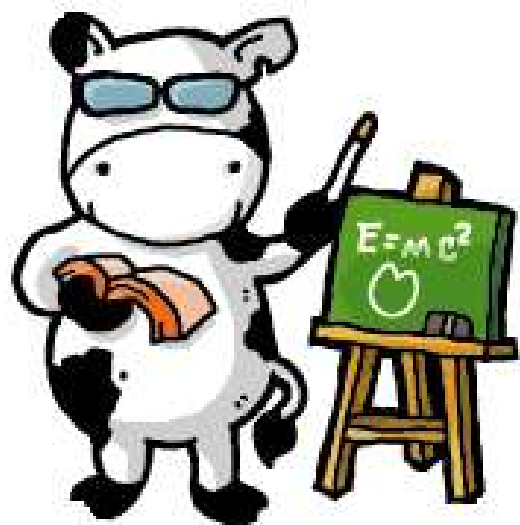
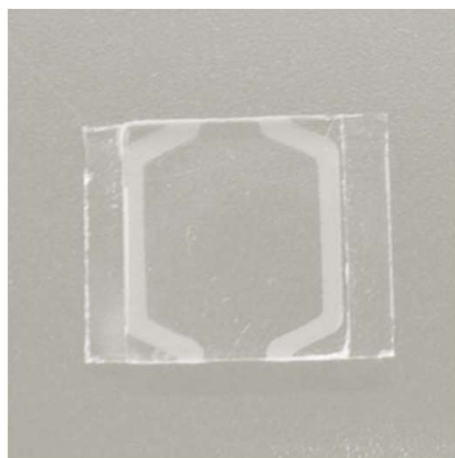


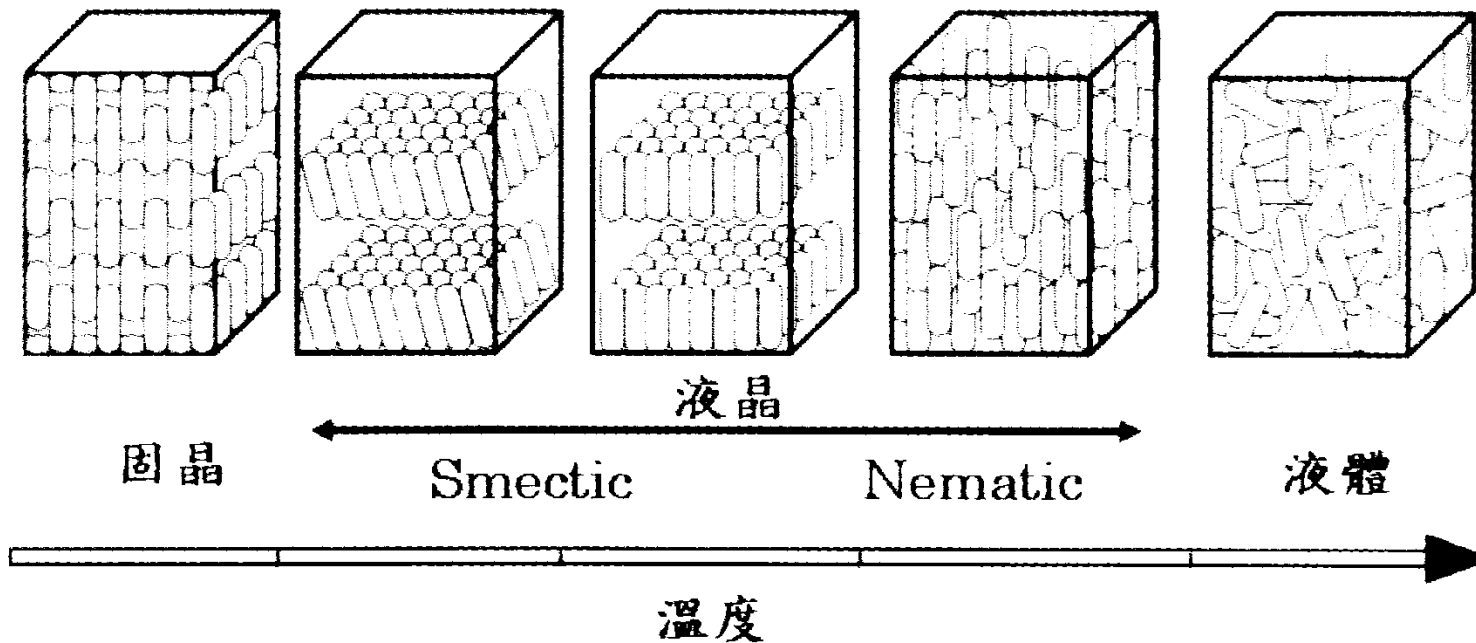
實驗7： 液晶





液晶材料的基本單位大多為**圓柱狀**，為**非均向性物質**，有兩個不同方向的性質，在溫度低時，其性質為晶體，為一排列整齊的材料。隨著溫度升高，晶形開始改變，開始有液體的性質。

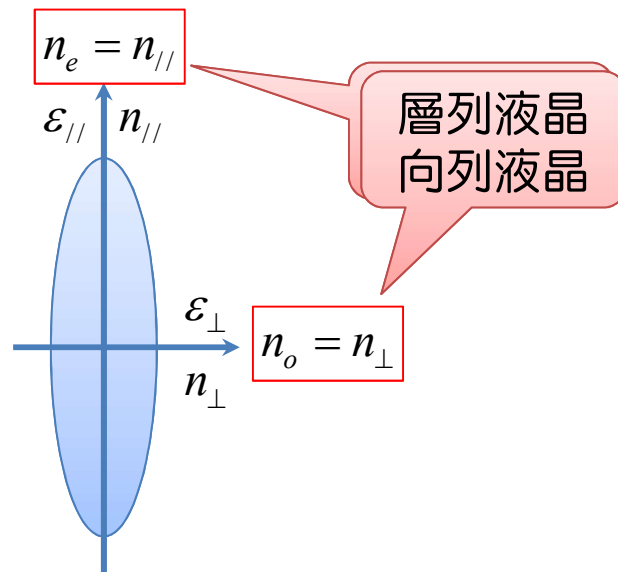
1888年植物學家Friedrich Reinitzer發現並觀察到膽固醇的乙酸酯化物在145 時為固體，隨著溫度升高，會轉化成白濁狀的液體，直到179 時會轉變成清澈的液體。後來，德國物理學家O. Lehmann將這種類似晶體的液體稱為液晶。



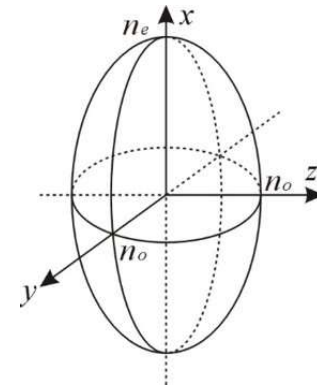


液晶材料的基本單位大多為圓柱狀
為非均向性物質
有兩個不同方向的性質

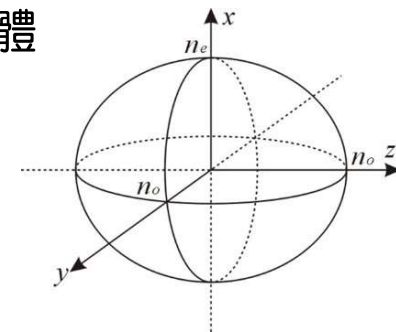
液晶有兩個折射率，分別是
垂直於液晶長軸方向 (n_o)
與
平行於液晶長軸方向 (n_e)



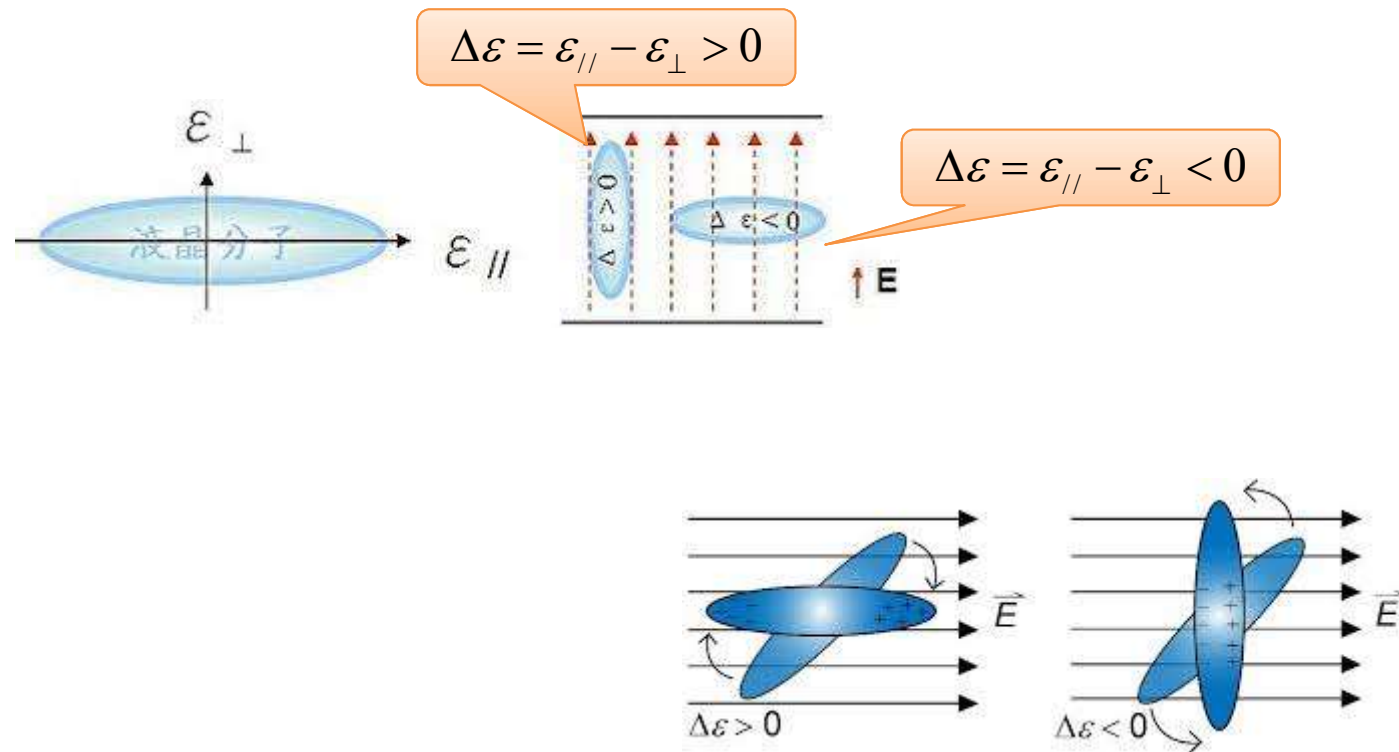
光學正性，正晶體
光學正液晶
 $n_e - n_o > 0$



光學負性，負晶體
光學負液晶
 $n_e - n_o < 0$



液晶分子會因介電異方性(dielectric anisotropy) $\Delta\epsilon$ 為正值 (或負值) 來決定液晶分子的轉向方向 與 外加電場平行 (或垂直) 。

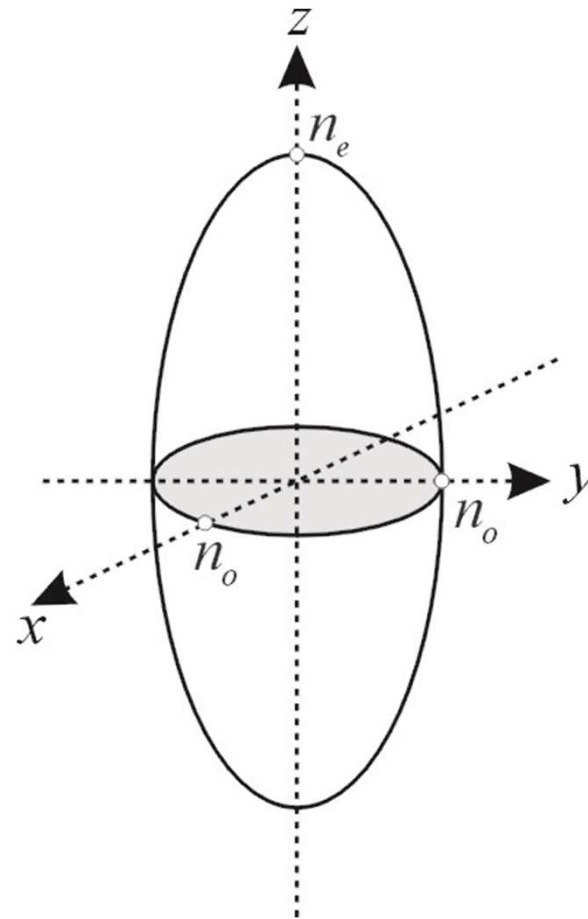
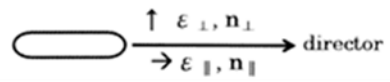


<https://blog.xuite.net/kernliang/twblog/129461338>

<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/72942/1/832301.pdf>



液晶 極性分子



對於層列液晶和向列液晶而言
光行進方向

與液晶分子長軸**平行**時，速度為 v_e

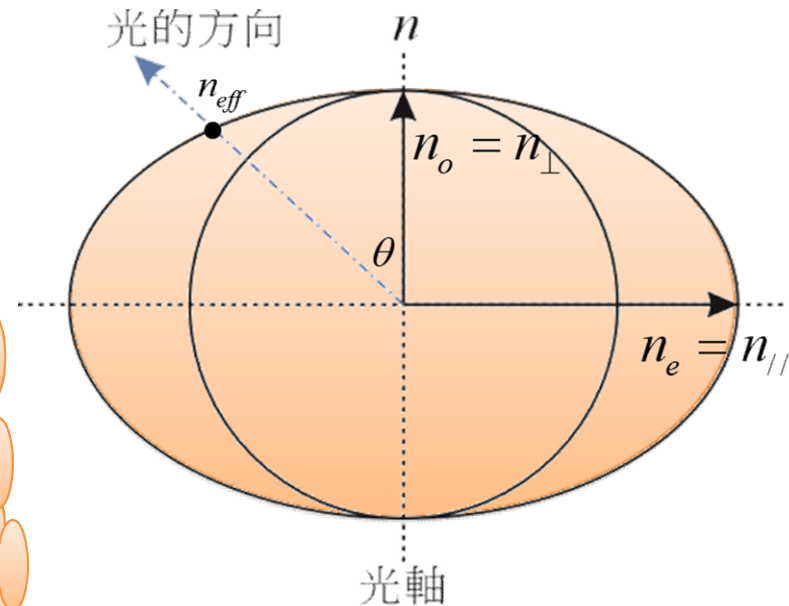
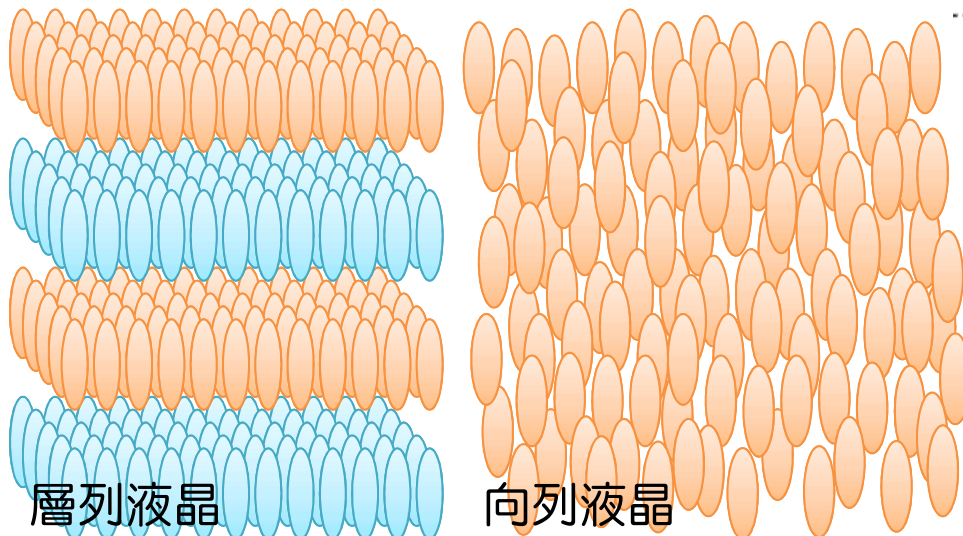
與液晶分子長軸**垂直**時，速度為 v_o

$$v_e < v_o$$

$$n = \frac{c}{v}$$

因為 $n_e = n_{//}$
 $n_o = n_{\perp}$

所以 $\Delta n = n_e - n_o > 0$



(a)層列液晶和向列液晶
(光學正液晶)
 $n_e - n_o > 0$

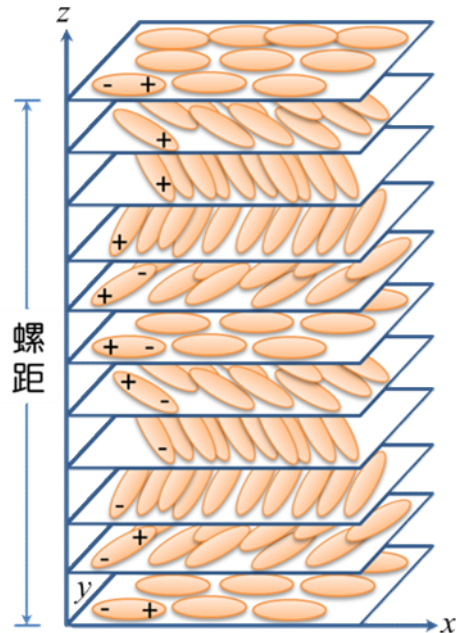


對於膽固醇液晶而言
與指向矢垂直的螺旋，相當於『光軸』（z軸）
當光的波長遠大於螺距時

$$n_o = \sqrt{\frac{n_{//}^2 + n_{\perp}^2}{2}}$$

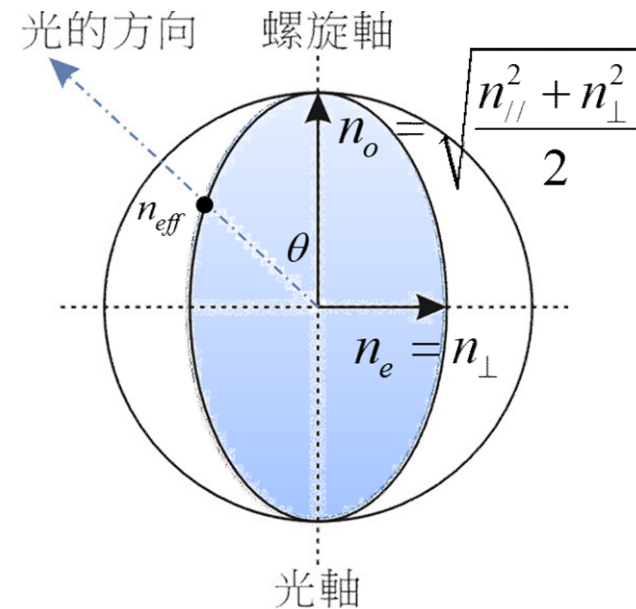
$$n_e = n_{\perp}$$

膽固醇相液晶的指向矢 在空間（xy平面上）
不是固定的，而是呈螺旋狀週期排列。



$$n_{//} > n_{\perp}$$

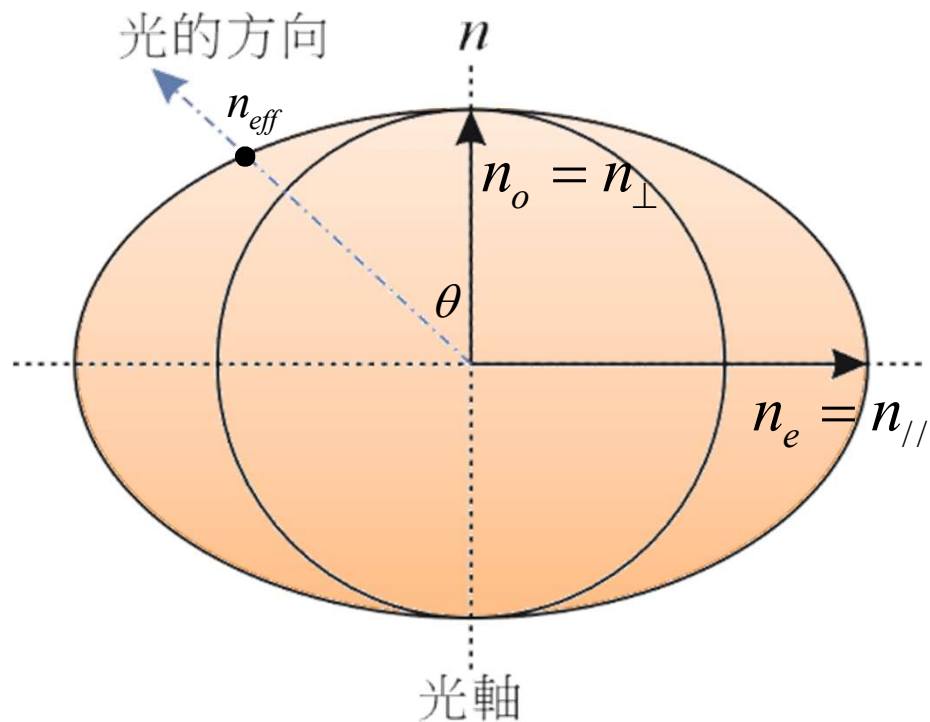
$$\Delta n = n_e - n_o < 0$$



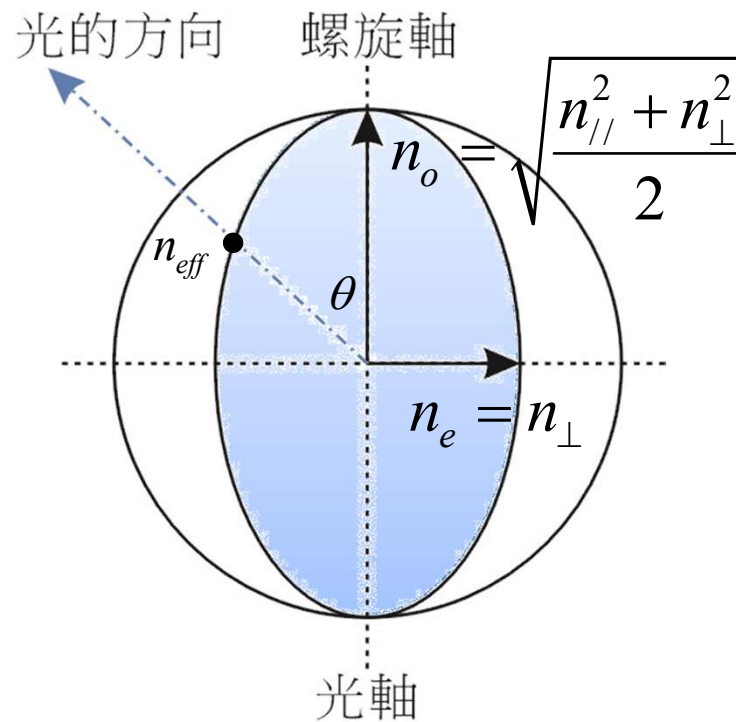
(b) 膽甾相液晶
(光學負液晶)
 $n_e - n_o < 0$

雙折射晶體中有一定
特定方向稱為**光軸**
(材料結構之對稱軸)

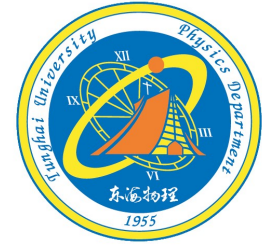
單軸性液晶折射率的各向異性



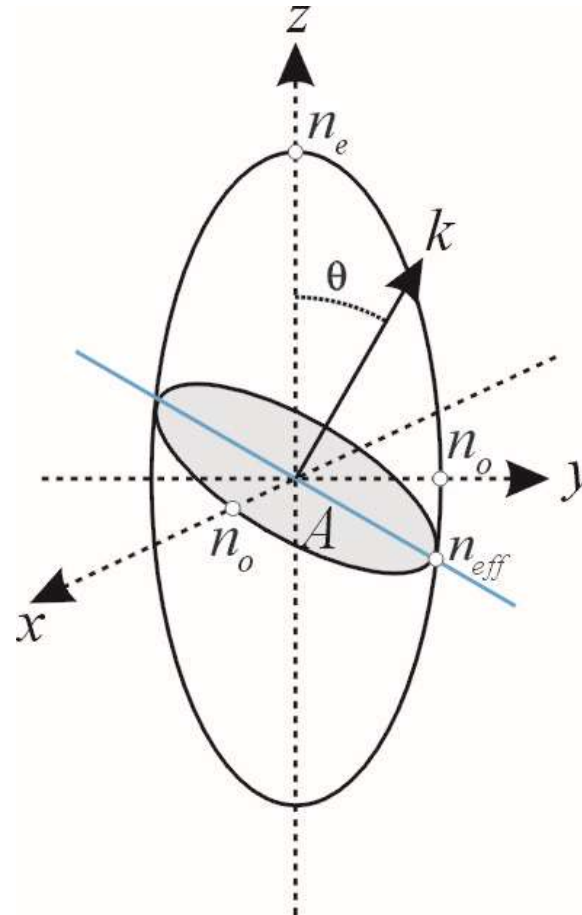
(a) 層列液晶和向列液晶
(光學正液晶)
 $n_e - n_o > 0$



(b) 膽甾相液晶
(光學負液晶)
 $n_e - n_o < 0$

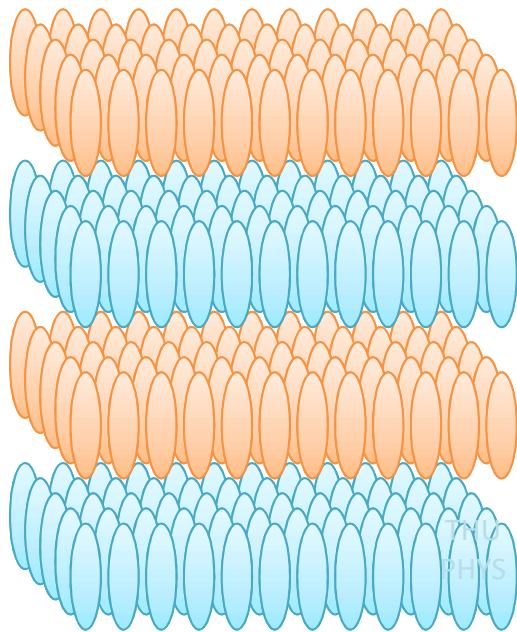


$$\frac{1}{n_{eff}^2} = \frac{\cos^2 \theta}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2}$$

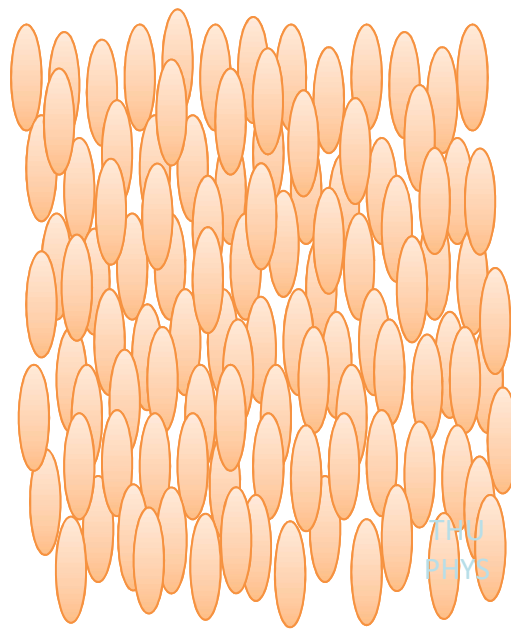


1922年，由G. Friedel利用偏光顯微鏡觀察到的結果，將液晶大致分為三類：

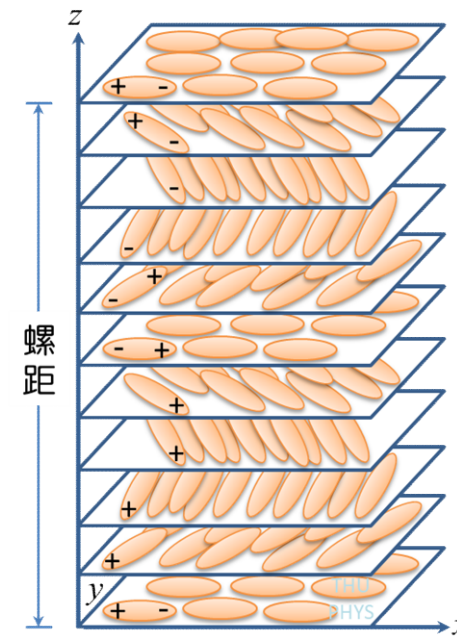
- ➔ 向列液晶 (Nematic)
- ➔ 層列液晶 (Smectic)
- ➔ 膽甾相液晶 (Cholesteric)



層列液晶 (Smectic)



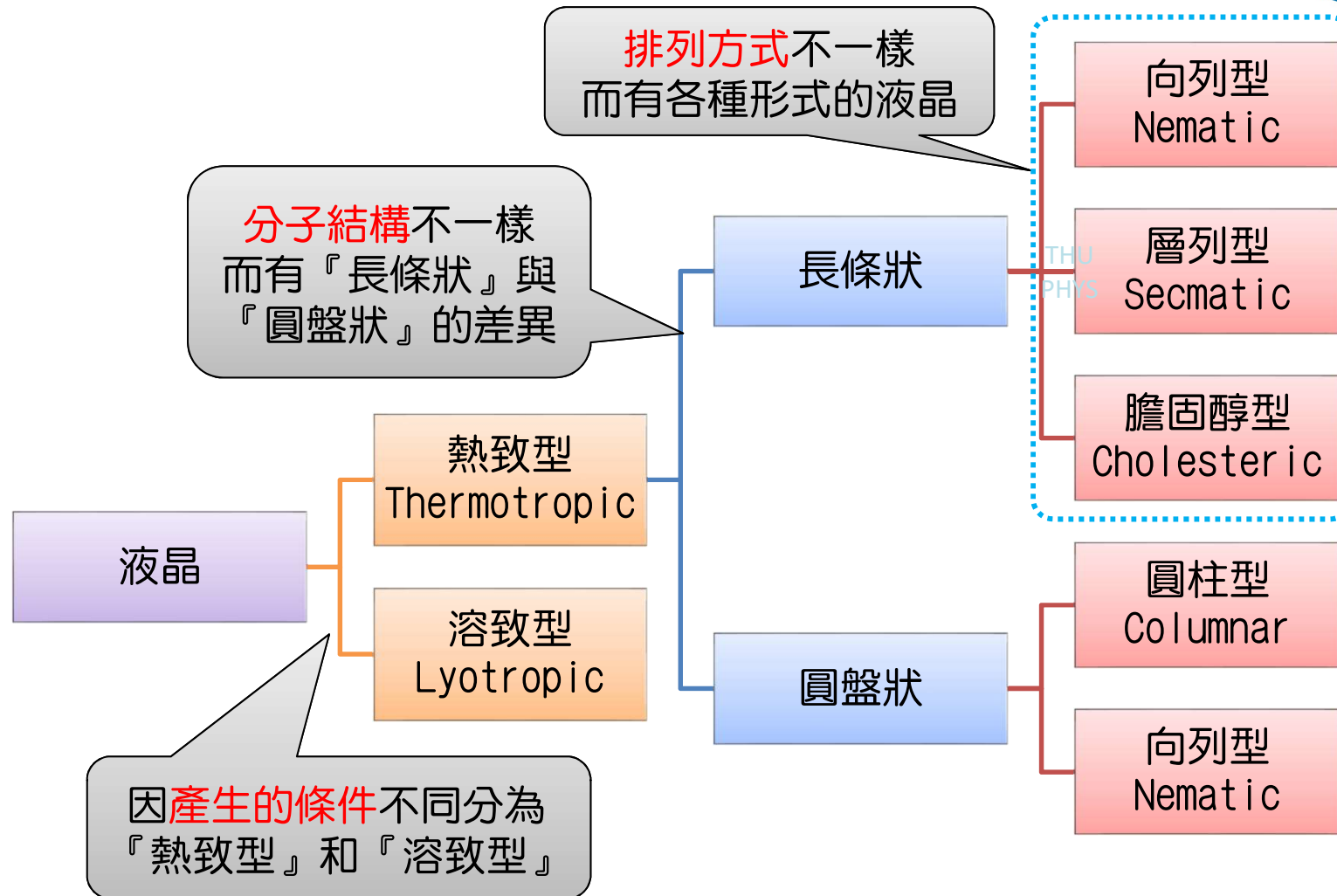
向列液晶 (Nematic)



膽甾相液晶 (Cholesteric)



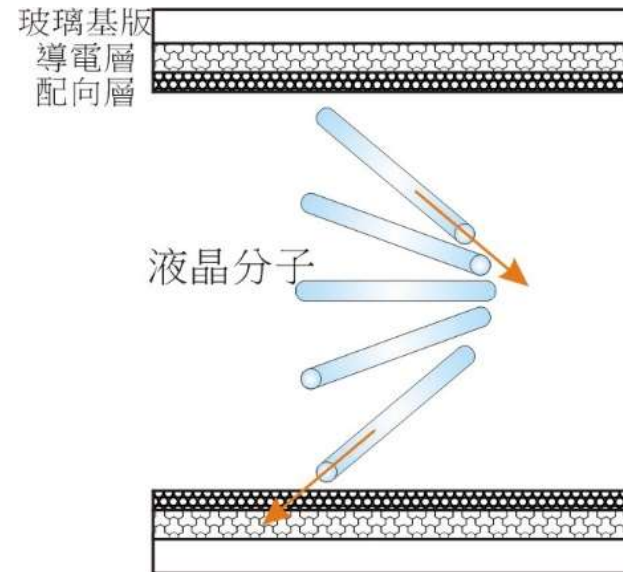
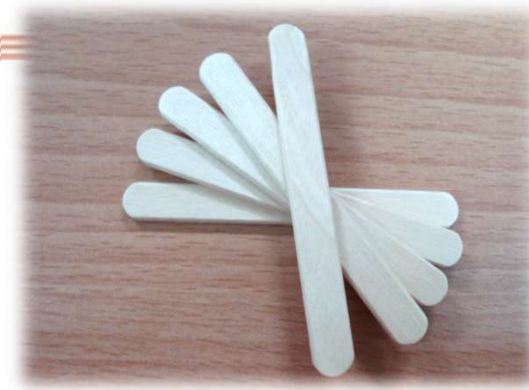
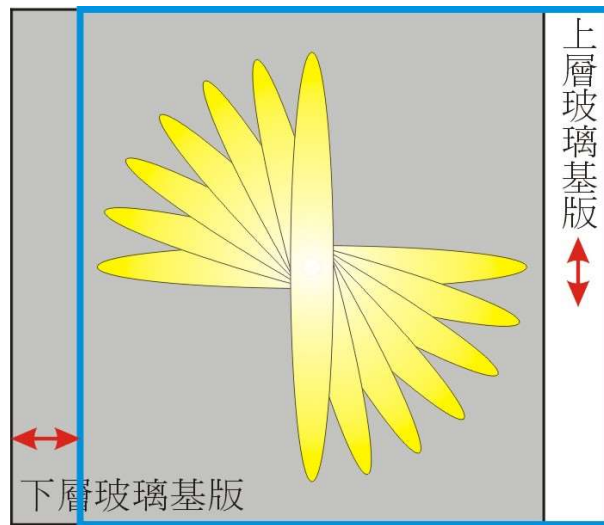
液晶的分類：





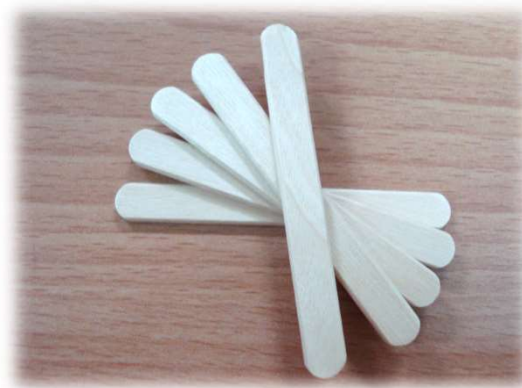
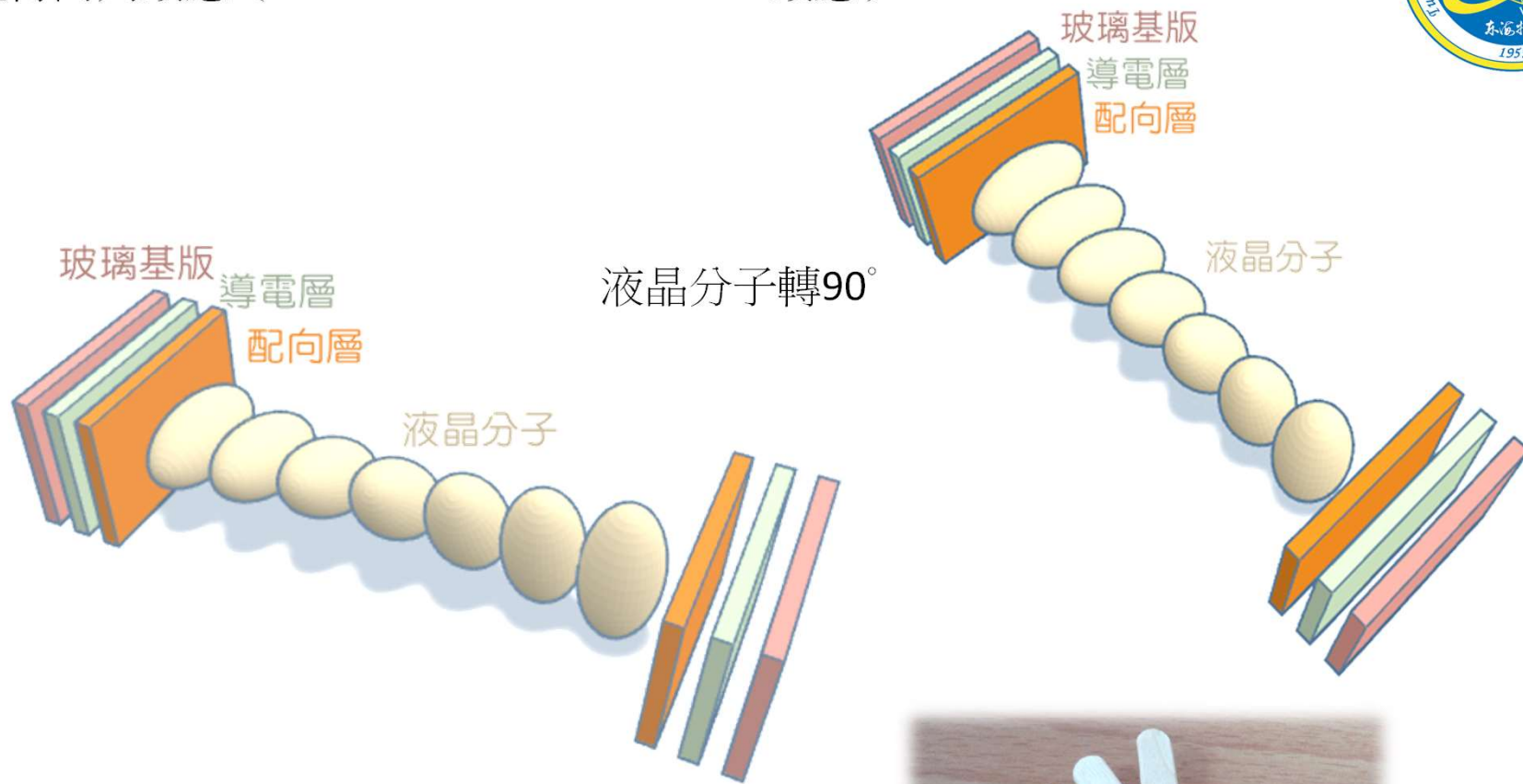
扭轉向列效應 (twisted nematic effect, TN效應)

TN效應是將所有的液晶晶體當作一個相位延遲版 (Retardation plate)，而將此液晶一端固定後另一端扭轉 90° 。

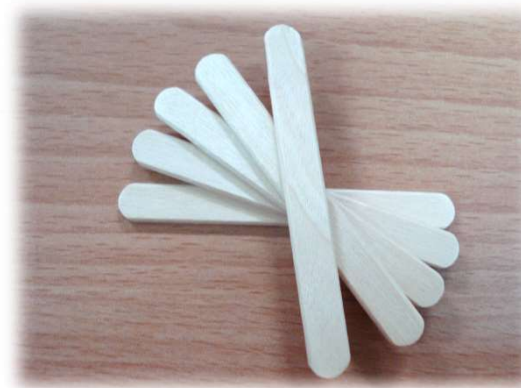
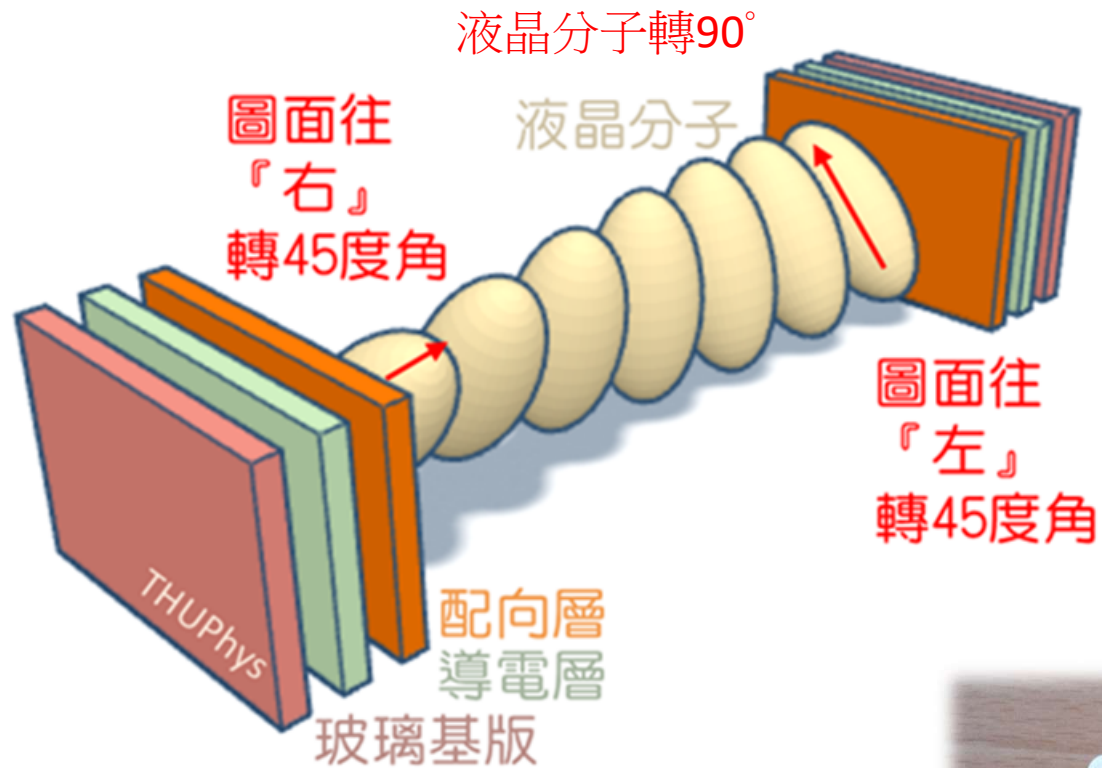


向列型液晶夾在兩片玻璃中間。這種玻璃的表面上先鍍有一層透明而導電的薄膜以作電極之用，如圖中的導電層。這種薄膜通常是一種銾 (Indium) 和錫 (Tin) 的氧化物 (Oxide)，簡稱ITO。在有ITO的玻璃上鍍表面配向劑，使液晶順著一個特定且平行於玻璃表面之方向排列。此元件中之液晶的自然狀態具有從上到下的扭曲，這也是為什麼被稱為扭曲型液晶顯示器的原因。

扭轉向列效應 (twisted nematic effect, TN效應)



扭轉向列效應 (twisted nematic effect, TN效應)

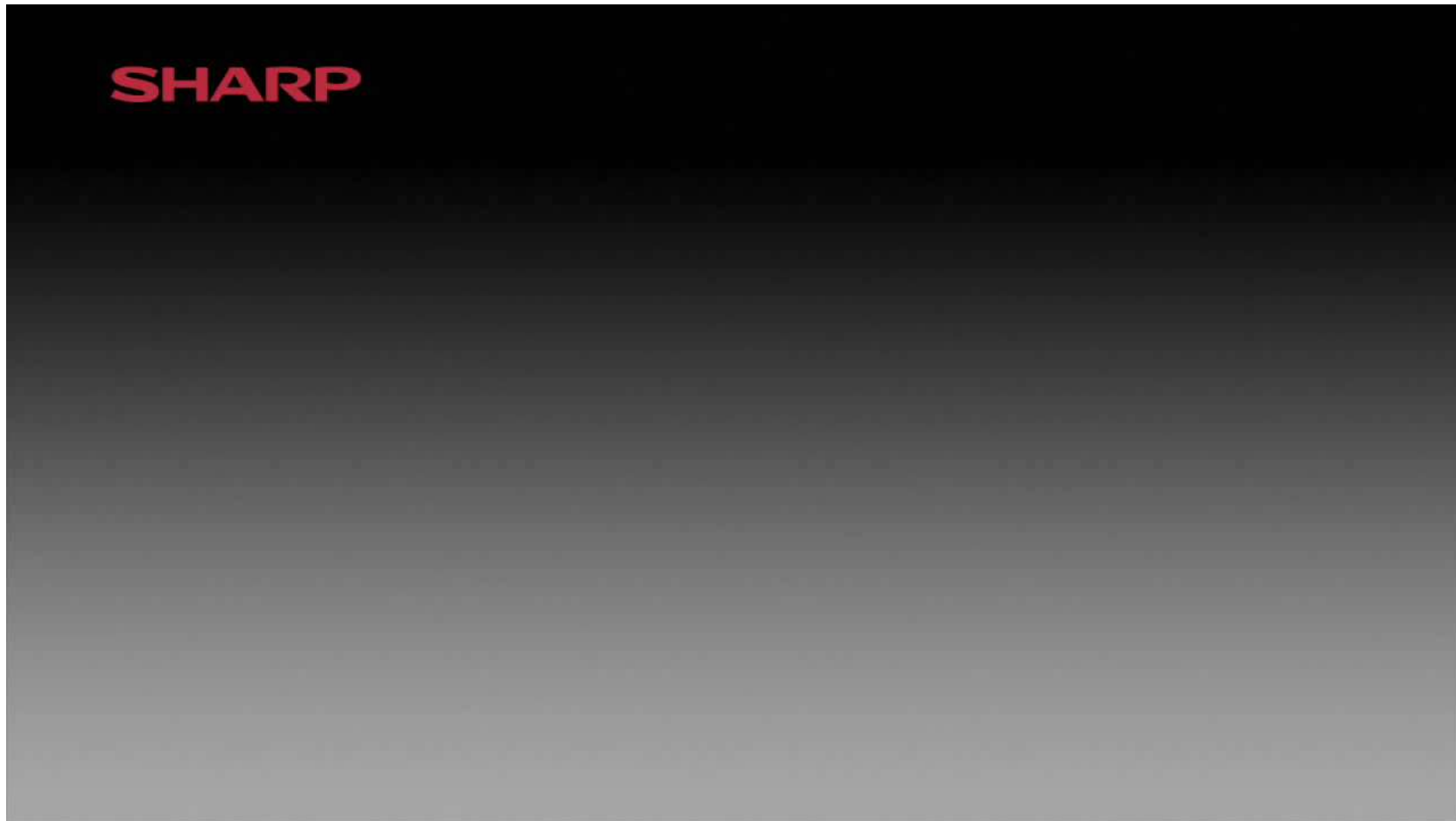




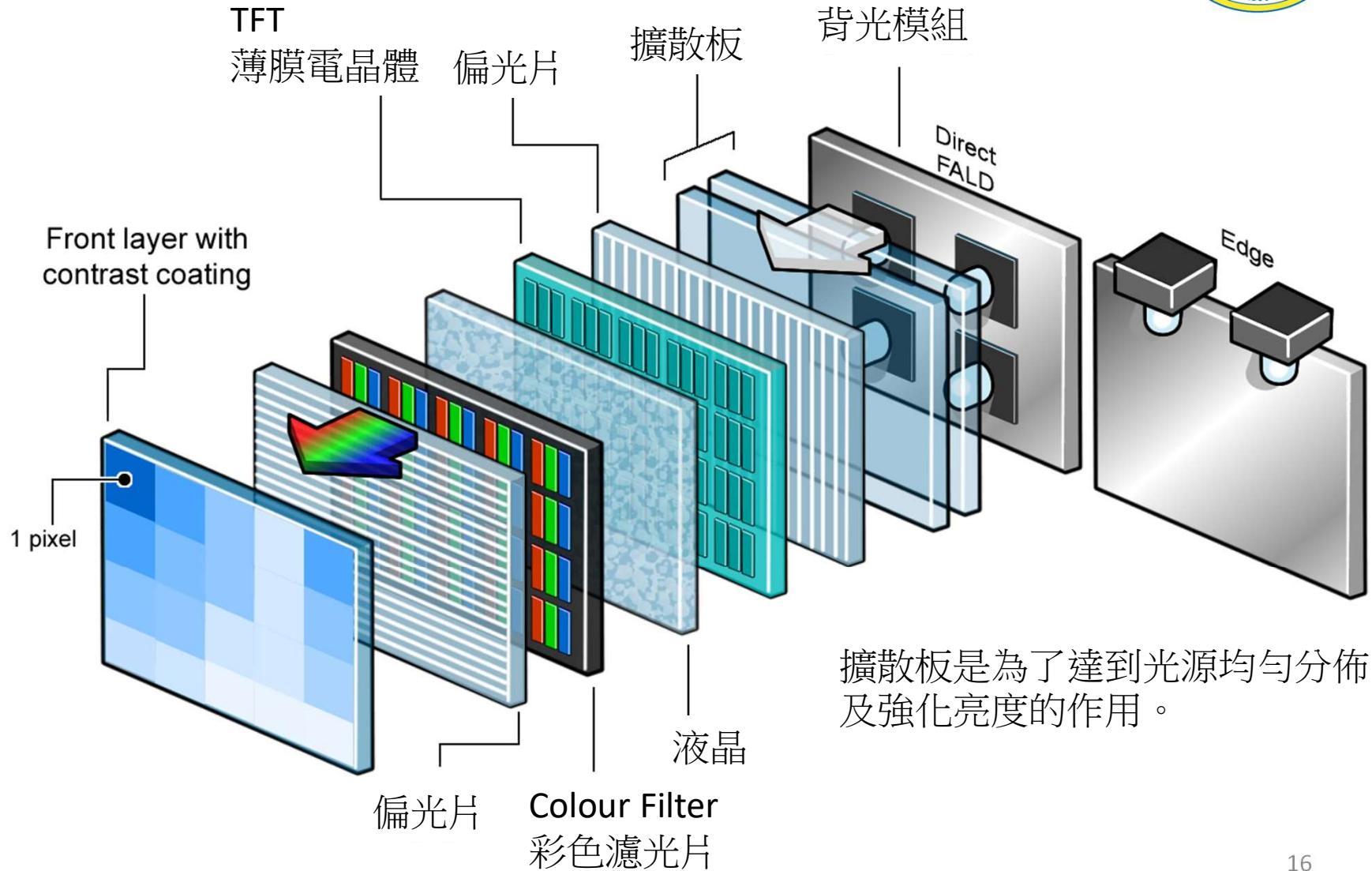
液晶顯示器原理

Sharp LCD Technology

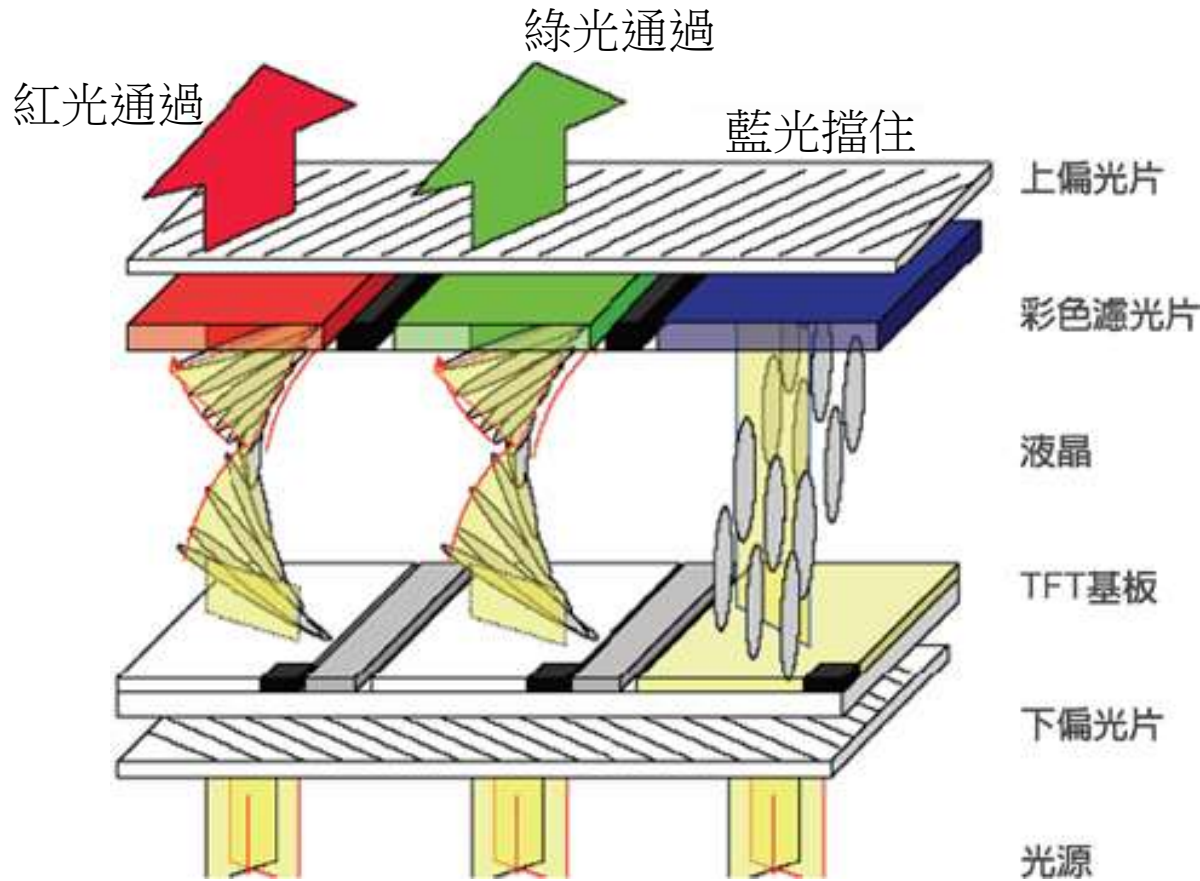
<https://www.youtube.com/watch?v=uh9SqvBVRwk>



液晶顯示器原理



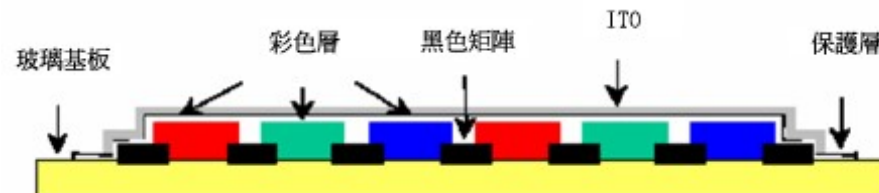
液晶顯示器原理



彩色濾光片是在玻璃基板上製作出許多紅、綠、藍的圖素，每個圖素對應液晶顯示器上的一個畫素。

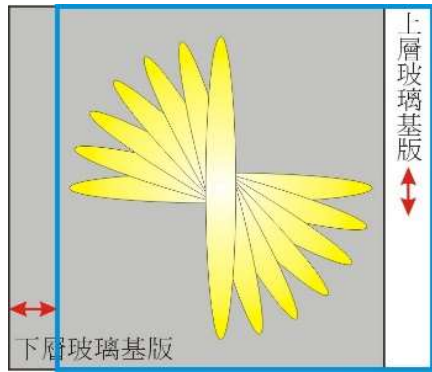
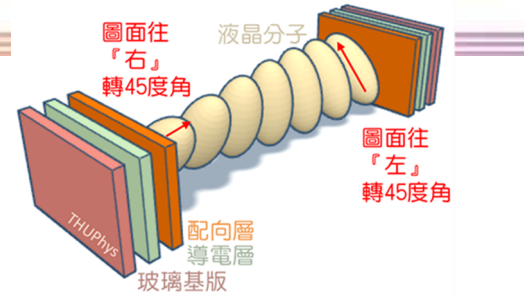
當白色背光通過這些圖素後，變成紅、綠、藍光，而構成三原色光。

PS：色度實驗

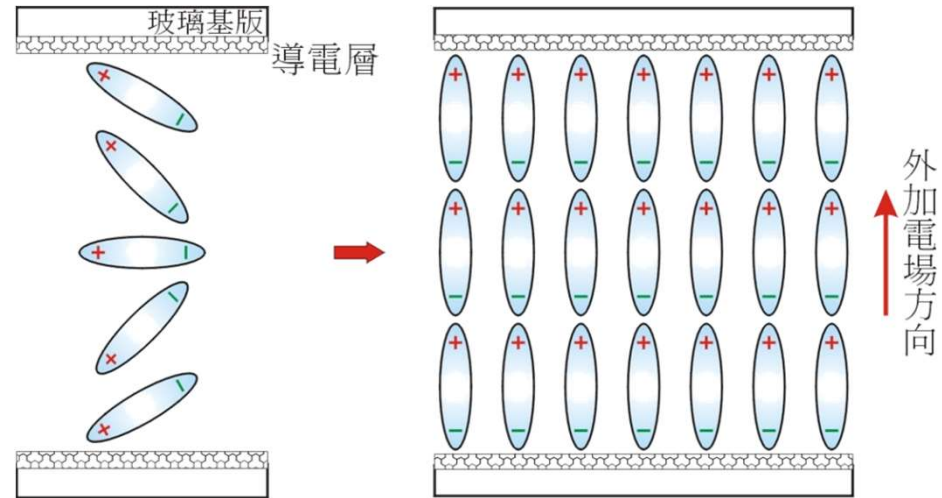




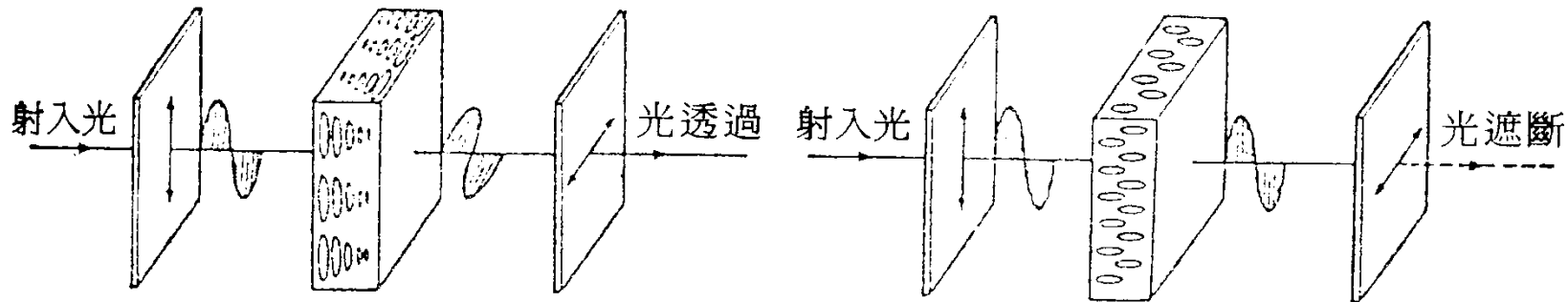
由於液晶晶體可視為電偶極 (Electric dipole)，晶體的頭和尾各為正負極，假如上下兩端加入夠大的電位差，則除了兩端被抓住的晶體無法偏轉外，其他的晶體會被吸成直立的以達到最低能量。



偏光板 TN 排列液晶層 偏光板



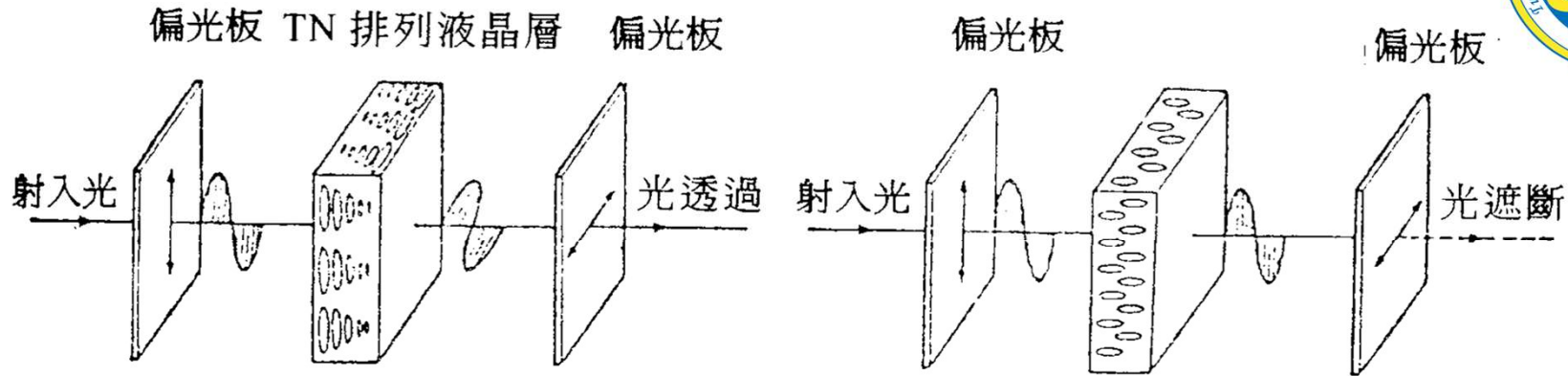
偏光板 偏光板



○：液晶分子

(a) 無外加電壓 ($V=0$)

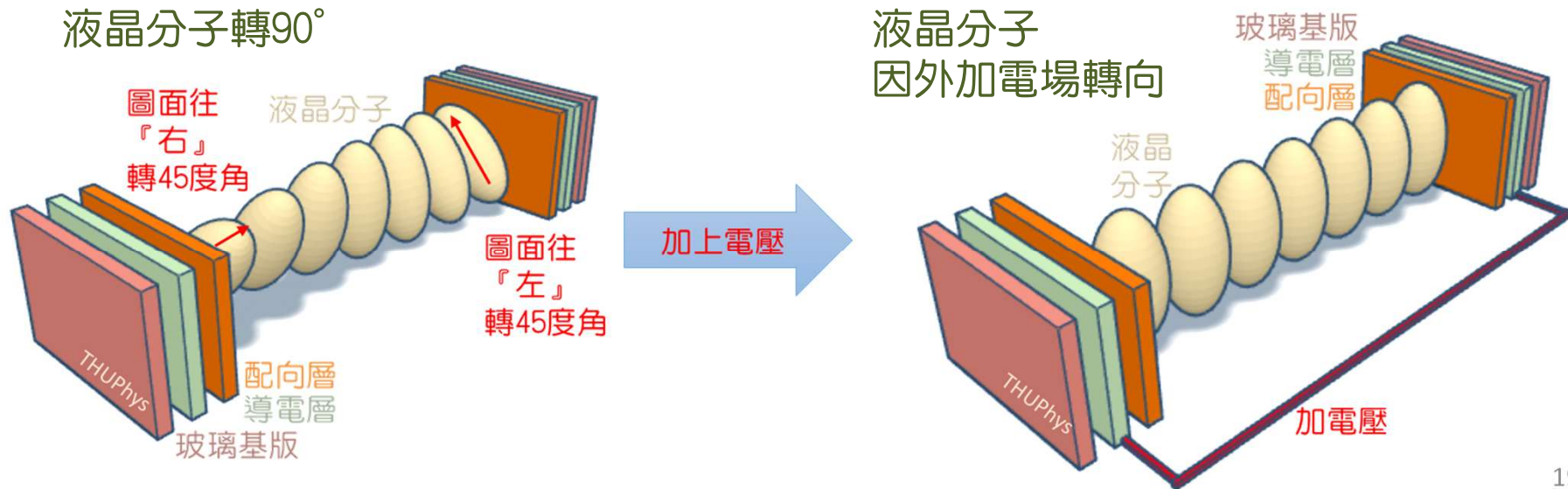
(b) 外加電壓 ($V > V_{th}$)



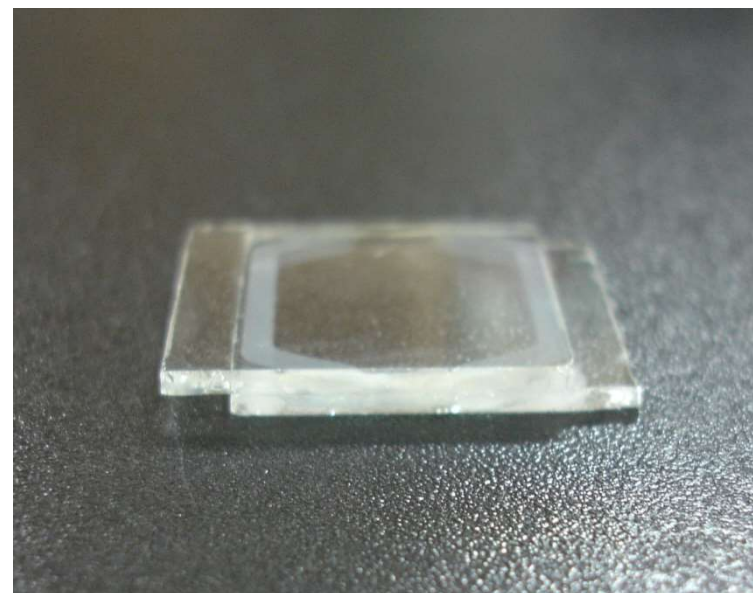
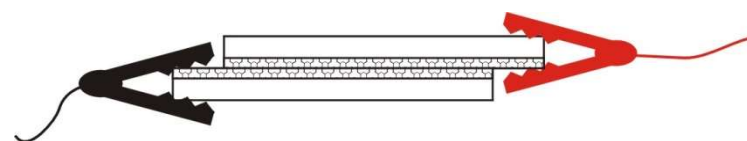
○：液晶分子

(a) 無外加電壓 ($V=0$)

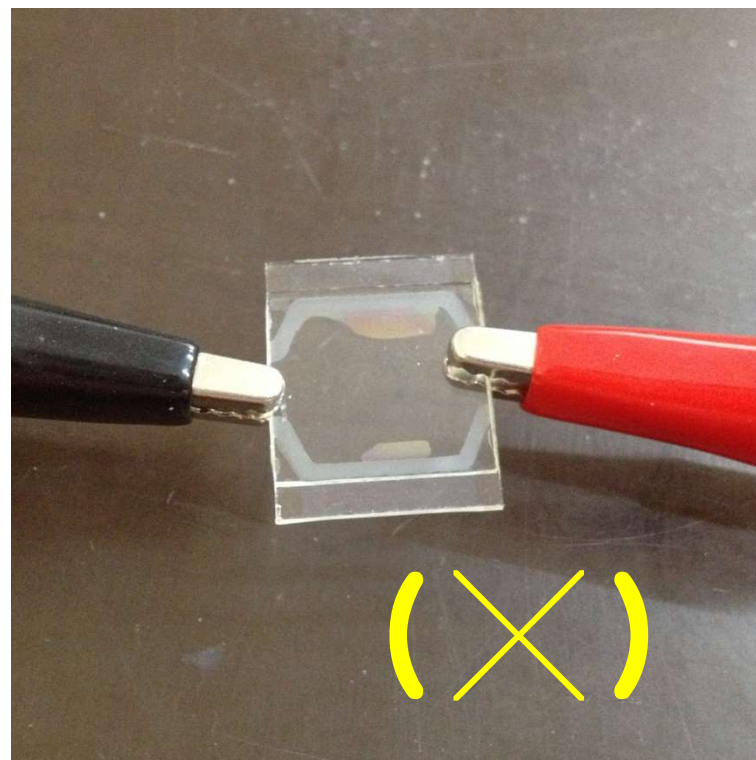
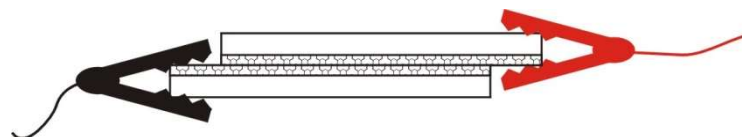
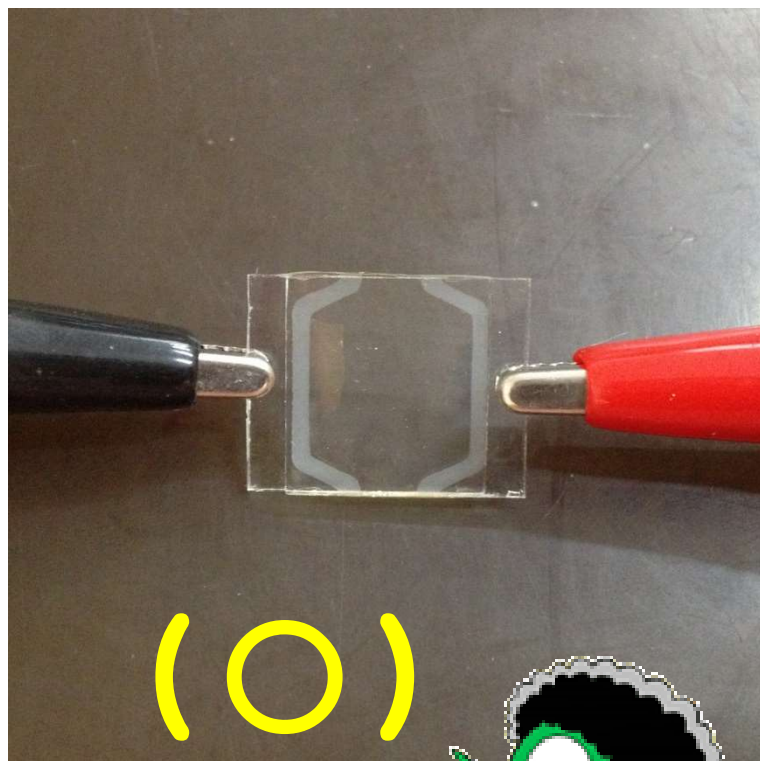
(b) 外加電壓 ($V > V_{th}$)

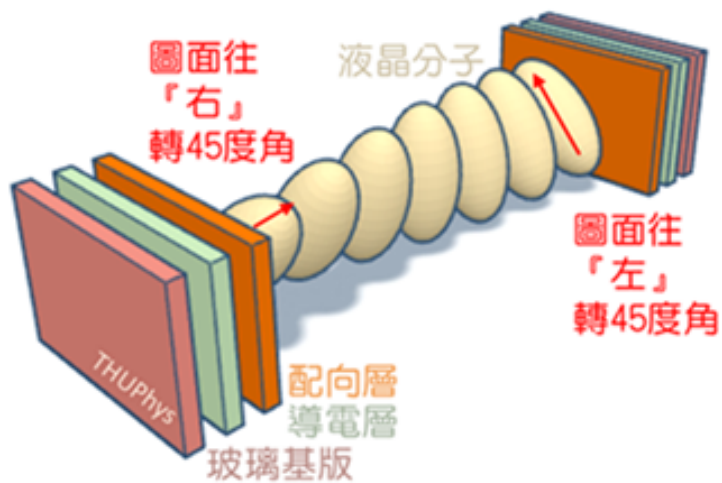
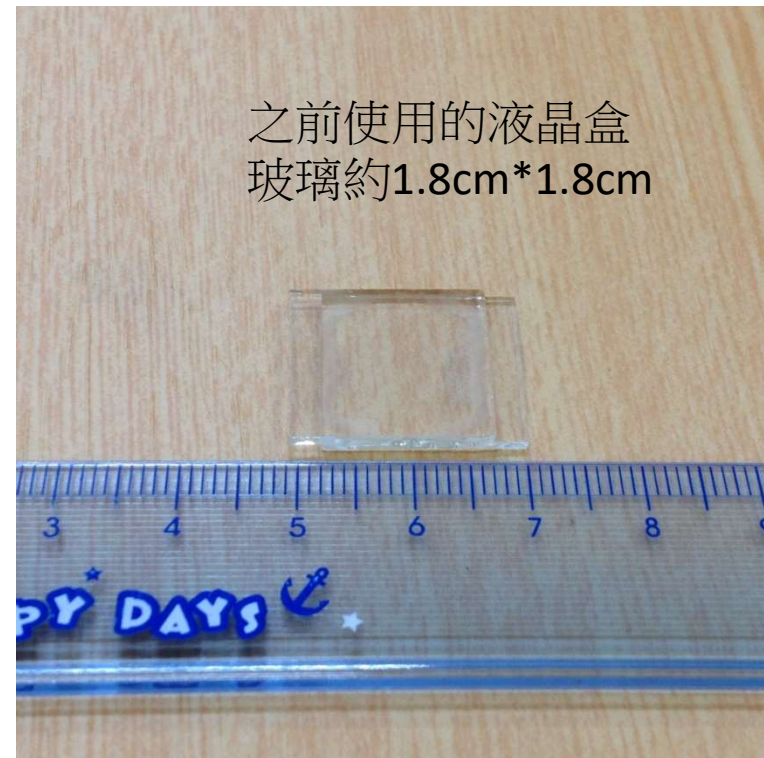
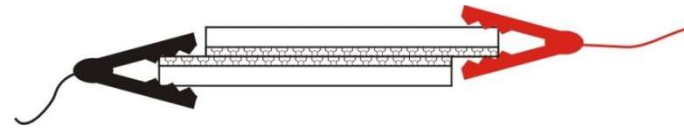
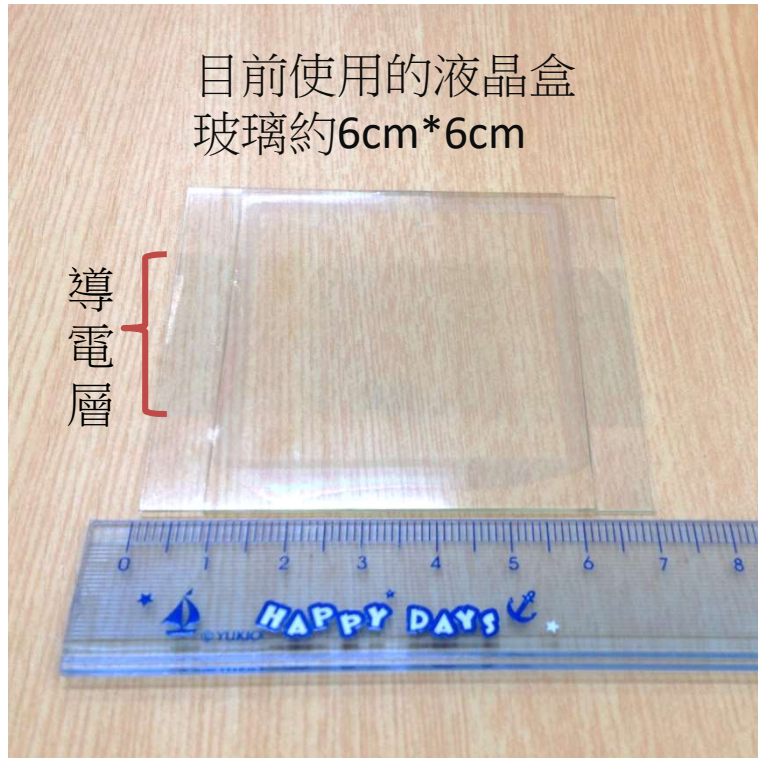


液晶加偏壓的方式



液晶加偏壓的方式

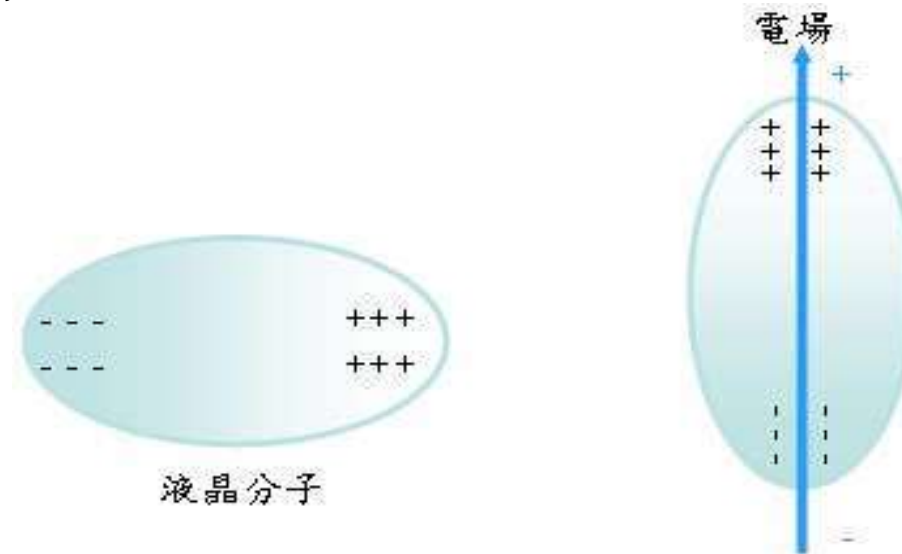




液晶不能給直流

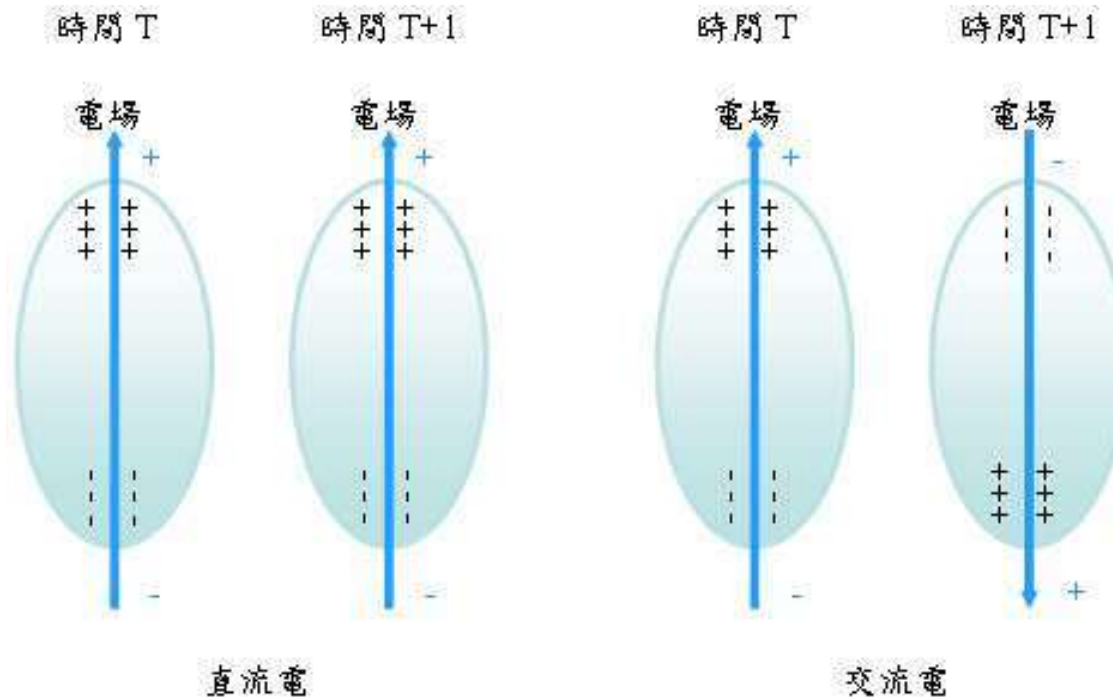
液晶顯示器中所使用的液晶材料，在不同位置與不同方向上具有不同折射率及介電係數，折射率的不同將造成液晶具有改變光偏振之能力，介電係數的不同將造成液晶因電場之影響而發生不同程度的轉動，因此，改變液晶材料的光偏振狀態，再搭配上偏光片後就能控制光線的通過量。

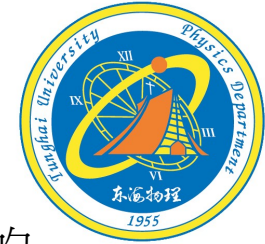
液晶材料本身並不導電，而且分子中的正電荷與負電荷是相互分開的，但如果給予液晶分子電場，就可以驅使液晶『站立』，進而達到控制液晶的目的。



液晶不能給直流

另外，若給予直流電，液晶分子中的電荷可能被固定，而形成偶極矩（Dipole），當正負電荷固定在液晶分子兩端時，將造成液晶之反應速度遲鈍，因此，若要使液晶動作，必須以交流電方式驅動。





液晶不能給直流

若是液晶電容內所儲存的電荷殘留有直流成份，將使液晶分子中的正負電荷固定在液晶分子的兩端，在切換液晶傾斜角度時，液晶分子反應速度會變得遲緩，造成顯示影像發生殘影與畫面閃爍的現象。

液晶電容的上板與下板中間層夾著有液晶材料，在交流電的情況下，液晶電容上板與下板之間的電場方向就會不斷產生變化。

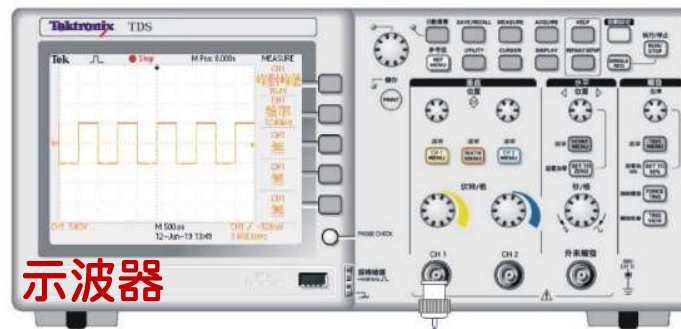
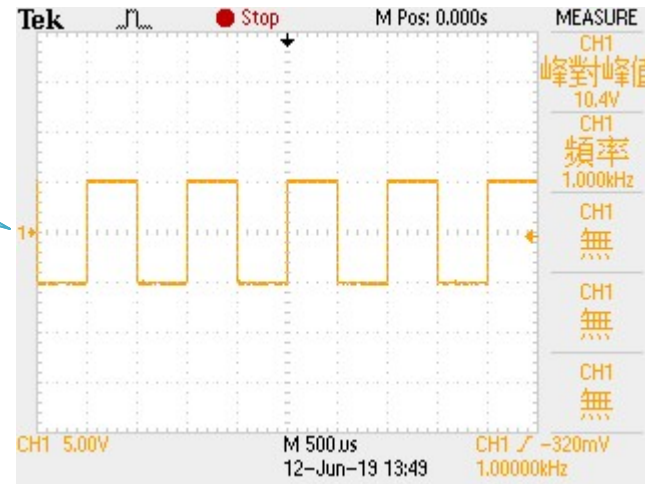


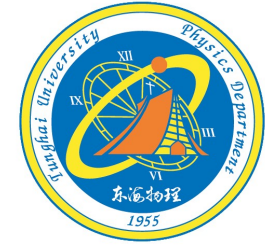
Part A (一) 確定訊號產生器的輸出 輸出方波

因為液晶不能承受直流電流，因此，此步驟是為了確認輸出訊號。



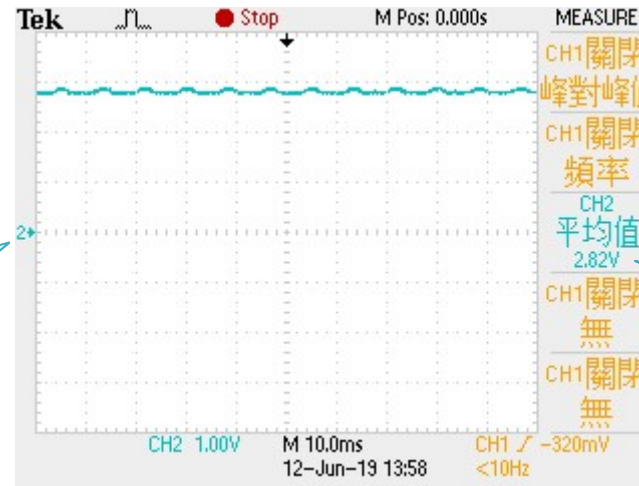
CH1, 電位
為0的位置



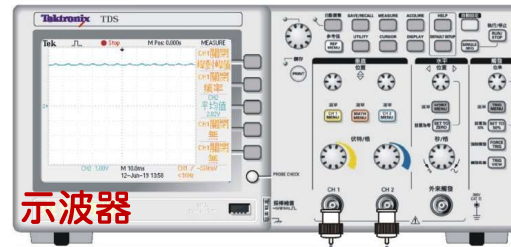


Part A (二) 確定訊號產生器的輸出
調整光偵測器
經由示波器顯示，確定光訊號最強。

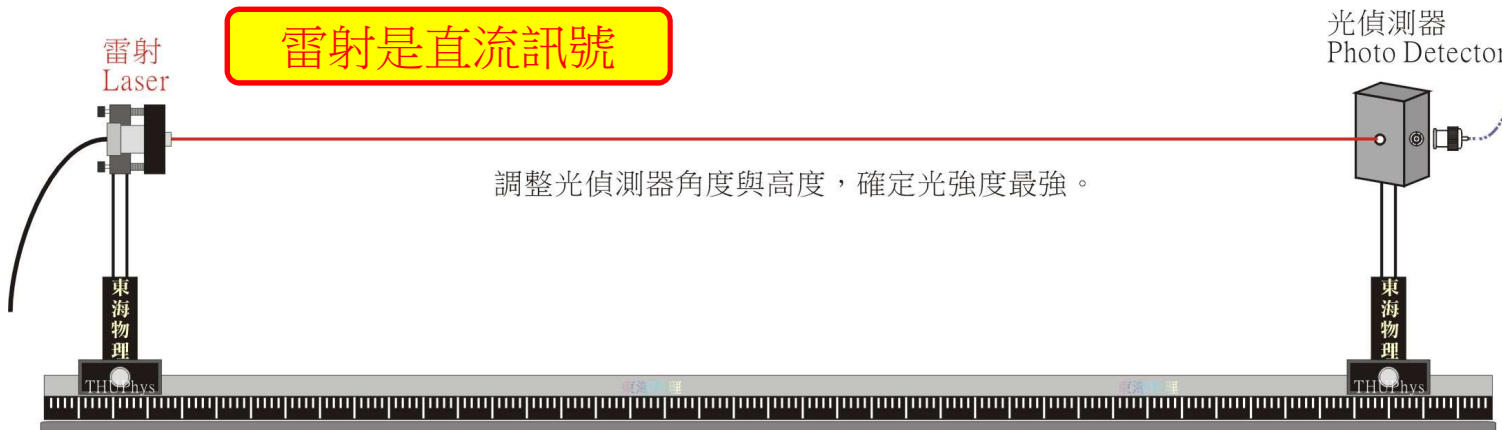
CH2，電位
為0的位置



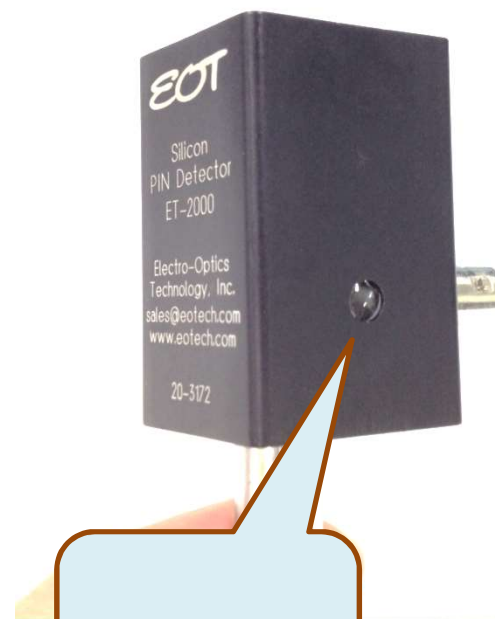
CH2訊號
平均值
2.82V



雷射是直流訊號



Detector (光偵測器)



BNC接頭

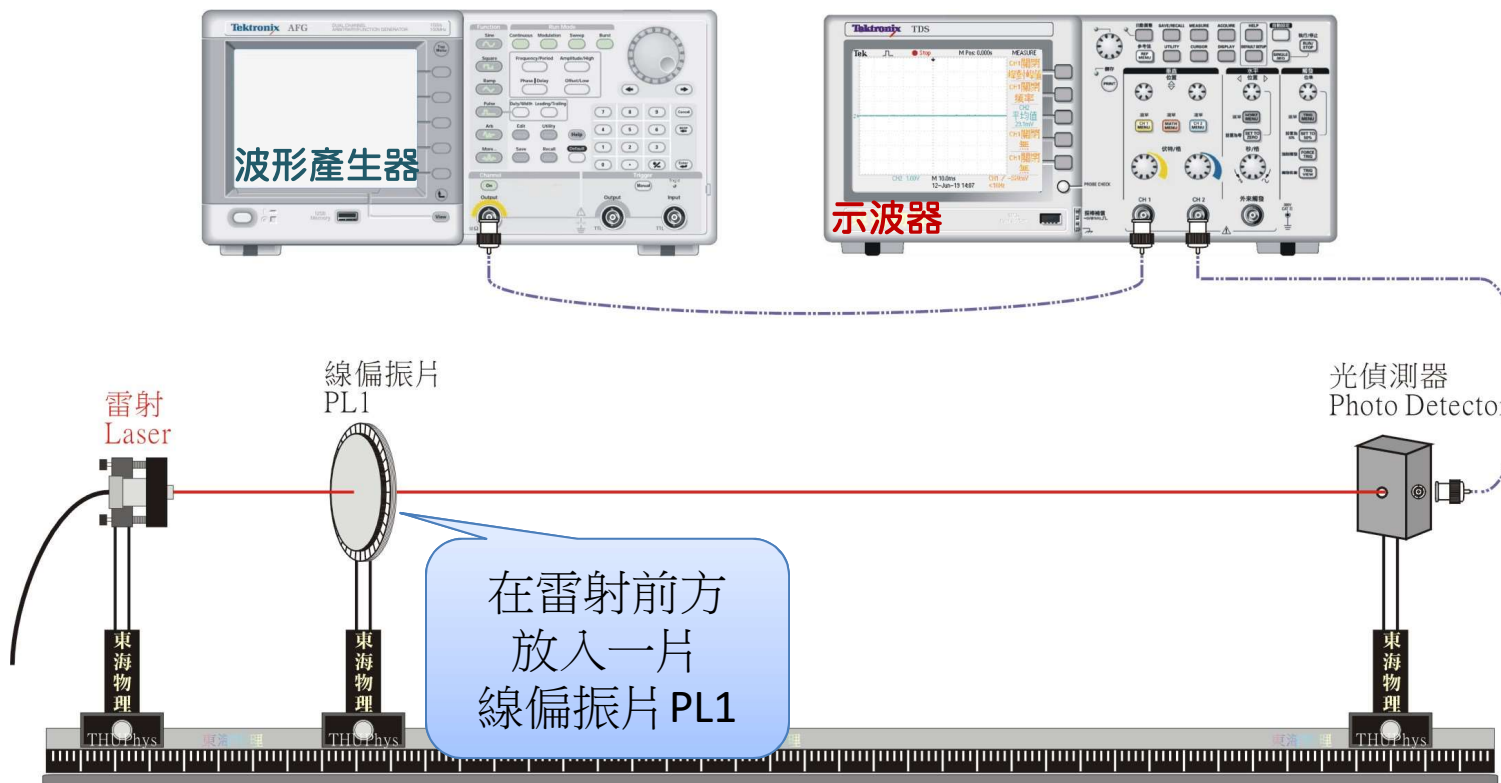
光窗



在雷射前方放入一片線偏振片PL。旋轉PL，使得光偵測器量測為未飽和狀態。即...調整到訊號不是最強的状态，或是說...先確定訊號最強強度（會量到3.2V，甚至會量到3.8V），再將訊號調弱一些。

接著微調光偵測器，使得此時量測到的訊號最強。

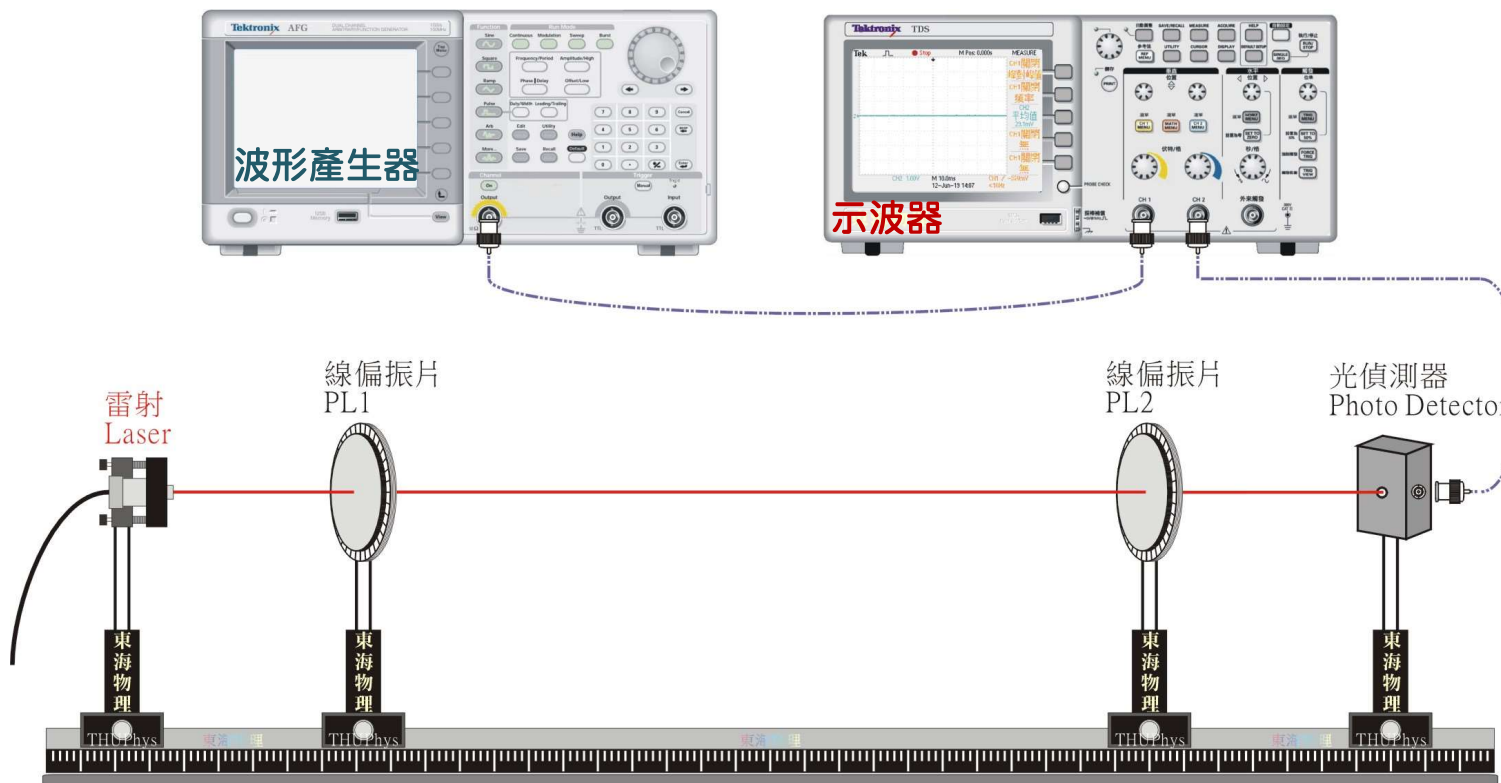
再微微旋轉PL，使得量測到的訊號減弱一點點（此時確定光偵測器量到的訊號為未飽和狀態），用此雷射光束去做接下來的實驗。



Part A (二) 確定訊號產生器的輸出

接著放入第二片偏振片（檢偏板），旋轉檢偏板，找到功率最小的位置，紀錄檢偏板刻度。

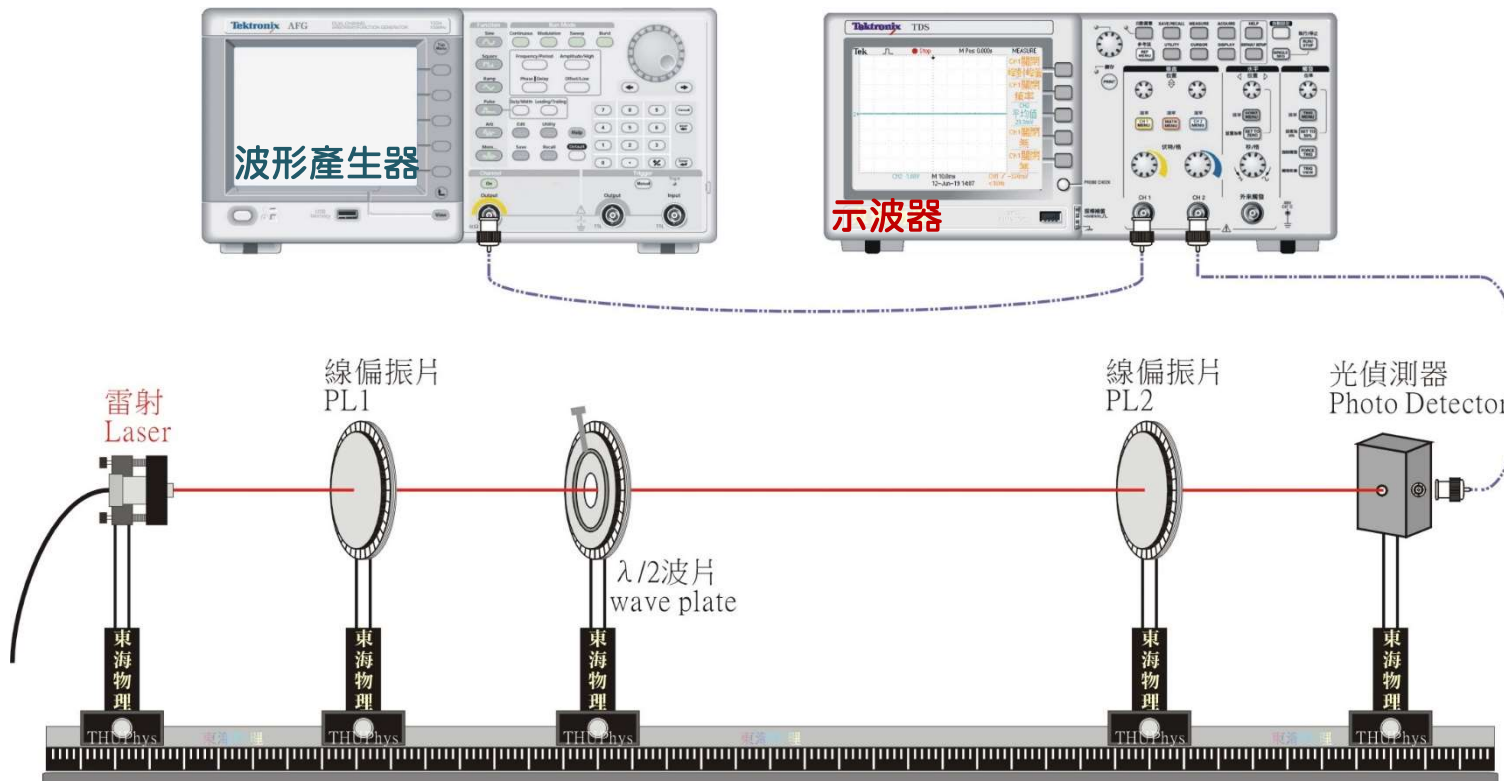
將此時的檢偏板刻度紀錄為角度 90° 。

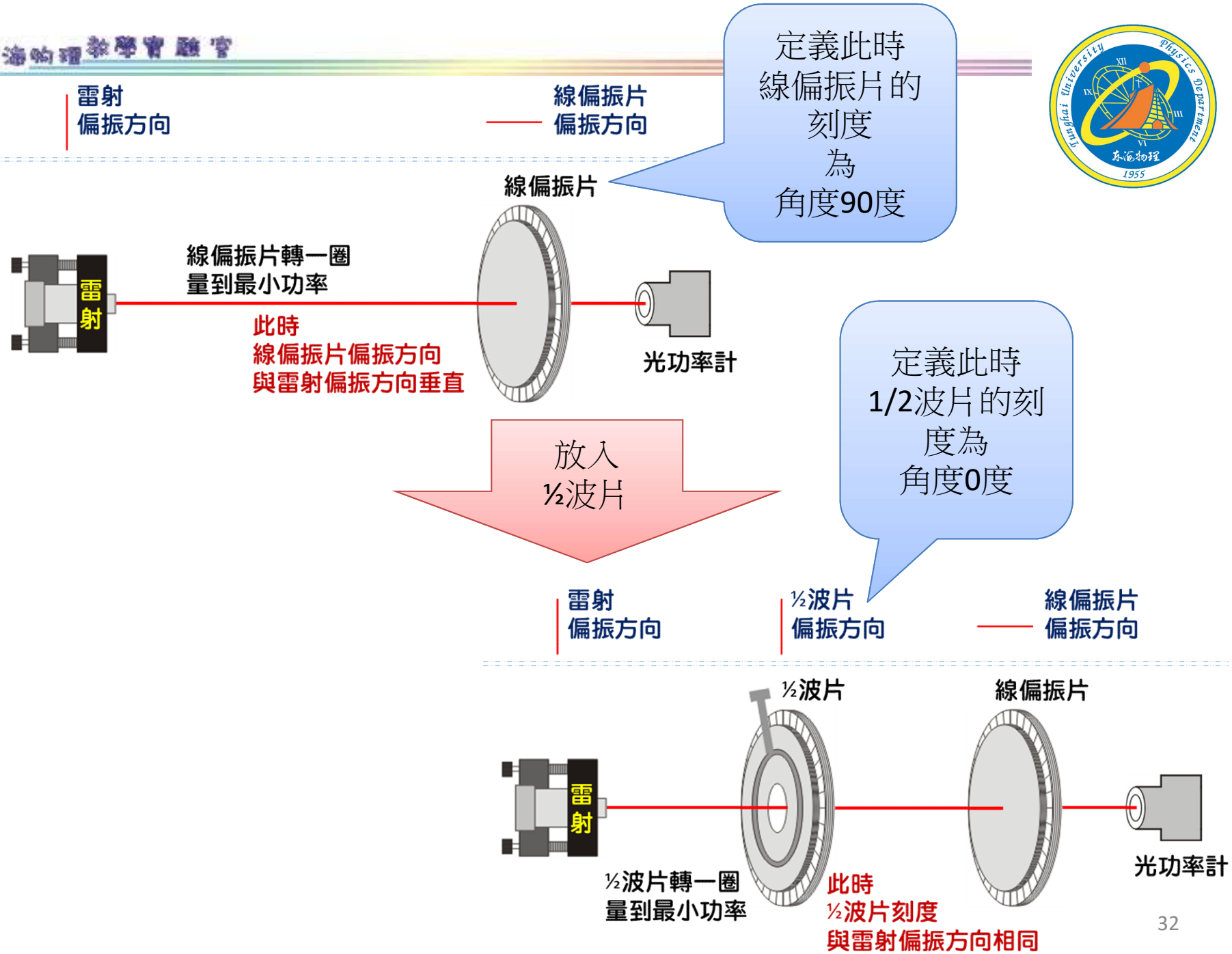
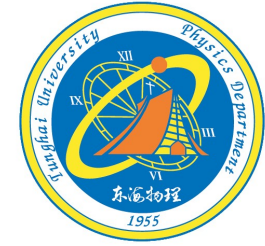


Part A : (二) 確定 $\lambda/2$ 波片
與偏振片角度的關係

旋轉 $\lambda/2$ 波片，找到功率最小的位置，紀錄波片的刻度。此時， $\lambda/2$ 波片主軸和雷射光的偏振方向是平行的。

將此時 $\lambda/2$ 波片的刻度紀錄為角度0度。

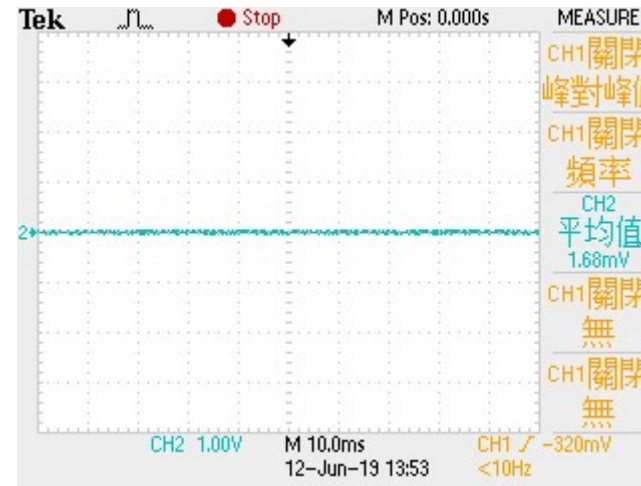




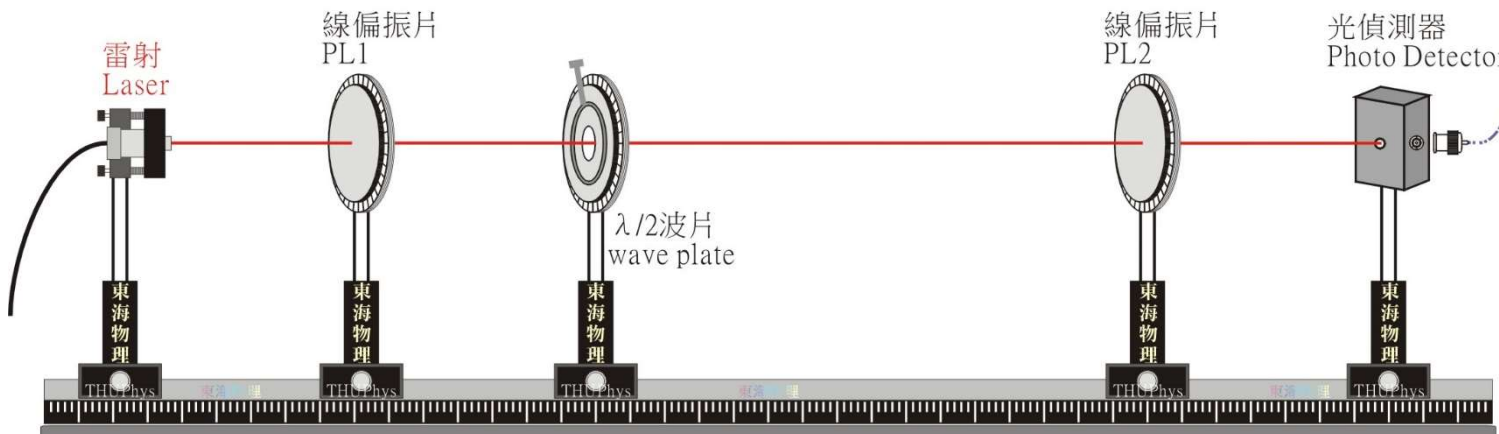
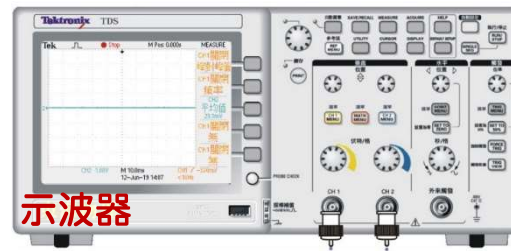


Part A : (二) 確定 $\lambda/2$ 波片
與偏振片角度的關係

$\lambda/2$ 波片 順時針 轉 θ 角度
偏振片 順時針 要轉? 角度
➡ 光偵測器量到的維持最小訊號

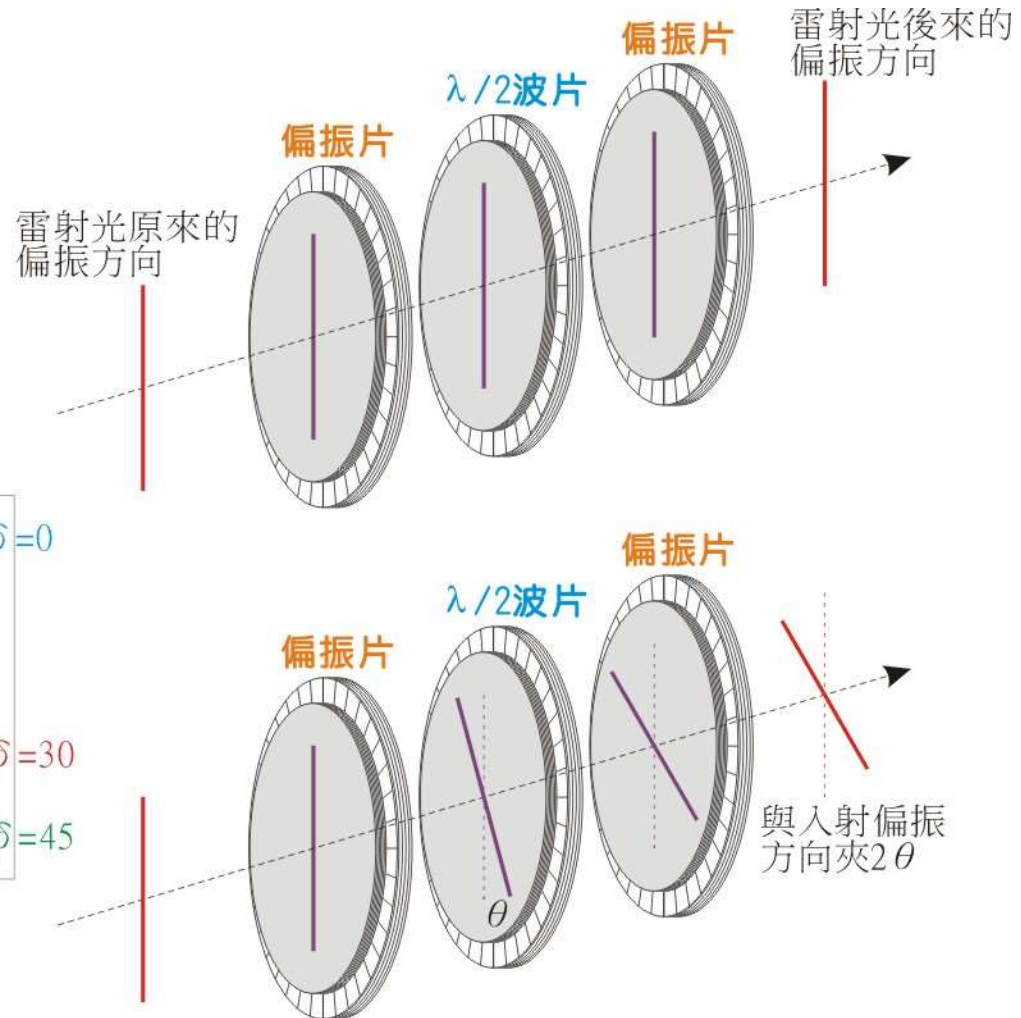
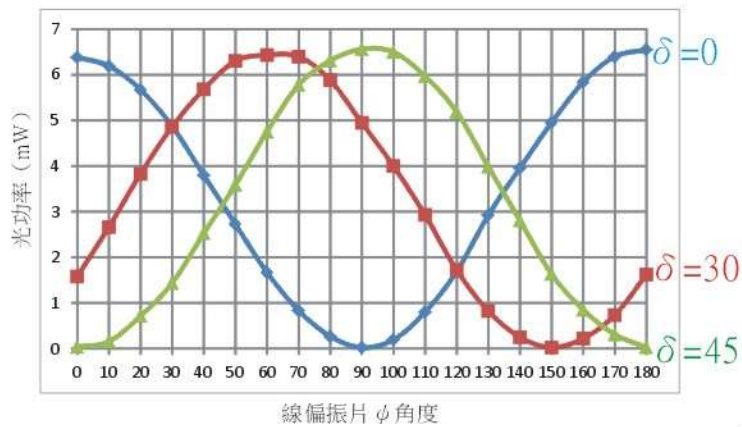


CH2訊號
平均值
1.68mV

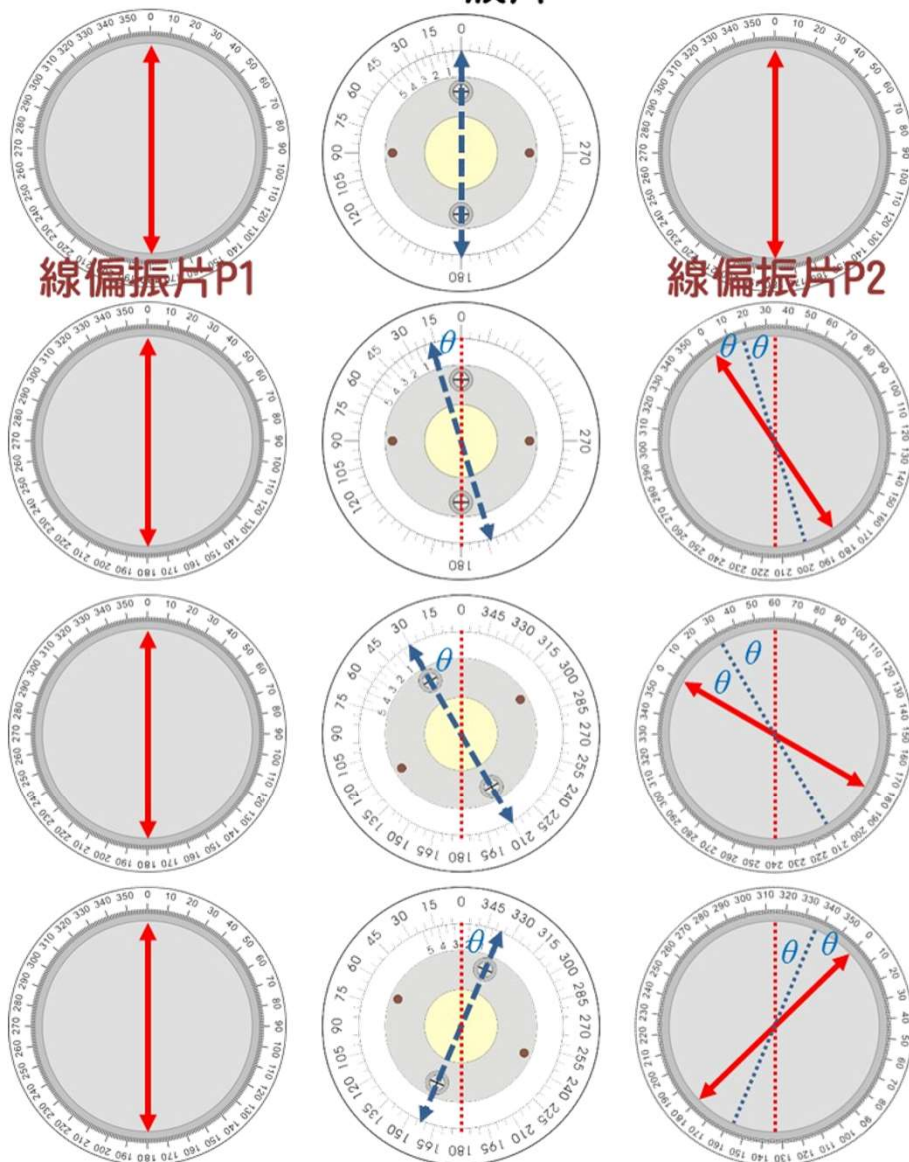


Part A : (二) 確定 $\lambda/2$ 波片與偏振片角度的關係
偏振實驗-關於 $\lambda/2$ 波片

入射光是線偏振~
出射光一樣是【線偏振】
但...偏振方向不一樣！！

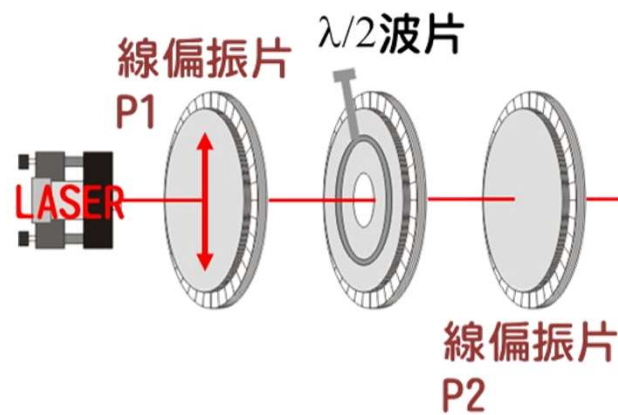


$\lambda/2$ 波片



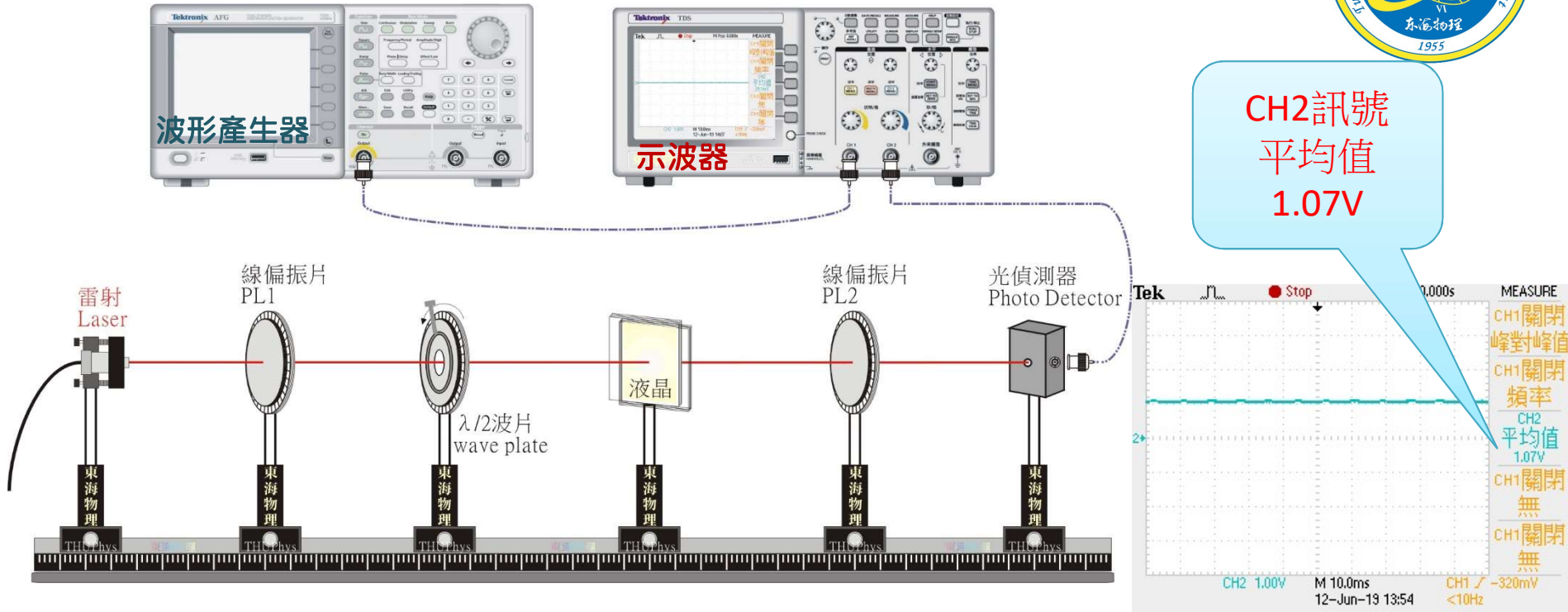
線偏振片 P1

線偏振片 P2



線偏振片 P2

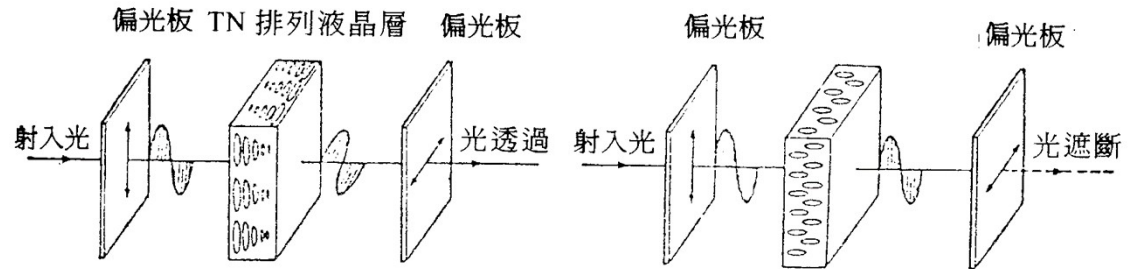
Part A : (三) 液晶兩端不加偏壓



液晶兩端不加偏壓

【 $\lambda/2$ 波片】 \perp 【偏振片】

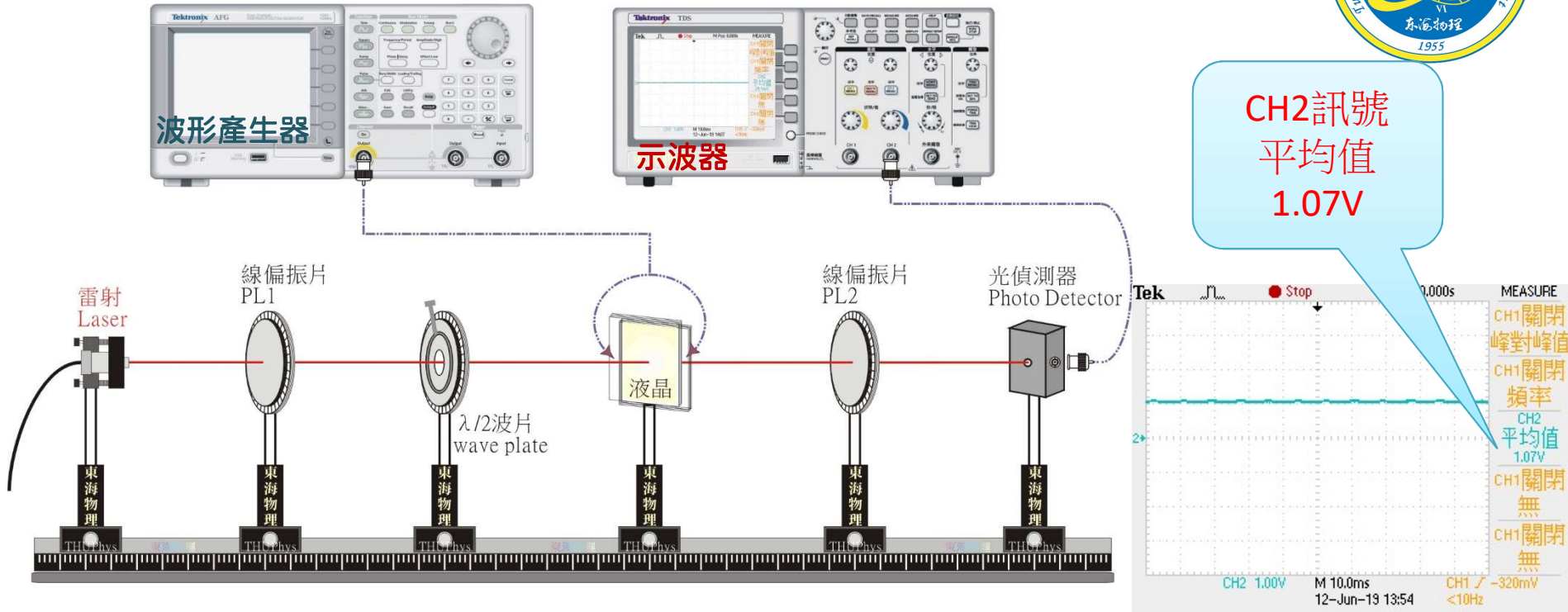
- ➡ 光偵測器量到的是最強訊號
- ➡ (DC訊號)



(a) 無外加電壓 ($V=0$)

(b) 外加電壓 ($V > V_{th}$)

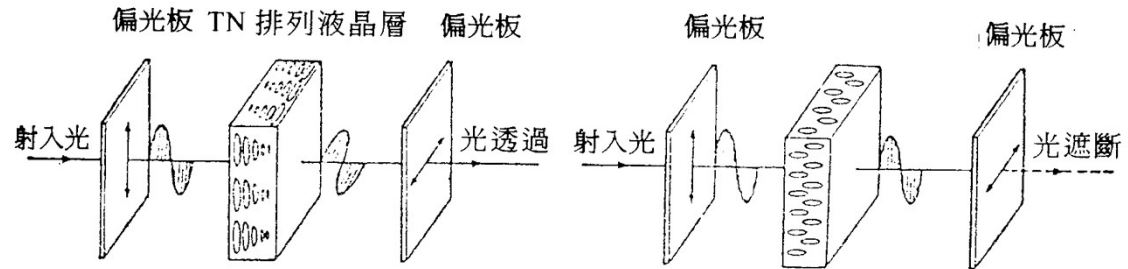
Part A : (三) 液晶兩端不加偏壓



液晶兩端不加偏壓

【 $\lambda/2$ 波片】 \perp 【偏振片】

- ➡ 光偵測器量到的是最強訊號
- ➡ (DC訊號)

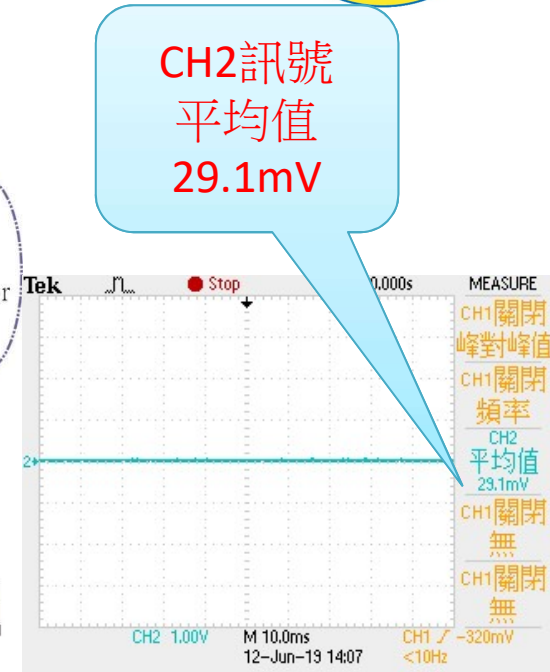
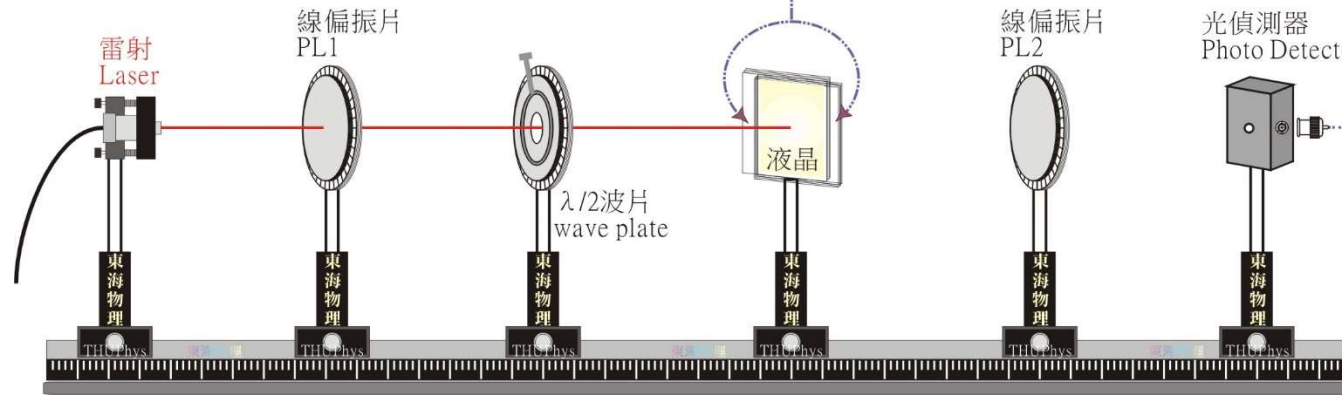
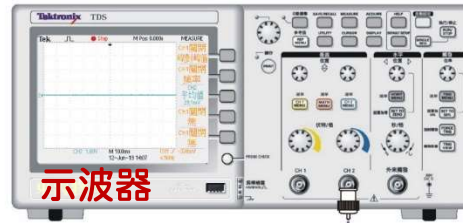
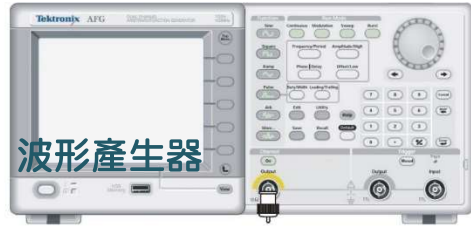


○ : 液晶分子

(a) 無外加電壓 ($V=0$)

(b) 外加電壓 ($V > V_{th}$)

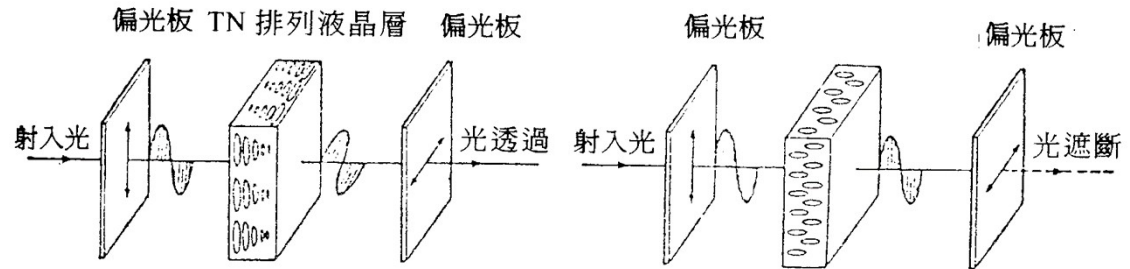
Part A : 液晶兩端加偏壓4V-p-p



液晶兩端加偏壓

【λ/2波片】⊥【偏振片】

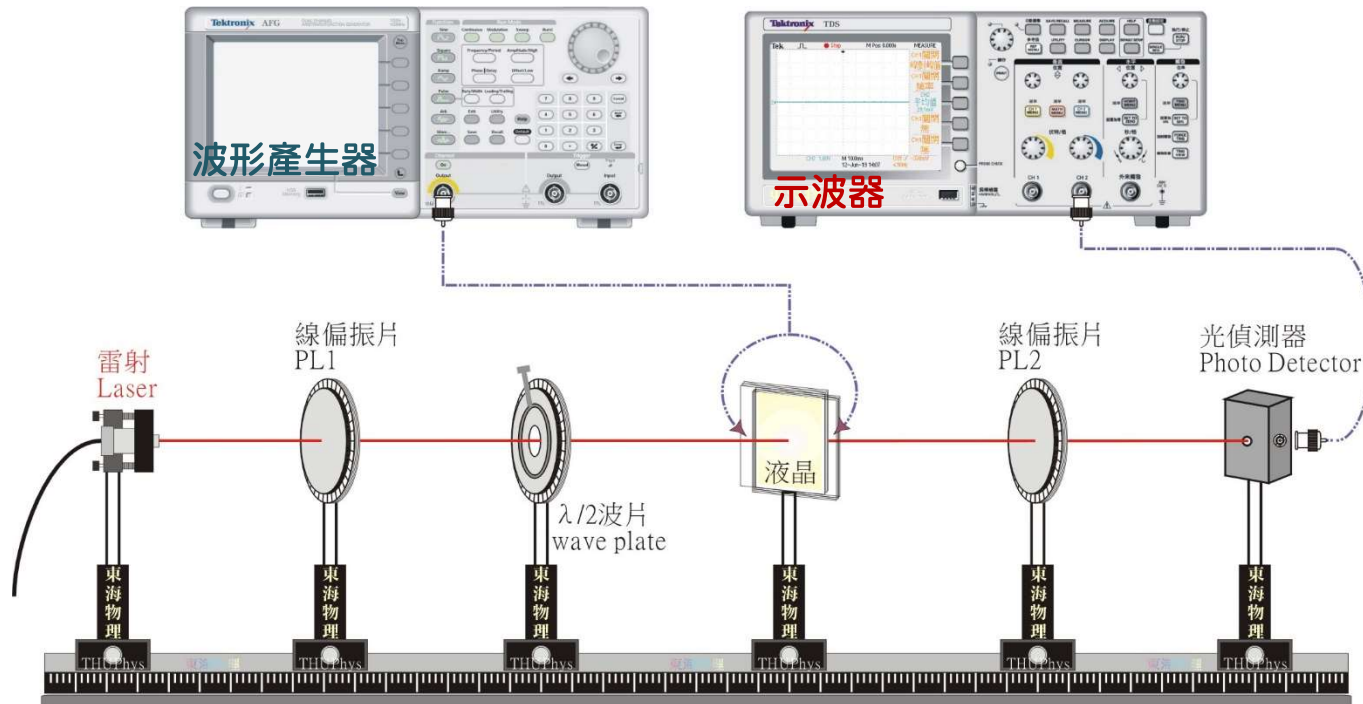
- ➡ 光偵測器量到的是最弱訊號
- ➡ (DC訊號)



(a) 無外加電壓 ($V=0$)

(b) 外加電壓 ($V > V_{th}$)

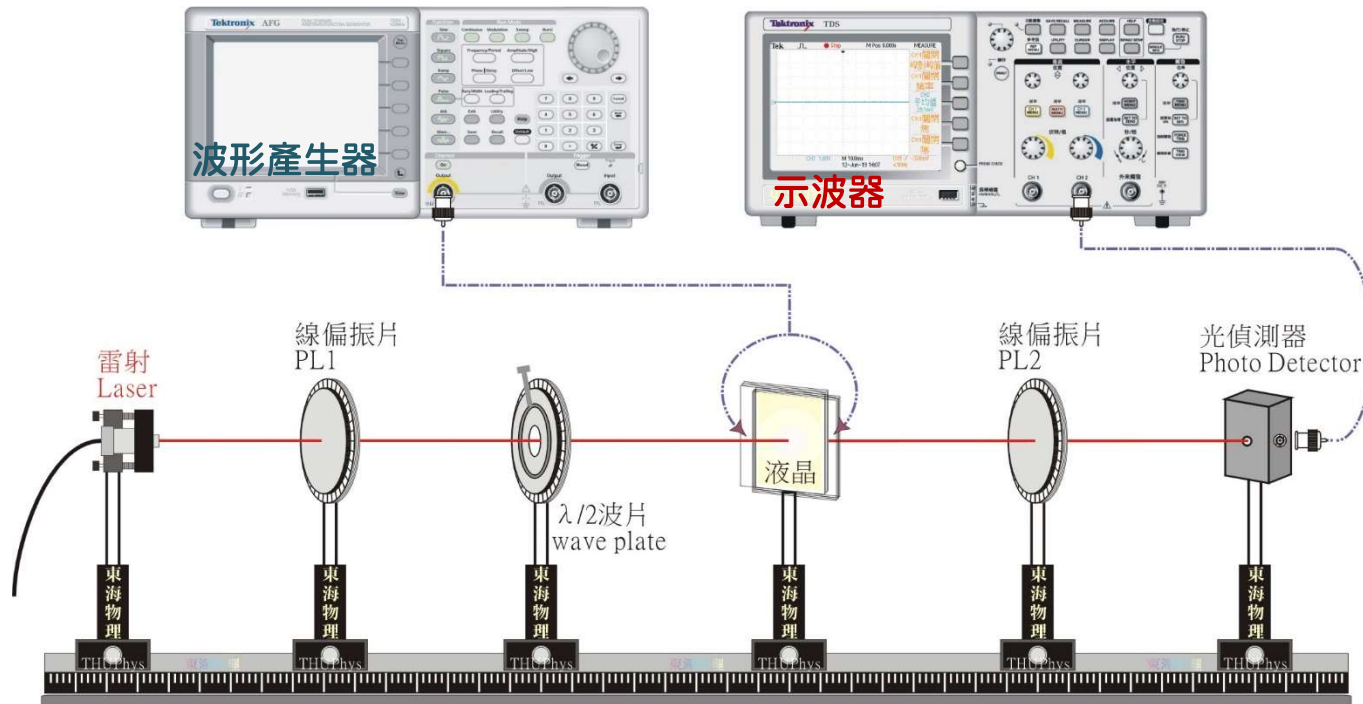
Part B：改變電壓



液晶兩端加偏壓 $4V_{p-p}$ 。【 $\lambda/2$ 波片】 \perp 【偏振片】

- ➔ 光偵測器量到的是最小訊號（DC訊號）
- ➔ 改變偏壓 $0.1V_{p-p} \Rightarrow 4V_{p-p}$
- ➔ 記錄不同偏壓下的光強度

Part C：改變頻率



液晶兩端加偏壓 $4V_{p-p}$ 。【 $\lambda/2$ 波片】 \perp 【偏振片】

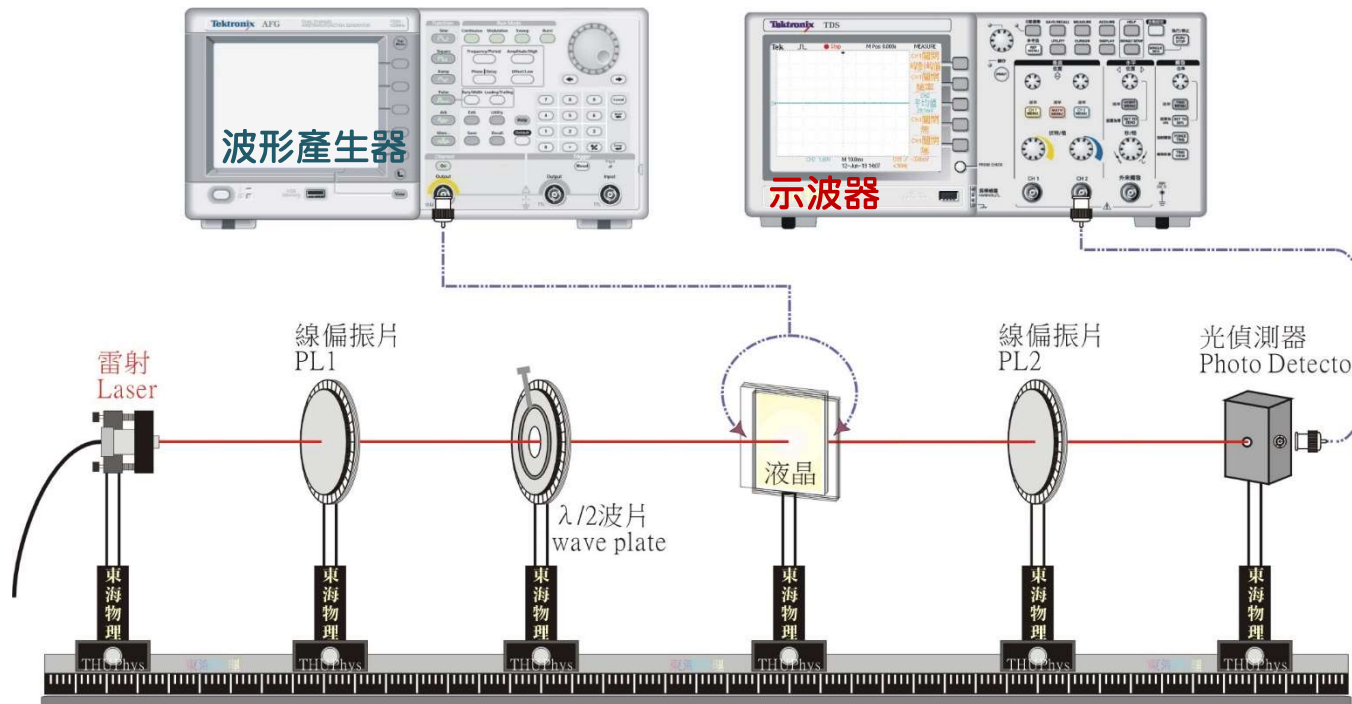
- ➔ 光偵測器量到的是最小訊號（DC訊號）
- ➔ 改變頻率 20Hz \Leftrightarrow 400kHz
- ➔ 記錄不同頻率下的光強度
- ➔ 找出截止頻率

Part D：反應時間

液晶兩端加1Hz、4Vp-p偏壓

上升時間

下降時間



液晶兩端加偏壓4Vp-p。【λ/2波片】⊥【偏振片】

➡ 光偵測器量到的是最小訊號（DC訊號）

上升時間 與 下降時間

上升時間 (t_r) 為方波電壓自 10% 上升到 90% 的時間。

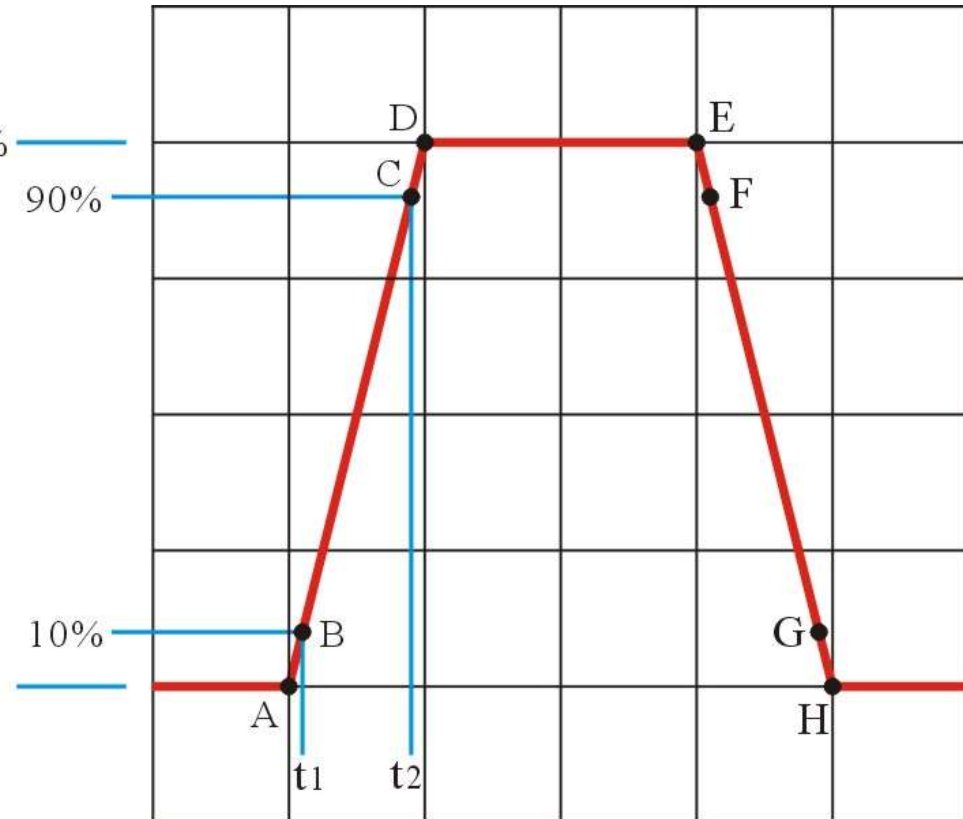
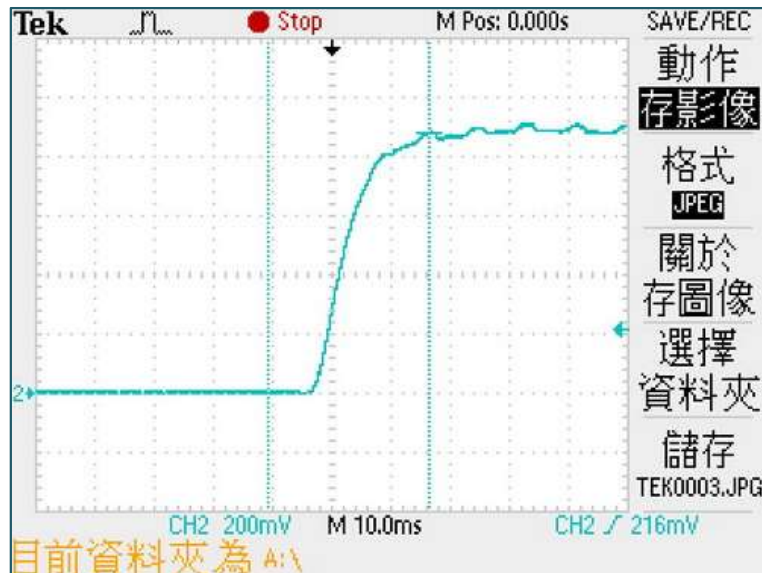
A 點到 B 點為上升到 10%

A 點到 C 點為上升到 90%

∴ 從 B 點到 C 點的時間差即為上升時間

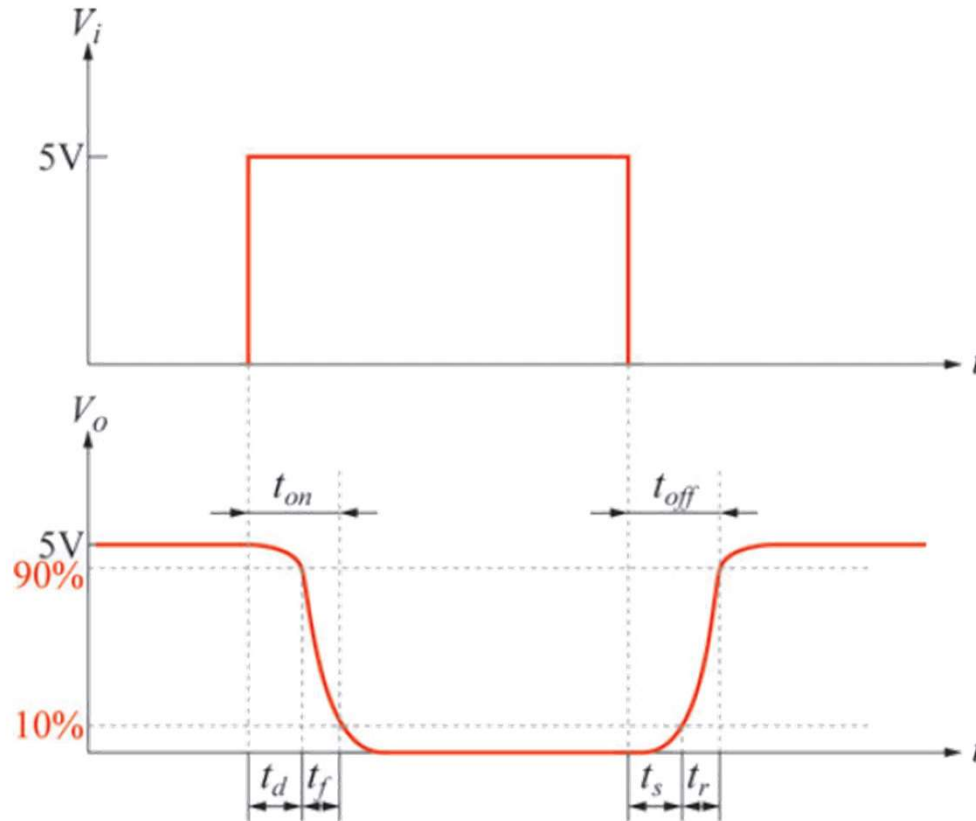
$$\text{上升時間 } t_r = (t_2 - t_1) \times \frac{\text{SEC / DIV 刻度}}{\text{MAG 倍率}}$$

下降時間 (t_f) 為電壓自 90% 下降到 10%



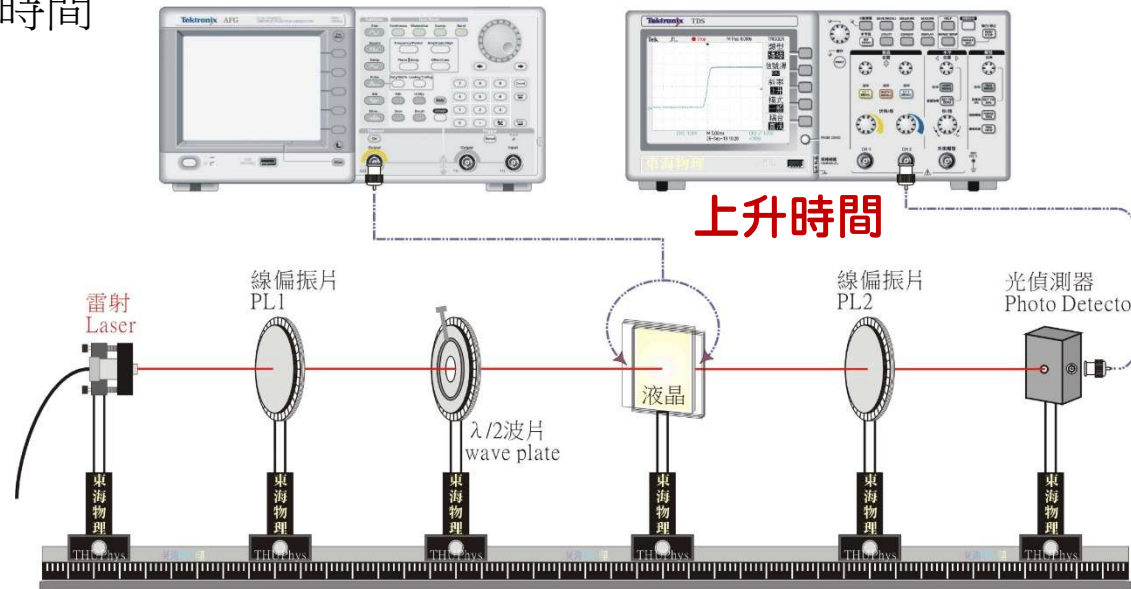


1. 延遲時間 (t_d) : V_i 上升開始至 V_o 下降到 90% 所歷經的時間。
2. 下降時間 (t_f) : V_o 由 90% 下降至 10% 所歷經的時間。
3. 儲存時間 (t_s) : V_i 下降開始至 V_o 上升到 10% 所歷經的時間。
4. 上升時間 (t_r) : V_o 由 10% 上升至 90% 所歷經的時間。

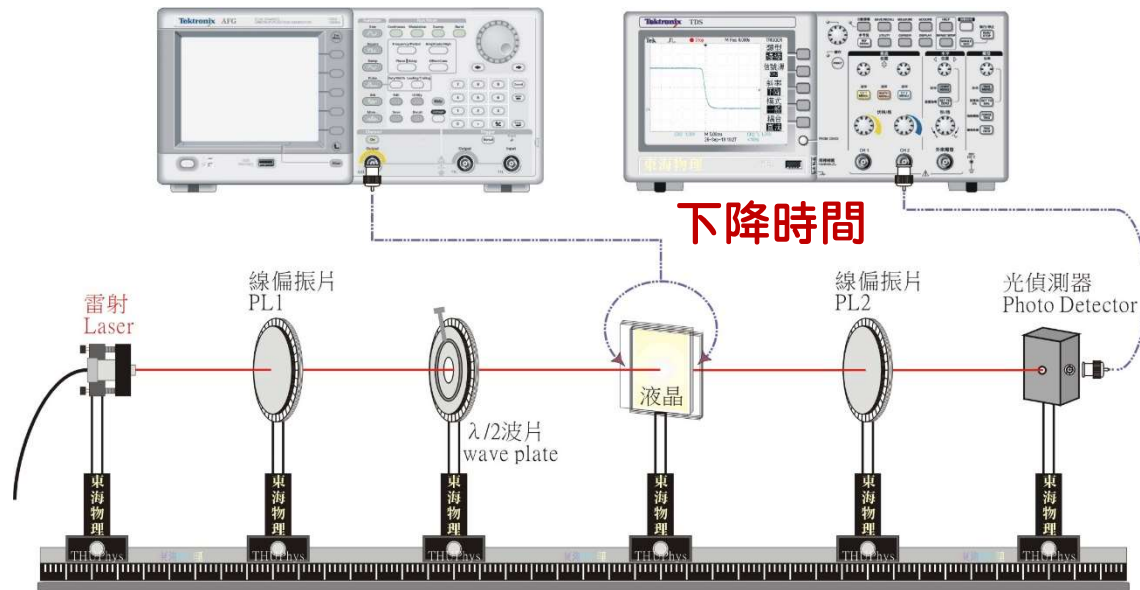


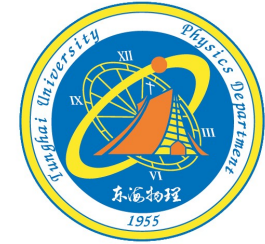
↑ 圖 7-15 信號的延遲狀況

上升時間 與 下降時間



液晶的旋轉需要一段時間，通常是以光強度從10%到90%所需的時間稱為**上升時間**，從90%到10%所需的時間稱為**下降時間**，**液晶的反應時間**取決於上升時間與下降時間的長短。





上升時間 與 下降時間



示波器面版上，按下【Trig MENU】，接著以下設定：

類型：邊緣

信號源：CH2

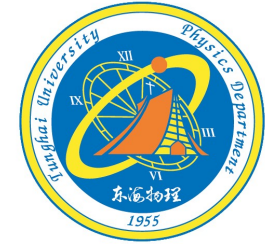
斜率：上升 or 下降

模式：一般

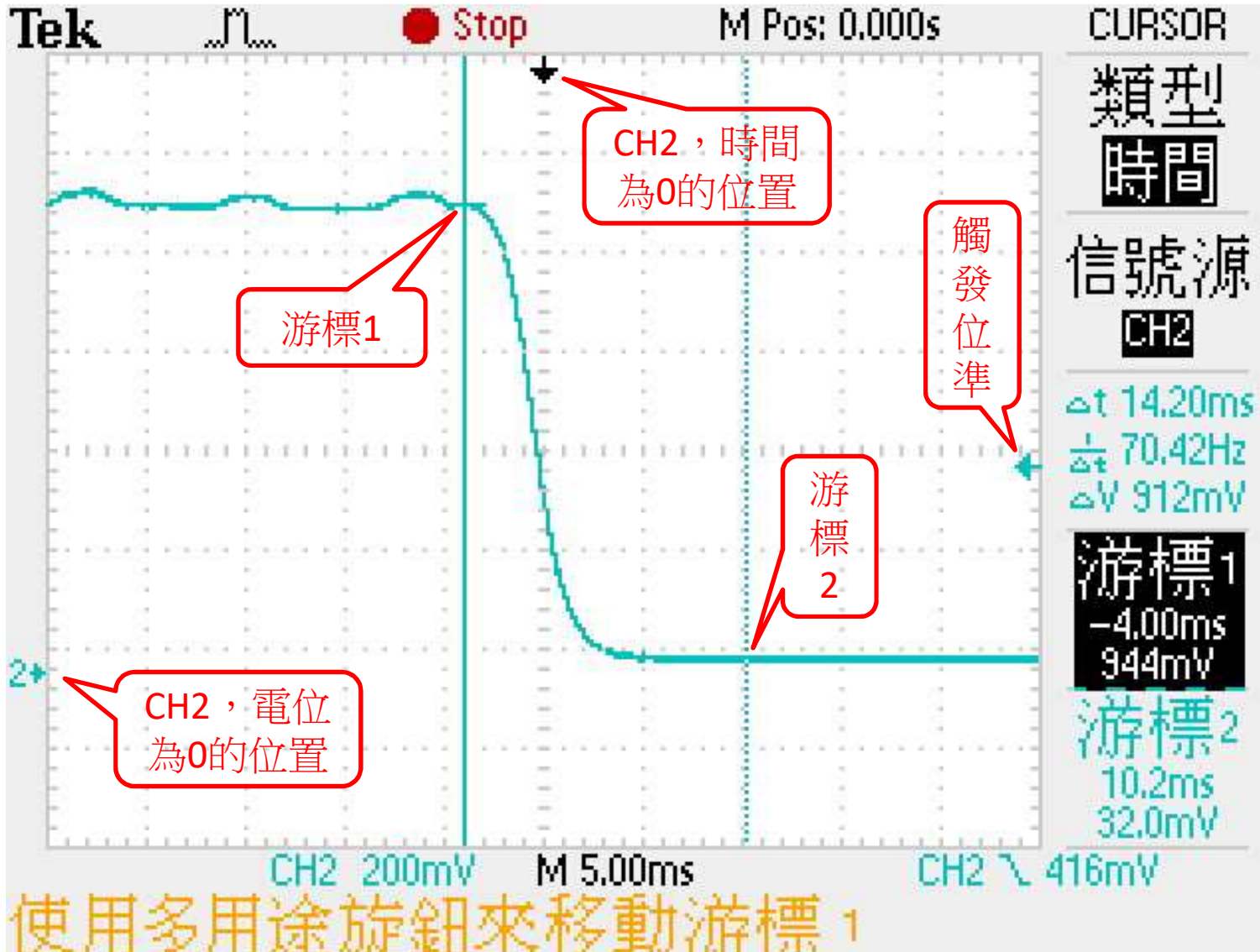
耦合：直流

提醒：LEVEL (位準)-當您使用「邊緣」或「脈波」觸發時，LEVEL (位準) 旋鈕設定為訊號必須跨越才能擷取波形的振幅位準。

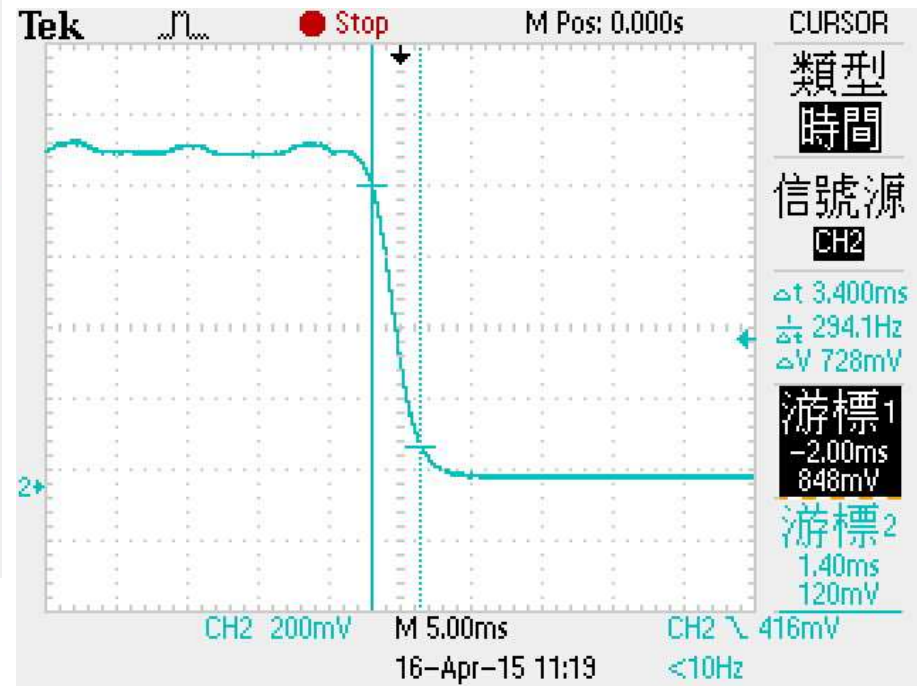
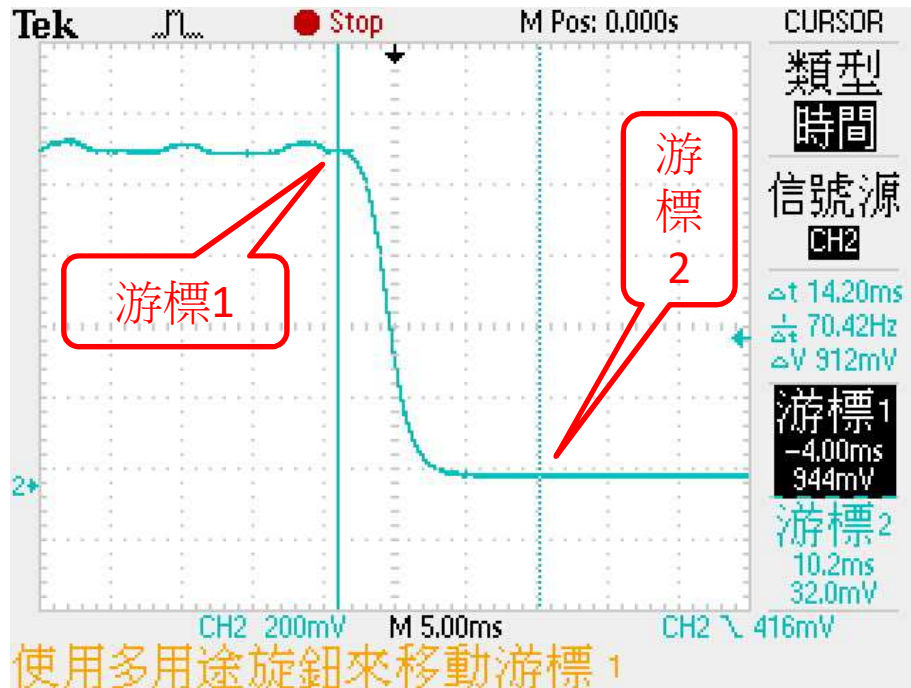
利用示波器Cursor功能，訂出上升時間與下降時間。



利用示波器Cursor功能，訂出上升時間與下降時間。



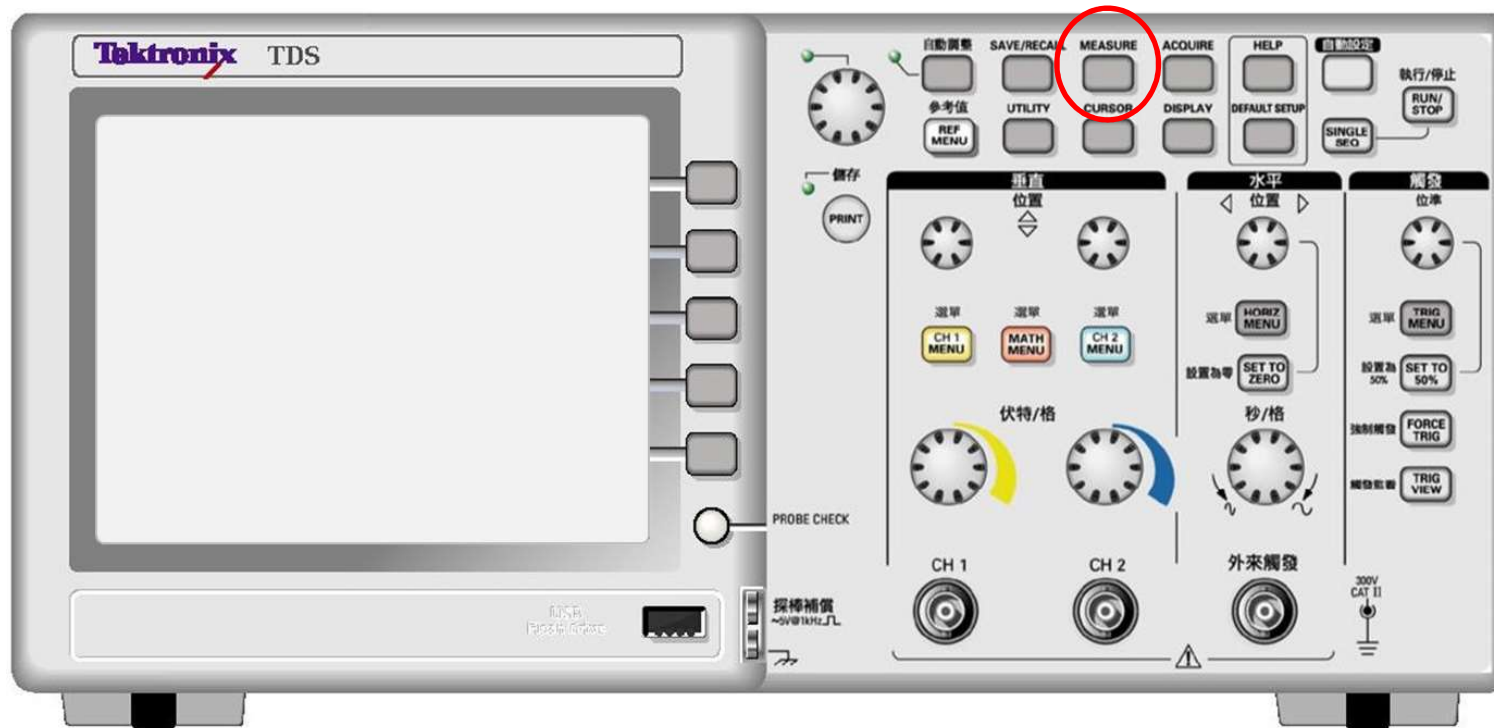
利用示波器Cursor功能，訂出上升時間與下降時間。



利用【游標量測】（Cursor）功能

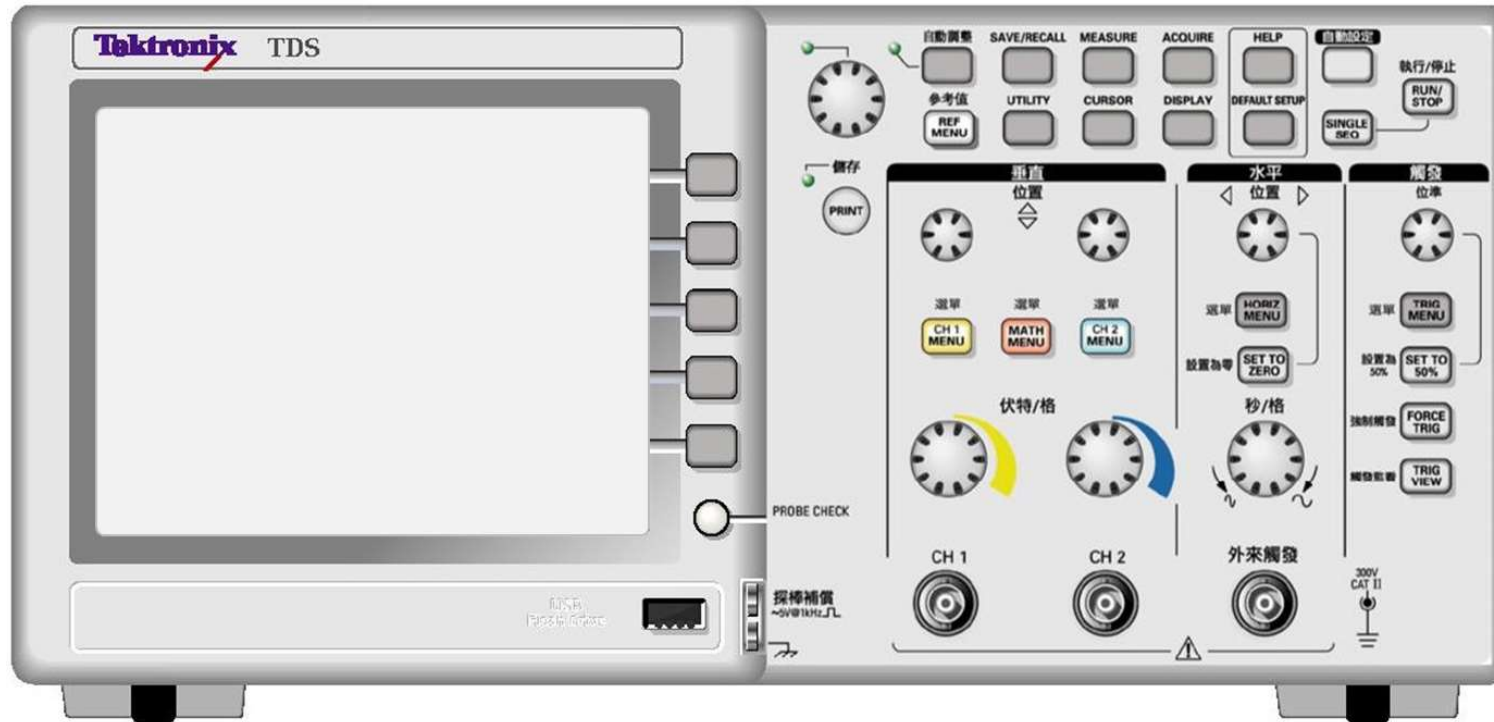
- 1-先定位出0至100%的電壓差 $\Delta V = 944\text{mV} - 32\text{mV} = 912\text{mV}$
- 2-計算出10%的電壓差 $\Delta V = 91\text{mV}$
- 3-移動游標1至 $944\text{mV} - 91\text{mV}$ 的位置（即90%）
- 4-移動游標2至 $32\text{mV} + 91\text{mV}$ 的位置（即10%）
- 5-記錄此時的 $\Delta t = 3.4\text{ms}$ （此即為下降時間）

利用示波器Measure功能，讀取上升時間與下降時間。



比較一下
利用Measure量測
和
利用Cursor游標定位
兩個方式讀取的上升時間與下降時間

TDS2022C示波器

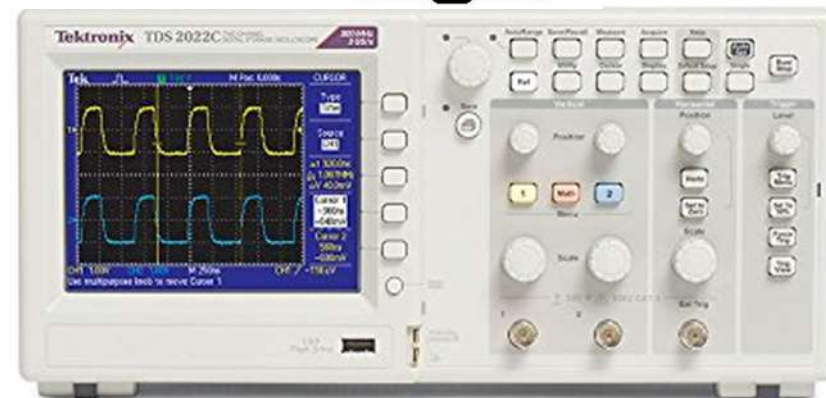


儲存方式 (32G以下USB隨身碟)

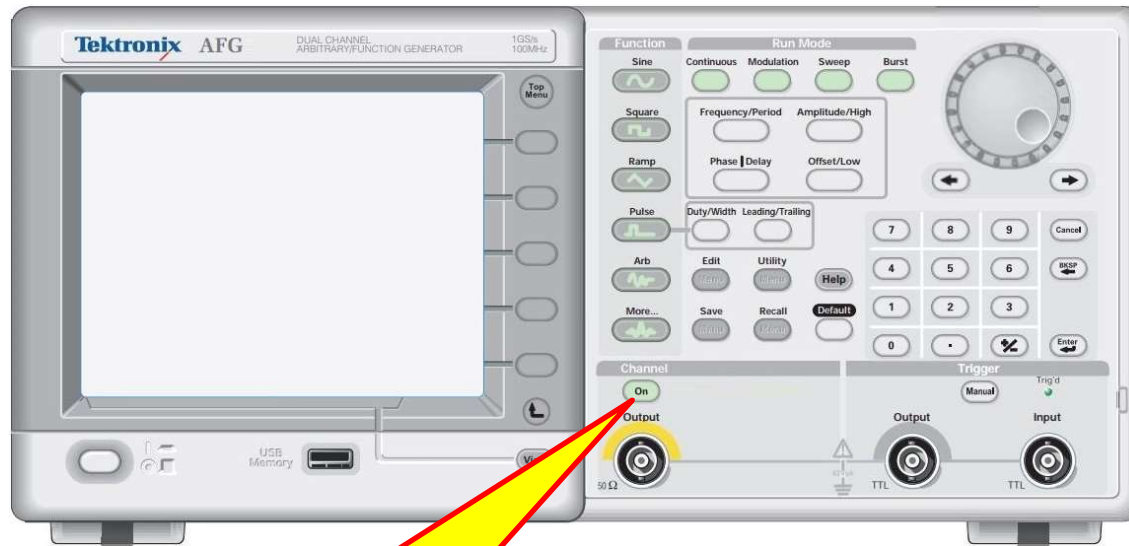
1-Save/Recall

2-Print

示波器會將螢幕影像儲存
至目前的資料夾並自動產生檔案名稱。



AFG3021波形產生器



設定完成後
一定要按【ON】
訊號才會輸出！

型號	AFG3021B/AFG3022B
波道	1/2
正弦波	25 MHz
脈波	12.5 MHz
記憶體	2 到 131,072
取樣率	250 MS/s
振幅	10 V _{p-p}
顯示器	單色/彩色
介面	USB, LAN, GPIB

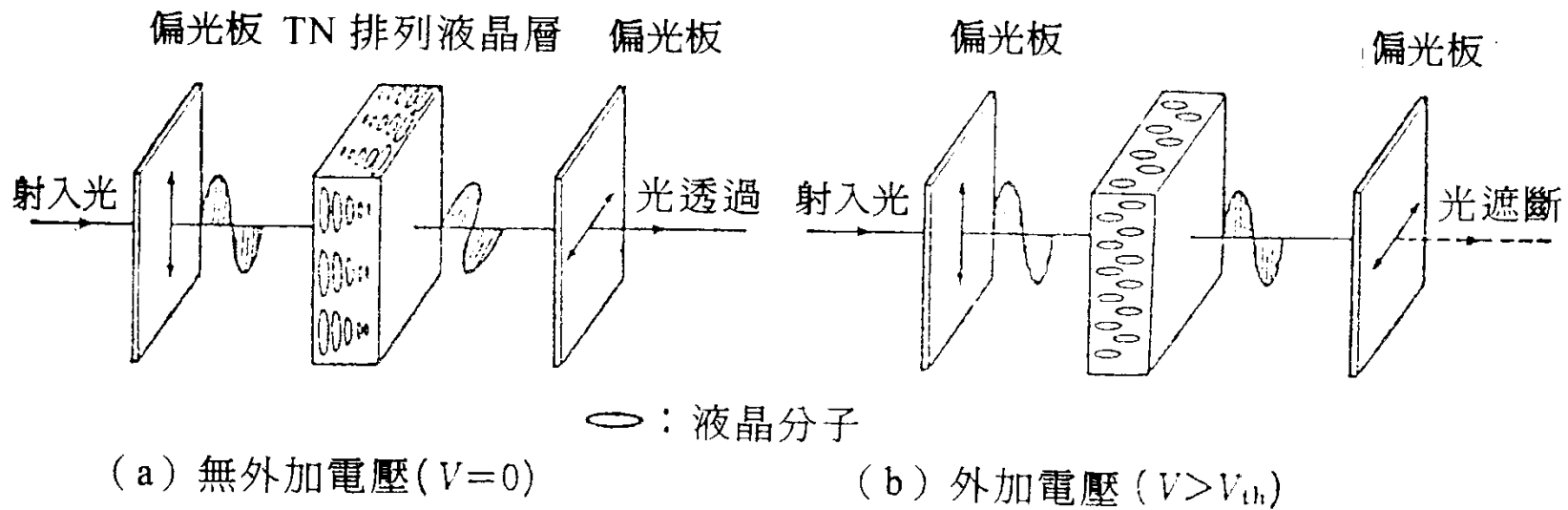
提醒：

此實驗並沒有對雷射做任何調變（和A.O.、E.O.實驗不同）
單純的雷射是直流訊號

方波是加在液晶兩端

液晶不加電壓 \Rightarrow 光通過（一樣是直流訊號）

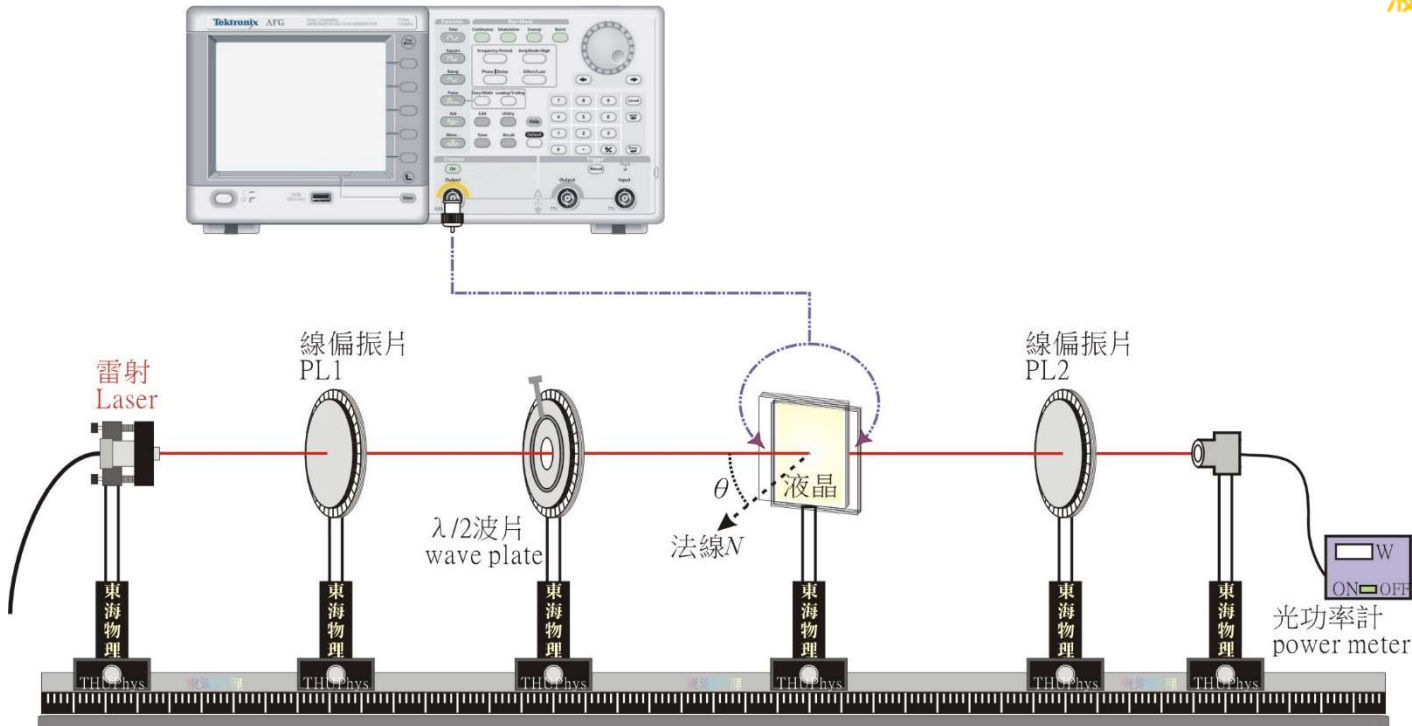
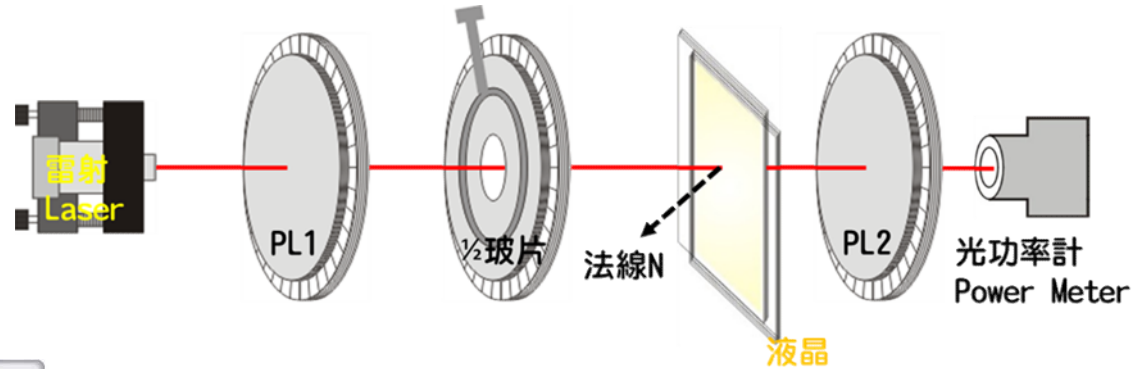
加變壓 \Rightarrow 光遮斷



Part E：液晶偏轉

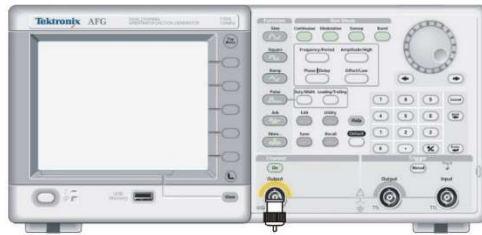
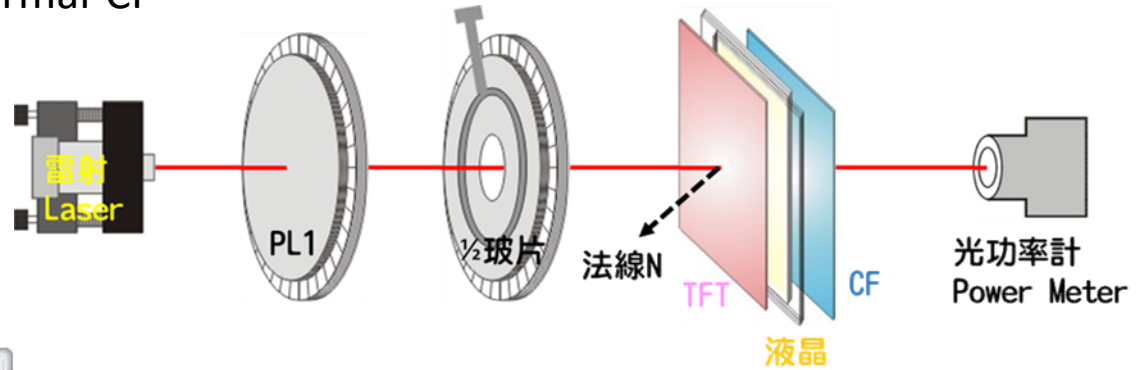
$\lambda/2$ 波片垂直光軸。
 液晶盒法線與光軸夾 θ 角。
 偏振片垂直光軸。

轉動液晶，改變入射光入射角度，量測穿透光強度。

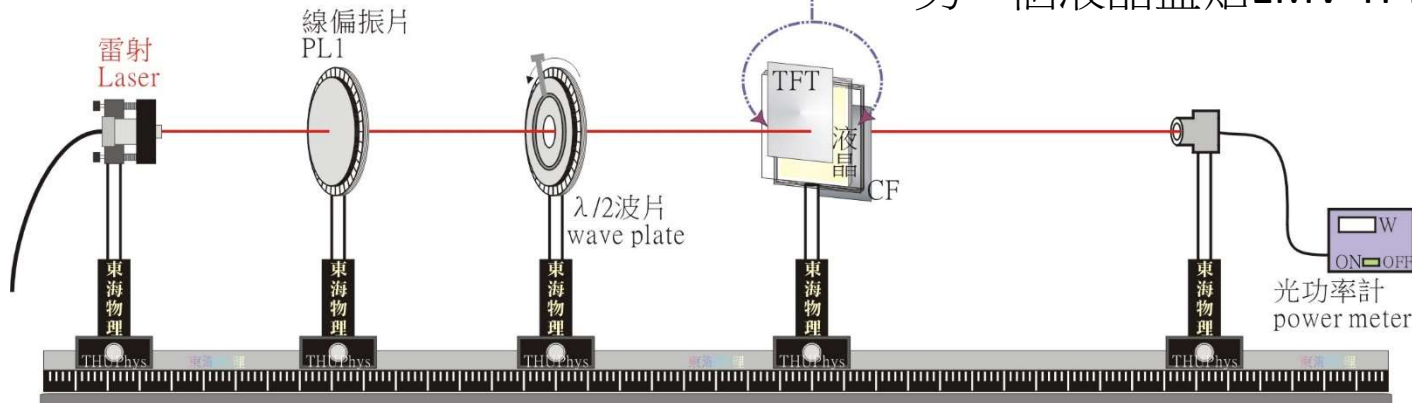


Part E：液晶偏轉

在液晶盒兩面分別貼上Normal-TFT（thin film transistor薄膜電晶體）和Normal-CF（Color Filter 彩色濾光片）。
 雷射光從TFT入射，從CF離開。
 此時不需放入線偏振片。



TFT和CF膜已經加上偏光片。
 TFT和CF偏振必須夾90度。
 PS：助教已貼好兩個液晶盒樣品。
 一個液晶盒貼Normal-TFT和Normal-CF。
 另一個液晶盒貼EMV-TFT和EMV-CF。



鏡片座刻度讀法

實驗室的偏振片
不是
定光軸偏振片
SO...

我們記錄的是相對角度

偏振方向相互垂直 \rightarrow 功率最小
平行 大

記錄刻度，去計算相對角度。

偏振片
(偏光片)

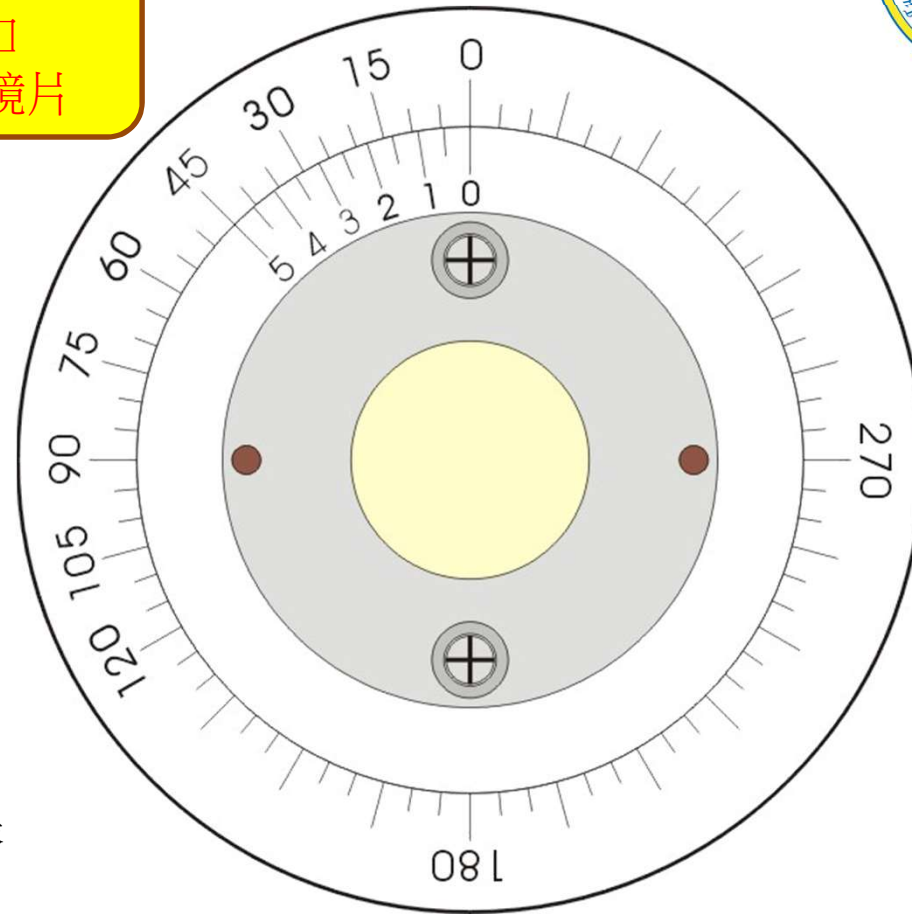


量測到功率最小時，選定一字母指向某一個刻度，該刻度定義為角度90度，再去計算相對角度。

一般我會選 POLARIZER 的『P』
這個字母～

精密鏡片座刻度讀法

$\lambda/2$ 鏡片
和
 $\lambda/4$ 鏡片



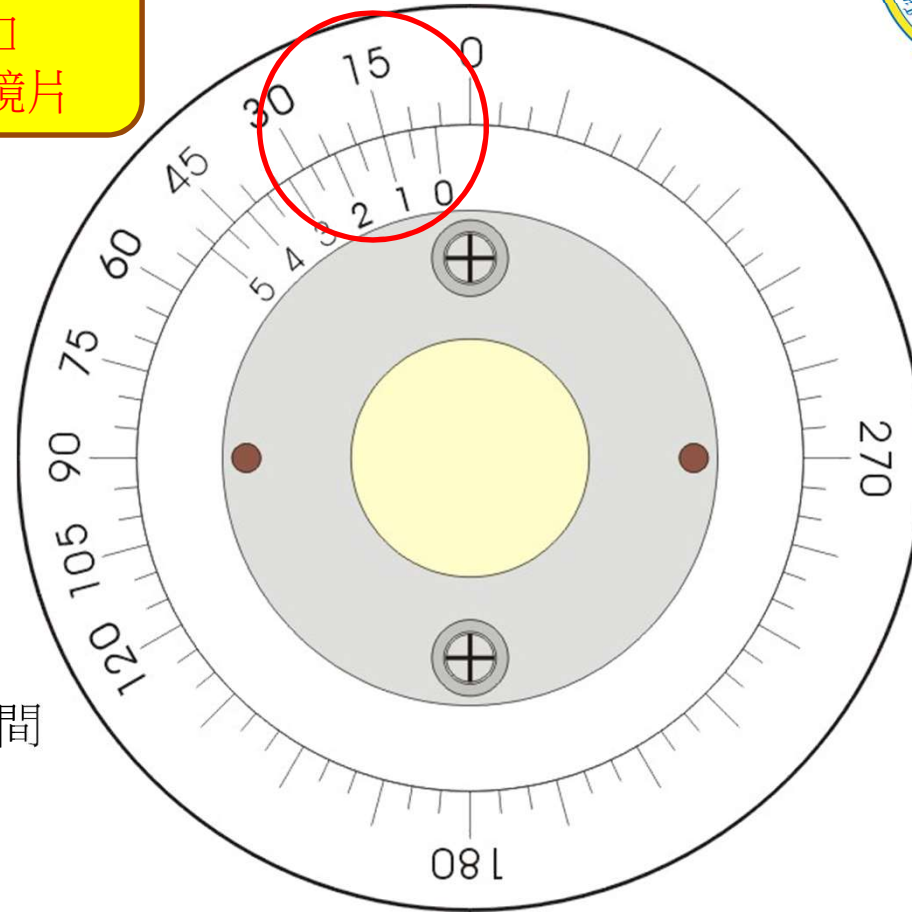
主尺角度0度與副尺0刻度對齊

主尺角度45度與副尺5刻度對齊

精密鏡片座刻度讀法



$\lambda/2$ 鏡片
和
 $\lambda/4$ 鏡片



副尺0刻度介於主尺5-10角度之間

測量結果為 $5+\Delta\theta$

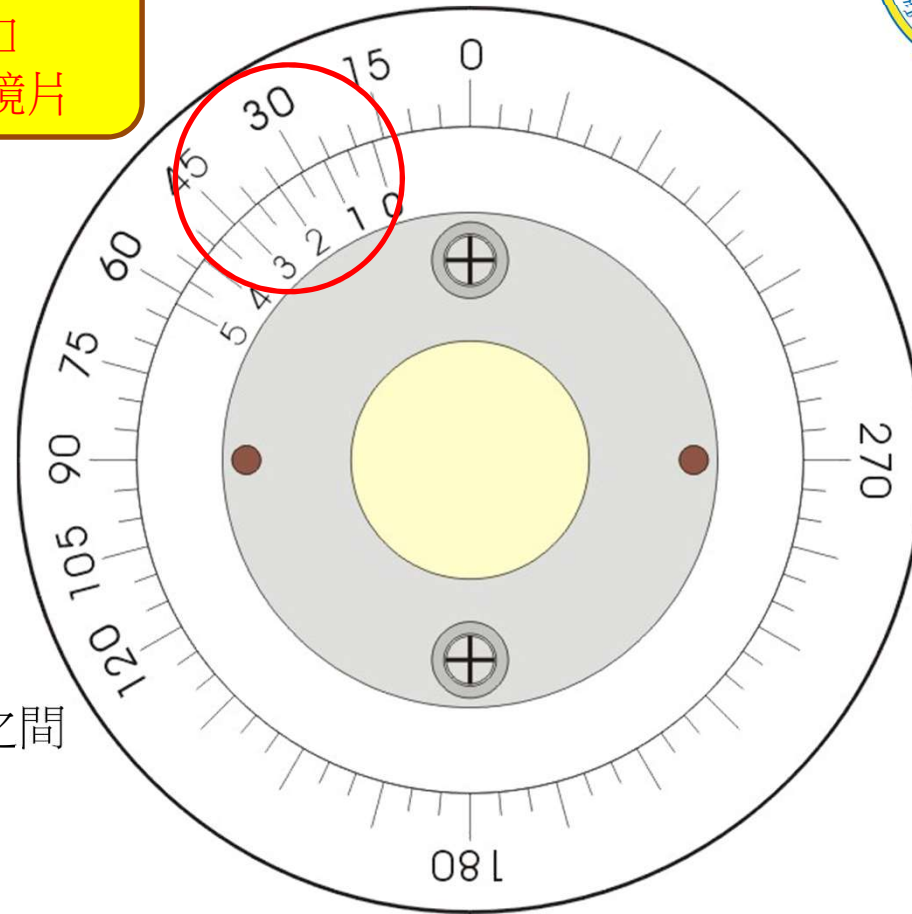
副尺1刻度與主尺15對齊

所以 $\Delta\theta=1$

測量結果為角度6度

精密鏡片座刻度讀法

$\lambda/2$ 鏡片
和
 $\lambda/4$ 鏡片



副尺0刻度介於主尺15-20角度之間

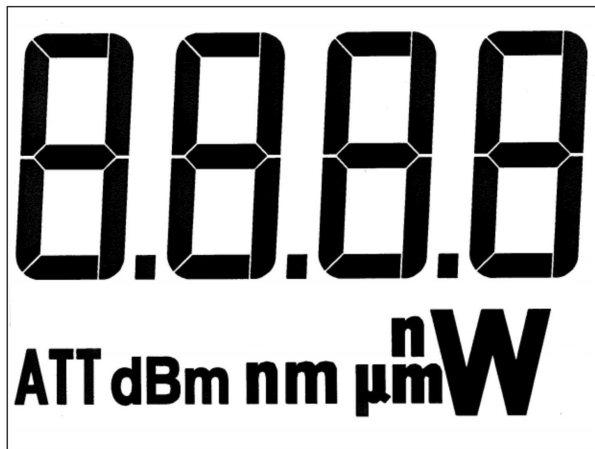
測量結果為 $15+\Delta\theta$

副尺2刻度與主尺35對齊

所以 $\Delta\theta=2$

測量結果為角度17度

光功率計 (Power meter) gentec UNO



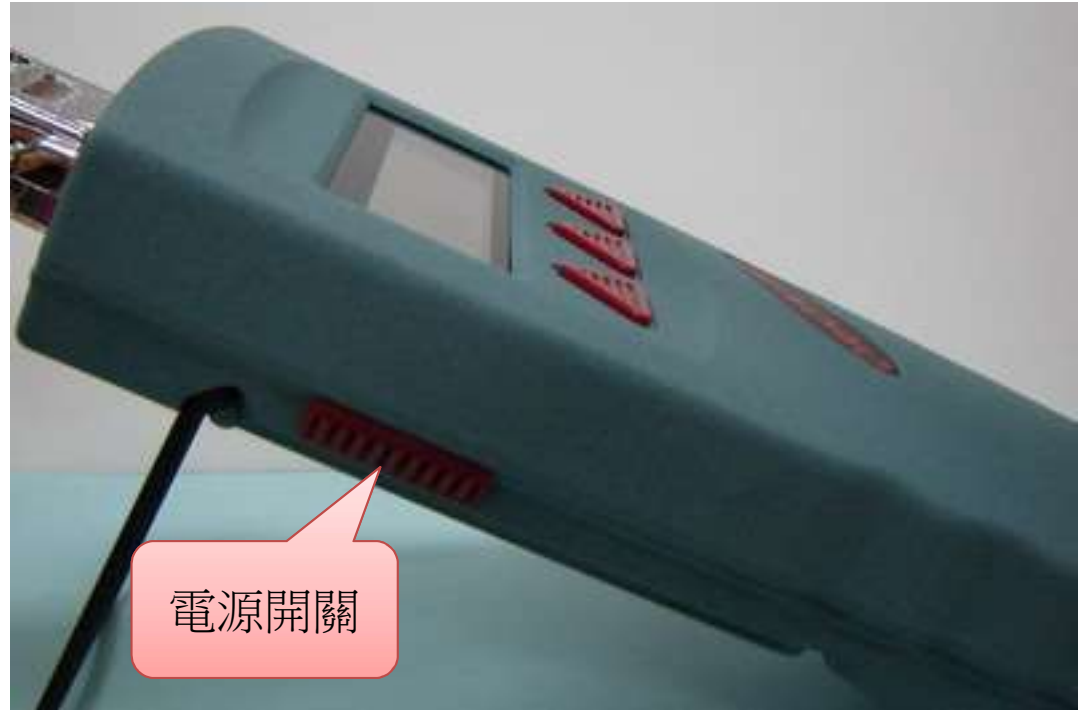
感應器前端有加一片衰減片
可以將接收的光衰減10倍
此時量測時，要按【ATT】啟動衰減功能

光功率計 (Power meter) -ORION/PD

連結偵測器



電源開關





我們沒有最好
只有追求更好

有空繼續補~~



東海大學應用物理學系
地址：40704台中市西屯區東海大學BOX803
電話：04-23590121*32100
網址：<http://physics.thu.edu.tw/>