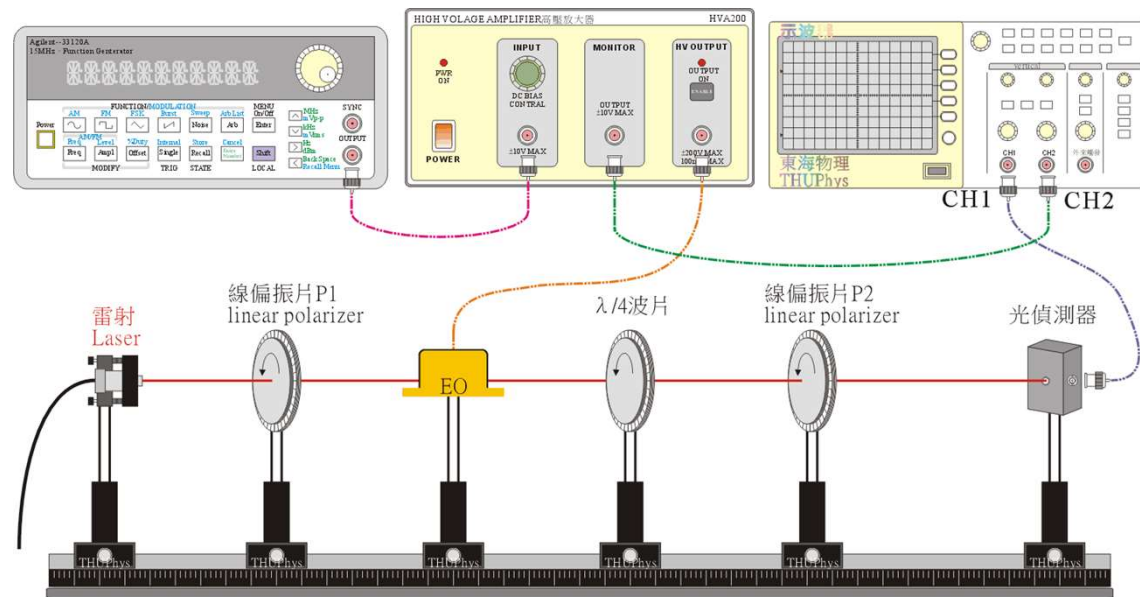


實驗9： E.O. 電光效應

Electro-Optic (EO) Modulation





電光效應
(Electro-Optic (EO) Effect)

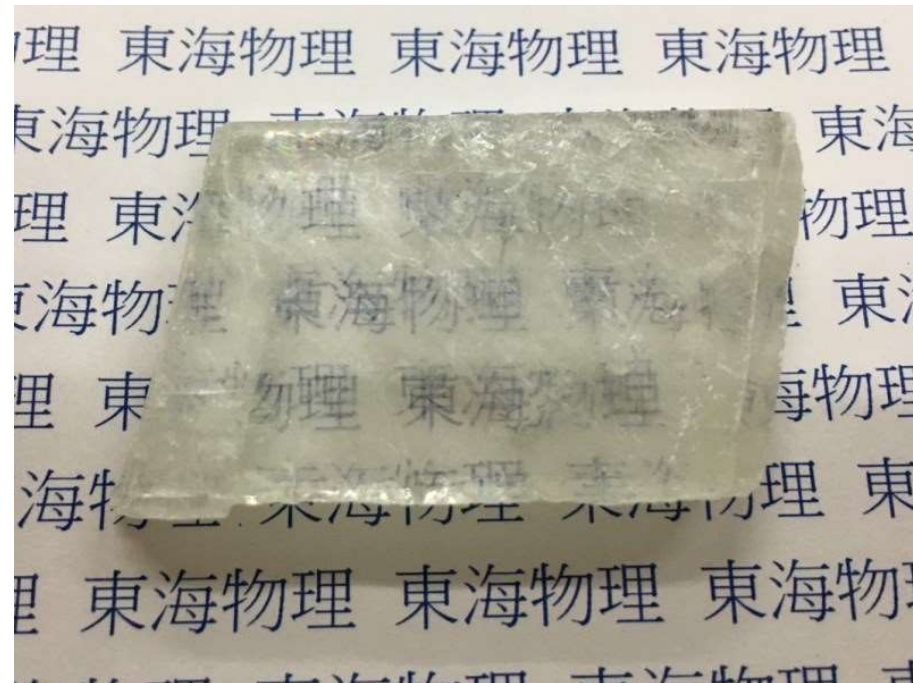
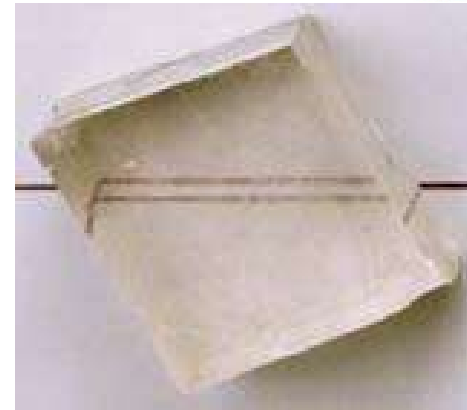
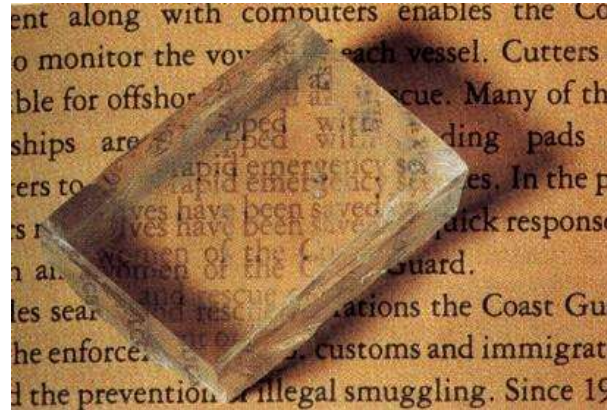
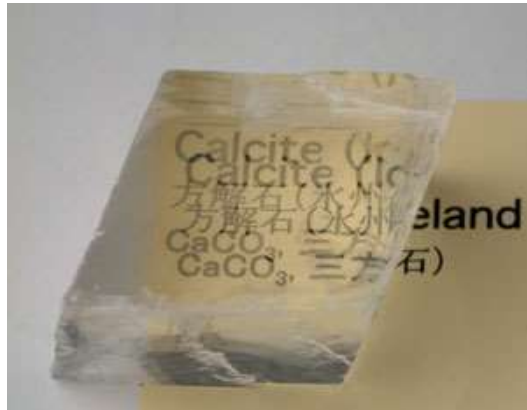
不是

光電效應
(Photoelectric Effect)



光的雙折射現象

透過方解石 (CaCO_3) 看東西，會有疊影的現象。



雙折射現象-方解石

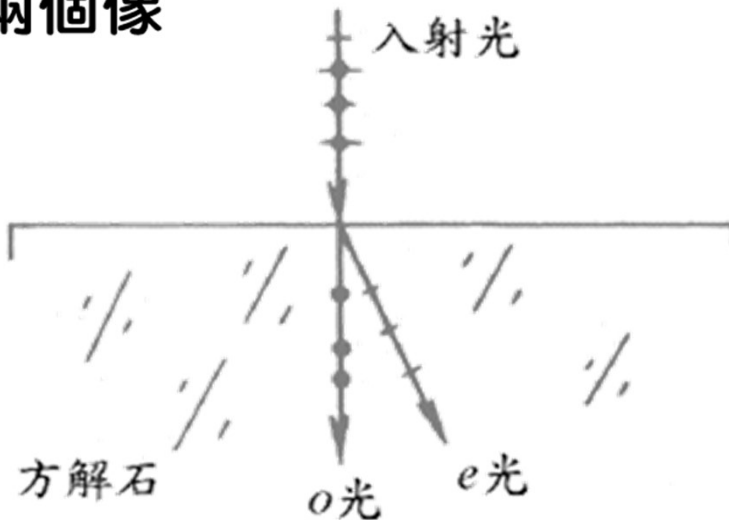
<http://lqcc.ustc.edu.cn/fwsun/Optics/6-01.pdf>



紅色箭頭經過方解石晶體後的兩個像

經過線偏振器後，o光的像

將線偏振器旋轉90度後，e光的像



光的雙折射現象

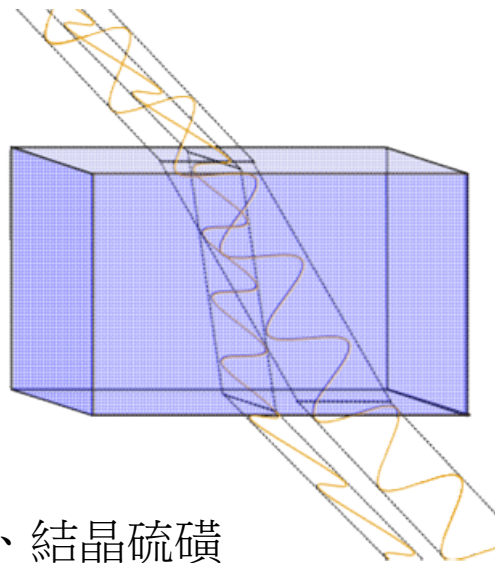
當光照射到**各向異性晶體**（單軸晶體，如方解石、石英、紅寶石等）時，發生兩個不同方向的折射；

其中一個遵守折射定律的稱為**o光**（ordinary ray、o-ray、尋常光），

另一束不遵從折射定律的稱為**e光**（extraordinary ray、e-ray、非常光），

這兩束光都是偏振光，偏振方向相互垂直。

所謂的**o-ray**和**e-ray**只在雙折射晶體的內部才有意義，光束離開晶體後，就沒有所謂的**o-ray**和**e-ray**了。



傳播速度（折射率）與入射光的偏極有關。

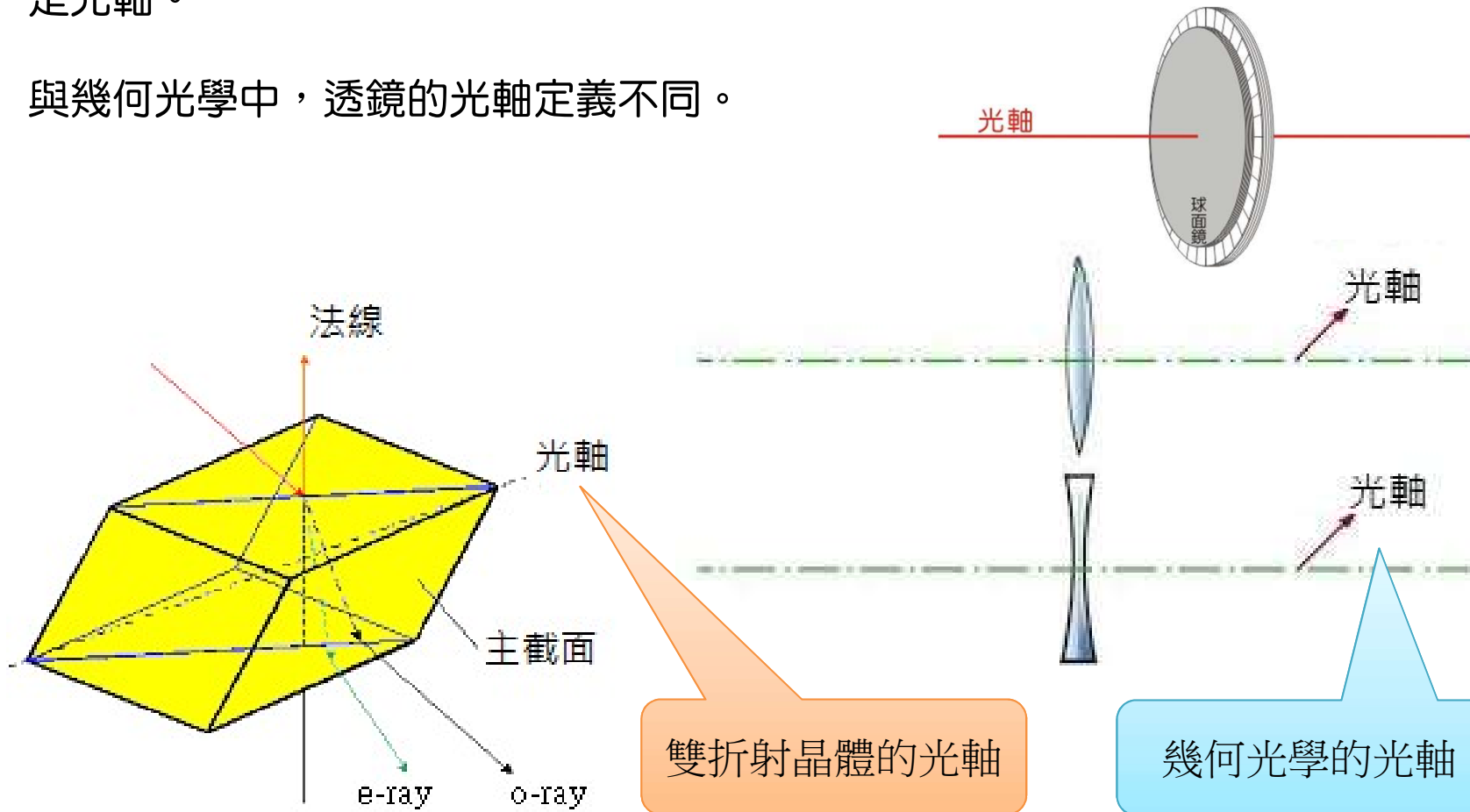


對於雙軸晶體（如雲母、藍寶石、結晶硫磺等），兩束光都不滿足折射定理。

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）**，當光線沿著此一特定方向（光軸方向）入射晶體時，在此方向上所有偏極的傳播速度（折射率）都相同，即o-ray和e-ray不會分開。

在這裡，光軸指的是一特定方向，晶體中任何與此方向平行的直線都是光軸。

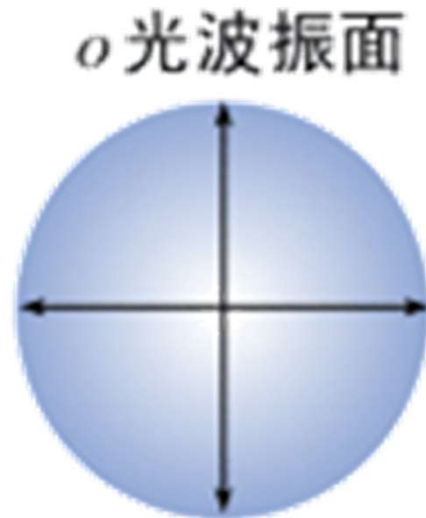
與幾何光學中，透鏡的光軸定義不同。



在折射率為 n 的各向同性介質中，一個點光源 P ，它發出的光波沿著各方向的傳播速度都一樣，

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

經過一段時間 Δt 後，所形成的波面為一個半徑為 $v\Delta t$ 的球面，我們稱它為光線面（ray surface）。

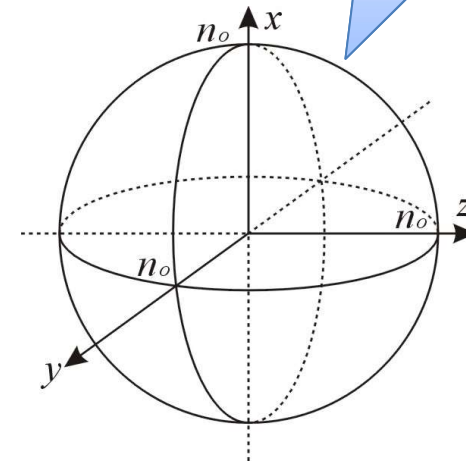


$$n = n_o$$

$$\frac{x^2}{n_o^2} + \frac{y^2}{n_o^2} + \frac{z^2}{n_o^2} = 1$$

球面方程式

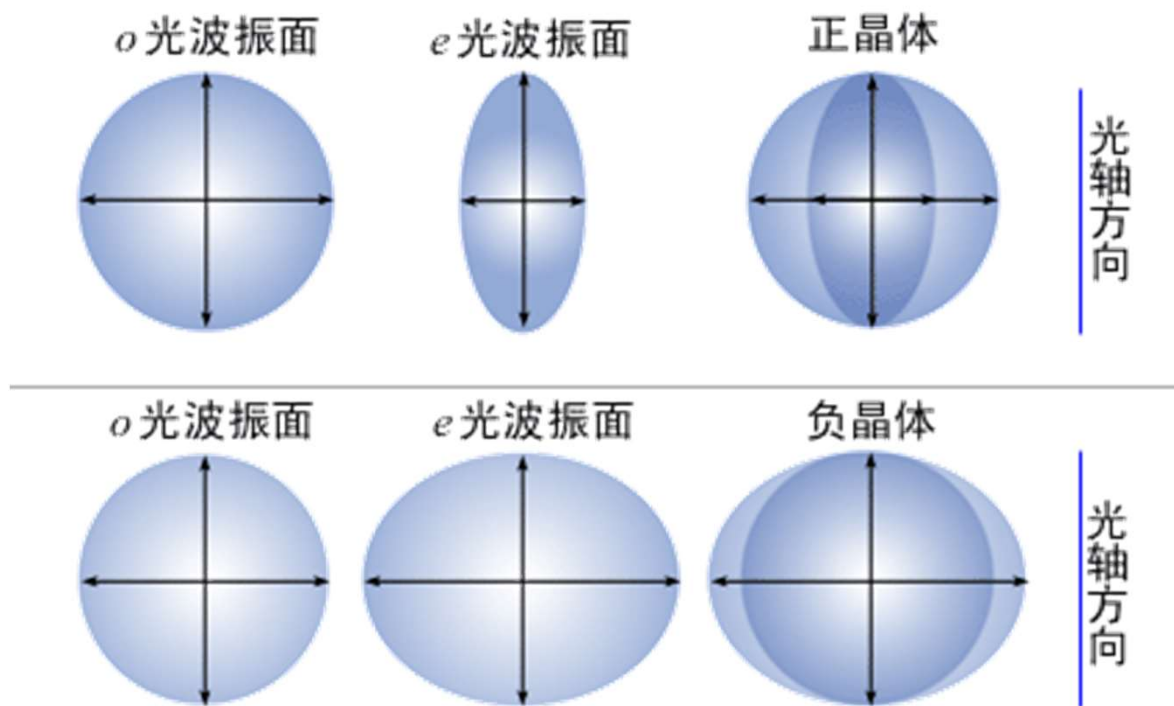
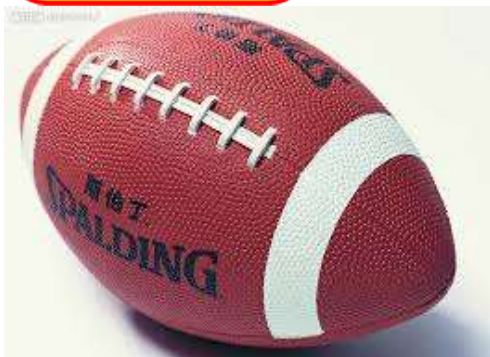
光線面是一個球面



在各向異性介質中，
對於 **o-ray** 而言，因為它的傳播速度 v_o 不因方向不同而改變，因此它的光線面是一個球面；

對於 **e-ray** 而言，它的傳播速度 v_e 隨方向不同而改變，因此它的光線面是以光軸為軸的旋轉橢球面。

想像一下
美式橄欖球
的形狀



雙折射現象可以分成兩類

➤ 雙軸晶體

對於雙軸晶體，兩束光都不滿足折射定理。

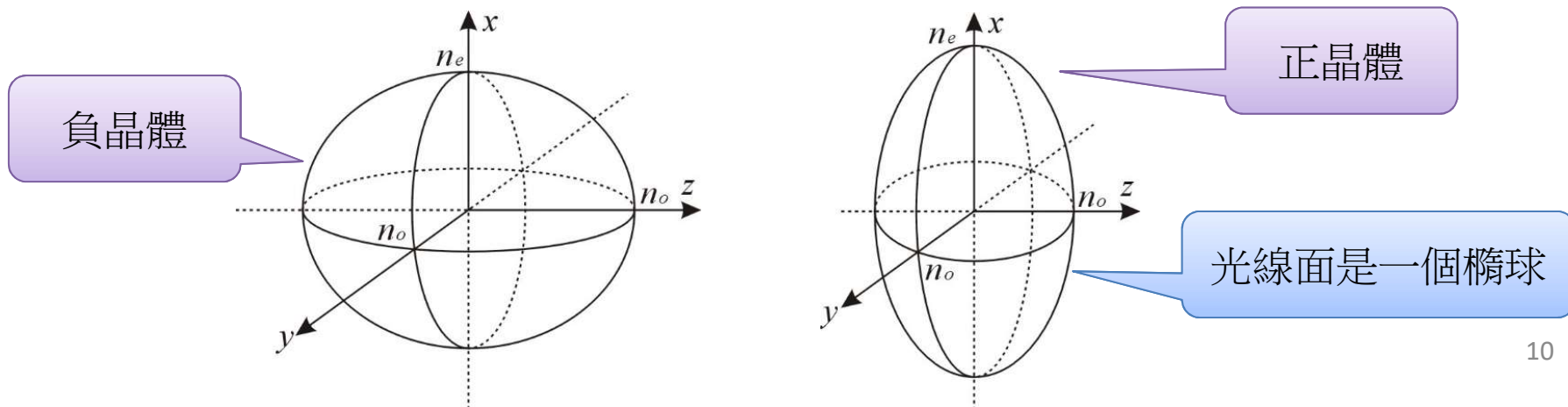
雙軸晶體的折射率橢球方程式：
$$\frac{x^2}{n_x^2} + \frac{y^2}{n_y^2} + \frac{z^2}{n_z^2} = 1$$

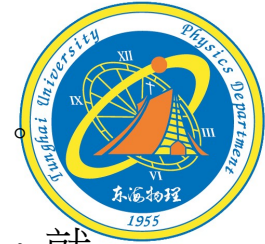
➤ 單軸晶體

單軸晶體的折射率橢球方程式：
$$\frac{x^2}{n_e^2} + \frac{y^2}{n_o^2} + \frac{z^2}{n_o^2} = 1$$

(a) 負晶體：以冰洲石為代表， $v_e > v_o$ ，即 e-ray 的波面是扁橢球。

(b) 正晶體：以石英為代表， $v_e < v_o$ ，即 e-ray 的波面是長橢球。

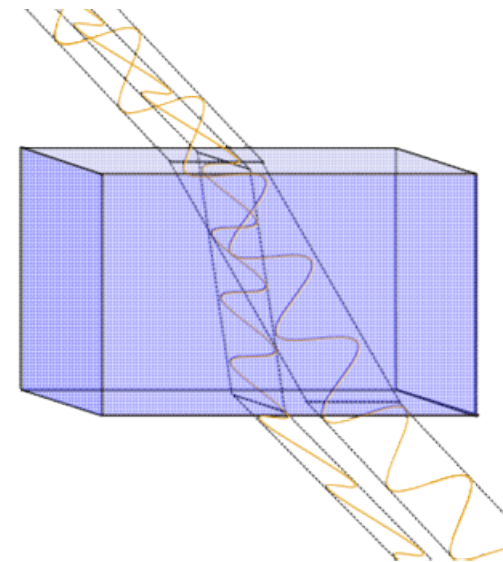




- 1) 雙折射晶體中的o-ray、e-ray是頻率相同，偏振方向相互垂直的偏振光。
- 2) 所謂的o-ray和e-ray只在雙折射晶體的內部才有意義，光束離開晶體後，就沒有所謂的o-ray和e-ray了。
- 3) 光在雙折射晶體裡通過L的距離，使得o-ray、e-ray產生相位差。
- 4) 出來的合成光
因相位差有線偏振、橢圓偏振、圓偏振的差別。
- 5) 當光線通過厚度為L的晶體後，其相位延遲 $2\pi L/\lambda$ ，這裡 λ 是光線在晶體中的波長。

6) 尋常光波長 $\lambda_o = \frac{c}{n_o \nu}$ ，非常光的波長 $\lambda_e = \frac{c}{n_e \nu}$ ，

由於尋常光和非常光的折射率不同，
所以離開晶體時，兩種光將產生相位差。

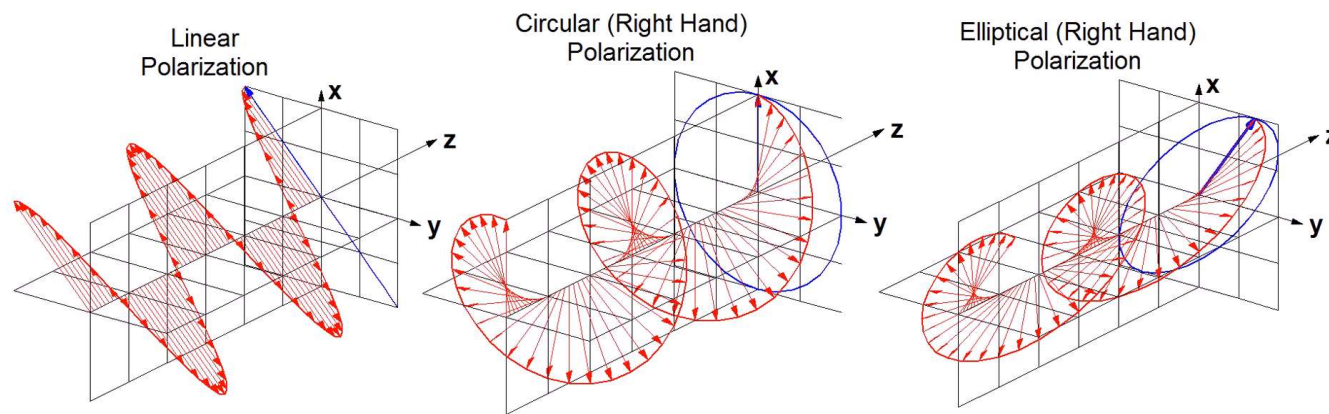
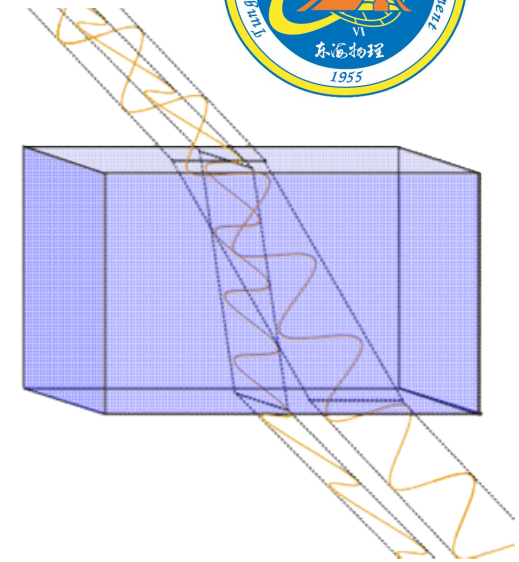




線偏振、圓偏振、橢圓偏振

4) 出來的合成光
因相位差 有線偏振、橢圓偏振、圓偏振的差別。

5) 當光線通過厚度為 L 的晶體後，其相位延遲 $2\pi L/\lambda$ ，這裡 λ 是光線在晶體中的波長。



In -線偏振光
Out-線、圓、橢圓?



EO晶體



電光調制實驗

電光效應是在外加電場作用下，物體的光學性質所發生的各種變化的統稱。

某些物質在電場中會產生感應雙折射，稱為電光效應。

有外加電場...有雙折射現象

無外加電場...沒有雙折射現象

有一些晶體或光學液體，在外加電場的作用下，改變了它們的電荷分佈，即改變了光學性質，這種現象稱為電光效應。

電光調制實驗就是加電場在有電光效應的光學元件上，來控制通過此元件的光強度。若光強度的變化量與外加電場的變化量成正比，稱為線性電光效應，又稱普克爾效應(Pockels effect)。

常用的線性電光晶體有

KDP (磷酸二氫鉀晶體 — KH_2PO_4) ，

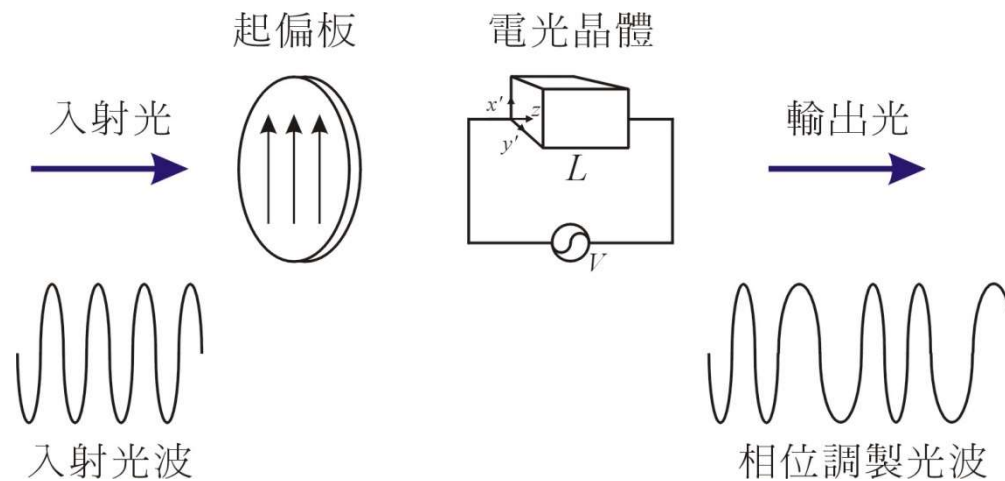
鈮酸鋰 (LiNbO_3) ，

砷化鎵 (GaAs) 及

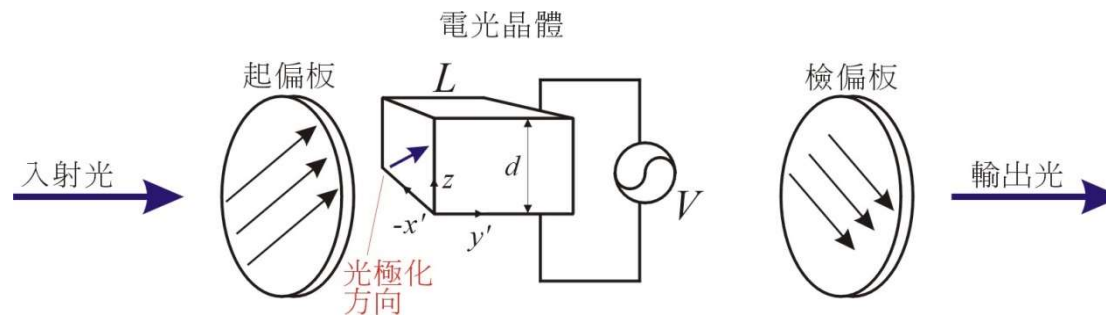
ADP (磷酸二氫氨 — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 四種。

電光調制器是利用電場改變電光晶體晶格的排列，來調制光的電場方向（偏振方向），依用途可分下列兩種：

➡ 相位調制器（Phase Modulator）



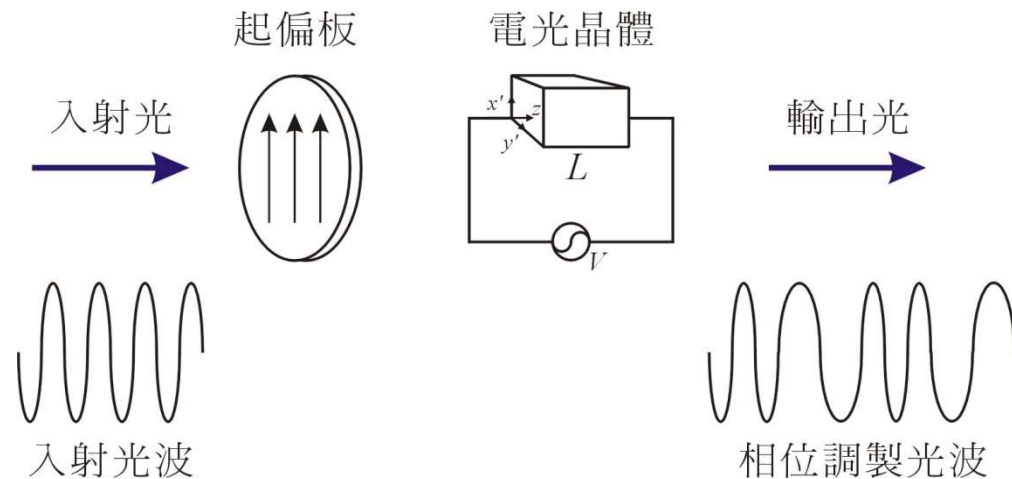
➡ 振幅調制器（Amplitude Modulator）





➡ 相位調制器 (Phase Modulator)

現舉 KDP 晶體為例，假設有一 Z 軸切割之 KDP 晶體，其光軸為 Z 軸（如圖），長度為 L；在和 x 和 y 軸的寬度和高度分別為 W 和 d。



實驗室所使用的是 KDP 晶體

Z 軸為光前進的方向

若在 z 軸上加一電壓 E_z ，則由理論之推導可得其折射率橢球方程式為：

$$\frac{x^2}{n_x^2} + \frac{y^2}{n_y^2} + \frac{z^2}{n_z^2} + 2r_{63}E_z xy = 1$$

(r_{63} 為該材料之電光係數)

若將座標適當地旋轉（ 45° ），則化簡後可得：

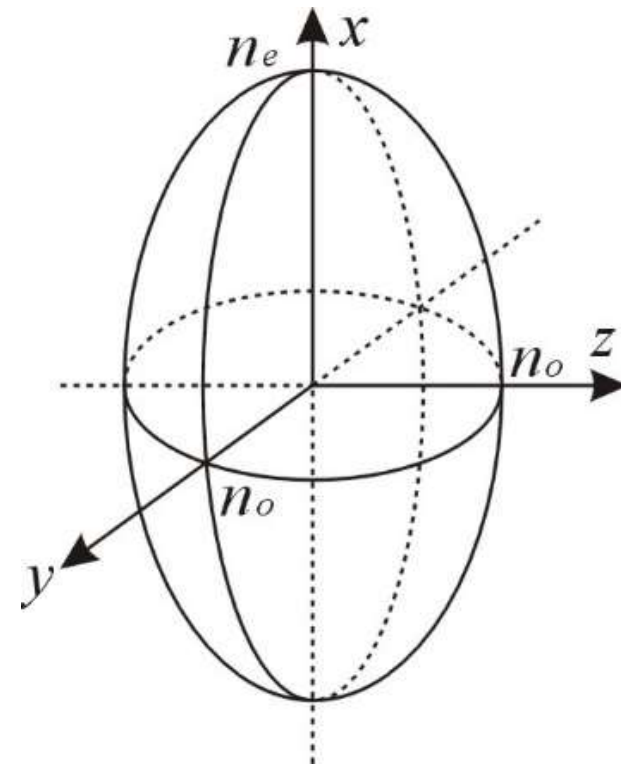
$$\frac{x'^2}{n_x'^2} + \frac{y'^2}{n_y'^2} + \frac{z'^2}{n_z'^2} = 1$$

雙軸晶體的折射率橢球方程式：

$$\frac{x^2}{n_x^2} + \frac{y^2}{n_y^2} + \frac{z^2}{n_z^2} = 1$$

單軸晶體的折射率橢球方程式：

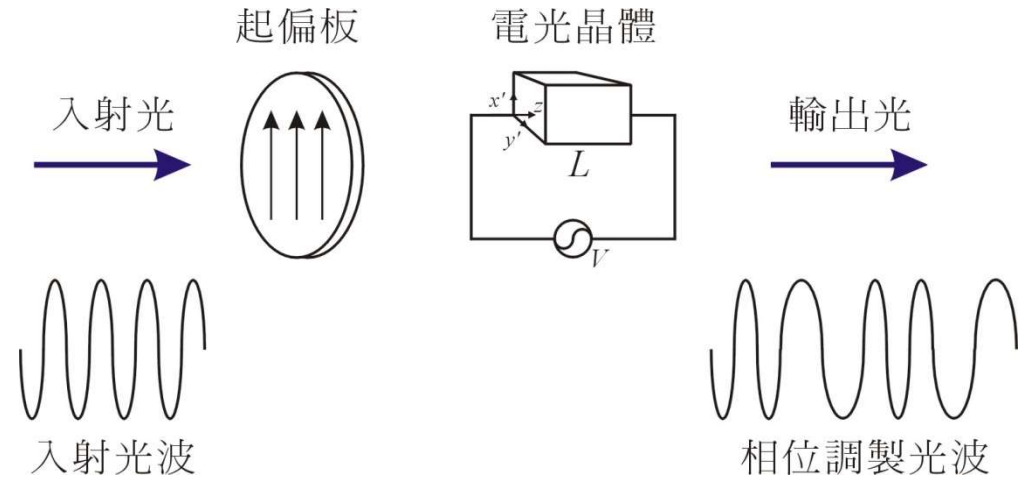
$$\frac{x^2}{n_e^2} + \frac{y^2}{n_o^2} + \frac{z^2}{n_o^2} = 1$$



➡ 相位調制器 (Phase Modulator)

若將座標適當地旋轉 (45°)，則化簡後可得：

$$\frac{x'^2}{n'_x{}^2} + \frac{y'^2}{n'_y{}^2} + \frac{z'^2}{n'_z{}^2} = 1$$



現在，假設入射光沿 z 軸方向入射 (與加電場方向相同，稱為縱向調變 longitudinal modulation)，則由折射橢球，其兩個特徵平面波對應的折射率分別為 n'_x 和 n'_y ，所以經一段距離 L 後，其相位差 Γ 為：

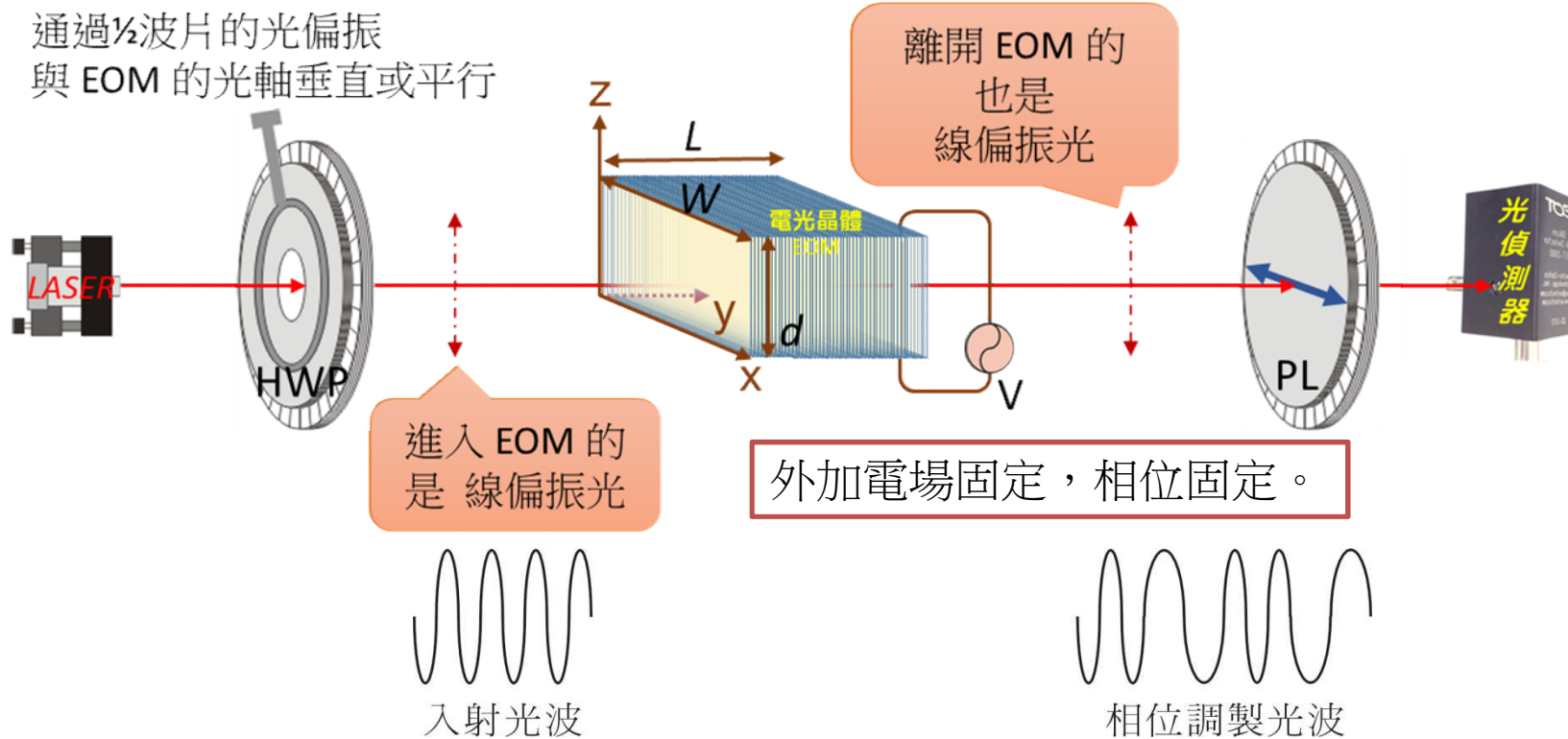
$$\Gamma = k_0 L (n_o^3 r_{63} E_z) = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o^3 r_{63} V)$$

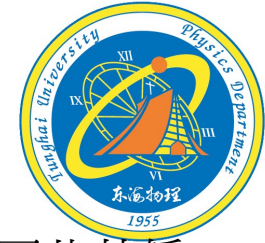
入射光的偏振可以用一偏振片控制。若偏極平行 x' 軸或 y' 軸，經過此加電場之電光晶體，其相位將隨著外加電場而變，稱為相位調變 (Phase modulation)

外加電場固定，相位固定。

➡ 相位調制器 (Phase Modulator)

入射光偏振沿 光軸 (Z軸) 方向入射





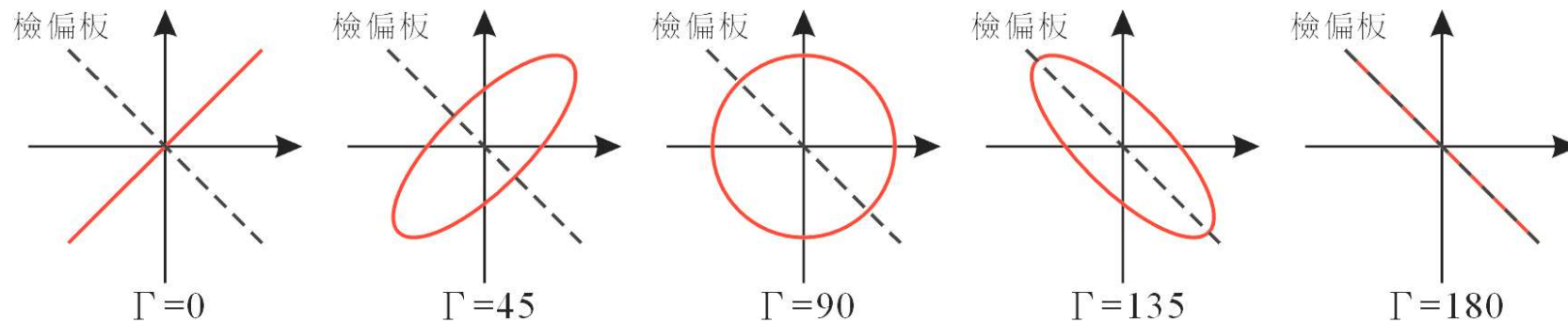
➡ 相位調制器 (Phase Modulator)

若入射光為 45° 偏極，兩個特徵平面波有相位差時，兩者就不再同相，因此其偏振的軌跡會是橢圓形，因此稱為橢圓偏振。

特別的是，如果當 $\Gamma = \frac{\pi}{2}$ 時，則橢圓形會變成圓形，成為圓偏振。

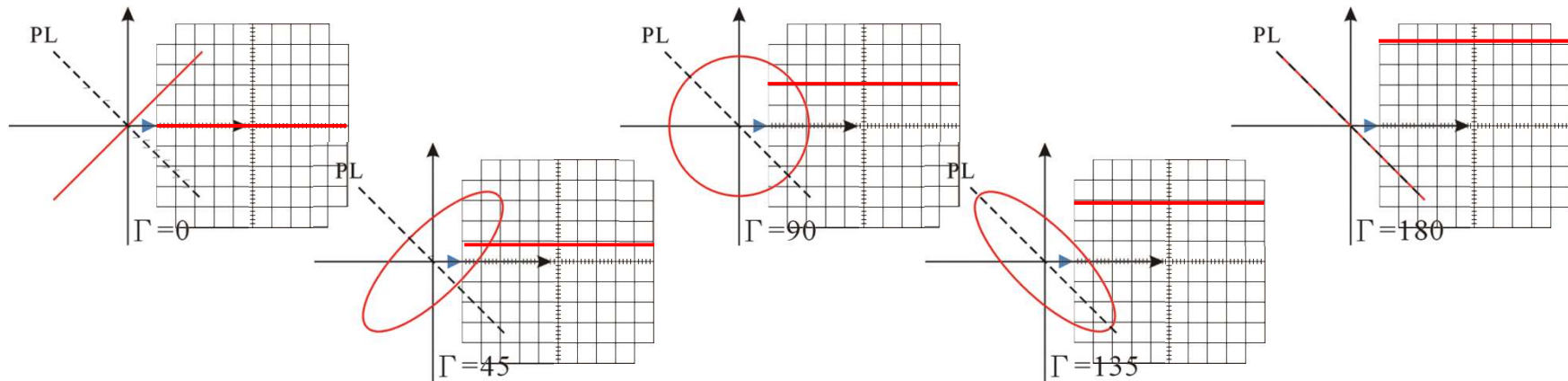
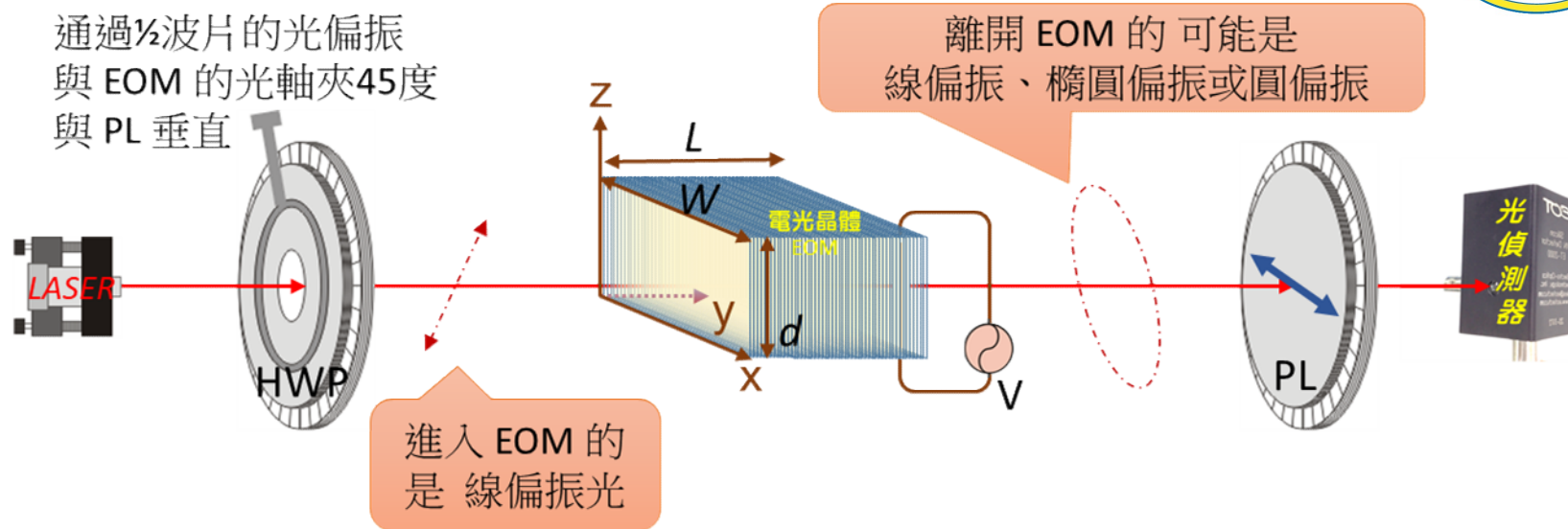
當 $\Gamma = \pi$ 時，兩個波的偏振剛好相反所以雖然是線偏振，只是其偏振方向轉 90 度。

$\Gamma = \pi$ 時所須之電壓為 $V_{\lambda/2}$ (稱為 $\lambda/2$ 電壓)，亦可寫成 V_π ， $V_{\lambda/2}^l = \frac{\lambda}{2n_0^3 r_{63}}$ 。



➡ 相位调制器 (Phase Modulator)

通過 $\frac{1}{2}$ 波片的光偏振
與 EOM 的光軸夾 45°
與 PL 垂直



➡ 相位调制器 (Phase Modulator)

出射光的偏振狀態
會因入射光與EO晶體光軸
的夾角而不同

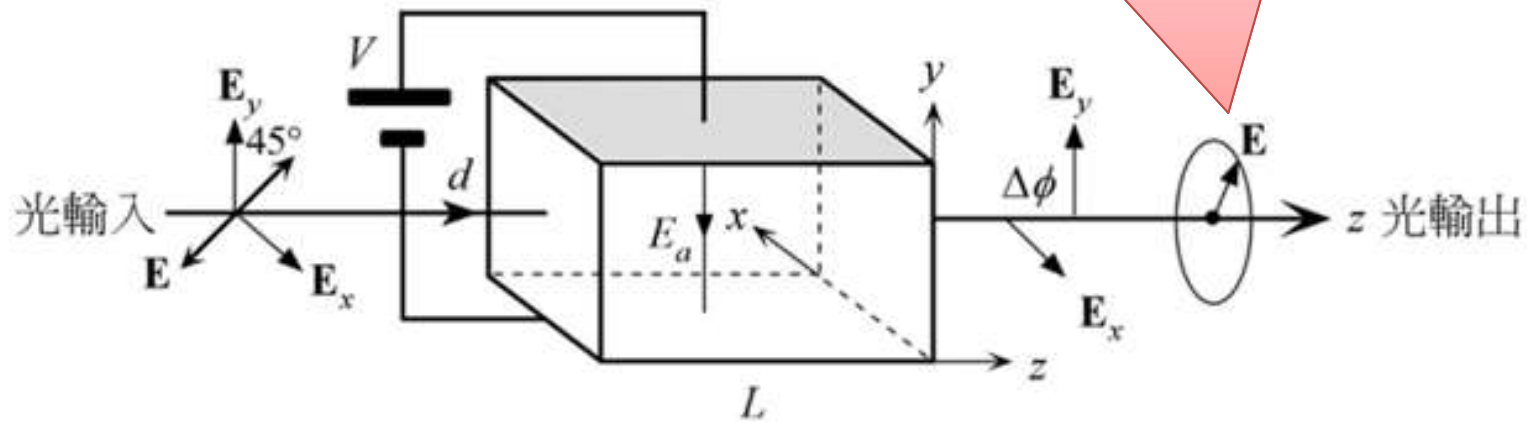
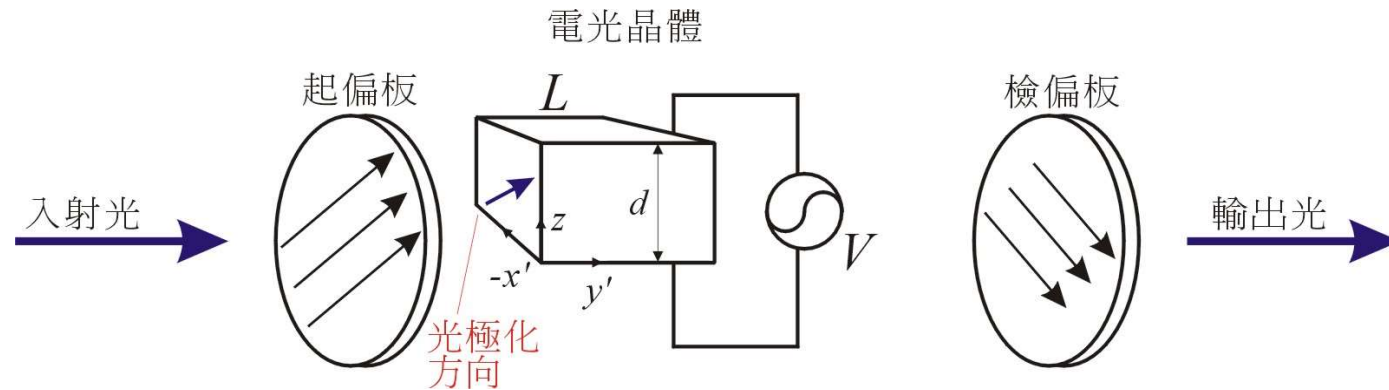


圖 6.24 橫向波克爾斯盒相位调制器，一個線性偏振入射光入射到一個電 - 光晶體，而以圓形偏振光射出。

➡ 振幅調制器 (Amplitude Modulator)

若入射光行進方向與所加之電場方向垂直，稱為橫向調變 (transverse modulation)，如圖所示，光入射方向 y' ，其極化方向在 $x'z$ 平面上且與 z 軸夾 45° ，則經一段距離後，其相位差為：

$$\Gamma = k_0 L \left[n_e - n_o + \frac{n_o^3}{2} r_{63} E_z \right] = k_0 L (n_e - n_o) + \frac{\pi L}{\lambda_0 d} n_o^3 r_{63} V$$

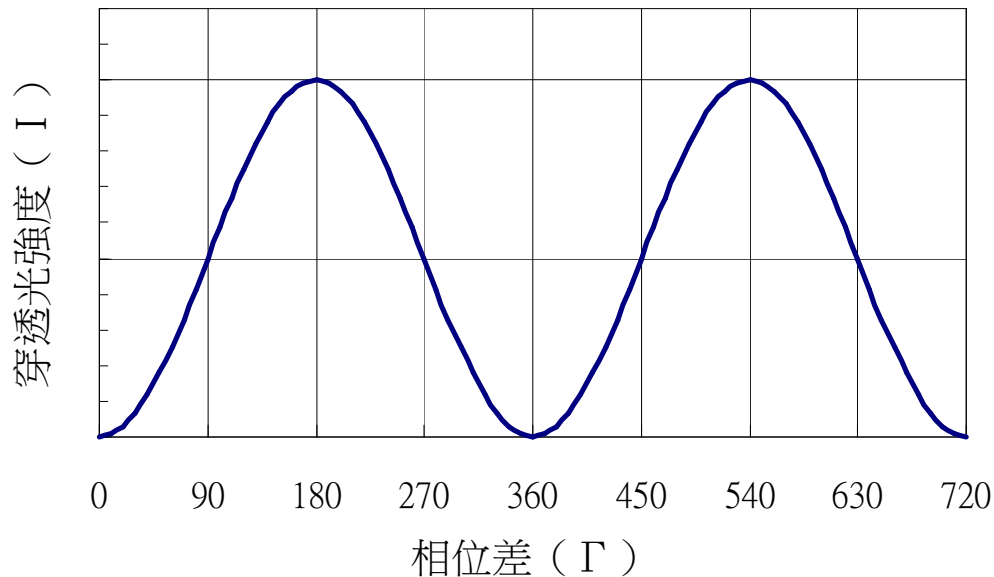


欲達相位差為 π 所須之電壓 $V_{\lambda/2}^t = 2V_{\lambda/2}^l \left(\frac{d}{L} \right)$

➡ 振幅調制器 (Amplitude Modulator)

在實際的運用中，通常再加一起偏板和一檢偏板，使其輸出成為振幅調變，如圖5所示，我們可證明當雙折射晶體夾在兩個互為垂直的線偏極板時（即 $P1 \perp P2$ ），其穿透光強度為：

$$I = I_0 \sin^2 \frac{\Gamma}{2}$$



若 $\Gamma=0$ （或 180 ）附近使 Γ 產生小小的變動，即是調制，所以 I 值的變化不大。若是使 $\Gamma=90$ 度（或 270 ），則 I 的調制就會表現的較明顯。

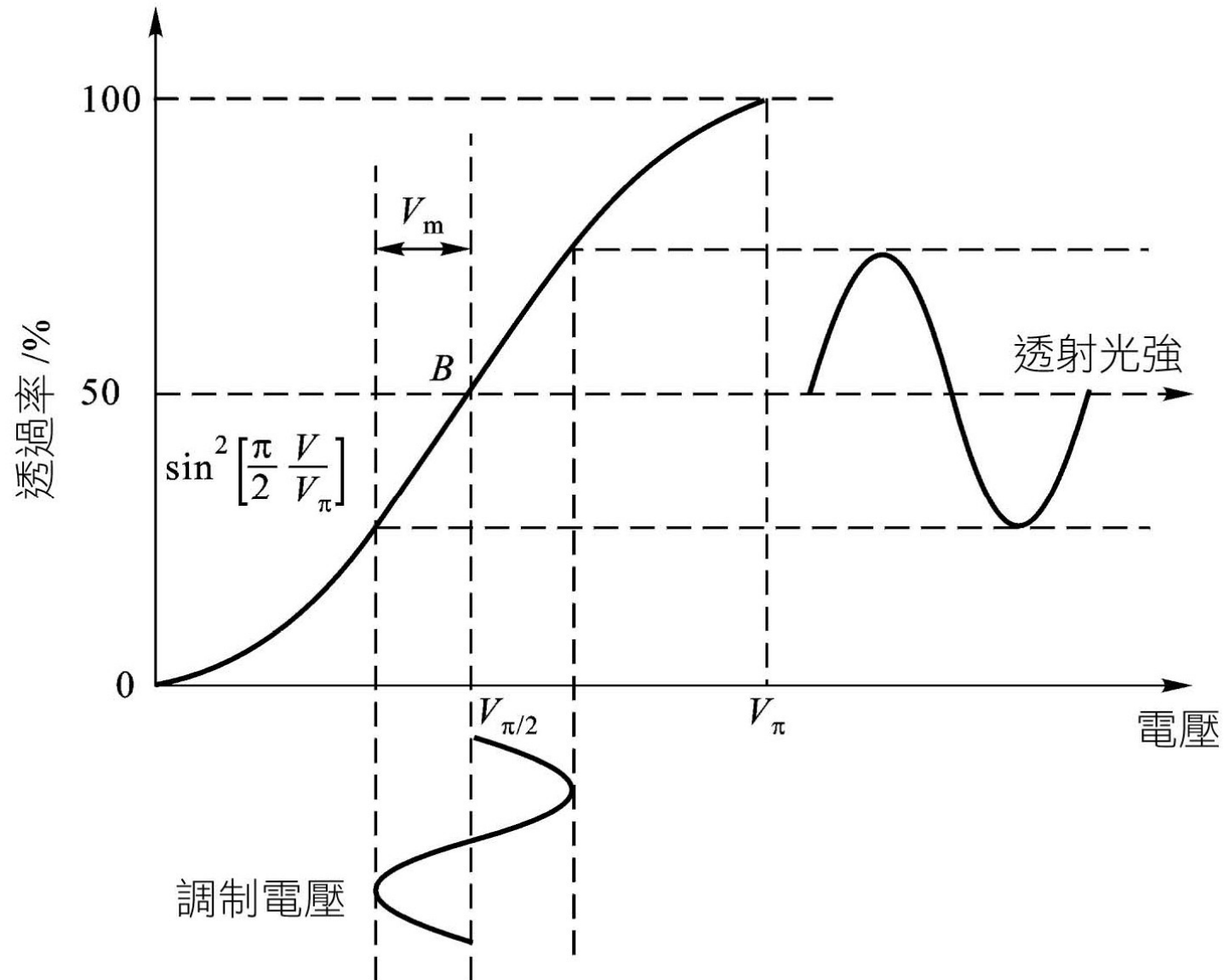
I_0 為入射光強度。因為在橢圓偏振時，只有其中一個分量的功率可以通過檢偏板。當 V 是交流三角波（ $S(wt)$ ）時， Γ 隨著時間而變化，也就是橢圓的形狀隨時間變化。

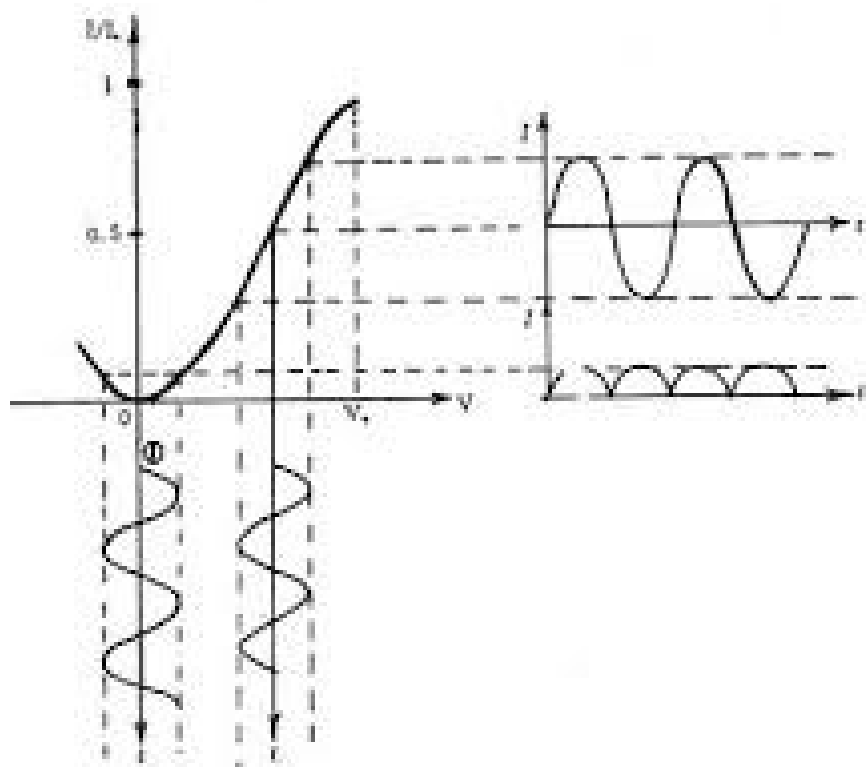
因此公式 I 的輸出功率會隨時間改變，形成振幅調變

$$I = I_0 \sin^2 \left[\frac{\pi V}{V_\pi} S(wt) \right]$$

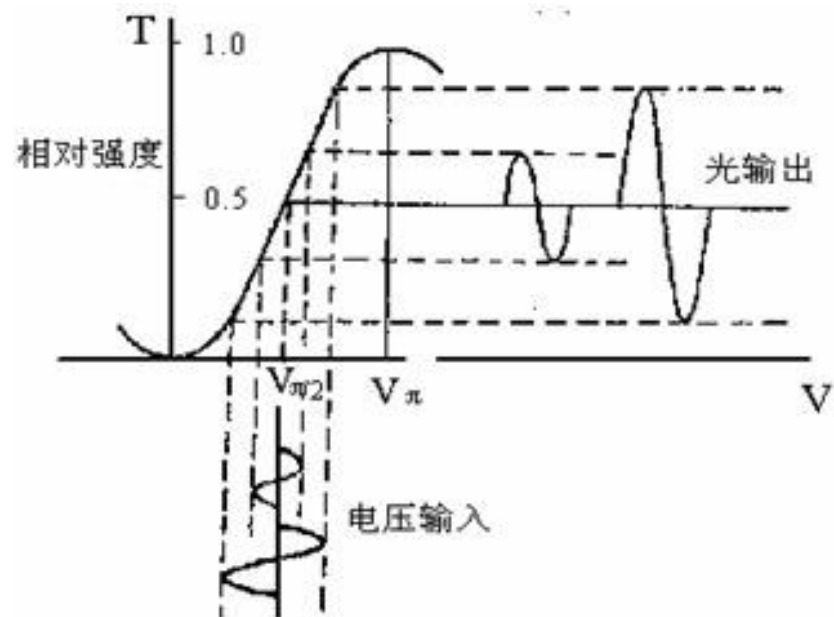


➡ 振幅調制器 (Amplitude Modulator)





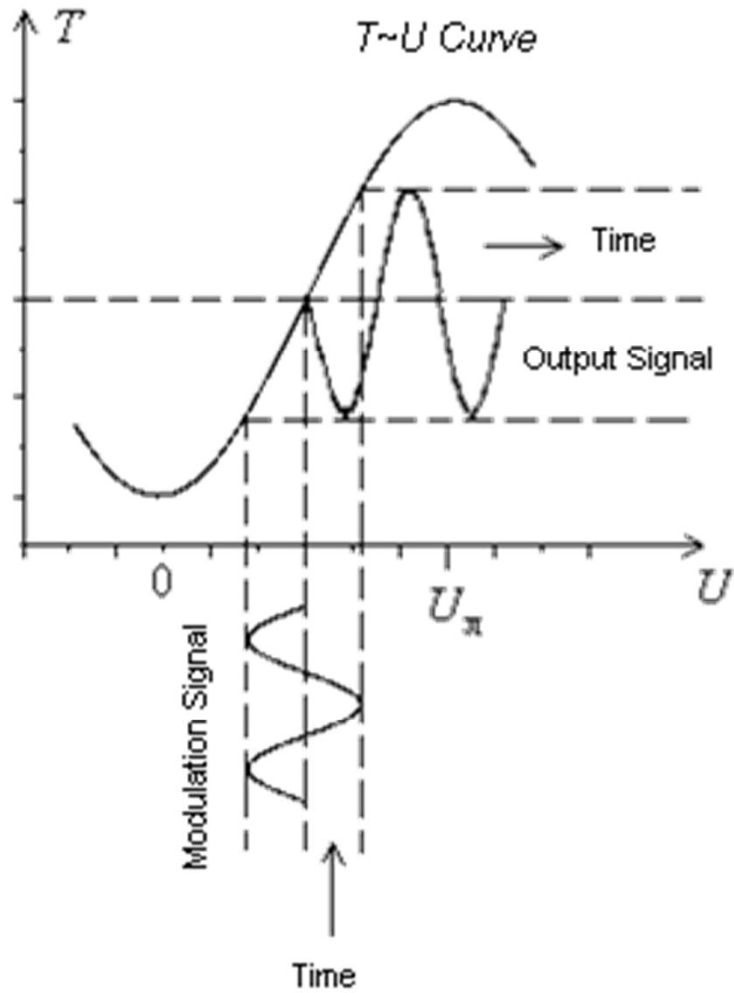
图一



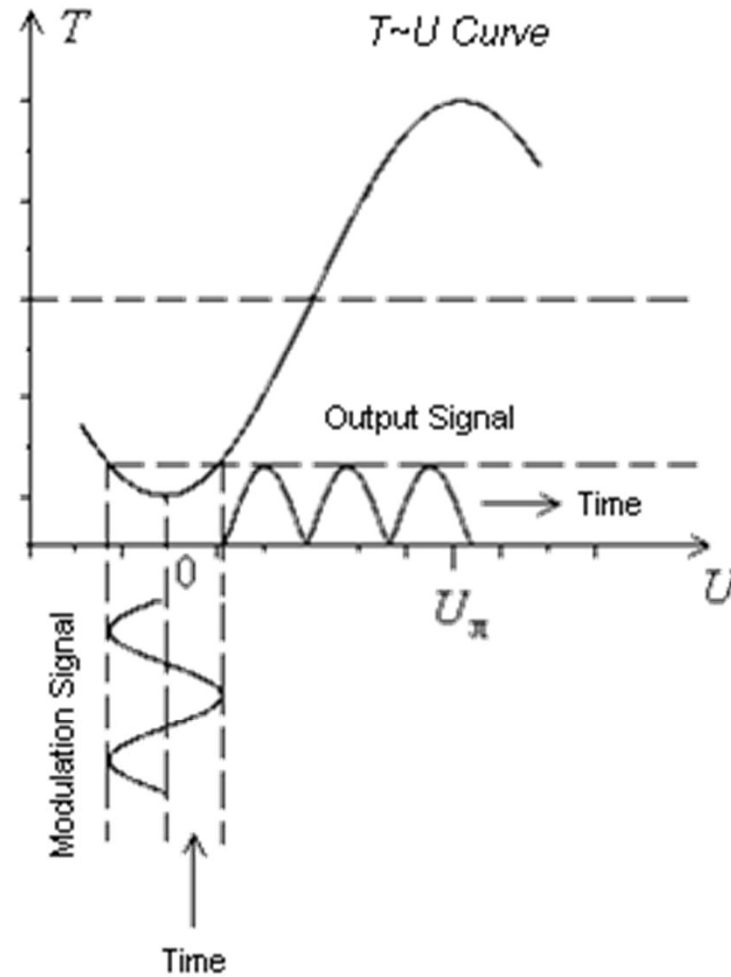
图二 T 与 V 的关系曲线



➡ 振幅調制器 (Amplitude Modulator)



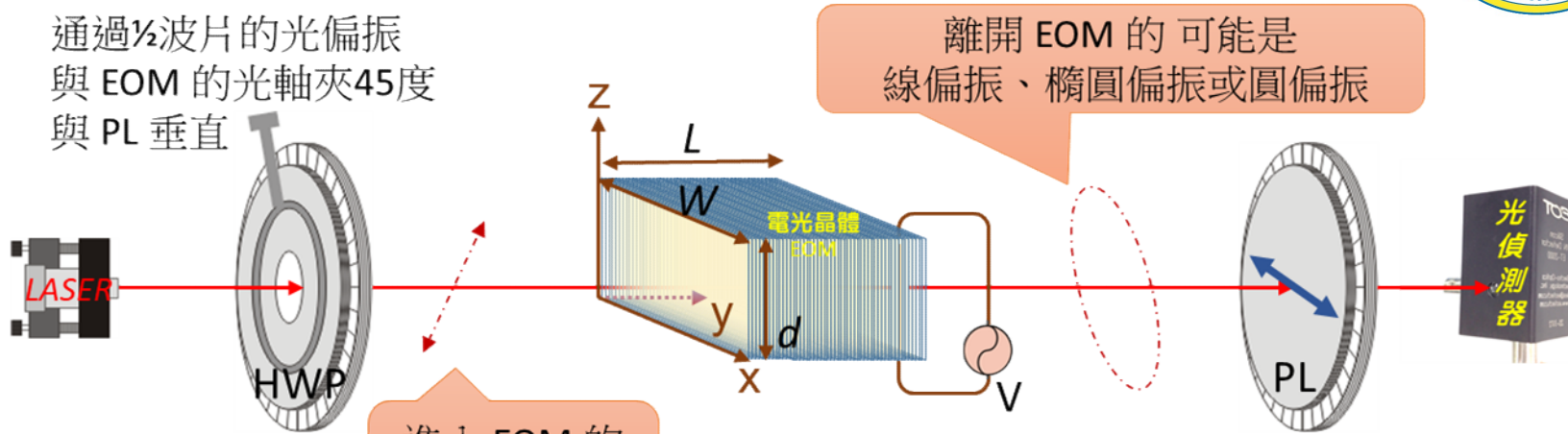
(a)



(b)

➡ 振幅调制器 (Amplitude Modulator)

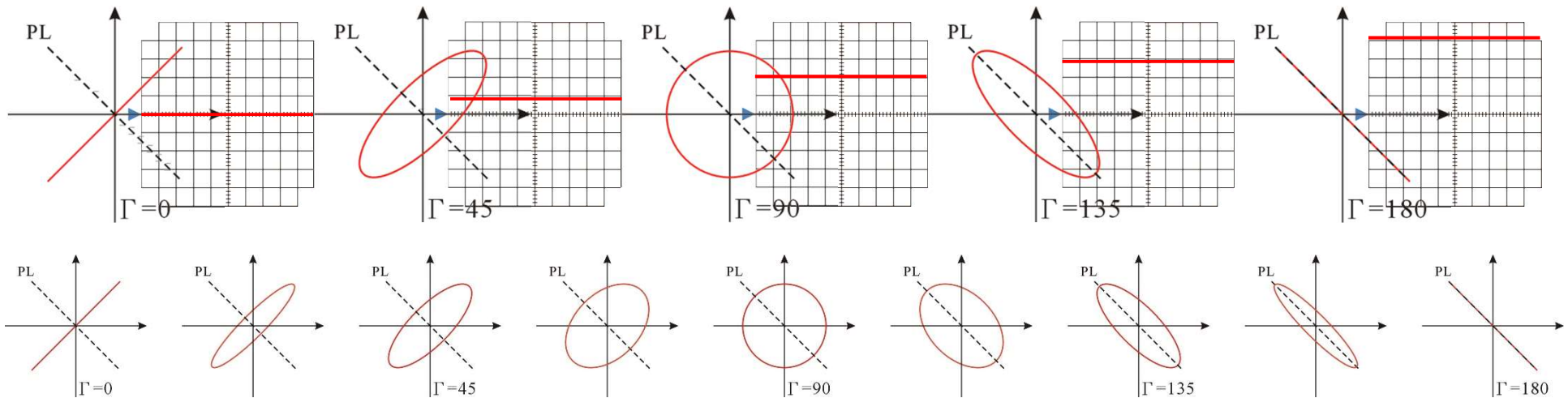
通過 $\frac{1}{2}$ 波片的光偏振
與 EOM 的光軸夾45度
與 PL 垂直

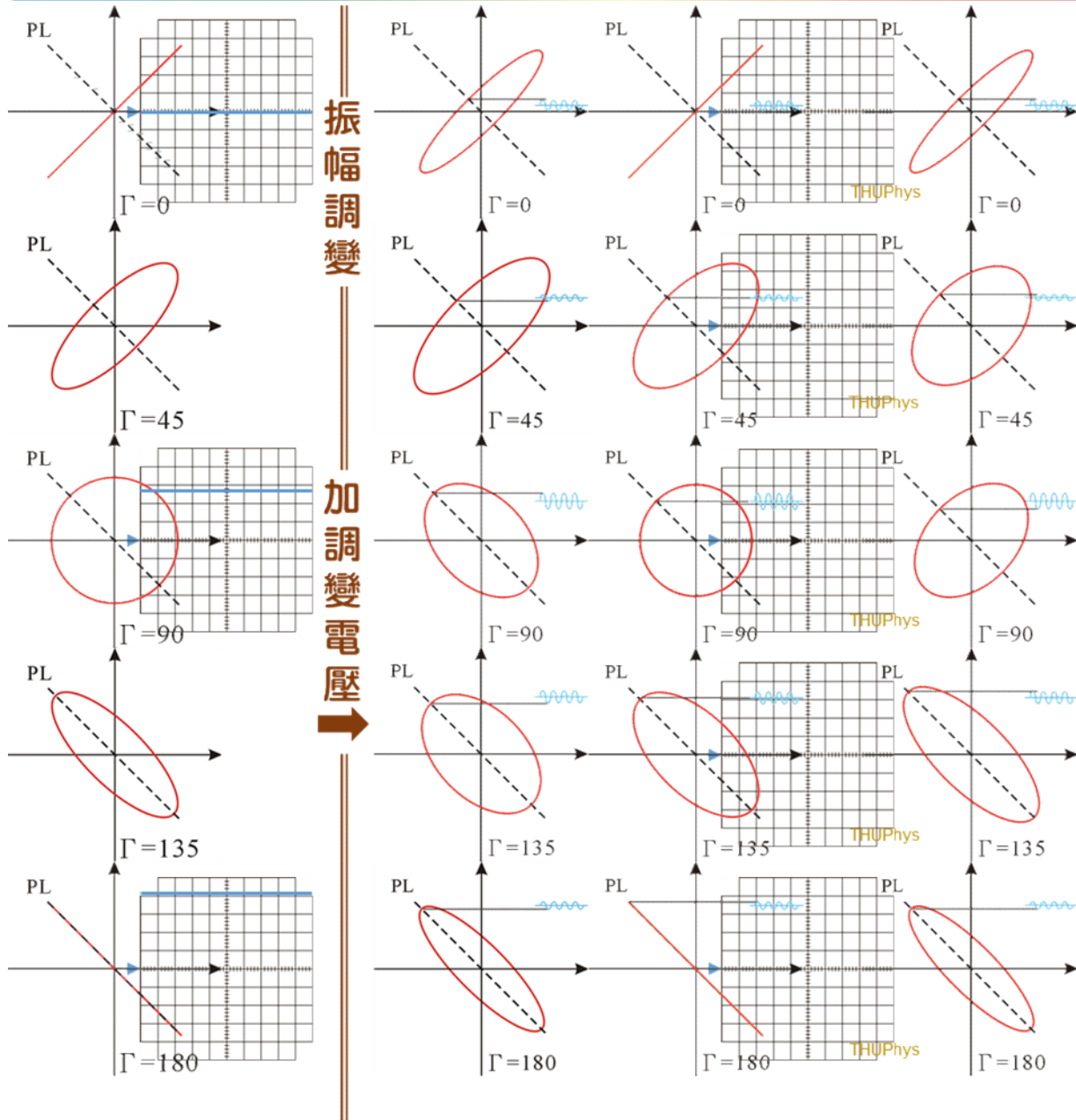
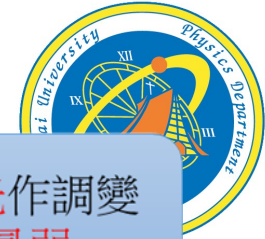


進入 EOM 的
是 線偏振光

$V=0$

還沒加入調變訊號





振幅調變

加調變電壓

輸出線偏振光作調變
調變訊號最弱

輸出圓偏振作調變
調變訊號最強

輸出線偏振光作調變
調變訊號最弱

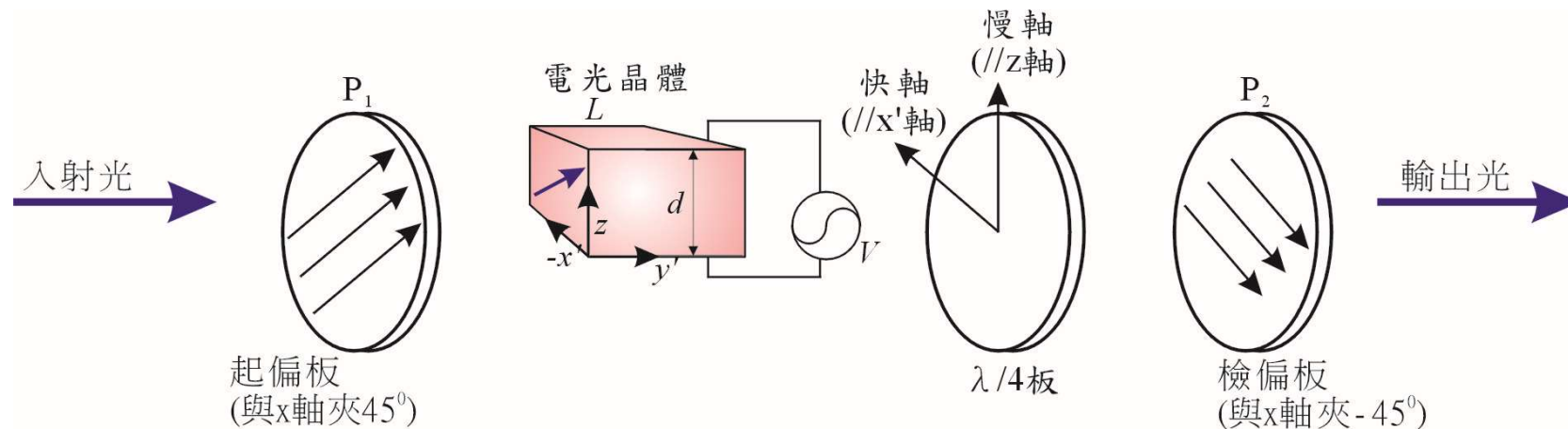
➡ 振幅調制器 (Amplitude Modulator)

調變器通常加一個 $V_{\pi/2} + V \cdot S(\omega t)$ ，使相位有一個 $\pi/2$ 的平移，

$\Gamma = \frac{\pi}{2} + \pi \frac{V}{V_{\pi}} S(\omega t)$ ，使操作點移至中間較直線部份，以便使失真減至最小，其

輸出光強為 $I = I_0 \sin^2 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\pi V}{V_{\pi}} S(\omega t) \right]$ 。產生 $\pi/2$ 相位平移的方法可以用一個 $\lambda/4$

波片取代 $V_{\pi/2}$ ，如圖所示。



➡ 振幅調制器 (Amplitude Modulator)

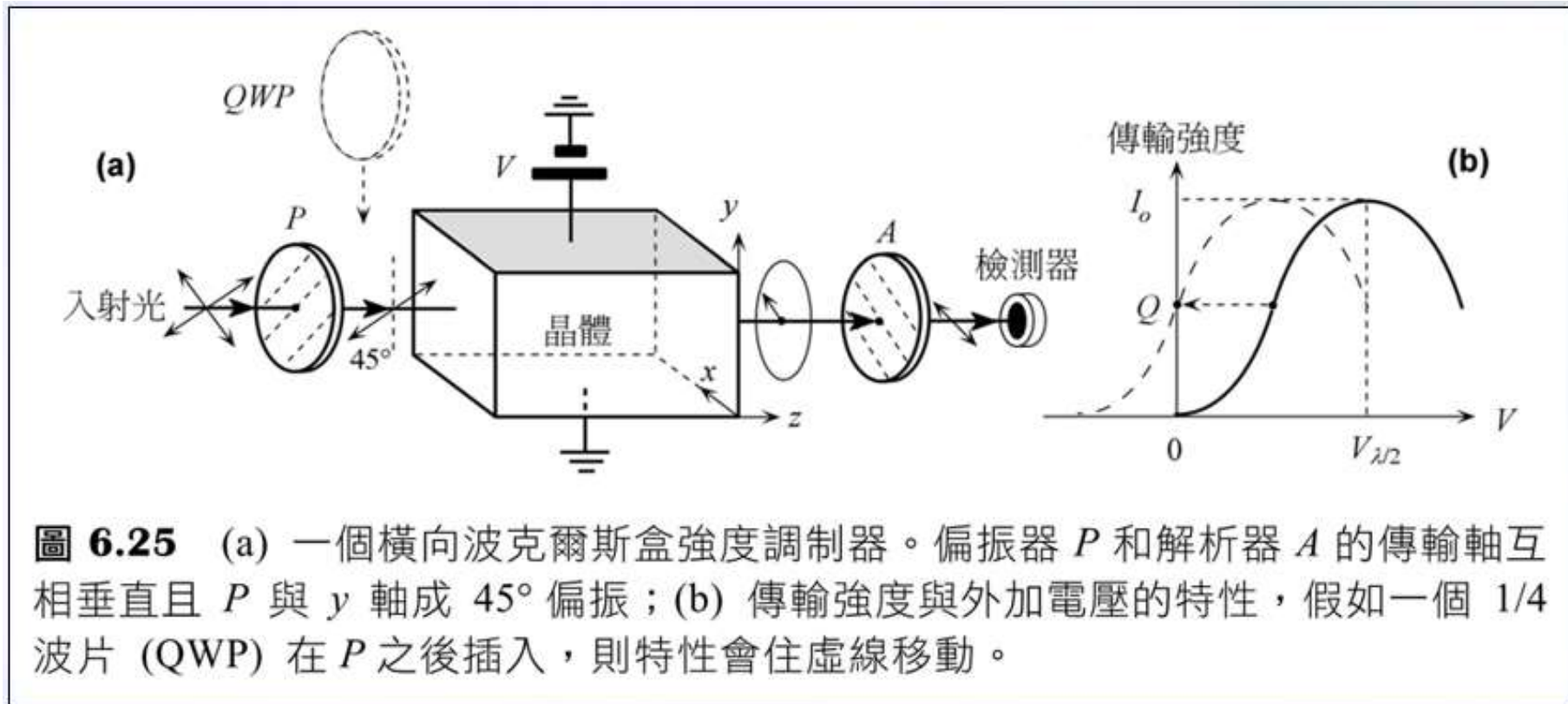


圖 6.25 (a) 一個橫向波克爾斯盒強度調制器。偏振器 P 和解析器 A 的傳輸軸互相垂直且 P 與 y 軸成 45° 偏振；(b) 傳輸強度與外加電壓的特性，假如一個 $1/4$ 波片 (QWP) 在 P 之後插入，則特性會住虛線移動。



© Paws, Inc.

實際實驗操作

儀器架設(一)：

1-對光

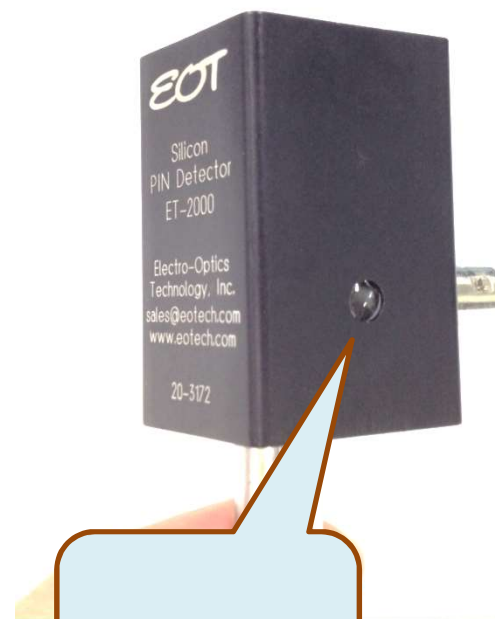
將雷射打入光偵測器，確定訊號最強。

確定此時
示波器顯示的光訊號最強！

CH1耦合設定為DC



Detector (光偵測器)



BNC接頭

光窗

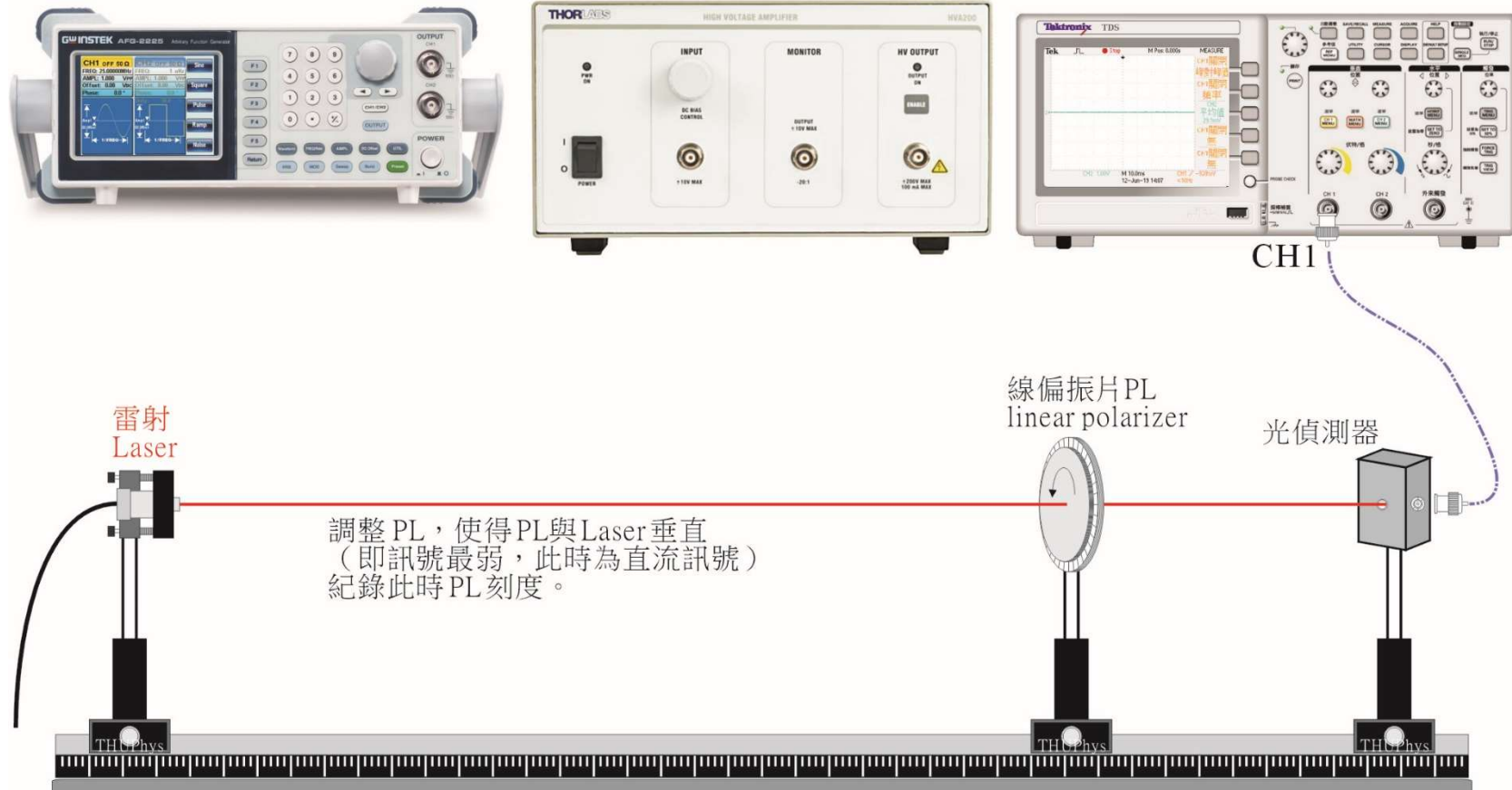
儀器架設(一)：

2-放偏振片 PL

放入偏振片(PL)，旋轉PL，使得訊號最弱。

此時【雷射偏振】與【PL】光軸垂直。

紀錄PL刻度。



儀器架設(一)：

3-放入1/2波片HWP

放入1/2波片(HWP)，旋轉HWP，維持訊號最弱。

此時【HWP】光軸與【PL】光軸垂直。

【雷射偏振】與【HWP】光軸平行。

紀錄P2刻度。

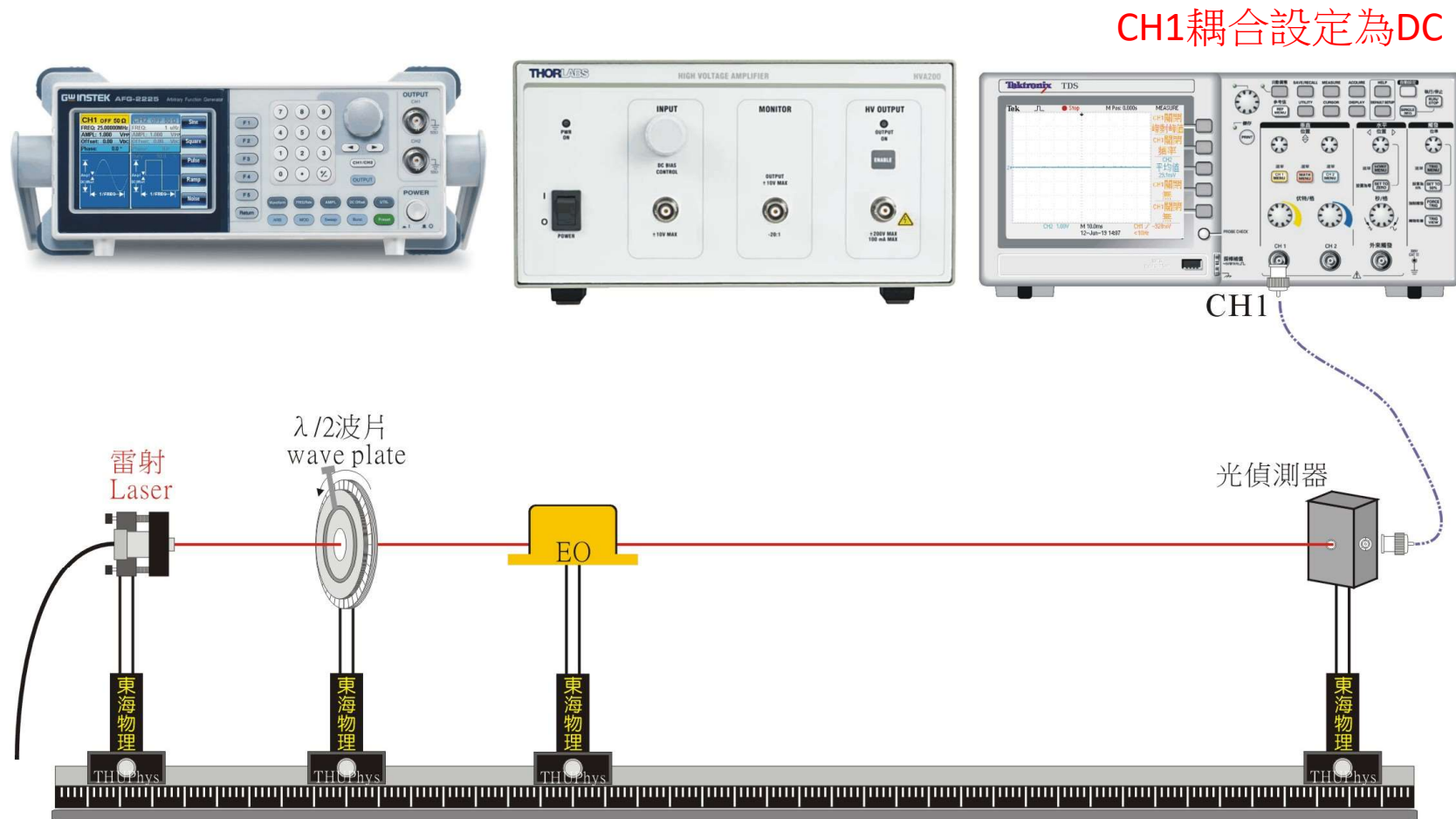
CH1耦合設定為DC



儀器架設(一)：

4-先移開PL，放入電光晶體EOM

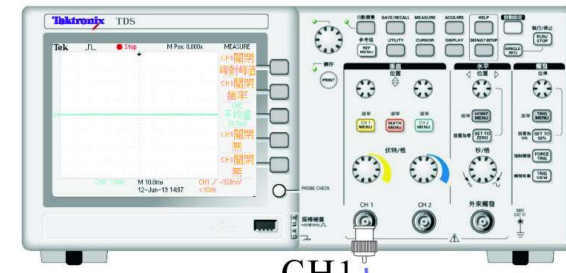
電光晶體EOM會影響光路，所以此時調整EOM，要使得接收到的訊號最強。



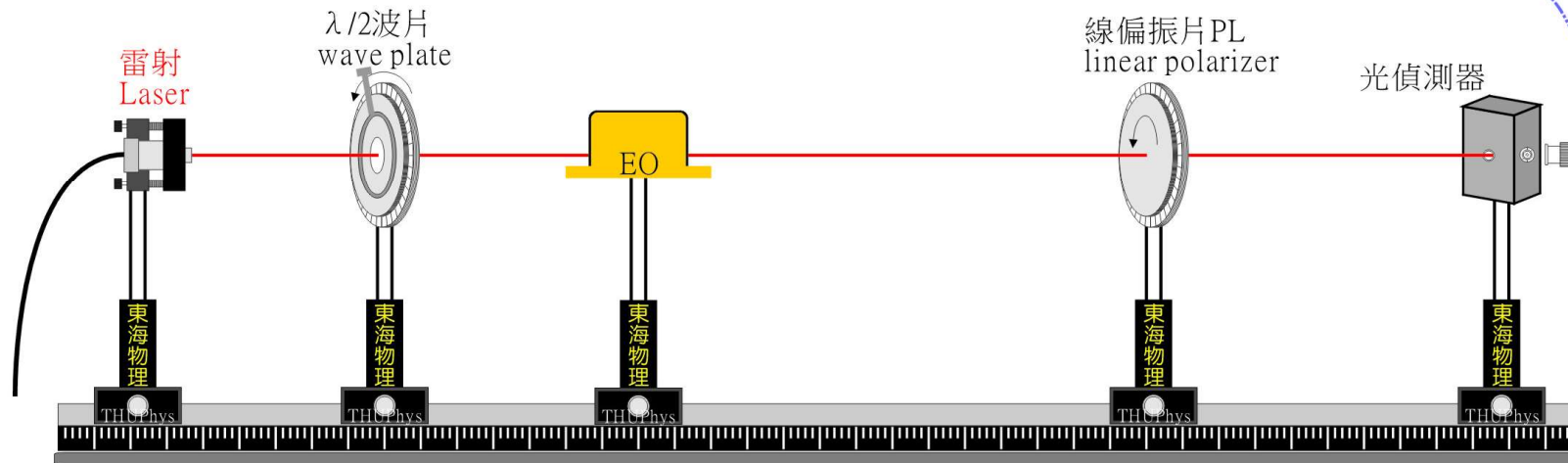
儀器架設(一)：
5-再將PL移入
完成實驗儀器光路架構。



CH1耦合設定為DC



CH1



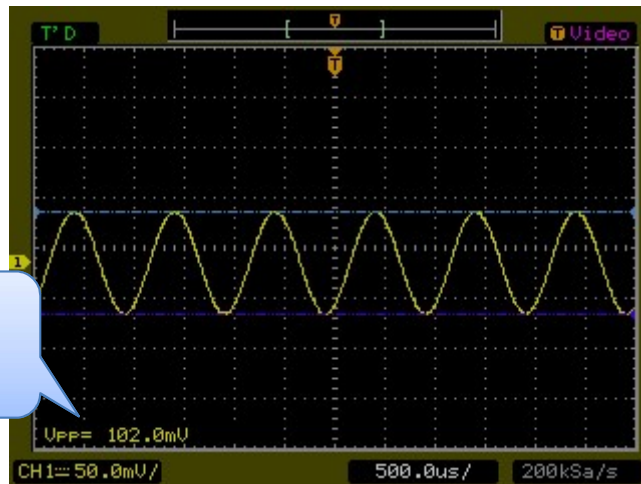
儀器架設(二)：確認放大器放大倍率

1-確認波形產生器的輸出振幅

將【訊號產生器】輸出接到【示波器CH1】
存圖，要有meaure值。CH1，V_{p-p}值。



102mVp-p



儀器架設(二)：確認放大器放大倍率

2-測量高壓放大器的輸出

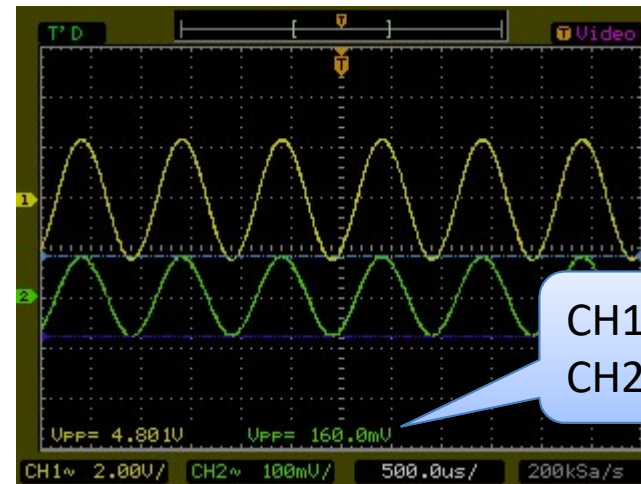
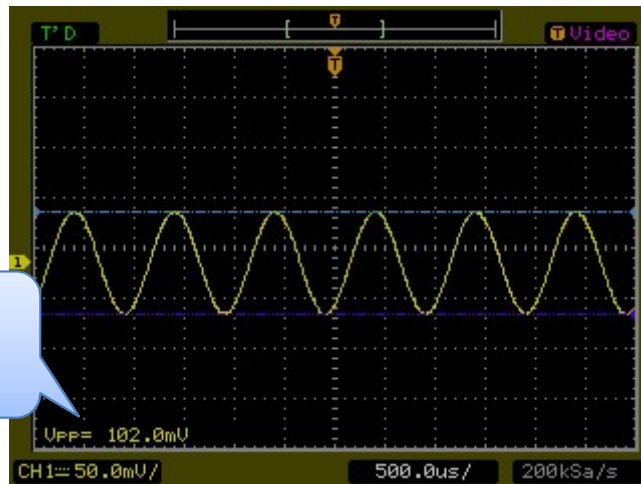
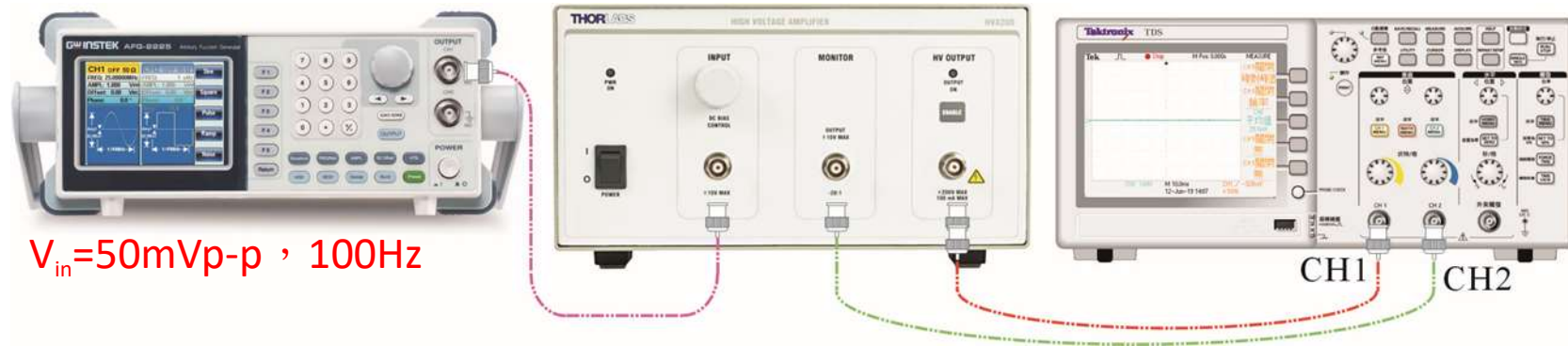
將【訊號產生器】輸出接到【高壓放大器輸入】

高壓放大器 monitor接到示波器CH1

高壓放大器 高壓輸出接到示波器CH2

存圖，要有measure。CH1，Vp-p值。CH2，Vp-p值。

高壓放大器有換新儀器
請用自己的數據去計算放大倍率

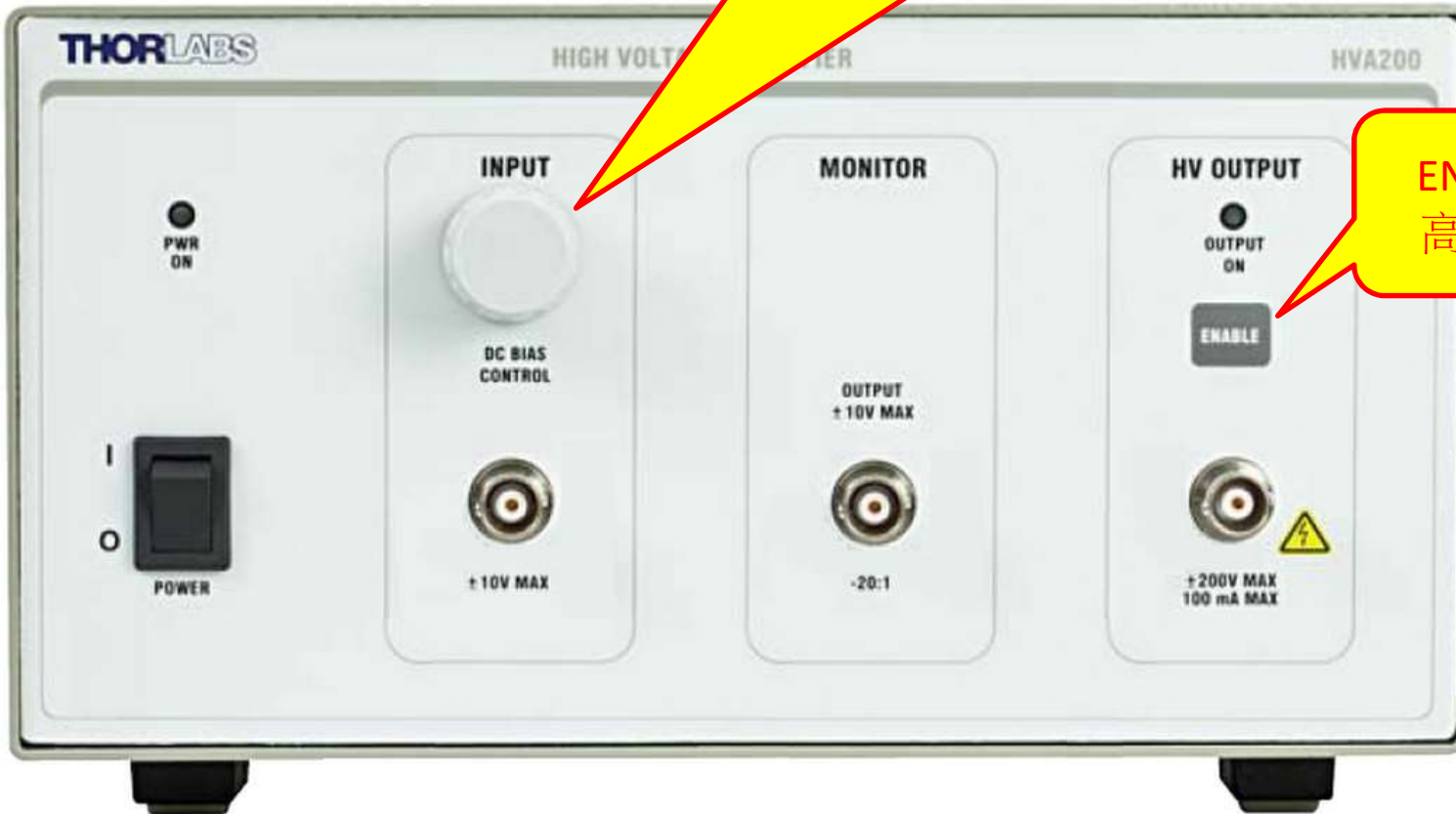


高壓放大器
High Voltage Amplifier
HVA200

放大倍率20倍

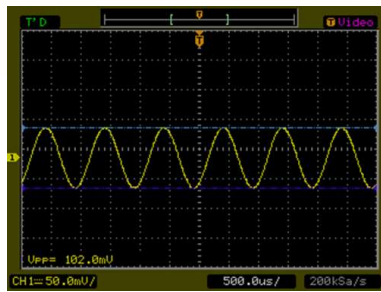
DC BIAS CONTROL旋扭：
利用DC BIAS CONTROL能提供
(200V) ~ (-200V) 的直流電壓

ENABLE按鍵：
高壓輸出確認

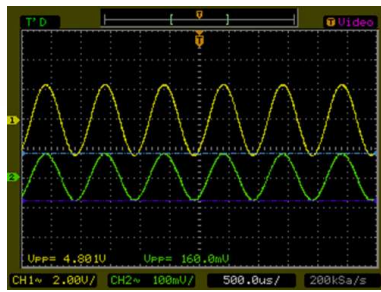
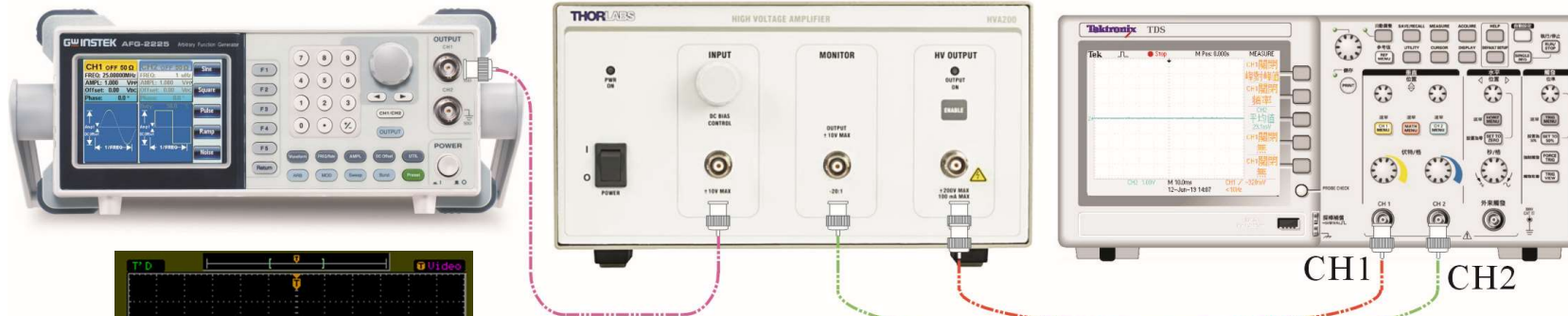


儀器架設(二)：確認放大器放大倍率

$V_{in}=50mVp-p$, 100Hz



計算放大率！



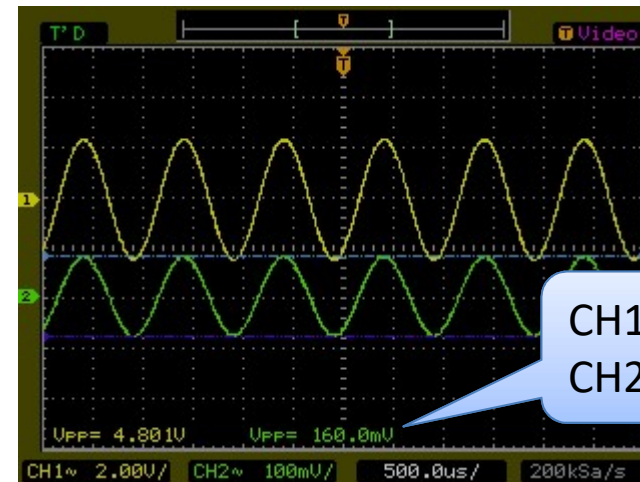
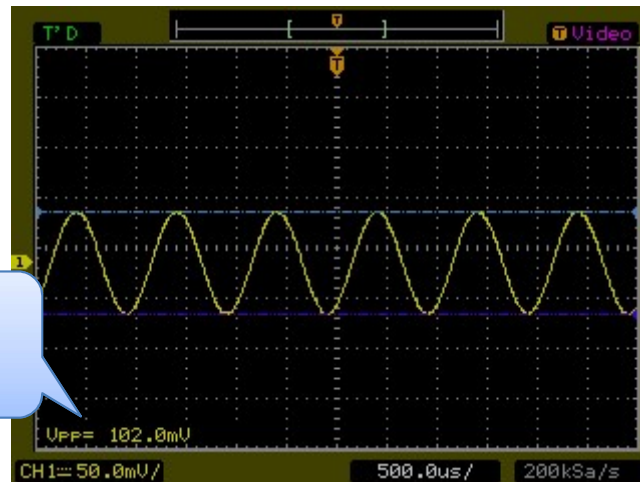


儀器架設(二)：確認放大器放大倍率

3-計算交流振幅的放大倍率

- 1) 振幅放大器 v.s. 波形產生器
4.8V/102mV
- 2) Monitor v.s. 波形產生器
160mV/102mV
- 3) 振幅放大器 v.s. Monitor
4.8V/160mV

高壓放大器有換新儀器
請用自己的數據去計算放大倍率



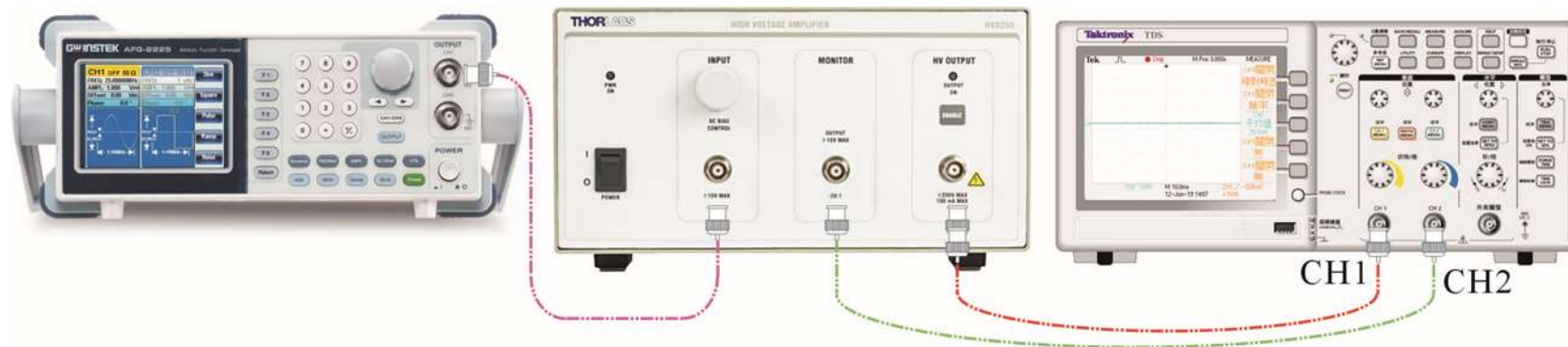
儀器架設(二)：確認放大器放大倍率

4-確認直流訊號的放大倍率

旋轉DC BIOS CONTROL提供直流偏壓

存圖，要有measure。

紀錄 CH1，Vavg值。CH2，Vavg值。



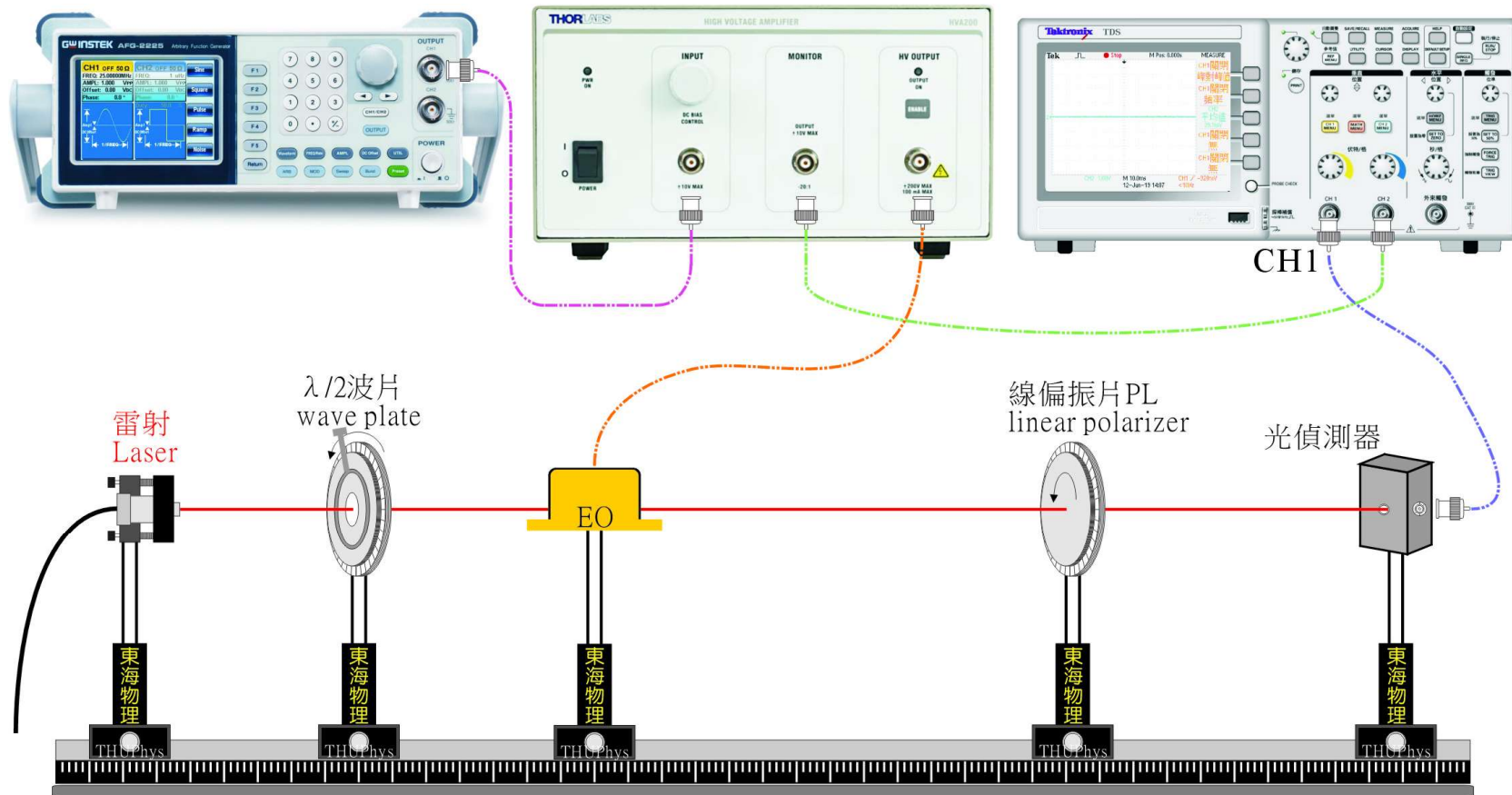
確認 **交流** 與 **直流** 的放大倍率相同。

儀器架設(三)：相位調變

1-相位調變

訊號產生器設定400mVp-p，1kHz

調整HWP，使得示波器CH1為DC訊號（呈現水平線）



儀器架設(三)：相位調變

1-相位調變

此時【HWP ⊥ EOM】或【HWP//EOM】
至於是哪一個...到此步驟無法判斷！

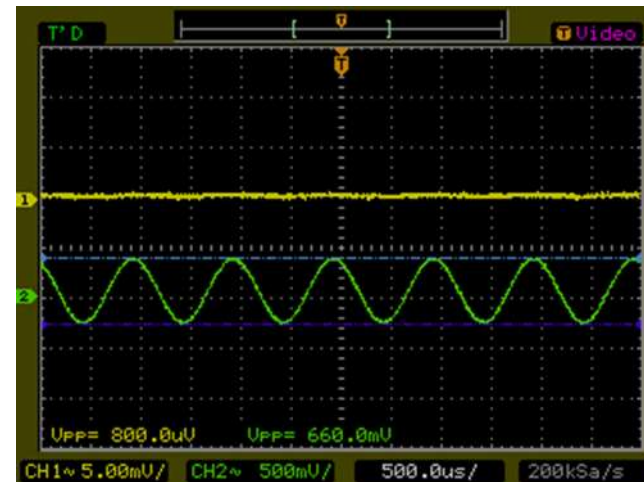
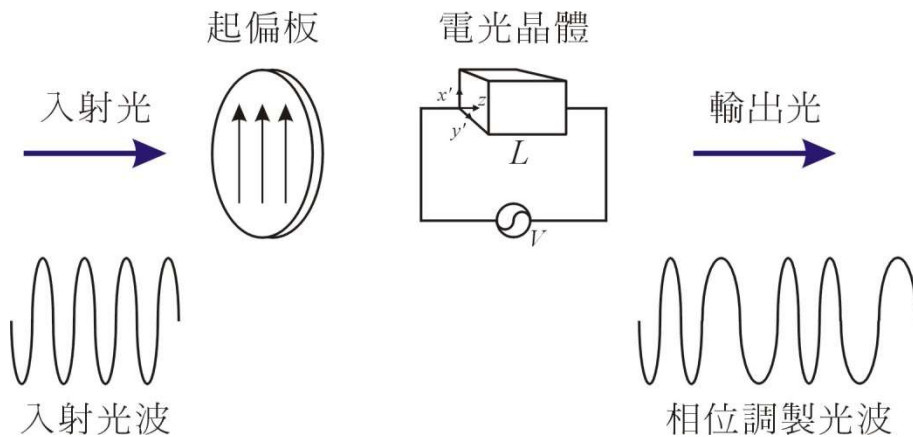
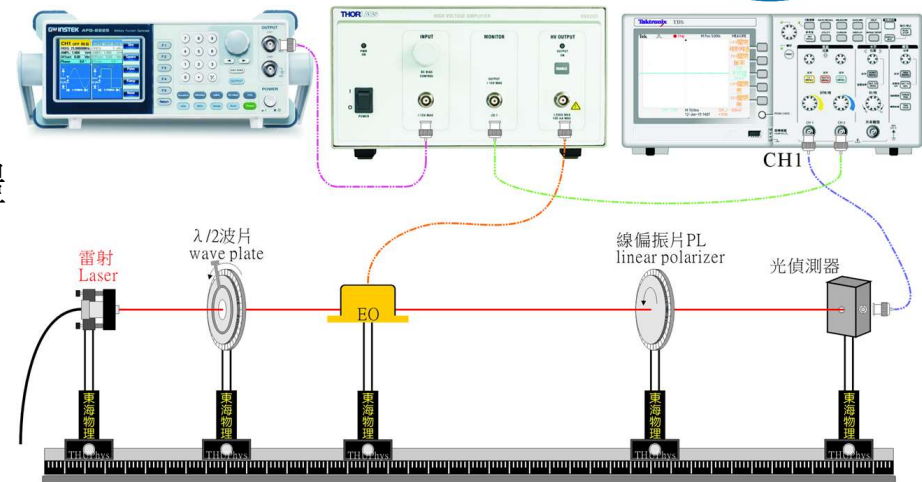
線偏振光(linear polarization)進入EO晶體
出來的還是線偏振光，維持DC訊號

示波器耦合(coupling)設定為DC

示波器上可以看到，水平線上下移動

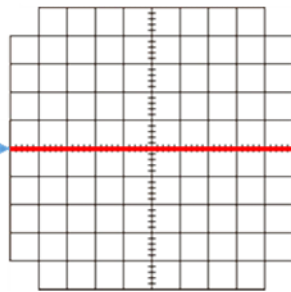
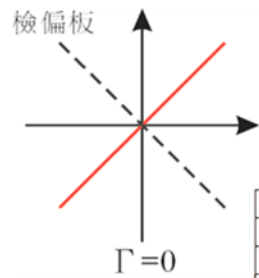
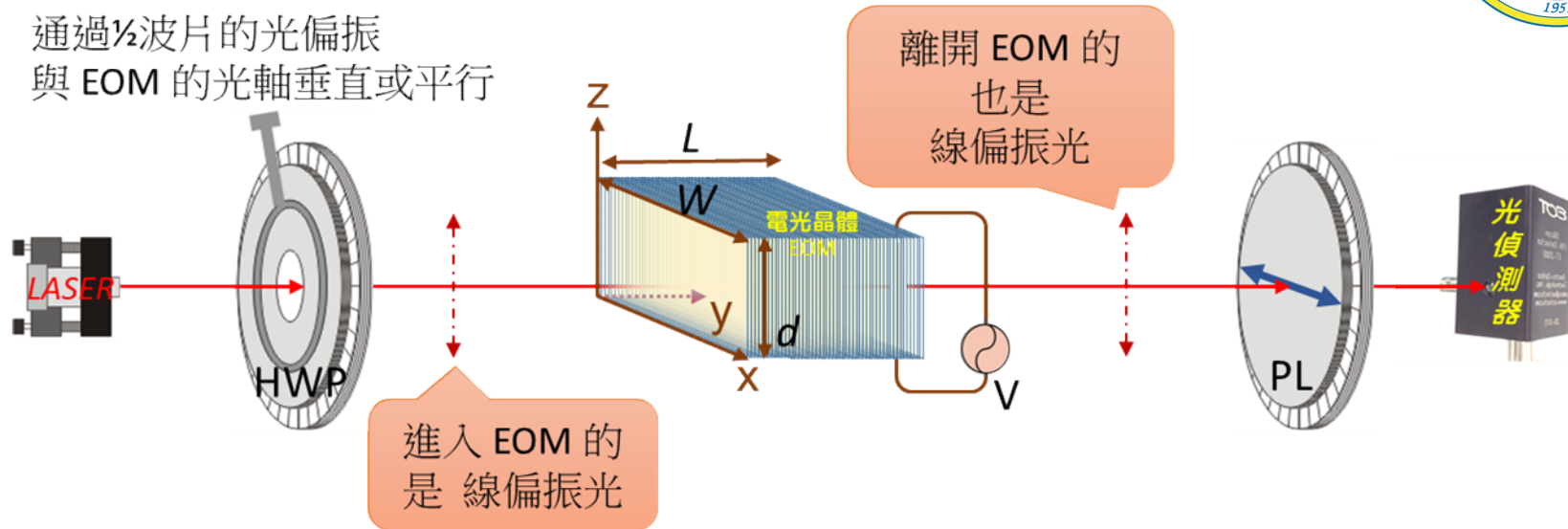
示波器耦合設定為AC

轉動PL，示波器上可以看到，維持水平線，不會有振幅



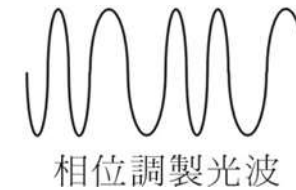
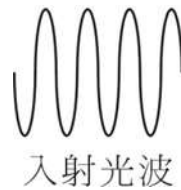
儀器架設(三)：相位調變

通過 $\frac{1}{2}$ 波片的光偏振
與 EOM 的光軸垂直或平行



$V=0$ 不加調變電壓，輸出為線偏振光

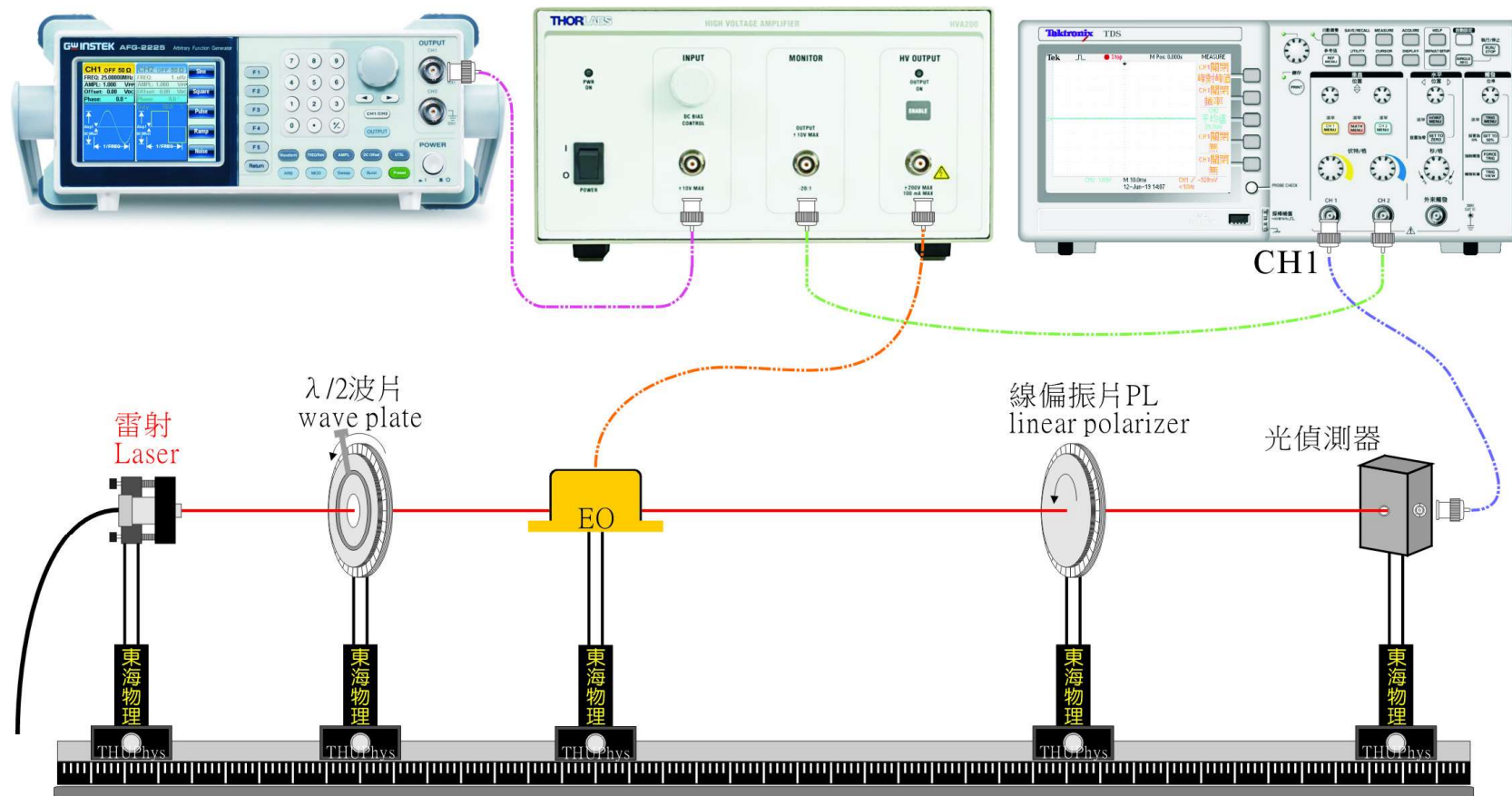
$V \neq 0$ 加入調變變壓，開始相位調變



儀器架設(四)：振幅調變

1-振幅調變

此時通過【HWP】的光偏振與【EOM】夾45度且與【PL】垂直



儀器架設(四)：振幅調變

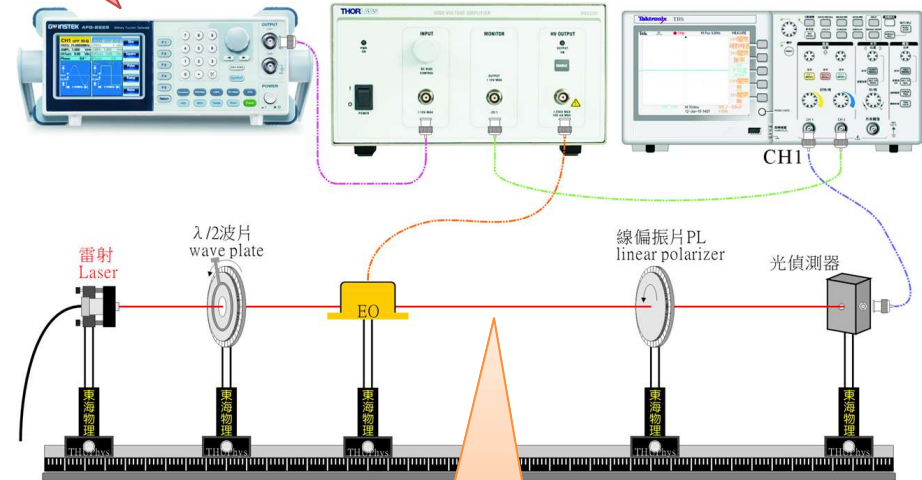
1-振幅調變

此時通過【HWP】的光偏振
與【EOM】夾45度
且與【PL】垂直
波形產生器關閉

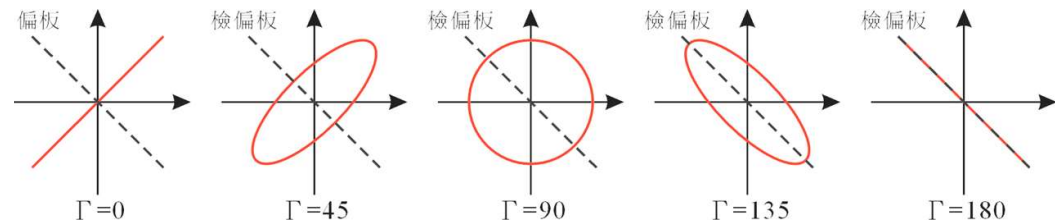
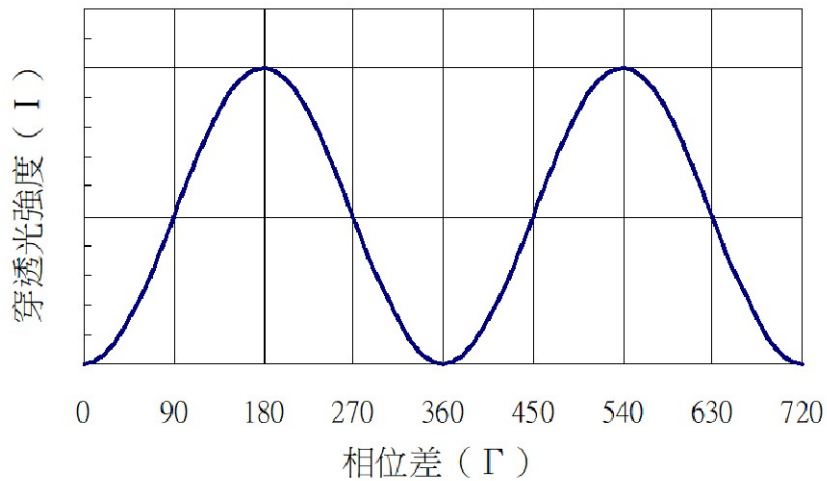
此時通過EOM的光
為橢圓偏振光

示波器看到的是DC訊號

關閉



橢圓偏振光



儀器架設(四)：振幅調變

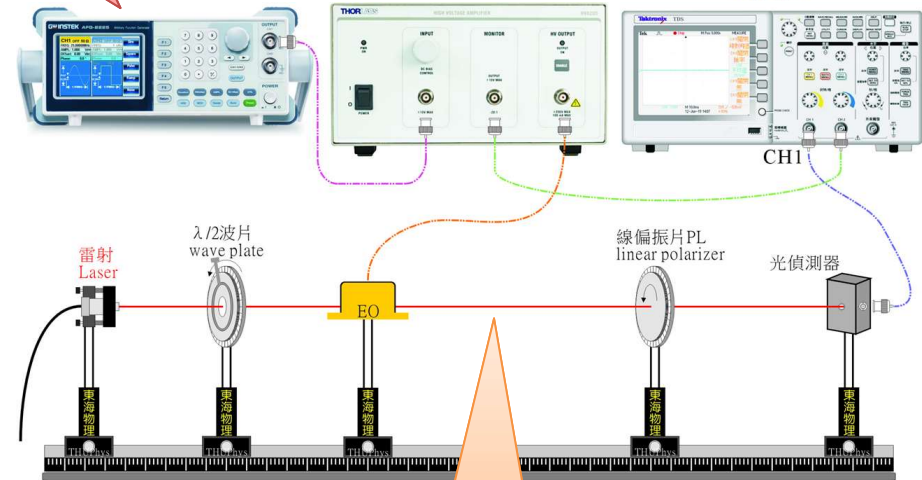
1-振幅調變

此時通過【HWP】的光偏振與【EOM】夾45度且與【PL】垂直
波形產生器關閉

此時通過EOM的光為橢圓偏振光

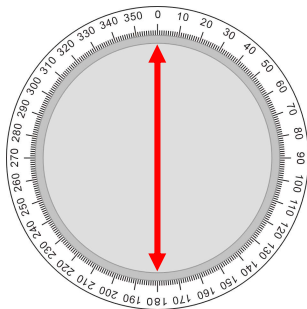
示波器看到的是DC訊號

關閉

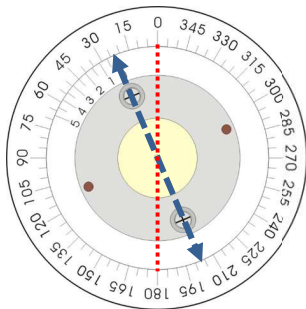


橢圓偏振光

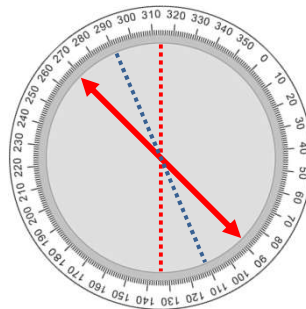
線偏振片P1



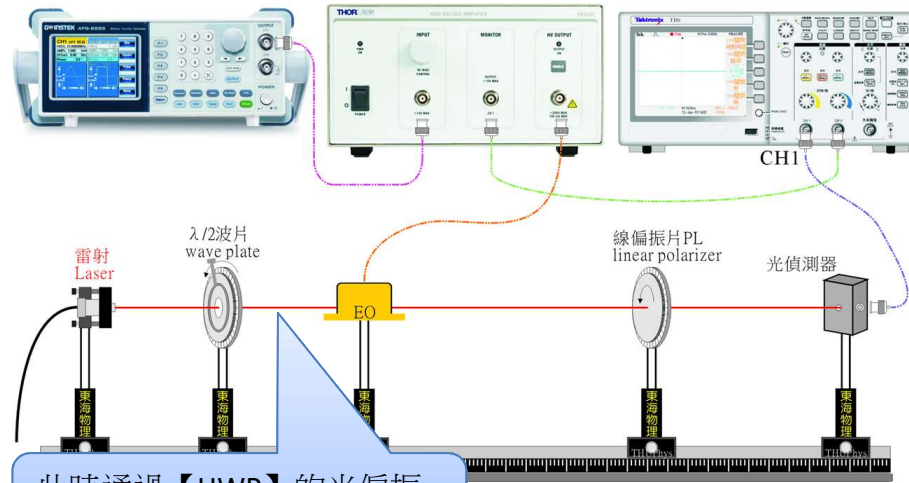
λ/2波片
轉22.5度



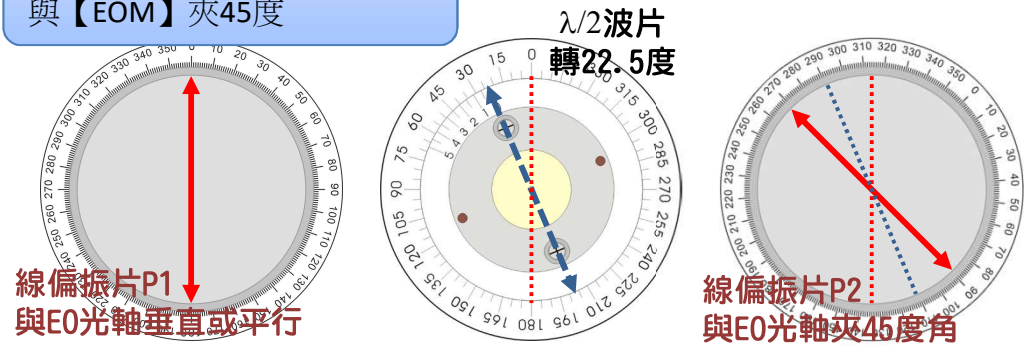
線偏振片P2



此時通過【HWP】的光偏振與【EOM】夾45度

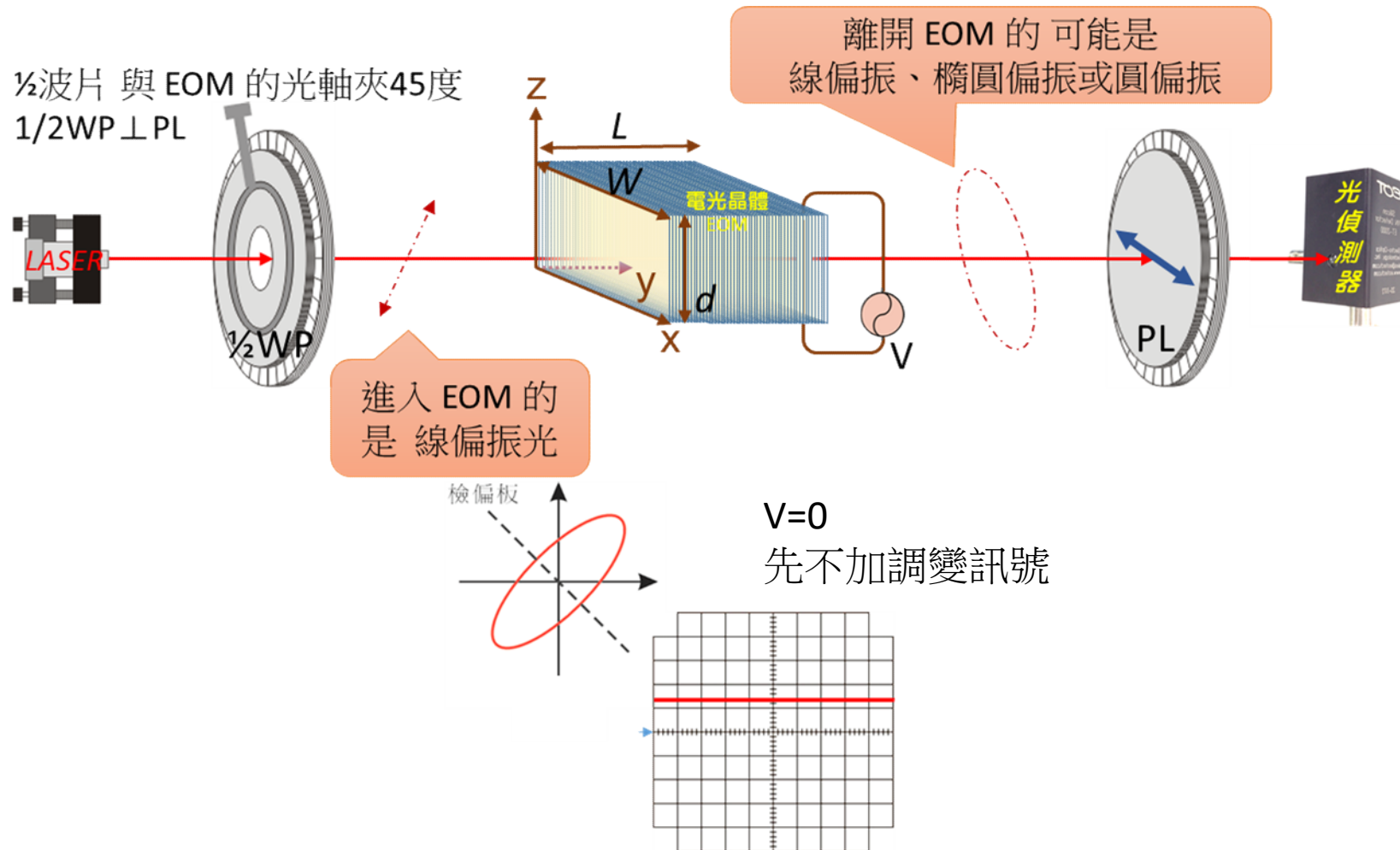


此時通過【HWP】的光偏振與【EOM】夾45度



儀器架設(四)：振幅調變

示波器看到的是DC訊號



儀器架設(四)：振幅調變

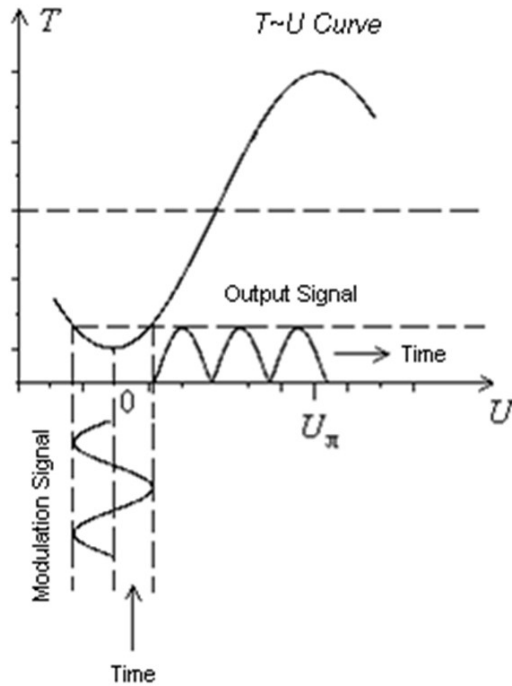
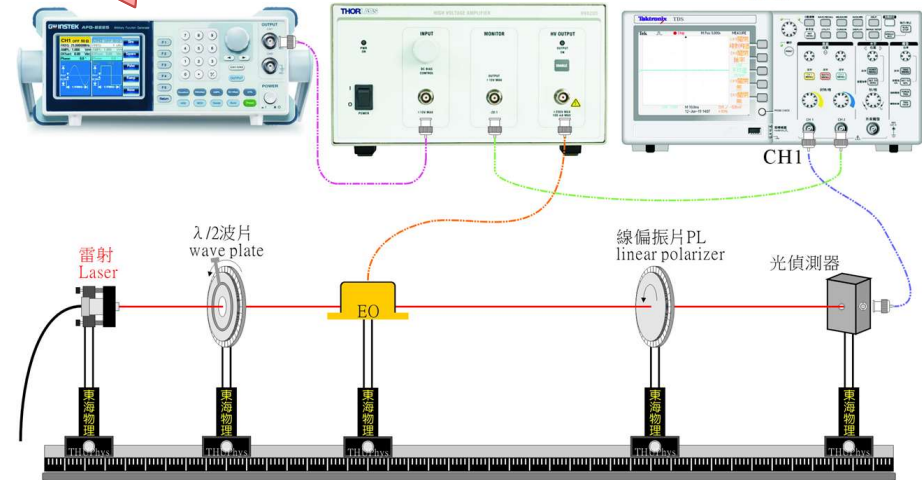
2-振幅調變

通過【HWP】的光偏振
與【EOM】夾45度角。

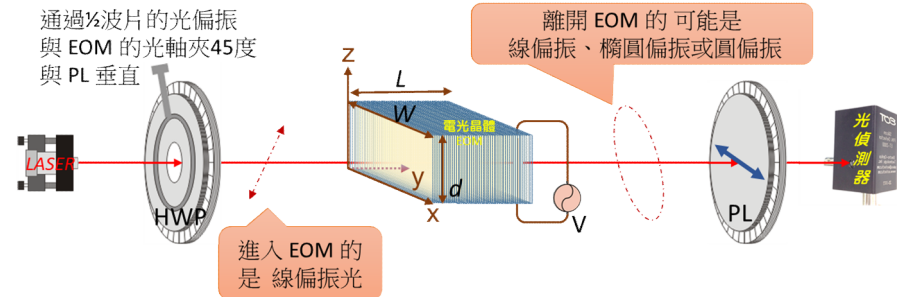
波形產生器設定1kHz，400mVp-p(調變)

改變波形：方波、三角波、正弦波。

1kHz, 400mVp-p

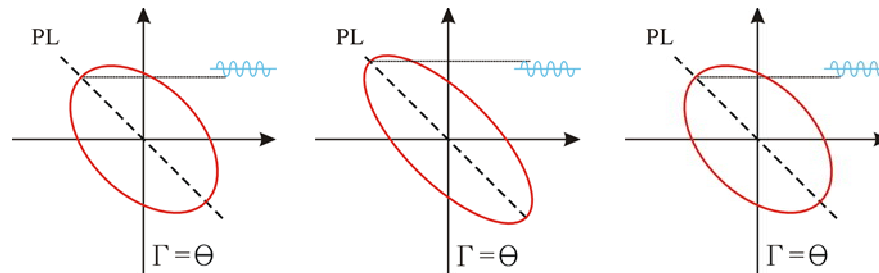


通過 $\lambda/2$ 波片的光偏振
與 EOM 的光軸夾45度
與 PL 垂直



離開 EOM 的可能是
線偏振、橢圓偏振或圓偏振

進入 EOM 的
是 線偏振光



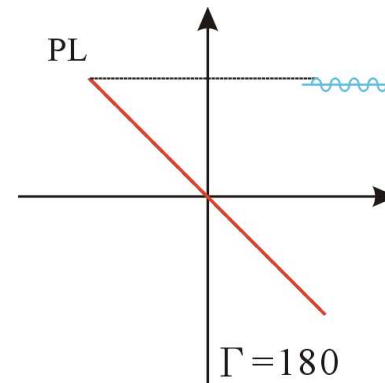
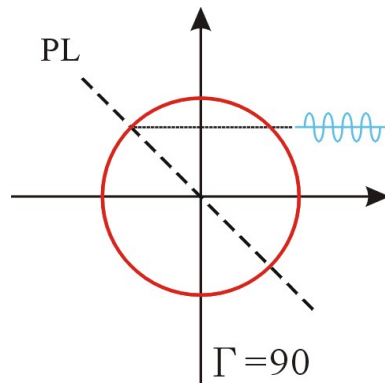
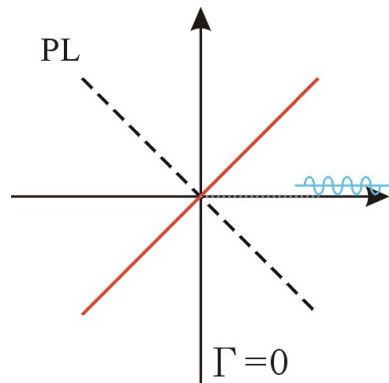
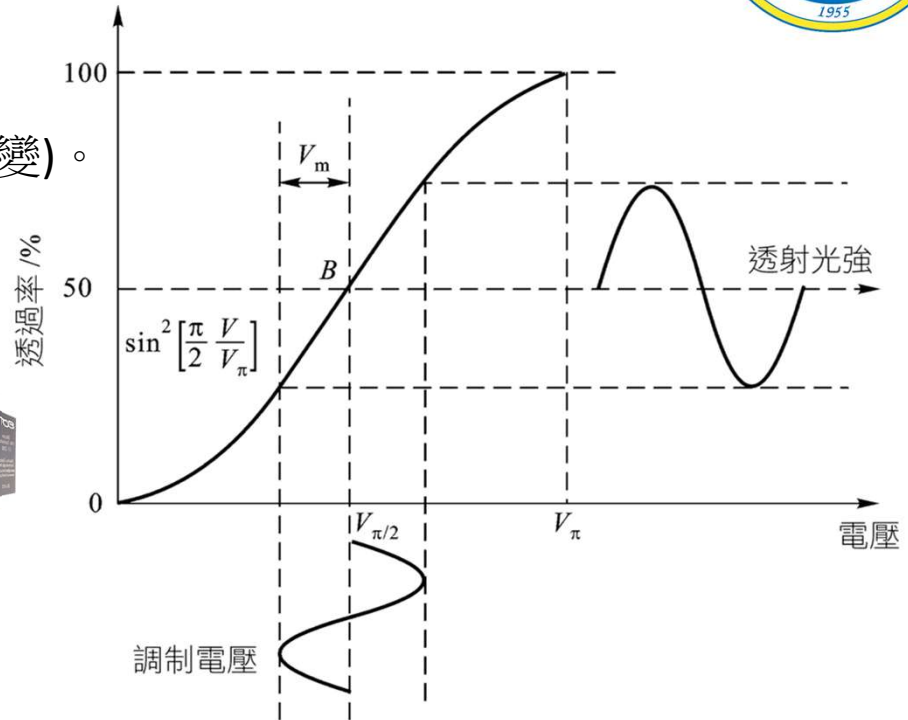
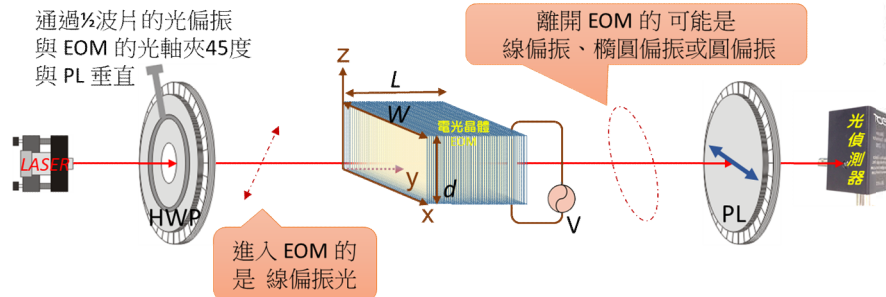
儀器架設(四)：振幅調變

2-振幅調變

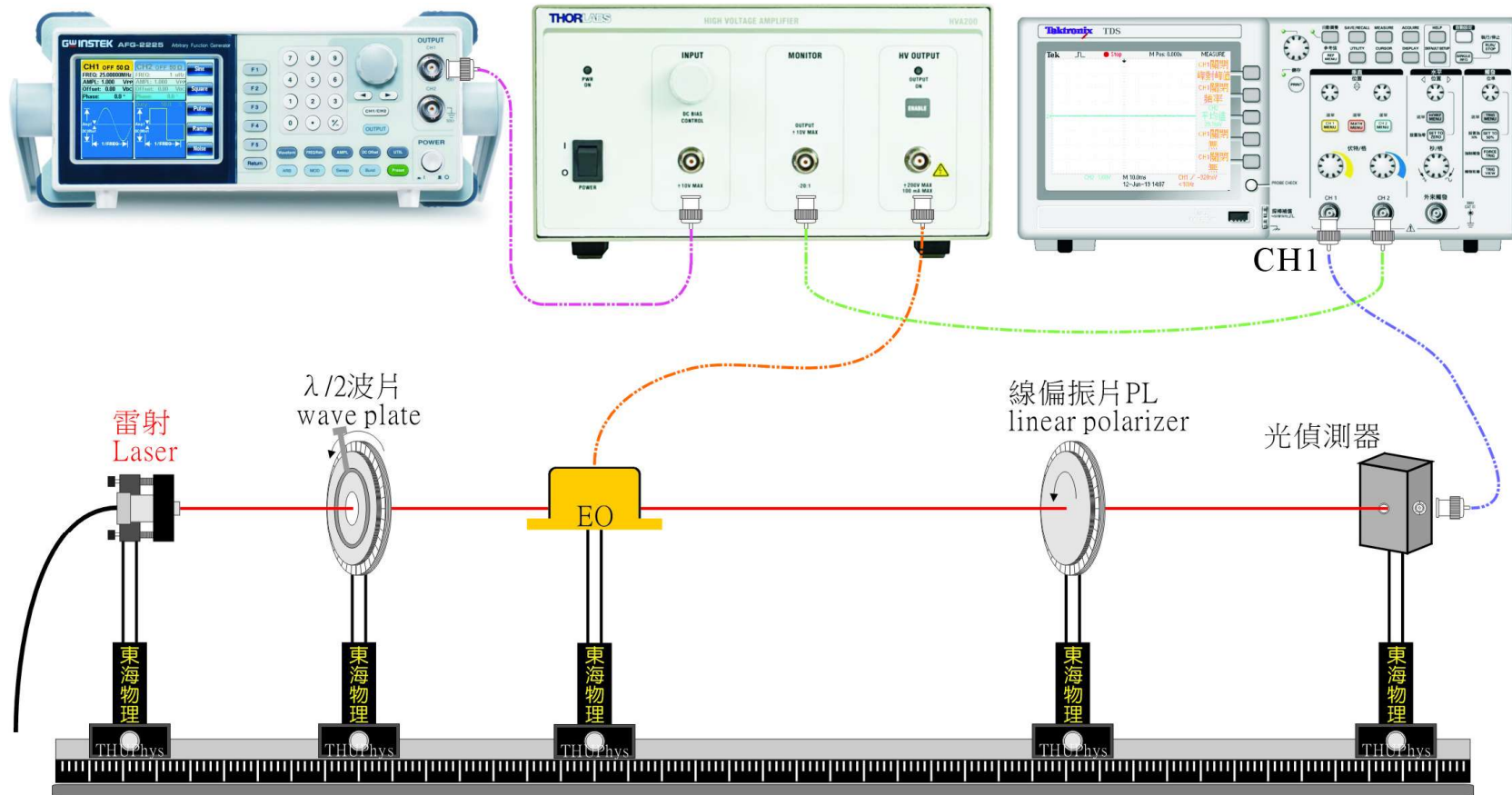
通過【HWP】的光偏振

與【EOM】夾45度角。

波形產生器設定1kHz，400mVp-p(調變)。

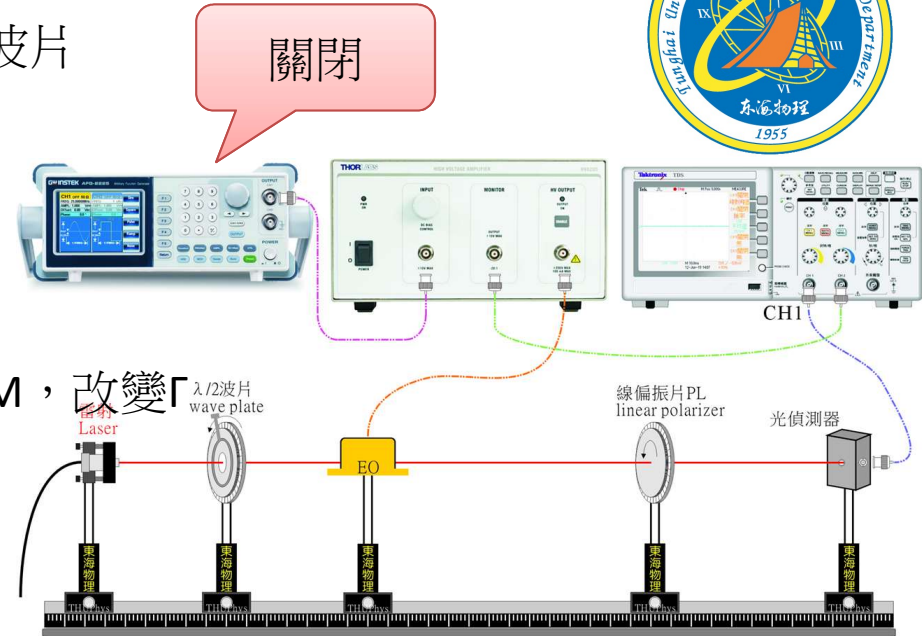


儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\pi/2}$ 與 $\lambda/4$ 波片 $1-V_{\pi/2}$



儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\{\pi/2\}}$ 與 $\lambda/4$ 波片
 $1-V_{\{\pi/2\}}$

通過【HWP】的光偏振
 與【EOM】夾45度角。
 波形產生器設定1kHz，400mVp-p(調變)

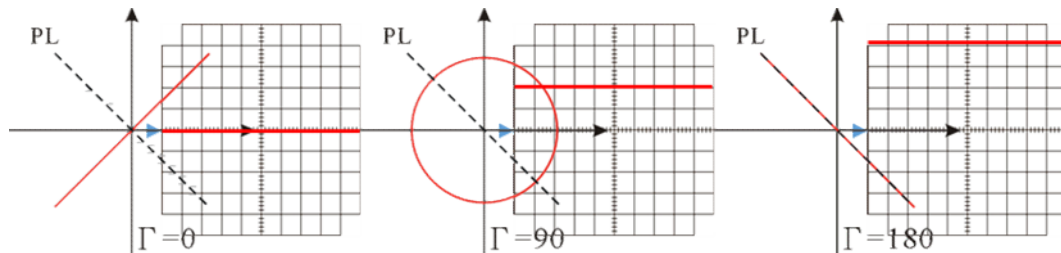
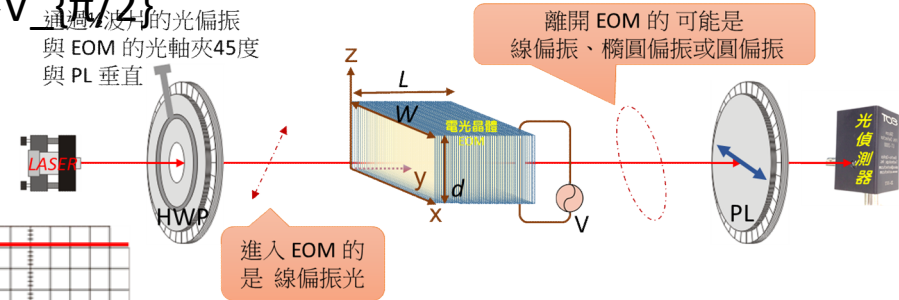


旋轉DC BIOS CONTROL，提供直流偏壓給EOM，**改變 Γ**
 使得CH1訊號最大(V_{max})
 當 $\Gamma=180$ ，紀錄

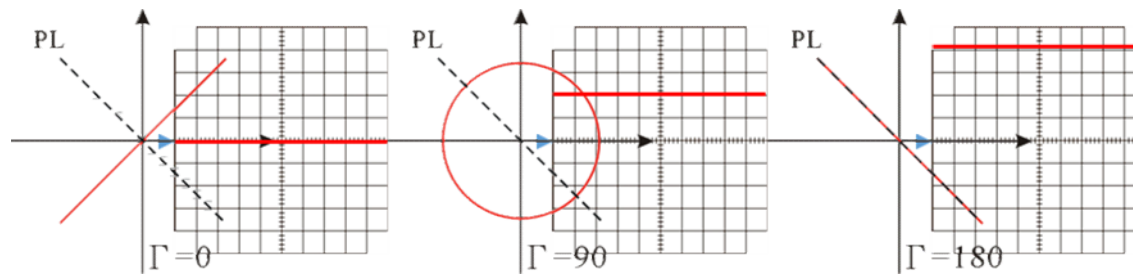
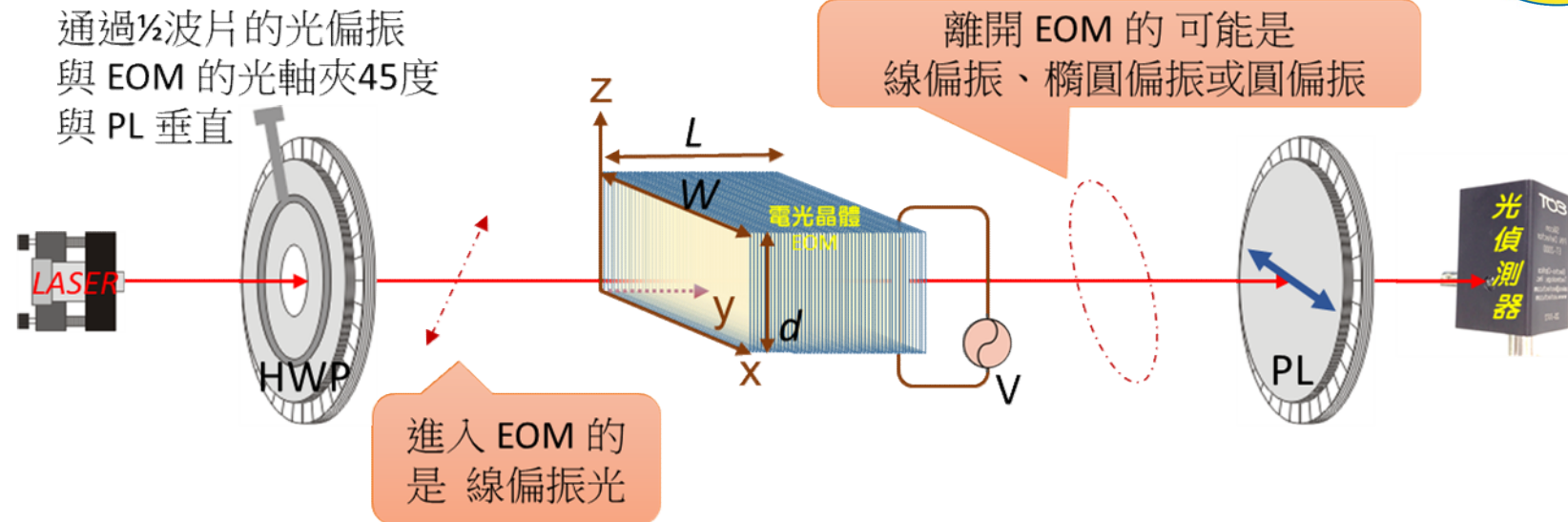
再次調整DC BIOS CONTROL
 使得CH1訊號為【 $1/2 V_{max}$ 】
 此時 $\Gamma=90$

利用三用電表量直流偏壓，這個直流偏壓為 $V_{\{\pi/2\}}$

通過 $\lambda/4$ 波片的光偏振
 與 EOM 的光軸夾45度
 與 PL 垂直



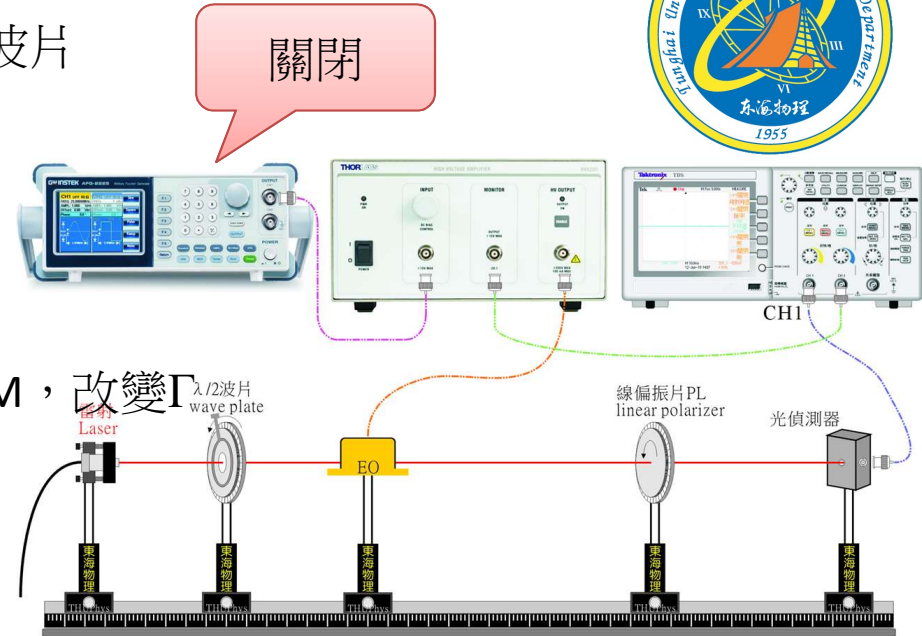
儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\{\pi/2\}}$ 與 $\lambda/4$ 波片





儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\{\pi/2\}}$ 與 $\lambda/4$ 波片
 $1-V_{\{\pi/2\}}$

通過【HWP】的光偏振
 與【EOM】夾45度角。
 波形產生器關閉(不加調變訊號)

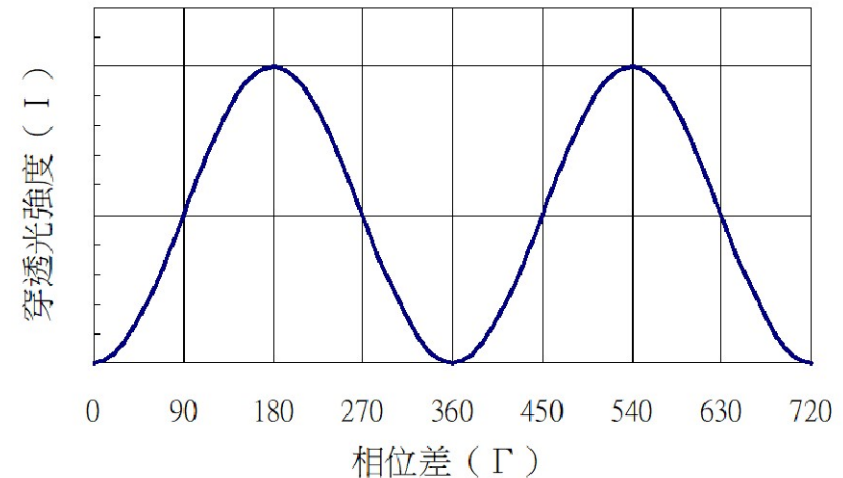


旋轉DC BIOS CONTROL，提供直流偏壓給EOM，改變 Γ

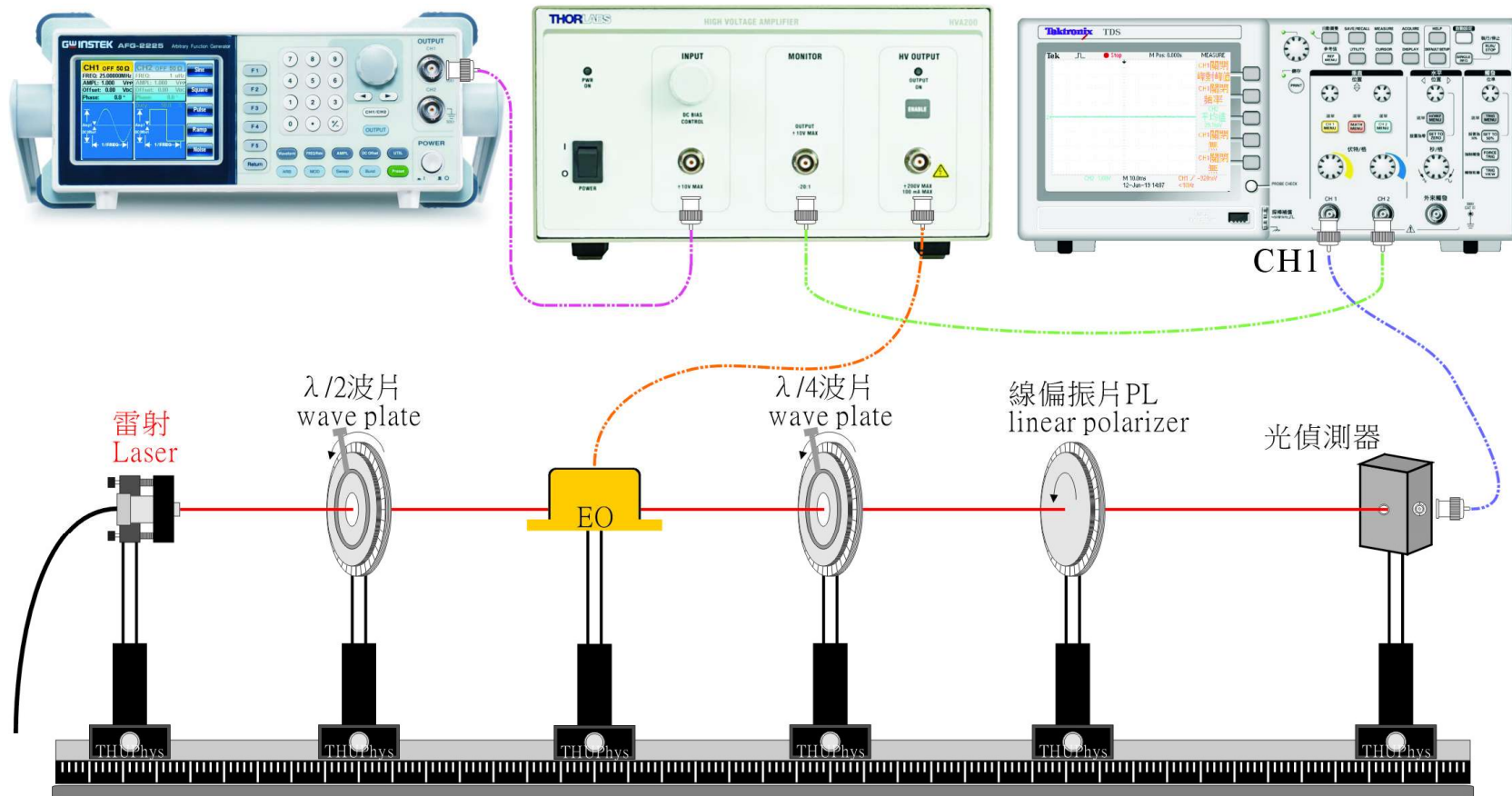
當CH1訊號最小，量 $V_{\text{monitor}}=V1$
 乘上倍率得到 V_0
 此時 $\Gamma=0$

當CH1訊號最大，量 $V_{\text{monitor}}=V2$
 乘上倍率得到 V_{π}
 此時 $\Gamma=180$

再次調整DC BIOS CONTROL
 使得CH1訊號為【 $1/2 (V_1 + V_2)$ 】
 此時 $\Gamma=90$
 這個直流偏壓為 $V_{\{\pi/2\}}$



儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\{\pi/2\}}$ 與 $\lambda/4$ 波片 1- $\lambda/4$ 波片

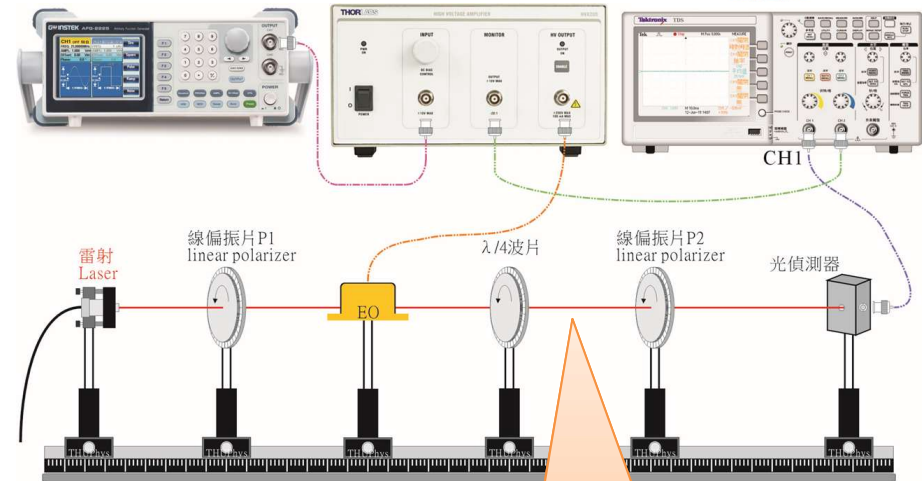


儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\{\pi/2\}}$ 與 $\lambda/4$ 波片

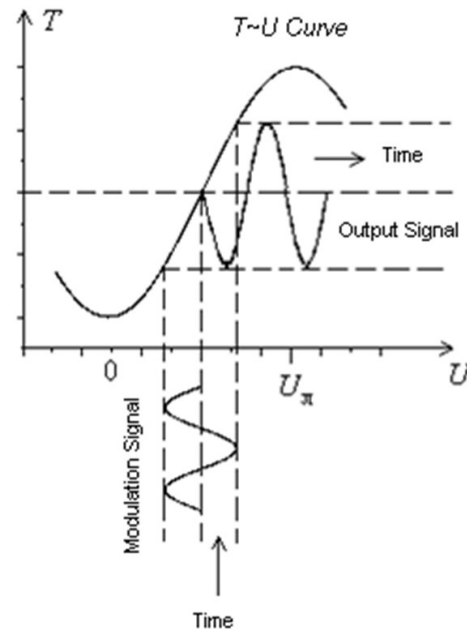
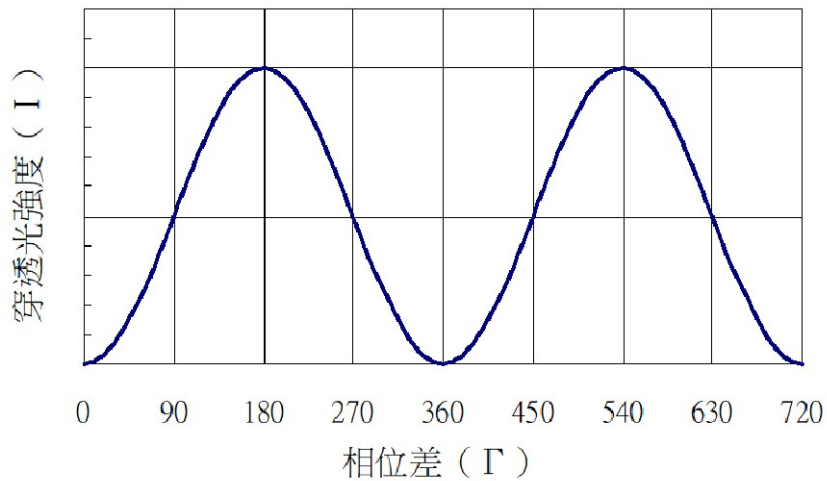
1- $\lambda/4$ 波片

通過【HWP】的光偏振
與【EOM】夾45度角。
波形產生器設定1kHz，400mVp-p(調變)
調整DC BIOS CONTROL為 V_0
(即確定 $\Gamma=0$ 時)

放入 $\lambda/4$ 波片， $\lambda/4$ 波片轉一圈
線偏振
圓偏振..... $\Gamma=90$
橢圓偏振



線偏振光
圓偏振
橢圓偏振



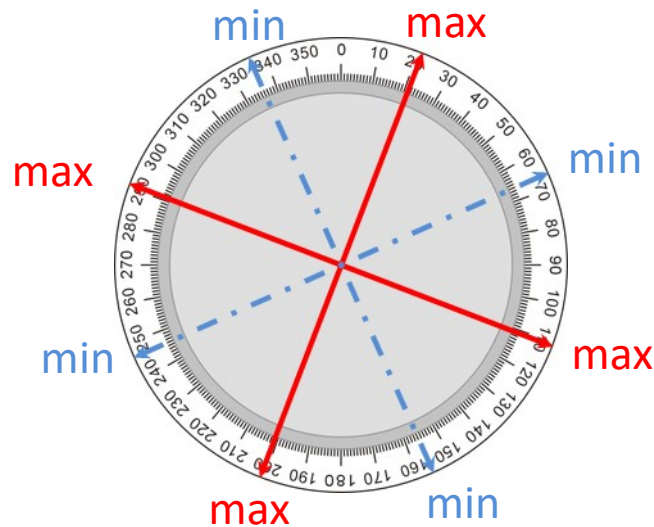
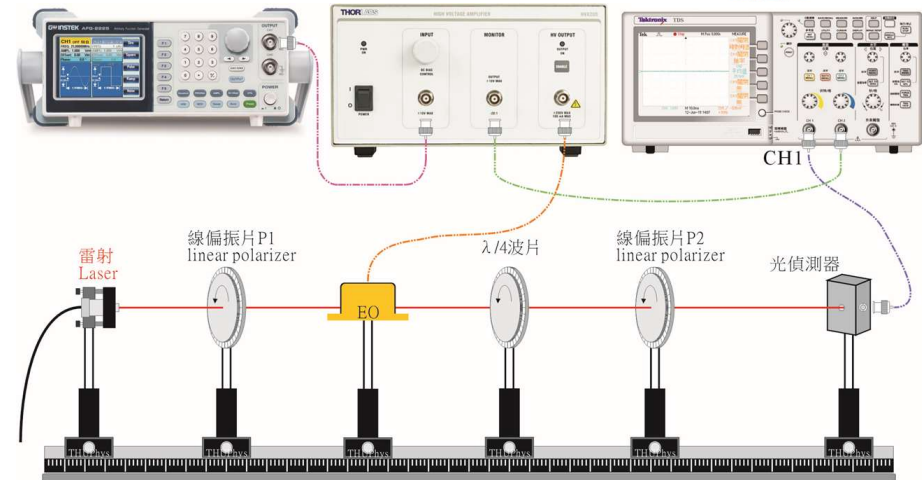
儀器架設(五)：最佳調變條件 $V_{\{\pi/2\}}$ 與 $\lambda/4$ 波片

1- $\lambda/4$ 波片

通過【HWP】的光偏振
與【EOM】夾45度角。
波形產生器設定1kHz，400mVp-p(調變)
調整DC BIOS CONTROL為V_0
(即確定 $\Gamma=0$ 時)

放入 $\lambda/4$ 波片， $\lambda/4$ 波片轉一圈

線偏振
圓偏振..... $\Gamma=90$
橢圓偏振

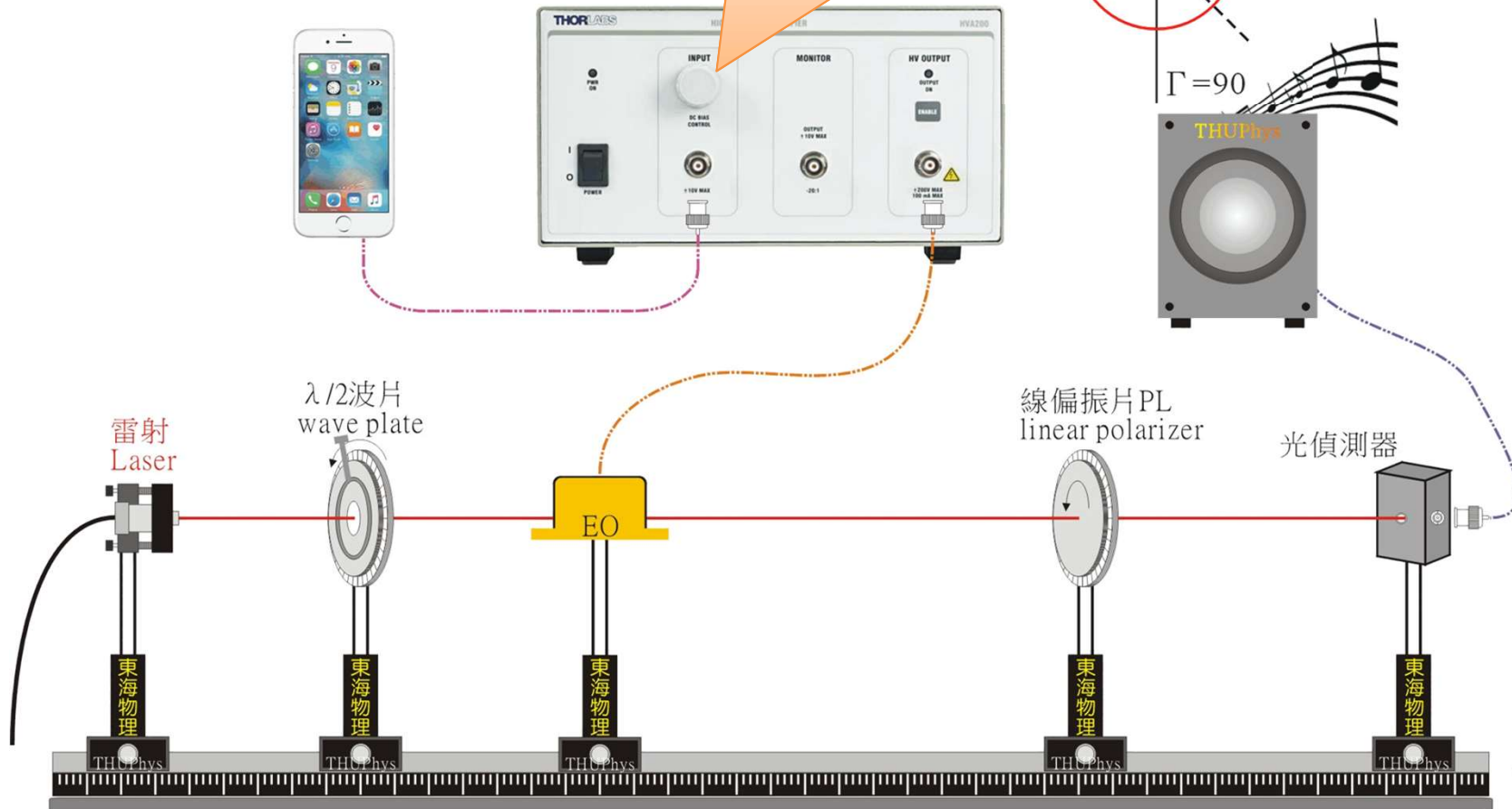
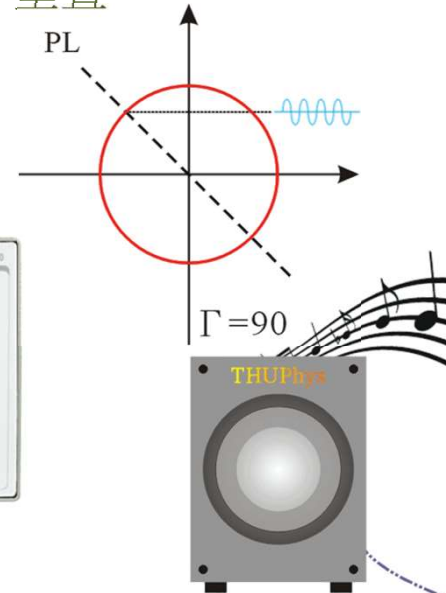




儀器架設(六)：聲音傳輸
手機撥放音樂接到高壓放大器輸入端
光偵測器輸出接到擴音喇叭

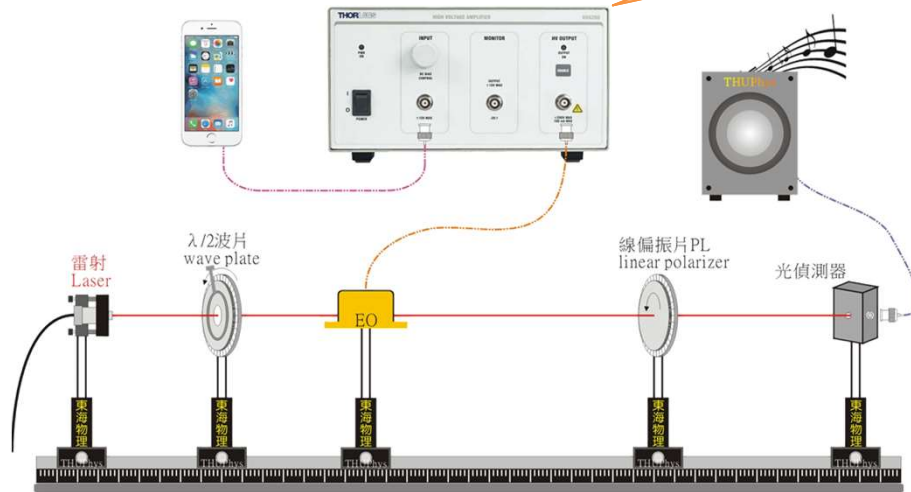
通過【HWP】的光偏振
與【EOM】夾45度角
且與【PL】垂直

微調 DC BIOS CONTROL
使得 $\Gamma=90$

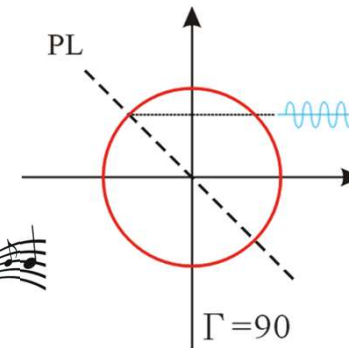


儀器架設(六)：聲音傳輸
手機撥放音樂接到高壓放大器輸入端
光偵測器輸出接到擴音喇叭

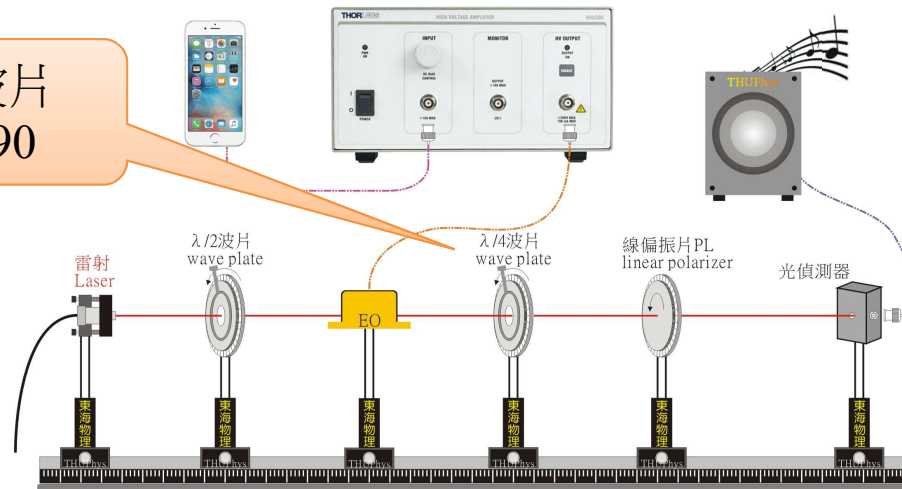
微調 DC BIOS CONTROL
使得 $\Gamma=90$



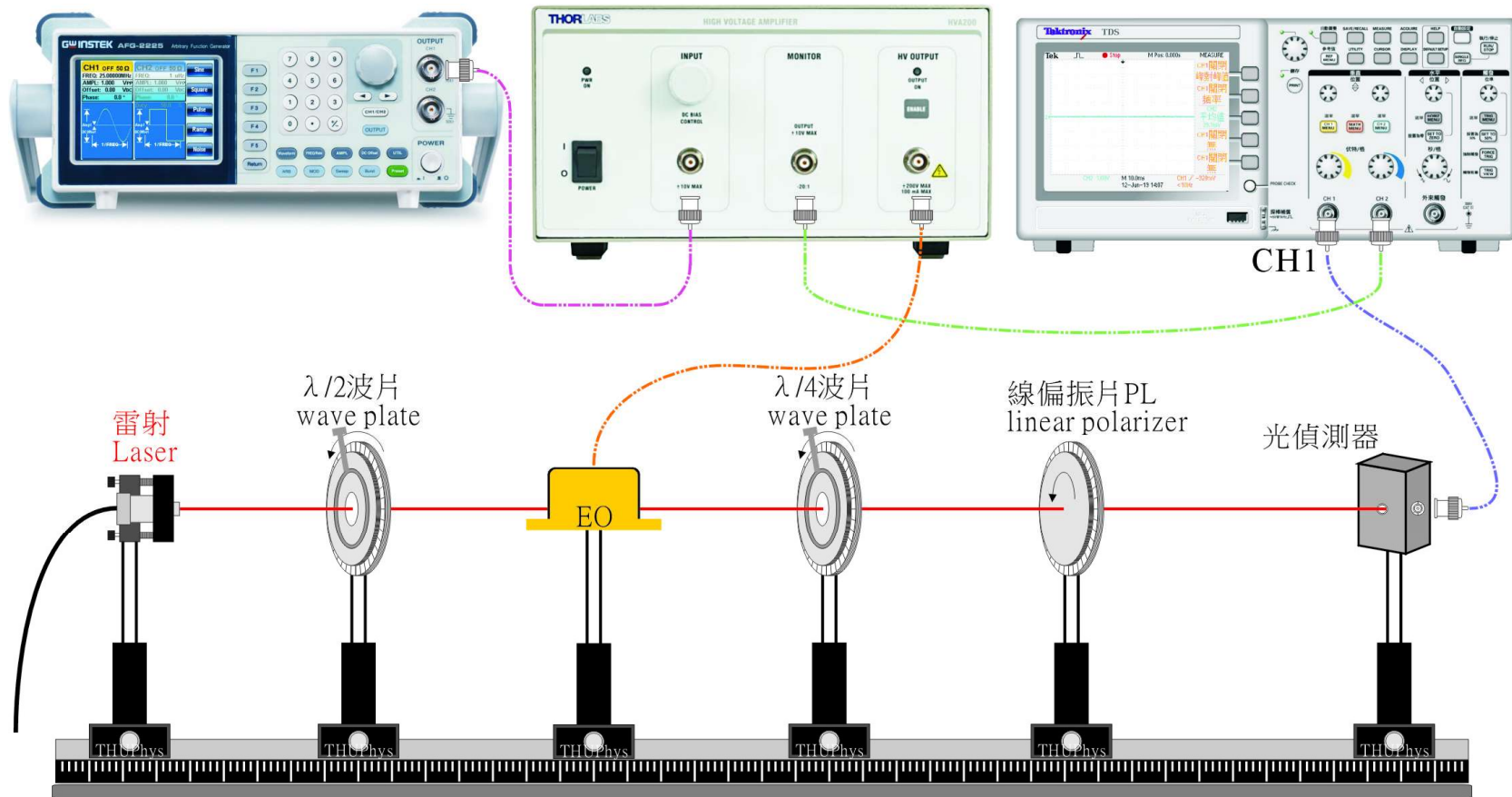
通過【HWP】的光偏振
與【EOM】夾45度角
且與【PL】垂直



轉動 $\lambda/4$ 波片
使得 $\Gamma=90$



儀器架設(七)：響應頻率



儀器架設(七)：響應頻率

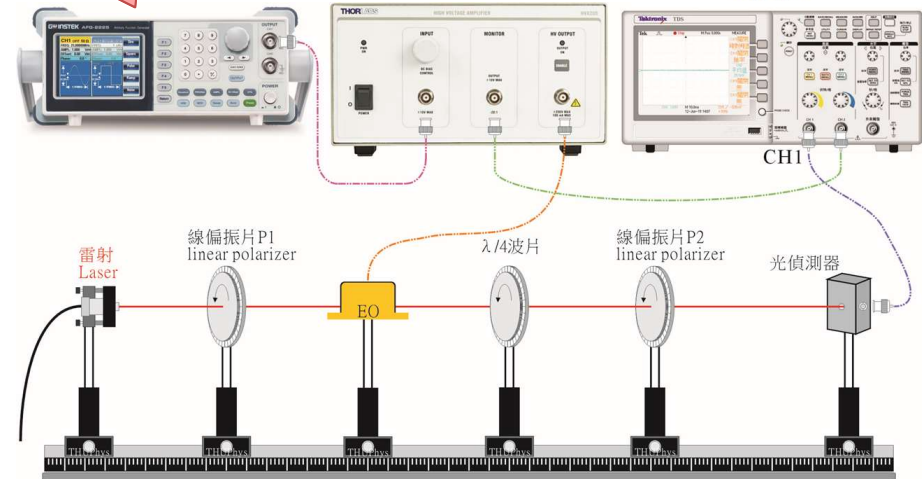
【P1】與【EOM】夾45度角。

【P1】 \perp 【P2】

波形產生器設定1kHz，400mVp-p(調變)

DC BIOS CONTROL=0V

1kHz，400mVp-p



1、調整 $\lambda/4$ 波片

使CH1振幅最大，失真最小。

2、調整訊號產生器之輸出振幅。

紀錄振幅大小

3、改變訊號產生器之頻率。

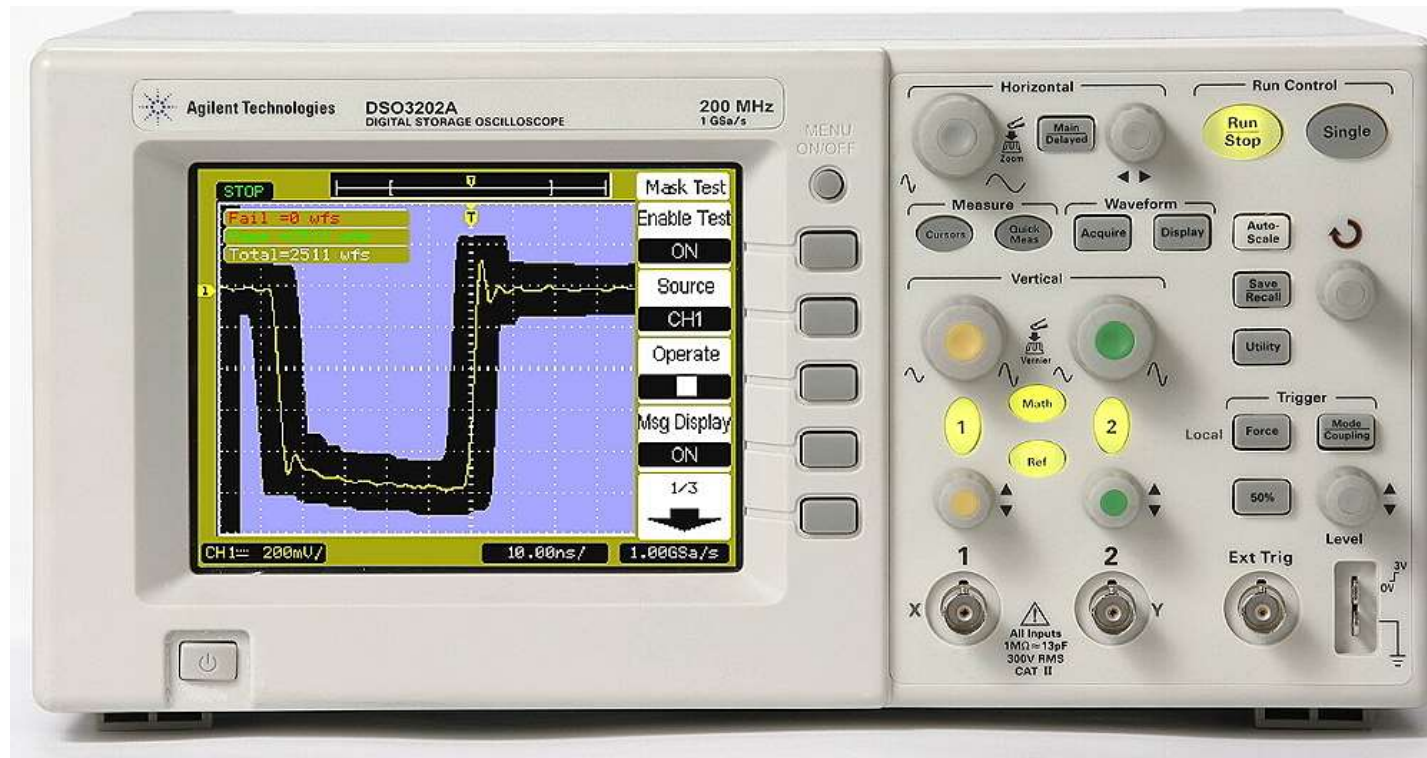
4、當振幅為原來的 $1/\sqrt{2}$ (~70%)時，紀錄此時的頻率。

【高頻截止頻率！】

截止頻率 (Cutoff frequency)：

系統輸出訊號的振幅(能量)開始大幅下降時的邊界頻率。

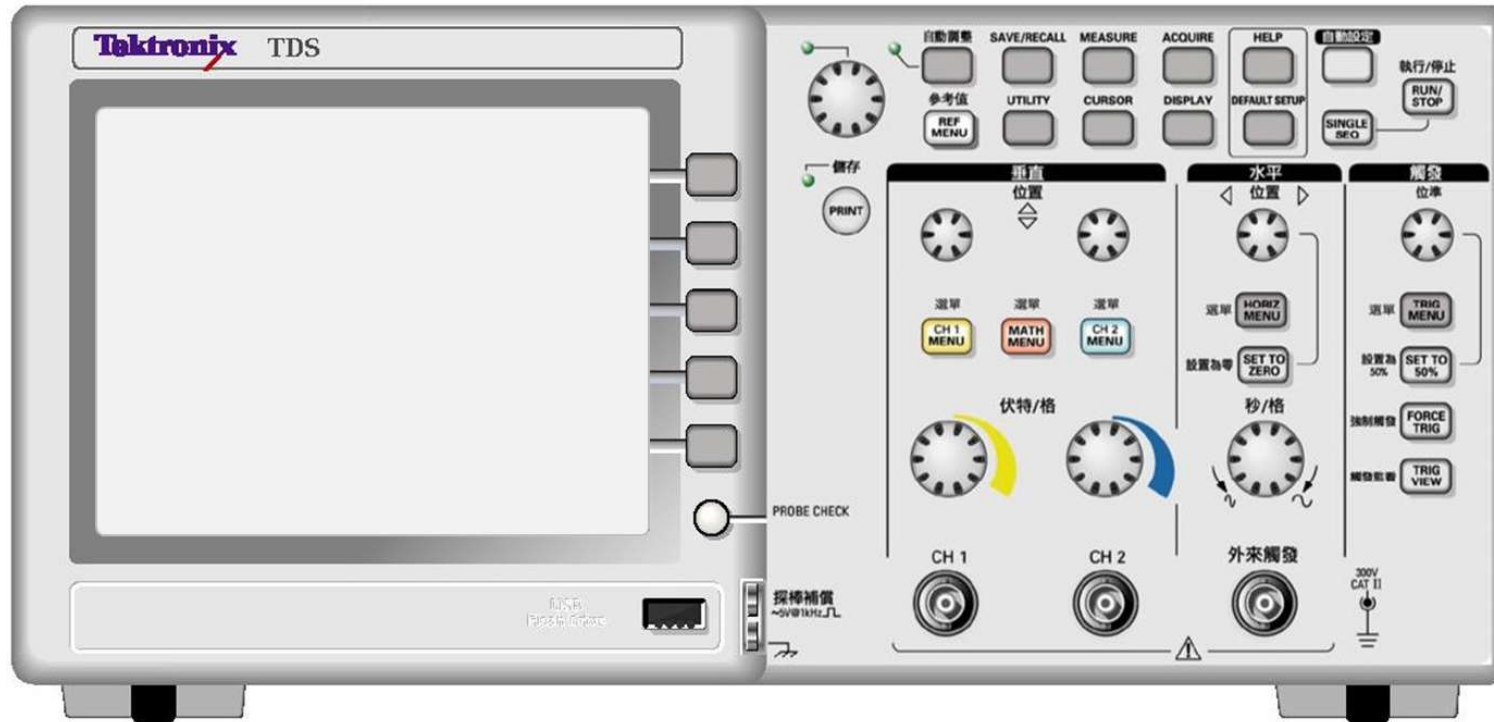
Agilent-DSO-3102A示波器



儲存方式（1G以下USB隨身碟）
Save/Recall

這台示波器不會自動將要存的圖編號，因此一定要設定檔名，以免將上一個存好的圖覆蓋.....這樣就白做實驗了！

TDS2022C示波器

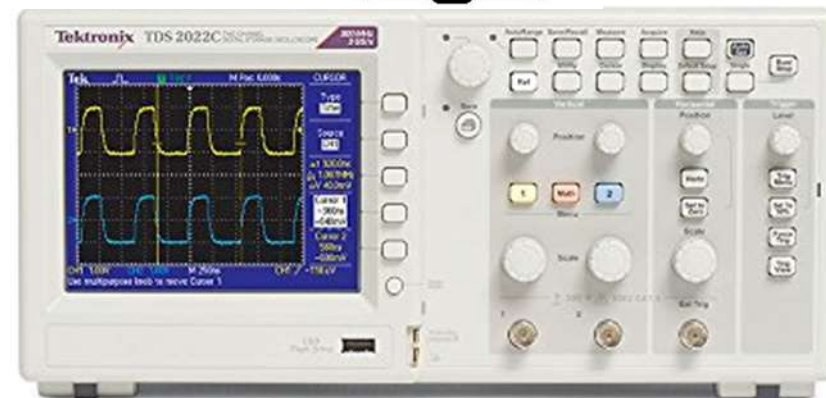


儲存方式 (32G以下USB隨身碟)

1-Save/Recall

2-Print

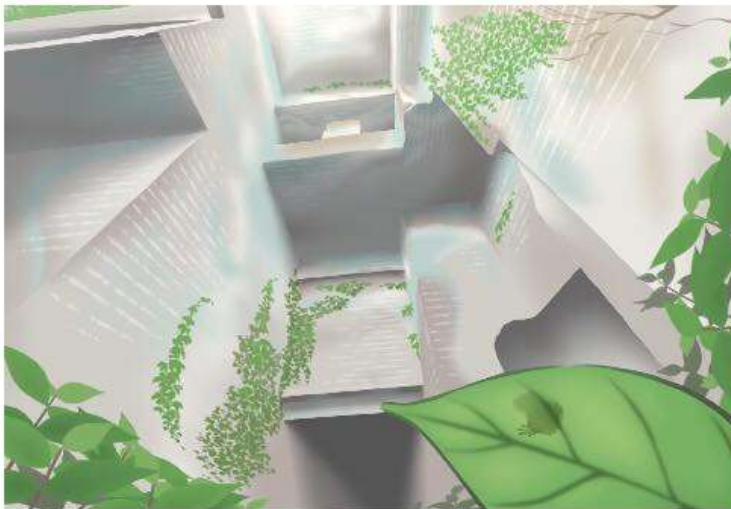
示波器會將螢幕影像儲存
至目前的資料夾並自動產生檔案名稱。





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/>