

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

ЕФИ-496(39)-81

А.Н.АРВАНОВ, В.Г.ГАВАЛЯН, М.П.ЛОРИКЯН,  
Д.К.САТТАРОВ, В.М.ФЕДОРОВ

ДЕТЕКТОР УПРАВЛЯЕМОЙ ВТОРИЧНОЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ (ДУВЭЭ)

ԵՐԵՎԱՆ 1981 ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-495(39)-81

А.Н.АРВАНОВ, В.Г.ГАВАЛЯН, М.П.ЛОРИКЯН,  
Д.К.САТТАРОВ, В.М.ФЕДОРОВ

ДЕТЕКТОР УПРАВЛЯЕМОЙ ВТОРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ  
ЭМИССИИ (ДУВЭЭ)

Ереван 1981

Ереванский Физический  
ИНСТИТУТ  
Зал препринтов

В физике элементарных частиц часто проявляется потребность в детекторах, основными характеристиками которых должна быть, с одной стороны, малость вещества на пути регистрируемой частицы, и с другой – быстроедействие, необходимое для организации управления по отбору исследуемых событий.

Большие возможности и перспектива для использования в этом направлении ожидаются для детектора управляемой вторичной электронной эмиссии.

В работе [1] описан такой детектор с рабочим веществом  $KCl$ , где для регистрации вторичных эмиссионных электронов использовался органический сцинтиллятор на основе полистирола. Очевидно, что использование сцинтиллятора нежелательно, так как оно ограничивает временное разрешение детектора и, кроме того, создает технические трудности при необходимости иметь детектор "прозрачный" для регистрируемых частиц.

В данной работе приводятся результаты исследования детектора частиц на основе  $MgO$ , в котором, для регистрации вторичных электронов использовались микроканальные пластины (МКП).

На рис. I приведены для сравнения вольт-эмиссионные характеристики слоев  $KCl$  и  $MgO$  при облучении их  $\alpha$  - частицами с

энергией  $E_{\alpha} = 3,6$  МэВ. Здесь  $\bar{n}$  - среднее число вторичных электронов, приходящееся на одну, пришедшую через эмиттер, первичную частицу,  $V_c$  - напряжение на слое. Для возможности сравнения их друг с другом, слои изготавливались с таким расчетом, чтобы количество вещества на пути пересекающей его частицы в обоих случаях было бы одинаковым. Как видно из рисунка, окись магния является более эффективным материалом для применения его в детекторах частиц. Кроме того, она оказалась и более "технологичным" материалом.

Микроканальные пластины используемые нами имели следующие параметры: время прохода электронной лавины через пластину  $\sim 0,5$  нс, разброс ее ширины на выходе  $\sim 0,1$  нс, коэффициент усиления одной пластины  $10^3 - 10^4$ , угол наклона каналов  $5-8^\circ$  с относительно открытой площадью поверхности 65% при толщине 0,5 мм [2]. Так как для регистрации эмиссионных электронов во всем диапазоне  $V_c$  одной МКП недостаточно, то для регистрации электронов нами использовалась шевронная сборка МКП и дискового коллектора с общим коэффициентом усиления  $K \sim 10^7$ . Схемы включения и монтажные соединения МКП со слоями управляемой вторичной электронной эмиссии (УВЭЭ) возможны разные, однако при этом необходимо обеспечить высокую эффективность доставки выходящих из слоя электронов до входной поверхности МКП.

Поэтому для исследования возможности регистрации эмиссионных электронов с помощью МКП, нами был установлен слой из  $MgO$  непосредственно над шевронной сборкой МКП на расстоянии 5 мм (см. рис. 2). Толщина слоя 200 мкм, плотность 1% от нормальной, внешний диаметр слоя равен 15 мм. Вся система была размещена

в объеме с динамическим вакуумом  $\sim 10^{-7}$  торр. Рабочее напряжение на каждой МКП устанавливалось равным 1000 В, а в зазорах по 200 В; управляющее напряжение на слое изменялось от 0 до 1800 В; коллектор, через сопротивление нагрузки равное 50 Ом, подключался к земле. Измерения были выполнены для минимально ионизирующих электронов с энергией 0,7 - 2 МэВ, регистрируемых от радиоактивного источника  $Sz^{90} - \gamma^{90}$ . Источник, закрывавшийся в случае необходимости свинцовой шторкой, располагался под коллектором. Триггером, запускавшим регистрирующую систему, служил импульс от расположенного над слоем  $MgO$  сцинтилляционного счетчика, на совпадения с которым подавался сигнал с коллектора шевронной сборки. Во всем диапазоне изменения  $V_c$  импульсы с коллектора имели длительность  $\leq 3$  нс. Зависимость же средней амплитуды сигнала коллектора от напряжения  $V_c$  на слое, представлена на рис. 3. Как видно из рисунка, этот сигнал не требует дополнительного усиления для запуска стандартных, применяемых в экспериментальной технике дискриминаторов-формирователей.

Собственно эмиттер УВЭЭ содержит  $\sim 10^{-4}$  г/см<sup>2</sup> вещества, поэтому расположение на пути регистрируемой частицы еще и МКП является заведомым ухудшением "прозрачности" детектора. Этот недостаток в предлагаемом детекторе устранен.

Он представляет собой (см. рис. 4) 3-х электронную фокусирующую электростатическую систему входной камеры ФЭУ-49, в фокальной плоскости которой расположена шевронная сборка МКП, а на торцевой поверхности верхнего электрода (на месте фотокатода) расположен эмиттер УВЭЭ на основе  $MgO$ . Рабочий диаметр эмиттера 40 мм; толщина слоя 100 мкм; относительная плотность 1%.

На боковой поверхности фокусирующей системы, под углом в  $45^\circ$  к оси, на расстоянии 100 мм от эмиттера расположено вакуумное окно из майлара толщиной в 60 мкм.

Перед окном, вне вакуумного объема, располагался радиоактивный источник  $\alpha$ -частиц  $^{238}\text{Pu}$  ( $E_\alpha = 5,4$  МэВ). Непосредственно над эмиттером УВЭЭ, в зоне "видимости" радиоактивного источника был расположен сцинтилляционный счетчик с кристаллом  $\text{CsJ}$  и фотоумножителем ФЭУ-36, в совпадении с сигналом которого регистрировался сигнал, снимаемый с коллектора шевронной сборки МКП. Делитель напряжения  $D_2$  обеспечивал необходимое распределение потенциала между МКП и зазорами шевронной сборки. На каждой пластине было по 1000 В, а между МКП и между нижней МКП и коллектором по 200 В, при прежних величинах зазоров. Входная поверхность верхней микроканальной пластины плотно прилежала и была электрически накоротко соединена с нижним фокусирующим электродом линзы. Последний имел центральное отверстие 20 мм, в которое и собирались выбитые из эмиттера вторичные электроны. Как показали испытания фокусирующей системы, для лучшего сбора эмиссионных электронов данный электрод должен был быть под потенциалом земли. Именно поэтому была изменена схема подачи питающих напряжений на "шеврон". Теперь коллектор сборки находился под высоким положительным потенциалом (см. рис. 4), а верхняя поверхность входной микроканальной пластины — под потенциалом земли (0 В). И выходной сигнал с коллектора сборки снимался уже через разделительную емкость  $C$ .

На второй и первый же фокусирующие электроды подавались соответственно отрицательные относительно "земли" потенциалы —  $U_{\phi}^{\text{II}}$  и  $U_{\phi}^{\text{I}}$ , причем  $|U_{\phi}^{\text{I}}| \approx 16|U_{\phi}^{\text{II}}|$ . Оптимальный

режим работы всей системы определялся по пересчетному прибору ПП<sub>3</sub> и соответствовал максимальной скорости счета шевронной сборки, при облучении детектора  $\alpha$ -частицами. При этом, число импульсов шума детектора не превышало число шумов собственно МКП и составляло  $\sim 3 \frac{\text{имп.}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}$ . Во всей системе поддерживался вакуум  $10^{-7}$  торр.

Измерения эффективности регистрации частиц были выполнены для  $\alpha$ -частиц с энергией  $E = 5,46$  МэВ при  $|U_{\phi}^{\text{I}}| = 2$  кВ. На рис. 4 представлена блок-схема измерительной установки. Эффективность определялась как отношение числа зарегистрированных совпадений между сцинтилляционным счетчиком и коллектором сборки к общему числу зарегистрированных за то же время отсчетов сцинтилляционного счетчика. Импульсы с коллектора подавались на вход дискриминатора ФД<sub>2</sub> с порогом регистрации 100 мВ без предварительного усиления.

На рис. 5 приведена зависимость эффективности регистрации детектора  $\eta$  от приложенного к эмиттеру напряжения  $V_c$ .

Как видно из рисунка,  $\eta$  растет с увеличением напряжения на слое и выходит на плато  $\eta = 100\%$  при  $V_c = 450$  В.

Было исследовано также и временное разрешение детектора, при помощи время-амплитудного конвертора, на входы которого подавались импульсы от шевронной сборки и сцинтилляционного счетчика; в последнем, при временных измерениях кристалл  $\text{CsJ}$  заменялся на более "быстрый" пластический сцинтиллятор на основе полистирола. Выходной импульс такого счетчика формировался методом пересеченного нуля. При  $V_c = 300$  В ширина кривой задержанных совпадений на подвысоте  $2\tau = 0,96$  нс. Однако следует отметить, что применив для формирования стартового импульса

упомянутый сцинтилляционный счетчик, мы ограничили разрешение детектора, собственным временным разрешением сцинтилляционного счетчика и так как был применен метод совпадений, то практически нами определялось суммарное временное разрешение обоих детекторов. Временное же разрешение сцинтилляционного счетчика примерно составляет 1 нс. Таким образом можно утверждать, что временное разрешение нашего детектора, как минимум на порядок лучше, и составляет сотни пикосекунд. Этот результат вполне согласуется с результатом работы [3], выполненной в Сакле.

В заключение, авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность проф. А.Ц.Аматуни за постоянный интерес к работе, Р.А.Астабатию и Л.К.Парлакяну за полезные содержательные обсуждения, а также Ж.Г.Саркисяну и Л.Г.Давтяну за их участие в решении практических вопросов, связанных с конструированием детектора.

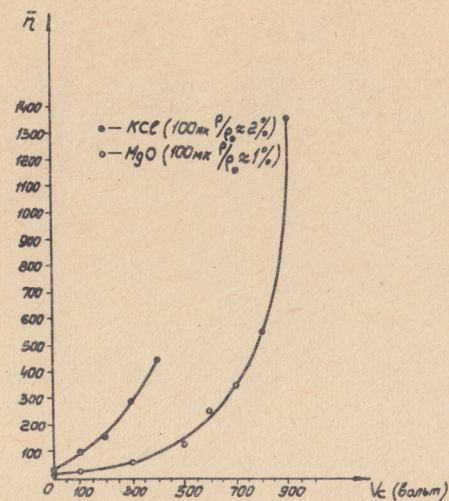


Рис. I Зависимость среднего числа вторичных электронов  $\bar{n}$ , приходящихся на одну первичную частицу, от напряжения на слое  $V_c$  для слоев KCl (относительная плотность  $\rho/\rho_0 = 2\%$ ) и MgO (относительная плотность  $\rho/\rho_0 = 1\%$ ).

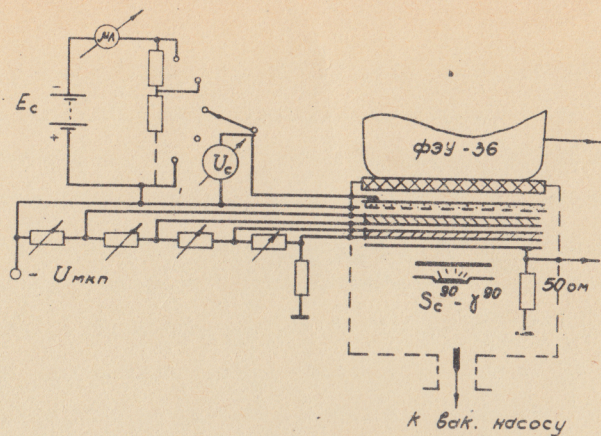


Рис.2 Схема монтажного соединения слоя УВЭЭ с микроканальной сборкой

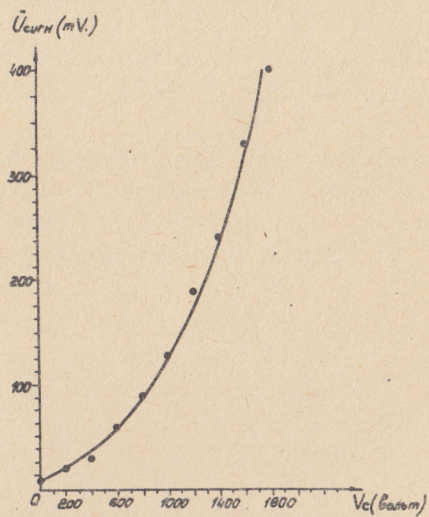


Рис.3 Зависимость средней амплитуды сигнала  $\bar{U}_{\text{сигн}}$  коллектора от напряжения  $V_c$  на слое при облучении источником электронов  $S_c^{90} - \gamma^{90}$ .

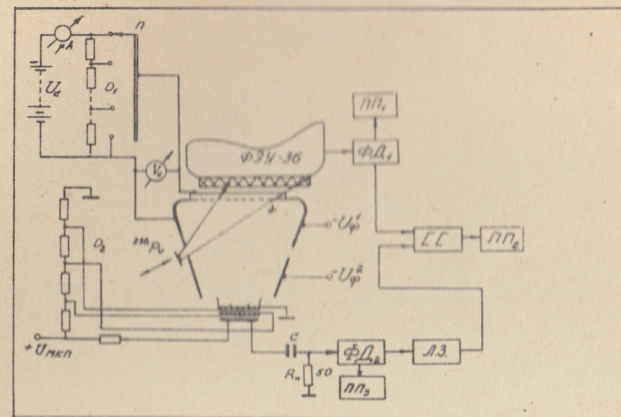


Рис.4. Детектор УВЭЭ

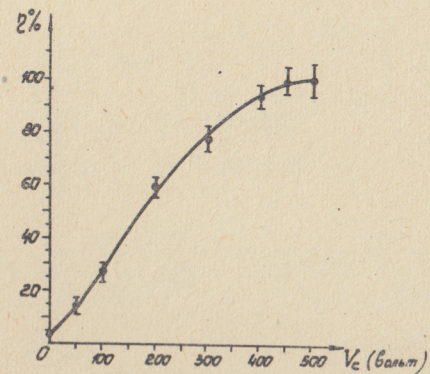


Рис.5 Зависимость эффективности регистрации детектора  $\eta$  от приложенного к эмиттеру напряжения  $V_c$ , при регистрации  $\alpha$ -частиц с энергией 5,46 МэВ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лорикян М.П., Трофимчук Н.Н. Детектирование частиц методом управляемой вторичной электронной эмиссии УВЭЭ. Научное сообщение ЕФИ-178(24)-76.
2. Близнюков С.А., Конаева Г.Я. и др. Рабочие характеристики микроканальных пластин. Препринт ФМАН № 179. Москва, 1979
3. Girard J., Bolore M. Heavy ion timing with channel-plates. NIM-1977, vol. 140, N.2, p. 279.

Рукопись поступила 22-го июня 1981 г.

Редактор Л.П.Мукаян  
Тех.редактор С.Абрамян

Заказ 473

ВФ- 04905

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 31/УШ 1981

I уч.изд.л. Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван 36, пер.Маркаряна 2