

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



25/II-77

G-79

P13 - 10553

2804/2-77

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
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

1977

P13 - 10553

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
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Направлено в ПТЭ

ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Исследование пропорционального счетчика высокого давления при низких температурах

Представлены результаты исследования характеристик цилиндрического пропорционального счетчика высокого давления (диаметры катода и анода 6 мм и 20 мкм соответственно), заполненного аргоном и смесями аргона с метаном, при низких температурах. Обнаружено уменьшение максимально достижимого коэффициента пропорционального размножения электронов при понижении температуры наполняющего газа и неизменной его плотности. Максимальная плотность газа, для которой сохранялся пропорциональный режим, соответствовала плотности газа при комнатной температуре и давлении около 200 ат.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Investigation of the High-Pressure Proportional Counter at Low Temperatures

The results are presented of investigation of characteristics for cylindrical proportional high-pressure counter (diameters of a cathode and anode are 6 mm and 20 μ m, respectively) filled with argon and a mixture of argon and methane at low temperatures. A maximum possible coefficient of the proportional electron multiplication at lowering temperature of the filling gas (its density being stable) was observed to decrease. A maximum gas density, for which the proportional regime was conserved, corresponded to the gas density at a room temperature at ~200 atm.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

В последние годы значительное внимание уделялось проблеме создания электронного детектора частиц, заполненного плотной средой, в частности конденсированным аргоном и ксеноном, и работающего в пропорциональном режиме ^{/1-7/}. Потребность в таких детекторах особенно актуальна для эффективной регистрации нейтральных излучений. Однако удовлетворительные результаты были получены лишь для жидкого ксенона ^{/2-4/}.

В работе ^{/8/} проведено детальное исследование характеристик пропорционального счетчика, заполненного газообразным аргоном, а также смесями аргона с метаном при давлениях до 100 ат. Результаты этих исследований показали, что при высоких давлениях наполняющего газа коэффициент газового усиления сохраняет свое довольно высокое значение $\sim 10^3$. В связи с этим представляет интерес изучение характеристик счетчика при дальнейшем увеличении плотности рабочего газа путем понижения его температуры при неизменном давлении. В настоящей статье приведены результаты этого исследования.

Изучение работы пропорционального счетчика при низких температурах имеет и самостоятельное значение не только с практической точки зрения, но и для более глубокого понимания механизма процессов, происходящих в объеме детектора, поскольку литературные данные по этому вопросу практически отсутствуют.

В работе ^{/9/} сообщалось, что пропорциональная камера, заполненная смесью неона с водородом при давлении 10 ат, теряла работоспособность при температуре жидкого азота ввиду невозможности получения высокого газового усиления. Авторы выдвинули следующие

гипотезы для объяснения этого эффекта: либо из-за вторичных процессов возникает непрерывный одноэлектронный разряд, либо поверхностный заряд на непроводящей пленке примесей, высадившихся на катодах, компенсирует заряд проволочек. Удовлетворительной работы камеры при 78 К удалось добиться, лишь улучшив поверхностные свойства катодов и заполнив камеру смесью неона, аргона, водорода и метана при давлении 2 ат. В работе /10/ обнаружено, что при понижении температуры до -22°C /давление 70 мм рт.ст./ счетное плато аргоно-спиртового счетчика Гейгера исчезает, в то время как для метанового - практически не изменяется. Полученный результат объясняется тем, что при понижении температуры наступает частичная конденсация примеси и давление паров становится недостаточным для гашения разряда.

В настоящих исследованиях использовалась экспериментальная установка, описанная в работах /7,8/. Диаметр латунного катода счетчика составлял 6 мм, а анодом служила позолоченная вольфрамовая нить диаметром 20 мкм. Заполнение счетчика производилось аргоном "особой чистоты", а также смесями аргона с метаном. Облучение производилось γ -квантами ^{241}Am . Типичный амплитудный спектр импульсов приведен в /8/.

На рис. 1 представлены кривые зависимости амплитуд импульсов и соответствующих им коэффициентов электронного размножения от напряжения на счетчике /амплитудные характеристики/ при заполнении его аргоном. Верхняя точка каждой кривой соответствует началу коронного разряда. Измерения проводились при давлениях газа от 3 до 100 ат и температурах - от комнатной до температуры конденсации при данном давлении. На рисунке сопоставлены кривые, соответствующие низкой /проведены штриховой линией/ и комнатной температурам при одинаковой плотности газа. Плотности аргона при давлениях и температурах 3 ат и 120К, 10 ат и 150К, 20 ат и 200К, 20 ат и 150К, 50 ат и 250К, 50 ат и 200К равны плотностям газа при комнатной температуре и давлениях 10, 20, 30, 45, 60 и 80 ат соответственно.

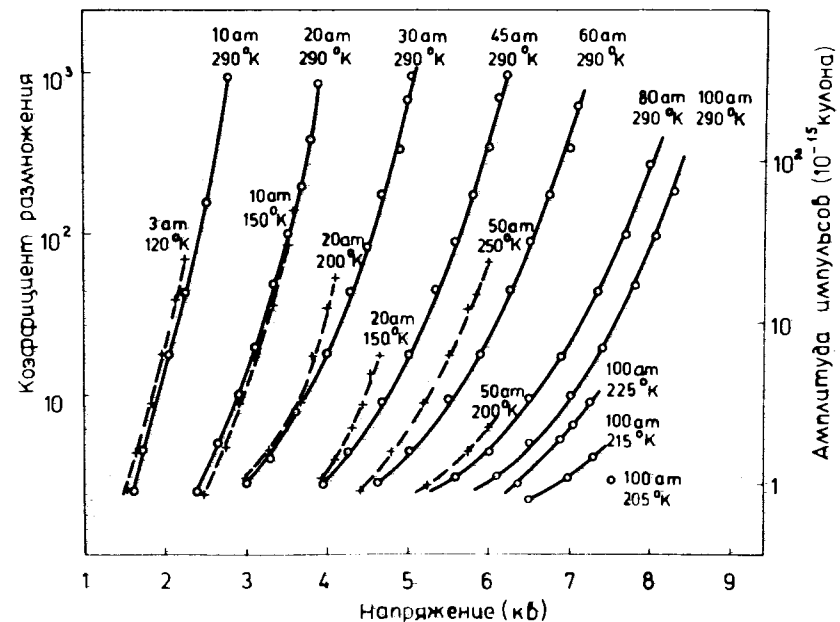


Рис. 1. Амплитудные характеристики счетчика, заполненного аргоном при различных давлениях и температурах.

Анализ кривых показывает, что максимально достижимый коэффициент размножения уменьшается с понижением температуры, причем проявление этого эффекта усиливается с повышением давления. При давлении газа 100 ат и температуре 205К /плотность аргона при этих условиях соответствует плотности газа при давлении около 200 ат при комнатной температуре/ область пропорционального размножения полностью исчезает и в счетчике сразу наступает разряд. Кроме того, амплитудные характеристики, соответствующие низким температурам, идут более круто по сравнению с характеристиками при комнатных температурах.

На рис. 2 представлены аналогичные характеристики, полученные при заполнении счетчика смесями аргона с метаном. Плотности газа при давлениях и температурах 20 ат и 160К, 50 ат и 200К, 50 ат и 180К соответственно равны плотностям газа при давлениях

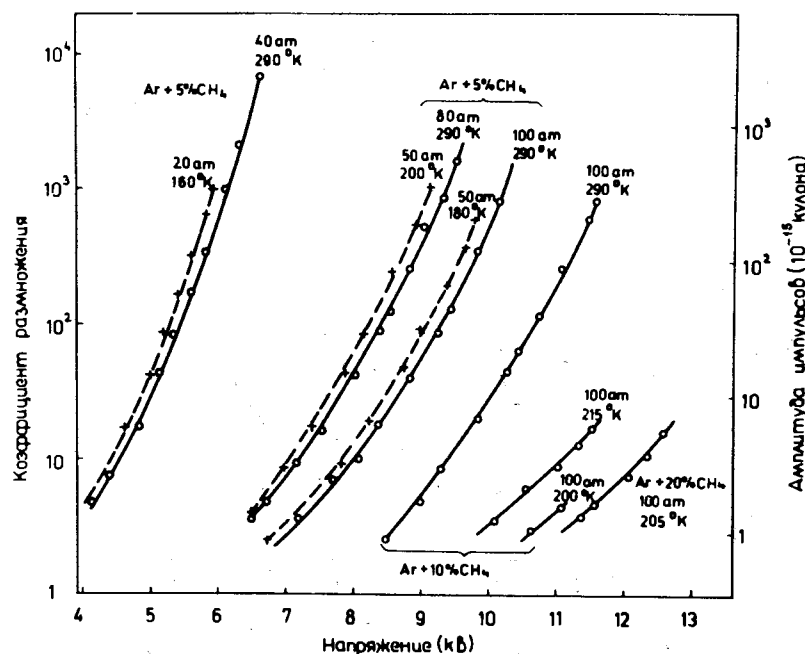


Рис. 2. Амплитудные характеристики счетчика, заполненного смесями аргона с метаном при различных давлениях и температурах.

40, 80 и 100 ат и комнатной температуре. Сравнение кривых, приведенных на рис. 1 и 2, показывает, что добавление к аргону метана позволяет значительно увеличить протяженность области пропорционального размножения. Так, для счетчика, заполненного аргонem при 50 ат и 200 К, максимальный коэффициент размножения составляет около 10, в то время как для смеси $\text{Ar} + 5\% \text{CH}_4$, находящейся при таких же давлении и температуре, этот коэффициент достигает 10^3 . Однако использование смеси аргона с метаном все-таки не позволяет существенно повысить плотность рабочего газа путем понижения температуры при постоянном давлении с сохранением при этом режима пропорционального размножения. Так, для смеси $\text{Ar} + 20\% \text{CH}_4$, находящейся при давлении 100 ат и температуре 205 К, коэффициент размножения едва превышает 10.

Что касается энергетического разрешения, то при одинаковой плотности газа оно оказалось независимым от температуры. Данные по энергетическому разрешению при плотностях газа, соответствующих давлениям до 100 ат при комнатной температуре, приведены ранее ^{8/}. При дальнейшем увеличении плотности разрешение продолжало ухудшаться и для плотности аргона, соответствующей 200 ат при комнатной температуре, составляло около 20% для энергии γ -квантов 60 кэВ.

Полученные результаты указывают на то, что при увеличении давления и понижении температуры рабочего газа в развитии электронно-ионной лавины, по-видимому, усиливается роль процессов вторичной ионизации, связанных с высвечиванием фотонов и последующим выбиванием электронов из катода. Известно ^{11-13/}, что в благородном газе основным источником фотонов, достигающих катода, являются не возбужденные атомы, излучение которых резонансно поглощается, а образующиеся в газе возбужденные двухатомные молекулы. При повышении давления и особенно при понижении температуры газа количество возбужденных молекул, по-видимому, существенно возрастает, что приводит к усилению вторичной ионизации и более раннему развитию коронного разряда. Добавление к аргону "гасящей примеси" - метана, как и следовало ожидать, существенно подавляет эти процессы.

Одной из причин описанных явлений, наблюдаемых при понижении температуры рабочего газа пропорционального счетчика, может быть также частичная конденсация малых неконтролируемых примесей, которые могут оказывать значительное влияние на процессы, происходящие в объеме детектора.

В заключение авторы благодарят Б.М.Понтекорво и А.Ф.Писарева за неизменный интерес к данным исследованиям и полезные обсуждения.

Литература

1. Derenzo S.E. e.a. Preprint UCRL-20118, 1970.
2. Derenzo S.E. e.a. Phys. Rev., 1974, A9, p.2582.
3. Prunier J. e.a. Nucl.Instr. and Meth., 1973, 109, p.257.
4. Miyajima M. e.a. Nucl. Instr. and Meth., 1976, 134, p.403.
5. Shibamura E. e.a. Bulletin of Science and Engineering Research Laboratory Waseda University, 1975, No. 69, p.104.
6. Писарев А.Ф., Писарев В.Ф, Ревенко Г.С. ЖЭТФ, 1972, 63, с.1562.
7. Гребинник В.Г. и др. ЖЭТФ, 1976, 71, с.417.
8. Гребинник В.Г. и др. ОИЯИ, P13-10552, Дубна, 1977.
9. Хазин Б.И., Солодов Е.П. В кн.: Труды Международного совещания по методике проволочных камер. ОИЯИ, Дубна, 1975, с.116.
10. Spatz W.D.V. Phys. Rev., 1943, 64, p.236.
11. Долгошеин Б.А. и др. ЖЭТФ, 1969, 56, с.1152.
12. Бутиков Ю.А. и др. ЖЭТФ, 1969, 57, с.42.
13. Dondes S., Hardeck P., Kunz C. Rad. Res., 1966, 27, p.174.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 апреля 1977 года.