

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ44.14

Л-99

4581/2-76

P13 - 9955

15/XI-76

В.И.Ляшенко, Нгуен Минь Као, Д.Б.Понтекорво,
Т.М.Трошев, Н.И.Трошева, И.В.Фаломкин,
В.И.Христов, Ю.А.Щербаков

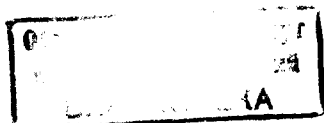
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ВОДОРОДНОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ

1976

P13 - 9955

В.И.Ляшенко, Нгуен Минь Као, Д.Б.Понтекорво,
Т.М.Трошев, Н.И.Трошева, И.В.Фаломкин,
В.И.Христов, Ю.А.Щербаков

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ВОДОРОДНОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ**



Введение

Недавно нами были зарегистрированы и сфотографированы следы релятивистских ионизирующих частиц в водородной стримерной камере при атмосферном давлении^{/1/}. Достигнуть такого успеха удалось, используя режим самозунтирования^{/2/}, при котором на камеру подается длинный высоковольтный импульс, при этом вводимая в разряд мощность увеличивается и яркость свечения стримеров соответственно возрастает. Получить хорошо локализованные следы частиц в такой камере удастся, управляя распределением яркости свечения по стримеру путем введения в газ малых примесей других газов^{/3/}. Для успешной регистрации следов в водородной камере оказалось необходимым ввести в камеру добавки метана /от десятых долей до одного процента/ и паров воды /сотые доли процента/^{/4/}. Такие небольшие добавки не изменяют свойств камеры как водородной мишени. Эти примеси уменьшают скорость развития разряда в водороде и способствуют локализации стримерного разряда в районе первичной лавины путем снижения температуры электронов и поглощения фотонов. Они приводят также к увеличению контрастности между областью образования первичной лавины и остальной частью разрядного канала в водородной стримерной камере. В данной работе подробно исследуются характеристики такой камеры и изучается зависимость локализации следов ионизирующих частиц в водородной стримерной камере от концентрации примесей, напряженности электрического поля и давления газа в камере.

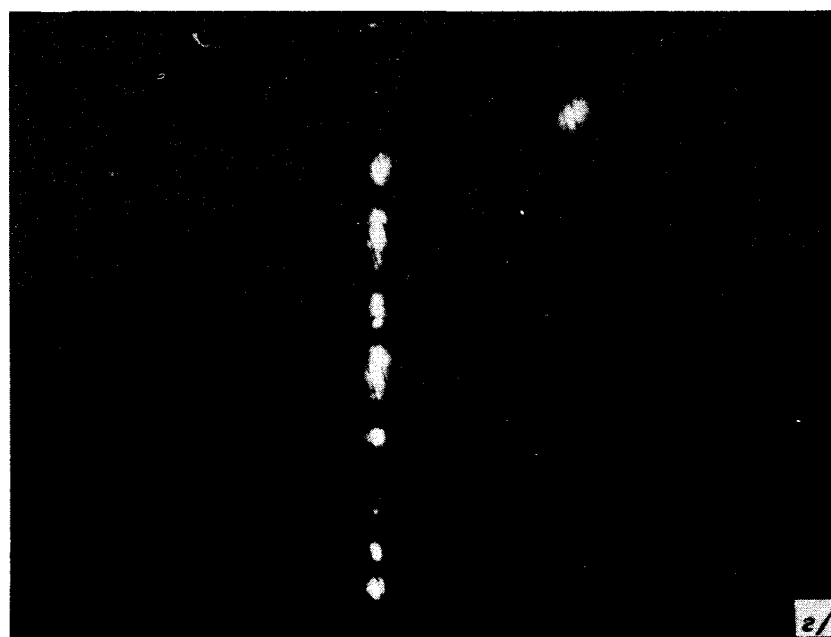
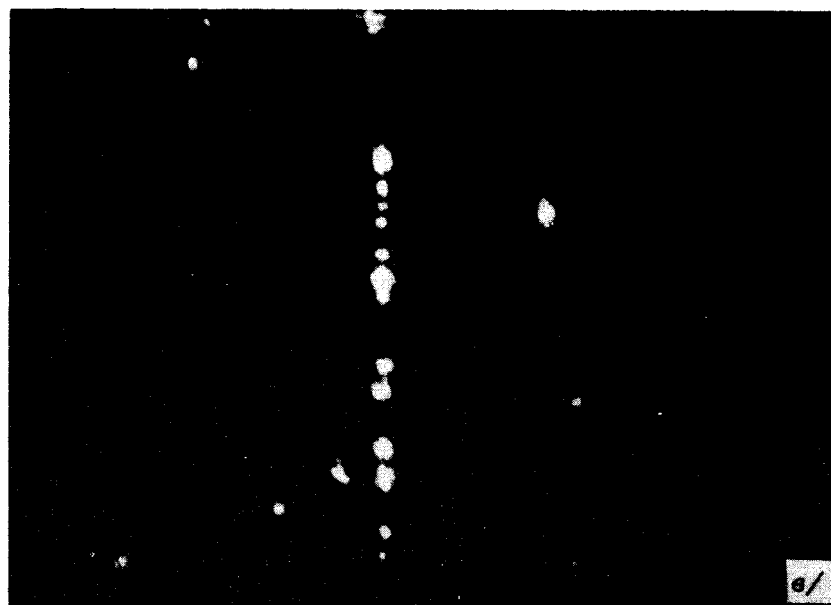
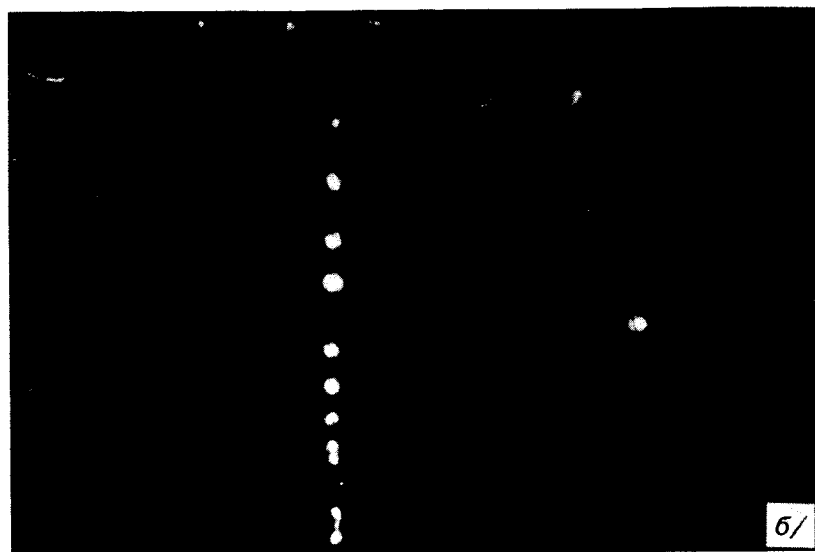
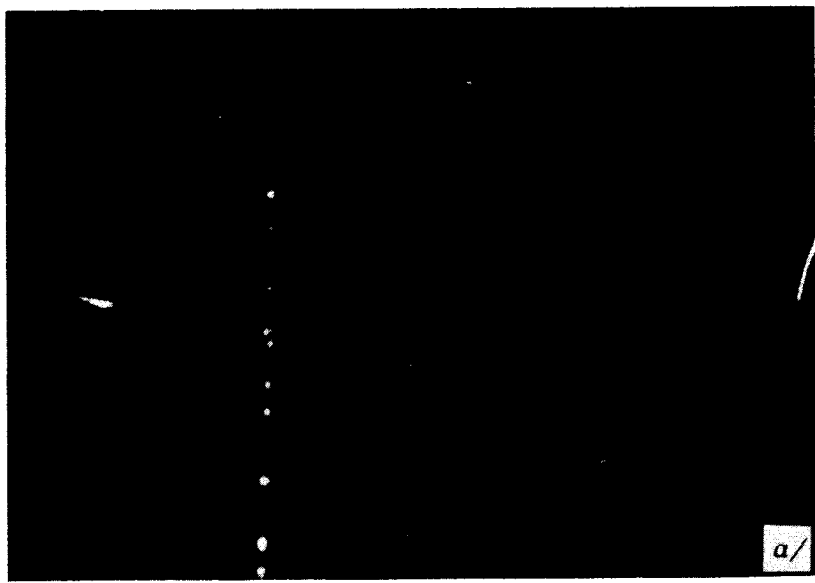


Рис. 1. Фотографии следов электронов /вид сверху/ в водородной стримерной камере ($H_2 + 1\%CH_4 + 0,025\%H_2O$) при давлениях а/ 760 Тор, б/ 600 Тор, в/ 400 Тор, г/ 200 Тор; $E = 27,0$ кВ/см; $D = 2,5$. Длина трека составляет 16 см.

Экспериментальные результаты и обсуждение

Конструкция камеры и используемой аппаратуры описана в работе ^{1,2/}. Откачка камеры осуществлялась до уровня $2 \cdot 10^{-3} \text{ Тор}$ с промежуточной промывкой при заполнении. Наполнение камеры производилось водородом высокой чистоты. Количество примеси метана и паров воды изменялось по отсчетам образцового вакуумметра и путем разбавления газовой смеси в камере водородом.

Прежде всего было исследовано изменение вида треков в зависимости от давления газа в камере. На *рис. 1* показаны следы электронов при давлении рабочего газа в камере: 760, 600, 400 и 200 Тор, сфотографированные в направлении, параллельном электрическому полю /вид сверху/ при $E = 27,0 \text{ кВ/см}$ и диафрагме объектива 2,5. Состав рабочего газа: водород с добавками 1% метана и 0,025% паров воды. На *рис. 2* приведены фотографии, снятые при том же напряжении через боковую стенку камеры в направлении, перпендикулярном полю /вид сбоку/ при $D = 0,8$. Из этих фотографий видно, что с уменьшением давления в камере локализация ухудшается, несмотря на возрастание отношения E/ρ . По-видимому, скорость распространения разряда при уменьшении давления становится столь высокой, что наличие примеси метана и паров воды становится недостаточно эффективным для обеспечения локализации треков.

Из фотографий видно, что даже при атмосферном давлении не у всех стримеров /вид сбоку/ в центре образуется ярко светящаяся "точка". Отношение числа стримеров с такими "точками" в центре к общему числу стримеров также характеризует, наряду с размерами "точек", эффект локализации.

При различных давлениях в камере была исследована зависимость длины локализованного участка стримера от амплитуды высоковольтного импульса. С этой целью фотометрировались /на фотометре МФ-4/ фотографии следов частиц /вид сбоку/. Фотограммы представлены на *рис. 3*. За длину локализованного участка стримера принималась длина участка d , показанная на рисунке. Зависимость этой длины от амплитуды импульса при

различных давлениях в камере дана на *рис. 4*. Мы наблюдаем довольно резкую зависимость эффекта локализации от давления в камере, а именно: при достаточно высоком давлении /600 Тор и 1 атм/ локализация хорошая, $d \sim 2 \text{ мм}$, а при меньших давлениях /400 и 200 Тор/ заметно хуже $d = 15 \div 20 \text{ мм}$. Наблюдается характерный пороговый эффект, "точки" появляются только при достаточно большом давлении газа $\sim 600 \text{ Тор}$. По-видимому, при определенном давлении происходят какие-то качественные перемены в механизме развития разряда.

На *рис. 5* приведена зависимость коэффициента $k = \frac{n_T}{n}$ /отношение числа стримеров с "точками" в центре стримера к общему числу стримеров/ от концентрации локализуемой примеси паров воды. Видно, что хороший эффект дает концентрация паров 0,025-0,3%. Увеличение напряженности электрического поля в некоторых пределах также не приводит к росту числа стримеров с "точками" в центре /см. *рис. 6*/.

В данной работе изучена также зависимость числа образующихся стримеров от давления в камере при различных значениях амплитуды высоковольтного импульса. На *рис. 7* показана такая зависимость числа ярких стримеров /которые видны при фотографировании трека по направлению электрического поля с диафрагмой $d = 2,5$ / от давления водорода в камере. Видно, что число стримеров на 1 см длины трека с изменением давления и напряженности поля в камере почти не меняется. Известно, что с повышением давления нарастает число первичных ионов, которое приводит к увеличению числа стримеров, как это наблюдалось в чистом водороде ^{1/}. Характер наблюдаемой зависимости при наличии метана и паров воды в камере, по-видимому, связан с особенностями формирования следов в присутствии примесей. С повышением давления нарастает число столкновений и возрастает процесс нейтрализации начальных ионов из-за активизации механизма прилипания электронов к примесям, присутствующим в водороде.

Далее, с целью выбора оптимальной концентрации примесей была исследована зависимость числа стримеров от амплитуды высоковольтного импульса при раз-

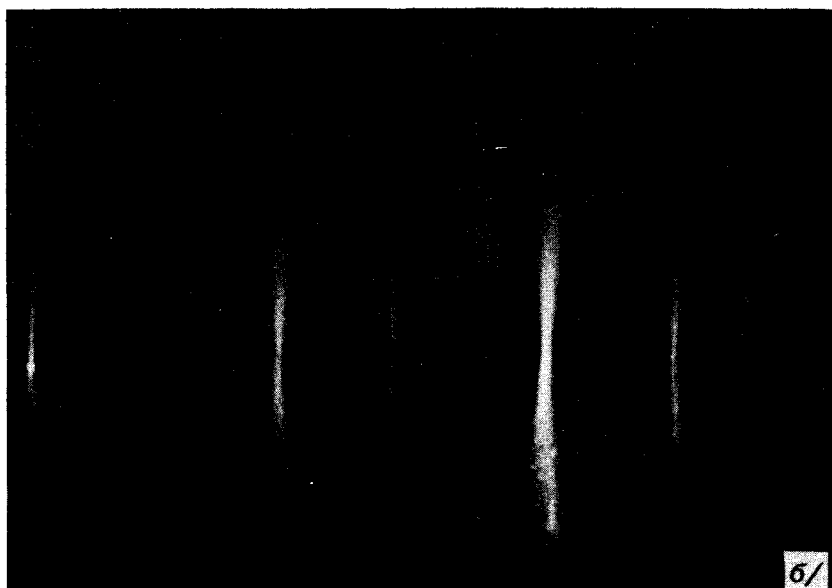
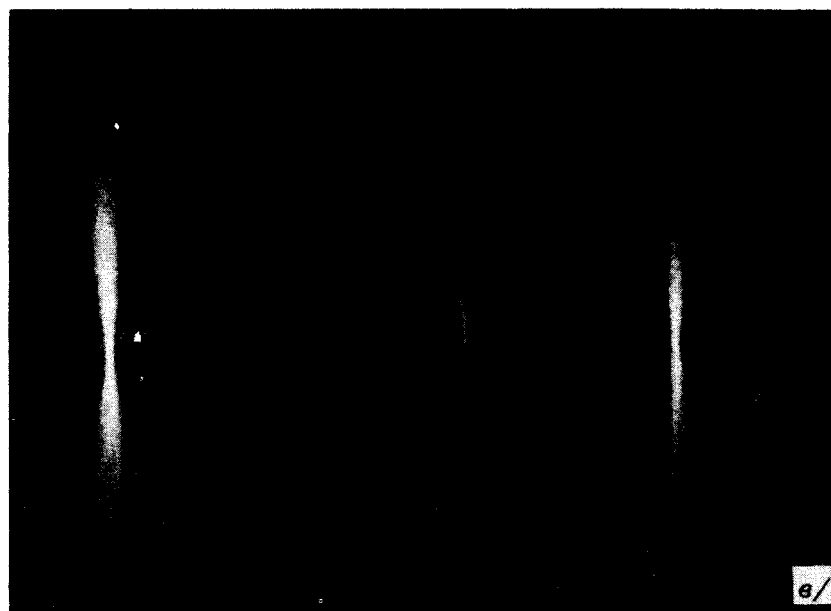
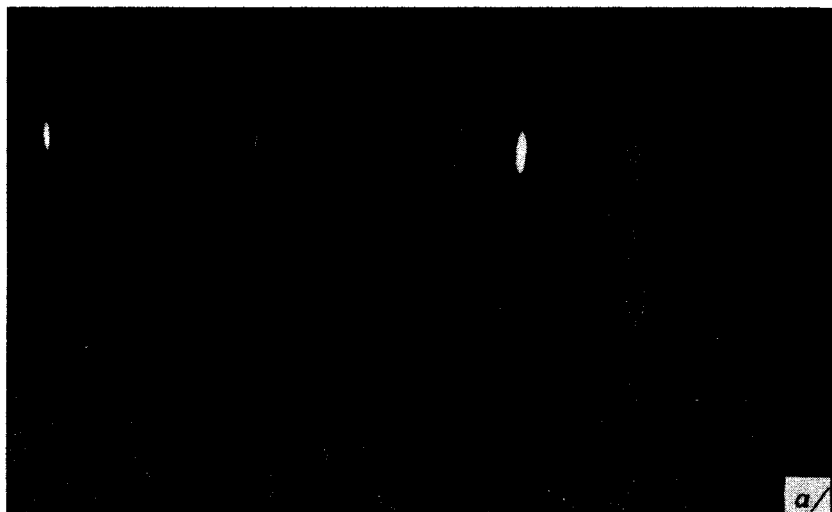


Рис. 2. Фотографии следов электронов /вид сбоку/ в камере ($H_2 + 1\%CH_4 + 0,025\%H_2O$) при давлениях а/ 760 Тор, б/ 600 Тор, в/ 400 Тор, г/ 200 Тор; $E = 27,0$ кВ/см, $D = 0,8$. Длина сфотографированной части разрядного промежутка составляет 4,5 см.

личных концентрациях метана и паров воды. Амплитуда высоковольтного импульса при этом менялась в пределах $23 \div 33$ кВ/см, концентрация метана - $0,2 \div 5,0\%$, концентрация паров воды - $0,025 \div 0,300\%$. Результаты измерений показаны на рис. 8 и 9. Видно, что с изменением электрического поля и концентрации примесей в указанных пределах число стримеров остается примерно постоянным.

В наших предыдущих работах мы исследовали рост яркости треков в водородной камере с повышением напряженности электрического поля^{/1/} и измерили время памяти^{/4/}. Оказалось, что яркость растет линейно с увеличением электрического поля, а время памяти составляет около 1 мкс. Камера запускалась от электронного источника и срабатывала 2-3 раза в секунду, т.е. мертвое время по крайней мере не превышало долей секунды.

Заключение

В водородной стримерной камере с локализирующими примесями метана и паров воды, работающей в режиме самозатухания, получены и сфотографированы следы электронов при давлениях от 200 Тор до 1 атм. При этом эффект "точечной" локализации стримеров возникает только при увеличении давления почти до атмосферного, что позволяет надеяться на существование этого эффекта и при более высоких давлениях. Эффект локализации слабо зависит от амплитуды высоковольтного импульса и концентрации примесей в исследованных пределах.

Экспериментально установлено, что в такой камере число стримеров мало меняется при изменении в заметных пределах давления газа, напряженности электрического поля и концентрации примесей в камере.

Яркость следов в такой камере достаточна для фотографирования их обычными фотообъективами на обычную фотопленку, а время памяти позволяет работать в интенсивных мезонных пучках.

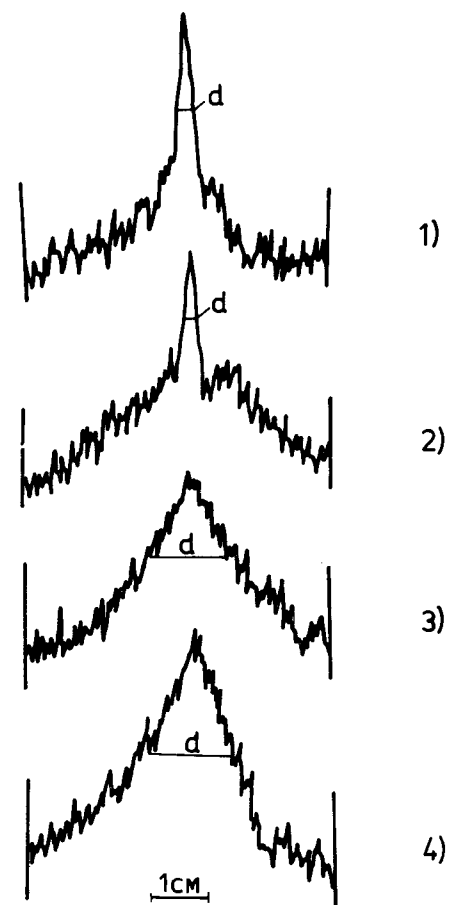


Рис. 3. Типичные фотограммы стримеров, составляющих след частицы /вид сбоку/ в камере ($H_2 + 1\%CH_4 + 0,025\%H_2O$) при давлениях 1/ 760 Тор, 2/ 600 Тор, 3/ 400 Тор, 4/ 200 Тор; $E = 27,0$ кВ/см.

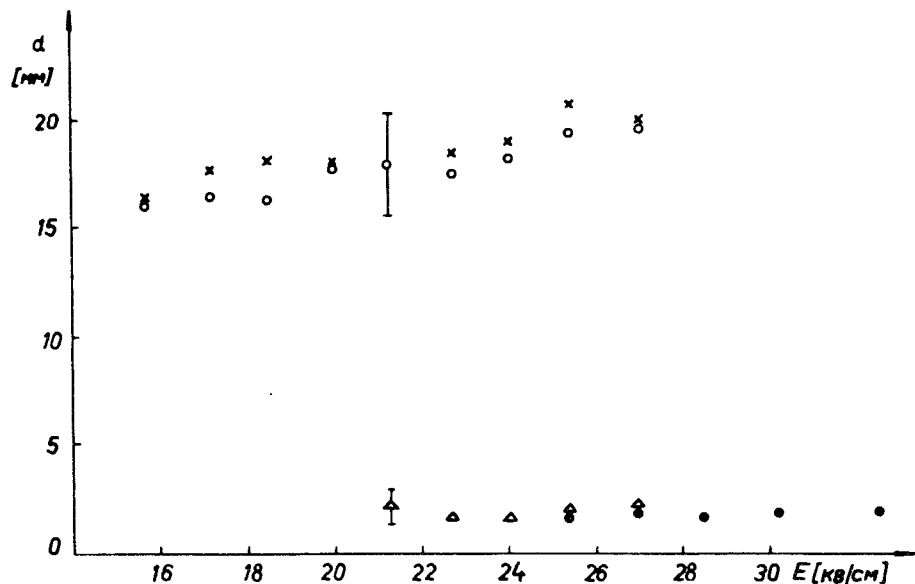


Рис. 4. Зависимость длины локализованного участка стримера от амплитуды высоковольтного импульса в камере ($H_2 + 1\%CH_4 + 0,025\%H_2O$) при различных давлениях: ● - 1 атм; × - 600 Тор; △ - 400 Тор; ○ - 200 Тор.

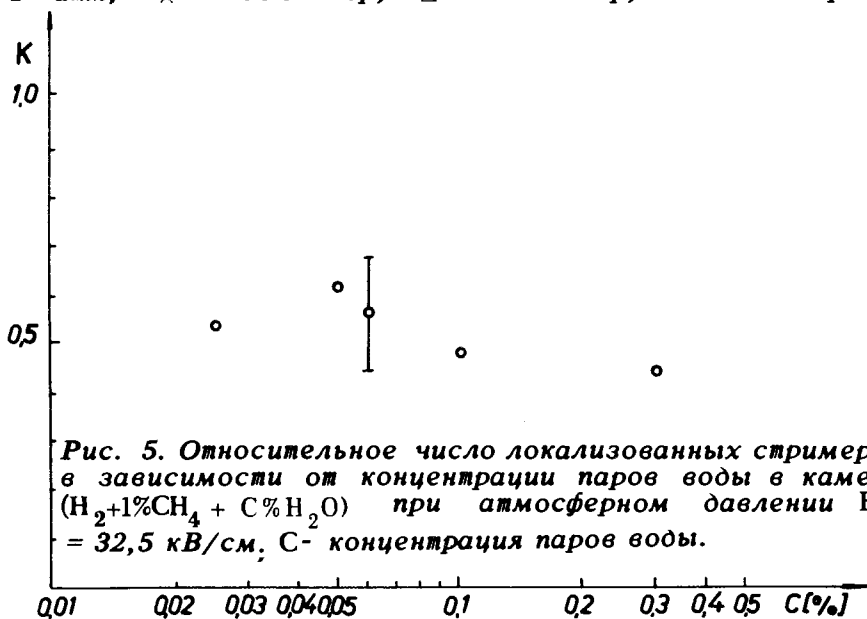


Рис. 5. Относительное число локализованных стримеров в зависимости от концентрации паров воды в камере ($H_2 + 1\%CH_4 + C\%H_2O$) при атмосферном давлении $E = 32,5$ кВ/см, С - концентрация паров воды.

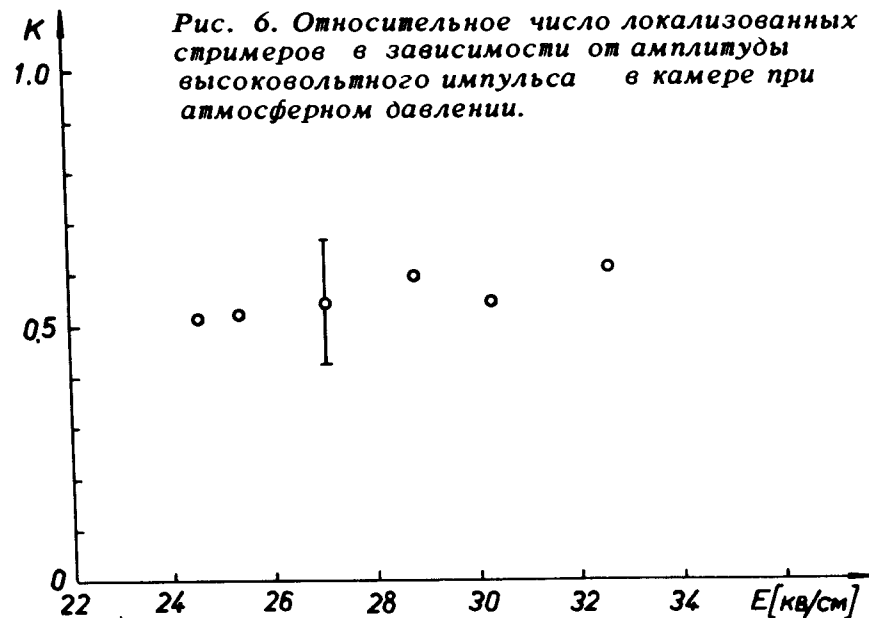


Рис. 6. Относительное число локализованных стримеров в зависимости от амплитуды высоковольтного импульса в камере при атмосферном давлении.

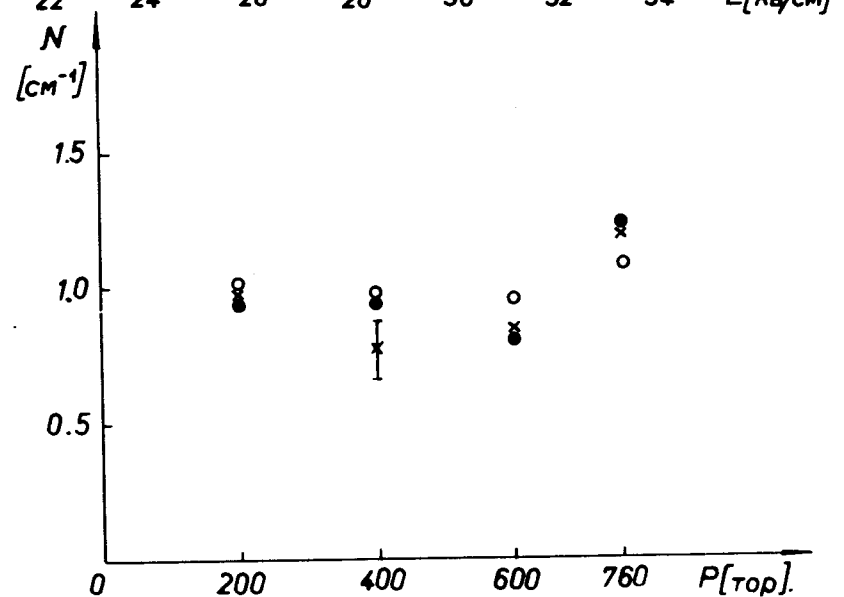


Рис. 7. Зависимость числа стримеров на единицу длины следа от давления в камере при различных значениях амплитуды высоковольтного импульса: ● - 32,5 кВ/см, × - 27,0 кВ/см, ○ - 22,7 кВ/см.

Рис. 8. Зависимость числа стримеров на единицу длины следа от амплитуды высоковольтного импульса при различных концентрациях метана в камере при атмосферном давлении ($H_2 + C\%CH_4 + 0,025\%H_2O$): ● - 5% CH_4 ; x - 1% CH_4 ; o - 0,2% CH_4 ; C - концентрация паров метана.

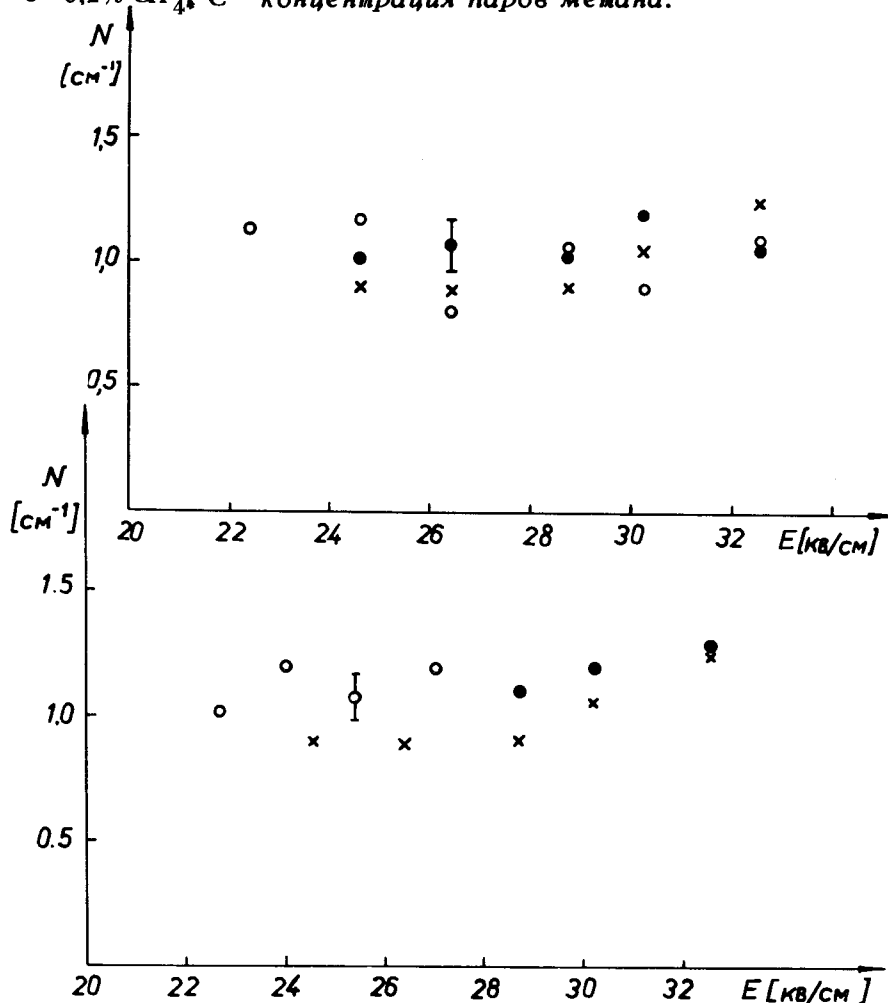


Рис. 9. Зависимость числа стримеров на единицу длины следа от амплитуды высоковольтного импульса при различных концентрациях паров воды при атмосферном давлении ($H_2 + 1\%CH_4 + C\%H_2O$): ● - 0,300% H_2O ; x - 0,050% H_2O ; o - 0,025% H_2O ; C - концентрация паров воды.

Литература

1. I.V.Falomkin, M.M.Kulyukin, V.I.Lyashenko, N.M.Kao, G.B.Pontecorvo, T.M.Troshev, Yu.A.Shcherbakov, L.Busso, G.Piragino. Nuov.Cim., 13, 427 (1975).
2. I.V.Falomkin, M.M.Kulyukin, G.B.Pontecorvo, Yu.A.Shcherbakov. Nucl.Instr. Meth., 53, 266 (1967).
3. Л.Буссо, М.М.Кулюкин, Э.Д.Лозанский, В.И.Ляшенко, Нгуен Минь Као, Г.Пираджино, Д.Б.Понтекорво, Т.М.Трошев, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков. ЖЭТФ, 70, 785 /1976/; Nucl.Instr. Meth., 131, 431 (1976).
4. М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, Нгуен Минь Као, Д.Б.Понтекорво, Т.М.Трошев, Н.И.Трошева, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков, Л.Буссо, Г.Пираджино. ОИЯИ, P13-9713, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июля 1976 года.