

K.M. Avakian , E.M. Matevosian

RESULTS ON RESEARCH OF THE STREAMER CHAMBER
CONTAINING Xe

ABSTRACT

A streamer chamber with a high sensitivity to X-ray quanta is described.

Gas composition and parameters of high voltage pulses which provide satisfactory streamer mode operation for different Xe concentrations and results on determination of memory time and number of streamers are given.

Описана стримерная камера с повышенной эффективностью и регистрации γ - квантов за счет добавки ксенона. Приведены экспериментально найденные зависимости времени памяти параметров высоковольтного импульса и числа "ярких" стримеров от концентрации ксенона. Определена скорость стримера в камере содержащей 10% ксенона.

Введение

В настоящее время значительный интерес приобретают искровые камеры-мишени, т.е. камеры, в которых рабочий газ играет не только роль среды где образуются видимые следы частиц, но также способствуют наблюдению определенных процессов взаимодействия излучения с атомами данного газа. Примером подобной камеры может служить гелиевая камера, на которой изучается πHe - рассеяние [1]. Еще в 1963 г. Шарпак показал [2], что гелиевая камера, содержащая 0,2 тор. йода эффективна к регистрации γ -квантов с энергией 50 - 80 кэв.

Стримерная камера, содержащая в большом количестве ксенона (десятки процентов), может быть использована, как было предложено Лорикьяном М.П., для исследования переходного излучения,

Очевидно, что подобная камера может быть применена для регистрации γ - квантов в широком диапазоне частот.

Особенности стримерной камеры в связи с использованием ксенона

Создание и успешное использование стримерной камеры, содержащей ксенон (не говоря о чисто ксеноновой камере) связано с рядом экспериментальных трудностей. Это прежде всего относится к величине необходимой напряженности электрического поля.

Из поведения кривых [3] (рис 1) вероятности соударений (или эффективного сечения рассеяния) электронов с атомами Xe , Ne и He , можно определить, что длина свободного пробега электронов в ксеноне, в области энергий близких к потенциалу ионизации, более чем на порядок меньше по сравнению с Ne и He . Это приводит к тому, что для получения в Xe необходимого α (первый коэффициент ионизации) следует прикладывать поля значительно превосходящие для случая Ne или He . Кроме того, вполне логично предположить, что большие электрические поля в случае Xe необходимы для уменьшения числа столкновений в интервале энергий от 8,5 до 12 эв, соответствующих энергиям возбуждения и ионизации (на кривой для Xe , на рис.1, обозначены вертикальными черточками). Это должно привести к возрастанию относительной эффективности сечения процесса ионизации по сравнению с возбуждением.

Не меньшей проблемой представляет крайне малый выход света из стримера в подобных камерах, затрудняющий его регистрацию на аэрофотоплёнку с максимальной спектральной чувствительностью в области 600 + 700 мкм обычно используемую в камерной технике. Например, выход света в этой области длин волн из стримера, об-

разованного в неоне, равен всего 9% [4] от общей эмиссии, несмотря на то, что спектральные линии неона расположены в области близкой к инфракрасному. Естественно в Xe ожидать меньший выход полезного света из стримера, поскольку его спектр ближе к ультрафиолету. Другой фактор влияющий на уменьшение выхода света из стримера в Xe , связан с его малым радиальным размером. Это обусловлено большей скоростью распространения стримера, вызванной возросшей напряженностью электрического поля.

Выбор рабочей смеси

В процессе исследований было найдено, что удовлетворительная работа камеры наблюдается при концентрациях до 20% Xe , причем 80% газа составляет хеногал (70% Ne - 30% He). Для увеличения яркости и возможности регистрации стримеров в объём камеры вводилось 0,2 тор паров металлического йода.

Роль галогеносодержащих добавок отмечалась во многих работах, в частности в работе Шарпака [2]. В нашем случае основная роль молекул йода сводилась к интенсивному подавлению фотонного механизма роста стримеров. Это приводило к уменьшению скорости стримера, его радиальному расширению и, естественно, к увеличению выхода полезного света.

Использование добавок азота, известных как "цветосдвигатель" [5,6], заметного повышения яркости стримеров для камеры содержащей Xe не дало, причем концентрация азота нами менялась от 0,3 до 10%.

Следует отметить тот факт, что при концентрации Xe выше 5%-7%, атомы Ne и He в процессе лавинообразования не участ-

вуют. Это имеет две причины. Во-первых на это указывает поведение кривых рис.1 и, во-вторых, значительно более высокие потенциалы ионизации N_2 и He по сравнению с X_{e_0} . В процессе образования стримеров они также не участвуют, т.к. критическая лавина в основном излучает фотоны в области длин волн 1300 \AA , а для эффективной фотоионизации атомов N_2 и He необходимы кванты длиной волны 600 \AA и меньше. Процесс ступенчатой фотоионизации N_2 и He возможен, но маловероятен. В подтверждение сказанного, нами экспериментально наблюдались линии неона и гелия в стримере только при концентрации $X_{e_0} \approx 5\%$ и ниже.

Описание экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки приведена на рис.2. Искровая камера (I0) устанавливалась в двухполосную линию (8) с волновым сопротивлением порядка 45 ом , равным внутреннему сопротивлению генератора высоковольтных импульсов (6). В начале линии помещался обрезавший разрядник (7) с запуском от второго каскада ГИНа через коаксиальную линию задержки. Для осциллографирования высоковольтного импульса в линию был встроена ёмкостной делитель (9) с коррекцией в области низких частот (постоянная времени спада равна 40 нсек), с коэффициентом деления равным 530 . События выделялись сцинтилляционным телескопом (I,2) и электроникой (3). Управляющий импульс через блок задержки (4) поступал на схему запуска ГИНа и блок управления (II) фотоаппарата типа РФК-5. Блок задержки позволял плавно изменять задержку от 230 нсек до 90 мсек .

Используемый ГИН, конструкция которого аналогична описанному в работе [7], позволял получать импульсы с амплитудой до 360 кв и активной длительностью переднего фронта $\sim 1,5 \text{ нсек}$.

Исследования проводились на пяти одинаковых камерах размером $40 \times 20 \times 8 \text{ см}$. Камеры были склеены из стекла толщиной $2,5 \text{ мм}$ эпоксидным клеем и наполнялись после откачки до 10^{-2} тор. Все компоненты газовой смеси (X_{e_0} , N_2 , He) пропускались через контейнер заполненный кристаллами металлического йода, при этом относительное давление паров J_2 составляло $2 \cdot 10^{-4}$ ата.

Конструкция экспериментальной системы предусматривала быструю замену в линии камер, содержащих разную концентрацию X_{e_0} .

Фотографирование стримеров осуществлялось на аэрофотопленку чувствительностью 1300 ед. ГОСТа , при относительном отверстии объектива $1:2 + 1:2,8$.

Результаты исследований

На рис.3 приведена кривая зависимости длительности высоковольтного импульса от концентрации X_{e_0} в камере для оптимального режима работы камеры (длина стримеров $2 + 3 \text{ см}$). Видно, что с увеличением количества ксенона необходимая длительность импульса резко растет. При напряженности 30 кв/см и $20\% X_{e_0}$ дальнейшее увеличение длительности импульса не приводило к формированию стримеров ввиду резкого усиления короны по воздуху. Для удовлетворительной работы камеры, при этой концентрации, напряженность поля была увеличена до 35 кв/см . Камере с содержанием $X_{e_0} 25\%$ и выше нами исследовалась при напряженностях до 40 кв/см , однако положительных результатов достигнуть не удалось. Там же

(рис.3) приведена осциллограмма высоковольтного импульса прикладываемого к камере. Перегиб на переднем фронте связан с отражением импульса от несогласованного конца линии.

Исследование зависимости числа "ярких" (или "длинных") стримеров от количества ксенона в камере проводилось при концентрациях 10, 15 и 20%. Соответствующие распределения приведены на рис.4. Из кривой, приведенной на рис.5, видно, что эта зависимость носит линейный характер. Мы предполагаем, что основной вклад в формировании "длинных" стримеров вносят δ - электроны, вероятность образования которых (а также их энергия) должна расти с увеличением концентрации X_{Xe} . На рис.6 приведены типичные фотографии следов частиц в двух проекциях в камерах с содержанием ксенона 0, 10, 15, и 20% соответственно. На рис.7 дан случай одновременного прохождения через камеру содержащую 15% X_{Xe} высокоэнергичной космической частицы и "медленного" электрона, образованного в стенке камеры.

Время памяти камеры с рабочей смесью газов - ксенон, ксеногал и насыщенные пары металлического йода исследовались при концентрациях ксенона 5, 10 и 15%. Из кривых, приведенных на рис.8, видно, что время памяти растет с увеличением концентрации X_{Xe} . Это связано, по видимому, как с ростом плотности полной ионизации, так и с возрастанием числа центров повышенной ионизации. На рис.8 также дана зависимость времени памяти от количества ксенона в камере на уровне 0,5 от полной эффективности. Существование экстремального значения, в области близкой к 5% X_{Xe} , объясняется изменениями в процессе формирования лавин и стримеров, т.е. (как было отмечено выше) основную роль начинают

играть атомы N_2 и Ne . При исследовании времени памяти нами было обнаружено, что оно существенно больше в начале работы камеры, точнее в течении первых нескольких сотен срабатываний, после чего время памяти сокращается почти вдвое для всех концентраций и окончательно стабилизируется. Кривые, характеризующие подобное поведение камеры при 15% X_{Xe} , приведены на рис.9. Следует отметить, что достоверное объяснение данного факта затруднительно. Обратное увеличение времени памяти наступает после нескольких часов перерыва в работе камеры.

При исследовании камер, содержащих X_{Xe} больше 5%, фотографирование стримеров не представлялось возможным, так как стримеры перекрывали промежутки с большой скоростью, имея очень малое сечение и соответственно малую яркость. После введения в камеру паров йода нами была сделана попытка измерить окорость стримера при 10% X_{Xe} . Для этого было сфотографировано большое число треков (стримеров) в "боковой" проекции и соответствующие им высоковольтные импульсы с экрана осциллографа ОК-19М. Измерения проводились при двух значениях длительности импульса и постоянной напряженности электрического поля, равной 30 кв/см. Типичные фотографии приведены на рис.10. Распределения длин стримеров даны на рис.11. Совпадение характера распределений с кривой флуктуаций ионизационных потерь указывает, что существенный вклад вносят δ - электроны. В верхнем распределении (рис.11) чувствуется "отсечка" в области малых энергий. Скорость стримера определена как отношение изменения вероятной длины стримеров к разности длительностей соответствующих высоковольтных импульсов. Результаты измерений приведены в таблице. Общая ошибка не

превосходит 40%.

$\varepsilon'_{\text{вер}}$	$\varepsilon''_{\text{вер}}$	$\Delta\varepsilon_{\text{вер}}$	$V_{\text{ст}}$ $6 \cdot 10^8 \text{ см/сек}$
4 мм	11,2 мм	7,2 мм	
τ'	τ''	$\Delta\tau$	
12,8 нсек	14 нсек	1,2 нсек	

Необходимо отметить, что ввиду невозможности отличить анодо-направленный стример от катодонаправленного, измеренная скорость стримера является суммарной.

В заключение авторы выражают благодарность Лорикану М.П. за иницирование данной работы, Шихярову К.К. за помощь в некоторых исследованиях и Асатиани Т.А. за полезное обсуждение результатов.

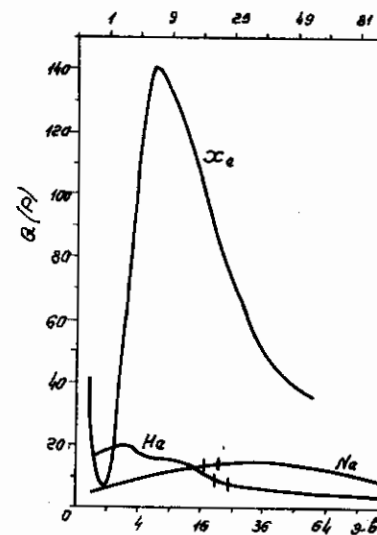


Рис 1

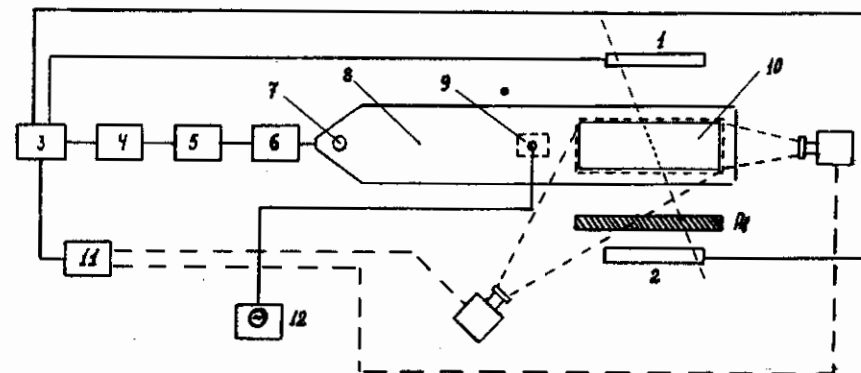
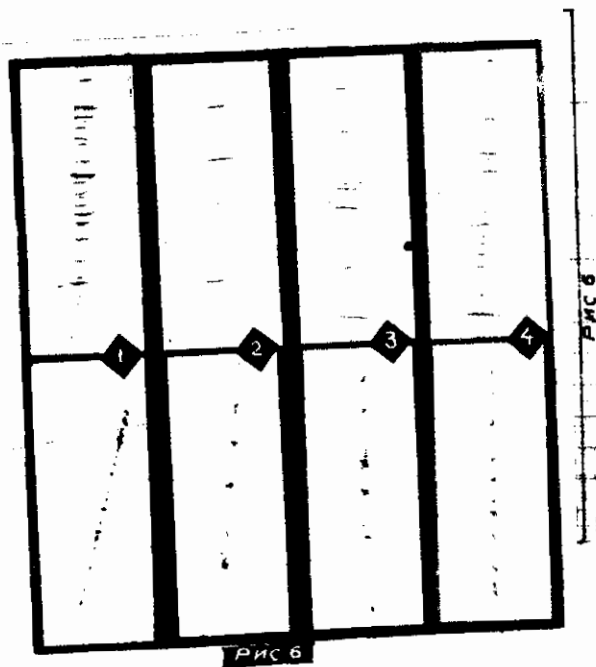
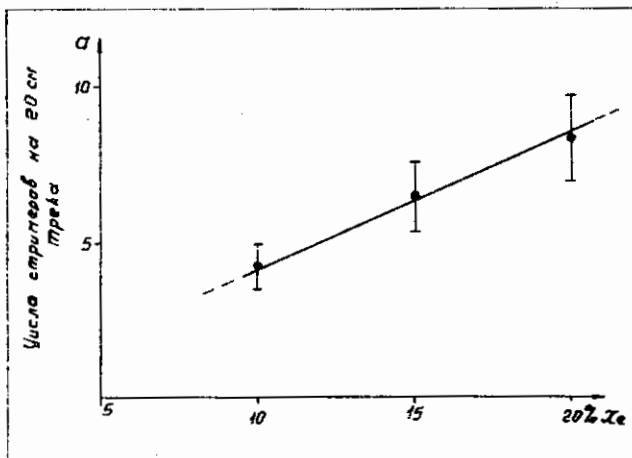
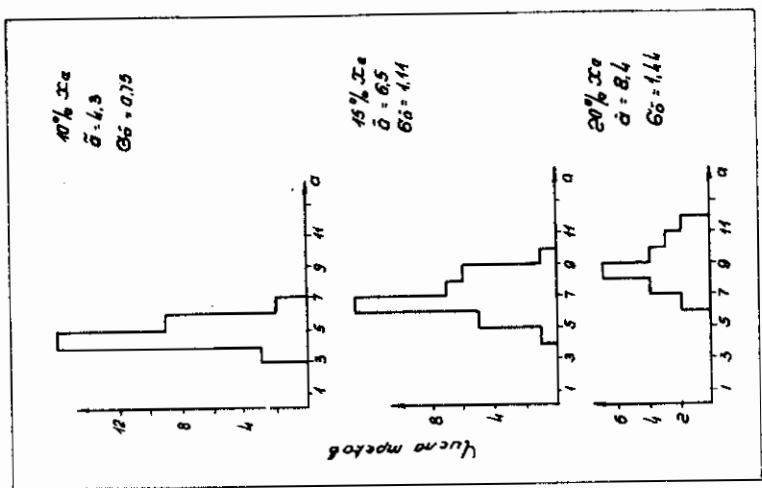
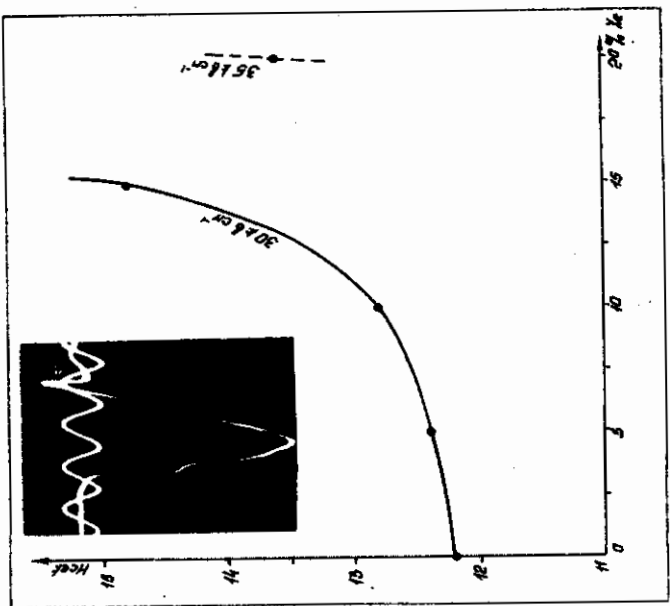


Рис 2



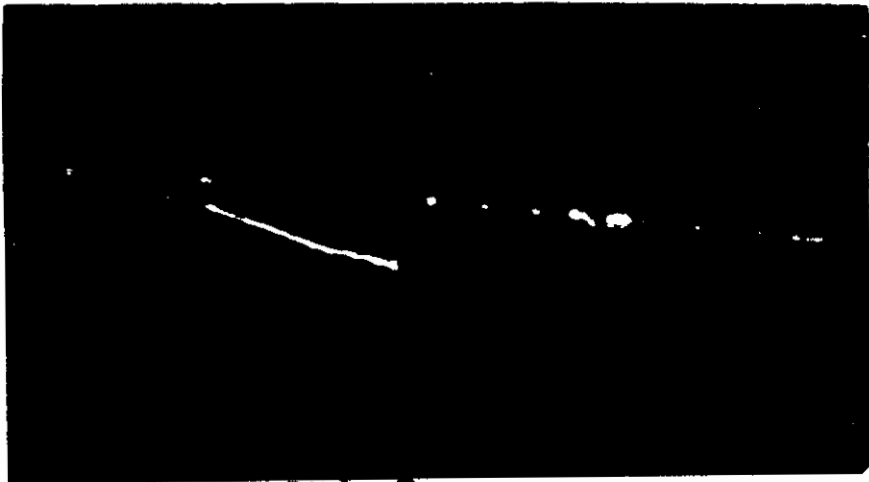


Рис. 7.

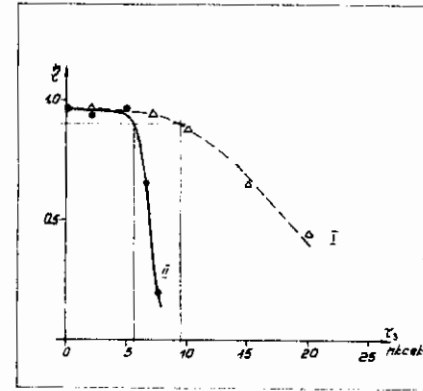


Рис. 9

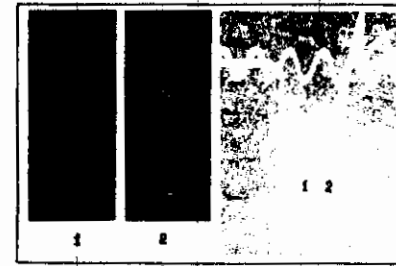


Рис. 10

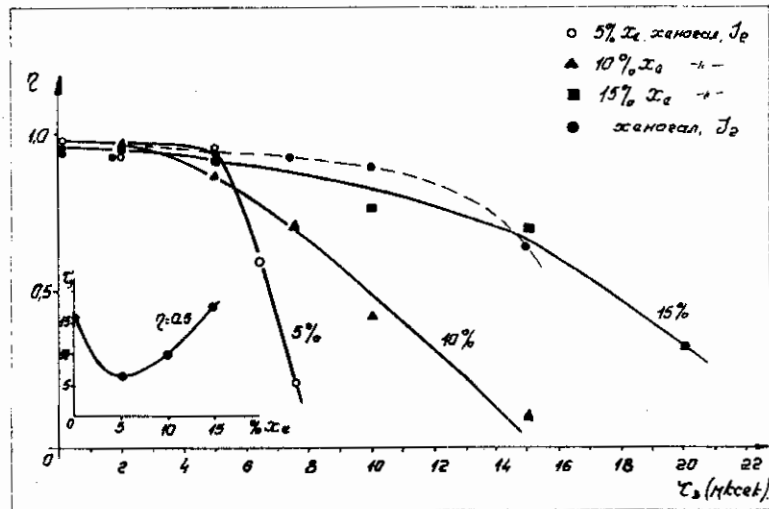


Рис. 8

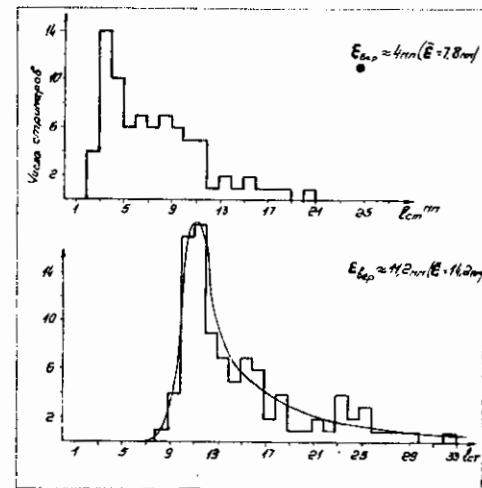


Рис. 11

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М.М.Кухлик, В.И.Лященко, Д.Б.Понтекорво, А.Г.Петров,
И.В.Фаломкин, П.А.Щербakov. Материалы совещания по бесфиш-
мовым искровым и стримерным камерам, Дубна, 15 - 18 апреля
1969, стр. 63.
2. Chalрак Y. and Massonet L., RS, 34, N6, 1963 page 66
3. Л.Леб. Основные процессы электрических разрядов в газах,
М - Л., 1950, стр. 623.
4. D. Crossman, Thesis 1967. Harvard University,
Cambridge, Massachusetts, page 41.
5. К.А.Лих, Кан и Ву Цзянь - Сян. Принципы и методы регио-
страции элементарных частиц, М. 1963, стр.168.
6. J. V. Falomkin, M. M. Kulyukin, J. B. Pontecorvo and
Y. A. Scherbakov. Proceedings of the International
Symposium on nuclear electronics, Versailles,
sept., 1968 vol. 3.
7. К.М.Авакян, Ф.В.Восканин, Э.Г.Меликян, Препринт ЕРФИ-ФЗ-
-2(68), Ереван 1968.

Рукопись поступила 20-го апреля 1970 г.

Заказ 924

Т-00028

Тираж 300

Множительно-копировальный сектор Ереванского физического
института, Ереван 36, Маршарана 2