

#### 第四節 台灣光纖通訊光收發器發展的現況

由於網際網路的興盛，光纖通訊在使用者對通訊的內容以及頻寬之需要越來越大，目前已經確定和無線通訊成為未來通訊世界的兩大主流：

光纖通訊：高頻寬、複合式內容的通訊應用。如 VOIP(Voice over IP)以及 MOD(Movie on Demand)之應用。

無線通訊：方便性、個人化的通訊需求。如 Wireless LAN 之應用。

繼 IT 以及 IC 產業之後，光纖通訊產業在台灣已漸漸形成新的群聚(cluster) 如圖 1-1 所示，在此產業裡有些公司針對光纖通訊的關鍵性主動光電零組件：光收發器 (optical transceiver)，從事光收發器之產品研發，製程設計，製造生產與行銷服務的事業。

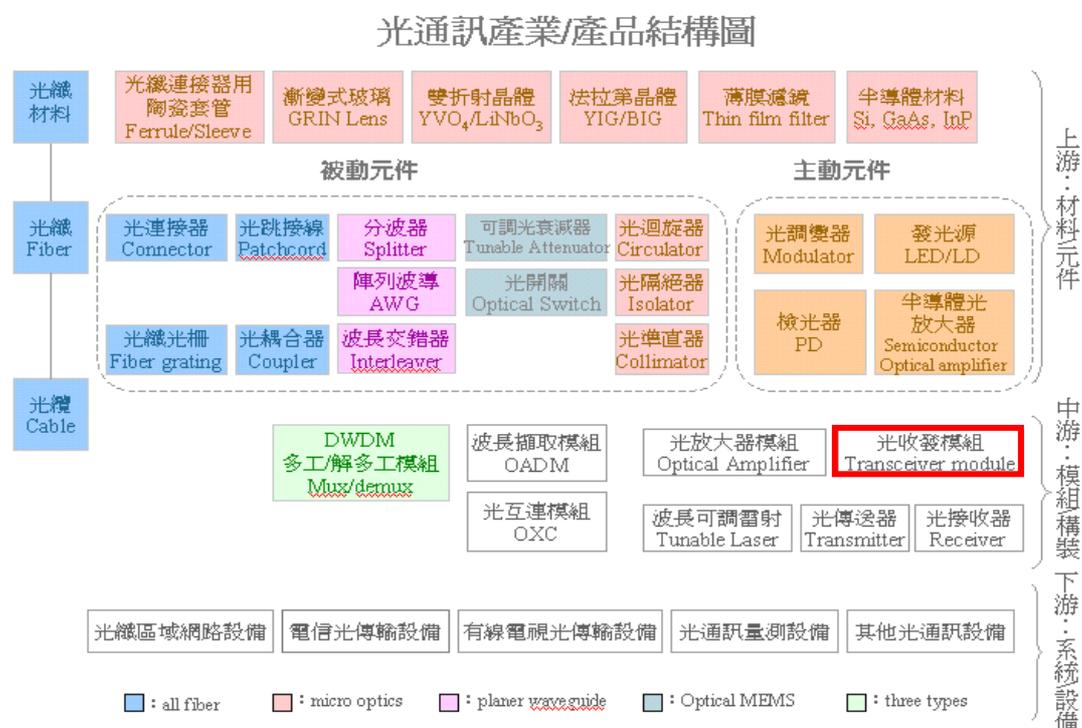


圖 1-1

光通訊歷經了1999-2000年的大躍進，無奈整個網路的商機並沒有因此而起來，導致光通訊產業的過度投資與生產，開始了數年的黑暗期。歷經近4年的衰退與庫存消耗，直到2005年才可望露出一點點曙光。光通訊網路中最重要的主動元件即是光收發器（optical transceiver），從廣域網路（WAN, Wide Area Network）、都會網路（MAN, Metropolitan Area Network）到區域接取網路（LAN, Local Access Network），光收發器扮演了光資料傳輸與接收準確無誤的靈魂角色。台灣的光收發器廠商著重於上、中、下游的垂直整合，目前投入業者不多，但產業結構已逐漸完整。在光收發器逐漸走向縮小化的同時，傳接器界面速率相對提高，技術門檻亦同時增加。

光收發器組成的主要元件包含光元件（雷射、光二極體）、IC（光元件控制）與機構元件（組成光次模組等機構），其技術涵蓋了光電、電子、物理等領域，而光電訊號轉換的品質決定了整個光通訊資料傳輸的品質。光收發器包含了電／光（Electrical/Optical, EO）訊號轉換的光發射模組（Optical Transmitter Module），將電訊號型態的資料轉換為相對應之光訊號，藉由光纖為傳輸媒介傳遞資料；另一模組則是光／電（Optical/ Electrical, OE）訊號轉換的光接收模組（Optical Receiver Module），將接收自光纖之光訊號轉換為電訊號型態。光電訊號轉換模組方塊圖如圖1-2所示。

根據工研院產業經濟與資訊服務中心（IEK）的調查，光收發器中光元件、IC 與機構元件個別的成本比重大約是6：3：1，因此IC 亦在成本結構中佔了相當重要的環節，而這個環節是目前台灣光模組產業鍊中最弱的一環。雖然台灣光收發器產業供應鍊相當完整，但由於銷售對象大多是國外客戶，造成台灣廠商在銷售與零組件採購相關的自主權較弱；在傳接器控制IC 方面，更是台灣相對較弱的一環，僅少數廠商能在產業供應上有所發揮。從早期使用III-V 族類的特殊製程，到以CMOS 製程實現大部份的IC，一向以CMOS製程自傲於國際的台灣，應該可以開始扮演一定的角色，使光收發器的產業價值鍊更形完整。

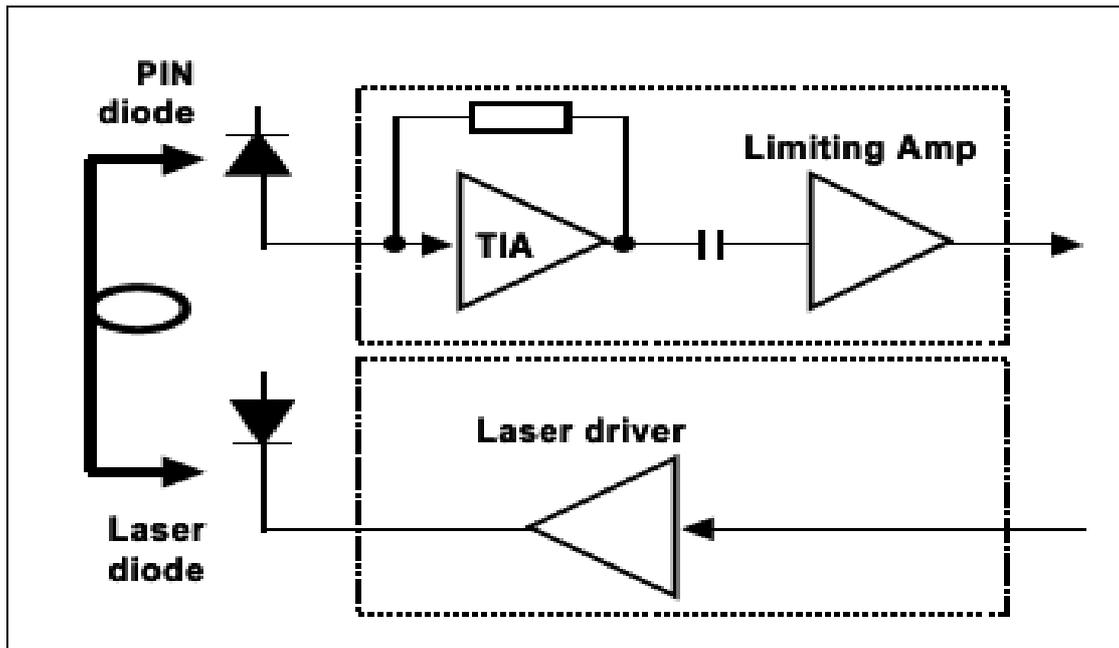


圖 1-2

光收發器為決定光通訊網路資料傳輸品質最重要的關鍵之一，肩負了資料還原的第一線責任。光收發器由光次模組（OSA, optical subassembly）及光元件控制IC 所組成，光次模組分為傳輸次模組（TOSA, Transmitter OSA），只含雷射二極體；以及接收次模組（ROSA, Receiver OSA），含光二極體及接收前端轉阻放大器。

本研究將就目前高速的光收發器與光次模組的演進做一簡單介紹。

光傳接模組從早期最普遍應用於telecomm的300pin transponder逐漸縮小，進展至telecomm與datacomm 均可見的XENPAK、到極小型的XFP（如圖1-3）。不同傳接器模組的主要意義是尺寸的縮小，從transponder 的 $3.0 \times 2.2 \times 0.53$  (in)，到XENPAK 的 $2.7 \times 1.4 \times 0.9$  (in)，漸次小到XFP的 $2.3 \times 0.7 \times 0.33$  (in)。除此之外，300pintransponder 的資料輸出／入（electrical I/O）走的是16bit 的XSBI 界面，除光發射、接收次模組之外，尚有擷取資料時脈的時脈與資料回復（CDR, clock and data recovery）電路、串列／並列資料轉換的Ser/Des 傳接器，將10Gbps 的高速資料平行化為16 個並列的資料，每個並列通道的速度約為622Mbps；而

XENPAK 走的則是4bit XAUI界面，將10Gbps 資料平行化為4 個並列通道，此時每個通道的資料速度上升到3.125Gbps；到了XFP 則是直接以serial 的10Gbps 訊號輸出，僅留下時脈與資料回復電路。光收發器從早期300pin transponder 的 pig tail 模式逐漸走向可插式 (pluggable) 的小型模組，應用也從telecomm 的領域擴展到storage、server、NIC 等資料傳輸的應用，提供一個小尺寸但高速的模組，且從廣域的網路，延伸到區域性的高速短距傳輸。

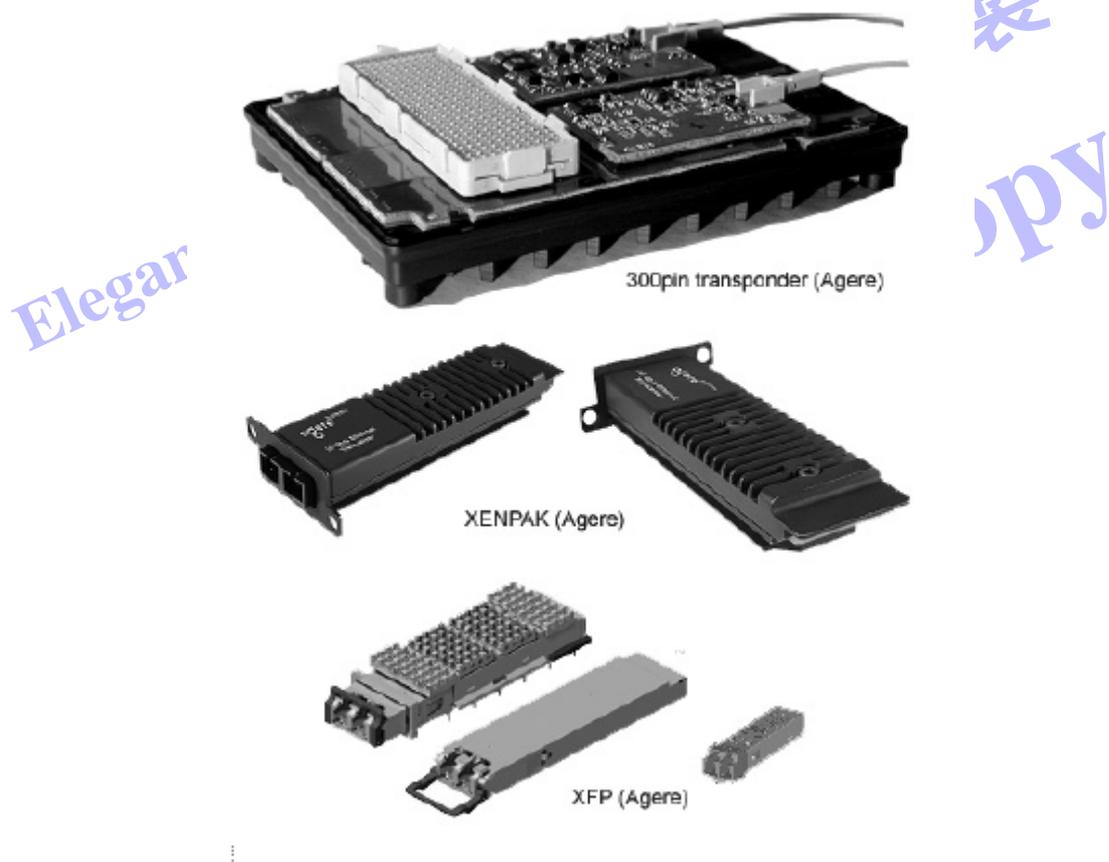


圖1-3

另外一個趨勢是因應日本FTTH 市場所推出的單心雙向傳接器 (BI-DI, Bi-Directional)，可在一條光纖上進行雙向資料通訊 (如圖1-4所示)，其原理是利用兩個光波長及光的折射，使用一條光纖同時上傳或下載資料。

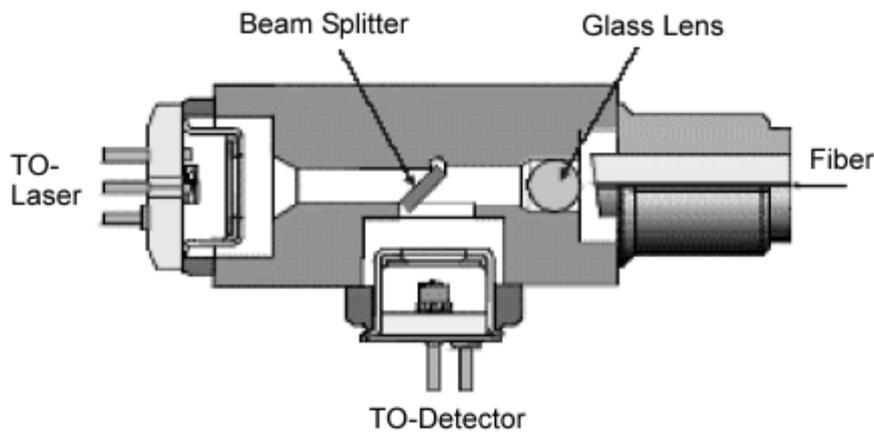
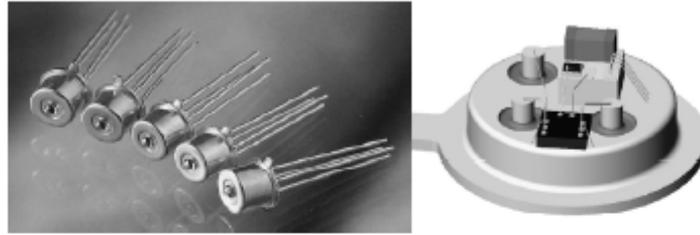
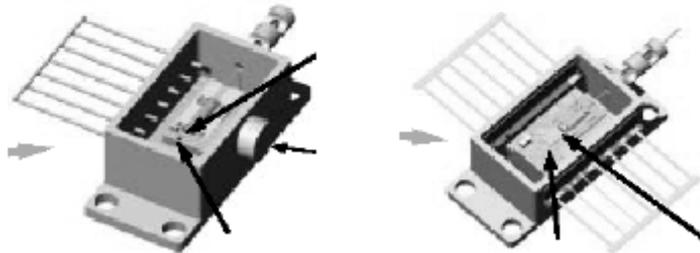


圖 1-4

傳統的光次模組封裝，一直是以 TO (Top Open) 的方式存在 (如圖1-5 a)，此技術已趨於成熟，台灣封裝廠商亦已具備量產TO 光次模組的能力。TO 的主要缺點為腳數及IC 的空間有限，因此，無法在系統穩定度上做過多的設計或增加較多的主、被動電子元件。當傳輸速度達到10Gbps 時，TO 的高頻效應逐漸無法適用於如此高的傳輸速率，取而代之的是butterfly 封裝 (如圖1-5 b)，此封裝在次模組內部有一個小型的高速電路板，可由使用者自行設計佈局 (layout)，下方為散熱裝置。設計上，將高速的資料 (data path) 佈於兩側較短的路徑上，以有效地減少封裝的高頻效應，使高頻的關鍵路徑 (critical path) 達到最短，訊號的反射量達到最小，以維持訊號的品質。Butterfly 光次模組的特色是較適用於邊緣發射型 (edge emitting) 的光元件。不過，從2003 年的最新發展趨勢來看，已陸續有以TO做為10Gbps 光次模組的成果發表，甚至已漸漸進入量產的階段，台灣廠商也逐漸趕上技術的進展，協同國內法人推動相關的業界科專計畫，將技術更上一層樓，更進一步降低建置10Gbps 網路的成本。



(a) TO-can (資料來源：晶誼光電)



(b) Butterfly (資料來源：Agere)

圖 1-5

光發射模組包含了一個電／光訊號轉換的光主動元件，雷射二極體 (Laser Diode, LD) 及一個雷射驅動器 (Laser Driver)；光接收模組則包含了一個光／電訊號轉換的光主動元件，光二極體 (Photo Diode, PD) 或稱為PIN 二極體 (PIN Diode)，一個接至該二極體的轉阻放大器 (Trans-Impedance Amplifier, TIA)，以及一個進一步放大電壓訊號的後級放大器 (Post Amplifier)，此放大器多以電壓限幅的方式設計，故亦稱為限幅放大器 (Limiting Amplifier) 接下來，本節將介紹光收發器晶片組之設計技術，這裡介紹的是設計的通則，並不討論實際電路設計的細節。

光發射器晶片為一用於電／光轉換的光發射器中控制發光元件之驅動器，在高速光通訊網路中通常使用雷射二極體為光元件，因此用來控制晶片的通常稱為雷射驅動器。雷射驅動器最重要的功能是提供一控制雷射二極體發光的電流，雷射二極體的電流／光功率的轉換特性如圖1-6所示。雷射的光功率有兩段轉換區間，在轉折點之下為自發光區，光功率輸出不大，一旦越過了轉折區，雷射會開始激發，光功率大幅提升。因此，高速雷射的控制電流可分為兩種，一為偏壓電流 (bias current)，目的是使雷射的狀態處於激發區邊緣；另一種為調變電流

(modulation current)，目的使雷射輸出光功率隨輸入資料產生表示資料「H」及「L」的兩種光功率能階。

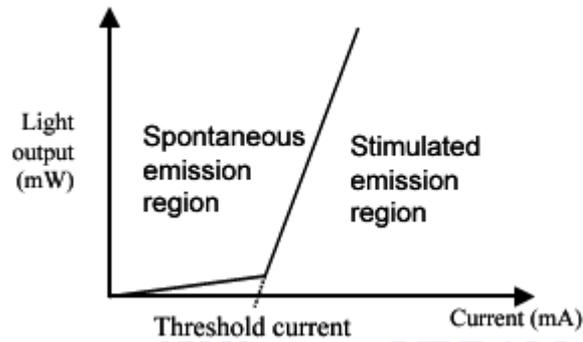


圖 1-6

一個標準雷射驅動器包含輸入資料重新取樣電路 (re-timing)，以消除訊號經過電路板及I/O後產生的時序抖動 (jitter) 或扭曲 (distortion)、脈波寬度控制 (PWC, pulse width control) 以調整訊號的脈波寬度，以及偏壓/調變電流輸出電路等，如圖 1-7。

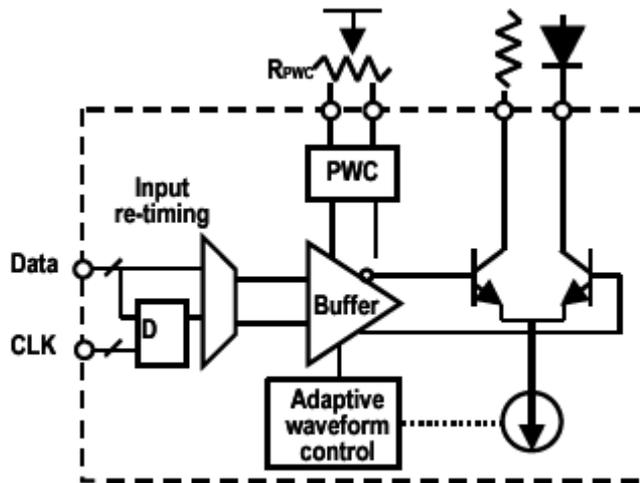
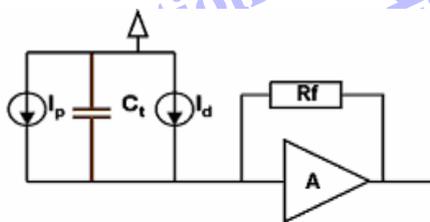


圖 1-7

一般高速雷射驅動器的電流輸出能力約需介於10mA 至100mA 之間，以符合不同雷射二極體在各種環境條件下之需求。因雷射驅動電流輸出大小不同，若不經過適當地調整，會在電流輸出級出現過衝 (overshooting) 的現象。因此，

通常會在電流輸出級之前端加一緩衝電路，並以輸出電流大小為基準做適當的調控，以避免輸出資料產生過衝的現象。當然，雷射驅動器及電流輸出均可使用單端或差動的方式。光接收器端的晶片分為兩級放大器，前級為一轉阻放大器，與負責光／電轉換的光二極體組成光接收次模組，功能為將光二極體所轉換的電流訊號轉為類比的電壓訊號。在概念上，轉阻放大器由一高增益級配合一回授電阻所組成，如圖1-8。轉阻放大器有兩個重要的設計參數，頻寬 (bandwidth) 及增益 (gain)；頻寬決定了此轉阻放大器最大可操作之資料速度，而增益 (或稱為轉阻) 則主宰了此接收器的靈敏度。配合圖七光二極體的電路模型，此轉阻放大器之I/V 轉換函式 (增益) 及-3dB 頻率 (頻寬) 可簡單表示如公式 (1)、(2)：



$$G = \frac{AR_f}{1 + AR_f} \approx R_f \quad (1)$$

$$f_{-3dB} = \frac{A}{2\pi R_f C_t} \quad (2)$$

圖1-8

由上式可知，增益差不多由回授電阻 (R<sub>f</sub>) 來決定，而頻寬則由輸入端的等效雜散電容及回授電阻來決定，通常頻寬與增益成反比，成為設計時的取捨。一般而言，若資料以NRZ (non return to zero) 編碼的話，轉阻放大器的頻寬多設計為最高資料傳輸速度之0.7~0.8 倍，以得到最佳之頻寬／增益組合。圖 1-9為光接收端前級放大器之功能方塊圖，除了核心的轉阻放大器之外，還會有自動增益控制電路 (AGC, auto-gain control) 動態調整放大器之等效轉阻，以加大此接收電路之可接受動態範圍 (dynamic range)；轉阻放大器後級會接幾級緩衝放大器，以加大接收端前級放大器之輸出振幅，提高靈敏度。

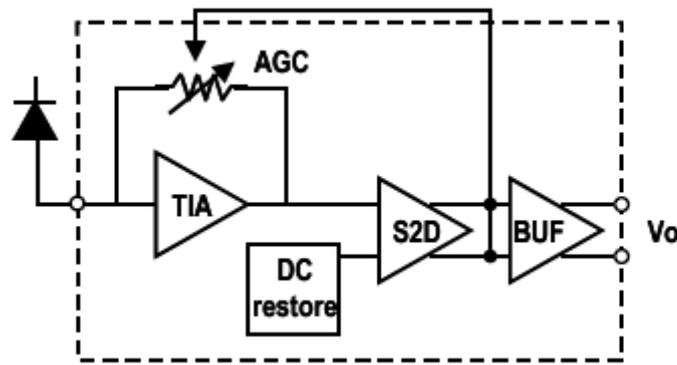


圖1-9

轉阻放大器直接連接光二極體，多為單端電路，但在高速光通訊網路操作時，接收器多為差動輸出，因此，在轉阻放大器之後，接收端前級放大器亦多以一級單端轉雙端的電路，將資料路徑轉為差動的模式。接收端後級放大器接於光接收次模組之後，功能為將前級放大器所轉出之差動電壓訊號放大至一穩定振幅之輸出訊號。由於此放大器之目的為不論後級放大器之輸入振幅大小為何，輸出均能維持一穩定之振幅，因此，後級放大器亦稱為限幅放大器。限幅放大器的核心電路為串接之電壓放大級，該電壓放大級為提供限幅放大器增益之基礎，經過幾級串接的放大器提供足夠的增益，使得所有輸入訊號範圍都能放大到一定的振幅，輸出振幅的控制則以輸出級的偏壓電流來限制。除基本串接放大級之外，限幅放大器還有幾個設計的要點：其一為偏壓點誤差（DC offset），高增益電路易受製程變異造成的不對稱問題（mis-match）影響，導致差動輸出偏壓點偏移，無法解出訊號，因此，必須加上負迴授的DC offset cancel 電路，以自動補償因元件不對稱造成的偏壓誤差。其二為針對光通訊系統應用所需之無訊號（LOS, loss of signal）檢測，目的是通知系統目前並無輸入訊號，必須做必要之處理，原因可能為光纖斷線或傳接器耦合鬆脫等問題。

在日本的大力推動下，亞太地區FTTH（Fiber To The Home）的市場呈現多頭的走勢。被動式光纖網路PON（passive optical network），成為未來區域或接取網路的明日之星。PON 由於使用單心雙向及點對多點的高效率經濟結構，是連接接取網路最終用戶最有效的一種通訊方法。被動光網路與傳統網路最大的不

同是由點對點 (P2P, point to point) 的傳輸變為點對多點 (P2MP, point to multi-point) 的傳輸，採用單心雙向的結構，亦即主幹網路至各用戶端採用被動式的光元件，以coupler或 splitter 分光的技术將主幹分至各用戶端，上行與下行採用同一條光纖，使用兩個波長來處理不同方向的資料 (類似BI-DI)。目前ITU及IEEE均定義了PON相關的網路標準，ITU 已定義了APON(ATM PON)、BPON (Broadband PON) 以及GPON (GigaPON, G.984) 等；在IEEE 則有EPON (802.3ah)，由EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance) 聯盟所制定，並且在2004年7月舉行的Supercomm大會上，EFMA 宣佈，IEEE 標準委員會已經一致認可802.3ah 做為「第一英里乙太網路」標準，該標準最終名稱為802.17，即Resilient Packet Ring標準。點對多點的傳輸架構上由一中央頭端(headend)主導，與多個使用端 (user) 做傳輸。中央頭端稱為OLT (optical line terminal)，使用端則稱為ONU (optical network unit)，由OLT向ONU 傳遞走的是廣播 (broadcasting) 的方式，在技術上並沒有什麼改變；但是由ONU 向OLT的傳輸走的是時域多工 (time division) 的方式，每個ONU 只在自己的時域區間 (time slot) 中傳送資料，而OLT 則在一個一個的time slot 中接收到來自不同ONU 的資料，如圖1-10所示。因此，ONU 的傳送端 (transmitter) 與OLT 的接收端 (receiver) 不再是連續的資料模式 (continuous mode)，而是配合時域切割 (time slicing) 的突爆模式 (burst mode)。點對多點的傳輸方式影響最大的，是傳接模組中的光電控制IC。它對ONU 傳送端的影響，是當資料只在所分配的time slot 中傳送時，唯有在該time slot 可以點亮雷射，但在其他時間，雷射必須關閉，以免影響光纖中其他ONU 所傳送的資料。因此，有兩點改變必須進行，其一為雷射的開啟／關閉 (turn on/off)，在非該ONU 傳送的time slot 時，雷射必須turn off，以免影響其他正在傳送資料的 ONU；而在該ONU 的傳送slot 時，雷射必須迅速被turn on。為使雷射的turnon 時間縮到最小，雷射 turn off 時的狀態保持就非常重要，此時並非完全關閉雷射，而是使其輸出光功率保持在一定的水平以下，只要不影響光纖的其他資料即可。此外，追蹤雷射因隨溫度及老化效應而改

變特性的調整資訊必須保存，如此才能在time slot 到達時快速且正確地turn on 雷射。雷射turn on/off 的速度越快（EPON 要求為<512 ns），time slot 的間隔就可以越短，光纖的利用率或資料傳送產能（data throughput）亦相對地提高。在 OLT 的接收端，因為burst mode 傳輸而面臨的問題可從兩方面來探討。其一是間歇性的資料封包（data packet），在receiver 的設計中，常常需要擷取資料的DC值來穩定類比電路的工作點，因此，通訊上常常會利用編碼的方式來使得資料為DC 平衡（DC balance），以穩定接收端類比電路的工作點。但在burst mode 的傳輸模式下，DC 平衡會在每個time slot 之間間歇中被破壞，在資料封包進來時，若不能快速地恢復電路的工作點，就會發生資料錯誤或漏失。另一個面相的探討是不同ONU 間的差異，因為OLT 接收了來自不同ONU 的資料，每個ONU 的距離及傳送端雷射的老化程度不同，因此收到光訊號的強度各不相同，OLT 接收端的動態範圍要設計到相當地高，才能接收不同ONU傳來的光訊號。

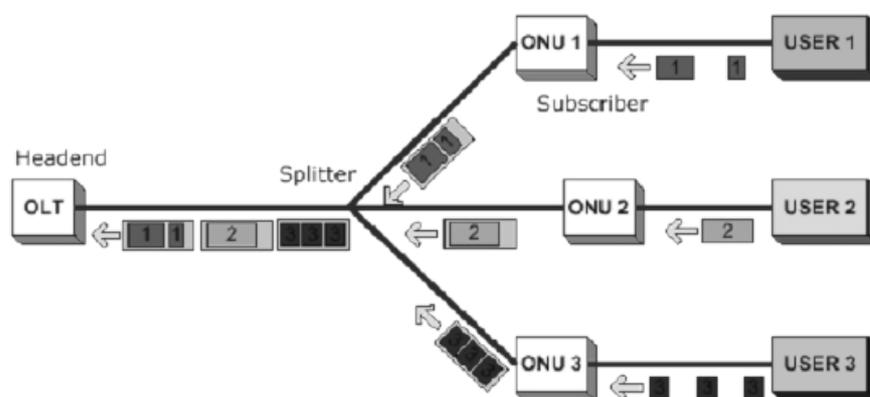


圖 1-10

光收發器目前在台灣的製造廠商為數不多，依據供應鏈的上下游關係，如圖 1-11 所示。



圖 1-11

在了解了整個光收發器的物理結構及其在台灣的產業結構後，接下來本研究將針對台灣光收發器產業與歐美日先進國家的同業做一個競爭力分析。就競爭力分析而言，本研究採用 Michael Porter 的競爭力分析方法，分別就 Focus，Differentiate 及 Price leader 三方面來探討。

|                      | 歐美     | 日本   | 台灣     |
|----------------------|--------|------|--------|
| <b>Focus</b>         | Good   | Best | Normal |
| <b>Differentiate</b> | Best   | Good | Normal |
| <b>Price leader</b>  | Normal | Good | Best   |

表 1-1

從表 1-1 不難發現台灣光收發器產業的最大競爭力，還只是在價格上的優勢，基於這個原因，倘使想要讓台灣光收發器產業擁有更大競爭力，則需要更大的供應鏈分工形勢，每個公司就只專注在其核心技術上的精進；在市場區隔

(Differentiate)上，則需從兩方面著手：

- 一、 敦促台灣政府能加強兩岸三地光纖通訊系統的規格共識，以便由此市場為籌碼，達到能與歐美日先進國家進行市場共榮談判。
- 二、 充份了解開發中國家市場需求，以價格優勢的競爭力謀求最大的市場佔有力。

一祥翻譯社 樣本  
Elegant Translation Service Sample  
請勿複製  
Do not copy