光電材料與元件期末考

電機工程一甲 蕭廷宇70305140

1. 先進國家極力的發展太空雷射武器，以雷射原理說明其可行性與關鍵問題？(20%)

一、雷射（LASER），乃為20世紀光學革命下的新產品，是一種有別於傳統電燈光線的新光源，可藉由電（光）源經過放大、激發與放射後所產生之光束，運用範圍極為廣泛。

二、雷射武器，主要由「雷射器」、「瞄準追蹤系統」、「光束控制系統」及「發送系統」等四大部分所組成；可產生具有高溫、高壓的高能量光束，能於瞬間摧毀目標；其型態主要包括氣體、自由電子與二氧化碳等三種。

三、雷射武器依其軍事用途的不同，可區分戰略性雷射武器、戰術性雷射武器與戰鬥用雷射武器三種，高能量的雷射武器具有極為強大的殺傷力與破壞力，除能有效剋制衛星與各型導彈外，對戰機、戰艦與戰甲砲車亦具相同效果。

四、雷射武器可謂是21世紀中新軍事革命最具代表性之作，我國應及早採取適切的作為，將之用以強化我之國防，以因應新世紀作戰所需。

雷射武器就是用高能的[雷射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BF%80%E5%85%89)對遠距離的目標進行精確射擊或用於防禦[飛彈](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AF%BC%E5%BC%B9)等的武器，也稱為戰術高能雷射武器（THEL）。它的突出優點是反應時間短，可攔擊突然發現的低空目標。用雷射攔擊多目標時，能迅速變換[射擊](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%84%E5%87%BB)對象，靈活地對付多個目標。雷射武器的缺點是不能全天候作戰，受限於大[霧](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BE)、大[雪](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%AA)、大[雨](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%A8)[[1]](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%BF%80%E5%85%89%E6%AD%A6%E5%99%A8#cite_note-1)，且雷射發射系統屬精密[光學](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E5%AD%A6)系統，也受大氣影響嚴重，如大氣對能量的吸收、大氣擾動引起的能量衰減、熱暈效應、湍流以及光束抖動引起的衰減等。由於雷射武器需要大量的電能，在能量儲存設備難微型化（如高能電池）的問題解決前，比較難實現大規模應用。

1. 光纖在現代通訊具有相當重要發展，請說明光纖使用雷射波長範圍為何限定在近紅外範圍？請從材料、光學原理說明(20%)

Ａ、多模光纖。

核心直徑較大的光纖（大於 10 微米）的物理性質，可用幾何光學的理論來分析。這種 光纖稱為多模光纖。在一個多模突變光纖內，光線靠著全反射傳導於核心。當光線遇到 核心-包覆邊界時，假若入射角大於臨界角，則光線會被完全反射。臨界角的角度是由 核心折射率與包覆折射率共同決定。假若入射角小於臨界角，則光線會折射入包覆，無 法繼續傳導於核心。臨界角又決定了光纖的受光角，通常以數值孔徑來表示其大小。

Ｂ、單模光纖。

核心直徑小於傳播光波波長約十倍的光纖，不能用幾何光學理論來分析其物理性質。替 而代之，必須改用馬克士威方程式組來分析，想出相關的電磁波波動方程式。視為光學 波導，光纖可以傳播多於一個橫模的光波。只允許一種橫模傳導的光纖稱為單模光纖。 常見的一種單模光纖，核心直徑大約為 8–10 微米，專門用於傳導近紅外線。多模光 纖的核心直徑可以小至 50 微米，或者大至幾百微米。

光纖的結構，它為圓形且細如髮絲之玻璃纖維，主要分為兩部分，裏層稱 「核心（Core）」，通常以玻璃做成；外層稱為「纖殼（Clad）」。因為「光纖」是屬於介 質波導之一種，故只要條件許可，也可使用特殊的塑膠材料或液體材料。由於「光纖」 的「核心」的直徑只有數個「微米」至數十「微米」，而「纖殼」的直徑也僅在一百至 兩百微米之間，其本身相當微弱。因此，在一般應用中，會於外層再鍍上一層塑膠，並 再加一層尼龍，以免受到外界化學物質的侵蝕。

3.LED在高亮度的發展上，從內部與外部效率有那些作法，從學理上，LED亮度的最大極限為何？(20%)

發光原理：

發光原理是將電能轉換為光，對利用不同材料所形成之化合物半導體施加電流，透過電子與電洞的結合，將過剩的能量以光的形式釋出，達成發光的效果；而不同的材料會發出不同的波長，也就會看到不同顏色的光。LED屬於冷性發光，壽命長達10萬小時以上。因其發光原理、結構等與白熾燈泡不同，與白熾燈相較，具有發熱量少、壽命長、耗電量少、單色光發光、反應速度快、耐衝撞、耐候性佳、體積小、具小型輕量化等特性，故在初期以及目前之應用皆從取代小型白熾燈泡切入各應用市場，如家電產品、資訊產品、通訊產品之指示燈以及顯示器面板之背光源等，而且在高亮度產品開發完成並商品化後，其應用領域持續擴大，包括汽車第三煞車燈、大型戶外看板等。

LED種類(依波長分)

LED屬於冷性發光，壽命長達10萬小時以上，並具有無須暖燈時間、反應速度快(約在10-9秒)、體積小、用電省、污染低、適合量產及具高可靠度等特點，故可配合應用在需要製成極小或陣列式的元件，因此適用範圍廣，一般來說，LED應用可由可見光與不可見光兩大類區分；在可見光部分，又可分為一般亮度及高亮度，其中高亮度LED亦可進一步區分為高亮度LED及超高亮度LED，目前可見光LED已普遍應用在生活中多項產品如手機、PDA產品的背光源、資訊與消費性電子產品的指示燈、工業儀表設備、汽車用儀表指示燈與煞車燈、大型廣告看板及交通號誌等；至於不可見光，主要分為二種，短波長紅外光應用在無線通訊用(如IrDA模組)、遙控器、感測器；長波長紅外光則用在短距離光纖之通訊光源

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 可見光 | 450-680nm | 一般亮度 | 資訊、家電等之指示光源、室內顯示 |
| 高亮度 | 大型看板、交通號誌、手機背光源、室內顯示、汽車外部燈、車用指示燈、大型LCD背光源 |
| 不可見光 | 850～950nm | 短波長紅外光 | 紅外線無線通訊、IrDA模組、資訊家電產品資料整合傳輸、遙控器、感測器 |
| 1300～1550nm | 長波長紅外光 | 短距離光纖之通訊光源。 |

（一）LED的顏色：LED的顏色是一項非常重要的指標，是每一個LED相關燈具產品必須標明，目前LED的顏色主要有紅色、綠色、藍色、青色、黃色、白色、暖白、琥珀色等。在我們設計和接單的時候這個參數是千萬不能忘記的(尤其是初學者).因為顏色不同,相關的參數也有很大的變化。

（二）LED的電流：LED的正向極限(IF)電流多在20MA，而且LED的光衰電流不能大於IF/3，大約15MA和18MA。LED的發光強度僅在一定範圍內與IF成正比,當IF＞20MA時，亮度的增強已經無法用內眼分出來。因此，LED的工作電流一般選在17—19MA左右比較合理.前面所針對是普通小功率LED（0.04-0.08W）之間的LED而言,但有些食人魚LED除外（有些在40MA左右的額定值）。

除著技術的不斷發展，大功率的LED也不斷出現如0.5W LED（IF=150MA），1W LED（IF=350MA），3W LED（IF=750MA）還有其它更多的規格，我不一一進行介紹,你們可以自己去查LED手冊。

（三）LED的電壓：通常所說的LED是正向電壓,就是說LED的正極接電源正極，負極接電源負極。電壓與顏色有關係，紅、黃、黃綠的電壓是1.8—2.4v之間。白、藍、翠綠的電壓是3.0—3.6v之間，這裡筆者要提醒的是，同一批生產出的LED電壓也會有一些差異，要根據廠家提供的為準，在外界溫度升高時，VF將會下降。

（四）LED的反向電壓VRm：允許增加的最大反向電壓。超過數值，發光二極體可能被擊穿損壞。

（五）LED的色溫: 以絕對溫度K來表示，即將一標準黑體加熱，溫度升高到一定程度時顏色開始由深紅—淺紅—橙黃— 白—藍，逐漸改變，某光源與黑體的顏色相同時，將黑體當時的絕對溫度稱為該光源之色溫。

因相關色溫度事實上是以黑體輻射接近光源光色時，對該光源光色表現的評價值，並非一種精確的顏色對比，故具相同色溫值的二光源，可能在光色外觀上仍有些許差異。僅憑色溫無法了解光源對物體的顯色能力，或在該光源下物體顏色的再現如何。

● 此外，光源色溫不同，光色也不同：

　　- 色溫在3000k以下有溫暖的感覺，達到穩重的氣氛；  
　　- 色溫在3000k-5000k為中間色溫，有爽快的感覺；  
　　- 色溫在5000k以上，有冷的感覺。

（六）發光強度（I、Intensity）：單位坎德拉，即cd。光源在給定方向的單位立體角中發射的光通量定義為光源在該方向的（發）光強（度），發光強度是針對點光源而言的，或者發光體的大小與照射距離相比比較小的場合。這個量是表明發光體在空間發射的會聚能力的。可以說，發光強度就是描述了光源到底有多“亮”，因為它是光功率與會聚能力的一個共同的描述。發光強度越大，光源看起來就越亮，同時在相同條件下被該光源照射后的物體也就越亮，因此，早些時候描述手電筒都用這個參數。

現在LED也用這個單位來描述，比如某LED是15000的，單位是mcd，1000mcd=1cd，因此15000mcd就是15cd。 之所以LED用毫cd（mcd）而不直接用cd來表示，是因為以前最早LED比較暗，比如1984年標準5mm的LED其發光強度才0.005cd，因此才用mcd表示。

用發光強度來表示“亮度”的缺點是，如果管芯完全一樣的兩個LED，會聚程度好的發光強度就高。因此，用戶在購買LED的時候不要只關注高I值，還要看照射角度。很多高I值的LED並非提高自身的發射效率來達到，而是把鏡頭加長照射角度變窄而實現，這儘管對LED手電筒有用，但可觀察角度也受限。另外，同樣的管芯LED，直徑5mm的I值就比3mm的大一倍多，但只有直徑10mm的1/4，因為透鏡越大會聚特性就越好。

（七）LED光通量（F，Flux）：單位流明，即lm。光源在單位時間內發射出的光量稱為光源的發光通量。同樣，這個量是對光源而言，是描述光源發光總量的大小的，與光功率等價。光源的光通量越大，則發出的光線越多。

對於各向同性的光（即光源的光線向四面八方以相同的密度發射），則F=4πI。也就是說，若光源的I為1cd，則總光通量為4π=12.56 lm。與力學的單位比較，光通量相當於壓力，而發光強度相當於壓強。要想被照射點看起來更亮，我們不僅要提高光通量，而且要增大會聚的手段，實際上就是減少面積，這樣才能得到更大的強度。

要知道，光通量也是人為量，對於其它動物可能就不一樣的，更不是完全自然的東西，因為這種定義完全是根據人眼對光的響應而來的。

人眼對不同顏色的光的感覺是不同的，此感覺決定了光通量與光功率的換算關係。對於人眼最敏感的555nm的黃綠光，1W = 683 lm，也就是說，1W的功率全部轉換成波長為555nm的光，為683流明。這個是最大的光轉換效率，也是定標值，因為人眼對555nm的光最敏感。對於其它顏色的光，比如650nm的紅色，1W的光僅相當於73流明，這是因為人眼對紅光不敏感的原因。對於白色光，要看情況了，因為很多不同的光譜結構的光都是白色的。例如LED的白光、電視上的白光以及日光就差別很大，光譜不同。

以常用白光LED流明列舉來說：0.06W→3-5LM，0.2W→13-15LM，1W→60-80LM。（僅供參考）

（八）LED光照度（E，Illuminance）：單位勒克斯即lx（以前叫lux）。1流明的光通量均勻分佈在1平方米表面上所產生的光照度。

（九）顯色性：光源對物體本身顏色呈現的程度稱為顯色性，也就是顏色逼真的程度；光源的顯色性是由顯色指數來表明，它表示物體在光下顏色比基準光（太陽光）照明時顏色的偏離，能較全面反映光源的顏色特性。顯色性高的光源對顏色表現較好，我們所見到的顏色也就接近自然色，顯色性低的光源對顏色表現較差，我們所見到的顏色偏差也較大。

國際照明委員會CIE把太陽的顯色指數定為100，各類光源的顯色指數各不相同，如：高壓鈉燈顯色指數 Ra=23，熒光燈管顯色指數Ra=60—90。

● 顯色分兩種：

- 忠實顯色：能正確表現物質本來的顏色需使用顯色指數（Ra）高的光源，其數值接近100，顯色性最好。

- 效果顯色：要鮮明地強調特定色彩，表現美的生活可以利用加色法來加強顯色效果。

（十）眩光：視野內有亮度極高的物體或強烈的亮度對比，則可以造成視覺不舒適稱為眩光，眩光是影響照明質量的重要因素。

（十一）LED的使用壽命：LED在一般說明中，都是可以使用50,000小時以上，還有一些生產商宣稱其LED可以運作100,000小時左右。這方面主要的問題是，LED並不是簡單的不再運作而已，它的額定使用壽命不能用傳統燈具的衡量方法來計算。實際上，在測試LED使用壽命時，不會有人一直呆在旁邊等著它停止運作。不過，還是有其他方法來測算LED的使用壽命。LED之所以持久，是因為它不會產生燈絲熔斷的問題。LED不會直接停止運作，但它會隨著時間的流逝而逐漸退化。

有預測表明，高質量LED在經過50,000小時的持續運作后，還能維持初始燈光亮度的60%以上。假定LED已達到其額定的使用壽命，實際上它可能還在發光，只不過燈光非常微弱罷了。要想延長LED的使用壽命，就有必要降低或完全驅散LED晶元產生的熱能。熱能是LED停止運作的主要原因。

（十二）LED發光角度：二極體發光角度也就是其光線散射角度，主要靠二極體生產時加散射劑來控制，有三大類：

（1）高指向性。一般為尖頭環氧封裝，或是帶金屬反射腔封裝，且不加散射劑。發光角度5°—20°或更小，具有很高的指向性，可作局部照明光源用，或與光檢出器聯用以組成自動檢測系統。

（2）標準型。通常作指示燈用，其發光角度為20°—45°。

1. 散射型。這是視角較大的指示燈，發光角度為45°—90°或更大，散射劑的量較大。

４.從近代物理的理論，雷射的發現是必然還是偶然？先解釋愛因斯坦的受激輻射理論(20%)

[愛因斯坦](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%88%B1%E5%9B%A0%E6%96%AF%E5%9D%A6)在1930年代描述了[原子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E5%AD%90" \o "原子)的受激輻射。在此之後人們很長時間都在猜測，這個現象可否被用來加強光場，因為前提是[介質](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BB%8B%E8%B4%A8)必須存在著[群數反轉](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BE%A4%E6%95%B8%E5%8F%8D%E8%BD%89)（或譯居量反轉）的狀態。在一個二級系統中，這是不可能的。人們首先想到用三級系統，而且計算證實了輻射的穩定性。

1958年，美國科學家[查爾斯·湯斯](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9F%A5%E5%B0%94%E6%96%AF%C2%B7%E6%B1%A4%E6%96%AF" \o "查爾斯·湯斯)和[阿瑟·肖洛](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E7%91%9F%C2%B7%E8%82%96%E6%B4%9B)發現了一種神奇的現象：當他們將[氖](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%96)光燈泡所發射的光照在一種稀土晶體上時，晶體的分子會發出鮮艷的、始終會聚在一起的強光。根據這一現象，他們提出了"雷射原理"，即物質在受到與其分子固有振蕩頻率相同的能量激發時，都會產生這種不發散的強光--雷射。他們為此發表了重要論文，並分別獲得1964年和1981年的[諾貝爾物理學獎](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%AB%BE%E8%B2%9D%E7%88%BE%E7%89%A9%E7%90%86%E5%AD%B8%E7%8D%8E" \o "諾貝爾物理學獎)。

肖洛和湯斯的研究成果發表之後，各國科學家紛紛提出各種實驗方案，但都未獲成功。

1960年5月16日，[美國](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BE%8E%E5%9B%BD" \o "美國)[加利福尼亞州](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%A0%E5%88%A9%E7%A6%8F%E5%B0%BC%E4%BA%9A%E5%B7%9E)[休斯實驗室](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BC%91%E6%96%AF%E9%A3%9E%E8%A1%8C%E5%99%A8)的科學家[梅曼](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A2%85%E6%9B%BC)宣布獲得了波長為0.6943微米的雷射，這是人類有史以來獲得的第一束雷射，梅曼因而也成為世界上第一個將雷射引入實用領域的科學家。他的方案是，利用一個高強閃光燈管來刺激[紅寶石](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BA%A2%E5%AE%9D%E7%9F%B3" \o "紅寶石)。紅寶石在物理上是一種摻有[鉻](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%93%AC)原子的[剛玉](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%89%9B%E7%8E%89)，當紅寶石受到刺激時，就會發出一種紅光。在一塊表面鍍上反光鏡的紅寶石的表面鑽一個孔，使紅光可以從這個孔溢出，從而產生一條相當集中的纖細紅色光柱，這稱為[紅寶石雷射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%85%E5%AF%B6%E7%9F%B3%E9%9B%B7%E5%B0%84)。當它射向某一點時，可使其達到比太陽表面還高的溫度。

半導體雷射器的發現：前[蘇聯](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8B%8F%E8%81%94)科學家[尼古拉·巴索夫](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%BC%E5%8F%A4%E6%8B%89%C2%B7%E5%B7%B4%E7%B4%A2%E5%A4%AB)於1960年發明了[半導體雷射器](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%8A%E5%B0%8E%E9%AB%94%E6%BF%80%E5%85%89%E5%99%A8" \o "半導體雷射器)。半導體雷射器的結構通常由p層、n層和形成雙異質結的有源層構成。其特點是：尺寸小、p合效率高、響應速度快、波長和尺寸與光纖尺寸適配、可直接調製、相干性好。

在1980年代後期，半導體技術使得更高效而耐用的半導體雷射二極體成為可能，這些在小功率的CD和DVD光碟機和光纖數據線中得到使用。

在1990年代，高功率的雷射激發原理得到實現，比如[片狀雷射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%89%87%E7%8A%B6%E6%BF%80%E5%85%89" \o "片狀雷射)和[纖維雷射](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%BA%A4%E7%BB%B4%E6%BF%80%E5%85%89&action=edit&redlink=1)。後者由於新的加工技術和20kW的高功率不斷地被應用到材料加工領域中，從而部分的替代了CO2雷射和Nd:YAG-雷射。

2000年代，雷射的非線性得到利用，來製造X射線脈衝（來跟蹤原子內部的過程）；另一方面，藍光和紫外線雷射二極體已經開始進入市場。在2009年，中國研製出一種名為[氟代硼鈹酸鉀](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%B0%9F%E4%BB%A3%E7%A1%BC%E9%93%8D%E9%85%B8%E9%92%BE&action=edit&redlink=1" \o "氟代硼鈹酸鉀 (頁面不存在))（[KBBF](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=KBBF&action=edit&redlink=1)）的晶體，可用於激發[深紫外線](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%B7%B1%E7%B4%AB%E5%A4%96%E7%B7%9A&action=edit&redlink=1" \o "深紫外線 (頁面不存在))雷射，一旦成功應用，可令每片光碟的容量超過1TB，亦使半導體上可儲存的電路密度大幅提高[[1]](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%BF%80%E5%85%89" \l "cite_note-1)。

現在，雷射器已成為工業、通訊、科學及電子娛樂中的重要設備。

5,從光纖的特性，如果你從美國加州矽谷發一封mail回台灣，訊號傳遞在光纖中光走的模式(single,multi)轉

換情況？(20%)

**光導纖維**，簡稱**光纖**(Optical fiber)。光纖是一種導致[光](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%85%89)在[玻璃](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%8E%BB%E7%92%83)或[塑料](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%A1%91%E6%96%99)製成的[纖維](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%BA%A4%E7%BB%B4)中，以[全反射](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%85%A8%E5%8F%8D%E5%B0%84)原理傳輸的光傳導工具。微細的光纖封裝在塑料護套中，使得它能夠[彎曲](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%BD%8E%E6%9B%B2)而不至於斷裂。通常光纖的一端的發射裝置使用[發光二極體](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%99%BC%E5%85%89%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E9%AB%94)或一束[雷射](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%BF%80%E5%85%89)將光脈衝傳送至光纖，光纖的另一端的接收裝置使用光敏元件檢測脈衝。包含光纖的線纜稱為**光纜**。由於光在光導纖維的傳輸損失比電在[電線](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%94%B5%E7%BA%BF)傳導的[損耗](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%8D%9F%E8%80%97)低得多，更因為主要生產原料是[矽](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%9F%BD)，蘊藏量極大，較易開採，所以價格很便宜，促使光纖被用作長距離的[信息](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E4%BF%A1%E6%81%AF)傳遞工具。隨著光纖的價格進一步降低，光纖也被用於[醫療](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%86%AB%E7%99%82)和[娛樂](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%A8%9B%E6%A8%82)的用途。

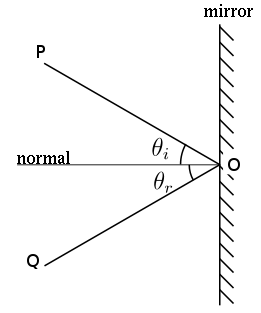
光纖主要分為兩類，漸變光纖與突變光纖。前者的[折射率](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%8A%98%E5%B0%84%E7%8E%87)是漸變的，而後者的折射率是[突變](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%AA%81%E8%AE%8A)的。另外還分為[單模光纖](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%96%AE%E6%A8%A1%E5%85%89%E7%BA%96)及[多模光纖](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%A4%9A%E6%A8%A1%E5%85%89%E7%BA%96)。近年來，又有新的[光子晶體](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%85%89%E5%AD%90%E6%99%B6%E4%BD%93)光纖問世。

光導纖維是雙重構造，核心部分是高折射率玻璃，表層部分是低折射率的玻璃或塑料，光在核心部分傳輸，並在表層交界處不斷進行全反射，沿「之」字形向前傳輸。這種纖維比[頭髮](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%A4%B4%E5%8F%91)稍粗，這樣細的纖維要有折射率截然不同的雙重結構分布，是一個非常驚人的技術。各國科學家經過多年努力，創造了內附著法、MCVD法、VAD法等等，製成了超高純[石英玻璃](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%9F%B3%E8%8B%B1%E7%8E%BB%E7%92%83)，特製成的光導纖維傳輸光的效率有了非常明顯的提高。現在較好的光導纖維，其光傳輸損失每[公里](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%85%AC%E9%87%8C)只有零點二[分貝](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%88%86%E8%B2%9D)；也就是說傳播一公里後只損失4.5％。

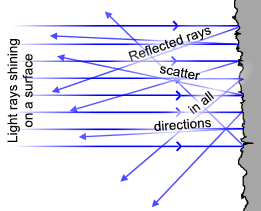
在介質內，光纖的衰減，又稱為**傳輸損失**，指的是隨著傳輸距離的增加，光束（或訊號）強度會減低。由於現代光傳輸介質的高質量[透明度](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%80%8F%E6%98%8E%E5%BA%A6)，光纖的**衰減係數**的單位通常是[dB](http://zh-tw.enc.tfode.com/DB)/[km](http://zh-tw.enc.tfode.com/Km)（每公里長度介質的[分貝](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%88%86%E8%B2%9D)）。因為矽石玻璃纖維能夠滿足嚴格的規定，局限光束於內部，傳輸介質材料大多是由矽石玻璃纖維製成的。

阻礙[數位訊號](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%95%B8%E4%BD%8D%E8%A8%8A%E8%99%9F)遠距離傳輸的一個重要因素就是衰減。因此，減少衰減是光纖光學研究的必然目標。經過多次實驗得到的結果，顯示出光散射和[吸收](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%90%B8%E6%94%B6_(%E5%85%89%E5%AD%A6))是造成光纖衰減的主要原因之一。

**光散射**

[](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Reflection_angles.svg)

鏡面反射。

[](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Diffuse_reflection.PNG)

漫反射。

因為光線的全反射，光線可以傳輸於光纖核心。粗糙、不規則的[表面](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E8%A1%A8%E9%9D%A2)，甚至在[分子](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%88%86%E5%AD%90)層次，也會使光線往[隨機](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%9A%A8%E6%A9%9F)方向反射，稱這現象為[漫反射](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%BC%AB%E5%8F%8D%E5%B0%84)或光散射[[1]](http://zh-tw.enc.tfode.com/zh-hant/%E5%85%89%E7%BA%A4" \l "cite_note-z-1)，其特徵通常是多種不同的反射角。

大多數物體因為表面的光散射，可以被人類[視覺](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E8%A6%96%E8%A6%BA)偵測到。光散射跟入射光波的波長有關。[可見光](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%8F%AF%E8%A6%8B%E5%85%89)的波長大約是1微米。人類視覺無法偵測到超小於這尺寸的物體.[[2]](http://zh-tw.enc.tfode.com/zh-hant/%E5%85%89%E7%BA%A4#cite_note-2)。所以，位於可見物體表面的[散射中心](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%95%A3%E5%B0%84)也有類似的[空間](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%A9%BA%E9%96%93)尺寸。

光波入射於內部的邊介面時，會因為不同調散射而造成衰減。對於結晶材料或多晶材料，像[金屬](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%87%91%E5%B1%AC)或[陶瓷](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%99%B6%E7%93%B7)，除了細孔以外，大部分內部介面的形式乃晶界，分隔了晶粒尺寸的微小區域。材料學專家發現，假若能將散射中心（或晶界）的尺寸減小到低於入射光波的波長，則光散射的影響會減小很多，可以被忽略。這發現引起更多有關透明陶瓷材料的研究。

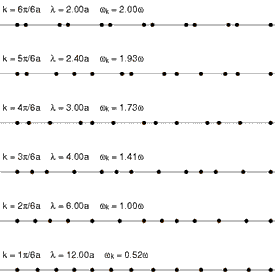
類似地，在光學光纖內，光散射是由分子層次的不規則玻璃結構所造成的。很多材料學專家認為玻璃無疑是多晶材料的極限案例。而其展現出短距離現像的**疇域**(domain），則是金屬、合金、玻璃、陶瓷等等的基礎[建築材料](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%BB%BA%E7%AD%91%E6%9D%90%E6%96%99)。散布在這些疇域之間，有很多微結構缺陷，是造成光散射的最理想地點。

當[光學倍率](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%85%89%E5%AD%B8%E5%80%8D%E7%8E%87)變高時，光纖的非線性光學行為也可能會造成光散射[[3]](http://zh-tw.enc.tfode.com/zh-hant/%E5%85%89%E7%BA%A4#cite_note-3)。

**紫外線和紅外線吸收**

除了光散射以外，光纖材料會選擇性地吸收某些特定[波長](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%B3%A2%E9%95%B7)的光波，這也會造成衰減或訊號損失。吸收光波的機制類似[顏色](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%A1%8F%E8%89%B2)顯現的機制。

1. 在[電子](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%9B%BB%E5%AD%90)層次，光纖材料的每種組成[原子](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%8E%9F%E5%AD%90)，其不同的電子[軌域](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E8%BB%8C%E5%9F%9F)的[能級](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E8%83%BD%E7%B4%9A)差值，決定了光纖材料能否吸收某特定[頻率](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%A0%BB%E7%8E%87)或[頻率帶](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%A0%BB%E7%8E%87)的[光子](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%85%89%E5%AD%90)。這些特定頻率或頻率帶的光子，大多屬於紫外線或可見光的頻區。這就是很多可見物質顯示出[顏色](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%A1%8F%E8%89%B2)的機制。
2. 在原子或分子層次，[振動](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%8C%AF%E5%8B%95)頻率、[堆積](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%A0%86%E7%A7%AF)結構、[化學鍵](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%8C%96%E5%AD%B8%E9%8D%B5)強度等等，這些重要因素共同決定了材料傳輸[紅外線](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A)，[遠紅外線](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%81%A0%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A)，[無線電波](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E7%84%A1%E7%B7%9A%E9%9B%BB%E6%B3%A2)，[微波](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E5%BE%AE%E6%B3%A2)等等長波的能力。

[](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:1D_normal_modes_(280_kB).gif)

在一個晶體物體內部，[振動](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%8C%AF%E5%8B%95" \o "振動)的簡正模。

在設計任何透明光學元件前，必須先知道[材料](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E6%9D%90%E6%96%99)的性質和限制，然後才能選擇適當的材料。任何材料在低頻率區域的晶格吸收特性，也賦予了這項材料對於這低頻率光波的透明限制。這是組成的原子或分子的熱感應振動，和入射光波之間，相互[耦合](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E8%80%A6%E5%90%88)的結果。因此，在紅外線頻區（＞ 1微米），每一種材料都要避開這些由於原子或分子振動機制而產生的吸收區域。

因為某特定頻率的紅外線光波，恰恰好匹配了，某種材料的原子或分子的自然振動頻率，這種材料會選擇性地吸收這特定頻率的光波。由於不同的原子或分子有不同的自然振動頻率，它們會選擇性地吸收不同頻率（或不同頻率帶）的紅外線光波。

由於光波頻率不匹配光纖材料的自然振動頻率，會造成光波的反射或[透射](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%80%8F%E5%B0%84)。當紅外線光波入射於這不匹配的光纖材料，一部分能量會被反射，另一部分能量會被[透射](http://zh-tw.enc.tfode.com/%E9%80%8F%E5%B0%84)。