



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

眼鏡穿透光譜特性的量測

作者：余尙駿
鍾佩芸
張郡倫

系級：電機系一年級甲班

學號：D9467151

D9467223

D9467062

開課老師：陳德請 教授

課程名稱：專題報告

開課系所：電機工程學系

開課學年：九十四學年度 第一學期

摘要

本篇論文目的是利用微型光譜儀（型號：USB2000）進行眼鏡鏡片穿透光譜的測量，得知市售眼鏡鏡片所強調的賣點是否與我們測量結果相符，進一步了解測到的光譜所代表的意義。眼鏡鏡片規格項目相當多，本篇論文以「多層膜」及「抗紫外線」為本次研究重點，藉由光譜曲線的呈現，探究多層膜所代表的意義，與抗紫外線眼鏡鏡片的抗紫外線功效。

我們進行市場調查，消費者對於眼鏡鏡片的認知程度，得到的結論是：面對五花八門、琳瑯滿目的行銷手法，消費者很難分辨孰真孰假，造成眼鏡市場的混亂，而最終傷害的卻是消費者寶貴的眼睛。

逢甲大學電機系師生也體認到眼鏡鏡片的品質不好，會對眼睛產生不良的嚴重後果，為了讓消費者可以清楚、明確的了解眼鏡鏡片的這些特質，電機系於今年（95年）將成立眼鏡鏡片製作實驗室，由逢甲大學電機系陳德請老師負責，招集一群眼鏡鏡片方面的學界及專家，提供消費者有關眼鏡鏡片製作及品質測試相關知識，使消費者對眼鏡鏡片有深入了解，以確保寶貴的眼睛不受無謂傷害。

由本篇研究發現，因為許多特定眼鏡鏡片都具有某種的功能，可是消費者被業者選擇性引導，模糊焦點，而產生認知錯誤的情形，所以本文目的再提昇消費者對眼鏡鏡片有正確的認知，這是我們所共同努力的目標。

關鍵字：多層膜、抗紫外線、微型光譜儀

目錄

摘要.....	I
第一章 緒論.....	1
第二章 簡介.....	2
第三章 實驗架構與使用設備.....	7
第四章 實驗步驟及實驗數據.....	10
第五章 結果與討論.....	26
第六章 結論.....	26
參考資料.....	26
附錄.....	27



第一章 緒論

1-1 研究動機

眼睛是人類的靈魂之窗，許多美麗的事物藉著眼睛讓我們感到美好，而人們也越來越重視聲光享受，越來越多的特效轟炸著我們，在絢麗的聲光特效的背後，帶來的是視力的衰退：近視、散光…，使得國人配戴眼鏡的比率大幅上升，那麼眼鏡的品質好壞就越發重要。

近年來，臭氧層的遭受破壞，使得紫外線（UV）的威脅日趨嚴重，致使眼球被紫外線傷害的案例也愈來愈多，而且許多研究中心在他們研究報告中指出，紫外線穿過眼球水晶體時會被吸收，而長期的吸收會造成白內障，致使罹患白內障的人口也日趨增多，因此配戴一副具有抗紫外線功能的眼鏡，是非常必要的，配戴抗紫外線鏡片的眼鏡族，每年呈倍數成長，可見重視眼睛健康的人不在少數；現今隨處可見的顯示器，其所散發出的輻射，對於眼睛造成嚴重的侵害，因此一副好的眼鏡必須具備隔離對眼睛有害波長的功能。

市面上的眼鏡業者，不停的推層出新，無不強調自個的眼鏡有多好，防紫外線、抗輻射、多層膜設計…等等，許許多多的噱頭，讓消費者目不暇給。電視上也曾報導過很多的黑心商品，那麼到底消費者所購買到的眼鏡是否真的達到他們所希望的需求呢？還是說一切都只是業者爲了提高銷售量而捏造的假象呢？

1-2 研究目的

對於眼鏡鏡片的光譜特性進行研究及量測。

1-3 研究方法

利用微型光譜儀（型號：USB2000），對眼鏡鏡片進行光譜特性量測及分析。

第二章 簡介

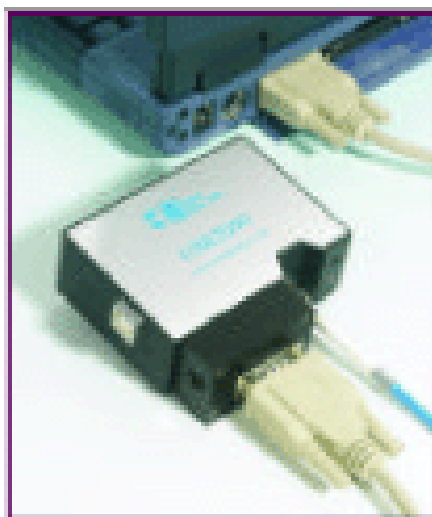
2-1 USB2000 微型光纖光譜儀

「USB2000 微型光纖光譜儀」是「S2000 微型光纖光譜儀」的隨插即用型版本，此型號光譜儀的設計是為了滿足使用方便的要求，以避免光譜儀到電腦介面的麻煩。在 USB2000 中，A/D 轉換卡已經安裝在光譜儀的電路板上，USB2000 與電腦通過 USB 介面相連，可支援光譜儀的快速轉換。只要將 OOIBase32 光譜儀操作軟體在電腦裡安裝好，並連接好 USB2000 光纖光譜儀，光譜儀操作軟體即可識別並且讀取 USB2000 光譜儀記憶體中的專有參數，並可以進行參數調整以適合每個特定的光譜儀。這樣既可節省時間，又可以減少設置錯誤。每個 USB2000 記憶體中所儲存的資料包括：波長校準係數、線性係數及對應每個光譜儀專有的序列號。

USB2000 同樣使用 2048 像元的線型 CCD 探測器及已有 S2000 光譜儀的光路系統。通過 S2000 光路系統，USB2000 接收採樣光纖傳來的光，經過內部安裝的光柵進行分光後發射到探測器，探測器可以接收 200-1100nm 的光譜範圍。

歸納上述，USB2000 微型光纖光譜儀的優點以條列式敘述如下：

- 即插即用型介面：可直接插入任何臺式電腦或筆記本電腦的 USB 介面，也可通過串列口與臺式電腦、筆記本電腦或掌上型電腦相連
- 不需外部供電：可直接從相連的電腦獲得電源
- 流水線啟動軟體：可自動讀取光譜儀的校準係數
- 接插型模組化設計：光源和採樣腔等可直接接插、連接到 USB2000 的介面上



眼鏡穿透光譜特性的量測

特性參數			
外形尺寸：	89.1mm×63.3mm×34.4mm	散射光：	<0.05% @ 600nm, <0.10% @ 435nm, <0.10% @ 250nm
重量：	190 克 (不包括連接線纜)	靈敏度 (估計)：	86 光子/計數, 2.9×10 ⁻¹⁷ 焦耳/計數, 2.9×10 ⁻¹⁷ 瓦/計數 (積分時間為 1 秒)
功率消耗：	90 mA@5VDC		
波長範圍：	200-1100 nm	資料傳輸速 率：	每 13ms 一個全掃描入記憶體 (USB 介面) 每 300ms 一個全掃描入記憶體 (串列 口)
探測器：	2048 像元的線型矽 CCD 陣列		
光柵：	14 種光柵, 波長從紫外到近紅外	積分時間：	3ms~65s
入射孔徑：	寬 5, 10, 25, 50, 100 或 200um 的狹 縫 或光纖(無狹縫)	光纖連接：	SMA905 介面, 與 0.22NA 的單股光 纖 相連
各類濾波片：	長波通或帶通濾波片, 安裝在光譜儀 內	作業系統：	Windows98/Me/2000/XP (通過 USB 介面與臺式電腦、或筆記本電腦相連 時) 任何 32 位元 Windows 作業系統(通 過 串列口與臺式電腦或筆記本電腦相 連 時) Windows CE 2.11 及上述作業系統 (通過串列口與掌上電腦相連時)
焦距：	42 mm (輸入), 68 mm (輸出)		
光學解析度：	0.3~10.0 nm FWHM (與光柵和狹 縫寬度的選擇有關)		
動態範圍：	2×10 ⁸ (系統), 2000:1 (單個掃描 信號)		



2-2 多層膜的優點

近代光學科技的突飛猛進，鏡片已經發展出多層膜防反光功能特性，就光學科技上來說，多層膜鏡片是利用光波干擾原理，以電腦真空鍍膜機鍍上多層薄膜，多層膜鏡片一般是在鏡片凹面和凸面上各鍍上五層以上薄膜，藉著塗上的物質，減少反光，增加透視率約達 99 %，可以增加眼睛無害的「可見光」通過鏡片，因此在鏡片上幾乎僅剩非常微小反光，也沒有幻影，所以不會干擾視線。

多層膜玻璃鏡片的特點，是可以消除燈光在視覺中的多重影像，而且在不良的燈光下也能提昇視覺的敏銳性。另外則是可以減少深度近視的度數圈，增加清晰度及鏡片邊像視覺，減低了反光和類似鬼影的干擾，使外型更美觀。

2-3 玻璃鏡片的優缺點

最早被研發出來的眼鏡鏡片是玻璃材質的，玻璃眼鏡片的特點是：
優點：

1. 材質堅硬，不易刮傷。
2. 玻璃鏡片具有高折射率，可以發展出傳真度較高的超薄鏡片。

缺點：

1. 玻璃鏡片比重較重，配戴壓力較大。
2. 玻璃鏡片容易破碎。

比起樹脂鏡片（俗稱安全鏡片），玻璃鏡片比較重也容易破碎，所以大多數歐美國家絕對禁止學生配戴玻璃鏡片，以免好動的學生意外碰撞時發生眼睛傷害。

2-4 樹脂鏡片的優缺點

樹脂鏡片（俗稱安全鏡片）可說是光學科技一大成就和突破，它是光學工程師在二次大戰時，試驗出的一種稱為 CR-39 的新材料製成。

優點：

1. 重量比玻璃鏡片減輕 1/2。
2. 安全性是一般玻璃鏡片的 10 倍。一般人將樹脂鏡片稱為安全鏡片，是因為樹脂鏡片不易破裂，即使受撞擊發生破裂時，碎片很少，破片面積大而鈍邊，使眼部及臉部的受傷可以減低到最低程度，安全性比玻璃鏡片高。

3. 透光率比一般鏡片高。
4. 樹脂鏡片容易染色，可以依照需要染製成各種不同透光率的彩色鏡片。
5. 樹脂鏡片可以加抗紫外線鍍膜，防止眼睛受紫外線傷害。這是玻璃鏡片較難做到的功能

缺點：

1. 樹脂鏡片比起玻璃鏡片的厚度仍然比較厚。但它可以利用「非球面設計」來改善厚度，而且可帶給配戴者更佳之視覺品質。
2. 樹脂鏡片比較容易刮傷，但這方面是可以被克服的，現在大多數的樹脂鏡片大多有加硬化處理，所以其耐磨性已改善甚多。另在鏡片清潔擦拭和取放時多加注意就可以避免的，尤其是清潔鏡片時，最好用洗潔劑配合清水沖洗，然後再用軟布或面紙輕輕的將水擦乾即可，避免用衣角、粗布或粗紙擦拭，以免造成鏡片刮傷。

2-5 紫外線 (UV)：

UV-C：(190nm-280nm) 會被臭氧層吸收，不會達到地表。

UV-B：(280nm-315nm) 會達到地表被皮膚吸收，產生黑色素沉澱而曬黑；可被眼睛外表吸收，但是曝曬太久會引發「雪盲」。

UV-A：(315nm-400nm) 會達到地表，為可見光譜界線，會穿透眼睛外表的結構，被水晶體吸收，已被證實水晶體會累積 UV-A 而引發「日照性白內障」。

2-6 眼鏡鏡片專有名詞的相關特性：

由於介質的折射率隨光的波長而變化所發生的現象，稱為光的色散 (dispersion)。通常用色散 ν 描述介質的色散特性。若紫光、黃光、紅光在介質內的折射率分別是 n_v 、 n_y 、 n_r ，則色散率 (dispersive power) 定義為：

$$\text{阿貝係數 (色散率, dispersive power)} = \frac{\text{黃光折射率} - 1}{\text{紫光折射率} - \text{紅光折射率}} \quad \left(\nu = \frac{n(y) - 1}{n(v) - n(r)} \right)$$

阿貝係數代表解析度高低，阿貝係數越高，解析度越高。

解析度與光透率成正比，即阿貝係數越高，光透率越高。

光透率與折射率成反比，但折射率跟鏡片厚薄成反比，折射率越高，鏡片越薄。

光強度是指在一定方向範圍內發出的可見光輻射強弱的物理量，它可以用光源在單位立體角發出的光通量數值量度，其單位是「坎德拉 (candela)」

$$\text{光強度} = \frac{\text{光源功率 (瓦特)}}{\text{有效面積 (m}^2\text{)}} \quad I = \frac{P}{A}$$

2-7 抗紫外線國際標準值：

國際標準：抗 UV-380nm 以下的波長。

市面常見：抗 UV-400nm 以下的波長。

2-8 各色光相關資料：

顏色	頻率範圍(THz)	真空中波長(nm)
紅	384~482	622~780
橘	482~503	597~622
黃	503~520	577~597
綠	520~610	492~577
藍	610~659	455~492
紫	659~769	390~455

第三章 實驗架構與使用設備

實驗架構如圖 3-1 所示，LED 光源置於防外界光源干擾之自製光源黑色套筒之內，兩者組合成一 LED 光源組，整套 LED 光源組再置於支架上。由左邊 LED 光源組來的光束被右方聚光鏡聚焦在傳導光纖上，再進入微型光譜儀光學系統，光束經此光學系統做光譜分光，光譜分光後之光束成像在線型電藕合裝置 (CCD) 感測器上，而被 CCD 感測器所感測。CCD 感測器將光信號轉換為電子信號，此電子信號經資料處理器 (A/D) 轉換為數位式信號，再經個人電腦中之軟體進行分析，將最後結果呈現在個人電腦監視器上。若要測試眼鏡鏡片的光譜特性，只要將眼鏡鏡片置於 LED 光源組與聚光鏡之間即可。

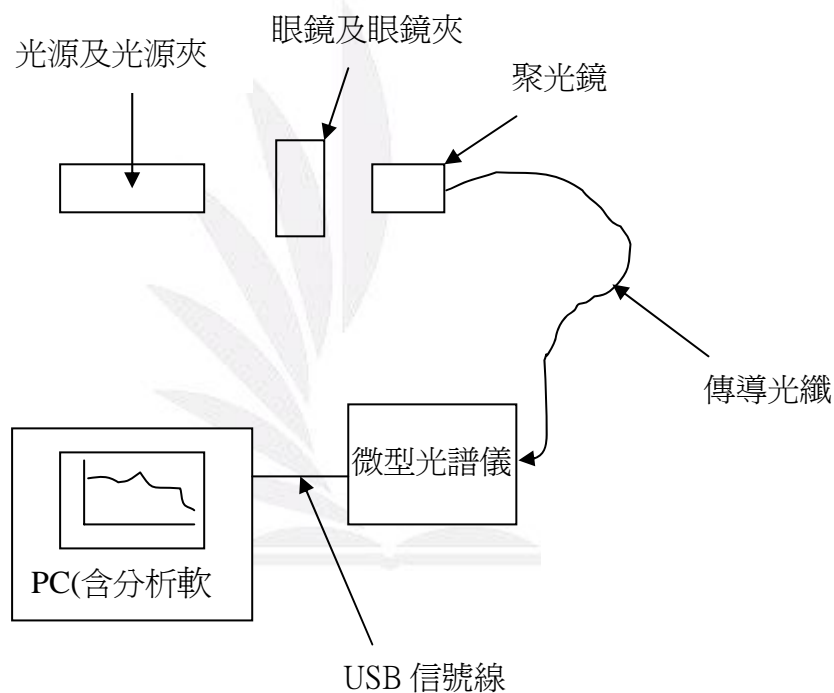


圖 3-1 實驗架構

本篇論文所使用儀器、夾具及材料如下列各圖所示含：微型光譜儀壹套、支架數組、螺旋測微器壹個、游標尺壹支、各式 LED 光源、樹脂鏡片及其它所需耗材…等。

眼鏡穿透光譜特性的量測

微型光譜儀 USB2000*1 組



游標尺*1 支



螺旋測微器*1 個



支架*數組

光的三原色(RGB)：綠光 LED*1 個、紅光 LED*1 個、
藍光 LED*1 個、白光 LED*1 個、驗鈔筆*1 個



黑箱*1 個

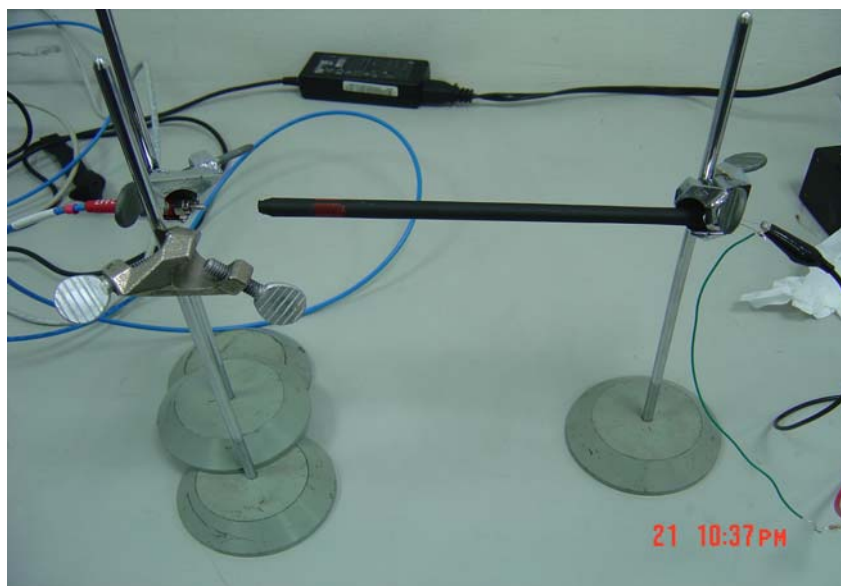
黑布*1 匹



第四章 實驗步驟及實驗數據

4-1 實驗步驟：

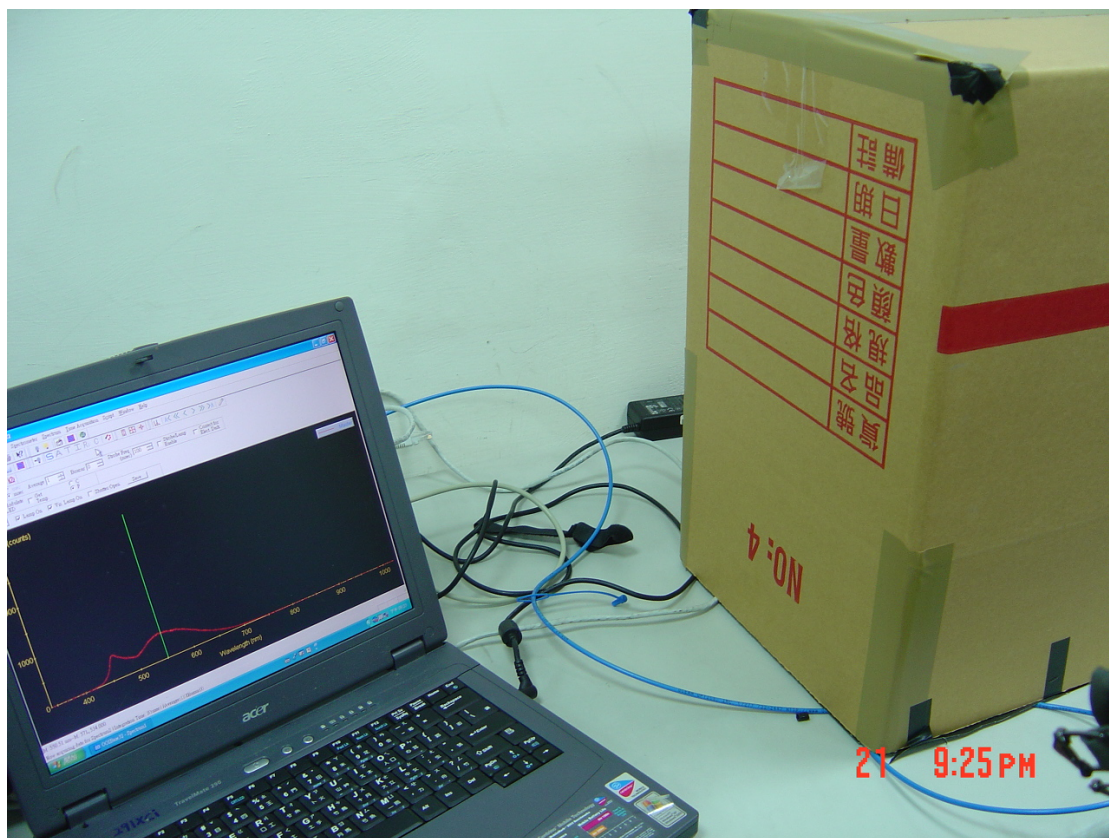
- (1)組裝 USB2000，將 USB2000 連接至電腦。
- (2)以 LED 當光源，將 LED 接上電源供應器，調整電源供應器電壓。
- (3)架設支架，固定 USB2000 光纖頭、LED 光源。(如圖 4-1)



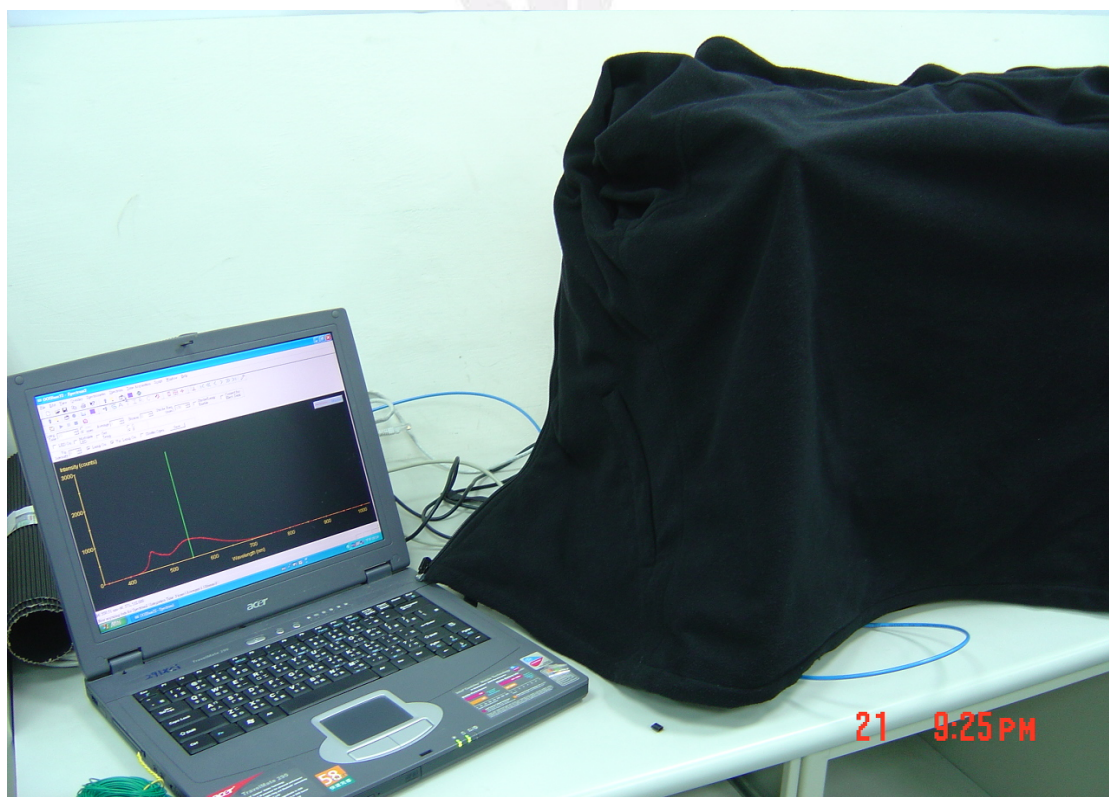
(圖 4-1)

- (4)將系統蓋罩黑箱和黑布。(如圖 4-2、圖 4-3)

眼鏡穿透光譜特性的量測



(圖 4-2)



(圖 4-3)

(5)開啓程式「OOIBase32」。

(6)關掉 LED 光源，按下程式「OOIBase32」的「Global Dark」按鈕，紀錄當時的背景光。

(7)按下程式「OOIBase32」的「Subtract Dark Spectrum」按鈕，扣除背景光譜。

(8)打開 LED 光源，開始測量 LED 光譜；按下按下程式「OOIBase32」的「Global Snapshot」按鈕，擷取 LED 光譜。

(9)按下程式「OOIBase32」的「File」→「Save」→「Sample」，存檔。

(10)用螺旋測微器量出鏡片即將測量點厚度，並紀錄鏡片相關資料。

(11)將鏡片放置在 USB2000 光纖頭與 LED 光源之間固定，重複步驟(4)~(10)。(如圖 4-4)



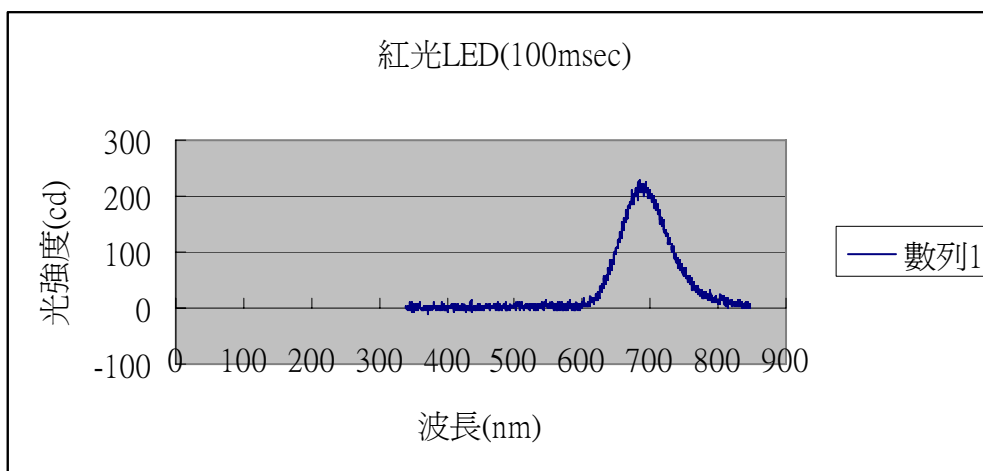
(圖 4-4)

(12)使用 Excel 試算表分析數據資料。

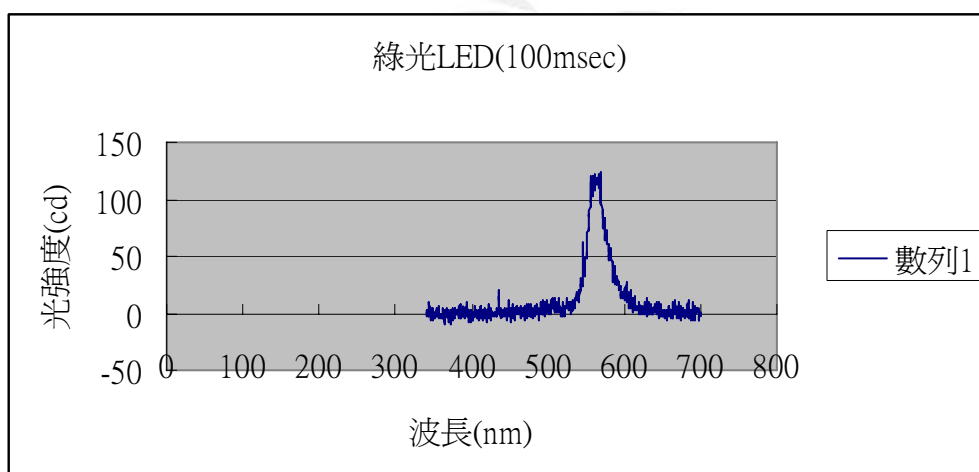
4-2 實驗數據：

1.各種光源光譜圖：

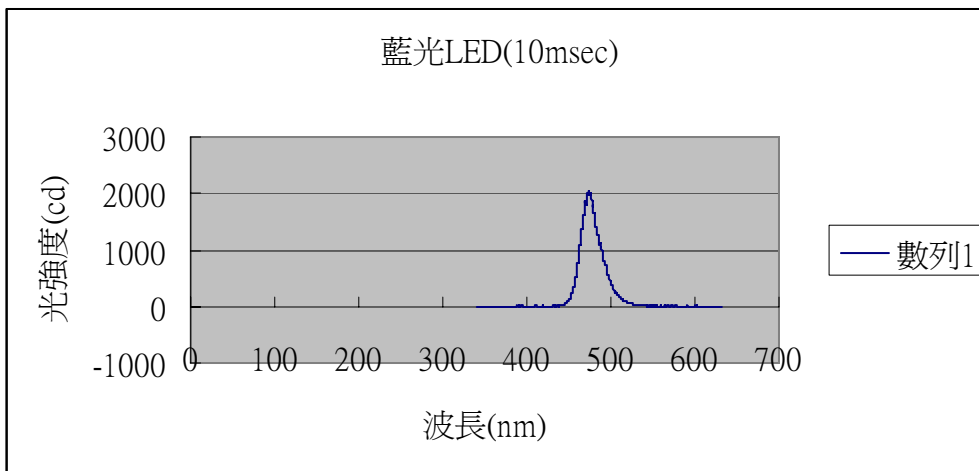
紅光：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =100msec



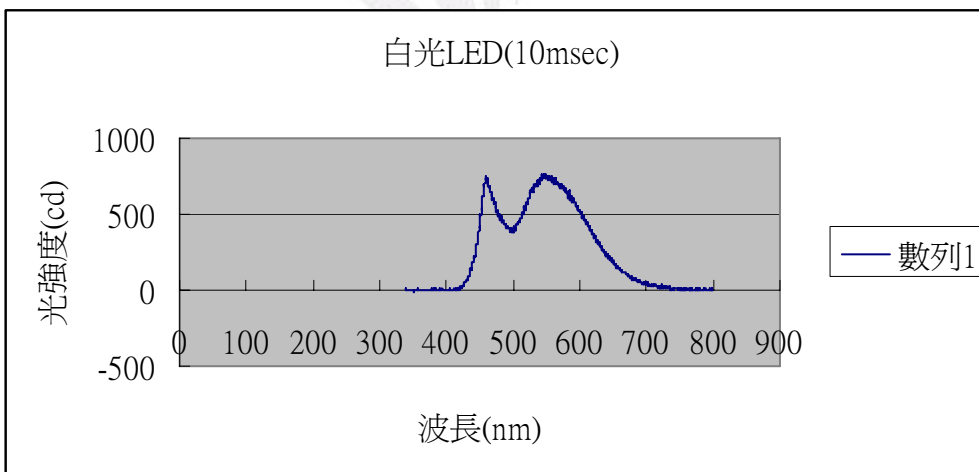
綠光：電壓 (V) =10.5V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =100msec



藍光：電壓 (V) =5.2V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =10msec

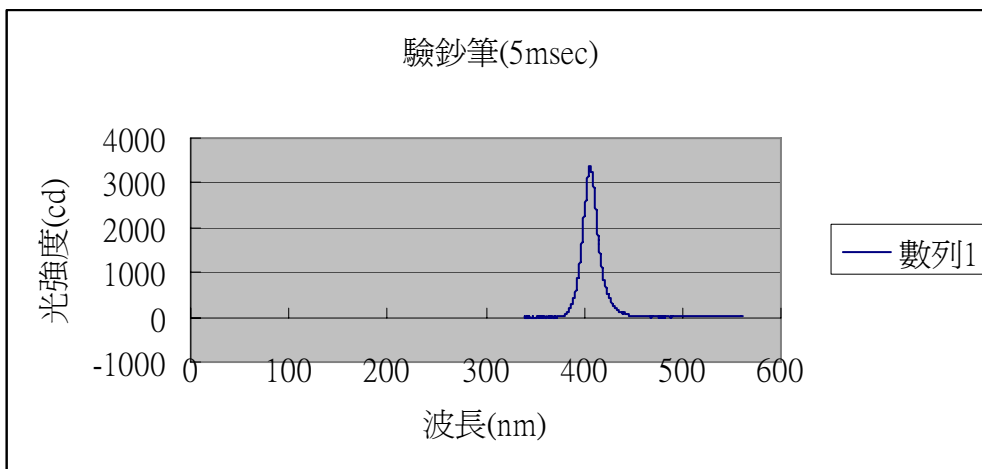


白光：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =10msec

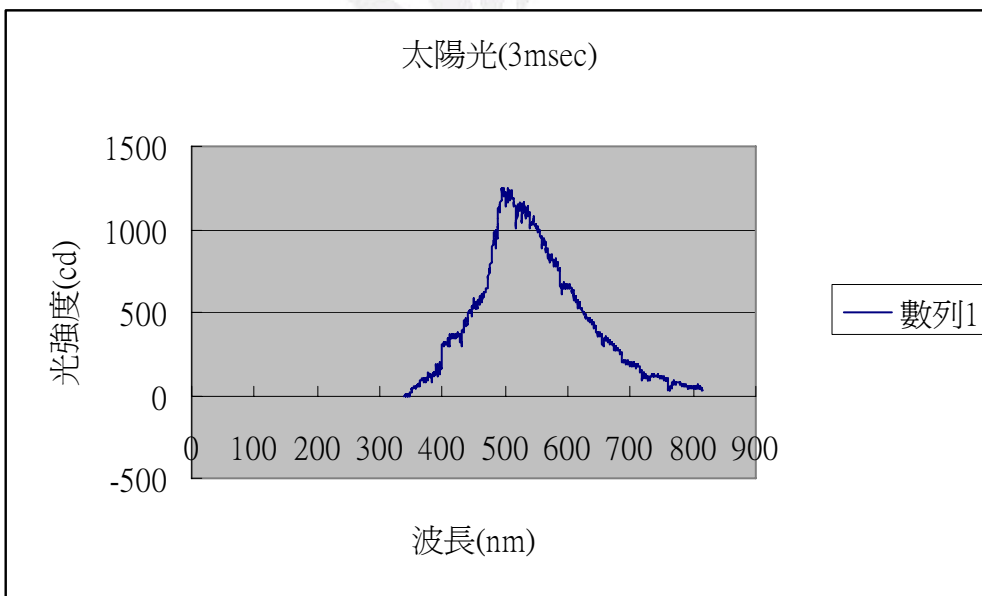


眼鏡穿透光譜特性的量測

驗鈔筆：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =5msec



太陽光：
時間：12:00
積分時間 (Inreg.Time) =3msec



3. 掛載鏡片後，對於各色光源光譜圖：

鏡片相關資料：

	材質	多層膜	抗紫外線	折射率	鏡片厚度
樣品鏡片1	樹脂	○	×	1.600	2.51mm
樣品鏡片2	樹脂	○	○	1.560	3.89mm

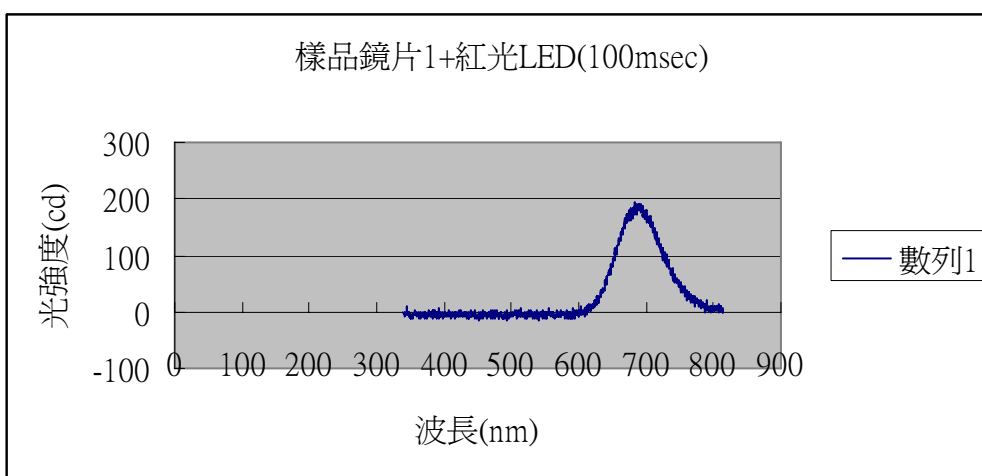
樣品鏡片 1（具多層膜，不具抗紫外線）：

紅光：電壓 (V) =5.0V

電阻 (R) =1K (Ohm)

積分時間 (Inreg.Time) =100msec

眼鏡到光源的距離=20.5cm

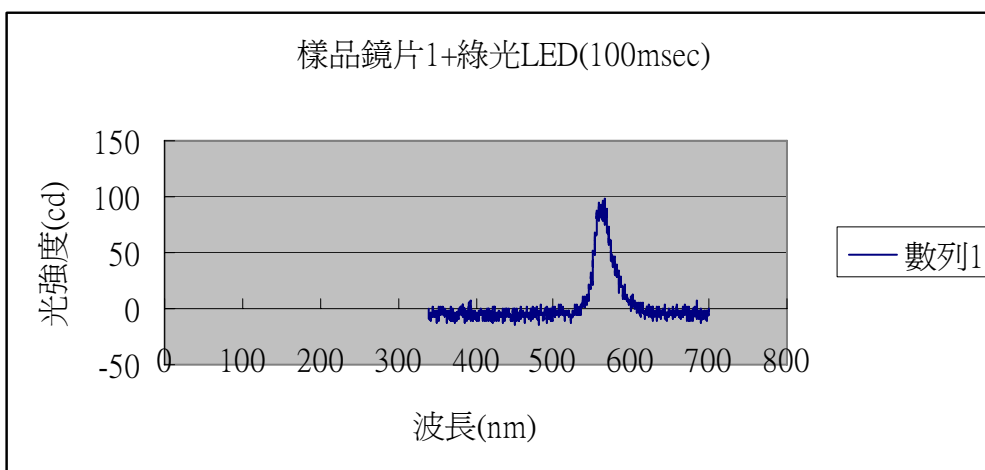


綠光：電壓 (V) =10.5V

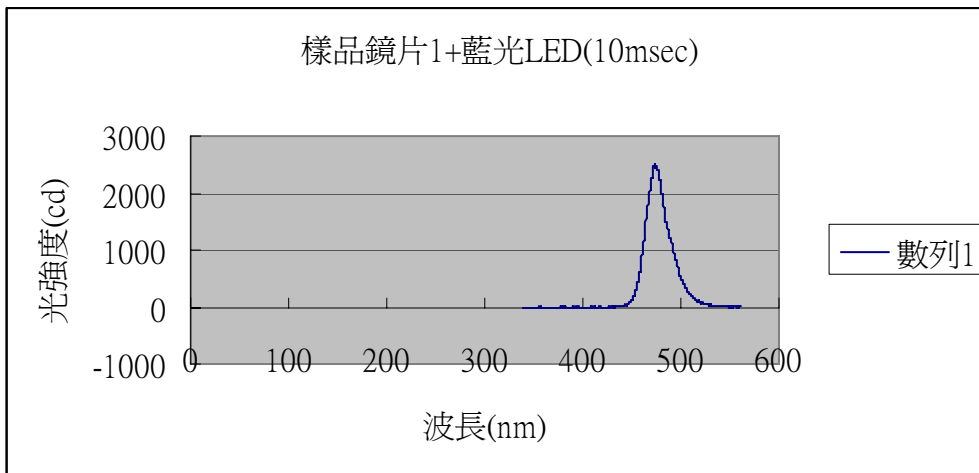
電阻 (R) =1K (Ohm)

積分時間 (Inreg.Time) =100msec

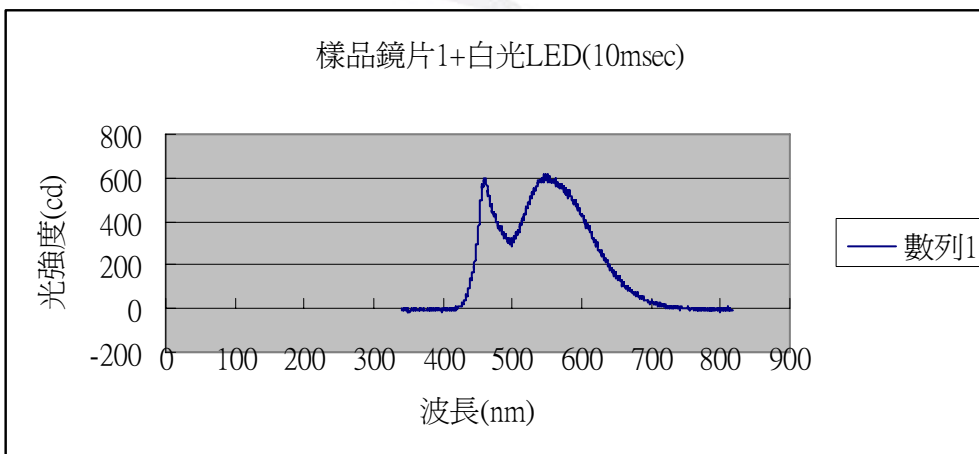
眼鏡到光源的距離=20.0cm



藍光：電壓 (V) =5.2V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =10msec
眼鏡到光源的距離=21.0cm

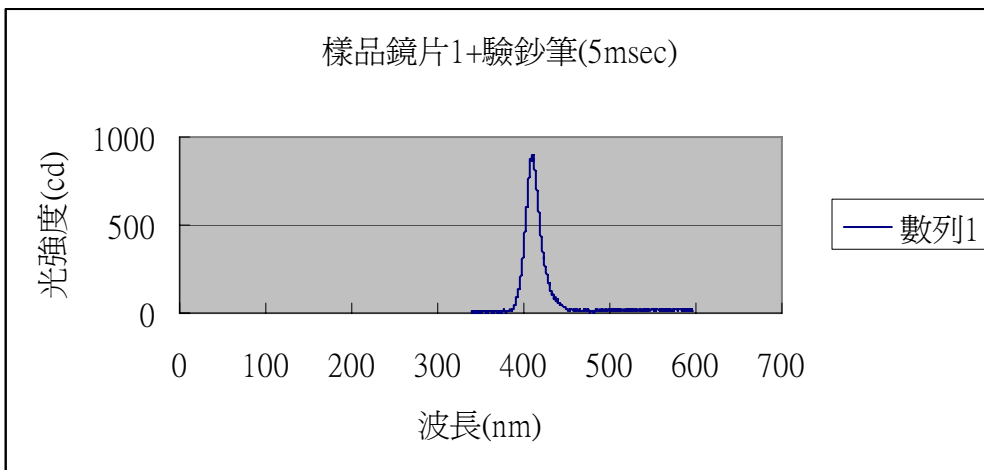


白光：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =10msec
眼鏡到光源的距離=21.5cm

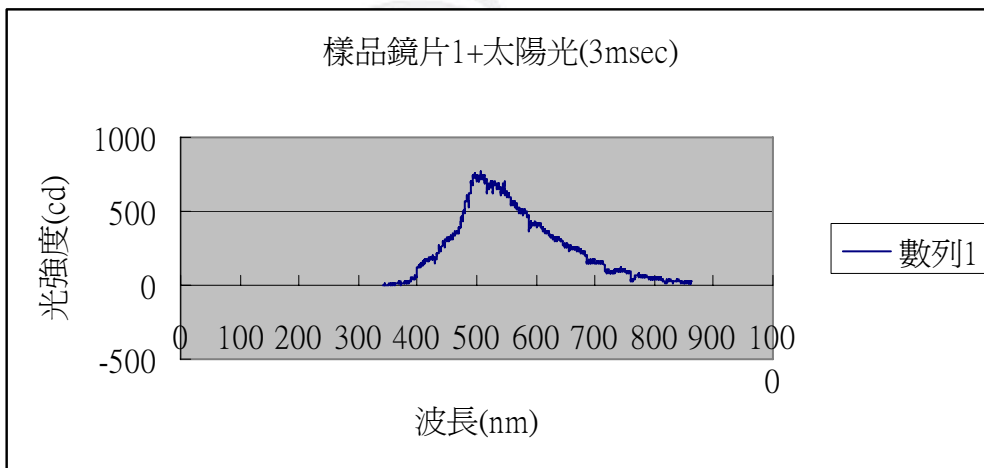


眼鏡穿透光譜特性的量測

驗鈔筆：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =5msec
眼鏡到光源的距離=20.5cm

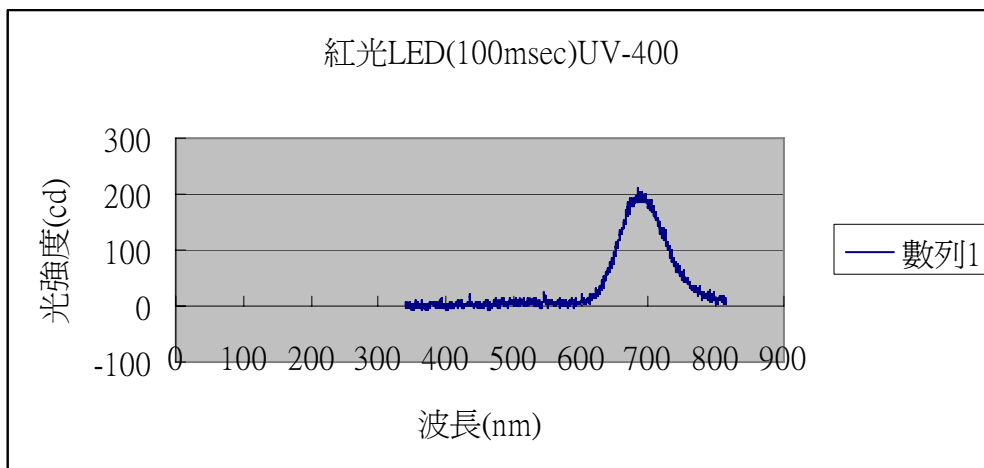


太陽光：
時間：12:00
積分時間 (Inreg.Time) =3msec

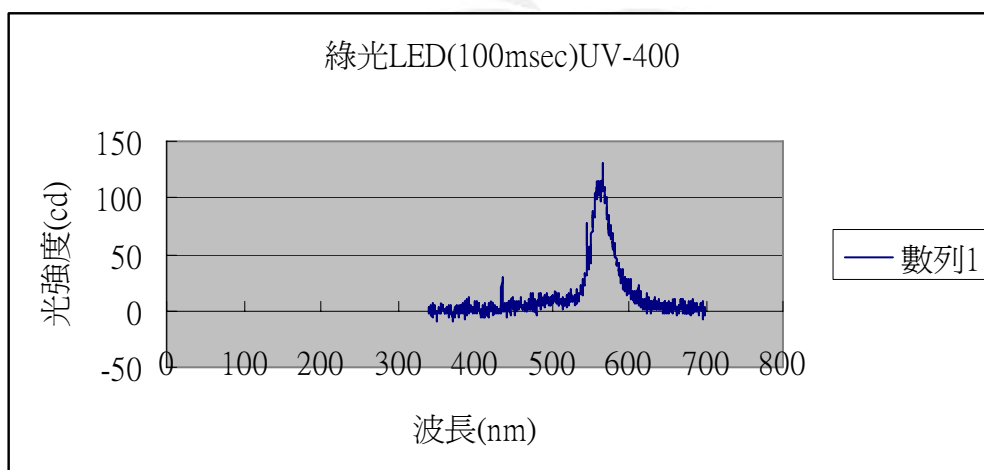


樣品鏡片 2 (具多層膜, 具抗紫外線):

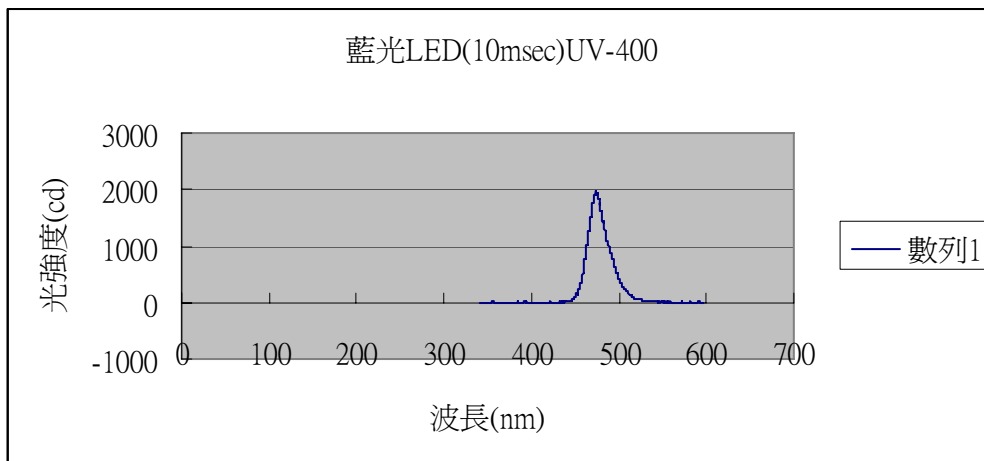
紅光: 電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =100msec
鏡片到光源的距離=20.5cm



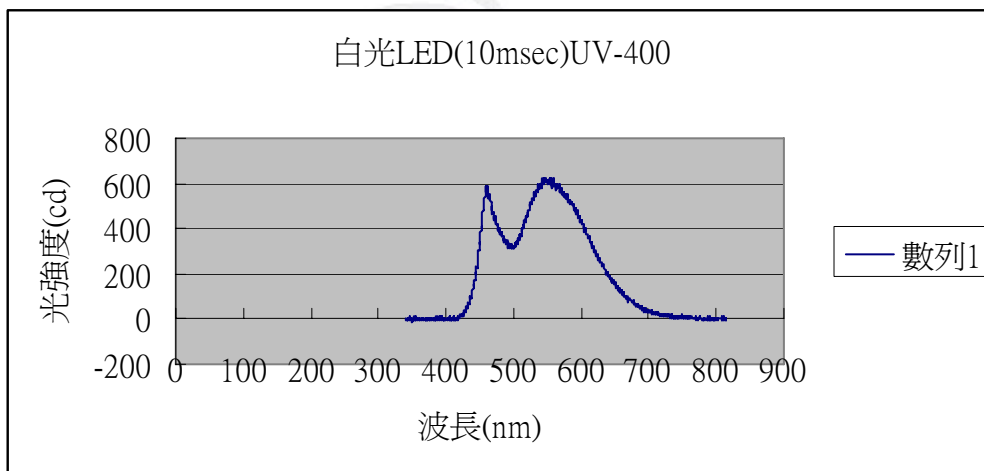
綠光: 電壓 (V) =10.5V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =100msec
眼鏡到光源的距離=20.0cm



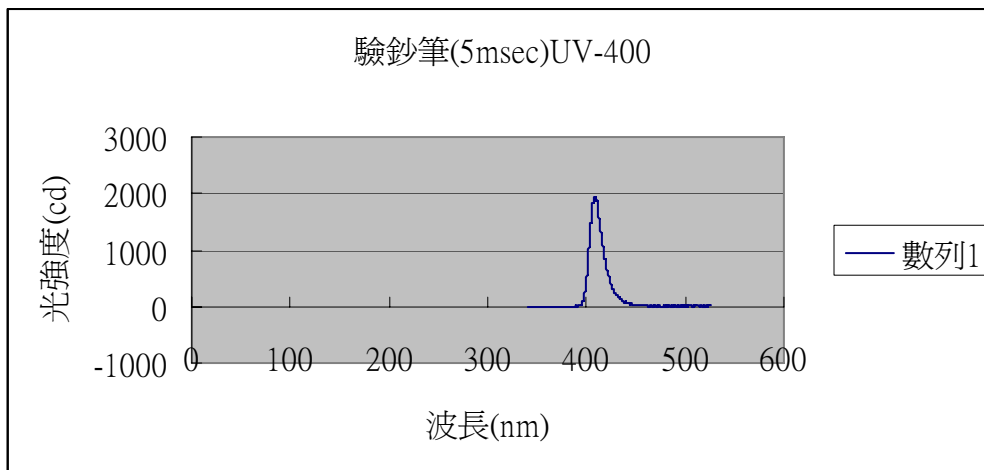
藍光：電壓 (V) =5.2V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =10msec
眼鏡到光源的距離=21.0cm



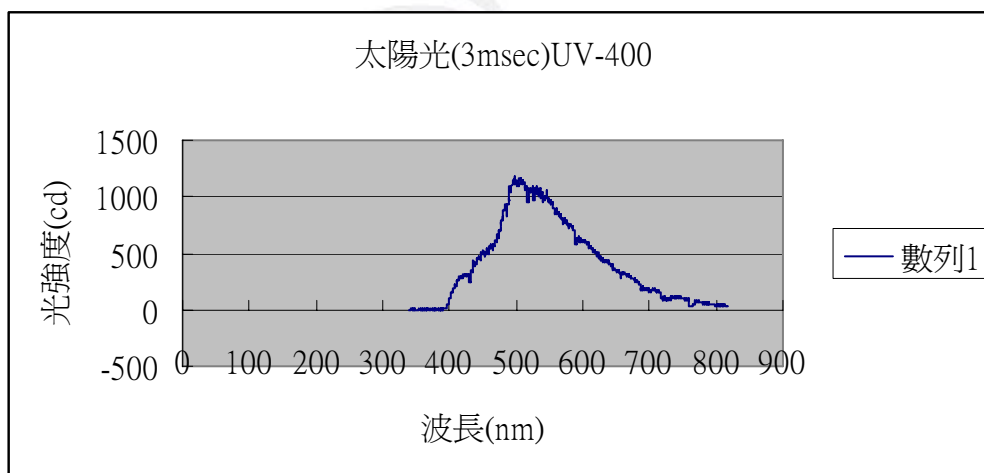
白光：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =10msec
眼鏡到光源的距離=21.5cm



驗鈔筆：電壓 (V) =5.0V
電阻 (R) =1K (Ohm)
積分時間 (Inreg.Time) =5msec
眼鏡到光源的距離=20.5cm

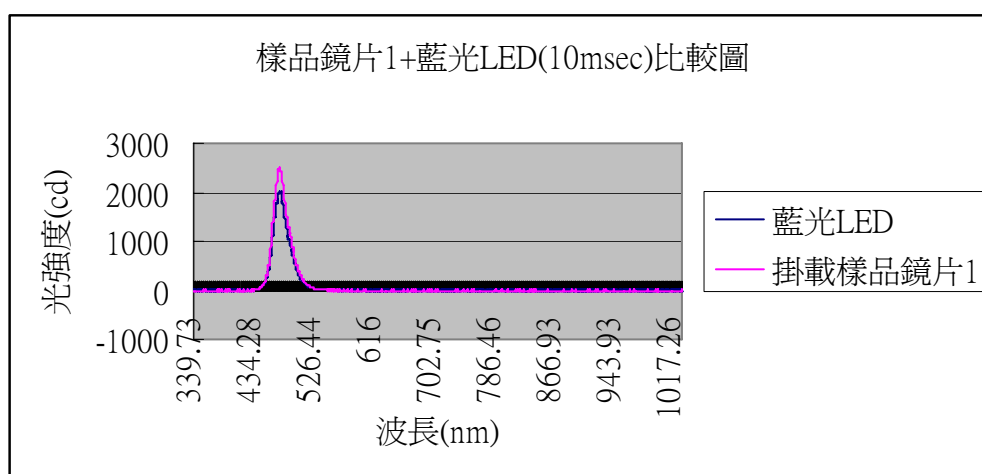
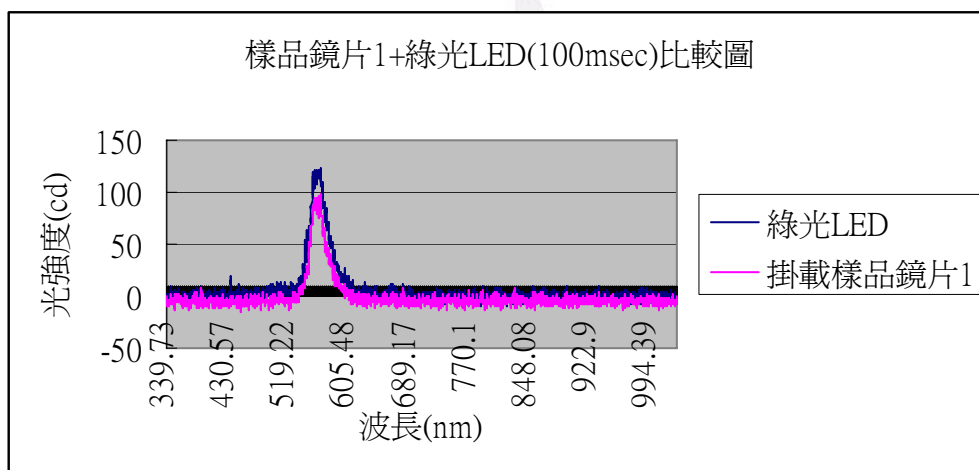
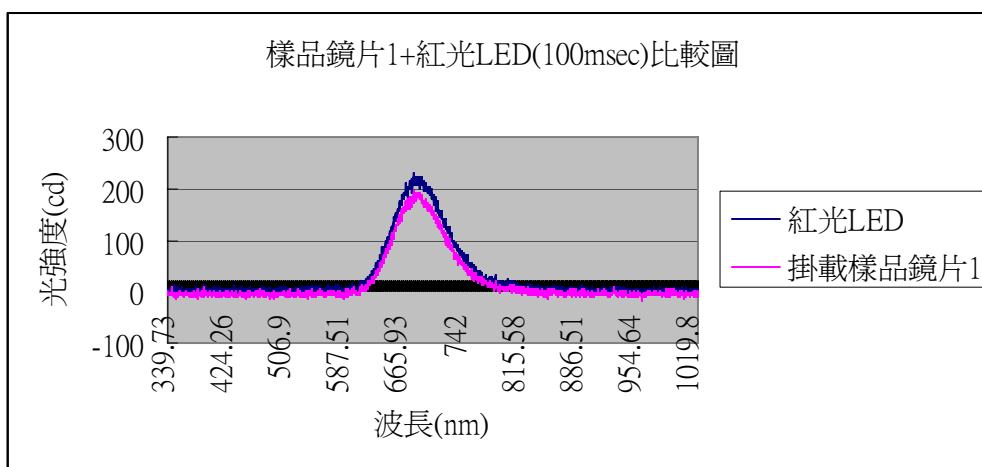


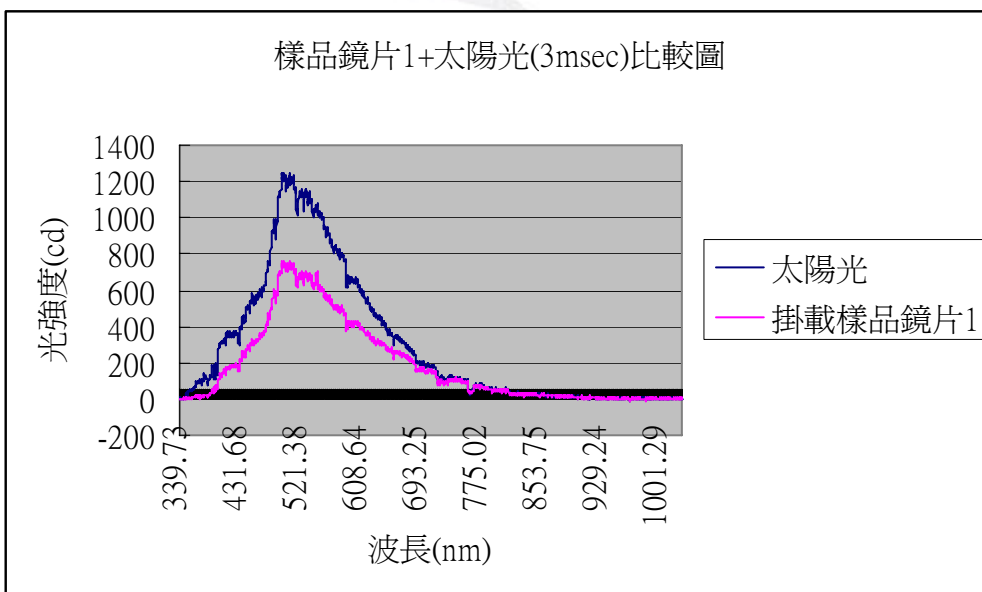
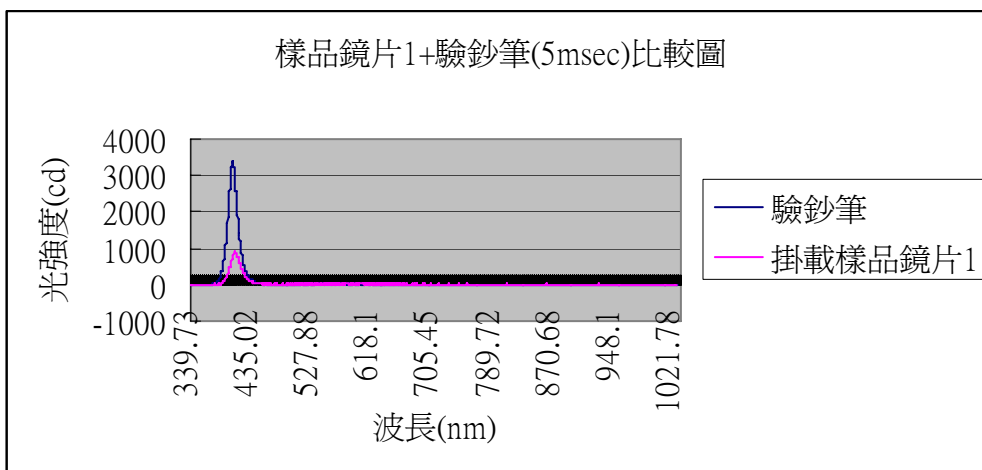
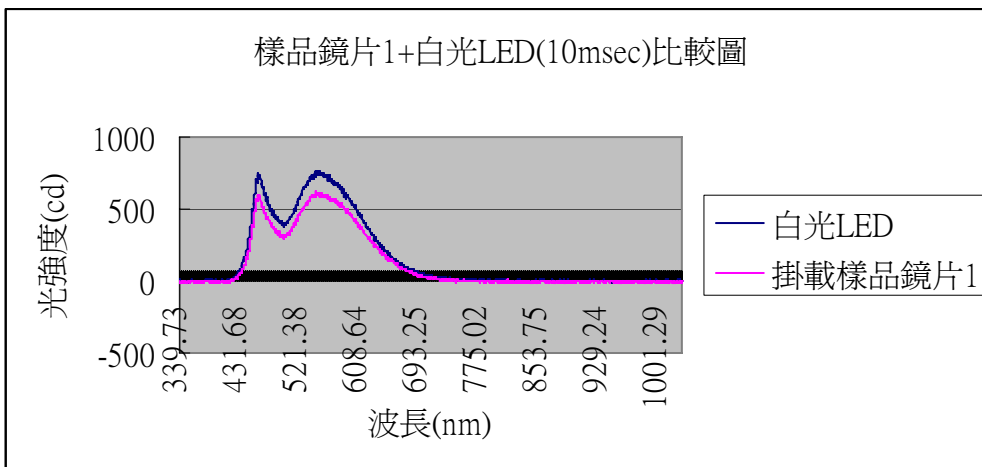
太陽光：
時間：12:00
積分時間 (Inreg.Time) =3msec



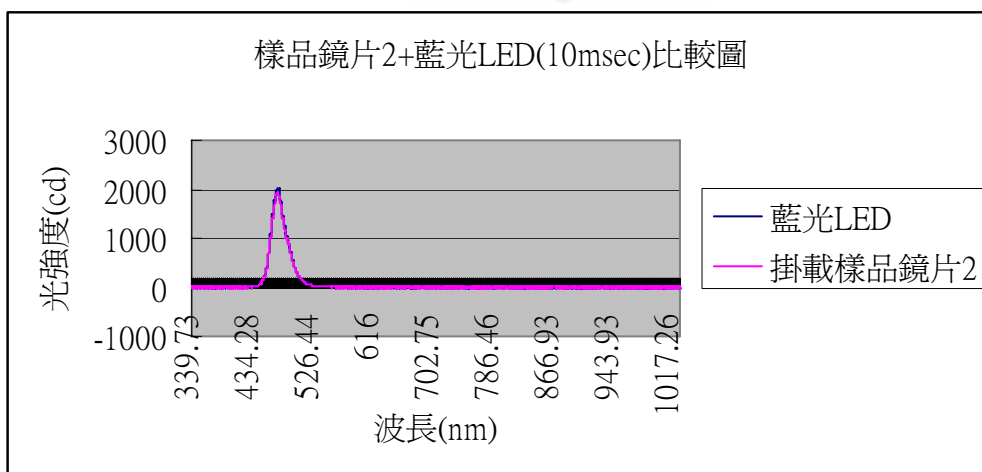
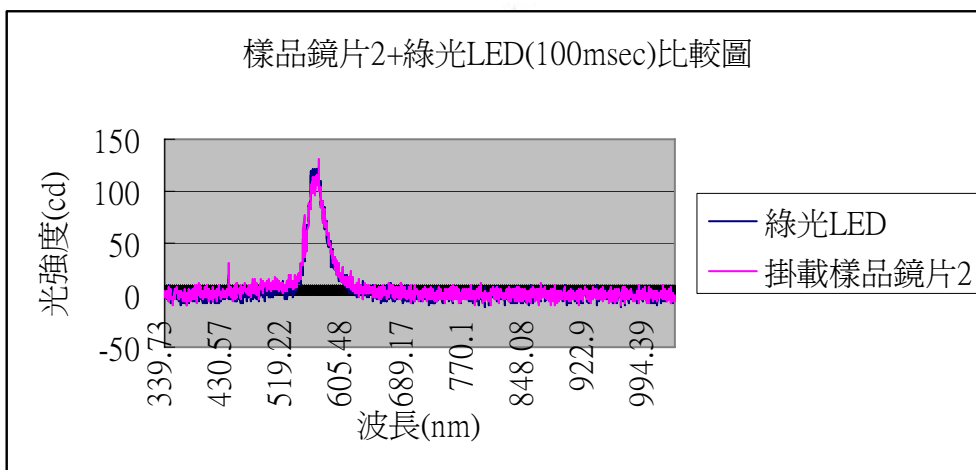
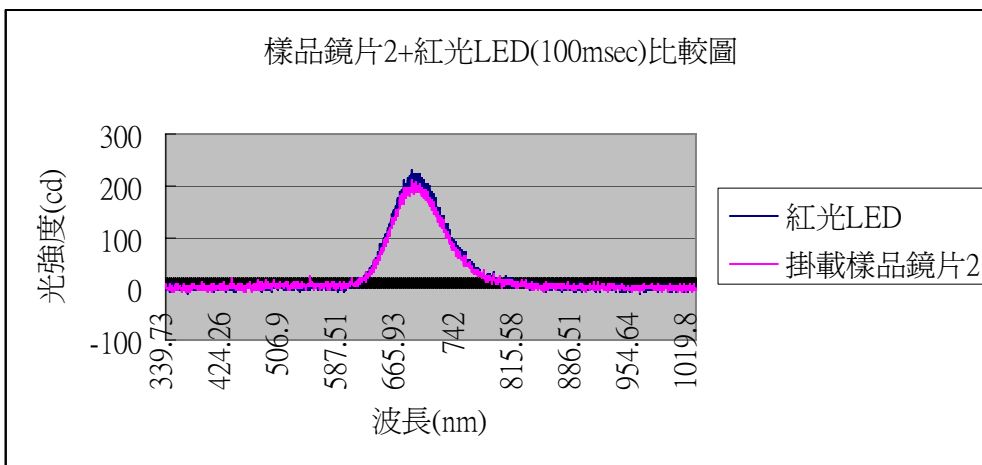
4.掛載鏡片鏡片前後，光譜比較圖：

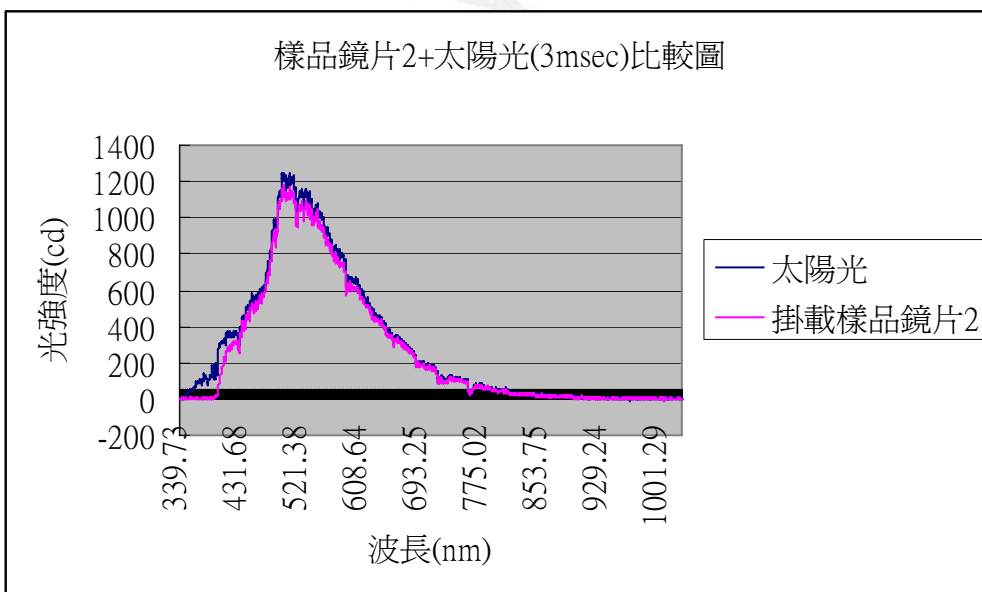
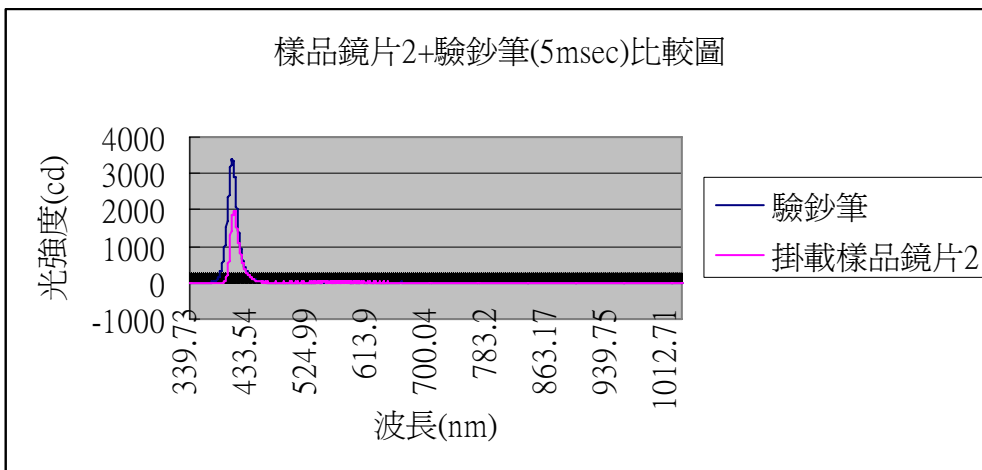
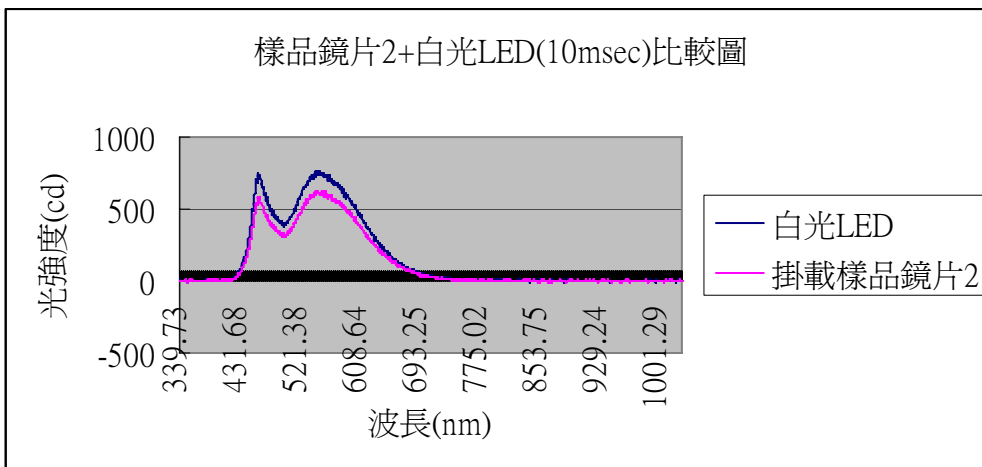
樣品鏡片 1（具多層膜，不具抗紫外線）





樣品鏡片 2 (具多層膜, 具抗紫外線)





第五章 結果與討論

比較樣品鏡片 1 和樣品鏡片 2 之 UV 比較圖，樣品鏡片 2 的 UV 比較圖，掛載鏡片前後差距甚大，得知多層膜不具抗紫外線功能，由抵擋強度百分比圖更可明顯看出，抗紫外線鏡片 UV-400，抵擋紫外線強度將近 75%；而掛載鏡片前後數線大多重合，代表透光率高，表示鏡片具有高解析度的特點。

抵抗光強度所代表的意義是因為某些因素（例如：反射、折射、鏡片吸收…等等）而沒有進入測量範圍的光線比例，由「樣品鏡片 2+太陽光比較圖」可以明顯看出，UV-400 抗紫外線鏡片，在波長 350nm~400nm 間，最多可阻擋 56%的紫外光；而抵抗掉光強度並不代表可以消除傷害眼睛的波長，多層膜只是讓我們更方便、更清晰的看清楚世界，但是傷害眼睛的波長並未隨著多層膜鏡片隨之解決。

第六章 結論

本次實驗得知：「多層膜並不具有抗紫外線功能」，根據調查發現，有百分之九十二的消費者認為，多層膜具有抗紫外線功能。而太陽眼鏡和有色鏡片只能降低光強度，並不能有效阻隔紫外線。所以消費者希望購買具有抗紫外線功能的眼鏡時，需要注意鏡片是否真的具有抗紫外線功能；多層膜的功能在於鏡片不容易反光，增加透光率；增加透光率即增加解析度，讓使用者所看到的圖像不易失真。

近年來罹患白內障的人數日漸愈增，懂得保護眼睛乃是當務之急，市面上的眼鏡不勝枚舉，真正知道如何選擇眼鏡才是上策。所以往後對鏡片的深入探討越發重要，以其對世界上每個人的靈魂之窗有所保護。

本篇論文感謝國科會

誌謝

本篇論文感謝國科會(NSC-94-2622-E-035-014-CC3)經費的支持以及科旭光學公司所提供的光學鏡片得以完成，在此特別誌謝。

參考資料

- (1) 陳益峰，「適用於彩色濾光片量測之微型光譜儀研製」，華梵大學機電工程研究所碩士論文，民國九十一年六月。
- (2) USB2000 user manual (宗豪科技公司代理)
- (3) <http://www.modernmgz.com/0405new.htm>
- (4) <http://www.taiwanspectacles.org.tw/aspx/download.aspx>
- (5) <http://www.formosa-optical.com.tw/>
- (6) http://www.kobayashi.com.tw/Info_5.htm

附錄

* 將 USB2000 的特性及設置整理如下，以方便他人日後研究。

光譜學是測量紫外線、可見光、近紅外線、紅外波段光強度的一種技術。光譜測量的應用範圍非常廣泛，如顏色測量、化學成份的濃度測量、電磁輻射分析。

光譜儀器一般都包括入射狹縫、准直鏡、色散元件（光柵或稜鏡）、聚焦光學系統和探測器。在單色儀中還要加上出射狹縫，讓整個光譜中一個很窄的部份照射到單像元探測器上。單色儀中的入射和出射狹縫往往位置固定而寬度可調，通過旋轉光柵來對整個光譜進行掃描。

在九十年代，微電子領域中的多像元光學探測器迅猛發展，如 CCD 陣列、光電二極體陣列等，使生產低成本掃描器和 CCD 相機成為可能。荷蘭 Avantes 的光譜儀使用了相同的 CCD 和光電二極體陣列探測器，可以對整個光譜進行快速掃描而不必移動光柵。

由於通信技術對光纖的需求大大增長，從而開發了低損耗的石英光纖。該光纖同樣可以用於光譜儀中，把樣品產生的信號光傳導到光譜儀的光學平臺中。由於光纖的耦合非常容易，所以很方便地搭建起由光源、取樣附件和光纖光譜儀組成的測量系統。

光纖光譜儀的優點在於系統的模組化和靈活性。荷蘭 Avantes 公司的微小型光纖光譜儀的測量速度非常快，使得它可以用於線上分析。而且由於它選用低成本的通用探測器，所以光譜儀的成本也大大降低，從而大大擴展了它的應用領域。

• 光學平臺設計

該公司的 AvaSpec 系列光譜儀採用對稱式 Czerny-Turner 光學平臺設計，焦距有 45mm 和 75mm 兩種。信號光由一個標準的 SMA905 介面進入光學平臺，經一個球面准直，然後由一塊平面光柵分光，經由第二塊球面鏡聚焦到一塊一維線性探測器陣列上。

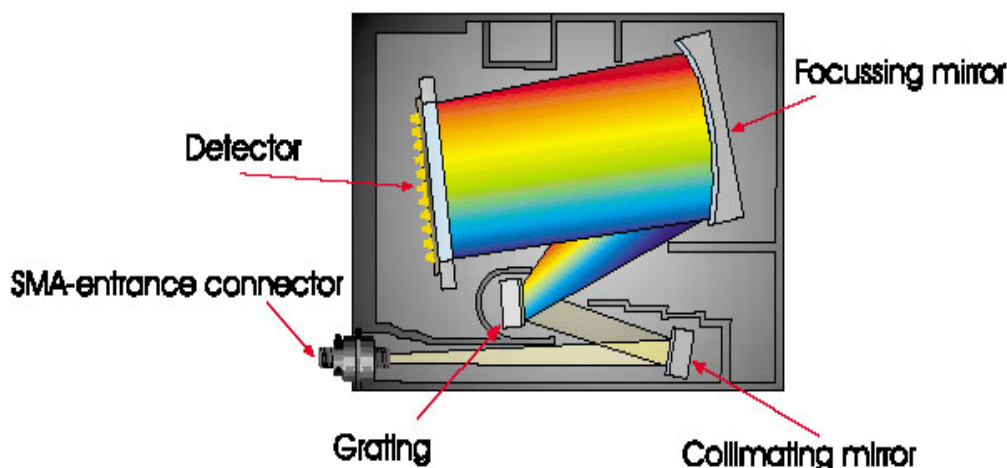


圖 1 AvaSpec 光學平臺設計圖

光學平臺內包括很多元件，可以根據不同的應用選擇不同的配置。這些元件的選擇對光譜儀的參數影響非常大，如繞射光柵、入射狹縫、消二級繞射效應濾光片和探測器鍍膜等。

• 如何為您的應用配置光譜儀

AvaSpec 系列光譜儀採用模組化設計，用戶可以根據自己的應用來選擇所需要的光學元件和其他選件，本節的內容就是引導您如何選擇合適的光柵、狹縫寬度、探測器和其他選件。

1. 波長範圍：

在為一台光譜儀系統選擇最優化配置的時候，波長範圍是決定光柵型號的首先要考慮的重要參數。如果您需要較寬的波長範圍，我們建議您使用 A 型號（300 線/mm）或者 B 型號（600 線/mm）光柵（請看「如何選擇合適的光柵」部份的表 2）。另一個重要元件是探測器的選擇。荷蘭 Avantes 公司提供了 4 種有著不同的靈敏度特性曲線的探測器型號。對於紫外波段的應用，可以選用 256/1024 像元的 CMOS 探測器或者（深）紫外增強型 2048 像元 CCD 探測器。如果您既需要較寬波長範圍同時又需要高解析度，則多通道光譜儀（最高 8 通道）是最佳的選擇。

2.光學解析度：

如果您需要高光學解析度，我們建議您同時選擇 1200 線/mm 或者更高線對數的光柵（C.D.E 或 F 型）、窄狹縫和 2048 像元的 CCD 探測器。例如：在 AvaSpec-2048 上，10 微米窄縫可以獲得最佳解析度。（請看「光學解析度」部份的表 3）

3.靈敏度：

說起靈敏度，重要的是要區分是光度學中的靈敏度（光譜儀所能測到的最小信號強度是多少？）還是化學計量中的靈敏度（光譜儀能夠測量到的最小吸收率差）。

a.光度計量靈敏度：

對於如螢光和喇曼等需要高靈敏度光譜儀的應用，我們建議選擇採用 2048 像元 CCD 探測器的 AvaSpec-2048。而且還要選擇 DCL-UV/VIS 探測器靈敏度增強透鏡；較寬的狹縫（100 微米或者更寬）或者不安裝狹縫；一個 A 型號（300 線/mm）光柵。對於 A 型號光柵，光色散最小，所以它的靈敏度在所有光柵中是最高的。作為選擇，還可以使用熱電製冷型 CCD 探測器 AvaSpec-2048-TEC，該型號可以採用長積分時間（60 秒），並可以降低雜訊和提高動態範圍。

b.化學計量靈敏度：

爲了能探測出兩個幅值很接近的吸收率數值，您需要高信噪比的探測器。AvaSpec-256/1024 光譜儀中的 256/1024 像元 CMOS 探測器擁有最高的信噪比。通過把多幅光譜圖進行平均也可以提高信噪比

4.時間和速度

通過使用陣列探測器並且沒有運動元件的方法可以非常高速地獲取資料。然而，對於每個具體應用都有最優化的探測器。在需要快速反應的應用中，我們推薦使用 AvaSpec-2048 FT 快觸發型 CCD 光譜儀。

如果只需要傳輸較少的像元，一般地，AvaSpec-102 型光譜儀是測量速度最快的光譜儀。

表 1 光譜儀配置快速指南

應用	AvaSpec 光譜儀 型號	光柵 型號	波長範圍 (nm)	紫外增 強鍍膜	狹縫寬 度(um)	解析度 (nm)	DCL 靈 敏度增 強透鏡	OSF 消 二級繞 射效應 濾光片	OSC 消二 級繞射效 應鍍膜
生物醫學	2048	NB	500-1000	-	50	1.2	-	475nm	-
化學	1024	UA	200-1100	-	50	2.0	-	-	200-1100nm
顏色測量	102	VA	360-780	-	100	6.4	X/-	-	-
	256	VA	360-780	-	50	3.2	-	-	-
	2048	BB	360-780	-	200	4.1	X/-	-	-
螢光測量	2048	VA	350-1100	-	200	8.0	X	-	350-1100nm
水果糖分測量	102	IA	800-1100	-	50	5.4	X	550nm	-
寶石學	2048	VA	350-1100	-	25	1.4	X	-	350-1100nm
高解析度應用	2048	VD	600-700	-	10	0.07	-	550nm	-
發光測量	2048	UA	200-1100	UV	50	2.8	X/-	-	200-1100nm
半導體雷射器	2048	NC	700-800	-	10	0.1	-	550nm	-
LED	2048	VA	350-1100	-	25	1.4	X/-	-	350-1100nm
LIBS	2048FT	UE	200-300	DUV	10	0.09	-	-	-
喇曼	2048TEC	IB	780-1100	-	50	1.2	X	550nm	-
薄膜厚度	2048	UA	200-1100	UV	-	4.1	X	-	200-1100nm
紫外/可見/近紅外	2048	UA	200-1100	UV	25	1.4	X/-	-	200-1100nm

• 如何選擇合適的光柵？

繞射光柵是一種把入射的多色光分解成它所包括的波長光譜的光學元件。光柵是由在鍍膜的基底材料上刻劃出一道道等寬等間距的平行凹槽製成的。

光纖光譜儀的光柵要由用戶指定，永久安裝在光譜儀中，這樣就需要用戶說明要使用的波長範圍。有時光柵的可用光譜範圍要大於照射到探測器上的光譜範圍，這時為了覆蓋更寬的光譜範圍，可選擇具有不同光柵的雙光路或多光路光譜儀。同樣地，為了在更寬的光譜範圍內實現更高的解析度，也可以選擇雙光路或多光路光譜儀。

表 2 是 AvaSpec-2048 光譜儀的光柵選擇和波長範圍表。波長範圍取決於光柵的起始波長和光柵線對數。波長越長則色散效應越大，可選擇的波長範圍越小。

表 2 AvaSpec-2048 光譜儀的光柵選擇和波長範圍表

應用範圍	可用波長範圍 (nm)	每塊光柵覆蓋 的光譜範圍 (nm)	光柵線對數 (線 /mm)	閃耀波長 (nm)	光柵型 號
UV/VIS/NIR	200-1100	900	300	300	UA
UV/VIS	200-850	520	600	250	UB
UV	200-750	250-220*	1200	250	UC
UV	200-650	165-145*	1800	250	UD
UV	200-580	115-70*	2400	250	UE
UV	220-400	75-50*	3600	250	UF
UV/VIS	250-850	520	600	370	BB
VIS/NIR	300-1100	800	300	500	VA
VIS	360-1000	500	600	500	VB
VIS	300-800	250-200*	1200	500	VC
VIS	350-750	145-100*	1800	500	VD
NIR	500-1050	500	600	750	NB
NIR	500-1050	220-150*	1200	630	NC
NIR	600-1100	500	300	1000	IA
NIR	600-1100	500	600	1000	IB

*注：取決於光柵的起始波長；波長越長，光柵色散越大，實際光譜範圍越小

• 如何選擇最優的光學解析度？

光學解析度定義為光譜儀可以分開的最小波長差。要把兩個光譜線分開則至少要把它們成像到探測器的兩個相臨像元上。因為光柵決定了不同波長在探測器上可分開的程度（色散），所以它對光譜儀的解析度來說是一個非常重要的元件。

另一個重要參數是進入到光譜儀的光束寬度，它基本上取決於光譜儀上安裝的固定入射狹縫寬度或入射光纖芯徑（當沒有安裝狹縫時）。狹縫的尺寸有：10、25 或 50 $\mu\text{m} \times 1000 \mu\text{m}$ （高）和 100、200 或 500 $\mu\text{m} \times 2000 \mu\text{m}$ （高）。再指定波長處，狹縫成像到探測器陣列上時會覆蓋幾個象元。而如果要分開兩條光譜線，就必須把它們色散到這個像尺寸再加上一個象元。當入射光纖的芯徑大於狹縫的寬度時，解析度就要由狹縫的寬度（有效寬度）來決定。

表 3 AvaSpec-2048 的解析度（半寬度 nm）

光柵（線/mm）	狹縫寬度（ μm ）					
	10	25	50	100	200	500
300	0.8	1.4	2.4	4.3	8.0	20.0
600	0.4	0.7	1.2	2.1	4.1	10.0
1200	0.1-0.2*	0.2-0.3*	0.4-0.6*	0.7-1.0*	1.4-2.0*	3.3-4.8*
1800	0.07-0.12*	0.12-0.21*	0.2-0.36*	0.4-0.7*	0.7-1.4*	1.7-3.3*
2400	0.05-0.09*	0.08-0.15*	0.14-0.25*	0.3-0.5*	0.5-0.9*	1.2-2.2*
3600	0.04-0.06*	0.07-0.10*	0.11-0.16*	0.2-0.3*	0.4-0.6*	0.9-1.4*

*注：取決於光柵的起始波長；波長越長，光柵色散越大，解析度越高

所選光柵和入射光束的有效寬度（光纖芯徑或入射狹縫）對解析度的影響如表 3 所示，表 3 給出的是 AvaSpec-2048 型光譜儀的典型解析度值。請注意，光柵的線對數越高，色散效應隨波長變化就會越顯著，波長越長色散效應越大，因此在最長波長處會得到最高解析度。表 3 中的解析度的定義是最大峰值光強 50% 處（FWHM）所對應的譜線寬度（nm）。

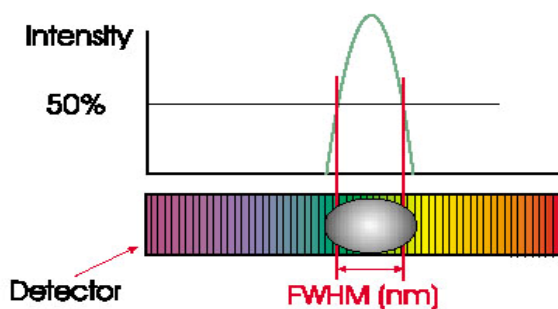


圖 2 半寬度的定義探測器

AvaSpec 光譜儀有多種探測器，目前在 200-1100nm 波長範圍內我們提供 CCD、CMOS 和光電二極體陣列，在 NIR(900-2200nm)範圍則使用 InGaAs 陣列。

1. CCD 探測器 (AvaSpec-2048)

CCD 探測器中儲存著電荷，而當光子照射到其光敏面時電荷就會被釋放。在積分時間的結尾，剩餘的電荷就會傳送到緩衝器中，然後這個信號被傳送到 A/D 轉換卡。CCD 探測器具有自然積分的特性因此具有非常大的動態範圍，它只受暗（熱）電流和 AD 轉換卡速度的限制。

CCD 探測器的優點是像元數多（2048）、靈敏度高、回應速度快；缺點是雜訊比低。

2. 紫外 (UV/DUV) 增強鍍膜

對於波長小於 350nm 的應用，AvaSpec-2048 型光譜儀提供兩個特殊的探測器鍍膜供用戶選擇—UV 或 DUV。未鍍膜的 CCD 探測器對波長小於 350nm 的光信號的回應很低，DUV 鍍膜增強了探測器在 150-350nm 的回應，UV 鍍膜則增強了探測器再 200-350nm 的回應。在可見光範圍內 UV 鍍膜的整體效率要高於 DUV 鍍膜（圖 3）。DUV 鍍膜的鬆弛（relax time）時間很短（納秒量級），因此非常適合於如雷射感生螢光光譜的快觸發應用。UV 鍍膜的鬆弛時間則要長的多（幾百個微秒）。

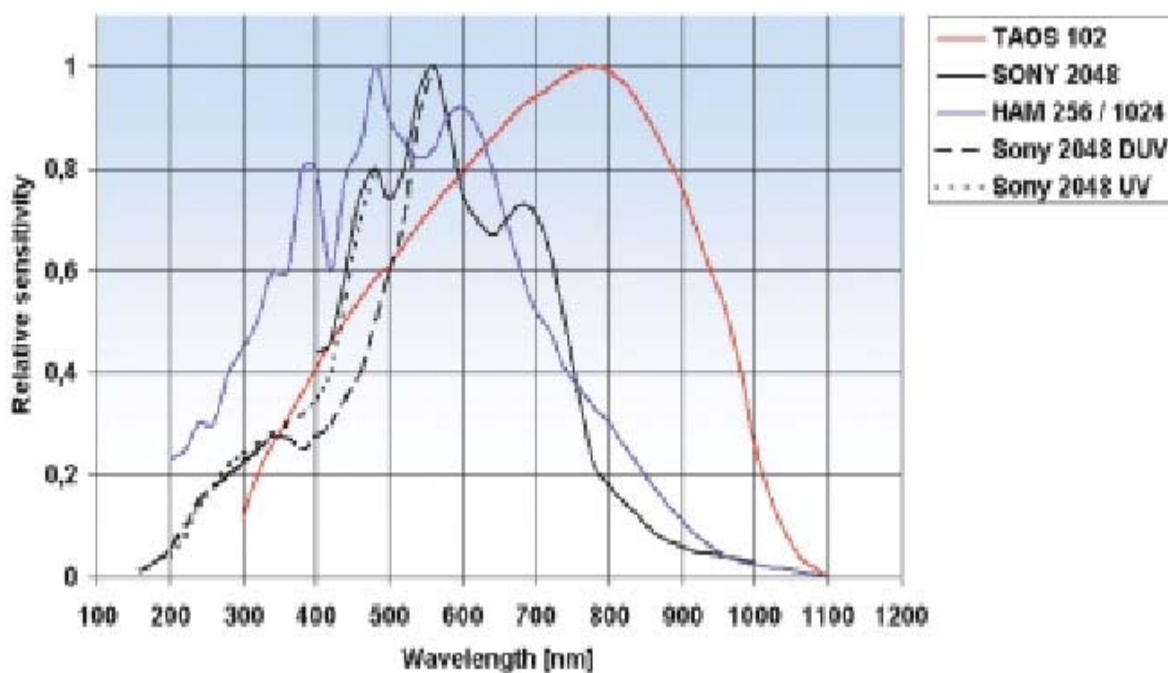


圖 3 探測器光譜靈敏度曲線

3.光電二極體陣列 (AvaSpec-102)

一個矽光電二極體陣列是一個由多個二極體單元 (像素) 組成的線性陣列, 對於 AvaSpec-102 型光譜儀來說象元數是 102。當信號光照射到光電二極體上時, 電子就會被激發並輸出電信號。大部分光電二極體陣列都包括讀出/積分放大器一體式的集成化信號處理電路。

光電二極體的優點是在近紅外區靈敏度高, 回應速度快; 缺點是像元數較少、在紫外波段沒有回應。

4.CMOS 線性成象感測器 (AvaSpec-256/1024)

所謂的 CMOS 線性成象感測器比 CCD 陣列傳感器具有較低的電荷-電壓轉換效率, 因此具有較低的光靈敏度, 但是卻具有較高的雜訊比。CMOS 的內部電路中有箝位元電路, 可以把雜訊抑制到一個很低的水準。

CMOS 探測器的優點是信噪比高、紫外波段靈敏度高; 缺點是讀出速率低、靈敏度低、成本相對較高 (1024 個象元)。

靈敏度

探測器像元在某一特定波長處的靈敏度定義為照射到該像元上的單位輻射度所產生的電信號輸出。對於一個給定的 A/D 轉換卡來說可以理解為每毫焦耳入射光能量所產生的記數值。而入射到光譜儀中的信號光能量與照射到單個探測器像元上的光能量之間的關係則主要取決於光譜儀光學平臺的結構設計, 主要影響因素有光柵的效率、入射光纖或狹縫的尺寸、光學鏡片的性能、是否使用靈敏度增強透鏡等。對於一個給定配置的光譜儀能夠測量六、七十個級次的光輻射。表 4 給出了一些標準探測器的參數。作為可選項的靈敏度增強透鏡 (DCL) 可以直接安裝在探測器陣列上。這個石英透鏡 (如用於 AvaSpec-2048 的 DCL-UV) 可以把系統的靈敏度提高 3-5 倍 (取決於所用的光纖芯徑)。

表 4 探測器參數表

探測器	TAOS102	HAM256	HAM1024	SONY2048
類型	光電二極體陣列	CMOS 線性陣列	CMOS 線性陣列	CCD 線性陣列
像元數，間距	102,85 μm	256,25 μm	1024,25 μm	2048,14 μm
像元寬度/高度	77×85 μm	25×500 μm	25×500 μm	14×56 μm
靈敏度 (AvaLight-HAL, 8 μm 光纖， 每 ms 積分時間內的記數)	1000 (AvaSpec-102)	30 (AvaSpec-256)	30 (AvaSpec-1024)	5000 (AvaSpec-2048)
峰值波長	750nm	500nm	500nm	500nm
信號雜訊比	1000:1	2000:1	2000:1	250:1
暗雜訊	15 個記數	7 個記數	11 個記數	10 個記數
波長範圍	360-1100nm	200-1100nm	200-1100nm	200*-1100nm
頻率	2MHz	330kHz	330kHz	2MHz

*紫外鍍膜

• 雜散光和二級繞射效應

雜散光是非信號波長的光輻射照射在探測器像元上所產生的誤差信號，雜散光的來源是：

- 周圍環境光輻射
- 有設計缺陷的光學元件所產生的散射光或非光學元件產生的反射光
- 不同繞射級次光的重疊

把光譜儀安裝在光密封的外殼內可以有效地消除周圍環境帶來的雜散光。

當光譜儀工作在探測極限時（微弱光探測），則光學平臺、光柵、聚焦鏡的雜散光就決定了光譜儀的最終探測極限。大多數光柵都是全息型光柵，雜散光很低。AvaSpec 光譜儀典型的雜散光參數是<0.05% @600nm; <0.1% @435nm; <0.1% @250nm。

對於低線對數光柵（寬可測波長範圍）來說，往往會發生光柵的二級繞射光之間的重疊。這些高級次繞射光在大多數場合可以忽略不計，但在某些場合下則必須考慮。所採取的策略就是限制到達可能出現級次重疊光譜範圍的光。消除的方法可以通過在光譜儀入射 SMA 介面處安裝一個長帶通濾光片或在 HAM1024 或 SONY2048 探測器上鍍特殊膜來實現。