

## СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ В ПРИБОРЕ НАБЛЮДЕНИЯ

© 2009 г. **В. А. Войтов\***; **А. В. Голицын\*\***; **Е. В. Дегтярев\*\*\***, канд. техн. наук;  
**П. В. Журавлев\*\***, доктор техн. наук; **Г. Е. Журов\*\***;  
**В. Б. Шлишевский\*\*\*\***, доктор техн. наук

\* Министерство обороны Российской Федерации, Москва

\*\* Филиал Института физики полупроводников СО РАН “КТИПМ”, г. Новосибирск

\*\*\* ФГУП “22 Центральный научно-исследовательский испытательный институт  
Минобороны России”, г. Мытищи Московской обл.

\*\*\*\* Сибирская государственная геодезическая академия, г. Новосибирск

E-mail: svb\_dom@ngs.ru

Рассматривается способ формирования единого изображения в ручном двухканальном приборе наблюдения с малым энергопотреблением, сокращающий вычислительные ресурсы и требования к микродисплею за счет комплексного проектирования систем слияния изображения и оптических систем каналов прибора.

**Ключевые слова:** двухканальный прибор, масштаб изображения, микроболометрическая матрица, микродисплей, тепловизионный сигнал, малое энергопотребление.

Коды OCIS: 040.1880, 100.2980.

Поступила в редакцию 19.03.2009.

Совмещение разноспектральных изображений в многоканальных оптико-электронных системах дает единую, быстро воспринимаемую картину наблюдаемого пространства. Однако создание многоканальных систем наблюдения с совмещенным изображением каналов и цифро-алфавитной информации в едином информационном поле связано с серьезными проблемами, обусловленными взаимными помехами изображений каналов, потерей разрешения при совмещении разнородных дискретных растров, а также технологическими и эксплуатационными неточностями элементов каналов.

В ручном приборе возникают дополнительные трудности – совмещение должно проводиться в реальном времени, не должно быть затратным по вычислительным ресурсам (из-за ограничений по весу и энергопотреблению), а результат должен выводиться на малоформатный дисплей, что исключает возможность непрерывного электронного масштабирования каналов без потери пространственного разрешения.

Способом совмещения разнородных изображений, получаемых из различных источников, посвящена обширная литература, в частности [1–3]. Достаточно хорошо проработаны вопросы

привязки, масштабирования и поворота изображений из различных каналов, однако лишь при неограниченных временных и вычислительных ресурсах.

В настоящей статье предлагается и анализируется способ совмещения изображений [4], на наш взгляд, оптимальный для малогабаритных приборов с ограниченным энергопотреблением.

Прибор [5], в котором был опробован и применен описываемый способ, содержит тепловизионный канал (ТпВК) на базе неохлаждаемой  $384 \times 288$ -матрицы микроболометров UL 03 19 1 (с шагом 35 мкм) фирмы “ULIS” и лазерный локационный канал (ЛЛК) на базе электронно-оптического преобразователя (ЭОП), сопряженного с ПЗС-матрицей формата  $756 \times 582$  элементов (размером  $8,6 \times 8,3$  мкм) посредством проекционной оптической системы. Назначение ТпВК – обнаружение живых объектов и транспортных средств. ЛЛК оснащен лазерной импульсной фарой, синхронизированной с ЭОП, и в активном режиме решает задачу обнаружения оптико-электронных приборов, а в пассивном – дает телевизионное изображение объектов наблюдения в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. По сути, ЛЛК является

модификацией активно-импульсного прибора наблюдения, дополненного возможностями работы в условиях дневной освещенности и автоматическими режимами сканирования пространства по дальности.

Для вывода изображения использован псевдобинокулярный микрорадиодисплей на двух цветных матрицах органических диодов формата  $800 \times 600$  элементов (с шагом  $15 \times 15$  мкм), снабженных окулярами. При этом каждый канал представлен отдельным цветом (красный, зеленый, синий), который может задаваться оператором, что в значительной степени помогает ослабить взаимные помехи каналов. Общая и относительная яркости каналов регулируются. Когда нет необходимости наблюдения двух каналов одновременно, или при поиске малоконтрастных объектов, изображение в каналах может быть представлено и в черно-белой палитре, в которой различимо больше оттенков.

Электронно-оптические увеличения каналов подобраны так, что пиксел ЛЛК соответствует пиксели микрорадиодисплея, а каждый пиксел ТпВК соответствует двум пикселям микрорадиодисплея по вертикали и номинально двум пикселям по горизонтали. В результате локационное/телеизационное изображение занимает центральную часть дисплея из  $756 \times 582$  элементов, а тепловое – центральную часть из  $768 \times 576$  элементов. Оставшиеся 18 строк микрорадиодисплея, не занятые изображениями ТпВК и ЛЛК, используются для вывода цифро-алфавитной информации о режимах работы каналов и заряде аккумулятора.

На рис. 1 показаны принципиальные оптические схемы приемных блоков ТпВК (а) и ЛЛК (б). 1 – микроболометрическая матрица, 2 – ЭОП, 3 – матрица ПЗС.

$$\frac{a_{\text{МБМ}}}{f'_{\text{ТпВК}}} = \frac{a_{\text{ПЗС}} \beta_{\text{ЭОП-ПЗС}}}{f'_{\text{ЛЛК}}}.$$

Здесь  $a_{\text{МБМ}}$  и  $a_{\text{ПЗС}}$  – вертикальный размер пикселов микроболометрической и ПЗС-матриц,  $\beta_{\text{ЭОП-ПЗС}}$  – линейное увеличение проекционной системы ЛЛК, определяемое отношением диа-

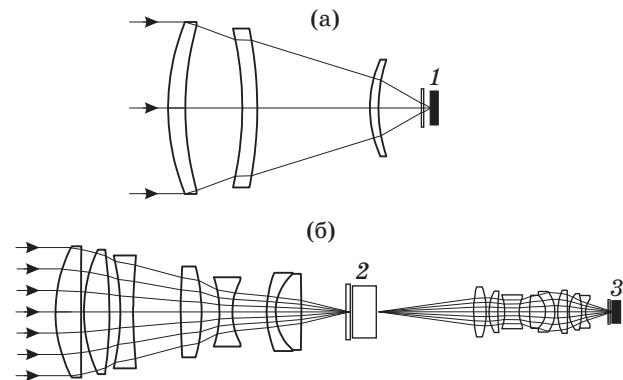


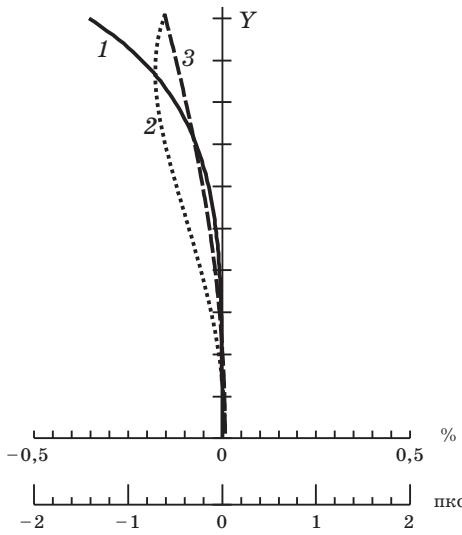
Рис. 1. Оптические схемы приемных блоков ТпВК (а) и ЛЛК (б). 1 – микроболометрическая матрица, 2 – ЭОП, 3 – матрица ПЗС.

гонали ПЗС-матрицы (8 мм) к диаметру экрана ЭОП (18 мм) и (с некоторым запасом на технологические ошибки и юстировку) равное  $-0,446^\times$ .

Поскольку размеры элементов ПЗС-матрицы по вертикали и горизонтали различны ( $8,6 \times 8,3$  мкм), то (при едином с ТпВК масштабе по вертикали и точном наложении двух горизонтальных пикселов ЛЛК на один пикセル ТпВК) по горизонтали набегает весьма заметная ошибка в 12 пикселов в сторону уменьшения масштаба ЛЛК. Это несоответствие устраняется изменением пропорции пикселов по горизонтали с 1:2 на 17:33. Технически такая пропорция получается за счет того, что в масштабе изображения ТпВК каждый столбец с номером, кратным семнадцати, соответствует не двум, как все остальные, а одному столбцу ЛЛК. Дополнительная регулировка электронного увеличения в небольших пределах позволяет компенсировать технологические ошибки изготовления и разницу в температурных зависимостях фокусных расстояний объективов каналов.

В итоге энергопотребление использованного нами процессора на базе программируемой логической интегральной схемы и цифрового сигнального процессора, осуществляющего слияние изображений в едином информационном поле, составило 0,5 Вт (при общем энергопотреблении прибора 6–8 Вт в зависимости от выбранного режима работы).

Сформированный описанным выше образом геометрический масштаб и положение изображения искажают дисторсии, вызывающие различное увеличение каналов по полю зрения; погрешности фокусных расстояний, меняющие пропорции масштабирования, и параллакс между оптическими осями каналов.



**Рис. 2.** Графики дисторсии объектива ЛЛК – 1, проекционной системы ЛЛК – 2, объектива ТпВК – 3.

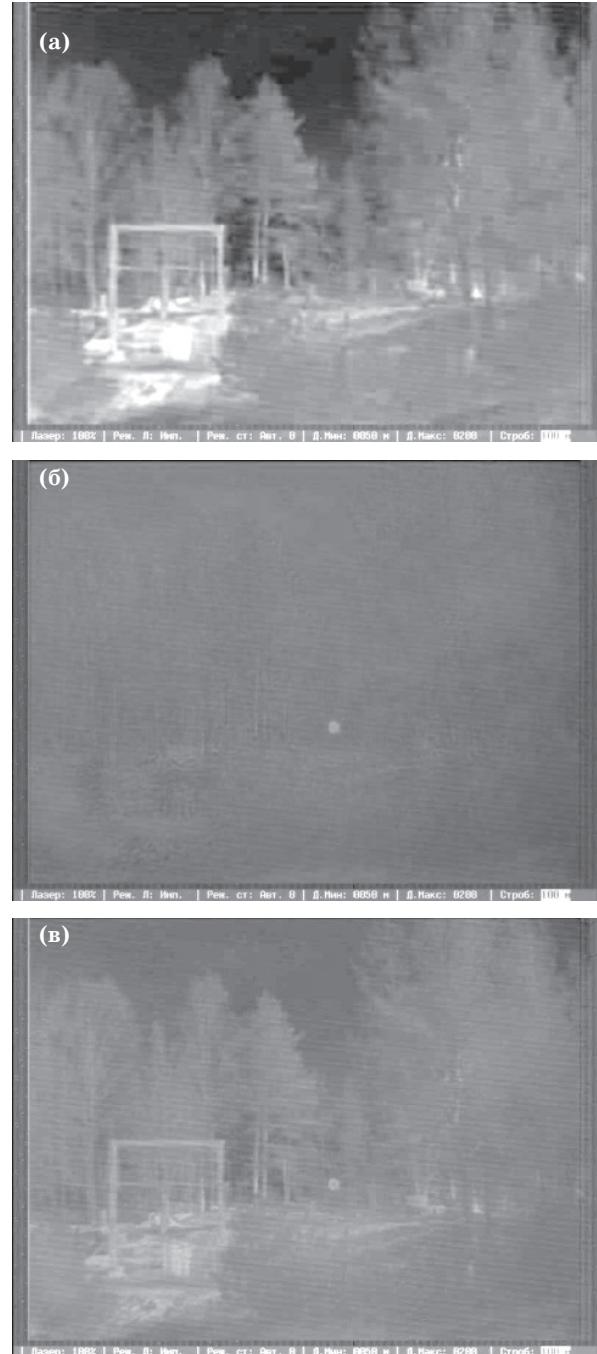
На исправление дисторсии в нашем случае обращалось самое серьезное внимание: для объектива ТпВК и проекционной системы ЛЛК она составила менее 0,2%, а для объектива ЛЛК – менее 0,5% (рис. 2), причем, что весьма важно, для всех объективов дисторсия имеет один знак (отрицательная). Большое значение дисторсии объектива ЛЛК обусловлено жесткими требованиями к исправлению его хроматизма в широком спектральном диапазоне (0,45–0,9 мкм). Тем не менее, максимальное результирующее отклонение не превышает размера элемента ТпВК – 2 пикселя на дисплее.

Вариации фокусных расстояний объективов ТпВК и ЛЛК в результате технологических погрешностей их изготовления исправлялись с помощью проекционной системы, используемой в качестве компенсатора, для чего конструктивно была предусмотрена возможность регулировки ее увеличения в пределах  $\pm 10\%$ , позволяющая выравнить увеличения каналов по вертикали. Остаточная разница по горизонтали компенсировалась электронным увеличением.

Согласование осей каналов в процессе сборки обеспечивалось механическими подвижками фотоприемных матриц с последующей точной электронной подстройкой положения каналов на экране.

Проблема параллакса в многоканальных системах часто решается за счет совмещения центров концентрических входных зрачков [6]. Такое решение, однако, просто “обменивает”

параллакс между каналами на параллакс пучков излучения, проходящих через внешний зрачок, проявляющийся, в конечном счете, в ограничении глубины резко изображаемого пространства канала, работающего через внешний зрачок. Ограниченнная глубина изображаемого простран-



**Рис. 3.** Пример получаемых изображений. а – изображение в ТпВК, б – изображение в ЛЛК (блик от обнаруженного объекта – в центре), в – совмещенное изображение (черно-белый формат иллюстраций не позволяет показать совмещенное изображение с разделением каналов по цветам).

ства затрудняет последующую юстировку канала в большей степени, чем параллакс, поскольку параллакс проявляется только по одной координате и при юстировке по удаленному объекту может быть скорректирован путем расчета. В нашем приборе при расстоянии между зрачками линзовых объективов порядка 100 мм наблюдаемый параллакс на дистанциях от 200 м и более не превышает угловой размер элемента ТпВК, что вполне допустимо. В условиях ограниченной видимости параллакс может корректироваться электронной регулировкой под конкретную дальность, задаваемую в меню настроек.

На рис. 3 приведен характерный пример получаемых изображений. В поле зрения ТпВК достаточно хорошо просматриваются рельеф и детали ландшафта местности, но совершенно не заметен замаскированный оптико-электронный прибор наблюдения. В поле зрения ЛЛК, наоборот, отчетливо виден только яркий блик от этого прибора. Тот же блик, хотя и с несколько меньшим контрастом, присутствует и в совмещенном изображении. Еще раз подчеркнем, что на микродисплее изображения из обоих каналов и служебная информация представлены разными цветами, и лишь черно-белый формат иллюстраций не позволяет показать совмещенное изображение в цветовой палитре.

Полевые испытания опытных образцов приборов, проведенные в разных климатических зонах и при различных погодных условиях, подтвердили надежность и устойчивость совместного отображения различных каналов, представленных тонами разного цвета, без взаимного зашумления, но при некоторой потере числа воспринимаемых градаций яркости по сравнению с черно-белым изображением.

Таким образом, разработан и экспериментально подтвержден способ формирования единого информационного поля многоканального прибора наблюдения с совмещенным изображением, эффективный для использования в приборах ручного и носимого класса приборов с малым энергопотреблением.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hall D.L., Llinas J. *Handbook of multisensor data fusion* // CRC Press LLC 2001. 537 с. ISBN 0-8493-2379-7.
2. Павлов Н.И., Ясинский Г.И. Малогабаритный оптико-электронный сканирующий прибор для аэросъемки в видимом и инфракрасном диапазонах // Оптический журнал. 2003. Т. 70. № 4. С. 11–14.
3. Иванов Е.Л., Смагин М.С. Слияние изображений в многоканальной системе наблюдения местности // Датчики и системы. 2006. № 11. С. 6–12.
4. Войтов В.А., Голицын А.В., Дегтярев Е.В., Журавлев П.В., Журов Г.Е., Шлишевский В.Б. Способ формирования единого информационного поля в приборе наблюдения // Тез. докл. Совещ. “Актуальные проблемы полупроводниковой фотоэлектроники” (“Фотоника-2008”). Новосибирск, 2008. С. 140.
5. Голицын А.В., Журавлев П.В., Журов Г.Е., Корякин А.В., Чихонадских А.П., Шлишевский В.Б., Яшина Т.В. Псевдодобинокулярный многоканальный прибор обнаружения // Тез. докл. Совещ. “Актуальные проблемы полупроводниковой фотоэлектроники” (“Фотоника-2008”). Новосибирск, 2008. С. 141.
6. Журавлев П.В. Разработка оптико-электронных приборов для дистанционного контроля объектов специального назначения и природной среды // Автореф. докт. дисс. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. 32 с.