

вания ИП усиливается УВЧ и поступает на вход ФД, на другой вход которого поступает опорный сигнал, сдвинутый фазовращателем на  $90^\circ$  относительно фазы ГВЧ. Тогда на выходе ФД мы получаем информацию об изменении  $C_x$ . Скорость изменения барьерной емкости зависит от температуры и может быть очень высокой. Сигнал рассогласования ИП мал, и чувствительность УВЧ должна быть высокой. Поэтому, на время перезарядки ГЦ УВЧ закрывается по команде от УУ, а при подаче  $U_{обр}$  его каскады открываются. Измеренные значения барьерной емкости в заданные моменты времени [см. (2)] оцифровываются в АЦП и передаются в ИВМ РС. Данные о температуре поступают в компьютер в цифровом виде от ИТ. После осуществления всех измерений при температурном сканировании производится определение энергии ионизации ГЦ.

#### Список использованных источников

1. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников. Л.: Наука. 1972.- 104 с.
2. Lang D.V. J. Appl. Phys. 1974, 45, p. 3023-3032.
3. Л.С.Берман, А.А.Лебедев Емкостная спектроскопия глубоких центров в полупроводниках. Л.: Наука. 1981.-176 с
4. Торчинская Т.В., Шматов А.А., Строчков В.И., Шейнкман М.К. Преобразование глубоких центров в процессе деградации GaP (N, Zn-O) светоизлучающих диодов. – ФТП, 1986. т.20. в. 4, с.701-707.
5. А.С. 1435163 СССР G 01 R 31/26, H 01 L 21/66. Устройство для спектроскопии переходных процессов глубокого уровня/ Д. Ференци, Я. Бода, Ф. Тот, П. Хорват, Л. Бенкович и Л. Дожа Оpubл. 30.10.88. Бюл.№40.
6. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов.- М.: Радио и связь. 1990. – 264 с.

УДК 533.77

## СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ СКОРОСТИ ЧАСТИЦ

Пияков А.В.

Для синхронизации напряжения на трубках дрейфа с положением частицы в ускорительном тракте необходима система регистрации скорости частиц. Данная система жёстко связана с конструкцией ускорителя в целом. Так для проектируемого ускорителя (см. рис.1) с тремя секциями динамического ускорения необходимо 5 датчиков.

В данном случае для регистрации скорости частицы используется пара колец Фарадея (индукционный датчик). Первая и вторая пары колец предназначены для определения удельного заряда частицы. Вторая, третья и четвёртая – для определения скорости частицы при влёте в соответствующую секцию динамического ускорителя. Пятая пара колец Фарадея

служит для определения фактической скорости частицы после пролёта всего ускорительного тракта. Значение фактической скорости необходимо для регулировки ускорителя.

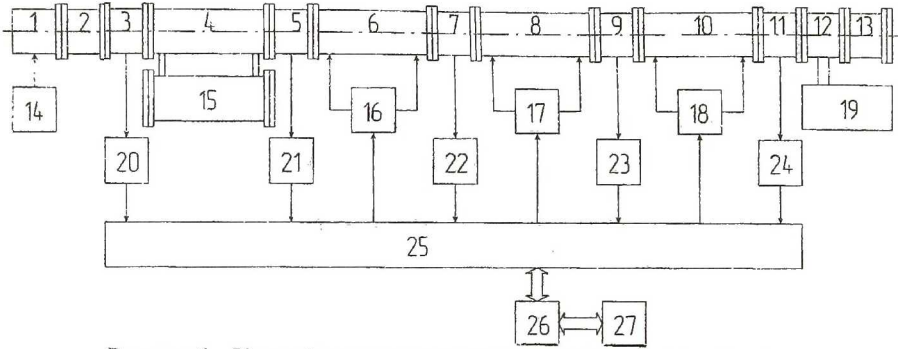


Рисунок 1 – Упрощённая конструкция проектируемого ускорителя

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: 1 – инжектор; 2 – первый отсекатель; 3 – первый индукционный датчик; 4 – линейный ускоритель; 5 – второй индукционный датчик; 6 – первая секция динамического ускорителя; 7 – третий индукционный датчик; 8 – вторая секция динамического ускорителя; 9 – четвёртый индукционный датчик; 10 – третья секция динамического ускорителя; 11 – пятый индукционный датчик; 12 – второй отсекатель; 13 – камера для экспериментов; 14 – источник высокого напряжения для инжектора; 15 – источник высокого напряжения для линейного ускорителя; 16 – генератор пачки импульсов для первой секции динамического ускорителя; 17 – генератор пачки импульсов для второй секции динамического ускорителя; 18 – генератор пачки импульсов для третьей секции динамического ускорителя; 19 – система вакуумных насосов; 20 – усилитель сигнала первого индукционного датчика; 21 – усилитель сигнала второго индукционного датчика; 22 – усилитель сигнала третьего индукционного датчика; 23 – усилитель сигнала четвёртого индукционного датчика; 24 – усилитель сигнала пятого индукционного датчика; 25 – формирователь импульсов; 26 – блок сопряжения с ЭВМ; 27 – электронно-вычислительная машина (ЭВМ).

Структурная схема системы регистрации скорости частиц представлена ниже на рисунке 2. Она состоит из пяти пар колец Фарадея, пяти усилителей, пяти формирователей временных интервалов (ФВИ), которые вырабатывают стробирующий импульс по спаду формируемого ими импульса и пяти счётчиков, причём первый считает на увеличение и на уменьшение.

При движении частицы вдоль оси симметрии кольца, на него наводится потенциал противоположного заряду частицы знака. Так как

кольцо изготовлено из металла, то его поверхность эквипотенциальна, а значит, не имеет значения с какой части кольца снимать напряжение.

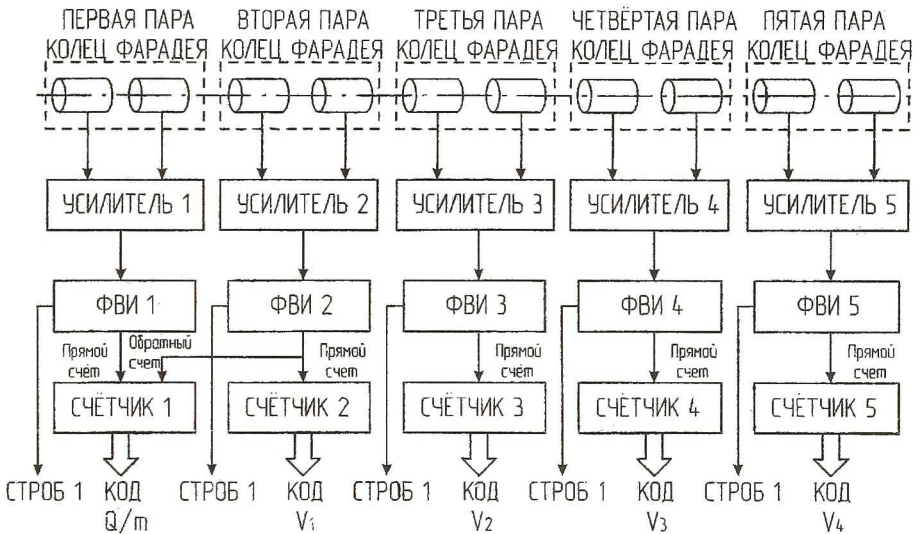


Рисунок 2 – Система регистрации скорости частиц

Наведённый потенциал можно вычислить по формуле:

$$\varphi = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot \oint_{S_{\text{пов}}} \frac{k \cdot dS}{r}, \quad (1)$$

где  $Q$  - заряд регистрируемой частицы;  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды, в которой находится кольцо;  $\varepsilon_0$  - диэлектрическая постоянная ( $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-15}$  Ф/м);  $k$  - функция координат точки, зависящая от размеров кольца;  $r$  - расстояние от регистрируемой частицы до малого элемента поверхности  $dS$  кольца.

Так как частица движется вдоль оси симметрии кольца, то наведённый на кольцо потенциал будет меняться со временем. Заряд регистрируемой частицы зависит от её размеров и составляет  $\sim 10^{-14}$  Кл.

Таким образом, можно вычислить наводимый на кольца потенциал. Ниже на рисунке 3 приведена зависимость потенциала, наводимого на кольцо от положения частицы относительно кольца. Максимум потенциала на кольце соответствует нахождению частицы ровно в середине кольца. Имея в конструкции пару таких колец с заранее известным расстоянием между их центрами можно легко определить скорость, с которой движется частица, так как она прямо пропорциональна времени пролёта частицей между центрами колец.



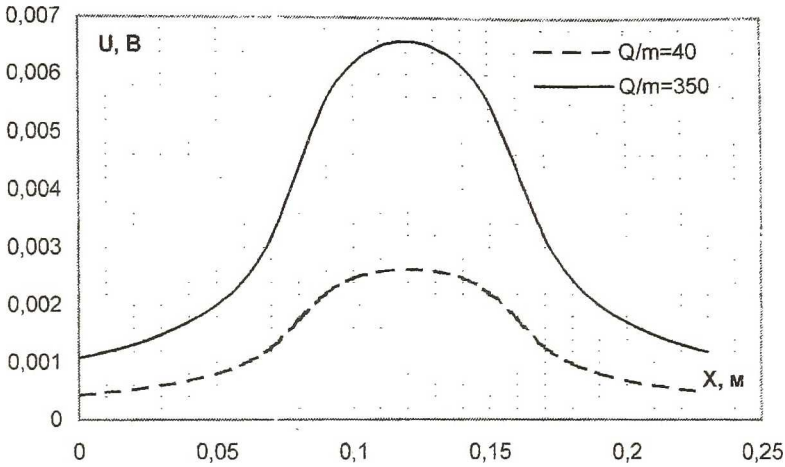


Рисунок 3 – Зависимость напряжения на кольце от положения частицы

Если база (расстояние между центрами колец Фарадея) известна, то скорость частицы определяется как:

$$V = \frac{L \cdot f}{n}, \quad (2)$$

где  $L$  – база колец Фарадея;  $f$  – частота тактового генератора;  $n$  – количество импульсов, сосчитанных счётчиком.

Зная эффективное напряжение линейного ускорителя ( $U_0$ ) по скоростям частицы перед линейным ускорителем ( $V_0$ ) и после линейного ускорителя ( $V_1$ ) можно определить удельный заряд частицы – важную характеристику для формирования ускоряющего напряжения :

$$\frac{Q}{m} = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2U_0T_0}, \quad (3)$$

где  $T_0$  – коэффициент времени пролёта для линейного ускорителя.

Применяя счётчик, который считает в обоих направлениях, можно переписать формулу 3:

$$\frac{Q}{m} = \frac{L^2 \cdot f^2 \left( \frac{1}{(n_1 + n)^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)}{2 \cdot U_0 T_0}, \quad (4)$$

где  $n$  – код первого счётчика,  $n_1$  – код второго счётчика.

В принципе, определить удельный заряд частицы можно и при применении счётчиков, считающих только в одном направлении, но в

этом случае разрядность шины данных для передачи кодов скоростей должна быть больше.

По известной скорости и удельному заряду формируется пачка импульсов для каждой секции динамического ускорителя. Принимая за нулевое время отсчёта время, когда частица находится в середине второго кольца Фарадея (время стробирующего импульса) можно рассчитать времена переключения напряжения.

#### Список использованных источников

1. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. М.: Энергия, 1968.
2. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики. М.: В.Ш., 2000.

УДК 533.77

## ИНЖЕКТОР ДЛЯ УСКОРИТЕЛЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

Семкин Н.Д., Бай Юй, Пияков А.В.

Рассмотрим вопросы создания ускорителей пылевых частиц. Инжектор состоит из двух камер: бункерной и зарядной (рис.1). Бункерная камера образована возбуждающим шарообразным электродом 1 и внутренней стороной полой сферы 2, а зарядная камера - внешней стороной электрода 2 и корпусом. В зарядной камере расположена игла 4, на которую подается потенциал  $U_{и}=15...25\text{кВ}$  относительно корпуса. На возбуждающий электрод 1 через сопротивление  $R_1=100\text{Гом}$  подается потенциал корпуса. Пылевые частицы 5 при подаче напряжения  $U_{и}$  заряжаются в поле буферной камеры, вырываются с поверхности электрода 2 и дрейфуют в направлении возбуждающего электрода. При касании поверхности возбуждающего электрода пылевые частицы перезаряжаются и дрейфуют в обратном направлении. Этот цикл повторяется каждой частицей пыли многократно. За счет этого процесса происходит перенос заряда от электрода 1 к электроду 2. При увеличении числа носителей заряда в бункерной камере ток через сопротивление  $R_1$  возрастает, что приводит к падению напряжения на бункере. Таким образом, можно стабилизировать процесс переноса заряда и, следовательно, осуществить равномерную подачу пылевых частиц в зарядную камеру через отверстия в электроде 2. В зарядной камере частицы пыли продолжают колебательное движение до тех пор, пока не попадают на острие иглы 4. Так как игла имеет значительно большую поверхностную плотность заряда, то и частицы получают значительно больший заряд, чем при касании стенок камеры. Небольшая часть этих частиц через отверстие 6 попадают в объем ускорителя. Недостатком этого ускорителя является искривление пиковых линий поля в зарядной камере. Это приводит к тому, что пылевые частицы скапливаются у силовой линии с наименьшей напряженностью поля 7 и могут попасть не иглу