

29/11-71

3-175
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

P 13-5828

2542/2-71



5828

О. А. Займидорога, Ю. И. Иваньшин, Л. П. Черненко

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ВРЕМЕННЫЕ
СВОЙСТВА ИСКРОВОЙ КАМЕРЫ,
НАПОЛНЯЕМОЙ ГЕЛИЕМ
И СМЕСЬЮ ГЕЛИЯ С ВОДОРОДОМ

1971

P 13-5828

О.А. Займидорога, Ю.И. Иваньшин, Л.П. Черненко

**ВРЕМЕННЫЕ
СВОЙСТВА ИСКРОВОЙ КАМЕРЫ,
НАПОЛНЯЕМОЙ ГЕЛИЕМ
И СМЕСЬЮ ГЕЛИЯ С ВОДОРОДОМ**

Направлено в ПТЭ

В 1963 году Шарпаком^{/1/} была предложена и осуществлена идея "пузырькового годоскопа", в котором траектории заряженных частиц регистрировались по свечению разряда в отдельных пузырьках неона, пропускаемых через вазелиновое масло. Большое практическое значение имело бы осуществление этого принципа регистрации треков частиц в жидком водороде, насыщенном пузырьками гелия. Однако реализация этой идеи наталкивается на ряд трудностей, связанных с сохранением электронов ионизации в пузырьках газообразной смеси гелия и водорода до момента возникновения условий, необходимых для разряда. Одним из возможных путей преодоления этих трудностей является использование больших постоянных электрических полей, обеспечивающих увеличение времени памяти за счёт вторичных процессов.

В связи с этим нами было предпринято изучение временных свойств искровой камеры, наполненной гелием и смесью гелия с водородом, при больших постоянных электрических полях.

Это исследование представляет и самостоятельный интерес в связи с отсутствием экспериментальных данных о времени памяти искровой камеры при подаче на ее электроды постоянного электрического поля большой напряженности.

Известно^{/1,2/}, что в благородных газах при слабых полях эффективно образуются метастабильные атомы, которые способны за счёт ударов

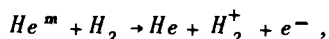
второго рода с атомами примеси, обладающими низким потенциалом ионизации, вызвать появление вторичных электронов. Этот факт находит экспериментальное подтверждение в наблюдении минимума кривой эффективности регистрации частиц камеры в зависимости от величины приложенного электрического поля ^{/2,3,4/}: с увеличением очищающего поля наблюдается спад из-за все более быстрого убирания первичных электронов, а затем - рост эффективности камеры, связанный с нарастанием процесса образования метастабильных атомов.

Поэтому в области больших постоянных электрических полей можно надеяться на увеличение времени памяти за счёт интенсивного образования метастабильных атомов и последующих вторичных процессов, приводящих к эффективному возникновению электронов. По этой причине метастабильные атомы могут служить в пузырьках малого размера носителями памяти ионизации. Это особенно важно, поскольку в пузырьках малого размера невозможно использовать первичные электроны для развития искрового разряда вследствие выхода их из пузырьков во время нарастания высоковольтного импульса.

Работа искровых камер, наполненных смесью гелия с водородом, существенно отличается от работы камер с наполнением типа Пеннинга, где эффективно действует механизм памяти за счёт разрядки метастабильных атомов. Отличие связано с тем, что низкие уровни возбуждения молекул водорода должны приводить к уменьшению вероятности образования метастабильных атомов гелия. Кроме того, при соударениях метастабильных атомов гелия с молекулами водорода процесс ионизации молекулы водорода с образованием электрона будет одним из возможных каналов наряду с процессом диссоциации молекул водорода.

В области больших постоянных электрических полей росту плотности электронов могут способствовать дополнительные процессы, идущие при участии возбужденных атомов гелия $He^* + He \rightarrow He + He^+ + e^-$ и протекающие за характерное время 10^{-9} сек ^{/5/}.

Так, экспериментально наблюдалось значительное увеличение ионизации при $E = 5$ в (см. мм. рт. ст.)⁻¹ при добавлении к гелию лишь 10⁻²% водорода /6/. Поэтому в области больших постоянных электрических полей возможен процесс



который может привести к увеличению времени памяти искровой камеры.

Методика

Изучение временных свойств искровой камеры, наполняемой гелием, а затем смесью гелия с водородом, было выполнено с помощью двухзазорной камеры с величиной зазора 0,5 см и площадью электродов 50 см². Были приняты специальные меры для уменьшения возможности возникновения ложных разрядов у краев электродов.

Перед наполнением камера откачивалась до давления 2.10⁻³ мм.рт.ст. и трижды промывалась гелием. Идентичность условий после каждого наполнения контролировалась по порогу возникновения самостоятельного разряда при подаче электрического поля на электроды камеры.

Космические частицы, проходящие через объем камеры, регистрировались телескопом из двух сцинтилляционных счётчиков, включенных на совпадения.

Высоковольтный импульс формировался воздушным разрядником. Емкость камеры вместе с кабелем питания не превышала 150 пф. Полная задержка высоковольтного импульса с момента прохождения частицы до полного формирования импульса составляла 360 нсек. Электроды камеры имели электрическую развязку для устранения взаимного влияния разрядов в промежутках. По данным наблюдения вычислялась эффективность регистрации промежутка в зависимости от величины постоянного электрического поля и задержки импульса.

Экспериментальный результат и обсуждение

В связи с тем, что временные свойства искровой камеры сильно зависят от присутствия в объеме камеры неконтролируемых примесей газа ^{17/}, измерения были проведены в две серии: одна из них проводилась сразу же после наполнения камеры, а другая – спустя 8 часов после наполнения.

Средняя эффективность межэлектродного промежутка измерена в широком диапазоне постоянных электрических полей от 0 до 1400 в для гелия и для гелия с добавкой 1% водорода.

На рис. 1 и 2 представлены данные об эффективности промежутка в зависимости от величины постоянного электрического поля для гелия. Для указанных двух серий измерений из этих данных видно, что в гелии сразу после наполнения камеры не наблюдалось роста эффективности вблизи порога самостоятельного разряда. Небольшое увеличение потенциала постоянного электрического поля приводило к возникновению самостоятельного разряда.

Во второй серии измерений, производившейся спустя 8 часов после заполнения камеры газом, наблюдался рост эффективности и времени памяти камеры. Это объясняется, по-видимому, процессами разрядки метастабильных атомов гелия в результате столкновений с молекулами примесей. Последние в неконтролируемых количествах могли выделяться из стенок камеры. Примеси приводили также к повышению порога самостоятельного разряда.

Результаты измерения эффективности камеры при наполнении гелием с добавкой 1% водорода в зависимости от величины постоянного электрического поля при минимальной задержке высоковольтного импульса представлены на рис. 3. Из этих данных видно, что при напряжении свыше 1250 в наблюдается рост эффективности, достигающий 50% при напряжении 1370 в.

При включении дополнительной задержки высоковольтного импульса на 2 микросекунды эффективность регистрации уменьшается в два раза. На рис. 4 приведены данные о зависимости эффективности регистрации при больших электрических полях от времени задержки импульса.

Для сравнения эффективности регистрации при больших и малых очищающих полях в зависимости от величины задержки высоковольтного импульса была измерена эффективность при 50 в. На рис. 5 представлены эти данные для гелия и смеси гелия с водородом, откуда следует, что в смеси гелия с водородом при поле 50 в эффективность регистрации резко уменьшается при задержке импульса на 0,1 мксек, в то время как при очищающем поле 1390 вольт эффективность регистрации остается на уровне 30% при задержке на 8 мксек.

Из сопоставления данных об эффективности регистрации, полученных для смеси гелия с водородом и для гелия, видно, что зависимость эффективности от величины постоянного электрического поля в гелии с водородом характеризуется ростом эффективности вблизи порога самостоятельного разряда. Кроме того, зависимость эффективности регистрации от задержки высоковольтного импульса для этой смеси свидетельствует о возникновении значительной памяти искровой камеры к следам частиц. При малых электрических полях в гелии с водородом (50 в) такие поля действуют только как очищающие и время памяти в основном обусловлено временем дрейфа электронов.

Рост эффективности регистрации частиц в смеси гелия с водородом при больших электрических полях находится в хорошем качественном согласии с представлением о нарастании процессов разрядки метастабильных атомов гелия при столкновениях с молекулами водорода.

Авторы благодарны А.А. Тяпкину, А.Ф. Писареву, В.В. Вишнякову за полезные обсуждения и В.И. Орехову за помощь в создании установки.

Л и т е р а т у р а

1. G. Charpak. Nucl.Instr.and Meth., 20, 482 (1963).
2. М.И. Дайон и др. Искровая камера, Атомиздат, 1967.
3. F.M. Penning. Z.Phys., 46, 335 (1927); Physica, 1, 1028 (1934).
4. Spark Chamber Symposium. Rev.Scient.Instrum., 32, 480 (1961).
5. Е.А. Дамаскинский и др. ПТЭ, №6, 45 (1964).
6. И.И. Громова и др. ПТЭ, №1, 39 (1964).
7. А.А. Тяпкин. Материалы совещания по бесфильмовым искровым и стримерным камерам. Дубна, 1969 г. Публикация ОИЯИ, 13-4527, Дубна, 1969, стр. 297.
8. W. Kaul, R. Seyfied, P. Tauber. Zs.Naturfor., 18a, 432 (1963).
9. А.Ф. Писарев, В.М. Шешунов. Препринт ОИЯИ, Р13-3570, Дубна, 1967.
10. Н.А. Бургов и др. ПТЭ, №2, 104 (1964).
11. В.В. Вишняков и др. УФН, 72, 133 (1960).

Рукопись поступила в издательский отдел

21 мая 1971 года.

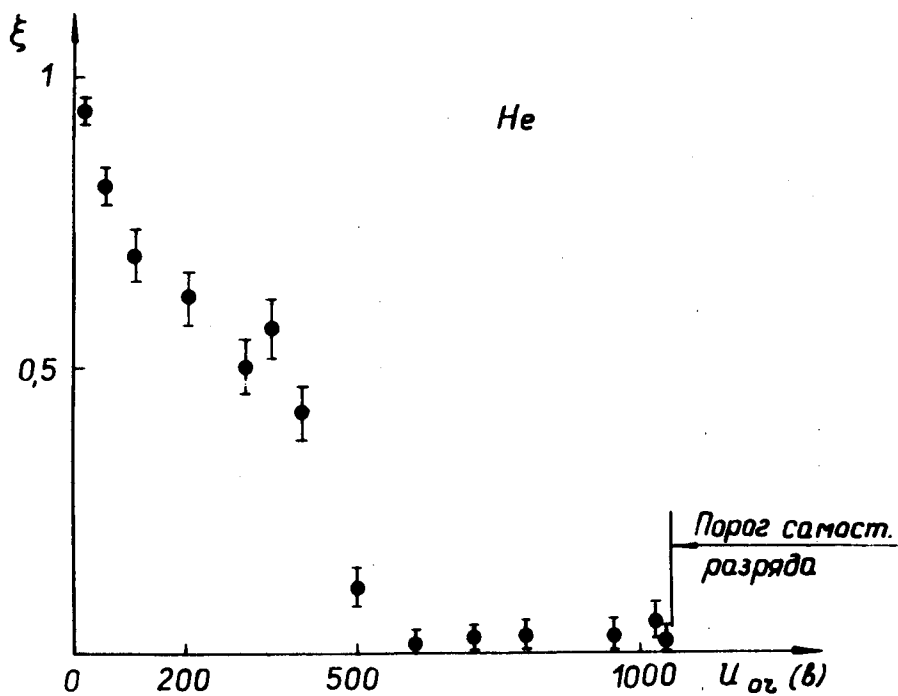


Рис. 1. Зависимость эффективности регистрации частиц ξ от величины очищающего поля $U_{оч}$ для гелия сразу же после заполнения камеры.

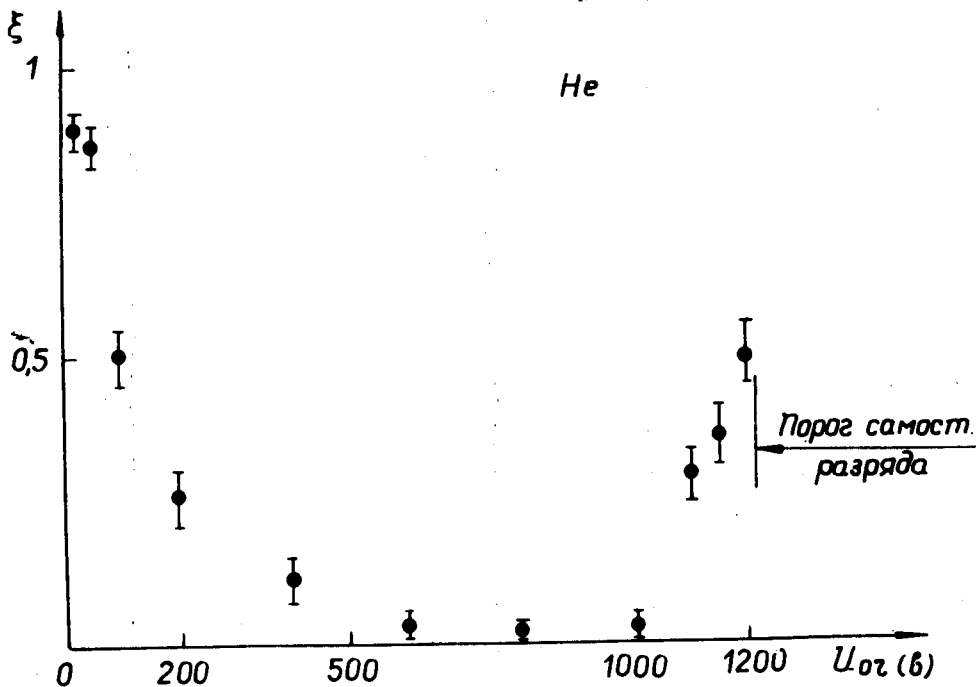


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, но для измерений спустя 8 часов.

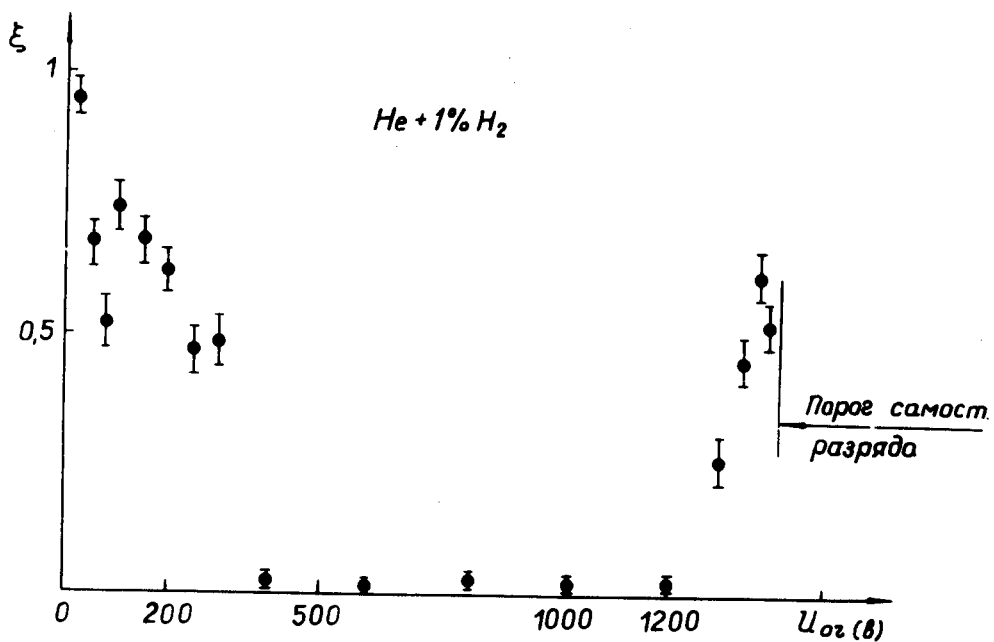


Рис. 3. То же, что и на рис. 1, но для смеси гелия с водородом.

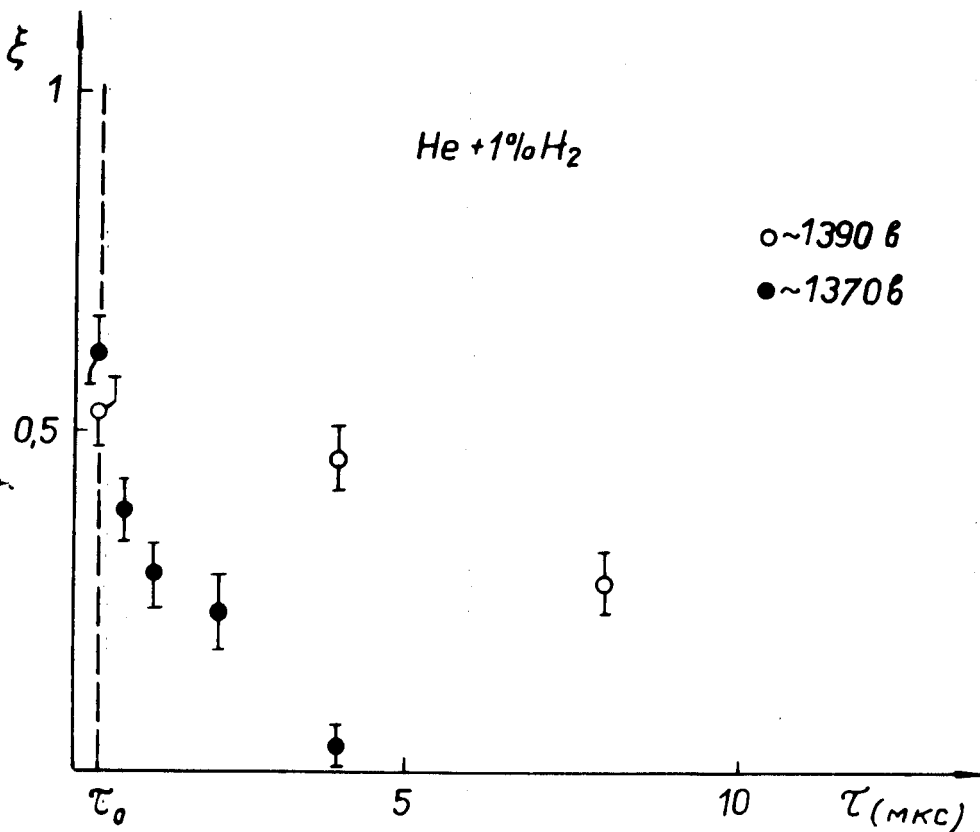


Рис. 4. Зависимость эффективности регистрации частиц ξ от времени задержки τ высоковольтного импульса при $U_{оч} = 1390$ в и $U_{оч} = 1370$ в для смеси гелия с 1% водорода.

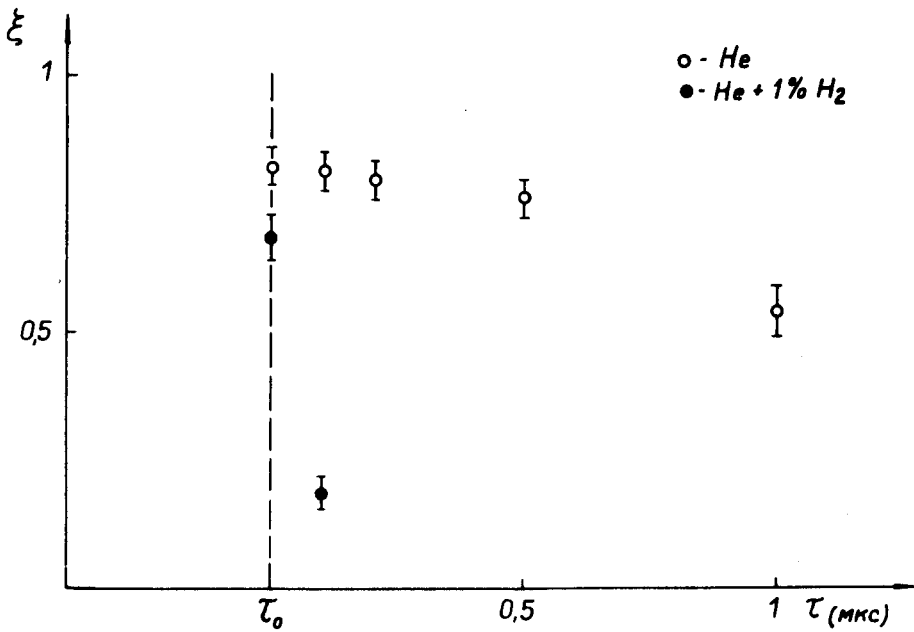


Рис. 5. То же, что и на рис. 4, но при $U_{оч} = 50$ в для гелия и смеси гелия с водородом.