

## ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ ЗА ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ

ШЮТТЕ Н. М., ПУОЛОКАЙНЕН А. И., ВОЛКОВ Г. И., КОПЫЛОВ В. Ф.

Описано изменение характеристик канальных электронных умножителей (к.э.у.) после длительного хранения в лабораторных условиях. Найдена корреляция между усилением к.э.у., уменьшающимся за 2,5 года хранения в  $\sim 4$  раза, и первоначальным сопоставлением  $\Delta R/R_{\text{исх}}$  эмиттирующего слоя, что может быть использовано как критерий происшедших изменений.

При использовании канальных электронных умножителей (к.э.у.) в аппаратуре, предназначенной для длительной и непрерывной эксплуатации, например на космических аппаратах [1], нужно знать зависимость их параметров от времени. Наряду с известным фактом деградации их усиления к.э.у. в процессе эксплуатации [2, 3] было замечено, что в некоторых случаях параметры к.э.у. ухудшаются и после продолжительного хранения [4], сопровождавшегося, правда, периодическим нагревом.

Нами в процессе разработки многоканального спектрометра заряженных частиц с несколькими электронными умножителями в качестве детекторов проводились периодические испытания к.э.у. Было замечено, что, как правило, усиление только что изготовленных к.э.у. оказывается более чем на порядок выше, чем у тех образцов, которые были изготовлены на 2-2,5 года раньше и хранились в лабораторных условиях. Для новых приборов практически не наблюдалось разброса выходных параметров от экземпляра к экземпляру.

На рис. 1 приведены счетные характеристики (рис. 1, а) и амплитудные распределения (рис. 1, б) для нескольких типичных образцов умножителей. Половина из них была только что получена от изготовителя, а другая — впервые испытана через  $\sim 2$  года после изготовления. Всего было испытано 100 приборов (по 50 штук того и другого вида). У свежееизготовленных к.э.у. насыщение наступает при  $U_R \approx 2 \div 2,4$  кВ, тогда как по прошествии 2-2,5 лет оно имеет место только при  $U_R \approx 4$  кВ. Таким образом, для к.э.у., пролежавших в лаборатории 2-2,5 года, требуются по крайней мере вдвое более высокие градиенты ускоряющего поля для реализации такой же амплитуды импульса тока на выходе. Более того, даже при  $U_R \approx 4$  кВ у этих к.э.у. наблюдается только экспоненциальная форма амплитудного распределения выходных импульсов. Оказалось также, что к.э.у. двухлетнего срока изготовления имеют существенно мень-

ший динамический диапазон линейной чувствительности к входным потокам, при котором сохраняется пропорциональная зависимость между величинами сигнала на выходе и потоком на входе.

Существенно различный характер как счетных характеристик, так и амплитудных распределений у образцов, отличающихся сроком изготовления, по-видимому, указывает на то, что уменьшение усиления к.э.у. зависит не только от числа зарегистрированных импульсов, но и от срока их предварительного хранения. Образцы к.э.у., срок хранения которых  $\geq 1 \div 1,5$  года, по-видимому, не могут быть использованы в качестве надежных детекторов.

Чтобы оценить влияние срока хранения на характеристики к.э.у. и выяснить причину изменений, сравнивались параметры нескольких образцов к.э.у., у которых общее число отсчетов было  $10^8$  импульсов.

На рис. 2 и 3 приведены зависимости коэффициента усиления (токовый режим) и скорости счета от напряжения питания, полученные с интервалом времени  $\sim 2,5$  года<sup>1</sup>. Из рис. 2 видно, что параметры одного умножителя (№ 3) практически не изменились, тогда как у трех остальных (№ 1-4) существенно изменились и коэффициент усиления  $K$ , и эффективность  $\epsilon$ .

То обстоятельство, что у старых образцов насыщение наступает при существенно более высоких градиентах ускоряющего поля, а амплитуды уменьшаются более чем в 4 раза, указывает, по-видимому, на уменьшение эмиссионной способности к.э.у. Известно, что для эмиссионных слоев, полученных окислением металлов или сплавов, возможными причинами изменения коэффициента вторичной эмиссии  $\sigma$  при соприкосновении их с атмосферой воздуха

<sup>1</sup> Условия испытаний к.э.у. — интенсивность  $(5 \div 8) \cdot 10^5$  частиц и энергия потока частиц на входе 5 кэВ, напряжение питания 4 кВ, давление в вакуумной камере  $\sim 10^{-6}$  Торр — выдерживались при этом одинаковыми.

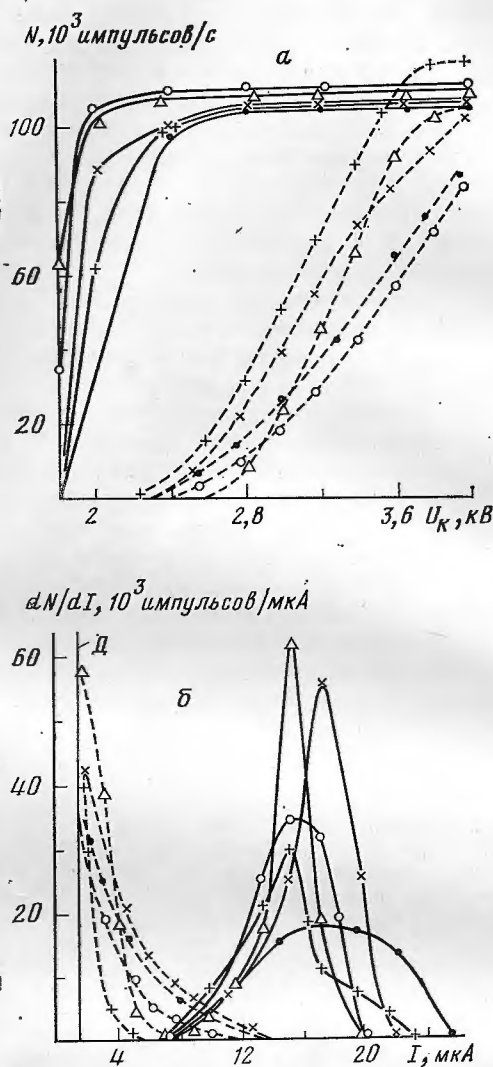


Рис. 1. Характеристики к.э.у.: а — зависимость скорости счета от напряжения питания  $U_K$ , б — амплитудные распределения при  $U_K = 4$  кВ; Д — минимальный уровень дискриминации усилителя. Сплошные линии — только что изготовленные образцы, пунктирные — те же образцы через 2 года после хранения в лаборатории при нормальных условиях

является окисление их поверхности, изменение структуры слоя в результате растворения в нем газа, образование гидратов, а также увеличение в слое концентрации дефектов кристаллической решетки типа дислокаций [5], которые являются ловушками для электронов и существенно изменяют  $\sigma$ .

Из общих соображений можно ожидать, что образование каких-либо «дефектов» в эмиттирующем слое к.э.у. должно сопровождаться

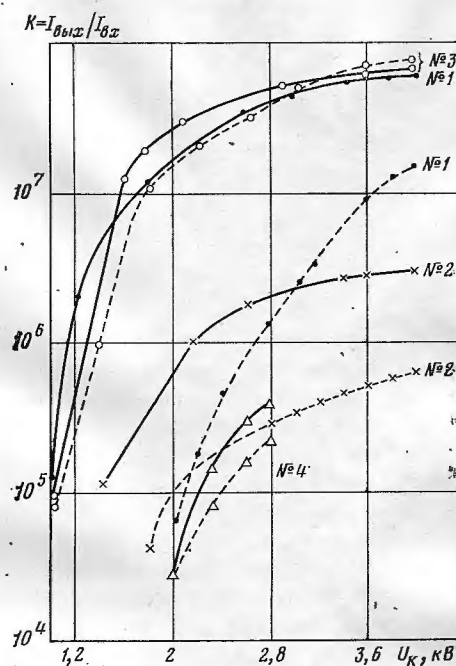


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления от напряжения питания для образцов с различным сроком изготовления. Сплошные линии — сразу после изготовления, пунктирные — через 2,5 года

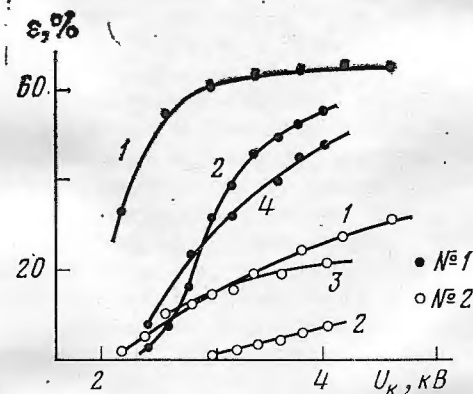


Рис. 3. Зависимость скорости счета от напряжения питания для образцов с различным сроком изготовления. 1 — сразу после изготовления; 2 — спустя 2,5 года после изготовления; 3 — спустя 10 дней после повторной термообработки в водородной печи (восстановления); 4 — повторно невосстановленный образец

изменением сопротивления этого слоя. Проведенные измерения показали, что с течением времени обычно наблюдается изменение сопротивления к.э.у., и было высказано предположение, что это изменение может быть также связано с изменением эмиссионной способности

№ к.э.у.	R, МОм, IV.1972 г.	R, МОм, I.1976 г.	Изменение R, %	Степень изменения	
				за период IV.1972 ÷ I.1976 г.	
				K	ε
1	120	175	30	4	1,3
2	124	165	25	5	3,8
3	134	40	4	1	—
4	1750	2000	12	2	—

материала эмиттера. Поэтому была сделана попытка сравнить наблюдаемое со временем уменьшение эмиссионной способности к.э.у. с изменением их сопротивления (см. таблицу).

Из таблицы можно увидеть, что различие в исходных сопротивлениях к.э.у. (более чем на порядок — сравните № 1 ÷ 3 и № 4), т. е. в величинах первоначальной проводимости канала, само по себе не предопределяет временные изменения эмиссионных, а следовательно, и усилительных свойств. С другой стороны, видно, что имеет место довольно отчетливая связь между относительным изменением сопротивления ( $R/R_{исх}$ ) во времени и изменением усиления к.э.у. Так, например, увеличение сопротивления канала на 25 ÷ 30% соответствует изменению коэффициента усиления в 4 ÷ 5 раз, в то время как изменение сопротивления на 4 ÷ 12% практически не сопровождается изменением значений K.

Можно предположить, что наблюдаемый эффект обусловлен окислением поверхности эмиттера кислородом воздуха, в результате которого происходит захват электронов из зоны проводимости, увеличивается сопротивление и одновременно потенциальный барьер поверхности — вакуум, т. е. уменьшается вероятность выхода вторичных электронов. Свойства эмиттеров из свинцового стекла в этих случаях могут быть восстановлены в результате повторения цикла

формирования полупроводникового слоя [6].

С этой целью для проверки высказанной гипотезы один из образцов к.э.у. (№ 2) был заново восстановлен в атмосфере водорода. На рис. 3 представлены характеристики к.э.у. № 1 и № 2, снятые при одинаковых условиях. Видно, что для образца № 1 характеристика осталась практически неизменной, тогда как для к.э.у. № 2 произошло почти полное восстановление эффективности.

Из сказанного выше следует, что наряду с ухудшением параметров к.э.у., зависящих от общего числа зарегистрированных импульсов, наблюдается также уменьшение коэффициента усиления к.э.у. при хранении их в течение 2 ÷ 2,5 лет в лабораторных условиях. В к.э.у. происходит со временем необратимое изменение эмиссионной способности, соизмеримое по результатам с изменениями, возникающими при работе. Наблюдаемое в результате хранения изменение параметров к.э.у. проявляется на различных образцах в разной степени, и некоторым критерием происшедших изменений может служить, по-видимому, изменение сопротивления эмиттирующего слоя  $\Delta R/R_{исх}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mihalov J., Collard H. R., McKibbin D. D. et al. Science, 1975, v. 188, p. 448.
2. Wolber W. C., Klettke B. D., Lintz H. K. Rev. Scient. Instrum., 1969, v. 40, p. 1364.
3. Prince R. H., Cross J. A. Rev. Scient. Instrum., 1971, v. 42, p. 66.
4. Rager J. P., Renaud J. F., V. T. du Montcel. Rev. Scient. Instrum., 1974, v. 45, p. 927.
5. Тютиков А. М. Радиотехника и электроника, 1963, т. 8, № 4, с. 698.
6. Чуйко Г. А., Файнберг Е. А., Гречаник Л. А., Суприков И. В. Изв. АН СССР, Серия физическая, 1964, вып. 28, № 9, с. 1566.

Институт космических исследований,  
Москва  
Поступила в редакцию 27.III.1979