

屋內光纖網路

中華電信智慧建築辦公室顧問 劉時淼老師

一、前言

屋內光纖是外線光纖的延伸。因使用環境不同，導致結構不同，但光纖相同。屋內基於成本及距離的考量，使用多模態光纖者不少。而連接外線的光纖到府則都須使用單模態光纖。雖然光纖相同，但屋內與屋外光纖的傳輸品質要求略有不同。先從光纖談起。

二、光纖

光纖是由兩層同心圓石英構成，如下圖。內層為核心(Core)，是光信號傳輸的通路。外層為纖殼(Cladding)，其功能是把光信號圍在核心內傳輸。在纖殼的外圍有一層染色的PVC保護層(Buffer)保護裸光纖以及識別用。

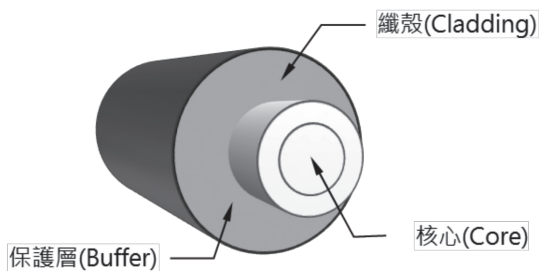


圖1 光纖結構

光在真空中的速度(c)與在光纖內的速度(v)不同， c/v 就是折射率(Refraction Index)，通常用“ n ”表示。 n_1 指的是核心折射率， n_2 指纖殼折射率。折射率越高(v 越小的)的材質，光在裡邊的速度越慢。光纖核心的折

射率大於纖殼，所以光在核心速度比纖殼的慢。

光束進入兩個不同折射率介面時，會折射。如果入射角夠大¹，折射會變成反射。光束在核心內前進碰到核心與纖殼介面時，產生全反射，反射後再碰到另一邊介面又全反射，繼續往前。

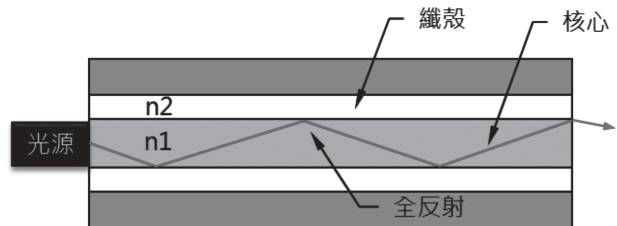


圖2 光纖傳輸原理

核心內各點的折射率大小可以任意安排，但無論如何，核心的折射率一定要大於纖殼，才能把光信號侷限於核心內傳輸。利用折射率排列的不同，光纖可分成多模態與單模態兩種：

1. 多模態階射率光纖

此光纖的折射率排列形狀如下圖左的折線。核心折射率 n_1 均勻分佈，到了與纖殼介面突然下降變成 n_2 ，形成一個梯階狀(Step)。而且核心直徑大，可以一次通過好幾條光束，一條光束又稱為一個模態(Mode)²，故叫做多模態階射率(Multi-mode Step Index)光纖。

¹ 這裡所指的入射角是入射光束與法線的夾角。法線為虛構的線，在光纖裡與軸心垂直的線。<https://www.youtube.com/watch?v=anCgOpTJtTQ>

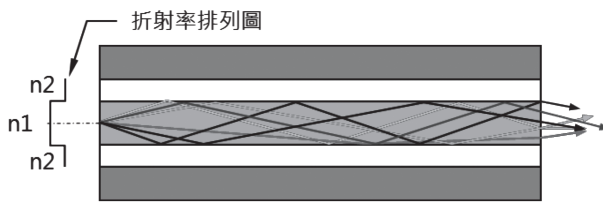


圖3 多模態階射率光纖

各不同光波在同一時間進入光纖傳送，因入射角的關係導致折射次數不同。折射次數多的路徑長，次數少的路徑短，光束到達終端有遲早之分。於是脈衝變形，如圖5。此種因模態路徑不同而造成的色散叫模間色散 (Intermodal Dispersion)。多模態階射率光纖已漸漸退出電信市場，只剩專業用的塑膠光纖 (Plastic Optical Fiber, POF) 及塑膠纖殼石英核心 (Plastic Cladding Glass Core, PCS) 的光纖採用此設計。

2. 多模態斜射率光

為了解決前述的問題。1967年，日本 Tohoku University (東北大學) 教授 Kawakami (川上源一) 發明多模態斜射率光纖。把折射率排列成以核心軸心最高，朝纖殼成比例下降，光束在核心內呈拋物線狀前進，如圖4。

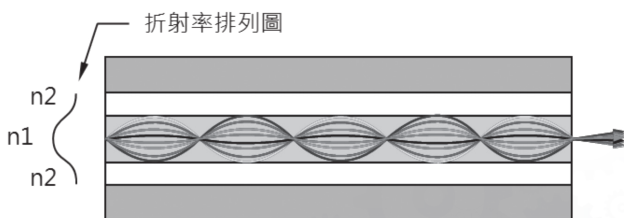


圖4 多模態斜射率光纖

前面提過，折射率越高光速越慢。在核心內靠軸心的光速最慢，越靠近纖殼速度越快。光路徑靠近纖殼的較長，但光速較快。靠近軸心的路徑較短，但速度較慢。截長補短，每一光束都是同一時間到達光纖的某與點，模間色散的問題因而解決。然而因光源發出的光波不夠純，以及石英本身有色散效應，故這種光纖仍有少許的色散。雖然如此，其傳輸速率較階射率高出數百倍。

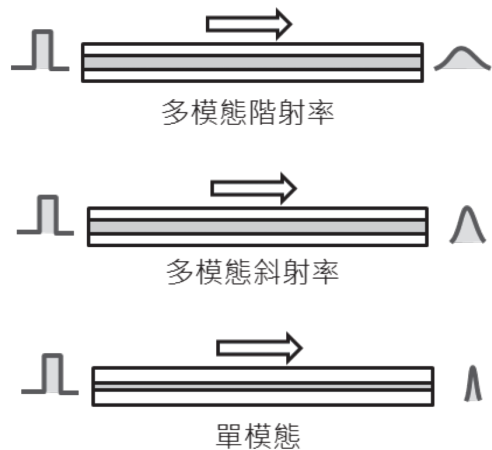


圖5 各種光纖的色散

為什麼光束在階射率光纖呈鋸齒狀前進？而斜射率呈拋物線狀？因為階射率光纖核心折射率全部相同，光束傳輸時沒有折射點，直線前進到纖殼介面且角度與介面形成臨界角³時，才有機會使光束過度折射而變成全反射。因不斷全反射，故呈鋸齒狀。斜射率光纖核心裡的光束每隔一段距離就碰到折射率變化，光束隨之折射，一直折射到纖殼介面即產生全反射，再不斷的折射回軸心，故呈拋物線狀，如下圖。

2 模態：光纖的長度正好是光信號波長的倍數或因數的條件下，光波才能傳送，滿足此條件的稱為一個模態 (Mode)

3 臨界角：光束從核心走向纖殼，會穿透介面進入纖殼，但會偏一個方向，此偏向的光稱為折射光。如果偏向的折射光是沿著介面前進，此時的入射光角度稱為臨界角。若入射光角度大於臨界角，則折射光不折，變成反射，全反射一詞由此而來。

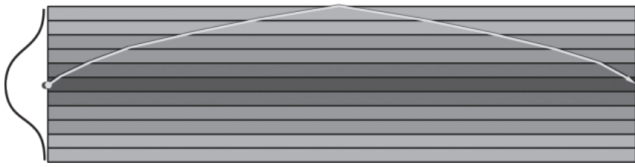


圖6 多模態斜射率光束

3. 單模態光纖

以上兩種光纖都無法滿足高速率長距離的需求，因為LED光源射出來的光譜寬且功率不足。電信網路必須使用光譜窄高功率的雷射，可以長距離的傳輸。如果把光纖核心直徑縮小到只能容許近乎一條光束在裡邊傳送，就沒有多模態光纖模間色散及傳輸距離受限的問題，這就是單模態光纖。

多模態光纖的核心/纖殼尺寸，斜射率為50/125(μm)，階射率是62.5/125(μm)，單模態8/125(μm)。

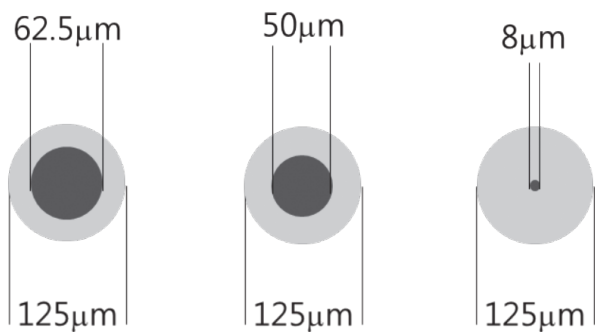


圖7 各種光纖直徑

單模態光纖也使用於屋內，大部份用於連接外網的FTTH。基於成本考量及功能，屋內區域網路會使用多模態光纖。

二、屋內光纖類別

1. OM1、OM2、OM3、OM4

70年代，第一例光纖網路是FDDI (Fiber Distributed Data Interface)，使用62.5/125多模態光纖。國際標準稱為OM1(Optical Mode 1)光纖。80年代，Gigabit光纖頻道問世，業界用850nm VCSEL⁴雷射取代LED光源，但是OM1光纖頻寬仍然不足，因此改用50/125多模態斜射率光纖(OM2)。之後速率更高OM3及OM4光纖陸續出現，用雷射當光源的，又叫雷射最佳化多模態光纖(Laser-Optimized Multimode Fibers, LOMMF)。

62.5/125光纖年代已久，新的50/125光纖直徑不同，無法互相接續，但光纖的長像相同，為免造成混淆只能用色碼來區分。OM1為橘色，OM2、OM3、OM4水藍色，LOMMF的OM3及OM4亦可用粉紫色代表。另一個方法是在OM2及OM3光纖使用LC連接器，使之不能與裝設SC或ST連接器的OM1光纖連接。

2. OS1、OS2

屋內單模態光纖分OS1及OS2兩種。兩者光纖一樣，只是光纜的差別。OS1為緊束型光纜，OS2是鬆弛套管型光。前者用於屋內距離2000米以內，速率從1Gbps到10Gbps；後者用於跨園區5公里到10公里距離，速率也是1Gbps到10Gbps。

⁴ VCSEL雷射為一種垂直發光雷射。傳統雷射水平發光，但VCSEL發光方向與雷射腔呈90°垂直，波長在850nm及1300nm。VCSEL價廉、容易測試、效率高(發光電流較低)。因發出來的光束極窄，很容易耦合進入光纖。

表1 多模態光纖與單模態光纖性能表

光纖種類	波長 (nm)	衰減係數 (dB/km)	速率與傳輸距離
50/125 (OM2, OM3, OM4)	850	3.5	1Gbps : OM2, 550m ; OM3及 OM4, 860m
	1300	1.5	10Gbps : OM2, 82m ; OM3, 300m ; OM4, 400m
62.5/125 (OM1)	850	3.5	1Gbps , 275m
	1300	1.5	10Gbps, 33m
SM (OS1) (Premises)	1310	1.0	未規範
	1550	1.0	
SM (OS2) (Outside Plant)	1310	0.5	
	1550	0.5	

三、屋內光纖類別

屋內光纖有數種，本文僅介紹較常見的其中五種，如下列圖所示：

1.單心雙併型光纖(Simplex and Zip Cord)：由兩條單心光纖互相粘著而成。光纖外被900 μ m緊束構造，用凱伏隆(Kevlar)做抗張體。大部份用於跳接線及背板線路，也可用於桌面光纖連接(FTTD)。若用於室外則需另加外被。

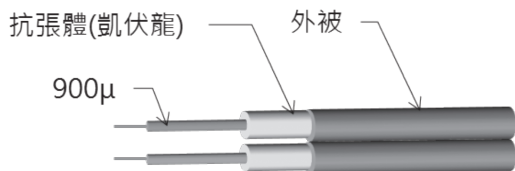


圖8 單心拉開型光纖

2.配線光纖(Distribution Cable)：由數心900 μ m光纖用凱伏隆網綁後(共同使用抗張體)再加一層外被組成。有時會使用玻璃棒

做為抗張體，以免光纖在佈放過程中扭結。適用於水平短截管道、昇位、及密閉空間。此光纖之光纖有兩層緩衝層，可直接終端於端子板，但因所有光纖共同使用一抗張體，是終端時需使用配線箱固定光纖。

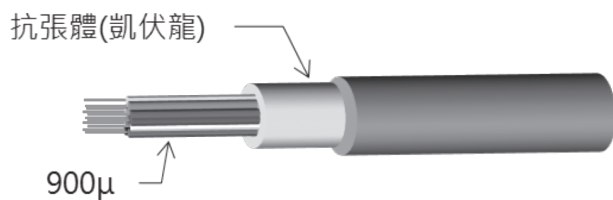


圖9配線光纖

3.分散型光纖(Breakout Cable)：由數心單心光纖組成，共同一個外被，堅韌耐用，適於無終端箱或沒有其他光纖保護設備的的終端場合。光纖內每一心光纖本身就是一條光纖，終端時不需終端箱。如果所需光纖心數及佈放距離不長，從節省人力的觀點，可以選用這種光纖。

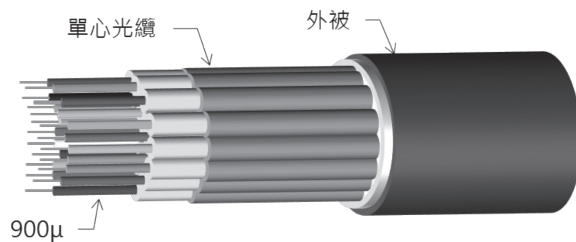


圖10分散型光纖

4.套管型光纖(Loose Tube Cable)：用於園區內屋外網路骨幹。套管內充防水膠，適用於屋外如地下管道、架空、或直埋等場合。由於光纖只有一層簿簿的保護層，在終端時要小心保護光纖以免受傷。有單模及多模光纖。

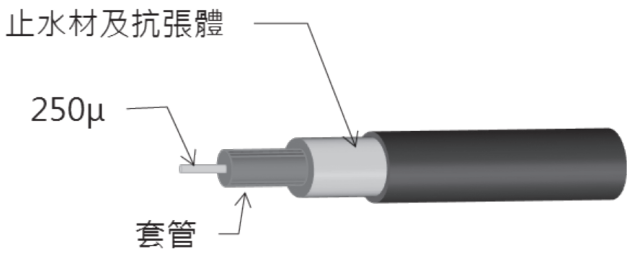


圖11 套管型光纜

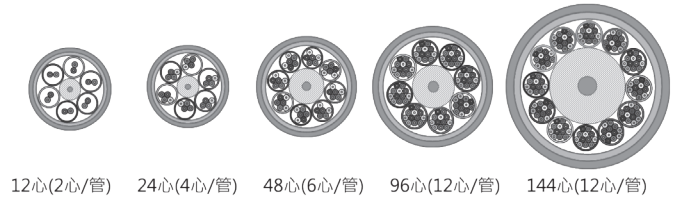


圖13 微簇型光纜

5. 氣吹式光纖(Air Blown Fiber)：屬套管型光纖(OS2)。管道及光纖帶各自分開。先佈管，後用壓縮氣體把光纖吹進管道內。萬一日後昇級或需要變更光纖心數時，只要將舊光纖抽出再吹進新光纖即可。可用於屋外或屋內，目前大量使用於新建築的光纖到府。需要特殊工具及壓縮機，故成本較高。

7. 光纖跳線(Patch Cord)：屬OS1光纖，可依使用場合選用不同心數及不同結構。是由單心緊束光纖構成。可以機櫃內連接不同箱體，也可以跨樓層跳接不同機櫃。

因為屋內管線彎曲機會較大，在結構上屋內光纖內部沒有金屬元件，抗張體都採用凱伏龍。重量比外線光纖輕，只需輕型機具即可施工。

依據法規，所有的屋內纜線的外被必須有阻燃及低排放毒素功能。低煙無鹵(Low Smoke Zero Halogen, LSZH)用於火災時會產生風洞效應的場合，如梯間、高架地板、及假式天花板等。

沒經過標準鑑定(UL或CNS)的纜線不得使用於室內。外線電纜之外被沒有阻燃功能，若非得引進到屋內，依NCC「建築物屋內外電信設備工程技術規範」CLE-EL3600規定：建築物之引進屋內線纜超過15公尺者，該引進屋內線纜之屋內段，應全部採用鋼管或密閉式耐燃性線槽收容。引進管材質應採用硬質PVC厚管、不銹鋼管或鍍鋅鋼管…，上述各材質規格應符合CNS相關規定。

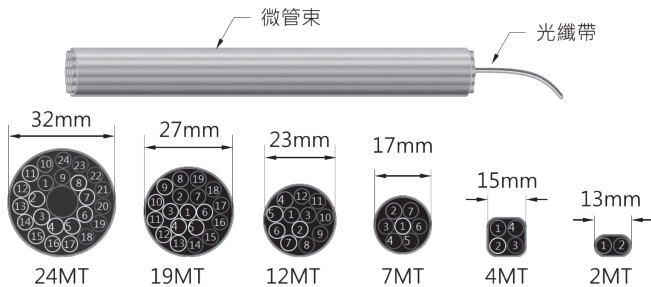


圖12 氣吹式光纜

6. 微簇型光纜：屬OS1光纖，質輕細徑，適於擁擠空間使用。佈放時不需特殊工具，工班很容易上手。但使用於分歧時，光纖必須作接續。若用戶數量龐大建案，因為接頭數量多，不但耗時且容易故障。