

ИССЛЕДОВАНИЕ КЭУ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРУЮЩЕГО
ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

В. Л. Симачева, В. М. Федоров

УДК 621.383.292.39:666.112.14

Исследовались неравномерности рабочих характеристик КЭУ при радиальном сканировании раструба электронным пучком. Наблюдается резкая зависимость выходного тока от качества изготовления поверхности раструба, напряжения питания и входного тока.

Канальные электронные умножители (КЭУ) привлекают все большее внимание из-за перспективности использования их в физических измерениях. Рабочие характеристики КЭУ продолжают изучаться, так как разброс их для разных экземпляров, даже изготовленных в одной партии, все еще слишком значителен. Для раструбов КЭУ пока явно недостаточно изучены процессы умножения и фокусировки на первой стадии, т.е. на входном раструбе, где образуется первый каскад вторичных электронов и происходит собирание их в канал. В основном именно эта стадия определяет как полную эффективность работы КЭУ как регистратора излучений, так и амплитудное распределение выходных сигналов. Уникальные возможности для исследования процессов в этой области обеспечивает электронный сканирующий микроскоп, в котором большая точность пространственной локализации электронного пучка и строгое фиксирование энергии падающих электронов позволяют получить более детальные сведения о факторах, влияющих на выход и фокусировку вторичных электронов.

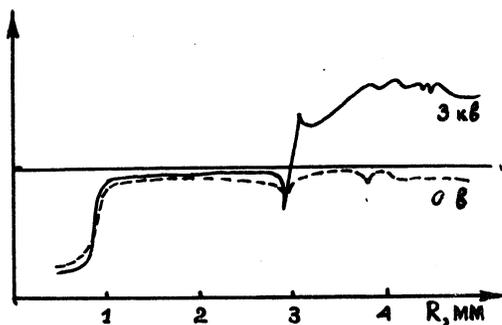
В настоящей работе раструбовый каналный умножитель исследовался на электронном сканирующем микроскопе "IXA-50" фирмы "Джозел". Диаметр пучка $\approx 500 \text{ \AA}$, энергия 25 кэВ, ток $\approx 10^{-11} - 10^{-13} \text{ а}$. КЭУ устанавливался в вакуумной камере микроскопа на специальном держателе, который позволял ориентировать его под разными углами относительно направления пучка падающих электронов. Измерения проводились в токовом режиме при заземленном аноде КЭУ. Сигнал

снимался с коллектора и после зарядочувствительного усилителя записывался на самописце. При выключенном пучке микроскопа соотношение между напряжением и током питания КЭУ хорошо подчиняется закону Ома. При этом общее электрическое сопротивление всего канала равно $1,2 \cdot 10^8$ ом.

При большом увеличении, которое дает электронный микроскоп (до 10^4), видно, что структура поверхности раструба, как правило, не однородна. Очень часто можно видеть целые "дефектные" зоны, в которых поверхность покрыта разнообразными по форме трещинами, различными вкраплениями и т.п. Располагаются такие дефекты часто по концентрическим окружностям, плотность их неравномерна по раструбу и специфична для каждого экземпляра КЭУ. Появляются они, по-видимому, как результат применявшейся технологии. Размеры дефектов не велики, относительная площадь их незначительна, в связи с чем наличие их не обращало на себя особого внимания. Однако влияние таких дефектных зон на рабочие характеристики КЭУ, как будет показано ниже, очень существенно.

Электронный микроскоп позволяет получить изображение образца во вторичных электронах, по которому можно судить об эмиссионных свойствах облучаемой поверхности, т.е. по контрастам изображения на телеэкране можно качественно определить места, где вторичная эмиссия электронов больше (более светлые) и где меньше (более темные). Изображение поверхности раструба КЭУ, полученное во вторичных электронах, когда на КЭУ не подано напряжения, светится довольно равномерно. Исключение составляют только дефектные зоны. Это свидетельствует о том, что эмиссионные свойства практически всей поверхности почти одинаковы. Картина резко меняется, когда на КЭУ подается питающее напряжение. В исследованном КЭУ зона дефектов на раструбе расположена по окружности на расстоянии $\approx 2,8$ мм от центра канала. При подаче напряжения изображение поверхности во вторичных электронах резко разделяется на две части по светимости. Центральная часть раструба до зоны дефектов сильно темнеет, а периферическая, за зоной дефектов, остается светлой. Происходит это из-за того, что все вторичные электроны, образовавшиеся на внутренней части раструба под действием приложенного поля, отклоняются и уходят в канал КЭУ. На периферической части раструба действие поля явно слабее и зна-

чительная часть вторичных электронов в канал не попадает. О том же самом свидетельствует и запись видеосигнала, когда пучок перемещается по радиусу от центра к периферии раструба. На рис.1 эта зависимость показана для двух режимов: пунктирной кривой,

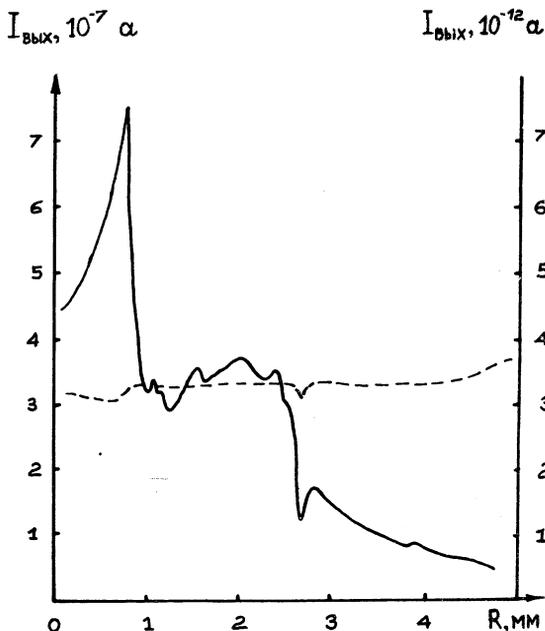


Р и с.1. Распределение вторичной эмиссии по раструбу КЭУ при различных напряжениях на КЭУ в функции расстояния от центра R

когда на КЭУ потенциал не подается, и сплошной – при напряжении 3 кв. Для всех режимов наблюдается резкое уменьшение видеосигнала в области зоны дефектов.

Отмеченный эффект проявляется также и при регистрации выходного тока КЭУ. На рис.2 приведены кривые изменения выходного тока, $I_{\text{вых}}$, измеренного при радиальном сканировании для напряжений 500 в и 2000 в. При $U_k = 500$ в выходной ток незначителен (при таком напряжении усиление практически отсутствует) и изменений его в зависимости от места облучения раструба почти не наблюдается (за исключением опять же зоны дефектов). При увеличении напряжения $I_{\text{вых}}$ растет почти на пять порядков, и изменение его в зависимости от места облучения становится резко неравномерным (см.рис.2). С наибольшей эффективностью работает область около перегиба раструба в трубку. Именно этой области соответствует пик выходного тока на расстоянии ≈ 1 мм от центра канала. Очевидно для этой области вероятность попадания вторичных электронов в канал максимальна. Уменьшение $I_{\text{вых}}$ слева от пика определяется тем, что общее число каскадов умножения КЭУ в этом случае меньше, так как взаимо-

действие первичных электронов со стенкой канала происходит дальше от края. Уменьшение $I_{\text{вых}}$ справа от пика связано с неравномерностью втягивающего электрического поля на раструбе. До зоны де-

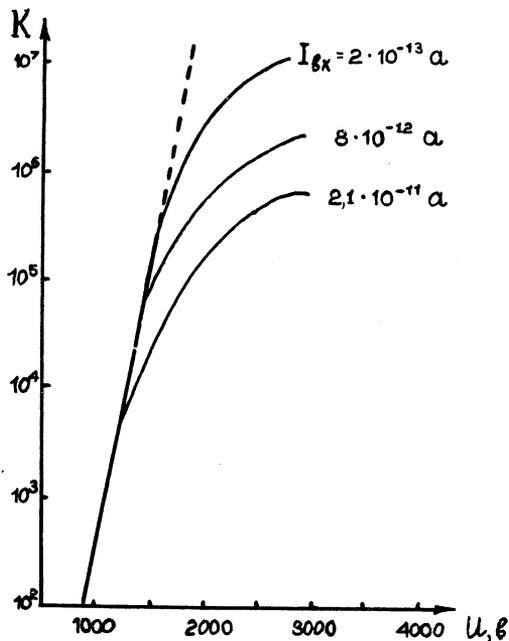


Р и с.2. Распределение выходного тока $I_{\text{вых}}$ по раструбу КЭУ при напряжении на КЭУ 500 в (пунктир, правая шкала) и 2000 в (сплошная линия, левая шкала)

фектов $I_{\text{вых}}$ меняется слабо. Дефекты, как видно, довольно сильно искажают электрическое поле, и вторичные электроны из этой области практически не входят. Дальше, за зоной дефектов, $I_{\text{вых}}$ медленно экспоненциально уменьшается.

На рис.3 приведены зависимости коэффициента усиления канала K от напряжения питания, измеренные при различных входных токах пучка $I_{\text{вх}}$. Отчетливо наблюдается переход к насыщению с ростом напряжения и увеличением входного тока. Насыщение усиления до-

стигается при выходном токе, составляющем $\sim 0,1$ тока стенки, при котором градиент потенциала начинает уменьшаться вблизи выходного конца КЭУ, приводя тем самым к уменьшению общего числа каскадов умножения. "Темновой ток" на выходе, измеренный при напряжении



Р и с.3. Зависимость коэффициента усиления K от приложенного напряжения U при различных входных токах $I_{вх}$

3 кв и выключенном пучке, составляет $\sim 10^{-12}$ а. Если воспользоваться экстраполированным значением усиления для данного напряжения, то приведенное значение величины "тока шумов" на входе КЭУ меньше 10^{-19} а.

Измерения K при изменении угла между направлением пучка электронов и осью КЭУ показали, что при падении пучка точно в центр канала максимальное усиление наблюдается при угле $\approx 5^\circ$. Это согласуется с выводами работы (1). При направлении пучка на

середину раструба максимальное усиление достигается при 0° , и при увеличении угла до 20° усиление падает до 70%. Угол раствора раструба, по-видимому, следует считать близким к оптимальному.

Поступила в редакцию
14 августа 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. W. Parkes, R. Gott, K. A. Pounds. IEEE Trans. Nucl. Sci., NS17, 360 (1970).