

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



9/1-78
P13 - 11017

A-471

Г.Д.Алексеев, Н.А.Калинина, В.В.Карлухин,
В.В.Круглов, Д.М.Хазинс

181/2-78

О СИЛЬНОТОЧНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ
ПРОВОЛОЧНОЙ КАМЕРЫ

1977

P13 - 11017

Г. Д.Алексеев, Н.А.Калинина,* В.В.Карпухин,
В.В.Круглов,* Д.М.Хазинс

О СИЛЬНОТОЧНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ
ПРОВОЛОЧНОЙ КАМЕРЫ

Направлено в "Nuclear Instruments and Methods"

* НИИЯФ МГУ.

О сильноточном режиме работы проволочной камеры

Приводятся результаты исследований сильноточного режима работы проволочной камеры. Область устойчивой работы в этом режиме достигает 1 кВ по напряжению питания. Амплитуда импульсов экспоненциально растет с увеличением напряжения в диапазоне 0,2 + 4 мА; длительность импульсов на полувывсоте - 40 нс. Камера позволяет регистрировать до 30000 част./с на 1 см длины сигнальной проволоки. Предельный поток облучения, до которого камера сохраняла работоспособность, составил $7 \cdot 10^9$ част. на 1 см длины сигнальной проволоки. Такой режим может быть эффективно использован в камерах большого размера.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

On a High Current Mode of Wire Chamber Performance

The results of the investigations of a high current mode of wire chamber performance are presented. The range of reliable chamber performance is about 1 kV on high voltage supply. The pulse amplitudes are within 0.2 and 4 mA (as a function of HV), pulse duration is about 40 ns at the half maximum. The chamber permits to detect up to 30000 particles/sec per 1 cm of the signal wire length. The upper limit of irradiation until the degeneracy of chamber characteristics has been found to be 7×10^9 particles per 1 cm of the signal wire length.

The high current mode has some advantages to be used in large chambers.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

В настоящей статье приводятся некоторые результаты исследований нового режима работы проволочной камеры /счетчика/, особенностью которого является сочетание большой амплитуды выходных сигналов /характерной для гейгеровского режима/ и высокой загрузочной способности /приближающейся к загрузочной способности в пропорциональном режиме/. По-видимому, проявления такого режима наблюдались ранее в пропорциональном счетчике^{/1/} и независимо были исследованы в дрейфовой камере^{/2/}. Наши исследования, во многом совпадающие с результатами работы^{/2/}, дают на порядок меньшее значение мертвого времени. Поводятся также некоторые новые данные, которые существенны как для практического применения нового режима, так и для понимания механизма развития разряда.

Исследования проводились на пропорциональной камере^{/3/} размером 160x160 мм² с шагом сигнальных проволок 10 мм и зазором между высоковольтными плоскостями 18 мм. Высоковольтные плоскости намотаны проволокой из бериллиевой бронзы диаметром 100 мкм с шагом 2 мм. Основная часть измерений выполнена с сигнальной проволокой диаметром 50 мкм также из бериллиевой бронзы.

Использовалась газовая смесь аргона, метана и метилалая в соотношении 50:33:17 при атмосферном давлении. Большое количество метилалая оказалось необходимым для получения устойчивой работы камеры в исследуемом режиме в широком диапазоне напряжений питания.

Экспериментальная установка содержит собственно камеру, радиоактивный β -источник ^{90}Sr и телескоп из двух сцинтилляционных счетчиков.

Новый режим проявляет себя в том, что, начиная с некоторого напряжения /в нашем случае с $U \sim 3,5 \text{ кВ}$ /, одновременно с импульсами, амплитуда которых характерна для пропорционального режима работы камеры, появляются и импульсы с амплитудой, на порядок более высокой. Амплитудный разброс этих импульсов сравнительно невелик /ширина на полувысоте $\sim 40\%$ /, так что оба сорта импульсов образуют неперекрывающиеся пики в амплитудном спектре /рис. 1/. По мере увеличения напряжения питания все большая часть импульсов переходит в правую часть спектра, пока все 100% их не перейдут в сильноточный режим.

Длительность импульса в этом режиме составляет $\sim 40 \text{ нс}$ на полувысоте и $\sim 100 \text{ нс}$ по основанию. Длительность фронта $\sim 10 \text{ нс}$.

На рис. 2 представлены зависимости средних амплитуд сигналов от напряжения питания камеры для двух сортов импульсов. В обоих режимах наблюдается экспоненциальная зависимость амплитуды сигнала от напряжения U .

На рис. 3 показаны счетные характеристики, которые получаются при пороге усилителя $J_{11} = 125 \text{ мкА}$, т.е. когда все регистрируемые импульсы принадлежат сильноточному режиму работы камеры. Видно, что камера в этом режиме имеет широкую область рабочих напряжений, которая ограничивается сверху ростом уровня шумов и искровыми пробоями /при $U \sim 5 \text{ кВ}$ /.

Загрузочная способность камеры определялась по снижению эффективности в области плато счетной характеристики при увеличении загрузки β -частицами /кривые ϵ и ϵ' на рис. 3/. Измерения, выполненные при разной ширине коллиматора, ограничивающего облучаемый участок сигнальной проволоки, и разной интенсивности потока β -частиц, показали, что просчеты являются функцией плотности потока частиц и при малых нагрузках описываются формулой

$$\Delta\epsilon = \zeta \frac{n}{\ell},$$

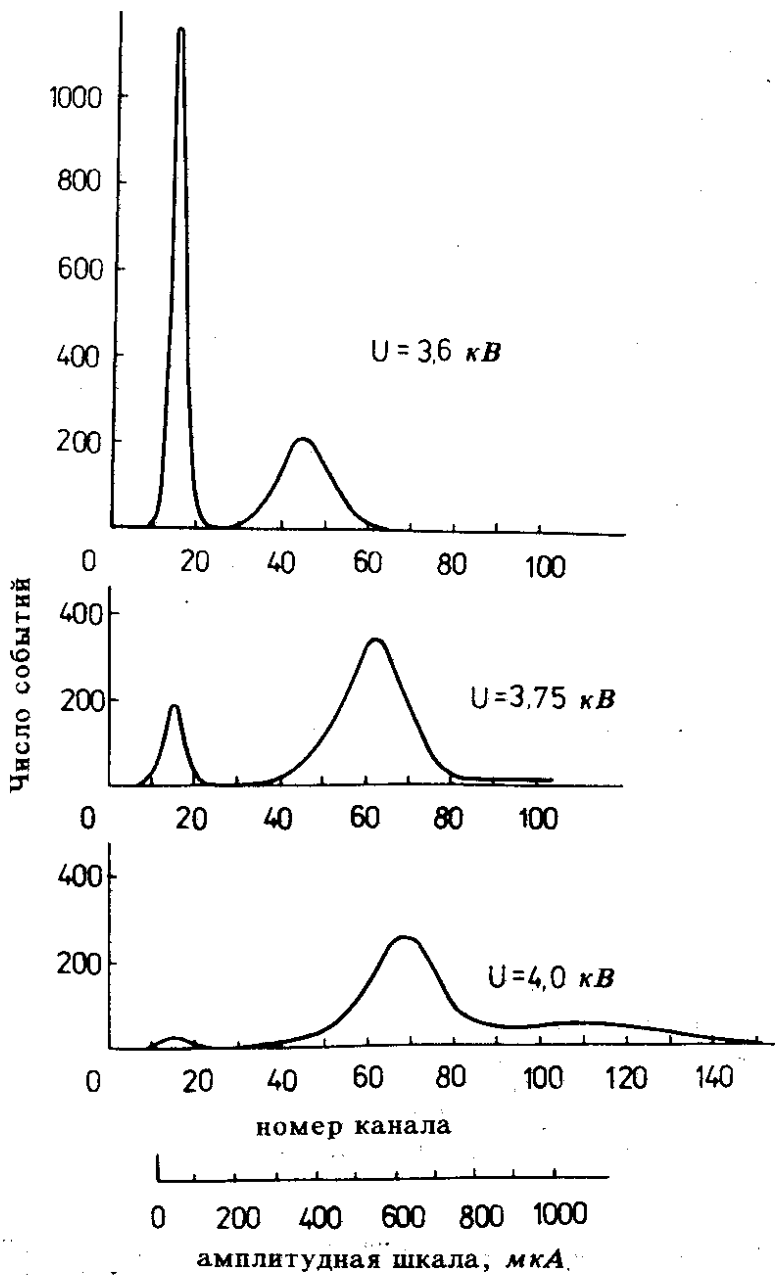


Рис. 1. Амплитудные распределения в области напряжений питания камеры, где наблюдаются два сорта импульсов.

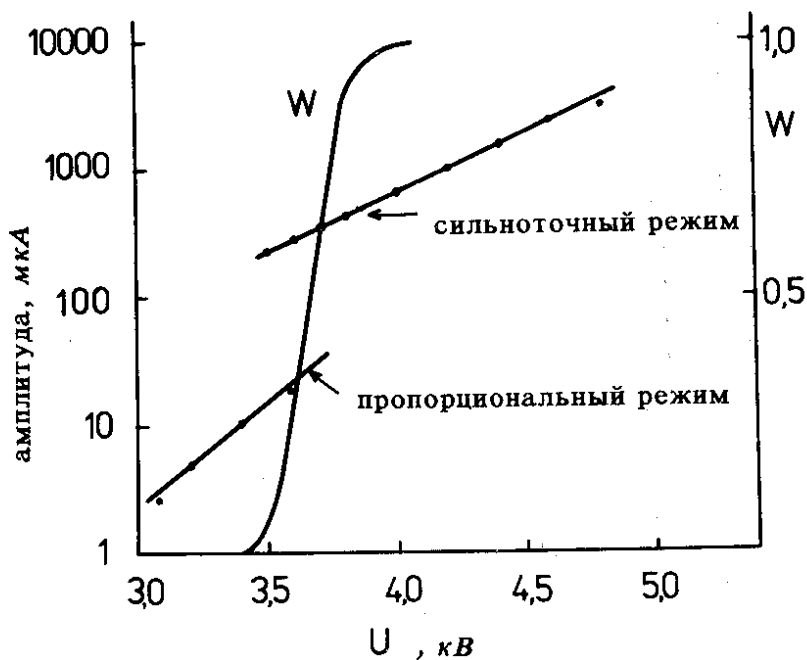


Рис. 2. Зависимость средней амплитуды сигнала от напряжения питания камеры, W - доля сильноточных импульсов.

где $\Delta\epsilon$ - падение эффективности на участке сигнальной проволоки длиной ℓ ; n - число частиц, приходящихся на этот участок за единицу времени /рис. 4/. Коэффициент ζ имеет размерность произведения времени на длину и может быть интерпретирован как "мертвая зона" на сигнальной проволоке, которую создает один импульс. Величина мертвой зоны оказалась в нашем случае $\zeta \sim 30$ мкс.см, что существенно меньше значения, полученного в работе /2/ / $\zeta \sim 300$ мкс.см/.

При оценке загрузочной способности камеры необходимо учитывать, что в случае повышения загрузки рост эффективности с напряжением в начальном участке кривой замедляется, как это видно из рис. 3. Этот эффект обусловлен экранирующим влиянием заряда, который накапливается в объеме камеры. Количественно он хорошо согласуется с расчетами, выполненными на основе работы /4/.

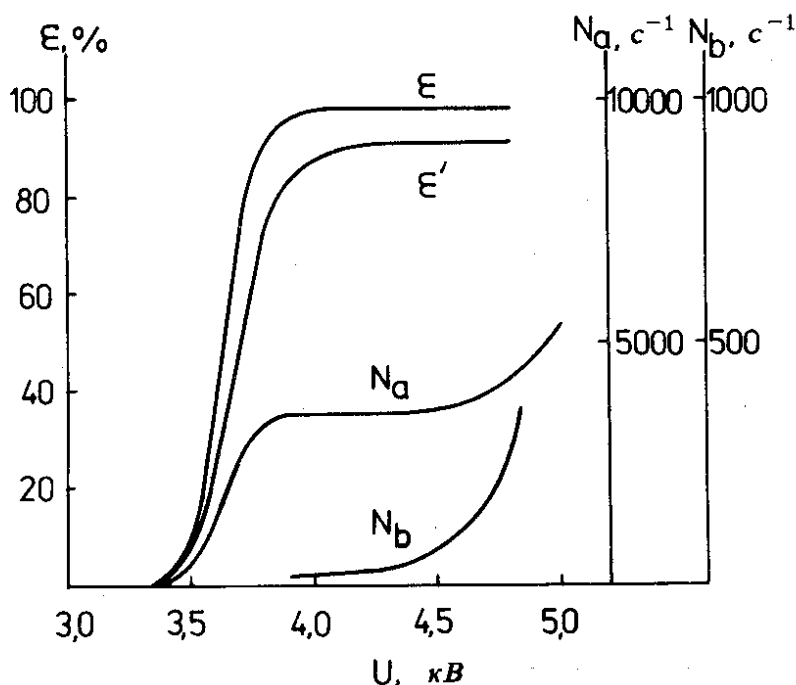


Рис. 3. Счетные характеристики при пороге усилителя 125 мкА. Здесь ϵ - эффективность, N_a - скорость счета на выходе усилителя, N_b - шумы. Кривые ϵ и ϵ' соответствуют различным плотностям загрузки сигнальной проволоки $n = 640 \text{ c}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ и $n' = 1900 \text{ c}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

Из кривой ϵ' видно, что с ростом напряжения питания загрузочная способность камеры не ухудшается, несмотря на экспоненциальный рост амплитуды импульсов.

Из формулы /1/ следует, что предельная скорость счета, которая может быть получена в сильноточном режиме, есть $m = \ell / \zeta$. При длине сигнальной проволоки $\ell = 1 \text{ м}$ получаем $m = 3,3 \cdot 10^6 \text{ имп/с}$, что сравнимо с загрузочной способностью камеры в пропорциональном режиме.

Для практического применения сильноточного режима существенное значение имеет срок службы камеры, который может оказаться пониженным из-за большой амплитуды импульсов. В наших измерениях камера со-

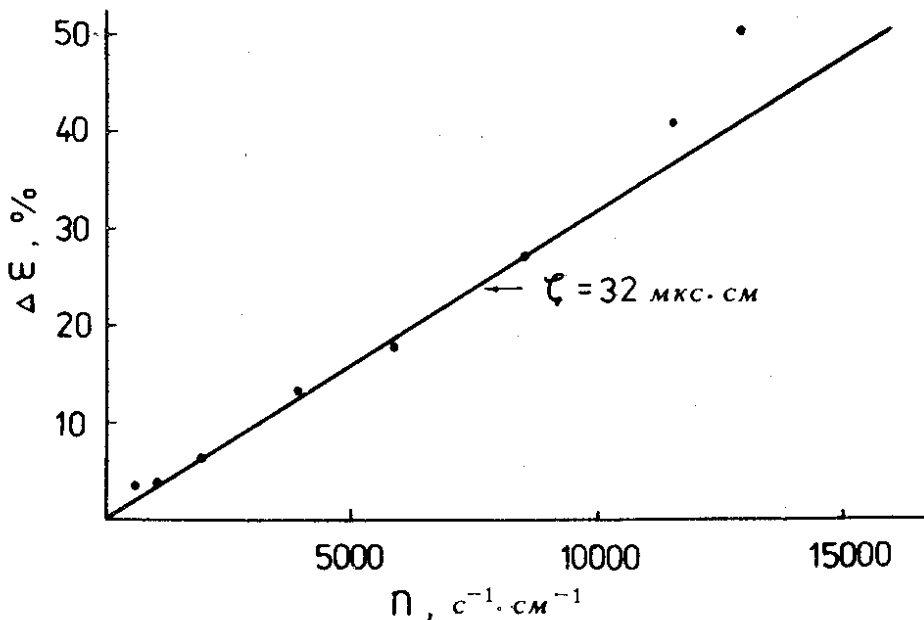


Рис. 4. Зависимость неэффективности камеры от плотности загрузки сигнальной проволоки. Прямая линия соответствует величине мертвой зоны $\zeta = 32 \text{ мкс} \cdot \text{см}$.

храняла работоспособность до тех пор, пока поток облучения ее не превысил величину $7 \cdot 10^9$ част. на 1 см длины сигнальной проволоки, хотя и наблюдалось постепенное смещение счетных характеристик вправо по напряжению. К концу этих измерений смещение счетных характеристик достигло 700 В и резко возрос уровень шумов. Нам удалось затем восстановить характеристики камеры, прогревая сигнальную проволоку под действием электрического тока в атмосфере чистого аргона. Механические свойства проволоки, в частности, натяжение, при этом не ухудшились.

Изучалась также работа камеры с сигнальной проволокой диаметром 100 мкм /бериллиевая бронза/ и 20 мкм /золоченый вольфрам/. В первом случае все основные результаты аналогичны вышеприведенным, за исключением смещения всех счетных характеристик на 600 В вправо по напряжению. Величина мертвой зоны

оказалась равной $\zeta = 27$ мкс-см. При использовании же проволоки диаметром 20 мкм явлений перехода в сильно-точный режим не наблюдалось.

Совокупность данных, приведенных выше, не поддается, на наш взгляд, объяснению каким-либо из известных механизмов газового разряда, в том числе и предположением о псевдогейгеровском механизме разряда /2/. Наиболее существенны следующие факты: 1/ малая величина мертвой зоны, полученная в наших измерениях; 2/ независимость этой величины от напряжения питания камеры U ; 3/ экспоненциальная зависимость амплитуды сигнала от напряжения U ; 4/ малая длительность выходного импульса; 5/ сосуществование в широкой области напряжений двух режимов, резко отличающихся друг от друга по амплитуде сигналов.

С практической точки зрения наблюдаемый сильно-точный режим представляет интерес в случае его использования в больших ≥ 1 м/ многопроволочных камерах. Не ограничивая загрузочной способности камеры, он существенно увеличивает ее помехозащищенность и позволяет применять более технологичную сигнальную проволоку диаметром /50÷100/ мкм. Большая амплитуда сигналов в этом режиме позволяет удалять усилители на значительное расстояние от камеры, что необходимо в некоторых случаях, в частности, при совместной работе со стримерными камерами. Кроме того, сильно-точный режим позволяет упростить усилители не только за счет уменьшения коэффициента усиления, но и за счет ослабления требований к стабильности порога усилителя. Последнее является следствием того, что в отличие от пропорционального в сильно-точном режиме положение счетных характеристик по напряжению питания не зависит от порога усилителя, если только он не превышает некоторой величины /~200 мкА в нашем случае/.

Вывод. Наблюдается качественно новый режим работы проволочной камеры, который имеет ряд полезных в эксплуатации свойств и может быть эффективно использован в камерах большого размера.

Авторы благодарны А.В.Купцову, Л.Л.Неменову и Б.М.Понтекорво за полезные обсуждения, В.Х.Додохову - за информацию о работе /1/.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Campion P.I. and Kingham M.W.I. An anomalous effect in some proportional counters. In: Xth Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases. Oxford, 1971, p. 88.*
2. *Brehin S. e.a. NIM, 1975, 123, p. 225.*
3. *Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, Р13-10607, Дубна, 1977.*
4. *Толченов Ю.М. ПТЭ, 1960, №3, 38.*

Рукопись поступила в издательский отдел
14 октября 1977 года.