

1-2 光的波動性質

反射與折射是透鏡成像的理論基礎，用幾何光學便可解釋，但考慮繞射等性質時，需用波動概念，應用干涉原理，可以檢查鏡片的表面精度，所以本節將敘述光的波動性質。

1-2.1 反射與折射

圖 1-2 顯示空氣中有一光束照於水面上，在水表面上產生反射現象，當其進入水中即發生折射，入射光與法線的夾角為入射角 θ_i ，反射光與法線的夾角為反射角 θ_r ，固定入射光的折射角度為 θ_t ，但改變波長，折射角度會隨波長之增加而增加，短波長之光線偏折較大之角度，有較小折射角，圖中 θ_1 表示紅光 (R)， θ_2 表示綠光 (G)， θ_3 表示藍光 (B) 之折射角度。

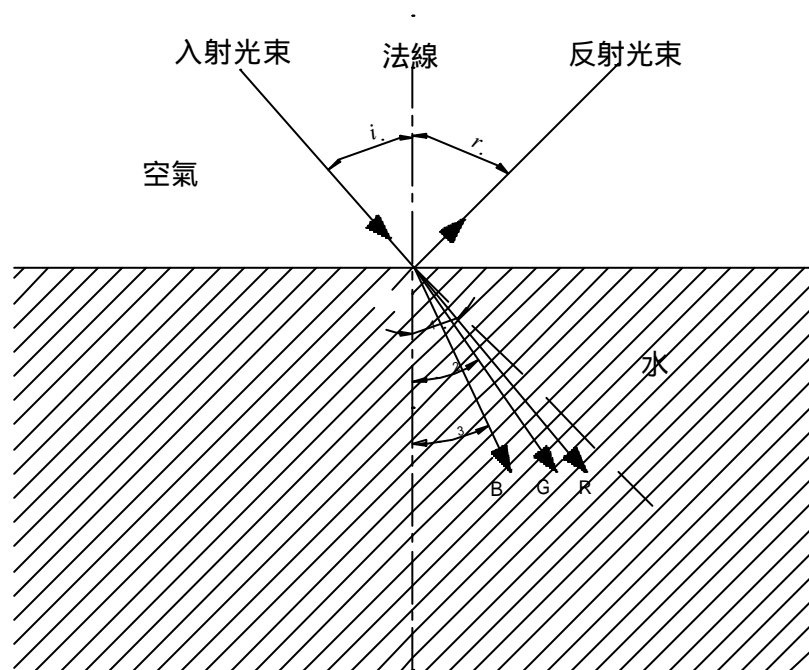


圖 1-2 光束照於水面上，空氣折射率為 n ，水中折射率為 n' 。

反射與折射定律定義為入射、反射與折射光在法線兩側，且與法線都在同一平面上。

入射角與折射角遵守斯涅爾（Snell）定律

$$n \sin q_i = n' \sin q_t. \quad (1-2.1)$$

而入射角等於反射角 $q_i = q_r$ ，入射光束在光滑的表面會產生反射，但如在粗糙的表面則會產生漫射（diffuse reflection）現象，大半由於漫射之故，我們才能看到周圍不發光的物體。

1-2.2 干涉（Interference）

肥皂泡沫、油膜和其他薄膜的色彩是由於光的干涉所產生。

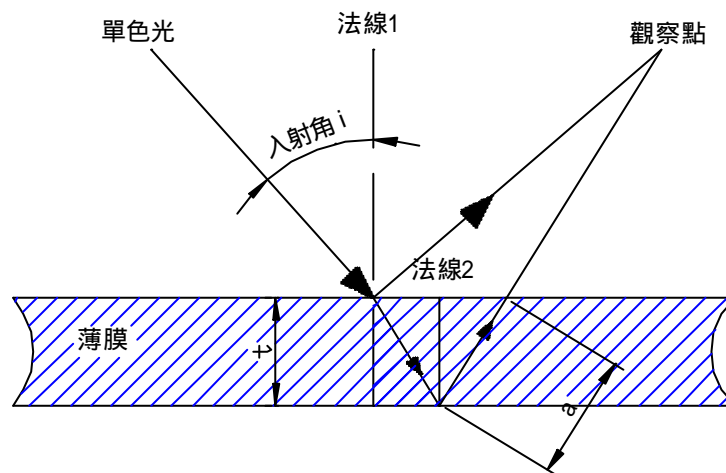


圖 1-3 單色光照射在薄膜上，反射光產生干涉。

圖 1-3 顯示一均勻之薄膜，厚度為 t ，折射率為 n 。今有一單色光照射在薄膜上，其入射角為 i ，則有一部份光被薄膜之上表面反射，進入觀察點，另一部份光折射進入薄膜，被下表面反射，同樣進入觀察點，此兩束光所經過之路程不同，進入薄膜之光線多走了 $2a$ （如

圖所示)距離,但光在薄膜中之傳播速率較空氣中慢,故薄膜內單位長度之波數較空氣中多,所以薄膜中 $2a$ 之距離,相當於空氣中 $2na$ 之距離,此稱為光程長度,而光程長度差的大小決定光的干涉情況。

假設入射角 $i=0$,則 $a=t$ (薄膜厚度),對一厚度為 t 之薄膜,其經上、下兩表面反射後,在回至空氣的兩束光線,其光程長度差連同相改變 $\lambda/2$ 之和為

$$Y = 2nt + \frac{\lambda}{2} \quad (1-2.2)$$

若此值為波長之整數倍,則有建設性干涉,而呈現明亮區,若此值為半波長之奇整數倍,則有破壞性干涉,而呈黑暗區。

上面是薄膜所反射的光之干涉情況,另外還有透過薄膜之光之干涉情況,如下圖

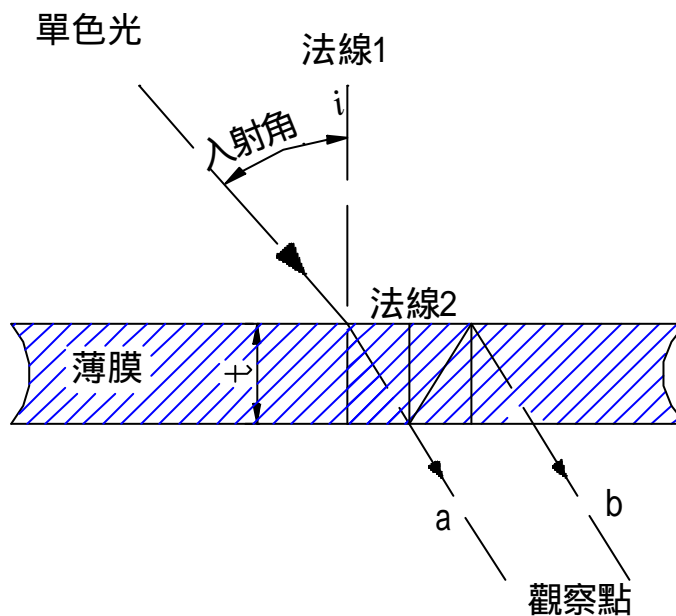


圖 1-4 單色光照射在薄膜上,折射光產生干涉。

圖 1-4 光束 a 連續穿過薄膜之兩表面,光束 b 穿過薄膜之前,經

上、下兩表面各反射一次。光束 a 不經反射，故其波形與入射光相同，光束 b 經兩次由薄膜至空氣之反射，故波形亦不顛倒，故透過厚度為 t 之薄膜的兩光束，僅有光程長度差，而無相改變，假設入射角 $i=0$ 或甚小時，則光程長度差為

$$Y' = 2nt. \quad (1-2.3)$$

同樣的，若光程長度差為波長之整數倍，則兩光束有建設性干涉，若此光程長度差為半波長之奇整數倍，則產生破壞性干涉。自薄膜反射之兩光束比經薄膜透射之兩光束多一相改變，即 Y 比 Y' 多 $\lambda/2$ ，故自薄膜上面見到的干涉條紋與自薄膜下面見到的干涉條紋正好相反。

1-2.3 繞射 (Diffraction)

繞射是光在障礙物附近，如狹縫邊緣的彎曲現象，鏡頭光學設計的 performance 有一定的極限，即受限於繞射的現象，稱為繞射極限。

圖 1-5 為入射波經過狹縫寬度 $a = \lambda$ 時，狹縫週邊產生亮度，即為繞射現象，當 a / λ 趨近於 0 時繞射現象益趨顯著，減少狹縫寬度 a 時繞射波變大，所以在實際光學系統中的孔徑，如果小到某一程度，就會產生繞射現象。

由於繞射與干涉同樣會產生條紋，但是條紋並不相同，表 3 是干涉條紋與繞射條紋之比較。

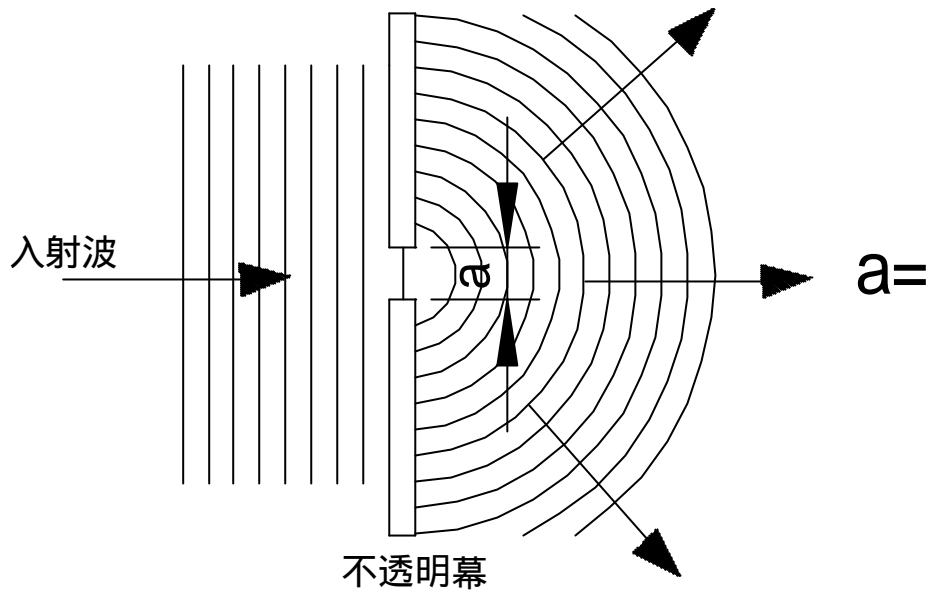


圖 1-5 光穿過狹縫產生繞射現象。

干涉條紋	繞射條紋
<p>1.條紋間隔處處相等。</p> <p>2.各亮帶之亮度均相同。</p> <p>3.條紋之間格與波長成正比，而與兩狹縫之距離成反比。</p>	<p>1.除中央亮帶外，其它各亮帶知寬度均相等。中央亮帶之寬度為其它寬度之兩倍。</p> <p>2.中央亮帶亮度最強，兩旁亮帶之光度依次減弱。</p> <p>3.條紋之間格與波長成正比，而與狹縫之寬度成反比。</p>

表 3 干涉條紋與繞射條紋之比較。