

ОБНАРУЖЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ИОНОВ, ЭЛЕКТРОНОВ И ФОТОНОВ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО УМНОЖИТЕЛЯ

Разработанные Л. А. Кубецким, П. Т. Фарнсвортом и В. К. Зворыкиным электронные умножители находят себе применение, главным образом, в качестве индикаторов весьма слабых потоков первичных электронов. В СССР эти приборы с успехом применяются при спектрофотометрических исследованиях, в звездной фотометрии, для контроля концентрации растворенных веществ в окрашенных растворах в некоторых производствах и т. п. Иначе говоря, у нас вошли в практику исключительно приборы, в которых первичный электронный поток создается действием света, т. е. фотоэлектронные умножители. Между тем возможности использования электронных умножителей этим далеко не исчерпываются. В США, например, недавно была сделана интересная и успешная попытка применить этот прибор в качестве индикатора отдельных элементарных частиц — положительных ионов, электронов и квантов γ -лучей¹.

Возможность обнаружения отдельных элементарных частиц определяется порогом чувствительности электронного умножителя. Этот параметр умножителя зависит от собственных помех, создаваемых прибором, и не определен в достаточной мере универсально. Для фотоэлектронных умножителей обычно принимают за порог чувствительности тот световой поток, который дает на выходе прибора сигнал, равный сигналу темнового тока, т. е. сигналу при отсутствии освещения.

Темновые токи умножителей складываются из нескольких составляющих, а именно:

- 1) омические утечки в выходной цепи умножителя (в цепи коллектора);
- 2) холодная электронная эмиссия электродов;
- 3) так называемая «ионная обратная связь», явление, заключающееся в том, что (при недостаточно высоком вакууме, в частности за счет наличия паров щелочного металла) поток электронов производит ионизацию в области последних каскадов, а образовавшиеся положительные ионы выбивают новые электроны с предыдущих каскадов;
- 4) так называемая «оптическая обратная связь», когда бомбардировка последних каскадов электронным потоком вызывает на них световые явления и этот свет освобождает электроны на фотокатоде или на первых каскадах;

5) термоэлектронная эмиссия фотокатода или эмиттеров.

В то время как факторы 1), 2), 3) и 4) сравнительно легко могут быть устранены путем соответствующих конструктивных изменений (улучшение изоляции коллектора, надлежащее расположение электродов, предотвращающее образование больших градиентов электрического поля и препятствующее движению положительных ионов и световых квантов от последних каскадов к первым), фактор 5) имеет более принципиальный характер, так как определяется термоэмиссионными константами материалов эмиттеров и в особенности фотокатода. В фотоэлектронных умножителях с кислородно-серебряно-цезиевыми катодами при комнатной температуре ($\sim 20^\circ\text{C}$) порог чувствительности не может быть сделан, видимо, ниже 10^{-9} люменов. При понижении температуры катода до -30°C удавалось достигнуть порога в 10^{-11} люменов.

В соответствии с этим в умножителе, предназначенном для обнаружения отдельных элементарных частиц, в качестве эмиттирующего материала был выбран бериллий, подвергнутый действию кислорода (воздуха). Этот материал обладает высокой работой выхода ($\sim 4\text{V}$) и в то же время большим коэффициентом вторичной эмиссии (до 3 при 300V)².

Другим достоинством бериллиевых эмиттеров является очень высокий выход вторичных электронов на один положительный ион (протон), могущий достигать восьми³.

По своей конструкции умножитель (с 11 каскадами) принадлежал к типу электростатических умножителей. Схема устройства его показана на рис. 1, где изображено также и расположение всей установки для счета элементарных частиц. Особенностью конструкции являлась весьма

тщательная изоляция коллектора [устранение фактора 1]). В результате темновой ток не мог быть обнаружен с помощью гальванометра чувствительностью в $5 \cdot 10^{-10}$ А/деление шкалы. Вакуум в умножителе поддерживался более высокий, чем 10^{-6} мм Hg. Питание осуществлялось через делитель напряжения, соединенный с стабилизированным выпрямителем системы Ивенса⁴.

В рабочих условиях (330 V на каскад) с этим умножителем (при протонном пучке) получалось общее усиление в 10^5 раз [$2 \cdot 10^{-9}$ А, 100 keV — протонов на первом каскаде и 200 μ А (электронов) на коллекторе], что, при выходе в 8 электронов на 1 протон на первом каскаде, дает для следующих каскадов τ , равное от 2 до 3.

Выход умножителя был связан с входным каскадом линейного лампового усилителя. Входное сопротивление последнего равнялось $10^3 \Omega$.

К выходу усилителя был присоединен осциллограф, отмечавший импульсы в тех случаях, когда магнитное поле было отрегулировано так, что в умножитель могли поступать ионы, образовавшиеся в источнике ионов. Так как число этих импульсов путем уменьшения электронного тока в источнике ионов могло быть доведено до нескольких в минуту, то, очевидно, они создавались отдельными ионами.

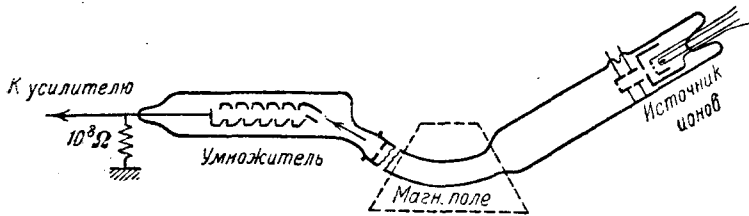


Рис. 1.

Этот прибор был прокалиброван по камере Вильсона на протонах и α -частицах. В дальнейшем он был применен для счета ионов с массами от 1 (H^+) до 32 (O_2^+), при их энергии от 50 до 20 000 eV, для электронов с энергиями от нескольких сот до 6 000 eV, а также отдельных γ -квантов. Автор в особенности подчеркивает одно ценное свойство этого нового счетчика элементарных частиц, состоящее в весьма малом числе импульсов за счет фона.

Эта удачная попытка создания счетчика отдельных элементарных частиц, основанного на принципе электронного умножителя, не является первой. В 1938 г. Бэй⁵ опубликовал свои опыты в этом направлении, не давшие удовлетворительных результатов. Причиной неудачи в этом случае явилось то, что не был взят надлежащий материал для эмиттеров. Бэй работал с умножителем, имевшим электроды, обработанные цезием. Это привело к наличию больших темновых токов и необходимости погружать прибор в жидкий воздух. При этом удавалось ослабить фон только до 40 электронов в минуту. Бэю принадлежит также и первая попытка применить другие материалы для эмиттеров: он пытался воспользоваться никелевыми электродами, покрытыми оксидом бария.

Н. Хлебников, Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. J. S. Allen, Phys. Rev., **55**, 966, 1939.
2. H. Bruining and J. H. De Voer, Physica, **6**, 473, 1937; Н. С. Хлебников, Журнал технич. физики, **8**, 994, 1938.
3. J. S. Allen, Phys. Rev., **55**, 336, 1939.
4. R. D. Evans, Rev. Sci. Instr., **5**, 371, 1934.
5. Z. Bay, Nature, **141**, 284, 1011, 1938.