

индекс 3624

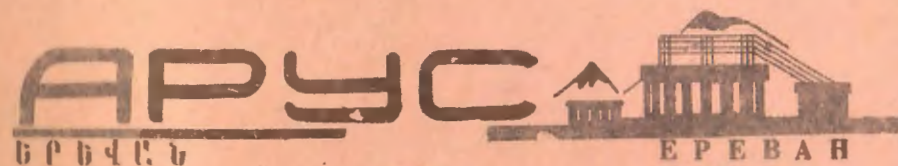
Триггерная камера

ԵՐԵՎԱՆԻ ԶՐԶՐԿՅՐ ԲՆԱՏՐՏՈՒՄ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-293(18)-78

Г.Ц.АВАКЯН, К.М.АВАКЯН, Р.Б.АЙВАЗЯН,
В.Ф.АЛЕКСЕЕВ, Ю.А.БУДАГОВ, В.Б.ВИНОГРАДОВ,
Э.М.МАТЕВОСЯН, М.Н.ОМЕЛЬЯНЕНКО

СИСТЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ УСТАНОВКИ "ГИПЕРОН"



1978

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ- 293(18)-78

Г.Ц.АВАКЯН, К.М.АВАКЯН, Р.Б.АЙВАЗЯН, В.Ф.АЛЕКСЕЕВ¹⁾,
Ю.А.БУДАГОВ²⁾, В.Б.ВИНОГРАДОВ²⁾, Э.М.МАТЕВОСЯН,
М.Н.ОМЕДЬЯНЕНКО¹⁾

СИСТЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ СТРИМЕРНОЙ
КАМЕРЫ УСТАНОВКИ "ГИПЕРОН"

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал препринтов.

1) Дубненский филиал Московского института радиотехники,
электроники и автоматики

2) Объединенный институт ядерных исследований.

Ереван 1978

Известно, что для получения качественных треков в стримерной камере обычного наполнения (неон, неон-гелиевая смесь), необходимо прикладывать к электродам камеры высоковольтные импульсы длительностью $10 + 15$ нсек и амплитудой, обеспечивающей напряженность поля в камере порядка $15 + 20$ кв/см. При такой длительности импульса камеры длиной более метра необходимо рассматривать как волновую систему (полосковую линию), а не как ёмкость. Отсюда вытекает необходимость создавать в камере режим бегущей волны путем формирования импульса по длительности с помощью формирующей линии, и нагружая камеру на конце сопротивлением, равным её волновому сопротивлению.

Описываемое устройство предназначено для питания стримерной камеры, устанавливаемой в магнит типа МС-12. Стримерная камера трехэлектродная с рабочими зазорами по 15 см и размером электродов 120×210 см, волновое сопротивление её 21 ом.

Система высоковольтного питания состоит из генератора импульсного напряжения (ГИН), зарядной индуктивности, двойной формирующей линии (ДФЛ) с разрядником и волнового перехода от формирующей линии к стримерной камере. В настоящее время такие устройства широко применяются для питания стримерных камер [1-2].

ГИН представляет собой схему умножения Аркадьева-Мара с ускоряющими межкаскадными ёмкостными связями [3]. В нем использованы титанат-бариевые конденсаторы типа К15-4 ёмкостью 2200 пф рассчитанные на 30 кв.

Продолжительная работа с генераторами, собранными на конденсаторах этого типа показала, что срок их службы в импульсном режиме зависит от напряжения и для их надежной работы необходимо работать при напряжениях, не превышающих 20 кв. К этому выводу пришли также и авторы работ [4,5]. С учетом этого обстоятельства и был сконструирован ГИН, содержащий 22 каскада, по 10 конденсаторов в ступени, так что ударная ёмкость ГИНа равна 1 нф.

Конструкция ГИНа ясна из приведенной на рис.1 фотографии. Конденсаторы каждой ступени зажаты между двумя дюралевыми дисками и образуют блоки. Эти блоки прослаиваются дисками из органического стекла и образуют две колонны, которые стягиваются четырьмя винипластовыми шпильками. Диски из органического стекла являются изоляторами межкаскадных ускоряющих ёмкостей.

Разрядники с полусферическими поверхностями диаметром 10мм ввинчиваются в дюралевые диски блоков конденсаторов и после настройки промежутков фиксируются. Разрядные промежутки настраиваются при атмосферном давлении на пробивные напряжения от 6 кв для первого промежутка, до 8 кв для последнего. Первый промежуток управляемый, с поджигающим электродом из вольфрама. Он запускается импульсом от дополнительного триггера, встроенного в корпус ГИНа, конструкция которого аналогична описанному в работе [6]. Амплитуда импульса, формируемого триггером

ном, равна зарядному напряжению ГИНа, а сам триггер управляется импульсами с амплитудой порядка 800в.

После настройки разрядных промежутков присоединяются зарядные сопротивления типа ТВО-10,3 ком, схема крепится в цилиндрическом корпусе из нержавеющей стали, и ГИН заполняется азотом до необходимого давления. Таким образом, азот, используемый как изолятор, служит одновременно и рабочим газом разрядных промежутков.

Рабочее напряжение ГИНа можно плавно регулировать изменением давления азота. При постоянном давлении ГИН стабильно срабатывает при уменьшении зарядного напряжения U_3 вплоть до 60% от напряжения самопробоя $U_{пр}$, однако задержка его при этом увеличивается. Так, при изменении U_3 от 0,98 $U_{пр}$ до 0,8 $U_{пр}$ задержка растёт с ~ 160 нсек до ~ 240 нсек. Задержка ГИНа определялась со снятой зарядной индуктивностью ДФЛ.

На рис.2 приведена осциллограмма импульса ГИНа на нагрузке 100ом, использован омический делитель. Длительность фронта импульса, определенная по осциллограмме, равна ~ 20 нсек. Разброс амплитуды высоковольтных импульсов не превышает 1%.

Зарядная индуктивность (она видна на рис.1) выполнена в виде соленоида из медной трубы, диаметром 14мм и помещена в корпусе ГИНа. Величина используемой в рабочем режиме индуктивности равна 2,9мкГн, что соответствует времени заряда ДФЛ до максимального значения ~ 120 нсек.

Сконструированная нами ДФЛ представляет собой двойную коаксиальную линию, в которой в качестве изолятора используется элегаз (шестифтористая сера) под давлением. Выбор элегаза

объясняется его высоким пробивным напряжением - 90кв/см при атмосферном давлении. Поскольку волновое сопротивление камеры равно 21ом, то волновое сопротивление каждой коаксальной линии должно быть равным 10,5ом.

На рис.3 приведен эскиз конструкции ДФЛ. Расчетная длительность формируемого импульса - 10нсек определяется длиной среднего элемента (I) формирующей линии, равной 1,5 м. Однако, истинный импульс удлиняется за счет индуктивности искры и подводных проводников коммутатора, а также времени срабатывания коммутатора .

Электроды ДФЛ изготовлены из нержавеющей стали, диаметр внешнего электрода, который служит одновременно и кожухом, равен 46 см. Расстояние между электродами выдерживается с помощью изоляторов из фторопласта. Расчетная ёмкость ДФЛ равна 960 пф.

Известно, что при электрическом разряде в элегазе выделяются фтор и фториды серы, пробойное напряжение которых ниже, чем элегаза, поэтому для стабильной работы разрядника необходимо периодически обновлять рабочий газ в промежутке [7,8]. Из приведенного рисунка видно, что разрядник формирующей линии расположен в одном корпусе с линией и рабочим газом является сам изолятор линии. Это исключает необходимость частой замены элегаза, поскольку объём газа велик (230 л).

На стабильность работы разрядника влияет также и геометрия электродов, в частности, стабильность разрядника с однородным полем хуже, чем в случае неоднородного поля. В работе [8] представлены результаты исследования данного вопроса,

откуда следует, что наибольшая стабильность наблюдается в случае, когда на отрицательном электроде имеются острые выступы, являющиеся источниками автоэлектронной эмиссии. Нами использовались плоские электроды диаметром 12см (см. пов.2 на рис.3) с четырьмя цилиндрическими выступами диаметром 10мм на одном из них (3). Конструкция разрядника позволяет плавно изменять межэлектродное расстояние от 0 до 30 мм, не нарушая герметичности ДФЛ .

Ввиду того, что ДФЛ имеет коаксальную конструкцию, а стримерная камера представляет собой симметричную полосковую линию, то необходим неискажающий волновой переход для подсоединения стримерной камеры к ДФЛ. Нами был рассчитан и сконструирован волновой переход, в котором в качестве изолятора используется пенопласт марки ПС-4, а электроды изготовлены из алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм.

Проверка волнового перехода на искажения осуществлялась заменой его согласованной на конце коаксальной линией той же длины с волновым сопротивлением 21 см. Осциллограммы импульсов, снятых с делителя, установленного на конце линии показали, что волновой переход не производит заметных изменений высоковольтного импульса.

Внешний вид генератора в целом с волновым переходом показан на рис.4. В системе полностью экранированы токоведущие части, что необходимо для уменьшения помех, наводимых на прочее электро- и радиооборудование.

Для проверки работы системы к волновому переходу присоединялась полосковая линия, имитирующая стримерную камеру, в ко-

тору помещались небольшие (площадью 30x30см) стеклянные коробки, наполненные неоном с целью получения в них стримерных следов. На конце линии устанавливались согласующая нагрузка, собранная из сопротивлений типа ТВО-5 и омический делитель.

На рис.5 приведена зависимость амплитуды формируемого высоковольтного импульса в относительных единицах от межэлектродного расстояния разрядника ДФЛ при зарядном напряжении ГИНа 16кв и давлении в ДФЛ 3,5атм при разных полярностях питающего напряжения. Как видим, оптимальные межэлектродные расстояния при зарядке ДФЛ импульсами разной полярности сильно различаются: для положительного импульса оно равно 19 мм, а для отрицательного - 12 мм. Это обусловлено тем, что пробивное напряжение разрядного промежутка с разной конфигурацией электродов зависит от полярности прикладываемого напряжения [9]. В случае, когда плоский электрод является катодом, пробивное напряжение намного ниже, чем в случае, когда он является анодом.

Увеличение межэлектродного расстояния в разряднике ДФЛ при изменении полярности прикладываемого импульса с отрицательной на положительную приводит к росту сопротивления искры. А поскольку нагрузка описываемой системы мала (всего 21 ом), то это ведет к существенному уменьшению амплитуды выходного импульса. Из рис.5 видно, что относительное уменьшение амплитуды происходит более чем на 25%.

Как и следовало ожидать, при положительном зарядном напряжении временная нестабильность срабатывания разрядника много больше, чем в случае отрицательного зарядного напряжения. На

рис.6 приведены распределения амплитуд импульсов, снимаемых с омического делителя, помещенного на конце согласованной линии в случае формирования отрицательного (а) и положительного (б) импульсов. Ширина распределения на полувысоте равна 4,5% для отрицательного и 1,5% для положительного импульсов.

На рис.7 приведены осциллограммы отрицательного формируемого импульса с предимпульсом, а на более быстрой развертке осциллограмма положительного импульса. Амплитуда положительного импульса равна ~ 240кв при длительности на полувысоте 11 нсек, длительность переднего и заднего фронта равна ~ 4,5нсек. Суммарная величина потерь напряжения в системе составляет ~ 30%. Сюда входят в основном потери в ГИНе, на зарядных сопротивлениях и разряднике и потери в разряднике ДФЛ. При амплитуде импульса ~ 240 кв, что соответствует напряженности поля в линии ~ 16кв/см, регистрировались стримерные следы космических частиц с эффективностью близкой к 100%. Фотографии стримерных следов космических ливней приведены на рис.8, длина стримеров ~ 7 мм (использовалась аэрофотопленка типа 24 чувствительностью 4500ед.ГОСТа).

В заключение необходимо отметить высокую надежность и стабильность работы описанной системы в течение продолжительного времени. В частности, после более чем 20 тысяч срабатываний не произошло изменения амплитуды и стабильности высоковольтного импульса.

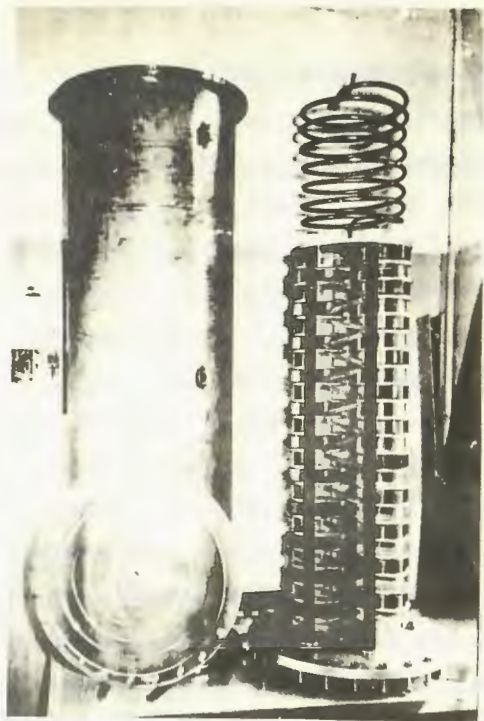


Рис. 1

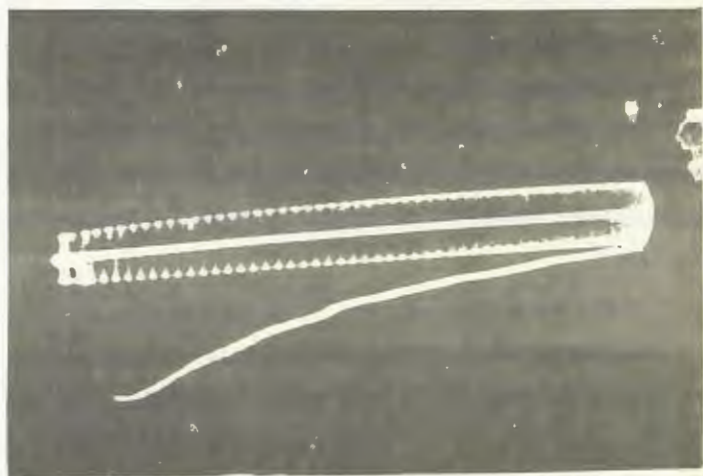


Рис. 2

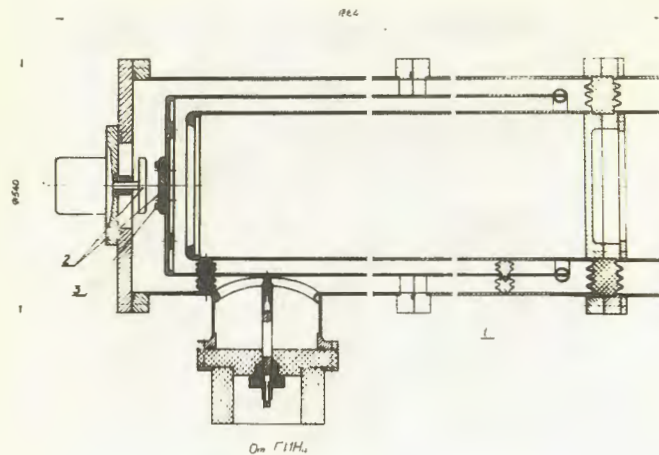


Рис. 3



Рис. 4

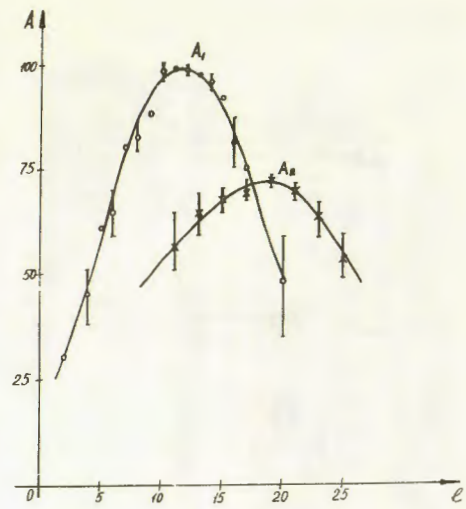


Рис.5

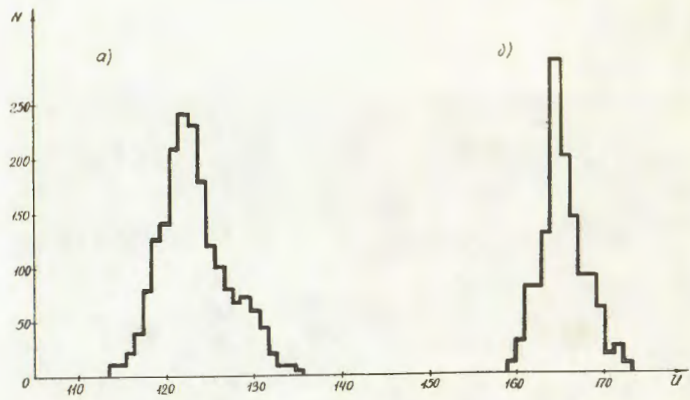


Рис.6

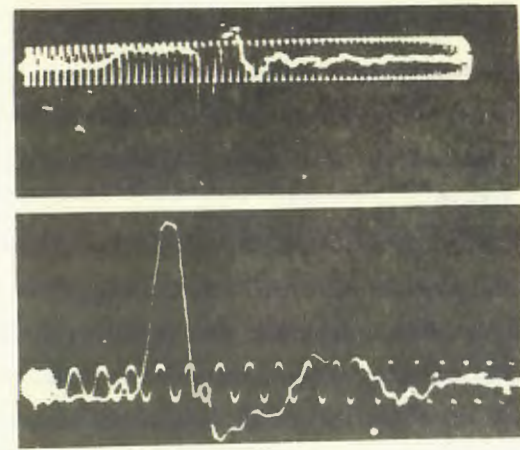


Рис.7



Рис.8

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

1. Фотография 22-каскадного ГИНа в открытом виде.
2. Осциллограмма высоковольтного импульса ГИНа со снятой индуктивностью на нагрузке 100 Ом, частота градуировочных колебаний 100 МГц.
3. Конструкция двойной коаксальной формирующей линии.
4. Внешний вид системы высоковольтного питания стримерной камеры с волновым переходом.
5. Зависимость амплитуды формируемого высоковольтного импульса (в относительных единицах) от межэлектродного расстояния разрядника при давлении в ДФЛ 3,5 атм. Кривая A_1 соответствует положительному импульсу, а кривая A_2 - отрицательному.
6. Гистограммы распределения амплитуд импульса с омического делителя: а) случай формирования отрицательного импульса; б) - положительного импульса (по оси абсцисс отложена амплитуда в относительных единицах).
7. Осциллограммы высоковольтных импульсов с омического делителя. Вверху показан отрицательный формируемый импульс с предимпульсом, внизу - положительный импульс на более быстрой развертке, частота градуировочных колебаний 100 МГц.
8. Стримерные следы космических частиц, зарегистрированные в стеклянных коробках с неоном, помещенных в линию, имитирующую стримерную камеру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Proceedings of the First International Conference on Streamer Chamber Technology ANL-8055, 1972.
2. Н.С.Глаголева, В.Д.Володин, Ю.Лукстинь и др. ОИЯИ, 13-7792, Дубна, 1974.
3. К.М.Авакян, Ф.В.Восканян, Э.Г.Меликян. Изв.АН Арм.ССР, Физика, 3, 362, 1968.
4. Л.С.Вертоградов, А.В.Желамков, Х.Ригер, Г.А.Шелков. ОИЯИ, P13-9740, Дубна, 1976.
5. A.C.Odian, Proceedings of the First International Conference on Streamer Chamber Technology ANL - 8055, 1972.
6. К.М.Авакян, Ф.В.Восканян, Э.Г.Меликян. Препринт ФФИ-ФЭ-1, Ереван, 1969.
7. P.Sokolsky, Proceedings of the First International Conference on Streamer Chamber Technology, ANL-8055, 1972.
8. A.Abashian, N.Beamer, B.Eisenstein et al. COO-1195, April 1973.
9. Дж.Мик, Дж.Крегс "Электрический пробой в газах" М.1960.

Рукопись поступила 17-го февраля 1978 г.

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал препринтов

Редактор Л.П.Мукаян
Тех. редактор А.С.Абрамян

Заказ I70

ВФ-03307

Тираж 299

Подписано к печати 4/У-78г. Формат издания 30x40

1,2 уч.изд.л. Ц. 8 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2|