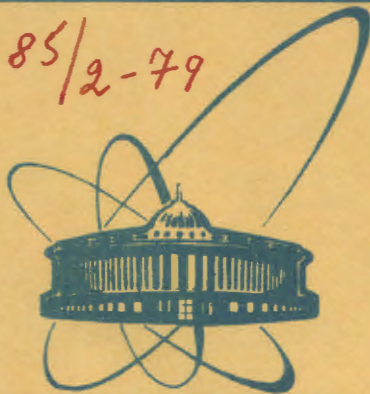


5485/2-79



Объединенный
Институт
Ядерных
Исследований
Дубна

Г- 707

29/12-79
13 - 12711

О.Е.Горчаков, А.В.Демьянов

ШИРОКОАЗОРНЫЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ
В РЕЖИМЕ ЗАПОМИНАНИЯ

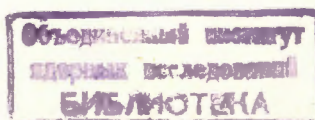
1979

13. 12711

О.Е.Горчаков,* А.В.Демьянов

**ШИРОКОАЗОРНЫЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ
В РЕЖИМЕ ЗАПОМИНАНИЯ**

Направлено в ПТЭ



* ЛЯИ НИИЯФ МГУ.

Горчаков О.Е., Демьянов А.В.

13 - 12711

Широкозазорные искровые камеры
в режиме запоминания

Описывается работа искровых камер с зазором 50 мм в режиме, который позволяет запомнить треки на время до 10^{-8} с. Это запоминание достигается посредством подачи на камеры последовательно двух высоковольтных импульсов. Наилучшие результаты получены в случае, когда камеры наполнены газовой смесью, содержащей 94,8% неона, 5% аргона и 0,2% метана. Приводятся кривые времени памяти, полученные при различных добавках метана, и зависимость эффективности от угла прохождения частиц для искровых камер, работающих в режиме запоминания.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Gorchakov O.E., Demyanov A.V.

13 - 12711

Spark Chambers with Wide Gaps
Operating in Storage Mode

The operation of spark chambers with 50 mm gaps are described in the mode, which permits storage of tracks for a time up to 10^{-8} sec. This storage is accomplished by applying two high-voltage pulses successively to the chamber. The best results are obtained, when the chamber is filled with a gas mixture consisting of 94.8% neon, 5% argon and 0.2% methane. The memory curves and the dependence of the efficiency upon the angle of passage of particles are represented for a spark chamber operating in this storage mode.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

В экспериментальной установке для исследования обратного электророждения пионов $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- p$ /1/ восстановление геометрии событий проводилось с помощью широкозазорных искровых камер /2/. На этой же установке был поставлен эксперимент по наблюдению реакции $\pi^- p \rightarrow \mu^+ \mu^- p$. Идентификация событий этой реакции осуществлялась по распадам μ -мезонов и занимала время до 20 мкс. Так как время памяти искровых камер обычно составляет несколько мкс /2,3/, то в эксперименте было решено применить те же широкозазорные искровые камеры, но работающие в режиме запоминания.

В работах /4-7/ сообщалось о возможности запомнить траекторию прошедшей частицы на время до 1 мс в искровых и стримерных камерах. Для этого на камеры последовательно подаются два высоковольтных импульса. Первый, "запоминающий", импульс подается через $0,1 \div 1$ мкс после прохождения детектируемой частицы. Амплитуда этого импульса такова, что яркость разряда, образующегося вдоль следа, ниже порога чувствительности киноплёнки. Второй, "регистрирующий", импульс вызывает повторный разряд вдоль данного следа, значительно большей яркости, хорошо фиксируемый киноплёнкой. Время, через которое поступает на искровую камеру "регистрирующий" импульс, может достигать 1 мс и больше.

Искровые камеры /ИК/, о работе которых в режиме запоминания сообщается в этой статье, имели по одному зазору величиной 50 мм и размеры 450×380 мм². Давление рабочего газа в камерах составляло 1 атмосферу, а их наполнение производилось методом продува.

Высоковольтные импульсы положительной полярности, подаваемые на ИК, формировались с помощью генераторов Аркадьева-Маркса: "запоминающий" импульс вырабатывался 3-каскадным генератором, а "регистрирующий" - 5-каскадным. Конструкция 5-каскадного генератора подробно описана в работе /2/. 3-каскадный генератор был собран аналогично. Разрядная емкость 3-каскадного генератора составляла ~730 пФ, а 5-каскадного - 440 пФ.

Исследование ИК проводилось как с помощью космических лучей, так и на пучке π^- -мезонов синхротронной Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Обычно детектируемые частицы проходили через камеру под углом $\sim 15^\circ$ к направлению электрического поля в ней. Запуск ИК осуществлялся с помощью двух сцинтилляционных счетчиков с размером сцинтилляторов 100×100 мм², включенных на совпадение.

Была изучена возможность работы ИК в режиме запоминания при наполнении их чистым Ne, смесью Ne+He, а также смесями 95% Ne + 5% Ar и 90% Ne + 10% Ar. Режим запоминания наблюдался во всех случаях, но наилучшие результаты получены при наполнении ИК смесями из Ne и Ar, когда в камерах были четкие, резкие, без изломов треки. В случаях наполнения ИК чистым Ne и смесью Ne+He треки имели изломы на концах и небольшую размытость около отрицательного электрода. В качестве рабочего газа для камер была выбрана смесь 95% Ne + 5% Ar.

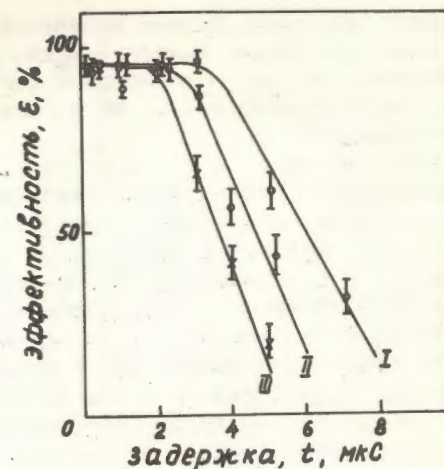
Большинство результатов для ИК, работающих в режиме запоминания, было получено при задержке "регистрирующего" импульса на 30 мкс. Треки хорошего качества наблюдались в камерах также в диапазоне задержек от 10 до 900 мкс.

Независимо от состава газовой смеси ИК начинали работать в режиме запоминания, когда напряжение питания "запоминающего" генератора было 7,5 кВ и больше. При наличии только первого импульса в камерах наблюдались тонкие треки, регистрируемые, к сожалению, киноплёнкой. Попытки получить режим запоминания в ИК при меньших величинах "запоминающего" высоковольтного импульса, таких, чтобы трек от него в камерах еще не был виден, не имели успеха.

Измерение времени памяти ИК, наполненных смесью 95% Ne + 5% Ar, дало на уровне 95% от максимальной эффективности $\epsilon_{\text{макс}}$ величину $\tau_{0,95 \epsilon_{\text{макс}}} = 4$ мкс, а на уровне 50% - соответственно $\tau_{0,5 \epsilon_{\text{макс}}} = 6,3$ мкс. Для уменьшения величины времени памяти /что необходимо для снижения фона от регистрации случайных частиц/ в камеры вводились добавки метана (CH₄), который, кроме того, уменьшает яркость пробоев по стеклу, сопровождающих треки в ИК^[2,8]. На рис. 1 приведены кривые времени памяти для камер в режиме запоминания в зависимости от количества метана в газовой смеси.

Добавки метана привели к увеличению порогового значения первого высоковольтного импульса. Таблица показывает, как изменяется величина напряжения питания $U_{\text{пор}}$ "запоминающего" генератора с увеличением количества метана в смеси. В этой же таблице приведены значения $\tau_{0,95 \epsilon_{\text{макс}}}$ и $\tau_{0,5 \epsilon_{\text{макс}}}$, полученные на основании кривых, показанных на рис. 1.

Рис. 1. Время памяти ИК, работающих в режиме запоминания, в зависимости от количества метана в газовой смеси: I - 0% метана, II - 0,2% метана, III - 0,4% метана.



Как в последующих исследованиях, так и в эксперименте по наблюдению реакции $\pi^- p \rightarrow \mu^+ \mu^- p$, ИК наполнялись газовой смесью в составе 94,8% Ne, 5% Ar и 0,2% CH₄.

Большинство характеристик для данных ИК, работающих в режиме запоминания, получено в случае, когда напряжение высоковольтного питания "регистрирующего" генератора было $U_{\text{рег}} = 10$ кВ. Но камеры хорошо работали и в диапазоне $U_{\text{рег}}$ от 6 до 13 кВ. Снижение величины $U_{\text{рег}}$ приводило к уменьшению яркости трека, его толщины, но трек оставался четким и прямым. Выбор величины $U_{\text{рег}} = 10$ кВ был связан с тем, что в эксперименте по наблюдению реакции $\pi^- p \rightarrow \mu^+ \mu^- p$ имелось много запускающих импульсов /когда на камеру подается только импульс "запоминания"/. Так как объектив киноаппарата постоянно открыт и протягивание пленки происходит после подачи на ИК "регистрирующего" высоковольтного импульса, то на кадре может быть несколько тонких "запом-

Таблица

Количество метана	0	0,2	0,4
$U_{\text{пор}}$, кВ	7,5	8,0	8,5
$\tau_{0,95 \epsilon_{\text{макс}}}$, мкс	4,0	2,8	2,0
$\tau_{0,5 \epsilon_{\text{макс}}}$, мкс	6,3	4,8	3,7

ненных" треков от первых импульсов /до 7 штук/, среди которых необходимо выделить трек, полученный в режиме запоминания. На рис. 2 приведена фотография одного из событий, зарегистрированного ИК в режиме запоминания в этом эксперименте.

Надо заметить, что треки, инициируемые в ИК импульсами "запоминания", имели синий цвет, а треки, которые наблюдались после подачи еще и "регистрирующего" импульса, имели цвет розовый независимо от величины "регистрирующего" импульса и его задержки. Наблюдаемое спектральное различие было использовано, чтобы ослабить яркость треков от первого импульса и не фиксировать их на киноплёнке. С этой целью перед объективом киноаппарата помещались различные светофильтры. Однако светофильтры не помогли убрать с киноплёнки треки от импульсов "запоминания". По-видимому, спектры излучения при разрядах от первого и второго высоковольтных импульсов перекрываются.

На рис. 3 приведена зависимость эффективности описываемых ИК, работающих в режиме запоминания, от угла, который образует регистрируемая частица с направлением электричес-

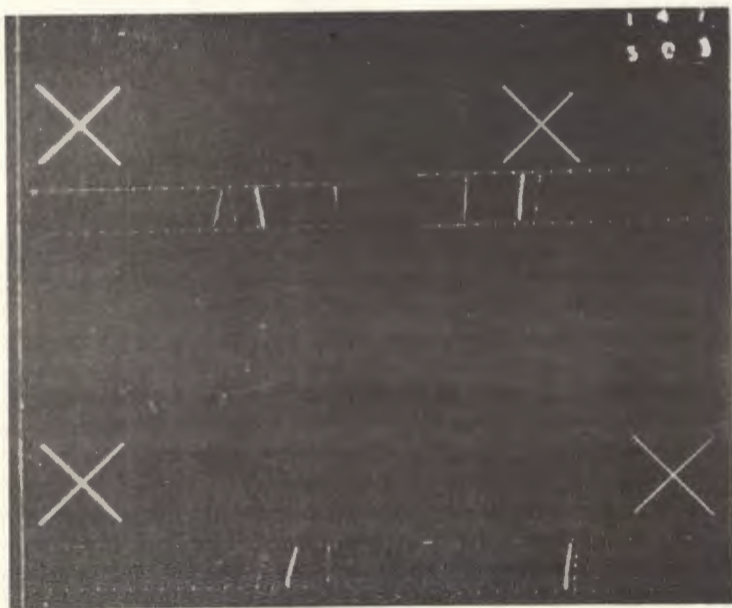
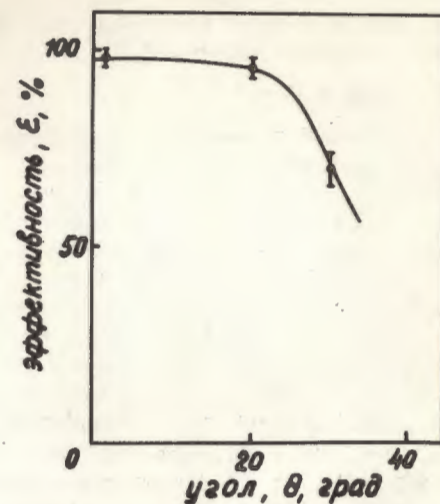


Рис. 2. Фотография треков с двух ИК, работающих в режиме запоминания: нечеткие треки вызваны только первым запуском. Кроме треков на фотографии видны изображения реперных сеток и крестов.

Рис. 3. Зависимость эффективности ИК от угла, который составляют проходящие частицы с направлением электрического поля в камере.

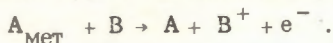


кого поля камер. Хотя треки в ИК наблюдались при углах до 45° , эффективность регистрации частиц, проходящих через камеры под большими углами, невелика. Если при угле в 20° она около 100%, то при угле в 30° - $70 \pm 4\%$.

Во время эксперимента по наблюдению реакции $\pi^-p \rightarrow \mu^+\mu^-n$ было обнаружено, что если в начале экспозиции эффективность данных ИК в режиме запоминания близка к 100%, то по прошествии 12 ÷ 15 часов непрерывной работы она снижается до $30 \pm 40\%$. Этот неприятный эффект, по-видимому, связан с тем, что величина первого высоковольтного импульса для ИК находится вблизи его порогового значения, а газ в камерах быстро портится. Скорость продува оказалась недостаточной, чтобы справиться с этим загрязнением. Увеличение скорости продува приводило к нарушению плоскостности электродов ИК, так как один из них сделан из алюминиевой фольги. Заметно увеличить амплитуду первого высоковольтного импульса было также нельзя, так как это увеличивало яркость треков от первого импульса.

В настоящее время механизм, посредством которого происходит запоминание треков, не совсем ясен. Михайлов и Ильин, впервые применившие метод двух высоковольтных импульсов для регистрации треков частиц в широкоазорных искровых камерах при временах задержки до $80 \text{ мкс}^{1/4}$, объясняли это явление амбиполярной диффузией. В более поздних работах⁵⁻⁷ запоминание на времена до 1 мс связывали с метастабильными атомами, образующимися после подачи на ИК первого высоковольтного импульса. Одним из процессов,

ведущих к снятию возбуждения с метастабильных атомов, является эффект Пеннинга^{/9/}:



Эта реакция возможна, когда энергия возбуждения метастабильного состояния атома А больше, чем потенциал ионизации атома В. Образующиеся в результате свободные электроны, действительно, могут инициировать повторный разряд в камере при подаче второго высоковольтного импульса.

Для газовой смеси 94,8% Ne, 5% Ar и 0,2% CH₄ только метастабильные атомы Ne, сталкиваясь с атомами Ar, могут в результате эффекта Пеннинга образовывать свободные электроны. Но расчеты показывают^{/10,11/}, что время жизни метастабильных атомов неона в такой газовой смеси составляет несколько десятков нс. По-видимому, в нашем случае механизм запоминания в ИК, действительно, связан с амбиполярной диффузией, так как нами наблюдалось запоминание треков на времена от 10 до 900 мкс. Оценки, сделанные в работе^{/11/}, дают для времени, в течение которого после пробоя в камере может иметь место амбиполярная диффузия, величину до 1 с.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Л.Л.Неменова за постоянную поддержку работы, Б.Ж.Залиханова, А.А.Тяпкина и Д.М.Хазинса за плодотворные и полезные обсуждения, А.В.Купцова за разработку и изготовление вспомогательной электронной аппаратуры, В.П.Куручкина за помощь в обработке результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демьянов А.В. и др. ОИЯИ, 13-7683, Дубна; 1974.
2. Ализаде В.В., Демьянов А.В., Хазинс Д.М. ПТЭ, 1975, №4, с.33.
3. Дайон М.И. и др. Искровая камера, Атомиздат, М., 1967.
4. Михайлов В.А., Ильин Н.С. ПТЭ, 1969, №3, с.209.
5. Eckardt V. Preprint DESY, 70/60/1970/; Lett. Nuovo Cim., 1971, 1, p.957.
6. Piccolo M., Ronga F. Nucl. Instr. and Meth., 1972, 98, No.3, p.455.
7. Asatiani T.I. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1973, 106, No.2, p.333.
8. Громова И.И. и др. ПТЭ, 1965, №1, с.64.
9. Penning F.M. Z.Phys., 1927, 46, p.335; Physica, 1934, 1, p.1028.
10. Вишняков В.В., Тан Сяо-вей, Тяпкин А.А. УФН, 1960, LXXII, №1, с.133.
11. Miyamoto S. Nuovo Cimento, 1963, XXVII, No.6, p.1325.

Рукопись поступила в издательский отдел

1 августа 1979 года.