

物質的光譜學-探究與實作

Spectroscopy of Condensed Matter : Inquiry and Practice

講 師：張玉明 特聘研究員

主聘單位：台灣大學凝態科學研究中心

兼任單位：成功大學物理系 (兼任教授)

教學助教：黃鈺淳 研究助理 台灣大學凝態中心光電工坊

教學助教：林孟逸 碩研究生 成功大學物理所

OFFICE HOURS

講 師：張玉明 特聘研究員

主聘單位：台灣大學凝態科學研究中心

兼任單位：成功大學物理系 (兼任教授)

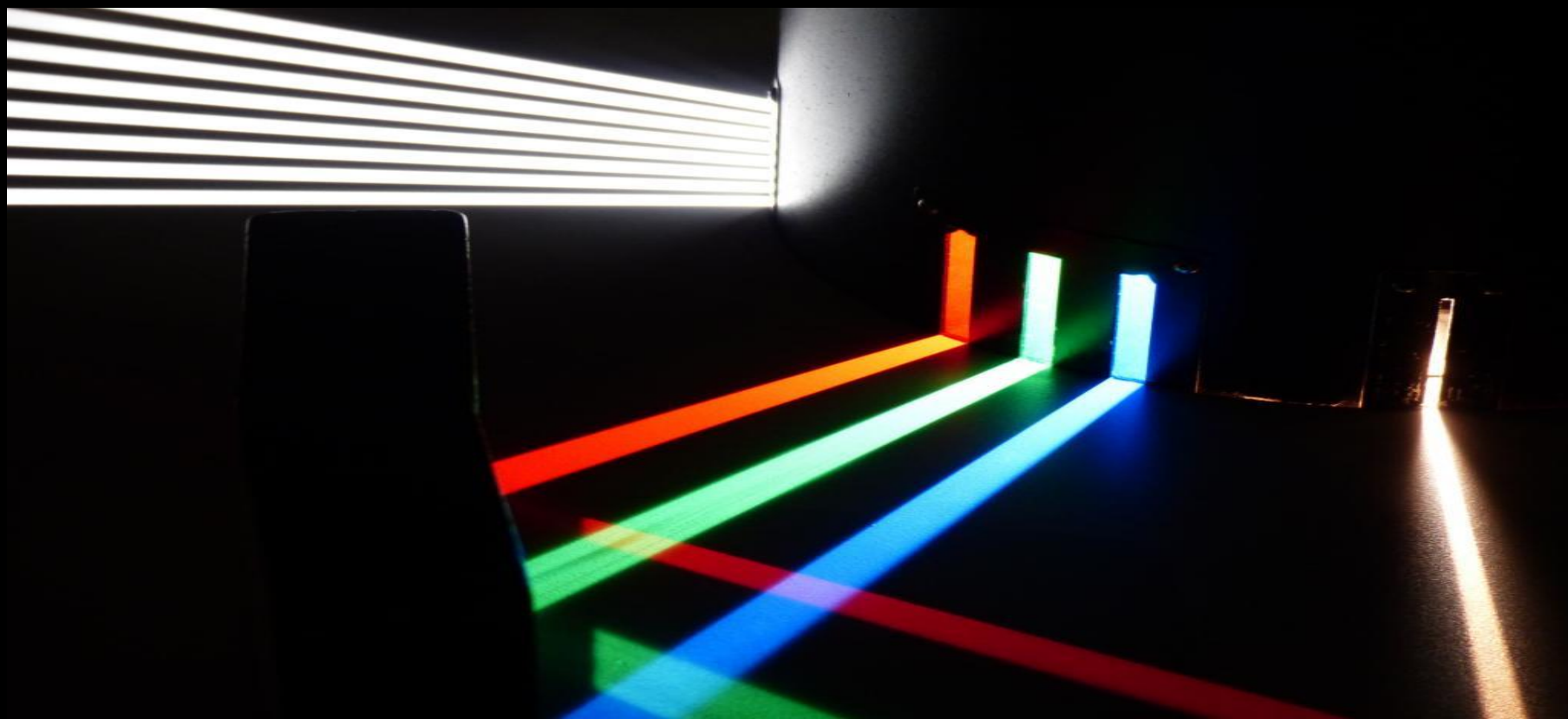
E-Mail : ymchang@ntu.edu.tw

辦 公 室：物理系新館五樓 RM 36574

辦公時間：每週四 14:00-17:00 及 每週五 9:00-17:00

課程目標：

物質光譜量測技術的探究與實作



本週授課內容

週數	課堂內容
1	光的本質 / What is light ?
2	光與物質的交互作用 / Light and Matter Interaction
3	光源與光譜學 / Light Source and Spectroscopy
4	光譜量測技術 / Spectroscopy Measurement Techniques

如何觀測物質的光譜？

光譜偵測器

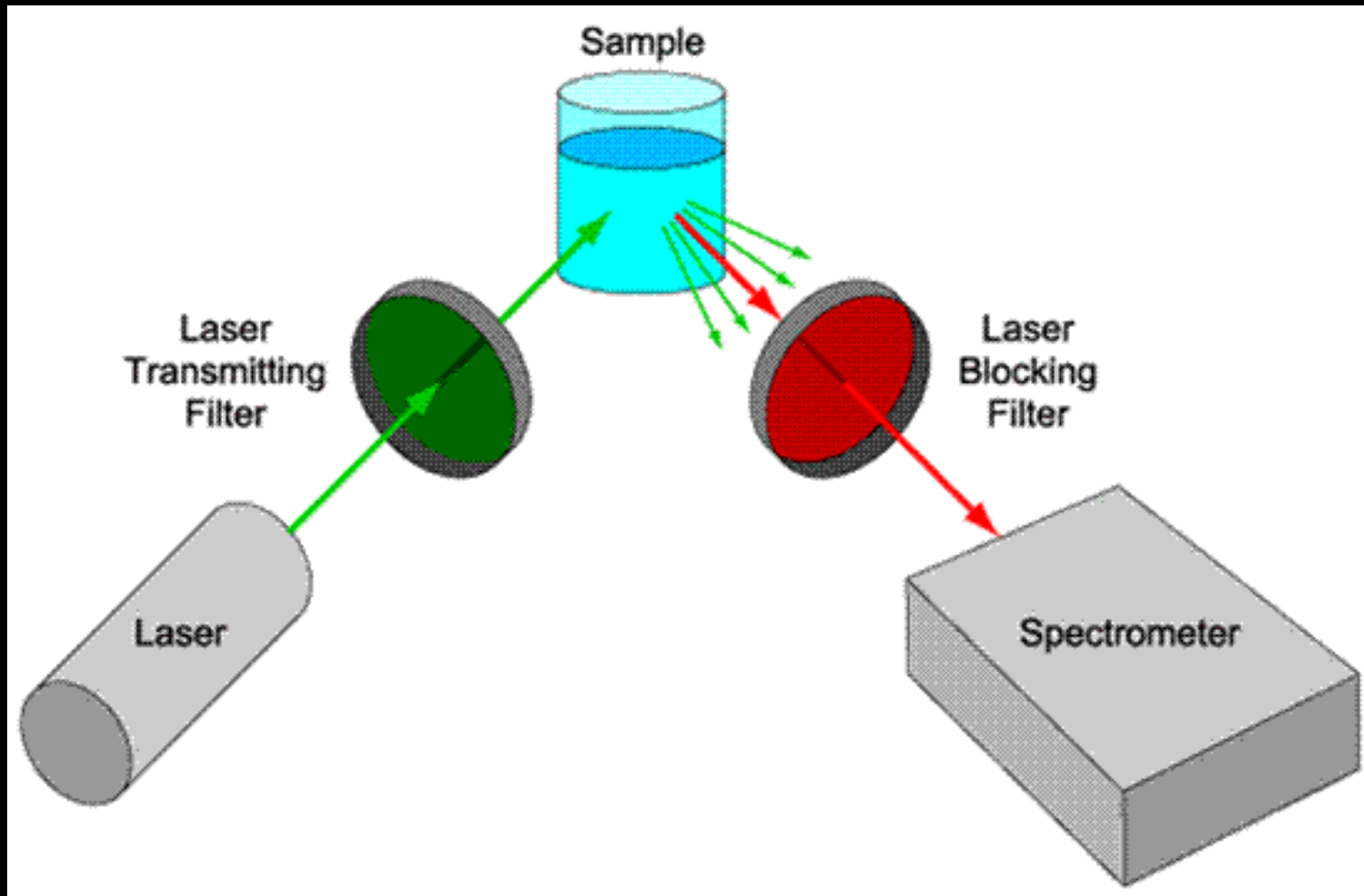


待測物質

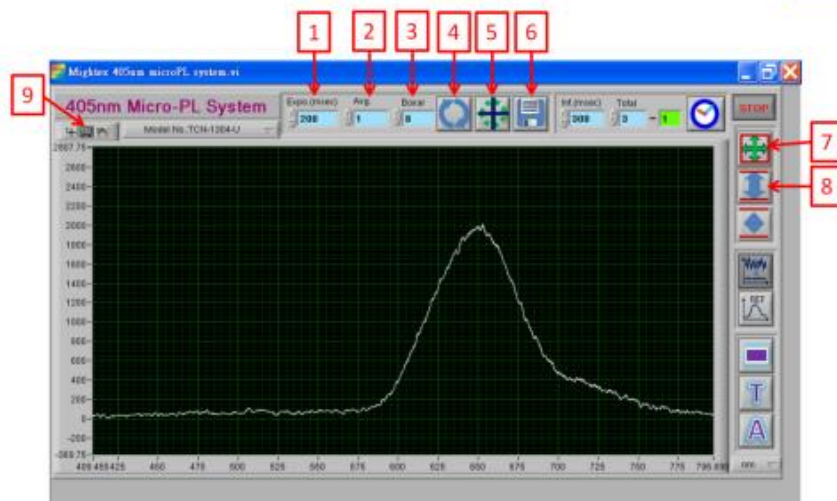
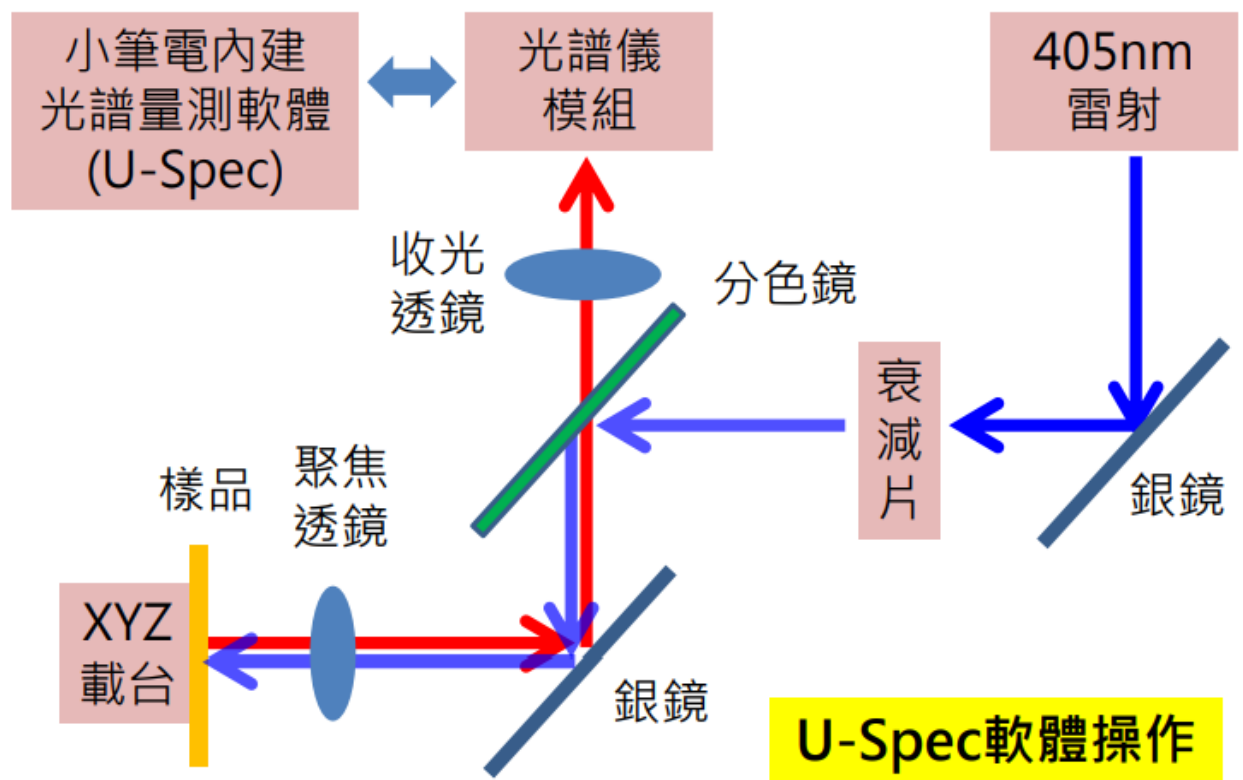


光源

雷射光譜量測技術

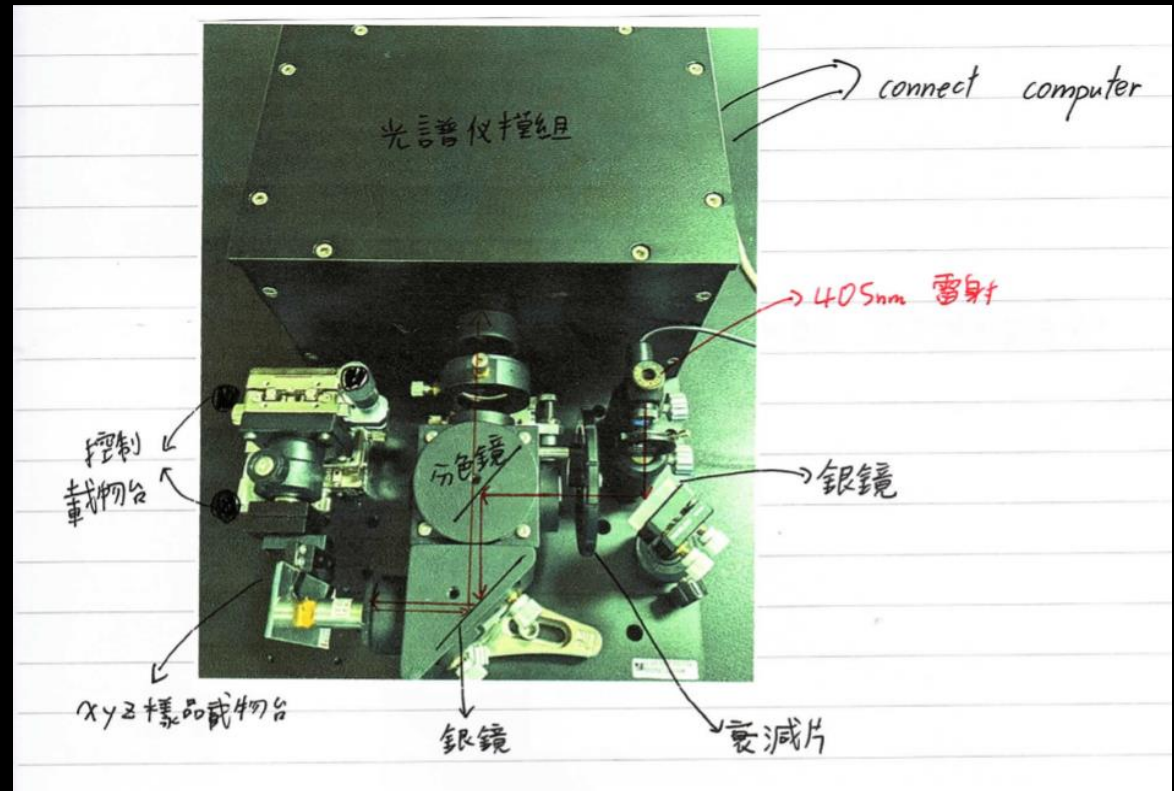
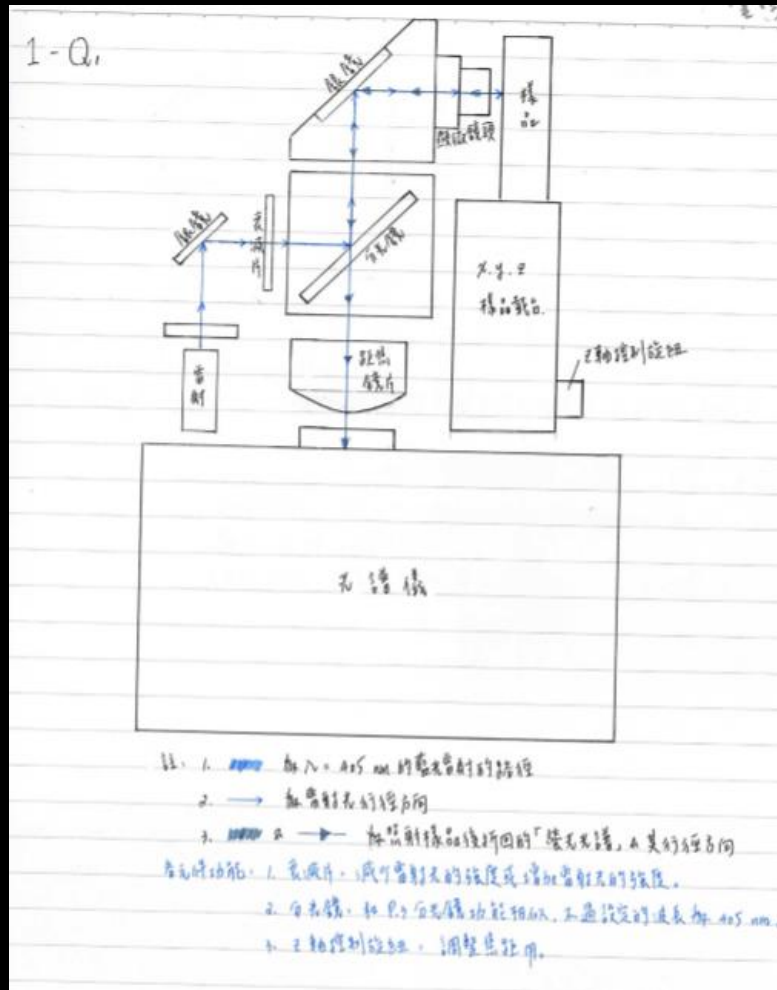


螢光光譜 技術簡介



- 1: 曝光時間
- 2: 平均次數
- 3: 平滑數
- 4: 連續擷取光譜
- 5: 單次擷取光譜
- 6: 處存檔案
- 7,8: 調整圖譜XY軸
- 9: 放大光譜

如何繪製實作機台的光路圖



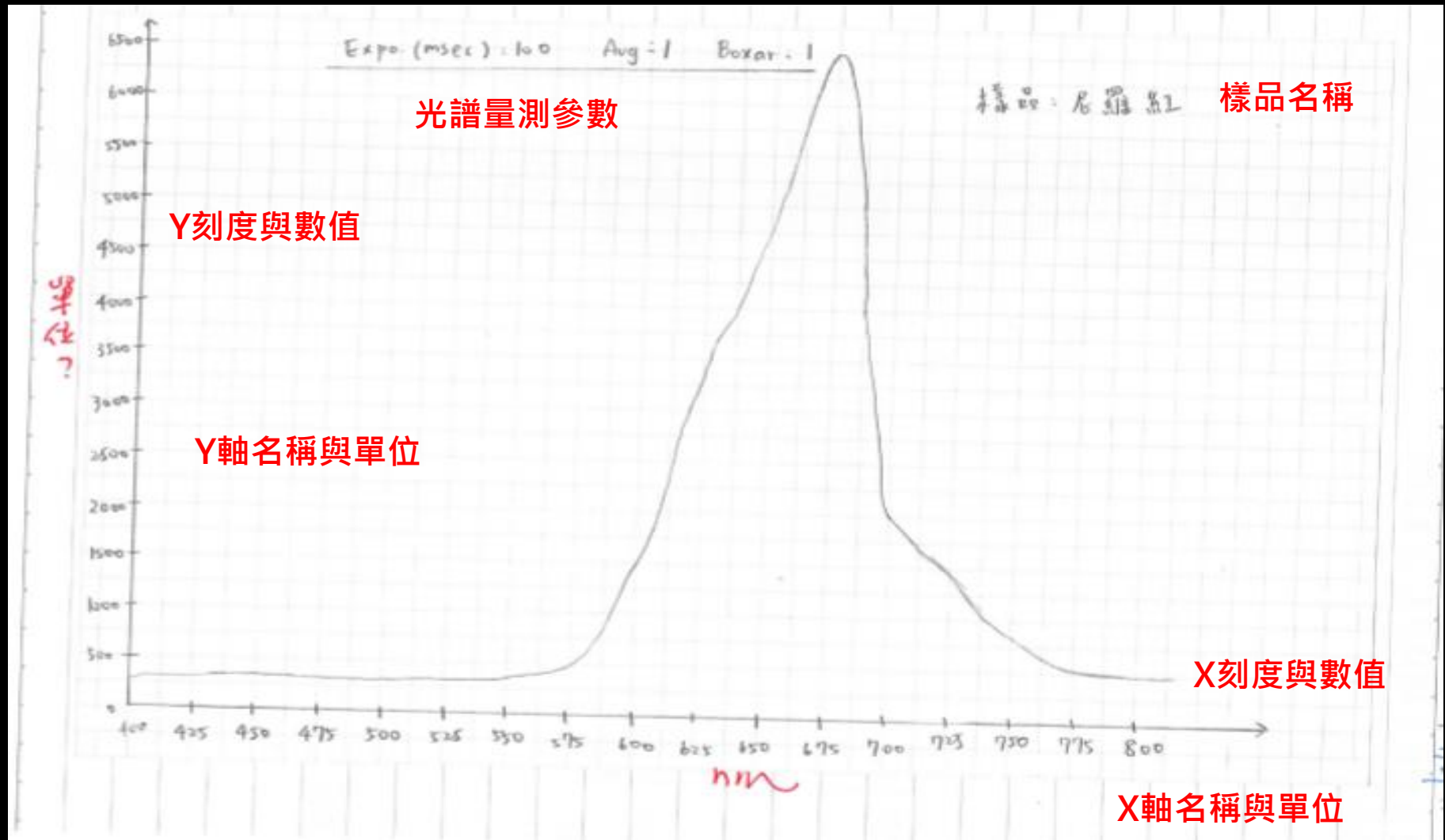
補充資料：如何繪製光譜圖

光譜量測的結果通常會以XY座標繪圖來呈現，採用的單位取決於想表達的物理概念而定。其中X軸常用的物理單位可以是波長 (wavelength)、頻率 (frequency)、或波數(wavenumber)，Y軸常用的物理單位則可以是訊號強度 (Intensity)、吸收度(OD)、比率值 (Ratio)、或百分比 (%)...等方式。

在光譜學中，電磁輻射的波數可以用方程式 $k=1/\lambda$ 來定義，其中 λ 是電磁輻射在真空裏的波長。波數的物理單位是[長度]⁻¹。採用國際 MKS單位，波數的單位是 m^{-1} 。如採用CGS單位制，波數的單位是 cm^{-1} 。

物理學家認為光譜位置的差距是因為電磁波的能級差別而產生的；其中波數與能級或頻率彼此成正比，但與波長成反比。光譜儀器通常以波長來校準，但光譜圖通常會用波長或波數來紀錄。

光譜繪圖之應注意事項



螢光光譜量測演示 (III)

Q1：請練習繪製各式樣品的光譜特徵

- 螢光片
- 紙片
- 螢光標籤
- 樹葉



Q2：請練習繪製螢光光譜儀的光路設計圖



光纖光譜儀的 設計原理 & 校正程序

Spectrometer Test Report

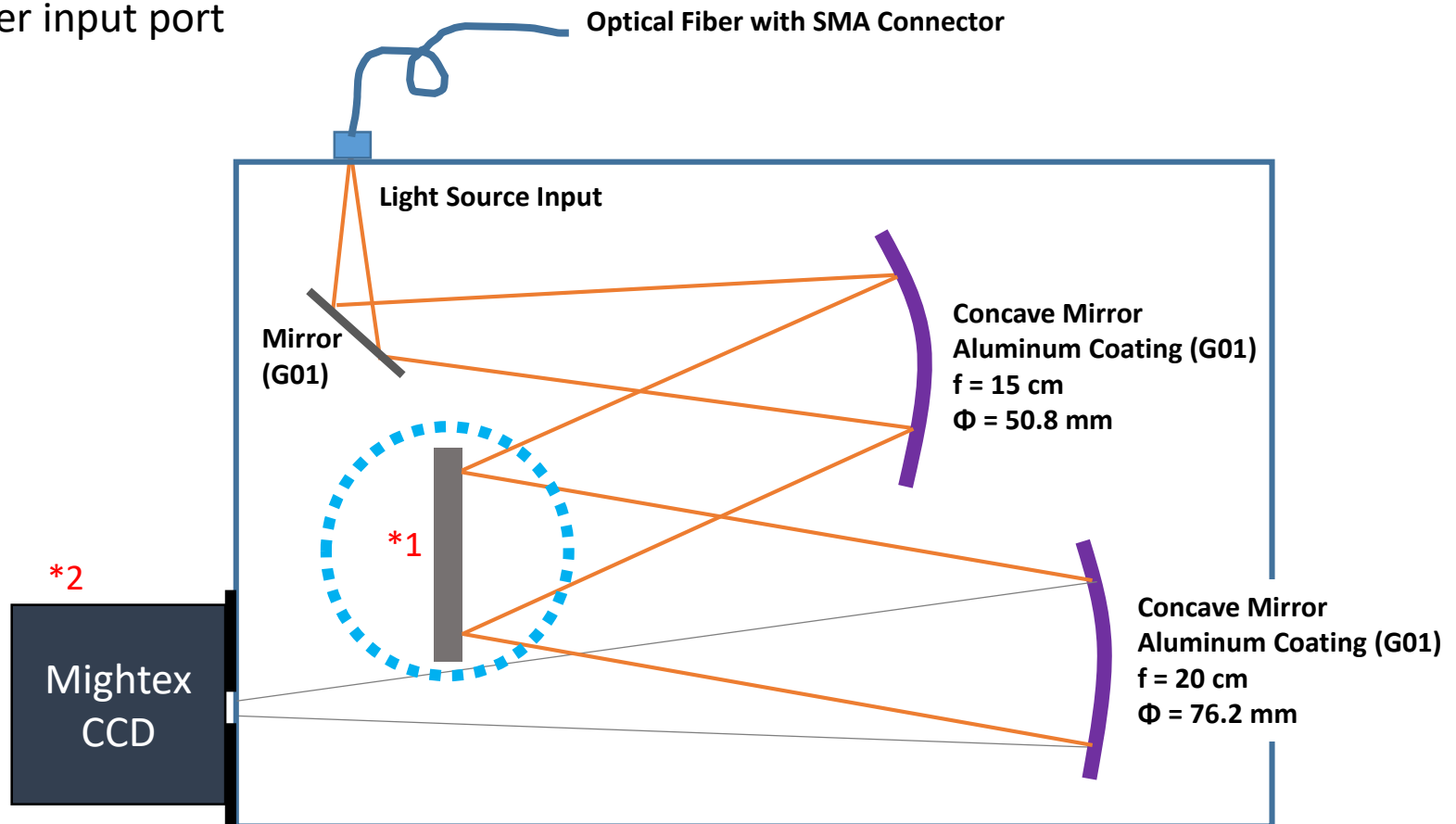
Model : MR-SPEC-UV-VIS-fix
Serial No.: MR20200420
Grating : R500-300-50x50



APR. 20, 2020 Yu-Sin Deng

Spectrometer Configuration

- Ruled reflective diffraction grating *1
- Mightex Line CCD Camera *2
- UV-enhanced Al coating mirrors
- Optical fiber input port



Specification of Spectral Detector

MIGHTEX CCD

USB2.0 3648-Pixel 16-bit CCD Line Camera with External Trigger, Enclosed

Features

- USB2.0 interface
- No external power supply required
- Optical integration time adjustable from 0.1ms to 6.5s
- 3648 pixel silicon linear CCD array
- 8 μ m x 200 μ m pixel size
- 16-Bit A/D converter
- Scan rate up to 138 scans/second
- External trigger capability
- 4 GPIO pins
- SDK for user applications
- Demo software with GUI
- Compatible to Windows 2000, XP, Vista, 7/8/10



Calibration for Grating :

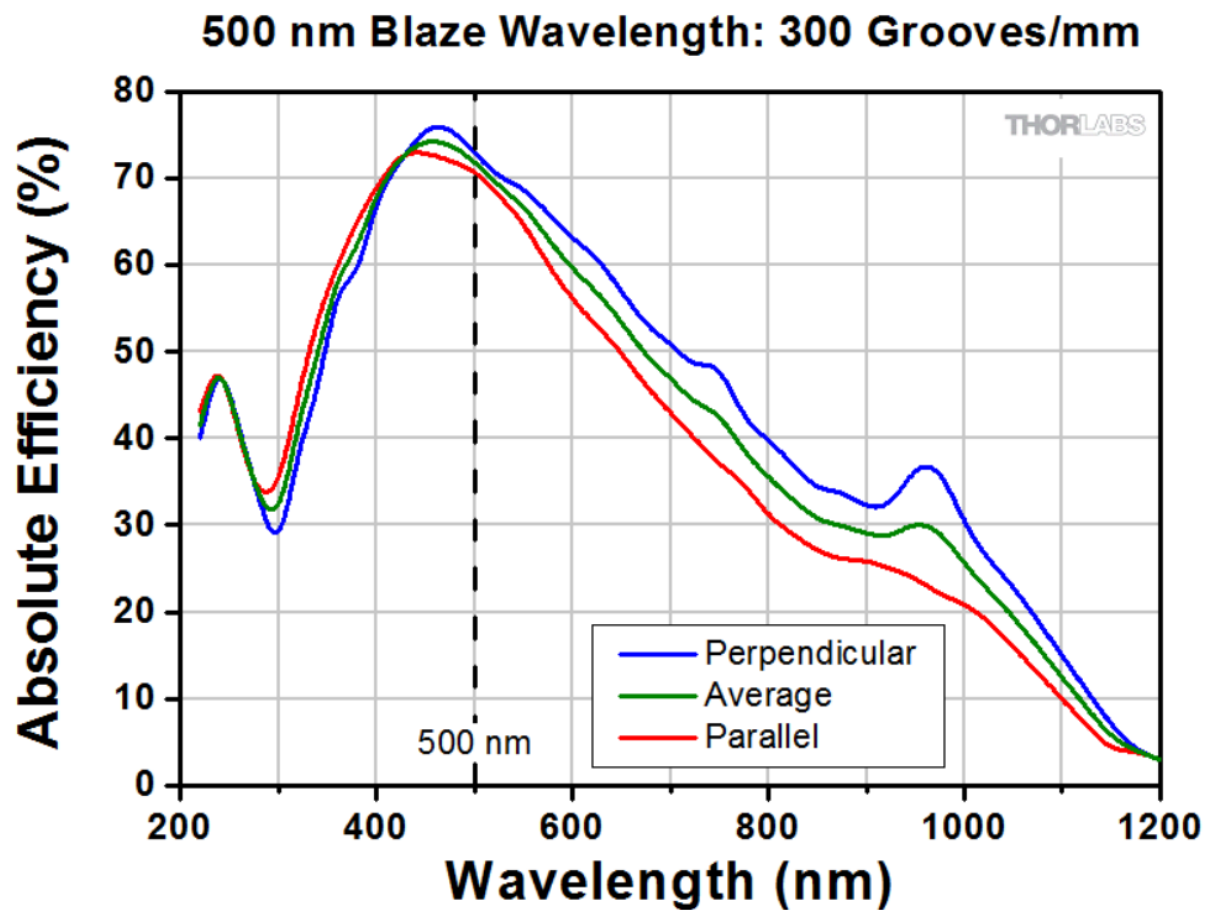
R500-300-50x50



(Using U-Spec_2.1)

Raw data: R500-G300 50um 40ms 0-3700p SSL H.spc

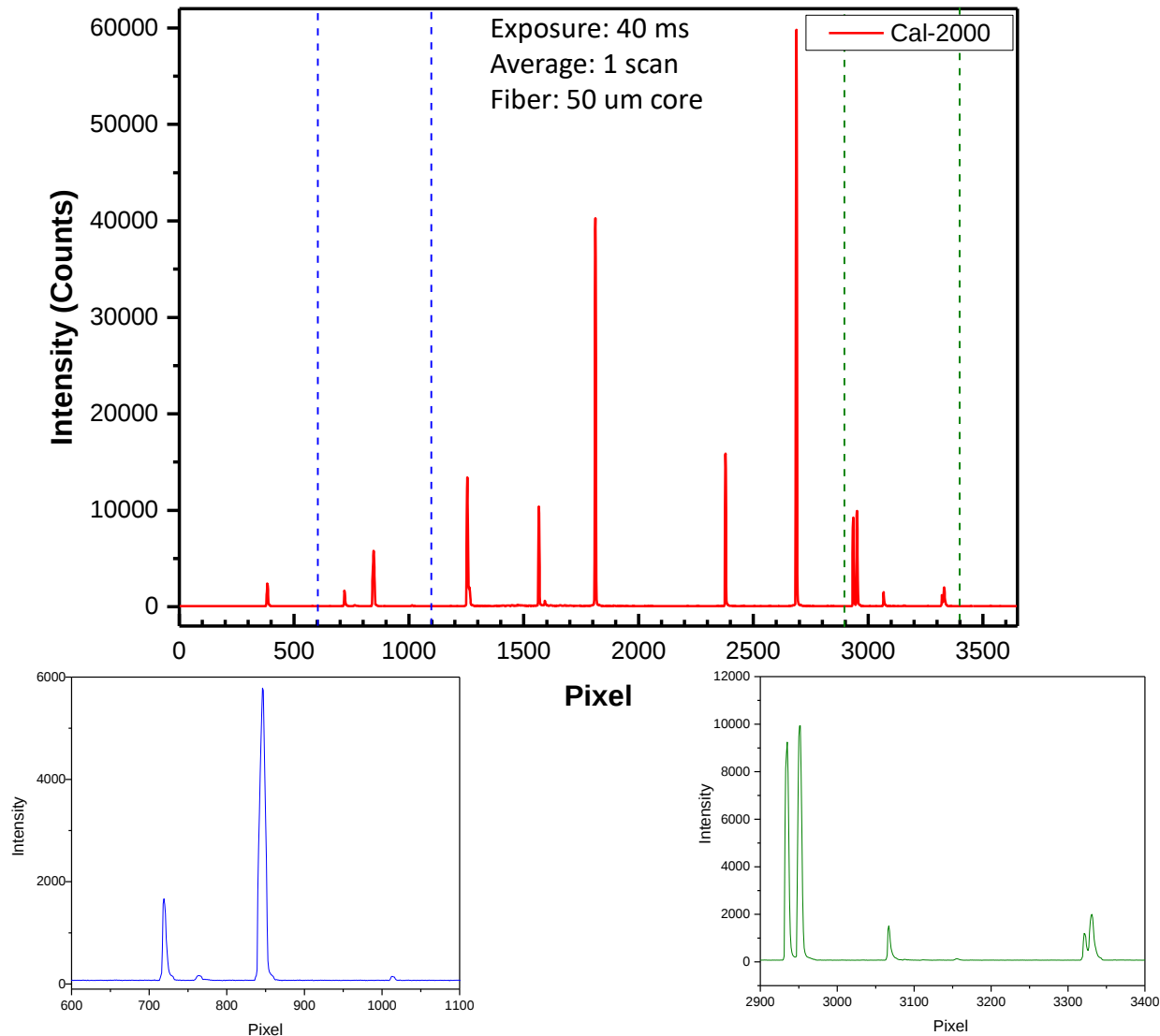
Plane Ruled Diffraction Grating



THORLABS GR50-0305, 300 gvs/mm, 500 nm Blaze, 50x50x9.5 mm

Before Calibration – Raw Data

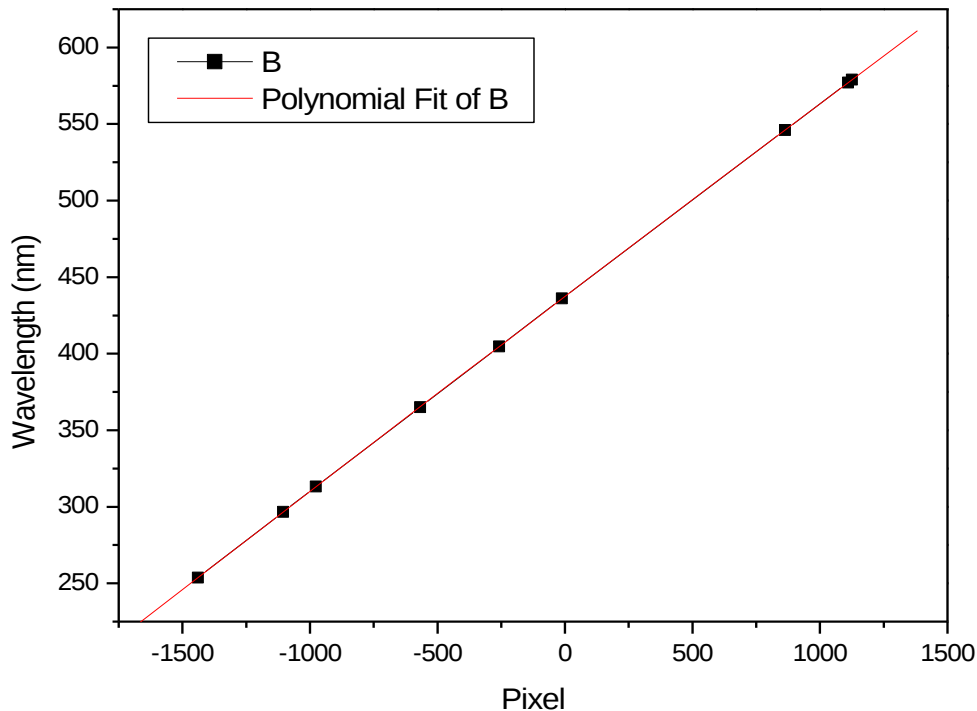
使用標準光源Cal-2000，取其光譜。



Pixel # (Pixel)	Ideal Wavelength (nm)
383	253.65*
719	296.73*
764	302.15
846	313.16*
1013	334.15
1254	365.015*
1566	404.656*
1592	407.78
1812	435.833*
2379	253.65 second order
2688	546.074*
2935	576.96*
2952	579.066*
3067	296.73 Second order
3321	312.567 Second order
3331	313.16 Second order

Wavelength Fitting

- 選擇幾個較易辨識的 Cal-2000 Peaks (Ideal Wavelength λ_p) <上頁有標示*部分>，紀錄 Raw data 中 Peaks (λ_p) 出現的 Pixel #。
- 將中心pixel位置重新訂為0 (若總pixel為奇數 $\rightarrow \frac{pixel}{2} + 1$ ，此數值定為0)。
- 利用 Pixel # 與 Ideal wavelength 關係，進行 2nd order Polynomial fitting。



$$Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2$$

Parameter	Value	Error
A	437.3779	0.08467
B ₁	0.12658	5.42444E-5
B ₂	-7.21986E-7	7.95883E-8

帶入ini檔

Modify ini file

- 將參數帶入。
- 更改ini檔名稱 <ex : BigOcean-Fix>。(需和檔案內"Name"的名稱相同)
- 更改Grating Name。

```
[Spectrometer]
Name = BigOcean-Fix
Type = Fix
ShutterID = 280

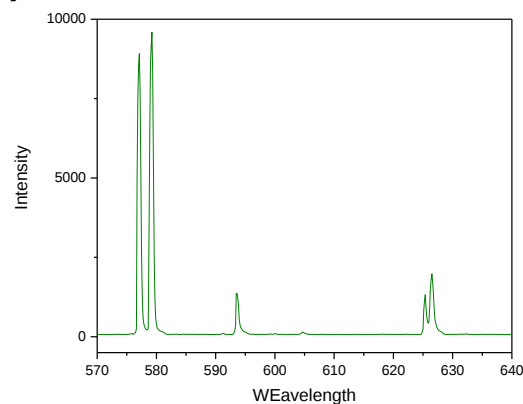
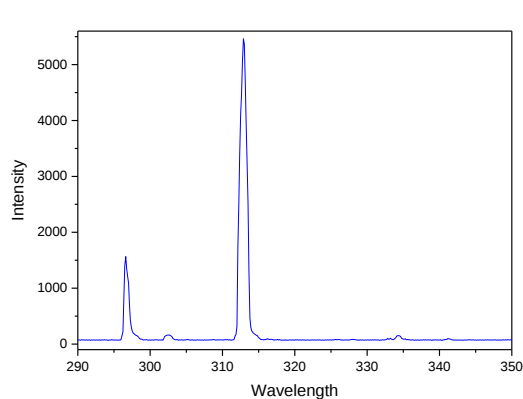
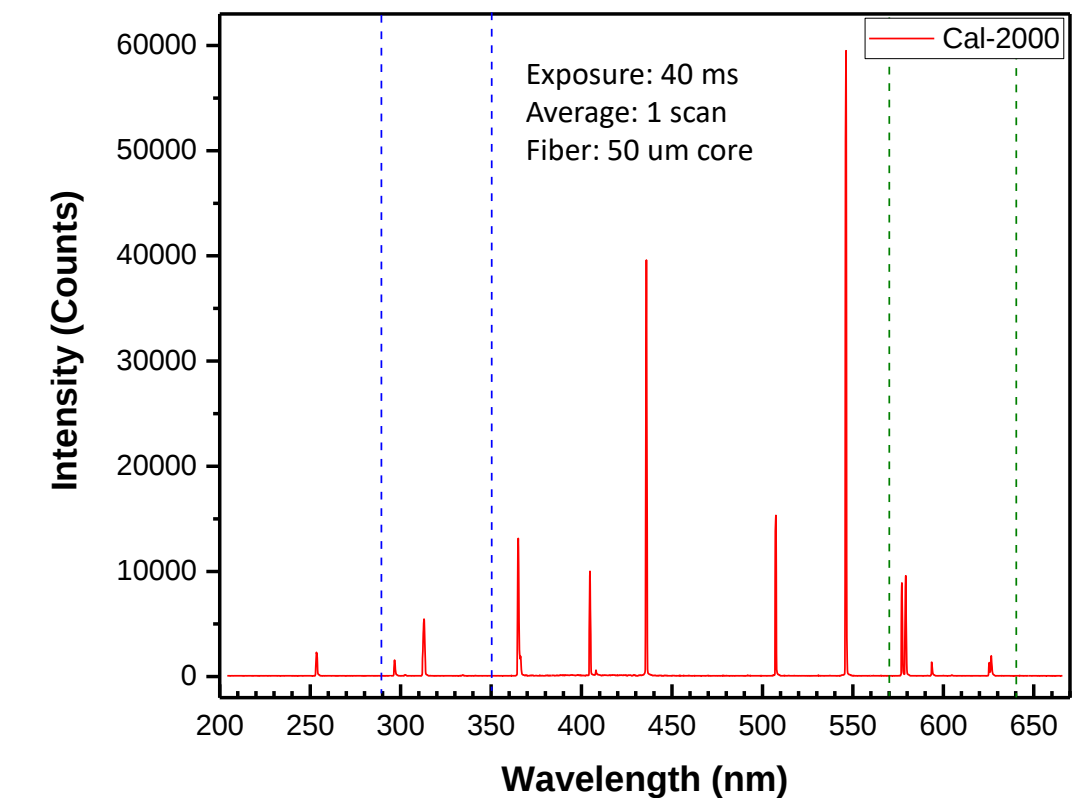
[User]
COM = "Invalid"
GratingNo = 0
Laser = 532.00

[CCD]
CCD Type = "Mightex"
ModuleNo = "TCE-1304-UW "
SerialNo = "13-091124-007"
Counts = 70000
PixelNumber = 3648
Exposure = 40
Average = 1
Boxcar = 0
PixelSize = 8
Reversion = FALSE

[Grating_1]
Grating Name = R500-300-50x50
Delta a0 = 0
Delta a1 = 0
a0 = 437.3779
a1 = 0.12658
a2 = -0.000000721986
```

將上述 fit 出的數值帶入此處。
($a_0=A$, $a_1=B_1$, $a_2=B_2$)

After Calibration – Raw Data



Fitted Wavelength (nm)	Ideal Wavelength (nm)
253.62	253.65
296.62	296.73
302.52	302.15
312.86	313.16
334.5	334.15
365.04	365.015
404.67	404.656
407.97	407.78
435.85	435.833
507.35	253.65 second order
546.15	546.074
577.11	576.96
579.24	579.066
593.6	296.73 Second order
625.99	312.567 Second order
626.49	313.16 Second order

Wavelength Fitting

- 比較波長數值，確認均方根誤差RMSE在可接受誤差範圍內

Pixel # (Pixel)	Ideal Wavelength (nm)	Fitted Wavelength (nm)	Difference (nm)
383	253.65	253.62	0.03
719	296.73	296.62	0.11
764	302.15	302.52	0.37
846	313.16	312.86	0.3
1013	334.15	334.5	0.35
1254	365.015	365.04	0.025
1566	404.656	404.67	0.014
1592	407.783	407.97	0.187
1812	435.833	435.85	0.017
2379	507.3	507.35	0.05
2688	546.074	546.15	0.076
2935	576.96	577.11	0.15
2952	579.066	579.24	0.174
3067	593.46	593.6	0.14
3321	625.134	625.99	0.856
3331	626.32	626.49	0.17
RMSE			0.205

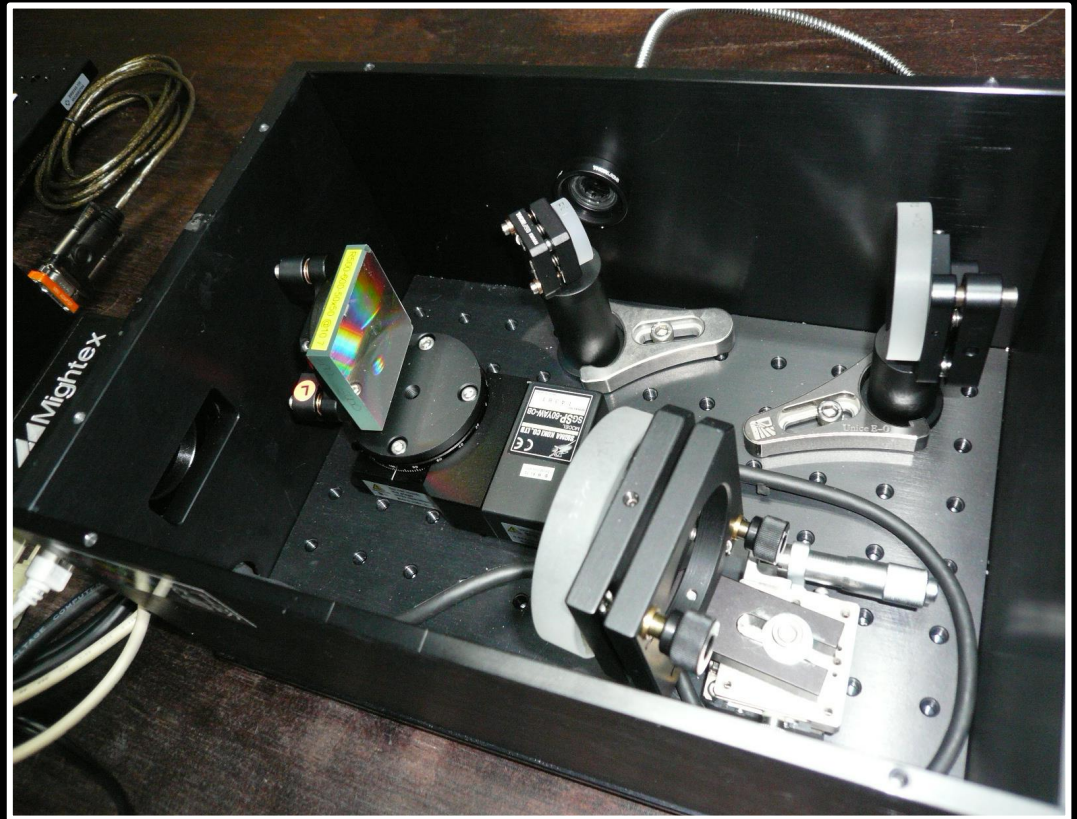
Wavelength Fitting

- 比較波長數值，確認均方根誤差RMSE在可接受誤差範圍內

Pixel # (Pixel)	Ideal Wavelength (nm)	read Wavelength (nm)	Difference (nm)
383	253.65	253.47	0.18
719	296.73	296.62	0.11
764	302.15	302.64	0.49
846	313.16	312.89	0.27
1013	334.15	334.24	0.09
1254	365.015	364.99	0.025
1566	404.656	404.67	0.014
1592	407.783	407.97	0.187
1812	435.833	435.85	0.017
2379	507.3	507.40	0.1
2688	546.074	546.20	0.126
2935	576.96	577.11	0.15
2952	579.066	579.24	0.174
3067	593.46	593.6	0.14
3321	625.134	625.38	0.246
3331	626.32	626.49	0.17
RMSE			0.112

光譜儀使用流程演示 (IV)

- 選擇符合量測需求的光譜儀
- 選擇適當規格的光纖與光柵
- 確認光譜儀已校正
- 送入待測光譜訊號並設定合適的光譜量測參數
- 選定光譜類型與相對應的光譜量測模式





光學顯微鏡的 設計原理 & 校正程序



放大鏡 vs. 顯微鏡

描述 顯微鏡泛指將微小不可見或難見物品之影像放大，而能被肉眼或其他成像儀器觀察之工具。日常用語中之顯微鏡多指光學顯微鏡，放大倍率和清晰度為顯微鏡重要因素。

歷史 顯微鏡是在1590年由荷蘭的詹森父子所首創。顯微鏡的類型有許多。最常見的（和第一個被發明的）是光學顯微鏡，其使用樣品的光圖像。其他主要的顯微鏡類型是電子顯微鏡（透射電子顯微鏡、X光顯微鏡）

發明 最早的顯微鏡是17世紀在荷蘭製造出來，發明者是亞斯·詹森,荷蘭眼鏡商。同時另一位荷蘭科學家漢斯·利珀希也製造了顯微鏡。後來有兩個人開始在科學上使用顯微鏡，第一個是義大利科學家伽利略。他在1611年通過顯微鏡觀察到一種昆蟲後，第一次對它的複眼進行了描述。第二個是荷蘭亞麻織品商人雷文霍克（1635年-1703年），他自己學會了磨製透鏡。他第一次描述了許多肉眼所看不見的微小植物和動物。

用途

物質成分分析
礦物質分析
細胞分析
金相分析
集成電路生產中各種檢測
電子器件檢測

.....

光學顯微鏡

型式 光學顯微鏡是利用顯微鏡頭及透鏡組合，將觀測物的影像放大送到眼睛或成像儀器，解析度大約為一微米，可以看到細胞大小的光學儀器。光學顯微鏡依光學設計形式的不同，又可分為：正立顯微鏡、倒立顯微鏡（又稱倒置顯微鏡）和解剖顯微鏡（又稱實體顯微鏡或立體顯微鏡）...等；如果搭配特殊光源設計，又可延伸顯微鏡的功能與運用領域。

例如 偏光顯微鏡：又稱為岩石顯微鏡、礦物顯微鏡或金屬顯微鏡，用以觀察岩石、礦物及金屬表面，是利用光的不同性質（偏光）而做成的；相襯顯微鏡：觀察變形蟲、草履蟲等透明生物時，所使用的顯微鏡。它的特殊裝置可以將光透過生物體所產生的偏差，改變為明暗不同；另外透過結合雷射光作為照明光源，能讓光學顯微鏡達到特殊光譜相關的觀察需求，例如雷射掃描共軛焦顯微鏡...。

顯微鏡的歷史

1600s

Von Leeuwenhoek
Microscope
(circa Late 1600s)

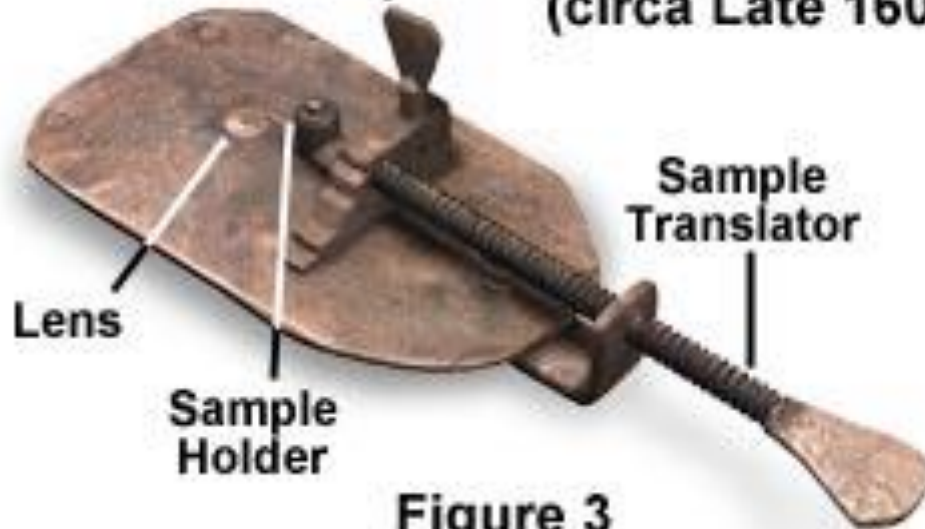
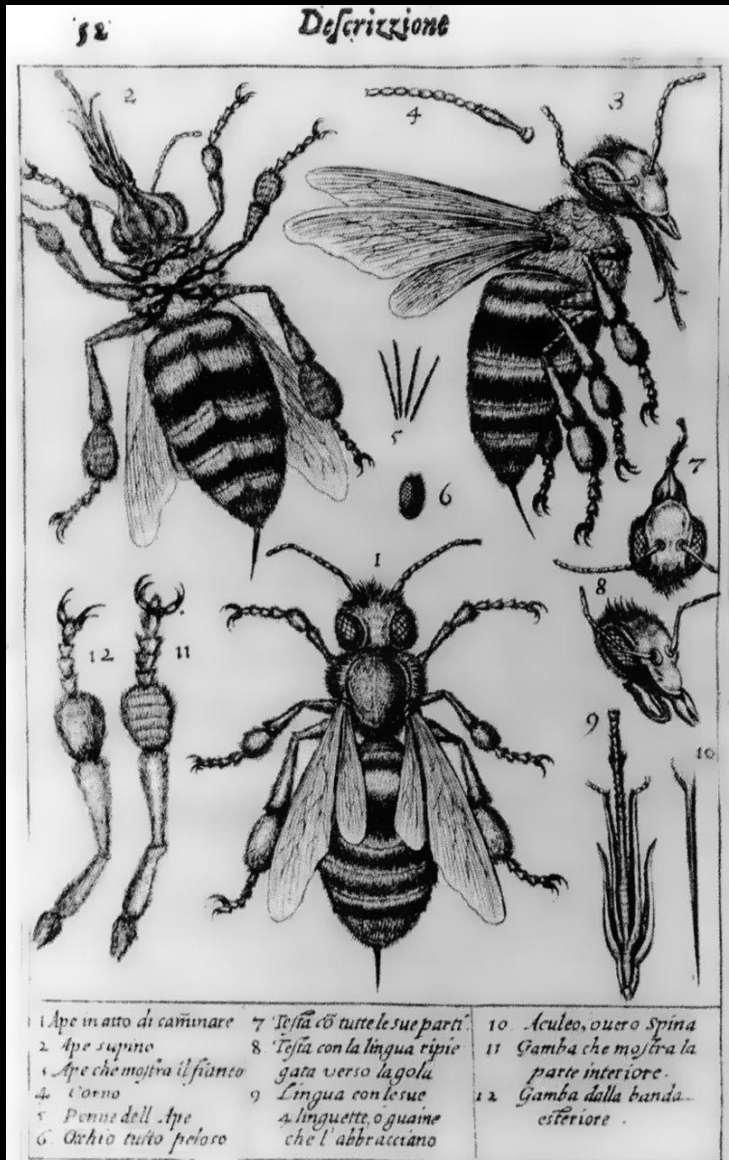


Figure 3



Janssen Compound
Microscope
(circa Early 1600s)

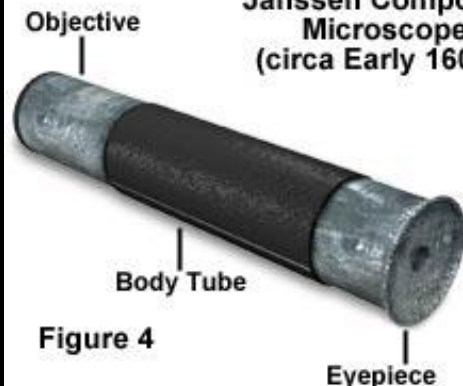
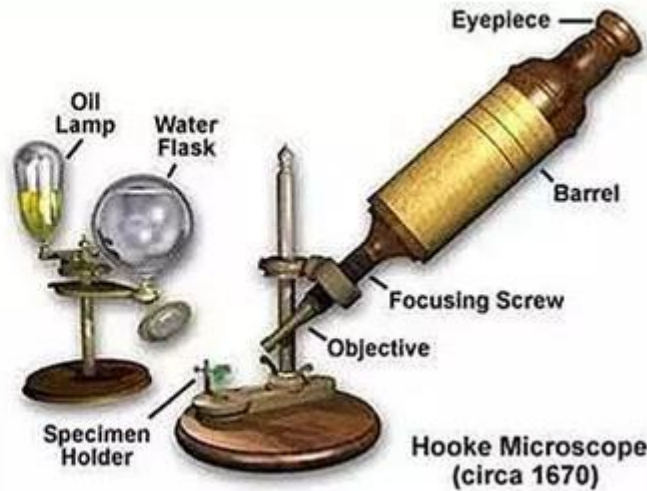


Figure 4

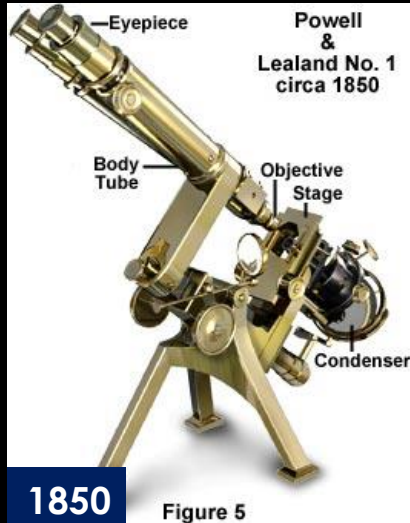
已知最古老的公開
顯微照片:蜜蜂, 由
Francesco Stelluti
於1630年發表

顯微鏡的歷史

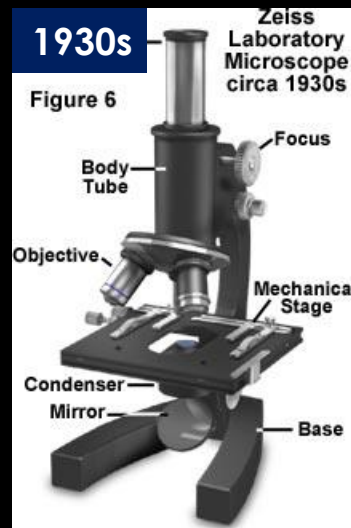
1670



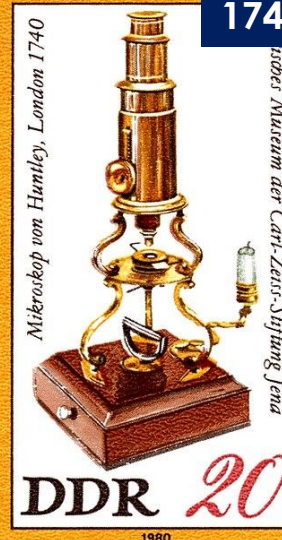
1700s



1930s



1740



1751



1845



1873





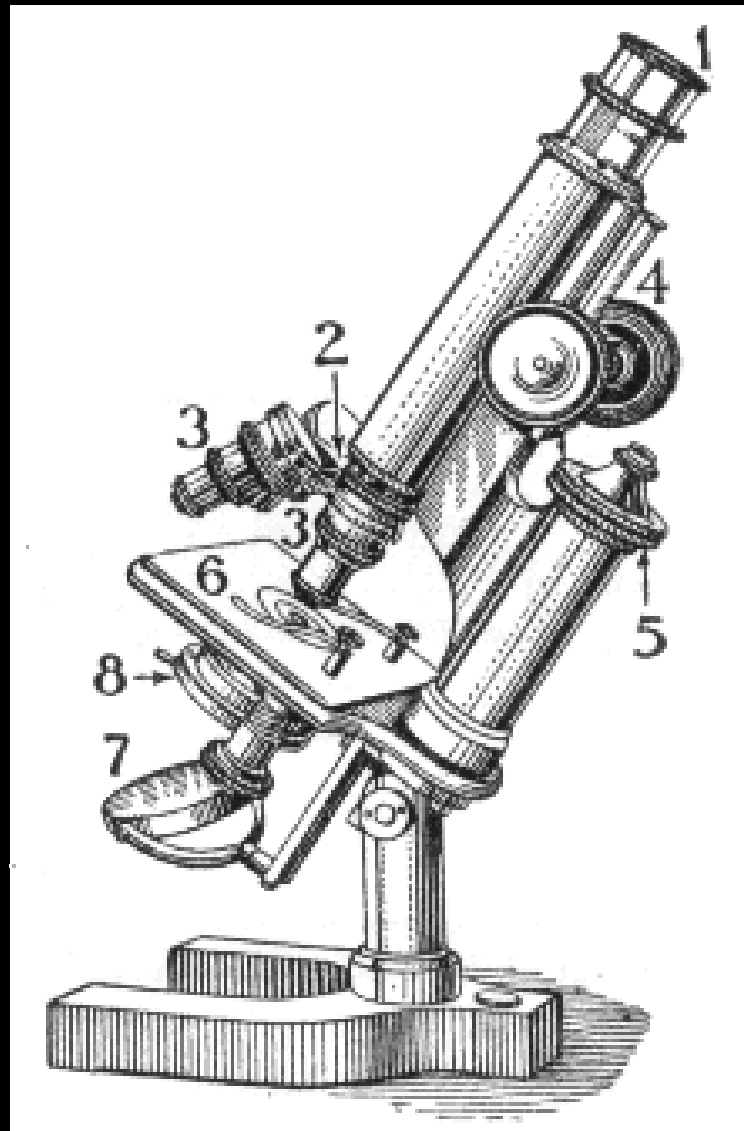
1953年，弗里茨·塞爾尼克因為對相襯法 (phase contrast method) 的證實，發明相襯 (/相位差) 顯微鏡獲得諾貝爾物理學獎。

1986年，恩斯特·魯斯卡因研製第一台穿透式電子顯微鏡獲得諾貝爾物理學獎。格爾德·賓寧、海因里希·羅雷爾因研製掃描隧道顯微鏡獲得諾貝爾物理學獎。

2014年，諾貝爾化學獎頒給了艾力克·貝齊格 (Eric Betzig)，W·E·莫爾納爾 (William Moerner) 和斯特凡·W·赫爾 (Stefan Hell)，獎勵其發展超解析辨螢光顯微鏡 (Super-Resolved Fluorescence Microscopy)，帶領光學顯微鏡進入奈米級尺度中。

2017年，雅克·杜博歇、約阿希姆·弗蘭克、理察·亨德森因研製用於溶液內生物分子的高解析度結構測定的低溫電子顯微鏡獲得諾貝爾化學獎。

現代的光學顯微鏡



現代的光學顯微鏡

Olympus Provis AX 70
(circa 1998)

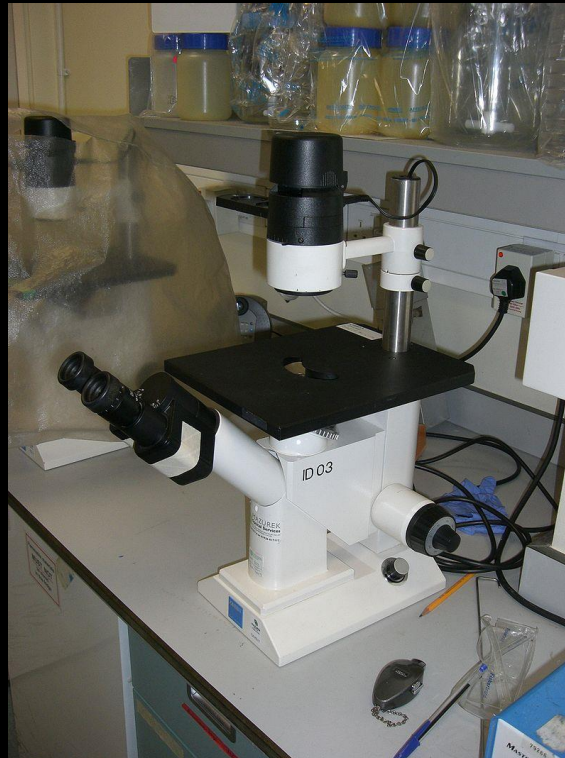
Figure 7



各式光學顯微鏡



正立顯微鏡

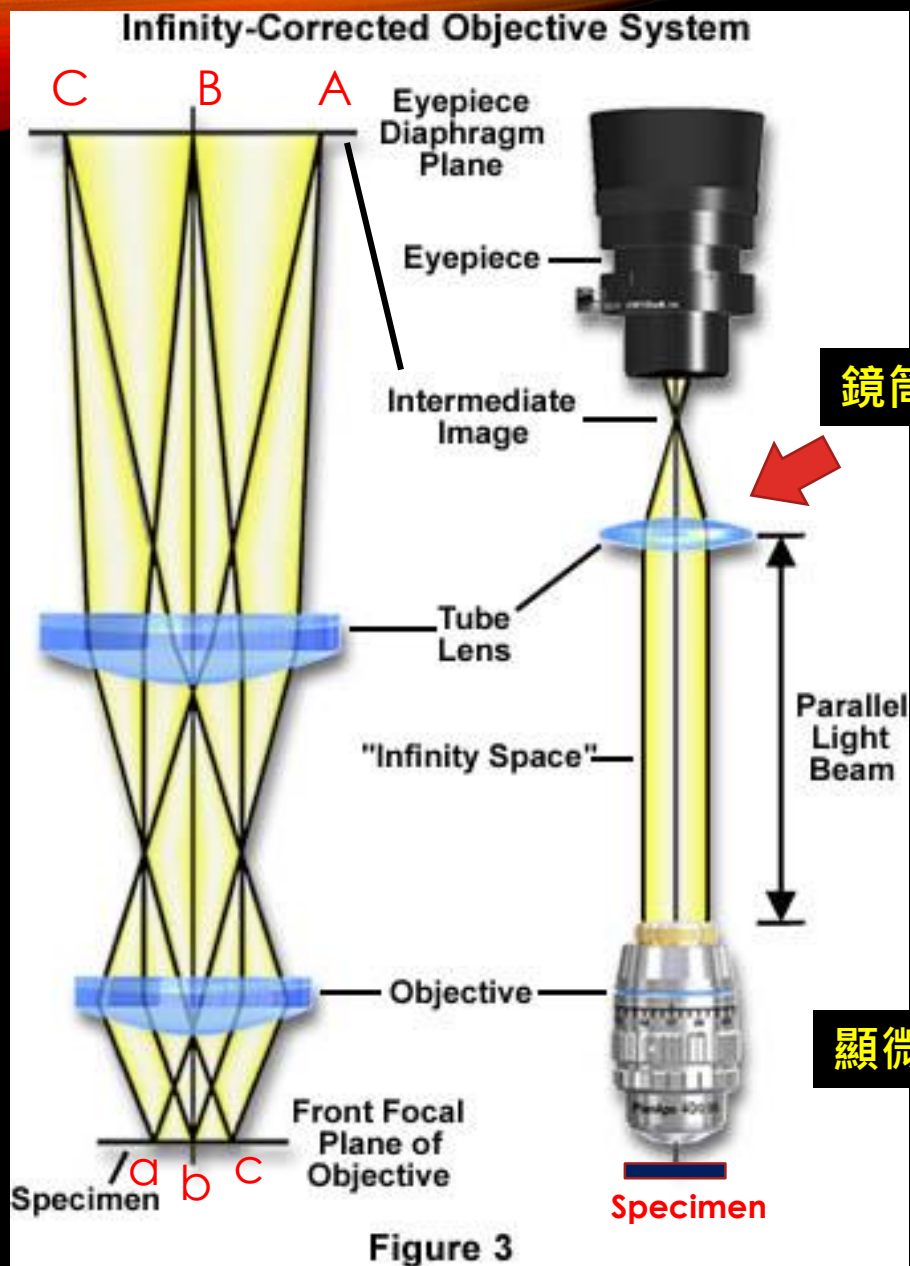


倒立顯微鏡



實體(立體)顯微鏡

顯微鏡的光學設計原理

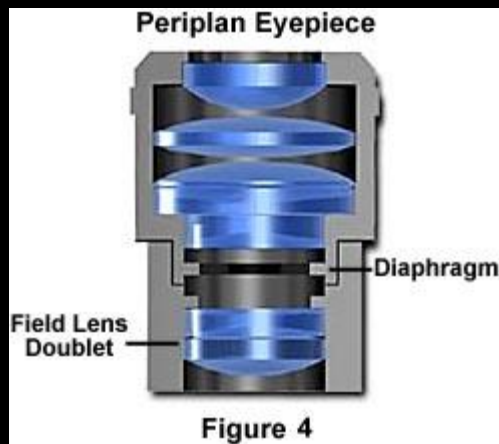


鏡筒透鏡

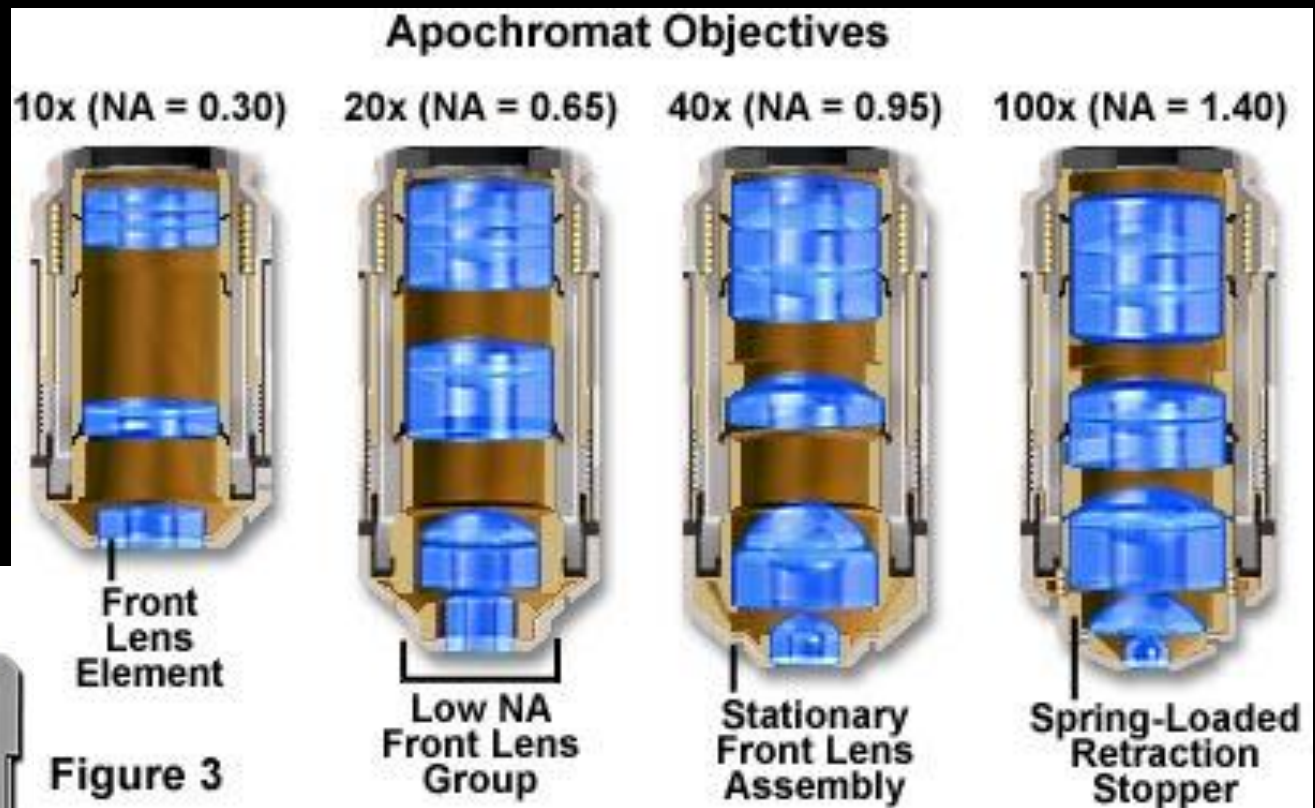
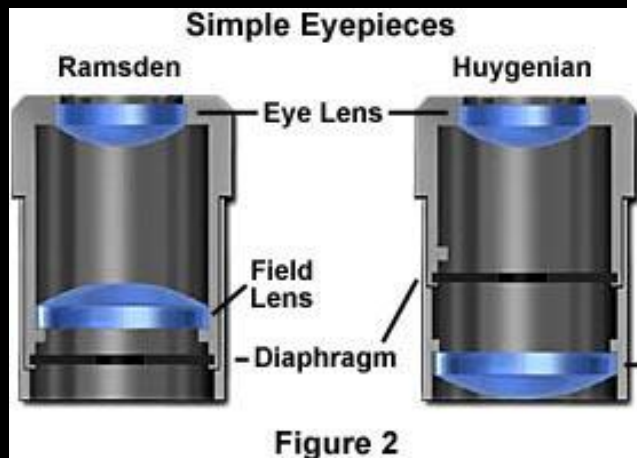
顯微鏡頭



顯微鏡頭的光學設計

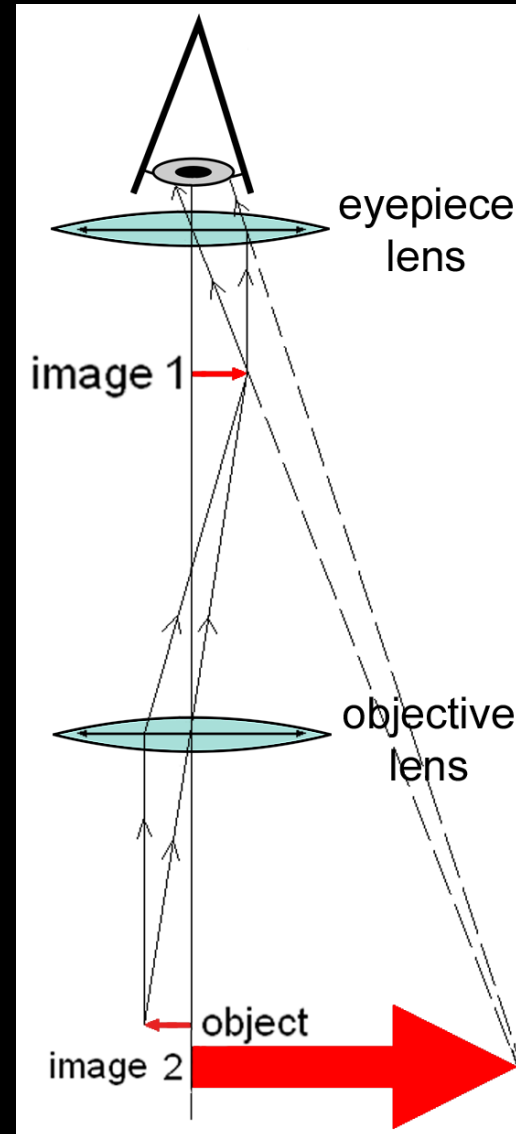
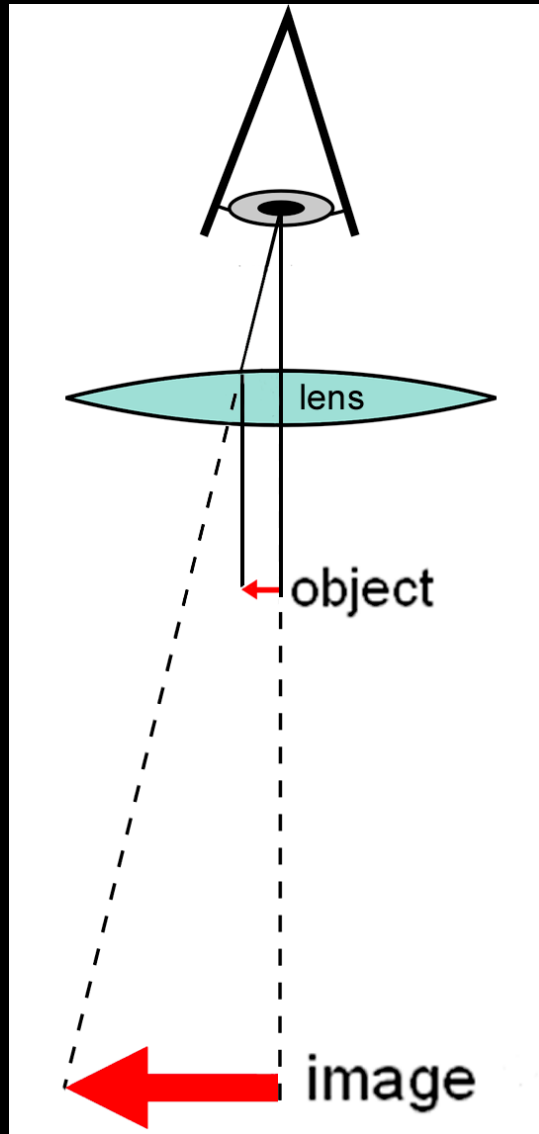


目鏡



物鏡

放大鏡成像 vs 顯微鏡成像



Q3:
請練習繪
製顯微鏡
的光路圖.



2024-10-11 星期五

LET ' S TAKE A BREAK !