

TFT LCD 面板的驅動與設計

Part 1

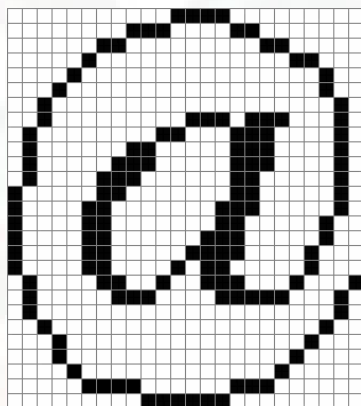
Ya-Hsiang Tai

1. 了解TFT LCD

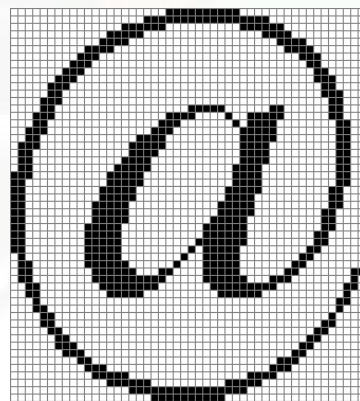
1. 顯示器
2. 液晶顯示器 (Liquid Crystal Display , LCD)
3. 薄膜電晶體 (Thin-Film Transistor , TFT)
4. TFT LCD
5. 名詞解釋

1.1 顯示器

1.1.1 畫素(Pixel，即PICture ELement)



(a)



(b)

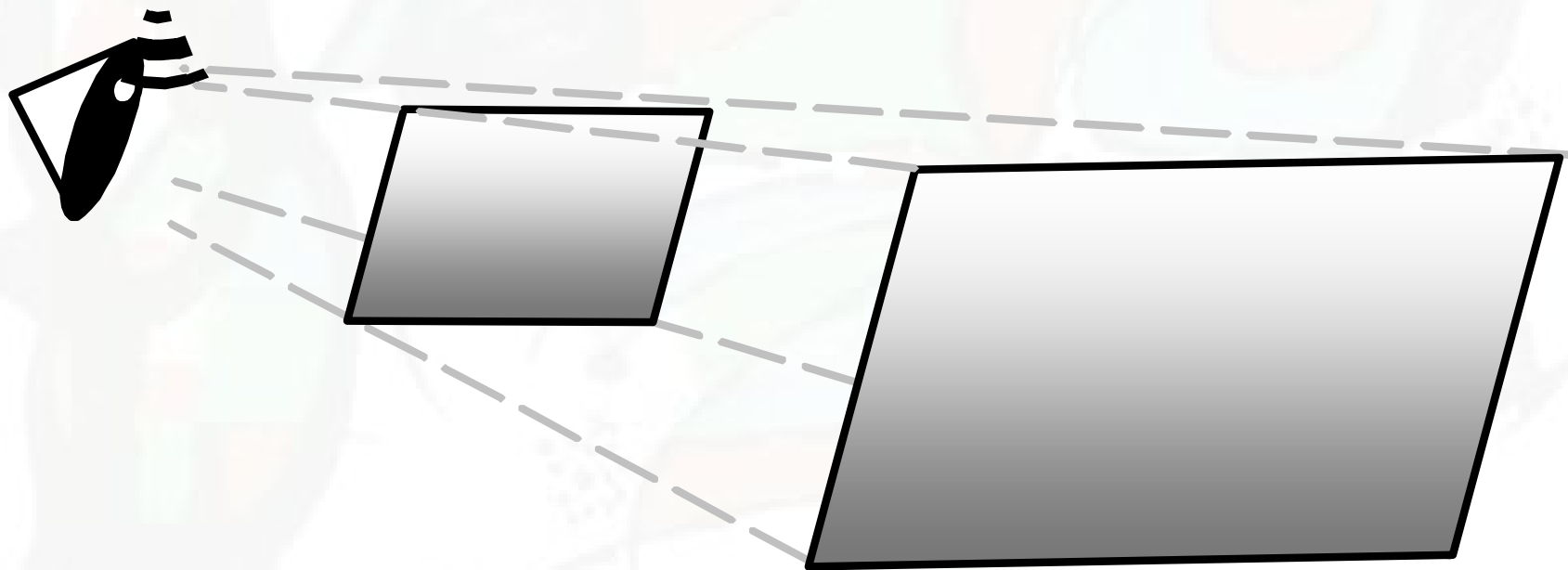


(c)

{圖1.1} (a) 24x27畫素組成一個@字元(b) 48x54畫素組成一個@字元(c) 48x54畫素組成4個@字元

1.1 顯示器

1.1.1.1 觀察距離



{圖1.2} 觀察距離示意圖

1.1 顯示器

1.1.1.2 畫面尺寸



(a)



(b)

{圖1.3} 相同對角線長度的畫面，長寬的比率為 (a)4:3 (b)16:9

1.1 顯示器

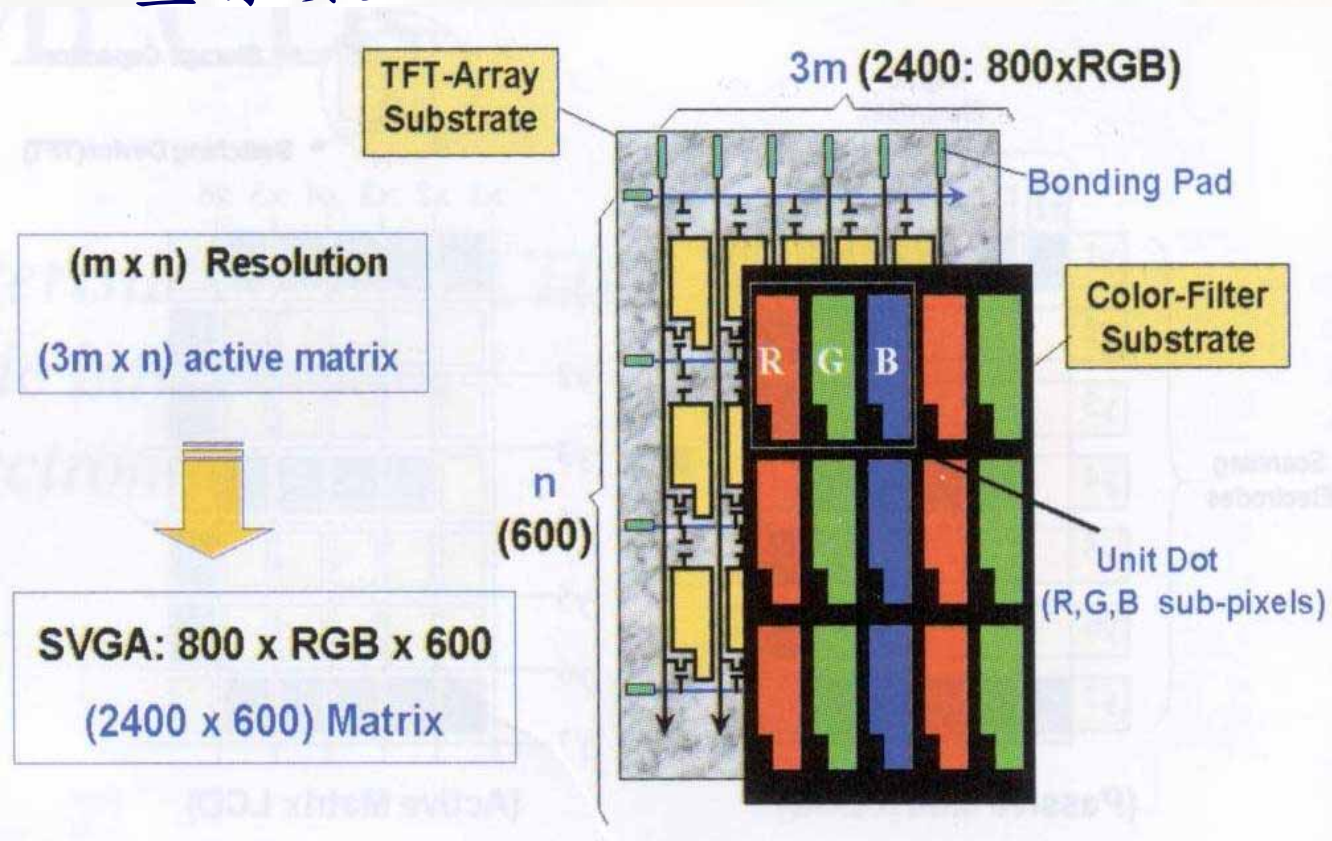
1.1.1.3 畫素大小

Pixel per Inch (PPI)

- Square dot → 1 inch/pixel pitch (e.g. 25.4mm / 0.264mm = 96.2)
- Other dot → $[1 \text{ inch}^2 / \text{pixel area}]^{(1/2)}$

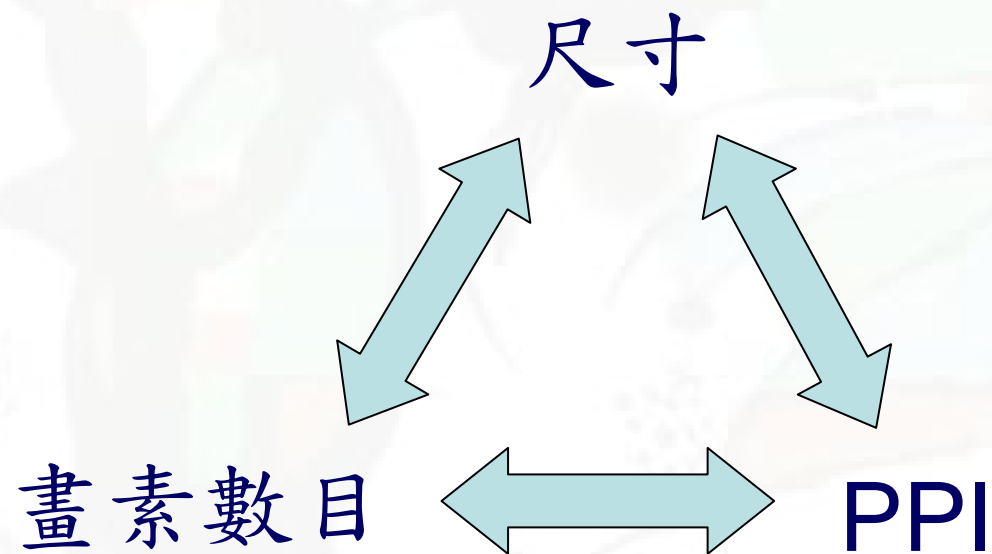
1.1 顯示器

1.1.1.4 畫素數目



1.1 顯示器

1.1.1.5 尺寸與數目的換算



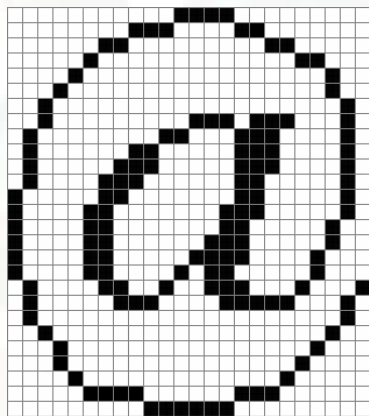
PPI 96.2 +
SXGA →
Size?



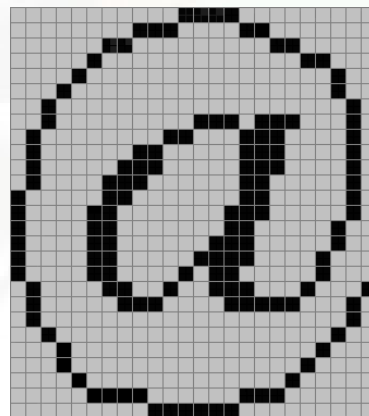
Microsoft Excel
工作表

1.1 顯示器

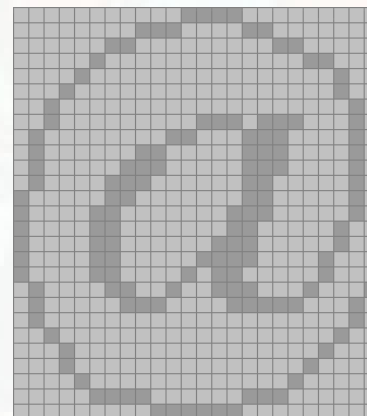
1.1.2 對比(Contrast)



(a)



(b)



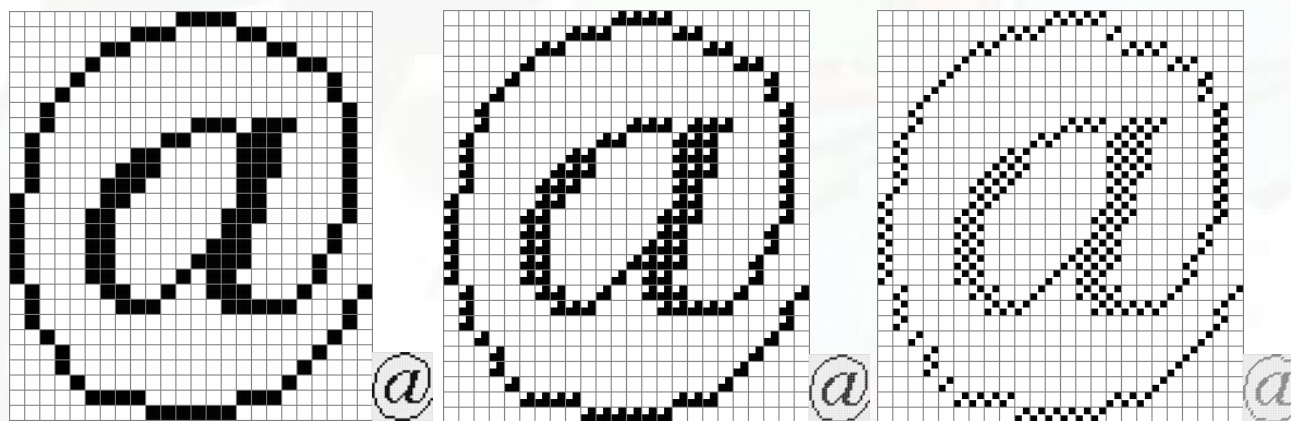
(c)

{圖1.4} (a) 畫素之間亮暗的差別大 (b) 畫素之間亮暗的差別較小 (c) 畫素之間亮暗的差別很小

1.1 顯示器

1.1.3 灰階 (Gray Level)

1.1.3.1 以次畫素(Sub-pixel)分級灰階



(a)

(b)

(c)

{圖1.5} 暗色畫素中(a) 0個次畫素是亮的 (b) 1個次畫素是亮的 (c) 2個次畫素是亮的

1.1 顯示器

1.1.3 灰階 (Gray Level)

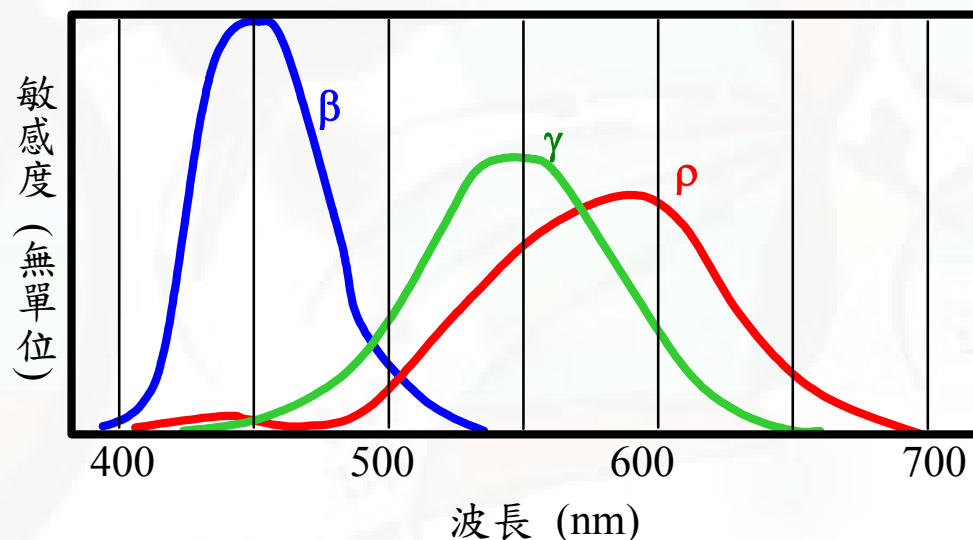
1.1.3.2 以畫素發光的時間比例分級灰階

1.1.3.3 以畫素發光強度分級灰階

1.1 顯示器

1.1.4 顏色

1.1.4.1 顏色是一種感知



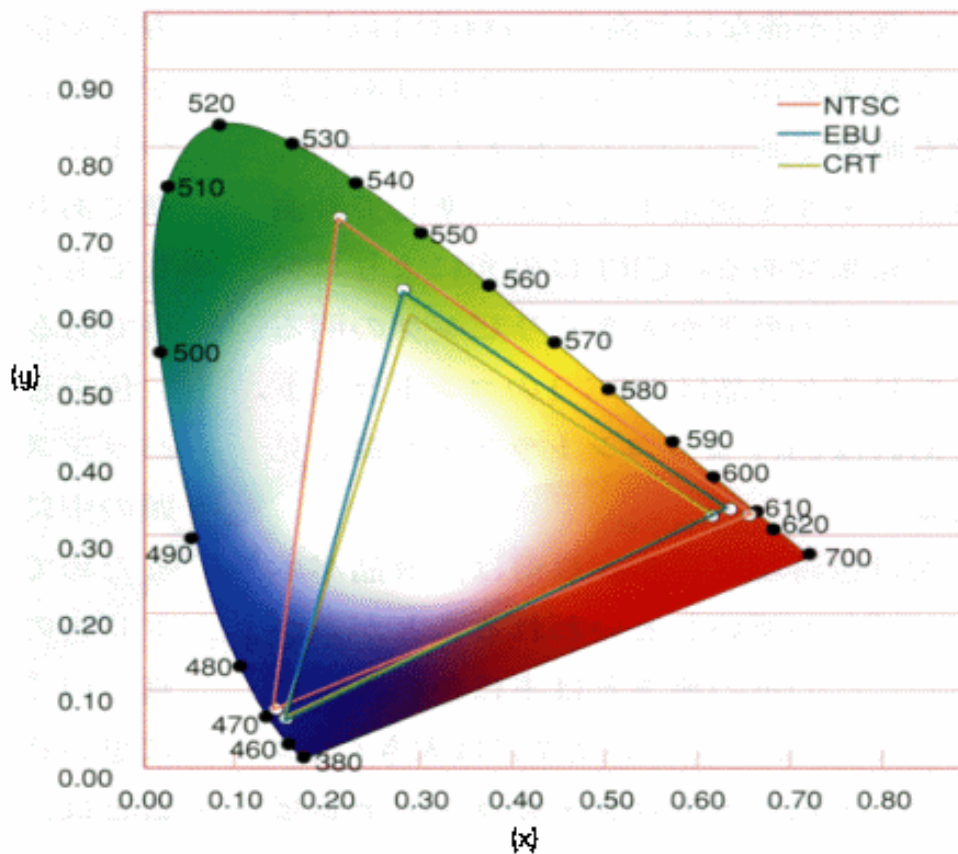
{圖 1.6} 三種人眼細胞對波長的敏感度

1.1.4.1.1 多波長光源顏色的非唯一性

1.1.4.1.2 顏色的加成性

1.1 顯示器

1.1.4.1.3 色座標系統



1.1 顯示器

1.1.4.1.4 顏色的合成

$$X = x_r(Y_r/y_r) + x_g(Y_g/y_g) + x_b(Y_b/y_b)$$

$$Y = Y_r + Y_g + Y_b$$

$$X + Y + Z = Y_r/y_r + Y_g/y_g + Y_b/y_b$$

→

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$= [x_r(Y_r/y_r) + x_g(Y_g/y_g) + x_b(Y_b/y_b)] / (Y_r/y_r + Y_g/y_g + Y_b/y_b)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$= (Y_r + Y_g + Y_b) / (Y_r/y_r + Y_g/y_g + Y_b/y_b)$$

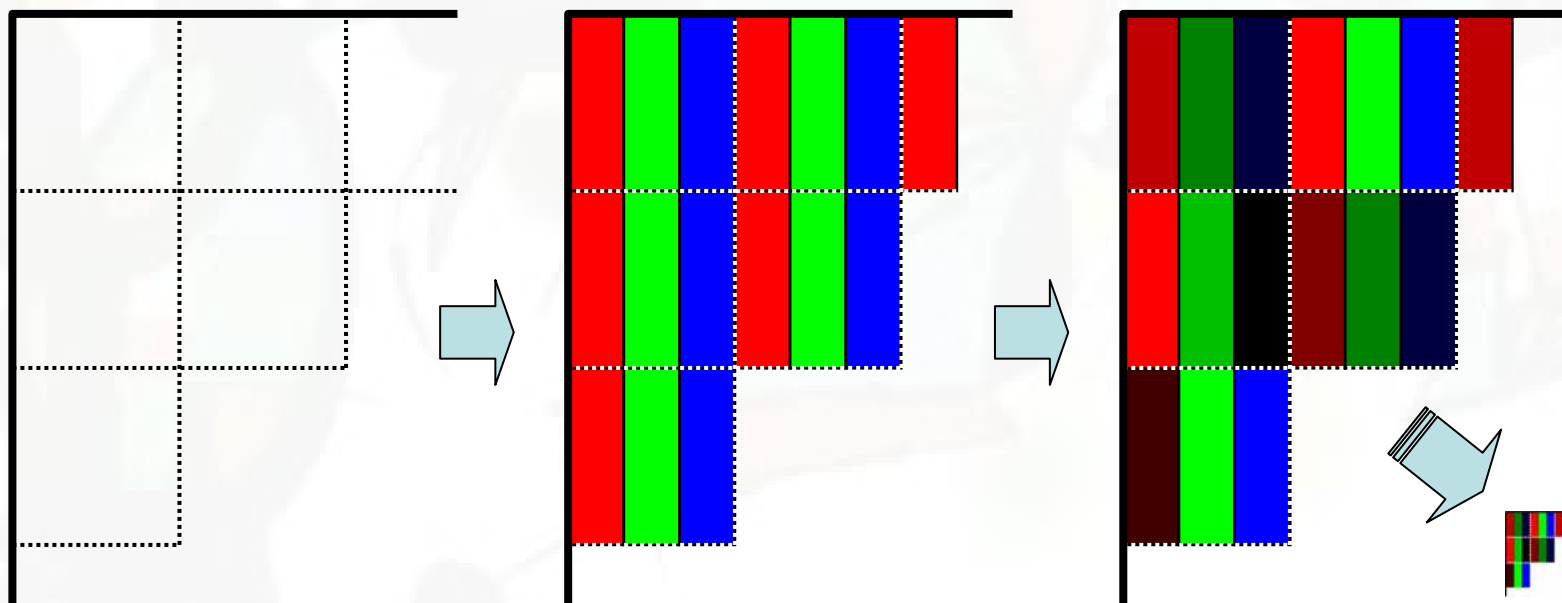


{圖1.8} 微軟視窗應用軟體中對顏色的設定

1.1 顯示器

1.1.4.2 以顯示器表現顏色

1.1.4.2.1 次畫素

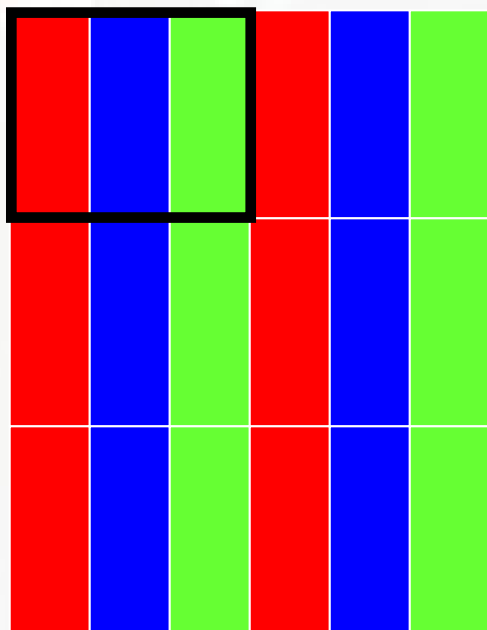


{圖1.9} 以紅、藍、綠三個次畫素組成畫素來顯現顏色

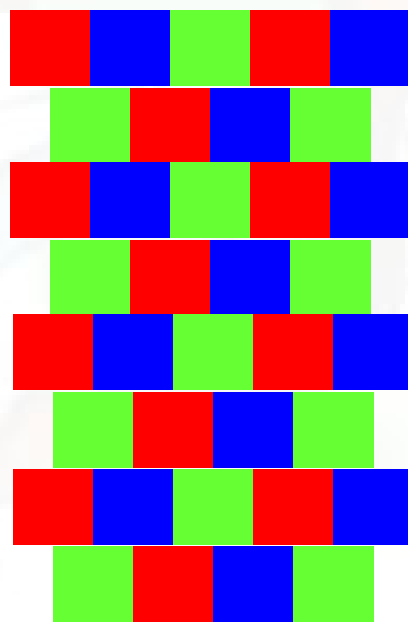
1.1 顯示器

1.1.4.2 以顯示器表現顏色

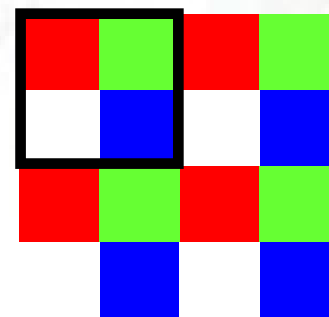
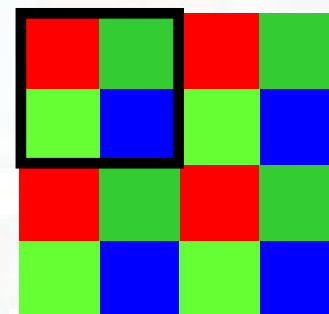
1.1.4.2.1 次畫素



Stripe arrangement



Delta arrangement

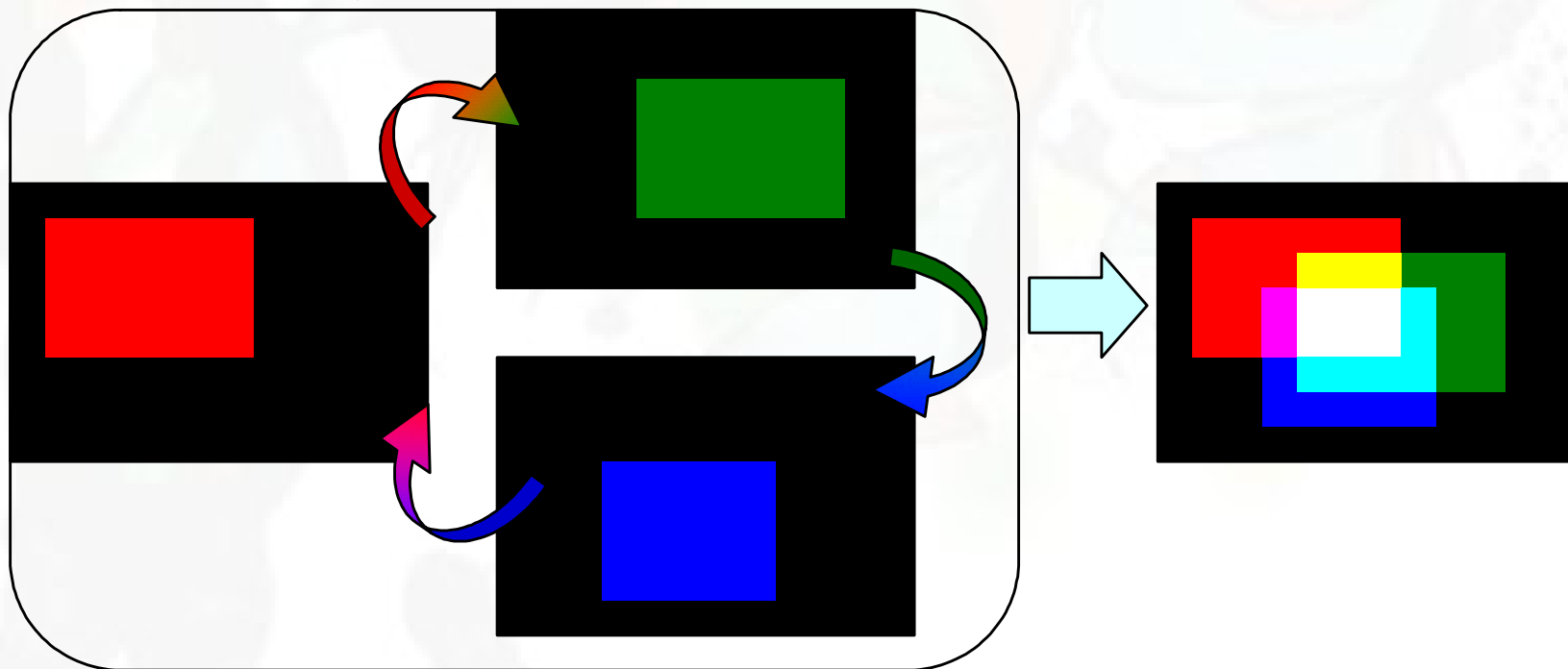


Other arrangements

1.1 顯示器

1.1.4.2 以顯示器表現顏色

1.1.4.2.2 色序法



{圖1.10} 以紅、藍、綠三個次序組成畫素來顯現顏色

1.2、液晶顯示器 (Liquid Crystal Display, LCD)

1.2.1 光閥的觀念

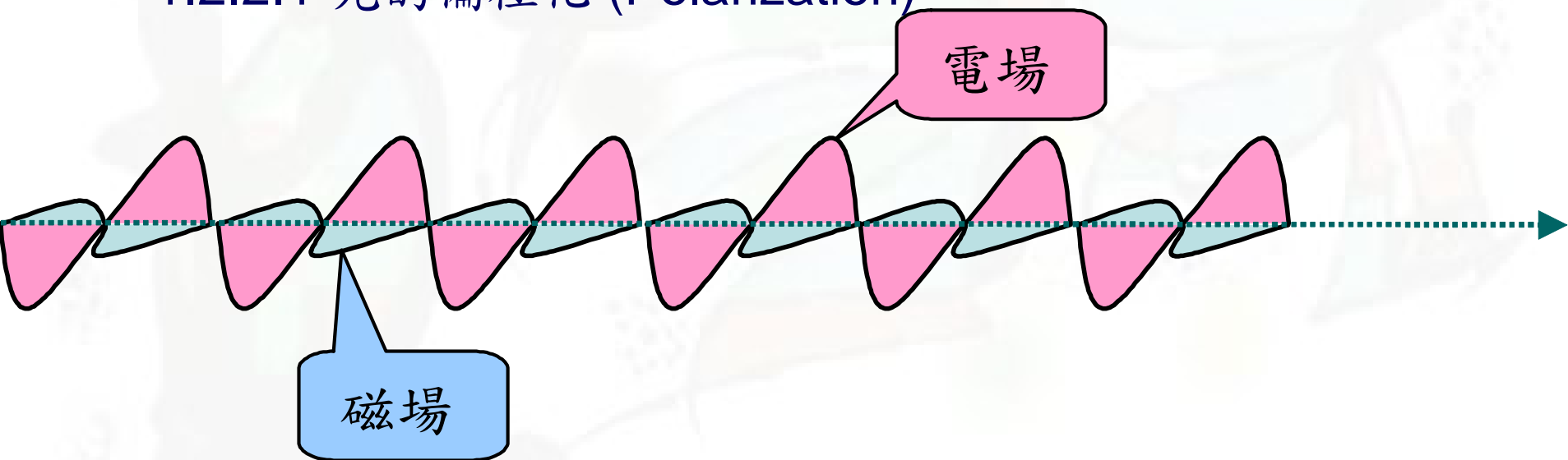
1.2.1.1 發光(emissive)型顯示器

1.2.1.2 非發光(non-emissive)型顯示器

1.2、液晶顯示器

1.2.2 如何利用LC製成光閥？

1.2.2.1 光的偏極化 (Polarization)

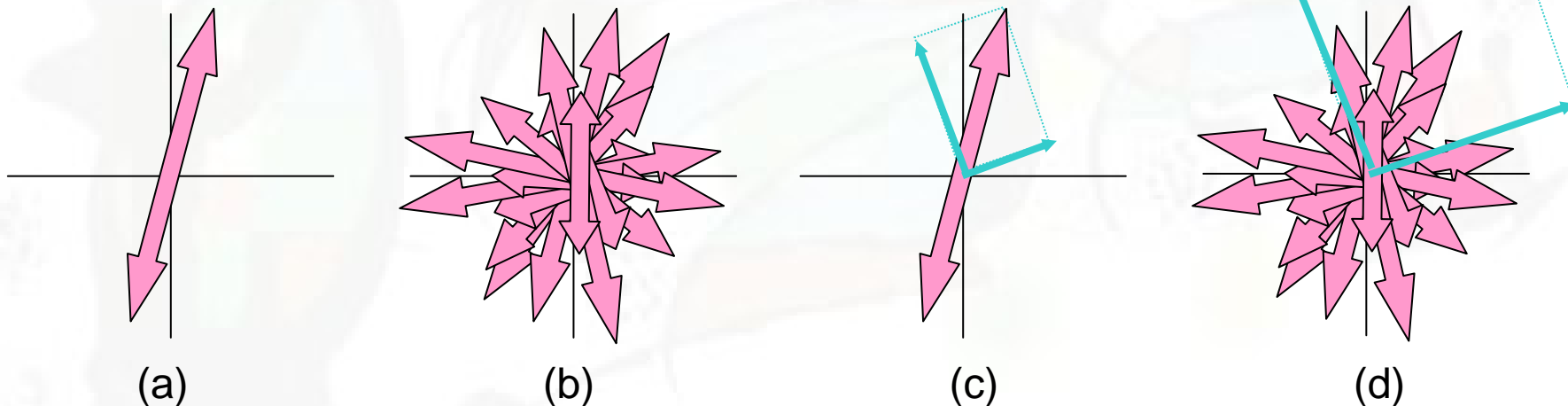


{圖1.11} 光可視作是一種電磁波，以電場和磁場交互振盪的方式向前傳播

1.2、液晶顯示器

1.2.2 如何利用LC製成光閥？

1.2.2.1 光的偏極化 (Polarization)

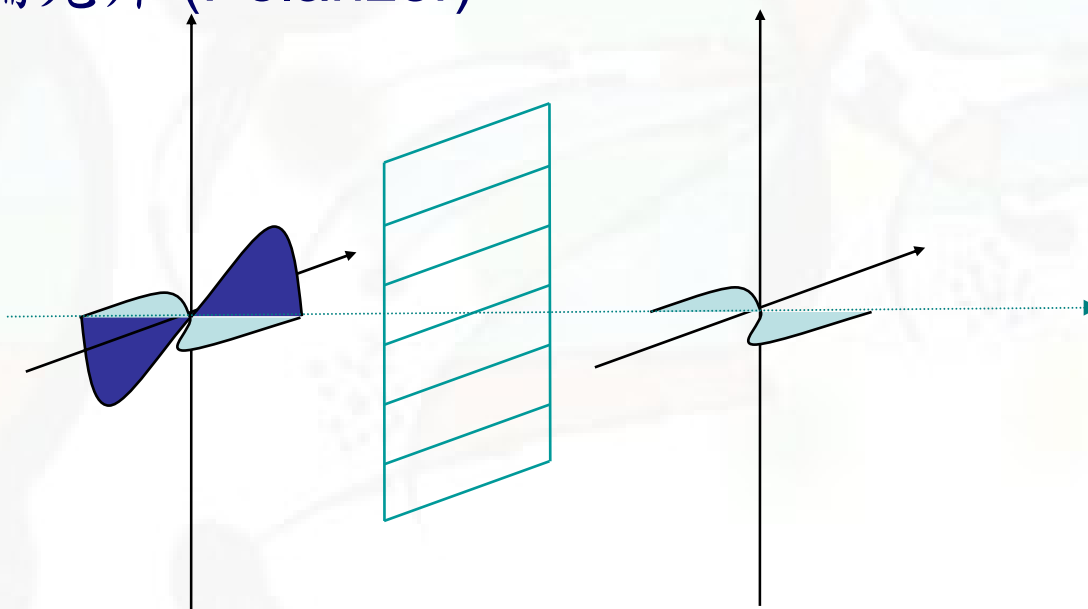


{圖1.12} (a) 光的電場在某個方向上振盪 (b) 自然界中的光在各個方向上振盪 (c) 某個方向上振盪的光可分成二個垂直方向上的分量 (d) 以最簡單的方式來表示自然界中的光之振盪

1.2、液晶顯示器

1.2.2 如何利用LC製成光閥？

1.2.2.2 偏光片 (Polarizer)

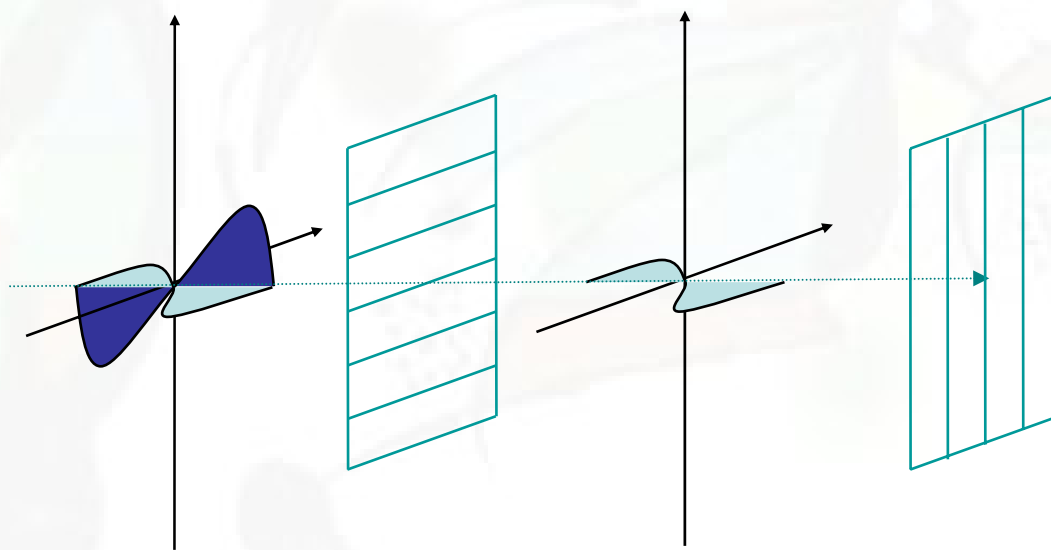


{圖1.13} 偏光片的作用

1.2、液晶顯示器

1.2.2 如何利用LC製成光閥？

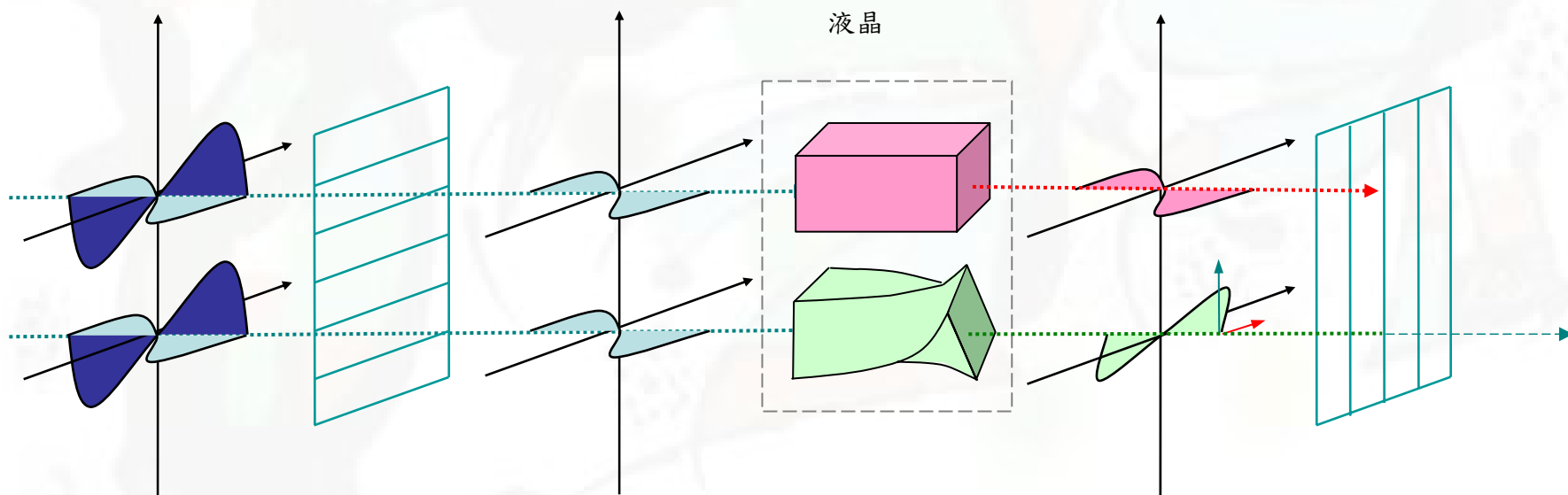
1.2.2.3 偏光片組(Polarizer/Analyzer)



{圖1.14} 偏光片組的作用

1.2、液晶顯示器

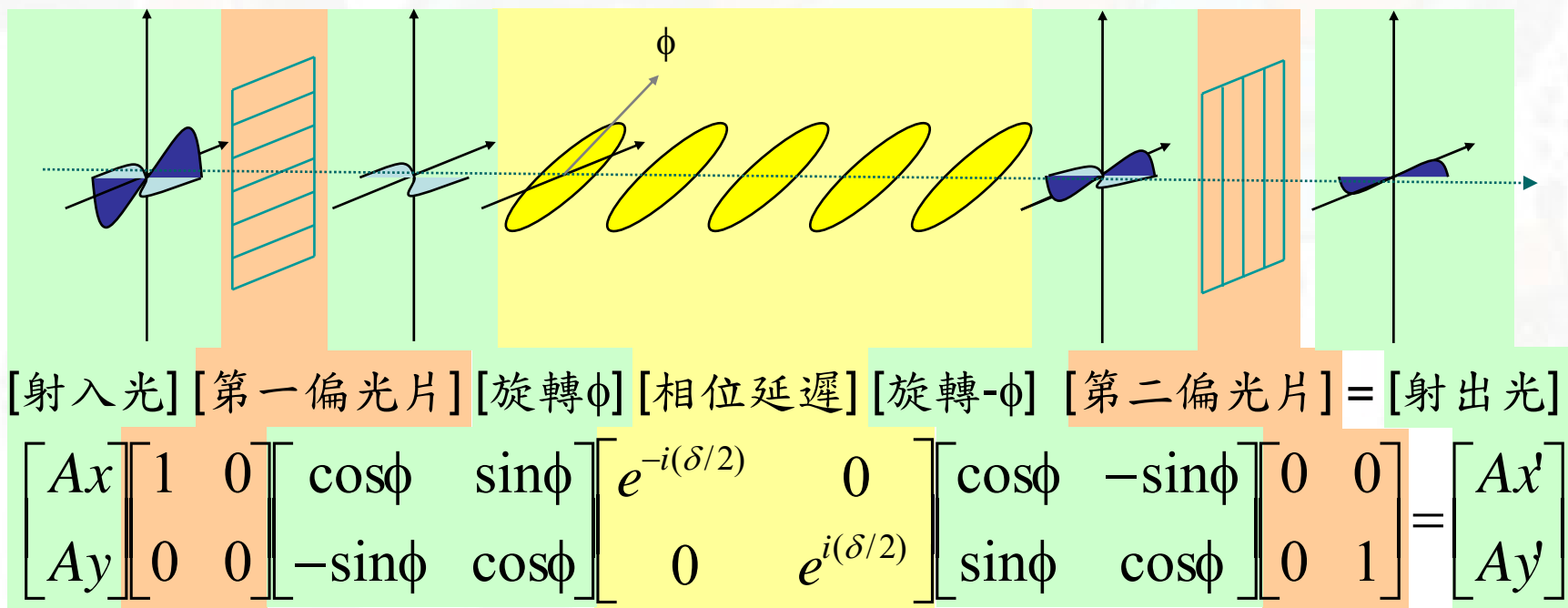
1.2.2.4 液晶的作用



{圖1.15} 液晶的作用

1.2、液晶顯示器

1.2.2.5 液晶光閥的例子



{圖1.16} 液晶光閥的例子

1.2、液晶顯示器

1.2.2.5 液晶光閥的例子

藉由控制液晶分子長軸與偏光片的夾角 ϕ ，即可控制液晶光閥的穿透度

當夾角 $\phi=0$ 時，可得到最暗的狀態

當夾角 $\phi=45^\circ$ 時，可得到最亮的狀態

穿透度 T 與相位差 δ 有關，相位差的公式為：

$$\delta=2\pi(\Delta n)d / \lambda$$

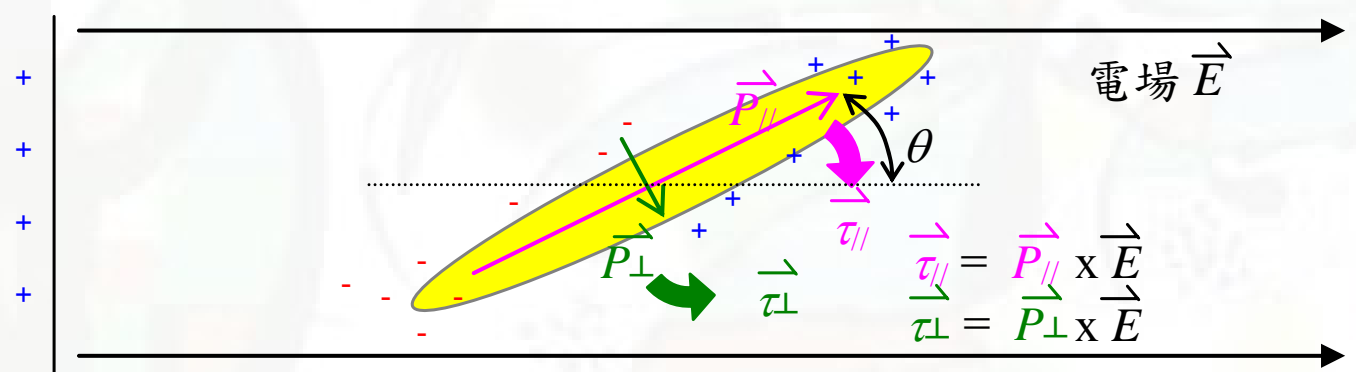
與射入光的波長、液晶的雙折射係數和液晶的厚度皆有關

液晶的雙折射係數和液晶的厚度需要適當的設計，來得到最佳的穿透度，不同的射入光顏色波長不同，射入相同的液晶光閥，會得到不同的穿透度

1.2、液晶顯示器

1.2.3 如何控制LC光閥？

1.2.3.1 以電場控制液晶分子的排列



{圖1.18} 液晶分子在電場中的電偶極與力矩

$\chi = \epsilon_r - 1$: 電化率(susceptibility)

τ : 力矩

ϵ_r : 介電係數

ϵ_0 : 真空電容率(permeability)

1.2、液晶顯示器

1.2.3 如何控制LC光閥？

1.2.3.1 以電場控制液晶分子的排列

$$|\vec{P}_{\perp}| = |\epsilon_0 \chi_{\perp} \vec{E}_{\perp}| = \epsilon_0 \chi_{\perp} E \sin(\theta)$$

$$|\vec{P}_{\parallel}| = |\epsilon_0 \chi_{\parallel} \vec{E}_{\parallel}| = \epsilon_0 \chi_{\parallel} E \cos(\theta)$$

$$|\vec{\tau}_{\perp}| = |\vec{P}_{\perp} \times \vec{E}| = |\vec{P}_{\perp}| \times |\vec{E}| \cos(\theta) = \epsilon_0 \chi_{\perp} E^2 \sin(\theta) \cos(\theta)$$

$$|\vec{\tau}_{\parallel}| = |\vec{P}_{\parallel} \times \vec{E}| = |\vec{P}_{\parallel}| \times |\vec{E}| \sin(\theta) = \epsilon_0 \chi_{\parallel} E^2 \cos(\theta) \sin(\theta)$$

$$|\vec{\tau}_{\text{net}}| = |\vec{\tau}_{\parallel}| - |\vec{\tau}_{\perp}| = \epsilon_0 |\chi_{\parallel} - \chi_{\perp}| E^2 \cos(\theta) \sin(\theta) = \frac{1}{2} \epsilon_0 |\epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}| E^2 \sin(2\theta)$$

$\chi = \epsilon_r - 1$: 電化率(susceptibility)

τ : 力矩

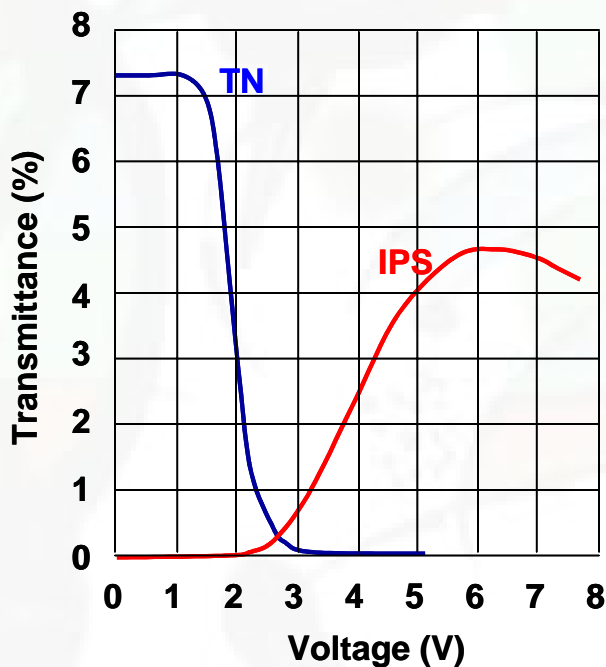
ϵ_r : 介電係數

ϵ_0 : 真空電容率(permeability)

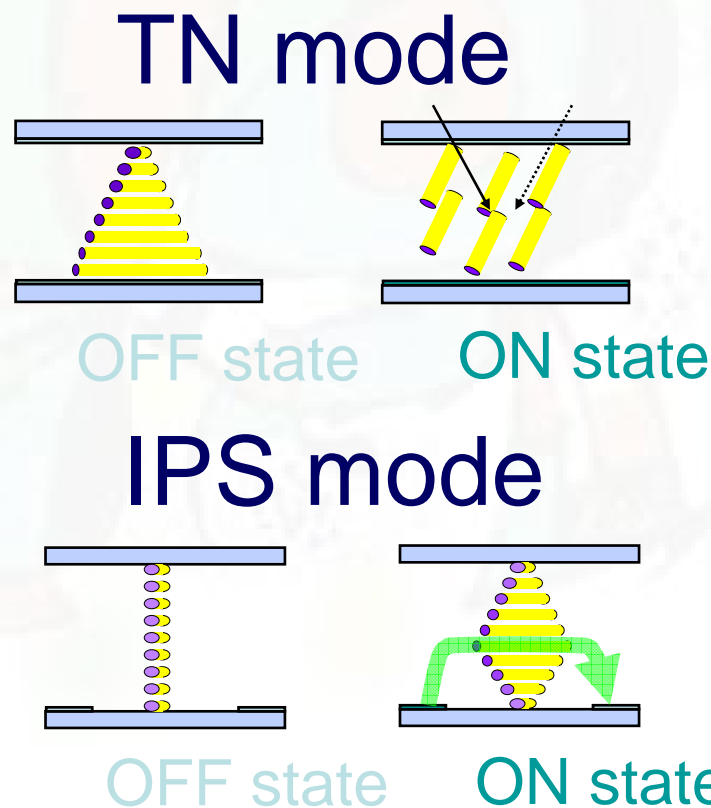
1.2、液晶顯示器

1.2.3 如何控制LC光閥？

1.2.3.2 電壓-穿透度關係曲線

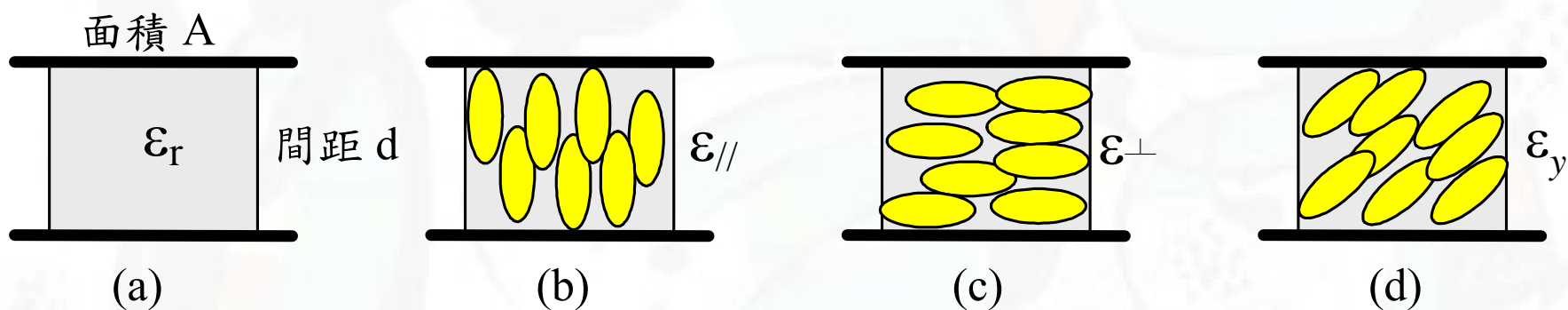


{圖1.19} TN型與IPS型液晶光閥的典型V- T%關係曲線



1.2、液晶顯示器

1.2.4 液晶電容

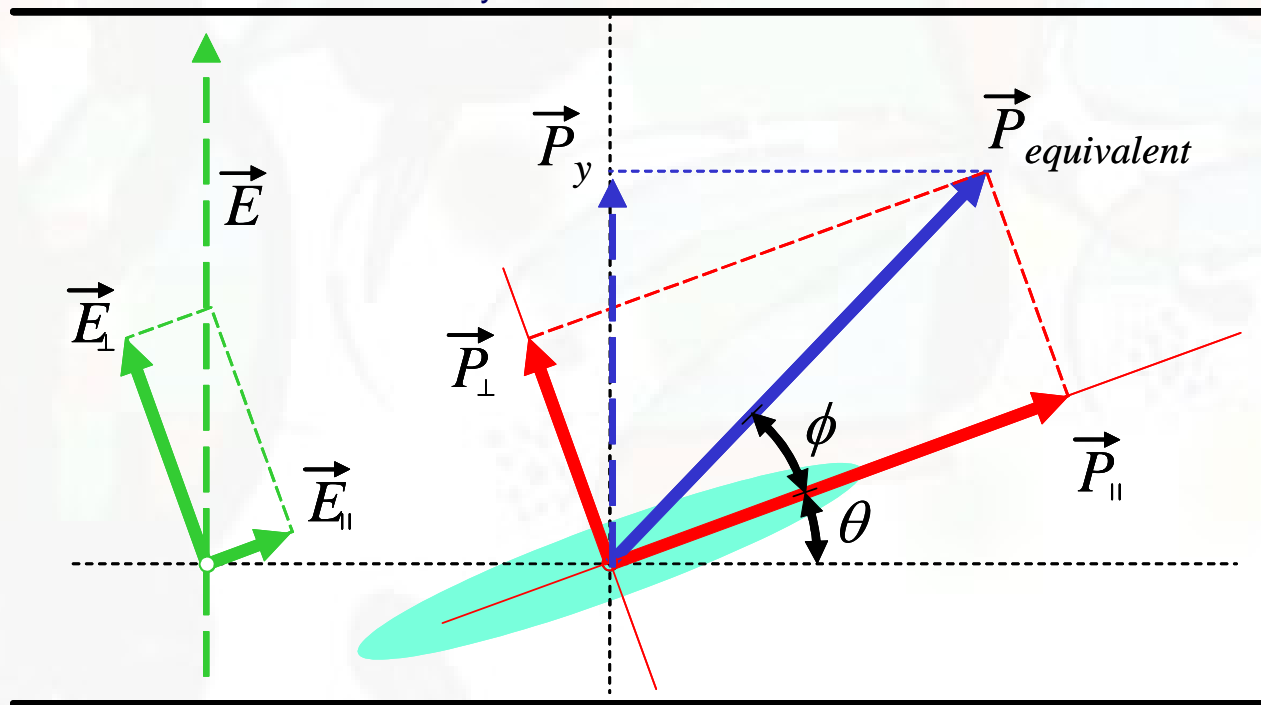


{圖1.20} 平行電極電容 (a)均勻介電質 (b)液晶分子長軸垂直電極
(c)液晶分子長軸平行電極 (d)液晶分子長軸與電極成一角度

1.2、液晶顯示器

1.2.4 液晶電容

1.2.4.1 等效介電係數 ϵ_y 的計算

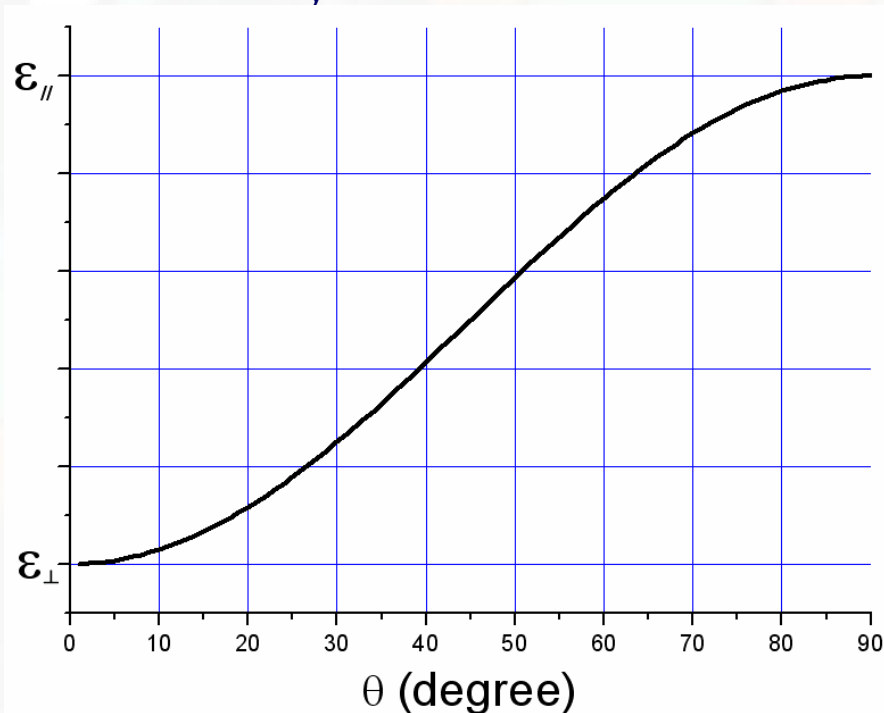


{圖1.21} 等效介電係數的計算

1.2、液晶顯示器

1.2.4 液晶電容

1.2.4.1 等效介電係數 ϵ_v 的計算

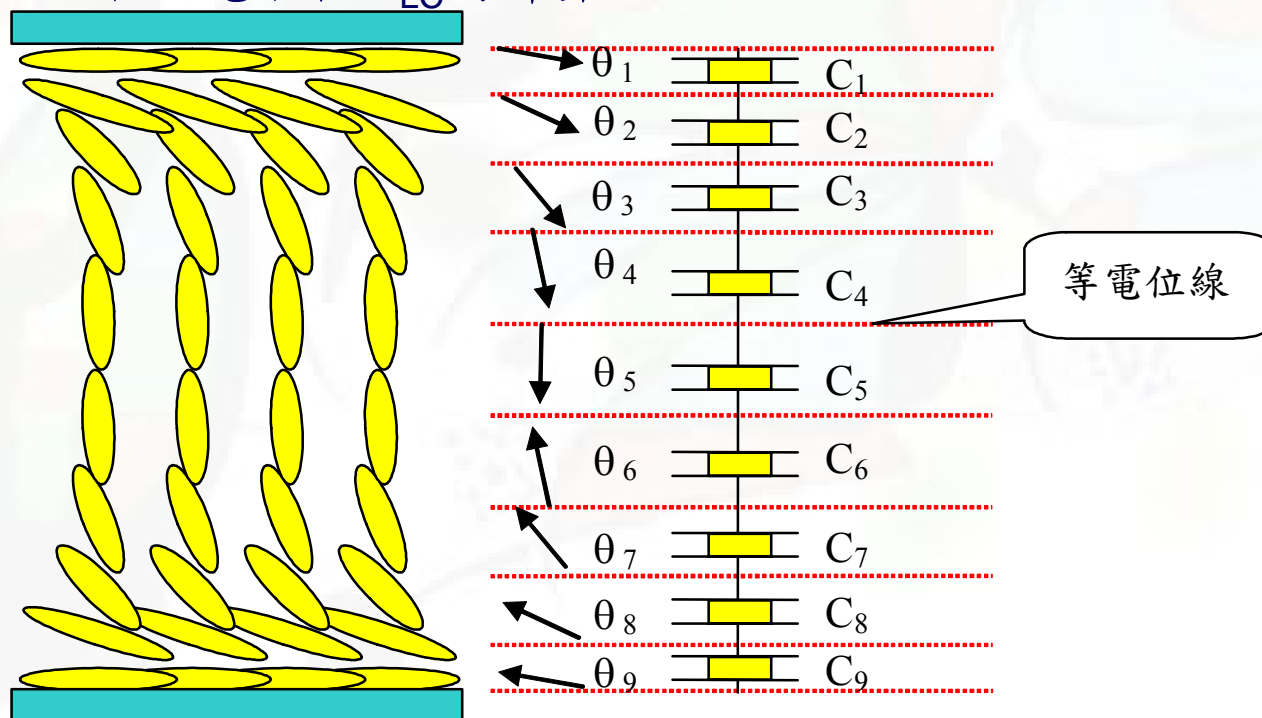


{圖1.22} 等效介電係數與液晶分子和電場夾角 θ 的關係圖之一例

1.2、液晶顯示器

1.2.4 液晶電容

1.2.4.2 液晶電容值 C_{LC} 的計算

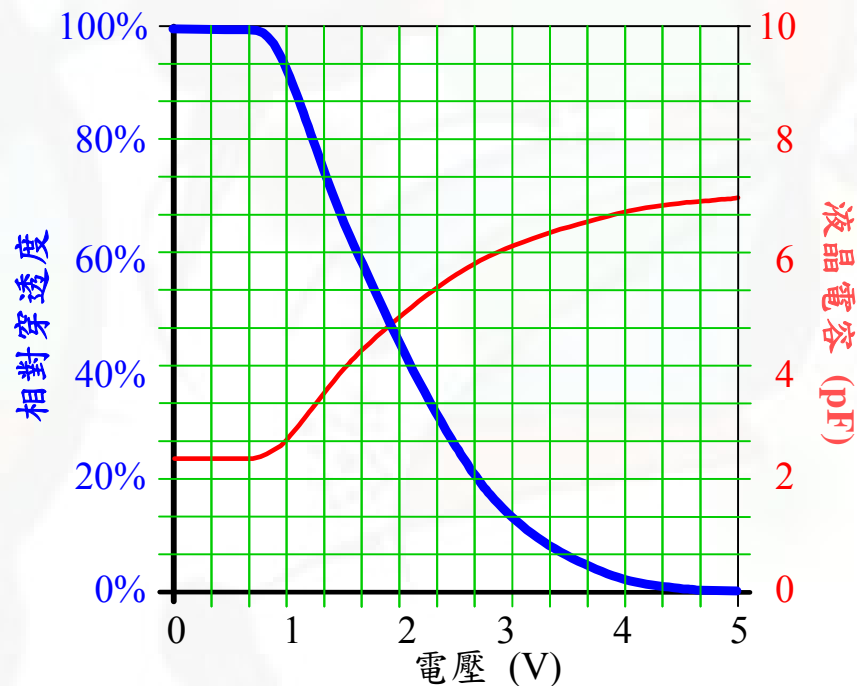


{圖1.23} 夾置於二個平行電極之間的液晶分子與其電容計算

1.2、液晶顯示器

1.2.4 液晶電容

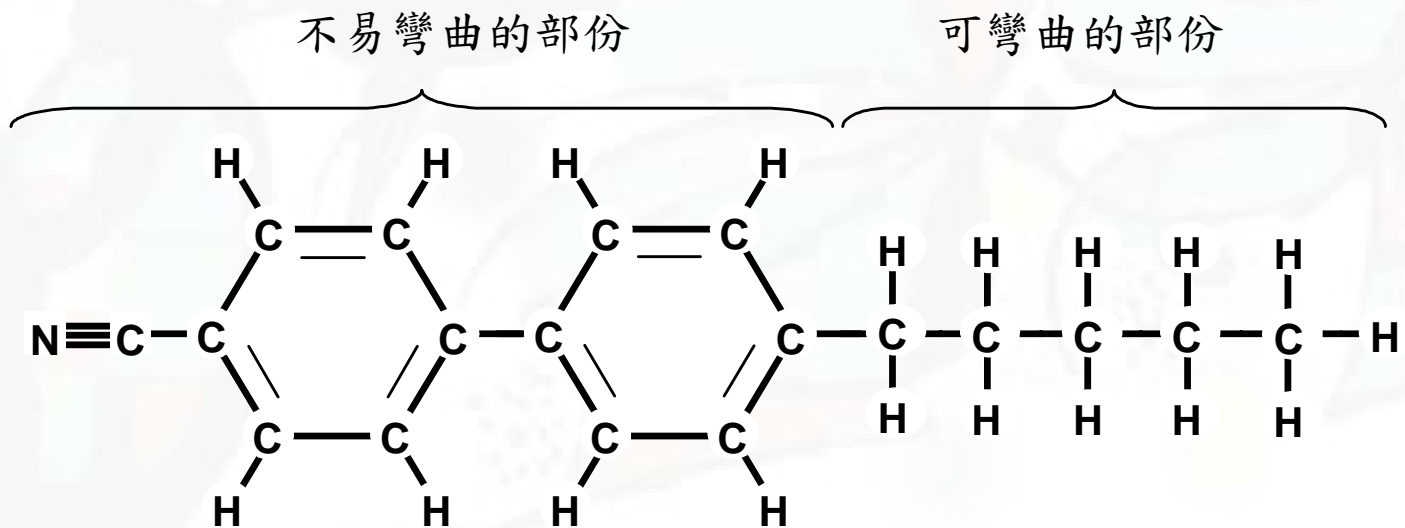
1.2.4.2 液晶電容值 C_{LC} 的計算



{圖1.24} TN型液晶光閥的典型電容/穿透度-電壓關係曲線

1.2、液晶顯示器

1.2.5 進一步認識液晶

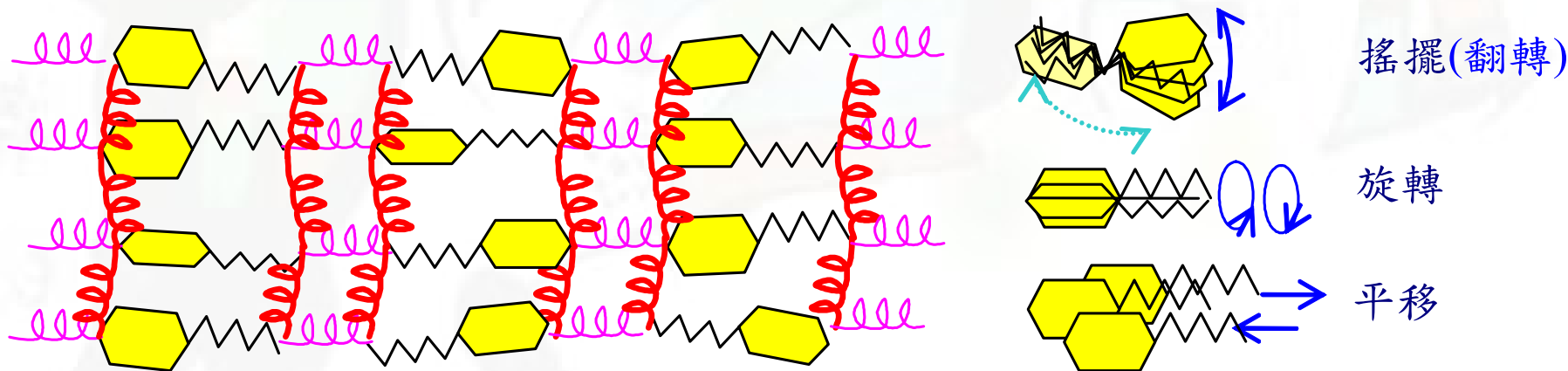


{圖1.25} 一種液晶分子結構

1.2、液晶顯示器

1.2.5 進一步認識液晶

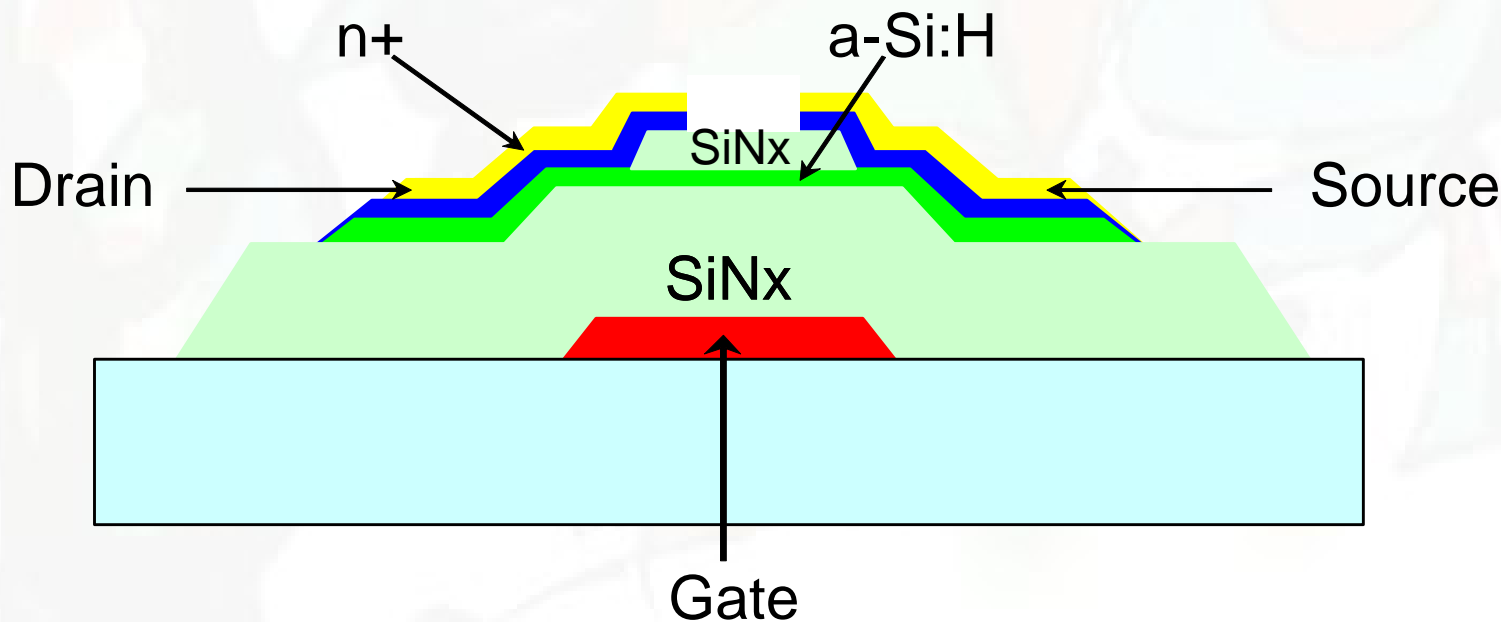
- 在長軸方向附近，以某個角度搖擺，如果在瞬間取得一個大的能量時，甚至會翻轉至相反方向
- 以長軸方向為中心旋轉，以及
- 保持長軸方向而在液晶中平行地移動



{圖1.26} 液晶分子動態運動示意圖

1.3、薄膜電晶體 (Thin-Film Transistor, TFT)

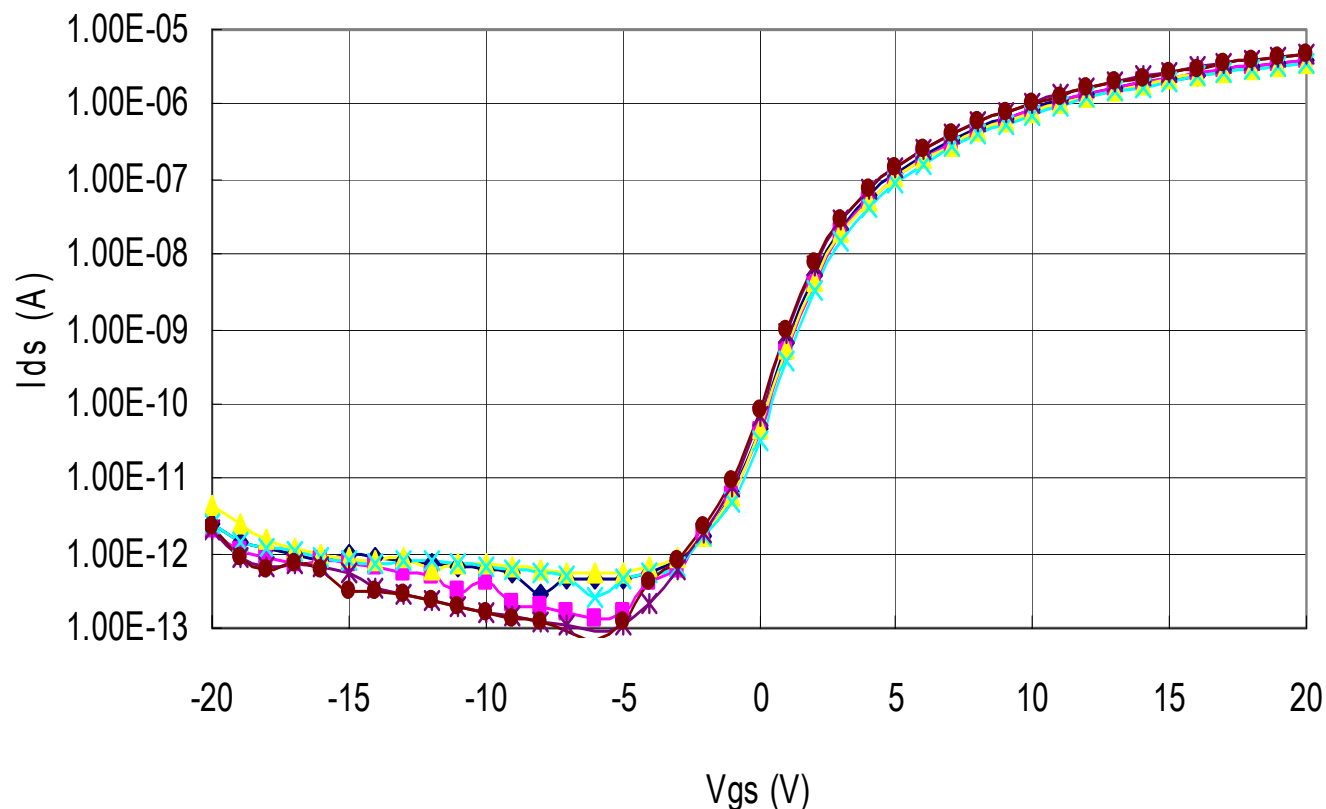
1.3.1 TFT的結構與操作原理



{圖1.27} 非矽晶型TFT的剖面示意圖

1.3、薄膜電晶體

1.3.2 TFT的電流-電壓特性



{圖 1.28} TFT的電流-電壓特性曲線

1.3、薄膜電晶體

1.3.3 TFT與MOSFET的比較

1.3.3.1 通道與源/汲極

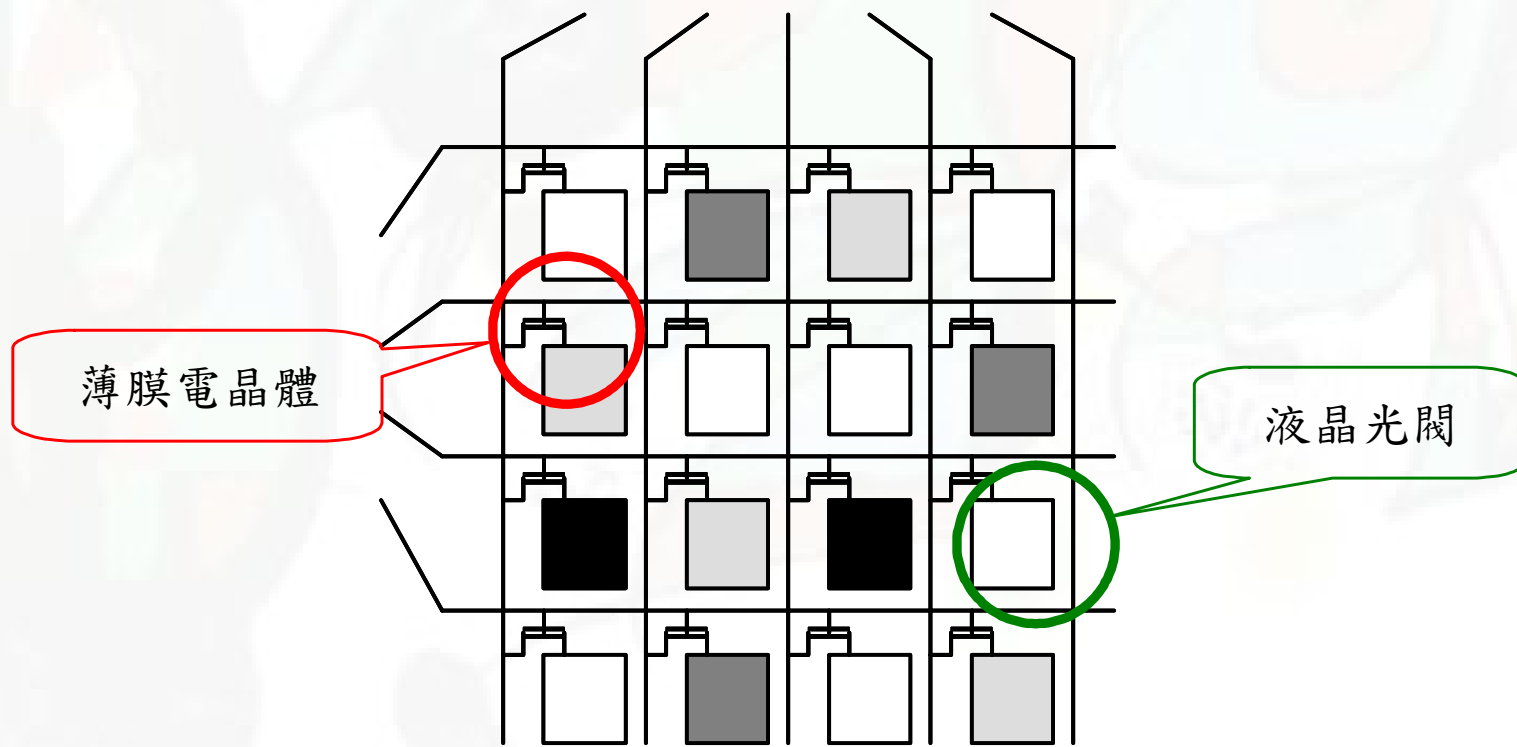
1.3.3.2 閘極與源/汲極的重疊

1.3.3.3 閘極絕緣層的材料

{圖1.28} TFT的電流-電壓特性曲線

1.4、TFT LCD

1.4.1 TFT LCD架構



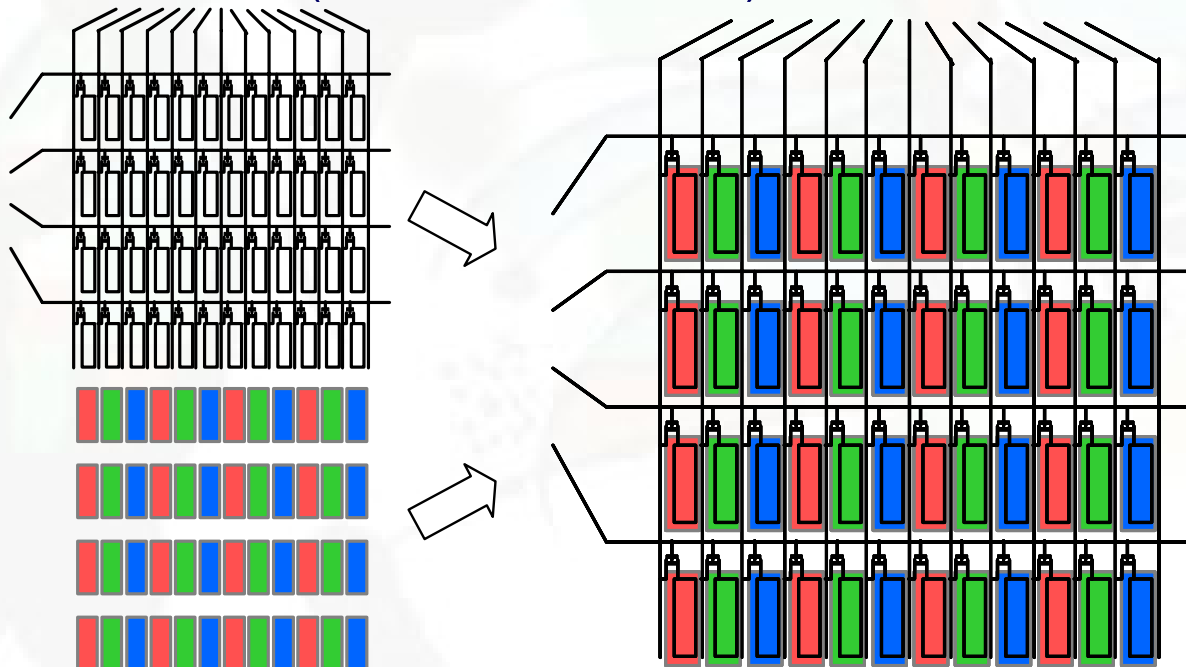
{圖1.29} TFT LCD架構示意圖

1.4、TFT LCD

1.4.2 彩色TFT LCD的次畫素

1.4.2.1 彩色濾光片 (Color Filter, CF)

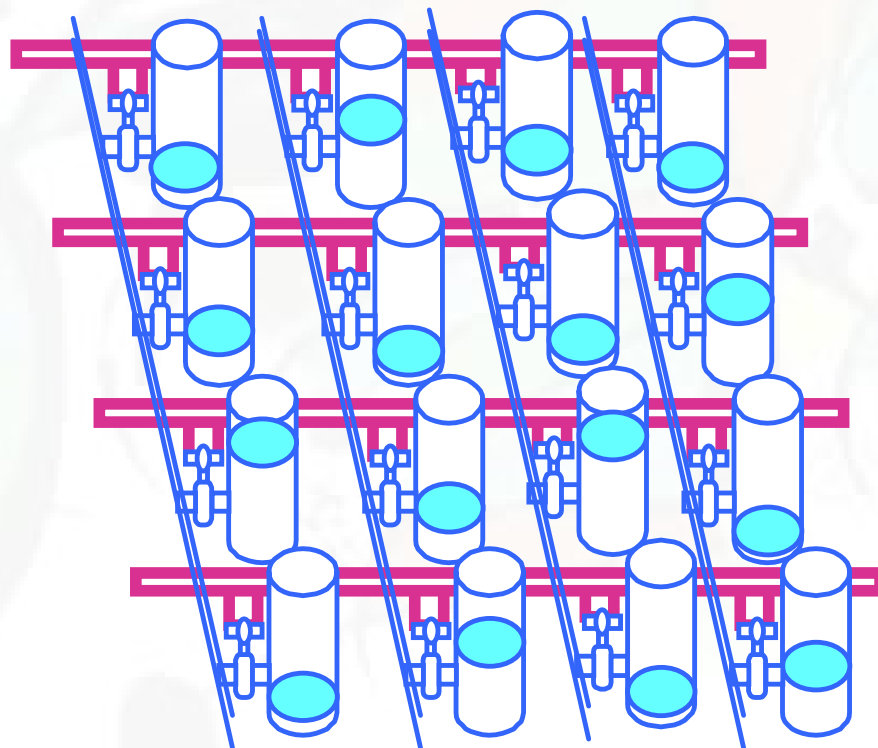
1.4.2.2 黑色矩陣 (Black Matrix, BM)



{圖1.30} 彩色TFT LCD次畫素架構示意圖

1.4、TFT LCD

1.4.3 TFT LCD的譬喻



{圖1.31} TFT LCD架構以水利系統譬喻之示意圖

1.4、TFT LCD

1.4.3 TFT LCD的譬喻

{表1.1} TFT LCD架構以水利系統譬喻

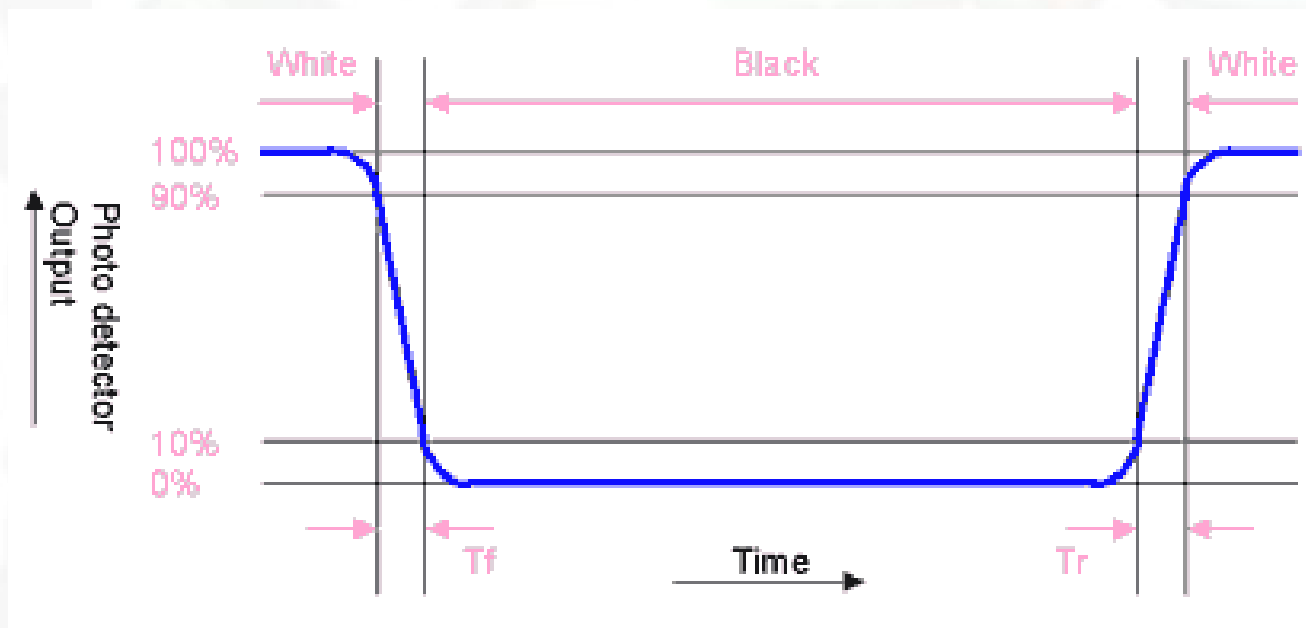
	譬喻	說明
電荷	水量	
電位差 (電壓)	水位差	電位大小像水位高度一樣，沒有絕對的值，重要的是相對的差別
接地點	海平面	同一系統中共用的參考值
電流	水流	單位時間內流過的電荷量
電容	水容器	與面積成正比
電晶體	水龍頭	作為開關，具有閘門，隔絕水源和水容器
共電極	水容器底	所有畫素共用的參考電極

1.5、名詞解釋

- 有效顯示區域(Active Area)
- 開口率(Aperture Ratio)
- 畫面比率(Aspect Ratio)
- 反應時間(Response Time)

1.5、名詞解釋

- 反應時間(Response Time)
 - 為亮度由90%降至10%的時間 T_f ，與亮度由10%升至90%的時間 T_r 的總和



1.5、名詞解釋

- 顯示解析度(Resolution of Display)

- 資料顯示應用的專用術語

- VGA = 640xRGBx480 Dots
Video Graphics Array
- SVGA = 800xRGx600 Dots
Super Video Graphics Array
- XGA = 1,024xRGBx768 Dots
Extended Graphics Array
- SXGA = 1,280xRGBx1,024 Dots
Super Extended Graphics Array
- SXGA+ = 1,400xRGBx1,050 Dots
Super Extended Graphics Array+
- UXGA = 1,600xRGBx1,200Dots
Ultra Extended Graphics Array

- 視訊顯示應用的專用術語

- NTSC: 525-line
- PAL: 625-line
- HDTV: 1920x1080
- VCD: 352x288 (CIF)
- DVD: 720x576
- QCIF+: 176x220
- QCIF: 144x176
- QCIF: (Quarter Common Intermediate Format)