

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

13-85-614

Ю.В.Заневский, С.А.Мовчан, В.Д.Пешехонов,
Л.П.Смыков *

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
МНОГОПРОВОЛОЧНОЙ КАМЕРЫ
С КСЕНОНЫМ НАПОЛНЕНИЕМ
ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ

* Физико-технический институт АН ТаджССР,
Душанбе

1985

ВВЕДЕНИЕ

Многопроволочные пропорциональные камеры /МПК/, работающие при больших давлениях Хе в качестве рабочего газа, часто используются для решения научно-исследовательских и прикладных задач. На основе такого типа детекторов созданы гамма-камера для медицинской диагностики^{1,2}, линейный счетчик для кристаллографических исследований³ и ряд других приборов. Применение МПК высокого давления позволяет существенно упростить съем координатной информации по сравнению с традиционным сцинтилляционным методом, сохранив при этом приемлемое энергетическое разрешение. Получение достаточно высокой эффективности регистрации γ -квантов с энергией до $100 \div 150$ кэВ диктует необходимость повышать давление Хе /или смеси на его основе/ до десятков атмосфер. Однако при таких давлениях возникают определенные трудности, накладывающие ограничения на максимально возможное давление Хе в камере.

В настоящей работе исследовалась возможность создания позиционно чувствительного детектора для регистрации γ -квантов с энергией до $100 \div 150$ кэВ, работающего на смеси Хе + СН₄ при высоком давлении.

1. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА

Детектор представляет собой пропорциональную камеру с дрейфовым промежутком, помещенную в бокс, давление в котором можно менять в пределах от 0 до 35 ат. Ширина дрейфового промежутка 20 мм, межплоскостные расстояния в камере 5 мм. Анод намотан проволокой 20 мкм с шагом 4 мм, катоды - проволокой 50 мкм с шагом 1 мм. Размеры рабочего окна МПК 80x 260 мм². Входное окно бокса выполнено из стеклотекстолита толщиной 5 мм /при данной толщине коэффициент поглощения γ -квантов с энергией 60 кэВ не превышает 0,15/, стрела прогиба которого при $p = 20$ ат равна 0,6 мм. Координатная информация снималась с нижнего катода при помощи линии задержки маломушьякими усилителями⁴ с приведенными ко входу шумами 10 мкВ.

Измерения проводились при заполнении детектора смесями Ag + СН₄, Хе + СН₄, для получения которых использовались аргон и ксенон высокой чистоты, количество примесей в метане не превышало 0,01%. Специальные меры по очистке газов не предпринимались.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Определение коэффициента газового усиления смеси $\text{Xe} + \text{CH}_4$ /90 + 10/ при различных давлениях проводилось с помощью α -источника Po^{210} и γ -источника Am^{241} /59,6 кэВ/. Было обнаружено, что начиная с 10 ÷ 12 ат возможно получение СГС-режима для данной смеси. При этом отчетливо наблюдалась переходная область от режима ограниченной пропорциональности к СГС-режиму как для α -частиц, так и для γ -квантов. Сигналы в СГС-режиме имели малый амплитудный разброс и по длительности не превышали длительность сигналов, относящихся к пропорциональному режиму. На рис. 1 показана зависимость амплитуды анодного сигнала в переходной области от давления. Видно, что при $P = 25$ ат амплитуда анодного сигнала в СГС-режиме в 60 раз больше, чем в области ограниченной пропорциональности. Следует отметить, что во всем диапазоне давлений не было получено устойчивого СГС-режима. Одновременно наблюдались сигналы как в СГС, так и в пропорциональном режиме. В качестве примера на рис. 2 показан процент перевода событий из пропорционального в СГС-режим. Зависимость газового усиления от напряженности поля на поверхности анодной проволоки при определенных давлениях дана на рис. 3. В каждом случае максимальный коэффициент газового усиления соответствует началу СГС-режима.

Энергетическое разрешение ($\Delta E/E$) детектора измерялось при энергии γ -квантов 59,6 кэВ (Am^{241}) с помощью зарядочувствительного преобразователя /постоянные интегрирования и дифференцирования в формирующем усилителе равны 2 мкс/. Анодное напряжение уста-

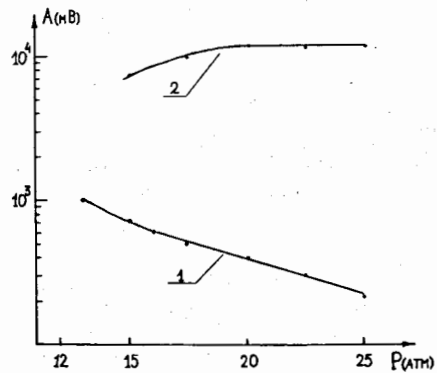


Рис. 1. Зависимость амплитуды анодного сигнала от давления в переходной области. Кривая 1 соответствует режиму ограниченной пропорциональности, кривая 2 - СГС-режиму. Данные получены при коэффициенте перевода в СГС-режим, равном 5%. $E_\gamma = 59,6$ кэВ. Шумы анодного усилителя 20 мВ.

Рис. 2. Зависимость процента перевода событий из режима ограниченной пропорциональности в СГС-режим от величины анодного напряжения. Давление смеси $\text{Xe} + \text{CH}_4$ /90+10/ в детекторе равно 15 ат, $E_\gamma = 59,6$ кэВ.

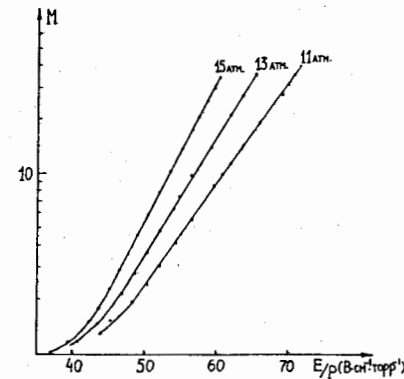
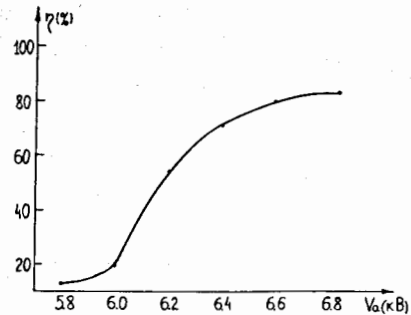


Рис. 3. Кривые газового усиления детектора при различных давлениях смеси $\text{Xe} + \text{CH}_4$ /90+10/, полученные с помощью α -источника Po^{210} .

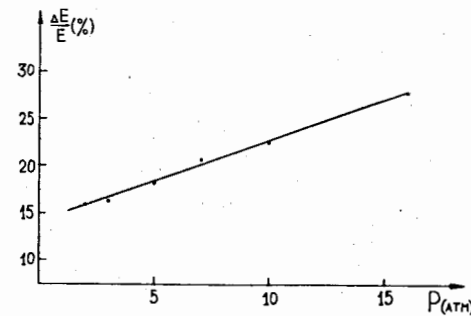


Рис. 4. Зависимость энергетического разрешения детектора от давления при различных процентах добавки метана к аргону. Кривая 1 - 40%, 2 - 24%, 3 - 6%, 4 - 3%.

навливалось такое, чтобы детектор работал заведомо в пропорциональном режиме. На рис. 4 и 5 приведены зависимости энергетического разрешения от давления для смесей $\text{Ar} + \text{CH}_4$ и $\text{Xe} + \text{CH}_4$ соответственно. Процент добавки метана в Xe выбирался из следующих соображений: большое количество CH_4 невыгодно из-за ухудшения энергетического разрешения и уменьшения эффективности регистрации γ -квантов; при маленьком проценте добавки метана работа МПК становится нестабильной из-за появления послеимпульсов, свя-

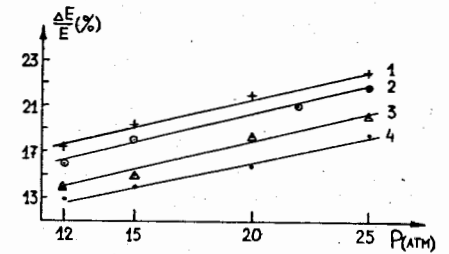
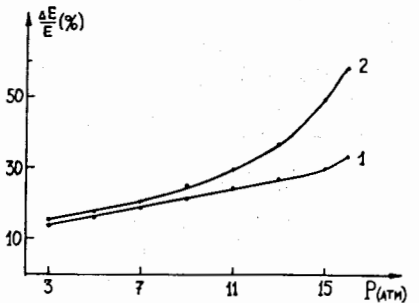


Рис. 5. Зависимость энергетического разрешения детектора от давления для смеси $\text{Xe} + \text{CH}_4$ /90 + 10/.

Рис. 6. Зависимость энергетического разрешения детектора для смеси $\text{Xe} + \text{CH}_4$ /90+10/ от давления при различных отношениях сигнал/шум катодных сигналов. Отношение сигнал/шум для кривой 1 равно 5, для кривой 2 - 10, $E_\gamma = 59,6$ кэВ.



занных с фотоэффектом на катодах. /Полосы поглощения CH_4 и спектр испускания атомов Хе почти не перекрываются, вследствие чего при большом газовом усилении фотоэффект на катодах становится существен/. Оптимальный процент добавки CH_4 в Хе составляет $6 \pm 10\%$.

Так как в детекторе применяется катодное считывание координатной информации с линии задержки, исследовалась взаимосвязь величины энергетического разрешения и амплитуды катодных сигналов. Из рис.6 следует, что с увеличением давления трудно получить хорошее энергетическое разрешение при больших отношениях сигнал/шум с катода.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наблюдаемое уменьшение величины анодного сигнала с ростом давления в детекторе связано с двумя факторами: уменьшением коэффициента газового усиления и снижением скорости дрейфа положительных ионов. Согласно данным, полученным в ^{5/}, для чистого Хе коэффициент усиления менялся примерно на порядок в диапазоне от 2 до 20 ат. В нашем случае, поскольку измеряется амплитуда наведенного сигнала с помощью усилителя с постоянной дифференцирования $20 \div 30$ нс, величина анодного сигнала линейно зависит от скорости дрейфа положительных ионов, и, следовательно, линейно уменьшается при уменьшении напряженности E/p около анодной проволоки. Например, E/p для давлений 3 и 15 ат составляет величину 130 и $62 \text{ В}\cdot\text{см}^{-1}\cdot\text{торр}^{-1}$ соответственно, что приводит к уменьшению амплитуды наведенного сигнала в 2 раза. В связи с тем, что величина катодного сигнала примерно в 5 раз меньше анодного, при давлении 25 ат амплитуда наведенного на катод сигнала не превышает 50 мВ /при уровне шумов 20 мВ/. Для получения координатной информации такая низкая величина отношения сигнал/шум = 2,5 является явно недостаточной. Этот недостаток может быть преодолен при использовании СГС-режима при давлениях $20 \div 30$ ат. Однако в этом случае мы полностью теряем энергетическое разрешение. Переход в СГС-режим происходит при критическом заряде около анодной проволоки, равном $1 \div 2$ пКл /из рис.3/, величина которого достаточно близка к значениям, полученным в работе ^{6/}.

Как видно из рис.4, энергетическое разрешение смеси $\text{Ar} + \text{CH}_4$ растет вне зависимости от процента добавки метана с ростом давления газа. Аналогичное возрастание было обнаружено ^{7/} в диапазоне давлений от 10 до 100 ат. В отличие от работы при нормальном давлении в нашем случае процент метана может быть снижен без ухудшения остальных параметров МПК. Ухудшение энергетического разрешения с повышением процента добавки CH_4 может быть связано как с чистотой метана, так и с изменением величины средней энергии образования пары в смеси $\text{Ar} + \text{CH}_4$. В отличие от выше-

указанной смеси $\text{Xe} + \text{CH}_4$ обладает значительно худшим энергетическим разрешением и более сильной зависимостью $\Delta E/E$ от давления. Наблюдаемую зависимость $\Delta E/E = f(p)$ можно попытаться объяснить на основании результатов работы ^{5/}, в которой показано, что при высоких давлениях происходит рост ионизации из-за вклада электронов, возникающих в результате ионизации атома газа через процесс: $A^* + A = A_2^* + e$, где A^* - атом, находящийся на резонансном уровне возбуждения. Сечение образования двухатомного иона растет с давлением ^{8/}, и если предположить, что флуктуации этого процесса сравнимы с флуктуациями газового усиления детектора, то в результате энергетическое разрешение будет ухудшаться с ростом давления газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, уменьшение коэффициента газового усиления и ухудшение энергетического разрешения с ростом давления смесей на основе Хе накладывает определенные ограничения на максимальное давление смеси в МПК с катодным считыванием. Пропорциональный режим работы ограничен сверху значением давления порядка 20 ат из-за малой величины отношения сигнал/шум для катодных сигналов. В тех случаях, когда энергетическое разрешение не является определяющим параметром, возможна работа детектора в самогасящемся стримерном режиме с коэффициентом перевода в СГС-режим $\approx 80\%$ при давлениях в диапазоне $10 \div 30$ ат.

В заключение выражаем благодарность Ю.Г.Федулову, Н.П.Волкову, В.А.Белякову, А.Е.Московскому, М.Н.Михайловой за помощь в изготовлении детектора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anisimov Yu.S., Cheremukhina G.A., Chernenko S.P. NIM, 1985, A235, p.582.
2. Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, 18-83-907, Дубна, 1983.
3. Заневский Ю.В. и др. ОИЯИ, 18-84-796, Дубна, 1984.
4. Иванов А.Б., Чан Хью Дао. ОИЯИ, P13-84-584, Дубна, 1984.
5. Доходов В.Х., Жуков В.А. ОИЯИ, P13-80-486, Дубна, 1980.
6. Алексеев Г.Д., Круглов В.В., Хазинс Д.М. ЭЧАЯ, 1982, т.13, вып.3.
7. Гребенник В.Г. и др. ОИЯИ, P13--10552, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 августа 1985 года

Заневский Ю.В. и др.

13-85-614

Исследование характеристик многопроволочной камеры с ксеноновым наполнением при высоком давлении

Обсуждается возможность создания позиционно-чувствительного детектора на основе многопроволочной камеры с ксеноновым наполнением при высоком давлении. Показано, что пропорциональный режим работы ограничен сверху значением давления порядка 20 ат. из-за малой величины отношения сигнал/шум для катодных сигналов. В тех случаях, когда энергетическое разрешение не является определяющим параметром, возможна работа детектора в самогасящем стримерном режиме с коэффициентом перевода в СГС-режим 80% событий при давлении в диапазоне от 10 до 30 ат.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Zanevsky Yu.V. et al.

13-85-614

Xe High Pressure Multiwire Chamber
Characteristics Investigation

The possibility of the position-sensitive detector construction based on Xe high pressure multiwire proportional chamber is discussed. It is shown that the proportional regime of this detector is limited up to the pressure of 20 at as a consequence of small cathode signal-noise ratio. In the case when the energy resolution does not matter the detector can work in selfquenching streamer mode. Up to 80% of events can be converted to the SQS mode in the 10 to 30 at Xe pressure range.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985