

11870

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУЧ.16

Г-79

29/1-79

P13 - 11870

В.Г.Гребинник, В.Х.Додохов, В.А.Жуков,
А.Б.Лазарев, А.А.Ноздрин, В.А.Столупин,
В.И.Травкин

383/2-79

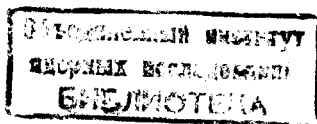
ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЕТЧИКА
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ЗАПОЛНЕННОГО СМЕСЬЮ
АРГОНА И КСЕНОНА,
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

1978

P13 - 11870

В.Г.Гребинник, В.Х.Додохов,* В.А.Жуков,
А.Б.Лазарев, А.А.Ноздрин, В.А.Столупин,
В.И.Травкин

ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО СЧЕТЧИКА
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ЗАПОЛНЕННОГО СМЕСЬЮ
АРГОНА И КСЕНОНА.
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ



* Институт ядерных исследований АН СССР, Москва.

Гребинник В.Г. и др.

P13 - 11870

Исследование пропорционального счетчика высокого давления, заполненного смесью аргона и ксенона, при низких температурах

Исследована работа пропорционального счетчика при давлениях рабочего газа до 100 атм и понижении температуры до 125°К для выявления закономерностей пропорционального размножения электронов при больших плотностях рабочей среды. Рабочее вещество счетчика - аргон и 0,5% ксенона, диаметр катода - 6 мм, анода - 20 мкм. Приводятся амплитудные характеристики прибора. Показано, что для пропорционального счетчика высокого давления при низкой температуре рабочего вещества добавка ксенона в аргон предпочтительнее метана: понижается рабочее напряжение счетчика, улучшается энергетическое разрешение, максимальный коэффициент газового усиления увеличивается (в десятки раз) и не так сильно зависит от температуры.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Grebinnik V.G. et al.

P13 - 11870

Investigation of High Pressure Proportional Counter, Filled with Xenon-Argon Mixture, at Low Temperatures

The performance of a proportional counter at gas pressure up to 100 atm and temperature ranging from room to 125 K is investigated to reveal the gas amplification regularities at high working matter densities. The counter cathode and anode diameters are 6 mm and 20 mkm, respectively, and filling is 95.5% Ar + 0.5% Xe gas mixture. It is found at low temperatures that addition of xenon to argon is preferable compared to methan for the gas proportional counter at high working matter density, because of a higher energy resolution and maximum gas amplification factor increasing (approximately by an order) and its less dependence on temperature.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Исследование условий регистрации частиц в конденсированном аргоне^{/1-3/} показывает, что как для жидкого, так и для твердого аргона характерным является ионизационный режим работы, когда импульс на выходе счетчика обусловлен сбором свободных электронов, возникающих в результате ионизации частицей, проходящей через объем счетчика. Попытки получить пропорциональный режим в счетчике, заполненном жидким аргонном, показали, что при полях $\sim 2 \cdot 10^6$ В/см в счетчике наблюдаются усиленные импульсы с незначительным разбросом по амплитуде^{/1/}. Наблюдаемый эффект указывает на то, что в счетчике отсутствует пропорциональное размножение электронов, но он работает в режиме, напоминающем режим Гейгера-Мюллера с низкой, однако, эффективностью регистрации частиц. Такой резкий переход от ионизационного режима к режиму Гейгера-Мюллера в жидком аргоне можно объяснить большим значением так называемого "второго коэффициента Таунсенда", определяющего эмиссию электронов из катода, которая возникает, как правило, под действием фотонов, испускаемых возбужденными атомами наполняющего счетчик газа.

Как предполагалось^{/1/}, добавление к аргону многоатомного газа, такого как метан, будет приводить к стабилизации процесса размножения электронов в жидкой смеси так же, как это имеет место в газонаполненных счетчиках, через хорошо известные механизмы:

а/ фотоны, испускаемые возбужденными атомами аргона, поглощаются небольшим количеством примеси, молекулы которой при этом либо диссоциируют, либо ионизируются;

б/ метастабильные состояния аргона, которые, испуская гамма-квант, могут вызвать разряд в течение ~ 100 мкс после начальной ионизации, теряют свою энергию в неупругих столкновениях с молекулами примеси;

в/ ионы Ar^+ , попадая на катод, могут приводить к эмиссии электронов, однако при наличии примеси довольно легко передают свой заряд многоатомным молекулам, которые, достигая катода, диссоциируют, не вызывая вторичной эмиссии.

Исследование пропорционального счетчика⁴, заполненного смесью аргона с метаном, при высоких давлениях /до 100 атм./ и низких температурах показывает, однако, что использование смеси аргона с метаном не позволяет существенно повысить плотность рабочей среды счетчика путем снижения температуры с сохранением при этом пропорционального режима. При понижении температуры смеси аргона с метаном максимальный коэффициент размножения резко падает и, например, для смеси $Ar + 20\% CH_4$ при давлении 100 атм и температуре 205 К /что соответствует плотности газа при давлении ~ 200 атм и комнатной температуре/ коэффициент едва превышает 10. Наличие метана /около 0,1%/ в твердой смеси аргона с метаном, используемой в качестве рабочей среды пропорционального счетчика³, также не приводит к стабилизации процесса размножения электронов. Электронные лавины в счетчике наблюдаются при напряжении почти таком же, как и для чистого аргона, при этом энергетический спектр не так ясно выражен, как для твердого аргона.

Ранее, при исследовании счетчиков высокого давления, заполненных смесью аргона с ксеноном^{5,7}, было найдено, что добавление к аргону незначительного количества ксенона /0,5%/ приводит к стабилизации работы счетчика, существенному снижению рабочего напряжения, увеличению максимального коэффициента размножения и улучшению его энергетического разрешения. Изучение процессов ионизации в жидкой смеси аргона с ксеноном⁶ показывает, что амплитуда импульсов от ионизирующей частицы в плоскопараллельной камере растет с увеличением концентрации ксенона в смеси, достигая максимума

при концентрации $\sim 1,6\%$, которая полагалась такой же, как и в конденсируемой газовой смеси. Оцениваемое из этих результатов значение средней энергии образования пары ионов примерно на 18% ниже энергии образования пары в жидком аргоне.

Мы изучали работу пропорционального счетчика /диаметр катода 6 мм, диаметр анода 20 мкм/, который заполнялся смесью аргона и 0,5% ксенона, при высоких /до 100 атм/ давлениях и, одновременно, низких температурах. Интерес представляло выявление закономерностей пропорционального размножения электронов при значительном повышении плотности рабочей среды и выяснение возможности размножения электронов в жидкой смеси аргона с ксеноном.

Полученные при этих условиях амплитудные характеристики счетчика приводятся на рис. 1. Плотности газа при давлениях и температурах 20 атм и 150 К, 50 атм и 178 К, 100 атм и 205 К соответственно равны плот-

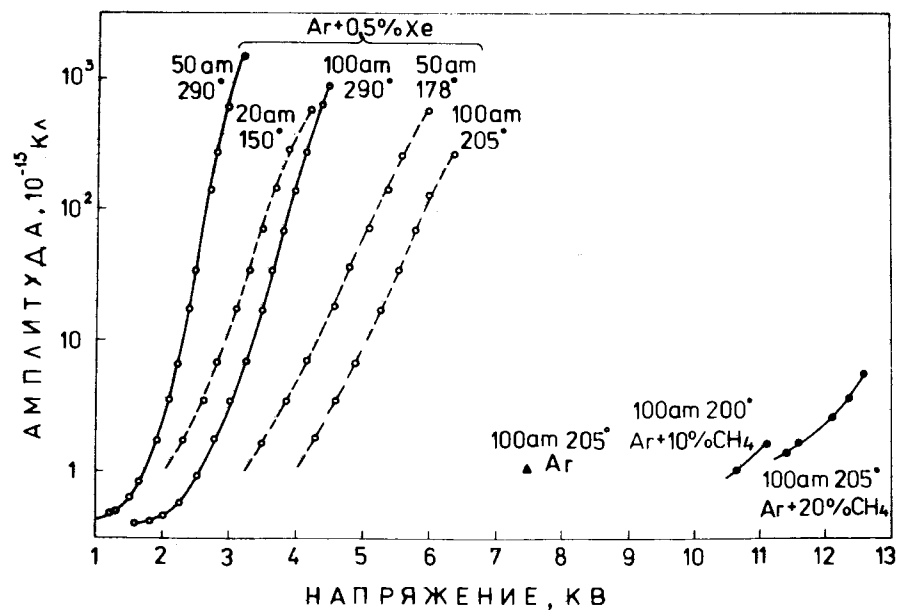


Рис.1. Амплитудные характеристики пропорционального счетчика при высоких давлениях и низких температурах.

ностям газа при давлениях 50, 100, 200 атм и комнатной температуре. Сравнивая полученные для смеси $Ar + 0,5\% Xe$ характеристики с характеристиками из работы /4/ для чистого аргона и смеси аргона с метаном, можно видеть, что добавление ксенона, по сравнению с добавлением метана, дает определенные преимущества, позволяя сохранить пропорциональный режим при больших плотностях рабочей среды счетчика. Добавление ксенона приводит к существенному снижению рабочего напряжения счетчика и улучшает его энергетическое разрешение, при этом максимальный коэффициент размножения не так сильно зависит от температуры, сохраняя свое довольно высокое значение.

Как мы предполагаем, причиной этого является дополнительная ионизация атомов ксенона возбужденными атомами аргона, аналогично тому как это имеет место в смеси неона с аргоном /"эффект Пеннинга"/ с тем отличием, что в смеси аргона с ксеноном возбужденные атомы аргона находятся не в метастабильном, а в резонансном состоянии, потенциал возбуждения которого выше потенциала ионизации ксенона. Сильное резонансное поглощение гамма-квантов в собственном газе приводит к тому, что при большой плотности рабочей среды, в результате многократного поглощения и испускания резонансных гамма-квантов, время существования возбужденных состояний в объеме счетчика будет определяться диффузией гамма-квантов к стенкам счетчика-процессом, длительность которого, по некоторым оценкам /7/, может достигать $\sim 10^{-4}$ с.

По-видимому, представляло бы интерес исследовать возможность размножения электронов в жидкой смеси аргона с ксеноном, однако дальнейшее снижение температуры приводит к уменьшению максимального коэффициента размножения и ухудшению энергетического разрешения счетчика. Причиной этого, по-видимому, является вымораживание ксенона из смеси при снижении температуры. Это хорошо видно на рис. 2 по относительной интенсивности "пика вылета", который обусловлен вылетом из объема счетчика гамма-кванта K-излучения ксенона. Как видно из приведенных амплитудных спектров, полученных при различных температурах, но не-

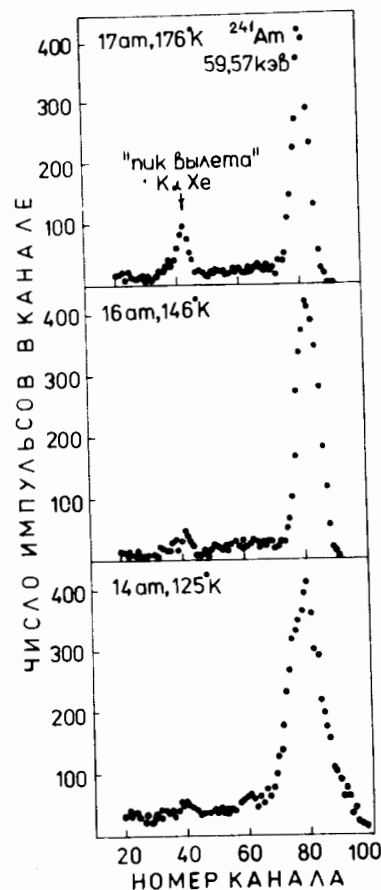


Рис. 2. Спектры импульсов, полученные при разных температурах и неизменном количестве наполняющего счетчик газа /смесь $Ar + 0,5\% Xe$ /.

изменном количестве газа в объеме счетчика, при температуре 125 К остаются только следы этого пика, что указывает на низкое содержание ксенона в смеси. Этот результат находится в противоречии с цифрами, приведенными в работах /6,8/, для концентрации ксенона в жидкой смеси аргона с ксеноном. По-видимому, наблюдаемая в этих работах увеличенная, по сравнению с жидким аргоном, ионизация соответствует значительно меньшему содержанию ксенона в смеси, которого, однако, недостаточно для эффективного подавления процесса вторичной ионизации и сохранения пропорционального размножения в жидкой смеси аргона с ксеноном.

В заключение авторы благодарят Б.М.Понтекорво за интерес к данной работе и полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Derenzo S.E. et al. Preprint UCRL-19254, 1969;*
2. Гребинник В.Г. и др. *ЖЭТФ*, 1976, 71, с. 417.
3. *Shibamura E. et al. Bulletin of Science and Engineering Research Laboratory Waseda University, 1975.*
4. Гребинник В.Г. и др. *ОИЯИ*, P13-10553, Дубна, 1977.
5. Додохов В.Х. и др. *ОИЯИ*, P13-11869, Дубна, 1978.
6. *Kubota S. et al. Phys.Lett. 1974, 49A, p. 393.*
7. *Holstein T. Phys.Rev., 1947;72, p. 1212; Phys.Rev., 1951, 83, p. 1159; Colli L. Facchini G. Phys.Rev., 1952, 88, p. 987.*
8. *Shibamura E. et al. Nucl.Instr. and Meth. 1975, 131, p. 249.*

**Рукопись поступила в издательский отдел
5 сентября 1978 года.**