксек соответствующий импульс блокинг-

генератора БГ-2. Этот импульс через схему сложения 3 подается на установку АИ-4096, где он поступает на пуск устройства управления, после чего осуществляется запись в накопительное устройство установки состояния триггеров У1 - У4 и Х1 - Х5, обозначающих номер перемагнитившегося сердечника.

С приходом следующего импульса блокинг-генератора БГ-2 опрос группы триггеров 1-16 будет продолжен. Открывающий потенциал одновременно с поступлением на последнюю схему пропускания У16 подается и на формирователь 2. Импульсом с формирователя триггер управления 2 переводится в состояние "0", и триггер управления 1 через схему пропускания СП2 переводится в состояние "1". Затем возобновляется подача тока считывания в очередную группу сердечников.

Одновременно с поступлением на последнюю схему пропускания У16 открывающий потенциал подается также на формирователь 1, а с него поступает на перевод управляющего триггера 1 в состояние "0" и на закрытие схемы пропускания СП-2. Если в последней группе сердечников не содержалось информации, то процесс считывания на этом заканчивается. Если же в ней имелась информация, то после окончания опроса триггеров группы 1-16 импульс с формирователя 2 не пройдет через схему пропускания СП-2, следовательно, триггер управления 1 остается в состоянии "0", и процесс считывания информации закончится.

Для проверки работы устройства считывания могут быть перемагничены как отдельные сердечники матрицы, так и все вместе. Перемагничивание всех сердечников производится при подаче тока записи от специального генератора в проверочную обмотку, проходящую через все сердечники матрицы. (Этот генератор на рисунке не показан).

Информация в установку АИ-4096 с триггеров У1 - У4 и Х1 - Х5 подается через соответствующие формирователи. Потенциалы, характеризующие состояние триггеров, поступают на входы импульсно-потенциальных ключей, соединенных с арифметическим регистром Р1. Запись информации в регистр производится при поступлении пускового импульса в устройство управления АИ-4096. Информация с триггеров У1 - У4

подается на 1-4 разряды, а с триггеров X1-X5 - на 5-9 разряды. Поскольку в процессе считывания информации триггер X5 всегда остается в состоянии "0", то в установку АИ-4096 при считывании информации от каждого события заносится в возрастающем порядке несколько чисел от 0 до 255 (в двоичной системе), обозначающих номера перемагнитившихся сердечников. В момент подачи на камеру высоковольтного импульса, когда все 9 триггеров находятся в состоянии "1", записывается число 511, которое служит для разделения событий.

Для процесса записи числа в накопительное устройство установки АИ-4096 требуется около 30 мксек. Исходя из этого требования и чтобы не усложнять устройство считывания, период работы управляемых блокинг-генераторов БГ-1 и БГ-2 был выбран равным 30 мксек. При этом общее время считывания при наличии информации во всех 256 ферритовых сердечниках составит около 8 мсек, следовательно, считывание полностью может быть осуществлено в течение паузы между двумя циклами работы синхроциклотрона.

Устройство считывания выполнено, в основном, на стандартных ячейках установки АИ-4096.

III .

Характеристики камеры снимались по блок-схеме, изображенной на рис. 2. В качестве радиоактивного источника использовался ^{90}Sr .

На рис. 4 показана эффективность регистрации частиц камерой ϵ в зависимости от амплитуды высоковольтного импульса V при очищающем напряжении на камере 50 в. Через камеру пропусклась газовая смесь, состоявшая из 80% неона и 20% гелия. Начиная с напряжения $V = 3,3$ кВ эффективность равна 96%. Можно считать, что плато по напряжению составляет ≈ 600 вольт, поскольку при $V = 3,9$ кВ число ложных пробоев в камере не превышает 5%. На рис. 5 представлена зависимость числа случаев m (в процентах), в которых одна искра перемагничивает определенное число сердечников ($n = 1,2,3,4$), от амплитуды высоковольтного импульса. Сплошной линией показано число сердечников заземленного электрода, а пунктирной - высоковольтного. На рис. 4 дана

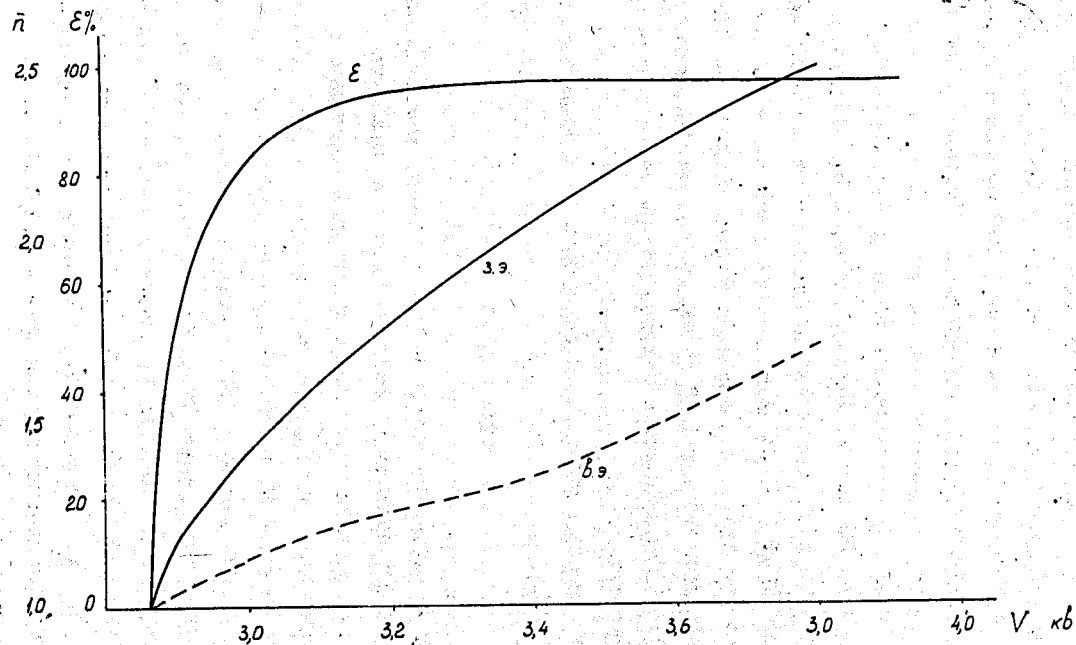


Рис. 4. Зависимость эффективности регистрации частиц ϵ и среднего числа перемагниченных колец \bar{n} для заземленного (з.э.) и высоковольтного (в.э.) электродов от амплитуды высоковольтного импульса.

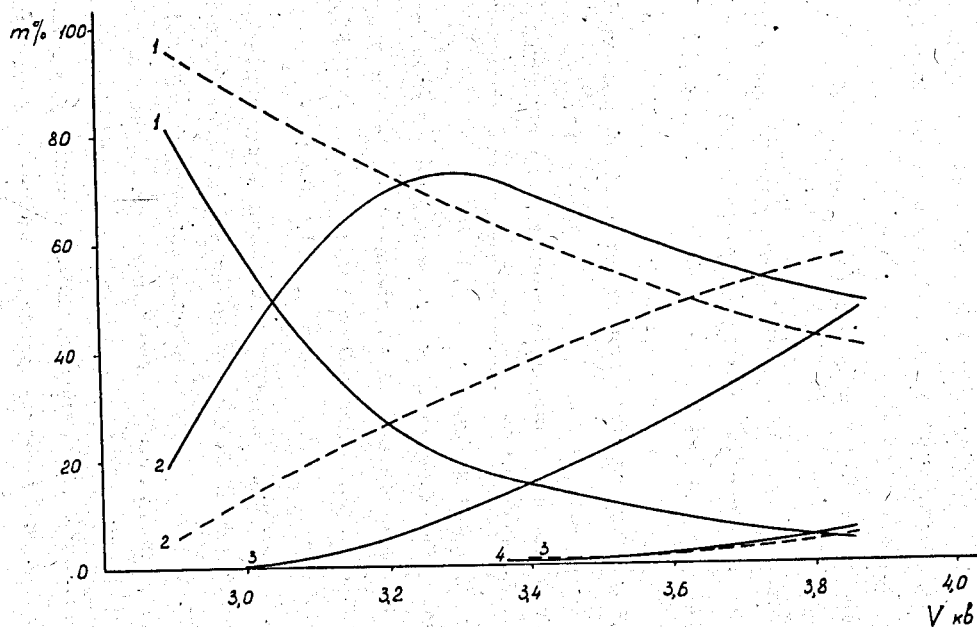


Рис. 5. Зависимость числа случаев, в которых ток от одной искры перемagnичивает $n = 1, 2, 3, 4$ колец от амплитуды высоковольтного импульса V (в процентах). Сплошными линиями показана зависимость для заземленного, а пунктирными - для высоковольтного электродов.

также зависимость среднего числа перемагниченных колец \bar{n} в обоих электродах от величины V .

Были проведены также исследования работы искровой камеры при наполнении ее гелием. Кривые для ϵ , m , \bar{n} получились аналогичными показанным на рис. 4 и 5, однако, эффективно работает камера в области 4,4 - 5,0 кв. При пропускании неон-гелиевой смеси и гелия через бутиловый спирт, находившийся при комнатной температуре, кривые для ϵ , m , \bar{n} смещались в область меньших амплитуд высоковольтного импульса соответственно на 400 и 800 вольт по сравнению с чистыми газами.

Из рис. 4 следует, что величина \bar{n} для высоковольтного электрода приблизительно в 1,5 раза меньше, чем для заземленного. Эта разница объясняется тем, что искровой разряд в камере асимметричен по отношению к обоим электродам, т.е. искровой канал, к образованию которого приводит электронная лавина, расширяется от отрицательного электрода к положительному.

В работе ^{15/} показано, что наилучшая точность определения места прохождения частицы (равная $\pm 0,25$ расстояния между проволочками) достигается при $\bar{n} = 1,5; 2,5$ и т.д.

Так как \bar{n} для обоих электродов различно, то желательно выбрать такое рабочее напряжение в камере, при котором \bar{n} для заземленного электрода близко к 2,5, а для высоковольтного - к 1,5. В нашем случае при $V = 3,7$ кв. $\bar{n}_{з.э.} = 2,4$, а $\bar{n}_{в.э.} = 1,6$ (рис. 4).

В экспериментах часто используются проволочные искровые камеры с выводом информации только с заземленного электрода (положительного при обычном питании камеры импульсом отрицательной полярности). Так как величина \bar{n} для положительного электрода больше, чем для отрицательного, а большая величина \bar{n} приводит к увеличению времени считывания информации с камер и загрузки ЭВМ, а также к ухудшению пространственного разрешения в случае регистрации камерой нескольких частиц, то с целью уменьшения величины \bar{n} желательно на искровые камеры подавать импульс положительной полярности. При этом возможна работа с $\bar{n} = 1,5$, для которого достигается наилучшее пространственное разрешение при максимальной эффективности регистрации. (При питании



Рис. 6. Зависимость числа частиц N , прошедших через камеру от номера проволочки K пров.

камеры отрицательным импульсом и $\bar{n} = 1,5$ эффективность регистрации не достигает максимального значения).

При регистрации информации с искровой камеры в установке АИ-4096 по программе "анализ" была получена зависимость числа срабатываний от номера проволоочки, что характеризует зависимость числа частиц, прошедших через камеру, от координаты. Полученные результаты показаны на рис. 6. Два пика, представленные на этом рисунке, являются горизонтальной и вертикальной проекциями пучка частиц, выходящих из источника ^{90}Sr , который выделяется сцинтилляционными счётчиками. Форма пиков определяется геометрией установки.

Описанная установка с искровой камерой используется для измерения профиля мезонных пучков синхроциклотрона^{19/}.

В заключение авторы благодарят Р.Анджеяка, Б.М.Антонова и Н.А.Чистова за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. F.Krienen. *Nucl. Instr. and Meth.*, 16, 262 (1962).
2. J.Lindsay, I.Pizer. *Int. Symposium on Nuclear Electronics, Versailles, 1968, Vol. 3, Paris, 1968.*
3. М.Х.Аникина, Л.С.Барабаш и др. *Препринт ОИЯИ 1-3050, Дубна 1966.*
4. R.Blieden, J.Menes et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, 48, 177 (1967).
5. S.Galster, J.Gorres et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, 46, 208 (1967).
6. С.С.Курочкин, А.Л.Белоус и др. *Труды VI -ой конференции по ядерной радиоэлектронике, т. 3, ч. 1, стр. 171, Атомиздат, Москва, 1965.*
7. С.В.Медведь, В.В.Моисеева, А.Н.Синаев, Г.Ю.Цахер, Н.А.Чистов. *Препринт ОИЯИ 10-3836, Дубна, 1968.*
8. А.П.Кустов, А.Н.Синаев, Н.А.Чистов. *Препринт ОИЯИ 10-4170, Дубна, 1969.*
9. В.В.Вишняков, А.В.Демьянов, В.С.Роганов, А.А.Сафрошкина, А.Н.Синаев. *Труды совещания по бесфильмовым искровым и стримерным камерам. Дубна 15-18 апреля 1969 г.*

Рукопись поступила в издательский отдел
23 мая 1969 года.