

УДК 681.7.015.2

Т.Н. Хацевич

СГГА, Новосибирск

ОПТИКА ДЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Представлены результаты разработки оптических систем и характеристики объективов и афокальных систем для тепловизионных приборов, построенных на основе охлаждаемых и неохлаждаемых многоэлементных приемников инфракрасного излучения.

T.N. Khatsevich

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

LENSES FOR THERMAL DEVICES

The results of optical schemes and the characteristics of lenses for thermal imaging devices, which are based on cooled and uncooled multielement detectors of infrared radiation, are shown in the article.

Интенсивное развитие и совершенствование приемников инфракрасного излучения обусловило новые требования к оптическим системам тепловизионных приборов и систем, реализация которых в комплексе с современными приемниками инфракрасного излучения и электронной системой обработки является необходимым условием повышения дальностей обнаружения и распознавания объектов при ограниченном конструктивном объеме тепловизионного прибора [1, 2, 3].

В докладе приводятся результаты разработки оптических систем для тепловизионных приборов, выполненные за последние годы при участии автора.

В таблице под номерами 1–5 приведена краткая информация о разработанных телескопических системах с переменным увеличением с различными перепадами увеличений: 2, 3, 4, 6, 10 крат, в том числе панкратических. Системы предназначены для использования в тепловизионных сканирующих приборах с линейчатыми приемниками излучения.

Базовые объективы с вынесенными зрачками (для тепловизоров с охлаждаемыми линейчатыми приемниками излучения) приведены под номерами 6–8. Объективы размещаются непосредственно перед охлаждаемым линейчатым приемником излучения, при этом выходной зрачок объектива совмещается с охлаждаемой диафрагмой приемника, а во входном зрачке объектива размещается сканер, и, при наличии телескопической системы, выходной зрачок последней.

Объективы для тепловизоров с охлаждаемыми матричными приемниками приведены под номерами 9 и 10. Чем ближе охлаждаемая диафрагма размещается к плоскости чувствительной поверхности приемника, тем более несимметричной относительно апертурной диафрагмы становится оптическая система объектива, что создает дополнительные сложности при корригировании полевых аберраций и аберраций наклонных пучков.

Объектив с переменным фокусным расстоянием для тепловизоров с охлаждаемыми матричными приемниками приведен под номером 11.

Объективы, в том числе с переменным фокусным расстоянием и панкратические, для использования совместно с болометрическими матричными приемниками излучения приведены под номерами 12 - 16 [4].

Объектив под номером 17 рассчитан для тепловизоров с двухдиапазонными приемниками инфракрасного излучения, он обеспечивает дифракционное качество изображения в каждом из рабочих диапазонов в пределах спектрального диапазона от 3 до 12 мкм в фиксированной плоскости изображения.

Таблица. Оптические системы для тепловизионных приборов

Название	Описание, характеристики, комментарий
1	2
Телескопические системы с переменным увеличением	
1. Инфракрасный телескоп с двумя увеличениями для ИК-области спектра. (Патент RU 2348955, 2009 г.)	Количество линз - 6. Две внутренние линзы перемещаются в противоположных направлениях. Перепад увеличений 2, 3, 4, 5 крат. Диаметр выходного зрачка 10 мм.
2. Телескоп с двумя увеличениями и вынесенным выходным зрачком для дальней ИК-области спектра. (Патент RU 2400785, 2010 г.)	Для смены увеличения используется одна подвижная линза. Перепад увеличений 3 раза. Уменьшен эффект «нарцисса» по сравнению с предыдущей схемой. Спектральный диапазон 8 - 12 мкм
3. Инфракрасный телескоп для дальней ИК области спектра с вынесенным выходным зрачком и двумя увеличениями. (Патент RU 2400786, 2010 г.)	Количество линз - 5. Уменьшен эффект «нарцисса» по сравнению со схемой 1.
4. Четырехкомпонентный телескоп с двумя увеличениями для дальней ИК-области спектра. (Патент RU 2397518, 2010 г.)	Достигнуто минимальное число линз в афокальной системе со сферическими поверхностями, имеются решения с двумя и одной подвижной линзами.
5. Телескоп с панкратической сменой увеличения для дальней ИК-области спектра. (Патент RU 2342686, 2009 г.)	Обеспечивается перепад увеличений 10 крат.
Базовые объективы с вынесенными зрачками	
6. Светосильный объектив с вынесенными зрачками для ИК области спектра. (Патент RU 2379723, 2010 г.)	Фокусное расстояние 25 мм; относительное отверстие 1 : 1,68; угловое поле 18,7°; удаление входного зрачка равно величине фокусного расстояния объектива.

7. Оптическая система с вынесенными зрачками для инфракрасной области спектра. (Патент RU 2386156, 2010 г.)	Удаление входного зрачка увеличено до двух фокусных расстояний по сравнению с объективом 6.
8. Светосильный объектив с вынесенными зрачками для инфракрасной области спектра. (Патент на полезную модель RU 96987, 2010 г.)	Уменьшены aberrации в зрачках, дисторсия; схема обеспечивает минимальные габаритные размеры при компоновке объектива в приборе.
Объективы для тепловизоров с охлаждаемыми матричными приемниками излучения	
9. Оптическая система с вынесенной апертурной диафрагмой для среднего ИК диапазона спектра. (Решение о выдаче патента от 29.11.2010)	Серия объективов с фокусными расстояниями от 50 до 350 мм, с относительными отверстиями до 1:2, для приемников с размещением охлаждаемой диафрагмы на расстояниях от 20 до 10 мм (от плоскости чувствительной площадки приемника). Число линз - 7; два оптических материала. Спектральный диапазон 3 - 5 мкм.
10. Короткофокусный объектив (на базе объектива 9)	Фокусное расстояние 13 мм; угловое поле 31°; масса 8,5 г.
Объектив с переменным фокусным расстоянием для тепловизоров с охлаждаемыми матричными приемниками	
11. Инфракрасный объектив с двумя полями зрения и вынесенной апертурной диафрагмой. (Патент RU 2400784, 2010 г.)	Фокусное расстояние 210 / 70 мм; Относительное отверстие 1 : 2; Угловое поле 3,3° / 10,5°.
Объективы для использования совместно с болометрическими матричными приемниками излучения	
12. Линзовый объектив с изменяемым фокусным расстоянием для работы в ИК-области спектра (варианты). (Патент RU 2339983, 2008 г.)	Фокусное расстояние 180 / 60 мм; Относительное отверстие 1:1,2; Спектральный диапазон 8 - 12 мкм
13. Линзовый объектив с изменяемым фокусным расстоянием для работы в ИК-области спектра. (Патент RU 2339983, 2008 г.)	Фокусное расстояние 40 / 20 мм; Относительное отверстие 1:1. Спектральный диапазон 8-12 мкм.
14. Инфракрасный объектив с переменным фокусным расстоянием. (Патент RU 2348954, 2009 г.)	Фокусное расстояние 120 / 40 мм; угловое поле 8° / 24°; относительное отверстие 1,5 / 1,1.
15. Инфракрасный светосильный трехлинзовый объектив. (Патент RU 2348953, 2009 г.)	Фокусное расстояние 35 мм; относительное отверстие до 1 : 0,7.
16. Светосильный широкоугольный объектив для инфракрасной области спектра (варианты). (Патент RU 2385475, 2010 г.)	Фокусное расстояние 8 мм; угловое поле 150°; относительное отверстие 1:1.
Двухдиапазонный объектив для тепловизоров с охлаждаемыми приемниками	
17. Двухспектральный инфракрасный объектив с вынесенной в пространство изображений апертурной диафрагмой. (Патент RU 2410733, 2011 г.)	Обеспечена фиксированная плоскость изображения для любого рабочего диапазона в пределах от 3 до 12 мкм. Продольный хроматизм не превышает $1/2500 f'$ для диапазонов 3 - 5 мкм и 8 - 12 мкм.

В докладе приводятся и обсуждаются конкретные оптические схемы, характеристики и технические подробности. Все оптические системы обеспечивают расчетное качество изображения, близкое к дифракционному, содержат сферические преломляющие поверхности (кроме объектива под номером 13 - в нем одна асферическая поверхность). Разработанные объективы могут представлять интерес для разработчиков тепловизионной аппаратуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Терешин, Е.А. Оптические системы тепловизоров / Е.А. Терешин, Т.Н. Хацевич // ГЕО-Сибирь-2009. Т.5: Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника. Ч.1: сб. матер.V Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20-24 апр. 2009 г., Новосибирск. - Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 41-42.

2. Хацевич, Т.Н. Оптические системы тепловизоров на основе охлаждаемых приемников инфракрасного излучения / Т.Н. Хацевич, Е.А. Терешин // Труды 9 Международной конференции «Прикладная оптика-2010» / под ред. Ю.И. Солдатова, В.А. Зверева, М.В. Даниловой, Л.Л. Полосина, Ю.Е. Шелепина, Санкт-Петербург, 18-22 окт. 2010 г. – СПб, 2010. – Т.3. - С. 96.

3. Терешин, Е.А. Алгоритм эффективного проектирования многокомпонентных систем для инфракрасного спектрального диапазона / Е.А. Терешин, Т.Н. Хацевич // Труды Оптического общества им. Д.С. Рождественского: междунар. конф. «Прикладная оптика -2008», Санкт-Петербург, 20-24 окт. 2008 г. - СПб, 2008. - Т.3. Компьютерные технологии в оптике. - С. 69-73.

4. Олейник, С.В. Способ построения оптической системы с дискретным изменением фокусного расстояния / С.В. Олейник, Т.Н. Хацевич // Изв. вузов. Приборостроение. - 2009. № 6. - С. 58-63.

© Т.Н. Хацевич, 2011