

УДК 681.7.067.2 + 681.78

Инфракрасные объективы тепловизионных приборов и лазерные средства измерений их параметров

В. П. Иванов, А. Г. Бугаенко, А. В. Лукин, А. Н. Мельников, А. Е. Морозов
ФГУП «Научно-производственное объединение "Государственный институт прикладной оптики"»,
г. Казань, Россия

Рассмотрены назначение, условия работы и технические характеристики унифицированного ряда разработанных в Федеральном государственном унитарном предприятии «Научно-производственное объединение "Государственный институт прикладной оптики"» (ФГУП «НПО "ТИПО"») светосильных инфракрасных объективов высокого оптического качества с улучшенными массогабаритными характеристиками. Объективы построены с использованием асферических и киноформных оптических элементов. Приведены сведения о созданных в ФГУП «НПО "ТИПО"» лазерных средствах измерений параметров инфракрасных объективов. Дан пример температурно-частотных характеристик некоторых рассматриваемых объективов в составе тепловизионных приборов.

Цель настоящей статьи — рассмотрение состояния разработок и перспектив серийного выпуска разработанных в ФГУП «НПО "ТИПО"» светосильных инфракрасных (ИК) объективов высокого оптического качества с улучшенными массогабаритными характеристиками, построенных на основе использования асферических и киноформных оптических элементов.

В основу современного проектирования и производства тепловизионных приборов (ТВП) новых поколений положен модульный принцип. Основными модулями являются: ИК-объектив, фотоприемное устройство, модуль электронной обработки сигнала и модуль индикации изображения.

ФГУП «НПО "ТИПО"» уделило большое внимание разработке ряда модулей ИК-объективов и их изготовлению.

Исходными данными для определения основных характеристик ИК-объективов (поле зрения, светосила) послужили задачи по применению ТВП в танковых системах управления огнем, прицелах противотанковых ракетных комплексов, средствах противовоздушной обороны, артиллерии, стрелковом оружии — снайперских винтовках, пулеметах, гранатометах, обзорно-прицельных системах вертолетов и самолетов, в системах наблюдения при вождении воздушных, наземных и морских средств передвижения.

Изучение существующей номенклатуры ТВП показало, что определенному целевому назначению ТВП соответствуют определенные поля зрения:

для прицелов систем вооружения — от 0,7 до 4°;
для обзорно-прицельных систем — от 3 до 12° с возможностью переключения;
для обзорных систем — от 10 до 20°;
для систем, обеспечивающих вождение средств военной техники, — от 20 до 40°.

Разработка ИК-объективов проводилась из предположения, что они будут использоваться с матричными приемниками излучения форматом 320×240 и шагом расположения элементов 0,05 мм. Таким образом, линейное поле зрения всех объективов должно составлять 16×12 мм.

Исходя из этого условия и требуемого углового поля зрения определялось фокусное расстояние объектива. Для короткофокусных объективов возможна высокая светосила $F/1$, в то время как для длиннофокусных объективов нельзя изготовлять большие диаметры из-за невозможности размещения таких объективов на носителях.

Исходя из необходимости максимального пропускания излучения ИК-объективами проводилась работа по минимизации количества оптических элементов в объективах за счет применения асферических поверхностей.

В каждом из представленных объективов присутствуют асферические линзы. Большинство объективов построено с применением двух линз. Исключение составляют объективы с фокусным расстоянием 22 мм, которые содержат четыре линзы, обеспечивающие при достаточно широком поле зрения 40×30° приемлемую дисторсию (не более 9 %), в отличие от двухлинзовых, где дисторсия составляет 14 %, а также объективы с переключением поля зрения (фокусного расстояния), содержащие пять линз.

В табл. 1 и 2 представлены основные характеристики ИК-объективов, разработанных и изготовленных в ФГУП «НПО "ТИПО"», а на рис. 1 показан их внешний вид.

Таблица 1

Технические характеристики

№ п/п	Наименование	Диапазон значений
1	Рабочий спектральный диапазон, мкм	8–13
2	Линейное поле зрения, мм	16×12

Окончание табл. 1

№ п/п	Наименование	Диапазон значений
3	Диаметр наименьшего кружка рассеяния на длине волны 10,6 мкм, мкм	30–60
4	Коэффициент пропускания на длине волны 10,6 мкм, %, не менее	80
5	Задний фокальный отрезок на длине волны 10,6 мкм, мм	18–114

Таблица 2

Характеристики ИК-объективов при работе с микролометрической матрицей 320×240

№ объектива	Фокусное расстояние, мм	Относительное отверстие	Угол поля зрения, град	Масса, кг
1	22	1:1	40×30	1,16
2	25	1:1	35×26	0,1
3	50	1:1	17×13	0,54
4	75	1:1	12×9	0,3
5	100	1:1	8,5×6,4	1,08
6	150	1:1,3	5,9×4,3	1,4
7	200	1:1,7	4,3×3,0	1,9
8	300	1:2,2	3×2	2,2
9	312/104	1:2	3×2/8,5×6,4	3,85
10	204/68	1:2	4,3×3,0/12,5×9,7	1,9

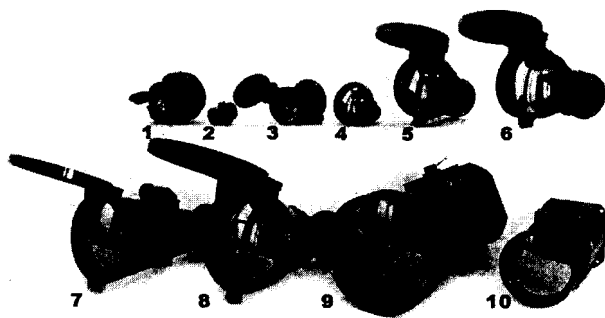


Рис. 1. Внешний вид разработанных ИК-объективов

Важнейшим звеном в технологической цепочке производства ИК-объективов являются операции измерения и паспортизации их основных технических характеристик.

Проведены теоретические исследования и выявлены характеристики, подлежащие измерению (контролю) в процессе производства и сертификации готовой продукции, основные и достаточные для оценки качества ИК-объектива.

В ФГУП «НПО «ГИПО» разработаны лазерные средства измерений и методики выполнения измерений, с помощью которых проводятся измерения диаметров наименьших кружков рассеяния (НКР) рассматриваемых ИК-объективов, их коэффициентов пропускания, а также рабочих и задних фокальных отрезков (см. табл. 1, пп. 3–5).

Лазерные средства измерений параметров ИК-объективов входят в состав лазерно-голографического измерительного комплекса [1], включающего три составные части:

- семь интерферометрических установок для технологического и аттестационного контроля линз, зеркал и объективов; каждая установка содержит набор унифицированных юстировочных узлов, лазерные источники излучения, телевизионную камеру с подключением к персональному компьютеру, пакет прикладных программ для расшифровки интерференционных картин и расчета функции рассеяния точки, функции концентрации энергии в кружке рассеяния, модуля оптической передаточной функции и др. Диапазон световых диаметров измеряемых ИК-элементов и объективов от 20 до 200 мм; погрешность определения среднеквадратического отклонения волновой поверхности не более 0,1 интерференционной полосы на длине волны измерения 0,628 мкм;

- установку для измерений диаметра НКР, фокальных и рабочих отрезков линз, зеркал и объективов; эта измерительная установка содержит зеркальный коллиматор, юстировочные столики, датчик линейных перемещений, узел измерительной щели, измеритель мощности оптического излучения типа ИМО-4С, пировидиконную ИК-камеру с монитором, люминесцентный ИК-визуализатор, персональный компьютер, лазерные и тепловые источники излучения. Диапазон измерений диаметра НКР от 10 до 200 мкм при абсолютной погрешности измерений не более 3 мкм; диапазон измерений фокальных и рабочих отрезков от 5 до 300 мм при абсолютной погрешности измерений не более 0,06 мм;

- установку для измерения коэффициентов пропускания оптических элементов и объективов; измерительная установка содержит зеркальный коллиматор, измеритель мощности оптического излучения типа ИМО-4С, люминесцентный ИК-визуализатор, лазерные и тепловые источники излучения. Диапазон измерений коэффициента пропускания от 0,1 до 1,0 при относительной погрешности измерений не более 5 %.

Лазерно-голографический измерительный комплекс оснащен лазерными (газоразрядные, полупроводниковые и твердотельные) и тепловыми источниками излучения, позволяющими выполнять комплекс оптико-физических и опто-технических измерений параметров оптических элементов и центрированных систем в диапазоне длин волн от 400 нм до 12 мкм.

В состав лазерно-голографического измерительного комплекса входит также комплекс методов и средств расчета, изготовления и аттестации синтезированных голограммных оптических элементов (СГОЭ) [2], которые выполняют роль либо образцового оптического элемента, либо оптического компенсатора в интерферометрических установках, используемых при технологическом и аттестационном контроле оптических элементов, в том числе с асферическими рабочими поверхностями. Кроме того, эта же технология используется для изготовления много-

уровневых СГОЭ (киноформов), которые обеспечивают эффективную коррекцию хроматических aberrаций в среднем и дальнем ИК-диапазонах спектра [2].

Качество изготовленных ИК-объективов оценено в составе ТВП на основе неохлаждаемой микроболометрической матрицы. Температурно-частотные характеристики некоторых объективов в составе ТВП представлены на рис. 2.

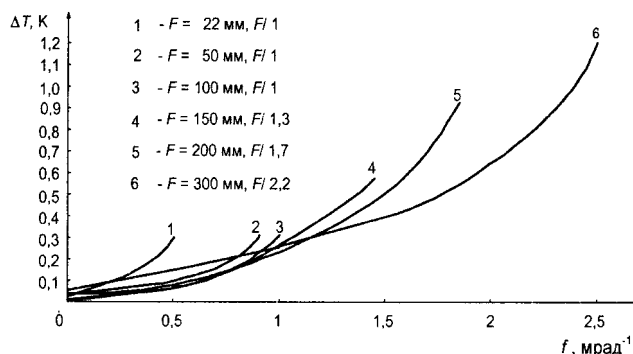


Рис. 2. Температурно-частотные характеристики ТВП: ΔT — радиационная разность температур между мирой и фоном; f — угловая пространственная частота миры; F — фокусное расстояние; $F/1 \dots F/2,2$ — фокальные числа исследуемых ИК-объективов

В заключение надо отметить следующее:

- ФГУП «НПО "ГИПО"» обладает уникальными технологиями изготовления и контроля качества оптических элементов асферической и киноформной оптики, а также методами и аппаратурой для технологического и аттестационного контроля процессов сборки и юстировки центрированных оптических систем, в том числе светосильных ИК-объективов;
- на этой основе разработаны, изготовлены и аттестованы опытные образцы десяти типов ИК-объективов различного назначения;
- завершается подготовка производства для серийного выпуска таких объективов.

Л и т е р а т у р а

1. Иванов В. П., Лукин А. В., Мельников А. Н. Лазерно-голографический измерительный комплекс ФГУП «НПО "ГИПО"» // Прикладная физика. 2002. № 6. С. 99–105.
2. Агачев А. Р., Ларионов Н. П., Лукин А. В., Миронова Т. А., Нюшкин А. А., Протасевич Д. В., Рафиков Р. А. Синтезированная голограммная оптика // Оптический журнал. 2002. Т. 69. № 12. С. 23–32.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

Infrared objectives of thermal vision devices and laser means of measuring their parameters

V. P. Ivanov, A. G. Bugayenko, A. V. Lukin, A. N. Melnikov, A. E. Morozov
State Institute of Applied Optics, Kazan, Russia

The report deals with the purpose, operational conditions and technical characteristics of unified series of fast infrared objectives designed at FGUP "NPO GIPO"; the objectives exhibit high optical quality and improved properties in mass and overall dimension characteristics. The objectives are constructed using aspherical and kinoform optical elements. Information is given concerning laser means designed at FGUP "NPO GIPO" for measurement of infrared objective parameters. As an example, temperature-frequency response are presented for some of the considered objectives mounted in thermal vision devices.

УДК 681.3:681.55:681.513.3

Многоканальная система цифровой обработки для тепловизионных систем наблюдения

А. А. Зорин, И. И. Разумова, В. А. Тарков
ФГУП "Сибирский научно-исследовательский институт оптических систем",
г. Новосибирск, Россия

Рассмотрены принципы построения многоканальной системы обработки информации в реальном времени, решающей задачу автоматического сопровождения объектов. Реализованы алгоритмы обработки изображений, использованные для построе-