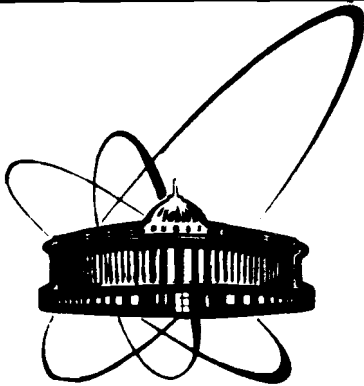


88-177



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Р 276

P13-88-177

Ю.В.Заневский, Т.Нэтушил, В.Д.Пешехонов

ИССЛЕДОВАНИЕ
ОДНОЭЛЕКТРОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ
МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ЛАВИННЫХ КАМЕР
НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

1988

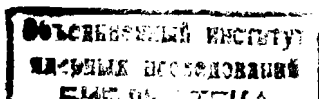
1. ВВЕДЕНИЕ

Большой интерес проявляется сейчас к многопроволочным позиционно-чувствительным детекторам - многоступенчатым лавинным камерам низкого давления /МСЛК НД/ ¹⁻⁴ . Эти детекторы используются для регистрации тяжелых ионов ⁵ , в сочетании с твердотельными конверторами и со сцинтилляторами соответственно - для регистрации нейтронов ⁶ и гамма-квантов ⁷ , применяются для координатной регистрации черенковского излучения ⁸ . Коэффициент газового усиления МСЛК НД может, как было показано в работе ⁴ , на детекторе с площадью 30x30 мм, достигать величины 10^8 , что позволяет регистрировать единичные фотоэлектроны. Детектор обладает также пространственной точностью по обеим координатам около 0,2 мм /ШПВ/.

В данной работе приведены результаты исследования двух различных модификаций МСЛК НД с достаточно большой чувствительной площадью, равной 280x220 мм.

2. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА

Общий вид МСЛК НД схематично представлен на рис.1а,б. В первом случае детектор состоит из плоскопараллельного пред-усилительного промежутка РА шириной 3,0 мм и обычной многопроволочной камеры /МПК/, отделенных друг от друга дрейфовым промежутком Т шириной 5,0 мм. Electroды промежутка РА выполнены в виде сетки из золоченой вольфрамовой проволоки диаметром 20 мкм и из медной проволоки диаметром 30 мкм с оптической прозрачностью 80% и 37% соответственно. Обычная МПК с чувствительной площадью 280x220 мм имеет межэлектродное расстояние 4 мм. Анод намотан проволокой диаметром 20 мкм с шагом 2 мм, катоды - проволокой диаметром 50 мкм с шагом 1 мм. Координатное считывание производится с катодов МПК при помощи линий задержки /ЛЗ/, у которых величина погонной задержки 1,75 нс/мм, волновое сопротивление 420 Ом. Для определения пространственных характеристик детектора сигналы с двух концов ЛЗ после усилителей поступали на дискриминаторы и далее на входы "Старт" и "Стоп" вреямплитудного преобразователя. Амплитудные характеристики определялись по сигналам с анодной плоскости МПК.



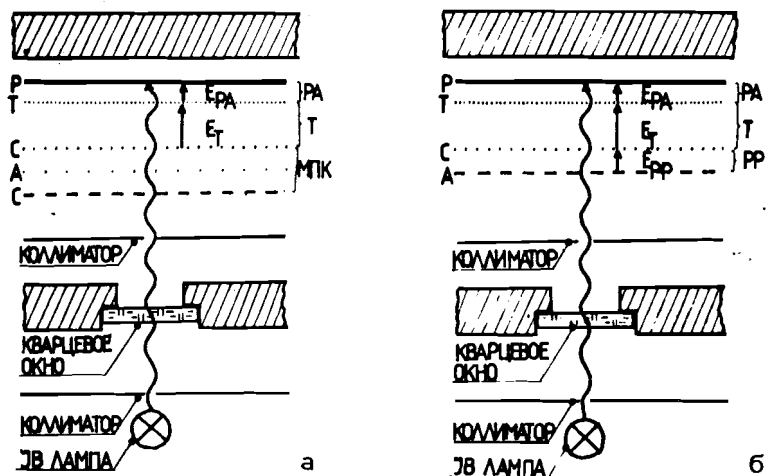


Рис.1. Схематическое изображение МСЛК НД: а - детектор состоит из плоскопараллельного промежутка РА и обычной МПК; б - детектор состоит из двух плоскопараллельных промежутков РА и РР. Т - дрейфовый промежуток.

Во втором случае /рис.1б/ МСЛК НД представляла собой два плоскопараллельных счетчика /ППС/, разделенных дрейфовым промежутком. Размеры нижнего счетчика /РР/ составляли 70x70 мм. Электроды были намотаны проволокой диаметром 20 мкм с шагом 0,2 мм. Ширина промежутка обычно составляла 3,85 мм.

На электроды МСЛК НД подавались потенциалы U_P, U_T, U_C, U_A /см. рис.1/, обеспечивающие необходимую напряженность электрического поля E_{PA} в предусилительном промежутке, E_T - в дрейфовом промежутке, в пропорциональной камере или E_{PP} - в нижнем плоскопараллельном счетчике.

Детектор размещался в герметичном боксе, в котором простой системой газового продува с одновременной откачкой форвакуумным насосом поддерживалось с хорошей стабильностью требуемое давление изобутана в диапазоне $10^2 \div 1,3 \cdot 10^4$ Па /0,8 ÷ 100 Торр/. Через кварцевое окно, расположенное в нижнем фланце бокса, коллимированное ультрафиолетовое излучение кварцевой лампы проходило в детектор и выбивало фотоэлектроны из медных проволок верхнего электрода предусилительного промежутка РА. В ходе газового усиления в промежутке РА от фотоэлектронов развивалась электронная лавина, которая через дрейфовый промежуток передавалась в МПК /или плоскопараллельный счетчик/, где имело место дополнительное газовое усиление и осуществлялась регистрация событий.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТЕКТОРА

В МСЛК НД происходит газовое усиление в плоскопараллельном счетчике РА /РР/ за счет ударной ионизации ^{3/} и в МПК сначала в однородном поле промежутка анод - катод, а затем вблизи

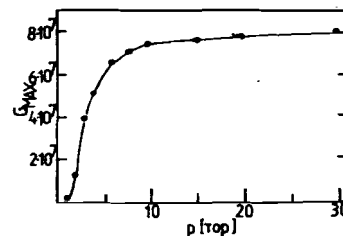


Рис.2. Максимальная величина коэффициента газового усиления в случае МСЛК с МПК в зависимости от давления изобутана.

анодных проволок. В результате этого максимально достижимый коэффициент газового усиления G_{MAX} существенно увеличивается относительно МПК или ППС низкого давления. Коэффициент газового усиления детектора можно представить в виде $G = K \cdot G_1 \cdot G_2$, где G_1 - усиление в промежутке РА и G_2 - в МПК или нижнем ППС. Коэффициент k определяет эффективность перевода заряда из предусилительного в дрейфовый промежуток и для атмосферного давления выражается соотношением $k = E_T / E_{PA}^9$. Наибольшее значение коэффициента газового усиления в случае низкого давления достигается при $\frac{E_T}{E_{PA}} \ll 1^9$, у нас соотношение составляло величины $\approx 0,05$.

Особенностью МСЛК НД относительно МСЛК нормального давления является передача большей части заряда при равных значениях $\frac{E_T}{E_{PA}}$ из-за существенно большей величины продольной диффузии электронов. По данным работы ^{10/} для метана при давлении 20 Торр в случае $\frac{E_T}{E_{PA}} \leq 0,1$ величина передаваемого в дрейфовый промежуток заряда возрастает в несколько раз.

Возможность одноэлектронного режима работы детектора иллюстрируется рис.2, где представлена величина максимального заряда, развиваемого в МСЛК НД. Видно, что с увеличением давления от 1-2 до 10 Торр максимально достижимый коэффициент газового усиления возрастает в ~5 раз, при дальнейшем увеличении давления до 30 Торр - сохраняется на уровне $8 \cdot 10^7$. Процедура определения G_{MAX} была следующей. В промежутке РА создавалась напряженность поля, обеспечивающая $0,01 \div 0,1 G_{1MAX}$. На анод МПК подавалось напряжение на 20 В ниже величины, при которой наблюдался в течение минуты пробой промежутка. Детектор обеспечивает достаточно устойчивый одноэлектронный режим работы, как видно из рис.3. На этом рисунке приведены типичные счетные характеристики, полученные при давлении 3 Торр для выбранного по оптимальной величине плато фиксированного значения

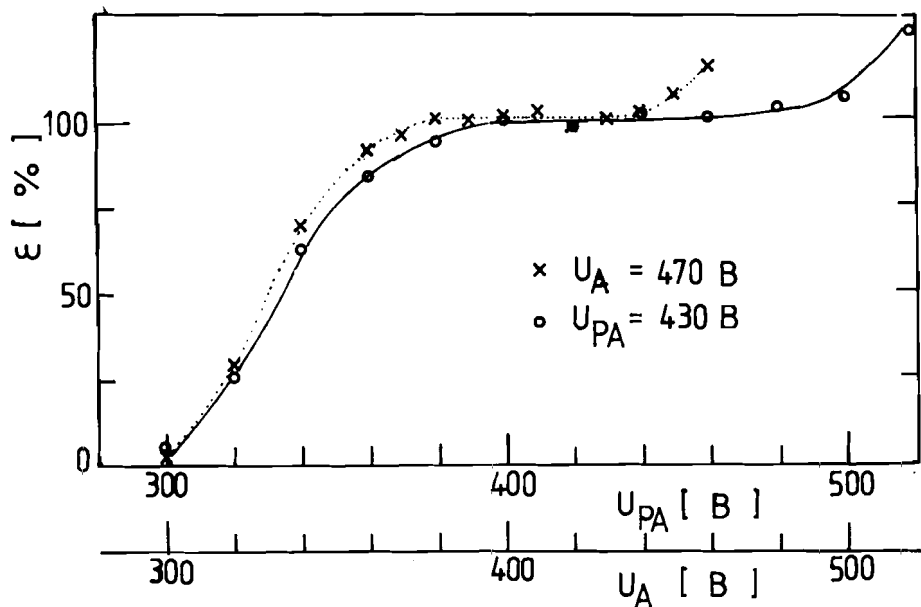


Рис.3. Счетная характеристика в зависимости от величины U_A (U_{PA}), величина U_{PA} (U_A) соответственно имеет фиксированное значение. Фотоэлектроны выходят из катода Р /см. рис.1/. Давление изобутана в детекторе - 3 Торр, $E_T = 6,3$ В/см·Торр.

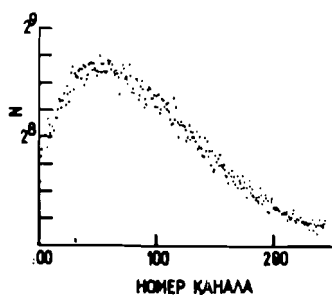


Рис.4. Типичное распределение амплитуд импульсов МСЛК НД. Давление изобутана 3 Торр, $U_A = 470$ В, $E_{PA/P} = 250$ В/см·Торр, $E_{T/P} = 6,3$ В/см·Торр.

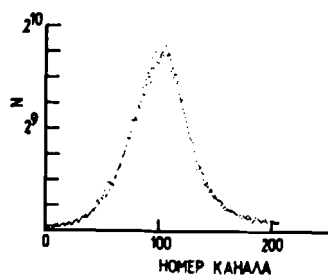


Рис.5. Распределение амплитуд импульсов МСЛК НД при больших величинах G_1 . Давление изобутана 40 Торр. $E_{PA/P} = 150$ В/см·Торр, $E_{T/P} = 3$ В/см·Торр, $U_A = 780$ В.

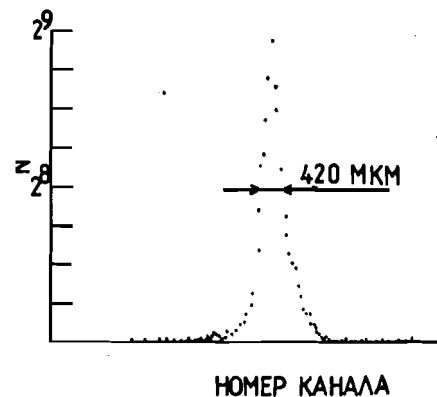


Рис.6. Пространственное разрешение детектора. Давление изобутана 40 Торр, $E_{PA/P} = 140$ В/см·Торр, $E_{T/P} = 2$ В/см·Торр, $U_A = 600$ В.

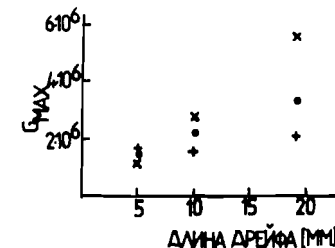


Рис.7. Зависимость максимально достижимого коэффициента газового усиления в одноэлектронном режиме работы МСЛК НД от величины дрейфового промежутка L между счетчиками РА и РР для разных величин $E_{PP/P}$. \times - 86 В/см·Торр, o - 82 В/см·Торр, $+$ - 78 В/см·Торр. Давление изобутана 40 Торр. Зазор промежутков РА и РР составлял 2,25 и 2,60 мм соответственно.

напряжения U_A (U_{PA}), в зависимости от напряжения U_{PA} (U_A) соответственно. Видно, что можно обеспечить плато величиной до 100 В.

Распределение амплитуд импульсов в случае одноэлектронного режима работы соответствует распределению величин коэффициента газового усиления детектора. Среднеквадратичное отклонение распределения зависит через значение коэффициента Таусенда α от величины $E_{PA/P}$.

В случае изобутана для давлений порядка единиц Торр наблюдалось распределение амплитуд, пример которого приведен на рис.4. Для давлений в десятки Торр можно было обеспечить при больших величинах G_1 распределение со среднеквадратичным отклонением до 25%, как показано на рис.5 для давления изобутана 40 Торр. Следует отметить, что в области более низких значений G_1 это распределение размывается и величину отклонения нельзя было определить.

В одноэлектронном режиме МСЛК НД имеет достаточно хорошее пространственное разрешение. На рис.6 приведено изображение точки ультрафиолетовых квантов диаметром 0,1 мм, полученное при давлении 20 Торр. Полная ширина на полувысоте распределения /ШПВ/ составляет 420 мкм, это равно 0,15% линейного размера детектора.

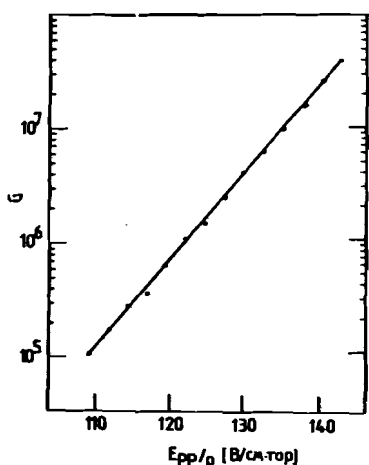


Рис. 8. Зависимость коэффициента газового усиления в одноэлектронном режиме работы МСЛК НД от величины $E_{pp/p}$. Зазор РА и РР – 3,35 и 3,85 мм соответственно. Давление изобутана 20 Торр.

среднеквадратичное отклонение распределения электронов после прохождения лавиной дрейфового пути в 5, 10 и 20 мм составляет 0,4; 0,56 и 0,8 мм соответственно. Видно, что с увеличением пути дрейфа обеспечивается более высокое газовое усиление детектора. Это связано с расширением лавины, поступающей в счетчик РР, происходящим на пути дрейфа, и уменьшением вероятности пробоя промежутка РР менее плотным объемным положительным зарядом.

Для счетчиков РА и РР с зазорами 3,35 и 3,85 мм соответственно и дрейфовым промежутком 5 мм определялась предельно достижимая величина коэффициента газового усиления. На рис. 8 представлена зависимость величины коэффициента газового усиления от напряжения на втором счетчике. Видно, что было достигнуто усиление 10^7 , а при использовании для электродов счетчика РР более плотной сетки с оптической прозрачностью 37% – $4 \cdot 10^7$. Следует заметить, что в МСЛК НД первой модификации более легко обеспечивается стабильный режим работы детектора в области максимальных коэффициентов газового усиления.

Для второй модификации МСЛК НД, состоящей из двух счетчиков РА и РР, труднее определить однозначную зависимость максимально достижимого коэффициента газового усиления в одноэлектронном режиме от давления, поскольку величина G_{MAX} зависит в большей степени от величины зазоров между электродами и от размеров ячейки сеток электродов. На рис. 7 представлены зависимости G_{MAX} для различных напряженностей во втором плоскопараллельном счетчике от ширины дрейфового промежутка между РА и РР. Величины зазоров счетчиков РА и РР составляли 2,25 и 2,60 мм соответственно. Зависимости были получены при давлении изобутана 40 Торр. При этих измерениях на счетчике РА устанавливалось напряжение на 20 В ниже пробойной величины. Заметим, что по данным работ [12, 13] расчетное

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МСЛК низкого давления с обычной МПК и со съемом координатной информации с помощью катодных линий задержки позволяют в одноэлектронном режиме работы достигать большого коэффициента газового усиления, до $8 \cdot 10^7$, и хорошего пространственного разрешения по обеим координатам – около 0,4 мм /ШПВ/ при рабочей площади детектора 220x280 мм.

В случае МСЛК НД, состоящей из двух ППС, был достигнут одноэлектронный режим работы детектора с коэффициентом более 10^7 . При этом электроды были выполнены из сеток с малой величиной ячейки, кроме того, необходимо было тщательно подбирать режим работы детектора по величине $U_{РА}$ и $U_{РР}$. Практически исключается возможность получения координатной информации с помощью линий задержки.

Таким образом, МСЛК НД в одноэлектронном режиме с эффективностью, близкой к 100% /см. рис. 3, а также ^{10}B , регистрирует фотоэлектроны, выбиваемые УФ-излучением из катода промежутка предварительного усиления с высокой эффективностью, детектор может регистрировать ионизирующее излучение, под действием которого в промежутке РА на расстоянии $1/a$ от катода образуется более одного электрона. Это может быть проходящая через МСЛК НД заряженная частица, а также нейтрон или γ -квант, взаимодействующий с материалом твердотельного конвертора, расположенного вблизи катода РА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Breskin A. et al. - NIM, 1984, 220, p.344-355.
2. Абдушукуров Д.А. и др. - ПТЭ, 1983, 28, 6, с.37-39.
3. Пешехонов В.Д. и др. ОИЯИ, Р13-84-563, Дубна, 1984.
4. Breskin A. et al. - NIM, 1984, 227, p.24-28.
5. Breskin A. et al. - NIM, 1984, 221, p.363-370.
6. Anisimov Yu.S. et al. - NIM, 1986, A252, p.261.
7. Schotanus P. et al. - NIM, 1986, A252, p.255.
8. Breskin A. et al. London Conference on Position-Sensitive Detectors, 7-11 Sept. 1987, to be published in NIM.
9. Breskin A. et al. - NIM, 1979, 161, p.29.
10. Edmonds J.S., Miller D.J., Barlow F. - NIM, 1987, A258, p.185-194.
11. Alkhazov G.D. - NIM, 1970, 89, p.155-165.
12. Breskin A. et al. - NIM, 1983, 217, p.107-111.
13. Breskin A., Chechik R. - NIM, 1986, A252, p.488-497.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 марта 1988 года.