

УДК 539.1

СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИКРОСТРИПОВОЙ ГАЗОВОЙ КАМЕРЫ С ПОЛУПРОВОДЯЩИМ ПОКРЫТИЕМ

А. В. Багуля, В. М. Гришин, В. А. Кротков¹, М. А. Негодаев, Н. В. Петровых²

Экспериментально исследованы спектрометрические характеристики микроstriповой газовой камеры с полупроводящим покрытием из распыленного высокоомного стекла с электронной проводимостью. Показано, что камера обладает хорошей линейностью в диапазоне 5 – 10 кэВ, удовлетворительным разрешением и долговременной стабильностью коэффициента газового усиления при умеренных нагрузках.

В микроstriповой газовой камере (МСГК) проволочки стандартной многопроволочной пропорциональной камеры заменены на металлические микроstriпы, нанесенные на диэлектрическую подложку с помощью методов микроэлектронной литографии [1]. В МСГК лавинный разряд, который развивается в процессе газового усиления около анодного микроstriпа, непосредственно граничит с поверхностью диэлектрической подложки. Этим определяется один из основных недостатков МСГК – нестабильность коэффициента газового усиления вследствие накопления положительных ионов лавины на поверхности диэлектрической подложки, что ограничивает эффективность регистрации ионизирующих излучений при высоких нагрузках. Для решения этой проблемы предлагалось несколько подходов. На обратную поверхность подложки можно нанести проводящий электрод, потенциал которого устанавливается так, чтобы электрическое поле в области между striпами вызывало дрейф ионов на катодный

¹НИИ Физических проблем им. Ф. В. Лукина, Зеленоград.

²АО НПЦ НИИ Электровакуумного стекла, Москва.

микрострип преимущественно через газ [1]. Можно подобрать удельное объемное сопротивление подложки в диапазоне $\rho \sim 10^9 - 10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{см}$, которое, с одной стороны, обеспечивает эффективную нейтрализацию ионов на поверхности подложки вплоть до загрузок $\sim 10^6 \text{ частиц}/(\text{мм}^2 \cdot \text{с})$, а с другой – приводит к приемлемым токам утечки между стрипами и следовательно малым шумам [2]. Аналогично ведут себя подложки, поверхностный слой которых толщиной $\lesssim 1 \text{ мкм}$ сделан полупроводящим с поверхностным сопротивлением $R_s \sim 10^{11} - 10^{14} \text{ Ом/квadrat}$, например, с помощью ионной имплантации [3]. В работе [4] предложено пассивировать подложку с микрострипами полупроводящим покрытием, например, тонкими ($20 - 100 \text{ \AA}$) слоями меди или германия. В последнем методе, который обладает рядом очевидных технологических преимуществ и позволяет попутно улучшить пробойные характеристики МСГК, необходимо оптимизировать выбор материала и толщину покрытия, поскольку использованные в [4] слои оказались недостаточно стабильными.

В настоящей работе экспериментально исследованы спектрометрические свойства МСГК с покрытием из распыленного высокоомного стекла с электронной проводимостью, которое ранее использовалось в качестве материала подложки и обеспечило стабильные характеристики МСГК [2].

Полупроводящее покрытие наносилось на подложку МСГК методом ионно-лучевого распыления мишеней из высокоомных ($\rho \sim 10^9 - 10^{10} \text{ Ом} \cdot \text{см}$) силикатных и фосфатных стекол с электронной проводимостью. Более подробно процедура и режимы приготовления полупроводящего покрытия обсуждаются в [5].

В качестве подложек МСГК использовались стандартные фотошаблонные стекла с размерами $127 \times 127 \times 3 \text{ мм}^3$ с нанесенными на них методом электронно-лучевой литографии хромовыми микрострипами толщиной $0,1 - 0,15 \text{ мкм}$. Ширина анодных стрипов составляла 12 мкм , катодных – 500 мкм при шаге структуры 1 мкм . Активная площадь МСГК составляла 40×40 и $86 \times 86 \text{ мм}^2$ (за основу была принята структура [6, 7]).

Процесс распыления заканчивался при достижении значений поверхностного сопротивления покрытия $R_s \sim 10^{11} - 10^{12} \text{ Ом/квadrat}$, при этом толщина покрытия составляла обычно $0,02 - 0,1 \text{ мкм}$. Подложка МСГК с покрытием извлекалась из камеры распыления и устанавливалась в герметический корпус тестовой дрейфовой камеры (рис. 1). Анодные и катодные микрострипы соединялись параллельно и выводились на контактные площадки, к которым с помощью проводящего клея присоединялись лепестки с припаянными проводками, выведенными на герметичные разъемы. Дрейфовый зазор составлял $2,5 \text{ см}$, для выравнивания дрейфового электрического поля применялись

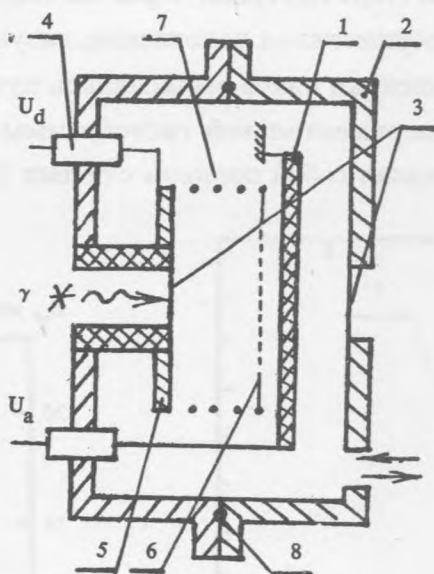


Рис. 1. Схема тестовой дрейфовой камеры: 1 - подложка МСГК с полупроводящим покрытием; 2 - герметический корпус из нержавеющей стали; 3 - окна из алюминизированного майлара; 4 - высоковольтный разъем; 5 - дрейфовый электрод; 6 - полевывравнивающий электрод; 7 - полевывравнивающие рамки (высоковольтный делитель); 8 - тефлоновая прокладка.

полевывравнивающие рамки, расположенные через 5 мм, и сетчатый электрод, который отстоял от подложки на расстоянии 5 мм. В дрейфовом электроде предусмотрено тонкое окно из алюминизированного майлара для ввода ионизирующих излучений. После сборки дрейфовая камера откачивалась системой механических и абсорбционных насосов с азотными ловушками до давления $10^{-2} - 10^{-3}$ торр и наполнялась рабочей газовой смесью ($Ar/CH_4 = 90/10$ или $Xe/CO_2 = 80/20$) до давления, соответствующего плотности при нормальных условиях (1 атм, $0^\circ C$).

Измерения рентгеновских спектров проводились следующим образом. Коллимированный рентгеновский источник в пенале устанавливался в держателе напротив входного окна дрейфового электрода. Потенциал дрейфового электрода равнялся -2500 В, что при заземленных катодных стрипах соответствует дрейфовому полю 1 кВ/см. Сигнал с анодных стрипов, потенциал которых составлял $600 - 800$ В, поступал в спектрометрический тракт, включающий последовательно соединенные предусилитель, усилитель, линейную задержку, линейные ворота, работающие в режиме самозапуска, и

АЦП. Кодированный сигнал АЦП поступал через систему КАМАК в вычислительный комплекс ДВК-3, который осуществлял накопление, визуализацию и обработку амплитудных спектров. Характеристики пиков вычислялись путем аппроксимации по методу наименьших квадратов экспериментальной гистограммы экспоненциальной функцией, показатель которой представлял собой полином степени 2, 3, 4, 5 или 6.

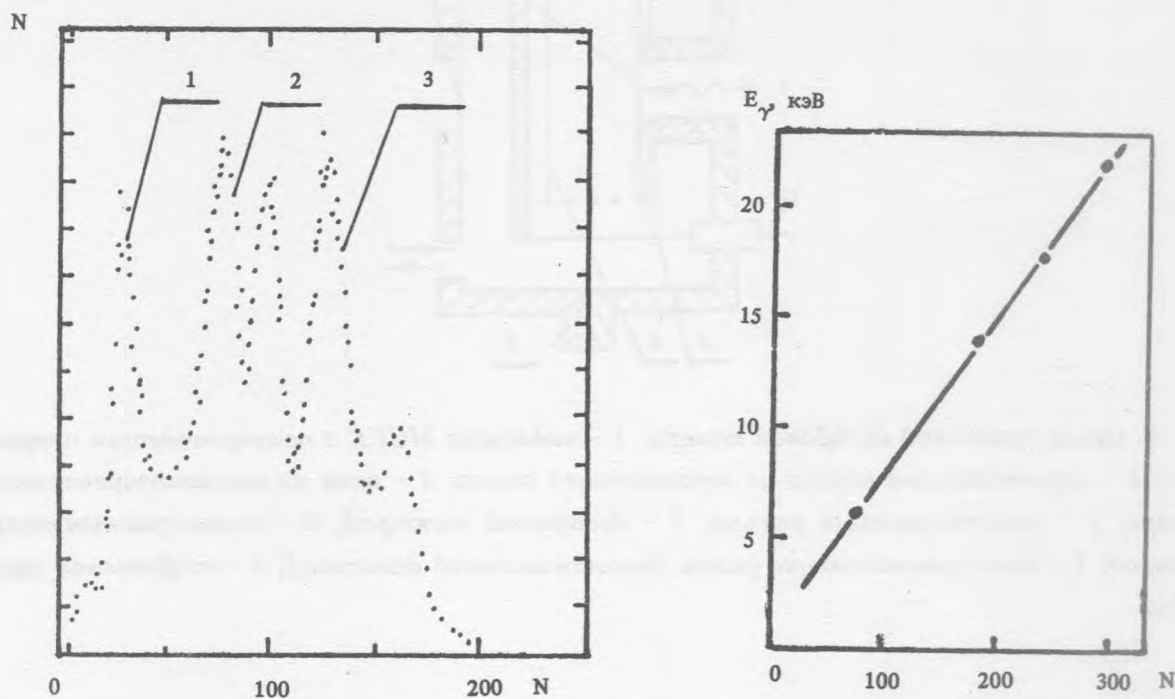


Рис. 2. Спектры рентгеновских источников ^{55}Fe (1); ^{241}Am (2); ^{109}Cd (3) (наполнение $\text{Ar}/\text{CH}_4 = 90/10$, 1 атм, 0°C). N - номер канала.

Рис. 3. Зависимость между энергией рентгеновских квантов и положением максимума соответствующего пика амплитудного спектра.

На рис. 2 показаны амплитудные спектры рентгеновских источников ^{55}Fe (5,9 кэВ), ^{241}Am (13,9; 17,8 кэВ) и ^{109}Cd (22,1 кэВ), измеренные при наполнении камеры смесью $\text{Ar}/\text{CH}_4 = 90/10$. На рис. 3 показан график зависимости энергии рентгеновских квантов от номера канала, отвечающего максимуму соответствующего пика амплитудного спектра. Видно, что МСГК с полупроводящим покрытием обладает хорошей линейностью отклика при удовлетворительном разрешении (относительная ширина пика 5,9 кэВ на половине высоты $\sim 25\%$). Отметим, что на положение пиков не оказывает влияния плотность потока рентгеновских квантов, во всяком случае в исследованном в настоящей работе диапазоне от ~ 10 (^{241}Am) до $\sim 5 \cdot 10^3$ (^{109}Cd) фотонов/(мм $^2 \cdot$ с).

Кроме того, практически не наблюдался дрейф пиков с течением времени, т.е. МСГК с полупроводящим покрытием показывает долговременную стабильность коэффициента газового усиления.

Таким образом, экспериментально показано, что МСГК с полупроводящим покрытием из распыленного высокоомного стекла с электронной проводимостью обладает удовлетворительными спектротрическими характеристиками и долговременной стабильностью коэффициента газового усиления. Представляет интерес определение предельной загрузки МСГК с полупроводящим покрытием и дрейф (старение) характеристик детектора при долговременных загрузках, близких к предельной. Этот вопрос, экспериментальное решение которого требует дополнительного оборудования, исследуется в настоящее время.

Авторы признательны С. И. Никольскому, А. А. Комару и Г. И. Мерзону за поддержку настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] O e d A., Nucl. Instr. and Meth., **A263**, 351 (1988).
- [2] B o u c l i e r R. et al., Nucl. Instr. and Meth., **A332**, 100 (1993).
- [3] A n g e l i n i F. et al., Nucl. Instr. and Meth., **A314**, 450 (1992).
- [4] B r o n s S. et al., Preprint CERN/PRE 93-194.
- [5] Б а г у л я А. В. и др., Краткие сообщения по физике ФИАН, N 1-2, 50 (1994).
- [6] O e d A., ICFA Instr. Bul. **8**, 1 (1992).
- [7] G e l t e n b o r t P., private communication.

Поступила в редакцию 25 января 1994 г.