



Advanced Optics
Видению



Стюарт W. Singer
вице-президент
Schneider Optics, Inc.

Содержание

- **Функции передачи модуляции (MTF)**
 - Что это значит
 - Аберраци эффекты
 - е / число эффектов
 - Производственные эффекты
 - Как вы должны использовать его
- **Основные оптические аберрации**
- **Диафрагма (F / остановка)**
- **Оптические параметры**
- **Глубина фокуса / Глубина резкости**
- **Типы линз Дизайн и выбор формы**
 - Как изменить Типы объективов с рабочим расстоянием и крат
- **Проблемы объектива производительности**
 - Виньетирование
 - Как она используется для осуществления резолюции
 - Относительная освещенность
 - Cos⁴ Ослабевать



Содержание Cont ...

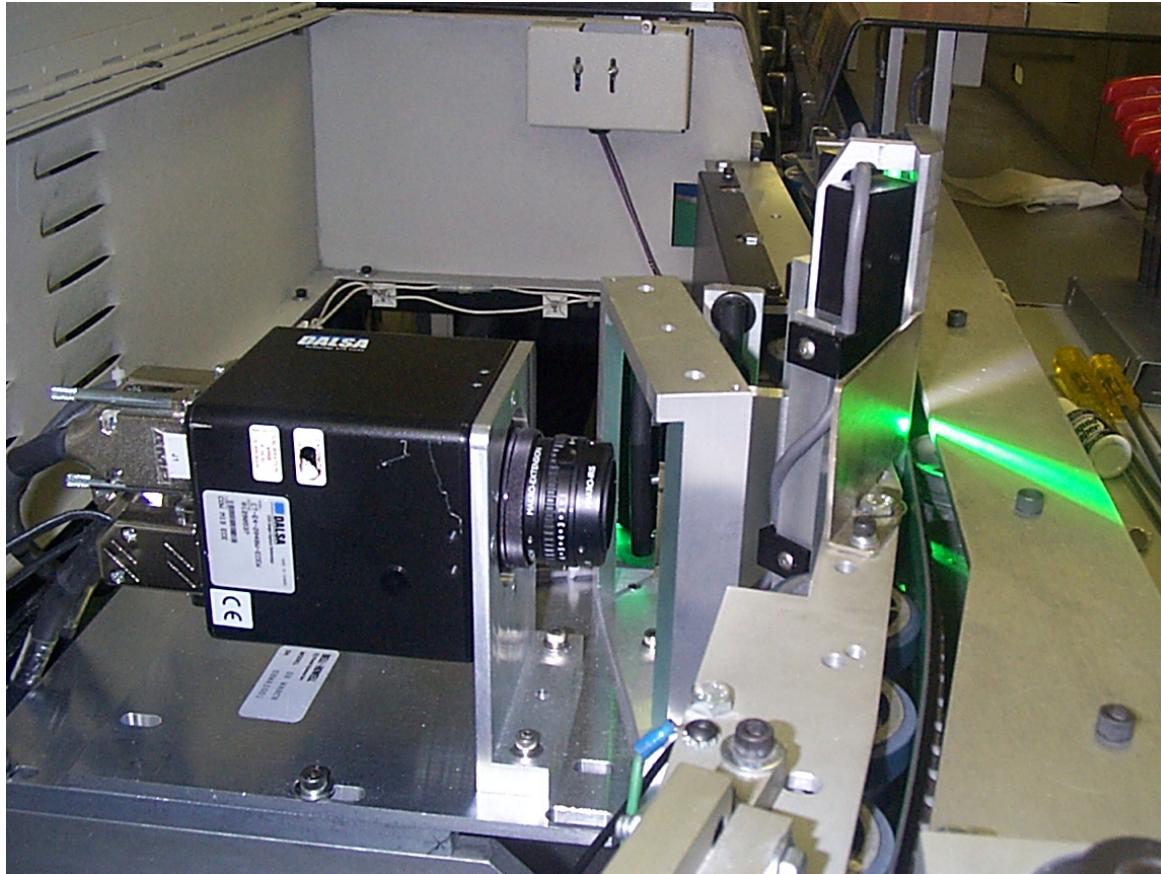
- **Мega Pixel - Датчики и линзы**
- **Выбор правильного объектива / типа для вашего приложения**
- **Микролинз (элементарные линзы)**
- **Изменение существующих конструкций и создание новых**
 - Что требуется,
 - Какую информацию необходимо принимать во внимание
 - Как получить то, что вам нужно
 - Общие временные линии
 - Требования к объему всей промышленности
- **Библиография**



Машинное зрение

Machine Vision (MV) ≡

Интерпретация образа объекта или сцены за счет использования оптических механизмов бесконтактного зондирования с целью получения информации и / или управления машинами или процессами.



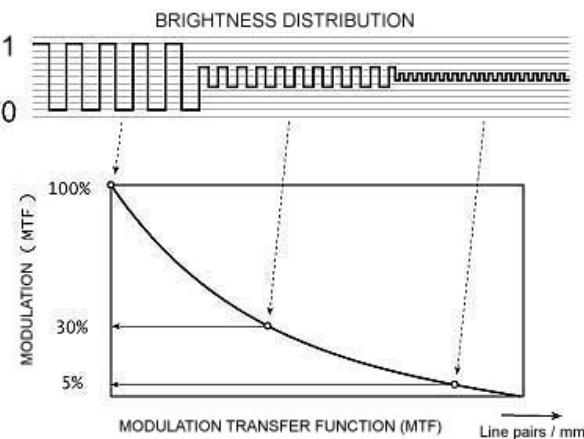
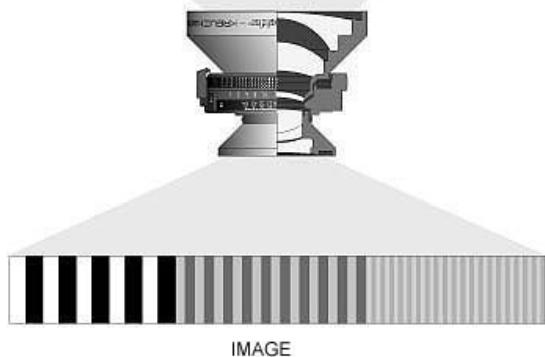
MTF / Производительность объектива

- **Функции передачи модуляции (MTF)**

- Что это
- Аберраци эффекты
- е / число эффектов
- Производственные эффекты
- Как вы должны использовать его



MTF прод ...



MTF (Modulation Transfer Function) описывает качество системы формирования изображения по резкости и контрастности.

яркость Распределение: 1 = белый 0 = черный модуляции (ФПМ)
= «разница в яркости» модуляции в зависимости от тоинны линий
(Количество пар линий / мм)

$$\text{Модуляция} = \frac{I(\text{MAX}) - I(\text{MIN})}{I(\text{MAX}) + I(\text{MIN})}$$

Интенсивность / Яркость

$$\text{Модуляция В Image MTF} = \frac{\text{Модуляция В Object}}{\text{Модуляция В Object}}$$

MTF-Radial и тангенциальная Ориентация

ФПЙ зависит от ориентации объекта структур. Поэтому ФПЙ, как правило, установленные для испытаний сеток, ориентированных в тангенциальном и радиальном направлении к оптической оси.

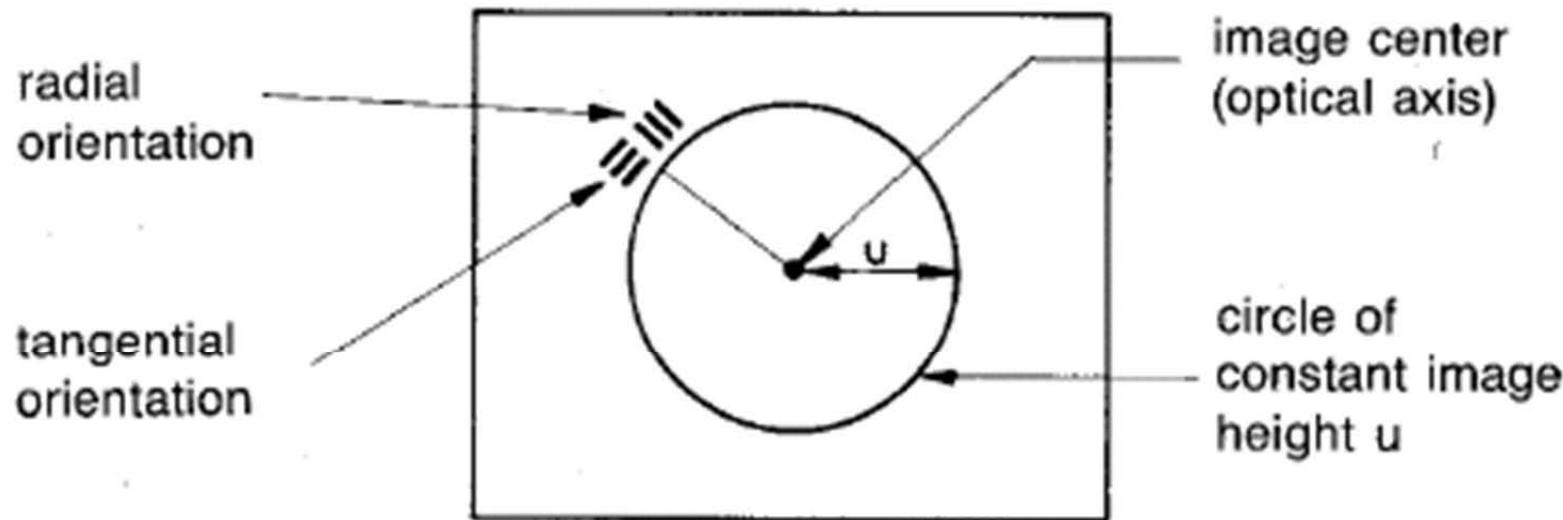
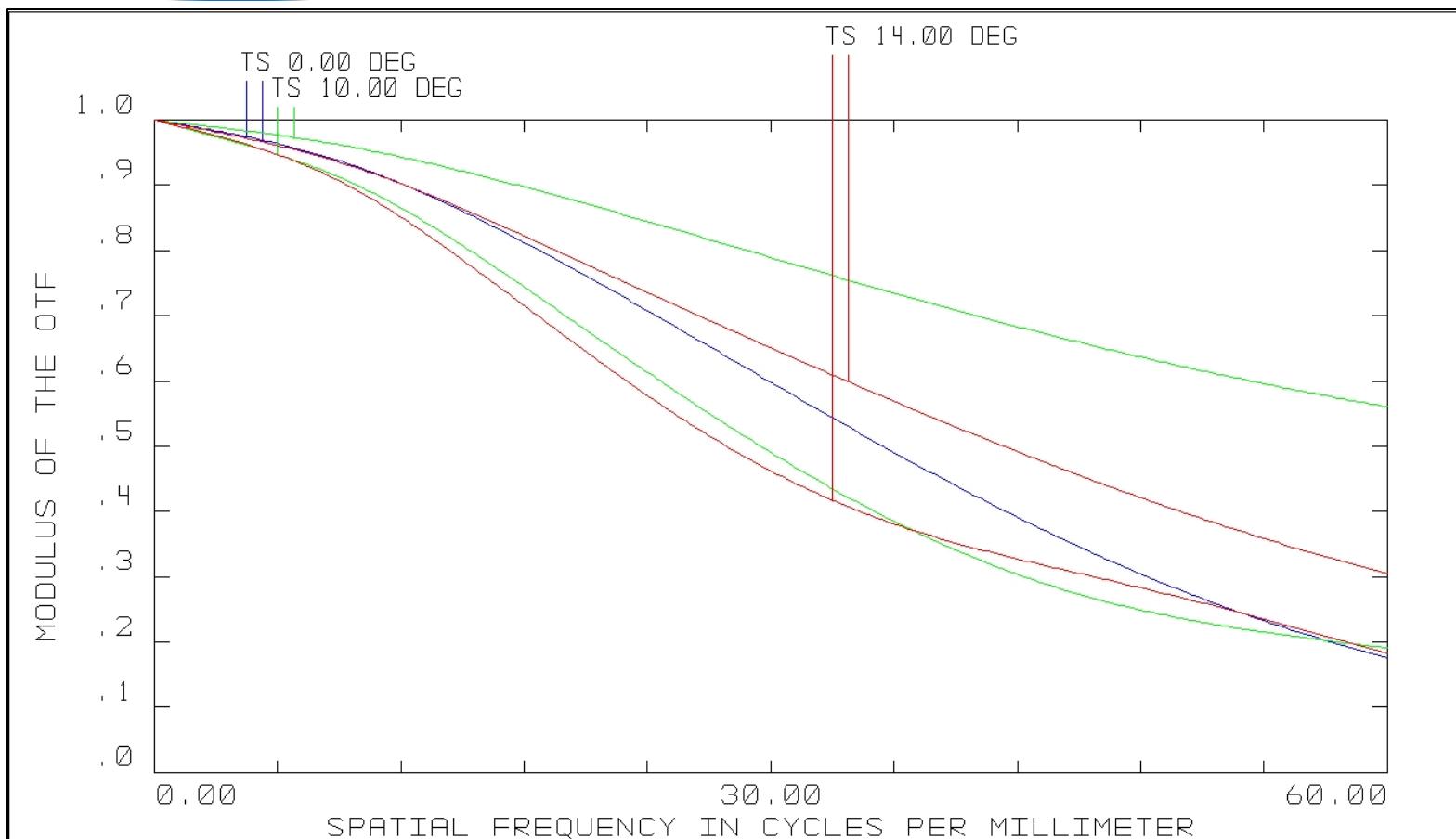


Figure 2
Radial and tangential orientation of object patterns.

Классический MTF Plot



POLYCHROMATIC DIFFRACTION MTF

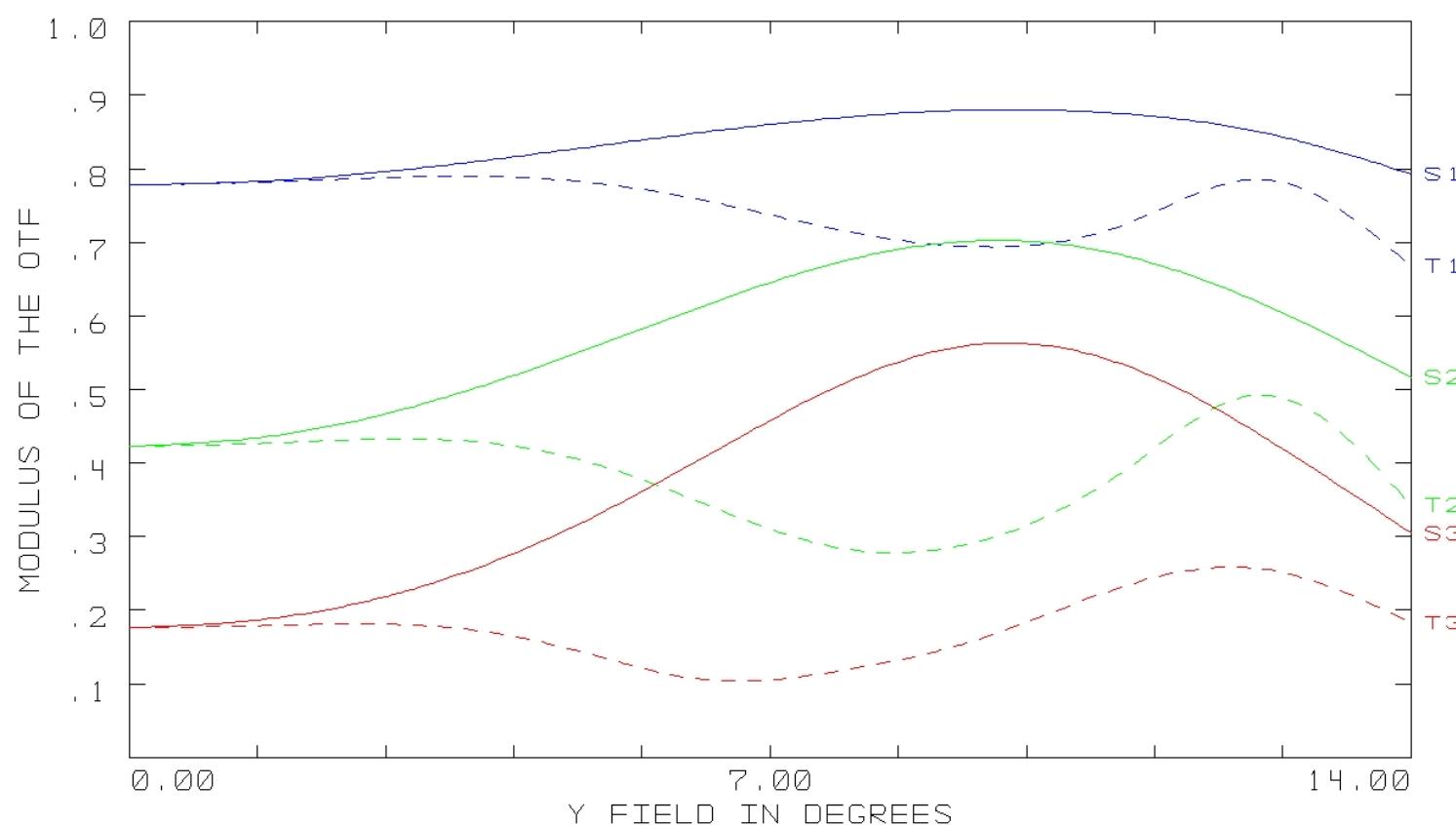
DOUBLE GAUSS
THU TUL 14 2005
DATA FOR 0.4861 TO 0.6563 μm .
SURFACE: IMAGE

SCHNEIDER OPTICS, INC.
STUART W. SINGER

DOUBLE GAUSS 28 DEGREE FIELD, ZMX
CONFIGURATION 1 OF 1



ФПМ в сравнении Высота изображения (ISO / DIN)



MTF VS. FIELD

DOUBLE GAUSS
THU JUL 14 2005
DATA FOR 0.4861 TO 0.6563 μm.
SPAT. FREQ 1 : 20.0000 CY/MM.
SPAT. FREQ 2 : 40.0000 CY/MM.
SPAT. FREQ 3 : 60.0000 CY/MM.

SCHNEIDER OPTICS, INC.
STUART W. SINGER

DOUBLE GAUSS 28 DEGREE FIELD, ZMX
CONFIGURATION 1 OF 1



Как контраст и разрешение Linked

- Разрешение и контрастность тесно связаны между собой.
- Разрешение определяется в определенном контрасте.
- Контраст описывает разделение интенсивности между черными и белыми.
- Для изображения появляются четко определенные черные детали должны появляться черные и белые детали должны появиться белыми.
- Чем больше разница в интенсивности между черно-белой линии, тем выше контрастность.
- Типичное ограничение контрастности 10-20% часто используется, чтобы определить разрешение системы формирования изображения ПЗС.
- Для человеческого глаза контраст 1-2% часто используется для определения разрешения.



Окончательный MTF (объектив качества)

- **Окончательный Lens System MTF состоит из целого ряда факторов:**

- Фактический дизайн линзы
- е / количество используемого
- Линза Производительность по фактической рабочей дистанции (увеличение)
- Производственные допуски / ошибки
- Фокус позиции
- Размер пикселя Будет обсуждаться
- контраст объекта
- Осветительные приборы
- Фактическое Размытие Circle
- Просветляющие покрытия / Вуаль Блик

Авторитетная оптическая компания должна быть в состоянии предоставить Вам с MTF допусками от Теоретических против того, что вас фактической покупки. Кроме того, должны быть предусмотрены другие параметры (например, очаговые допуски длиной, и т.д.).



MTF (Ideal против реальности)

Что MTF мне нужно в моем «Объектив»?

Типичные критерии для выбора объектива

обработать:

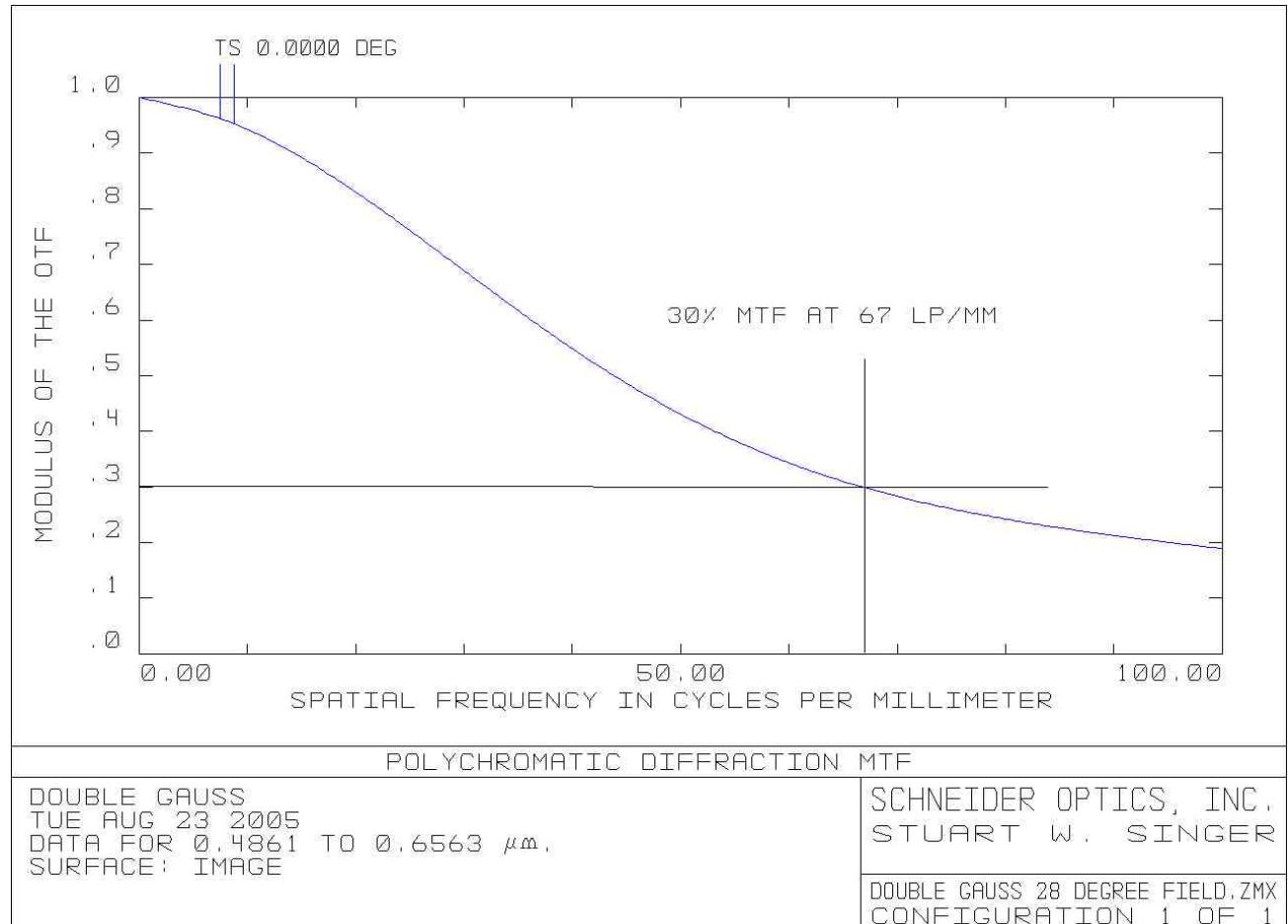
30% контраст при $0,67 * \text{частоты Найквиста}$

или

30% при частоте Найквиста (но
риск муара эффектов)

Заметка:

MTF системы в целом является продуктом ФПМ
объектива, MTF фильтра, камера MTF
и MTF электроники.



Разрешение преобразования

Лп / мм или Су / мм

→ Су / мрад

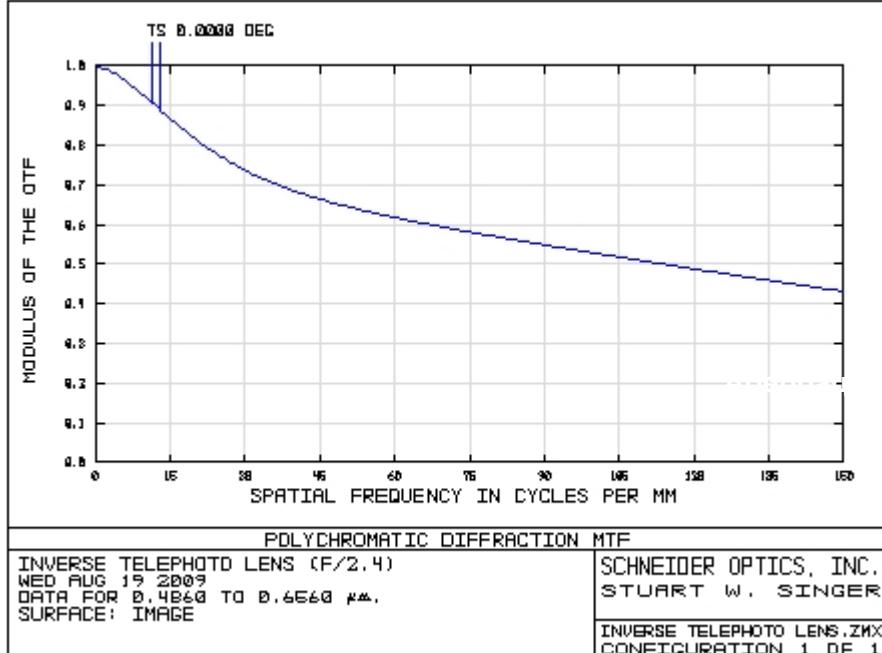
$$\text{Лп / мм} = \frac{1}{(\text{E}') \operatorname{Tan}[(1000) (\text{Су / мрад})]^{-1}}$$

$$\text{Су / мрад} = \frac{1 (1000) \operatorname{тан}^{-1}[(\text{Лп} / \text{мм}) (\text{F}')]^{-1}}{}$$

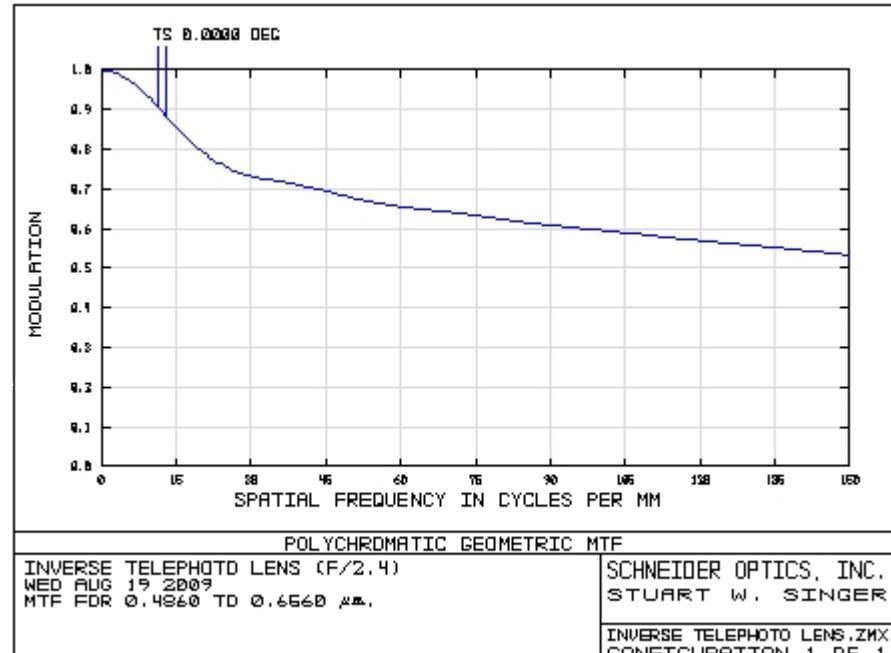
Примечание: Есть Калькулятор в режиме Радиан! Большинство оптических программы Дизайна могут сделать это преобразование



Дифракция против Геометрическая МТФ



Дифракция МТФ Полихроматическое



Геометрическая МТФ Полихроматическое

Заметка: Геометрическая МТФ составляет ок. 20%>

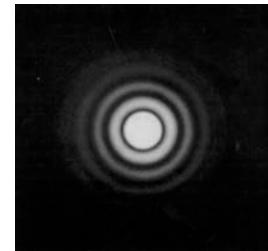
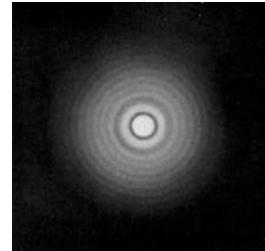
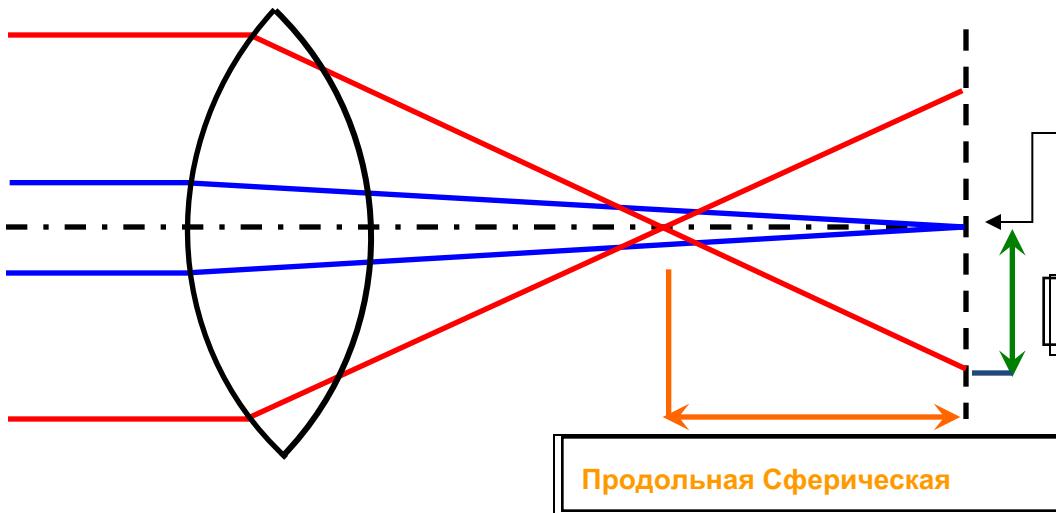


Основы оптических aberrаций

Основы оптических aberrаций



сферическая aberrация



Параксиальная Фокус =

Там, где свет бесконечно близко к оптической оси
придет сосредотачиваться

Поперечная Сферическая

Продольная Сферическая

сферическая aberrация **знак равно** может быть определена как изменение фокуса с апертурой.



сферическая aberrация



Нет Сферическая aberrация



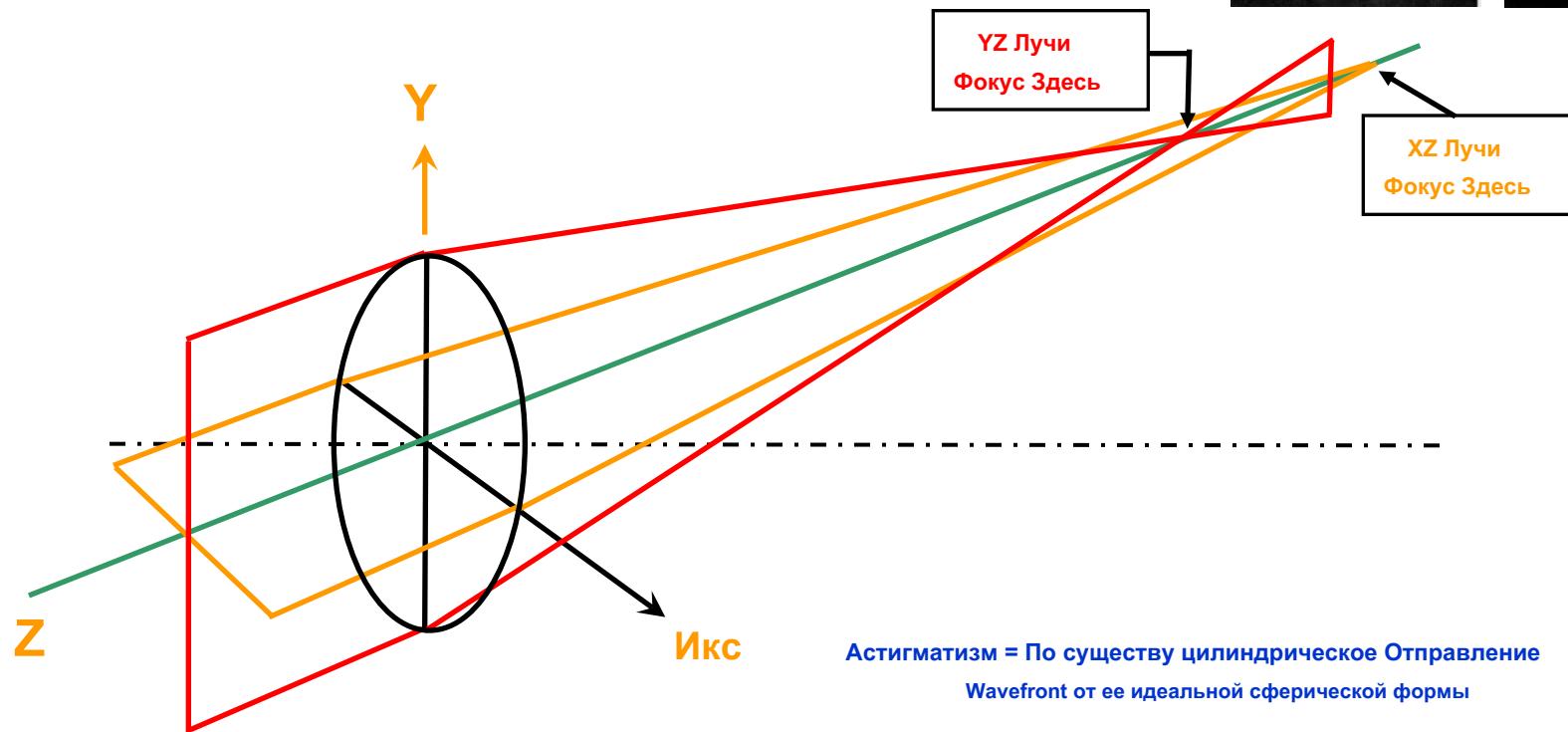
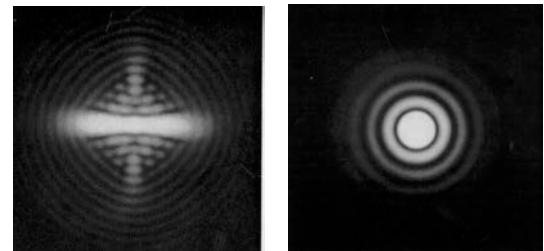
С сферической aberrацией



Астигматизм

Заработав астигматизм Результаты Image Когда свет в одной плоскости (YZ)

Сфокусирована В отличие от света в другой плоскости (XZ)



Астигматизм = По существу цилиндрическое Отправление
Wavefront от ее идеальной сферической формы



Астигматизм

Original

aio

Compromise

aio

Horizontal Focus

aio

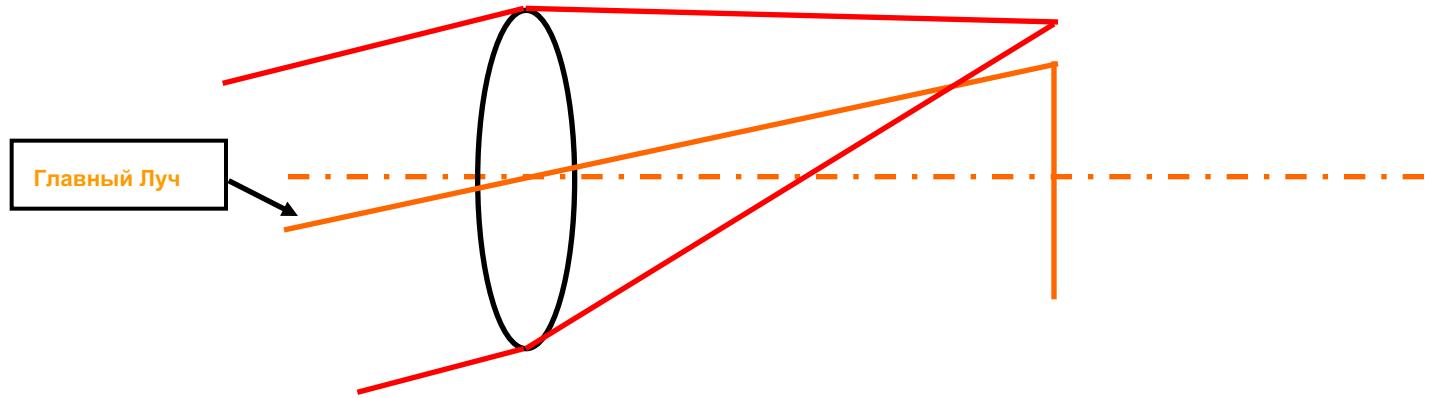
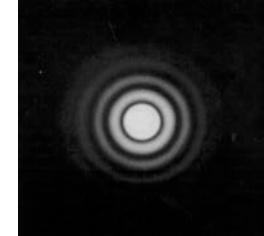
Vertical Focus

aio



КОМА

Кома: может быть определена как изменение
увеличение с апертурой.



- Центральный или главный луч, как правило, определяет высоту изображения
- Comatic изображения возникает, когда внешняя периферия линзы производит большее или меньшее увеличение, чем продиктовано главным Ray
- Кома может регулироваться путем сдвига остановки диафрагмы и выборочно добавляя элементы



КОМА



Нет Кома

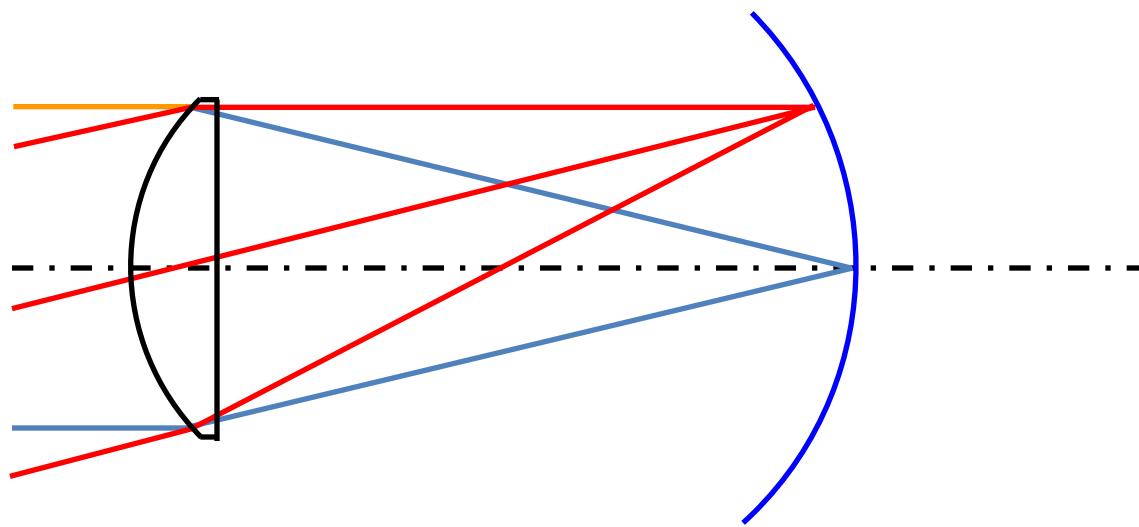


С Кома



поле Кривизна

При отсутствии астигматизма, изображение формируется на изогнутой Поверхность называется «Петцвалья» поверхность



Для одного элемента, как показано выше, Петцвалья Радиус
примерно в 1,5 раза фокусное расстояние

Это для стекла 1,5 показателя преломления



поле Кривизна



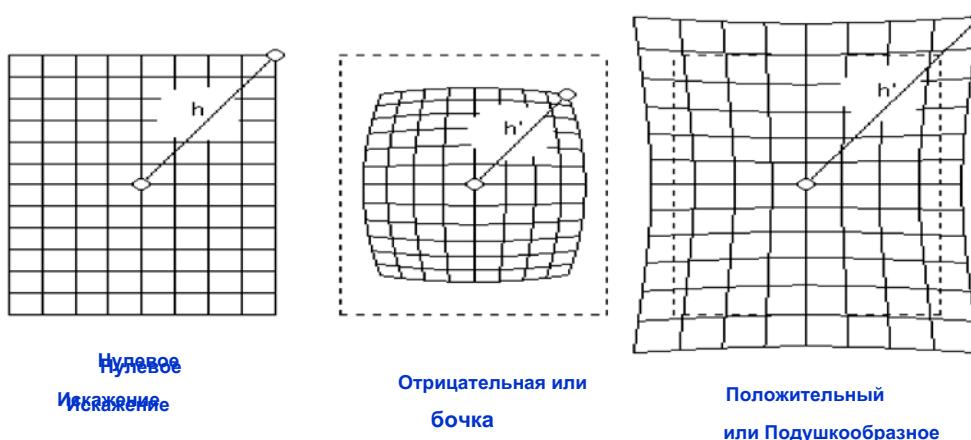
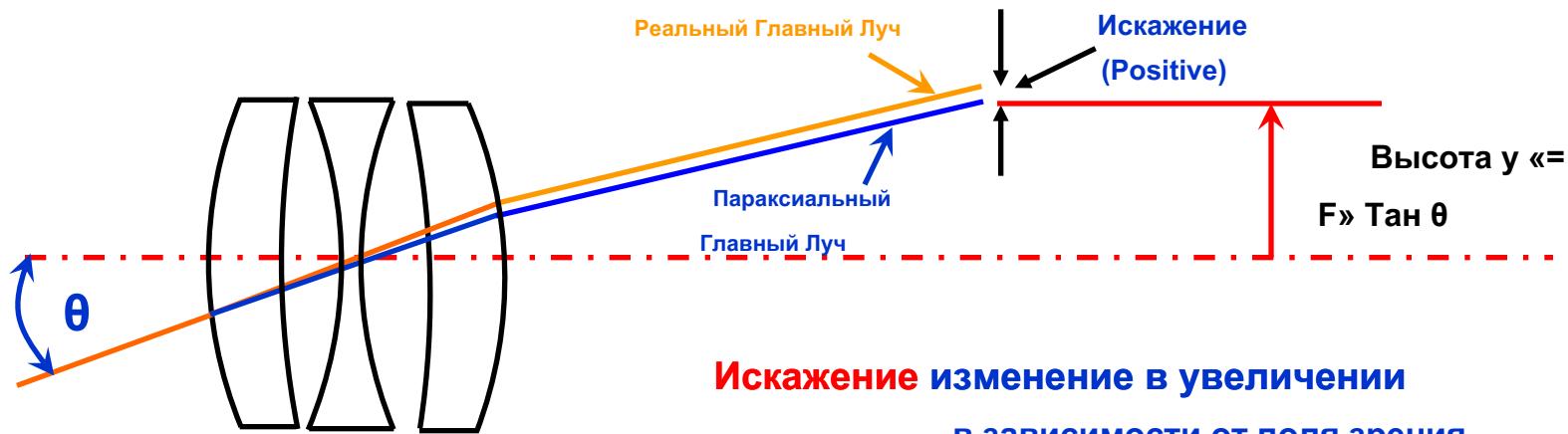
Нет Поля Кривизна



С поля кривизной



Геометрические искажения



Геометрические искажения

$$GD\% = \frac{\text{Ч»-ЧЧ}}{\text{---}} \times 100$$

* Заметка * GD (Positive = Pin & Negative = Barrel)

В проекции обратите внимание на эффект = разворот

ПРИМЕР

GD% = Процент Геометрическое искажение ч»= Фактическая

GD% = 10 ч

Высота изображения (искажение) включает в час = Высота

= 4,5мм

изображения (без искажения эффекта)

ч»= 4.95mm (фактическая высота изображения)

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



Геометрические искажения картинки



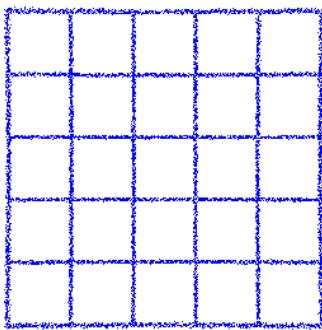
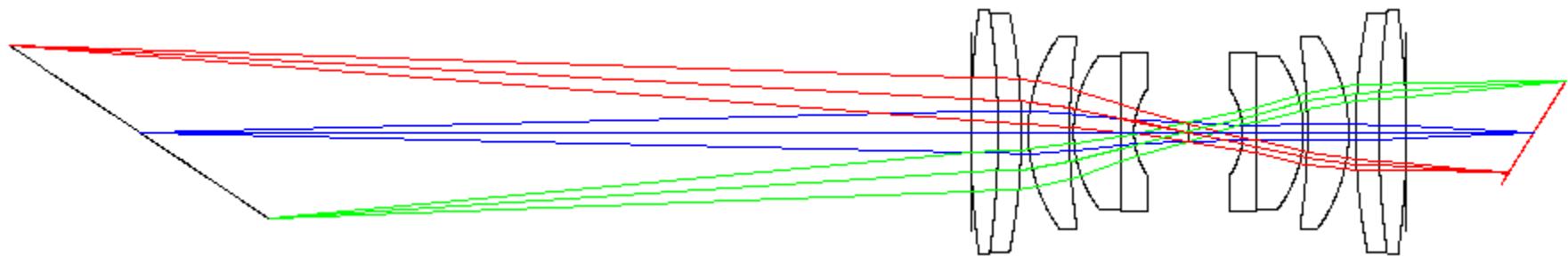
Нет геометрическое искажение



- 40% Геометрическое искажение

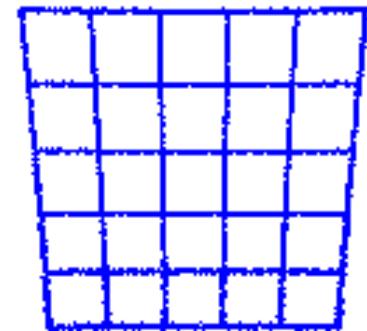


трапецидальных искажений

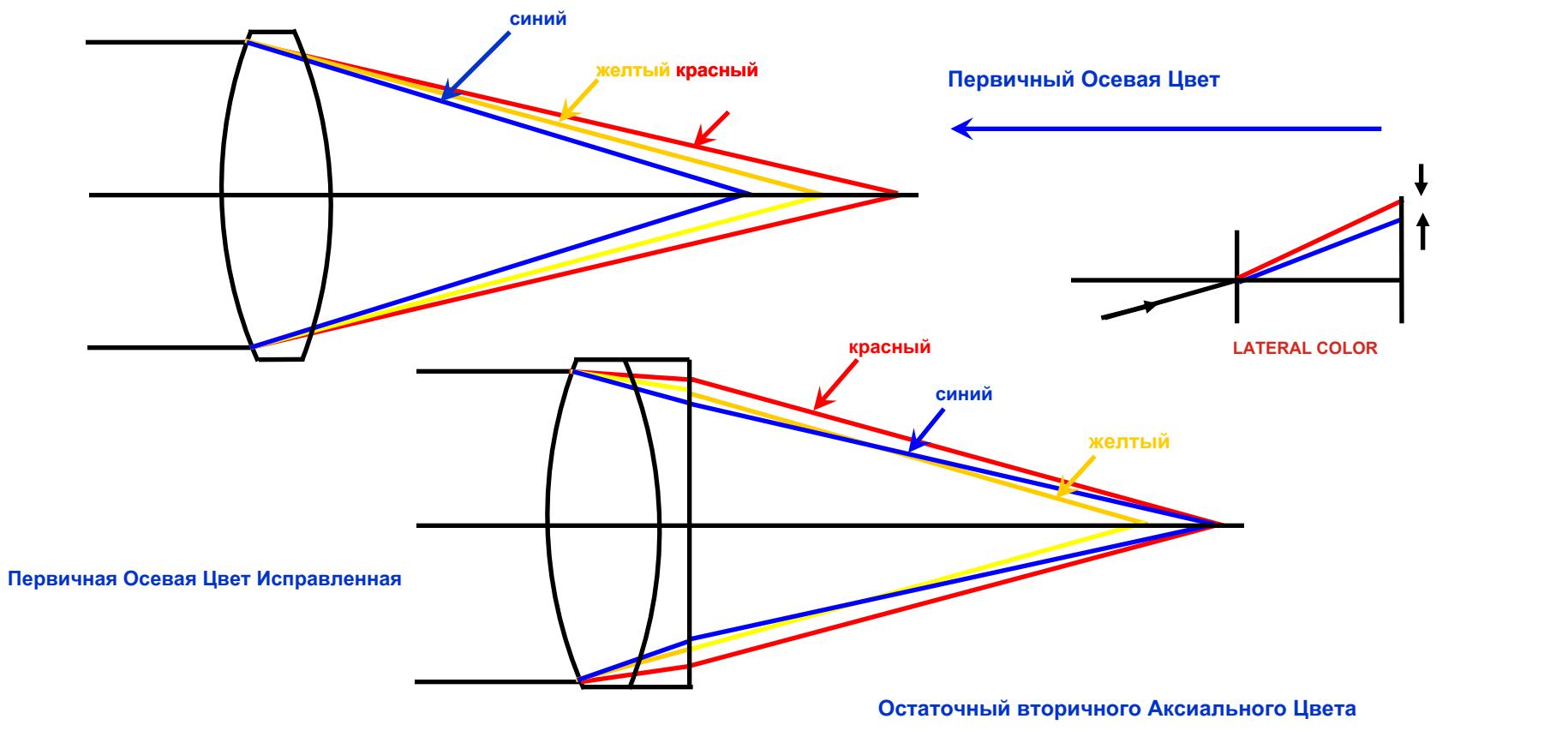


Введенный из-за геометрии между плоскостью изображения и плоскостью объекта.

Шаймфлюга состояние ... большой фокус
(продольное увеличение), изменение в увеличении
с полем ...



Осевая хроматическая (Продольный)



Хроматическая аберрация



Нет хроматических аберраций



С боковым Цветом

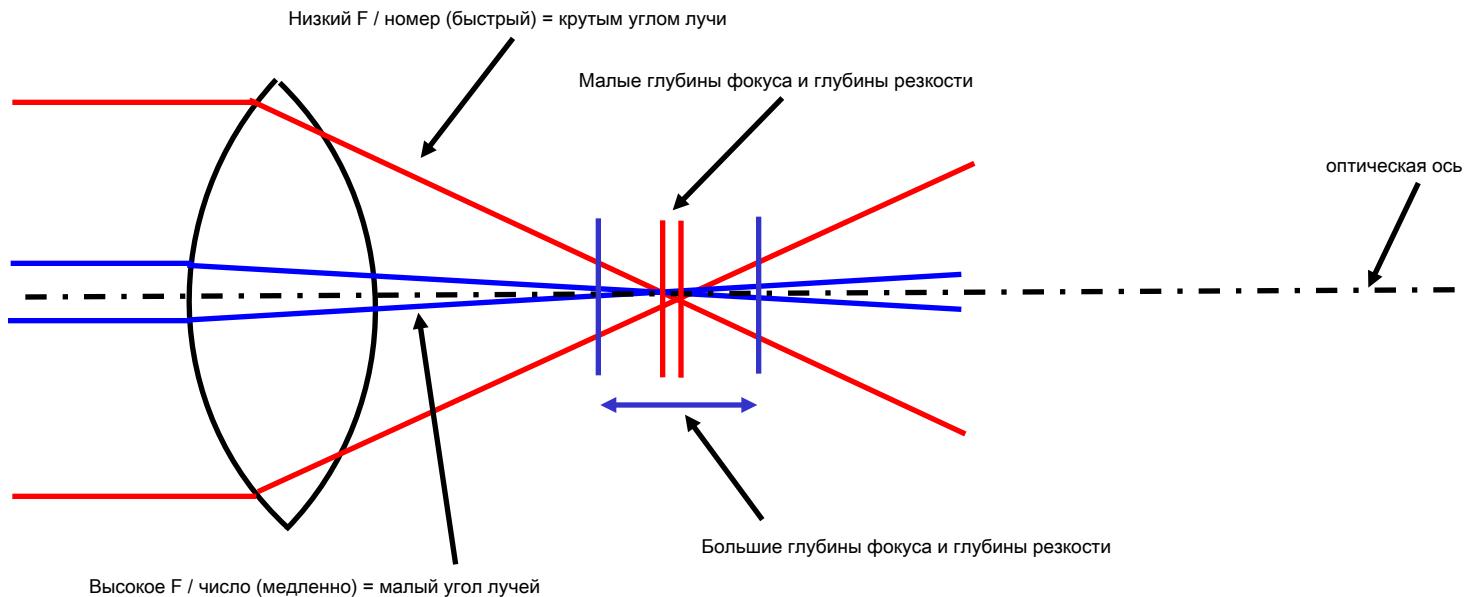


диафрагм

Диафрагма / диафрагмы



e / число и глубина фокуса / Field



e / # = Фокусное расстояние / зрачок Диаметр

Как ваш e / число устанавливается ниже, == быстрее больше апертура == больше света =
Меньшая глубина фокуса и меньшая глубина резкости

Как ваш F / число устанавливается выше = медленнее = меньше диафрагма = меньше света =
Большие глубины фокуса и глубины резкости

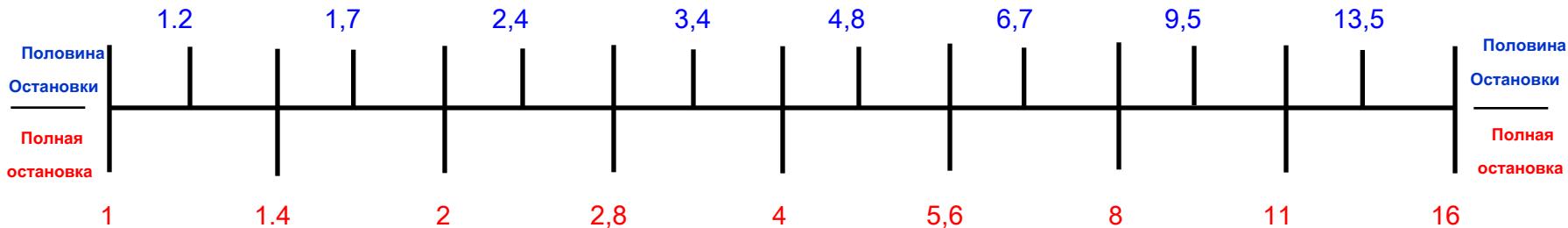


диафрагменные числа прод.

- Увеличение апертуры одной полной остановки удваивает количество света, пропускаемого объективом
- Уменьшение апертуры одной полной остановки уменьшает вдвое количество света, прошедшее через объектив

• Понижение F / число = Больше света

• Увеличение п / число = меньше света



Полные Остановки (продолжение.): 16, 22, 32, 45, 64, 90

Один полный оптический Stop = коэффициент 2x или 1 / 2x (количество света)



e / # против эф / F

Эффективное e / число (конечные системы)

Конечные системы - использовать
ваш EF значение для F / #

$$\text{эф} = (F / \#) (\beta'' + 1)$$

ПРИМЕР

$$F / 4.0 \\ \beta'' = 1 \text{ эф} = \\ 8.0$$

$$\text{эф}^* = F / \# [(\beta'' / \beta'^p) + 1]$$

Эффективное e / число должно быть использовано при расчете глубины резкости & глубины фокуса при визуализации «крупным планом» Объекты и / или низких увеличениях (1: 4 до 4: 1) и должен быть использован для любого расчета освещения

* = Используется, когда зрачок увеличение объектива известно



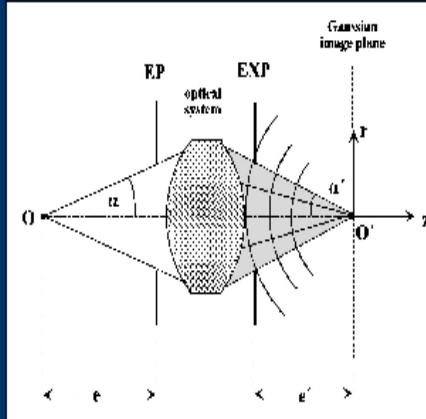
Оптические параметры

Оптические параметры



Airy Disk

Diffraction limited imaging: the Airy disc



For a point-like source the wave fronts on the object side are spherical waves and limited in their extent by the EP. On the image side these wavefronts are limited by the EXP. For a diffraction limited system these wavefronts are again spherical with their center in the image point O'.

Note: a diffraction limited (or perfect) optical system is given if the wavefront in the EXP deviates less than $\lambda/4$ from a sphere (**Rayleigh-criterium**)

Because of the limitation of the spherical wavefronts the image point is no more a point without extension but a blurred disc, the diffraction disc.

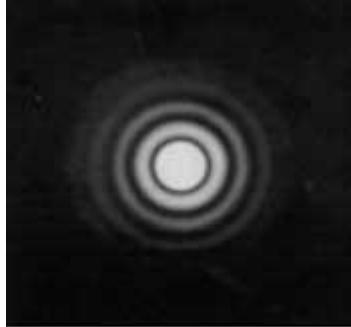
The extent of this disc depends (besides the wavelength λ) only on the form and extent of the limiting opening. For circular symmetric limitations (as usual in optics) the relative illumination distribution in the image plane is the so called **Airy disc**. For image points on optical axis this disc is rotationally symmetric.

$$\Theta = 2,44 \lambda F / \#$$

Thetas; $\approx 84\%$ Итого Энергия



Эйри диск Диаметр



$\lambda = 632.8\text{nm}$ (Красный = Гелий-неоновый) = 0.0006328mm

e / #

Диаметр диска Эйри

Диаметр диска Эйри

F / 1.0	0.00154mm	1.54μm
F / 1.4	0.00216mm	2.16μm
F / 2.0	0.00309mm	3.09μm
F / 2.8	0.00432mm	4.32μm
F / 4.0	0.00618mm	6.18μm
F / 5.6	0.00865mm	8.65μm
F / 8.0	0.01235mm	12.35μm
F / 11	0.01698mm	16.98μm
F / 16	0.02470mm	24.70μm

Диск Эйри является самой маленькой точкой луч света может быть сфокусирован. Диск содержит кольцо света уменьшается в интенсивности и, как представляется похож на кольца на мишени быков глаз. Центр яркое пятно содержит приблизительно 84% от общей энергии пятна изображения, 91% в пределах наружного диаметра первого кольца и 94% энергии в пределах наружного диаметра второго кольца и так далее

$$\text{ADD} = (2,44) (F / \#) (\text{длина волны})$$

Примечание: необходимо использовать все общие единицы - Длина волны должны быть в «мм»



Оптические Определения

Эйри диск =

Центральный пик (в том числе все к внутреннему первому нулевому или темному кольцу) фокального

Картина дифракции равномерно облучаемая, безаберрационная круговой оптической системы (объектив)

Круг Путаницы =

Изображение точечного источника, который появляется в виде окружности конечного диаметра из-за
расфокусировки или аберраций, присущих конструкции линз или качества изготовления

Размытие Circle =

Изображение, сформированное с помощью линзы на ее фокальной поверхности (плоскости изображения) точечного
источника объекта размер размытия окружности будет определяться точностью линзы и состояние фокусировки размытие может
быть вызвано аберраций в линзе, расфокусировки и производственных дефектов

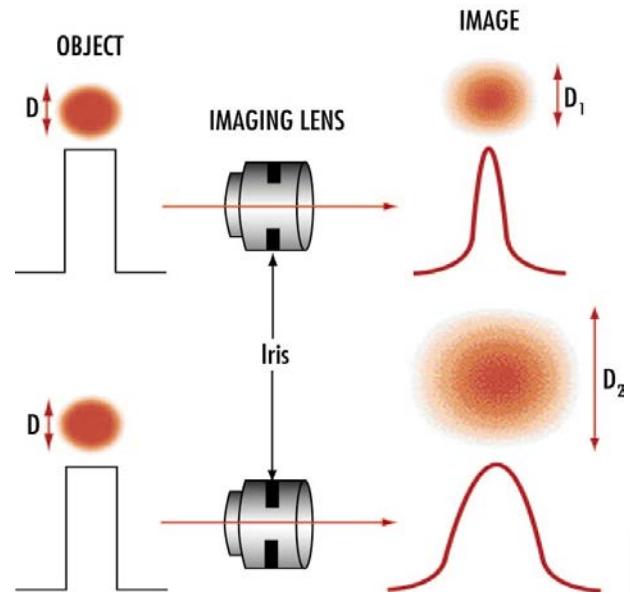
e / число (F / #) = Выражение, обозначающее отношение эквивалентного фокусного расстояния объектива

к диаметру является входным зрачком. Нижние e / # на хорошо исправленную линзе = малого размер пятна в плоскости
изображения - Larger e / # = большего размера пятна в плоскости изображения



Как это повлияет на производительность дифракция?

- Даже не полностью разработан и изготовлен объектив может точно воспроизвести детали и контраст объекта.
- Дифракция будет ограничивать производительность идеального объектива.
- Размер апертуры будет влиять на дифракционный предел линзы.
- $e / \#$ описывает сбор света способность объектива изображения (нижняя $F / \#$ линзы собирают больше света).
- При уменьшении апертуры линзы, $F / \#$ увеличивается.



УВЕЛИЧЕНИЕ (β)

$$\beta' = y' / \Gamma$$

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы

ПРИМЕР

β'' = Увеличение

$y'' = 4,4 \text{ мм} (1/2 \text{ ПЗС длины})$

$y'' = 1/2 \text{ Высота изображения (ПЗС длина)}$

$y = 50 \text{ мм} (1/2 \text{ FOV})$

$y = 1/2 \text{ объекта Высота (1/2 FOV)}$

$\beta'' = 0,088$

$1 / \beta'' = 11.36x$

Уменьшение объекта

При $r < 1,0$ = (Уменьшение размера объекта)

При $r > 1,0$ = (Увеличение размера объекта)

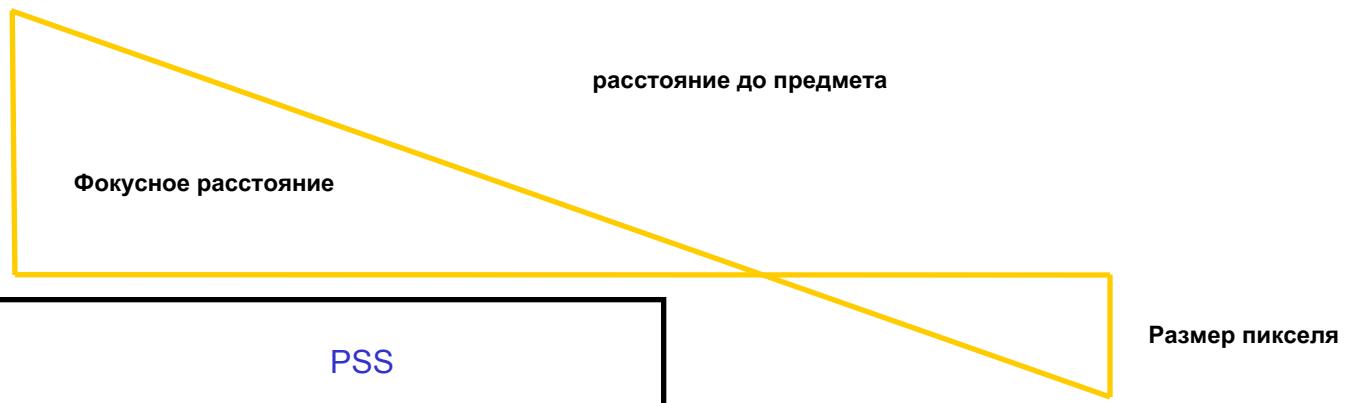


Увеличение (ПСС)

- Pixel Sampled Размер (ПСС) знак равен Footprint одного пикселя в пространстве объектов.

Размер пикселя (PS)

$$\text{Увеличение} = \beta \gg = PS / PSS$$



Примечание: Может быть использован также для - CCD Размер / Фокусное расстояние = FOV / Объект Расстояние

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы

Увеличение / Разрешение DPI

Типичные сканирования документов Спецификация



256 точек на дюйм

1 (точек на дюйм) = $1/256 = 0,003906$ дюйм = 1 точка

$$0.003906'' / 0.03937 = 0,099229$$

$$1 \text{ точка} = 0.09922 \text{mm}$$

$\beta'' = PS / PSS$
 $\beta' = 0,013 / 0,09922 \quad \beta' = 0,13102$
 $1 / \beta'' = \text{уменьшение } 7.63x$

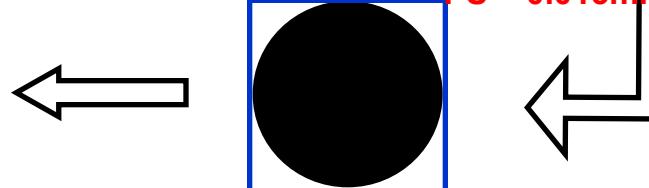
объекта Увеличение

Pixel Sampled Размер (PSS) знак равно
0.09922mm
След пикселя в пространстве

Датчик (пример)

Размер пикселя (PS) = 13 микрон

$$PS = 0.013 \text{mm}$$



1 пиксель будет Пример 1 Dot



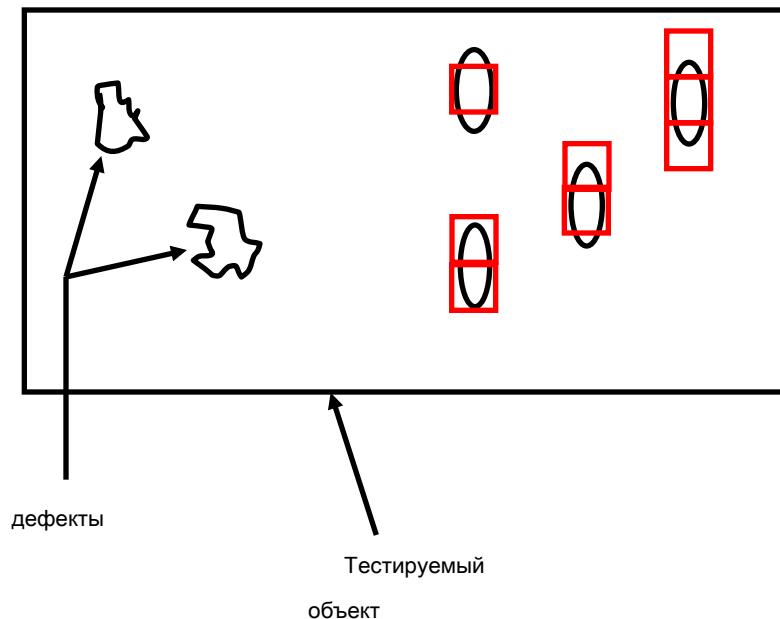
Разрешение (Объект / изображение)

Минимальный размер дефекта

Сколько пикселей мне нужно Накройте (образец)
наималейший Дефект Я пытаюсь решить?

пиксель Sampled Размер (в пространстве объекта) = PSS

Объект Решенный Расстояние (ORD) = 2 (ПСС)



РАССМАТРИВАТЬ

- 1) Каков размер самого маленького дефекта / объекта
Я пытаюсь решить?
- 2) Каков размер моего Pixel?
- 3) Сколько пикселей мне нужно сделать, чтобы решить мой
маленький дефект?
- 4) Пункты 1,2,3 сверху определяют мое
оптическое увеличение!

Пример: Почему я не могу рассчитывать листы стопки бумаги?

Типичный Минимум = 2 пикселя к образцу
On / Off нужно найти Грань



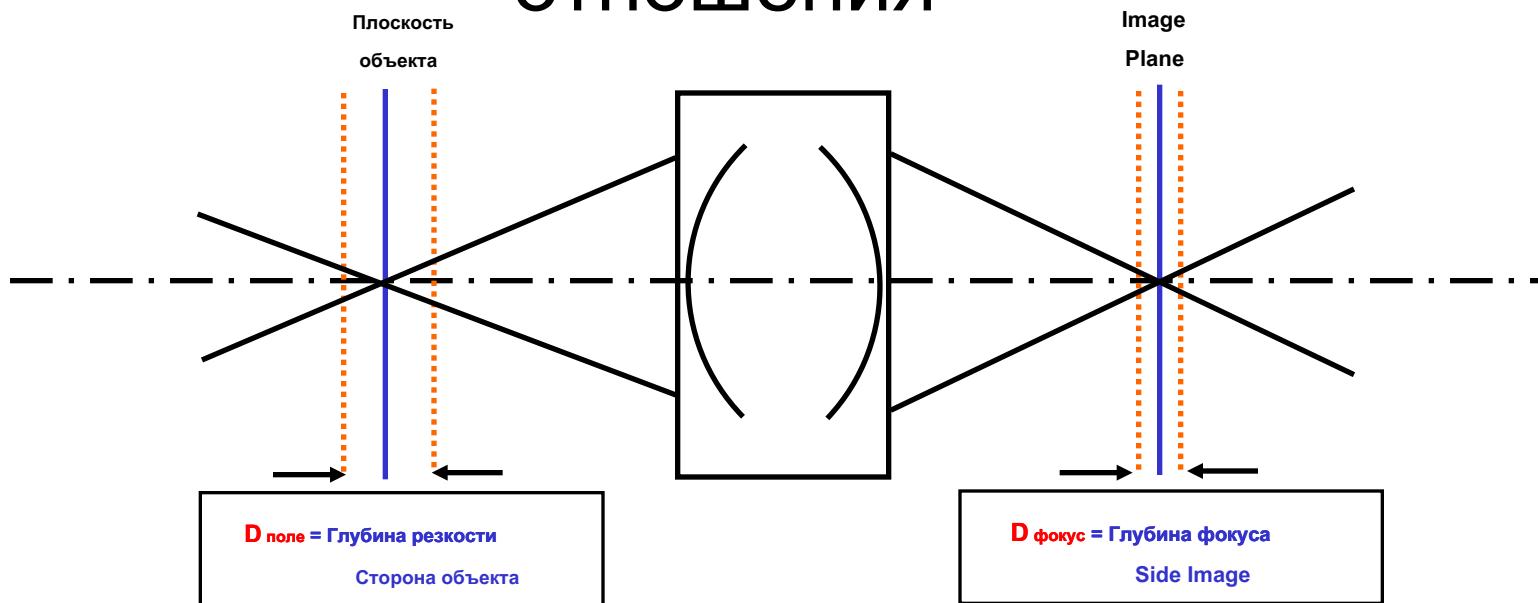
Глубина резкости и глубины фокус

Глубина резкости и глубины фокуса



Глубина резкости / Фокус

отношения



$$D_{\text{фокус}} = (\beta')^2 \times D_{\text{поле}}$$

Типичная линза для сканирования документов:

Фокусное расстояние = 50 мм

F / # = 2,8 Размер

пикселя = 0.013mm Увеличение

= 0,14286

(7x уменьшение)



$$D_{\text{фокус}} = 0.08\text{mm}$$

$$D_{\text{поле}} = 4.04\text{mm}$$



Гиперфокальное Расстояние

Расстояние до объекта, при котором камера должна быть направлена так, чтобы

Дальний Глубина резкости просто простирается до бесконечности.

$$H = \frac{(E')_2}{(E / \#) (c)}$$

ПРИМЕР

Фокусное расстояние (F') = 50 мм

F-Number ($F / \#$) = 5,9 кружок нерезкости (c)

= 0.010mm

т.е. размер пикселя или любое значение

$H = 42,373\text{mm}$

Используя «метод» Гиперфокальное Distance лучше всего, когда вы знаете только самое близкое расстояние, что ваш объект будет от вашего объектива / камеры; дальнее расстояние может быть от там до бесконечности

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



Глубина резкости (Дальний)

Глубина резкости знак равно Сумма, на которую объект может быть сдвинут перед приемлемым

размытие производится.

Глубина резкости (Far) =

$$\frac{(H) \times (a) H -}{(a - e')}$$

H = Гиперфокальное Расстояние

e»= Фокусное расстояние a = фокусное
расстояние (расстояние от объектива передней
узловой точки
к основной плоскости фокуса
на объективе)

ПРИМЕР

e»= 50 мм a =

1000 мм H =

42,373mm

FYI - Глубина резкости (FAR & NEAR) Уравнения должны

быть использованы для объектов, которые лежат между

(300 мм до 2500 мм) от

объектива камеры /

FAR = 1,023mm

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



Глубина резкости (Около)

Глубина резкости знак равно Сумма, на которую объект может быть сдвинут перед приемлемое размытие производится.

Глубина резкости (Near) =

$$\frac{(H) \times (a) H +}{(a - e')}$$

H = Гиперфокальное Расстояние

e»= Фокусное расстояние a = фокусное
расстояние (расстояние от объектива передней
узловой точки
к основной плоскости фокуса
на объекте)

ПРИМЕР

FYI - Глубина резкости (FAR & NEAR) Уравнения должны
быть использованы для объектов, которые лежат между
(300 мм до 2500 мм) от
объектива камеры /

e»= 50 мм a =
1000 мм H =
42,373mm

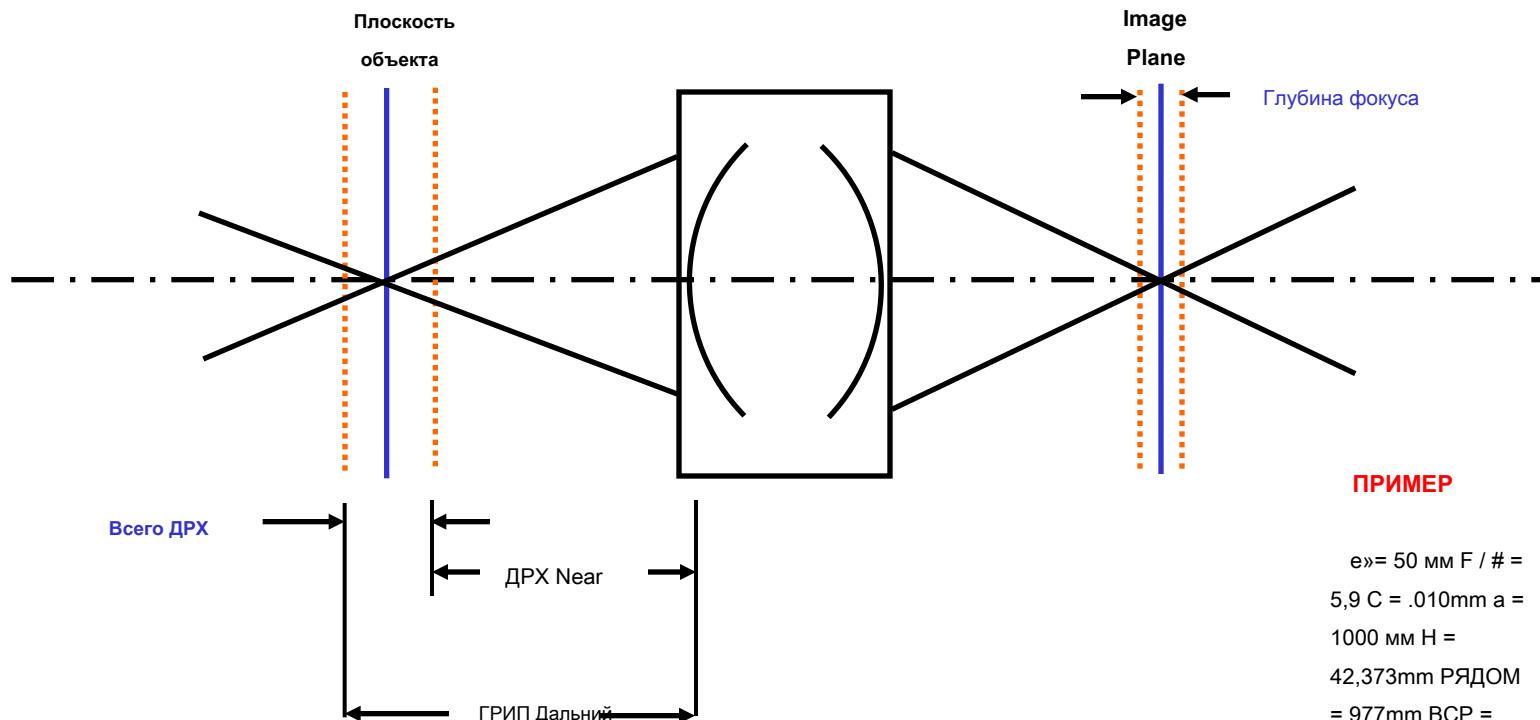
РЯДОМ = 977mm

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



Глубина резкости Продолжение ...

Общая глубина резкости = FAR - NEAR



ПРИМЕР

$e» = 50 \text{ мм}$ $F / \# =$
 $5,9 C = .010\text{mm}$ $a =$
 $1000 \text{ мм} H =$
 $42,373\text{mm РЯДОМ}$
 $= 977\text{mm BCP} =$
 $1,023\text{mm}$

ВСЕГО = 46мм



Глубина резкости (продолжение).

Используются для съемки крупного плана объектов расстояния и когда ваше увеличение известно.

Глубина резкости (Total) =

$2C (EF) (\beta$

)₂

ПРИМЕР

Эффективная е / число

$\beta \gg$ = Увеличение EA =

C = кружок нерезкости (диаметр)

т.е. Размер пикселя или любое значение

$EF = 8,0 \beta \gg =$

$0,5 C =$

0.010mm

Глубина резкости = 0,64 мм

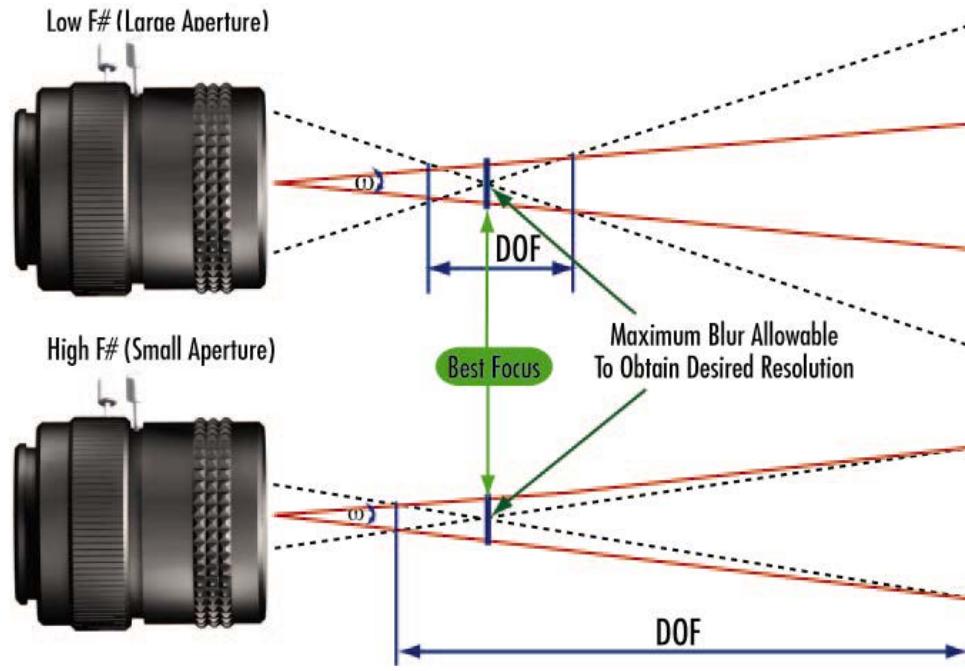
* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



Как можно проемы быть использованы для

Повышение глубины резкости?

- Если мы выражаем нашу решимость в качестве углового допустимого размытия (ω) мы можем определить глубину резкости в геометрической прогрессии.
- Ниже мы видим, как две линзы с различной F / # s имеет очень разные значения DOF.



Примечание: Увеличение F / # против размера пятна

Иллюстрация заимствована из Smith, Modern Optical Engineering: проектирование оптических систем, Нью-Йорк, McGraw-Hill, 1990

Edmund Optics



Дополнительные очки Помнить

- DOF часто рассчитывается с использованием дифракционного предела, однако это часто испорчено, если объектив не работает на пределе дифракции.
- Увеличение F / #, чтобы увеличить глубину резкости может ограничить общее разрешение системы визуализации. Таким образом, ограничение применения должно быть рассмотрено.
- Альтернатива вычисления глубины резкости, чтобы проверить его для конкретного разрешения и контрастности для приложения.
- Изменение p / # также могут оказывать влияние на относительное освещение и общее разрешение системы освещенности изображения получается.
- Общее правило - я использую (2 x размеры пикселя) для моего круга нерезкости



Глубина фокуса

Глубина фокуса знак равно это величина, на которой изображение может быть смешен в продольном направлении относительно некоторой плоскости отсчета и не ввести не более приемлемого размытия.

λ

Глубина фокуса ($1 / 4\lambda$ ОРД) = ±

$2n \text{ грех } z U_m$

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы

λ = Длина волны света

N = Индекс Заключительной среды

Воздух = 1,0

U_m = Окончательный Склон

Маргинальный Ray

U = арксинус (HC)

ОРД = оптический путь Difference

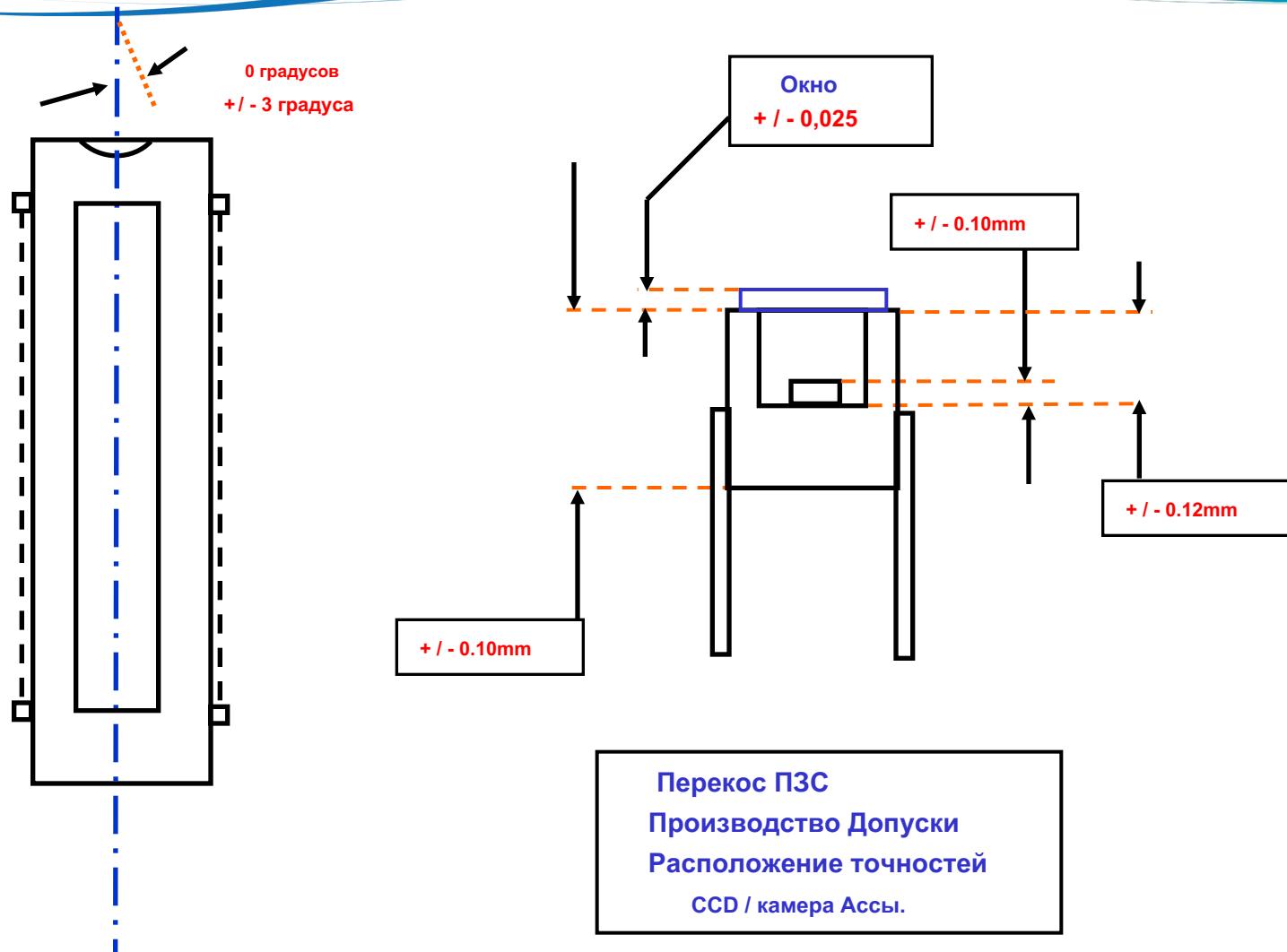
Глубина фокуса = ± ($e / \#$) (Размер пикселя)

IFF λ = Видимый свет

Пожалуйста, имейте в виду, $e / \#$ против EF / F #



Датчик / камеры выравнивания допусков



Датчик / камеры выравнивания допусков

Типичная Активная Длина (2y ') линейные и TDI Датчиков:

2k = 20.48mm 4k =

40.96mm 6k =

43.01mm 8k =

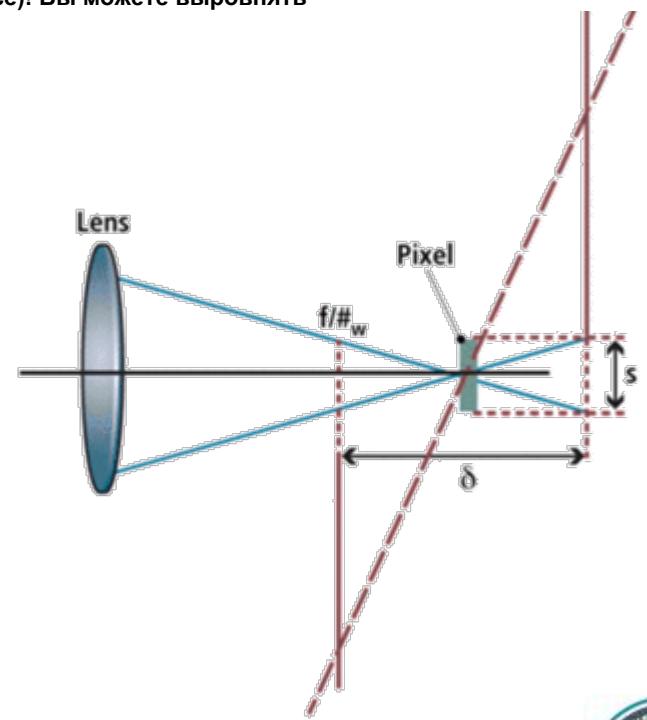
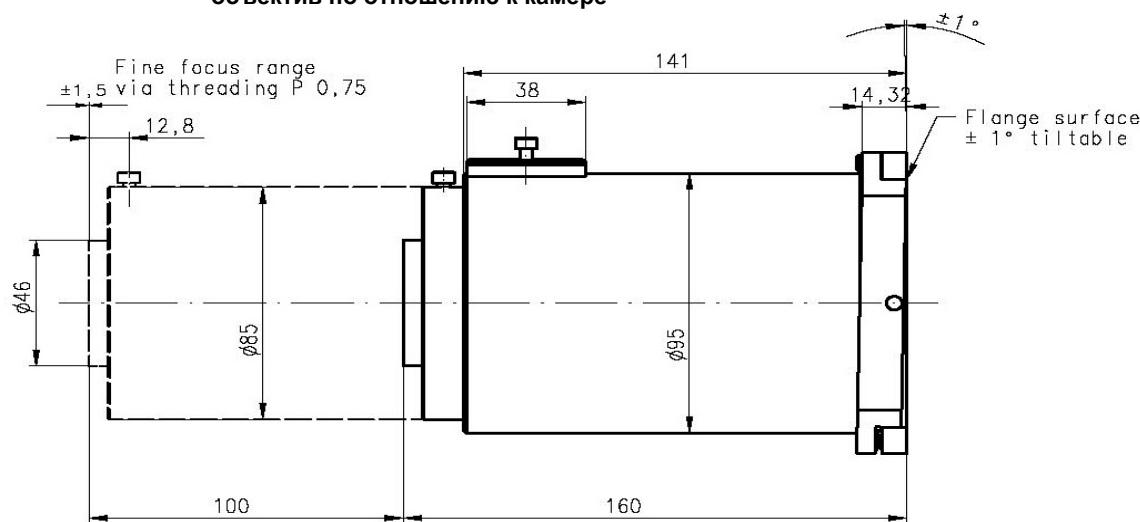
57.34mm 12k =

86.02mm

Внимание должно быть сделано до критического выравнивания требуется между
Объектив для CCD / камеры Ассы.

Невозможно изменить выравнивание ПЗС корпуса камеры (объектива Interface)! Вы можете выровнять

объектив по отношению к камере



Датчик может быть наконечником по отношению к системе линз. Красные черточки представляют собой отдельные пиксели; сплошная красная линия указывает на точку, в которой расфокусировка конусов света, полученного с помощью линзы становится больше, чем пиксели, создавая из фокуса изображений вне этих точек. При добавлении достаточного количества пикселей и выравнивание не является совершенным, система станет расфокусированным.



Типы линз Дизайн

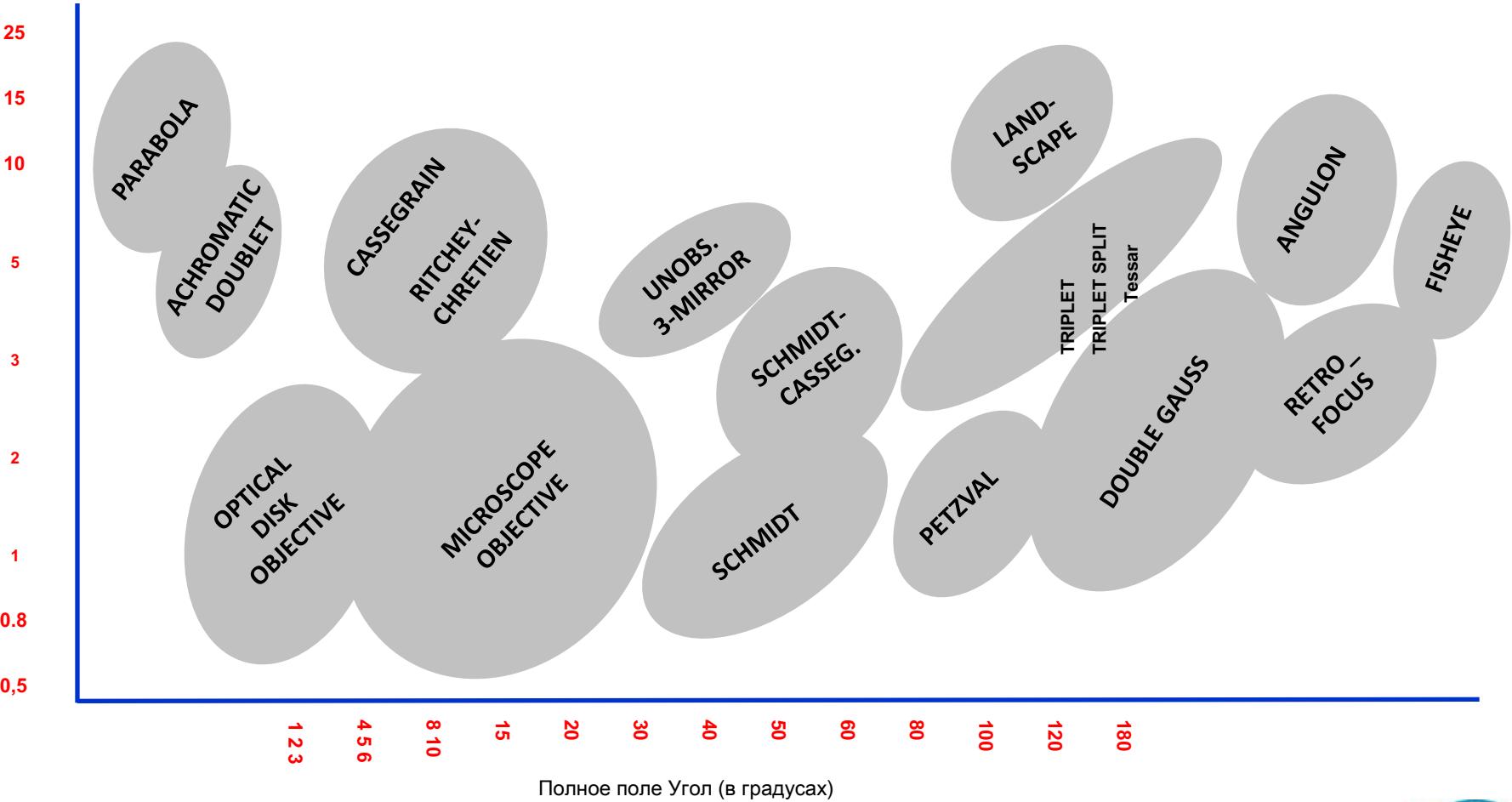
Типы линз Дизайн и выбор формы

Как объектив Формы изменить с рабочим расстоянием и крат



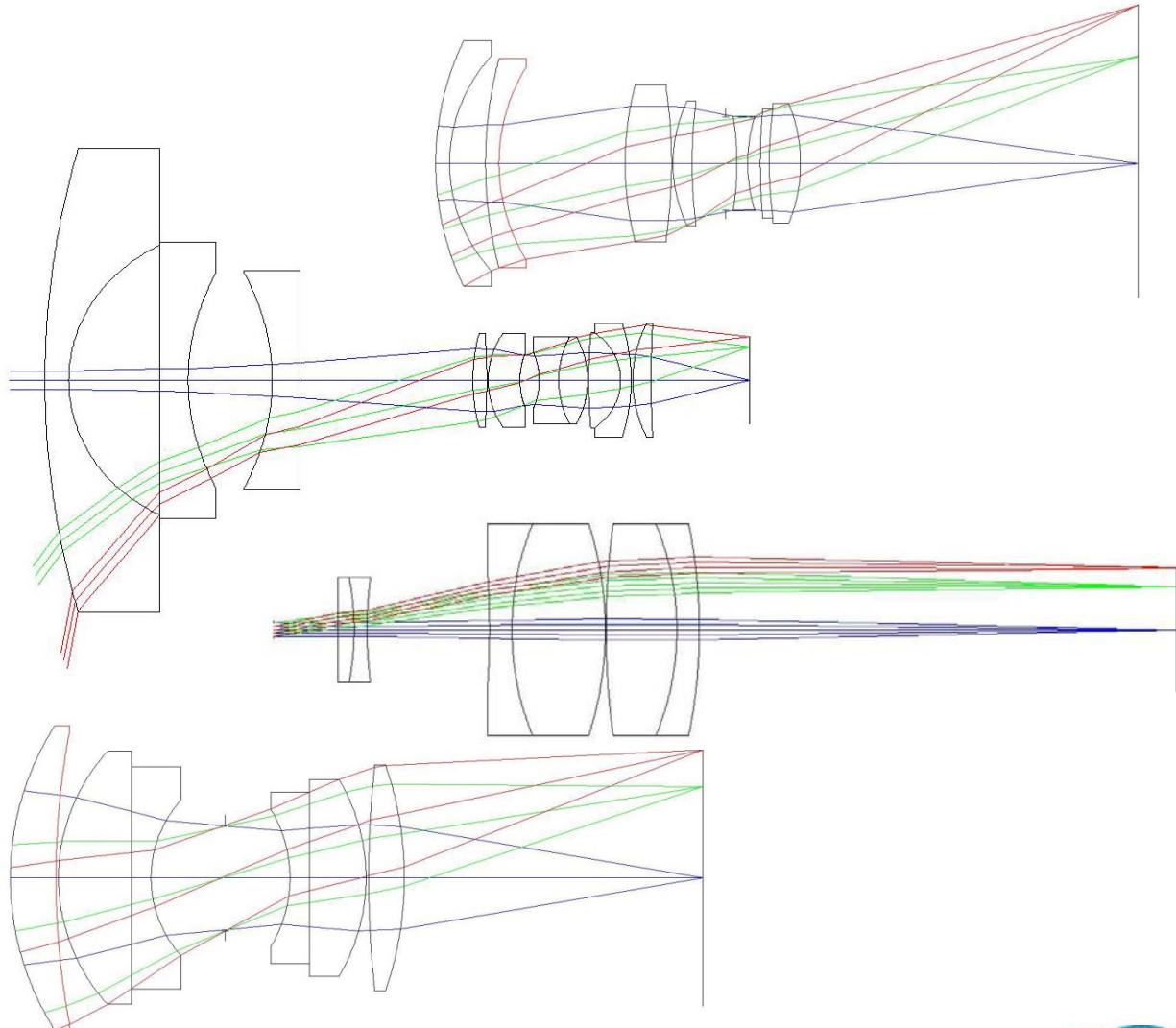
ОБЪЕКТИВ ДИЗАЙН ВИДЫ

e / # =



Машинное зрение (возможно) Типы объективов

- Телецентрические
- макрос
- Макро Наезд
- Наезд
- Широкоформатная Взятие
- Рыбий глаз
- телевизионный
- Обратные Telephoto
- Retrofocus
- Зеркало / линзовый
- Микро
- афокальные
- Очень широкий угол
- Реле
- Двойной Гаусс
- Петцвалья
- F-Theta
- проекция
- Расширения
- цилиндр Anamorphic
- Дублеты
- Тройняшки
- И Т.Д.....



Проблемы объектива производительности

Проблемы этого фактора в объектив
дизайн / производительность



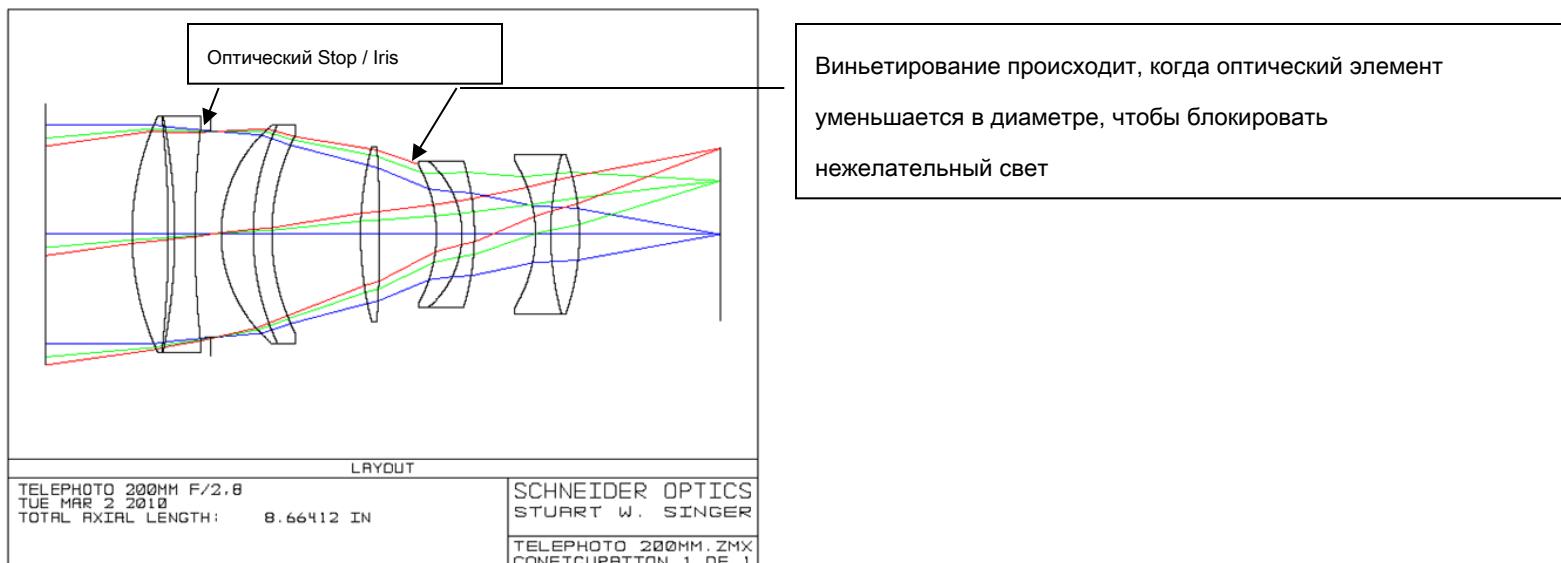
Виньетирование

Виньетирование = В оптической системе, постепенное уменьшение освещенности, что и

внеосевой угол увеличивается, в результате ограничений апертуры элементов (или механических ограничений) в пределах системы линз.

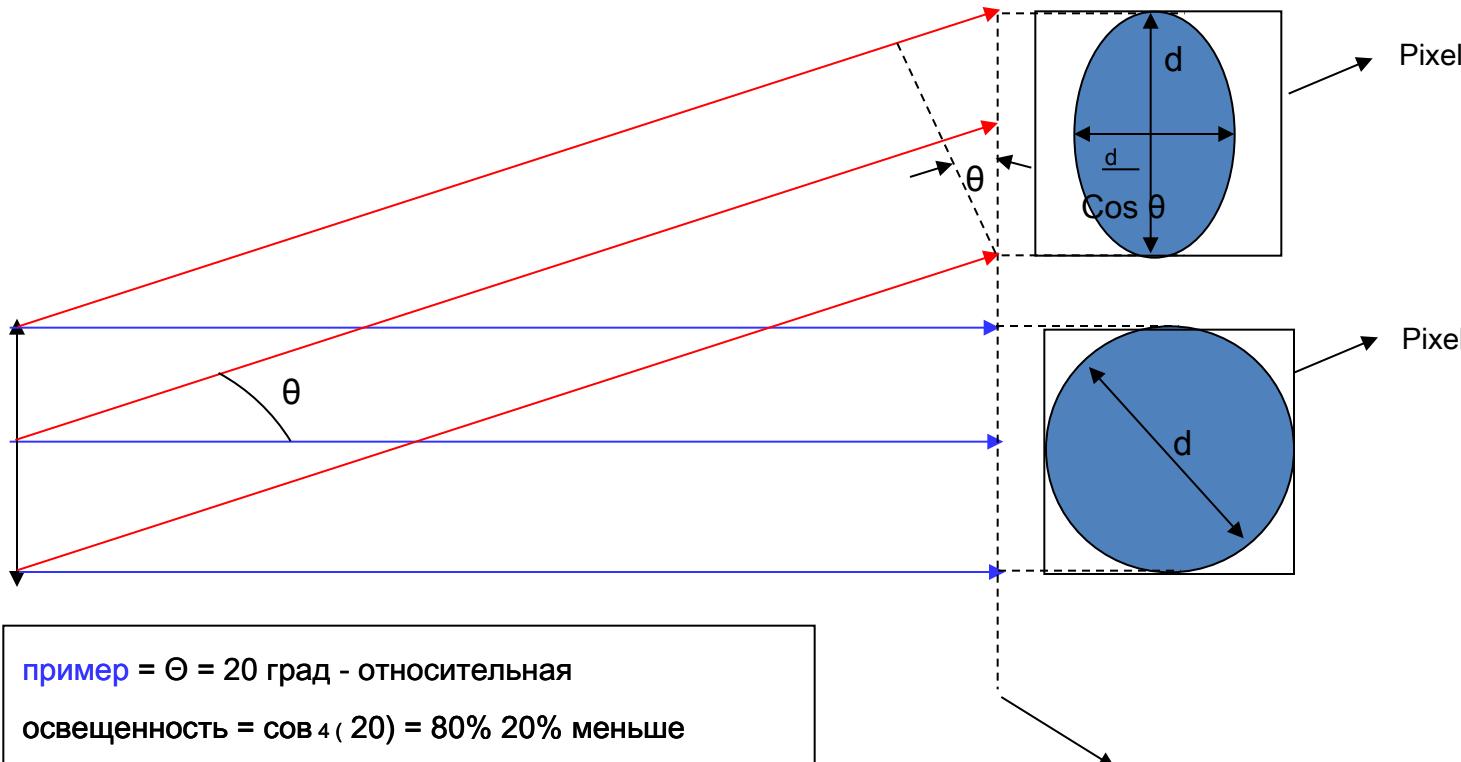
Lens Design Tool или Trick =

Иногда дизайнер линз вызывает виньетирование преднамеренно блокируя некоторые из внеосевых лучей с целью получения большей внеосевой производительности. Это не влияет на луч вблизи оптической оси. Меньше свет падает на месте области вне оси / изображений, создавая большой размер пятна (выше F / #), но создает лучшее изображение на наказании в виде потери света.



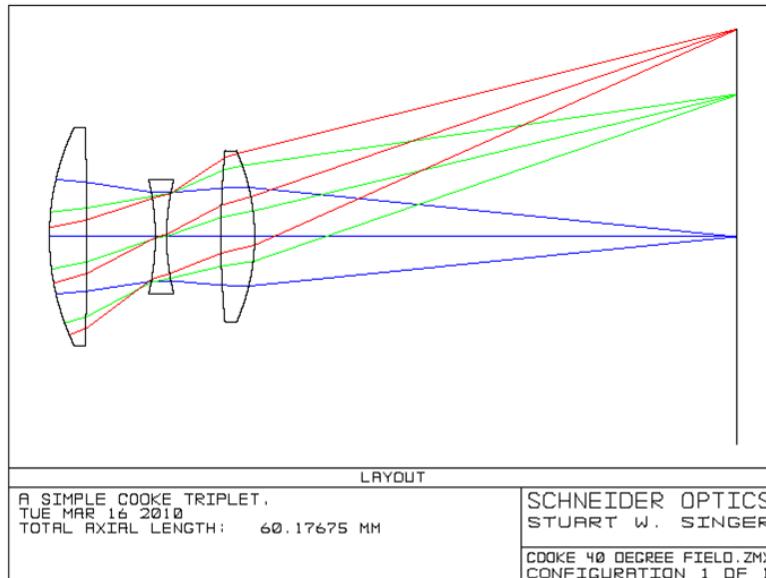
Cos 4 Ослабевать

Косинус Четвертый закон знак равно Формула, указывающая, что для системы линз формирования изображения, яркость изображения для выходных точек оси будет падать на пропорциональную скорость к COS^4 от угла оси прочь.

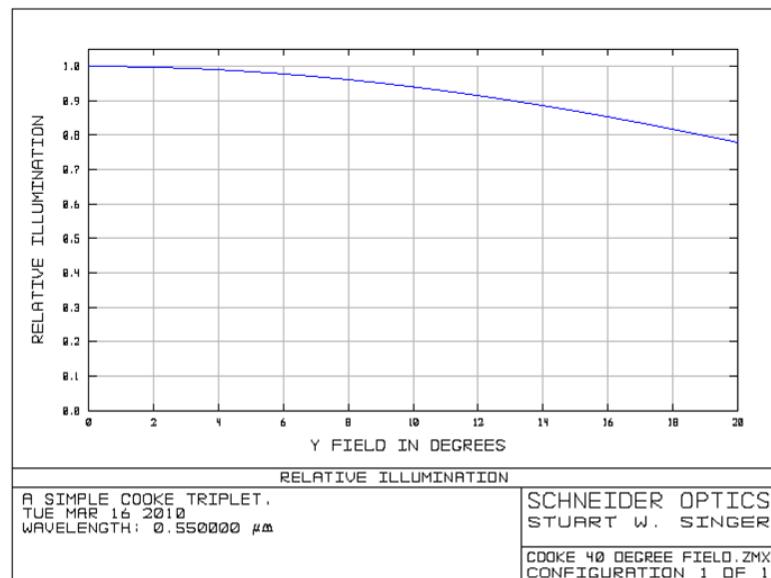


Относительный освещение

Относительная освещенность знак равенства $\propto \cos^4 \theta$ замечает во внимание $\cos^4 \theta$ потери и виньетирования и, как правило, построены и часть вашего пакета производительности объектива / данных



TFOV = 40 град = +/- 20 град.



Относительная освещенность немного ниже 80% из-за малые факторы виньетирования в конструкции линзы



Относительная освещенность прод

Спад освещенности в% от оптической оси до максимальной высоты изображения - также называется виньетирование.

Различают естественное виньетирование, которая зависит от \cos^4 угла поля (не может быть предотвращено) и те, которые намеренно реализованы дизайнером оптики, в частности, для линз с высокими относительными отверстиями.



ОРИГИНАЛ



25%
спад



50%
спад



75%
спад



Рассеянный свет

Рассеянный свет:

Также известен как выражение рассеянного света.

Рассеянный свет вызван отражениями внутри оптической системы.

По тщательному матированию (чернение) края линз и обработкам канавок или матированию внутренних механических частей, рассеянный свет может быть дополнительно уменьшен.

Качество просветляющих покрытий

Хорошие системы линз имеют паразитную светосилу меньше, чем **3%**.



оригинал



6%



12%



24%

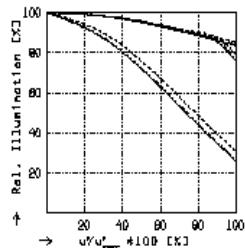
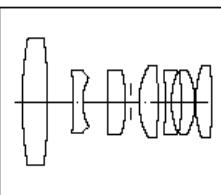


Изменения объектива производительности с

(Рабочее расстояние / Увеличение)

CINEGON 1.0/16

$f' = 18.4 \text{ mm}$ $\delta_f = 2.591$
 $s_f = 11.1 \text{ mm}$ $s_{EP} = 17.4 \text{ mm}$
 $s'_f = 18.5 \text{ mm}$ $s'_{EP} = -24.1 \text{ mm}$
 $HH' = 12.0 \text{ mm}$ $z d = 37.5 \text{ mm}$

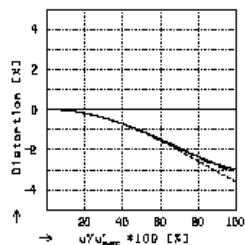


RELATIVE ILLUMINATION

The relative illumination is shown for the given focal distances or magnifications.

$f / 1.8$ $f / 4.0$ $f / 8.0$

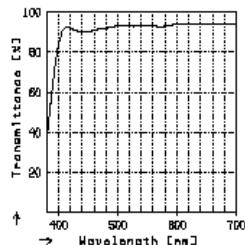
— $\delta' = 0.0000$ $u'_{\max} = 8.0$ $00^* = \infty$
 - - $\delta' = -0.0200$ $u'_{\max} = 8.0$ $00^* = 867.$
 - · - $\delta' = -0.1000$ $u'_{\max} = 8.0$ $00^* = 211.$



DISTORTION

Distortion is shown for the given focal distances or magnifications. Positive values indicate pincushion distortion and negative values barrel distortion.

— $\delta' = 0.0000$ $u'_{\max} = 8.0$ $00^* = \infty$
 - - $\delta' = -0.0200$ $u'_{\max} = 8.0$ $00^* = 867.$
 - · - $\delta' = -0.1000$ $u'_{\max} = 8.0$ $00^* = 211.$



TRANSMITTANCE

Relative spectral transmittance is shown with reference to wavelength.

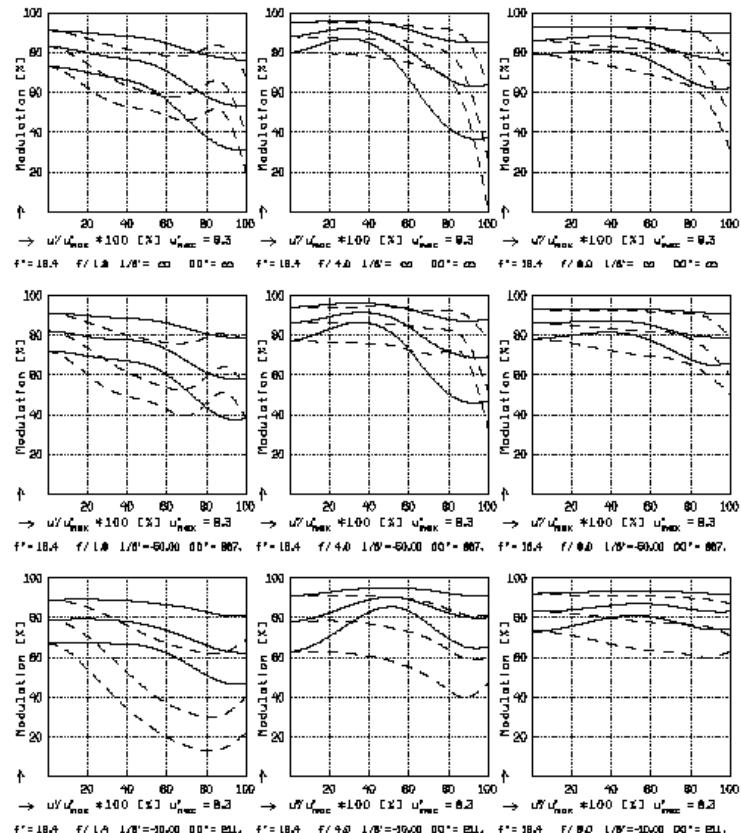
Jos. Schneider Optische Werke GmbH
 Ringstrasse 132 55543 Bad Kreuznach Germany

CINEGON 1.0/16

MODULATION with reference to the relative Image height

Wavelength λ [nm] : 555 655 605 505 455 405
 Spectral weighting CxJ : 19.6 23.7 22.2 15.7 12.1 6.7
 Spatial frequency R [1/mm] : 10 20 30
 Format Cm X mm : 9.6 X 12.8
 Diagonal 2u' Cm : 18.0

radial ——
tangential - - -



Focusing : MTF_{max} at $f / 1.8$, $R = 30$ 1/mm, $u/u_{\max} = 0$



Основные данные объектива

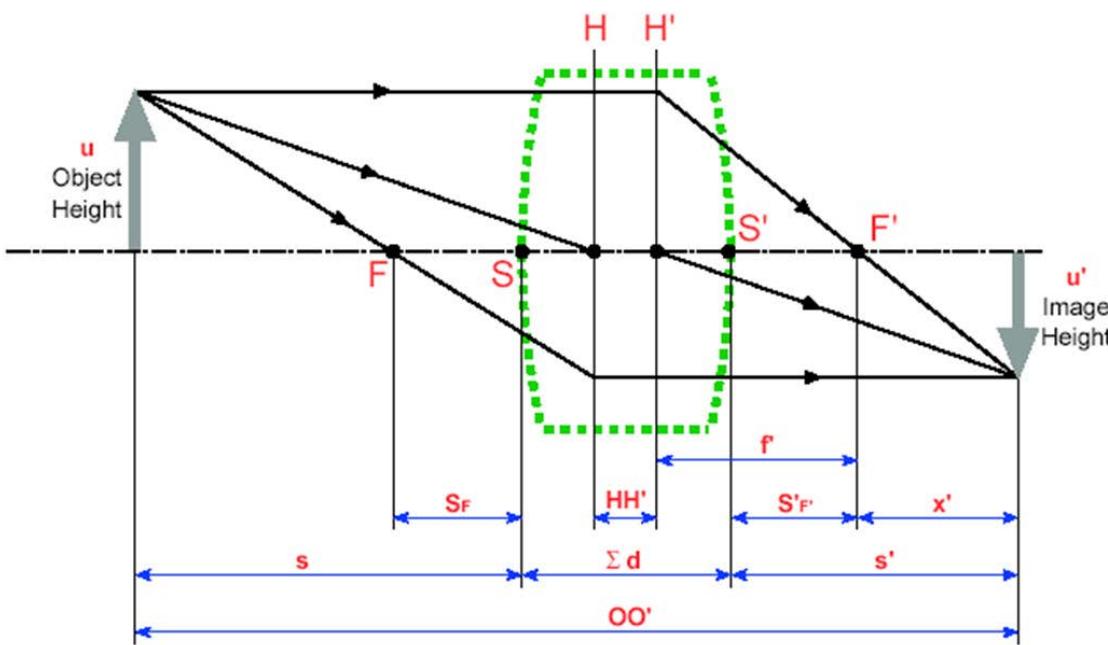
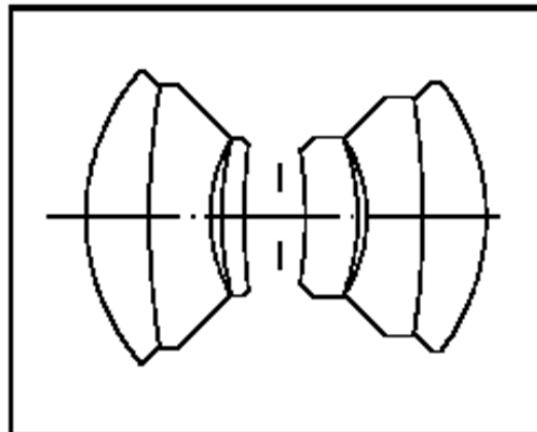
APO-COMPOON 2.8/40

$$f' = 41.5 \text{ mm} \quad \beta'_P = 1.049$$

$$s_F = -24.5 \text{ mm} \quad s_{EP} = 15.0 \text{ mm}$$

$$s'_{F'} = 27.8 \text{ mm} \quad s'_{AP} = -15.7 \text{ mm}$$

$$HH' = -2.2 \text{ mm} \quad \Sigma d = 28.5 \text{ mm}$$



e = фокусное расстояние и = Общий размер объекта
 i = Суммарная размер изображения S' = размер изображения / объекта ($= i / e$) i = объект / размер изображения ($= i / e$) OO' = объекта к изображению расстояние $s'F'$ = заднее фокусное расстояние для бесконечности x' = сдвиг от бесконечности SEP = положение входного зрачка $s'AP$ положения выходного зрачка = $\beta'P$ = выход / вход диаметр зрачка ($entr.pd = F' / F \# = 41.5 / 2.8 = 14.8\text{mm}$)

Лист DIN MTF данных

APO-COMPONON 2.8/40

MODULATION with reference to the relative Image height

Wavelength λ [nm] :	546	708	844	480	436	405
Spectral weighting [%] :	27.4	12.4	24.1	18.3	12.6	5.2
Spatial frequency R [1/mm] :	10	20	40			
Format [mm X mm] :	24.0	X 36.0				
Diagonal 2u' [mm] :	43.2					

Длина волны Используется для 1 улица Данные по заказу

Длины волн в нанометрах

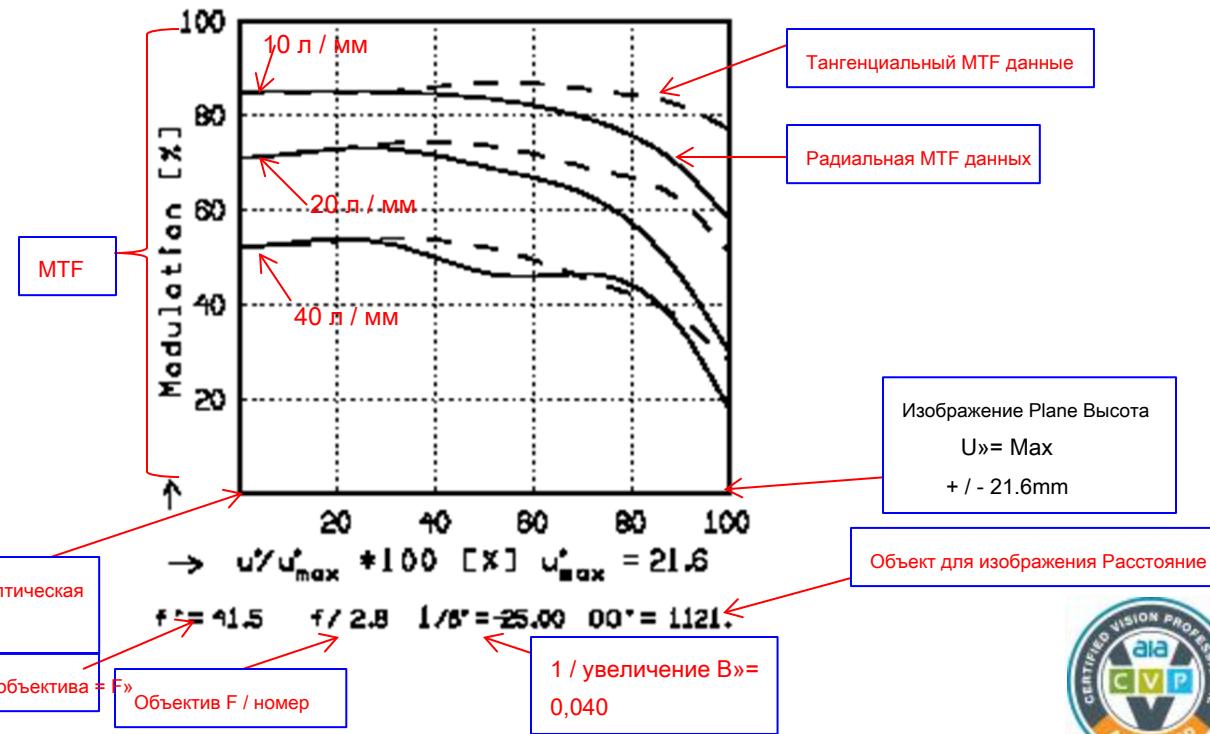
Примечание: Видимый свет весовые
коэффициенты / Значения CCD / CMOS
факторы

До 40 п.л. / мм данных на плоскости изображения графически

radial —
tangential --

Изображение Circle = +/- 21.6mm

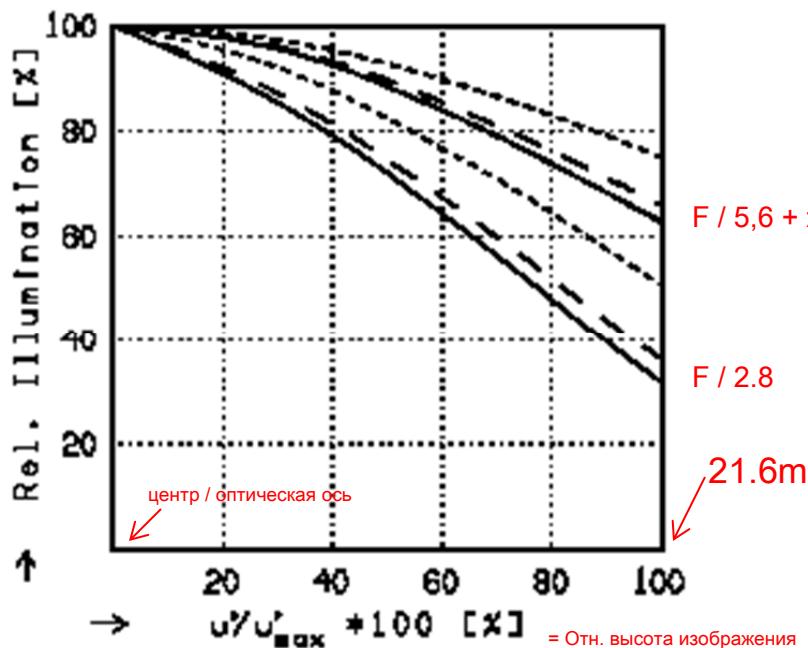
Наша общая презентация значений пары три линии для тангенциальной и радиальной ориентации теста сетки по высоте изображений (от центра изображения к углу изображения).



Относительная освещенность

Спад освещенности в% от оптической оси до максимальной высоты изображения - также называется виньетирование.

Различают естественное виньетирование, которая зависит от \cos^4 угла поля (не может быть предотвращено) и те, которые намеренно реализованы дизайнером оптики, в частности, для линз с высокими относительными отверстиями.



RELATIVE ILLUMINATION

The relative illumination is shown for the given focal distances or magnifications,

f / 2.8

f / 5.6

f / 8.0

Радиус окружности изображения

$B' = -0.0400$	$u'_{\max} = 21.6$	00' = 1121.
$B' = -0.1000$	$u'_{\max} = 21.6$	00' = 500.
$B' = -0.3333$	$u'_{\max} = 21.6$	00' = 219.

объект изображения
расстояние

Mega Pixels

Мega Pixels - датчики и линзы



Мегаэлемент Craze

Возможное определение:

Линза, которая способна к изображению объекта на датчик с около миллиона пикселей в качестве, где качество изображения не ограничивается производительностью линзы.

,,, и более общий :

А «Х» Мп линза представляет собой линзу, которая способна к изображению объекта на датчик с около «Х» миллиона пикселей в качестве, где качество изображения не ограничивается производительностью линзы «.

Простой вывод может быть:

У меня есть «Х» мегапиксельный сенсор. Я могу выбрать любой «Х» мегапиксельный объектив и я получить хорошее соответствие производительности датчика и линз для моего приложения.

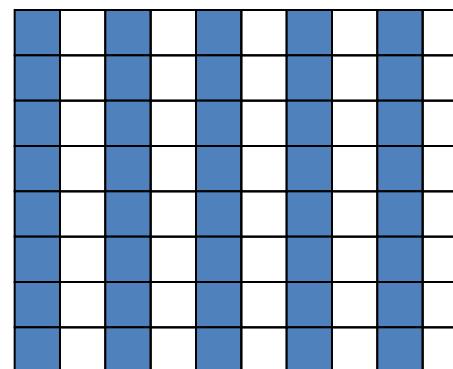
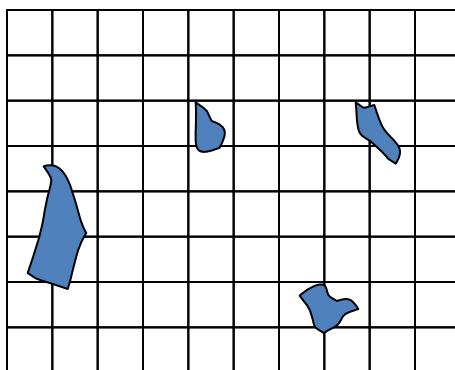
,,, но это правда?



Ключевые характеристики датчика для объектива

Размер пикселя: Определяет требуемое разрешение объектива.

Разрешение объектива должно быть достаточно, чтобы структуры изображения высокого на датчик, как малые, как пиксели.



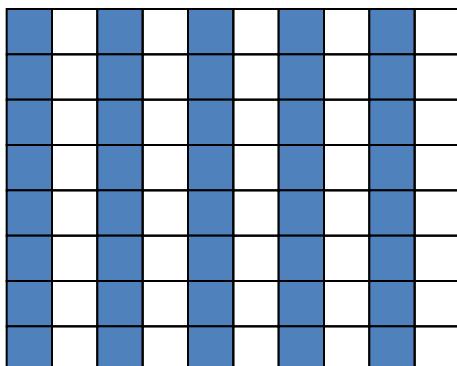
Аномальные структуры не очень хорошо подходит для описания разрешения. Поэтому пар линий (темный и яркая линия) используется в качестве описания. Максимальное разрешение датчика достигается, когда пара линия отображается на двух строк пикселей



Ограничение Разрешение датчика (Частота Найквиста)

Предел достигается, когда темная и яркая линия заполнить 2 строк пикселей.

Найквиста частота (пар линий / мм) знак равно $1000 / [2 \times \text{размеров пикселя (мкм)}]$



Пример:

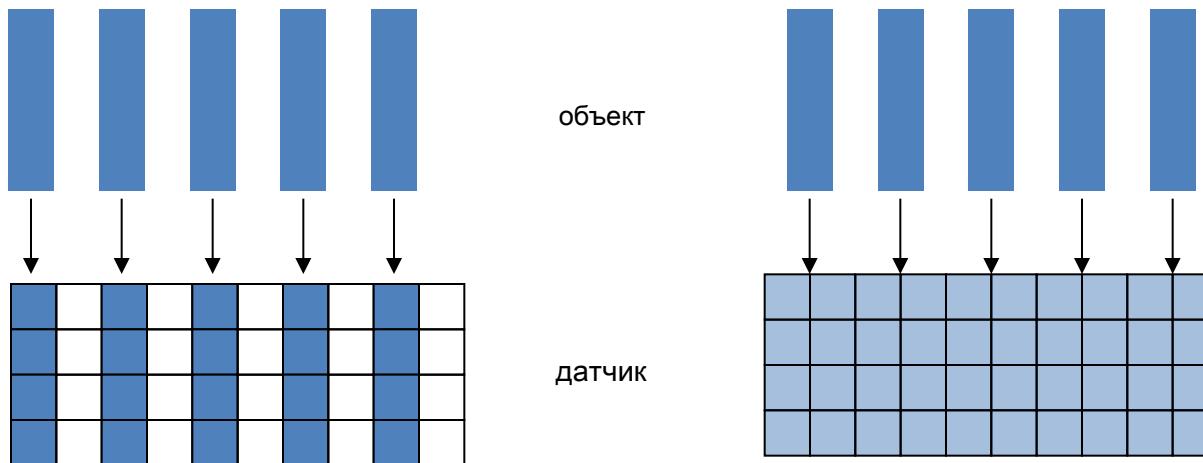
Размер пикселя = $3.4\mu\text{m}$

Найквиста Частота = $1000 / (2 \times 3,4) = \mathbf{147 \text{ п.л. / мм}}$



Является ли Ограничить Limit?

Когда объект структуры, близкие к частоте Найквиста изображаются, информация датчик
может неправильно represent объект:



Же объект может вызвать совершенно другую информацию о датчике, когда структуры, близкие или более частоты
Найквиста разрешаются (например, [Муаровые эффекты](#)).



Примеры мегапиксельных датчиков

KAI 16000 (16 Mpix)

Пиксели: 4872 x 3248

Размер пикселя: 7.4 μ x 7.4 μ

Датчик Диагональ: 43.2mm

Найквиста Частота: 68lp / мм

2/3 Найквиста: 45lp / мм



KAI 8050 (8 Mpix)

Пиксели: 3296 x 2472

Размер пикселя: 5.5 μ x 5.5 μ

Датчик Диагональ: 22,7mm

Найквиста Частота: 91lp / мм

2/3 Найквиста: 61lp / мм



Sony ICX 625 (5 Mpix)

Пиксели: 2456 * 2058

Размер пикселя: 3.45 μ x 3.45 μ

Датчик Диагональ: 11,0mm

Найквиста Частота: 145lp / мм 2/3

Найквиста: 97lp / мм



Aptina MT9J003 (10 Mpix)

Пиксели: 3856 x 2764

Размер пикселя: 1,67 μ x 1,67 μ

Датчик Диагональ: 7,9mm

Найквиста Частота: 299 лин / мм

2/3 Найквиста: 200lp / мм



Датчики мегапиксельные очень разные => Существует не «мегапикселя Объектив»



Пример: объектив для 10 Мп датчика

Aptina MT9J003 (10 Mpix)

Пиксели: 3856 x 2764

Размер пикселя: 1.67 μ m x 1.67 μ m Датчик

Диагональ: 7.9mm

Найквиста Частота: 299 лин / мм

2/3 Найквиста: 200lp / мм



Это чрезвычайно трудно разработать и создать объектив, который устраняет 200 лин / мм для практического диапазона рабочих расстояний и диафрагмы настройки. Переход к пользовательским дизайнерскому решению.



Mega Pixel Резюме

Х-мегапиксельный объектив не может быть объединено с каждым
Датчик рентгеновского Мегапиксельная ,

Даже если правильный объектив для датчика выбран, Х-мегапиксельный объектив
как правило, не выполняют требования, предъявляемые к Датчик рентгеновского Мегапиксельная
при любых обстоятельствах.

Объектив не предназначен для определенного разрешения датчика может быть также хорошо
подходят для конкретного применения.

Чем меньше размер пикселя, тем более трудно спроектировать и изготовить
подходящий объектив.



Mega Pixel Заключение

Вы никогда не должны выбрать объектив только из его описания.

Вы должны знать, из вашего приложения, которое требуется размер изображения, разрешение, рабочее расстояние и ирис установки.

Вы должны проверить, по крайней мере, паспорта, если Выбирается объектив удовлетворяет эти требования.
(**Данные листы должны быть доступны !**)

Не стоит выбирать слишком маленькие пиксели, в противном случае это будет трудно (или невозможно), чтобы найти подходящий объектив.

Зная требования и данные объектива, вы можете также выбрать объектив с более низким уровнем для серии приложения.

Не забудьте принять во внимание воздушного диска / круг путаницы линзы при определенной F / остановке и понять, что вы не пользующийся себя от всех пикселей на мегапикельные сенсорах.

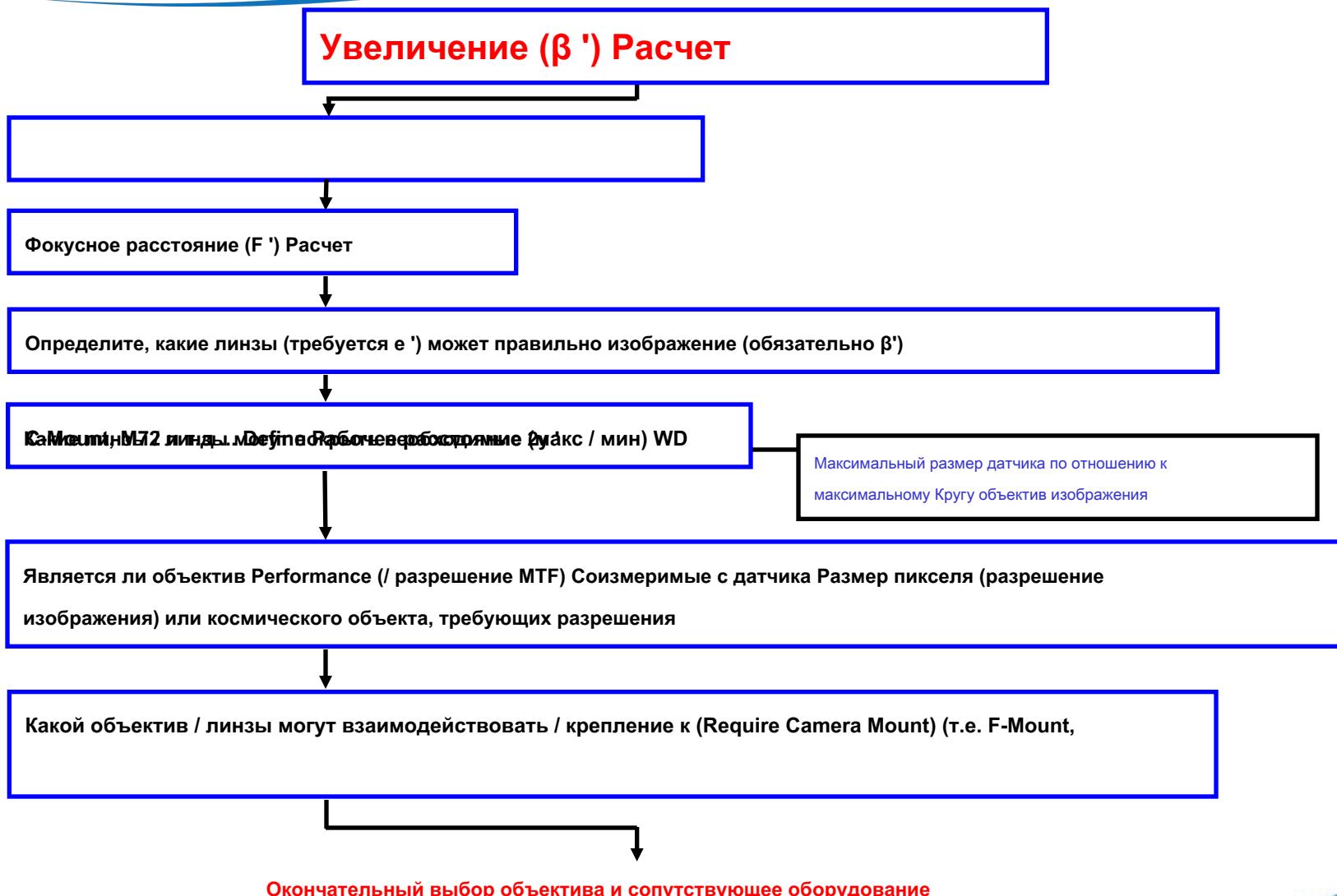


Объектив Выбор

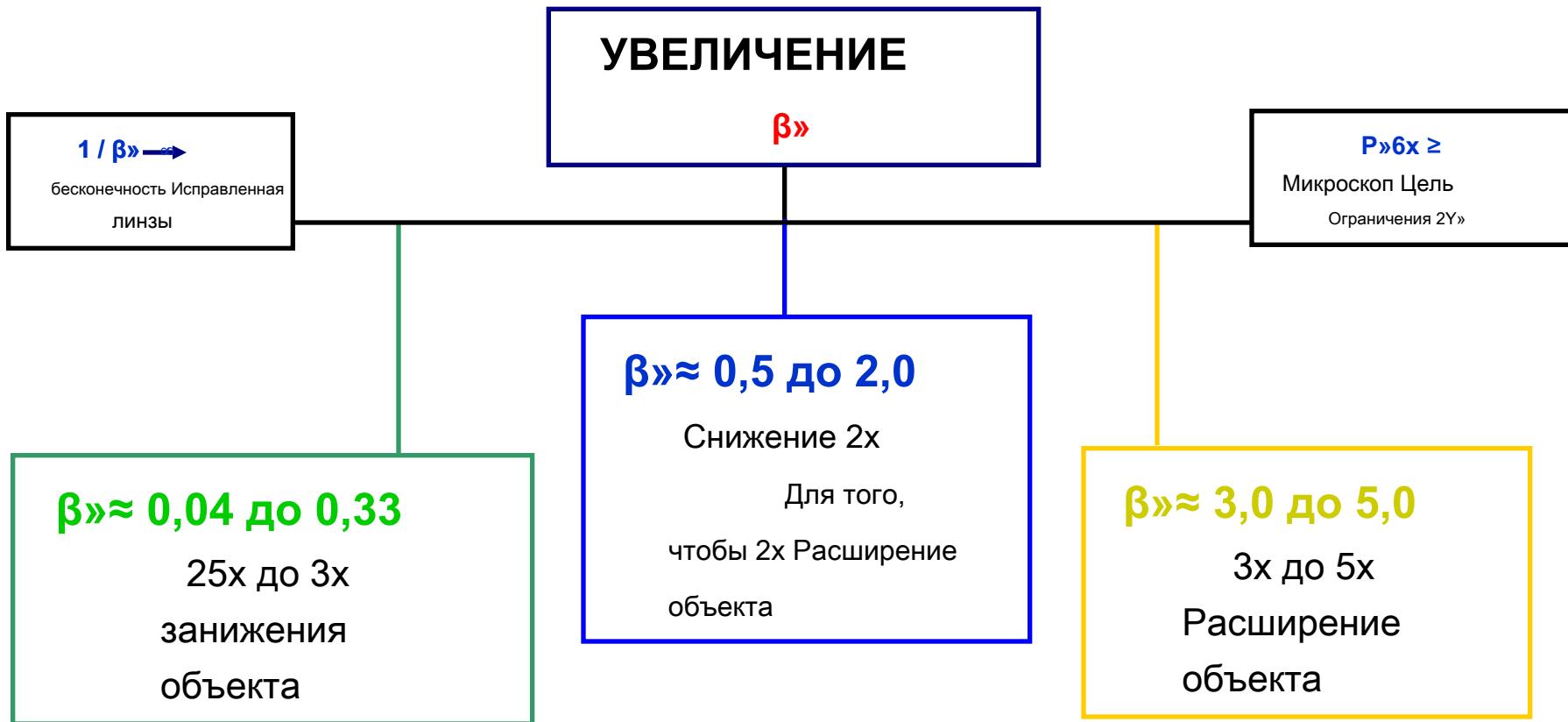
- **Выбор правильного объектива / типа для вашего приложения**



Лучший Тип / Форма машинного зрения объектива



Лучший Тип / Форма машинного зрения объектива



• Не включает Телецентрические линзы



Лучший Тип / Форма машинного зрения объектива

$\beta \approx 0,04$ до $0,33$

25x до 3x
занизения
объекта

Двойной Гаусс Telephoto
Inverse Telephoto
Широкоформатная
Увеличить ...

$2y \gg 22\text{мм}$

$2y \approx 22\text{мм}$

$2y < 22\text{мм}$

- 12k / 16k
- 8k
- 6k
- 4k
- 2k
- линейный
- TDI
- Площадь

- 1.3" (= 22мм)
- 1k
- 2k
- Линейный
- Площадь

Общие Кронштейны:
C-Mount F-крепление с
резьбой (T2, и т.д ..)

- 1" (= 16мм)
- 2/3" (= 11мм)
- 1/2" (= 8 мм)

Общие Кронштейны:
C-Mount CS Mount

Общие Кронштейны:
F-Mount ($2y < 42\text{мм}$)
Каскадный (M95, M72, M58, M42, и т.д ..)

$2y$ = Максимальная длина плоскости изображения



Лучший Тип / Форма машинного зрения объектива

$\beta \approx 0,5$ до $2,0$

Снижение 2x

Для того,

чтобы 2x Расширение
объекта

Макро Двойной Гаусс ($2y < 16\text{мм}$)

($\beta < 1,0$) Обратный двойной Гаусс

($\beta \geq$

1,0)

$2y > 16\text{мм}$

$2y < 16\text{мм}$

- 12k / 16k
- 8k
- 6k
- 4k
- 2k
- 1.3" (= 22мм)
- линейный
- TDI
- Площадь

Общие Кронштейны:
($2y \leq 22\text{мм}$) C-Mount
CS-Mount ($2y \geq 24\text{мм}$)
F-Mount

Резьбовые крепления (M95, M72, M58, и т.д ..)

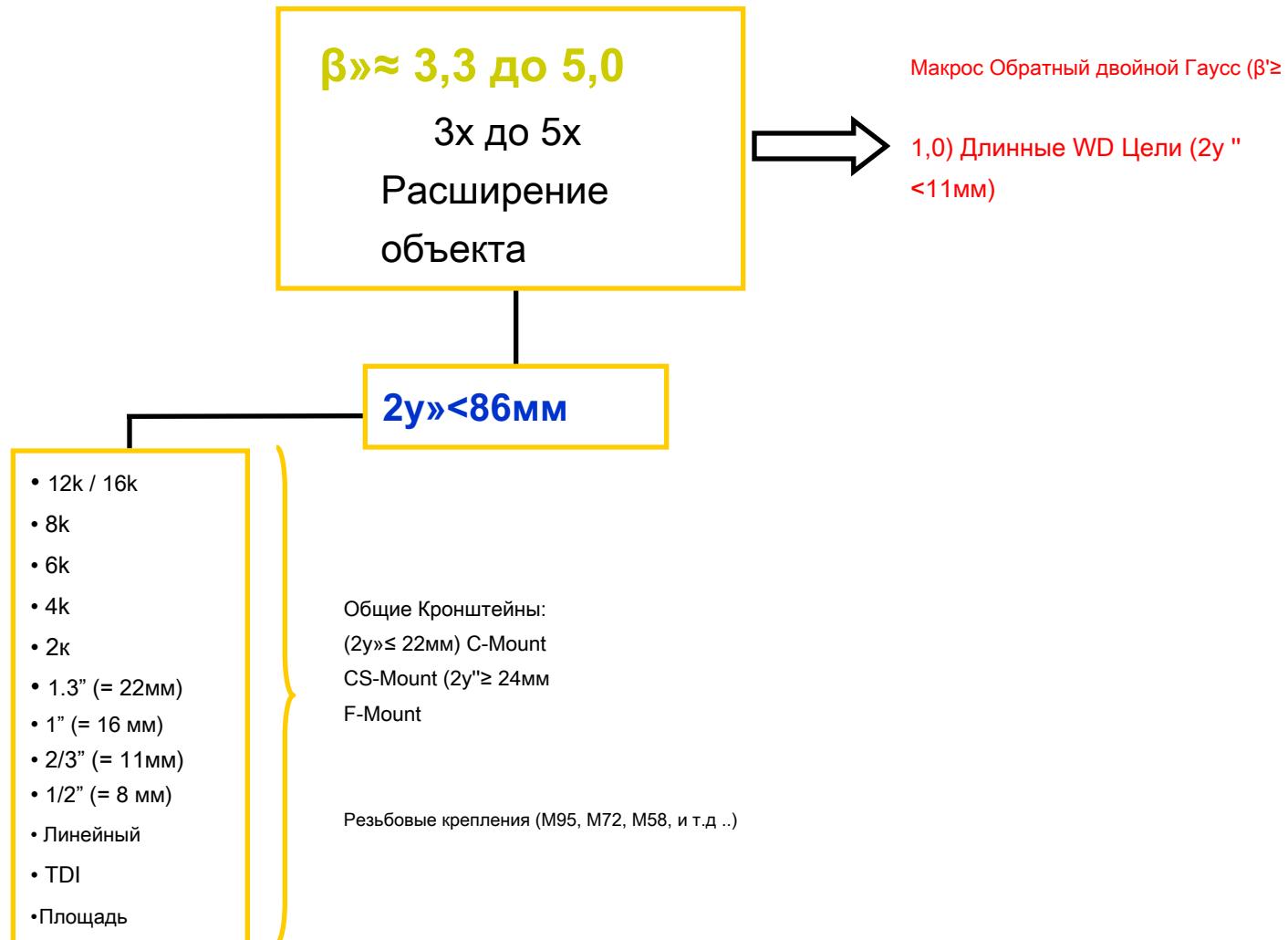
- 1" (= 16мм)
- 2/3" (= 11мм)
- 1/2" (= 8 мм)

Общие Кронштейны:
C-Mount CS Mount

$2y =$ Максимальная длина плоскости изображения



Лучший Тип / Форма машинного зрения объектива



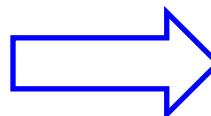
Основные оптические расчеты

Основные оптические расчеты



Фокусное расстояние (F')

$$F'' = \frac{1}{1 + (1 / \beta')}$$



$$F'' = \frac{1 + (\Gamma / \Gamma')}{\Gamma'}$$

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы

e'' «= Фокусное расстояние а

= Объект Расстояние β'' =

Увеличение $y'' = \frac{1}{2}$ объекта

Высота $y'' = \frac{1}{2}$ Высота

изображения

ПРИМЕР

$a = 1000\text{mm}$ $\beta'' = 0,1$ (10x

уменьшение))

$e'' = 91\text{mm}$



Общее число дорожек (ОО ')

* Заметка * Вход Состояние НН»

$$\text{ОО} » = F' (2 + \beta' + 1 / \beta) + HH'$$

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы

ПРИМЕР

ОО»= Total Track (Object изображения)

е «= Фокусное расстояние β» =

β' = 0,10 F' =

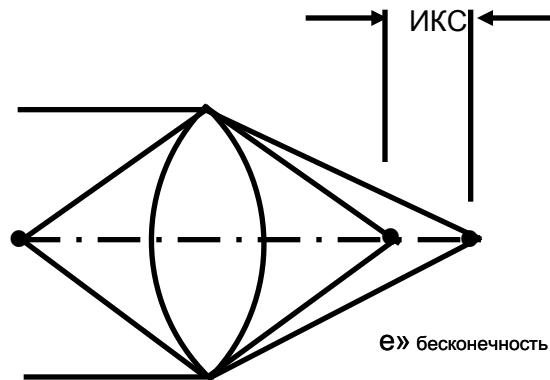
Увеличение НН»= узловой точки
разделения

100 мм НН»= 5
мм

Объект изображения (ОО ') = 1215mm



INFINITY FOCUS SHIFT (X')



$$\frac{(E')_2}{= X''} - \frac{a - e''}{}$$

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы

X'' = Сдвиг от фокусировки на бесконечность

a = Объект Расстояние F'' =

Фокусное расстояние

ПРИМЕР

e'' = 50 мм a =

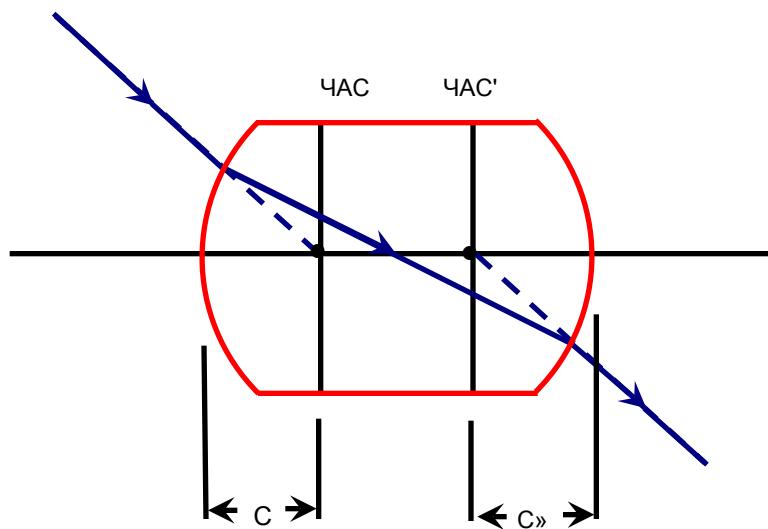
250мм

X'' = 12,5мм

В качестве объекта становится ближе к линзе изображение перемещается в сторону (увеличивается) от объектива



NODAL POINT Местоположение



$$C = S_f + e»$$

$$C' = F' - S», e»$$

ПРИМЕР

C = Передняя линза Вертекс Передняя узловая точка $C «=$

задняя Vertex для задней узловой точки $e»$ = Фокусное

расстояние S_f = Front Фокусное расстояние $S'f»$ = Назад Фокусное

расстояние

} Как правило, предоставленный
производитель объектива

$e» = 102.3\text{mm}$ $S_f =$
 -61.8mm

$C = 40.5 \text{мм}$

Расстояние от EL # 1 R1 Vertex в
объектив (40,5 мм), это
расположение передней
узловая точка



Угловая FOV

$\alpha = \text{дуга тангенс } (y' / e')$

$2\alpha = \text{Всего Угловая FOV}$

$\alpha = \frac{1}{2} \text{ Угловое поле зрения}$

$y'' = \frac{1}{2} \text{ Высота изображения}$

$e'' = \text{Фокусное расстояние}$

ПРИМЕР

ПЗС длина = 11 мм $y'' =$

$11/2 = 5.5\text{mm}$

$e'' = 50 \text{ mm}$

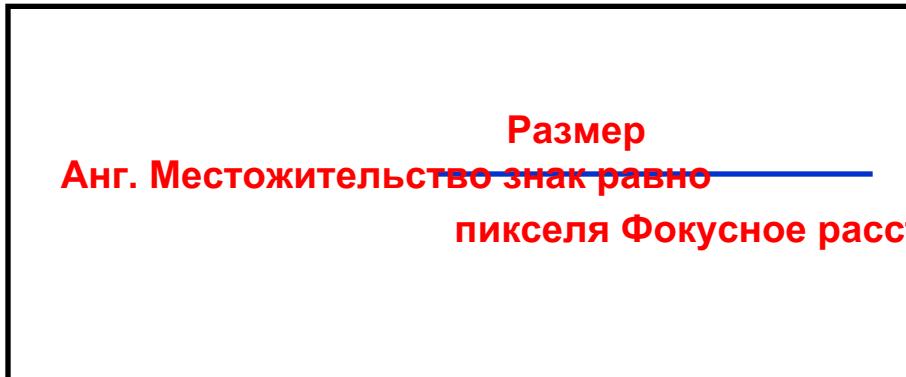
$\alpha = 6,28 \text{ градусов}$

Общая Угловое FOV = $2\alpha = 12,56 \text{ град.}$

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



угол разрешения



ПРИМЕР

Фокусное расстояние = 100 мм

Размер пикселя = 0.007mm

Анг. Местожительство = 0,00007 радиан

= 0.00401 градусов = 14,438

угловых секунд



FYI - Human Eye

Нормальная острота зрения одна минута, и это значение для разрешения глаза под то, что можно назвать «Нормальные условия»

* Заметка * Необходимо использовать общие узлы



Neutral Density

Два основных типа:

«Серый» Стекло = типичный диапазон от 400 до 700 нм

Отражающий = типичный диапазон (Видно ближняя ИК) (инвариантная к длине волны)

Плотность = Журнал

1

Передача

Упоров =

плотность

0,3

% Trans. знак равно

1

антилогарифм (Плотность)

ПРИМЕР

Нейтральная плотность = 0,9

% Трансмиссия = 12

ПРИМЕР

Нейтральная плотность = 0,9

Упоров = 3



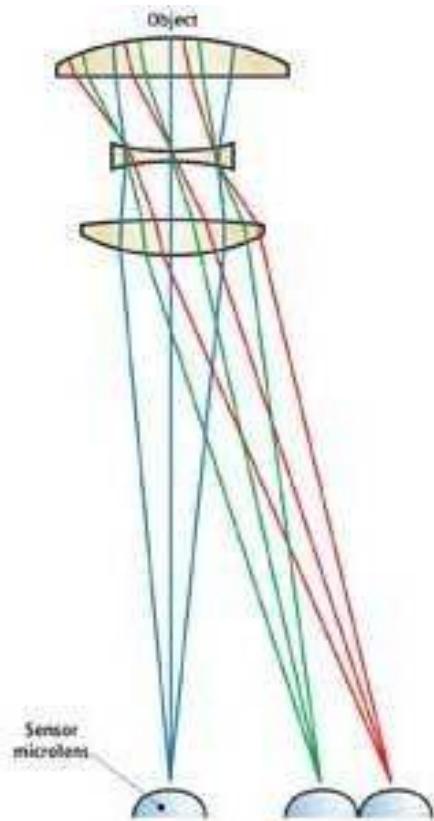
Микро линзы

Микролинз / элементарных линз

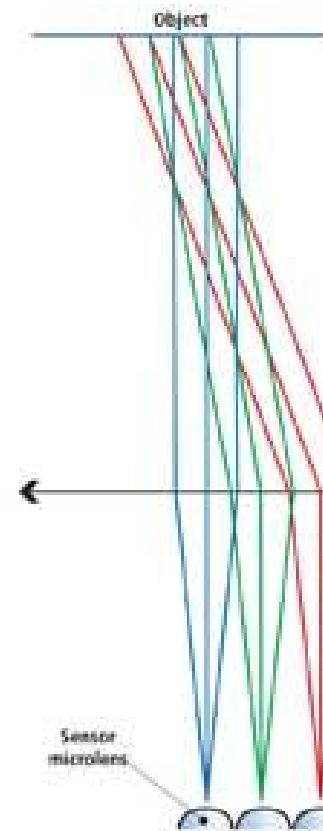


Микролинз () элементарных линз

Обычные Lens



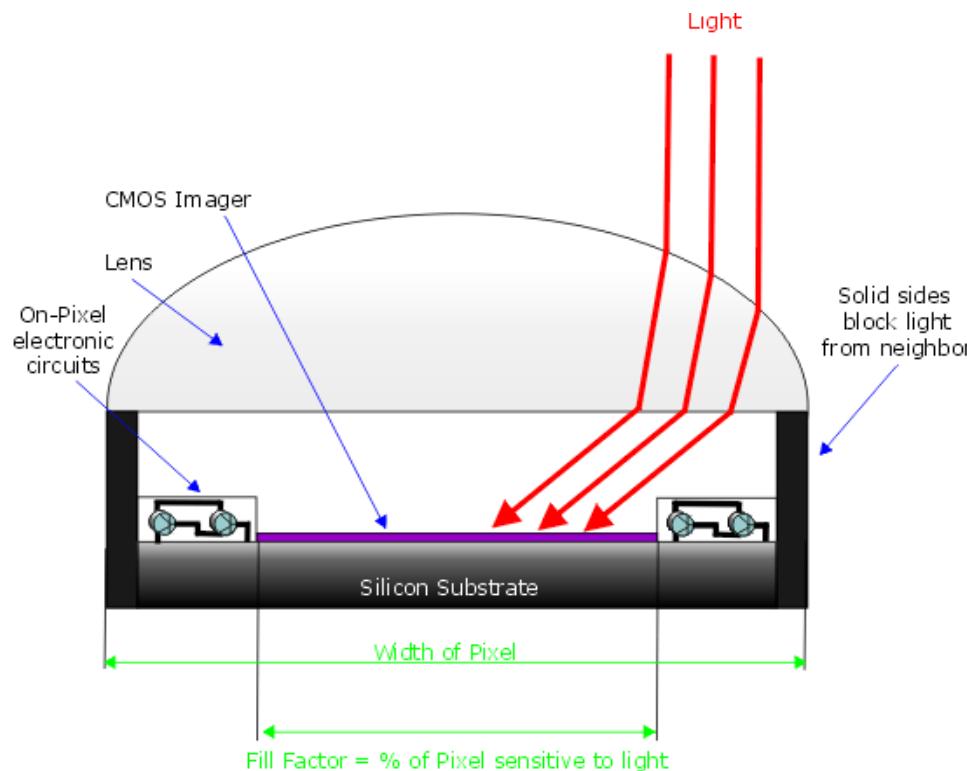
Если внешний объектив, используемый в конструкции превышает угол приема из микролинз, используемых с датчиком, свет от объектов дальше от центра поля зрения линзы (зеленый и красный), не может достичь датчика.



Чтобы преодолеть эту проблему, связанную с датчиками микролинз на основе, производители линз предлагают внешние линзы, которые находятся рядом Телецентрические в пространстве изображений. Угол от света все дальше и дальше от центра будет оставаться на оси и не угловые скатывания не будут происходить.



Микролинз прод

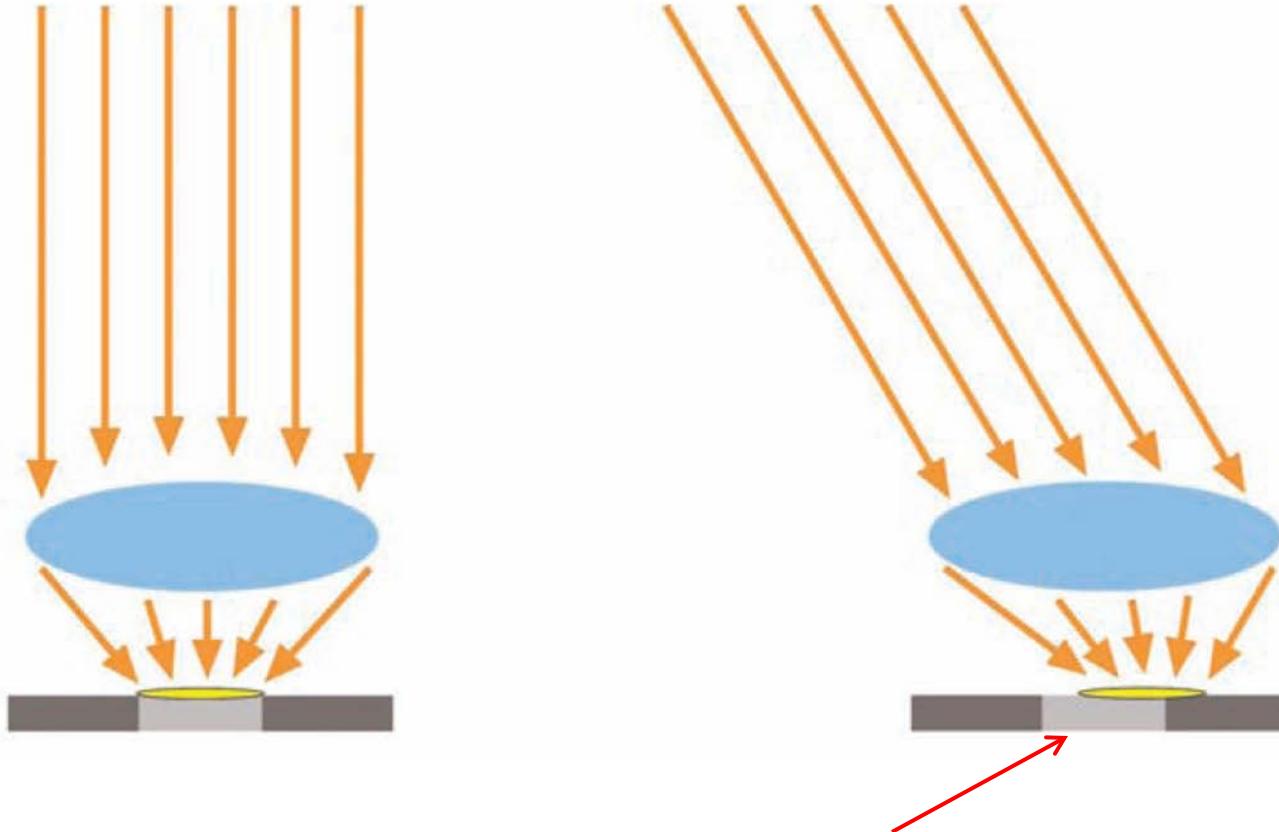


Микролинзы увеличить коэффициент заполнения датчика, захватив как можно больше света, как это возможно. Тем не менее, они имеют угол приема, при котором они будут эффективно собирать свет и сфокусировать его на активную часть пикселя.



Почему Анти-затенения линзы

Датчики используют часто микролинз для повышения чувствительности



Схематическое изображение микролинз на один пиксель (серый = Активная поверхность пикселя)

(желтый = Сфокусированная световая область)



Изменение или развитие

COTS - Модификация - Разработка

COTS = Commercial Off-The-Shelf)

- **Изменение существующих конструкций и создание новых**
 - Что требуется,
 - Какую информацию необходимо принимать во внимание
 - Как получить то, что вам нужно
 - Общие черты времени
 - Требования к объему всей отрасли



Проекты / Объективы (Как получить то, что вам нужно)

Изменение существующих конструкций и создание новых

Если стандартный дизайн / объектив «вне-полки» не может удовлетворить ваши требования, то ваш первый подход должен быть, чтобы увидеть, если объектив производитель может внести изменения в существующий дизайн

Это позволит сэкономить время и «\$» и получает вам готовые / рабочие линзы как можно скорее. В зависимости от количества «Модификации», которые, возможно, должны быть сделаны к линзе (переодеть элемент, воздух-космос, и т.д) это может занять ≈ 4 до 8 недель для прототипа объектива и после утверждения серийного производства может начать поставлять линз ≈ 6 до 10 недель с момента утверждения прототипа. В зависимости от оптической компании!
Не бойтесь спросить!

Если новая конструкция объектива считается необходимым - вы должны быть готовы к следующим:

Цитата Время выполнения ≈ 4 до 6 недель.

Цитата будет включать в себя (все оптические & Mechanical NRE), небольшое количество прототипа примерно 2 до 6 линз. Доставка Прототипы ≈ 12 - 16 недель ARO. После того, как прототипы тестируются / оценены и одобрены вами - серийное производство может первым начать. Поставка первых производственных линз ≈ 12 - 16 недель ARO.

Минимальное время отправные включая цитату ≈ 6 месяцев до производства линз могут быть до одного года.

Для того, чтобы пользовательские линзы должны быть сделаны в производстве - величины должны быть > 100 линзы должны быть несколько экономически эффективными.



Объектив Выбор «Up-Фронт»? S

- 1) Объект Размер (ДхШxB) {иногда называют «FOV»}?
- 2) Изображение (Area или Linear, ДхШxB, # пикселей)?
- 3) Увеличение?
- 4) ПЗС (цвет, BW, Размер пикселя, ИК-блок фильтра)?
- 5) Длина волны область (моно, видимый, ближний ИК)?
- 6) Относительная диафрагма (F / #, Сколько света)?
- 7) Крепление камеры (C-Mount, F-Mount,)?
- 8) Камера Фланец фокусировки Глубина?
- 9) Объект Расстояние (рабочее расстояние)?
- 10) Black Box Размер (Lens: Макс диаметр, длина)?
- 11) Black Box Размер (система, ОО)?
- 12) Разрешение системы (Space Object)?
- 13) Контраст объекта?
- 14) окружающая среда (диапазон температуры, вибрация, пыль)?
- 15) Геометрическое искажение?
- 16) Оптические фильтры?
- 17) в фокальной плоскости (Sensor) Micro элементарных линз?
- 18) одного датчика или «3 ПЗС» призмы в сборе?



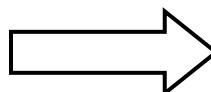
Является ли это слишком поздно?

- Не лечить объектив / оптика как «После мысли»!
- Это несколько общих для 1-го взгляда в ваш выбор объектива ПОСЛЕ:
 - Камера Chosen (тип Mount, датчик Формат / размер, освещение, и т.д ...)
 - Это может существенно ограничить «вне-Шельф» выбор объектива
 - А также, возможно, гонит вас к «Пользовательским линзам Дизайн / развитие»
 - Параметры объектива должны быть определены одновременно во время первоначальной компоновки системы
 - технические характеристики!

Классический пример: У меня есть камера CCD, которая содержит длину 60

мм CCD

Я хочу, чтобы рабочее расстояние около 1 фута Моего увеличения
должно быть 10й Увеличением Я хочу, чтобы решить 1 микрон дефекта в
пространстве объекта Моя общая длиной «черный ящик» = 18 дюймов



Библиография

- **Фотоника СЛОВАРЬ** (Lauren Publishing)
- **СОВРЕМЕННЫЕ оптотехники** (McGraw-Hill) Уоррен Дж Смит
- **ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА PHOTOGRAPHIC** (Focal Press) Sidney F. Ray
- **Matching ЛИНЗЫ и ДАТЧИКИ** (Видение System Design) Впадины & Singer
- **ОСНОВЫ OPTICS** (McGraw-Hill) Дженкинс и белый
- **ОБЪЕКТИВ DESIGN** (Marcel Dekker) Милтон Laikin
- **Оптику ФОТОГРАФИЯ** (SPIE Press) Рудольф Кингслейк
- **ОПТИКА для цифровой фотографии** (Schneider-Kreuznach) Карл Lenhardt
- **Оптик ADVANCED МАШИНЫ VISION** (Schneider-Kreuznach) Карл Lenhardt
- **Атлас оптических явлений** (Springer-Verlag) Cagnet, Francon, Thrierr
- **EDMUND OPTICS** (Грег Пустота)
- **SCHNEIDER KREUZNACH** (Штеффен Малер & Йорг Блатц)
- **SCHNEIDER OPTICS** (Jim Sullivan)





Стюарт W. Singer

вице-президент

Schneider Optics, Inc.

285 Ocean Avenue Hauppauge, New
York 11788 USA

Телефон: 631-761-5000, x204 Электронная почта:

ssinger@schneideroptics.com

www.schneideroptics.com

