

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

3 276

13-88-126

Ю.В.Заневский, В.Д.Пешехонов, Л.П.Смыков

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ Ni/SiO_2 АДСОРБЕНТА
ДЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ДИФфуЗНОЙ
ОЧИСТКИ КСЕНОНА И СМЕСИ КСЕНОН-МЕТАН**

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

1988

1. ВВЕДЕНИЕ

Использование ксенона в газовых детекторах, таких, как ионизационные и пропорциональные многопроволочные камеры, пропорциональные счетчики и т.д., работающих при повышенном давлении, позволяет существенно повысить эффективность регистрации гамма-квантов. Однако при более или менее долговременной эксплуатации таких детекторов возникает необходимость в смене рабочего газа вследствие загрязнения ксенона /или смесей на его основе/ электроотрицательными примесями, появляющимися в результате газовой выделения из конструктивных материалов. Увеличение концентрации электроотрицательных примесей /в основном O_2 / приводит к увеличению захвата электронов в процессе их дрейфа к анодам, и, как следствие, к деградации энергетического разрешения и к уменьшению эффективности регистрации. Поэтому для обеспечения стабильной работы необходима очистка ксенона в процессе эксплуатации детектора. Технологические приемы очистки можно разделить на принудительную и диффузную.

При принудительной очистке осуществляется циркуляция ксенона с прокачкой через геттер, поглощающий электроотрицательные примеси. В качестве геттера используют кальциевую стружку, нагретую до температуры $600-750^\circ C$, хромосиликатный адсорбент CrO/SiO_2 , никель-хромовый катализатор Ni/Cr_2O_3 ^{1/}, никель на кизильгуре Ni/SiO_2 ^{2/}, которые позволяют довести уровень содержания электроотрицательных примесей в благородных газах до $10^{-8}-10^{-9}$ по кислороду.

При диффузной очистке геттер размещается непосредственно в газовом объеме детектора. Поэтому нагрев геттера, а следовательно, и применение кальциевой стружки и Ni/Cr_2O_3 исключается. Наиболее подходящим адсорбентом, на наш взгляд, для диффузной очистки является Ni/SiO_2 , обладающий большой емкостью по кислороду - 20 г кислорода на один литр адсорбента при $20^\circ C$ /никель-хромовый катализатор имеет емкость в двадцать раз меньше/.

В настоящей работе исследуется возможность применения адсорбента для диффузной очистки ксенона и ксенон-метановой смеси.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Экспериментальная установка включает в себя детектор, систему газового обеспечения и электронную регистрирующую аппаратуру. На рис.1 показан схематичный разрез детектора, представляющего собой два проволочных пропорциональных счетчика сечением 40×40 мм, длиной 260 мм., размещенных в герметичном боксе. Диаметр анодных нитей 50 мкм. Проволочные электроды /катодные/ намотаны с шагом 1 мм проволокой 50 мкм. Фильтр в контейнере с геттером, который устанавливался на дне бокса, предотвращал попадание микрочастиц Ni/SiO_2 в рабочий объем детектора. Загрузка контейнера с геттером в детектор производилась в атмосфере аргона при помощи специального устройства. После загрузки детектор откачивался до давления $1,5 \times 10^{-2}$ мм.рт.ст. и выдерживался при нем несколько часов, затем заполнялся либо чистым ксеноном, либо смесью ксенон-метан. Исходная концентрация кислорода в ксеноне не превышала 2ppm, в метане - 10ppm.

Регистрирующая аппаратура содержит зарядочувствительный усилитель, формирующий спектрметрический усилитель, многоканальный амплитудный анализатор.

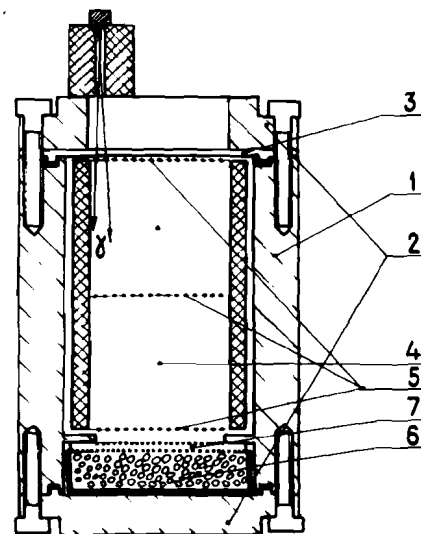


Рис.1. Схематичный разрез детектора. 1, 2 - бокс и прижимные крышки из дюралюминия, 3 - входное окно, 4 - анод, 5 - проволочные катоды, 6 - геттер, 7 - фильтр. Внутренний объем детектора - 1500 см^3 .

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе исследований степень загрязненности ксенона контролировалась по энергетическому разрешению верхнего пропорционального счетчика для коллимированного пучка гамма-квантов с энергией 59,6 кэВ (^{241}Am). С целью увеличения чувствительности определения концентрации электроотрицательных примесей коллиматор располагался на краю детектора так, чтобы пучок

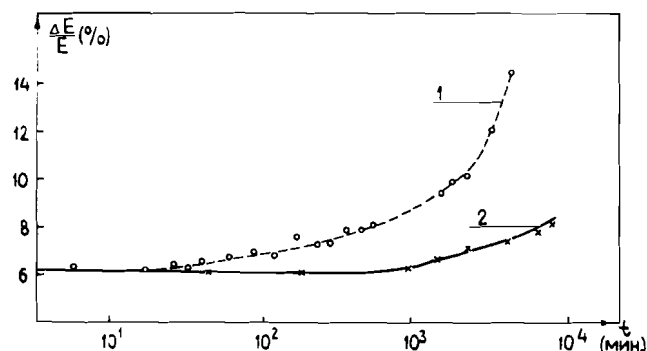


Рис.2. Изменение энергетического разрешения детектора во времени /без геттера/. 1 - детектор наполнялся Хе после сборки на воздухе и выдержке при давлении $1,5 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст. в течение 3 ч, 2 - детектор перезаполнен Хе после двухнедельной работы. Давление 3 атм в обоих случаях.

гамма-квантов проходил через область с минимальной напряженностью электрического поля, где коэффициент прилипания электронов особенно велик. Счетчик работал с коэффициентом газового усиления порядка 70, напряженность электрического поля на расстоянии 2 см от анодной нити не превышала $0,1 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{торр}^{-1}$. Диапазон рабочих напряжений 2500-4500 В.

Ухудшение во времени энергетического разрешения обуславливалось газовыделением из конструктивных материалов детектора /стеклотекстолит, тефлон, дюралюминий/; причем время, через которое энергетическое разрешение значительно ухудшается /например, в полтора раза/, сильно зависит от времени обезгаживания детектора перед заполнением рабочим газом /рис.2/.

Для определения степени влияния кислорода на энергетические разрешения для ксенона и ксенон-метановой /80-20%/ смеси была проведена калибровка разрешения от концентрации воздуха /рис.3/, которая показала, что требование к чистоте газа для ксенон-метановой смеси значительно выше, чем для чистого ксенона. Порог чувствительности в нашем случае равен примерно 70 ppm воздуха /или 13 ppm кислорода/ для давления 3 атм. Добавка метана к ксенону приводит к термализации электронов и, так как сечение захвата электронов обратно пропорционально средней их энергии, - к более эффективному прилипанию их к молекулам кислорода.

Эффективность диффузной очистки определялась следующим образом: в детектор закачивалась смесь, содержащая ксенон /ксе-

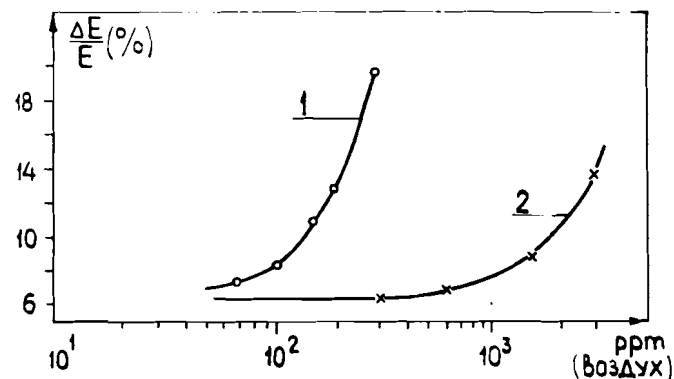


Рис.3. Зависимость энергетического разрешения детектора от концентрации воздуха. 1 - Хе+20% CH₄, 2 - Хе. Давление 3 атм в обоих случаях.

нон-метан 80-20% и 2% воздуха, и исследовалась зависимость энергетического разрешения от времени. Как видно из рис.4, скорость очистки достаточно велика, но с увеличением давления падает. Для смеси Хе+20% CH₄ время очистки существенно /примерно в 4-5 раз/ больше, чем для чистого Хе.

На рис.5 представлены данные по долговременной очистке Хе и Хе+20% CH₄. Разница между энергетическим разрешением при давлении 3 атм. для Хе и Хе+20% CH₄ объясняется наличием "равновесной" концентрации электроотрицательных примесей в газовом объеме /т.е. такой, которая определяется газовыделением из материалов детектора с одной стороны и поглощением примесей геттером с другой при динамическом равновесии/. Как следу-

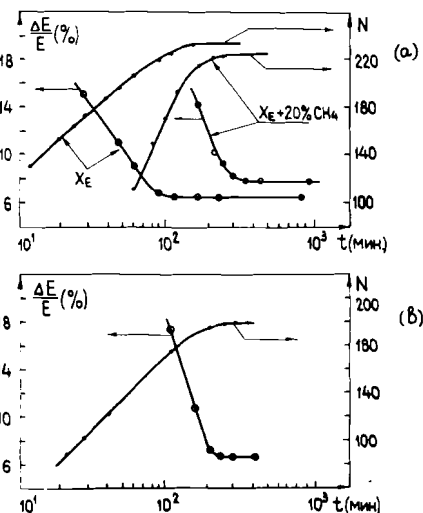


Рис.4. Изменение энергетического разрешения детектора во времени /с геттером/. Начальная концентрация воздуха 2%. N - центр тяжести амплитудного распределения в каналах, объем геттера $20 \times 1,2 \text{ см}^3$, а - давление 1,5 атм, в - чистый Хе, давление 3 атм.

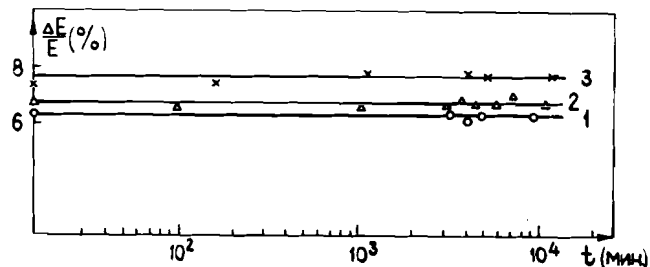


Рис.5. Зависимость энергетического разрешения от времени /с геттером/. Перед началом измерений детектор перезаполнялся после двухнедельной работы. Объем геттера $20 \times 1,2 \text{ см}^3$. 1,2 - чистый Хе, давление 3 и 5 атм соответственно; 3 - Хе+20% CH_4 , давление 3 атм.

ет из калибровочной кривой /рис.3/, "равновесная" концентрация составляет величину примерно 10-15 ppm по кислороду.

Экспериментально установлено, что требуемый объем геттера (V_{Γ}) можно определить по формуле:

$$V_{\Gamma} = 5 \cdot V_0 \cdot \rho_0 \cdot 10^{-3} (\text{см}^3),$$

где V_0 - рабочий объем детектора в см^3 , ρ_0 - давление газа в детекторе в атм.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что диффузная очистка Хе и смесей на его основе с помощью Ni/SiO_2 адсорбента позволяет сохранять в детекторах высокого давления концентрацию электроотрицательных примесей около 10-15 ppm /по кислороду/ в течение длительного времени. Диффузный метод очистки значительно проще принудительного, хотя при необходимости получения предельно низкой концентрации электроотрицательных примесей принудительный метод предпочтительнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш А.С. и др. Препринт ИЯИ АН СССР П-0297, 1983.
2. Барабаш А.С. и др. Препринт ИЯИ АН СССР П-0341, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 февраля 1988 года.

Заневский Ю.В., Пешехонов В.Д., Смыков Л.П. 13-88-126
Исследование возможности применения Ni/SiO_2
адсорбента для долговременной диффузной
очистки ксенона и смеси ксенон-метан

Исследована возможность применения Ni/SiO_2 адсорбента для долговременной очистки ксенона в газовых детекторах при давлении до 5 атм. Проведенные исследования показали, что диффузная очистка ксенона и смесей на его основе с помощью Ni/SiO_2 позволяет сохранять в детекторах высокого давления концентрацию электроотрицательных примесей около 10-15 ppm по кислороду в течение длительного времени. Диффузный метод очистки проще принудительного, хотя для достижения предельно низких уровней содержания электроотрицательных примесей принудительный метод предпочтительнее.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Zanevsky Yu.V., Peshekhonov V.D., Smykov L.P. 13-88-126
Investigation of a Possibility of Application
of Ni/SiO_2 Adsorbent to Long Time Diffusion
Purification of Xenon- and Methan Mixture

The possibility of application of Ni/SiO_2 adsorbent for long duration purification of xenon in gas filled detectors was investigated. It is shown that diffusion purification of xenon and its mixtures by means of Ni/SiO_2 allows to keep the level of electronegative impurities of approx. 10-15 ppm by O_2 during a long time. The method of diffusion purification is simpler than the force purification, though for achievement of very low levels of electronegative impurity content the force method is preferable.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988