

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



SM731252

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,

E41

РЕГИСТРАЦИЯ СЛЕДОВ  
В САМОШУНТИРУЮЩЕЙСЯ ВОДОРОДНОЙ  
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ

**1975**

## Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препринтов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или апернодическом сборнике.

### Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

“Р” - издание на русском языке;

“Е” - издание на английском языке;

“Д” - работа публикуется на русском и английском языках.

Препринты и сообщения, которые рассылаются только в страны-участницы ОИЯИ, буквенных индексов не имеют.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проставляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

### Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

*И.И.Иванов. ОИЯИ, Р2-4985, Дубна, 1971.*

**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**

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

P13 - 8867

Регистрация следов электронов в самошунтирующейся водородной  
стримерной камере

Получены и сфотографированы следы электронов в стримерной камере, наполненной водородом при давлении от 200 Тор до 1 атм. Следы удалось получать (при относительно низком напряжении) за счёт реализации в камере режима самошунтирования и введения небольших добавок метана.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1975

Busso L., Kulyukin M.M., Lyashenko V.I.,  
Nguen Minh Kao, Portecorvo G.B., Piragino G.,  
Troshev T.M., Falomkin I.V., Shcherbakov Yu.A.

P13 - 8867

Track Detection in a Hydrogen Self-Shunted  
Streamer Chamber

Pictures of electron tracks in a streamer chamber filled with hydrogen at pressures from 200 torr up to atmospheric pressure have been obtained. The tracks were observed in a self-shunted chamber. Small admixtures of methane were used.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research  
Dabna 1975

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 ( $\approx 1$  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 <sup>5,6</sup> / , - 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 <sup>90</sup>Sr и регистрируемых одиночным сцинтилляционным счётчиком. Минимальная задержка высоковольтного импульса составляла 0,4 мкс. Фотографирование велось на пленку "тип 29" чувствительностью  $S_{0,85} = 2000$  ед. ГОСТ. Наполнение камеры производилось тщательно очищенным водородом <sup>77</sup> / . 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 /3/ 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)



б)

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



а)



б)

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

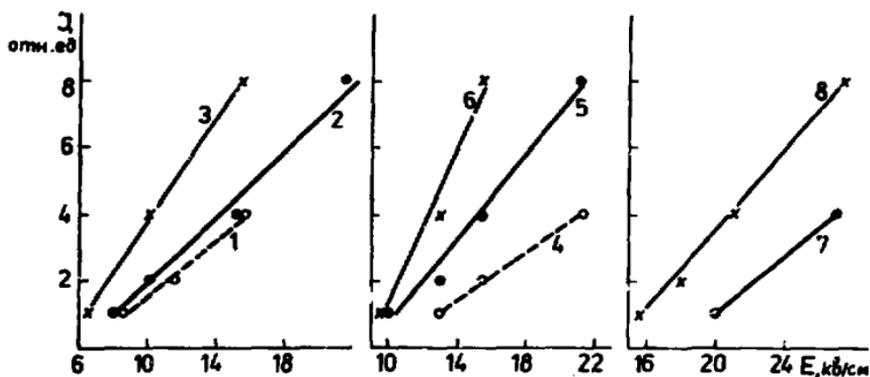


Рис. 4. Зависимость яркости треков (в относительных единицах) в водородной стримерной камере от амплитуды высоковольтного импульса при различных давлениях и с различными добавками: 1. - 100 Тор ( $H_2$ ), 2. - 100 Тор ( $H_2 + 0,2\% CH_4$ ), 3. - 100 Тор ( $H_2 + 2\% CH_4$ ), 4. - 200 Тор ( $H_2$ ), 5. - 200 Тор ( $H_2 + 0,2\% CH_4$ ), 6. - 200 Тор ( $K_2 + 2\% CH_4$ ), 7. - 400 Тор ( $H_2 + 0,2\% CH_4$ ), 8. - 1 атм ( $H_2 + 0,5\% CH_4$ ).

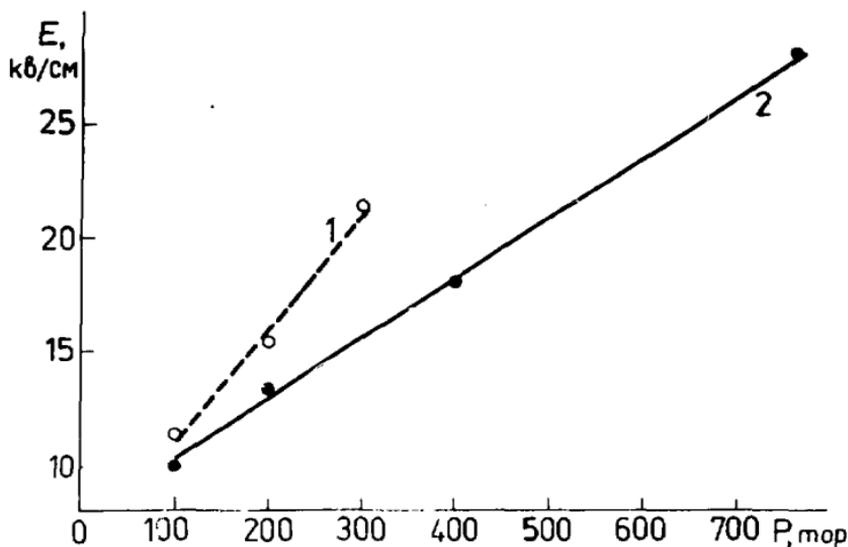


Рис. 5. Зависимость минимальной напряженности электрического поля, необходимой для фотографирования на фотопленку с чувствительностью  $S_{0,85} = 2000$  ед. ГОСТ через объектив с диафрагмой  $D = 2,8$  от давления в камере: 1 - ( $H_2$ ); 2 - ( $H_2 + 0,2\% CH_4$ ), при давлении 760 Тор примесь метана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

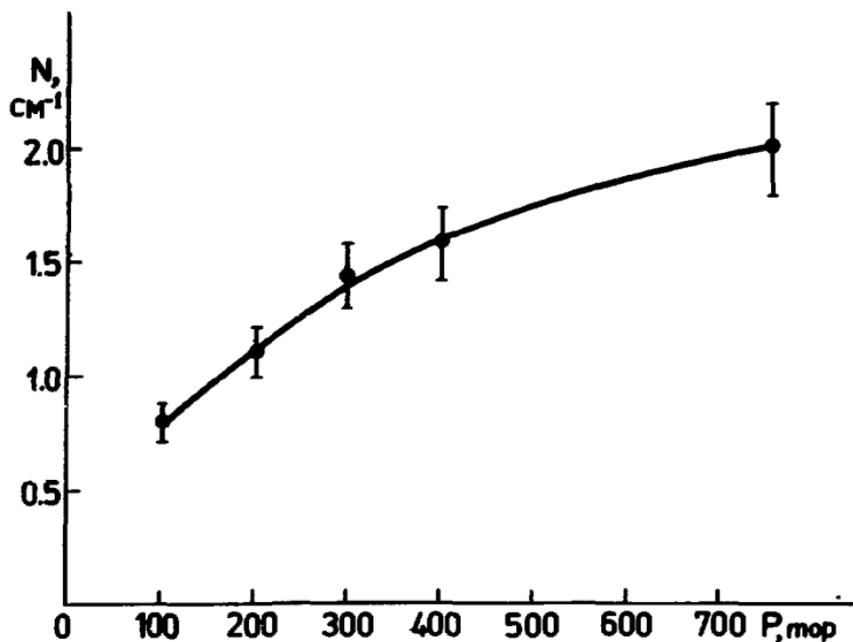


Рис. 6. Зависимость удельного числа достаточно ярких стримеров в водородной камере от давления (при давлении 400 Тор к водороду добавлено 0,2% метана, при давлении 760 Тор - 0,5% метана).

## 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 самошунтирования, 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.Пстехина, 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.Cathnoz. 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.Пираджини, Р.Скрималье, И.В.Фаломкин, Ю.А.Шербаков. Препринт ОИЯИ, Р1-7586, 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.Рудеяко, В.В.Фильченков. Препринт ОИЯИ, 13-7246, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 мая 1975 года.

# Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

16-4888	Дозиметрия излучений и физика защиты ускорителей заряженных частиц. Дубна, 1969.	250 стр.	2 р. 64 к.
Д1-5969	Труды Международного симпозиума по физике высоких энергий. Дрезден, 1971.	773 стр.	7 р. 69 к.
Д-6004	Бинарные реакции адронов при высоких энергиях. Дубна, 1971.	768 стр.	7 р. 60 к.
Д10-6142	Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. Дубна, 1971.	564 стр.	6 р. 14 к.
Д13-6210	Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике. Варшава, 1971.	372 стр.	3 р. 67 к.
Д1-6349	Труды IV Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра. Дубна, 1971.	670 стр.	6 р. 95 к.
Д-6465	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1972.	525 стр.	5 р. 85 к.
Р2-6762	Р.М.Мурадян. Автомодельность в инклюзивных реакциях. Лекция, прочитанная на Школе молодых ученых по физике высоких энергий. Сухуми, 1972.	111 стр.	1 р. 10 к.
Д-6840	Материалы II Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Штрбске Плесо, ЧССР, 1972.	398 стр.	3 р. 96 к.
13 - 7154	Пропорциональные камеры. Дубна, 1973.	173 стр.	2 р. 20 к.
Д2-7161	Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля. Алушта, 1973.	280 стр.	2 р. 75 к.

Д1,2-7411	Глубокоупругие и множественные процессы. Дубна, 1973.	507 стр.	5 р. 66 к.
Д13-7616	Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. Будапешт, 1973.	372 стр.	3 р. 65 к.
Р1,2-7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	623 стр.	7 р. 15 к.
Д10-7707	Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1973.	564 стр.	5 р. 57 к.
Д1,2-7781	Труды III Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Сивая, 1973.	478 стр.	4 р. 78 к.
Д3-7991	Труды II Международной школы по нейтринной физике. Алушта, 1974.	552 стр.	2 р. 50 к.
Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	376 стр.	2 р. 05 к.
Д10,11-8450	Труды Международной школы по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях. Ташкент, 1974.	465 стр.	2 р. 46 к.
Р1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	582 стр.	2 р. 60 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,  
 издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.



## Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам, научным группам и отдельным ученым более 50 стран.

Мы ожидаем, что получатели изданий ОИЯИ будут сами проявлять инициативу в бесплатной посылке публикаций в Дубну. В порядке обмена принимаются научные книги, журналы, препринты и много вида публикации по тематике ОИЯИ.

Единственный вид публикаций, который нам присылать не следует, - это репринты /оттиски статей, уже опубликованных в научных журналах/.

В ряде случаев мы сами обращаемся к получателям наших изданий с просьбой бесплатно прислать нам какие-либо книги или выписать для нашей библиотеки научные журналы, издающиеся в их странах.

## Отдельные запросы

Издательский отдел ежегодно выполняет около 3 000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

## Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,  
Главный почтамт, п/я 79.  
Издательский отдел  
Объединенного института  
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,  
Главный почтамт, п/я 79.  
Научно-техническая библиотека  
Объединенного института  
ядерных исследований.*

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
Заказ 19790. Тираж 488. Уч.-изд. листов 0,74.  
Редактор О.С.Виноградова Подписано к печати 11.6.75 г  
Корректор Н.А.Кураева