

Здесь $g = V_0 C = V_0 2\pi\epsilon_0 [\pi l/s - \ln(\pi d/s)]$ — заряд на единице длины сигнальной проволоочки, ϵ_0 — диэлектрич. проницаемость газа, C — уд. ёмкость сигнальной

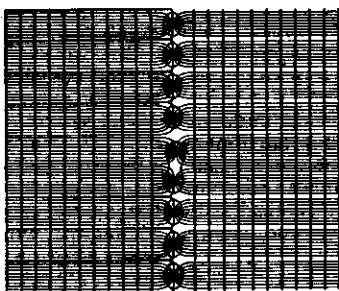
Рис. 2. Зависимость напряжённости электрического поля E от расстояний r частицы до сигнальных проволоочек: 1 — область газового усиления; 2 — область высокой плотности пространственного заряда.



проволоочки. Типичные параметры П. к.: $l = 8$ мм, $s = 2$ мм, $d = 20$ мкм, $C = 3,47$ пФ/м, $V_0 = 4-5$ кВ.

Электроны, образовавшиеся на траектории заряд. частицы вследствие ионизации атомов газа, движутся (дрейфуют) к анодной проволоочке. В её непосредств. близости, начиная с критич. радиуса $r_{кр}$, происходит лавинообразное размножение электронов (газовое усиление; рис. 2). Электрич. поле вблизи проволоочек обладает цилиндрич. симметрией (рис. 3), поэтому процесс газового усиления происходит так же, как

Рис. 3. Эквипотенциальные и силовые линии электрического поля в пропорциональной камере.



и в цилиндрич. пропорциональном счётчике. Коэф. газового усиления (в т. н. приближении Роуза — Корфа)

$$K = \exp(2(kNCV_0 d / 4\pi\epsilon_0)^{1/2} [(V_0/V_{п})^{1/2} - 1]).$$

Здесь N — плотность газа, $V_{п}$ — пороговое напряжение, соответствующее $y = r_{кр}$. Амплитуда A сигнала, поступающего с каждой сигнальной проволоочки, пропорциональна ионизац. потерям заряд. частицы, т. е. числу электронов n , попавших на данную сигнальную проволоочку:

$$A = enK/C.$$

Пропорциональность между ионизацией и амплитудой A достигается при $K = 10-10^5$.

К каждой сигнальной проволоочке присоединяют предусилитель, после к-рого сигнал поступает в устройство, кодирующее номер проволоочки. П. к. размещают так, чтобы частицы летели примерно перпендикулярно плоскости сигнальных проволоочек, и тогда координата x точки траектории частицы определяется номером сработавшей проволоочки. Чтобы получить неск. точек на траектории частицы, неск. П. к. соединяют в блоки (рис. 4), причём соседние П. к. обычно

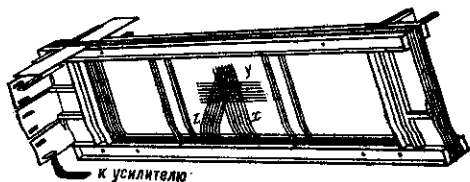


Рис. 4. Схема блока из трёх пропорциональных камер, измеряющих координаты x , y , z (развёрнута на 25° к x).

взаимно развёрнуты на 90° . Обычно применяют десятки П. к., что позволяет полностью реконструировать траектории заряд. частиц.

Разрешающая способность. Пространств. разрешение П. к. задаётся расстоянием между сигнальными проволоочками s . Среднеквадратичная ошибка измерения координаты $\Delta x/x \approx s/3$.

Амплитудное, т. е. энергетическое, разрешение П. к. определяется соотношением

$$\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 = \left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2 + \frac{1}{n} \left(\frac{\Delta K}{K}\right)^2,$$

где Δn — флуктуации числа электронов, ΔK — флуктуации газового усиления от каждого электрона. При регистрации мягких γ -квантов ($E_\gamma = 5-6$ кэВ) в П. к. достигается разрешение $\approx 12-15\%$ при $K = 10^2-10^3$ [5, 6]. При $K < 10^2$ разрешение ухудшается из-за уменьшения отношения сигнал/шум; при $K > 10^3$ начинает проявляться накопление положит. заряда вблизи проволоочки, что ухудшает амплитудное разрешение (см. ниже).

Временное разрешение П. к. δt определяется временем дрейфа ионов. При $s = 2$ мм временное разрешение $\delta t = 30$ нс.

Измерение 2 координат в одной пропорциональной камере. Существует неск. методов определения координаты z траектории частицы вдоль сигнальных проволоочек [7]. Часто используют т. н. метод деления токов, основанный на измерении токов I_1 и I_2 на концах сигнальной проволоочки. Токи разделяются соответственно сопротивлениям R_1, R_2 участков проволоочки по одну и другую стороны от места прохождения частицы: $I_1/I_2 = R_2/R_1 = (L-z)/z$, где L — длина проволоочки. Предельная точность метода: $\Delta z/L \sim 1\%$.

Координату z определяют также измерением индуциров. заряда на катодах, к-рые изготовлены в виде i полосок или площадок шириной 5-8 мм; на каждой полоске измеряется заряд Q_i :

$$z = \frac{\sum_i Q_i z_i}{\sum_i Q_i}.$$

Этот метод обеспечивает пространственное разрешение $\Delta z/z = 20-30$ мкм.

Характеристики пропорциональных камер. Газовая смесь для П. к. должна обеспечивать достаточно высокие уд. ионизац. потери энергии заряд. частиц (≈ 2 кэВ/см), мин. сечение захвата электронов атомами газа, гасящие свойства при развитии электрон-фотонной лавины вблизи сигнальных проволоочек. Этим требованиям удовлетворяют смеси инертных газов и углеродородов (или CO_2). В П. к. обычно используют смесь Ar (70-90%) и CH_4 или C_2H_6 (10-30%).

Большое газовое усиление достигается в П. к. с тонкими сигнальными проволоочками. Однако при этом эл.-статич. силы отталкивают проволоочки друг от друга и требуется достаточно большое их натяжение: $T \geq (1-4\pi\epsilon_0)(CV_0 L/s)^2$ (предельное натяжение вольфрамовой проволоочки с $d = 10, 20, 30$ мкм равно 0,16, 0,65 и 1,45 Н). Критич. длина проволоочки $L_{кр} = (s/CV_0)(4\pi\epsilon_0 T)^{1/2}$. При $s = 2$ мм, $l = 8$ мм, $d = 20$ мкм и $V_0 = 5$ кВ $L_{кр} = 85$ см, поэтому в П. к. больших размеров необходимо укреплять сигнальные проволоочки.

П. к. работает с высокой эффективностью в потоках до 10^4-10^5 частиц/мм²с. Препятствием увеличения загрузки является накопление положит. заряда вблизи сигнальных проволоочек. В процессе газового усиления положит. ионы, подвижность к-рых приблизительно в 10^3 раз меньше подвижности электронов, накапливаются около проволоочки, экранируя её, уменьшают газовое усиление и понижают эффективность регистрации частиц.

Долговечность П. к. ограничена «старением», к-рое возникает из-за осаждения и полимеризации органич.