

ПЛОСКО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ИСКРОВЫЕ СЧЁТЧИКИ

В последние годы получили применение искровые счётчики с плоско-параллельными электродами 2—9.

Интерес к ним обусловлен главным образом тем, что они вследствие малого запаздывания разряда по отношению к моменту прохождения ионизирующей частицы и быстрого развития разряда пригодны для измерения весьма малых промежутков времени ($\sim 10^{-9}$ сек). В обычных цилиндрических счётчиках Гейгера-Мюллера запаздывание разряда определяется временем дрейфа первичных электронов к нити счётчика, где градиент напряжённости электрического поля велик и начинается ударная ионизация, ведущая к разряду. Среднее время запаздывания в таких счётчиках $\sim 10^{-7} - 10^{-8}$ сек.

В искровых счётчиках градиент напряжённости электрического поля в любой точке рабочего объёма достаточен для начала ударной ионизации и создания лавин. Ударная ионизация и фотоионизация образуют стример — проводящий канал, вдоль которого происходит искровой пробой. Время образования стримера очень мало, — при расстоянии между электродами, равном 2,5 мм, оно составляет $\sim 10^{-9}$ сек¹.

Амплитуда импульсов искрового счётчика достигает нескольких сотен вольт; поэтому они легко регистрируются без дополнительного усиления. Следует отметить, что искровой разряд, развивающийся вдоль стримерного канала, наблюдается визуально и позволяет определить место прохождения частицы через счётчик.

Для гашения разряда в счётчике обычно применяют гасящие электронные схемы 3, 4, снимающие напряжение на счётчике на некоторое время T_0 *).

*) Можно воспользоваться для этой цели гасящим сопротивлением 5.

Обычно $T_0 \cong 0,01-0,05$ сек. Такое сравнительно большое мёртвое время может, в некоторых случаях, ограничивать их использование для регистрации больших интенсивностей.

В последних работах⁹ удалось уменьшить это время до величин $\sim 5 \cdot 10^{-3} - 10^{-4}$ сек.

В описан счётчик с двумя плоскими медными электродами прямоугольной формы площадью 35 см^2 ; расстояние между электродами $2,5 \text{ мм}$. Счётчик наполнялся смесью паров кислоты (давление 6 мм рт. ст.) и аргона до общего давления $1/2 \text{ атм.}$ Счётная характеристика его представлена на рис. 1. Отметим, что наклон плато зависит от T_0 ; при уменьшении мёртвого времени T_0 наклон возрастает.

Рис. 1. Плато для счётчика, наполненного аргоном и кислотой. Время $T_0 = 0,05$ сек.

Важной характеристикой искрового счётчика является величина времени запаздывания импульса по отношению к моменту прохождения заряженной частицы. Измерить это время в одном счётчике весьма затруднительно; поэтому измерялось относительное запаздывание импульсов, возникающих при прохождении одной космической частицы через два счётчика, расположенных непосредственно один над другим. Измерение времени запаздывания производилось при помощи так называемого хронографа Неддермейера, существенно усовершенствованного автором².

В работе приведены гистограммы распределения запаздываний при нескольких фиксированных значениях перенапряжения на счётчиках ($\Delta V = 250 \text{ в}$, 500 в , 750 в и 900 в). Оказалось, что ширины этих распределений существенно зависят от величины перенапряжения. Если характеризовать каждое распределение величиной ΔT такой, что в половине наблюдаемых случаев запаздывание не превышает ΔT , то при $\Delta V = 250 \text{ в}$ $\Delta T \cong 17 \cdot 10^{-9} \text{ сек}$, а при $\Delta V = 900 \text{ в}$ оно значительно меньше и равно $\Delta T \cong 5 \cdot 10^{-9} \text{ сек}$.

Более тщательное исследование запаздывания импульсов в искровых счётчиках производилось в 4-6.

В 4 использовались счётчики с круглыми электродами из тонкой медной фольги, расположенные на расстоянии 4 мм ; исследовалось относительное запаздывание импульсов в двух счётчиках при прохождении β -лучей от P^{32} . Эффективность счётчика равнялась 98% .

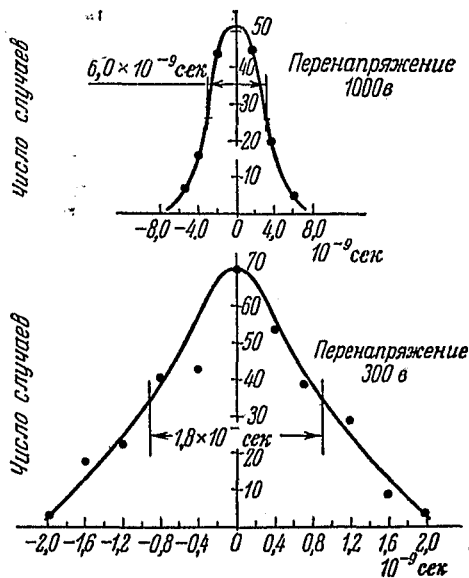


Рис. 2. Распределение запаздываний в искровом счётчике при перенапряжениях, равных 300 в и 1000 в.

На рис. 2 приведены полученные типичные распределения запаздываний для перенапряжений на счётчиках, равных 300 в и 1000 в. Здесь по оси абсцисс отложена величина запаздывания, а по оси ординат число зарегистрированных случаев. Полуширины этих кривых равны $6 \cdot 10^{-9}$ сек и $18 \cdot 10^{-9}$ сек для перенапряжений 1000 в и 300 в соответственно, что согласуется с результатом ³.

Теми же авторами в ⁵ приводятся осциллограммы импульсов искрового счётчика; оценка длительности фронта импульса привела к значению $\sim 3 \cdot 10^{-9}$ сек.

В ⁶ исследовались запаздывания в счётчиках с электродами прямоугольной формы. В стеклянном баллоне диаметром 55 мм расположено два плоских медных электрода размером $11,5 \times 4,5$ см. Расстояние между

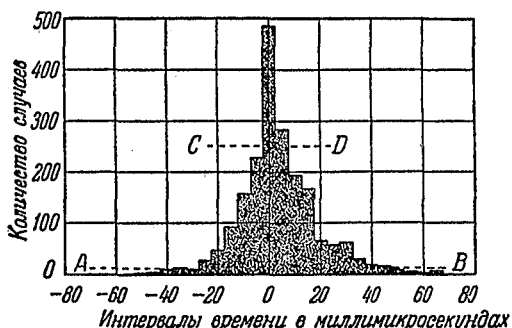


Рис. 3. Гистограмма запаздываний в искровом счётчике.

электродами равно 2,5 мм. Счётчик наполнялся аргоном и насыщенными парами спирта до общего давления 60 см рт. ст. Величина плато счётчика около 1000 в, наклон плато 4% на 100 в, эффективность $\sim 98\%$; срок службы счётчика при непрерывной регистрации космического излучения на уровне моря — более 3 месяцев, причём после промывки и перенаполнения счётчик вновь пригоден для работы.

Автор, как и в ³, измерял относительное запаздывание импульсов в двух счётчиках, расположенных один над другим на расстоянии 6 см, но использовал вместо хронографа специальный быстрый осциллограф, на котором регистрировались импульсы от обоих счётчиков.

На рис. 3 представлена гистограмма относительных запаздываний в счётчиках при перенапряжении $\Delta V = 500$ в и мёртвом времени $T_0 = 0,01$ сек. По оси абсцисс отложена величина относительного запаздывания, по оси ординат — число случаев запаздывания (в интервале $5 \cdot 10^{-9}$ сек). Всего зарегистрировано 2000 случаев. В полученное распределение автор вводит поправку, учитывающую совпадения в счётчиках, вызванные ливнями, проникающими связанными частицами (см. ⁷.) и др. Этот фон измерений представлен на гистограмме случаями ниже линии AB. Полуширину плавной огибающей кривой полученного распределения (выше линии AB) автор принимает за разрешающее время счётчика; для исследования счётчиков разрешающее время равно $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ сек. Таким образом, данные различных работ о запаздывании импульсов в искровых счётчиках вполне между собой согласуются.

Отмечается, что запаздывание может быть уменьшено за счёт уменьшения междуэлектродного расстояния и увеличения перенапряжения на счётчиках. Однако осуществление таких конструкций счётчиков встречает, по видимому, определённые трудности ⁵.

В двух сообщениях, опубликованных в сентябре 1953 г., приводится краткое теоретическое рассмотрение работы искрового счётчика⁸ и описана конструкция счётчика с электродами размером $10 \times 2,8$ см⁹. Счётчики наполнялись смесью аргона (34 см рт. ст.) и спирта (4 см рт. ст.). Они обладали временем жизни значительно большим, чем описанные ранее в работах 2—7. Пока можно указать только нижний предел времени их жизни; счётчики, изготовленные год назад, проработали непрерывно в течение 6 месяцев и продолжают эффективно работать.

Приведены следующие характеристики этих счётчиков:

1. Плато равно 800—900 в при $T_0 = 5 \cdot 10^{-3}$ сек и уменьшается до 600—700 в при $T_0 = 10^{-4}$ сек.
2. Разрешающее время $\sim 10^{-9}$ сек.
3. Величина импульсов — несколько сот вольт.
4. Счётчики пригодны для работы при температурах от $+10^\circ \text{C}$ до $+40^\circ \text{C}$.

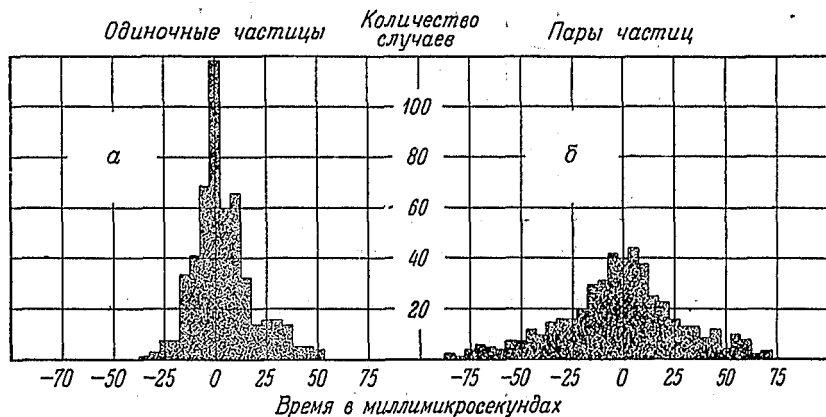


Рис. 4.

Приводится также фотография искрового разряда в счётчике; по фотографии можно с хорошей точностью (в пределах 1 мм³) установить место прохождения частицы через счётчик.

Авторы осуществили остроумный метод фотографирования разряда, сделав один из электродов полупрозрачным и фотографируя через него рабочий объём счётчика. При этом достаточно одной фотографии для определения места пересечения траектории частицы с поверхностью электрода.

Искровые счётчики могут быть использованы в опытах с космическими лучами и в ядерной физике. Они позволяют весьма точно фиксировать траекторию частицы и момент пролёта её через прибор. Вместе с тем они позволяют весьма точно измерять малые промежутки времени $\sim 10^{-9}$ сек. Для примера приведём данные об измерении средней скорости частиц космического излучения на уровне моря⁶. Среднее время относительного запаздывания импульсов в двух счётчиках, расположенных один над другим на расстоянии 6 см, составляло $(+0,42 \pm 0,22) \cdot 10^{-9}$ сек, а при расстоянии 42,2 см — $(+1,72 \pm 0,24) \cdot 10^{-9}$ сек. Принимая, что во втором случае время запаздывания увеличилось на $(1,30 \pm 0,33) \cdot 10^{-9}$ сек за счёт того, что регистрируемые частицы проходили добавочный путь между счётчиками, равный 36,2 см, можно оценить среднее значение скорости частиц. Оно оказывается равным $\beta = 0,93 \pm 0,25$. В качестве примера использова-

ния искровых счётчиков можно привести также работу ⁷, автор которой использовал искровые счётчики для изучения связанных частиц в космическом излучении на уровне моря. Два счётчика располагались в горизонтальной плоскости и измерялось число совпадений в зависимости от расстояния между ними *). Одновременно с измерением числа двойных совпадений измерялось относительное запаздывание импульсов в двух счётчиках в каждом случае совпадения. На гистограмме рис. 4,б изображено распределение относительных запаздываний при расстояниях между счётчиками, равных 15 см и 21 см (в воздухе и под свинцом).

Для сравнения на рис. 4,а приведена гистограмма запаздываний для случая, когда счётчики располагались один над другим и пересекались одной космической частицей.

Видно, что распределение (б) значительно шире, чем (а). Среднее значение времени запаздывания при расположении счётчиков в горизонтальной плоскости, когда регистрировались пары или группы частиц, составляло $\sim 2 \cdot 10^{-8}$ сек.

Это указывает, по мнению автора, на существование в космическом излучении на уровне моря связанных частиц, идущих со средним относительным запаздыванием $\sim 2 \cdot 10^{-8}$ сек.

Однако физическая интерпретация этого экспериментального результата пока остаётся неоднозначной.

М. Д.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Капцов, Электроника, Гостехиздат, Москва, 1953, стр. 350.
2. J. W. Keuffel, R. S. I 20, № 3, 197 (1949).
3. J. W. Keuffel, R. S. I 20, № 3, 202 (1949).
4. Leon Madausky a. R. W. Pidd, R. S. I. 21, № 5, 407 (1950).
5. R. W. Pidd a. Leon Madausky, Phys. Rev. 75, № 8, 1175 (1949).
6. E. Robinson, Proc. Phys. Soc. 66, № 397, A, 73 (1953).
7. E. Robinson, Proc. Phys. Soc. 66, № 397, A, 79 (1953).
8. F. Bella and C. Franzinetti, Nuovo Cimento 10, № 9, 1335 (1953).
9. F. Bella, C. Franzinetti and D. W. Lee, Nuovo Cimento 10, № 9, 1338 (1953).