

# 光收發信模組及製造技巧簡介

廖虹惠  
中華電信研究所  
前瞻科技研究室 副研究員

## 摘要

近兩年來，隨著光電通訊產業之低迷不振，使得光通訊系統架構受到相當大的質疑，此主要在於高價骨幹網路相關產品的過度投資，及末端區域網路的佈放及應用需求尚未形成普及所導致。目前高價骨幹網路相關產品需求雖然低迷不振，各種配合LAN (Local Area Network)與MAN (Metropolitan Area Network)網路光纖化的光收發信模組卻蘊含著無限的商機，此低價量大的光收發信模組，將是未來光通訊網路系統發展的主軸。

## 關鍵詞

被動光纖網路(Passive Optical Network, PON)；垂直共振腔面射型雷射(Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL)；相對強度雜訊(Relative Intensity Noise, RIN)；同調崩潰(Coherent Collapse)；鬆弛振盪頻率(Relaxation Oscillation Frequency)

## 光纖通訊發展現況簡介

隨著全球網際網路的急遽成長，傳統網路已無法應付通訊革命所帶來對高速資訊傳輸應用之需求，光電產業技術的成熟及產品應用的多樣化，適時為急遽成長的全球網際網路、高

品質多媒體網路及各種數據通訊所需要之大量頻寬，提供了最佳的解決之道。搭配不同傳輸距離、不同通訊容量需求，均可以各種型式組合來達到經濟、高品質通訊要求。過去以來，光纖通訊主要將重點放在SONET/SDH骨幹網路(Backbone Network)為主的光

纖傳輸系統，如分波多工器(Wavelength Demultiplexer, WDM)、摻鉕光纖光放大器(Erbium Doped Fiber Amplifier, EDFA)、分佈迴饋式(Distributed Feedback, DFB)雷射等在高速長距離單模光纖(Single Mode Fiber, SMF)之光纖通信系統應用；相較之下，短距離光纖網路之應用研究較為不足。隨著人們對資訊處理與資料擷取的需求有增無減，短距離傳輸之高速區域網路(Local Area Network, LAN)乃應運而生，由國際電機電子工程師協會(Institute of Electrical, Electronics, and Engineering, IEEE)於1998年6月完成之超高速乙太網路(Gigabit Ethernet)規範IEEE802.3z，已使全球區域網路進入另一超高速乙太網路時代，同時亦奠定乙太網路在寬頻區域網路之地位。近兩年，被動光纖網路(Passive Optical Network, PON)為LAN (Local Area Network)及MAN (Metropolitan Area Network) 應用中較被看好之系統，尤其超高速乙太被動光纖網路EPON(Ethernet PON)更為大家所看好，於2002年2月開始製訂規範IEEE802.3ah，預計2004年2月完成，此舉更為光纖區域網路的推展與共識的凝聚往前跨越一大步。

近兩年來，隨著光電通訊產業之低迷不振，使得光通訊系統架構受到相當大的質疑，此主要在於高價骨幹網路相關產品的過度投資，及末端區域網路的佈放及應用需求尚未形成普

及所導致，目前高價骨幹網路相關產品需求雖然低迷不振，各種配合LAN與MAN網路光纖化的光收發信模組卻蘊含著無限的商機，此低價量大的光收發信模組，將是未來光通訊網路系統發展的主軸。

2000年起中國大陸的一切投資及建設受到全球矚目，上海98%光纖化投資更是全球之冠。日本政府為振興日本經濟，補助獎勵電信業者推動光纖到家(Fiber to the Home, FTTH)計劃。歐洲為了避免電磁輻射干擾之影響，亦規劃整體佈放光纖通訊設備。美國則著重在光儲存的應用。這些需求將繼續帶動光通訊系統中主動元件與被動元件市場成長。台灣在這兩年積極投入主動元件之開發及製造，已有實質的成效，初期之量大產品主要以155Mbps為主，市場價格已降至成本邊緣，自2002年下半年，大於1Gbps之產品需求已陸續增加，尤其2003年起，1.25Gbps更持續成長，由於光組件製作之好壞對155Mbps的光收發信模組與傳輸，幾乎不致有任何影響，除非是高輸出功率長距離傳輸之產品，然對大於1Gbps之產品而言，光組件製作之好壞則將嚴重影響產品品質，同時隨頻率及功率增大而影響加劇，此亦是目前許多以“電”為主之光收發信模組廠商所困擾之棘手問題，針對此問題本文將作一詳盡探討。希望對於即將邁入成長期之光主動元件市場，有所助益。

## 光收發信模組之發展

光纖通訊中最重要的三個成員為雷射、光纖、檢光器（見圖一）。

以現有之光纖通訊系統中，最常用之半導體光源主要有①1310nm發光二極體(Light Emitting Diodes, LED)。1310nm發光二極體優點為價格低廉、特性穩定，缺點則是頻寬及耦合輸出光功率太小，僅能用於短距離、低速率之通信。②850nm垂直共振腔面射型雷射(Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL)。850nmVCSEL為近年來半導體雷射之新寵兒，主要用於高速短距離傳輸，其價格低、良率高、性能佳、易封裝，對電子商務、網際網路、高品質多媒體網路，及各種數據通訊所需要之大量頻寬，可以各種形式組合來達到頻寬之要求，兼顧品質與經濟效益，以提供最佳的通訊環境。然而以市場現有之850nmVCSEL所表現出來之特性不如預期中理想，此主要來自於VCSEL製程仍有待改善，僅有部份廠家之產品較佳，加以高速光纖區域網路應用時程遞延，使得產品需求未如預期。③1310nm、1550nm之FP(Fabry-Perot)及DFB

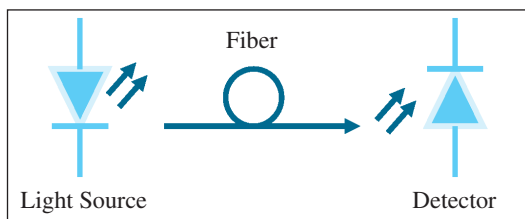
(Distributed Feedback)邊射型雷射(Edge Emitting Laser)等（見圖二）。

1310nm、1550nm之FP及DFB邊射型雷射，為光纖通訊系統中最重要的雷射光源，DFB雷射為高速長距離、高密度分波多工(Dense Wavelength Demultiplexer, DWDM)系統的主要光源，如10-Gigabit Ethernet短距離用的1300nm DFB雷射，2.5Gbps 100Km DWDM系統用的直接調變1550nm DFB雷射，長距離DWDM系統OC-48，OC-192用之1550nm DFB加外調信號及溫度穩定控制之光模組等，1310nmFP雷射則為高速區域網路中，中距離及短距離傳輸的主要光源。

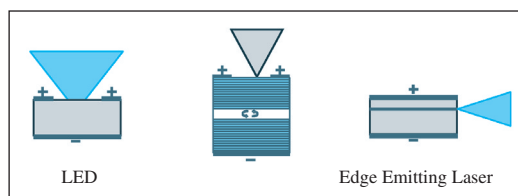
對已經佈放好之標準光纖而言，依照傳輸速率與傳輸距離不同的需求，找尋價格合理、規格符合的雷射光源為首要目標，無論是傳輸波長、速率、距離、反射等，每一項均會影響傳輸品質，傳輸速率愈高及傳輸距離越遠影響愈大。在光接收部份，檢光器一般而言有較高之良率及穩定性，問題則較小。

## 光收發信模組之核心技術

早期所佈放之骨幹網路幾乎全部



▲圖一 光纖通訊三要素



▲圖二 半導體光源

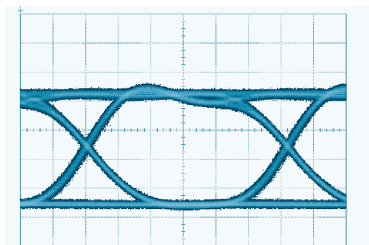
係以SONET/SDH光纖通信傳輸系統為主，對光收發信模組要求嚴格，相對價位則為今日所望塵莫及，由於高頻區域網路的推動不如預期，骨幹網路的使用率偏低，故為加速推動光纖區域網路之發展，“低價位、小體積之光收發信模組”為目前光通信市場產品中最重要之焦點。

以台灣現有電子及機械技術對光收發信模組之電路及機殼部分的組裝乃綽綽有餘，唯一欠缺的在於對雷射本質特性之了解，及對光經過訊號調變後，在光纖傳輸過程中所產生傳輸品質劣化之情形幾乎沒有什麼概念，因此當所生產之高頻或高功率光收發信模組被驗證不合格時，往往仍不知原因為何？而這也正是許多台灣光收發信模組廠商最大的盲點，如何製造

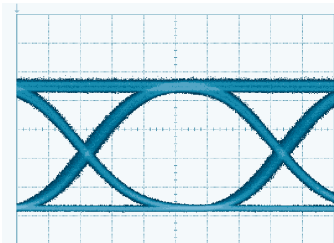
出價位低及品質佳之光收發信模組為本文之最大重點。

首先比較美國 Finisar公司1550nm DFB雷射光源之1.25Gbps\_GBIC (Gigabit Interface Converter)光收發信模組及國內某廠商相同等級之產品，經過70Km標準單模光纖(Single Mode Fiber, SMF)傳輸後之訊號貓眼圖比較如圖三。

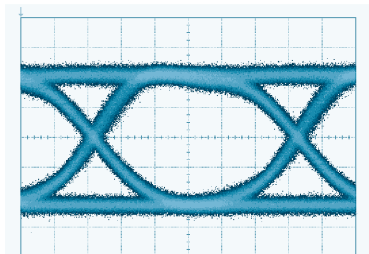
由圖三的測試結果得知，未經70Km標準單模光纖傳輸時，似乎沒有太大差異，經過70Km標準單模光纖傳輸後，明顯比較出於傳輸時之色散(Dis-persion)雜訊效應嚴重影響整個光纖通訊品質，並非無法自原始貓眼圖看出端倪，而是需要有對半導體雷射深入了解之技術與經驗，這也是許多台灣光收發信模組廠商所欠缺的。以



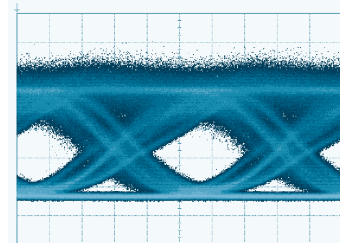
(a) Finisar\_GBIC未經70Km SMF傳輸之貓眼圖



(a) 國內某廠商GBIC未經70Km SMF傳輸之貓眼圖



(b) Finisar\_GBIC經70Km SMF傳輸之貓眼圖



(b) 國內某廠商GBIC經70Km SMF傳輸之貓眼圖

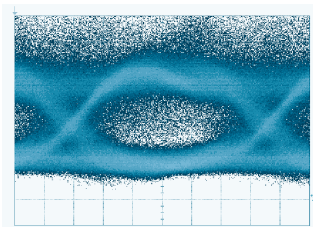
▲圖三 1.25Gbps GBIC光收發信模組未經過(a)及經過(b)70Km標準單模光纖傳輸後之訊號貓眼圖比較

目前台灣廠商在高頻光收發信模組產品製造之好壞不在於電路及機構組裝，而在於無法辨識高頻光組件製作之好壞，在量產時之品管更是一大隱憂。

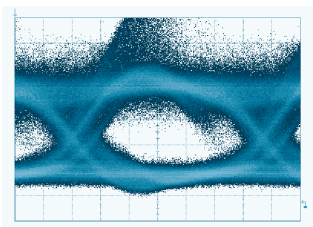
目前1310nm、1550nm之 FP及DFB邊射型雷射之製作技術已相當成熟，國內品牌之雷射亦有一定之品質，國內廠商仍以使用日本廠牌FP\_LD及DFB\_LD產品為主，因此光組件製作之優劣主要來自於封裝技術，對半導體雷射而言，當光反射回雷射共振腔時，干擾雷射模態間的穩定性，造成雷射“鬆弛振盪頻率”(Relaxation Oscillation Frequency,  $f_r$ )的變動，同時影響相對強度雜訊(Relative Intensity Noise, RIN)，更嚴重者將導致同調崩潰(Coherent Collapse)，因而影響傳輸訊號品質，尤其當輸出功率愈大，反射情況將愈嚴重，鬆弛振盪頻率  $f_r$ 亦會隨反射情況而漂移或產生倍頻等情形，往往容易造成頻寬不足，同時亦會影響光頻譜的穩定性，當然會導致光在光纖中傳輸時之色散更加嚴重，上述種種情形通常都相伴而生，影響之部份實例如圖四所示為1.25Gbps GBIC訊號。

由該實例不難看出，反射光對雷射影響之重要，對國內大部份以購買TO-Can雷射來加工的廠商而言，本文所提高頻光收發信模組之製造技巧，即是在於“如何有效控制雷射反射光？”，2001~2003年初，國內廠商

在155Mbps產品已有大量出貨經驗，由於光反射回雷射對低頻調變影響較小，同時低頻訊號在光纖通訊傳輸中幾乎無色散問題（除非是雷射模態不佳，或高功率輸出之光反射過大），故不易分出光收發信模組製作品質之好壞，因而造成廠商對高頻產品製作抱持相同製作觀念，對高頻高功率產品以為只要加光纖截蒂(Fiber Stub)即可，對自己產品是否有控制到雷射反射光渾然不知。通常光收發信模組產品在使用上主要分二個重點，一為光功率，一為調變頻率。輸出光功率愈大及頻率愈高，受反射光影響也愈大，因此在產品的分級上有明確的區隔，對長距離高功率輸出高頻光收發信模組而言，加裝光隔離器是必要的，光纖截蒂僅適合加裝於中短



(a) 一種同調崩潰時之訊號貓眼圖



(b) 一種鬆弛振盪頻率隨反射光變化漂移時之訊號貓眼圖

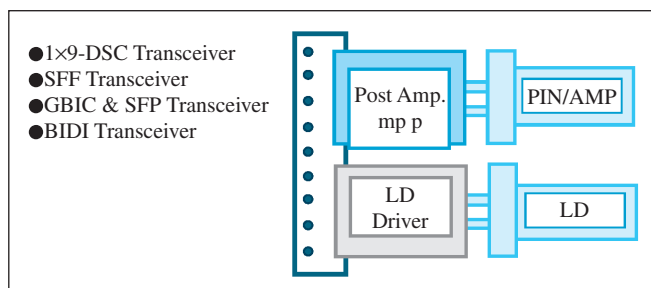
▲圖四 光反射回雷射共振腔時，對訊號貓眼圖之影響

距離之產品，是否控制得宜則需加上對半導體雷射深入了解之技術與經驗。

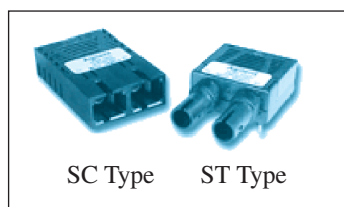
## 光收發信模組之產品簡介

近年來，相關網路應用架構及改善舊有網路架構之應用與研究相繼被提出，由於低價光收發信模組日趨成熟，更有利於高速光纖區域網之推動，以大都會網路而言，其涵蓋範圍在50公里內，現有低價高階光收發信模組即可達到標準規範要求，區域網路涵蓋範圍在5公里以內，為一般用戶所屬之網路範圍，對於元組件需求量亦最大，為配合區域網路市場之需求，高速、低成本、小體積之市場產品為目前光通信產品中最重要之焦點，本文將依序介紹現有市場中最常用之光收發信模組。

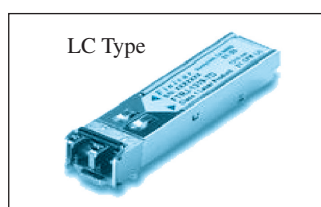
光收發信模組結構如圖五所示，雷射二極體(LD)、雷射趨動IC(LD



▲圖五 光收發信模組結構圖



▲圖六 1x9-DSC Transceiver



▲圖七 SFF Transceiver

Driver)、檢光器/放大器(PIN/AMP)及前置放大器(Post Amplifier)，依不同需求可搭配不同波長及不同形式的雷射(短距離、低速率之光源亦可以發光二極體取代)，搭配各種速率之雷射驅動IC，檢光器/放大器及前置放大器，即可製作出不同速率之產品，如乙太網路：10Mbps、125Mbps、1.25Gbps；光纖通道：133Mbps、266Mbps、1.0625Gbps、2.125Gbps；SONET/SDH：155Mbps、622Mbps、2.488Gbps等光收發信模組。

### 一、1x9-DSC Transceiver

1x9-DSC(Duplex SC Connector)形式之光收發信模組(見圖六)為符合SONET/SDH依循ITU-T規範，及LAN依循IEEE規範之標準產品，依需求可配不同之光接頭，常用的有SC、ST、FC/PC及日本喜愛使用的MU光接頭。

### 二、SFF Transceiver

為配合更高速度、體積更小之發展，各大廠分別推出不同光接頭SFF(Small Form Factor)光收發信模組產品，此種模組體積僅為1x9-DSC模組一半，有Agilent推出的MT-RJ，3M推出的VF-45，Lucent推出的LC及日本的MU光接頭形式(Connect Type)等，目前市場以LC及MU光接頭形式為主(見圖七)，SFF光收發信模組主要用於

較高速之產品，次1.0625Gbps、1.25Gbps、2.125Gbps、2.488Gbps及3.125Gbps為主要訴求。

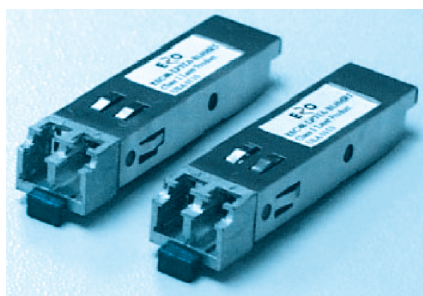
### 三、GBIC & SFP Transceiver

GBIC (Gigabit Interface Converter) 及SFP (Small Form Factor Pluggable)光收發信模組，主要為可插拔的外插式模組，可直接插在網路產品機殼外所預留之插槽上，其產品特性與應用分別與1×9-DSC及SFF光收發信模組相同，體積大小亦與1×9-DSC及SFF光收發信模組相近，僅電接頭部份加長(見圖八及圖九)。

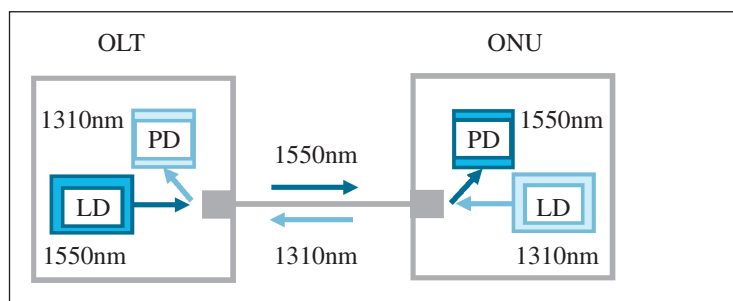
由於GBIC及SFP具有“插”及



▲圖八 GBIC Transceiver



▲圖九 SFP Transceiver



▲圖十 BIDI Transceiver

“拔”極為方便之優勢，目前各系統廠商在新的系統儀器上多半以使用GBIC及SFP為主，以方便維護運作及備料的更換。

### 四、BIDI Transceiver

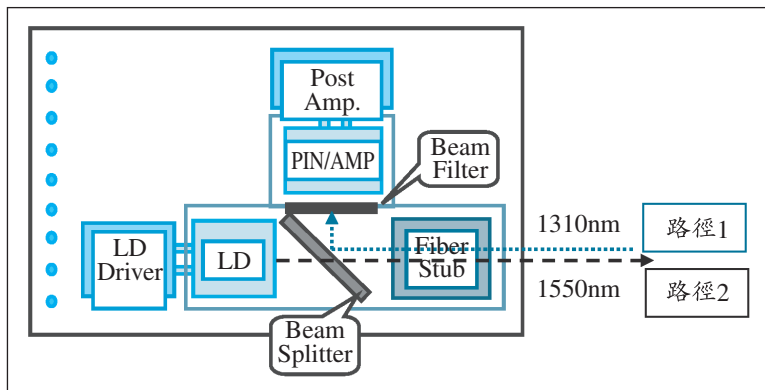
被動光纖網路(Passive Optical Network, PON)相關之系統傳輸架構為近年來極被看好之光纖網路系統架構，為節省光纖佈放成本及轉接尺寸，目前主要採用WDM式光耦合器(Wavelength Division Multiplexing Coupler)來分離1310nm及1550nm兩種波長，作為上行(Up Stream)及下行(Down Stream)傳送(見圖十)，在上游

光主線終端(Optical Line Terminator, OLT)使用1550nm光波長輸出，1310nm光波長接收之BIDI(Bi-Direction) Transceiver光收發信模組，另在下游光網路單元(Optical Network Unit, ONU)則使用1310nm光波長輸出，1550nm光波長接收之BIDI光收發信模組。

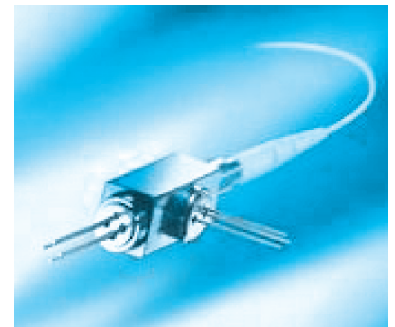
Bi-Direction光收發信模組原理主要在於將分光鏡(Beam Splitter)作為1310nm/1550nm WDM之功能(見圖十)

一)，路徑 1 為 1310nm 波長入射光進入光收發信機時，分光鏡會將其反射至光接收器，路徑 2 為 1550nm 之雷射光輸出時，光直接穿透分光鏡由光纖傳輸出去。圖中 PIN/AMP 光接收器之前有一濾光鏡(Beam Filter)，其主要功能在於濾除由發光器所發出 1550nm 光波長散射或反射打入至光接收器之光，這是由於目前所使用之光接收器可同時接收轉換 1310nm 與 1550nm 光訊號，為避免光上下行訊號因散射及反射等因素，同時打在光接收器上而相互干

擾，故需要加入；反之，相配對的光收發信模組則是 1550nm 入射光被分光鏡反射至光接收器，1310nm 雷射之光輸出直接穿透分光鏡由光纖傳輸出去。圖十二為 BIDI 光纖輸出之光次模組；圖十三為 1×9 形式 SC 接頭之 Bi-Direction 光收發信模組；圖十四為 1×9 形式光纖輸出 SC 接頭之 Bi-Direction 光收發信模組圖；圖十五為 SFF 形式 MU 接頭之 Bi-Direction 光收發信模組；圖十六為 SFF 形式 MU 接頭之 Bi-Direction 光收發信模組。



▲圖十一 Bi-Direction 光收發信模組原理



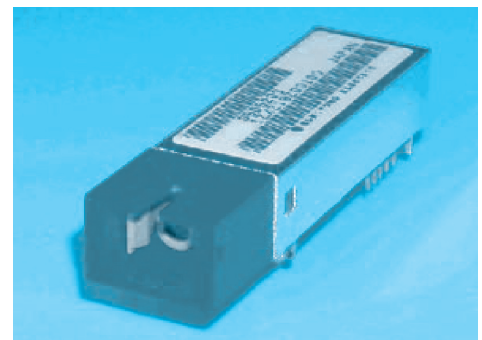
▲圖十二 BIDI 光纖輸出之光次模組



▲圖十三 1×9 形式 SC 接頭 BIDI 光收發信模組



▲圖十四 1×9 形式光纖輸出 SC 接頭 BIDI 光收發信模組



▲圖十五 SFF 形式 SC 接頭 BIDI 光收發信模組

除了上述形式之光收發信模組外，日本及歐美之部份公司亦積極提出以PLC (Planar Lightwave Circuit)方式製造Bi-Direction光收發信模組之產品，產品製作概念如圖十七所示。

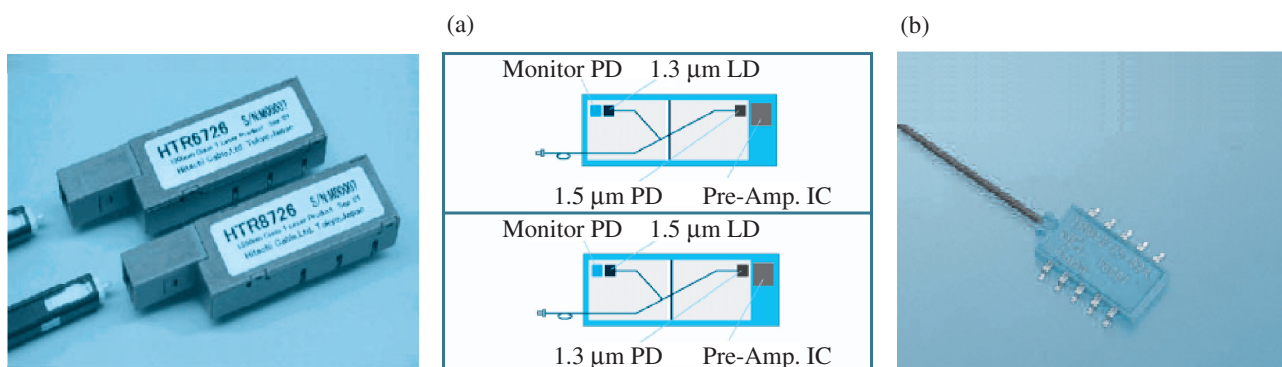
在矽基板上，經過製程產生適合1310nm及1550nm傳輸之波導(Waveguide)來導引光的行進，利用分光鏡配合雷射二極(LD)及檢光器(PD)將1310nm及1550nm分送至其各自行徑之位置，即可完成，此產品製作概念不難，製作技術層次較高，機器設備成本極為昂貴，除非大到一定的產量及良率，否則無法生產出夠低價之產品與現有市場產品競爭，此產品之另一特色為體積小且薄(圖十七為完成之產品)，可近似電的IC模式，故未來仍有其應用之價值。

目前國內光收發信模組產品製作，從雷射二極體及檢光器之磊晶→製程→晶粒封裝→光次模組封裝

(Optical Subassembly, OSA)→光收發信模組，上、中、下游的整合已能完全由台灣廠商自行完成，因此不會有核心技術組件無法掌控之情勢發生，唯一較大之差別在於封裝相關材料之品質，仍以日本產品較佳。對1310nm及1550nm二種主要波長之FP雷射製作，已達高穩定且高良率之量產程度，DFB雷射之技術已成熟，良率仍有待提升。850nmVCSEL之產品特性則有待提升，相關量產公司之產品種類分佈如表一所示。

### 結語







光纖到家是光纖通訊應用最期待之目標，但以現有經濟效益及頻寬需求，似乎還有待加油，雖然光收發信模組價格已相當低廉，FTTH目前仍欠缺的是網路週邊服務頻寬需求之開發，與舊有網路系統之連結，電信系統之管理控制整合，光纖佈放成本的



▲圖十六 SFF形式MU接頭 BIDI光收發信模組

▲圖十七 (a) PLC形式BIDI光收發信路徑；(b) PLC形式BIDI光收發信模組

表一 臺灣相關量產公司之產品種類分佈

					
勝陽、 聯亞、 國聯、 禧通、 全新	和心、誼虹、光環				
	鴻亞、東貝			鍊德	
	友嘉、晶誼、聯鈞、光磊、 華星		台達電、岳豐、旺鍊、 新怡力、前鼎、太電、冠德、 前源、鴻海、亞洲光學		沛然 (鍊德) 、光速
嘉信					

資料來源：PIDA，2003年1月

降低與成熟方便之佈放技術，需有實際經濟效益之誘因，方可吸引業者大力投入，進一步提升經濟效能，拓展出更大之應用市場。雖然光電通訊產業歷經1998~2001年初全球資源競相投入，2001~2002兩年的低迷沉寂，目前已有漸見復甦之態勢，日本光纖到家計劃正積極與台灣廠商合作，歐美光儲存亦穩定成長，中國大陸雖大量吸取及製造低價產品，但這也是推動光纖通訊普及化的另一種方式，然全球化既已形成，頻寬需求快速成長之趨勢自然無法阻擋，相信經過世代交替的全球經濟動盪不安的盤整期，二十一世紀高速寬頻網路的時代，將是非光纖通訊網路莫屬，而高頻光收發信模組更是此新紀元產業之主角。

### 參考資料

1. "Ethernet Passive Optical Network (EPON): Building a Next-Generation Optical Access Network," IEEE Communications Magazine February 2002.
2. B. Lung, "PON Architecture 'Futureproofs' FTTH," Lightwave, vol. 16, no. 10, Sept. 1999, pp. 104-7.
3. G. Pesavento and M. Kelsey, "PONs for the Broadband Local Loop," Lightwave, vol. 16, no. 10, Sept. 1999, pp. 68-74.
4. <http://www.iec.org/online/tutorials/epon/topic03.html>
5. <http://www.storage.ibm.com/ibmsan/>
6. [http://www.usc.edu/dept/engineering/eleceng/Adv\\_Network\\_Tech/Html/aleviFTTP/??](http://www.usc.edu/dept/engineering/eleceng/Adv_Network_Tech/Html/aleviFTTP/??)
7. [http://www.citr.ece.mcgill.ca/conf2001/Plant\\_2001\\_conf.pdf](http://www.citr.ece.mcgill.ca/conf2001/Plant_2001_conf.pdf)
8. [http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/12000/tech/vesr\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/12000/tech/vesr_wp.htm)
9. <http://www.commweb.com/article/COM20020517S0005>