

УДК 621.283.4/5

## Инфракрасное матричное фотоприемное устройство с оптимальной диафрагмой

А. И. Патрашин

*Предложена оптимальная холодная диафрагма для инфракрасного матричного фотоприемного устройства (ИК МФПУ), не пропускающая паразитное фоновое излучение на матрицу фоточувствительных элементов (МФЧЭ). Показано, что предложенная диафрагма улучшает отношение сигнал/шум и однородность его по площади МФЧЭ. Проведено сравнение фотозлектрических параметров МФПУ с оптимальной диафрагмой и МФПУ с диафрагмами стандартного типа, согласованными с выходным зрачком одного объектива по разным критериям. Показаны преимущества МФПУ с оптимальной диафрагмой. Учтено влияние паразитного фонового излучения и шума мультиплексора на фотозлектрические параметры приемников.*

PACS: 42.79. Ag, 72.20. Jv, 07.57. Kp, 61.80. Va

*Ключевые слова:* ИК МФПУ, облученность, холодная диафрагма, отношение сигнал/шум.

### Введение

Главным узлом всех тепловизионных систем является ИК МФПУ, работающее в режиме накопления. Оно преобразует тепловую картинку, формируемую объективом в плоскости МФЧЭ, в электрический видеосигнал. При этом накапливаемые от фоточувствительных элементов (ФЧЭ) токи включают в себя темновые токи и фототоки, которые состоят из двух компонент. Первая — сигнальная, падающая на МФЧЭ из объектива, вторая — фоновая, состоящая также из двух частей. Одна попадает на МФЧЭ из объектива, а другая (паразитная) — из областей, находящихся вне него.

Параметрами, характеризующими качество МФПУ, являются ограниченная шумом облученность (NEI), ограниченная шумом мощность NEP, удельная обнаружительная способность  $D^*$  или ограниченная шумом разность температур NETD.

Для получения максимально возможных для любого прибора параметров [1], учитывая ограниченную величину накопительных элементов МФПУ, необходимо, чтобы, как минимум, паразитная часть фонового облучения не попадала на матрицу.

В данной работе рассмотрено ИК МФПУ оптимальной диафрагмой, исключающей попадание на МФЧЭ паразитного фонового облучения. Проведено сравнение фотозлектрических параметров такого МФПУ с традиционными приборами.

### Состав ИК МФПУ

В составе любого ИК МФПУ необходимы следующие узлы: МФЧЭ, скоммутированная с мультиплексором, светоизолирующий экран с диафрагмой и, если это необходимо, со светофильтром, система установки и стабилизации рабочей температуры МФЧЭ, интегрированная с вакуумированным корпусом изделия, включающим также и оптическое окно для пропускания ИК-изображения на МФЧЭ. Остальные элементы МФПУ прямого воздействия на его фотозлектрические параметры не оказывают.

МФЧЭ представляет собой матрицу ФЧЭ, каждый из которых имеет темновой ток  $I_d$ , и преобразует излучение, падающее на него, в фототок  $I_\phi$  с квантовой эффективностью  $\eta$  в заданной области спектра  $[\lambda_1; \lambda_2]$ .

Мультиплексор, скоммутированный поэлементно с МФЧЭ, выполняет накопление темновых и фототоков от всех ФЧЭ на своих накопительных емкостях, последовательно-параллельный их опрос, предварительную обработку выходных сигналов и вывод их с определенной тактовой частотой.

Накопление выполняется в течение заданного времени интегрирования  $\tau_0$ .

Максимальная величина его должна быть такой, чтобы предварительно заряженные до заданного напряжения  $V_0$  накопительные емкости  $C_n$  разрядились не полностью [1].

Система установки и стабилизации рабочей температуры МФЧЭ необходима для получения максимально низких темновых токов ФЧЭ, а также для обеспечения пониженной, в сравнении с температурой внешней среды, температуры светоизолирующего экрана, что позволяет установить стабильную и заданную величину фоновой облу-

**Патрашин Александр Иванович**, ведущий научный сотрудник.

ФГУП «НПО "Орион"».

Россия, 111123, Москва, Шоссе Энтузиастов, 46/2.

Тел. (499) 374-48-71. E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2010 г.

ченности. В качестве системы стабилизации рабочей температуры МФЧЭ могут служить микрокриогенная система охлаждения (МКС), дроссельная система охлаждения (ДС), термоэлектрическая система охлаждения (ТЭС) или жидкостная система охлаждения (ЖС) на основе жидкого азота, гелия, кислорода и т. д.

Корпус изделия может быть вакуумирован для снижения теплопритоков к МФЧЭ, обусловленных теплопередачей в газовой среде. Это повышает экономичность приемника, так как снижает мощность, потребляемую системой стабилизации рабочей температуры.

Ограничение фоновой облученности с помощью подстройки спектрального состава и телесного угла, из которого на МФЧЭ попадает фоновое излучение, достигается с помощью холодного светофильтра и диафрагмы в холодном экране с заданной величиной коэффициента пропускания  $K_{пр}$  [2].

Предполагается, что внутренние поверхности корпуса и холодного экрана не отражают излучение из спектрального диапазона  $[\lambda_1; \lambda_2]$ , проходящее сквозь охлаждаемый фильтр, а внешние — максимально отражают, что вполне справедливо для современного уровня технологии изготовления экранов и корпусов.

### Анализ оптических схем МФПУ

Оптическая схема любого МФПУ представляет собой совокупность взаимосогласованных по определенному принципу составных частей, отвечающих за прохождение оптического излучения от объектива к МФЧЭ.

Она включает фоточувствительное поле МФЧЭ, размеры которого равны расстояниям между наружными границами первых и последних ФЧЭ в рядах и столбцах матрицы, диафрагму в холодном экране, охлаждаемый светофильтр, оптическое окно во внешнем корпусе и выходной зрачок объектива. Здесь рассматривается случай, когда расстояние от плоскости ФЧЭ до диафрагмы меньше расстояния до выходного зрачка объектива.

На рис. 1 показана оптическая схема МФПУ типа 1.

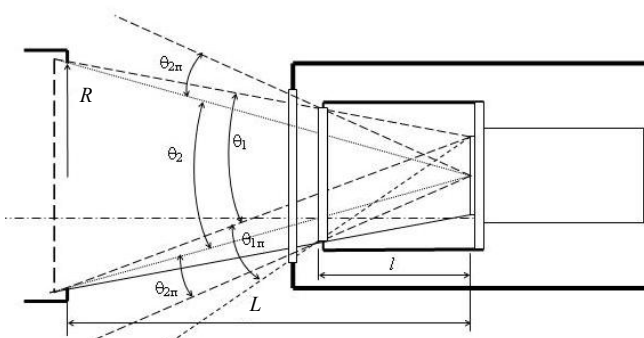


Рис. 1. Оптическая схема МФПУ типа 1

Форма диафрагмы представляет собой внешнюю огибающую семейства окружностей, центры которых расположены на внешней границе прямоугольника, подобного МФЧЭ с коэффициентом подобия  $(1 - l / L)$ , а радиусы окружностей имеют с выходным зрачком объектива коэффициент подобия, равный  $R/l$ . Здесь  $R$  — радиус выходного зрачка объектива,  $L$  — расстояние от плоскости выходного зрачка объектива до МФЧЭ,  $l$  — расстояние от плоскости диафрагмы до МФЧЭ.

В указанной схеме любой ФЧЭ матрицы видит весь выходной зрачок объектива сквозь указанную диафрагму (телесные углы  $\theta_1$  и  $\theta_2$ ). Следовательно, ФЧЭ получают максимально возможный сигнальный поток излучения из объектива.

Помимо сигнального потока на каждый ФЧЭ падает также и фоновый поток, который можно разделить на две части. Первая — исходящая из объектива — это полезный поток (телесные углы  $\theta_1$  и  $\theta_2$ ). Вторая — исходящая из областей, расположенных вне объектива, — паразитный фоновый поток (телесные углы  $\theta_{1п}$  и  $\theta_{2п}$ ).

На рис. 2 показана оптическая схема МФПУ типа 2.

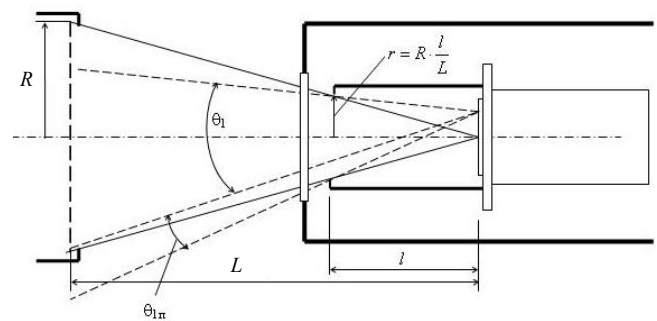


Рис. 2. Оптическая схема МФПУ типа 2

Форма диафрагмы представляет собой окружность радиуса  $R/l$ , являющуюся сечением конуса, вершина которого лежит в центре МФЧЭ, а основание совпадает с выходным зрачком объектива.

В таком МФПУ лишь четыре центральных ФЧЭ принимают весь поток сигнального и фонового излучения, исходящий из объектива. По мере удаления от центра МФЧЭ соответствующие элементы "видят" монотонно уменьшающуюся часть выходного зрачка объектива и монотонно увеличивающуюся часть пространства, расположенного вне объектива, из которого исходит не сигнальное, а паразитное фоновое излучение [3].

Под действием облучения ФЧЭ генерируют фототоки (носители заряда), которые вместе с носителями темного тока поступают в накопительные емкости. Указанные емкости имеют фиксированную ограниченную величину  $C_n$ . Максимальное количество зарядов, которое можно накопить на каждой из них, равно

$$Q_n = \frac{C_n V_0}{q}, \quad (1)$$

где  $q$  — заряд электрона, равный  $1,6 \cdot 10^{-19}$  К;  
 $C_n$  — величина накопительной емкости, Ф;  
 $V_0$  — напряжение зарядки емкости, В.

Таким образом, в емкостях накапливаются четыре вида носителей: носители темнового тока ФЧЭ, носители, генерированные сигнальным облучением из объектива, носители, генерированные фоновым облучением из объектива, носители, генерированные паразитным фоновым облучением, исходящим не из объектива.

В оптической схеме МФПУ типа 1 указанные виды носителей будут присутствовать во всех накопительных емкостях, так как на каждый ФЧЭ помимо полезного фонового облучения попадает паразитное фоновое облучение. Расчет [3] показывает, что полезная фоновая облученность будет постоянной, а паразитная фоновая облученность, попадающая на ФЧЭ, будет максимальной и будет возрастать по мере приближения диафрагмы к МФЧЭ. При этом будет снижаться максимально возможное время накопления из-за фиксированной величины  $C_n$ . Однородность облученности по площади МФЧЭ при этом будет достаточно высокой.

В оптической схеме МФПУ типа 2 полная фоновая облученность в центральной точке МФЧЭ не будет зависеть от расстояния между матрицей и диафрагмой, а будет постоянной и равной полезной фоновой облученности. Полезная фоновая облученность в любой, кроме центральной, точке матрицы снижается с ростом расстояния от точки до центра при одновременном повышении паразитной облученности. При уменьшении расстояния от матрицы до диафрагмы эти зависимости становятся более крутыми. Паразитное облучение генерирует паразитный заряд, который, как и в предыдущем случае, ухудшает основные параметры фотоприемника. Расчет [3] показывает, что количество полезных квантов, падающих на ФЧЭ, почти линейно снижается от центра к краю МФЧЭ одновременно с ростом количества паразитных квантов. В накопительных емкостях практически всех ФЧЭ будут присутствовать заряды, генерированные паразитным облучением. При этом отношение сигнал/шум ФЧЭ, по мере удаления от центра фоточувствительного поля, также будет монотонно ухудшаться за счет уменьшения сигнальной компоненты в фототоках ФЧЭ при сохранении интегральной облученности.

Следует отметить, что расстояние от МФЧЭ до диафрагмы в МФПУ типа 2 должно удовлетворять следующему неравенству:

$$l > l_{\min_2} = L \frac{d}{2D + d}, \quad (2)$$

где  $l$  — расстояние от МФЧЭ до диафрагмы;  
 $D$  — диаметр выходного зрачка объектива;  
 $d$  — диагональ МФЧЭ ( $d = \sqrt{a^2 + b^2}$ );  
 $a, b$  — размеры фоточувствительного поля МФЧЭ;  
 $L$  — расстояние от выходного зрачка объектива до МФЧЭ, так как при  $l = l_{\min_2}$  сигнальное излучение перестает попадать на элементы, расположенные в углах МФЧЭ.

### Построение и анализ предлагаемой оптической схемы МФПУ

В данном разделе рассматривается оптическая схема ИК МФПУ типа 3, не допускающая попадания на матрицу паразитного фонового облучения и тем самым улучшающая его фотоэлектрические параметры с помощью взаимного согласования фоновой облученности, геометрических, спектральных и темновых характеристик сборок МФЧЭ-фокальный процессор и выходных геометрических характеристик используемого объектива [4].

Эта задача была выполнена с помощью холодной диафрагмы, форма которой обеспечивает попадание на МФЧЭ только излучения от объектива, формирующего ИК-изображение на матрице. Для определения ее формы рассмотрим рис. 3, который иллюстрирует принцип ее построения.

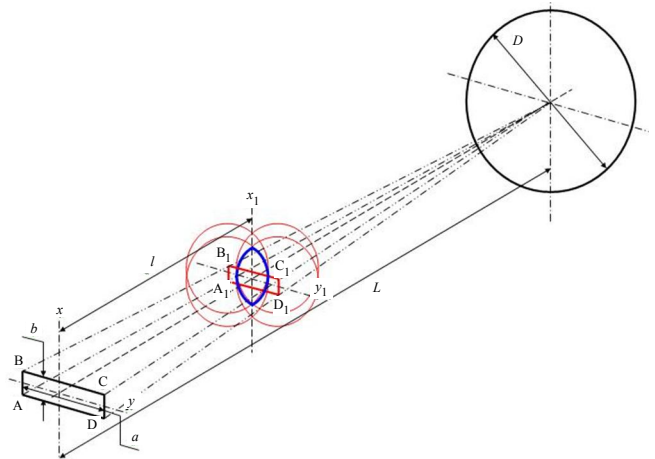


Рис. 3. Оптическая схема предлагаемого МФПУ (тип 3)

Пусть плоскость ФЧЭ (A, B, C, D) расположена в плоскости  $x, y$ , а диафрагма расположена в плоскости  $x_1, y_1$ . Расстояние от  $x, y$  до  $x_1, y_1$  равно  $l$ , а расстояние от плоскости  $x, y$  до выходного зрачка объектива равно  $L$ . Диаметр выходного зрачка объектива  $D = 2R$ .

Проведем прямые линии, соединяющие углы фоточувствительного поля матрицы (A, B, C, D) с центром выходного зрачка объектива. Точки их пересечения с плоскостью диафрагмы (A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>) являются углами проекции фоточувствительного поля (A, B, C, D) в плоскость диафрагмы.

Теперь построим 4 наклонных конуса, имеющих общее основание, совпадающее с выходным зрачком объектива, и вершины, расположенные в углах фоточувствительного поля МФЧЭ (не показаны на рисунке, чтобы не загромождать его). Их сечение плоскостью диафрагмы даст четыре окружности с центрами в точках  $A_1, B_1, C_1$  и  $D_1$  (показаны на рисунке). Контур из четырех участков этих окружностей, показанный на рис. 4 и ограничивающий их общую внутреннюю часть, является той границей, за которую не должна выходить диафрагма в холодном экране (на рисунке эта граница отмечена жирной линией).

Прямое паразитное излучение, проходящее сквозь такую диафрагму, не попадает на МФЧЭ.

Таким образом, диафрагма в холодном экране не должна выходить за пределы контура, изображенного на рис. 4.

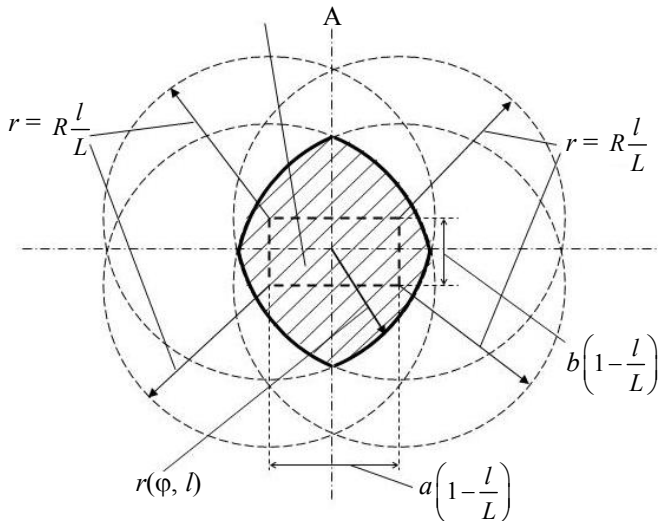


Рис. 4. Форма области, в которой должна располагаться холодная диафрагма, устраняющая попадание паразитного фонового излучения на МФЧЭ

Коэффициент пропускания диафрагмой фоновой облученности  $N(T, \lambda_1, \lambda_2)$ , падающей из телесного угла  $2\pi$  стерадиан на диафрагму, а сквозь нее в точку фоточувствительной площадки МФЧЭ  $M(x, y)$ , определяется выражением, полученным в работе [2]:

$$K_{tr}(x, y, l) = \int_0^{2\pi} \int_0^{r(\varphi, l)} \rho l^2 \times \frac{1}{\pi \left[ l^2 + (\rho \cdot \cos \varphi - x)^2 + (\rho \cdot \sin \varphi - y)^2 \right]^2} \times \rho d\rho d\varphi, \quad (3)$$

где  $r(\varphi, l)$  – контур применяемой диафрагмы.

Поскольку  $K_{tr}(x, y, l)$  является отношением облученности в точке матрицы  $M(x, y)$  при наличии холодного экрана с диафрагмой к облученности в той же точке при отсутствии экрана, то он всегда меньше единицы, а минимальное расстояние от

МФЧЭ до диафрагмы  $l_{\min_3}$  должно удовлетворять следующему неравенству:

$$l > l_{\min_3} = L \frac{d}{D+d}. \quad (4)$$

Величина фоновой облученности фоточувствительной площадки МФЧЭ с координатами  $(x, y)$ , отстоящей от диафрагмы на расстоянии  $l$ , определяется выражением [1, 2]:

$$W_{bgn} = K_{tr}(x, y, l) N(T, \lambda_1, \lambda_2), \quad (5)$$

а  $N(T, \lambda_1, \lambda_2)$  рассчитывается с помощью выражения, известного из закона Планка

$$N(T, \lambda_1, \lambda_2) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{2\pi c}{\lambda^4 \cdot \left[ \exp\left(\frac{ch}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right]} d\lambda, \quad (6)$$

где  $c = 2,998 \cdot 10^8$  м·с<sup>-1</sup> — скорость света;

$k_B = 1,381 \cdot 10^{-23}$  Дж·К<sup>-1</sup> — постоянная Больцмана;

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с — постоянная Планка.

Расчет неоднородности какого-либо параметра  $C(x, y)$  по площади МФЧЭ  $\Delta(x, y)$  выполняется стандартным методом с помощью следующего выражения:

$$\Delta = \frac{C(0, 0) - C\left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2}\right)}{2C(0, 0)}. \quad (7)$$

В работе [3] показано, что все указанные диафрагмы в пределе, когда величина  $l$  равна расстоянию  $L$  от МФЧЭ до выходного зрачка используемого объектива, имеют одинаковый коэффициент пропускания. При приближении диафрагм к МФЧЭ каждая из них изменяет или полную, или полезную, или паразитную фоновую облученность.

Диафрагма 1-го типа монотонно увеличивает полную и паразитную фоновую облученность и сохраняет постоянной полезную фоновую облученность.

Диафрагма 2-го типа сохраняет постоянной полную фоновую облученность только в центре матрицы, но увеличивает паразитную фоновую облученность и снижает полезную фоновую облученность во всех остальных ее точках.

Диафрагма 3-го типа снижает полную фоновую облученность, которая всегда равна полезной, т.е. позволяет ее регулировать, а величина паразитной облученности всегда равна нулю.

### Сравнительные характеристики МФПУ

Эффективность предложенной диафрагмы оценивалась с помощью методов, изложенных в работах [1, 2] и результатов работы [3]. В единой модели рассчитывались сравнительные характеристики МФПУ трех типов на основе антимонида индия.

Ниже приведены общие характеристики трех МФПУ, необходимые для расчета их параметров. Далее рассмотрены выходные параметры трех типов МФПУ на основе InSb формата 1280×720 с объективом, имеющим диаметр выходного зрачка, равный 5 см, и задний отрезок, равный 5 см.

**Характеристики МФПУ**

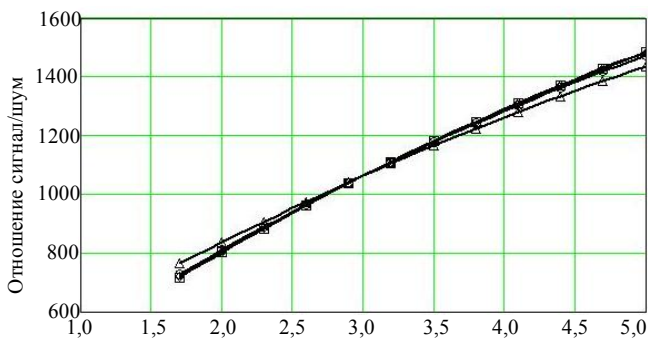
Формат МФЧЭ.....	1280×720
Размеры ФЧЭ, мкм.....	15×15
Площадь ФЧЭ, $A_s$ , мкм <sup>2</sup> .....	225
Размеры фоточувствительного поля МФЧЭ, $a \times b$ , мм.....	19,2×10,8
Расстояние диафрагмы от МФЧЭ, $l$ , мм.....	30
Спектральный диапазон, $\lambda_1$ — $\lambda_2$ , мкм.....	3—5
Средняя квантовая эффективность ФЧЭ, $\eta$ .....	0,6
Темновой ток ФЧЭ, $I_d$ , А.....	$2 \cdot 10^{-12}$
Величина емкости накопления в ячейке, $C_n$ , пФ.....	0,4
Напряжение перезарядки емкостей накопления, $V$ , В.....	5,0
Коэффициент разряда емкостей накопления, $k_{\text{разр}}$ .....	0,7
Шум мультиплексора, $N_m$ , электронов.....	500

Аналитическая зависимость отношения сигнал/шум рассматриваемых МФПУ имеет следующий вид:

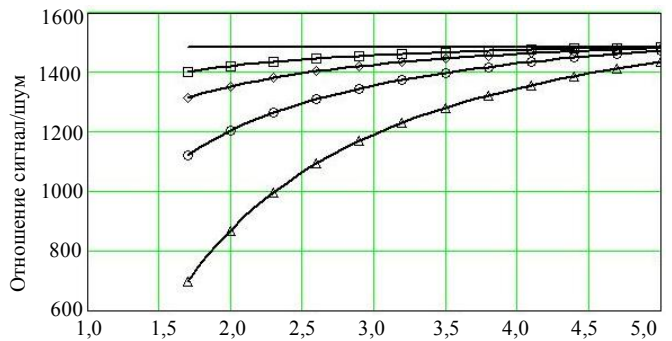
$$\frac{S}{N} = \frac{K_{tr1} N(T, \lambda_1, \lambda_2) A_s \eta \tau_0}{\sqrt{\left(\frac{I_d}{q} + K_{tr1} N(T, \lambda_1, \lambda_2) A_s \eta\right) \tau_0 + N_m^2}} \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что отношение сигнал/шум максимально при равенстве полного и полезного коэффициентов пропускания  $K_{tr}(x, y, l)$  и  $K_{tr1}(x, y, l)$  или при отсутствии паразитных световых потоков.

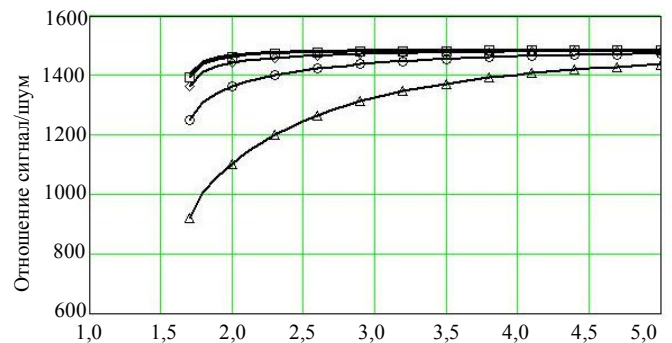
Теперь рассмотрим расчетные зависимости отношения сигнал/шум от расстояния между диафрагмой и матрицей для всех, рассмотренных, типов диафрагм, построенные, соответственно, на рис. 5—7. Указанные зависимости представлены для нескольких точек МФЧЭ, имеющих возрастающее удаление от центра матрицы.



**Рис. 5. Зависимости отношения сигнал/шум от расстояния между диафрагмой типа 1 и МФЧЭ:**  
Расстояние от МФЧЭ до диафрагмы, см:  
—  $M(0;0)$ ;  $\square$   $M(a/16; b/16)$ ;  $\diamond$   $M(a/8; b/8)$ ;  
 $\circ$   $M(a/4; b/4)$ ;  $\triangle$   $M(a/2; b/2)$

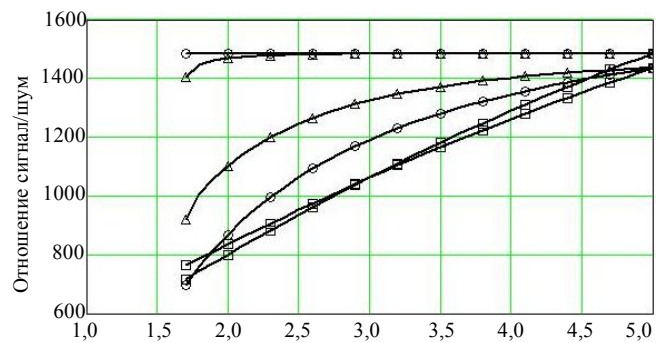


**Рис. 6. Зависимости отношения сигнал/шум от расстояния между диафрагмой типа 2 и МФЧЭ:**  
Расстояние от МФЧЭ до диафрагмы, см:  
—  $M(0;0)$ ;  $\square$   $M(a/16; b/16)$ ;  $\diamond$   $M(a/8; b/8)$ ;  
 $\circ$   $M(a/4; b/4)$ ;  $\triangle$   $M(a/2; b/2)$



**Рис. 7. Зависимости отношения сигнал/шум от расстояния между диафрагмой типа 3 и МФЧЭ:**  
Расстояние от МФЧЭ до диафрагмы, см:  
—  $M(0;0)$ ;  $\square$   $M(a/16; b/16)$ ;  $\diamond$   $M(a/8; b/8)$ ;  
 $\circ$   $M(a/4; b/4)$ ;  $\triangle$   $M(a/2; b/2)$

Диафрагма каждого типа согласована с МФЧЭ и выходным зрачком объектива при любом  $l$ . На рис. 8 эти результаты сведены в единый график для центральных и угловых точек МФЧЭ.



**Рис. 8. Зависимости отношения сигнал/шум для трех типов диафрагм от расстояния до МФЧЭ:**  
Расстояние от МФЧЭ до диафрагмы, см:  
 $\square$  1 —  $M(0;0)$ ;  $\square$  1 —  $M(a/2; b/2)$ ;  $\circ$  2 —  $M(0;0)$ ;  
 $\circ$  2 —  $M(a/2; b/2)$ ;  $\triangle$  3 —  $M(0;0)$ ;  $\triangle$  3 —  $M(a/2; b/2)$

Из графиков зависимостей следует, что наилучшее отношение сигнал/шум для рабочих значений  $l$  имеет МФПУ с предложенной диафрагмой (тип 3). При меньших значениях  $l$  имеет место слишком большая неоднородность облученности МФЧЭ.

Рассчитаны также и фотоэлектрические параметры приборов. При расчете фотоэлектрических параметров учтено влияние паразитной засветки в традиционных фотоприемниках, которое оказалось аналогичным влиянию дополнительного темнового тока ФЧЭ, и шума мультиплексора. Результаты расчета представлены в таблице.

Преимущества заключаются в повышенных фотоэлектрических параметрах в сравнении с классическими приемниками. Эти параметры следующие: отношение сигнал/шум, пороговая облученность, пороговая мощность, удельная обнаружительная способность, пороговая разность температур и ее неоднородность по площади МФЧЭ.

#### Фотоэлектрические параметры МФПУ

Параметр	МФПУ	МФПУ	МФПУ
	1-го типа	2-го типа	3-го типа
Коэффициент пропускания холодной диафрагмы в центре (в углу) МФЧЭ:			
полный, $K_{\text{п}}(x,y,l)$	0,28 (0,24)	0,2 (0,17)	0,12 (0,1)
полезный, $K_{\text{п1}}(x,y,l)$	0,20 (0,18)	0,2 (0,15)	0,12 (0,1)
паразитный, $K_{\text{п2}}(x,y,l)$	0,08 (0,06)	0,0 (0,02)	0,00 (0,0)
Время накопления, мс	0,49	0,686	1,15
Пороговая облученность, фотонов·см <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup> :			
в центре МФЧЭ	$2,48 \cdot 10^{12}$	$1,77 \cdot 10^{12}$	$1,06 \cdot 10^{12}$
в угловой точке МФЧЭ	$2,33 \cdot 10^{12}$	$1,64 \cdot 10^{12}$	$0,97 \cdot 10^{12}$
Пороговая мощность, Вт:			
в центре МФЧЭ	$2,49 \cdot 10^{-13}$	$1,78 \cdot 10^{-13}$	$1,06 \cdot 10^{-13}$
в угловой точке МФЧЭ	$2,34 \cdot 10^{-13}$	$1,65 \cdot 10^{-13}$	$0,97 \cdot 10^{-13}$
Удельная обнаружительная способность, см·Вт <sup>-1</sup> ·с <sup>-1/2</sup> :			
в центре МФЧЭ	$1,92 \cdot 10^{11}$	$2,27 \cdot 10^{11}$	$2,94 \cdot 10^{11}$
в угловой точке МФЧЭ	$2,05 \cdot 10^{11}$	$2,46 \cdot 10^{11}$	$3,22 \cdot 10^{11}$
Токовая чувствительность, А·Вт <sup>-1</sup>	2,15	2,15	2,15
Динамический диапазон, дБ	77	77	77
Пороговая разность температур, мК:			
в центре МФЧЭ	26,2	18,8	18,8
в угловой точке МФЧЭ	26,2	23,4	21,0
Неоднородность пороговой разности температур по площади МФЧЭ, %	-0,04	-12,4	-6,0

Из приведенных в таблице данных также следует, что предлагаемое МФПУ типа 3 имеет лучшие фотоэлектрические параметры.

#### Заключение

Предложено МФПУ с новой оптической схемой. Схема включает холодную диафрагму нового типа, полностью согласованную с заданной МФЧЭ и выходным зрачком объектива, предотвращающую попадание паразитного фонового облучения на матрицу. Рассмотренная схема обладает преимуществами по сравнению с оптическими схемами классических МФПУ.

Благодарю всех моих коллег за интерес,  
проявленный к данной работе.

#### Литература

1. Патрашин А. И. // Прикладная физика. 2010. № 2. С. 103.
2. Патрашин А. И. // Там же. № 3. С. 123.
3. Патрашин А. И. // Там же. 2011. № 3. С. 102.
4. Патрашин А. И. Многоэлементный фотоприемник, Пат. 2390076 РФ, приоритет от 20.08.2008 г.

## IR array photodetector with the cold stop

A. I. Patrashin

Orion R&P Association, 46/2 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia

E-mail: orion@orion-ir.ru

*The IR array photodetector with the new cold stop is offered. This diaphragm allows to establish a set of irradiation to improve its alignment on array's area and to provide the best signal/noise ratio*

---

*for the IR array photodetector. The comparison of photo-electric array's parameters with the cold stop and with the cold shields of standard type is executed. The influence of the parasitic background radiation and IC's noise on photo-electric parameters is considered. The advantages of the IR array photodetector with the new cold stop are shown.*

PACS: 85.60.Gz, 44.40 +a, 07.57.Kp, 42.88. +h

*Keywords:* IR array, irradiation, cold stop, cold shield, photoelectric parameters.

Bibliography — 4 references.

*Received December 22, 2010*