

КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВЛИЯНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ПРИБОРА

© 2009 Е.О. Ульянова, К.П. Шатунов

Новосибирский филиал Института физики полупроводников СО РАН
им. А.В. Ржанова
Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники

Поступила в редакцию 16.11.2009

Оптико-электронные системы (ОЭС) используются в условиях широкого диапазона температур окружающей среды. Вследствие этого, компенсация температурных влияний окружающей среды (термоаббераций) в современных ОЭС является одной из основных задач. Проявление термоаббераций обусловлено влиянием температуры окружающей среды на оптические компоненты и элементы конструкции ОЭС. В статье приведены различные способы компенсации термоаббераций. Представлена оптическая система тепловизионного прибора, работающая в широком диапазоне температур окружающей среды (от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$). В статье приводятся основные параметры и характеристики оптической системы, рассмотрен способ компенсации термоаббераций, вызванных влиянием температуры окружающей среды, а также приведены оптическая схема и оценка качества изображения.

Ключевые слова: *оптическая система, температурное влияние, термоабберация*

Оптико-электронные системы (ОЭС) используются в условиях широкого диапазона температур окружающей среды. Вследствие этого, компенсация температурных влияний окружающей среды (термоаббераций) в современных ОЭС является одной из основных задач. Проявление термоаббераций обусловлено влиянием температуры окружающей среды на оптические компоненты и элементы конструкции ОЭС. Компенсация термоаббераций достигается различными способами:

1. выбором комбинации различных типов материалов для изготовления оптических компонентов;
2. использованием специальных материалов оправ оптических компонентов;
3. стабилизацией температуры оптического тракта при выбранном значении;
4. подвижками оптических компонентов.

С целью использования в широком диапазоне температур окружающей среды (от минус 50°C до $+50^{\circ}\text{C}$) в Филиале ИФП СО РАН «КТИПМ» была разработана и изготовлена оптическая система объектива тепловизионного прибора с фокусным расстоянием 250 мм для спектрального диапазона $7,7\div 10,3$ мкм, формирующая изображение в плоскости матричного фотоприемного устройства (ФПУ) с форматом кадра 320×256

элементов и шагом между чувствительными элементами 30 мкм (рис. 1).

Автоматизированная компенсация расфокусировки в условиях эксплуатации в диапазоне температур окружающей среды от минус 50°C до плюс 50°C обеспечена введением подвижек оптических компонентов. Для оптимизации фоновой нагрузки на матричное ФПУ в конструкции криостата предусмотрена охлаждаемая диафрагма. При данной конструкции оптимальной оптической системой для ФПУ будет система, состоящая из входного объектива и проекционной системы, у которой выходным зрачком является охлаждаемая диафрагма криостата, а входной зрачок расположен вблизи фронтальной поверхности 1-ой линзы объектива. При этом на матричное ФПУ не будут попадать фоновые потоки от элементов конструкции оптической системы. Для реализации данного принципа построения необходимо проведение совместного абберационного расчета входного объектива и проекционной системы в целях взаимной коррекции остаточных aberrаций входного объектива и проекционной системы.

Оптический тракт строится по следующему принципу: входной объектив оптической системы (поз.1, 2) формирует промежуточное изображение, а проекционная система (поз.3, 4, 5, 6) проецирует данное изображение в плоскость фоточувствительных элементов матричного ФПУ, и, кроме того, компенсирует остаточные aberrации входного объектива. При этом выходной зрачок оптической систе-

Ульянова Елена Олеговна, младший научный сотрудник. E-mail: helen@oesd.ru
Шатунов Константин Павлович, заведующий сектором тепловидения отдела тепловидения и телевидения. E-mail: sconst@oesd.ru

мы совпадает с охлаждаемой диафрагмой ФПУ для устранения фонового излучения от элементов конструкции. Изменение фокусного расстояния оптического тракта осуществляется заменой входного объектива, либо введением или изменением компонентов во входном объективе, при этом проекционная система остается неизменной. Оптическая

схема входного объектива включает в себя два одиночных линзовых компонента, выполненных из германия и селенида цинка. Проекционная система состоит из четырех оптических компонентов, выполненных из селенида цинка и германия. Все компоненты оптической системы выполнены со сферическими поверхностями.

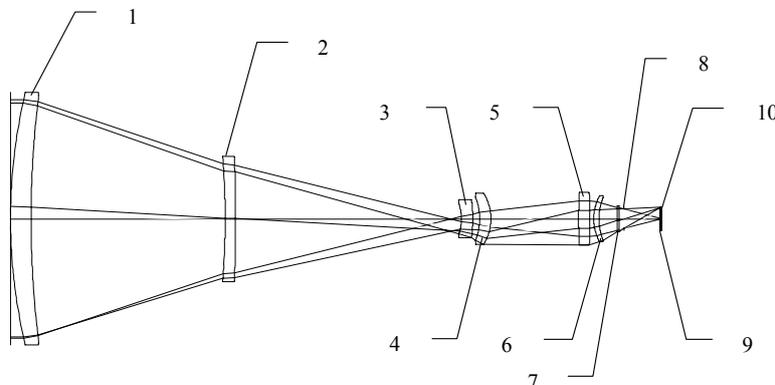


Рис. 1. Оптическая система объектива для матричного ФПУ ИК-диапазона спектра

1-2 – входной объектив; 3-6 – проекционная система; 7 – входное окно криостата; 8 – охлаждаемая диафрагма; 9 – охлаждаемый фильтр; 10 – плоскость фоточувствительных элементов матричного ФПУ

Для коррекции температурного влияния окружающей среды рассчитаны подвижки одиночного линзового компонента поз. 2 и блока, включающего в себя линзы поз. 3 и 4. Расчет подвижек выполнен через 5 градусов в диапазоне температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Диапазон величин подвижек линзового компонента поз.2 составляет от 2,28 мм до $-1,3$ мм, а блока с линзами поз.3 и 4 – от $-2,64$ до 0,8 мм. Перемещение линзового компонента поз. 2 вдоль оптической оси осуществляется в соответствии с графиком, представленным на рис. 2, а перемещение блока линз поз. 3-4 – в соответствии с графиком, представленным на рис. 3. Необходимое перемещение указанных оптических компонентов с заданной точностью обеспечивается электромеханическими приводами.

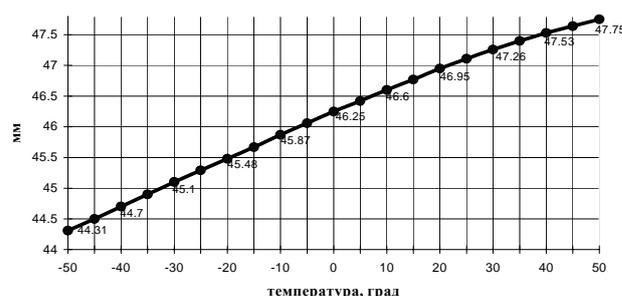


Рис. 3. График зависимости величины перемещения блока линз поз. 3-4 вдоль оптической оси от температуры окружающей среды

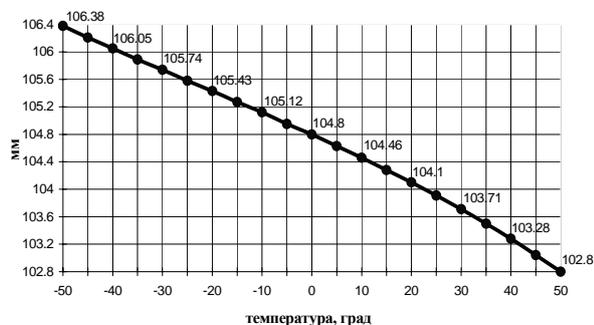


Рис. 2. График зависимости величины перемещения линзового компонента поз. 2 вдоль оптической оси от температуры окружающей среды

Диапазон величины изменения фокусного расстояния при изменении температуры окружающей среды находится в пределах от $-2,26$ мм до 0,65 мм. Величина относительной погрешности фокусного расстояния составляет от $-0,9\%$ до $0,3\%$ для диапазона температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$ от номинального значения, рассчитанного при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Диапазон величины изменения фокусного расстояния представлен в табл. 1, график зависимости величины относительной погрешности фокусного расстояния от изменения температуры окружающей среды (рис. 4). Все полученные зависимости (рис. 2, 3 и 4) близки к линейным.

Табл. 1. Диапазон величины изменения фокусного расстояния при изменении температуры окружающей среды

$t, ^\circ\text{C}$	-50	-40	-30	-20	-10	0
$\Delta f, \text{мм}$	-2,26	-2,03	-1,71	-1,36	-0,97	-0,59
$t, ^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50
$\Delta f, \text{мм}$	-0,59	-0,28	0	0,3	0,46	0,65

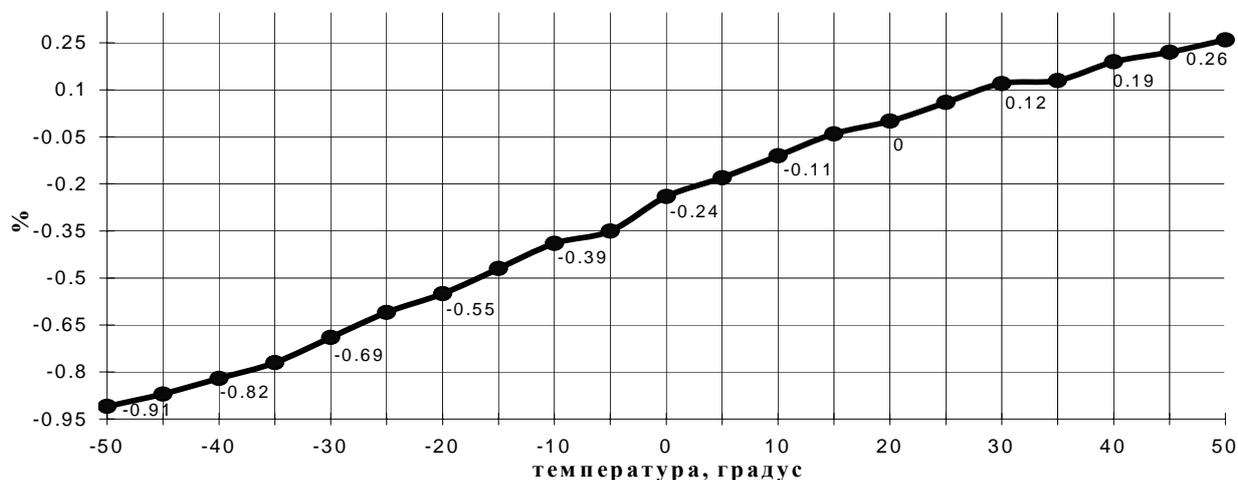


Рис. 4. График зависимости величины относительной погрешности фокусного расстояния от температуры окружающей среды

Табл. 2. Частотно-контрастная характеристика

$2\omega'$	Контраст при разрешении N л/мм				
	10	15	20	25	30
0	0,70	0,54	0,42	0,34	0,29
2,2	0,71	0,55	0,44	0,36	0,29
2,77	0,69	0,53	0,41	0,32	0,24
Идеальная ЧКХ					
0	0,78	0,67	0,56	0,46	0,36

Оптическая система обеспечивает хорошее качество изображения в диапазоне температур окружающей среды от -50°C до $+50^\circ\text{C}$ в спектральном диапазоне $7,7\div 10,3$ мкм, имеет относительное отверстие 1:1.92, поле зрения $2,77^\circ$ и длину по оси порядка 350 мм. Расчетная масса всех оптических компонентов составляет около 900 г. Оценка качества изображения разработанного оптического тракта при температуре окружающей среды $+20^\circ\text{C}$ приведена в табл. 2, частотно-контрастная характеристика показана на рис. 5, размеры пятен рассеяния точки представлены на рис. 6.

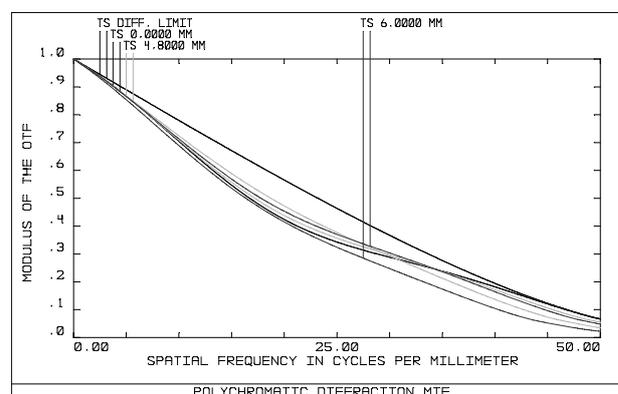


Рис. 5. Частотно-контрастная Характеристика

Выводы: приведенные данные показывают хорошее качество разработанной оптической системы. Геометрический радиус пятна рассеяния точки не превышает 19.0 мкм в центре поля зрения и 23 мкм на краю поля зрения. В целом оптическая система обладает разрешающей способностью, позволяющей использовать ее в ОЭС сопряжения и дальнометрирования.

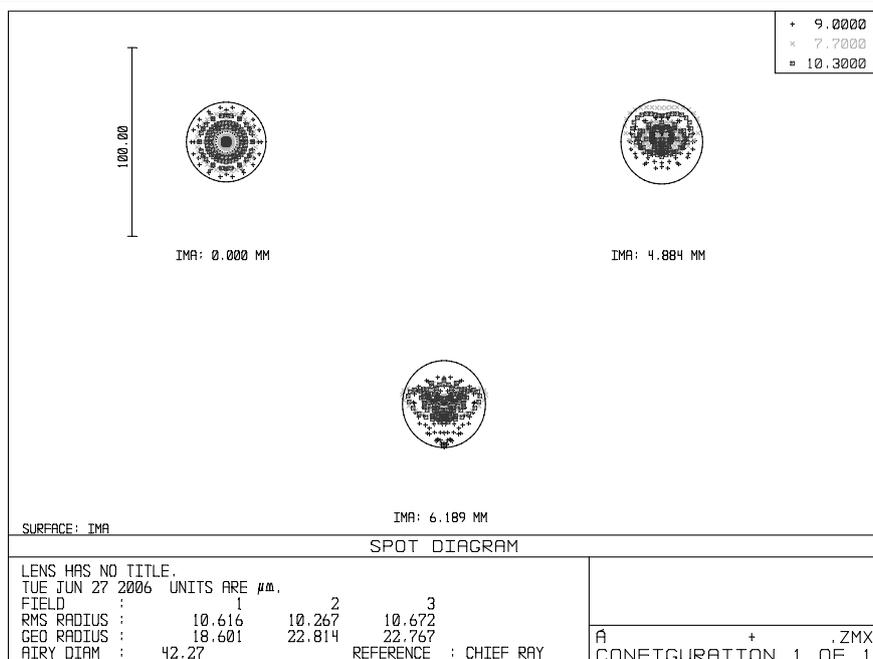


Рис. 6. Точечная диаграмма

COMPENSATION OF THE TEMPERATURE ENVIRONMENTAL INFLUENCE IN AN OPTICAL SYSTEM OF THERMAL IMAGING DEVICE

© 2009 E.O. Ulyanova, C.P. Shatunov

Novosibirsk Branch of the Institute of Semiconductor Physics, SB RAS,
“Technological Design Institute of Applied Microelectronics”

Optical-electronic systems (OES) are used under conditions of wide range of environment temperatures. Consequently, compensation of the temperature influence of environment (thermal aberrations) in modern OES is one of the main tasks. Appearance of the thermal aberrations is caused by the temperature influence of environment on optical components and elements of construction of OES. Different methods of compensation of the thermal aberrations are considered in this paper. Optical system of a thermal imaging device is presented in the paper. The optical system developed at the Novosibirsk Branch of ISP SB RAS “TDIAM” operates in a wide range of environment temperatures (from -50°C up to $+50^{\circ}\text{C}$). The optical system of the thermal imaging device, its main parameters and technical characteristics are given in the paper as well as evaluation of its image quality. The method of compensation of the thermal aberrations caused by the temperature influence of environment is considered in the article.

Key words: *optical system, temperature influence, thermoaberration*