

## РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ТОЛСТОГО ГАЗОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖИТЕЛЯ

© 2019 г. В. И. Разин

*Институт ядерных исследований РАН  
Россия, 117312, Москва, просп. 60-летия Октября, 7а  
e-mail: razin@inr.ru*

Поступила в редакцию 23.04.2018 г.  
После доработки 23.04.2018 г.  
Принята к публикации 03.06.2018 г.

Представлены результаты, полученные при исследовании лавинного процесса размножения электронов в толстом газовом усилителе новой конструкции. Главная особенность устройства заключается в разделении верхней и нижней частей усилителя газовым промежутком с сохранением пленки из полиимида в качестве изолятора на внутренней поверхности дырочных электродов. Ширина такого промежутка может варьироваться в диапазоне 0.1–1.0 мм в зависимости от размеров электродов. При таком разделении отсутствуют поверхностные токи утечки между электродами и наведенный заряд на внутренней поверхности газоразрядного промежутка. Благодаря этому сведена к минимуму вероятность как поверхностных, так и объемных стримерных явлений, переходящих в гейгеровский или искровой разряд. В результате была зарегистрирована амплитуда импульсов в несколько вольт на нагрузке в 50 Ом в газовой смеси  $\text{Ar}+20\% \text{CO}_2$  при облучении детектора  $\beta$ -источником  $^{90}\text{Sr}$ .

DOI: 10.1134/S003281621901021X

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие газовых электронных умножителей (GEM) было вызвано требованиями ядерного физического эксперимента работать в условиях высоких нагрузок заряженных частиц с интенсивностью  $>10^6$  частиц/мм<sup>2</sup> [1]. Способ регистрации заряженных частиц с помощью дырочных газовых электронных умножителей, предложенный в работах [1, 2], открыл новые возможности регистрации минимально ионизирующих частиц в физике высоких энергий благодаря высокому временному и пространственному разрешению, а также способности работать в условиях высоких нагрузок на уровне  $\geq 10^6$  частиц/мм<sup>2</sup>. Дальнейшее развитие дырочных электронных умножителей получило в работах [3, 4], в которых приведены результаты исследований так называемых “толстых” газовых умножителей (THGEM). Обладая практически такими же свойствами, как и GEM, они в то же время явились более простыми в изготовлении и надежными в эксплуатации детекторами для задач, в которых существенную роль играют вопросы стоимости изготовления, гибкости дизайна, а также решения задач в области медицины и экологии.

Наряду с положительными чертами детекторы типа THGEM сохраняют и отрицательные свойства, присущие микроструктурным газовым детекторам. Речь идет о наличии поверхностных токов утечки, а также пробойных явлениях типа стримера или искры внутри объема газоразрядного промежутка в результате накопления наведенного заряда [5]. Решению данных проблем посвящен целый ряд работ, но вопрос пока остается открытым [6–10].

В данной работе представлены результаты испытаний в лабораторных условиях новой конструкции THGEM, в которой осуществлено разделение верхнего и нижнего дырочных электродов детектора газовым промежутком при сохранении полиимидной пленки на внутренней поверхности электродов в качестве изоляционного слоя. Благодаря такому решению удалось в значительной степени понизить вероятность как поверхностных, так и объемных стримерных явлений, переходящих в гейгеровский или искровой разряд.

### НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ THGEM

На рис. 1 представлено устройство одноступенчатого детектора на базе THGEM в схематическом виде. Газовый объем подразделяется на

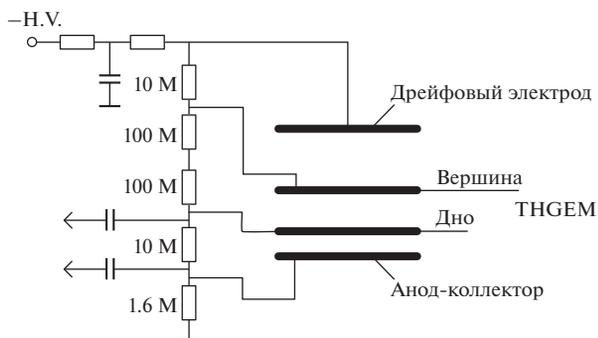


Рис. 1. Схема однослойного ТНГЕМ-детектора.

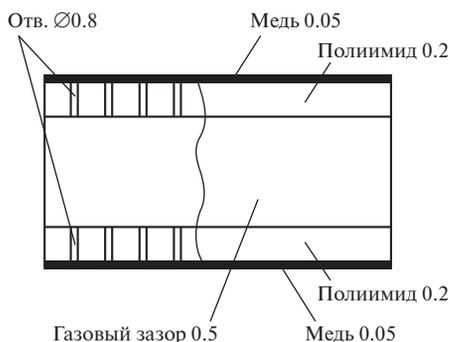


Рис. 2. Геометрия электродов ТНГЕМ.

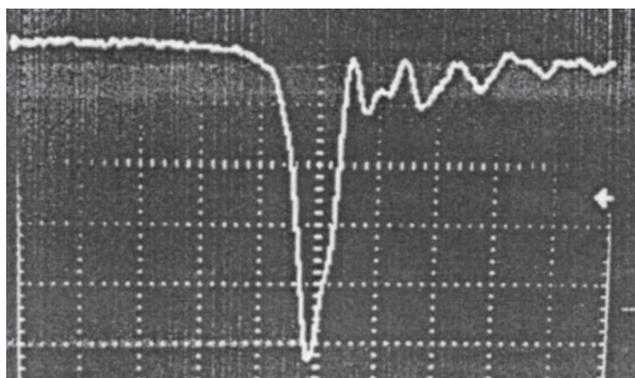


Рис. 3. Импульс, полученный с анода-коллектора ТНГЕМ на 50-Ом входе цифрового осциллографа АК ИП-4115/4А. Масштаб по вертикали 2 В/клетка, по горизонтали – 10 нс/клетка.

три промежутка: дрейфовый, усилительный и индукционный высотой соответственно 3, 1 и 1 мм. Дрейфовый электрод представляет собой сетку из вольфрамовой проволоки толщиной 30 мкм, намотанной с шагом 0.5 мм на медное кольцо  $\varnothing$  40 мм.

Основную часть усилительного промежутка занимает новая конструкция одноступенчатого ТНГЕМ, верхний и нижний электроды которого изолированы друг от друга газовым объемом ши-

риной 0.5 мм. На рис. 2 показана геометрия дырочного ТНГЕМ-электрода в более крупном плане. Главной отличительной чертой данной конструкции является то, что пленки из полиимида толщиной 0.2 мм препятствуют протеканию токов утечки между медными электродами и накоплению индукционного заряда на внутренней поверхности дырочных электродов. Геометрические параметры дырочного электрода ТНГЕМ: шаг 1.5 мм, диаметр 0.8 мм, толщина 0.2 мм, фаска 0 мм. Диаметр такого электрода составляет 40 мм. Отверстия в электродах сделаны на обычном механическом оборудовании. Базовое расположение отверстий осуществляется в вершинах равностороннего треугольника.

Одно из возможных распределений высокого напряжения на промежутках ТНГЕМ-детектора при его наполнении газовой смесью, состоящей из аргона +20%  $\text{CO}_2$ , следующее при эффективном усилении порядка  $10^6$ : дрейфовое поле – 0.8 кВ/см, поле между электродами ТНГЕМ – 30 кВ/см, индукционное поле – 4 кВ/см. При таких напряжениях коэффициент лавинного размножения электронов превышал значение  $10^6$  без захода в область стримерного или гейгеровского разрядов. На рис. 3 показан импульс, полученный с анода-коллектора при детектировании минимально ионизирующих частиц на 50-Ом входе цифрового осциллографа АК ИП-4115/4А при продувке ТНГЕМ обычной газовой смесью аргон + 20%  $\text{CO}_2$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В соответствии с формулой Rather [11] амплитуда сигнала для случая  $\beta$ -источника может быть рассчитана следующим образом:

$$N_0 A < 10^8,$$

где  $N_0$  – число начальных электронов,  $A$  – коэффициент размножения.

При  $N_0 = 100$  коэффициент размножения  $A$  может достигать значения  $10^6$  и выше без захода в область пробоев. Как видно на рис. 3, амплитуда импульса составляет несколько вольт на нагрузке 50 Ом при отсутствии предварительного усилителя.

Измерения показали, что рабочий ток в детекторе на базе ТНГЕМ не превышал 15–20 мкА. При таких условиях может происходить размножение электронов в режиме ограниченной пропорциональности, исключая стримерную или искровую моду. Таким образом, следует считать, что данная конструкция одноступенчатого ТНГЕМ является практически полностью защищенной от искрообразования. При этом величина коэффициента размножения электронов удовлетворяет многим приложениям, где требуется надежная работа в условиях высоких потоков заряженных частиц.

С точки зрения массового производства данная конструкция THGEM может иметь хорошую перспективу применения в таких детектирующих устройствах для решения физических экспериментов, как RICH, TPC detectors, neutron position-sensitive detectors, а также в ядерно-медицинских установках.

Автор выражает глубокую благодарность А.И. Решетину и С.Н. Филиппову за полезные обсуждения и помощь в работе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sauli F.* // Nucl. Instrum. and Methods. 1997. V. A386. P. 531.
2. *Sauli F.* // Nucl. Instrum. and Methods. 2016. V. A805. P. 2.
3. *Chechik R., Breshkin A., Shalem C., Mormann D.* // Nucl. Instrum. and Methods. 2004. V. A535. P. 303.
4. *Shalem C., Chechik R., Breshkin A., Michaeli K.* // Nucl. Instrum. and Methods. 2006. V. A558. P. 475.
5. *Razin V.I., Reshetin A.I.* // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2012. V. 9. № 1. P. 58.
6. *Овчинников Б.М., Разин В.И., Решетин А.И., Филиппов С.Н.* // ПТЭ. 2010. № 2. С. 41.
7. *Разин В.И., Решетин А.И., Филиппов С.Н.* // ПТЭ. 2011. № 5. С. 115.
8. *Razin V.I.* Universal J. Phys. and Application. 2014. V. 2(7). P. 321. doi 10.13189/ujpa.2014.020701
9. *Alexeev M., Birsa R., Bradamante F., Bressan A., Büchele M., Chiosso M., Ciliberti P., Torre S.D., Dasgupta S., Denisov O., Duic V., Finger M., Finger M. Jr, Fisher H., Gobbo B. et al.* // JINST. 2015. V. 10(03). P. P03026. doi 10.1088/1748-0221/10/03/P03026
10. *Supriya Das.* arXiv: 1506.06520 V1 [physics.ins-det]
11. *Raether H.* Electron Avalanches and Breakdown in gases. London: Butterworth, 1964.