

光電實驗(八) 電光調變

(一) 實驗目的：

觀察 Pockels 效應、測量 Pockels 盒 (cell) 的半波電位。

(二) 實驗原理：

某些物質在電場中會產生感應雙折射，稱為電光效應，如 Kerr 效應及 Pockels 效應。Kerr 效應為三次非線性效應，感應雙折射的大小正比於電場強度的平方，通常需要 kV 的電位才能產生的相位延遲。此外，常用的效應較強的硝基苯 ($C_6H_5NO_2$) 有劇毒，危險性高。Pockels 效應為線性效應，只存在於某些不具中心對稱的晶體，常用材料如 KDP (KH_2PO_4) 或 KD*P (KD_2PO_4)。Pockels 盒的操作電壓通常比 Kerr 盒小一個數量級以上，也沒有毒性，因此我們選擇 Pockels 盒做電光效應實驗，所用的晶體是鈮酸鋰 ($LiNbO_3$)。

當外加電場中與 $LiNbO_3$ 晶體光軸(c-axis or z-axis)同方向時， $LiNbO_3$ 晶體的折射率橢球主軸方向(x,y,z axes)保持不變，但軸長會因外加電場而改變。若入射光沿著 x 方向傳播，則光入射光在在 y 與 z 方向的折射率之差可表示為：

$$\Delta n = n_y - n_z = (n_o - n_e) + KE_z = (n_o - n_e) + K \frac{V}{d},$$

其中 K 為常數， E_z 為電場強度， V 為電位差， d 為正負電極間距。所以光在 x 方向傳播經過長度 L 的 $LiNbO_3$ 晶體，光在 y 與 z 偏振的相位差為：

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n L = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) L + \frac{2\pi}{\lambda} K \frac{VL}{d} = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) L + \frac{2\pi V}{V_\pi},$$

$V_\pi = \frac{\lambda d}{KL}$ 稱為半波電位。

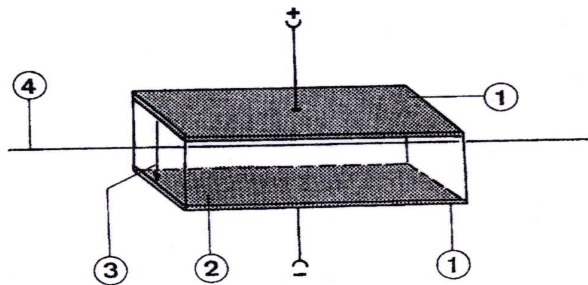


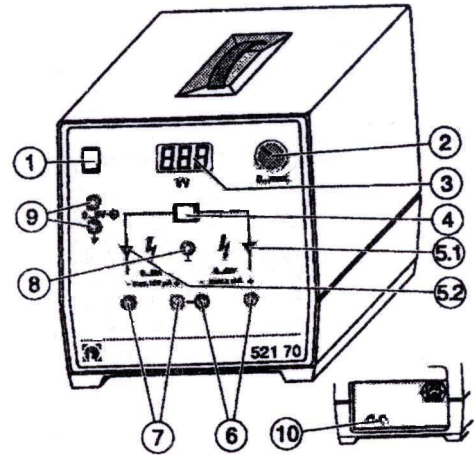
圖 8-1

(三) 實驗儀器與光電元件：

1. Pockels 盒：鈮酸鋰晶體，電極間距 2mm，長 20mm， $V_{\pi} = 380V$ 。
2. 高壓電源供應器：DC 10 KV，面版如下圖。
3. He-Ne 雷射（輸出線偏振光）、凸透鏡 2 片、偏振器、屏幕、高壓電線、光學軌。

使用注意事項：

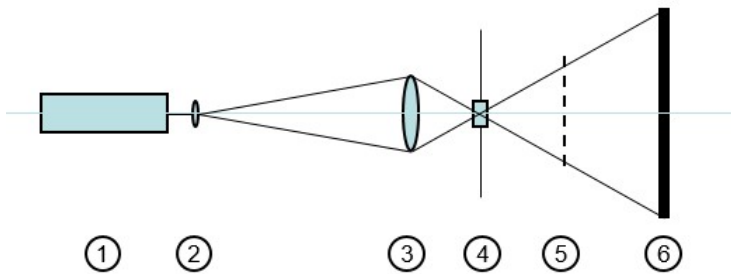
1. 本儀器合於接觸安全 (contact-safe) 標準，及通過 2K 無感電阻之電流小於 2mA。
2. 勿連接 2.5nF 以上之電容。
3. 勿將多組電源串聯。
4. 接線時間，關閉電源。
5. 切換選擇開關時，先將輸出調到 0V (②鈕左轉到底)。
6. 只能使用塑膠套的電阻，不能用金屬套的電阻，以免跳電。
7. 接地。
8. 使用高壓電線。
9. 實驗設計避免連接高壓的裸露導體。



①電源開關。②電壓調整鈕。③電壓顯示 (精度 3%)。④輸出選擇：右—輸出⑥、左—輸出⑦、中—⑥⑦串聯。⑤輸出顯示燈。⑥⑦輸出端：⑥:0-5KV, <2mA ⑦:0-5KV, <200 μ A ⑥+⑦:0-10KV 或 -5-+5KV(中央接地) <200 μ A >5KV 時 <100 μ A。⑧接地端。⑨輸出控制：外接低壓電源以控制高壓輸出，控制電壓 0-5KV DC 或 0-5V AC, <1Hz。⑩(背面)6.3V AC 輸出。

(四) 實驗步驟：

1. 遵守高壓電源使用注意事項，接電源於 Pockels 盒，此時 Pockels 晶體高電壓先關閉。



①雷射，②、③凸透鏡，④Pockel 盒，⑤偏振片，⑥屏幕

圖 8-2



圖 8-3

2. 在光學軌上安裝各元件如圖 8-2，二透鏡使光束發散角度加大，將之聚焦在 Pockels 盒中央，旋轉檢偏器與 Pockels 盒，使之偏振正交，屏幕最暗。
3. 將 Pockels 盒再旋轉 45° ，屏幕應呈現雙曲線干涉圖案(圖 8-3)。
4. 開電源，慢慢改變電壓輸出，觀察屏幕上之圖案變化。(輸入 Pockel 盒的電壓為高電壓，勿超過 1KV)
5. 調整電壓，測量干涉條紋由暗變亮或由亮變暗時的電壓差，亦即半波電壓。(或干涉條紋由原本暗紋位置移動至下一個暗紋位置時的電壓差為全波電壓，亦為半波電壓的兩倍)

(五)數據處理

1. 量測 10 次半波電壓，並求其平均、偏差、以及統計標準差
2. 以平均的半波電壓算出此電光晶體的 K 常數(Electro-optic coefficients)。

(六)問題與討論：

1. 步驟 3 中，將 Pockels 盒旋轉 45° 的目的是什麼？
2. 解釋為何步驟 1 到步驟 6 的過程可以測得半波電壓？
3. 何謂“雙折射”晶體？
4. 如何利用電光效應來達成光振幅調變器？