

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗЕРКАЛЬНОГО АНАЛОГА ПРИЗМЫ ДОВЕ

© 2005 г. В. С. Нужин, канд. техн. наук; С. В. Солк, канд. техн. наук; В. К. Князев

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

E-mail: solk@sbor.net

Разработана конструкция, имеющая три зеркальные поверхности, работа которой аналогична работе призмы Дове. Конструкция состоит из четырех основных деталей, изготовленных из алюминиевого сплава. Рассмотрены ее особенности, и описана методика юстировки.

Коды OCIS: 230.4040, 230.5480, 220.4610.

Поступила в редакцию 11.11.2004.

Отражательные призмы получили широкое распространение в оптических приборах, работающих в видимой области спектра. Их действие аналогично действию плоских зеркал, однако призмы имеют ряд преимуществ, некоторые из которых (например, постоянство углов и их нерасстраиваемость) подробно рассмотрены в [1, 2].

Однако в ряде случаев замена отражательной призмы системой зеркал представляется оправданной. При проектировании оптических приборов, работающих в ИК диапазоне спектра, особенно в диапазоне 8–14 мкм, основными материалами для изготовления линз и призм служат дорогостоящие германий и селенид цинка. Использование других материалов, прозрачных в указанном диапазоне, зачастую не удовлетворяет оптиков-вычислителей и технологов. Поэтому при разработке крупногабаритных систем конструкторы применяют зеркальные системы. Замена призм зеркалами особенно целесообразна в приборах, работающих в широком спектральном диапазоне. Следует отметить, что использование оптических материалов, прозрачных в широком спектральном диапазоне

(например, селенида цинка, прозрачного в диапазоне 0,55–14 мкм и более), как правило, не всегда возможно из-за дисперсии этих материалов.

При проектировании зеркальных систем, заменяющих призмы, на наш взгляд, целесообразно использование металлических зеркал. Их применение позволяет получить как рабочие (оптические), так и базовые поверхности с гладкими или резьбовыми отверстиями на единой заготовке с их точным взаимным расположением [3].

В качестве примера рассмотрим изготовление зеркального аналога призмы Дове ($AP=0^\circ$). Призма не отклоняет и не смещает лучи, а поворачивает изображение на 180° вокруг оси, перпендикулярной визирной оси [1]. При вращении призмы вокруг оси изображение вращается в ту же сторону, но в два раза быстрее.

Нами разработан, изготовлен и испытан зеркальный аналог призмы Дове (рис. 1), состоящий из четырех основных деталей: призмы 1, плоского зеркала 2, втулки 3, корпуса 4. Корпус 4 имеет соосные цилиндрические пояски Z и W, с помощью которых

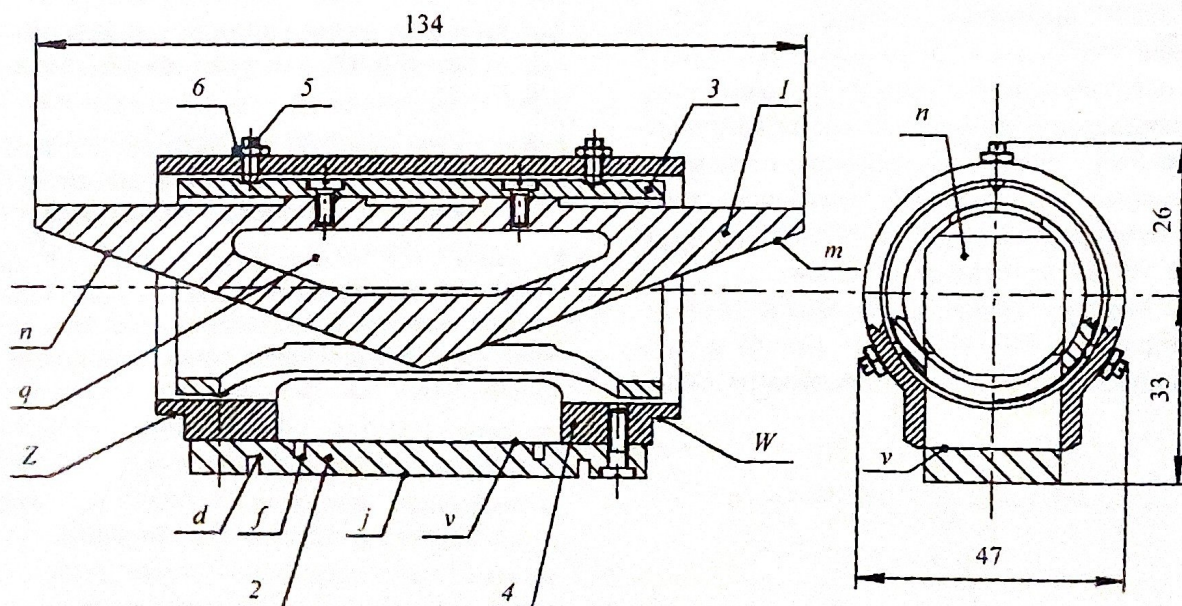


Рис. 1. Конструкция зеркального аналога призмы Дове. Пояснения см. в тексте.

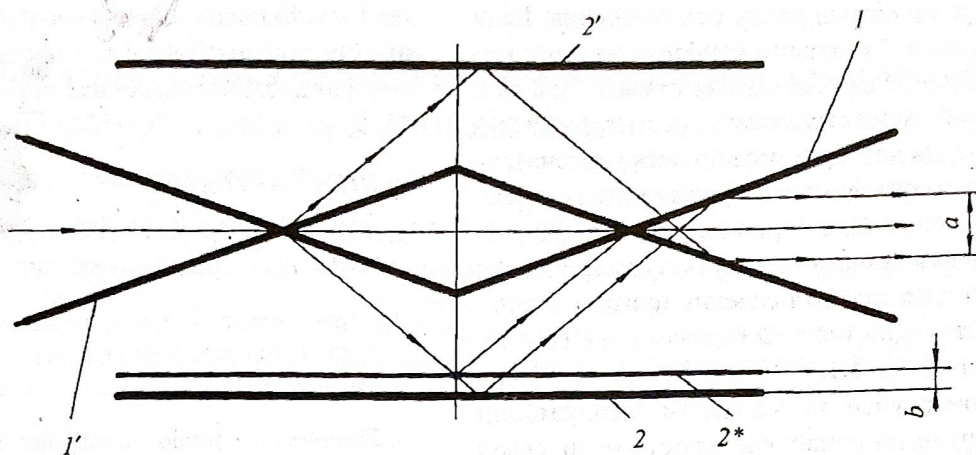


Рис. 2. Схема, поясняющая работу "призмы Дове" при несовпадении главного луча с осью вращения призмы.

призма может быть установлена на призматические лагеры и вращаться вокруг оптической оси при юстировке призмы. "Призма Дове" массой 370 г предназначена для преобразования светового пучка диаметром 24 мм, ее габаритные размеры приведены на рис. 1.

Конструкция максимально упрощена. Все детали изготовлены из алюминиевого сплава АМгб. Плоское зеркало крепится к корпусу тремя, а призма – к втулке двумя винтами, изготовленными из того же алюминиевого сплава. Для исключения деформации рабочих (зеркальных) поверхностей m , n и v при сборке плоское зеркало имеет защитные пазы d и f , а призма имеет выборку q . Юстировка осуществляется шестью винтами 5 с последующим закреплением их контргайками 6.

Такая конструкция призмы обеспечивает ее работоспособность и устойчивость к виброударным нагрузкам в широком температурном диапазоне, так как коэффициент температурного расширения всех деталей одинаков. Точность изготовления деталей такова, что не требуется дополнительных сложных юстировочных приспособлений.

Предварительная юстировка осуществляется на гониометре. Затяжка юстировочных винтов проводится при одновременном контроле углов между поверхностями m , n , j . Зеркальная поверхность j на плоском зеркале является технологической и выполнена параллельно поверхности v . Одновременно с контролем углов контролируется пирамидальность поверхностей m , n , j .

Окончательная юстировка осуществляется на оптической скамье, содержащей коллиматор, зрительную трубу и регулируемый по наклону столик, на который устанавливаются призматические лагеры. Призма располагается в параллельном пучке лучей между коллиматором и зрительной трубой [4].

Влияние погрешностей изготовления оптических поверхностей призмы на качество изображения

в системе коллиматор–"призма Дове"–зрительная труба оценивалось по виду изображения точки по ОСТ 3-4387-79 (Объективы съемочные. Метод оценки качества изготовления по виду изображения точки).

Окончательная юстировка "призмы Дове" проводилась в два этапа:

1 – устранение непараллельности оптической оси призмы по отношению к оси ее вращения, определяемой положением центров цилиндрических поясков;

2 – устранение несовмещения оптической оси призмы с осью ее вращения.

На первом этапе по методике, подробно изложенной в [4], измерялось и устранялось смещение изображения центра угломерной сетки, установленной в фокальной плоскости коллиматора, относительно центра перекрестия окулярной сетки зрительной трубы при вращении призмы в лагерах.

На втором этапе для юстировки использовался гелий-неоновый лазер, луч которого направлялся вдоль оси вращения "призмы Дове" с помощью имитатора корпуса призмы с двумя калиброванными отверстиями диаметром 1 мм. На время юстировки лазера имитатор устанавливался на лагеры вместо "призмы Дове". Затем имитатор и "призма Дове" менялись местами. При вращении призмы вокруг оси на 360° на матовом экране, установленном за призмой, измерялся диаметр светового пятна как след траектории лазерного луча. Если размеры световых пятен в обоих случаях одинаковы, то это дополнительно свидетельствует об удовлетворительной юстировке по первому этапу.

На рис. 2 представлена принципиальная схема расположения оптических элементов зеркального аналога призмы Дове в случае несовмещения главного луча с осью вращения призмы. На схеме призма изображена в главном сечении в двух положениях – положение 1–2 и положение 1'–2', отличающихся поворотом вокруг оси вращения на 180°.

Входной луч направлен вдоль оси вращения. Если плоское зеркало 2 смещено относительно расчетного положения 2* на величину b , то выходной луч, обозначенный двумя стрелками, сместится на величину a , измерив которую, можно легко рассчитать смещение плоского зеркала 2 и установить его в расчетное положение. Как видно из рисунка, направление смещения зависит от направления смещения выходного луча в главном сечении призмы. В описанной конструкции призмы отрезки a и b соотносятся примерно как 4:1.

В частном случае, по условиям эксплуатации призмы, допуск на непараллельность оптической оси относительно оси вращения не должен превышать 1 мрад, а допуск на параллельное смещение выходного луча относительно оси вращения – не бо-

лее 1 мм. Вышеописанная конструкция зеркального аналога призмы Дове и методика ее юстировки позволили достичь указанных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1971. 392 с.
2. Справочник конструктора оптико-механических приборов / Под ред. В.А. Панова. Л.: Машиностроение, 1967. 742 с.
3. Zimmerman J. Strain-free mounting techniques for metal mirrors // Opt. Eng. 1981. V. 20. № 2. P. 187–189.
4. Погарев Г.В. Юстировка оптических приборов. Л.: Машиностроение, 1982. 237 с.