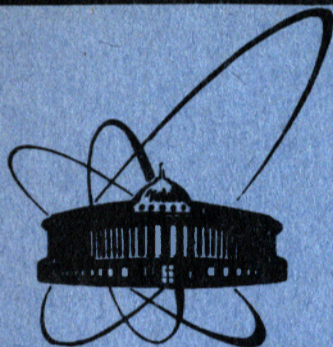


84-563



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-84-563

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

ХАРАКТЕРИСТИКИ
МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ЛАВИННОЙ КАМЕРЫ
НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1984

ВВЕДЕНИЕ

Многопроволочные позиционно-чувствительные детекторы низкого давления, такие, как пропорциональные и дрейфовые камеры, плоско-параллельные лавинные счетчики, широко используются в экспериментальной физике, главным образом в физике тяжелых ионов. Эти детекторы обладают следующими характеристиками: временное разрешение около $0,2 \text{ н}\cdot\text{с}^{1/1}$, загрузочная способность более $10^5 \text{ мм}^{-2}\text{с}^{-1} \text{ }^{1/2}$; удельная плотность детектора может быть уменьшена до $0,1 \text{ мг см}^{-2} \text{ }^{1/2}$. Все это позволяет эффективно использовать их в качестве стартового детектора с применением времяпролетной методики. Для измерения кинематических параметров продуктов ядерных реакций часто требуются позиционно-чувствительные детекторы большой площади с высоким пространственным разрешением. Ранее было показано, что МПК низкого давления с проволочными катодами могут иметь коэффициент газового усиления около 10^4 ^{1/3}. Многоступенчатые лавинные камеры низкого давления /МСПК/ обладают коэффициентом усиления около $5 \div 6 \times 10^6$, что позволяет приблизиться к одноэлектронному режиму детектирования ^{1/7}.

С целью понижения порога чувствительности детектора, обеспечения стабильного режима работы и повышения пространственного разрешения нами была разработана и исследована многоступенчатая лавинная камера низкого давления.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ДЕТЕКТОРА

Многоступенчатая лавинная камера /МСПК/, схематическое изображение которой показано на рис.1, размещалась в герметичном боксе, продуваемом парами изобутана при давлении 6 Тор. Детектор состоит из пропорциональной камеры с межэлектродным расстоянием 4 мм, дрейфового промежутка /Д/ и промежутка предварительного усиления /У/. Анодная плоскость МПК намотана проволокой диаметром 20 мкм с шагом 2 мм. Катоды намотаны ортогонально проволокой диаметром 50 мкм с шагом 1 мм. Дрейфовый и предусилительный промежутки образованы сеточными электродами С и В из проволоки 50 мкм с размером ячейки $1 \times 1 \text{ мм}^2$. Ширина дрейфового промежутка 5 мм; ширина промежутка предварительного усиления устанавливалась равной 3 или 9 мм. Координатная информация снималась с катодов МПК при помощи линий задержки /ЛЗ/ с погонной задержкой $1,75 \text{ н}\cdot\text{с}\cdot\text{мм}^{-1}$ и волновым сопротивлением 400 Ом. Чувствительная площадь детектора $180 \times 220 \text{ мм}^2$.

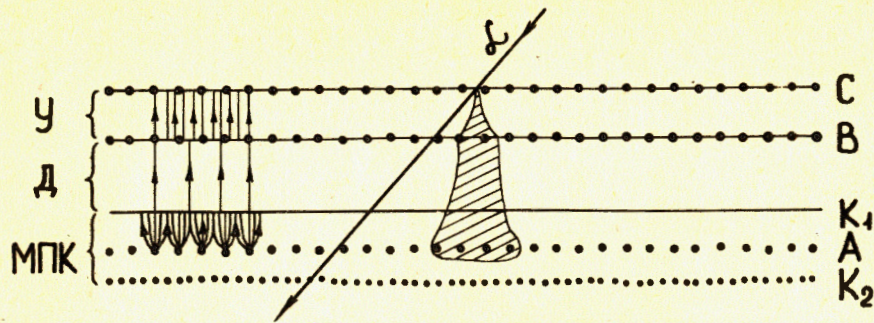


Рис.1. Схематичный вид многоступенчатой лавинной камеры низкого давления. С, В - сеточные электроды, К₁, К₂, А - катоды и анод многопроволочной пропорциональной камеры МПК, У - предусилительный промежуток, Д - дрейфовый промежуток.

Принцип работы МСЛК при нормальном давлении хорошо известен /4,5/. Детектор продувается бинарной газовой смесью, причем потенциал возбуждения основного газа должен превышать потенциал ионизации молекул газовой добавки. В промежутке предварительного усиления образуется лавина от электронов первичной ионизации, рост которой происходит в основном за счет фотоионизации молекул добавки. Часть электронной лавины переносится дрейфовым полем в МПК, где дальнейшее усиление происходит в непосредственной близости от анодных проволок.

В случае низкого давления /единицы Тор/ возможно получение электронной лавины в однородном электрическом поле при заполнении детектора чистыми углеводородами, такими, как метан, изобутан и др. /6/. В промежутке предварительного усиления создается электрическое поле с напряженностью $E/p > 100 \text{ В см}^{-1} \text{ Тор}^{-1}$. При такой величине поля электроны за время свободного пробега ускоряются до энергии, достаточной для ионизации молекул углеводородов, чем и обуславливается образование лавины в У-промежутке. В МПК процесс дальнейшего усиления происходит по двухступенчатой схеме, т.е. сначала в однородном поле, а затем вблизи анодных проволок.

2. ГАЗОВОЕ УСИЛЕНИЕ ДЕТЕКТОРА

Коэффициент газового усиления детектора можно представить в виде $G = k \cdot G_y \cdot G_0 \cdot G_a$, где G_y - усиление в предварительном промежутке, G_0 - в однородном поле МПК, G_a - в области анодных проволок МПК. Коэффициент k характеризует эффективность перевода электронов из предусилительного промежутка в МПК и определяет-

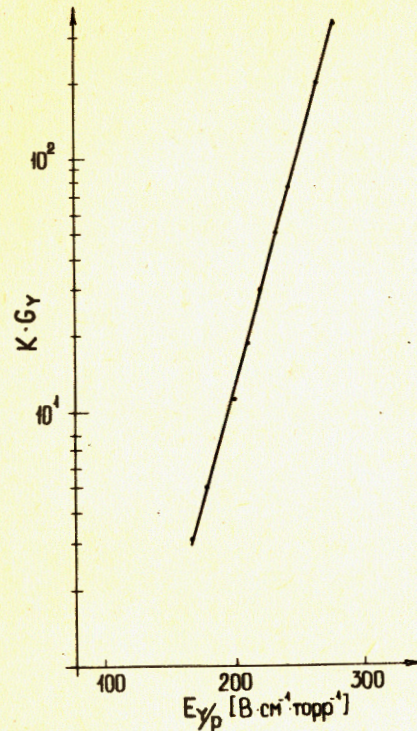
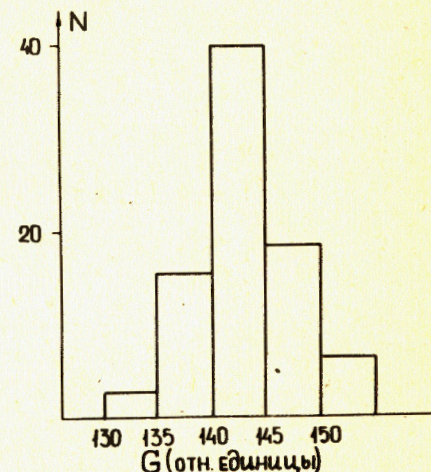


Рис.3. Гистограмма разброса коэффициента газового усиления МСЛК по площади. G дано в относительных единицах, N - количество позиций. Ширина предусилительного промежутка 3 мм.

Рис.2. Зависимость коэффициента предусиления $K \cdot G_y$ от напряженности поля E_y/p в предусилительном промежутке. Давление 6 Тор изобутана. Ширина промежутка 3 мм. Напряженность поля в дрейфовом промежутке $50 \text{ В см}^{-1} \text{ Тор}^{-1}$.



ся выражением $k = \frac{E_D}{E_y}$, где E_D и E_y - напряженности электрического поля в дрейфовом и предусилительном промежутках соответственно.

Величина дополнительного газового усиления, получаемого за счет введения предусилительного промежутка, определялась с помощью коллимированного α -источника ^{241}Am с энергией α -частиц $\approx 5,5 \text{ МэВ}$, средняя величина ионизационных потерь которых в изобутане составляет $3,7 \text{ кэВ см}^{-1} \text{ Тор}^{-1}$.

На рис.2 показана величина $K \cdot G_y$ в зависимости от напряженности поля в предусилительном промежутке, из которого следует, что газовое усиление такого детектора может быть увеличено на $2 \cdot 10^2$ и достигать $/2-3/ \times 10^6$.

Однородность детектора проверялась путем сканирования всей площади коллимированным источником ^{241}Am . В каждой позиции определялся центр тяжести амплитудного распределения анодных сигна-

лов. Из гистограммы, показанной на рис.3, видно, что неоднородность коэффициента усиления детектора на 90% площади не превышает 3,5%.

3. ЛИНЕЙНОСТЬ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ДЕТЕКТОРА

Линейность детектора по координатам X и Y определялась с помощью щелевого коллиматора шириной 400 мкм, перемещаемого с шагом 10 мм. Полученная величина дифференциальной нелинейности не превышала 0,5 мм.

Результат подобного сканирования с переменным шагом от 1 до 7 мм по направлению, параллельному анодным проволокам /у-координата/, показал, что обе координаты детектора равнозначны. Измеренные значения смещений совпадают с реальными в пределах 100 мкм. Отсутствие дискретности по Y-координате из-за шага намотки анодной плоскости, равного 2 мм, объясняется большим размером электронного облака около анода МПК.

Величина пространственного разрешения детектора была определена с помощью щелевого коллиматора шириной 50 мкм, и по обеим координатам составила 170 мкм. На рис.4 показаны полученные профили источника, расстояние между положениями коллиматора равно 2 мм.

Так как рост лавины в предусилительном промежутке носит экспоненциальный характер ($G = \frac{1}{\alpha d} \cdot [\exp(\alpha d) - 1]$), где α - первый коэффициент Таунсенда в Y-промежутке, d - ширина промежутка, в детекторе осуществляется пространственная привязка к точке влета заряженной частицы в предусилительный промежуток. Причем точность определения координаты точки входа регистрируемой частицы в детектор повышается с возрастанием коэффициента. На рис. 5 показано пространственное разрешение по X-координате в зависимости от значения коэффициента, полученное с помощью двух плоских квадратных α -источников со сторонами 0,5 мм, разнесенных на 3 мм. Источники располагались непосредственно на сетке С.

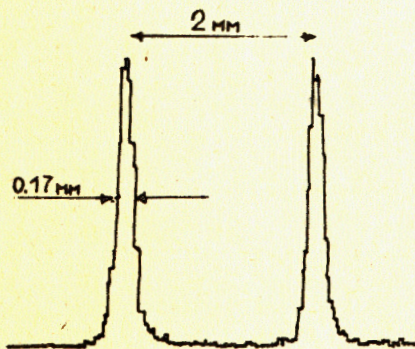


Рис.4. Пространственное разрешение МСЛК. Полная ширина на половине высоты равна 170 мкм. Расстояние между пиками 2 мм. Напряженность поля $E_{y/p} = 270 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{Тор}^{-1}$; $E_{D/p} = 50 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{Тор}^{-1}$; анодное напряжение МПК равно 360 В.

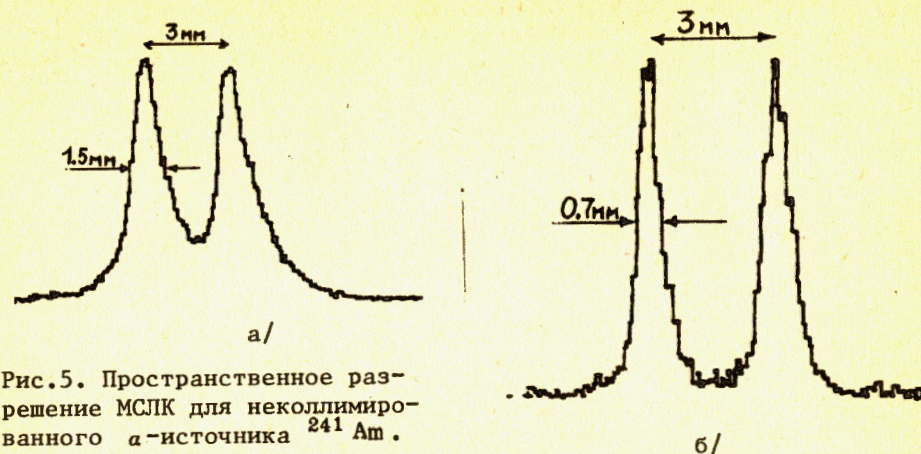


Рис.5. Пространственное разрешение МСЛК для неколлимированного α -источника ^{241}Am . Полная ширина на половине высоты 0,7 мм. Расстояние между пиками 3 мм. Напряженность поля: $E_{y/p} = 270 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{Тор}^{-1}$. Первый коэффициент Таунсенда α для "а" равен 11; для "б" - 30.

С учетом геометрических размеров каждого источника аппаратное разрешение МСЛК для точечного изотропного α -излучателя составило 0,5 мм.

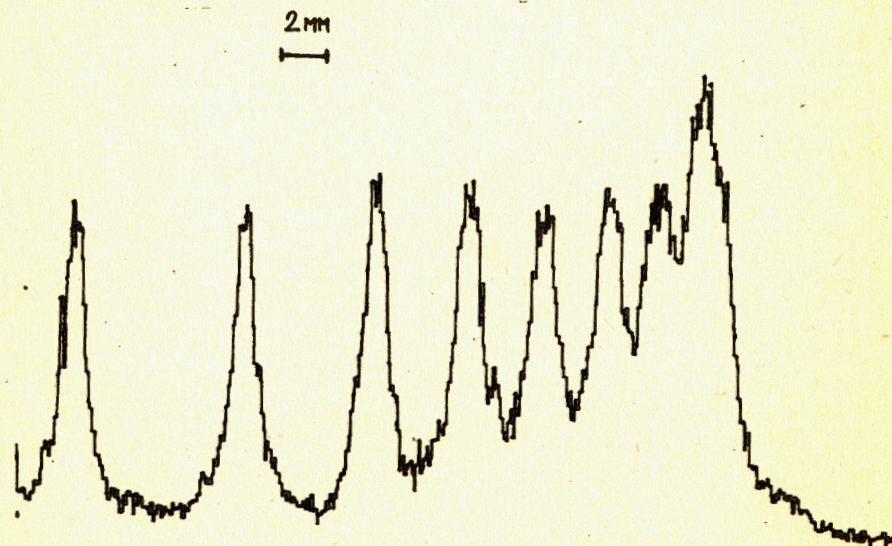


Рис.6. Проекция радиохроматографических пятен, содержащих ^{14}C , на X-координату. Ширина предусилительного промежутка 9 мм, $E_{y/p} = 170 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{Тор}^{-1}$; $E_{D/p} = 50 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{Тор}^{-1}$ напряжение на аноде МПК 520 В.

В качестве иллюстрации возможностей детектора на рис.6 дана проекция радиохроматографических пятен с изотопом ^{14}C . Эффективность регистрации ^{14}C определялась с помощью калиброванных источников известной активности и составила 50%. Исходя из формы β -спектра ^{14}C и принимая во внимание величину эффективности регистрации, можно сделать оценку порога регистрации по величине ионизационных потерь в предусилительном промежутке шириной 9 мм, который равен 120 ± 150 эВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многоступенчатые лавинные камеры низкого давления, работающие на парах изобутана, обладают высоким коэффициентом газового усиления, достигающим до величины 3×10^6 , и позволяют регистрировать заряженные частицы, энергетические потери которых в детекторе выше 150 эВ.

Пространственное разрешение по обеим координатам, равное 0,5 мм для изотропных излучателей, расположенных в непосредственной близости от предусилительного промежутка, большая площадь детектора 240×180 мм², хорошая однородность коэффициента усиления по площади, малые шумы и высокая стабильность работы делают возможным применение такого детектора как в ядерной физике, так и для решения прикладных задач, например, для целей нейтронной радиографии.

В заключение авторы благодарят В.А.Белякова, Н.П.Волкова, М.Н.Михайлову, А.А.Московского и Ю.Г.Федулова за помощь в изготовлении детектора, А.Б.Иванова и Чан Дык Дао - за разработку электронных блоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Breskin A. Nucl.Instr. and Meth., 1982, 196, p. 11.
2. Breskin A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1983, 217, p.107.
3. Абдушукуров Д.А. и др. ПТЭ, 1983, №6, с. 37.
4. Breskin A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1979, 161, p.19.
5. Абдушукуров Д.А. и др. P13-82-216, Дубна, 1982.
6. Breskin A. et al. IEEE Trans.Nucl.Sci., 1980, NS-27, p.133.
7. Breskin A. et al. CERN-EP/83-121.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 августа 1984 года.

Заневский Ю.В., Пешехонов В.Д., Смыков Л.П.
Характеристики многоступенчатой лавинной камеры
низкого давления

P13-84-563

Описывается многоступенчатая лавинная камера низкого давления, работающая на изобутане при давлении 6 Тор. Площадь камеры 240×180 мм². Детектор обладает высоким коэффициентом газового усиления 3×10^6 при его неоднородности по площади +3%. Пространственное разрешение по обеим координатам равно 170 мкм /ПШПВ/, для изотропных α -излучателей, расположенных в непосредственной близости от предусилительного промежутка, - 0,5 мм. Хорошая однородность коэффициента усиления по площади, малые шумы и высокая стабильность работы делают возможным применение такого координатного детектора как в ядерной физике, так и для решения прикладных задач, например, для целей нейтронной радиографии.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод Л.Н.Барабан

P13-84-563

Some Characteristics of a Multistep Low Pressure Chamber

A multistep low pressure chamber is described. The chamber operates using isobutane at a pressure of 6 torr. The area of the chamber is 240×180 mm². The detector has a high gas amplification coefficient of 3×10^6 at a nonuniformity of +3% over the area. The space resolution for both coordinates is 170 μm (FWHM) for isotropic α -radiators placed in the immediate vicinity of a preamplifier gap of 0.5 mm. The good uniformity of the amplification coefficient, low noises and high stability make it possible to use such a coordinate detector in nuclear physics and for solving applied problems, e.g., in neutron radiography.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984