

УДК 539.1.07

ГАЗОВЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ УМНОЖИТЕЛЬ И ЕГО РАБОТА СОВМЕСТНО С МИКРОСТРИПОВОЙ ГАЗОВОЙ КАМЕРОЙ

М. А. Негодаев, Б. Н. Ломоносов, А. В. Багуля, С. В. Русаков,
Е. М. Негодаева, А. М. Лемешко, Т. Е. Хамаева, А. Н. Ларичев

Изложены проблемы, связанные с длительной работой микростриповой газовой камеры. Описан газовый электронный умножитель (ГЭУ) и технология, используемая для его изготовления в России. Приведены данные по исследованию работы микростриповой камеры с полупроводящими покрытиями совместно с ГЭУ на тестовом пучке T22 в DESY (Германия) в сентябре-октябре 1997 г.

Получение стабильных значений коэффициента газового усиления в микростриповых газовых камерах (МСГК) [1] при длительной непрерывной их работе является целью многих групп, занимающихся этими детекторами с целью использования их в качестве трековых приборов в будущих экспериментах по физике высоких энергий, таких как, например, CMS и COMPASS в CERN, HERA-B в DESY [2, 3, 4]. Исследования, проведенные в рамках международного сотрудничества RD-28 [5], показали, что для получения стабильных значений газового усиления МСГК при высоких нагрузках подложки для микростриповой структуры МСГК должны иметь поверхностное сопротивление $R_S \simeq 10^{15} \text{ Ом}/\square$ и электронный тип проводимости [6]. Этого можно достичь посредством напыления тонкой полупроводящей пленки на диэлектрическую пластину, причем эту пленку можно напылять как до процесса металлизации и изготовления микростриповых электродов ("under coated"), так и поверх микростриповых электродов ("over coated").

В работе [7] было показано, что для МСГК, изготовленных на диэлектрических подложках с пассивацией тонкими полупроводящими покрытиями микростриповой структуры ("over coated"), воздействие ионов рабочего газа на пленку, покрывающую катоды,

губительно. Этот процесс приводит к быстрому выходу МСГК из строя, поэтому полупроводящую пленку следует размещать под микростриповыми электродами ("under coated").

В докладе Ф. Саули [6], где были подведены итоги работы RD-28, сообщалось, что в группе RAL получены хорошие результаты при изучении МСГК, изготовленной на боросиликатном стекле с напыленной на нее тонкой пленкой электронно-проводящего стекла S-8900 и с электродами из золота: удалось достигнуть величины полного собранного заряда $\simeq 100 \text{ мКл/см}$ при уменьшении газового усиления на 10%.

Однако, как показали эксперименты в пучках релятивистских электронов, МСГК при работе в условиях максимального газового усиления (с целью эффективной регистрации минимально ионизирующих частиц) может быть необратимо повреждена разрядом, инициированным прохождением сильно ионизирующих частиц (осколки отдачи, порожденные нейтронами, ядерные фрагменты). Этот эффект увеличивается при высоких потоках излучения, и его вероятность в основном зависит от рабочего напряжения [8].

Для сохранения величины коэффициента газового усиления при уменьшении величины рабочего напряжения на электродах МСГК можно включить в газовый объем МСГК дополнительный элемент – газовый электронный умножитель (ГЭУ), который был предложен Ф. Саули и подробно описан в работе [9]. ГЭУ представляет собой трехслойную сетку (два металлических слоя сетки разделены тонким слоем диэлектрика) с отверстиями микронных размеров, изготовленную методом стандартной фотолитографии.

В ФИАНе совместно с НИИ прикладной физики была разработана технология изготовления ГЭУ. Для изготовления ГЭУ в качестве гибкого основания была выбрана отечественная полиимидная пленка марки ПИ. Этот полимер относится к классу термостойких высокомолекулярных соединений и отличается высокой радиационной стойкостью и прекрасными электрофизическими и механическими свойствами.

В качестве проводящего покрытия была выбрана медь. Слои требуемой толщины (10 – 20 мкм) формировались путем гальванического осаждения меди из сернокислого электролита на предварительно нанесенную методом вакуумно-термического испарения тонкую двустороннюю металлическую пленочную структуру хром-медь-хром общей толщиной 1.2 – 1.5 мкм. Нижний слой хрома выполнял функцию адгезионного подслоя, обеспечивая надежное сцепление металлических слоев с поверхностью полиимида. Верхний слой хрома, обеспечивал антикоррозионную защиту пленки меди в

технологическом цикле и улучшал адгезию фоторезиста на операциях фотолитографии, которая являлась основным методом формирования топологии отверстий.

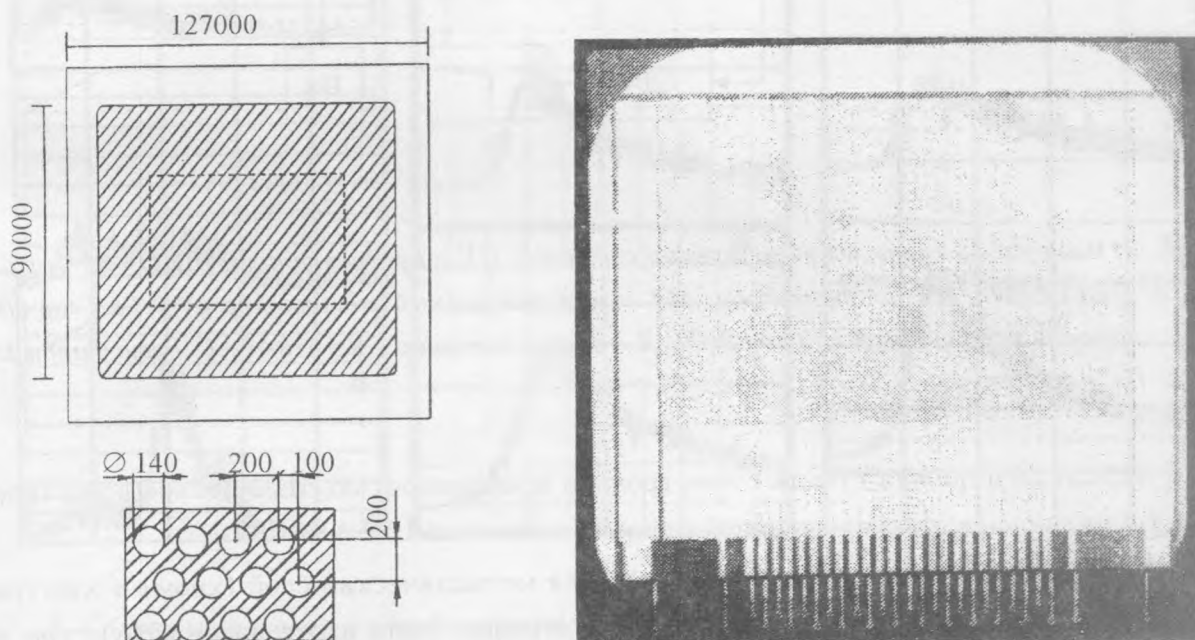


Рис. 1. Эскиз ГЭУ, используемого в работе с МСГК (размеры в мкм).

Рис. 2. МС пластина с электродами из Cr на стекле D-263 с покрытием из стекла с электронной проводимостью.

Были изготовлены образцы ГЭУ, имеющие габаритные размеры $90 \times 90 \text{ мм}^2$, где на площади $60 \times 40 \text{ мм}^2$ имелись круглые отверстия диаметром $100 - 140 \text{ мкм}$ с расстоянием между ними 200 мкм , расположенные рядами в шахматном порядке. Расстояния между рядами 100 мкм , общее количество отверстий 60000 (рис. 1).

Исследования работы ГЭУ совместно с МСГК проводились как при работе с радиоактивными источниками (^{55}Fe , ^{106}Ru), так и на тестовом пучке релятивистских электронов в DESY в сентябре-октябре 1997 года.

Установленный в газовом объеме МСГК, ГЭУ позволил получить 2-3-кратное увеличение сигнала, снимаемого с одного стрипа МСГК. В качестве подложки для МСГК использовалась пластинка стекла D-263 фирмы DESAG (Германия) размером $76 \times 76 \text{ мм}^2$ и толщиной 300 мкм . На одну из сторон этой пластины на установке "ГЕЛИС"

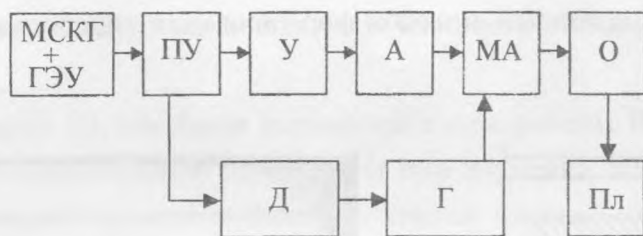


Рис. 3. Блок-схема системы регистрации событий: ПУ – предусилитель ORION, У – усилитель ORTEC 572, А – аттенюатор, МА – многоканальный анализатор qVT Le Croy 3001, О – цифровой осциллограф Le Croy 9400, Д – дискриминатор LRS 620AL, Г – генератор LRS 222, Пл – плоттер.

[10] напылялась пленка стекла с электронной проводимостью. Измеренное поверхностное сопротивление полупроводящей пленки составляло $10^{13} - 10^{14} \text{ Ом/}\square$.

Поверх полупроводящей пленки напылялся металлический слой (хром) и электронный резист, затем методом электронной литографии была изготовлена структура микростриповых электродов с шагом 200 мкм (рис. 2). Все катоды структуры объединены и имеют две контактные площадки для подключения высокого напряжения. Центральные анодные стрипы являются сигнальными и имеют индивидуальные контактные площадки для подсоединения к предусилителям. Периферийные аноды объединены в две группы.

Газовые зазоры между МС пластиной и ГЭУ и между ГЭУ и дрейфовым электродом электродом были равны 4 мм . Рабочий газовый объем составил $40 \times 60 \times 8 \text{ мм}^3$ и был ограничен ситалловыми пластинами, которые приклеивались к микростриповой пластине, ГЭУ и дрейфовому электроду, выполненному из стекла D-263, покрытого тонкой пленкой металла (Mo).

Были проведены спектрометрические измерения для двух соотношений газовой смеси $Ar/DME - 50/50$ и $80/20$. Предварительно проводились измерения с радиоактивными источниками ^{55}Fe и ^{106}Ru . Блок-схема системы регистрации событий с единично выбранных каналов МСКГ при тестовых исследованиях работы МСКГ+ГЭУ в DESY осенью 1997 г. представлена на рис. 3.

Для различных напряжений на электродах ГЭУ были получены спектры от радиоактивных источников ^{55}Fe (рис. 4), ^{106}Ru (рис. 5) и спектры ионизационных потерь

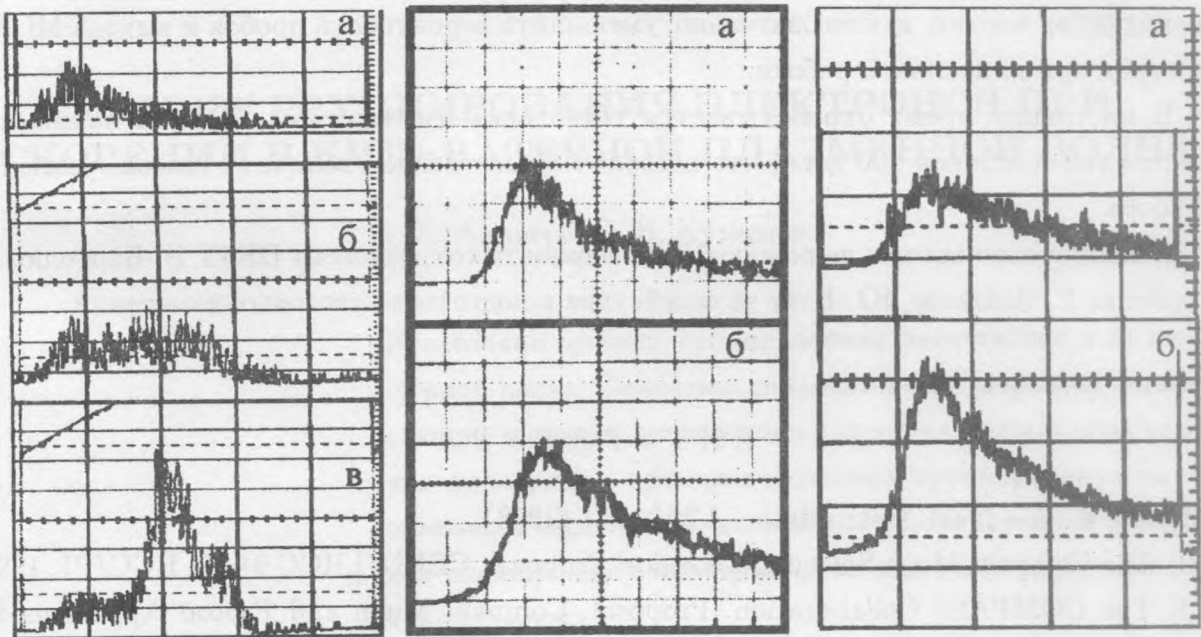


Рис. 4. Спектры сигналов с одного стрипа МСГК от радиоактивного источника ^{55}Fe при различных напряжениях на электродах ГЭУ: а) $\Delta U = 0 \text{ В}$; б) $\Delta U = 150 \text{ В}$; в) $\Delta U = 300 \text{ В}$. Газовая смесь $\text{Ar}/\text{DME} - 80/20$, напряжение на катоде МСГК $U_c = -400 \text{ В}$. Напряжение на дрейфовом электроде $U_d = -1600 \text{ В}$.

Рис. 5. Спектры сигналов с одного стрипа МСГК от радиоактивного источника ^{106}Ru при различных напряжениях на электродах ГЭУ: а) $\Delta U = 150 \text{ В}$; б) $\Delta U = 300 \text{ В}$. Газовая смесь $\text{Ar}/\text{DME} - 80/20$. $U_c = -400 \text{ В}$, $U_d = -1600 \text{ В}$.

Рис. 6. Спектры сигналов с одного стрипа МСГК при регистрации электронов с энергией 3 ГэВ при различных напряжениях на электродах ГЭУ: а) $\Delta U = 150 \text{ В}$; б) $\Delta U = 300 \text{ В}$. Газовая смесь $\text{Ar}/\text{DME} - 80/20$. $U_c = -400 \text{ В}$, $U_d = -1600 \text{ В}$. Время набора каждого спектра 20 минут.

релятивистских электронов тестового пучка Т-22 при регистрации сигналов единичным анодом МСГК (рис. 6).

Видно, что увеличение напряжения на ГЭУ приводит к увеличению сигналов со стрипа МСГК и эффективности регистрации релятивистских электронов.

Таким образом, ГЭУ позволяет снизить напряжение на микростриповых электродах

МСГК, обычно используемое в МСГК для эффективной регистрации минимально ионизирующих частиц, и, следовательно, уменьшить вероятность пробоя и выхода МСГК из строя при длительной работе.

В настоящее время отрабатывается технология изготовления ГЭУ на полиимидной пленке толщиной 100 мкм, что позволит существенно увеличить газовое усиление прибора.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам DESY В. Бартелло, В. Корбелю, Г. Зайделю, Ю. Бэxu за содействие в подготовке тестовых измерений.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] O e d A. Nucl. Instr. Meth., **A263**, 351 (1988).
- [2] The Compact Muon Solenoid, Technical Proposal, CERN/LHCC 94-38, HCC/P1, 1994.
- [3] The COMPASS Collaboration. Proposal. Common Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy. CERN/SPSLC 96-14, SPSC/P297, 1996.
- [4] HERA-B. An Experiment to Study CP Violation in the B System Using an Internal Target at the HERA Proton Ring. Design Report. DESY-PRC 95/01, 1995.
- [5] RD-28 status report. CERN/DRDC/93-94, 1993.
- [6] S a u l i F. Development of Microstrip Gas Chambers for radiation detection and tracking at high rates, Final Status Report, LDRB Status Report/RD-28, CERN/LHCC 96-18, 1996.
- [7] Н е г о д а е в М. А. и др. Препринт ФИАН N 14, М., 1997.
- [8] В о и м с к а В. et al. Proc. 5th Int. Conf. Adv. Technology and Particle Physics, Villa Olmo, October 7-11, 1996.
- [9] S a u l i F. Nucl. Instr. Meth., **A386**, 531 (1997).
- [10] Н е г о д а е в М. А., Б а г у л я А. В. Препринт ФИАН N 11, М., 1996.

Поступила в редакцию 22 октября 1998 г.