

В-62

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



1570/2-77

25/4-77

P13 - 10380

В.Д.Володин, Н.С.Глаголева, Н.И.Каминский,  
Е.А.Матюшевский, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,  
В.А.Трофимов

ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНАЯ СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА

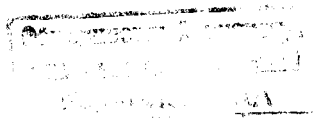
**1977**

P13 - 10380

В.Д.Володин, Н.С.Глаголева, Н.И.Каминский,  
Е.А.Матюшевский, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,  
В.А.Трофимов

## ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНАЯ СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА

*Направлено в ПТЭ*



## Четырехэлектродная стримерная камера

Предложена четырехэлектродная стримерная камера, обладающая определенными преимуществами перед трехэлектродной. Показано, что проблема высоковольтного импульсного питания такой камеры успешно решается с помощью двуполярной формирующей линии с одним разрядником. Приведены фотографии треков космических частиц в четырехэлектродной камере с рабочим зазором (9 + 18 + 9) см.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий и в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Volodin V.D. et al.

P13 - 10380

## A Four-Electrode Streamer Chamber

A four-electrode streamer chamber is proposed which has certain advantages over a three-electrode one. It is shown that the problem of high voltage pulse feeding of such a chamber is being solved successfully by means of a bipolar forming line with one trigger. The photographs of cosmic particle tracks in the four electrode streamer chamber with a working gap of (9 + 18 + 9) cm are presented.

The investigation has been performed at the High Energy Laboratory and the Laboratory of Computer Technique and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Первые стримерные камеры <sup>/1/</sup> были одноззорными и содержали всего два электрода. Такая конструкция наиболее проста и удобна с точки зрения как изготовления камеры, так и ее использования. Однако она не получила распространения из-за весьма серьезного недостатка: чрезвычайно высокого уровня электромагнитных помех, возникающих при ее срабатывании, причем этот уровень быстро нарастает с увеличением размеров и зазора камеры. Достаточно сказать, что при работе камеры такой конструкции /20x70x100 см<sup>3</sup>/ в обычной лабораторной комнате выходят из строя сетевые осветительные и нагревательные приборы /лампы, паяльники/, не говоря уж об электронной аппаратуре.

Простое экранирование камеры приводит к увеличению паразитной емкости высоковольтного электрода и, как следствие, к ухудшению ее рабочих характеристик. Поэтому более рациональной оказалась трехэлектродная камера <sup>/2/</sup>, в которой высоковольтный электрод располагается в середине зазора, образуя два рабочих отсека.

Обеспечение стабильности характеристик стримерной камеры с увеличением ее линейных размеров потребовало учета волновых свойств электродной системы при формировании наносекундного высоковольтного импульса. Осуществление полного согласования импедансов камеры и генератора, формирующего высоковольтные импульсы фиксированной длительности, сделало стримерную камеру рабочим инструментом экспериментальной ядерной физики <sup>/3/</sup>.

Треки частиц, как правило, фотографируются через электроды, в которых для этого сделаны соответствующие окна, затянутые проволокой /проволочные электро-

ды/, а пучок ускоренных частиц при использовании камеры в установке на ускорителе пропускается через окна в ее стенках /рис. 1а/.

С одной стороны, большинство физических задач, решаемых с помощью стримерной камеры, диктует необходимость максимального сокращения вещества на пути ускоренных частиц, с другой - нормальное функционирование самой камеры требует наличия контура защиты высоковольтного электрода от электрического коронирования.

В простейшем случае таким контуром служит тонкостенная металлическая трубка, окантовывающая высоковольтный электрод по периметру, причем диаметр этой трубки обычно достаточно велик /~10 см/. Это обстоятельство вынуждает пропускать пучок частиц через один из отсеков камеры, что приводит к ухудшению условий регистрации событий в 4π-геометрии. Мало из-

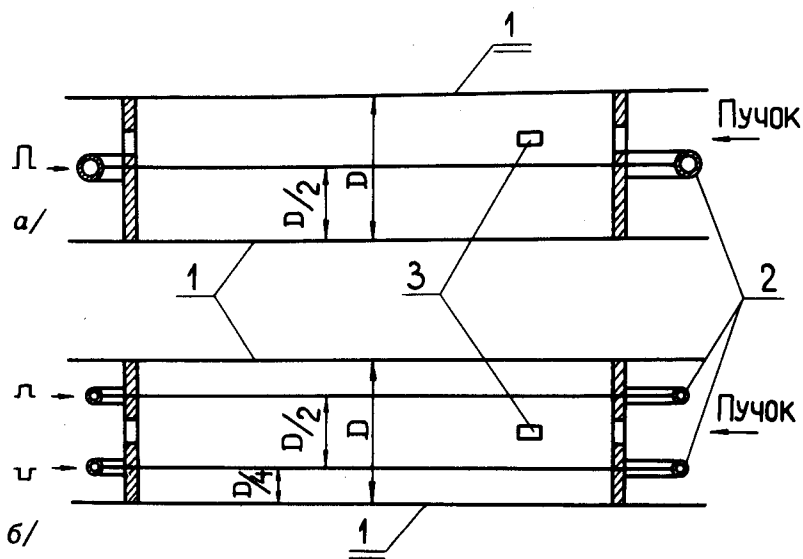


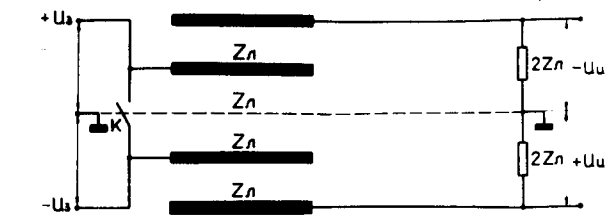
Рис. 1. Схематическое изображение трех- и четырехэлектродной стримерных камер в разрезе, 1 - заземляемые, 2 - высоковольтные электроды, 3 - мишень внутри рабочего объема.

меняет ситуацию выполнение контура из тонкой фольги или даже металлизированного лавсана /что, в принципе, возможно/, так как в случае установки внутри рабочего объема камеры твердых, особенно металлических, мишеней они все равно оказываются вблизи электрода, несущего высокий потенциал, а это существенно затрудняет их защиту от электрических пробоев.

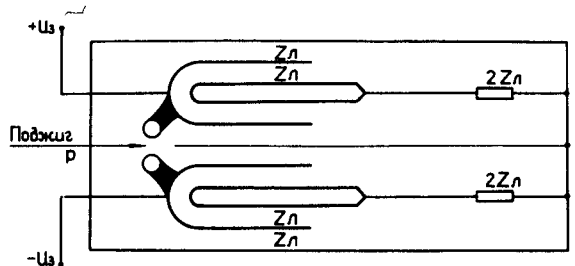
Анализ работы камеры с Блюмлайн-генератором показывает возможности симметрирования камеры относительно пучка, размещения мишеней в области нулевого потенциала при одновременном снижении абсолютного значения амплитуды прикладываемого к электроду импульса, что важно также для предотвращения возникновения короны на проволочных электродах камеры /4/. При этом камера должна содержать четыре электрода и иметь три рабочих отсека /рис. 1б/. Как можно видеть, в этом случае при равных градиентах поля значение амплитуды импульса составляет половину от подаваемого на трехэлектродную камеру, а мишени находятся в области нулевого потенциала.

Однако питание такой камеры вызывает определенные трудности, поскольку высоковольтные импульсы обеих полярностей должны поступать на электроды камеры строго синхронно и иметь одинаковую амплитуду и длительность /форму/. Поэтому целью настоящей работы и явилось изучение возможностей реализации четырехэлектродной камеры.

Обеспечить подачу на электроды симметричной четырехэлектродной камеры разнополярных, одинаковых по форме и амплитуде импульсов строго одновременно можно с помощью Блюмлайн-генератора, содержащего две формирующие линии, заряжаемые разнополярно, с одним коммутатором /рис. 2/. Естественно, что в общем случае /протяженные камеры и линии передачи импульсов/ характеристические сопротивления формирующей линии и камеры должны быть равны. Заряд двуполярной линии может быть осуществлен либо от генератора импульсных напряжений, либо непосредственно от двуполярного источника высокого постоянного напряжения.



а



б

Рис. 2. Принципиальная электрическая схема - а/ и коаксиальный вариант исполнения - б/ двуполярного Блюмлайн-генератора для питания четырехэлектродной камеры.  $Z_n$  - волновое сопротивление линии,  $K$  - коммутатор,  $U_3$  - напряжение заряда линий,  $U_u$  - амплитуда импульсов на выходе,  $P$  - разрядник линий.

Питание формирующей линии непосредственно от источника высокого напряжения <sup>5/</sup> позволяет существенно сократить время задержки подачи высоковольтного импульса на электроды камеры и является одним из условий быстрогодействия генератора. Сокращение задержки важно для улучшения точности идентификации частиц по ионизации на следе <sup>6/</sup>, а быстродействующая камера позволяет повысить эффективность набора экспериментального материала на ускорителе.

В соответствии со сказанным выше была разработана и опробована четырехэлектродная камера с двуполярным Блюмлайн-генератором. Камера имела ра-

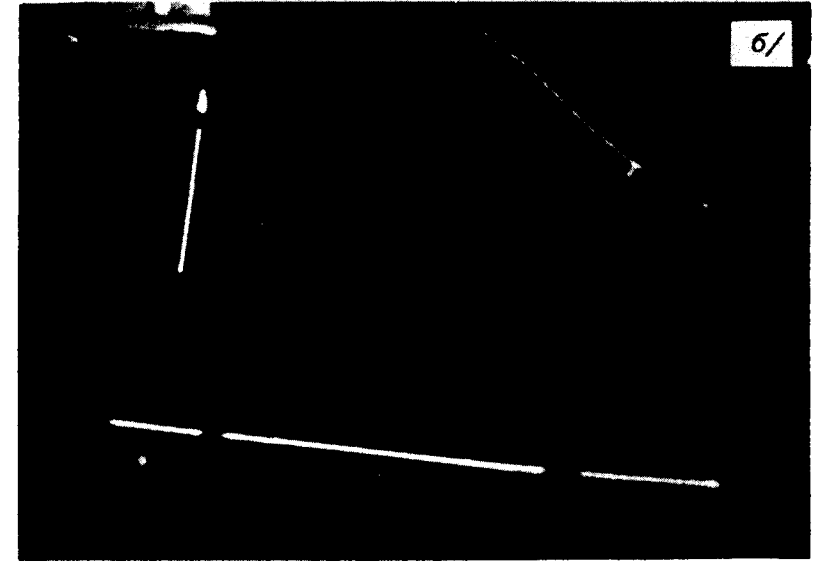
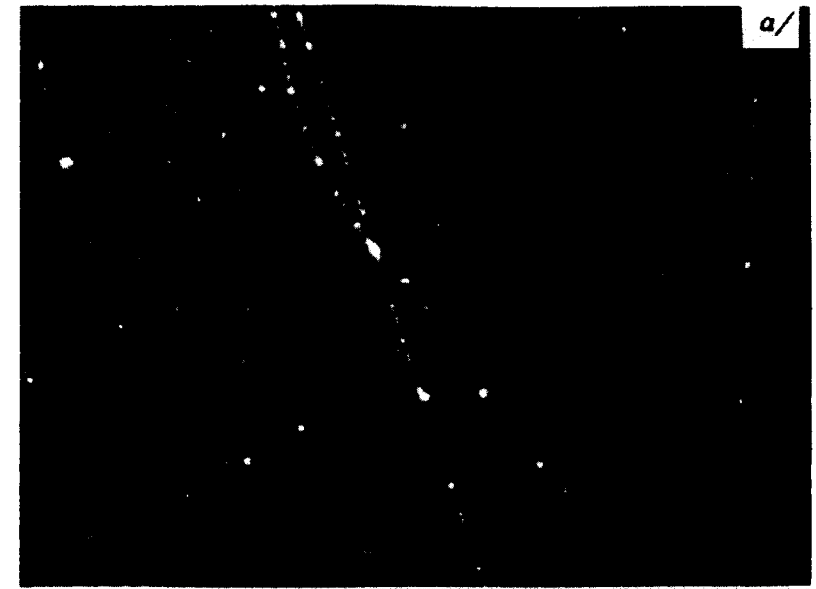


Рис. 3. Фотографии треков космических частиц, пересекающих камеру под различными углами к направлению электрического поля в камере: а/ 60-70°, б/ 30-35° /стримерный трек перешел в искровой, отчетливо различаются отдельные зазоры камеры/.

бочий зазор /9 + 18 + 9/ см и площадь электродов /50x50/ см<sup>2</sup>. По периметру высоковольтных электродов для защиты от коронирования была проложена трубка /металлорукав/ диаметром 3 см. Высоковольтные импульсы от двуполярной линии подавались на каждый из этих электродов двумя параллельно включенными кабелями типа РК-8. Крайние отсеки камеры шунтировались парой резисторов типа ТВО-10, величиной 75 Ом каждое, для согласования с выходным сопротивлением линии.

Электроды формирующих линий генератора выполнены из отрезков металлических труб, коммутатором служит управляемый искровой газовый разрядник. Конструкция рассчитана на работу под давлением до 20 атм., причем кожух линий заполнен элегазом, а камера с разрядником - азотом. Задержка в срабатывании генератора составляла не более 100 нс.

Запуск камеры осуществлялся от космических частиц, угол между направлениями треков частиц и электрического поля задавался изменением положения камеры относительно сцинтилляционных счетчиков. Фотографирование треков производилось аппаратом типа РФК-5 на пленку типа 13 /2000 ед, ГОСТ/. На рис. 3а, б приведены соответствующие снимки следов, полученные при зарядных напряжениях линий  $\pm 100 \text{ кВ} / E \approx 10 \text{ кВ/см} /$  и длительности формируемых импульсов 18 нс. Следует отметить равномерность свечения следов по отсекам камеры. Особенно наглядна фотография искрового трека /рис. 3б/, оставленного при пересечении частицей всех электродов камеры под небольшим углом к полю. Стримерные следы в четырехэлектродной камере не имеют каких-либо особенностей, отличающих их от следов в обычной; наблюдаемый на снимке стримерного следа разрыв обусловлен помимо обычного отсутствия следа в приэлектродной области зазором в двойном электроде <sup>7/</sup> /1 см/ на пути частицы. Дополнительного симметрирования амплитуд высоковольтных импульсов, подаваемых на электроды камеры, практически не потребовалось.

Резюмируя, можно отметить следующее:

1. Четырехэлектродная стримерная камера обладает несомненными преимуществами по сравнению с трехэлектродной. Она допускает возможность:

а/ симметрирования относительно оси пучка ускоренных частиц;

б/ расположения мишени внутри рабочего объема в области, близкой к нулевому потенциалу, и вдали от электродов;

в/ транспортировки пучка частиц к мишени при минимальном содержании вещества на его пути /лавсановое окно/.

2. При одинаковых размерах камер и градиентах электрического поля абсолютная величина амплитуды высоковольтного импульса для четырехэлектродной камеры в два раза меньше, чем для трехэлектродной.

Вообще говоря, четырехэлектродная камера может быть выполнена и несимметричной, важно лишь, чтобы величина зазора среднего отсека была равна сумме зазоров крайних, а амплитуда высоковольтных импульсов на средних электродах - пропорциональна величине зазора соответствующего крайнего отсека.

Естественно, что наибольший интерес представляет симметричная четырехэлектродная камера, т.е. камера с равными зазорами крайних отсеков.

В заключение авторы выражают благодарность Г.Ф.Акимовой, А.А.Верещагину, А.И.Завгороднему, В.Я.Рубцову, С.В.Кадыковой, сотрудникам ИФВЭ /Алма-Ата/ Н.Н.Нургожину, И.М.Николаеву за помощь при проведении монтажа и наладки двуполярной формирующей линии и четырехэлектродной стримерной камеры.

#### Литература

1. Чиковани Г.Б., Михайлов В.А., Ройнишевили В.Н. ЖЭТФ, 1964, 46, с.1228.  
Долгошеин Б.А., Лучков Б.Н., Родионов Б.У. ЖЭТФ, 1964, 46, с. 1953.

2. Матюшин А.Т., Матюшин В.Т. ОИЯИ, Р-2312, Дубна, 1965; ПТЭ, 1966, 5, с. 75.
3. Vilos F. et al. SLAC-74, 1967.
4. Матюшин А.Т., Матюшин В.Т. ОИЯИ, Р-2364, Дубна, 1965.
5. Володин В.Д. и др. ОИЯИ, Р13-5529, Дубна, 1970; ПТЭ, 1971, с. 62.
6. Давиденко В.А., Долгошеин Б.А., Сомов С.В. ЖЭТФ, 1968, 55, с. 426.
7. Гуськов Б.Н. и др. ПТЭ, 1967, 3, с. 47.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
12 января 1977 года.*