

ДЕТЕКТОР ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА МКП С ЭМИТТЕРОМ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

А.Н. Арванов, В.М. Федоров

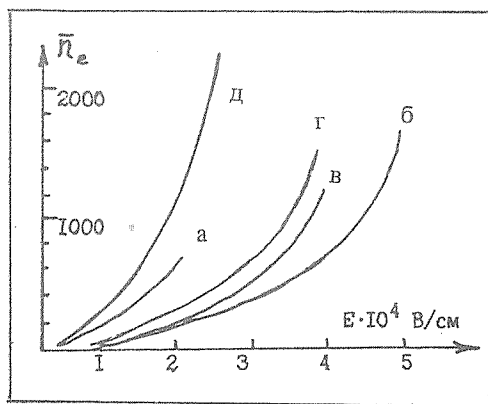
УДК 621.385

Исследованы характеристики детектора быстрых заряженных частиц, составленного из микроканальных электронных умножителей и диэлектрического эмиттера малой плотности, работающего в режиме управления эмиссией вторичных электронов.

Микроканальные пластинчатые электронные умножители (МКП) очень перспективны с точки зрения использования в современном физическом эксперименте. К сожалению, как показано в /1/, эффективность регистрации одиночных частиц микроканальной пластиной сильно зависит от числа вторичных электронов, образующихся при первом соударении частицы с веществом пластины. Это приводит к тому, что МКП эффективно регистрирует только относительно медленные частицы; с увеличением энергии частиц эффективность их регистрации быстро падает.

Область применения МКП существенно расширяется, если перед пластиной установить тонкий, содержащий небольшое количество вещества эмиттер вторичных электронов. Для этой цели хорошо подходят предложенные в /2/ пористые диэлектрические слои малой плотности, работающие в режиме управляемой вторичной эмиссии электронов (УВЭЭ). В детекторе, характеристики которого исследовались в данной работе, эмиттер изготавливался из разных веществ методом распыления в инертной атмосфере /3/. Напыление производилось на редкую сетку из тонких проволочек. Толщина напыленного слоя — 100 мкм, плотность — 1% от нормальной. Для создания режима УВЭЭ слой размещается между двумя сетками — электродами, на которые подается высокое напряжение, обеспечивающее напряженность поля $10^4 \div 10^5$ В/см. Быстрая частица, проходя через слой, выбивает на пылинках вторичные электроны, которые под действием поля ускоряются и лавинообразно размножаются. На рис. 1 приведены вольт-эмиссионные характеристики эмиттеров с УВЭЭ, изготовленных из KBr, KCl, MgO, LiF и криолита. Слои были подобраны с таким расчетом, чтобы количество вещества на пути проходящих частиц было одинаковым. Свойства эмиттеров, как видно из приве-

денного примера, заметно различаются, так что поиск материалов для них не может считаться законченным. Из проверенных веществ наиболее удобны окись магния и криолит. Изготовленные из них эмиттеры не гигроскопичны, не меняют эмиссионных свойств при длительном контакте с атмосферой и не требуют специальных мер при изготовлении и хранении.



Р и с. 1. Зависимость среднего числа вторичных электронов \bar{n}_e , приходящихся на одну первичную альфа-частицу с энергией 5,46 МэВ, от напряженности поля на слое E для различных веществ: а – KCl, б – MgO, в – LiF, г – криолит, д – KBg

Поскольку монтажные соединения МКП и эмиттеров возможны разные, исследованы две комбинации. В одной эмиттер устанавливался на расстоянии 5 мм непосредственно над шевронной сборкой из двух МКП, что обеспечивает наибольшую эффективность доставки выходящих из слоя электронов к входной поверхности МКП. Напряжение на каждой пластине 1 кВ, на эмиттере — переменное от 0 до 1,8 кВ, в зазорах — по 0,2 кВ. Сигнал снимался с дискового коллектора, на который собираются электроны после МКП. Вся система размещалась в объеме с динамическим вакуумом 10^{-7} торр. Измерения выполнялись при облучении электронами с энергией $0,7 \div 2,0$ МэВ от источника $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$, установленного под коллектором. Триггером служил импульс совпадения между сигналами от коллектора и сцинтилляционного счетчика на кристалле CsI, расположенного над слоем MgO. Зависимость средней амплитуды сигнала с коллектора от напряжения на слое в общем повторяет ход вольт-эмиссионной характеристики, а величина амплитуды доходит до 400 мВ при напряжении на слое 1 кВ; длительность импульсов с коллектора не превышает 3 нс.

Совокупность полученных данных свидетельствует о том, что чувствительность детектора, т.е. зависимость среднего числа электронов, вышедших из эмиттера, от величины энергии, потерянной в нем частицей, во многом оп-

ределяется конкретными параметрами использованного слоя, а для таких материалов как MgO может быть доведена почти до 20 электронов на каждый килоэлектронвольт энергопотерь частицы. Такая чувствительность при реализации координатного съема информации на выходе МКП позволяет применять данный детектор для регистрации отдельных рентгеновских квантов и построить на его основе счетчик переходного излучения, например, по методу, изложенному в [4].

Быстродействие и малое количество вещества в эмиттере на пути пересекающей его частицы позволяют использовать его как временной отметчик для прямых измерений скорости пролетающих частиц. При этом желательно расположить МКП несколько в стороне от эмиттера. Детектор, предназначенный для этой цели, был собран на базе фокусирующей системы от стандартного ФЭУ-49, в фокальной плоскости которой установлена шевронная сборка из МКП, а эмиттер из окиси магния — на месте фотокатода (рис. 2). На боковой поверхности фокусирующей системы смонтировано вакуумное окно из майлара, толщину которого можно менять, изменяя тем самым энергию А-частиц, идущих от расположенного за ним источника. В зоне видимости источника, непосредственно над эмиттером, установлен сцинтилляционный счетчик, в котором для измерений эффективности использовался кристалл CsI, а для временных — пластик на основе полистирола. Напряжения питания элементов и триггер те же, что и в предыдущем опыте.

Эффективность регистрации одиночных альфа-частиц в данной системе быстро растет с увеличением напряжения на слое и при 450 В достигает 100%.

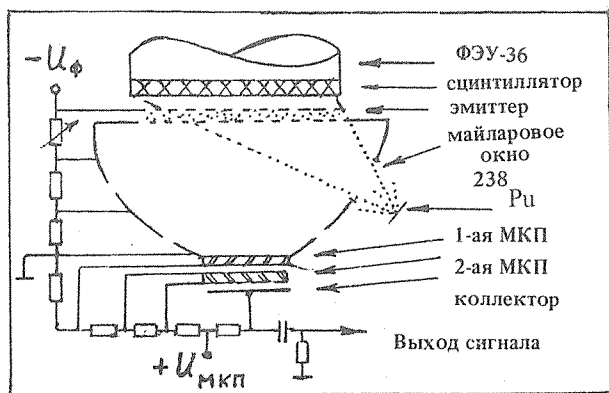


Рис. 2. Блок-схема установки с отодвинутым эмиттером

Эффективность определялась как отношение числа зарегистрированных совпадений между сигналами от сцинтилляционного счетчика и от коллектора МКП к общему числу зарегистрированных за то же время отсчетов сцинтиллятора. Амплитудные спектры сигналов детектора представляют собой распределения с четко выраженным максимумом. С ростом напряжения на слое максимум сдвигается в сторону больших амплитуд в согласии с вольт-эмиссионной характеристикой. Относительная ширина на полувысоте распределения, определяющая в конечном счете энергетическое разрешение детектора, растет с ростом напряжения на слое и достигает величины $\sim 170\%$ при 0,5 кВ, что почти в 2 раза превышает аналогичную величину в спектре амплитуд собственно эмиттера. Наблюдается также зависимость этой величины от размера зазора между МКП в шевроне. С уменьшением зазора она уменьшается.

Временное разрешение детектора исследовалось при помощи время-амплитудного конвертора, на входы которого подавались импульсы от шевронной сборки МКП и сцинтилляционного счетчика; выходной импульс счетчика формировался методом пересеченного нуля. При напряжении на слое 0,3 кВ ширина кривой задержанных совпадений на полувысоте равна 0,96 нс. Из-за того, что применялся метод задержанных совпадений, полученное значение величины разрешающего времени является суммарным временным разрешением детектора и сцинтилляционного счетчика. Таким образом, поскольку временное разрешение использованного сцинтиллятора на основе полистирола тоже около 1 нс, можно заключить, что временное разрешение детектора, составленного из МКП и эмиттера с УВЭЭ, приблизительно на порядок меньше. Такой вывод хорошо согласуется с результатами других работ /5/.

Поступила в редакцию 25 июня 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.А. Близнюков и др., Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 37 (1979).
2. G.W. Goetze et al., Journ. Appl. Phys., 35, 482 (1964).
3. В.Г. Гавалян и др., Изв. АН Арм. ССР, Физика, 17, вып. 2, 102 (1982).
4. А.И. Алиханян и др., Препринт ФИАН № 146, М., 1977 г.
5. В.И. Духанов и др., Приборы и техника эксперимента № 5, 80 (1979).