

Включение импульсного ионизационного детектора на самосовпадения

Г. З. СЕДИН, К. А. ТРУХАНОВ

УДК 539.1.23

К одной из актуальных задач техники измерений ионизирующих излучений относится повышение помехоустойчивости регистраторов сигналов импульсного ионизационного детектора.

Были исследованы возможности способа самосовпадений, при котором импульсы снимаются с нескольких электродов одновременно, а затем сравниваются с помощью схемы амплитудно-временных совпадений. Последняя регистрирует сигналы лишь в том случае, когда сдвиг импульсов на электродах соответствует заданному временному интервалу, а их амплитуды находятся в определенном соотношении.

На рис. 1 показана блок-схема измерительного тракта, принципиальная и эквивалентная схемы включения двухэлектродного детектора.

Положим, что $R_1C_1 \gg \tau$ и $R_2C_2 \gg \tau$, где τ — длительность импульса. Вследствие пролета ионизирующей частицы в импульсном ионизационном детекторе выделился заряд Q .

Амплитуды импульсов напряжения на выходах 1 (или 2) при обычном включении (один электрод заземлен) будут соответственно равны

$$V_1 = \frac{Q}{C_d + C_1} \text{ или } V_2 = \frac{Q}{C_d + C_2},$$

при включении на самосовпадения

$$V_{1C} = Q \frac{1}{C_d \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) + C_1}; \quad V_{2C} = Q \frac{1}{C_d \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) + C_2}.$$

Отношение амплитуд сигналов будет равно

$$\frac{V_{1C}}{V_1} = \frac{C_d + C_1}{C_d \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) + C_1}$$

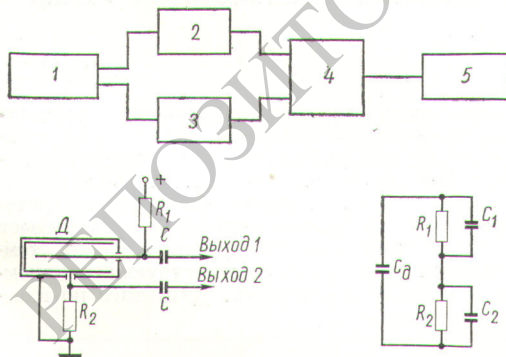


Рис. 1. Блок-схема и принципиальная схема включения двухэлектродного детектора в режим самосовпадений:

1 — детектор; 2, 3 — усилители; 4 — схема совпадений; 5 — регистратор.

и

$$\frac{V_{2C}}{V_2} = \frac{C_d + C_2}{C_d \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right) + C_2}.$$

Таким образом, если $C_d(C_1 + C_2) \ll C_1C_2$, это отношение близко к 1. Подобное положение объясняется тем, что в режиме самосовпадений входные емкости усилителей, определяющие при $C_d \ll C_1$ и $C_d \ll C_2$ амплитуду сигнала, включены последовательно. Лишь в том случае, когда $C_d \gg C_1$ и $C_d \gg C_2$, отношения V_{1C}/V_1 и V_{2C}/V_2 меньше 1.

Поскольку входы усилителей через емкость детектора связаны друг с другом, помехи можно условно разделить на два класса: а) помехи, которые не передаются из канала в канал (наводка в последующих каскадах усилителей, дробовой шум и т. п.); б) помехи, которые передаются из канала в канал (шум сеточного тока или тока базы, фон источника питания детектора и т. п.) и могут быть коррелированы по входам.

Очевидно, что помехи класса а) статистически независимы в обоих усилителях. Поэтому в режиме временных самосовпадений скорость счета этих помех определяется случайными совпадениями между ними и равна $2Tn_1n_2$, где n_1 и n_2 — скорость счета помех в каналах. Таким образом, скорость счета помех снижается в $(2Tn_c)^{-1}$ раз, где n_c — скорость счета, а T — разрешающее время самосовпадений. Величина $(2Tn_c)^{-1}$ обычно составляет $10^3 - 10^4$. Эффективность регистрации малых сигналов равна $[\epsilon(U_c/U_d)]^2$, где $\epsilon(U_c/U_d)$ — эффективность регистрации сигнала U_c при пороге детектирования U_d в канале (предполагается, что амплитудное сравнение при $U_c/U_d \approx 1 \div 2$ не действует).

Отношение сигнал/шум при $C_g/C_{1(2)} \ll 1$ такое же, как в обычном включении. Если амплитуды сигналов на выходе суммируются, то отношение сигнал/шум улучшается в $\sqrt{2}$ раз. В том случае, когда $C_g/C_{1(2)} \gg 1$, отношение сигнал/шум ухудшается в два раза, если сигналы не суммируются, в $\sqrt{2}$ раз — если сигналы суммируются.

Помехи класса б) при $C_g/C_{1,2} \ll 1$ практически не коррелированы. На второй вход эти помехи передаются, как правило, в той же фазе и схемой временных самосовпадений регистрироваться не должны. Лишь в том случае, когда длительность сигнала помехи меньше разрешающего времени схемы совпадений и амплитуда значительно превышает порог срабатывания входного дискриминатора второго канала, могут регистрироваться продифференцированные сигналы помех.

Если $C_g/C_{1,2} \gg 1$, а длительность шумовых выбросов превышает длительность сигналов, то шум сеточного тока ламп или тока базы транзистора полностью совпадает по обоим входам и случайные совпадения не должны наблюдаться.

Как показывает анализ, эффективность регистрации малых сигналов вследствие корреляции шума равна нулю при $\epsilon(U_c/U_d) \leq 0,5$ и $[2\epsilon(U_c/U_d) - 1]$ при $\epsilon(U_c/U_d) \geq 0,5$, где $\epsilon(U_c/U_d)$ — эффективность регистрации в канале.

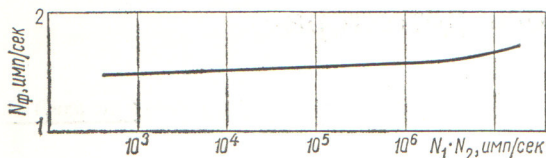


Рис. 2. Зависимость скорости счета фона в канале самосовпадений N_{Φ} от скорости счета шумов и случайных помех в первом N_1 и втором N_2 каналах.

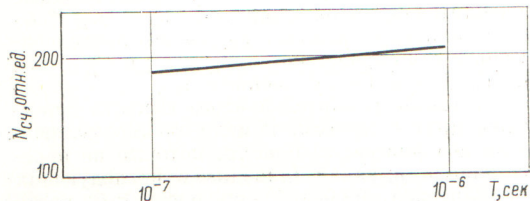


Рис. 3. Зависимость скорости счета в канале самосовпадений от разрешающего времени T в выбранной точке рабочей характеристики.

Отношение сигнал/шум при $C_{\pi}/C_{1,2} \gg 1$ в каждом канале ухудшается в $\frac{1+2C_{\pi}/C_{1,2}}{\sqrt{2}}$ раз, поскольку нагрузкой для сеточного тока или тока базы в этом случае является общая входная емкость усилителей каналов, а не емкость $C_{\pi} + C_{1,2}$. Однако если после прохождения усилителей сигналы суммируются, то из-за корреляции отношение сигнал/шум оказывается равным отношению сигнал/шум для обычного включения.

Метод самосовпадений дает возможность еще более уменьшить уровень фона путем сравнения амплитуд сигналов, одновременно появившихся на выходах детектора. Наиболее эффективной оказывается схема сравнения, которая пропускает сигналы лишь в том случае, если их амплитуды удовлетворяют условию

$$|V_1 - V_2| \leq m(|V_1| + |V_2|) + C,$$

где V_1 и V_2 — амплитуды сигналов в каналах; C — порог амплитудного дискриминатора; m — выбираемый коэффициент.

При экспериментальной проверке метода в качестве детектора был использован пропорциональный счетчик, емкость которого искусственно изменялась. Результаты экспериментов подтвердили исходные соотношения.

Помехоустойчивость проверялась путем подачи на катодный вход схемы импульсов с частотой 10 кГц. При длительности импульсов $\tau > T$ изменения скорости счета в выбранной точке рабочей характеристики детектора не отмечались вплоть до амплитуд сигнала помехи 40–50 в, хотя второй канал при уровне сигнала 0,1 в начинал считать импульсы помехи.

Зависимость скорости счета фона в канале самосовпадений от скорости счета шумов и случайных помех в каналах усилителя приведена на рис. 2. На рис. 3 показана зависимость скорости счета в канале самосовпадений от разрешающего времени T в выбранной точке рабочей характеристики детектора.

В заключение следует отметить, что описанный метод несомненно сложнее других методов отбора и значительно превосходит их по эффективности подавления помех. Отметим также, что принципиально метод применим ко всем детекторам, работа которых основана на движении носителей заряда в межэлектродном промежутке (т. е. к полупроводниковым детекторам, пропорциональным счетчикам и т. д.).

Поступило в Редакцию 6/IX 1966 г.
В окончательной редакции 4/I 1968 г.

Физико-химические свойства смесей фторидов тяжелых металлов

Сообщение II. ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ ЖИДКОСТЬ — ТВЕРДОЕ СИСТЕМЫ ГЕКСАФТОРИД УРАНА — ГЕКСАФТОРИД ВОЛЬФРАМА

В. Н. ПРУСАКОВ, В. К. ЕЖОВ

УДК 541.123

В предыдущем сообщении были изложены результаты исследования равновесия жидкость — пар системы гексафторид урана — гексафторид вольфрама. В данной работе приводятся сведения об изучении фазового равновесия жидкость — твердое этой системы методами помутнения и дифференциальной термографии. Исследования проводили на термографической установке; вещества загружали в герметичные ампулы раздельной конденсацией гексафторида урана и гексафторида вольфрама. Количество сконденсированного вещества определяли взвешиванием ампулы с точностью 0,01 г. Вес исследуемого образца составлял 5–15 г. Ампулу со смесью предварительно разогревали до 100° С, встряхивали и вставляли в канал термографического блока. Нагрев и охлаждение блока проводили со скоростью 10 град/мин в диапазоне температур от +100 до -100° С.

Результаты экспериментов по изучению равновесия жидкость — твердое системы гексафторид урана — гексафторид вольфрама методом дифференциальной термографии приведены на рис. 1. Экспериментальные данные обрабатывали статическим методом, основанным на фиксировании состава смеси и определении доверительных границ средних температур фазовых переходов, соответствующих приемлемой доверительной вероятности. Для этого по известному соотношению

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_k - \bar{t})^2}{n-1}}$$