

9745

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 344.14 3490 / 2-76
Г-913

6/IX-76

P13 - 9745

А.Ф.Грушин, А.И.Егоров, Л.К.Лыткин, А.Ф.Писарев,
В.Ф.Писарев, А.А.Тяпкин

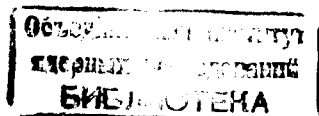
БОЛЬШИЕ ОПТИЧЕСКИЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ
И ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ИХ ПИТАНИЯ

1976

P13 - 9745

А.Ф.Грушин, А.И.Егоров, Л.К.Лыткин, А.Ф.Писарев,
В.Ф.Писарев, А.А.Тяпкин

БОЛЬШИЕ ОПТИЧЕСКИЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ
И ИМПУЛЬСНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ИХ ПИТАНИЯ



ВВЕДЕНИЕ

Техника современного физического эксперимента на частицах высоких энергий продолжает оснащаться оптическими искровыми камерами все большего размера. Такая тенденция связана с естественным стремлением получить максимальную светосилу регистрирующей аппаратуры. Однако с увеличением площади электродов камер резко возрастают требования к обеспечению высокой эквидистантности межэлектродных промежутков в них и высокой электрической прочности внутренних поверхностей стенок. Соблюдение строгой эквидистантности рабочих зазоров вытекает из необходимости получения однородной и высокой эффективности регистрации следов частиц по всей площади электродов. Увеличение размеров камеры при сохранении малого количества вещества на пути частиц, т.е. при использовании тонких электродов, выдвигает второе важное требование к ее конструкции, а именно – камера должна обладать высокой механической жесткостью. Это качество особенно важно при использовании камер в сильных магнитных полях. Быстрый подъем поля или внезапный его спад индуцируют в проводящих элементах камеры сильные токи Фуко, которые вызывают, в свою очередь, большие механические нагрузки на всю конструкцию. И, наконец, последнее. В конструктивном отношении камеры большого размера должны быть выполнены так, чтобы в них обеспечивалось автоматическое выравнивание давления газа в рабочем объеме с давлением внешней атмосферы. Ниже дается описание конструкции и приводятся регистрационные характеристики оптической искровой камеры большого размера, удовлетворяющей сформулированным

требованиям. Такие камеры имеют модульное исполнение и используются в магнитном искровом спектрометре Объединенного института ядерных исследований.

В этой работе мы обсуждаем также модернизированный вариант двухкаскадного высоковольтного импульсного генератора для питания оптических искровых камер большого размера. К таким генераторам предъявляется, как известно, ряд жестких требований, таких как обеспечение возможности быстрого и легкого регулирования рабочих параметров, достижение хороших временных и мощностных характеристик импульсов и обеспечение высокой надежности и стабильности в работе. Нами разработан генератор, который обеспечивает питание искровой камеры, обладающей собственной электрической емкостью $\sim 2,8$ нФ.

Комплексное решение задачи - разработка больших искровых камер со строгой эквивалентностью размещения в них электродов и разработка сильноточных высоковольтных импульсных генераторов с регулируемыми параметрами импульсов - позволило обеспечить высокую ливневую эффективность регистрации, вплоть до двух десятков частиц.

Данное методическое исследование будет полезным для экспериментальных групп, использующих или планирующих использовать в физических экспериментах большие оптические искровые камеры для одновременной регистрации большого числа частиц.

КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ ИСКРОВОЙ КАМЕРЫ

Общий вид конструкции камеры показан на рис. 1. Камера имеет модульное исполнение и содержит два рабочих промежутка величиной по 20 мм. Электроды 1 являются комбинированными, состоящими из цельнометаллических рамок, заклеенных с одной стороны алюминиевыми фольгами 2. Боковые стенки 3 выполнены из текстолита в виде брусков, строго калиброванных по поперечному размеру. Одна из стенок, 4, через которые производится фотографирование, изготовлена из

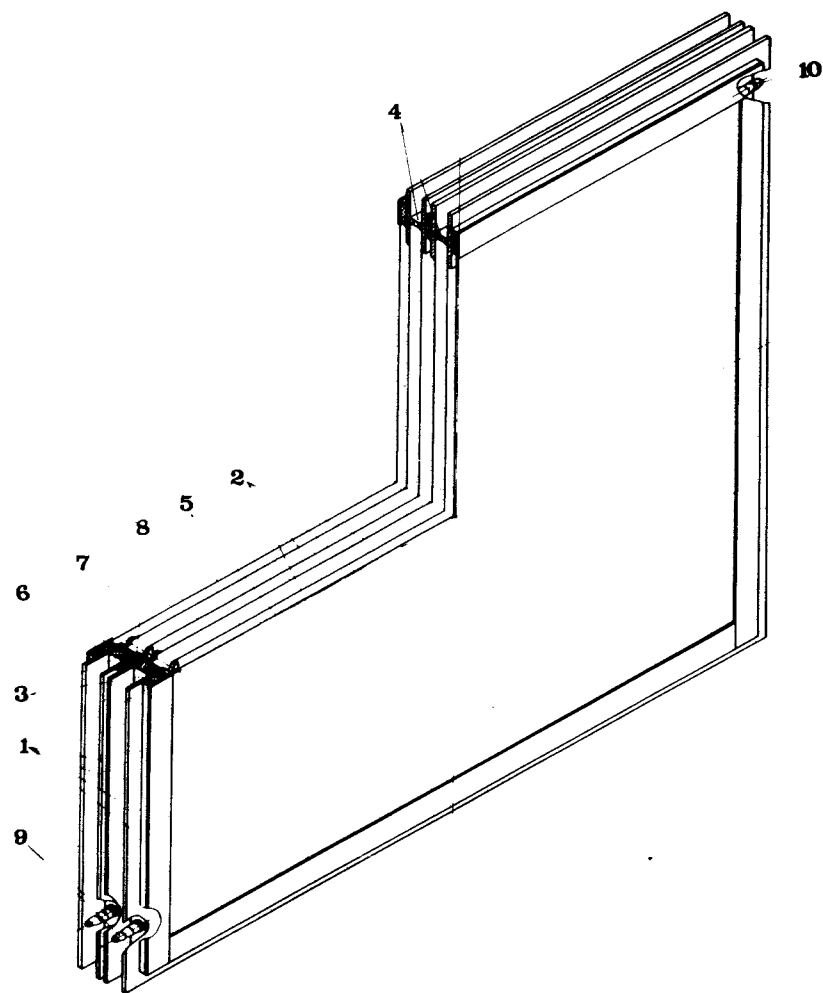


Рис. 1. Конструкция модуля искровой камеры. 1 - электродные рамки, заклеенные алюминиевой фольгой 2 толщиной 16 мкм; 3 - стенки, выполненные из текстолита и покрытые внутри слоем компаунда К-115; 4 - окно для фотографирования; 5 - окна, изготовленные из комбинированной пленки майлар-полиэтилен; 6,7 - несущие рамки окна; 8 - отверстия для газа; 9,10 - входные отверстия.

витринного стекла толщиной 7 мм. Входные и выходные окна 5 изготовлены из комбинированной синтетической пленки, состоящей из майлара толщиной 50 мкм и полиэтилена - 20 мкм.

Высокая эффективность искровых промежутков достигается использованием калиброванных стенок, позволяющих выдержать величину зазора 20 мм с точностью $\pm 0,10$ мм.

Все детали камеры собраны с помощью эпоксидной смолы компаунд К-115. В момент склейки детали поджимаются грузом с удельным давлением $\sim 0,2$ кг/см². Майлар-полиэтиленовые окна по периметру имеют перфорацию с шагом 30 мм. Край пленки и перфорация проклеиваются между текстолитовыми пластинами 6 и 7. Перфорация на пленке после склеивания действует как система заклепок, обеспечивающая пленке высокую прочность сцепления с рамками 6 и 7. Эластичные окна обеспечивают автоматическое выравнивание давления газа внутри камеры с внешним атмосферным давлением. Выравнивание же давления газа между различными отсеками камеры достигается благодаря системе сообщающихся отверстий 8 в рамках электродов. Отверстия имеют плавную зенковку в сторону рабочих зазоров камеры и покрыты тонким слоем эпоксидной смолы. Заполнение камеры рабочим газом осуществляется через входные отверстия 9 и 10.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ

Электроды (см. рис. 1) состоят из двух частей - металлической рамки и наклеенной на одну из ее поверхностей алюминиевой фольги. Рамки изготовлены из листового дюралюминия жесткой марки толщиной 3 мм. Размеры рамок ограничиваются лишь требуемым размером самих камер. Наклейка фольги толщиной 16 мкм и шириной 98 см производится в следующей последовательности. Фольга, смотанная с рулона, настиляется на ровную поверхность монтажного стола, подогретого до температуры $\sim 80^\circ$. После прогрева фольги ее слегка натягивают с помощью липкой ленты

и фиксируют относительно поверхности стола. Затем на электродную раму наносят слой компаунда К-115 и подклеивают к фольге. Рамку по всему периметру поджимают грузом с удельным давлением $\sim 0,2$ кг/см². После прогрева рамки до температуры стола (несколько минут) периферийные нагревательные элементы, вмонтированные в монтажный стол под площадью электродной рамки, отключают. Нагревательные же элементы, находящиеся под фольгой, оставляют включенными до полной полимеризации компаунда (примерно 3 часа), после чего их тоже отключают. После полного остывания до комнатной температуры электрод снимают со стола. Приготовленные таким путем электроды имеют исключительно ровную зеркальную поверхность и содержат малое количество вещества.

Длительная работа с камерами, изготовленными по описанной технологии, показала, что они имеют большую ливневую эффективность регистрации частиц и характеризуются высокими эксплуатационными качествами.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Для питания камер, обладающих большой собственной электрической емкостью, был разработан двухкаскадный РС-генератор Аркадьева-Маркса с регулируемой длительностью импульса. Последнее достигается путем принудительного обрезания импульса на заднем спаде. Это качество становится особенно важным при настройке камер на эффективную регистрацию заданного числа частиц. Следует заметить, что практика работы с искровыми камерами показала, что вообще не существует единой приемлемой длительности импульсов, которая одинаково хорошо годилась бы как для регистрации одной, так и многих частиц. Например, при регистрации одной частицы с использованием импульсов большой длительности изображение искр на снимках получается сильно размытым, а при регистрации большого числа частиц в случае коротких импульсов существенно снижается выход светового потока из искр, что ведет,

в свою очередь, к снижению эффективности их фотографирования на фотопленку заданной чувствительности. Отсюда и возникает острая необходимость в регулировке длительности импульсов при изменении в эксперименте множественности регистрации частиц. В частности, при необходимости регистрировать лишь одну частицу, импульсы укорачиваются до длительности 0,12-0,15 мкс, а при регистрации большого числа частиц - до 0,4 мкс. Регулируемая длительность импульсов полезна и в другом отношении, а именно в тех случаях, когда требуется перекрыть небольшое различие в эффективности регистрации частиц в смежных зазорах модуля. Это различие может возникать, например, из-за неодинаковости чистоты в них рабочего газа.

На рис. 2 дана схема генератора, который является дальнейшим развитием конструкции, описанной в работе /1/. Основными элементами генератора являются разрядники P1 и P2. Конструкция разрядника P1 представлена на рис. 3, а P2 - на рис. 4. Разрядник P1 (рис. 3) выполнен на основе автомобильной запальной свечи. Такой разрядник имеет резерв срабатывания на воздухе $\sim 10^5$, после чего его катодная часть нуждается в очистке от окислов.

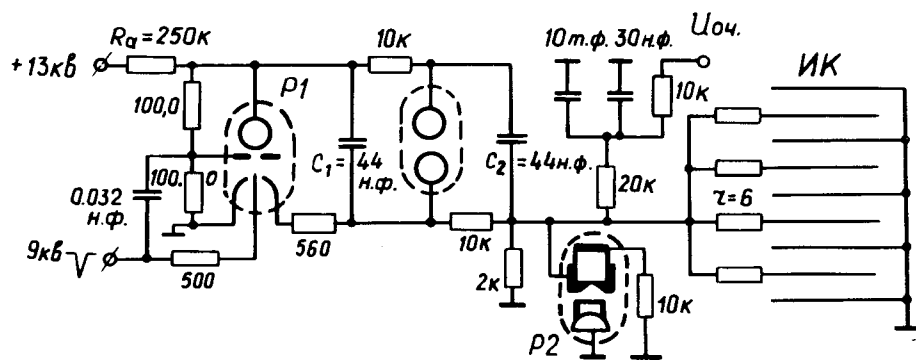


Рис. 2. Схема импульсного генератора. P1, P2 - управляемые разрядники.

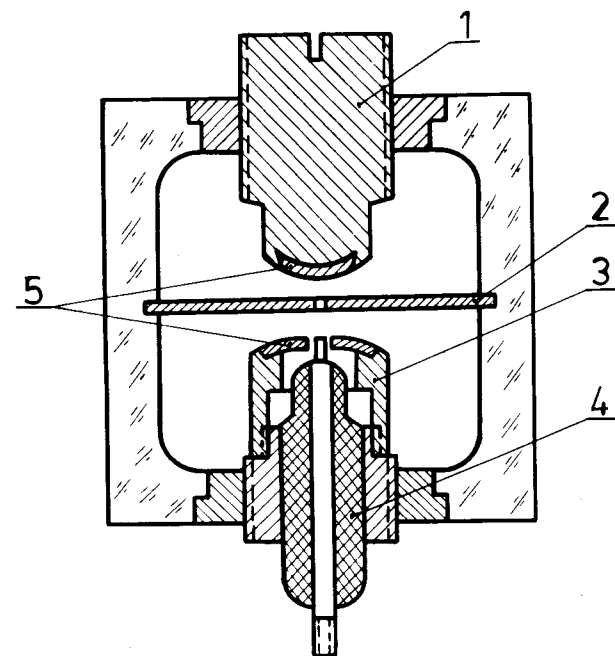


Рис. 3. Конструкция разрядника P1. 1 - анод; 2 - средний электрод; 3 - катод; 4 - запальная свеча; 5 - молибденовые вставки.

В разряднике P2 (рис. 4) поджигающий электрод выполнен на основе керамического конденсатора марки K15-4 на 0,520 нФ и напряжении 20 кВ. С одного конца конденсатора удален электрод и поверхность тщательно отторцована под плоскость. Такая поджигающая система долговечна и обеспечивает четкую работу генератора вплоть до высоких частот.

Анодное сопротивление генератора R_a выбрано из условия требуемого времени обеспечения полной зарядки его электрических емкостей $C_1 + C_2 = 2C$;
 $t_{\text{зарядки}} = 5R_a \cdot 2C$.

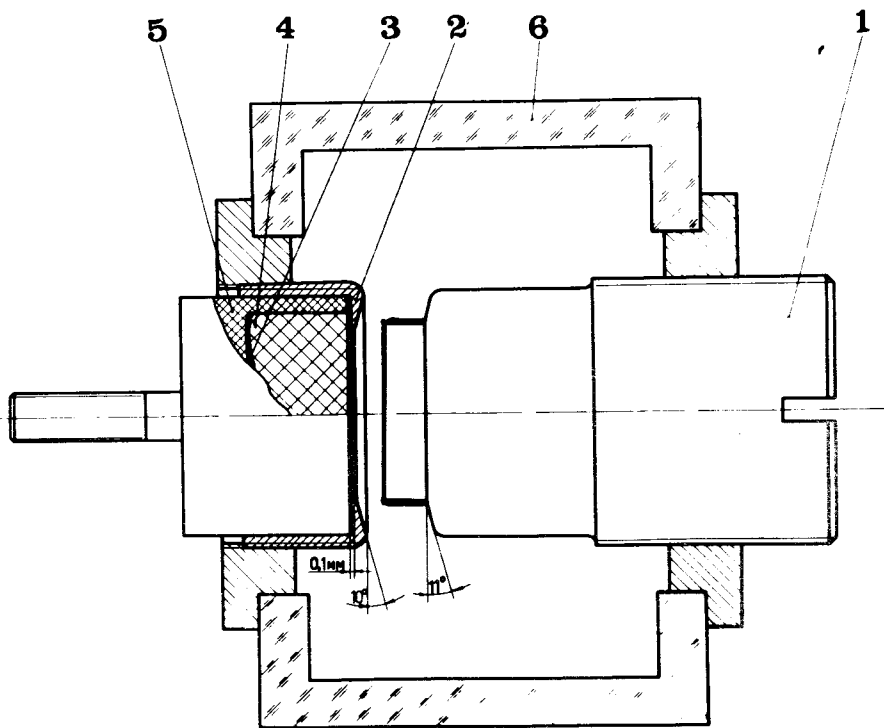


Рис. 4. Конструкция разрядника P2. 1 - анод; 2 - катод; 3 - ввод поджигающего электрода; 4 - сервизо-электрическая керамика; 5 - оболочка из компаунда; 6 - общий каркас из оргстекла.

Сопротивления R_2 , R_3 равны между собой и выбраны из условия $R_{2,3} \leq \frac{R_a}{20}$, что надежно исключает случаи образования непрерывно горящей электрической дуги в разряднике P1. При указанных на рис. 2 параметрах генератор может работать на частоте 15 Гц. Передний фронт импульса при работе генератора на емкостную нагрузку камеры в 2,800 нФ имеет длительность ~60 нс. Время задержки импульса составляет ~120 нс и время

джиттера - $5 + 7$ нс. Длительность импульса, как уже указывалось, регулируется путем обрезания его на заднем спаде за счет изменения расстояния анод-катод в обрезающем разряднике P2. Плавная регулировка длительности импульса в широком диапазоне обеспечивается благодаря наличию на аноде P2 металлической втулки, "смягчающей" условия развития разряда в разряднике. Электрическое сопротивление $r = 6$ Ом, стоящее в импульсных цепях питания искровых камер, гасит высокочастотные колебания в контуре системы генератор - камера и обеспечивает развязку по току смежных искровых промежутков в камере.

ЛИВНЕВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАМЕР

Данный параметр камер изучался на вторичных частицах, образующихся при множественных процессах взаимодействия π^- -мезонов с ядрами на серпуховском ускорителе. Во время эксперимента амплитуда импульсов, подаваемых на камеры, поддерживалась на уровне 25 кВ, а напряженность очищающего поля - 40 В/см. Суммарная задержка высоковольтных импульсов относительно момента прохождения частиц составляла 0,75 мкс. Камеры заполнялись неоном особой чистоты.

Результаты визуальной обработки фотопленки с треками частиц без магнитного поля представлены на рис. 5. За трек принимался след частицы, состоящий из шести и более искр, лежащих на одной прямой. Под ливневой эффективностью здесь понимается отношение общего числа искр, возникших во всех треках, пронизывающих данное число зазоров, к произведению числа треков на число этих зазоров. Из рис. 5 видно, что искровые камеры обладают высокой ливневой эффективностью регистрации вплоть до двенадцати частиц. При изучении ливневой эффективности определенным интересом представляет корреляционная зависимость регистрации искр в близлежащих треках. Очевидно, что эта корреляция должна существенно зависеть от степени пространственной расходимости треков, образующихся в одном

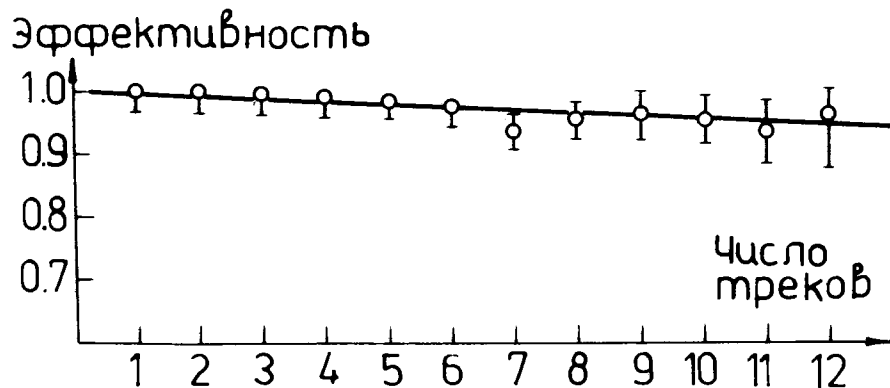


Рис. 5. Зависимость ливневой эффективности камеры от числа одновременно регистрируемых частиц. Каждая точка кривой получена на основе обработки 50 кадров, типичных для данного множества треков; η — ливневая эффективность; N — число частиц.

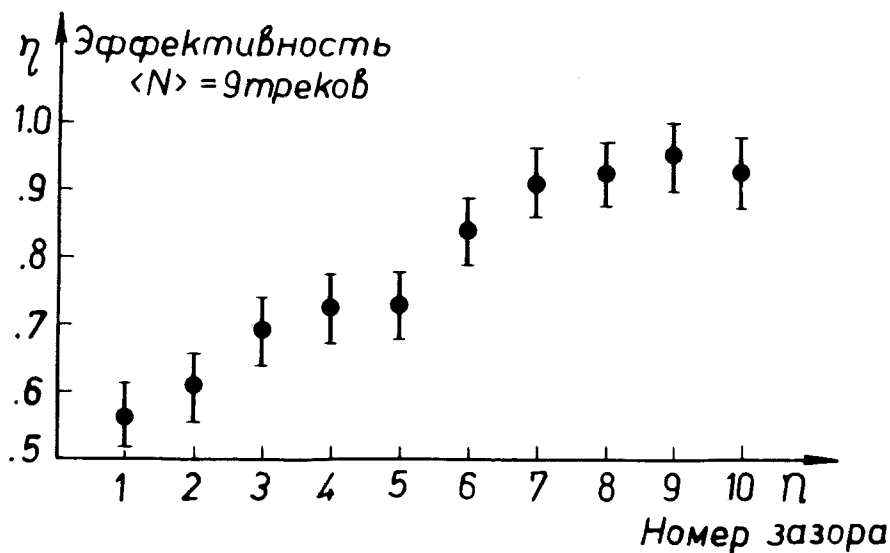


Рис. 6. Зависимость эффективности регистрации ливней из девяти частиц от номера n искрового зазора вдоль пути ливня. Расстояние от мишени до первого зазора ~ 6 см.

акте взаимодействия. Измеренная кривая такой зависимости для средней множественности из девяти частиц, с полным углом расходимости $\sim 40^\circ$, показана на рис. 6. Видно, что по мере расхождения частиц эффективность регистрации их растет. В случае же малого числа частиц (2-3) эффективность регистрации их в пределах разрешения треков на пленке практически не зависит от степени сближения.

В заключение авторы благодарят В.И.Никанорова, О.А.Займидорогу, И.Я.Зайцева, Д.Белини, П.Фрабетти и К.Ондрейчка за помощь в данной работе. Авторы глубоко признательны В.И.Орехову и Н.М.Федорову за большую работу, выполненную ими при изготовлении камер.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.П.Зайцев, И.Я.Корольков, Н.В.Новикова, В.Н.Ноздрачев. "Новая система импульсного питания искровых камер 6-метрового спектрометра". Препринт ИТЭФ-87, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 апреля 1976 года.