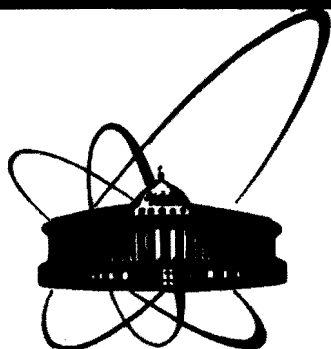


86-563



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P13-86-563

Л.С.Барабаш, Л.Месарош, В.В.Чальшев

К ОЦЕНКЕ ПРОЗРАЧНОСТИ  
РЕЗИСТИВНЫХ КАТОДОВ

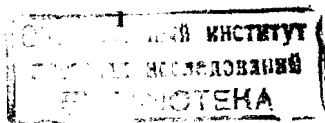
1986

Особенностью пластиковых дрейфовых трубок, широко используемых в настоящее время [1], является присутствие резистивного катода, выполненного в виде поверхностного сопротивления. Основное требование, предъявляемое к такому катоду, — прозрачность в полосе частот, излучаемых при образовании стримера вблизи анодной проволоки. Сигнал регистрируется внешней системой электродов, на которых возникает распределение зарядов, индуцированное лавиной. Необходимо, чтобы присутствие резистивного катода не оказывало экранирующего действия или, по крайней мере, чтобы амплитудные и фазовые искажения составляющих спектра импульса в этом случае были минимальными. Фактором, осложняющим измерение коэффициента прозрачности (отношение заряда, регистрируемого на внешних электродах, к заряду, возникающему на анодной проволоке), является диффузия заряда по поверхности катода, скорость этого процесса зависит от величины поверхностного сопротивления и погонных емкостей системы "катод — внешние электроды".

Для оценки коэффициента прозрачности сделаем следующее предположение. Импульс, возникающий на анодной проволоке в режиме СГС, будем считать прямоугольным с длительностью  $\tau = 20$  нс. Спектр прямоугольного импульса описывается выражением [2]:

$$S = h\tau \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}},$$

где  $h$  — амплитуда импульса.



Для  $\tau = 20$  нс первый нуль спектра соответствует частоте 50 МГц, второй - 100 МГц, третий - 150 МГц. Примерно 95% энергии импульса содержится в этом диапазоне частот.

Экранирующее действие поверхностного сопротивления определяется скин-эффектом для различных составляющих спектра, и глубина скин-слоя  $\theta$  для различных частот может быть вычислена из выражения [3]

$$\theta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}},$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление материала покрытия,  $f$  - частота,  $\mu$  - магнитная проницаемость материала покрытия.

На рис.1 приведена зависимость глубины скин-слоя от удельного сопротивления для частот, соответствующих первому (50 МГц), второму (100 МГц) и третьему (150 МГц) нулям спектра. Стрелками показаны удельные сопротивления, соответствующие меди, алюминию и нержавеющей стали.

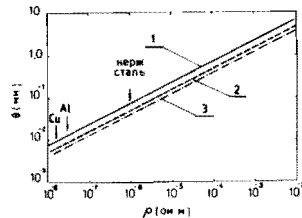


Рис. 1. Зависимость глубины скин-слоя  $\theta$  от удельного сопротивления материала для частот 50 МГц (1), 100 МГц (2) и 150 МГц (3).

$i_1$ , индуцированного в поверхностном сопротивлении, к полному току  $i_0$ . Далее, полагая, что в первом приближении прозрачность резистивного катода будет определяться отношением амплитуд  $i_1/i_0$ , получим

$$i_1/i_0 = (1 - e^{-z/\theta}),$$

где  $z$  - координата, направленная по нормали к поверхности резистивного слоя.

На рис.2 представлена расчетная зависимость относительных потерь  $i_1/i_0$  от величины поверхностного сопротивления для частот 50 и 150 МГц, соответствующих первому и третьему нулям спектра импульса.

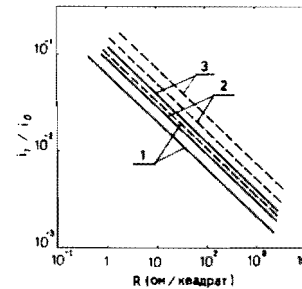


Рис. 2. Относительные потери за счет скин-эффекта для различных поверхностных сопротивлений на частоте 50 МГц - сплошные линии и 150 МГц - пунктирные линии (1,2,3 - толщины поверхностных сопротивлений 0,02, 0,05 и 0,1 мм соответственно).

Кривые потерь приведены для толщин поверхностного сопротивления 0,02, 0,05 и 0,1 мм. Как видно из рисунка, потери в амплитуде регистрируемого тока становятся заметными при величинах сопротивления  $R_{\square} \sim 1$  Ом/квадрат.

Мы не приводим оценок фазовых искажений составляющих спектра импульса, поскольку величина их примерно такая же, как и величина амплитудных искажений.

Оценим процесс диффузии заряда по поверхности катода, оказывающий влияние на ширину распределения, регистрируемого на внешней системе электродов. При возникновении лавины вблизи анодной проволоки  $fWHM$  распределения индуцированного заряда определяется геометрией размещения электродов трубки и составляет  $\sim 2L$ , где  $L$  - расстояние между катодом и анодом. Одновременно с возникновением индуцированного распределения начинается процесс растекания заряда по поверхности катода, который приводит к уширению регистрируемого распределения. В предположении  $\omega L \ll R$  и  $G \gg R$  эквивалентная схема длинной трубки может быть представлена в виде цепочки последовательно соединенных  $\Gamma$ -образных  $RC$ -звеньев ( $L, G, R$  и  $C$  - погонные параметры системы "катод - внешние электроды"). Динамика распространения заряда в данном случае описывается однокоординатным диффузионным уравнением [4]. Для плотности заряда имеем следующее уравнение:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{RC} \frac{\partial^2 q}{\partial x^2},$$

где  $R$  - поверхностное сопротивление, Ом,  $C$  - емкость на единицу площади, пФ/см<sup>2</sup>. Решение для плотности заряда, вы-

званного ударным током  $i = Q_0 \delta(t)$  при  $x = 0$ , имеет вид

$$q(x, t) = Q_0 \sqrt{\frac{RC}{4\pi t}} \exp\left[-\frac{RC}{4t} x^2\right].$$

Интегральный заряд, который будет собираться на ширине  $(x_2 - x_1)$ , представляет собой выражение [4]:

$$Q(t) = \int_{x_1}^{x_2} q(x, t) = \frac{Q_0}{2} \left[ \Phi\left(\sqrt{\frac{RC}{t}} x_2\right) - \Phi\left(\sqrt{\frac{RC}{t}} x_1\right) \right],$$

где  $\Phi$  - табулированная функция ошибок.

Задавая различные значения поверхностного сопротивления, можно построить распределение заряда вдоль координаты  $X$  в зависимости от времени.

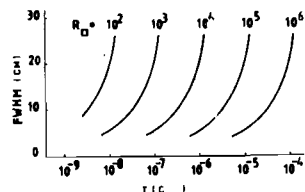


Рис. 3. Зависимость  $FWHM$  распределения заряда, регистрируемого на внешней системе электродов, от времени для различных значений резистивных покрытий дрейфовых трубок.

На рис.3 представлены зависимости  $FWHM$  зарядового распределения от времени для различных резистивных покрытий. Ёмкость  $C = 1$  пФ/см<sup>2</sup> вала как характерная для дрейфовых трубок с полихлорвиниловой изоляцией [5]. Следует отметить, что однокоординатное решение диффузионного уравнения хорошо описывает процесс динамики распространения заряда на расстояниях  $x \gg FWHM$  распределения индуцированного на катоде заряда.

Из рис.3 видно, что минимальные значения поверхностного сопротивления, при которых ширина регистрируемого распределения еще имеет разумные размеры, равны  $\sim (10^3 + 10^4)$  Ом.

В заключение отметим еще одну особенность приборов (в которых применяются катоды в виде распределенного сопротивления), позволяющую уменьшить количество каналов в системе регистрации информации.

Точность измерения координаты треков частиц при регистрации распределения индуцированного заряда можно оценить из соотношения

$$\epsilon = \frac{\Delta Q}{Q} w,$$

где  $\Delta Q/Q$  - относительная ошибка в измерении заряда лавины,  $w$  - ширина катодных полосок. Эта формула применима в случае, когда  $w$  примерно равно среднему квадратичному отклонению распределения заряда, индуцированного на катодных полосках [6].

Учитывая, что ширину индуцированного распределения можно изменять за счет величины резистивного покрытия, можно применять широкие катодные полоски для считывания информации в приборах такого типа. При этом точность регистрации координаты трека может быть достаточно высокой.

#### Литература

- I. Proposal for an experiment on nucleon stability with a fine grain detector. Frascati - Milano - Torino (1979); DELPHI, Technical proposal, CERN/LEPC/83-3; OPAL, Technical proposal, CERN/LEPC/83-4; ALEPH, Technical report (1983), CERN/LEPC/83-2.
2. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М., ГИИТЛ, 1957, с.67.
3. Рамо С. и Уиннери Дж. Поля и волны в современной радиотехнике. М., ГИИТЛ, 1950, с. 270.
4. E.Gygi and F.Schneider. EPInt/83-06, 10 June, 1983.
5. G.Battistoni, P.Campana, V.Chiarella et al. Nucl.Instr. and Meth., 202, 1982, p. 459.
6. G.Charpak, G.Melchart, G.Peterson and F.Sauli. Nucl.Instr. and Meth., 167, 1979, p. 455.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 августа 1986 года.

Барабаш Л.С., Месарош Л., Чальшев В.В.

P13-86-563

К оценке прозрачности резистивных катодов

Приводятся оценки прозрачности резистивных покрытий, используемых в пластиковых дрейфовых трубках в качестве катодов. Потери в амплитуде заряда, регистрируемого системой внешних электродов за счет скин-эффекта, становятся значительными при величинах поверхностных сопротивлений  $\sim 1$  Ом на квадрат. Ограничение на величину поверхностного сопротивления накладывает процесс диффузии заряда по сопротивлению. Приведены расчетные зависимости FWHM распределений заряда, индуцированного на катоде, из которых следует возможность использования поверхностных сопротивлений  $\sim 10^3$  Ом на квадрат.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Barabash L.S., Chalyshev V.V., Mekaross L.

P13-86-563

On Estimate of Resistive Cathode Transparency

The estimates of resistive surface transparency used in plastic drift tubes as cathodes are presented. Losses in the charge, detected by a system of external electrodes, due to the screen-effect become significant for surface resistances of  $\sim 1\Omega/\text{square}$ . The value of surface resistance is limited by charge diffusion. The calculated dependences of the charge distribution FWHM induced on the cathode are presented. From this it follows that surface resistances of  $\sim 10^3\Omega/\text{square}$  can be used.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986