



Объектив для проецирования олимпийских колец

Правдивцев А.В.

Web: www.rdcn.ru

E-mail: avp@rdcn.ru

**Федеральное космическое агентство РФ
ОАО «НПК «Системы прецизионного приборостроения»**



Техническое задание

Назначение объектива: проецирование олимпийских колец на экран с большой четкостью.

Технические характеристики:

Предмет: полихроматическое бесконечно тонкое кольцо диаметром 10 мм.

Числовая апертура в пространстве предметов: $NA=0.2$

Увеличение (рассчитано в параксиальной области от предмета до экрана) 100x

Длина волн (монохроматические): синий – 480 нм, зеленый – 546 нм, желтый – 587 нм, красный – 643 нм.

Количество линз – не более 5.

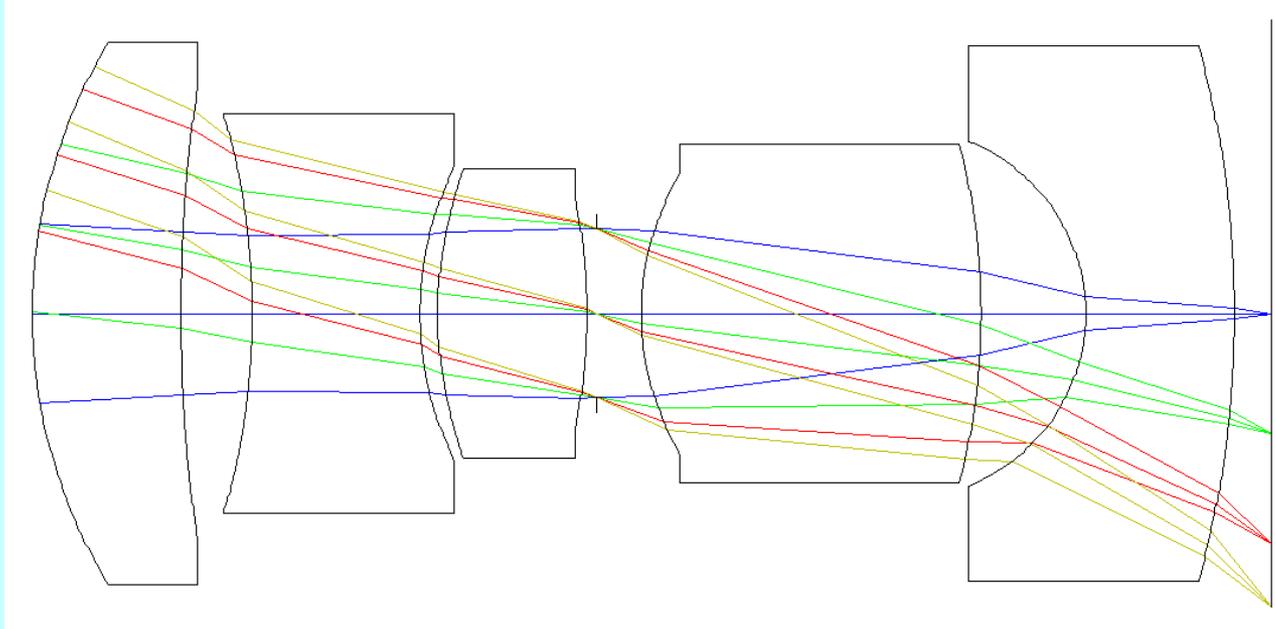
Фокусировка осуществляется путем осевого перемещения объектива целиком.

Цель оптимизации: получить в каждом положении кольцо требуемого цвета с наименьшей толщиной, допускается слабоконтрастный цветной ореол.



Исходная схема

Прототип: проекционный объектив разработанный автором ранее.



Недостатки:

- 1) Недостаточное относительное отверстие;
- 2) Не выполняются требования по размеру предмета и изображения;
- 3) Не выполняются особые требования по формированию колец;



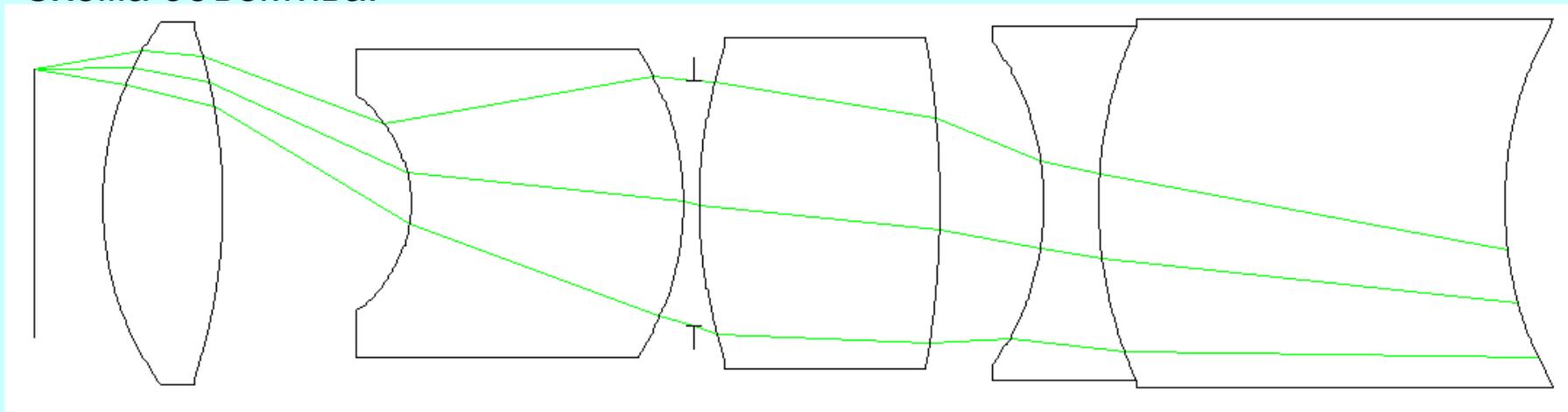
Этапы создания оценочной функции и модификации системы

- 1) Получение требуемых параксиальных характеристик: задаётся размер предмета и изображения, требуемая апертура, ограничения на толщины линз по оси и по краю, ограничение на расстояние между предметом и изображением. Задаётся единственное поле, соответствующее размеру кольца.
- 2) Задаётся четыре конфигурации, соответствующие заданными длинами волн, расстояние между положениями 0.1 мм.
- 3) Для выполнения требования на получение колец одного размера – задаётся одинаковая высота главного луча на поверхности изображения для соответствующей длины волны в каждой конфигурации.
- 4) Требование на качество: в каждой конфигурации задаётся требование на минимизацию пятна рассеяния требуемой длины волны. Размер пятна остальных длин волн не контролируется.
- 5) Что бы избежать появления цветных колец, минимизируется расстояние между высотами главных лучей различных длин волн в данной конфигурации.
- 6) Оптимизация с подбором стёкол.
- 7) Введение асферических поверхностей - не привело к кардинальному улучшению качества.
- 8) Увеличение расстояния между изображениями в различных конфигурациях (размытие «паразитных» колец в данной конфигурации) до 0.5 мм.



Результат

Схема объектива:



Проверка показала, что применение асферических поверхностей приводит к уменьшению размера пятна не только для требуемой длины волны, но и для остальных длин волн. По этой причине от использования асферических поверхностей отказались.



Результат

Конструктивные характеристики:

Высота объекта – 5 мм.

| | | | | |
|--------------|-----------|-------|---------|----------|
| OBJ STANDARD | Infinity | 1.5 | | 10 |
| 1 STANDARD | 11.68165 | 4.46 | S-BSM14 | 13.51179 |
| 2 STANDARD | -20.44338 | 6.90 | | 13.06074 |
| 3 STANDARD | -5.100465 | 10.04 | S-LAH58 | 8.041958 |
| 4 STANDARD | -10.88768 | 0.40 | | 11.52603 |
| STO STANDARD | Infinity | 0.21 | | 9.239521 |
| 6 STANDARD | 19.47867 | 8.83 | S-LAH58 | 11.79799 |
| 7 STANDARD | -35.98076 | 3.85 | | 12.42808 |
| 8 STANDARD | -10.70686 | 1.98 | S-FPL53 | 12.11362 |
| 9 STANDARD | 15.92849 | 14.98 | S-LAH59 | 13.16662 |
| 10 STANDARD | 14.11566 | 1000 | | 13.71311 |
| IMA STANDARD | Infinity | | | |

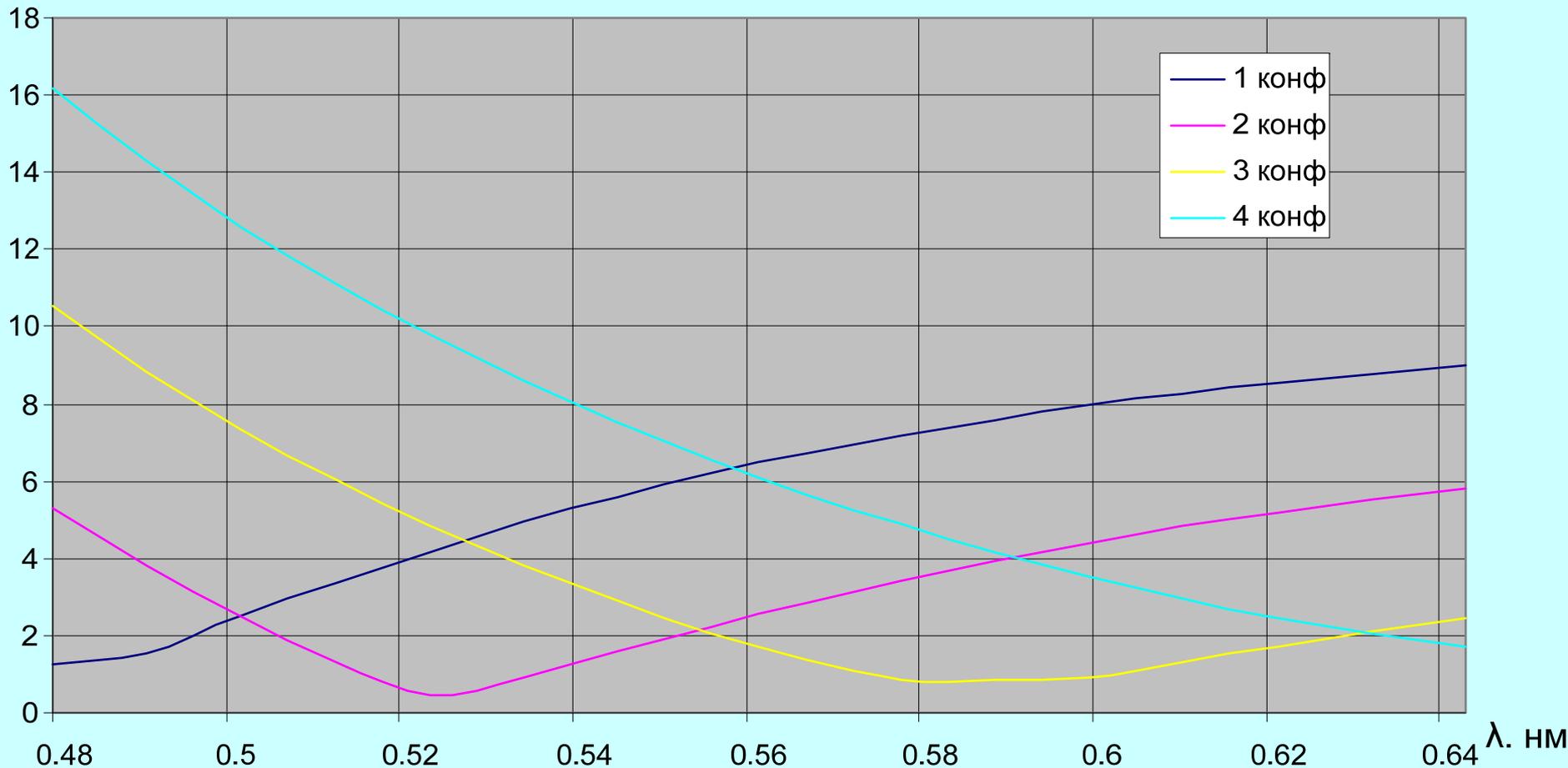
Расстояние от предмета до первой линзы в зависимости от длины волны:

| | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| Длина волны, нм | 480 | 546 | 587 | 643 |
| Расстояние, мм | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |



Результат

Среднеквадратичное отклонение от идеального волнового фронта в зависимости от длины волны для различных конфигураций.





Выводы

1. Получен объектив, предназначенный для создания изображения олимпийских колец.
2. Цвет кольца зависит от расстояния между предметом и первой линзой.
3. Тонкое, яркое кольцо окружено слабым цветным ореолом.
4. В объективе не используются асферические поверхности.

Автор благодарит А.Н. Юдина за ценные консультации.



Благодарю за внимание!