

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУЧ.14

Б-927

10/1-76

P13 - 9522

1784/2-76

Л.Буссо, М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, Нгуен Минь Као,
Г.Пираджино, Д.Б.Понтекорво, Т.М.Трошев,
И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД
ЛОКАЛИЗАЦИИ СЛЕДОВ ЧАСТИЦ
В САМОШУНТИРУЮЩЕЙСЯ
ГЕЛИЕВОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ

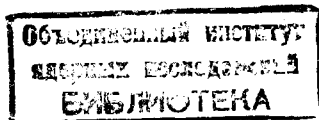
1976

P13 - 9522

Л.Буссо*, М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, Нгуен Минь Као,
Г.Пираджино*, Д.Б.Понтекорво, Т.М.Трошев,
И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

**ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД
ЛОКАЛИЗАЦИИ СЛЕДОВ ЧАСТИЦ
В САМОШУНТИРУЮЩЕЙСЯ
ГЕЛИЕВОЙ СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ**

*Институт физики Туринского университета, Италия.



1. Введение

Результаты исследований, проведенных в Объединенном институте ядерных исследований и Физическом институте Туринского университета /Италия/, говорят о том, что самошунтирующиеся стримерные камеры обладают целым рядом преимуществ по сравнению с камерами, работающими в режиме обрыва разряда. Так, в гелиевых самошунтирующихся стримерных камерах /1-3/ можно получить следы частиц, степень локализации и яркость которых значительно превышают соответствующие характеристики для обычных стримерных камер /4/. При этом нет необходимости применять сложные и дорогостоящие системы /типа "бломляйн"/ для формирования коротких высоковольтных импульсов с наносекундными фронтами и большой амплитудой. Режим самошунтирующейся стримерной камеры обеспечивает удовлетворительное качество фотографий следов в разных газах, в частности, в водороде /5/.

Основной отличительной особенностью самошунтирующихся стримерных камер является возможность управления распределением яркости свечения вдоль разрядных каналов, обозначающих траектории частиц, путем введения определенных примесей к основному рабочему газу. В предыдущей работе /2/ были подробно исследованы рабочие характеристики гелиевой самошунтирующейся стримерной камеры с различными примесями и дано качественное объяснение механизма локализации следов заряженных частиц в такой камере. Экспериментальные данные, представленные в этой работе, и проведенные оценки показывают большую чувствительность качества следов к количеству примесей и их свойствам.

В настоящем сообщении приводятся характеристики самошунтирующейся стримерной камеры, наполненной гелием с малыми добавками паров воды. Наряду с высокой степенью локализации следов частиц такая смесь обеспечивает высокую стабильность качества следов при многократных срабатываниях /более чем несколько десятков тысяч раз/ камеры.

Попытки получить в самошунтирующейся стримерной камере, наполненной неоном, следы, сравнимые по качеству со следами, наблюдаемыми в гелии, оказались безуспешными.

2. Экспериментальная установка

Эксперименты проводились со стримерными камерами /2/ с разрядными промежутками ~ 10 см. На электроды камеры подавался высоковольтный импульс с передним фронтом около 10 нс, временем спада $\sim 1,5$ мкс и амплитудой до 280 кВ/6/. Для фотографирования следов электронов от источника ^{90}Sr использовалась пленка чувствительностью $S_{0,85} = 900$ единиц ГОСТ.

3. Экспериментальные результаты.

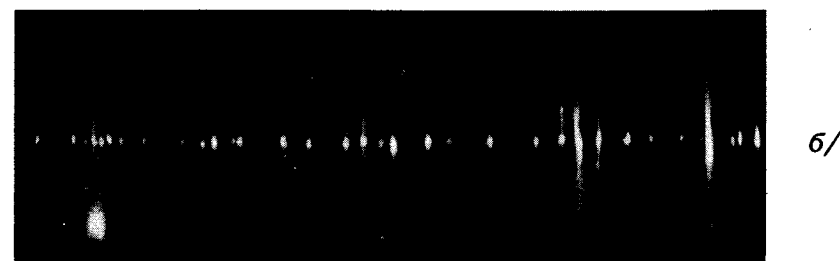
Характеристики камер, наполненных смесью гелия и паров воды

На рис. 1а и 1б представлены фотографии следов электронов в чистом гелии, а также в смеси гелия и 0,1% паров воды соответственно. Задержка высоковольтного импульса равна аппаратной задержке /0,4 мкс/. Фотографирование производилось при диафрагме объектива ($f/4$), позволяющей получить изображение не только ярко светящихся центров, но и остальных областей разрядных каналов.

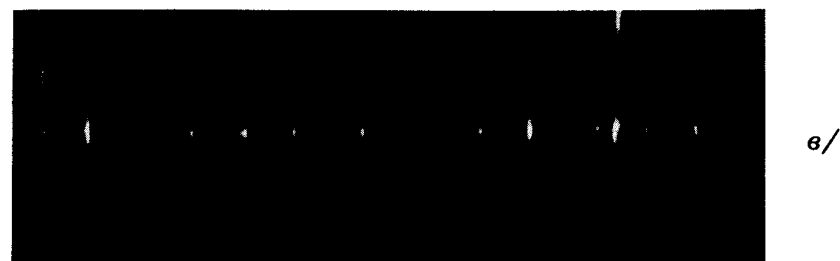
Степень локализации следов характеризуется средним размером d в направлении электрического поля ярко светящихся центров /"точек"/ разрядных каналов. Измерение величины d с помощью микрофотометра описано



а/



б/



в/

10 см

Рис. 1. Фотография следов электронов при давлении газа $P = 1$ атм: а/ в чистом гелии, задержка высоковольтного импульса $\tau_3 = 0,4$ мкс; б/ в смеси гелия и 0,1% паров воды, $\tau_3 = 0,4$ мкс; в/ в смеси гелия, 0,1% паров воды и 0,05% воздуха, $\tau_3 = 1,0$ мкс.

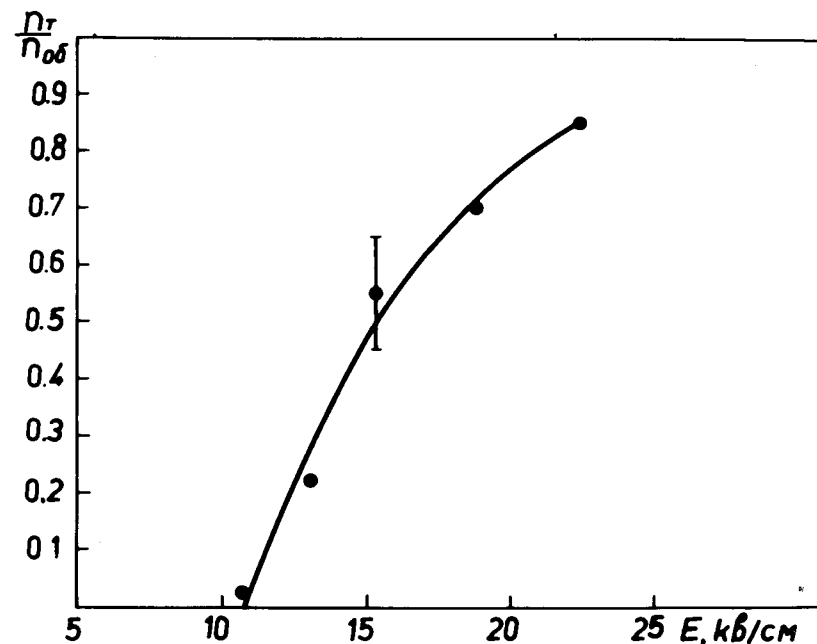
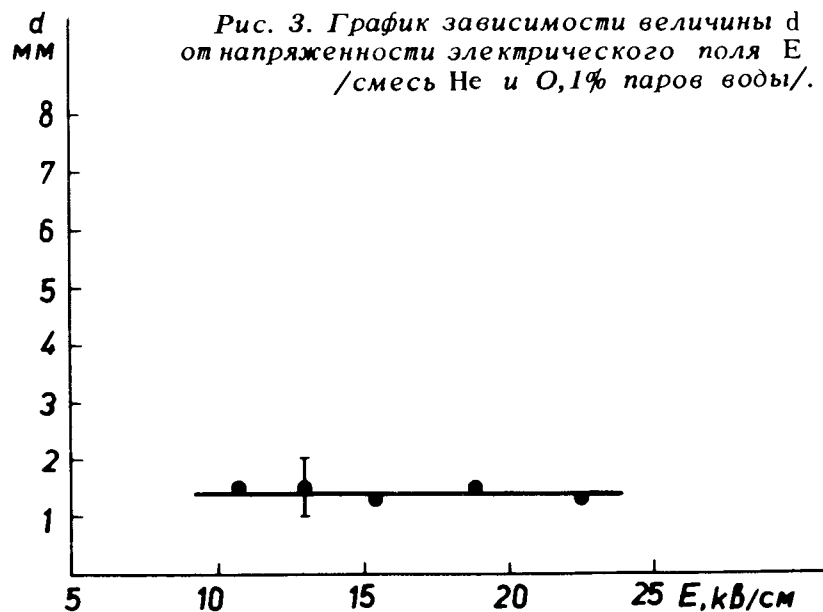
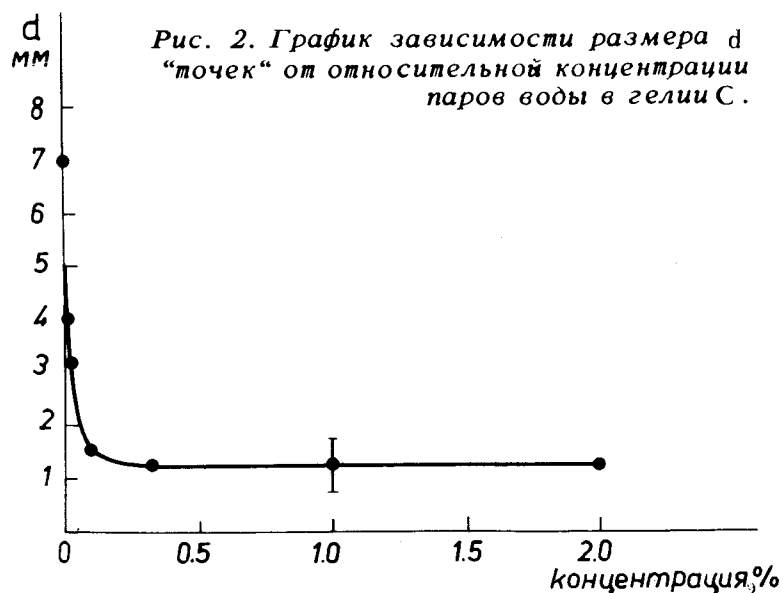


Рис. 4. График зависимости от E отношения числа "точек" n_T к общему числу разрядных каналов $n_{об}$ /смесь He и 0,1% паров воды/.

в работе /2/. На рис. 2 представлена зависимость размера d от относительной концентрации C паров воды при напряженности поля в камере $E = 22,5$ кВ/см. При относительной концентрации $C > 0,1\%$ /т.е. парциальном давлении паров воды $> 0,7 T_{ор}$ / величина d не зависит от давления паров воды и равна $\sim 1,5$ мм. В случае $C < 0,1\%$ уменьшение количества паров воды приводит к увеличению d .

Размер d практически не зависит от напряженности электрического поля /в рабочем диапазоне E /. Это видно из рис. 3, на котором показана зависимость величины d от напряженности поля для смеси гелия и 0,1% паров воды.

Важной характеристикой качества следов является отношение числа "точек" n_T к общему числу разрядных каналов $n_{об}$. В предыдущих работах /1,2/ это отношение

в лучшем случае достигало значения 0,5. В смеси же гелия и паров воды удается получить значение $n_T/n_{об} = 0,8 \div 0,9$. На рис. 4 приведен график зависимости отношения $n_T/n_{об}$ от напряженности электрического поля для смеси гелия и 0,1% паров воды.

4. Время памяти камеры

Время памяти стримерной камеры регулируется введением в рабочий объем электроотрицательных добавок типа $CCl_4^{7/}$ и $SF_6^{8/}$. Правда, память стримерных камер, в которые введены эти добавки, со временем увеличивается.

Оказалось, что при наполнении самошунтирующейся стримерной камеры смесью гелия, паров воды и малых

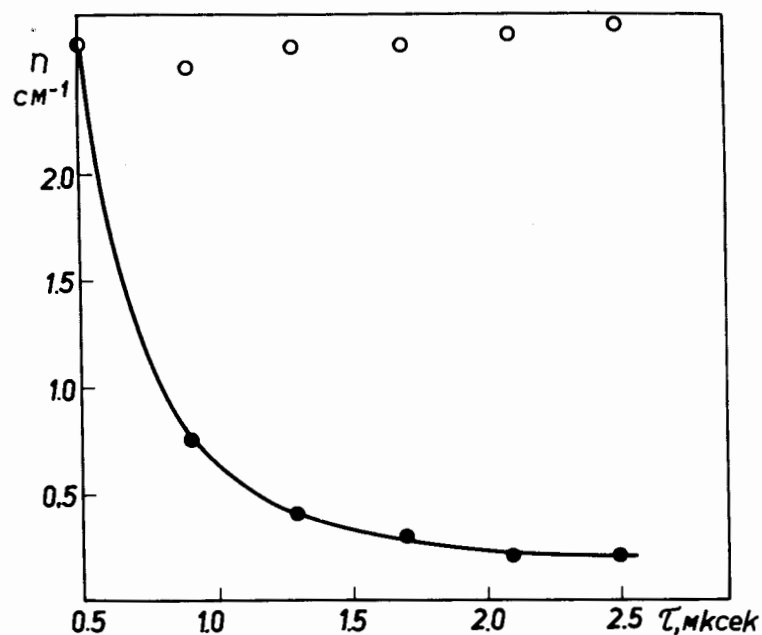


Рис. 5. График зависимости плотности числа разрядных каналов $n_{об}$ от времени задержки высоковольтного импульса τ / ● - смесь He, 0,1% паров воды и 0,05% воздуха, ○ - He + 0,1% H_2O /.

количеств воздуха память камеры остается неизменной в течение длительного промежутка времени. Качество следов при введении в камеру добавок воздуха также не меняется. На рис. 5 приведен график зависимости плотности числа разрядных каналов на единицу длины следа $n_{об}$ от времени задержки высоковольтного импульса τ_3 для смеси гелия, 0,1% воды и 0,05% воздуха. Время памяти τ оказывается равным 0,7 мкс, если принять за время памяти время задержки, за которое плотность числа разрядных каналов уменьшается в два раза. На рис. 1в приведена фотография следа электрона в смеси гелия, 0,1% воды и 0,05% воздуха при задержке высоковольтного импульса, равной 1,0 мкс.

5. Особенности влияния паров воды на разряд в гелиевой самошунтирующейся стримерной камере

Можно предположить, что добавка паров воды, имеющих большой коэффициент прилипания электронов^{9/} и тенденцию к образованию сложных комплексных ионов^{10/}, выполняет ту же функцию, что и тяжелые углеводороды и водород, исследованные в работе^{12/}, но с некоторым отличием. Действительно, константа образования в тройных соударениях сложных ионов в смеси гелия и паров воды по порядку величины равна:

$$K = 10^{-27} \text{ см}^6 / \text{с}.$$

Это значит, что при относительной концентрации паров воды 1% характерное время образования комплексных ионов равно

$$t \approx (K \cdot n_{H_2O} \cdot n_{He})^{-1} \approx 10^{-9} \text{ с},$$

где n_{H_2O} и n_{He} - плотности молекул воды и атомов гелия соответственно. Таким образом, ионизация атома или молекулы в газовой смеси приводит с большой вероятностью к образованию комплексного иона. Поэтому раз-

рядный ток в стримерной камере по существу идет в смеси атомов гелия, молекул воды и комплексных ионов. Существенно то, что размеры комплексных ионов, а следовательно, и вероятность столкновения электрона с ними не зависят от концентрации молекул воды. Необходимо также учесть, что сечения столкновения электронов с ионами примерно на два порядка больше, чем сечения столкновения с нейтральными атомами или молекулами.

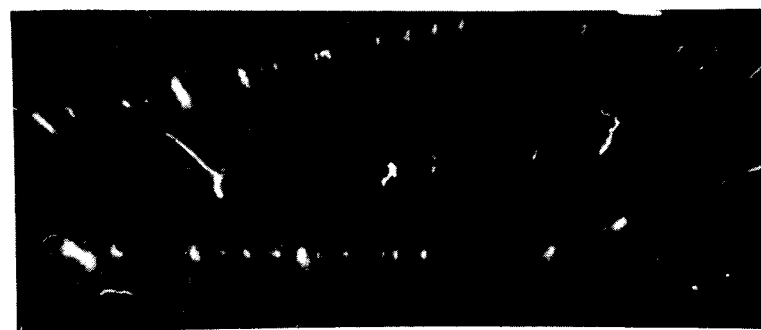
Таким образом, пары воды, по-видимому, эффективнее, чем углеводороды, снижают среднюю энергию электронов в разряде в гелии. Поэтому и наблюдается большой контраст между областью "шейки" и остальной частью разрядного канала при наличии в самошунтирующейся стримерной камере паров воды.

6. Работа стримерной камеры высокого давления, наполненной гелием с добавками паров воды

Гелиевые стримерные камеры высокого давления /СКВД/ /11/ в ОИЯИ используются, начиная с 1971 года, для систематического исследования процессов рассеяния пионов на ядрах гелия /12,13/. Оказывается, что при наполнении СКВД гелием с добавками паров воды, как и в случае камер, работающих при более низких давлениях, резко улучшается качество следов частиц и возрастает стабильность работы камеры. На рис. 6а,б,в представлены фотографии следов в СКВД при давлениях рабочей смеси, равных 1,2 и 4 атм соответственно.

7. Самошунтирующаяся стримерная камера, наполненная неоном

В самошунтирующихся стримерных камерах, наполненных чистым неоном или смесью гелия и неона, так же как и в гелиевых камерах, наблюдаются очень яркие следы частиц. Но резко улучшить локализацию следов в неооне с помощью различных добавок подобно тому, как это делается в гелии, пока не удается. Это согласуется с результатами и выводами предыдущих работ /2,3/.



а/



б/



в/

10 см

Рис. 6. Фотографии следов электронов в стримерной камере высокого давления /СКВД/: а/ при давлении смеси гелия и паров воды $P = 1,0$ атм, б/ при $P = 3,0$ атм, в/ при $P = 4,0$ атм.

Действительно, в гелии локализация видимого света в центре разрядного канала достигается за счет того, что средняя энергия электронов в области "шейки" канала выше, чем вне "шейки"^{2/}. Поскольку в области видимого света высвечивается малое число уровней атома гелия^{3,14/}, то уменьшение средней энергии электронов, по-видимому, приводит к возбуждению уровней, которые высвечиваются в невидимой области спектра. Атом же неона имеет много возбужденных уровней, высвечивающихся в видимой области спектра, поэтому некоторое изменение средней энергии электронов в неоне не приводит к существенному изменению полного выхода видимого света.

8. Заключение

В гелиевых самошунтирующихся стримерных камерах удается получить с помощью добавок паров воды яркие хорошо локализованные следы частиц. Время памяти τ таких камер регулируется добавлением к рабочей смеси газов малых количеств воздуха.

Рабочие характеристики стримерной камеры, наполненной смесью гелия, паров воды и воздуха, практически не меняются со временем.

В заключение можно отметить, что в гелиевых стримерных камерах можно, не преодолевая особых технических трудностей, получить следы более высокого качества /более яркие и локализованные/, чем в камерах, работающих в режиме обрыва разряда.

Авторы благодарны Э.Д.Лозанскому за интересные и плодотворные обсуждения.

Литература

1. I.V.Falomkin et al. *Nucl.Instr. and Meth.*, 53, 266 (1967).

2. Л.Буссо и др. Сообщение ОИЯИ, P13-9131, Дубна, 1975.
3. F.Balestra et al. *Nucl.Instr. and Meth.*, 125, 157 (1975).
4. Г.Е.Чиковани и др. ЖЭТФ, 1228 /1964/; Б.А.Долгошеин, Б.С.Лучков. ЖЭТФ, 46, 1953 /1964/; А.Аbashian et al. *Nucl.Instr. and Meth.*, 115, 445 (1974).
5. I.V.Falomkin et al. *Lett.Nuovo Cim.*, 13, 427 (1975).
6. М.М.Кулюкин и др. Сообщение ОИЯИ, P13-6533, Дубна, 1972.
7. Л.Буссо и др. Сообщение ОИЯИ, P13-8267, Дубна, 1974.
8. Н.З.Анисимова и др. ПТЭ, 2, 70 /1971/.
9. Н.С.Бучельникова. ЖЭТФ, 35, 1119 /1958/.
10. Б.М.Смирнов. Ионы и возбужденные атомы в плазме. Атомиздат, Москва, 1974.
11. I.V.Falomkin et al. *Lett.Nuovo Cim.*, 5, 757 (1972).
12. Ю.А.Щербаков и др. Препринт ОИЯИ, P1-8954, Дубна, 1975.
13. Ю.А.Щербаков и др. Препринт ОИЯИ, P1-8955, Дубна, 1975.
14. А.Н.Зайдель и др. Таблицы спектральных линий. Физматгиз, Москва, 1962.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 февраля 1976 года.