

Высокоточные астрономические зеркала и системы

Работа в области разработки и создания оптики для астрономических приложений всегда была одним из основных направлений деятельности ЗАО «Тидекс».

С момента основания организации в 1994 году мы приобрели значительный опыт в решении задач, связанных с производством высокоточных зеркал, оптических линз, различных уникальных оптических компонентов. Наши



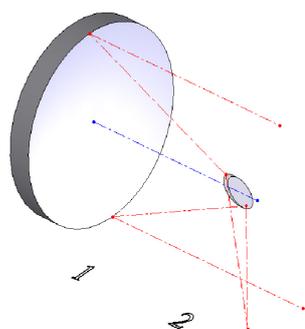
заказчики получили более 400 комплектов различных астрономических систем. В основном это системы Кассегрена (Cassegrain), Ричи-Кретьена (Ritchey-Chretien), Ньютона (Newton), а также другие астросистемы с размером рабочей апертуры от 1260 мм. Помимо полных зеркально-линзовых комплектов, нами было поставлено значительное количество одиночных плоских, диагональных, сферических, параболических, гиперболических зеркал, а также линз и линзовых комплектов для астро-корректоров с различными спецификациями, от стандартных до уникальных. Сейчас наши зеркала установлены в телескопах и научном оборудовании, которые работают в Германии,

Франции, Италии, Японии, США, Китае, Чили, Тайване, Корее и во многих других странах. В настоящее время ЗАО «Тидекс» производит и поставляет заказчикам одиночные высокоточные зеркала полные зеркально-линзовые комплекты для профессиональных астрономических систем. Мы можем предложить сферические, параболические, гиперболические, плоские зеркала с различными формами рабочих поверхностей, оптические линзы для астрономических корректоров, а также различные нестандартные элементы с уникальными спецификациями. Мы производим оптические компоненты для таких астрономических систем как системы Ньютона, Кассегрена, Ричи-Кретьена, Максудова, Мерсена, астрофотографических и др.

Описания стандартных астрономических систем:

1. Система Ньютона

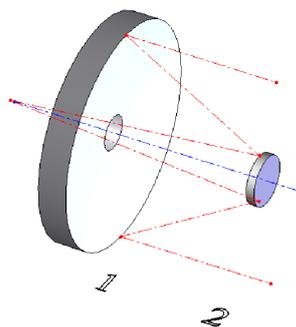
Система Ньютона относится к числу астрономических систем, в основном применяемых в любительской астрономии. К числу её основных недостатков относятся большая, по сравнению с другими системами, длина трубы и неудобное расположение наблюдателя на её верхнем конце. Поэтому данная конструкция не применяется для построения больших инструментов. Тем не менее, сравнительная простота настройки и более низкая стоимость делают эту систему по-прежнему интересной для ряда пользователей.



1 - главный элемент, вогнутое параболическое зеркало;

2 - вторичный элемент, плоское зеркало диагональной формы.

2. Система Кассегрена

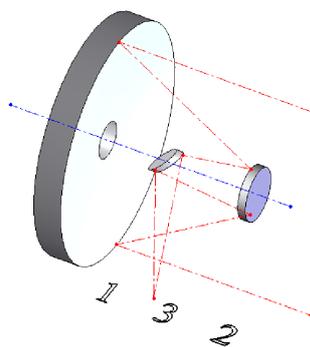


1 - главный элемент, вогнутое параболическое зеркало;

2 - вторичный элемент, выпуклое гиперболическое зеркало.

Система Кассегрена является, пожалуй, самой распространенной астрономической системой, применяемой сегодня как профессионалами, так и любителями. Она обеспечивает хорошее качество изображения при небольшом поле зрения. В отличие от системы Ньютона, в ней в качестве вторичного элемента применяется не плоское диагональное зеркало, а выпуклое гиперболическое. Оно предназначено для построения фокуса изображения непосредственно за центральным отверстием первичного зеркала. Это позволяет в два раза уменьшить длину трубы телескопа, что значительно сокращает его стоимость и расходы на постройку башни обсерватории.

3. Система Кассегрена-Насмита



1 - главный элемент, вогнутое параболическое зеркало;

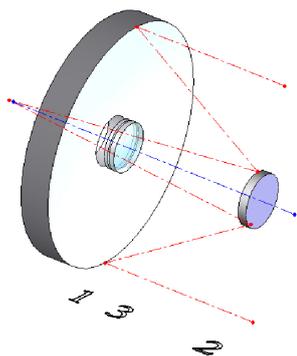
2 - вторичный элемент, выпуклое гиперболическое зеркало;

3 - третичный элемент, плоское зеркало диагональной формы.

Обладая всеми преимуществами классической системы Кассегрена, система Кассегрена-Насмита имеет конструктивную особенность, позволяющую выносить точку построения изображения в боковую рабочую плоскость. Для этой цели используется третичный элемент, в качестве которого выступает плоское зеркало диагональной формы. Данная возможность в значительной степени повышает универсальность инструмента, но наличие одной дополнительной отражающей поверхности снижает отражающую способность системы в целом.

4. Гиперграф

Работа астрономов над улучшением свойств классической системы Кассегрена привела к созданию Гиперграфа. Его основным отличием стало использование в качестве третичного элемента системы оптического корректора, что позволило дополнительно улучшить качество изображения. В настоящее время Гиперграфы чаще всего используются при создании профессиональных инструментов, поскольку для достижения наилучшего результата они требуют точного расчета и качественной юстировки элементов.



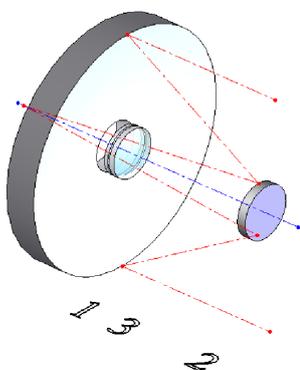
1 - главный элемент, вогнутое параболическое зеркало;

2 - вторичный элемент, выпуклое гиперболическое зеркало;

3 - третичный элемент, оптический корректор.

5. Система Ричи-Кретьена

Так же как и система Кассегрена, система Ричи-Кретьена пользуется заслуженной популярностью среди профессионалов. Её основным отличием является то, что в ней используются два гиперболических зеркала, ни одно из которых отдельно не в состоянии строить изображение.



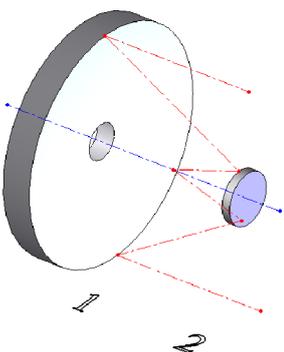
1 - главный элемент, вогнутое гиперболическое зеркало;

2 - вторичный элемент, выпуклое гиперболическое зеркало;

3 - третичный элемент, оптический корректор

Тем не менее, в целом система обладает превосходными характеристиками, но для неё является обязательным использование оптического корректора. Данный корректор исправляет астигматизм системы, значительно увеличивая поле зрения.

6. Система Шварцшильда



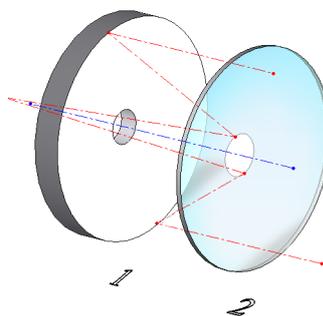
1 - главный элемент, вогнутое гиперболическое зеркало;

2 - вторичный элемент, выпуклое гиперболическое зеркало.

Система Шварцшильда имеет схему, аналогичную схеме системы Ричи-Кретьена, но она не требует обязательного использования оптического корректора. Данная система дает большое поле без астигматизма, но расстояние между зеркалами в ней должно быть в два раза больше фокусного расстояния. Из-за того, что точка построения изображения находится внутри системы между зеркалами, система Шварцшильда достаточно неудобна в использовании и поэтому крайне редко реализуется. Тем не менее,

данная система была использована для создания ряда специальных инструментов.

7. Система Максутова

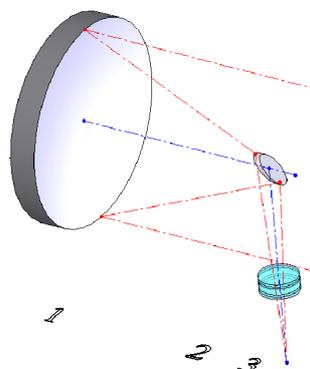


1 - главный элемент, вогнутое сферическое зеркало;

2 - вторичный элемент, менисковая линза с зеркальной центральной частью выпуклой стороны

Основной особенностью системы Максутова является наличие в её составе менисковой линзы с отражающей центральной частью, которая предназначена для компенсации сферической аберрации главного зеркала. Данная схема лежит в основе значительного числа небольших любительских телескопов, которые сочетают в себе достоинства компактной трубы, широкого поля зрения при низком фокусном отношении. Тем не менее, сложность производства корректирующих линз большого диаметра является фактором, ограничивающим использование данной системы при создании больших профессиональных инструментов. В зависимости от направления выходного пучка различаются различные модификации этой системы: Максутова-Ньютона и Максутова-Кассегрена.

8. Астрофотографическая система



1 - главный элемент, вогнутое гиперболическое зеркало;

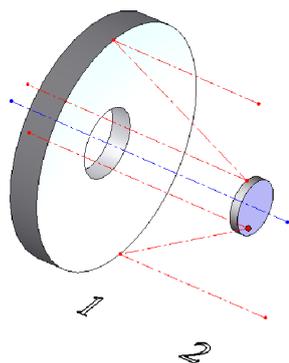
2 - вторичный элемент, плоское зеркало диагональной формы;

3 - третичный элемент, оптический корректор.

Как следует из названия, астрофотографические системы в основном применяются для фотографирования астрономических объектов. Состоящие из нескольких, независимо изготавливаемых, компонентов, они сравнительно просты в производстве и достаточно широко распространены среди любителей. Обязательным для них является использование в их составе специальных линзовых корректоров поля, которые служат для формирования полезного фотографического поля зрения и коррекции аберраций.

Астрофотографические системы имеют различные оптические схемы. Помимо предложенной, часто используется схема без диагонального зеркала. В этом случае оптический корректор располагается на оптической оси.

9. Система Мерсена



1 - главный элемент, вогнутое параболическое зеркало;

2 - вторичный элемент, выпуклое параболическое зеркало.

Система Мерсена имеет нестандартную конфигурацию для рефлекторов. Она не строит изображения, поскольку имеет на выходе параллельный пучок света. Обычно она используется для работы в составе различных лидарных систем, предназначенных, например, для контроля атмосферной турбулентности.

Материал:

Для производства астрономических зеркал обычно используются ZERODUR, (SCHOTT, Германия) или его российский аналог астроситалл (ситалл оптический CO115M), плавленный кварц и оптические стекла ЛК5 и ЛК7 (ближайшие российские аналоги Pyrex, CORNING, США). Тип материала выбирается в соответствии с требуемой спецификацией, условиями эксплуатации и применениями оптических систем.

Точность рабочей поверхности:

Опыт наших оптиков, имеющийся парк инструмента и специального оборудования позволяет производить оптику с точностью поверхности до $L/10 @ 633 \text{ нм}$ по волновому фронту, что эквивалентно точности $L/20 @ 633 \text{ нм}$ по поверхности.

Чистота рабочей поверхности:

Мы работаем в полном соответствии с требованиями международного признаваемого стандарта MIL-0-13830 A. В зависимости от механического размера обычно наши зеркала производятся со следующей чистотой поверхности:

- 60/40 scr/dig для зеркал с линейными размерами до 400 мм;
- 80/50 scr/dig для зеркал с линейными размерами до 800 мм;
- 120/80 scr/dig для зеркал с линейными размерами более 800 мм.

Покрытия

Основным покрытием, которое используется нами при производстве астрономических зеркал, является алюминий с защитой. Кроме этого, основываясь на специальных требованиях Заказчика и исходя из наших технических возможностей, мы имеем возможность наносить на наши зеркала покрытия других типов.

Доступные размеры и стандартные спецификации:

Одиночные сферические зеркала

- Диапазон диаметров: от 200 мм до 1300 мм;
- Точность поверхности: до $L/8 @ 633 \text{ нм}$ по волновому фронту (эквивалентно $L/16 @ 633 \text{ нм}$ по поверхности);
- Стандартные числовые апертуры: F/3 - F/10.

Одиночные параболические и гиперболические зеркала

- Диапазон диаметров: от 200 мм до 1300 мм;
- Точность поверхности: $L/8 @ 633 \text{ нм}$ по волновому фронту (эквивалентно $L/16 @ 633 \text{ нм}$ по поверхности);
- Стандартные числовые апертуры: F/3 - F/10.

Плоские диагональные зеркала эллиптической формы

- Размер по короткой оси: от 30 до 250 мм;
- Стандартная точность: $L/8 @ 633 \text{ нм}$ по волновому фронту (эквивалентно $L/16 @ 633 \text{ нм}$ по поверхности).

Стандартные типы астрономических систем

- Стандартная точность полных систем в сборе: $L/8 @ 633 \text{ нм}$ по волновому фронту (эквивалентно $L/16 @ 633 \text{ нм}$ по поверхности);
- Диапазон диаметров главных зеркал: от 400 мм до 1300 мм;
- Стандартные числовые апертуры главных зеркал: F/3 - F/10;
- Стандартные числовые апертуры систем: F/7 - F/20.

Подтверждение качества:

Каждое астрономическое зеркало, каждая астрономическая система проходит тщательное профессиональное тестирование, по результатам которого составляется индивидуальный сертификат. Полученные интерферограммы проходят числовую обработку. Все полученные результаты, вместе с оригиналами интерферограмм (фотографиями и их негативами) предоставляются Заказчику.

Перечисленные выше типы зеркал и их спецификации являются стандартными и не отражают всего спектра продукции, которая может быть предложена. Для уточнения наших производственных возможностей, стоимости выполнения работ, сроков поставки просим Вас связаться с нами по указанным телефонам или электронной почте.