

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРИМЕРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ УЗКОАЗОРНОГО ДЕТЕКТОРА С ПРОСТЫМ ГАЗОВЫМ НАПОЛНЕНИЕМ

*В. И. Разин*¹

Институт ядерных исследований РАН, Москва

В работе представлены результаты исследования процесса газового усиления в беспроводной плоской камере с однородным электрическим полем с зазором между катодом и анодом, равным 1 мм. Показано, что переход от пропорционального к стримерному режиму работы газоразрядного детектора данной конструкции происходит при достижении порога Ретера в простых двухкомпонентных газовых смесях типа Ar + 20% CO₂ без фреоновых и углеводородных добавок. Этот факт становится определяющим аргументом при выборе рабочего газа при планировании длительных экспериментов в замкнутой среде с точки зрения экологии.

The paper presents the results of a study of a process of gas amplification in wireless flat cell with a homogeneous electric field with a gap between the cathode and the anode of 1 mm. It is shown that the transition from proportional to streamer mode of operation of this design occurs when the threshold Reter is reached in a simple two-component gas mixture of the type Ar + 20% CO₂ without freon and hydrocarbon additives. This fact is decisive argument in the choice of working gas in the planning of long-term experiments in a closed environment from ecological point of view.

PACS: 29.40.Cs

ВВЕДЕНИЕ

Открытый Ж. Шарпаком [1] сильноточный режим работы многопроволочных пропорциональных камер имел место в газоразрядном промежутке с большим количеством отрицательной добавки в виде фреона 13В1 и углеводородной добавки в виде изобутана при наличии сильно неоднородного электрического поля. В ходе дальнейших исследований [2, 3] этот режим был тщательно изучен в конфигурации газового детектора с толстыми анодными проволоками и получил название самогасящегося стримерного режима, или СГС-режима. Надежная работа такого детектора обеспечивалась присутствием в газовой смеси фотоногасящих добавок типа изобутана и метилала.

Наиболее отличительными чертами сигнала, появляющегося в этих условиях, были следующие:

а) амплитуда импульса, достигающая величины, характерной для процесса размножения электронов при гейгеровском разряде;

¹E-mail: razin@inr.ru

б) треугольная форма импульса в СГС-режиме, напоминающая аналогичный вид импульса, характерный для процесса сбора заряда в ионизационной камере;

в) возникновение стримера, всегда сопровождающееся присутствием импульса-предшественника (precursor).

Процесс образования стримера может быть представлен как случай возникновения плазмы.

Следует отметить также, что в настоящее время нет исчерпывающего объяснения такому факту, как 50 %-я эффективность регистрации числа стримеров по отношению к общему числу импульсов как стримерного, так и пропорционального происхождения за определенный промежуток времени.

Не ослабевает интерес и к интерпретации причины временной задержки появления стримера по отношению к стартовому импульсу или триггеру, определяемого в момент прохождения первичной ионизирующей заряженной частицы через объем газового детектора. Одним из возможных объяснений могла бы быть трактовка этой задержки как следствия временного дрейфа локального сгустка плазмы, возникающего при случайном акте лавинного размножения электронов в газовом объеме в суммарном электрическом поле от внешнего источника и сгустка пространственного положительного заряда.

1. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА

На рис. 1 представлена конструкция плоского узкоазорного детектора и схема измерений его основных характеристик. Анод и катод изготовлены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 0,2 мм в виде дисков, имеющих рабочую площадь в раз-

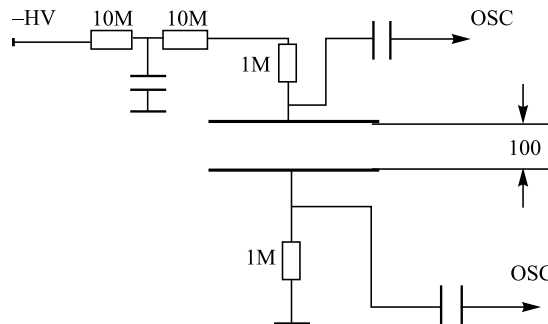


Рис. 1. Экспериментальная схема испытаний плоской камеры

мере 60 см². Герметичность детектора обеспечивается за счет мягкой плоской резины, размещенной перед спейсером толщиной 1 мм из фторопласта далеко от проводящей поверхности электродов во избежание утечек и пробоев.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Предварительная проверка геометрии сборки и электрической прочности детектора осуществлялась с помощью методики испытания газоразрядных детекторов на воздухе, описанной в работе [4].

На рис. 2 показана вольт-амперная характеристика такого измерения. Из хода кривой следует, что пробой воздушного промежутка наступает при напряжении питания,

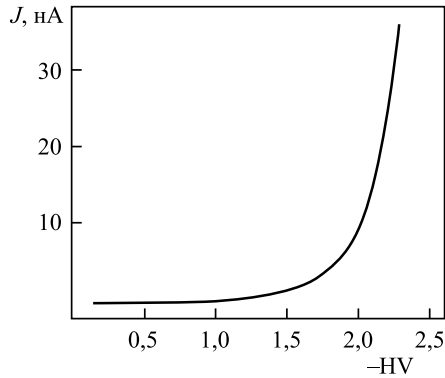


Рис. 2. Кривая пробоя плоского зазора на воздухе

равном 2,34 кВ, что полностью соответствует эмпирическим данным и является свидетельством правильной геометрии и технологии сборки детектора.

на высокоомном входе осциллографа. Второй импульс задержан относительно первого на несколько сот наносекунд и является типичным сигналом, характерным для СГС-режима. Первый импульс имеет значительно меньшую длительность и амплитуду, что соответствует протеканию лавинообразного таунсендовского размножения электронов в объеме детектора [5]. Вместе с тем следует отметить,

На рис. 3 представлена амплитудная характеристика исследуемой узкоззорной плоской камеры. В качестве рабочей газовой смеси была выбрана смесь из аргона и 20 % углекислого газа из-за условий обеспечения минимального старения, взрывобезопасности и других причин, ограничивающих применение газоразрядных детекторов при длительных облучениях в замкнутых пространствах. На рисунке отчетливо видно, что имеются два типа импульсов разной амплитуды и длительности, измеренные

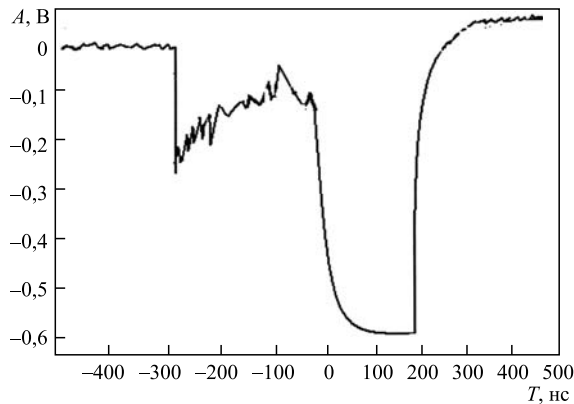


Рис. 3. Амплитудная характеристика плоской камеры при наполнении газовой смесью $\text{Ar} + 20\% \text{CO}_2$

что амплитуда первого импульса превышает значения амплитуд обычных пропорциональных импульсов, которые не видны на рис. 3. Благодаря данному факту первый импульс получил название *recursor* или предшественника, который всегда сопровождает появление СГС-сигнала.

3. ВЫВОДЫ

1. Полученный результат исследования газоразрядного размножения электронов в узкоазорном детекторе с плоской геометрией электродов показывает, что стримерный режим достигается при выполнении необходимых и достаточных условий, выраженных в формуле Ретера, даже в простой газовой среде без углеводородных и фреоновых добавок.

2. Образование сигнала в СГС-режиме всегда связано с появлением импульса-предшественника, имеющего достаточно высокую амплитуду по сравнению с импульсами пропорционального режима и связанного со вторичной лавиной в районе максимальной плотности суммарного объемного и внешнего положительного зарядов, в результате которой происходит замыкание межэлектродного промежутка за счет упругой ионизационной волны, характерной для плазменных колебаний.

3. Этот результат может быть положен в основу интерпретации того факта, что эффективность регистрации числа стримеров по отношению к общему числу импульсов как стримерного, так и лавинного пропорционального происхождения не может превышать величины, равной 50 %.

4. Применение простой газовой смеси типа $\text{Ar} + 20\% \text{CO}_2$ может стать определяющим фактором при планировании длительных физических экспериментов в замкнутой среде с экологической точки зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Charpak G., Sauli F.* Multiwire Chambers Operating in the Geiger–Muller Mode // Nucl. Instr. Meth. 1971. V. 96. P. 363.
2. *Алексеев Г. Д., Круглов В. В., Хазинс Д. М.* Самогасящийся стримерный (СГС) разряд в проволочной камере // ЭЧАЯ. 1982. Т. 13, вып. 3. С. 363.
3. *Atac M., Tollestrup A. V.* Self-Quenching Streamer // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1982. V. 29, No. 1. P. 388.
4. *Пантуев В. С., Разин В. И.* Тренировка многопроволочных детекторов на воздухе. Препринт ИЯИ П-0571. М., 1987.
5. *Razin V. I., Reshetin A. I.* Features of Gas Discharge in Narrow-Gap Micropattern Gas Detectors at a High Level of Alpha-Particle Background // Phys. Part. Nucl. Lett. 2012. V. 9, No. 1. P. 58–61.

Получено 21 июня 2012 г.