

В.В.Гаврушко, Ю.Н.Прошкин, А.А.Сапожников, А.А.Сапожников

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ФОТОРЕЗИСТОРНОГО ПРИЕМНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

The structural features of the multielement detectors are presented. The equivalent of the multielement photoresistor's detectors on the solid CdHgTe base, which are sensitive on spectral value from 8 to 14 micrometers, with the each pins' resistances and the common pin's resistance included is proposed. The influence of these resistances on detector's parameters is demonstrated and the operating condition for detector's elements with minimum of this influence is proposed.

Конструкция криогенных приемников излучения должна обеспечивать минимальные теплопритоки в холодную зону. В многоэлементных приемниках излучения преобладает доля теплопритоков, вызываемая теплопроводностью соединений, связывающих чувствительные элементы и соответствующие внешние контакты приемника излучения. Для снижения теплопроводности этих соединений используются проводники из материала с низкой теплопроводностью, минимального поперечного сечения и максимальной длины. Однако снижение теплопроводности соединений сопровождается неприятным следствием — повышением их омического сопротивления. Сопротивления выводов элементов приемника излучения (в том числе и общего вывода), оптимизированных по критерию минимизации теплопритоков, составляет 1...2 Ом.

Отличительной особенностью фоторезисторов на основе твердого раствора кадмий-ртуть-теллур (КРТ), чувствительных в спектральном диапазоне 8...14 мкм, является низкое темновое сопротивление, составляющее 20...50 Ом. Несмотря на то, что сопротивления выводов элементов и общего вывода достаточно значимы по сравнению с сопротивлениями фоторезисторов, их влияние на работу многоэлементного приемника излучения обычно не учитывается. В данной работе рассматривается эквивалентная схема многоэлементного фоторезисторного приемника излучения и оценивается влияние сопротивлений выводов элементов и общего вывода на его параметры.

Важнейшими параметрами приемников излучения являются чувствительность, уровень собственных шумов и темновое сопротивление элементов линейки. Их измерение обычно производят поэлементно, подавая напряжение питания только на измеряемый элемент [1]. При этом измерение чувствительности и уровня собственных шумов производят при заданном напряжении питания на внешних выводах измеряемого элемента при сопротивлении нагрузки (R_H), удовлетворяющем условию

$$R_H \gg R_k,$$

где R_k — сопротивление k -го чувствительного элемента (фоторезистора).

Учитывая, что фоторезисторы являются линейными преобразователями потока излучения в электрический ток, причем их токовая чувствительность пропорциональна напряженности электрического поля в фоторезисторе (напряжению питания фоторезистора) [2], целесообразно использование в качестве параметров фоторезисторов токовой чувствительности и шумового тока при заданном напряжении питания. В эквивалентной же схеме для описания сигнальных и шумовых параметров целесообразно использование соответствующих источников тока.

Эквивалентная схема k -го элемента приемника излучения при измерении его параметров приведена на рис.1. На рисунке показаны сопротивления вывода k -го элемента (r_k) и общего вывода (r_0), источник тока сигнала I_{sk} и источник шумового тока I_{Nk} измеряемого элемента. Внешние выводы элемента, посредством которых он подключается в измерительную схему, помечены буквами «К» и «О». Учитывая, что при номинальном напряжении

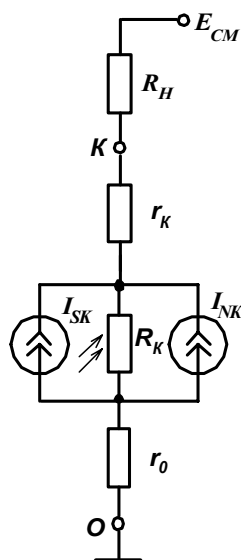


Рис. 1.

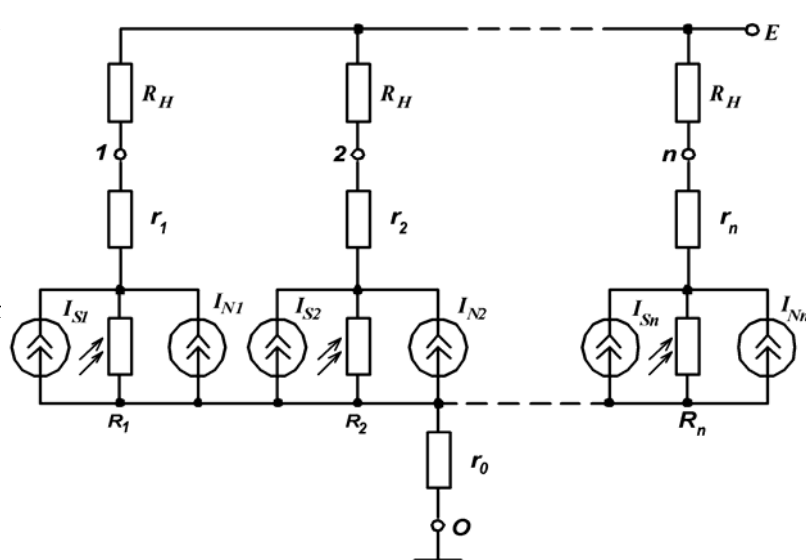


Рис. 2.

питания уровень генерационно-рекомбинационного шума элемента в 6-10 раз выше суммарного уровня теплового шума элемента, шума контактов, шума выводов и шума сопротивления нагрузки, последние в эквивалентной схеме не учитываются. Анализ представленной на рис.1 схемы показывает:

1) измеряемое сопротивление элемента (R_{kl}) больше действительного сопротивления на величину сопротивлений вывода элемента и общего вывода:

$$R_{kl} = r_k + R_k + r_0.$$

При $R_k \approx 30$ Ом, $r_k = r_0 = 1$ Ом ошибка составит около 7%;

2) напряжение питания измеряемого элемента ($U_{\mathcal{E}}$) меньше напряжения, приложенного между внешними выводами «O» и «K» (U_{II}) и принимаемого при измерениях за напряжение питания:

$$U_{\mathcal{E}} = U_{II} \frac{R_k}{R_k + r_k + r_0};$$

3) измеряемые значения напряжений сигнала (U_S) и шума (U_N) соответственно составляют (поскольку $R_H \gg R_k$, влиянием R_H , r_k и r_0 пренебрегаем):

$$U_S = I_{SK} \cdot R_k,$$

$$U_N = I_{NK} \cdot R_k,$$

где ток сигнала I_{SK} и шумовой ток I_{NK} соответствуют работе элемента при напряжении питания $U_{\mathcal{E}}$.

На рис.2 приведена эквивалентная схема n -элементного приемника излучения при использовании, т.е. когда номинальное напряжение питания подано на все его элементы. На схеме показаны $r_1, r_2, \dots, r_n$ — сопротивления выводов от элементов приемника излучения; $R_1, R_2, \dots, R_n$ — сопротивления элементов приемника излучения; r_0 — сопротивление общего вывода. Источники I_S и I_N отображают соответственно ток сигнала и ток шума элементов.

При подаче напряжений питания на все элементы возникает дополнительная взаимосвязь между каналами через сопротивление общего вывода (r_0). Это приведет прежде всего к изменению напряжений питания элементов приемника излучения. Будем считать, что напряжения питания, приложенные между внешними выводами элементов и общим выводом, одинаковы и равны U_{II} . В этом случае напряжение питания некоторого элемента k ($U_{\mathcal{E}k}$) описывается равенством

$$U_{\Sigma k} = U_{\Pi} \frac{R_k}{R_{\Sigma} + r_k + n \cdot r_0},$$

где R_{Σ} — среднее значение сопротивлений элементов приемника излучения; n — число элементов приемника излучения.

Обычно приемники излучения используются при напряжении питания между выводами элементов и общим выводом, равном значению этого напряжения при измерении параметров. Для приемника излучения в случае $n = 32$, $R_{\Sigma} = 30$ Ом и $r_k = r_0 = 1$ Ом напряжение питания элемента составит 48% от напряжения питания, приложенного между внешним выводом элемента и общим выводом, или 52% напряжения питания элемента при измерении параметров. Соответственно этому токовая чувствительность составит только 52% измеренного значения.

Для получения при эксплуатации параметров, близких к измеренным, необходимо увеличивать напряжение питания, приложенного между внешним выводом элемента и общим выводом приемника излучения, для компенсации падения напряжения на сопротивлении общего вывода. В этом случае будем иметь:

$$U_S = I_{Sk} \cdot R_k \cdot \frac{R_H}{R_k + R_H + r_k + n \cdot r_0},$$

$$U_N = (I_{Nk} \cdot R_k) \cdot \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{r_0 \sqrt{n-1}}{R_H + R_k + r_0} \right)^2}}{r_k + R_k + r_0 + R_H} \cdot R_H.$$

Анализ этих выражений показывает, что и при компенсации падения напряжения на сопротивлении общего вывода будет наблюдаться отличие эксплуатационных сигнальных и шумовых параметров элементов приемника излучения от измеренных, которое возрастает с увеличением числа каналов. Увеличение сопротивления нагрузки ведет к уменьшению отличий. Так, для рассматриваемого приемника излучения ($n = 32$, $R_{\Sigma} = 30$ Ом и $r_k = r_0 = 1$ Ом) в режиме «согласованной нагрузки» ($R_H = R_k$) вольтовая чувствительность на 31% ниже, а напряжение шума — на 9% выше. При $R_H = 1$ кОм ($R_H \gg R_k$) указанные отличия составляют соответственно 4% и 0,2%.

Из анализа эквивалентной схемы вытекает, что реализация измеренных значений параметров многоэлементного приемника излучения при эксплуатации возможна при увеличении напряжения питания, прикладываемого между внешним выводом элемента и общим выводом приемника излучения, на величину падения напряжения на сопротивлении общего вывода. Для этого целесообразно проводить измерение сопротивления общего вывода, которое в настоящее время не нормируется, не контролируется и его значение не приводится в протоколе измерений параметров приемника излучения. Следует также отметить, что препятствием к увеличению напряжения питания может быть предельно допустимое напряжение питания элементов приемника излучения.

1. Измерение параметров приемников оптического излучения / Н.В.Васильченко, В.А.Борисов, Л.С.Кременчугский, Г.Э.Левин; Под ред. Л.Н.Курбатова, Н.В.Васильченко. М.: Радио и связь, 1983. 320 с.
2. Фотоприемники видимого и ИК диапазона / Р.Дж.Киес, П.В.Крузе, Э.Г.Патли и др.; Под ред. Р.Дж.Киеса; Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985. 328 с.