**光電材料與元件期末報告**

**光導纖維(Optical fiber)**

**班級:進修假日電機一甲**

**學號:70305128**

**姓名:吳婉蓉**

**前言:**

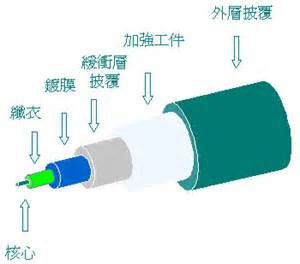
光導纖維，簡稱光纖(Optical fiber)。光纖是一種導致[光](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89)在[玻璃](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%8E%BB%E7%92%83)或[塑料](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A1%91%E6%96%99)製成的[纖維](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BA%A4%E7%BB%B4)中，以[全反射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%A8%E5%8F%8D%E5%B0%84)原理傳輸的[光傳導](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E5%82%B3%E5%B0%8E&action=edit&redlink=1)工具。微細的光纖封裝在塑料護套中，使得它能夠[彎曲](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BD%8E%E6%9B%B2)而不至於[斷裂](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%96%B7%E8%A3%82&action=edit&redlink=1)。通常光纖的一端的[發射](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%99%BC%E5%B0%84&action=edit&redlink=1)裝置使用[發光二極體](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BC%E5%85%89%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E9%AB%94)或一束[雷射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BF%80%E5%85%89)將[光脈衝](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E8%84%88%E8%A1%9D&action=edit&redlink=1)傳送至光纖，光纖的另一端的接收裝置使用[光敏元件](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E6%95%8F%E5%85%83%E4%BB%B6&action=edit&redlink=1)檢測[脈衝](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%84%88%E8%A1%9D&action=edit&redlink=1)。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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E7%BA%BF)傳導的[損耗](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8D%9F%E8%80%97)低得多，更因為主要生產原料是[矽](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%BD)，[蘊藏量](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%98%8A%E8%97%8F%E9%87%8F&action=edit&redlink=1)極大，較易[開採](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%96%8B%E6%8E%A1&action=edit&redlink=1)，所以價格很便宜，促使光纖被用作長距離的[信息](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%86%AB%E7%99%82)和[娛樂](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A8%9B%E6%A8%82)的用途。

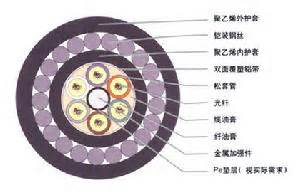
光纖主要分為兩類，[漸變光纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%BC%B8%E8%AE%8A%E5%85%89%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)與[突變光纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%AA%81%E8%AE%8A%E5%85%89%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)。前者的[折射率](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%98%E5%B0%84%E7%8E%87)是[漸變](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%BC%B8%E8%AE%8A&action=edit&redlink=1)的，而後者的折射率是[突變](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%AA%81%E8%AE%8A)的。另外還分為[單模光纖](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%96%AE%E6%A8%A1%E5%85%89%E7%BA%96)及[多模光纖](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%9A%E6%A8%A1%E5%85%89%E7%BA%96)。近年來，又有新的[光子晶體](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%86%85%E9%99%84%E7%9D%80%E6%B3%95&action=edit&redlink=1)、[MCVD法](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=MCVD%E6%B3%95&action=edit&redlink=1)、[VAD法](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=VAD%E6%B3%95&action=edit&redlink=1)等等，製成了超高純[石英玻璃](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%95%88%E7%8E%87&action=edit&redlink=1)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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%AC%E9%87%8C)只有零點二[分貝](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%88%86%E8%B2%9D)；也就是說傳播一公里後只損失4.5％。

**材料:**

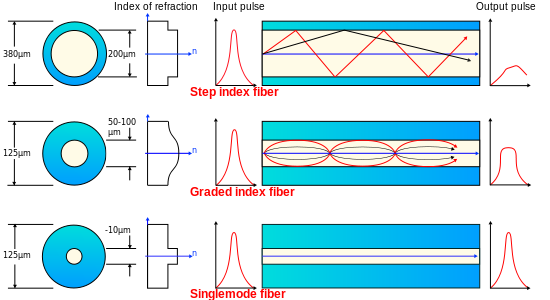
光纖的結構為圓形且細如髮絲之玻璃纖維，主要分為兩部分，裏層稱「核心（Core）」，通常以玻璃做成；外層稱為「纖殼（Clad）」。因為「光纖」是屬於介質波導之一種，故只要條件許可，也可使用特殊的塑膠材料或液體材料。由於「光纖」的「核心」的直徑只有數個「微米」（百萬分之一米）至數十「微米」，而「纖殼」的直徑也僅在一百至兩百「微米」之間，其本身相當微弱。因此，在一般應用中，會於外層再鍍上一層塑膠，並再加一層尼龍，以免受到外界化學物質的侵蝕。若將幾條如上述一般之光纖維起來，就可形成所謂的「光纖電纜」了，或簡稱為「光纜」。





**光學原理:**

光纖是[圓柱形](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%93%E6%9F%B1%E5%BD%A2)的[介質波導](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BB%8B%E8%B3%AA%E6%B3%A2%E5%B0%8E)，應用[全反射原理](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%A8%E5%8F%8D%E5%B0%84%E5%8E%9F%E7%90%86&action=edit&redlink=1)來傳導光線。光纖的結構大致分為裏面的核心部分與外面的包覆部分。為了要局限光信號於核心，包覆的折射率必須小於核心的折射率。[漸變光纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%BC%B8%E8%AE%8A%E5%85%89%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)的折射率是緩慢改變的，從[軸心](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%BB%B8%E5%BF%83&action=edit&redlink=1)到包覆，逐漸地減小；而[突變光纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%AA%81%E8%AE%8A%E5%85%89%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)在核心-包覆邊界區域的折射率是急劇改變的。

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Optical_fiber_types.svg)

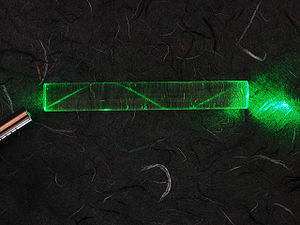
■折射率

折射率可以用來計算在物質裏的光線速度。在[真空](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9C%9F%E7%A9%BA)裏，及[外太空](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%96%E5%A4%AA%E7%A9%BA)，光線的傳播速度最快，大約為3億[公尺](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%AC%E5%B0%BA)／秒。一種物質的折射率是真空[光速](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E9%80%9F)除以光線在這[物質](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%89%A9%E8%B3%AA)裏傳播的速度。所以，根據定義，真空折射率是1。折射率越大，光線傳播的速度越慢。通常光纖的核心的折射率是1.48，包覆的折射率是1.46。所以，光纖傳導[訊號](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A8%8A%E8%99%9F)的速度粗算大約為2億公尺／秒。[電話](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E8%A9%B1)訊號，經過光纖傳導，從[紐約](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%90%E7%B4%84)到[雪梨](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%AA%E6%A2%A8)，大約12000公里距離，會有最低0.06秒[時間](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%99%82%E9%96%93)的延遲。

■全反射

當移動於[密度](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AF%86%E5%BA%A6)較高的介質的光線，以大角度[入射](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%A5%E5%B0%84&action=edit&redlink=1)於核心-包覆邊界時，假若這[入射角](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%A5%E5%B0%84%E8%A7%92)（光線與邊介面的[法線](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%95%E7%BA%BF)之間的夾角）的角度大於[臨界角](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%A8%E7%95%8C%E8%A7%92)的角度，則這光線會被完全地[反射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%8D%E5%B0%84)回去。光纖就是應用這種效應來局限傳導光線於核心。在光纖內部傳播的光線會被邊界反射過來，反射過去。由於光線入射於邊界的角度必須大於[臨界角](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%A8%E7%95%8C%E8%A7%92)的角度，只有在某一角度範圍內射入光纖的光線，才能夠通過整個光纖，不會洩漏損失。這角度範圍稱為光纖的[受光錐角](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%8F%97%E5%85%89%E9%8C%90%E8%A7%92&action=edit&redlink=1)，是光纖的核心折射率與包覆折射率的差值的[函數](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%87%BD%E6%95%B8)。

光線射入光纖的角度必須小於[受光角](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%8F%97%E5%85%89%E8%A7%92&action=edit&redlink=1)的角度，才能夠傳導於光纖核心。受光角的[正弦](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A3%E5%BC%A6)是光纖的[數值孔徑](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%B0%E5%80%BC%E5%AD%94%E5%BE%84)。[數值孔徑](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%B0%E5%80%BC%E5%AD%94%E5%BE%84)越大的光纖，越不需要精密的[熔接](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%86%94%E6%8E%A5)和[操作](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%93%8D%E4%BD%9C&action=edit&redlink=1)技術。單模光纖的數值孔徑比較小，需要比較精密的熔接和操作技術。

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Laser_in_fibre.jpg)

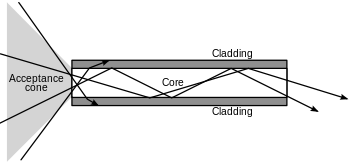
●雷射的反彈於一根[壓克力](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A3%93%E5%85%8B%E5%8A%9B)棍內部，顯示出光線的[全反射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%A8%E5%8F%8D%E5%B0%84)。

■多模光纖

核心[直徑](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%B4%E5%BE%91)較大的光纖（大於10 [微米](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BE%AE%E7%B1%B3)）的[物理](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%89%A9%E7%90%86)性質，可以用[幾何光學](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%87%A0%E4%BD%95%E5%85%89%E5%AD%A6)的理論來分析，這種光纖稱為多模光纖，用於通信用途時，線材會以橘色外皮做為辨識。

在一個多模突變光纖內，[光線](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E7%B7%9A)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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%98%E5%B0%84)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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%8F%97%E5%85%89%E8%A7%92&action=edit&redlink=1)，通常以[數值孔徑](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%B0%E5%80%BC%E5%AD%94%E5%BE%84)來表示其大小。較高的數值孔徑會允許光線，以較近軸心和較寬鬆的角度，傳導於核心，造成光線和光纖更有效率的[耦合](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%80%A6%E5%90%88)。但是，由於不同角度的光線會有不同的[光程](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E7%A8%8B)，通過光纖所需的時間也會不同，所以，較高的數值孔徑也會增加[色散](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%89%B2%E6%95%A3)。有些時候，較低的數值孔徑會是更適當的選擇。

漸變光纖的核心的折射率，從軸心到包覆，逐漸地減低。這會使朝著包覆傳導的光線，平滑緩慢地改變方向，而不是急劇地從核心-包覆邊界反射過去。這樣，大角度光線會花更多的時間，傳導於低折射率區域，而不是高折射率區域。因此，所形成的[曲線](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9B%B2%E7%BA%BF)路徑，會減低[多重路徑色散](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%A4%9A%E9%87%8D%E8%B7%AF%E5%BE%91%E8%89%B2%E6%95%A3&action=edit&redlink=1)。工程師可以精心設計漸變光纖的折射率分布，使得各種光線在光纖內的軸傳導速度差值，能夠極小化。這理想折射率分布應該會非常接近於[拋物線](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8B%8B%E7%89%A9%E7%B7%9A)分布。

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Optical-fibre.svg)

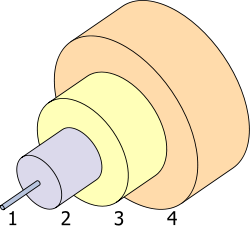
●光波傳播於多模光纖。

■單模光纖

核心直徑小於傳播光波[波長](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%A2%E9%95%B7)約十倍的光纖，不能用[幾何光學](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%87%A0%E4%BD%95%E5%85%89%E5%AD%A6)理論來分析其物理性質。替而代之，必須改用[馬克士威方程組](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A6%AC%E5%85%8B%E5%A3%AB%E5%A8%81%E6%96%B9%E7%A8%8B%E7%B5%84)來分析，導出相關的[電磁波方程式](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E7%A3%81%E6%B3%A2%E6%96%B9%E7%A8%8B%E5%BC%8F)。視為[光學波導](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E5%AD%B8%E6%B3%A2%E5%B0%8E&action=edit&redlink=1)，光纖可以傳播多於一個[橫模](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%A9%AB%E6%A8%A1&action=edit&redlink=1)的光波。只允許一種橫模傳導的光纖稱為單模光纖。用於通信用途時，線材會以[黃色](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%BB%83%E8%89%B2)外皮做為辨識[[來源請求]](https://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:%E5%88%97%E6%98%8E%E6%9D%A5%E6%BA%90)。大直徑核心、多橫模的光纖的物理性質，也可以用電磁波波動方程式分析。結果會顯示出，這種光纖允許多於一個橫模的光波。這樣的解析多模光纖，所得到的結果，與幾何光學的解析結果大致相同。

[波導分析](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%B3%A2%E5%B0%8E%E5%88%86%E6%9E%90&action=edit&redlink=1)顯示，在光纖內的光波的[能量](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%83%BD%E9%87%8F)，並不是全部局限於核心裏。令人驚訝地，特別是在單模光纖裏，有很大一部分的能量是以[衰減波](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%A1%B0%E6%B8%9B%E6%B3%A2&action=edit&redlink=1)的形式傳導於包覆。

最常見的一種單模光纖，核心直徑大約為7.5–9.5 [微米](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BE%AE%E7%B1%B3)，專門用於傳導[近紅外線](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%BF%91%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A&action=edit&redlink=1)。多模光纖的核心直徑可以小至50微米，或者大至幾百微米。

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Singlemode_fibre_structure.svg)

●單模光纖內部結構：  
1.核心：直徑8 µm  
2.包覆：直徑125 µm  
3.緩衝層：直徑250 µm  
4.外套：直徑400 µm

■特用光纖

有些特用光纖的核心或包覆會特別地製作成非圓柱形，通常像橢圓形或長方形。這包括[維護偏極化光纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%B6%AD%E8%AD%B7%E5%81%8F%E6%A5%B5%E5%8C%96%E5%85%89%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)。

[光子晶體](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E5%AD%90%E6%99%B6%E4%BD%93)光纖是一種新型的光纖，其折射率以[規律性](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%A6%8F%E5%BE%8B%E6%80%A7&action=edit&redlink=1)的模式變化（通常沿著光纖的軸向會有圓柱空洞）。光子晶體光纖應用[繞射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B9%9E%E5%B0%84)效應（單獨的或加上全反射效應）來侷限光波於光纖核心。

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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A1%8F%E8%89%B2)顯現的機制。

在[電子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E5%AD%90)層次，光纖材料的每種組成[原子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E5%AD%90)，其不同的電子[軌域](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BB%8C%E5%9F%9F)的[能級](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%83%BD%E7%B4%9A)差值，決定了光纖材料能否吸收某特定[頻率](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A0%BB%E7%8E%87)或[頻率帶](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A0%BB%E7%8E%87)的[光子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A1%8F%E8%89%B2)的機制。

在原子或分子層次，[振動](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8C%AF%E5%8B%95)頻率、[堆積](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A0%86%E7%A7%AF)結構、[化學鍵](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A)，[遠紅外線](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%81%A0%E7%B4%85%E5%A4%96%E7%B7%9A)，[無線電波](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%84%A1%E7%B7%9A%E9%9B%BB%E6%B3%A2)，[微波](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BE%AE%E6%B3%A2)等等長波的能力。

在設計任何透明光學元件前，必須先知道[材料](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%BD%8E%E9%A0%BB%E7%8E%87&action=edit&redlink=1)區域的[晶格吸收特性](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%99%B6%E6%A0%BC%E5%90%B8%E6%94%B6%E7%89%B9%E6%80%A7&action=edit&redlink=1)，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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%86%B1%E6%84%9F%E6%87%89%E6%8C%AF%E5%8B%95&action=edit&redlink=1)，和入射光波之間，相互[耦合](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%87%AA%E7%84%B6%E6%8C%AF%E5%8B%95%E9%A0%BB%E7%8E%87&action=edit&redlink=1)，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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%80%8F%E5%B0%84)，所以光纖使用雷射波長範圍限定在近紅外範圍。

光散射

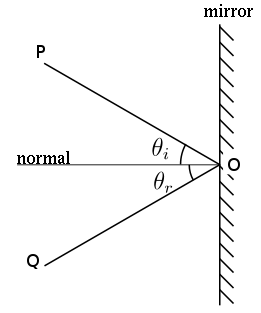
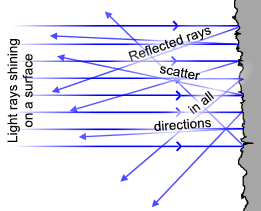
光線的全反射，光線可以傳輸於光纖核心。[粗糙](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%B2%97%E7%B3%99&action=edit&redlink=1)、[不規則](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%B8%8D%E8%A6%8F%E5%89%87&action=edit&redlink=1)的[表面](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A1%A8%E9%9D%A2)，甚至在[分子](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%88%86%E5%AD%90)層次，也會使光線往[隨機](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9A%A8%E6%A9%9F)方向反射，稱這現象為[漫反射](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BC%AB%E5%8F%8D%E5%B0%84)或[光散射](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E6%95%A3%E5%B0%84&action=edit&redlink=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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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。所以，位於可見物體表面的[散射中心](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%A3%E5%B0%84)也有類似的[空間](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%B8%8D%E5%90%8C%E8%AA%BF%E6%95%A3%E5%B0%84&action=edit&redlink=1)而造成衰減。對於結晶材料或多晶材料，像[金屬](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%87%91%E5%B1%AC)或[陶瓷](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%99%B6%E7%95%8C&action=edit&redlink=1)，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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%80%8F%E6%98%8E%E9%99%B6%E7%93%B7%E6%9D%90%E6%96%99&action=edit&redlink=1)的研究。

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](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%BE%AE%E7%B5%90%E6%A7%8B&action=edit&redlink=1)[缺陷](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E7%BC%BA%E9%99%B7&action=edit&redlink=1)，是造成光散射的最理想地點。

當[光學倍率](https://zh.wikipedia.org/wiki/%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](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%9D%9E%E7%B7%9A%E6%80%A7%E5%85%89%E5%AD%B8%E8%A1%8C%E7%82%BA&action=edit&redlink=1)也可能會造成光散射。

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Reflection_angles.svg) [](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Diffuse_reflection.PNG)

●鏡面反射 ●漫反射

光纖的接頭

1. Ferrule Connector圓型帶螺紋(配線架上用的最多）

2. Snap-in Connector卡接式方型（路由器交換機上用的最

多)

光纖熔接

光纖熔接技術主要是用熔纖機將光纖和光纖或光纖和[尾纖](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%B0%BE%E7%BA%96&action=edit&redlink=1)連接，把光纜中的裸纖和光纖尾纖熔合在一起變成一個整體，而尾纖則有一個單獨的光纖頭。通過與光纖收發器連接，將光纖和[雙絞線](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF)連接，接到信息插座。在光纖的熔接過程中用到的主要工具有：[光端盒](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E7%AB%AF%E7%9B%92&action=edit&redlink=1)、[光纖收發器](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E7%BA%96%E6%94%B6%E7%99%BC%E5%99%A8&action=edit&redlink=1)、尾纖、[耦合器](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E8%80%A6%E5%90%88%E5%99%A8&action=edit&redlink=1)、專用[剝線鉗](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%89%9D%E7%B7%9A%E9%89%97&action=edit&redlink=1)、[光纖切割刀](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%85%89%E7%BA%96%E5%88%87%E5%89%B2%E5%88%80&action=edit&redlink=1)等。

光纖的應用

目前用於通信中的光纖主要是玻璃纖維，其外徑約為250微米，中心通光部分直徑為10~60微米。在醫學上，光纖用於[內視鏡](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%A7%E8%A6%96%E9%8F%A1)，在娛樂方面，常用於[音響](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9F%B3%E9%9F%BF)的訊號線。