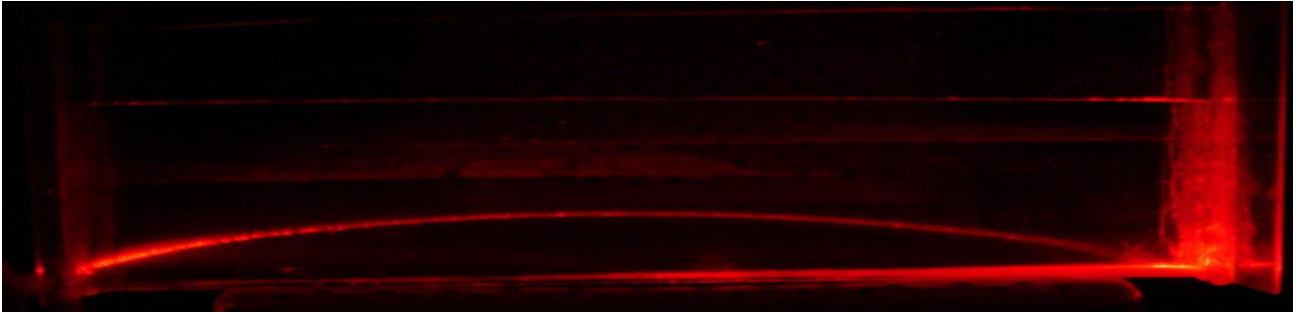
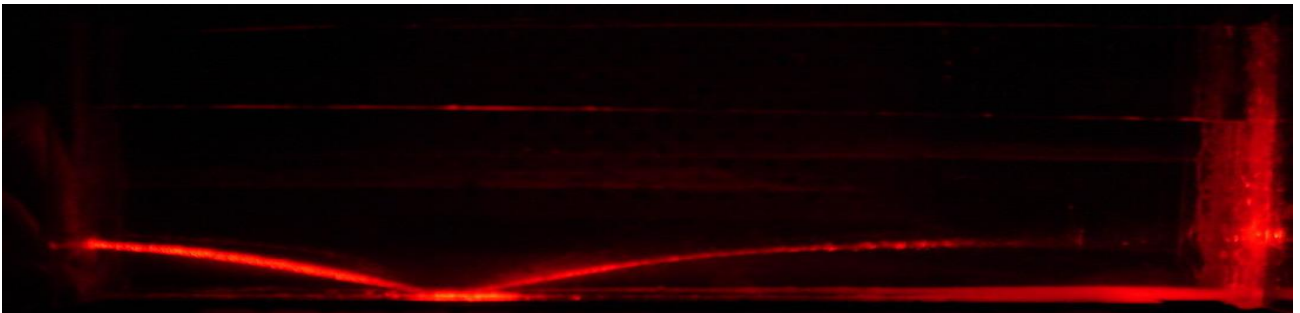


彎曲的雷射光

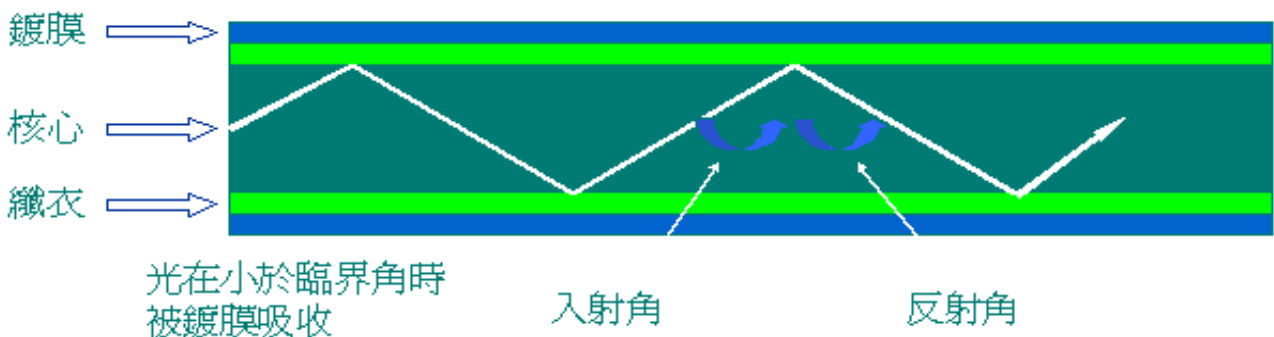
根據斯乃爾定律 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ，其中的 n_1, n_2 為不同層溶液的折射率。



這是特調的糖水溶液，其濃度是由上而下遞增；折射率亦遞增，當雷射光打到折射率不同的的介質時，會向界面的法線偏轉，即靠近折射率大的溶液。(由於介質密度是連續的變化，故才能看見彎曲的曲線)

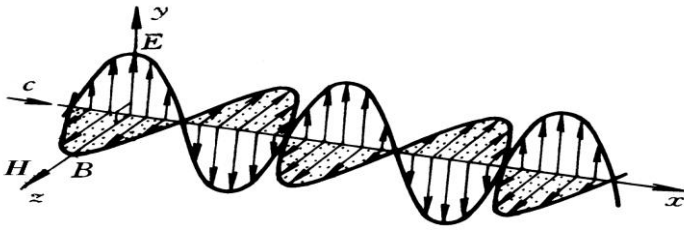


上圖是表現全反射現象。全反射應用廣泛，我們日常生活中的光纖即是此原理。

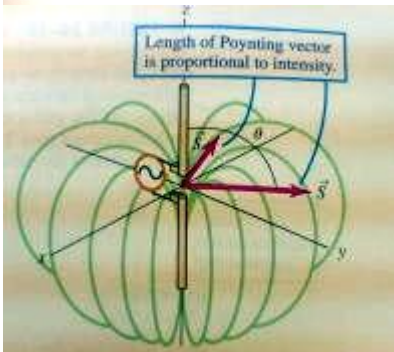
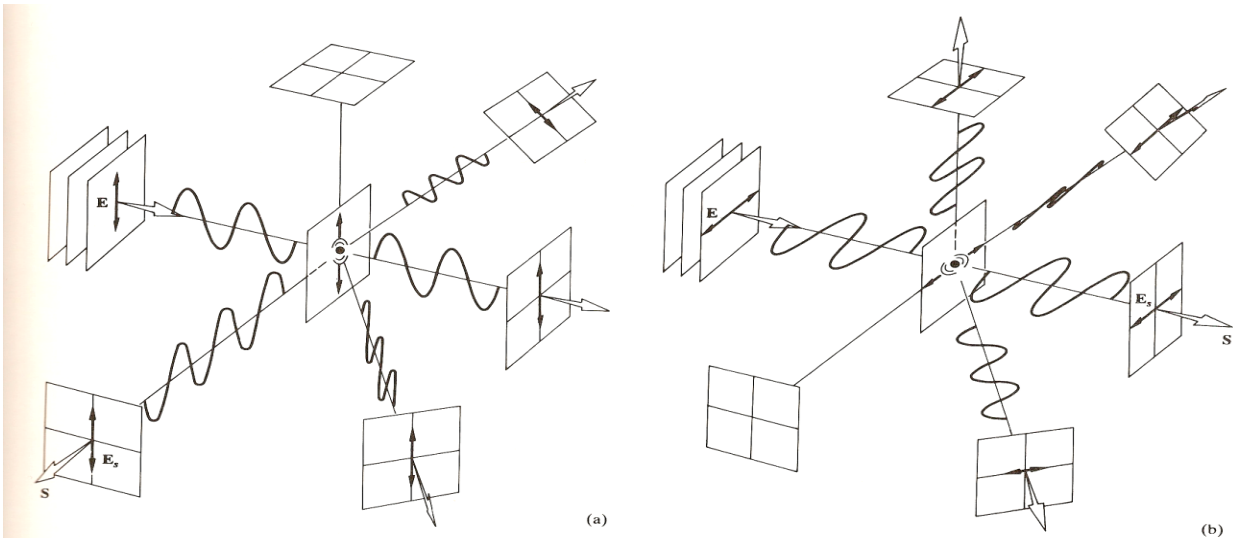


就是利用全反射，光才能不耗能量的在光纖內傳播。

消失的雷射光

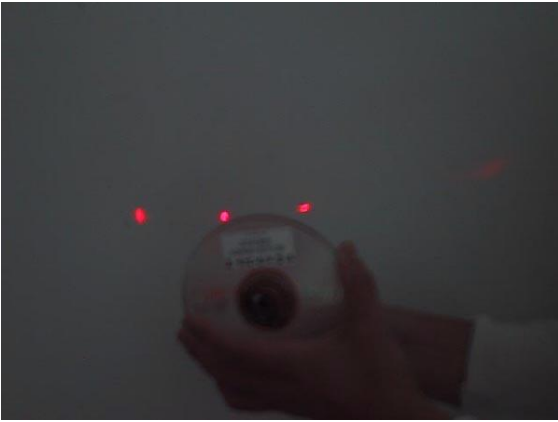


這是雷射光的示意圖。 E 為電場， B 為磁場，正 X 為行進方向。雷射光中的電場會使牛奶分子中的電子產生上下震動，由古典電磁學得知，當電荷擁有加速度時，電荷本身便會輻射電磁波，其輻射的情形就像左下角的輻射場圖形，輻射出的電磁波成南瓜狀，上下的電磁波很弱，周圍較強。



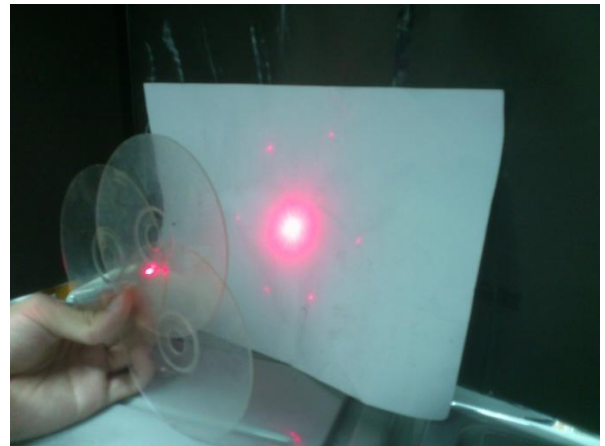
左圖為天線輻射電磁波的圖，雷射光轉 90 度時，電子輻射出的電磁波也會轉 90 度，此時眼睛所看的地方是沒有電磁波的，也就是看不到光。

全像片



全像片利用光的繞射來產生圖形。因為光碟片上有很多平行等間距的凹槽，就像在光碟片上有許多狹縫，當光打在光碟片上時，可看到中間有一個中央亮紋，兩邊各有一個第一亮紋。將兩片光碟片重疊兩片重

疊，中間還是有一個最大亮點，但旁邊有兩組第一亮紋，所以看到四個亮點。若將三片光碟片重疊，旁邊變成有三組第一亮紋也就是有六個點。剛剛所使用的皆為垂直入射，若是不垂直，可發現



第一亮紋跟中間最大亮紋的距離改變，圖形則不會對稱



▲ 拆解的全像片跟雷射筆



▲ 用雷射光打出的全像片圖形!



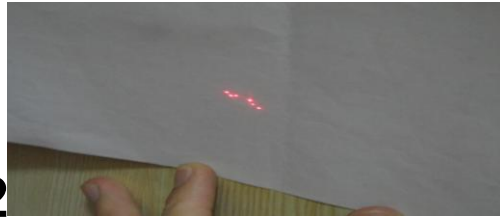
←Step 1 無經過透鏡的平行雷射光

Step 2 往焦距移動，各點開始集中

Step 3 到焦距時，無法集中在點上

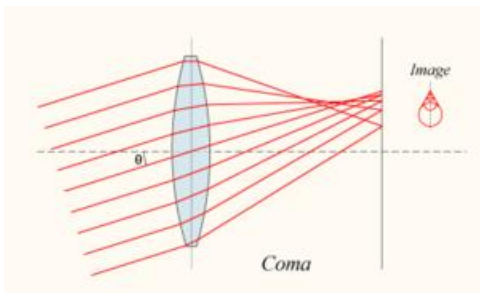


Step 2



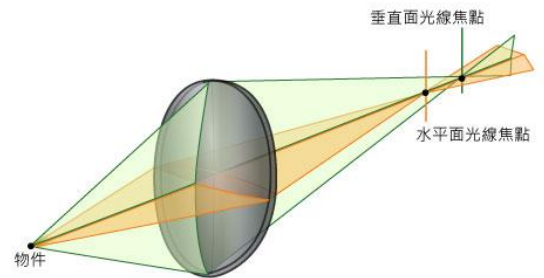
Step 3

其他種類的像差：

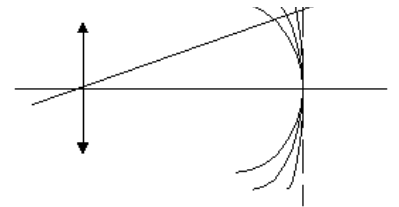


彗星像差：中心區域點光源能匯聚在焦點，偏離光軸的光線，自鏡子的不同區域反射的光不能匯聚在相同的焦點。導致不在中心的光看起來是楔形，而離軸越遠現象越明顯

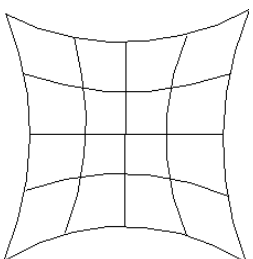
像散：由於發光物點不在透鏡光軸上，它所發出的光束與光軸有一傾斜較大的角。該光束經透鏡折射後，不能聚焦於一點



場曲：一個平面所得的影像來看，有時並不如在成像面附近將平面略加捲曲成為球面所得的影像來得清楚

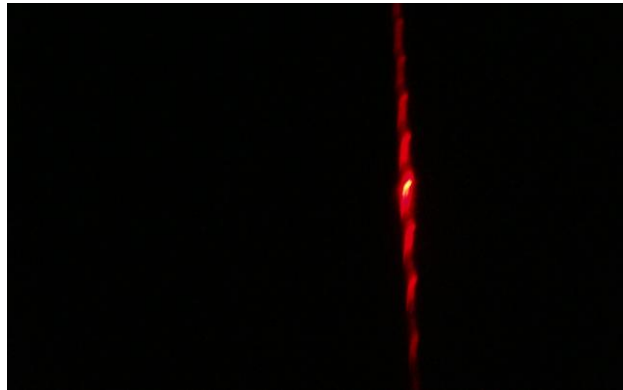
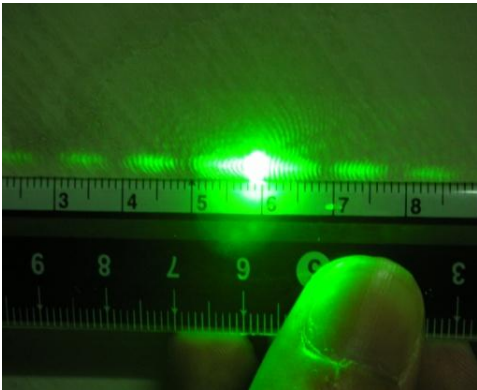


畸變：像點與光軸距離不同其側向放大率亦隨之不同，其畸變可分為桶狀畸變（整體影像變小），及枕狀畸變（整體影像變大，亦可稱為正型扭曲）。



直尺的干涉與頭髮的繞射

直尺並沒有如此微小的刻度，這時候雷射光就發揮它的功用了。我們將頭髮放在雷射筆前，可以照出它的繞射條紋，此時我們可以量出兩暗紋間的距離及雷射光到屏幕的距離，帶入公式，即可算出頭髮的寬度。



▲上圖為頭髮的繞射 ▲上圖為直尺的干涉

我們可以發現繞射的中央亮紋比旁邊的亮紋來的大，而干涉的條紋中央亮紋與其他亮紋則是一樣大。

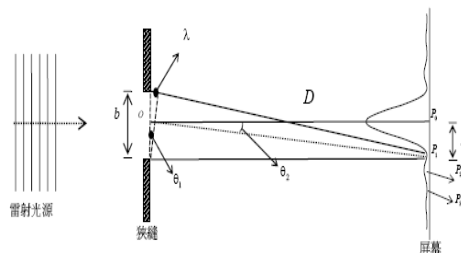
若我們想知道未知的雷射光波長，一樣可以利用此原理，首先要有一支已知波長的雷射光，按照以上原理得知尺的刻度之寬，然後再以未知的雷射光照射，將已知數據帶入公式 $\Delta y = (L/b)\lambda$ ，即可求出未知雷射光的波長。

$$\Delta y = (L/b)\lambda \quad \text{只有 } b \text{ 是未知，}$$

b 即為我們要求的頭髮寬度。把我們所知道的數值帶入

$$\text{綠光波長} = 532 \text{ nm} \quad \text{亮紋寬度} = 2 \text{ mm} \quad \text{距離屏幕 } 30 \text{ cm}$$

$$0.002 = (30/b) * 532 \text{ nm} \quad b = 7.98 * 10^{-5} = 79.8 \text{ (}\mu\text{m)}$$



雷射危險分級及對策

1. 雷射危險度的分類

根據雷射對人體的危險度分類，在光束內觀察對眼睛的 MPE 做基準，可分為一到四級。

第一級：低輸出雷射，不超過 MPE 值，不必特別管理。

第二級：低輸出的可視雷射，人閉合眼睛的反應時間為 0.25 秒，用這段時間算出的曝光量不可以超過 MPE 值。通常 1mW 以下的雷射，會導致暈眩無法思考，用閉合眼睛來保護，不能說完全安全。

第三級：中輸出雷射，光束若直接射入眼睛，會產生傷害。3A 級為可見光的連續雷射，輸出為 5mW 以下的雷射光束，光束的能量密度不要超過 25W/m²，0.5W 以下的連續雷射光，直接在光束內觀察有危險。但最小照射距離為 13cm 大照射時間十秒以下為安全。

第四級：高輸出雷射高過第三級，有火災的危險，擴散反射也有危險。

2. 雷射處理上的安全對策

(1) 三級以上的雷射製作由安全操作教育的人來執行。

(2) 使用雷射裝置如不發出雷射光，也不要探視光路中。

(3) CO₂ 雷射使用眼睛看不到的紅外光大型雷射時，附近的人要特別注意。

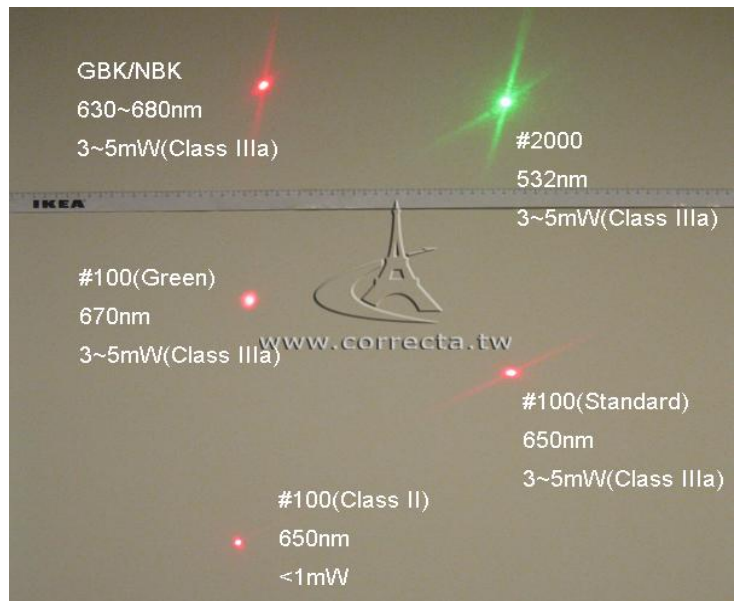
(4) 不能避免反射光或亂射光時，在使用三級以上的雷射時不可不用保護眼鏡。

3.紅光與綠光雷射的比較與危險

半導體製程上，產生綠光的晶片與製程成本較紅光來得高，所以目前綠光雷射筆的價格會比紅光貴上好幾倍。綠光雷射筆波長較短，因此照射較遠且較亮，較適合使用在大型會議或演講場合，或是需在白天或較亮的場合下使用雷射筆才需用綠光。要注意的是 10mW 以上的高功率綠光雷射筆是有危險性的，若照射眼睛會有危險，若是 50mW 以上者，直射可將火柴點燃

目前雷射依功率大小粗分為五個等級：

class I (<400 μ w), class II (<1mw), class III a (<5 mw), class III b (<500 mw), class IV (> 500 mw), 一般市面上買到的簡報用紅光雷射筆多為 class III a, 波長多為 635 nm 或是 650 nm, . Class III a 的紅光雷射無法直接看到光束，除非是利用煙霧或是水氣當介質才能看到紅色光束，但由於眼睛對綠光的敏感性較大，因此達到 5 mw 的 class III a 綠光雷射即可在黑暗中看到雷射光

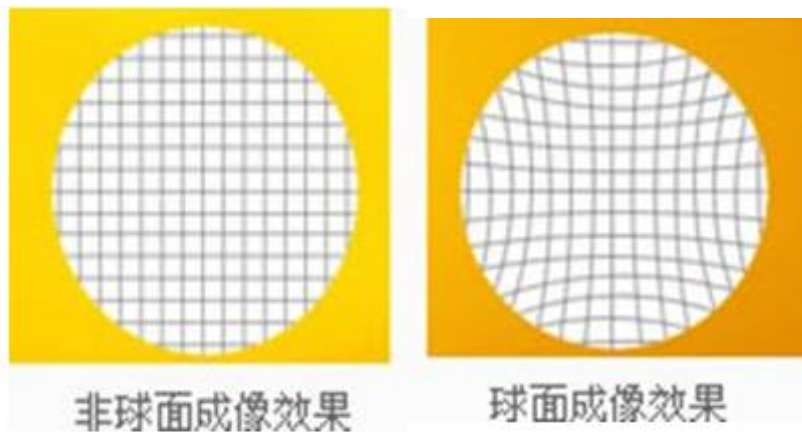


	波長	能量	對人體的危害	市售價格
紅光雷射	630~680 (nm)	較低	較低，但直射眼睛還是很危險	較低廉，隨處可買
綠光雷射	532 (nm)	較高	較高，不可任意照射	較昂貴

球面像差

當物上的一個點想在像上完美聚焦成一個點，理論上是可以計算出一組理想的透鏡曲面，然而實際上，每一個物與像之間對應點的面是不一樣的，所以不可能僅僅利用單一透鏡來呈現完美的像。

非球面鏡片與球面鏡片的視覺比較



會造成此差異乃是球面鏡的中心以及邊緣的焦距不同所造成的，因此為了改善像差所造成的影響則會將鏡片磨製為非球面鏡

