

РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПОЛЕВОГО РАБОЧЕГО ЦИКЛА ПОДГОТОВКИ МИШЕНИ ПИРОВИДИКОННОЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ

П.А. Кондратов, Н.А. Бродский,
В.Ф. Ткаченко

Национальный университет
«Львівська політехніка»
г. Львов, ул. Ст. Бандери, 12
E-mail: ndki@poly.net.lviv.ua

Проведён сравнительный анализ известных и предлагаемых новых вариантов реализации многополевых рабочих циклов пироридиконной тепловизионной камеры. Последние учитывают особенности обработки видеосигнала и режим работы фокусирующей-отклоняющей системы, обеспечивают простоту использования необходимой схемотехники, улучшают чувствительность камеры и пространственную разрешающую способность.

Введение. Рабочий цикл пироридиконной тепловизионной камеры (ПТК) существенным образом отличается от такого обычной передающей телевизионной камеры видимого диапазона. В частности, пироридикон преимущественно работает в режиме модуляции потока инфракрасного излучения, синхронной с частотой полей развертки [1]. При этом потенциальный рельеф (а также видеосигнал), генерированный при закрытом и открытом положениях модулятора, является противоположным за полярностью. Отличием ПТК является также необходимость в дополнительном подготовительном сканировании мишени, во время которого формируется так называемый базовый заряд (пьедестал), что делает возможным считывание биполярного потенциального рельефа. Таким образом, рабочий цикл ПТК заключается в синхронном с модуляцией потока излучения многофазном сканировании мишени, когда для каждой точки циклически осуществляются фазы подготовки и считывания.

Ниже рассматриваются, наиболее известные на сегодня, варианты реализации рабочего цикла ПТК, их недостатки, а также предлагаемые варианты организации циклов формирования сигнала.

Двухполевой рабочий цикл с двухфазовым сканированием мишени – является простейшим и наиболее употребляемым [2]. На период модуляции приходится два поля развертки - по одному для открытого и закрытого положений модулятора. При этом сигнал, генерированный в сопредельных полях, имеет противоположную полярность. Пьедестал создается в режиме быстрых электронов во время обратного хода строчной развертки (СР) (фаза компенсации), а считывание потенциального рельефа (фаза считывания) – в режиме медленных электронов во время прямого хода СР. В фазе считывания потенциал катода составляет 0 В, его изменяют к -70 -- 90 В в фазе компенсации.

Модуляционная передающая функция (МПФ) звена “мишень - модулятор” для двухполевого рабочего цикла описывается зависимостью [3]:

$$M(f) = \frac{1 - \beta}{1 + \beta} \cdot \frac{\tanh((\pi f)^2 D/f_m)}{(\pi f)^2 D/f_m}, \quad (1)$$

где f_m – частота модуляции; f – пространственная частота; D – коэффициент термодиффузии; β – коэффициент коммутационной инерционности.

Данный рабочий цикл полностью совместим с телевизионным стандартом сканирования (625/25) и позволяет применить типичную схемотехнику разверток. Тем не менее, созданный пьедестал имеет значительный уровень шумов и является существенным образом неоднородным из-за флюктуации коэффициента вторичной эмиссии по площади мишени, нелинейности обратного хода СР, растровой структуры пьедестала. Недостатком является также то, что остаточный (после фазы считывания) потенциальный рельеф в фазе компенсации не стирается, что приводит к уменьшению генерированного сигнала.

Улучшение качества подготовки мишени можно достичь путем перехода к трёхфазовому сканированию мишени по схеме “компенсация – выравнивание – считывание” [3, 4]. Во время фазы компенсации вторичноэмиссионным методом создается неравномерный избыточный базовый заряд (пьедестал). Во время фазы выравнивания мишень сканируется в режиме медленных электро-

нов при значительном токе электронного пучка, а на катод пировидикона подается незначительный потенциал. При этом потенциал сканированной поверхности мишени (т.е. уровень пьедестала) нормализуется (выравнивается) приблизительно до потенциала катода, благодаря чему подавляются неоднородности распределения и шумы пьедестала, а также стирается остаточный потенциальный рельеф. Таким образом, трёхфазовое сканирование мишени позволяет увеличить уровень сигнала и снизить уровень шумов пьедестала, который существенным образом улучшает отношение С/Ш. Учитывая отсутствие влияния остаточного потенциального рельефа, можно показать, что при использовании трёхфазового сканирования мишени МПФ звена “мишень - модулятор излучения” описывается такой зависимостью [5]:

$$M(f) = (1 - \beta) \frac{\tanh((\pi f)^2 D / f_m)}{(\pi f)^2 D / f_m}, \quad (2)$$

т.е. обеспечивает больший в $1 + \beta$ раз уровень сигнала в сравнении с обычным двухфазовым методом сканированием мишени, описанным выше (уравнение (1)).

В работах [3, 4] все фазы рабочего цикла предлагается осуществлять в одном поле развертки, реализуя последовательность фаз сканирования “считывание-компенсация-выравнивание” циклически строка за строкой. Для дополнительных сканирований употребится время обратного хода СР и время, вы свобожденное при переходе к формату кадра 1:1 при сохранении предыдущей скорости сканирования – PNS (pedestal noise suppression) метод [3]. PNS метод разрешает улучшиться отношение С/Ш максимально в $\sqrt{2}$ раз для стандартного режима сканирования.

Тем не менее, PNS методу присущи следующие недостатки.

1. Довольно малое время вспомогательных сканирований и трудности практической реализации СР (в [3] для демонстрации метод использованы вдвое низшие от стандартных частоту полей и число строк разложения).

2. Необходимость пространственно-временного согласования всех фаз сканирования из-за отличий растротов в режимах медленных и быстрых электронов [6].

3. Строки считывания пространственно не совпадают со строками выравнивания, что ухудшает эффективность метода и может привести к возникновению муара.

Для устранения недостатков PNS метода нами предлагаются многополевые рабочие циклы, в которых фазы подготовки мишени осуществляются в отдельном поле (полях) развертки. Рассмотрим общие возможности осуществления трёхфазового сканирования в нескольких полях развертки. Поскольку в фазе выравнивания стирается остаточный потенциальный рельеф и начинается накопление нового потенциального рельефа, фазу выравнивания целесообразно начинать одновременно с изменением состояния модулятора. В этом случае накопление потенциального рельефа будет начинаться одновременно с накоплением теплового рельефа, который обеспечит меньшую термодиффузию теплового рельефа, а потом -- лучшее разрешение [7].

Одним из возможных является вариант с четырёхполевым рабочим циклом. Временные диаграммы такого цикла работы пировидикона для одной точки мишени приведено на рис. 1. В первом поле (сразу после открытия модулятора) во время прямого хода СР осуществляется фаза выравнивания пьедестала. Во время обратного хода СР в этом же поле создается пьедестал (фаза компенсации). Во втором поле осуществляется считывание накопленного за время первого поля потенциального рельефа (на рис. 1 обозначенное как ΔU_{S+}). В третьем поле осуществляются подготовительные операции, аналогичные операциям в первом поле. В четвертом поле происходит считывание накопленного за время третьего поля потенциального рельефа, который за полярностью является инверсным к потенциальному рельефу считанного во втором поле (на рис. 1 обозначенное как ΔU_{S-}). Поскольку в данном рабочем цикле потенциальный рельеф накапливается за время первого поля после изменения состояния модулятора,

то снижение частоты модуляции вдвое в сравнении с двухполевым рабочим циклом не приводит к ухудшению разрешающей способности ПТК.

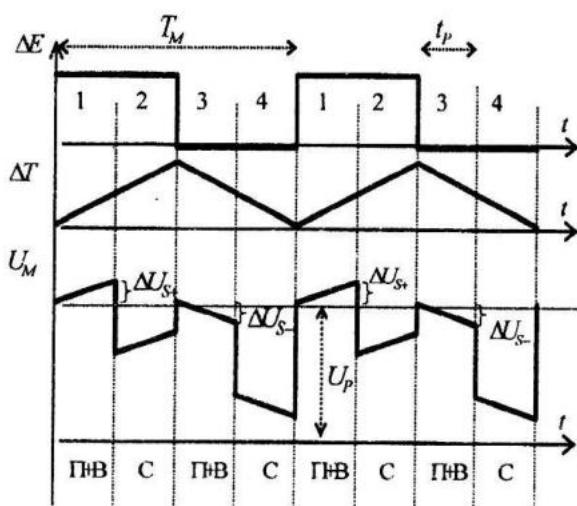


Рис. 1. Временные диаграммы четырёхполевого рабочего цикла пироэлектрического видеокона: ΔE – поток ИК-излучения; ΔT – прирост температуры мишени; U_M – потенциал сканированной поверхности мишени. Буквами “П”, “В”, “С” обозначенные фазы создания пьедестала, выравнивания (нормализации) и считывания соответственно

Поскольку в данном рабочем цикле потенциальный рельеф накапливается за время первого поля после изменения состояния модулятора, то снижение частоты модуляции вдвое по сравнению с двухполевым рабочим циклом не приводит к ухудшению разрешающей способности ПТК. Это подтверждается анализом МПФ звена мишень-модулятор, для которой получено следующее выражение:

$$M(f) = (1 - \beta) \cdot \frac{2f_m}{(\pi \cdot f)^2 D} \cdot \frac{1 - \exp(-D(\pi \cdot f)^2/f_m)}{1 + \exp(-2D(\pi \cdot f)^2/f_m)}. \quad (3)$$

Преимуществами четырёхполевого рабочего цикла является возможность использования существующей схемотехники СР, улучшение качества выравнивания за счет увеличения продолжительности фазы выравнивания и пространственного совмещения строк выравнивания со строками считывания. Недостатки – двукратное снижение чис-

ла активных полей развертки, сравнительно с 2-полевым рабочим циклом.

Применение рабочих циклов формирования сигнала ПТК с осуществлением всех фаз сканирования мишени пироэлектрикона в одном поле развертки приводит к усложнению конструкции ПТК, ухудшению эффективности подавления шумов пьедестала и дальнейшей обработки сигнала.

Заключение. Предложенные много-полевые циклы формирования сигнала для обычных пироэлектрических видеоконов позволяют упростить схемотехнику развертки, уменьшить уровень шумов пьедестала благодаря формированию более однородного нормализованного пьедестала и улучшения эффективности дальнейшей обработки пироизображения разностными методами. Использование предлагаемых многополевых рабочих циклов позволяет также увеличить частоту обновления изображения, упростить конструкцию модулятора потока излучения, улучшить отношение сигнал/шум.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cosa A.J. The pyroelectric vidicon – a review // SMIE. 1987. V. 807. N 1. – P. 25 – 32.
2. Кейзан Б., Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений, Т. 3. – Г.: Мир, 1980. – 311 с.
3. Singer B., et al., Suppression of pedestal noise in a pyroelectric vidicon // IEEE Transactions on Electron Devices, 1980, Vol. ED-27. – P. 193–198.
4. US Patent № 4100574, H04N, 5/33, 1978.
5. Helmick C., Woodworth W. Improved performance from pyroelectric vidicon by image-difference processing // Ferroelectrics, 1976. – P. 390 – 397.
6. Грицьків З., Гой В., Кондратов П. Дослідження растрової неоднорідності п'єдесталу в піровідеоконах // Вісник ДУ "ЛП". № 387, Радіоелектроніка й телекомунікації, Львів, 2000. – С. 370 – 374.
7. Пат. 58292 А Україна, МПК H04N5/33. Тепловізійна камера / П.А. Кондратов (Україна). – №2002119176: Заявл. 18.11.2002. Опубл. 15.07.2003; Бюл. № 7. – 4 с.