

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ44,14
Б-927

18/VIII-75
P13 - 8867

3018/2-75

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

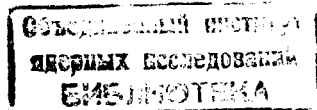
РЕГИСТРАЦИЯ СЛЕДОВ
В САМОШУНТИРУЮЩЕЙСЯ ВОДОРОДНОЙ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ

1975

P13 - 8867

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

РЕГИСТРАЦИЯ СЛЕДОВ
В САМОШУНТИРУЮЩЕЙСЯ ВОДОРОДНОЙ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ



Создание водородной стримерной камеры остается актуальной методической задачей ядерной физики. Такая камера, работая одновременно в качестве мишени и детектора, откроет дополнительные возможности в физических экспериментах.

Попытка создания водородной разрядной камеры была впервые осуществлена в работе /1/, где были получены треки в водороде при наблюдении разряда на стадии перехода лавины в стример с помощью ЭОПа. В настоящее время ведутся широкие исследования в ЦЕРНе, где предпринимаются попытки получить в водороде режим локализации разряда по треку ионизирующей частицы путем создания незавершенного стримерного разряда в камере /2/. Попытки прямого фотографирования следов в смесях водорода с гелием были сделаны в работе /3/.

Работы с водородом показали, что развитие разряда в нем характеризуется очень малым световым выходом в видимой области спектра, и для возможности регистрации стримеров в обычном режиме требуется существенное увеличение напряженности электрического поля в камере. Кроме того, в водороде наблюдается очень быстрое установление пробоя промежутка, поскольку малое время жизни возбужденных уровней водорода (≈ 1 нс), высвечивающихся в дальней области ультрафиолетового излучения, приводит к быстрой фотоионизации газа /4/. В работе /2/ при использовании добавок метана к водороду, что увеличивает яркость следов при заданной амплитуде

высоковольтного импульса, удалось сфотографировать следы в водороде при давлении $\approx 0,4$ атм.

Очевидно, что создание водородной стримерной камеры, работающей в режиме обрывания разряда, наталкивается на серьезные технические трудности в силу особенностей разряда в водороде. Более перспективным является, по-видимому, другой метод, с успехом осуществленный в гелиевой стримерной камере /5,6/, - использование данного высоковольтного импульса и достижение локализации за счет воздействия примесей на конфигурацию разряда. Этот метод позволяет ввести в разряд максимальную мощность при данной амплитуде высоковольтного импульса и получить большую яркость, чем при применении короткого импульса. Изучение возможности регистрации треков в таком режиме работы водородной стримерной камеры является целью настоящей работы.

Аппаратура

Эксперименты проводились со стримерной камерой диаметром 22 см с разрядным промежутком 7 см. Внутренний объем камеры отделен от электродов стеклянными крышками толщиной 1,2 см. На камеру непосредственно от генератора высоковольтных импульсов подавался экспоненциальный импульс с передним фронтом около 10 нс, с постоянной времени экспоненты спада $\approx 1,5$ мкс и амплитудой до 280 кВ. Запуск камеры осуществлялся от электронов, испускаемых источником ^{90}Sr и регистрируемых одиночным сцинтилляционным счётчиком. Минимальная задержка высоковольтного импульса составила 0,4 мкс. Фотографирование велось на пленку "тип 29" чувствительностью $S_{0,85} = 2000$ ед. ГОСТ. Наполнение камеры производилось тщательно очищенным водородом /7/. Добавки вводились в камеру после ее откачки до уровня 10^{-2} Тор с промежуточной промывкой.

Результаты

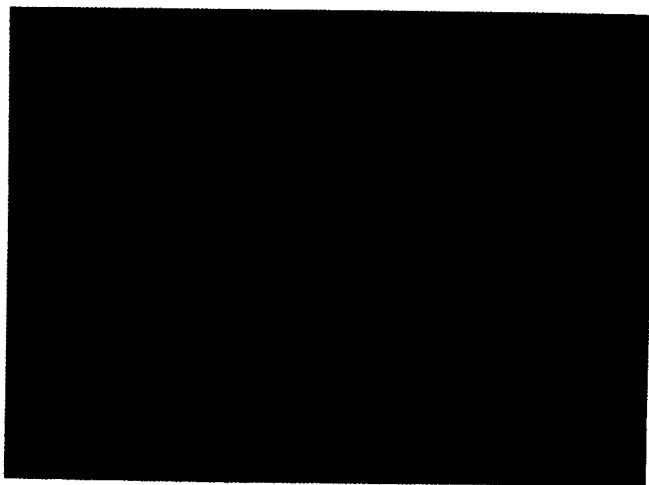
При работе стримерной камеры в режиме самошунтирования разряда (использование длинного высоковольтного импульса) в чистом водороде удается получить удовлетворительные треки при пониженном давлении газа. Треки видны до давления 400 Тор, а при более высоком давлении совершенно исчезают в общем свечении всего газового объема. Повышение напряженности поля не изменяет общей картины в камере, и, таким образом, можно говорить о существовании некоторого предельного давления, при котором разряд распространяется на весь объем и треки не видны на фоне этого свечения. Наличие предельного давления для водорода (как, впрочем, и для инертных газов) может быть отчасти связано с соотношением между временем развития разряда и временем нарастания высоковольтного импульса. На это указывают и данные, полученные в работе /2/, однако мы не ставили целью детальное исследование этого явления.

На рис. 1а показан трек электрона в водороде, сфотографированный в направлении вдоль электрического поля при давлении 200 Тор. На рис. 1б приведена фотография трека в чистом водороде при давлении 200 Тор в направлении поперек электрического поля (вид сбоку). Стримеры имеют кистевую форму, и длина наиболее ярко светящегося участка составляет около 2 см. Из сравнения фотографий, полученных в данном режиме камеры, с фотографиями из работы /2/ можно заключить, что в этом случае степень локализации не зависит от длительности высоковольтного импульса. Каких-либо существенных особенностей в структуре стримеров в водороде по сравнению с гелием /5/ не отмечается, что указывает на применимость режима самошунтирующейся стримерной камеры для получения треков в водороде.

Добавки других газов к водороду существенно влияют на яркость треков и саму возможность их получения и фотографирования при больших давлениях в камере с



а)



б)

Рис. 1. Фотография следа электрона в водородной камере (а - вид сверху, вдоль направления электрического поля; б - вид сбоку) при давлении 200 Тор (диафрагма объектива $D = 0,8$).

данными параметрами. Исследования добавок бензола, азота, метана показали, что все они смешают предельное давление за 1 атм, а наибольшее увеличение яркости из данного набора добавок дает метан. На рис. 2 и 3 приведены фотографии треков в водороде с добавкой метана при давлениях 400 Тор и 1 атм, соответственно. Зависимость яркости треков в относительных единицах от напряженности поля в камере при различных давлениях приведена на рис. 4. Экспериментальные точки получены из условия наблюдаемости следов при различных диафрагмах фотоаппарата. Яркость $J = 1$ означает, что следы удалось сфотографировать при диафрагме $D = 2$; яркость $J = 2$ - при диафрагме $D = 2,8$; $J = 4$ - при $D = 4$; $J = 8$ при $D = 5,6$. Оказывается возможным получить треки достаточной яркости при умеренных напряженностях электрического поля в камере при давлениях вплоть до атмосферного и можно надеяться подойти к более высоким давлениям. Рис. 4 иллюстрирует также влияние добавки метана на яркость треков в водороде. Яркость следов в водороде растёт при добавлении метана, а начиная с давления 400 Тор, следы вообще не формируются в отсутствие примеси метана, как уже отмечалось выше. На рис. 5 показана зависимость от давления в камере минимальной напряженности электрического поля, необходимой для фотографирования на нашу пленку при диафрагме $D = 2,8$.

На рис. 6 показана зависимость удельного числа достаточно ярких стримеров при яркости, превышающей некоторую пороговую, от давления в водороде. Поскольку в чистом водороде при давлении, превышающем 400 Тор, следы, как уже говорилось, не формируются, то при давлении 400 Тор в камере было добавлено 0,2% метана, а при давлении 1 атм - 0,5% метана.



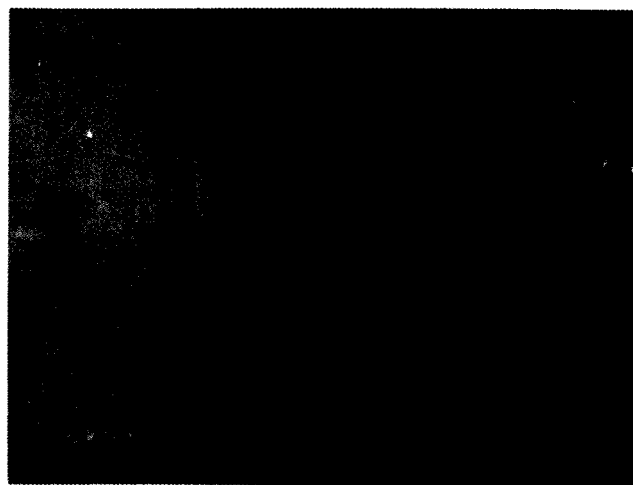
а)



а)



б)



б)

Рис. 2. Фотография следа электрона в водородной камере (а - вид сверху, б - вид сбоку) с добавкой 0,2% метана при давлении 400 Тор $D=0,8$.

Рис. 3. Фотография следа электрона в водородной камере с добавкой 0,5% метана (а - вид сверху, б - вид сбоку) при давлении 1 атм ($D=0,8$).

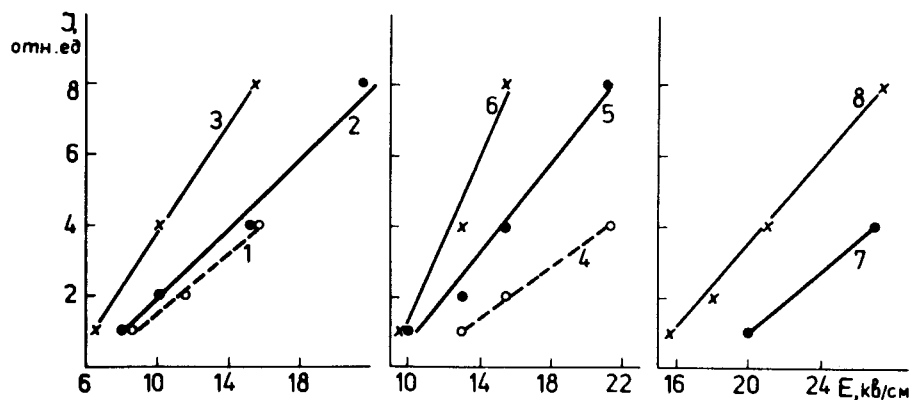


Рис. 4. Зависимость яркости треков (в относительных единицах) в водородной стримерной камере от амплитуды высоковольтного импульса при различных давлениях и с различными добавками: 1. - 100 Тор (H_2), 2. - 100 Тор ($H_2 + 0,2\% CH_4$), 3. - 100 Тор ($H_2 + 2\% CH_4$), 4. - 200 Тор (H_2), 5. - 200 Тор ($H_2 + 0,2\% CH_4$), 6. - 200 Тор ($H_2 + 2\% CH_4$), 7. - 400 Тор ($H_2 + 0,2\% CH_4$), 8. - 1 атм ($H_2 + 0,5\% CH_4$).

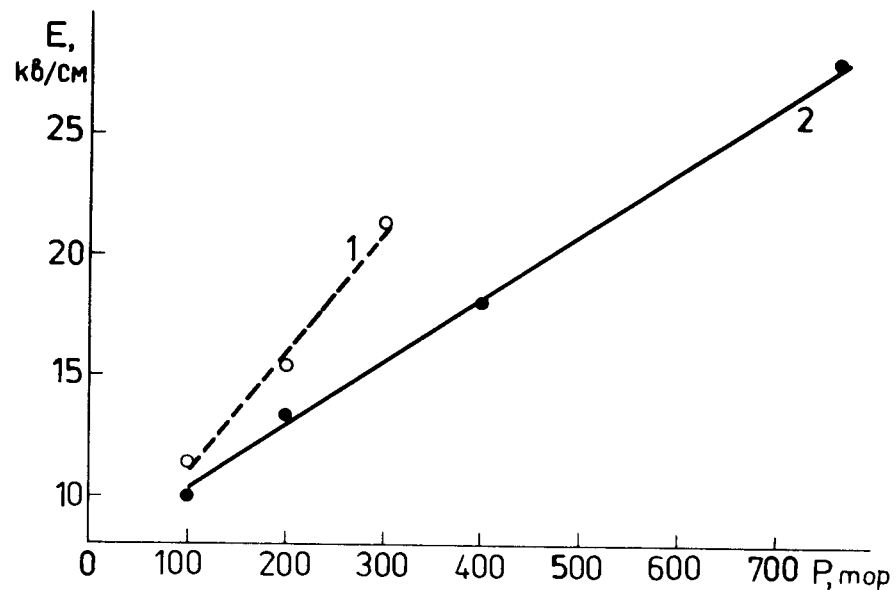


Рис. 5. Зависимость минимальной напряженности электрического поля, необходимой для фотографирования на фотопленку с чувствительностью $S_{0,85} = 2000$ ед. ГОСТ через объектив с диафрагмой $D = 2,8$ от давления в камере: 1 - (H_2); 2 - ($H_2 + 0,2\% CH_4$), при давлении 760 Тор примесь метана составляла 0,5%.

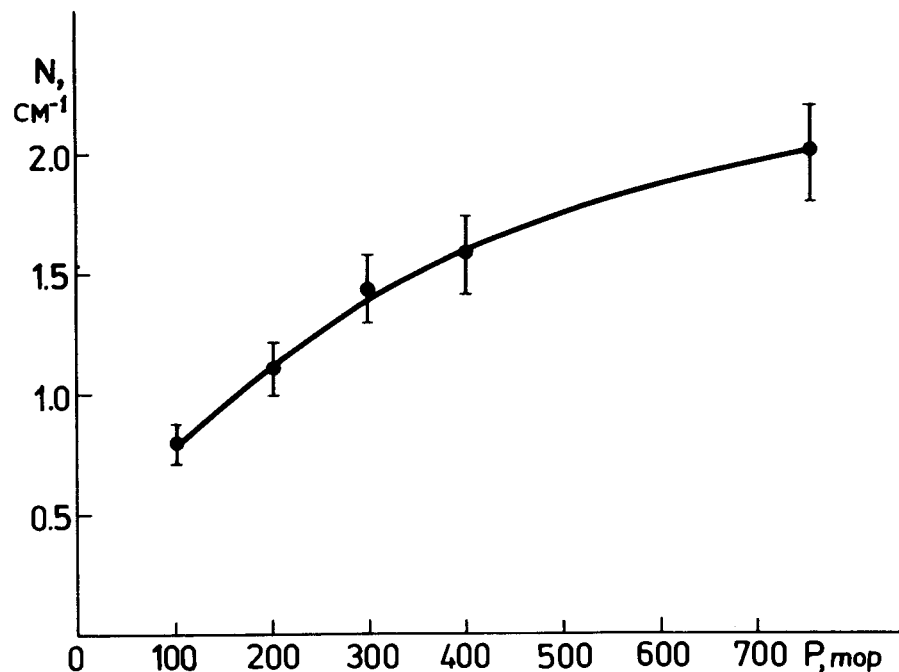


Рис. 6. Зависимость удельного числа достаточно ярких стримеров в водородной камере от давления (при давлении 400 Тор к водороду добавлено 0,2% метана, при давлении 760 Тор - 0,5% метана).

Заключение

Таким образом, на основе предварительных экспериментов, проведенных с водородной стримерной камерой с внешними электродами можно утверждать, что форма разряда, а следовательно, и локализация треков в водороде при длительности импульса, превышающей несколько наносекунд, не зависит от самой длительности импульса. Это позволяет работать в режиме самозунтирования, при котором можно получить максимальную яркость трека при заданной амплитуде высоковольтного импульса. Добавки других газов к водороду существенно увеличивают яркость треков и кроме того позволяют осуществить саму возможность их формирования при больших давлениях водорода. При этом удается фотографировать следы в водородной стримерной камере вплоть до давления водорода, равного 1 атм при напряженности электрического поля, составляющей 27 кВ/см.

Авторы благодарят В.П.Джелепова за поддержку данной работы, а также А.Г.Потехина, В.Ф.Поенко и Н.В.Лебедева за помощь в подготовке аппаратуры для проведения опытов.

Литература

1. V.I.Komarov and O.V.Savchenko. Nucl. Instr. and Meth., 34, (1965) 289.
2. F.Rohrbach, J.J.Bonnet and M.Cathenoze. Nucl. Instr. and Meth., 111, 485 (1973).
3. I.V.Falomkin, M.M.Kulyukin, G.B.Pontecorvo, Yu.A.Scherbakov. Colloque Intern, sur l'Elektronique Nucleaire., v. III, p. 8-1, Versailles, Sept. 1968.
4. P.Bayle et H.Schmied. Preprint CERN 72-9, Geneve, 1972.
5. I.V.Falomkin, M.M.Kulyukin, G.B.Pontecorvo, Yu.A.Shcherbakov. Nucl. Instr. and Meth., 53, 267 (1967).

6. Ф.Балестра, Р.Барбини, Л.Буссо, Р.Гарфаньини, К.Гуаральдо, М.М.Кулюкин, Г.Пираджино, Р.Скримальо, И.В.Фаломкин, Ю.А.Шербаков. Препринт ОИЯИ, Р1-7566, Дубна, 1973.
7. В.М.Быстрицкий, В.П.Джелепов, П.Ф.Ермолов, Л.С.Котова, В.И.Лепилов, К.О.Оганесян, М.Н.Омельяненко, С.Ю.Пороховой, А.И.Рудежко, В.В.Фильченков. Препринт ОИЯИ, 13-7246, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 мая 1975 года.