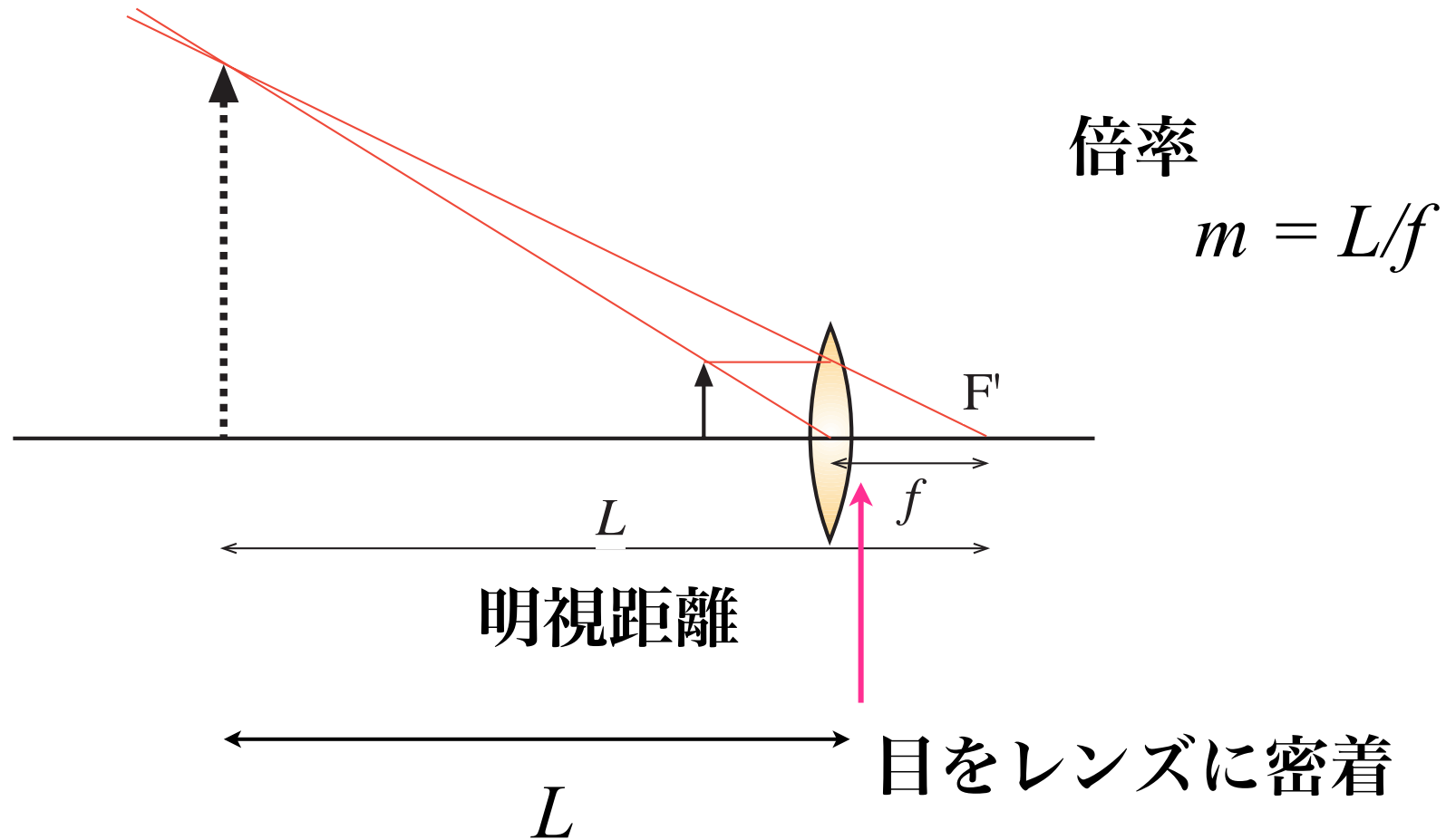


# 光学 第4章

## 光学機器

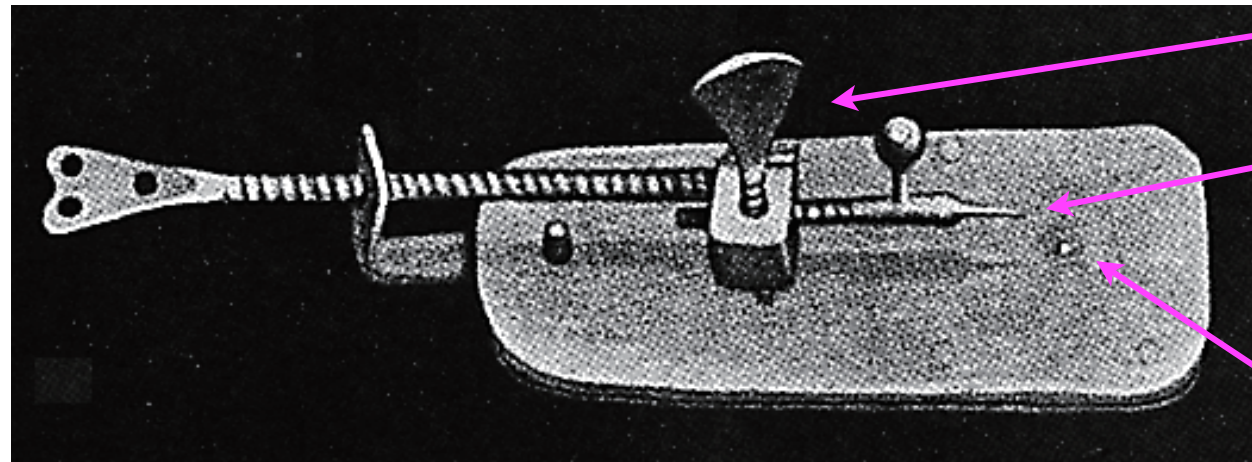
# 拡大鏡, ルーペ



倍率  $m' = (L + f)/f = 1 + L/f$

# レーウエンフックの単式顕微鏡

Leeuwenhock (1632 – 1723)



ピント調節

試料

レンズ

デルフト(オランダ)の呉服商人

微生物の観測に使った。微生物学を開拓

倍率 **266**倍 (ユトレヒト大学博物館所蔵の顕微鏡)

単式顕微鏡は、長い間使われていた

複式顕微鏡の結像性能が改善されたのは、19世紀半ばである

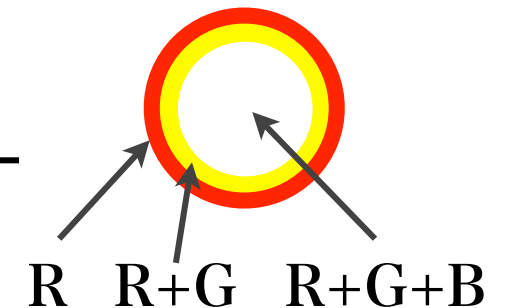
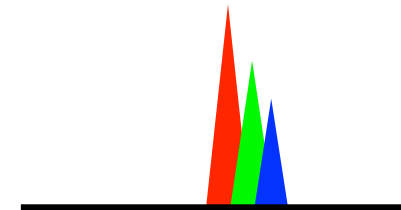
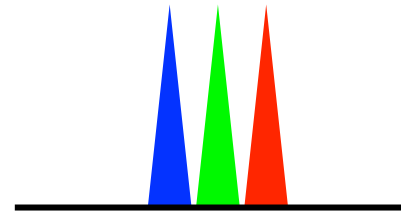
# 色消しレンズ

- 色収差：単レンズの最大の問題
- 分散：光の波長によって、屈折率が変化する
- ある特定の波長で光学系を設計する
  - 別の波長では屈折率が異なるから、設計通りの性能が出ない

- 色収差

- 焦点距離の色収差

- 倍率の色収差



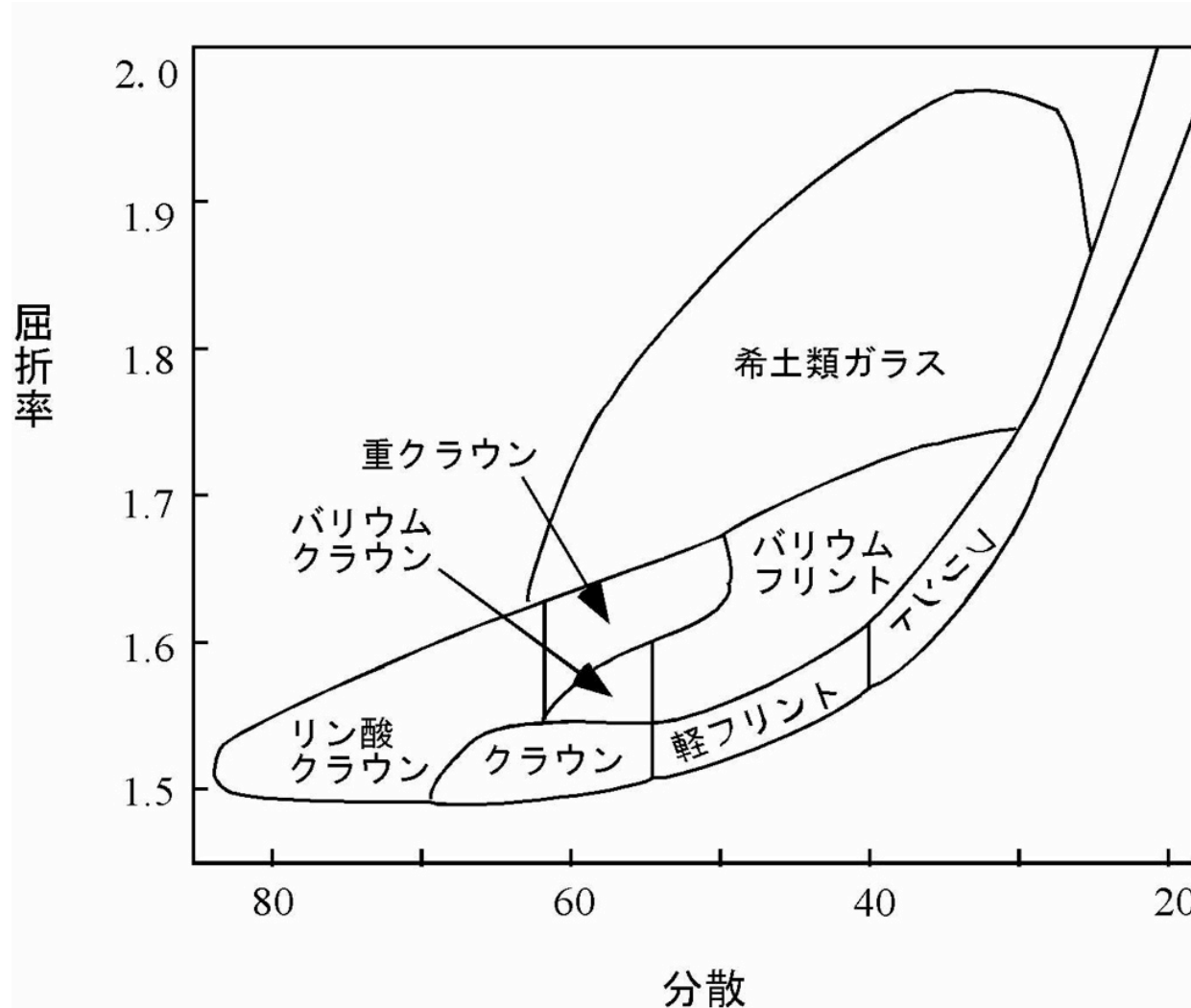
# 光学ガラスの分散

## 三色における屈折率

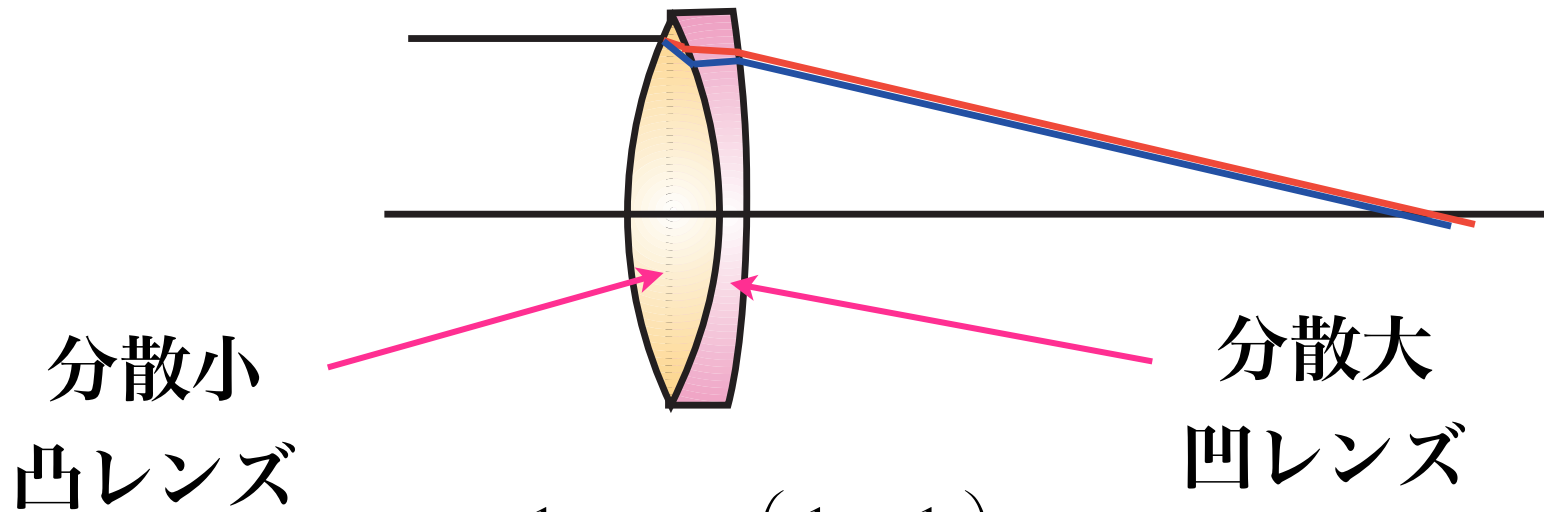
$n_C$     $n_d$     $n_F$

## 分散, Abbe数

$$V = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} = \frac{n - 1}{\Delta n}$$



# 色消しレンズ



$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\Delta \frac{1}{f} = -\frac{\Delta f}{f^2} = \frac{\Delta n}{n-1} (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f\nu}$$

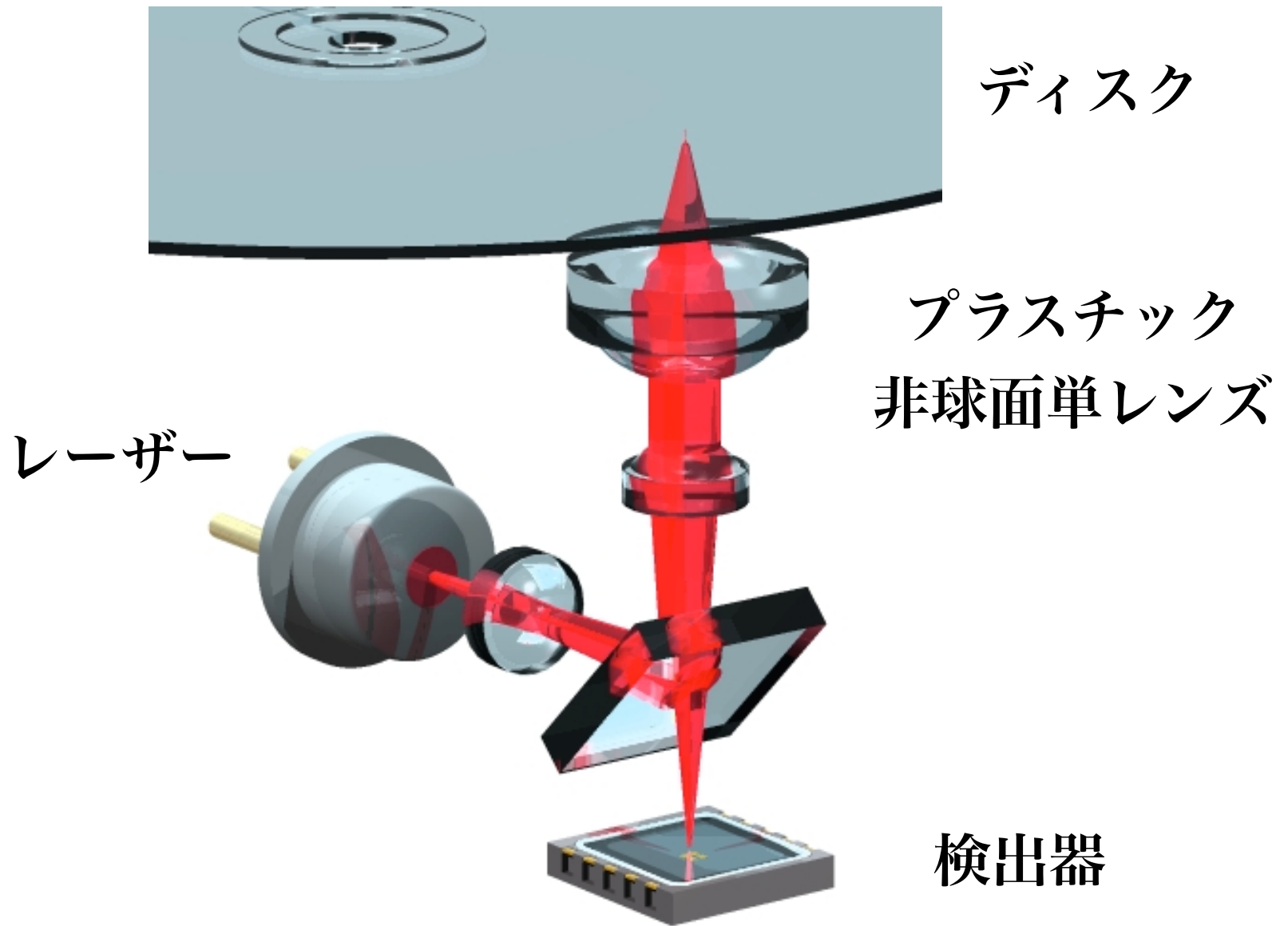
合成焦点距離

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

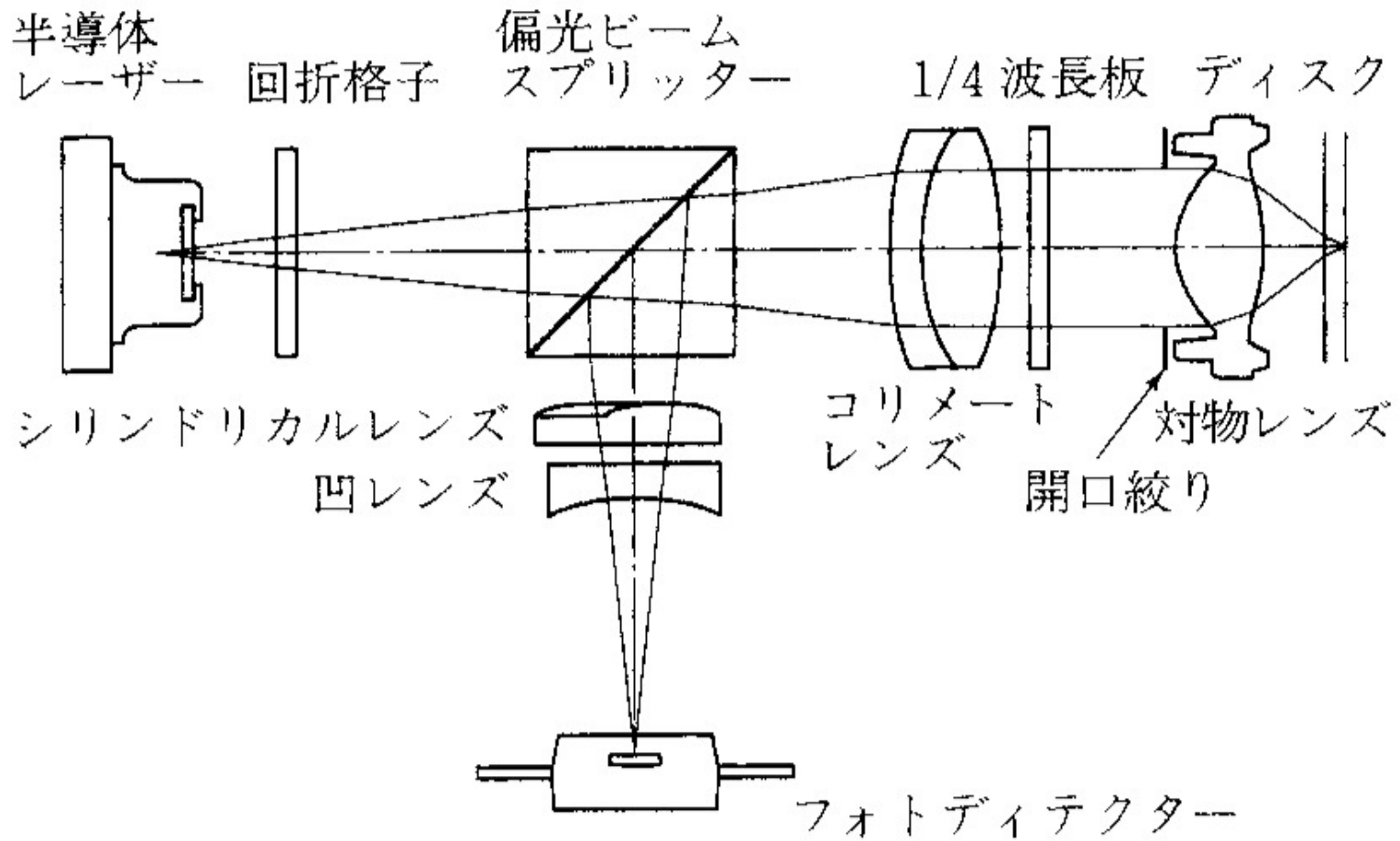
色収差

$$\Delta \frac{1}{f} = \Delta \frac{1}{f_1} + \Delta \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_1\nu_1} + \frac{1}{f_2\nu_2} = 0$$

# 光ディスク

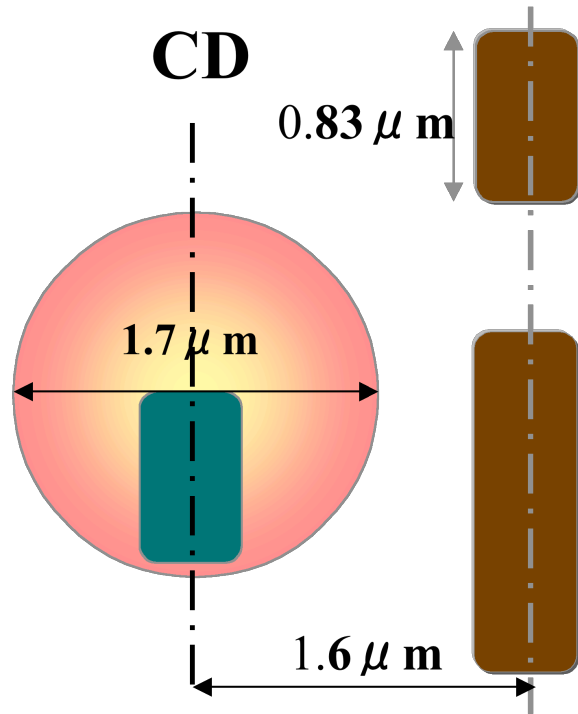


# 光ピックアップ

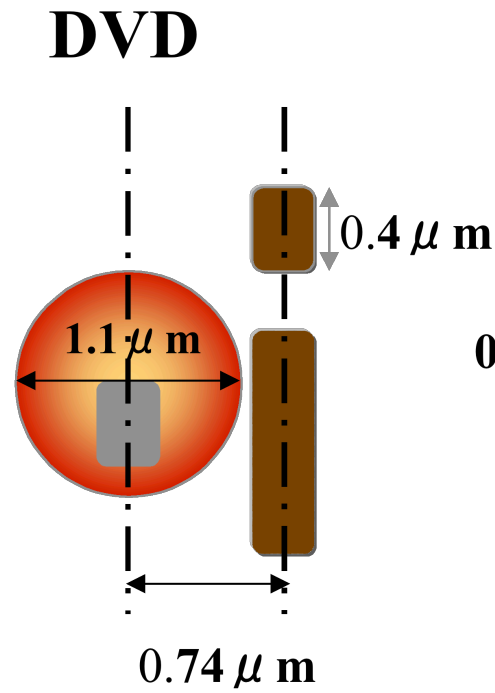
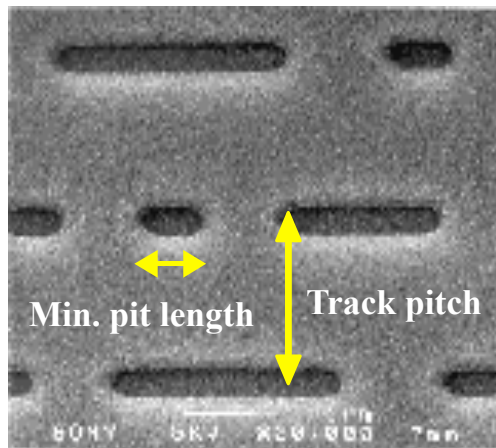




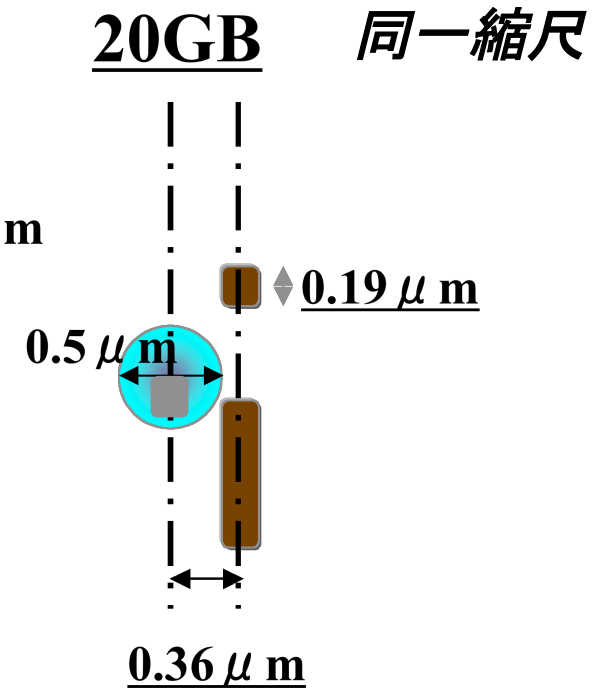
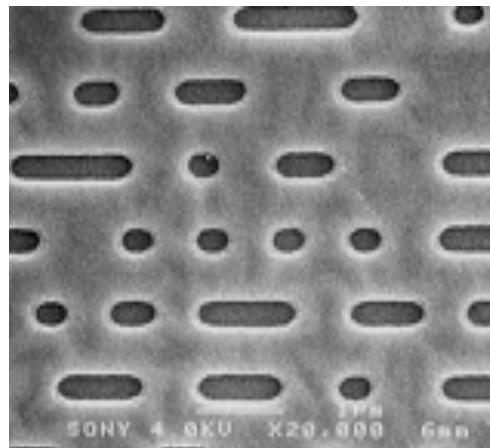
# 光ディスク



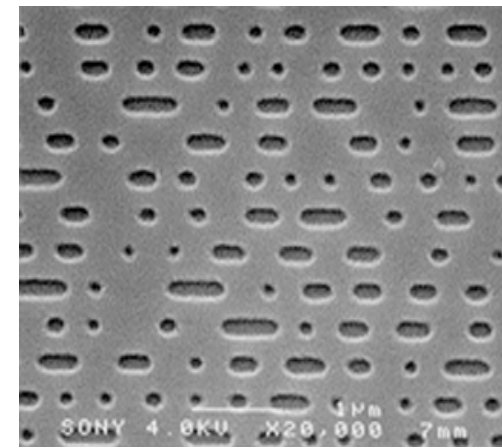
Wavelength : 780 nm  
NA : 0.45



Wavelength : 650 nm  
NA : 0.60



Wavelength : 405 nm  
NA : 0.85



# レンズの分解能

波長

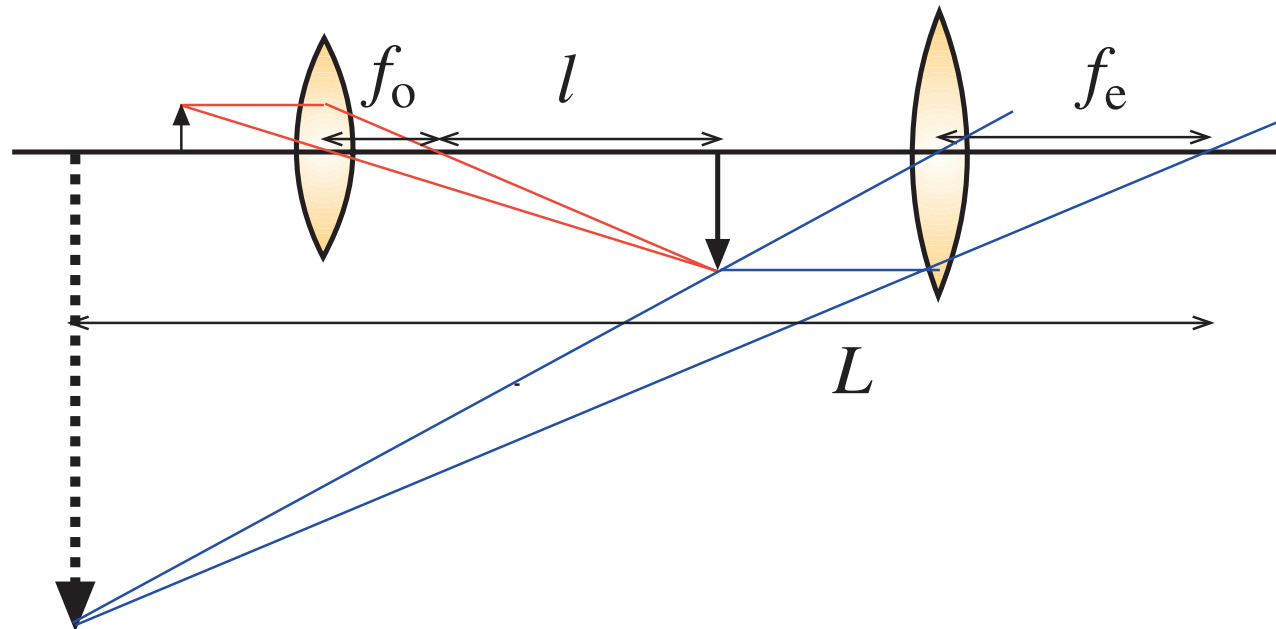
解像限界  $s = 0.61 \frac{\lambda}{NA}$

開口数  $NA = \sin\theta$

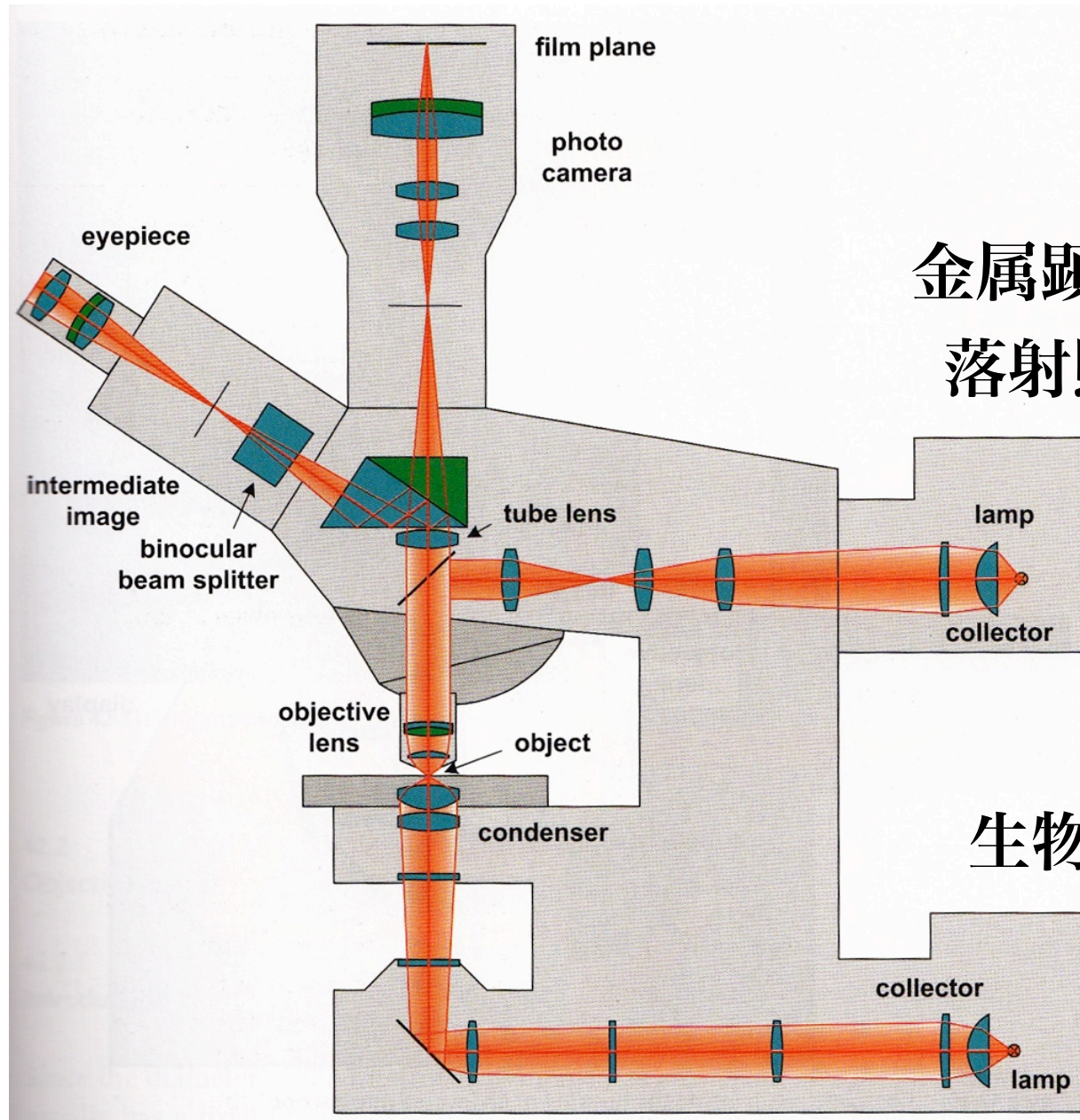
# 顕微鏡の光学系

対物レンズ

接眼レンズ



# 顕微鏡

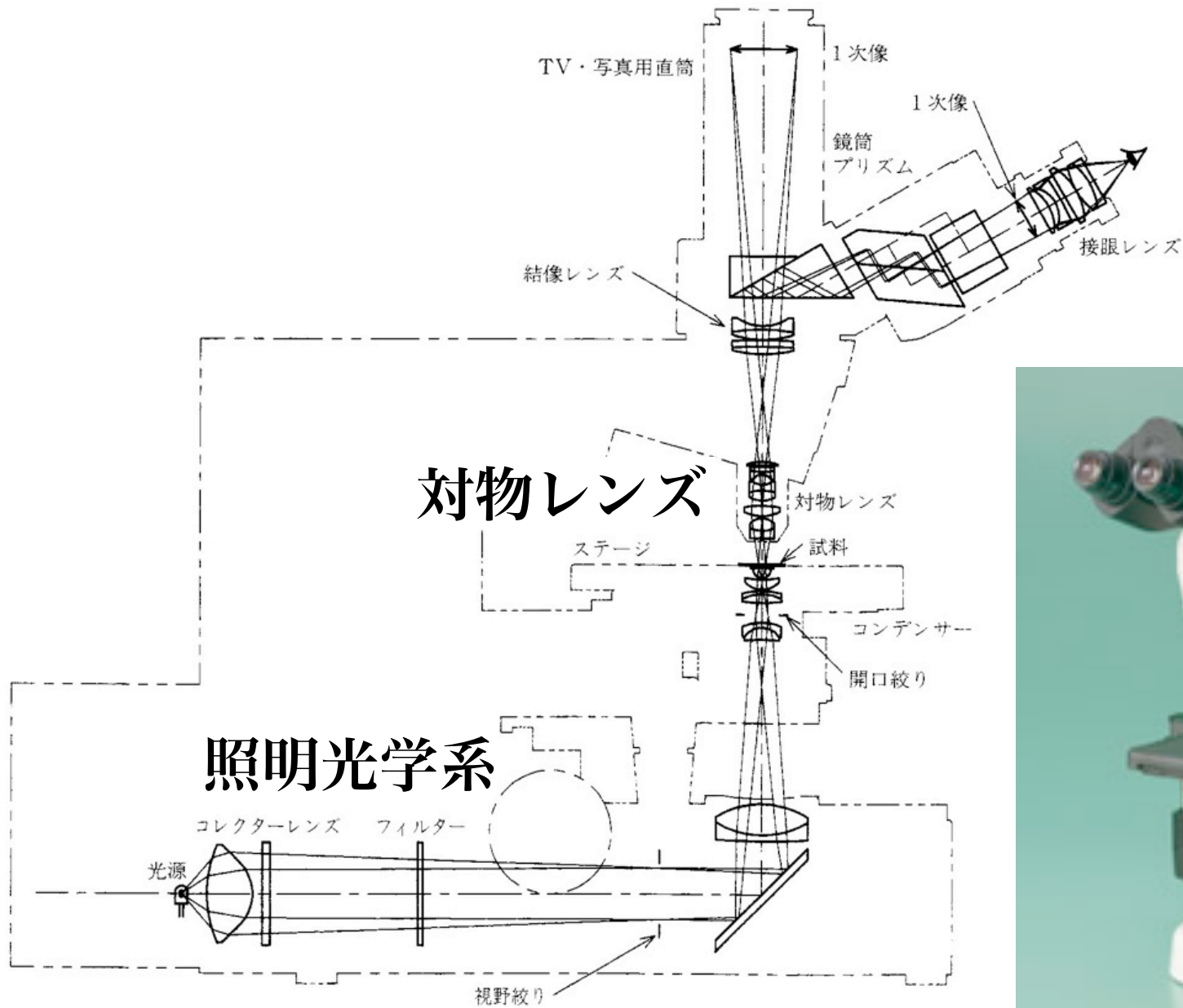


金属顕微鏡

落射照明

生物顕微鏡

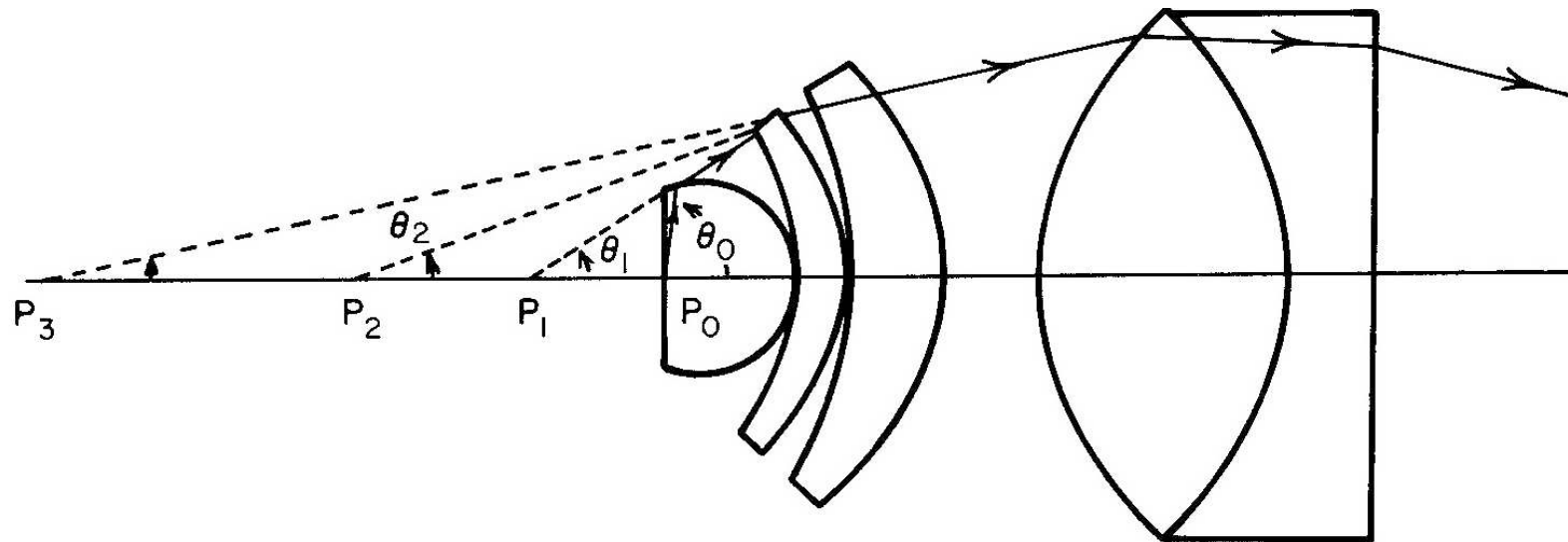
# 生物顕微鏡



接眼レンズ



# 顕微鏡対物レンズ



不遊点結像

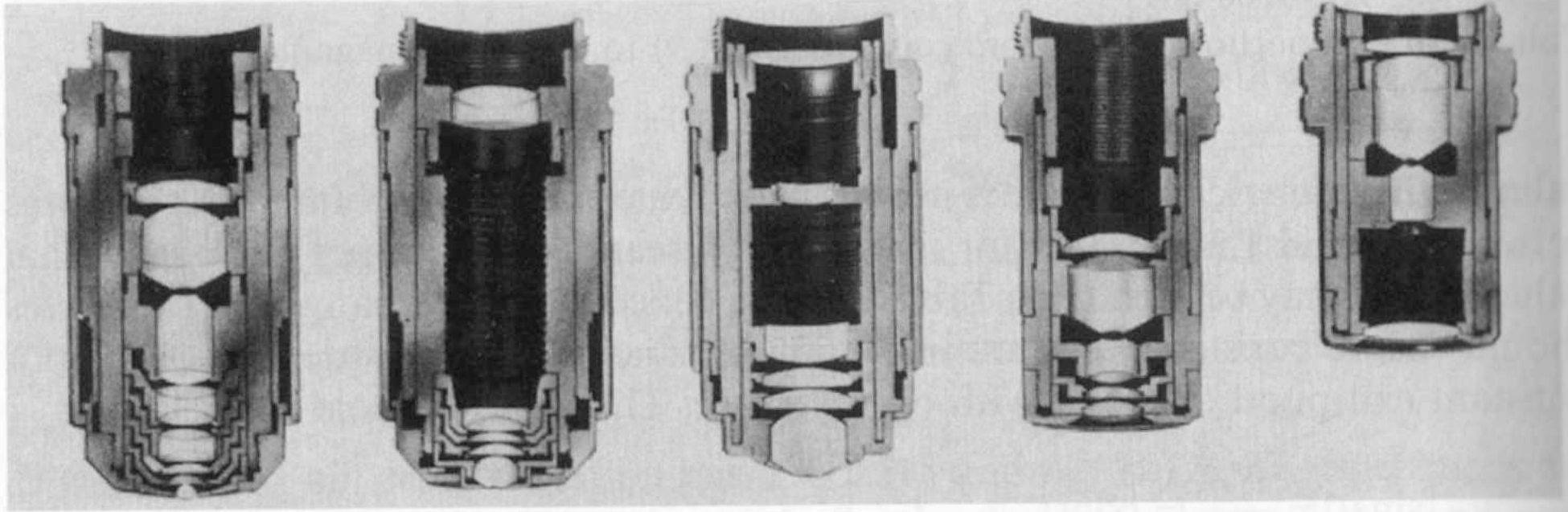
Pl Apo Oel 100/1,32

Pl 40/0,65

Pl 25/0,50

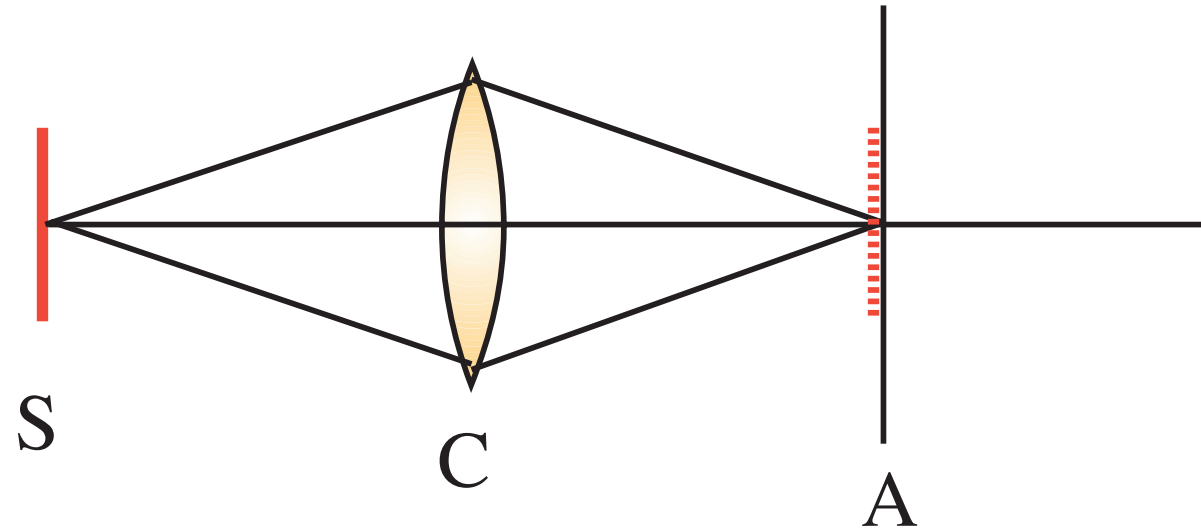
Pl 10/0,25

Pl 4/0,10

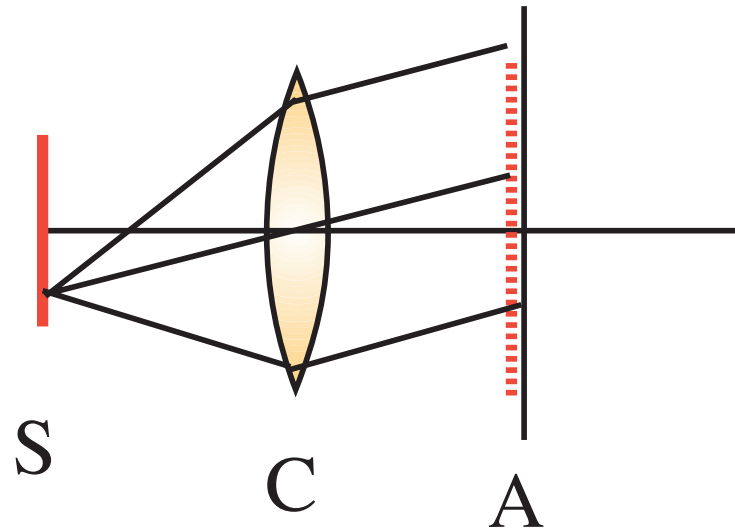


# 照明光学系

## 臨界照明

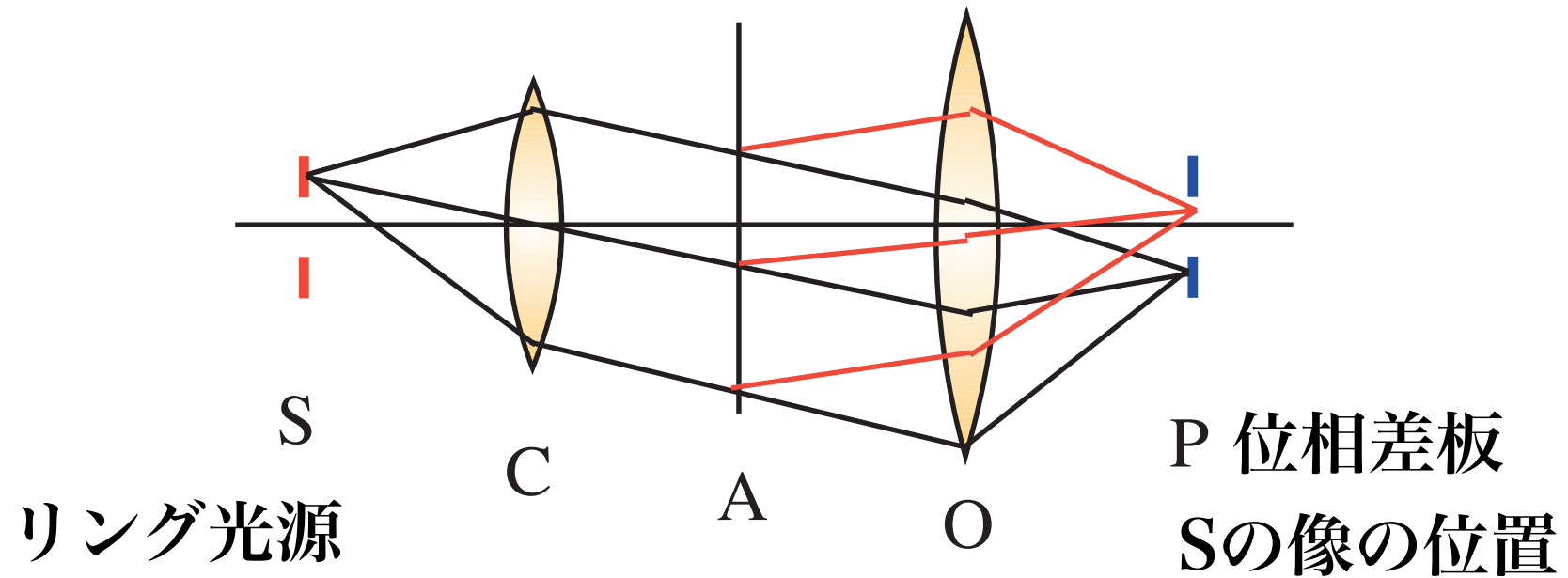


## ケーラー照明





# 位相差顕微鏡

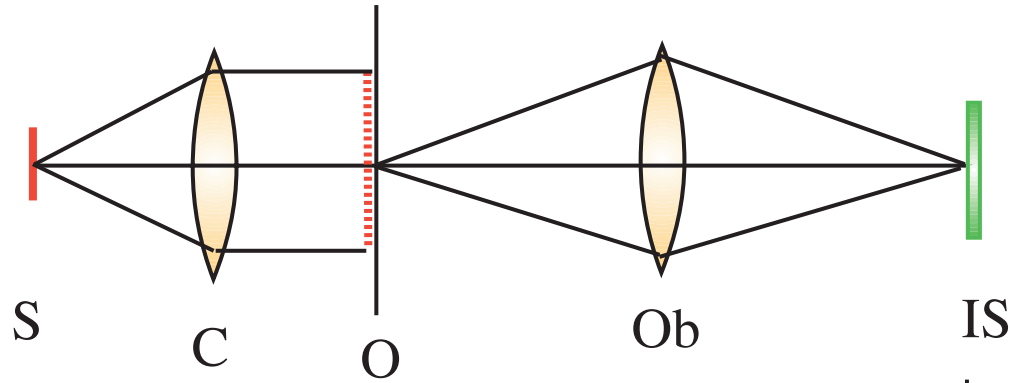


$$e^{i\Delta} \approx 1 + i\Delta \quad \Delta = 0.1$$

$$|1 + i\Delta|^2 = 1 + \Delta^2 \quad 1.01$$

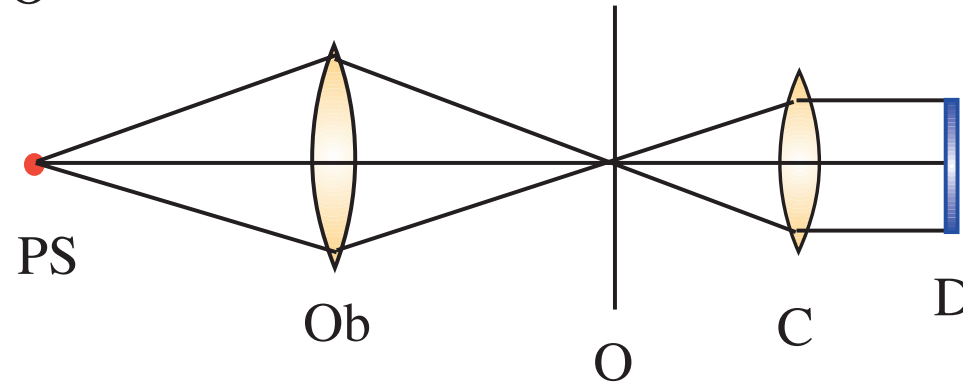
$$|1 + \Delta|^2 \approx 1 + 2\Delta \quad 1.2$$

# 走査顕微鏡

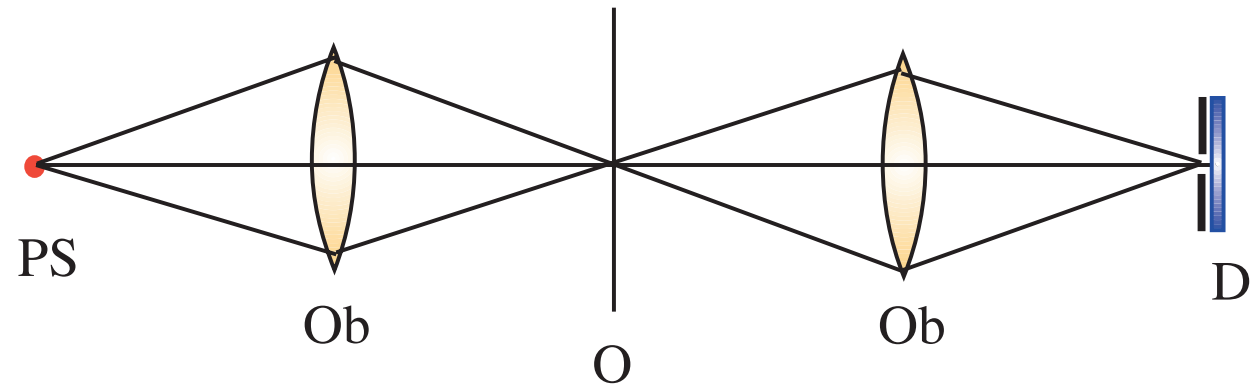


顕微鏡

走査顕微鏡

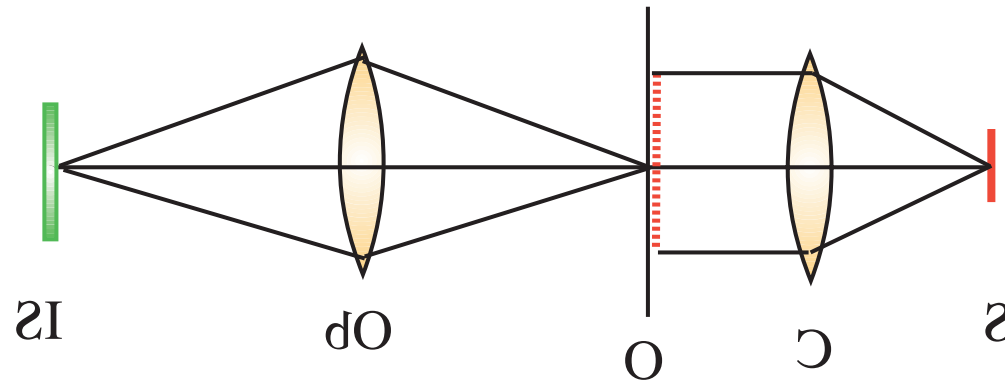


コンフォーカル  
走査顕微鏡

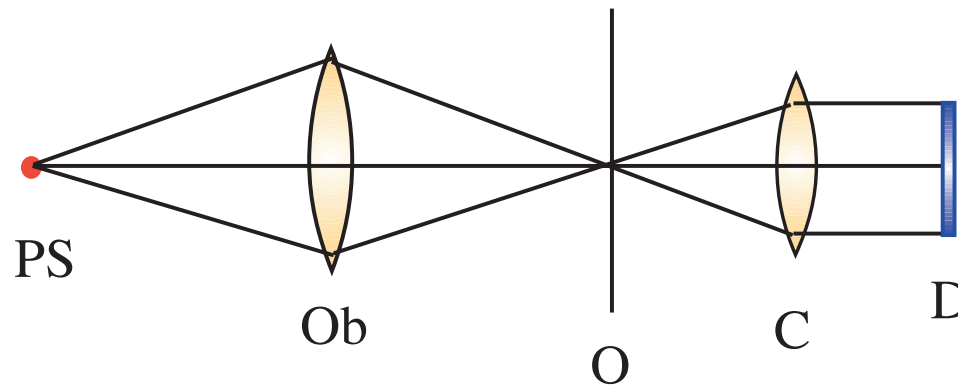


# 走査顕微鏡

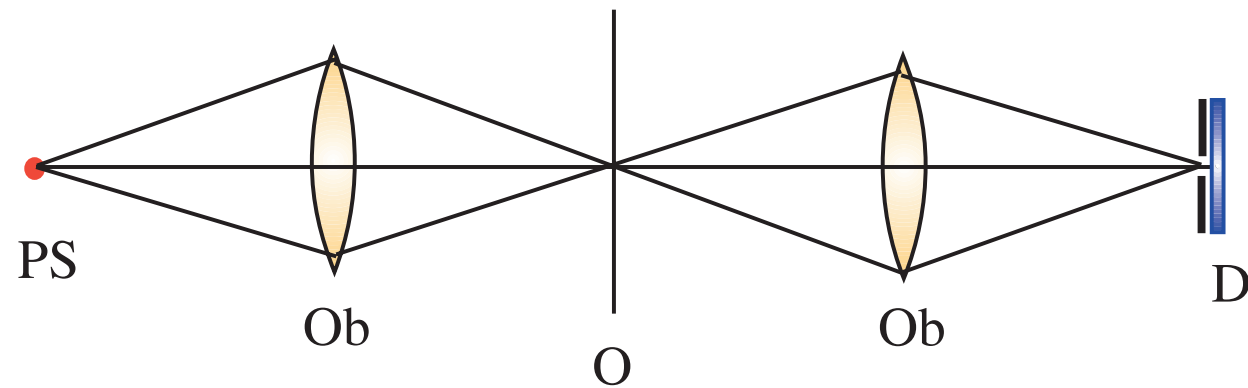
顕微鏡  
左右反転



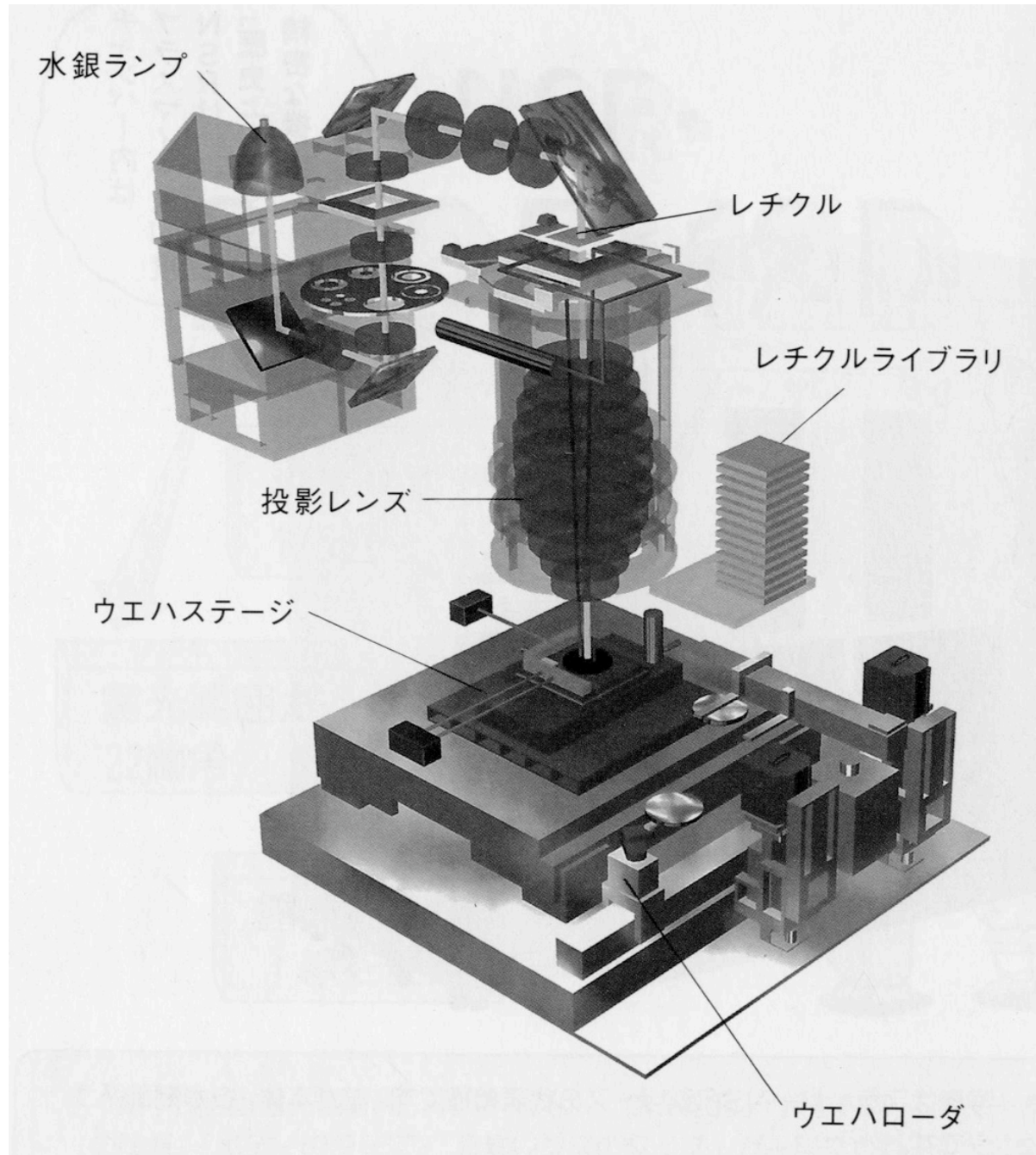
走査顕微鏡



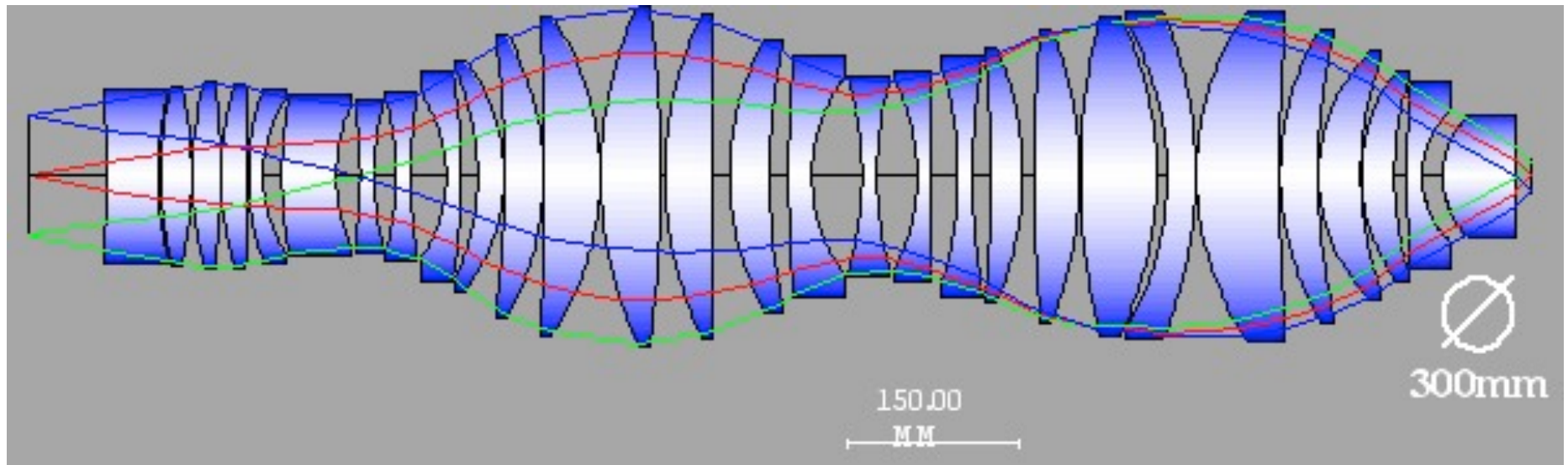
コンフォーカル  
走査顕微鏡



# 半導体露光装置

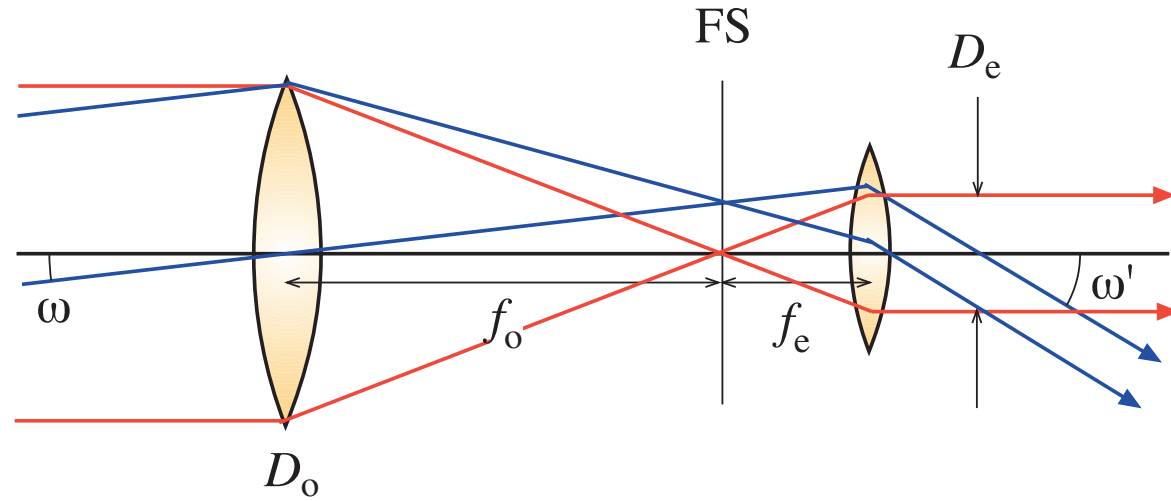


# ステッパー用縮小レンズ

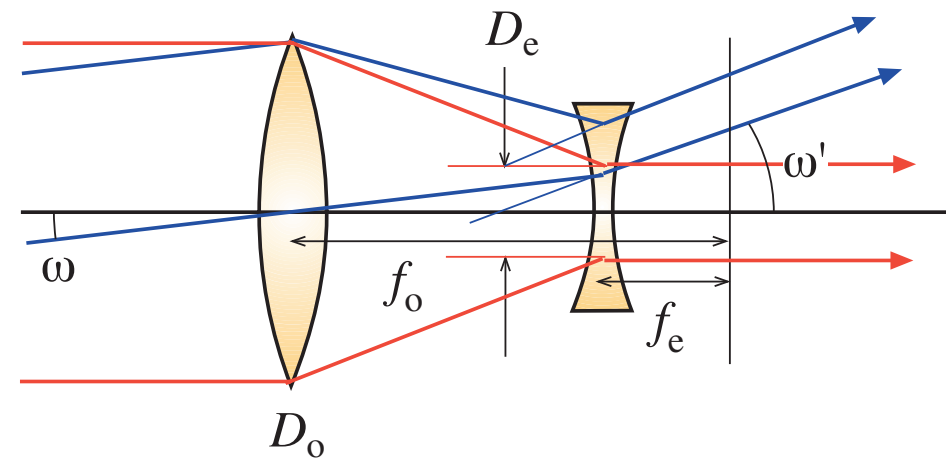


# 望遠鏡

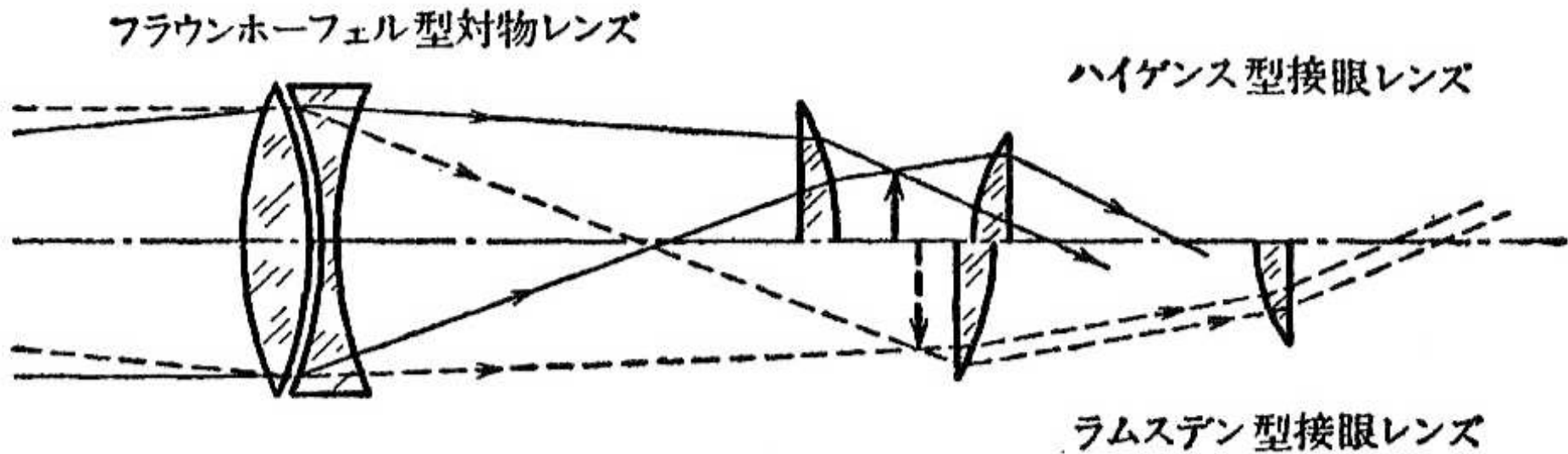
ケプラー式



ガリレオ式



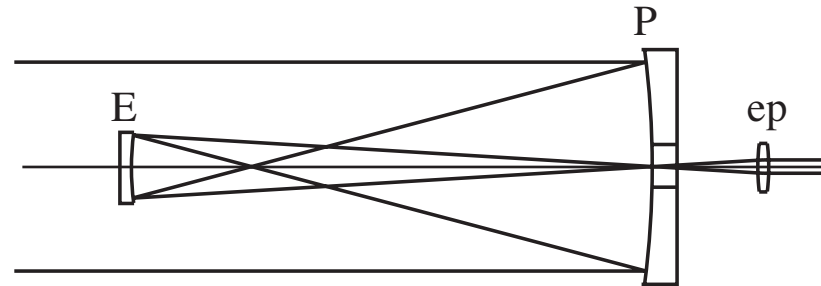
# 色消しレンズを用いた望遠鏡



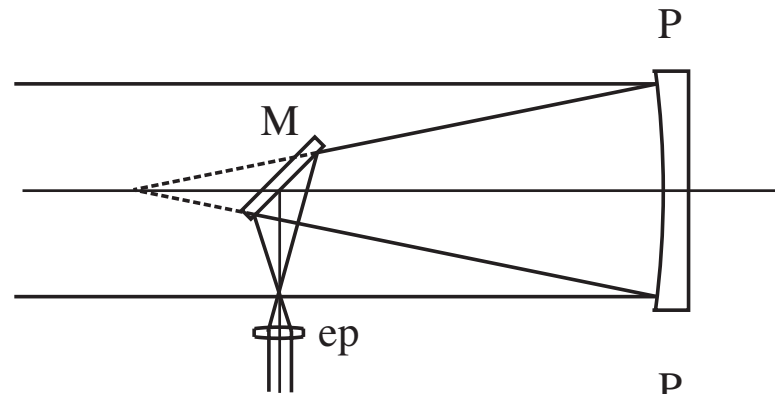
1.7 図 望遠鏡のレンズ系

# 反射望遠鏡

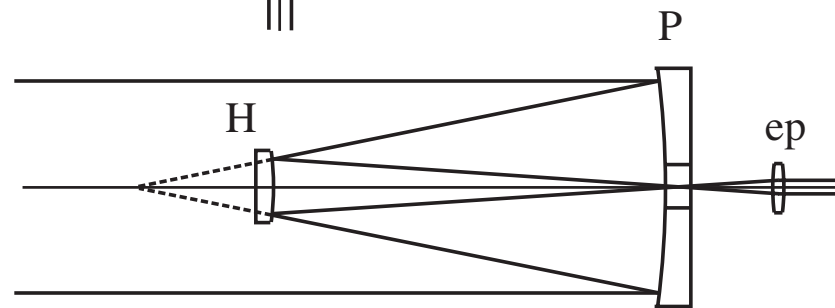
ニュートン



グレゴリー



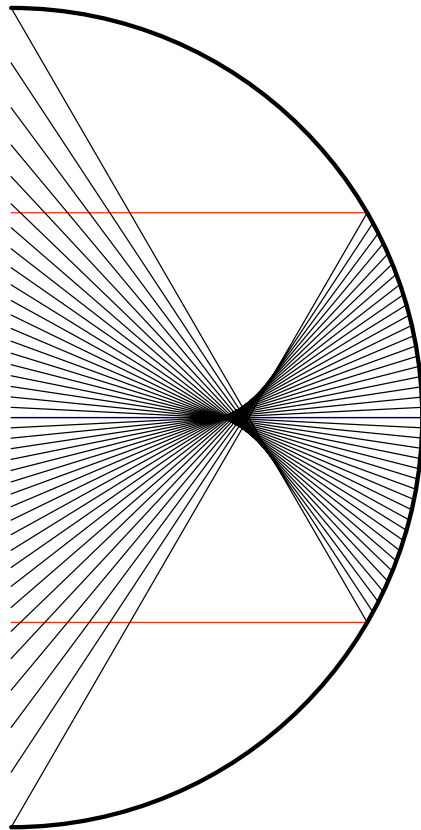
カセグレン



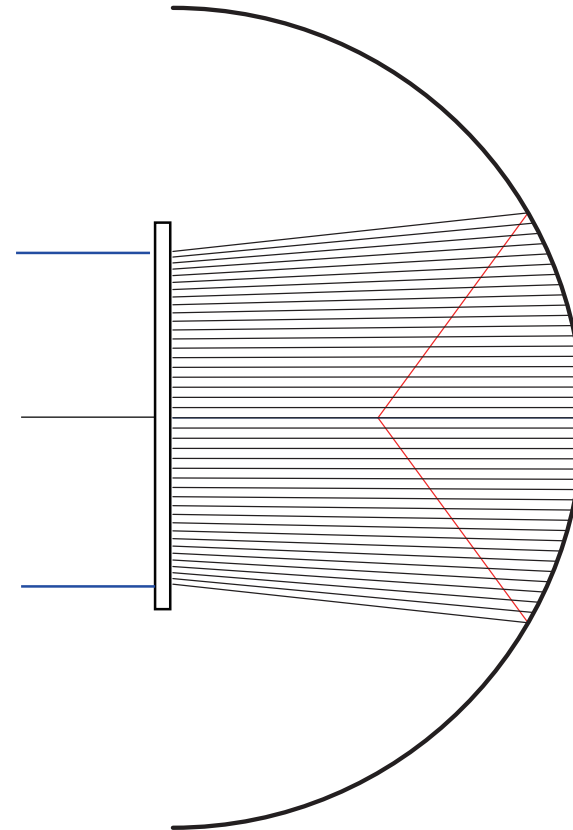


# シュミットカメラ

## 広い視野を実現



球面収差



シュミット補正版