

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА
ЭКСПЕРИМЕНТА

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

1

МОСКВА · 1987

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МИКРОКАНАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ШЕВРОННОГО ТИПА

ШЮТТЕ Н. М., ШЕРОНОВА С. М., ВАСНИНА Г. П., ПЛАТОВ Э. А., КАПЦОВ В. Г.

Исследованы зависимости параметров микроканального усилителя шевронного типа от интенсивности входного сигнала и от размера рабочих зон м.к.п., т. е. числа реально функционирующих каналов. Чувствительность микроканального усилителя к перегрузкам оказалась тем выше, чем больше число функционирующих каналов, а максимальная скорость счета на выходе одиночного канала получена при наименьшей площади рабочей зоны м.к.п. (при этом мертвое время канала $\approx 0,3$ мс). Мертвое время отдельных каналов может меняться в зависимости от условий облучения, что позволяет, меняя размеры входной поверхности м.к.п. при изменении интенсивности входного сигнала, значительно расширить динамический диапазон чувствительности.

Детекторы заряженных частиц и электромагнитного излучения на основе микроканальных пластин (м.к.п.) находят все большее применение в самых различных приборах и системах. Особенно перспективным оказалось использование м.к.п. в преобразователях изображения и координатно-чувствительных детекторах, позволяющих фиксировать координаты частиц на плоскости в поле зрения диаметром несколько сантиметров с точностью до десятков микрон и временным разрешением до единиц наносекунд [1 ÷ 3].

В процессе практической эксплуатации м.к.п. могут создаваться условия, при которых периодически должна облучаться только незначительная часть входной поверхности м.к.п. при одновременном изменении интенсивности входного сигнала на несколько порядков. В связи с этим чрезвычайно актуальными становятся такие параметры, как величина максимальной загрузки (или мертвое время) м.к.п., зависимость ее изменений от интенсивности входного сигнала и характера его распределения на плоскости в поле зрения, а также надежность и срок службы м.к.п.

Разные авторы приводят различные оценки мертвого времени м.к.п. ($0,008 \div 0,04$ с) [4 ÷ 6], равно как и предельного значения выходного тока ($0,05 \div 0,1$ тока нагрузки) [5, 7, 8], отличающиеся между собой на порядки. При этом полагают, что из-за значительного сопротивления одиночных каналов допустимые загрузки на один канал невелики. При шевронном включении, когда коэффициент усиления $\sim 10^7$, загрузка в линейном режиме составляет $0,1 \div 0,01$ импульса/с на канал [5, 7]. На всю поверхность пластины допускаются загрузки до 10^6 импульсов/см² (в нелинейном режиме).

Данная работа посвящена исследованию зависимости параметров многоканального усилителя, представляющего собой шевронную конфигурацию двух последовательно соединенных м.к.п. от интенсивности входного сигнала и ха-

рактера его распределения на входной поверхности м.к.п. Использовались м.к.п. ϕ 56 мм, рабочий диаметр шевронного блока 50 мм.

Испытания проводились в вакуумной камере ($p \sim 10^{-6}$ Торр), откачиваемой геттеро-ионным титановым насосом. Источником заряженных частиц служила электронная пушка, позволявшая варьировать интенсивность входного электронного потока от 10^2 до 10^{11} см⁻² с⁻¹, а энергию — от сотен электронвольт до десятков килоэлектронвольт. Данная шевронная система включалась по стандартной схеме питания, рекомендованной для выпускаемых промышленностью умножителей ВЭУ-7. Сигналы на выходе м.к.п. регистрировались при помощи быстродействующего линейного импульсного усилителя, позволяющего фиксировать импульсы тока с амплитудой от 1 мкА до 10 мА, длительностью $t \approx 2$ нс, фронтом $\tau \lesssim 1$ нс, частотой следования до 10 МГц; чувствительность усилителя по заряду $\sim 3 \cdot 10^{-14}$ Кл.

При изучении динамики выходных характеристик такого микроканального усилителя основное внимание обращалось на установление взаимосвязи между его максимальной загрузкой и размерами рабочих зон м.к.п., т. е. числом реально функционировавших каналов. Были испытаны усилители с различными рабочими размерами входной поверхности. Число одновременно функционировавших каналов P составляло $2 \cdot 10^6$, 10^4 и $6 \cdot 10^2$; площадь входной поверхности при этом составляла 16 ; $7 \cdot 10^{-2}$ и $5 \cdot 10^{-3}$ см² соответственно.

Примеры счетных характеристик, полученных при облучении указанных входных поверхностей м.к.п. электронным потоком различной плотности, приведены на рис. 1. Видно, что если плотность потока Φ относительно невелика ($\Phi \lesssim 10^6$ см⁻² с⁻¹) (рис. 1, а), счетные характеристики для всех значений P имеют четко выраженное плато при напряжении питания $U \gtrsim \gtrsim 2200$ В. Зарегистрированные в режиме насыщения значения выходной скорости счета

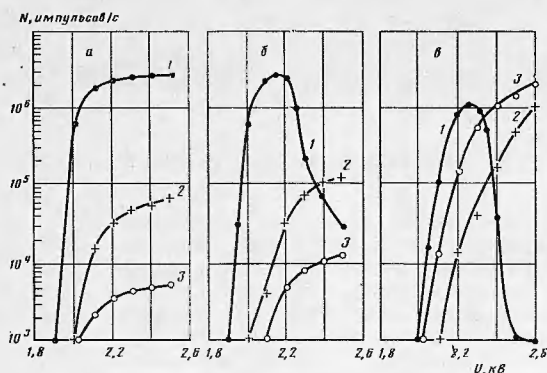


Рис. 1. Счетные характеристики м.к.п., полученные при различных значениях плотности входного потока Φ : а — $1 \cdot 10^6$, б — $2 \cdot 10^6$, в — $1,0 \cdot 10^{10}$ см $^{-2}$ с $^{-1}$, и числе функционирующих каналов P ; равном: 1 — $2 \cdot 10^6$, 2 — $1 \cdot 10^4$, 3 — $6 \cdot 10^2$.

$N_{\text{вых}}$ в этом случае пропорциональны размерам облучаемых поверхностей м.к.п. Это должно означать, что эффективность регистрации не претерпевает существенных изменений при изменении числа функционирующих каналов на $\sim 3,5$ порядка. При увеличении интенсивности входного сигнала (см. рис. 1, б, в) пропорциональность между значениями $N_{\text{вых}}$, соответствующими выбранному размеру зон облучения, нарушается, форма счетных характеристик существенно искажается. Сравнивая кривые рис. 1, а с кривыми рис. 1, б, в, нетрудно увидеть, что чувствительность микроканального усилителя к перегрузкам оказывается тем выше, чем боль-

ше число одновременно функционирующих каналов. При $P = 2 \cdot 10^6$ с ростом интенсивности входного сигнала не только исчезает плато счетной характеристики, но при $U \geq 2200$ В прибор начинает терять свою работоспособность. В случае же $P = 6 \cdot 10^2$ форма счетной характеристики при увеличении входной интенсивности и чувствительность на начальном участке характеристики ($U \leq 2200$ В) практически не изменились.

Характерно, что во всех трех случаях, т.е. независимо от числа P , максимальные значения выходной скорости счета N_{max} оказались довольно близкими ($1,5 \div 2,5$) 10^6 импульсов/с, тогда как величины плотности скорости счета (числа импульсов в секунду на квадратный сантиметр) существенно различались.

Примеры амплитудных распределений, зафиксированных при различных нагрузках, показаны на рис. 2. Видно, что независимо от числа облучаемых каналов P и интенсивности входного потока Φ амплитудные распределения имеют экспоненциальную форму. Это обусловлено, по-видимому, сравнительно низким калибром каналов использовавшихся пластин, величина которого была ≤ 60 .

Для всех значений P с увеличением интенсивности входного потока резко уменьшается число импульсов больших амплитуд. Однако вызываемые перегрузками относительные изменения формы амплитудных распределений оказались зависимыми от числа P . Для больших значений P (рис. 2, а) увеличение интен-

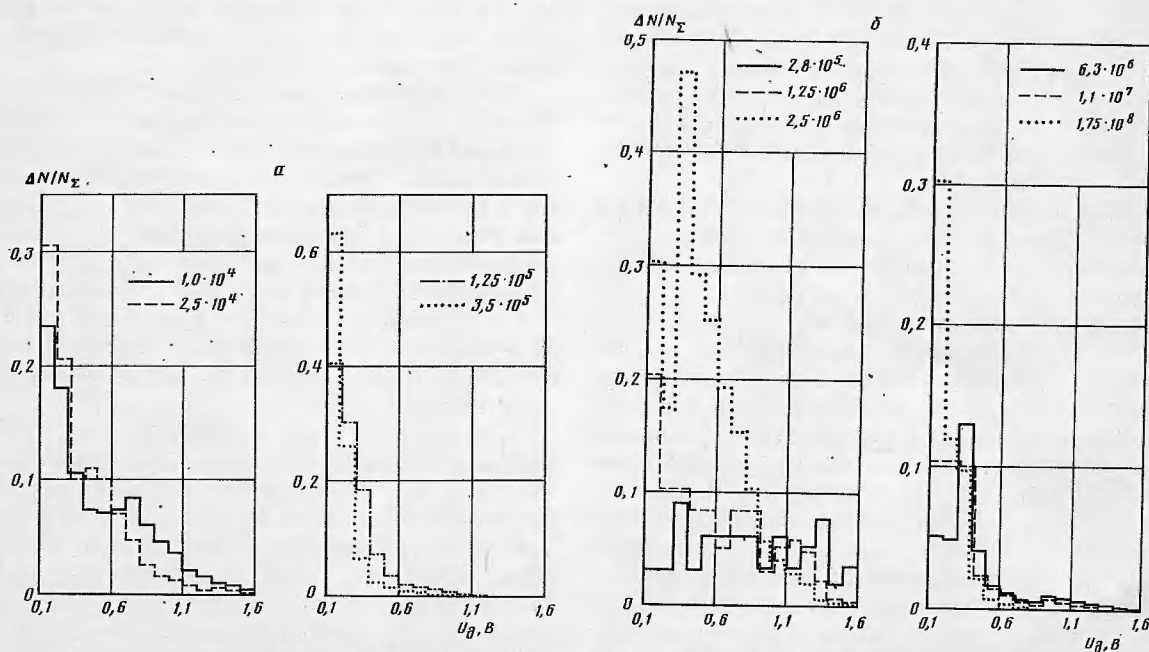


Рис. 2. Примеры амплитудных распределений, полученных при различных значениях входного потока Φ , указанных в см $^{-2}$ с $^{-1}$, и P , равных: а — $2 \cdot 10^6$, б — $6 \cdot 10^2$.

Ри
ноч
при
сле
пла

си
к
ли
ми
~
на
на
Оч
не
ся
ра

ви
лей
то
на

ле
P
то
пл

ла
вы
~A
ни
пу
рег
мен
нал
вре
обл
щи
на
Это

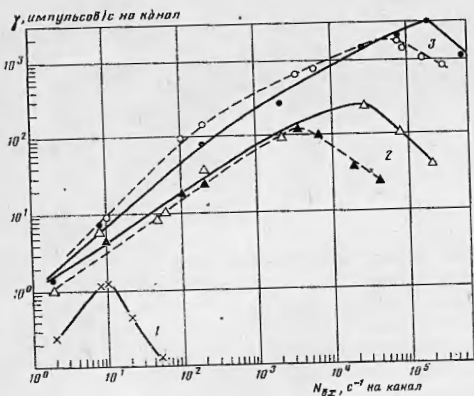


Рис. 3. Зависимости изменения удельной загрузки одиночного канала м.к.п. от плотности входного потока при P , равных: 1 — $2 \cdot 10^6$, 2 — $1 \cdot 10^4$, 3 — $6 \cdot 10^2$. Исследованы 2 разные м.к.п. с сопротивлением выходных пластин 3,7 (сплошные линии) и 100 МОм (пунктирные линии)

сивности входного потока на порядок приводит к резкому уменьшению числа импульсов, амплитуды которых соответствуют порогу дискриминации $U_d > 0,5$ В (коэффициент усиления $\sim 3 \cdot 10^6$). При $P = 6 \cdot 10^2$ аналогичный эффект наблюдается, если интенсивность входного сигнала возрастает на 4 порядка (см. рис. 2, б). Очевидно, что вызываемые перегрузками изменения амплитудных распределений оказываются минимальными в случае меньших размеров рабочих участков м.к.п.

Сравнительные данные, иллюстрирующие зависимость поведения микроканальных усилителей шевронного типа от плотности входного потока, приходящейся на каждый работающий канал, показаны на рис. 3.

Эффективность регистрации оказывается более высокой при меньших значениях P . Когда $P = 2 \cdot 10^6$ эффективность регистрации $\leq 0,12$, тогда как для $P = 6 \cdot 10^2$ она близка к 1 при плотности входного потока ~ 10 с $^{-1}$ на канал.

Следует отметить, что в зависимости от числа P максимальные значения скорости счета на выходе одиночного канала γ варьировались от ~ 1 до $\sim 10^3$ импульсов/с. Наибольшие значения γ оказались при $P = 6 \cdot 10^2$ ($\gamma \approx 3 \cdot 10^3$ импульсов/с), несмотря на то, что эффективность регистрации в этом случае была на порядок меньше, чем при функционировании $2 \cdot 10^6$ каналов. Это означает, что зависимость мертвого времени отдельных каналов м.к.п. от условий облучения, т.е. от числа одновременно работающих каналов, может варьироваться более чем на 3 порядка — от секунд до долей миллисекунд. Это необходимо учитывать при построении раз-

личных приборов на базе м.к.п. особенно в аппаратуре, предназначенной для получения изображений, характер которых меняется во времени. Не исключено, что именно этот факт мог быть причиной имеющегося большого разброса значений мертвого времени м.к.п. по данным различных авторов.

Как уже отмечалось выше, предельные значения выходной скорости счета м.к.п. $N_{\max} = \gamma_{\max} P$ оказываются практически одинаковыми при изменении значений P на несколько порядков (это можно видеть и по данным рис. 3).

Это означает, что независимо от числа функционирующих каналов предельно реализуемая скорость счета определяется величиной максимального тока, который можно получить на выходе м.к.п. Этот ток тем выше, чем меньше полное сопротивление оконечной пластины. Соответственно, чем меньше сопротивление выходной пластины и меньше рабочая площадь входа м.к.п., тем меньше будет мертвое время одиночного канала м.к.п., которое, по-видимому, может составлять единицы микросекунд.

Кроме того, поскольку величина предельной загрузки каналов м.к.п. обратно пропорциональна числу реально работающих каналов, меняя размеры входной площади м.к.п. в зависимости от интенсивности входного сигнала, можно избежать эффекта уменьшения амплитуды выходных импульсов, обусловленного возрастанием интенсивности сигнала на входе. Другими словами, может быть обеспечено постоянство чувствительности м.к.п. независимо от уровня входного сигнала, диапазон изменения которого может превышать 6 порядков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айбулд М. Р., Поленов Б. В. Вторично-электронные умножители открытого типа и их применение. М.: Энергоиздат, 1981.
2. Горн Л. С., Хазанов Б. И. Позиционно-чувствительные детекторы. М.: Энергоиздат, 1982.
3. Айбулд М. Р., Горн Л. С., Грунтман М. А. и др. ПТЭ, 1984, № 1, с. 70.
4. Дмитриев В. Д., Лукьянов С. М., Пеннионжевич Ю. Э., Самтаров Д. К. ПТЭ, 1982, № 2, с. 7.
5. Wiza J. L. Nucl. Instrum. and Methods, 1979, v. 162, p. 587.
6. Bateman J. E. Nucl. Instrum. and Methods, 1977, v. 144, p. 537.
7. Parkes W., Gott R. Nucl. Instrum. and Methods, 1971, v. 95, № 3, p. 487.
8. Audier M., Delmotte J. C., Boutot J. P. Revue Phys. Appl. 1978, t. 13, p. 188.

Институт космических исследований АН СССР,
Москва
Поступила в редакцию 10.XI.1985