Санкт – Петербургский Государственный Университет Информационных
Технологий, Механики и Оптики

ОТЧЕТ
О ПРОХОЖДЕНИИ ПРАКТИКИ В ООО «ФОКУС»

Выполнили студенты
Группы №4320:

Павлов Станислав
Ефремова Нина
Рублёв Дмитрий

Руководитель практики:
Фролов
Дмитрий Николаевич

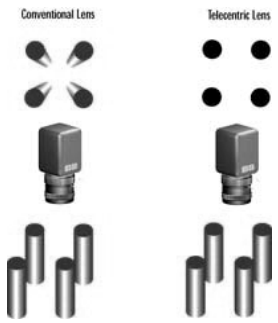
Санкт – Петербург
2006

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- Исследуемый объектив является частью **системы машинного видения**. Системы машинного видения совмещают в себе оптические компоненты и компьютерные системы контроля. Область применения систем машинного зрения: обработка изображений; измерения; работа в лабораториях; автоматические системы в производстве.

- Данный объектив является телецентрическим. **Телецентрический ход лучей** - ход лучей, при котором главные лучи идут параллельно оптической оси.

Преимущества телецентрических систем:



- В системах с телецентрическим ходом лучей в пространстве предметов перемещение объекта вдоль оси не влияет на размер изображения, а изображения объектов протяженных вдоль оси не будет наклонным (см рис).

- В системах с телецентрическим ходом лучей в пространстве изображений расположение плоскости изображения также не влияет на размер изображения (ценно для микролитографии).

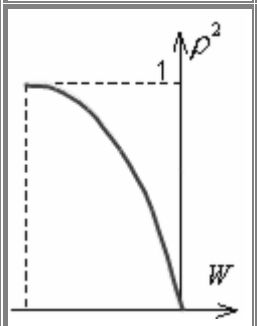
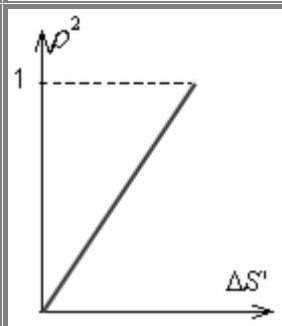
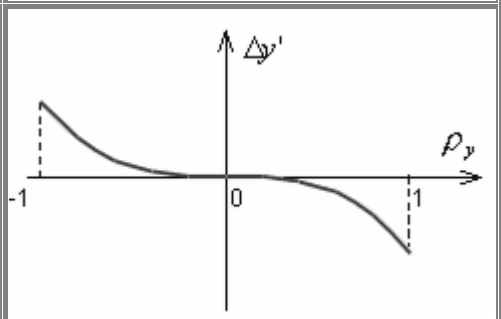
Недостатки телецентрических систем:

- Увеличение размера элементов в области телецентрического хода лучей.
- Усложнение системы (увеличение числа элементов).

o Данная система будет использоваться с ПЗС приемником, поэтому наиболее нежелательными **аберрациями** являются: сферическая, кривизна изображения, астигматизм и дисторсия. Рассмотрим каждую из них.

- **Сферическая аберрация 3 порядка**

Сферическая аберрация приводит к тому, что лучи, выходящие из осевой точки предмета, не пересекаются в одной точке, образуя на плоскости идеального изображения кружок рассеяния. Ею обладают все линзы со сферическими поверхностями.

волновая аберрация	продольная аберрация	поперечная аберрация
$W = W_{40}\rho^4$	$\Delta S' = \frac{\lambda}{A'^2} \cdot 4W_{40}\rho^2$	
		

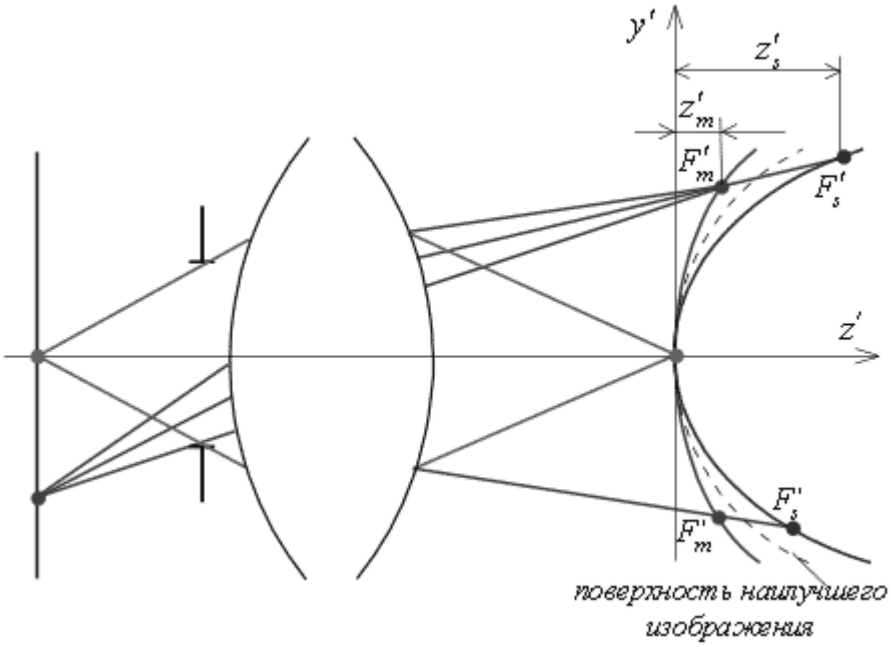
- **Сферическая аберрация 5 порядка**

По характеру искажения гомоцентричности пучка лучей сферическая аберрация 5 порядка полностью аналогична сферической аберрации 3 порядка, только имеет более высокий порядок кривых на графиках поперечной и продольной аберраций.

$W = W_{60}\rho^6$

- **Астигматизм и кривизна изображения**

Астигматизм появляется при значительном смещении точки предмета с оси. Астигматизм состоит в том, что не совпадают точки фокусов в меридиональной F'_m и сагиттальной F'_s плоскостях, поэтому лучи бесконечно узкого пучка не сходятся в одной точке. Кривизна заключается в том, что наилучшее изображение получается на искривленной поверхности, а не на плоскости.



Количественно астигматизм и кривизна характеризуются **продольными астигматическими отрезками** z'_m и z'_s.

z'_m – это расстояние от плоскости параксиального изображения до меридионального фокуса F'_m.

z'_s – это расстояние от плоскости параксиального изображения до сагиттального фокуса F'_s.

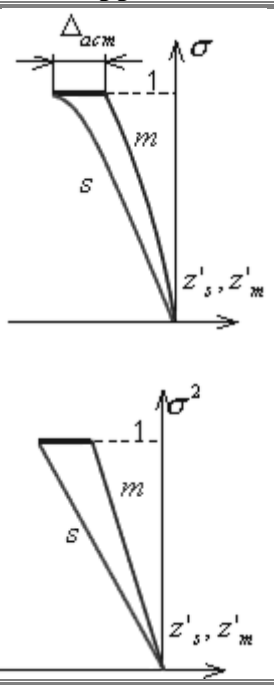
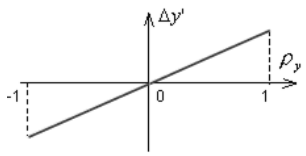
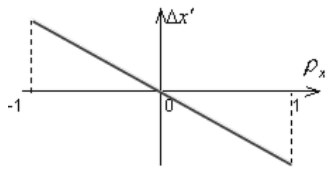
Мера астигматизма в продольном измерении:

$\Delta_{acm} = z'_m - z'_s$

Средняя кривизна указывает положение наилучшего изображения для данного пучка:

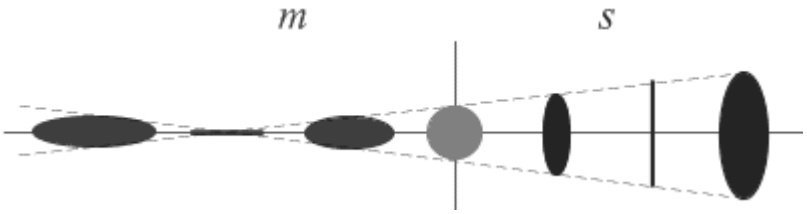
$$\Delta_{кр} = \frac{z'_m + z'_s}{2}$$

В первом приближении средняя кривизна пропорциональна квадрату расстояния от оси.

продольные аберрации	**поперечные аберрации**	
	в меридиональном сечении	**в сагиттальном сечении**
		

Где $\sigma = \frac{y}{y_{\max}}$ – **относительная предметная координата**.

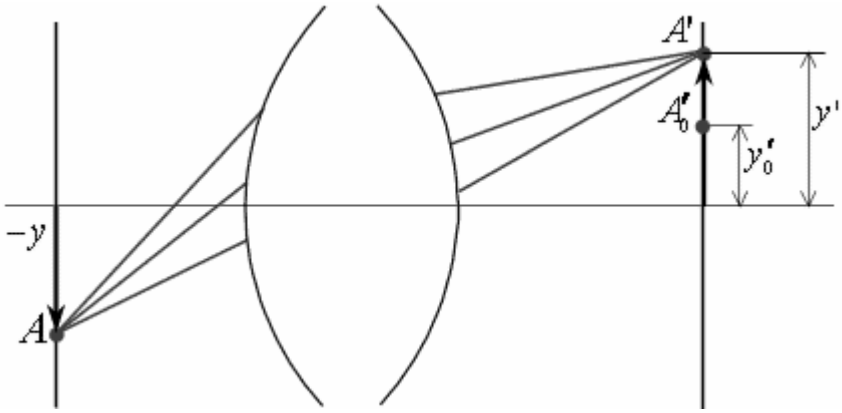
В зависимости от положения плоскости изображения при астигматизме пятно рассеяния может принимать форму эллипсов, отрезков или круга.



- Дисторсия

Название происходит от латинского “искажение”.

Если кроме дисторсии других аберраций нет, то точка изображается в виде точки (гомоцентрический пучок остается гомоцентрическим), но эта точка смещена от идеальной .



Дисторсия.

При дисторсии величина изображения отличается от идеального: $\Delta y' = y' - y'_0$

Абсолютная дисторсия (выражается в тех же единицах, что и величина изображения): $\Delta y' = y' - V \cdot y$

где – увеличение системы для данной точки поля.

Относительная дисторсия:

$$\Delta\% = \frac{\Delta y'}{y'_0} \cdot 100\% = \left(\frac{y'}{V \cdot y} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Дисторсия характерна тем, что ее величина нелинейно зависит от величины предмета, то есть увеличение различно для разных точек поля. Абсолютная дисторсия 3 порядка определяется дифференцированием выражения и умножением на квадрат предметной координаты :

$$\Delta y' = -\frac{\lambda}{A'_y} \cdot \frac{\partial (W_{11} \rho \cos \varphi)}{\partial \rho_y} \cdot \sigma^2 = -\frac{\lambda}{A'_y} W_{11} \sigma^2$$

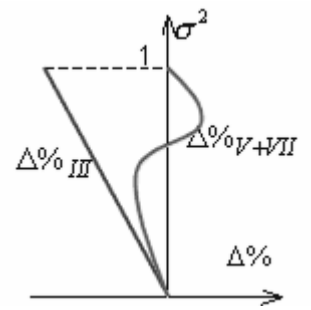
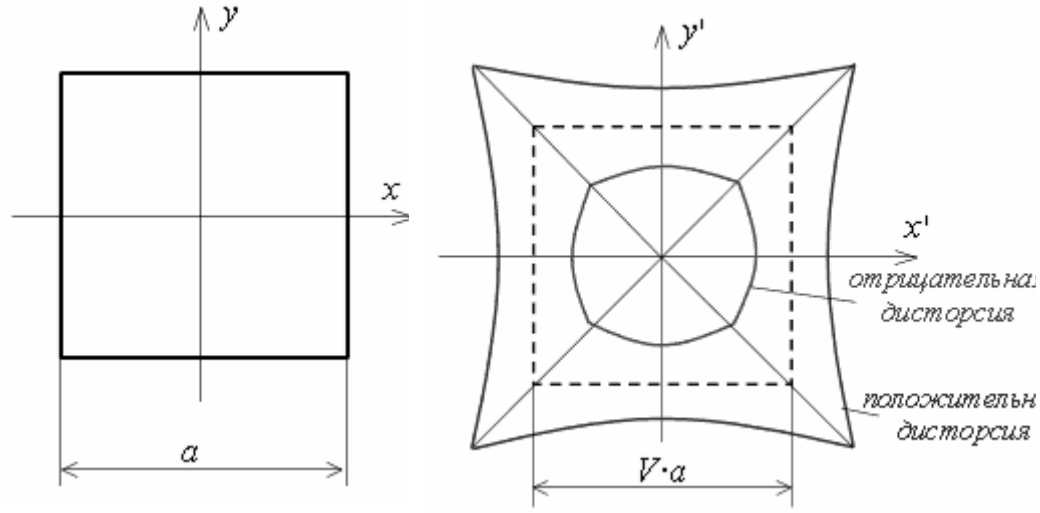


График относительной дисторсии 3 порядка приведен на рисунке. Для сравнения показан примерный ход кривой дисторсии высшего порядка.

Наличие дисторсии приводит к искажению прямых линий, не проходящих через ось. Если квадратный предмет изображается в виде подушки – это положительная дисторсия. Если изображение квадрата имеет выпуклые стороны (в виде бочки), то это отрицательная дисторсия.

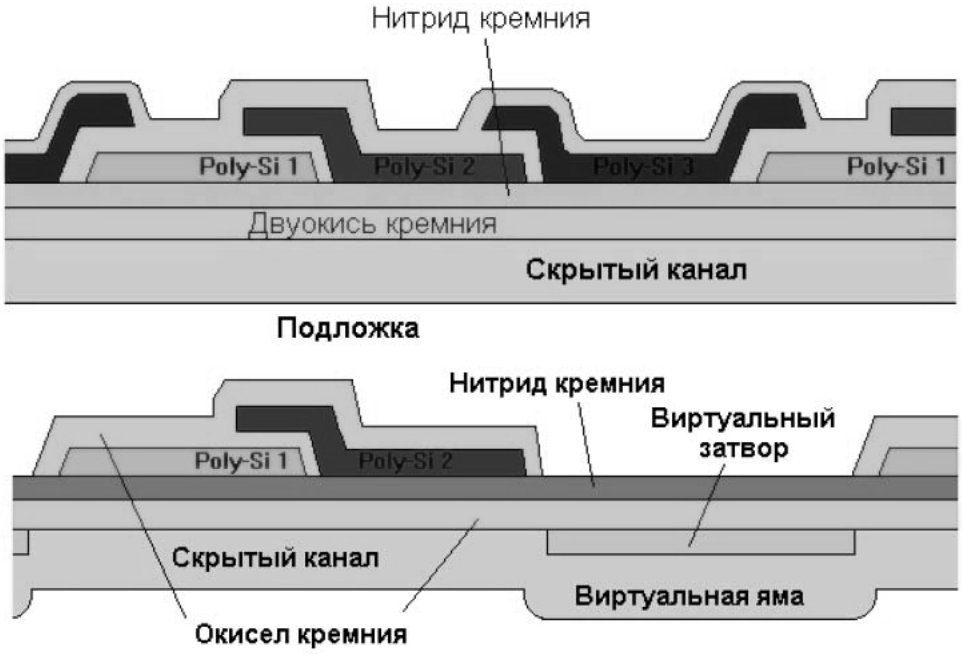


а) предмет б) изображение

Допустимая относительная дисторсия (то есть дисторсия, которая при восприятии глазом не вызывает ощущения, что изображение искажено) около $\Delta\% \approx 5-10\%$. Исправление дисторсии важно в измерительных приборах (в частности, в фотограмметрических системах), так как наличие дисторсии приводит к нелинейной ошибке измерений. Например, в фотолитографии допуск на абсолютную дисторсию не превышает 20 нм.

o Как уже упоминалось, в качестве приемника излучения используются ПЗС. Основные характеристики ПЗС – спектральные (зависимости выходного сигнала от длины волны). Эквивалентен СХ *квантовый выход* – количестве фотоэлектронов на один фотон падающего излучения.

Спектральная характеристика (СХ) ПЗС определяется, причём мультипликативно, двумя факторами – прохождением света через электродную структуру и фотогенерацией, вызванной поглощением света непосредственно в полупроводнике (внутренний квантовый выход). Поглощение света в полупроводнике описывается коэффициент*ом поглощения* – величиной, обратной длине, на которой интенсивность излучения падает в *e* раз.



Сечение трёхфазного ПЗС с электродами из поликристаллического кремния (вверху) и с витруальной фазой (внизу). Около половины площади ячейки свободно от поли-кремния

Пропускание света электродной структурой: Как можно судить по рис. а, где схематично изображено сечение трёхфазного ПЗС с поликремниевыми затворами, свет, попадая в полупроводник, проходит через несколько слоёв (толщина этих слоёв соизмерима с длиной волны) с различными оптическими характеристиками, так что неизбежна его интерференция.

Поликристаллический кремний, из которого сделаны электроды, совершенно непрозрачен в области длин волн до 430-450 нм (синий и фиолетовый цвета). В итоге СХ обычного трёхфазного ПЗС с поликремниевыми затворами выглядит так, как показано на рис.

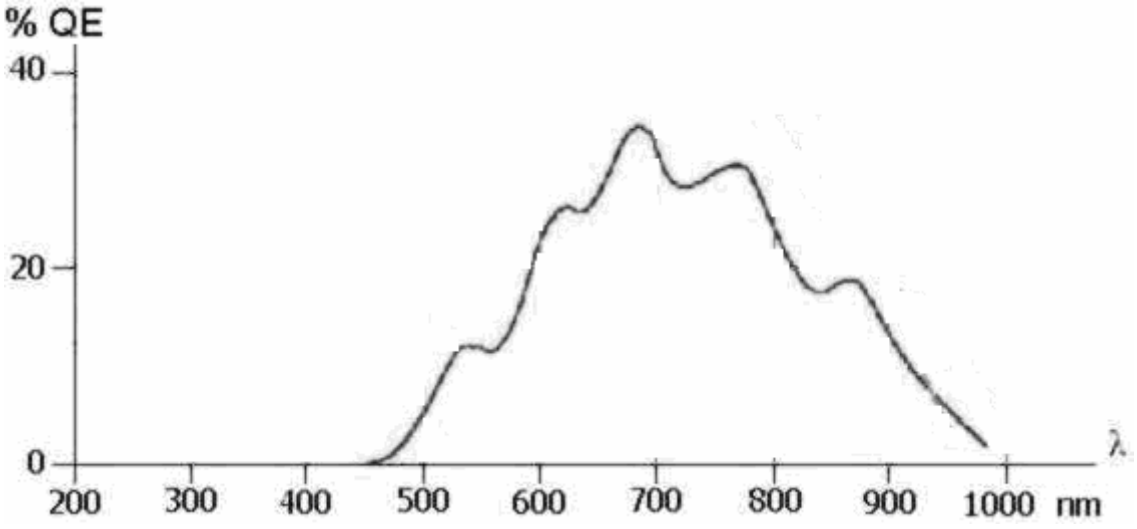


Рис. 6. Спектральные характеристики абсолютной квантовой эффективности обычного ПЗС

За истекшие годы в технологии изготовления ПЗС был достигнут потрясающий прогресс. Диапазон выпускаемых приборов охватывает как миниатюрные матрицы с шагом элементов примерно 3 на 5 мкм (одна из последних разработок Sony), так и гигантские кристаллы форматом 5 тыс. на 5 тыс. элементов и размером кристалла почти 8 на 8 см (фирма DALSA, Канада) и даже 7 тыс. на 9 тыс. (фирма Philips).

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА ПРИБОРОВ АНАЛОГИЧНЫХ Т-28

На данный момент на рынке можно найти следующие аналоги от других производителей:

1.Телецентрические объективы Mitutoyo для систем машинного видения.

Увеличение	1X	3X	5X	10X
Числовая апертура	0.03	0.07	0.11	0.18

Рабочее расстояние	59.0mm	72.5mm	59.5mm	44.0mm
Разрешающая способность	9.2µm	3.9µm	2.5µm	1.5µm
Глубина фокусировки	306.0µm	56.0µm	23.0µm	8.0µm
Поле зрения				
Окуляр, 24	24.0mm	8.0mm	4.8mm	2.4mm
Окуляр, 18	18.0mm	6.0mm	3.6mm	1.8mm
2/3" CCD камера (H x V)	8.8mm x 6.6mm	2.9mm x 2.2mm	1.8mm x 1.3mm	0.88mm x 0.66mm
1/2" CCD камера (H x V)	6.4mm x 4.8mm	2.1mm x 1.6mm	1.28mm x 0.96mm	0.64mm x 0.48mm
Вес	110g	45g	80g	100g

2.Телецентрические объективы Macro Invaritar™

Оптические характеристики

Увеличение	Размеры предмета (mm)	Рабочее расстояние	Глубина поля зрения (mm)
	1/3’’ CCD ½’’ CCD 2/3’’ CCD		

0.5x	6.5 x 8.6	8.6 x 11.5	11.9 x 15.8	12-32	3.84
1x	3.2 x 4.3	4.3 x 5.8	5.9 x 7.9	6.25-32	1.92
2x	1.6 x 2.2	2.2 x 2.9	3.0 x 4.0	3.12-16	0.48
5x	0.6 x 0.9	0.9 x 1.2	1.2 x 1.6	2.5-8	0.10

3.Телецентрические макро-объективы от Net-gmbh.

Свойства

• Увеличение 1x / 2x / 4x / 6x / 8x

• Рабочее расстояние 40 / 65 / 110mm

• Малые размеры

• Превосходное качество оптики

Применение

• Обработка изображений

• Измерения

• Работа в лабораториях

• Автоматические системы в производстве

4. Системы VZM™ 1000i

Особенности:

• Соотношение увеличений 4:1

• Ирисовая диафрагма для контроля

освещенности

• Диаметр 28mm

• Max. размеры CCD: 2/3"

Характеристики системы:	Min.	Max.
Увеличение	2.5X	10X
FOV (1/2" CCD, Horizontal)	2.56mm	0.64mm
Разрешение в пространстве предметов	102.5 lp/mm	228 lp/mm
Разрешение в пространстве изображений	41 lp/mm	22.8 lp/mm
Рабочее расстояние (±1mm)	35mm	35mm
Вес	11.5 oz.	

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИНЗ

Процесс изготовления оптической детали состоит из следующих этапов:

1. **Распиливание**

Выполняется при помощи алмазного отрезного круга. Параметры АОК, которыми являются размер и концентрация фракций, выбираются в зависимости от твердости стекла к сошлифованию. Для деталей средней

твердости (например, стекла К8) используют АОК с размером фракции 250/200мкм и концентрацией 50%. Чаще всего используется медное алмазосодерхащее напыление, но связка может быть и, например, бакелитовой.

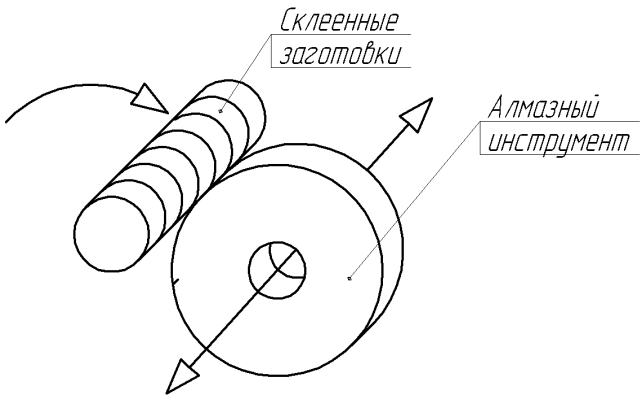
2. Склеивание

Перед склеиванием заготовки подвергаются предварительному шлифованию, затем заготовки раскладываются на цеховой плитке, подогреваются, далее при помощи наклеичного воска (состоит примерно на 70% из пчелиного воска и на 30% из канифоли) смазывается одна из поверхностей, и заготовки склеиваются в столбик.

3. Круглое шлифование

Предназначено для обработки склеенных заготовок по диаметру. Выполняется на круглошлифовальном станке 3Б12; обрабатывающий инструмент – АПП (алмазный, плоского профиля), представляет собой диск шириной 10-20мм, на который нанесен медный алмазосодержащий слой.

Склеенные заготовки зажимаются в патрон станка. Обрабатывающий инструмент и заготовки совершают движение друг относительно друга как показано на рисунке.



4. Расклеивание

Склеенные заготовки нагреваются и отделяются друг от друга.

5. Формирование сферических поверхностей

Выполняется на сферошлифовальных станках типа Алмаз (Алмаз 70 и Алмаз 250). Обработка происходит кольцевым алмазным инструментом, заготовка зажимается в цанге. Получаемый радиус кривизны поверхности

зависит от диаметра инструмента и угла его наклона к поверхности заготовки.

6. Шлифование

На данном этапе полученный радиус кривизны доводится до требуемого. Шлифование осуществляется в несколько (обычно три) приема с постепенным уменьшением зерна абразива (М40 -> М20 -> М10).

7. Полирование

Полирование осуществляется методом поверхностного притира: нижнее звено, на котором приклеиванием крепится обрабатываемая деталь, приводится во вращение приводом от станка; сверху на обрабатываемую поверхность свободно кладется верхнее звено, содержащее обрабатывающий инструмент – полировальник. Поверхность полировальника – эластичный материал (смола, сукно…). За счет поводка станка верхнее звено перемещается по поверхности нижнего звена влево – вправо и вовлекается во вращение за счет вращения нижнего звена. В результате создаются благоприятные условия для образования совершенно сферической формы поверхности.

8. Контроль формы поверхности

осуществляется в основном посредствам пробных стекол, однако недостатком такого метода является то, что он контактный и в процессе контроля возможно ухудшение чистоты поверхности, поэтому ответственные детали контролируют интерференционным методом в специализированных измерительных лабораториях.

9. Контроль фокусности - осуществляется на фокометре.

10. Контроль децентрировки

Используются два метода:

- Самоцентрировки – деталь самоцентрируется в «чаше» патрона (при условии правильного выбора диаметра «чаши»:

$R_{чаши} \approx R_{дет}/\cos 45°$). После установки линзы происходит её обтачивание.

Таким способом трудно контролировать мениски.

- По световому блику – линза устанавливается в патрон, затем она освещается (белым светом) и наблюдаются блики от ее поверхностей, которые совмещаются путем перемещения линзы в патроне, а затем, так же как и в первом случае, линза обтачивается.

11.Нанесение покрытий

12. Выполнение склейки

Склейка позволяет уменьшить хроматические аберрации. В качестве клеящего вещества используются двухкомпонентные клеи, которые приготавливаются непосредственно перед операцией, т. к. время «жизни» клея составляет около 40 минут. После соединения деталей склейку оставляют на строго горизонтальном столе на время необходимое для окончательного застывания клея. Существуют также однокомпонентные клеи, которые застывают при воздействии на них УФ, но их применение в данном случае не очень удобно, т. к. они быстро застывают, исключая тем самым возможность перемещения линз в процессе склеивания для достижения их правильного расположения относительно друг друга.