

ОПТИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 681.7.015; 681.78; 681.7.067.21

КОНТРОЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ ВИЗИРНОЙ ОСИ ИНФРАКРАСНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

© 2005 г. В. С. Нужин*, канд. техн. наук; А. В. Нужин**, канд. техн. наук; С. В. Солк*, канд. техн. наук

* НИИ комплексных испытаний оптико-электронных приборов и систем, г. Сосновый Бор, Ленинградская область

** ВНЦ "Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова", Санкт-Петербург
E-mail: solk@sbor.net

Разработана усовершенствованная методика проверки параллельности визирных осей ИК оптических систем с переменным фокусным расстоянием как с непрерывным, так и с дискретным изменением увеличения. Методика пригодна при использовании одноэлементных приемников излучения.

Коды OCIS: 080.3620, 120.4630.

Поступила в редакцию 29.07.2004.

Объективы, предназначенные для работы в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра 3–14 мкм, как правило, изготавливаются из оптических материалов, не прозрачных в видимой области спектра [1], что обуславливает необходимость разработки соответствующих методик и оборудования для проверки качества изготовления объективов и определения их выходных параметров, в том числе фокусного расстояния, относительного отверстия, поля зрения, рабочего отрезка и, наконец, качества изображения – концентрации энергии в кружке заданного диаметра, функции рассеяния линии, функции передачи модуляции в заданном диапазоне пространственных частот.

ИК объективы с переменным фокусным расстоянием как панкратические, так и с дискретным изменением увеличения дополнительно требуют проверки стабильности положения визирной оси и положения плоскости наилучшего изображения при перемещении оптических компонентов объектива для изменения фокусного расстояния. Контроль стабильности положения визирной оси может осуществляться также при перефокусировке объектива с бесконечности на конечные расстояния, при изменении положения объектива в пространстве, например, в оптических сканирующих системах, в которых сканирование осуществляется за счет перемещения объектива, и в других аналогичных случаях.

Испытания ИК объективов проводятся на оптических скамьях с зеркальными коллиматорами [1], оснащенные ИК излучателями, специализированными тест-объектами, светофильтрами и одноэлементными приемниками ИК излучения с различны-

ми приемными масками, устанавливаемыми в плоскости изображения испытуемых объективов.

В настоящей статье рассмотрен усовершенствованный метод проверки параллельности визирных осей ИК объектива при смене фокусных расстояний.

Рассмотрим методику проверки положения визирных осей объектива при смене фокусных расстояний на примере объектива ИК-05, предназначенного для работы в области спектра 3–5 мкм [2]. Принципиальная оптическая схема объектива представлена на рис. 1. Объектив имеет дискретные значения фокусных расстояний 174 и 74 мм. Смена фокусов осуществляется с помощью устройства револьверного типа путем включения в оптическую схему объектива либо блока из четырех линз (рис. 1, поз. 2) для фокусного расстояния 74 мм, либо одной линзы (рис. 1, поз. 1) для фокусного расстояния 174 мм. При этом должны сохраняться положения плоскости наилучшего изображения и единой визирной оси для обоих фокусных расстояний.

Несовпадение визирных осей при смене фокусных расстояний проявляется как смещение узловой точки, выражающееся в поперечном смещении изображения относительно неподвижного приемника изображения. Если тест-объектом на оптической скамье служит точечная диафрагма, то смещение ее изображения в фокальной плоскости испытуемого объектива может быть измерено, например, с помощью приемной диафрагмы соответствующего размера, которая совмещается с изображением точечного источника при каждом значении фокусного расстояния. Такие измерения связаны с известными трудно-

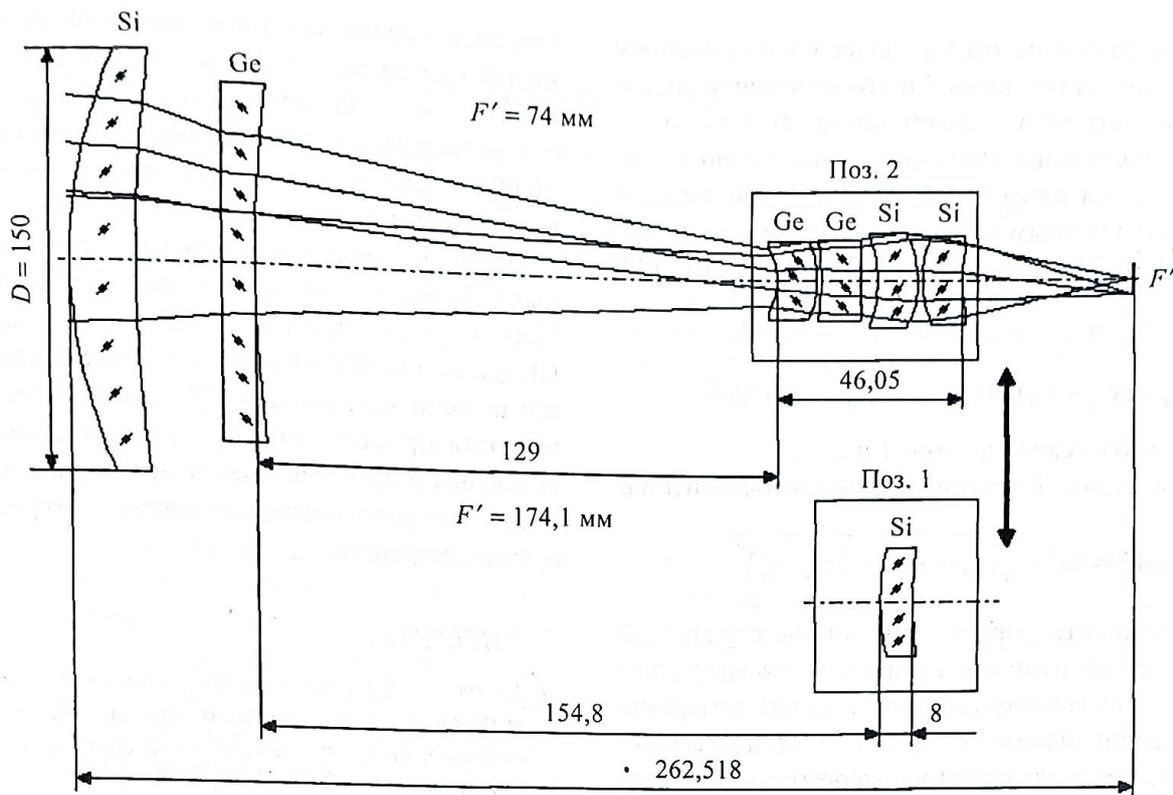


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема объектива ИК-05.

стями по поиску изображения точечного источника в плоскости изображения и отягощены погрешностями измерения расстояния между изображениями точек за счет остаточных ошибок изготовления и юстировки оптической скамьи, в частности таких, как торцевое биение опорного торца объективодержателя, неперпендикулярность оптической оси коллиматора по отношению к опорному торцу объективодержателя, погрешности измерения величины линейных перемещений каретки с фотоприемником и т. д.

Для исключения влияния большинства вышеперечисленных погрешностей предложен метод измерения двух координат смещения изображения точечного тест-объекта при переключении фокусных расстояний объектива, позволяющий измерить две координаты смещенного изображения в поле зрения испытуемого объектива пользуясь результатами измерения координат только вдоль одной горизонтальной оси X .

Для этой цели применяется специальный анализатор положения точечного изображения тест-объекта, состоящий из двух узких протяженных щелей, расположенных под углом друг к другу так, что биссектриса угла располагается перпендикулярно к направлению перемещения анализатора. Общий размер анализатора не должен превышать размер чувствительной площадки фотоприемника, расположенного вблизи анализатора. Ширина щелей должна быть соизмеримой с размером пятна рассеяния, а угол между щелями должен обеспечивать независимость определения энергетического центра тяжести фигуры рассеяния при работе каждой из щелей.

На рис. 2 представлена схема работы анализатора положения изображения точки в фокальной плоскости объектива при смене фокусных расстояний.

Перемещая анализатор вдоль оси X , совместим щель 1 с изображением точки A . Это положение

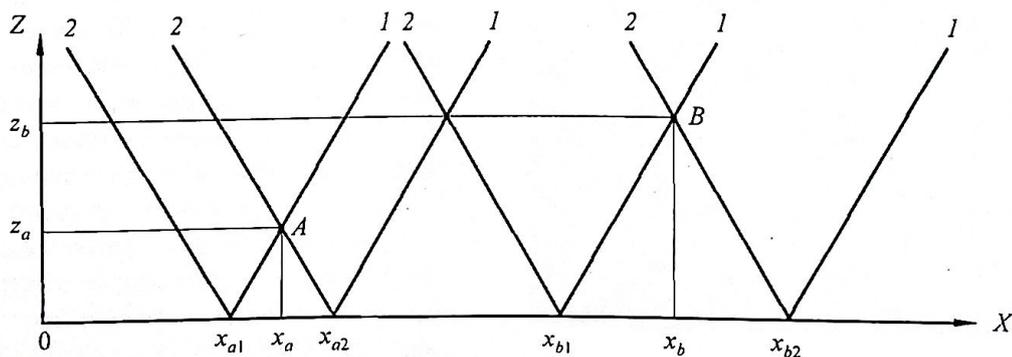


Рис. 2. Схема анализатора положения изображения точки.

анализатора обозначим x_{a1} . Далее с изображением точки A совместим щель 2 и это положение анализатора обозначим x_{a2} . Затем точно так же определим два положения анализатора, когда в поле зрения находится точка B . Получим координаты x_{b1} и x_{b2} . По полученным четырем отсчетам можно определить координаты точек A и B в плоскости XOZ :

$$x_a = (x_{a1} + x_{a2})/2, \quad x_b = (x_{b1} + x_{b2})/2,$$

$$z_a = (x_{a2} - x_{a1})/2 \operatorname{tg} \beta, \quad z_b = (x_{b2} - x_{b1})/2 \operatorname{tg} \beta,$$

где 2β – угол между щелями 1 и 2.

Далее легко найти расстояние между точками A и B

$$AB = \Delta y' = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (z_b - z_a)^2}.$$

Погрешность определения длины отрезка AB зависит от погрешности определения координат x_{a1}, \dots, x_{b2} и складывается из погрешности измерения перемещения анализатора вдоль оси X , погрешности наведения анализатора на энергетический центр тяжести пятна рассеяния, погрешности, возникающей вследствие неперпендикулярности биссектрисы угла анализатора к оси X . Особое внимание при измерениях следует обратить на положение пятен рассеяния объектива относительно точки пересече-

ния щелей анализатора и не допускать работы двух щелей одновременно. По нашим оценкам, при использовании анализатора с углом 60° и датчика линейных перемещений, работающего с погрешностью $\pm 0,002$ мм, погрешность измерений по предложенной методике не превышает $\pm 0,004$ мм.

Методика измерения непараллельности визирных осей была нами апробирована и показала свою эффективность при изготовлении и исследовании ИК объектива ИК-05 как в процессе сборки, так и после его испытаний на виброударных стендах. Измерения проводились при разных положениях объектива в пространстве, и применение разработанной методики позволило значительно уменьшить время измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Л.В., Лебедев О.А., Нужин В.С. и др. Проектирование и изготовление линзовых объективов для работы в инфракрасной области спектра // Оптический журнал. 2003. Т. 70. № 4. С. 72–75.
2. Лебедев О.А., Нужин А.В., Нужин В.С. и др. Объектив с дискретным изменением фокусного расстояния для работы в области спектра 3...5 мкм // Тез. докл. 18 Междун. науч.-техн. конф. по фотоэлектронике и приборам ночного видения. М., 2004. С. 148–149.