

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

13-84-652

**Л.С.Ажгирей, П.В.Зрелов, М.А.Игнатенко,
Г.В.Мицын**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
С НЕКОТОРЫМИ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ**

1984

ВВЕДЕНИЕ

Выбор состава газового наполнения для пропорциональных камер /ПК/ зависит, в основном, от тех физических требований, которые предъявляются к ним в условиях эксперимента. В большинстве случаев это высокая и стабильная эффективность, хорошие пространственное и временное разрешения. При съеме информации с каждой отдельной сигнальной нити пространственное разрешение определяется расстоянием между проволочками, а временное разрешение и эффективность зависят от коэффициента газового усиления^{/1/}.

Уже в первых работах, касающихся исследования характеристик ПК, наполняемых двухкомпонентными газовыми смесями^{/2-4/}, было найдено, что смеси аргона с изобутаном и аргона с углекислым газом обеспечивают стабильную работу камер с коэффициентом газового усиления до $\sim 10^6$ ^{/1/}. Однако область стабильной работы /величина плато эффективности/ для этих смесей ограничивается напряжением, при котором возникают самопроизвольные разряды между соседними электродами, и часто оказывается недостаточной, особенно в случае камер больших размеров, где трудно добиться эквидистантности между электродами по всей их поверхности. Поэтому наибольшее распространение получила так называемая "магическая" смесь, найденная в процессе исследования двух- и трехкомпонентных газовых смесей^{/2/}. Высокий коэффициент газового усиления / $\sim 10^8$ / и отсутствие самопроизвольных искровых разрядов позволяют получать величину плато эффективности протяженностью в несколько сот вольт. Обнаруженный для этой смеси эффект "старения" камер из-за полимеризации молекул изобутана на катодных электродах замедляется путем введения в состав смеси метилалля^{/5/}. Однако "магическая" смесь обладает и рядом недостатков, сдерживающих ее применение^{/6/} - присутствие горючего газа изобутана в смеси и неполностью подавленная полимеризация его, вызывающая "загрязнение" электродов камеры^{/6,7/}. Поэтому ведутся поиски других составов газовых смесей, обладающих высоким коэффициентом газового усиления и обеспечивающих стабильную работу ПК.

В работах^{/6-11/} в составе "магической" смеси изобутан заменен на CO_2 , который не подвержен полимеризации, дешевле и безопасен в работе. Эта смесь обладает несколько меньшим коэффициентом газового усиления, что выражается в сокращении длины плато эффективности, однако обеспечивает стабильную работу без самопроизвольных разрядов и без заметного ухудшения характеристик при длительной работе^{/7/}.



В^{/12/} для ПК, работающих в координатном режиме, предлагаются газовые смеси $\text{Ne} + 8\% \text{Ar} + 20\% \text{CO}_2 + 3,5\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и $\text{Ne} + 8\% \text{Ar} + 20\% \text{CO}_2 + 3,5\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ обладающие коэффициентом газового усиления, всего в 2 раза меньшим, чем у "магической" смеси, хорошим временным разрешением и устойчивостью к длительному воздействию облучения. Высокий коэффициент пропорционального газового усиления достигается при добавлении к смеси аргона с углекислым газом нескольких процентов ксенона^{/13/}. Для этих составов смесей улучшение характеристик ПК связано с включением дополнительного механизма ионизации, а именно ионизации атомов примеси возбужденными атомами основной компоненты смеси /механизм Пеннинга/.

Значительное повышение коэффициента газового усиления и, как следствие, улучшение рабочих характеристик достигается в камерах, работающих в самогасящемся стримерном режиме^{/14/}. К сожалению, этот режим работы не удается использовать для ПК с тонкими сигнальными нитями / $\phi \leq 20$ мкм/ и расстоянием между ними 2 мм^{/14/}.

В работе^{/15/} показано, что газовые смеси $\text{Ar} + \text{CH}_4$, $\text{Ar} + \text{C}_2\text{H}_6$ и $\text{Ar} + \text{C}_3\text{H}_8$ с небольшой добавкой фреона - 13V_1 обеспечивают характеристики ПК, аналогичные характеристикам, получаемым с "магической" газовой смесью. Однако предлагаемые смеси обладают теми же недостатками, что и "магическая".

С целью выбора состава "рабочей" газовой смеси для ПК магнитного спектрометра /МАСПИК-2^{/16/}/ были проведены исследования влияния некоторых компонентов вышеупомянутых смесей и наиболее часто применяющихся гасящих добавок на характеристики ПК, результаты которых приводятся в настоящем сообщении.

1. ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЙ

Исследования характеристик ПК проводились на автоматизированном стенде^{/17/} с помощью источника электронов (^{106}Ru). Модуль из двух ПК располагался между двумя мониторными ПК с одной стороны и сцинтилляционным счетчиком с другой, включенными на совпадения. Информация с каждой сигнальной проволоки снималась и передавалась в ЭВМ ЕС-1010 с помощью аппаратуры регистрации информации, разработанной на основе БГИС К405ХП1^{/17,18/}. Порог дискриминации каналов регистрации был установлен 2 мка. Длительность сигнала "запись" составляла 100 нс.

Основные конструктивные параметры ПК, на которых производились измерения, следующие: размер рабочей области 256×256 мм², расстояние между соседними проволочными электродами 5 мм, шаг намотки сигнальных нитей /позолоченная вольфрамовая проволока $\phi 20$ мкм/ 2 мм, шаг намотки нитей высоковольтного электрода /проволока из бериллиевой бронзы $\phi 100$ мкм/ 1 мм.

Рабочая газовая смесь приготавливалась на специальном пульте. Потоки основных газовых компонентов регулировались игольчатыми

натекателями и контролировались ротаметрами, прокалиброванными на определенный газ^{/17/}. Содержание добавок, находящихся в исходном состоянии в жидкой фазе, задавалось путем пропускания контролируемого потока одного из компонентов смеси через добавку и определялось с помощью зависимости давления насыщенных паров от температуры. Концентрация фреона в смеси устанавливалась путем контроля потока аргон-фреоновой смеси с заданной концентрацией компонентов, приготовленной в баллоне высокого давления.

Исследовались эффективность ПК, вклад многопроволочных срабатываний /кластеров/ и шумов в каналах регистрации в зависимости от высокого напряжения. Основным критерием оценки газовой смеси являлась длина плато эффективности. За начало плато принималось напряжение, при котором эффективность превышала 99%, а за конец - то напряжение, при котором средний шум в каналах регистрации превосходил 20 Гц на канал.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

2.1. "Магическая" смесь. С целью получения данных, которые могли бы служить основой для сравнительного анализа характеристик ПК с различными составами газового наполнения, были выполнены измерения с "магической" газовой смесью ($\text{Ar} + 25\% \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{фреон-13V}_1$) при различных концентрациях фреона. На рис.1 представлены полученные зависимости эффективности и шумов от катодного напряжения. Стрелками обозначены точки, соответствующие началу плато эффективности. Увеличение концентрации фреона сдвигает точку начала плато в область больших напряжений, а при концентрации фреона $> 0,7\%$ уже не удается получить эффективность выше 99%, что согласуется с данными работы^{/2/}. На рис.2 показаны зависимости начала и конца плато эффективности от высокого напряжения. Наибольшая длина плато ~ 300 В/ достигается при концентрации фреона в смеси $0,2 \pm 0,3\%$. Сверху область рабочих напряжений ограничивалась шумами, величина которых определялась в основном шумом нескольких каналов $\sim 5\%$ от полного числа каналов/.

2.2. Газовая смесь $\text{Ar} + \text{Ne} + 30\% \text{CO}_2$. На рис.3а представлены зависимости начала и конца плато эффективности, а на рис.3б - длина плато от концентрации неона в смеси. Видно, что добавление $\sim 8\% \text{Ar}$ в смесь неона с углекислым газом сильно сдвигает точку начала плато эффективности в сторону меньших значений напряжений, а дальнейшее увеличение концентрации аргона приводит к расширению плато эффективности, которое достигает величины 250 В при $20 \pm 25\%$ неона. Полученные результаты соответствуют той концентрации Ar в Ne, при которой действие механизма Пеннинга является наиболее сильным, как это можно оценить, следуя

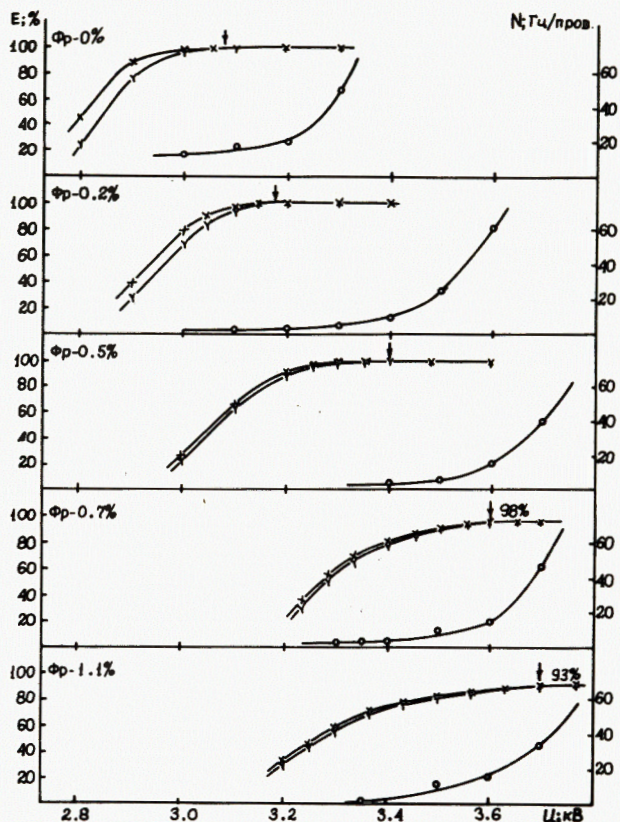


Рис.1. Эффективность и шумы ПК в зависимости от напряжения при различных концентрациях фреона в смеси $Ag + 25\% C_4H_{10}$. x - эффективность "X"-плоскости, y - эффективность "Y"-плоскости.

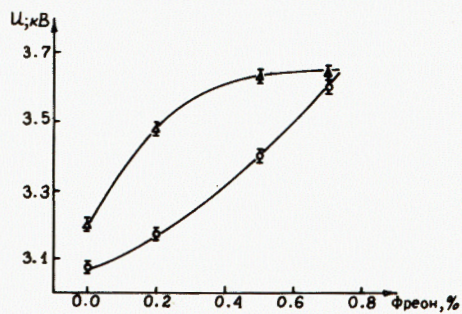


Рис.2. Начало и конец плато эффективности в зависимости от содержания фреона в газовой смеси $Ag + 25\% C_4H_{10}$.

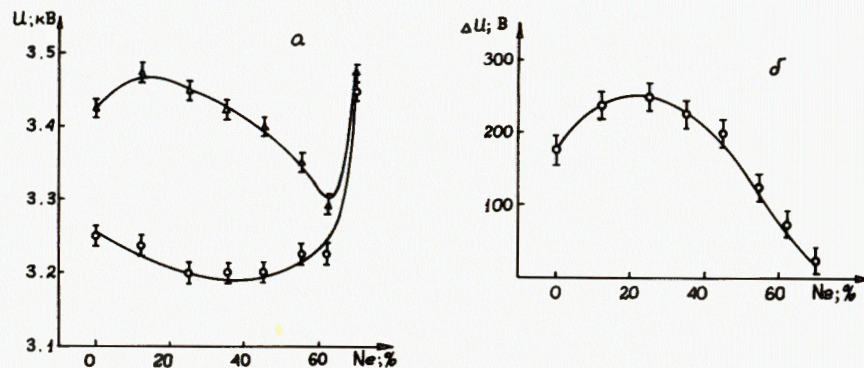


Рис.3. а/ - начало и конец плато эффективности и б/ - длина плато в зависимости от концентрации неона в газовой смеси $Ag + Ne + 30\% CO_2$.

работе ^{/19/}. Характерное время для процесса ионизации аргона возбужденными атомами неона τ есть $\tau = \frac{\lambda}{v} = \frac{1}{N \cdot \sigma \cdot v}$, где v - относительная скорость атомов Ne и Ar ($\sim 7 \cdot 10^4$ см/с), λ - длина свободного пробега возбужденных метастабильных атомов Ne до взаимодействия, при котором происходит ионизация атомов Ar, N - число атомов Ar в 1 см^3 ($2,7 \cdot 10^9 \cdot P$ (мм рт.ст.)/760), $\sigma = 2,9 + 0,25 \cdot 10^{-18} \text{ см}^2$ - сечение ионизации атомов Ar возбужденными атомами Ne. С другой стороны, процесс газового усиления вблизи анодной нити в ПК протекает за время нескольких нс ^{/1/}. Отсюда следует, что концентрация Ar в смеси с Ne должна быть $\sim 30\%$.

Следует отметить, что во время измерений при всех соотношениях компонентов в конце плато эффективности наблюдались самопроизвольные искровые разряды между соседними электродами. Добавка в лучшую, с нашей точки зрения, смесь $Ag + 25\% Ne + 30\% CO_2 + 0,1\% \text{ фреона-13B}_1$ полностью устранила искрообразование, однако при этом величина плато сократилась до 100В, причем точка начала плато сместилась в сторону больших значений напряжений почти на 200В.

2.3. Газовая смесь $Ag + 30\% CO_2 + \text{фреон-13B}_1$. Исследования влияния концентрации CO_2 в смеси с Ar на характеристики ПК описаны в работах ^{/2,3/}. Поэтому в настоящей работе изучалось только влияние добавки фреона-13B₁. Измерения проводились на смеси $Ag + 30\% CO_2$, для которой достигается наилучшее временное разрешение ^{/20/}. На рис.4а представлены зависимости начала и конца плато эффективности, а на рис.4б - величина эффективности на плато в зависимости от концентрации фреона в смеси. Как и в случае "магической" смеси, увеличение концентрации фреона приводит к сдвигу плато эффективности в область больших напряжений, а при

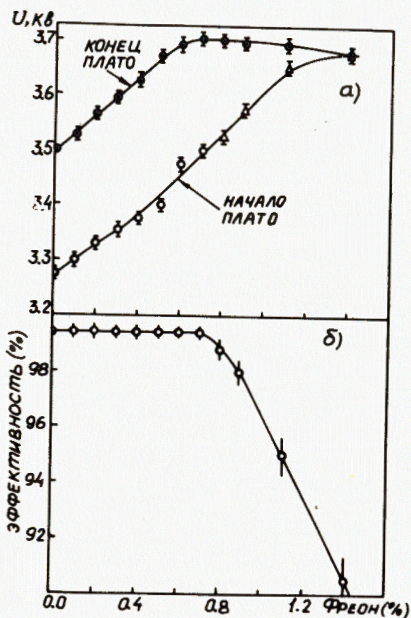
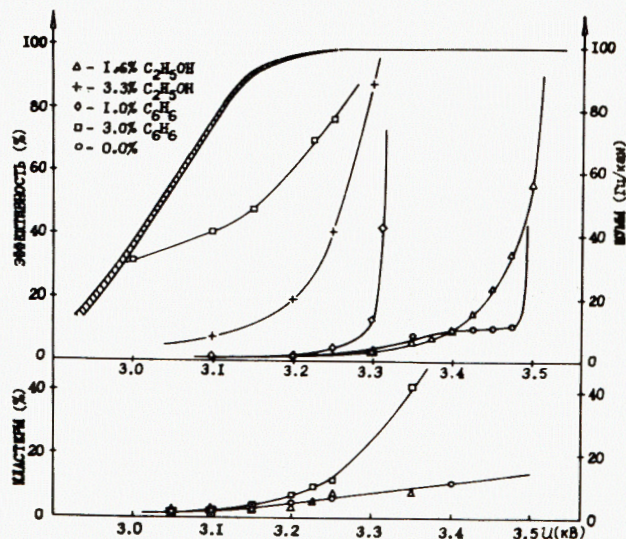


Рис.4. а/ - начало и конец плато эффективности и б/ - величина эффективности на плато в зависимости от содержания фреона-13В₁ в газовой смеси Аг + 30% СО₂. Треугольниками на рисунке а/ отмечены напряжения выхода эффективности на плато, когда значения эффективности меньше 99%.

Рис.5. Эффективность, шумы и количество двойных кластеров в зависимости от напряжения при различных концентрациях этилового спирта и бензола в смеси Аг + 30% СО₂ + 0,2% фреона-13В₁.



концентрациях 0,8% и выше не удается получить эффективность более 99%. Предпочтительной является концентрация фреона 0,1±0,2%, позволяющая работать при меньших значениях напряжения.

Для газовой смеси Аг + 30% СО₂ + 0,2% СF₃ Вг было исследовано влияние на характеристики ПК паров некоторых наиболее часто при-

меняющихся гасящих добавок: бензола, этилового и изопропилового спиртов. На рис.5 показаны результаты, полученные при различных концентрациях паров этилового спирта и бензола. Как видно из рисунка, концентрация гасящих примесей в пределах ~3,5% практически не сказывается на величине напряжения, при котором эффективность выходит на плато, однако существенно влияет на шумы ПК. Кроме того, присутствие паров бензола и изопропилового спирта приводит к увеличению числа двойных кластеров, что связано с возрастанием подвижности электронов в этих смесях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные результаты, приведенные в настоящем сообщении, показывают, что хорошие характеристики ПК обеспечивают смеси Ne + Ag + 30% СО₂ и Ag + 30% СО₂ + фреон-13В₁. Для смеси Ne + Ag + 30% СО₂ наблюдается улучшение характеристик при увеличении концентрации аргона из-за действия механизма Пеннинга. Наибольшая длина плато эффективности достигается для концентраций Ag + 25% Ne + 30% СО₂. Однако при всех соотношениях Ag и Ne в конце плато в камере возникают самопроизвольные искровые разряды. Газовая смесь Ag + 30% СО₂ + фреон-13В₁ является более предпочтительной в качестве рабочей. По длине плато эффективности она не уступает предыдущей смеси, в ней не возникают самопроизвольные искровые разряды даже при значительных пере-напряжениях, и эта смесь является более дешевой. Введение гасящих добавок бензола, этилового и изопропилового спиртов приводит к сокращению рабочей области напряжений из-за роста шумов в каналах регистрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sauli F. CERN, 77-09, Geneva, 1977.
2. Bouclier R. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1970, vol.80, p.13.
3. Charpak G. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1970, vol.88, p.149.
4. Atac M., Lach J. Nucl.Instr.and Meth., 1970, vol.86, p.173.
5. Charpak G. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1972, vol.99, p.279.
6. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-80-464, Дубна, 1980.
7. Bozzo M. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1980, vol.178, p.77.
8. Cunningham R.A. et al. In: Proc.Int-Conf.on Instr. for High Energy Phys., Frascati, 1973, p.298.
9. Burns K.V. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1973, vol.106, p.171.
10. Stetz A.V. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1974, vol.120, p.17.
11. Инякин В.А. и др. Препринт ИФВЭ, СЭФ 74-140, Серпухов, 1974.

12. Грошев В.Р., Онучин А.П. В кн.: Пропорциональные и дрейфовые камеры. ОИЯИ, Дубна, 1975, с.120.
13. Fuzesy R.Z. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1972, vol.100, p.267.
14. Алексеев Г.Д., Круглов В.В., Хазинс Д.М. ЭЧАЯ, 1982, т.13, вып.3, с.703.
15. Koori N. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1984, vol.220, p.453.
16. Ажгирей Л.С. и др. В кн.: Труды Совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. ОИЯИ, Д2-82-568, Дубна, 1982, с.83-91.
17. Ажгирей Л.С. и др. ОИЯИ, 10-83-868, Дубна, 1983.
18. Акимова Г.Ф. и др. ОИЯИ, 13-84-308, Дубна, 1984.
19. Miyamoto S. Nuovo Cim., 1963, vol.6, p.445.
20. Глебов В.Ю., Зеленский А.Н. В кн.: Пропорциональные камеры. ОИЯИ, Дубна, 1973, с.85.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 сентября 1984 года.

Ажгирей Л.С. и др.

13-84-652

Исследование характеристик пропорциональных камер
с некоторыми газовыми смесями

Приведены результаты экспериментальных исследований эффективности, шумов и многопроволочных срабатываний пропорциональной камеры при наполнении ее газовыми смесями: $Ar + Ne + 30\% CO_2$ при различных пропорциях Ar и Ne в смеси и $Ar + 30\% CO_2 + \text{фреон-13B}_1$ при варьировании содержания фреона. При увеличении концентрации Ar в смеси с $Ne + 30\% CO_2$ наблюдается улучшение характеристик благодаря действию механизма Пеннинга. Получена зависимость величины эффективности на плато от содержания фреона в смеси $Ar + 30\% CO_2 + \text{фреон-13B}_1$. Исследовано влияние добавок бензола, этилового и изопропилового спиртов на величину шумов камеры.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Azhgirej L.S. et al.

13-84-652

Investigation of Characteristics of Proportional Chambers
Filled with Some Gaseous Mixtures

The results of experimental investigation of the efficiency, noises and clusters in the proportional chamber filled with argon+neon+30% CO_2 at different argon and neon concentrations, and with argon+ 30% $CO_2 + \text{freon-13B}_1$ at different freon concentrations are given. The proportional chamber characteristics are improved due to Penning's effect as the argon concentration in argon+neon+30% CO_2 gas mixture is increased. The dependence of the efficiency in the plateau against freon concentration in argon+30% $CO_2 + \text{freon-13B}_1$ gas mixture is obtained. The influence of benzene, isopropyl and ethyl alcohol additions on the chamber noise rate is investigated.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984