

AI推動高速傳輸需求，矽光子趨勢成形

--矽光子將為高速網路主流

劉宜和

10/15/2024

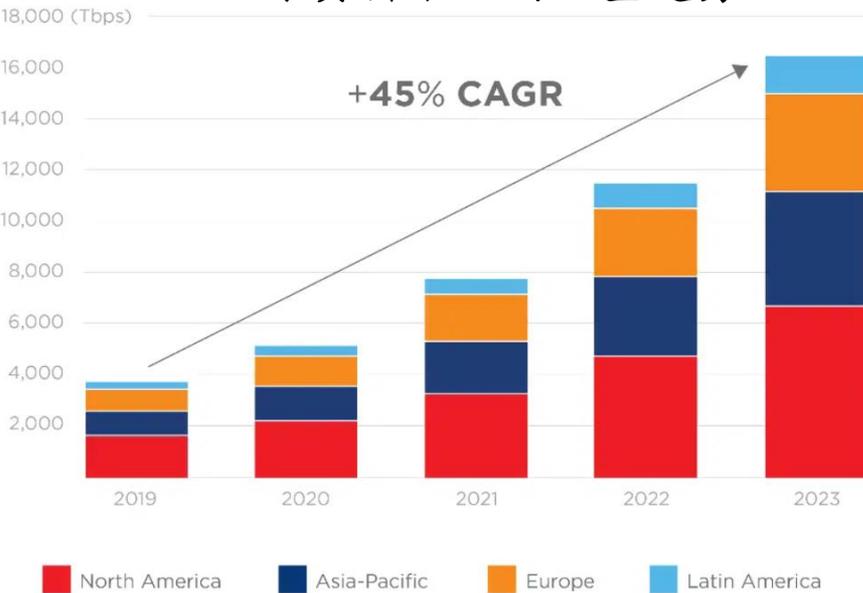
結論

- 分散式運算與生成式AI應用興起，資料中心網路Switch往高速發展趨勢不變。
- 高速電訊號在銅線傳輸發熱、耗能遠高於光纖網路，Transceiver成為高速網路傳輸關鍵元件。
- 傳統Transceiver光學次模組由多樣元件組裝而成，製程繁雜且不易提升良率，成本不易下降。
- 矽光技術是在矽晶圓上整合電子(EIC)和光子(PIC)晶片，讓原本只能處理電訊號的矽晶片，可以做到光電轉換和收發光訊號的能力，能透過不斷進步的半導體製程持續降低元件體積和製造成本，也能將原本離散的元件整合，提升傳輸效率和產品信賴度。
- 矽光Transceiver具有高整合度優勢，具有大量生產的潛能，在高速網路趨勢下將會放大市場規模。
- 2024年起見到矽光Transceiver快速成長，2026年後可望搭上CPO趨勢。

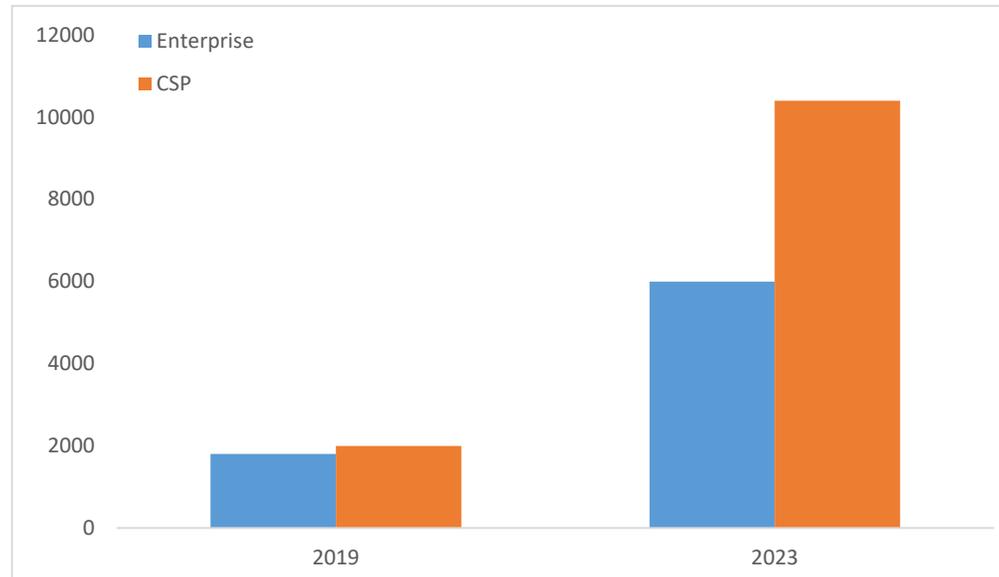
雲端資料中心流量持續成長

- 串流媒體需求成長，帶動內容發布網路(CDN)普及，雲端服務和雲端間資料傳輸需求迅速增長，以及需要在資料中心之間複製的資料量不斷增加。
- 高效能運算 (HPC) 叢集在資料中心環境中大幅成長，多個運算叢集協作分散式運算應用，例如：AI/ML 模型訓練與推論、金融風險模型及電腦輔助模擬、設計，大幅提升資料中心內部流量。

全球資料中心間流量趨勢



企業與雲端資料中心流量趨勢



資料來源：Equinix，群益投顧彙整。

生成式AI帶動高速傳輸需求成長

- 生成式 AI 需求興起，語言模型參數量與訓練資料量皆出現成長的趨勢，資料中心運提供大量的資料儲存空間、暫存空間與算力，訓練大型 AI 模型需要在資料中心進行。
- 多台伺服器置放於機櫃構成資料中心算力叢集(Cluster)的基礎，由網路交換器(Switch)引導、傳送資料至特定伺服器，並指派該伺服器運算資料。

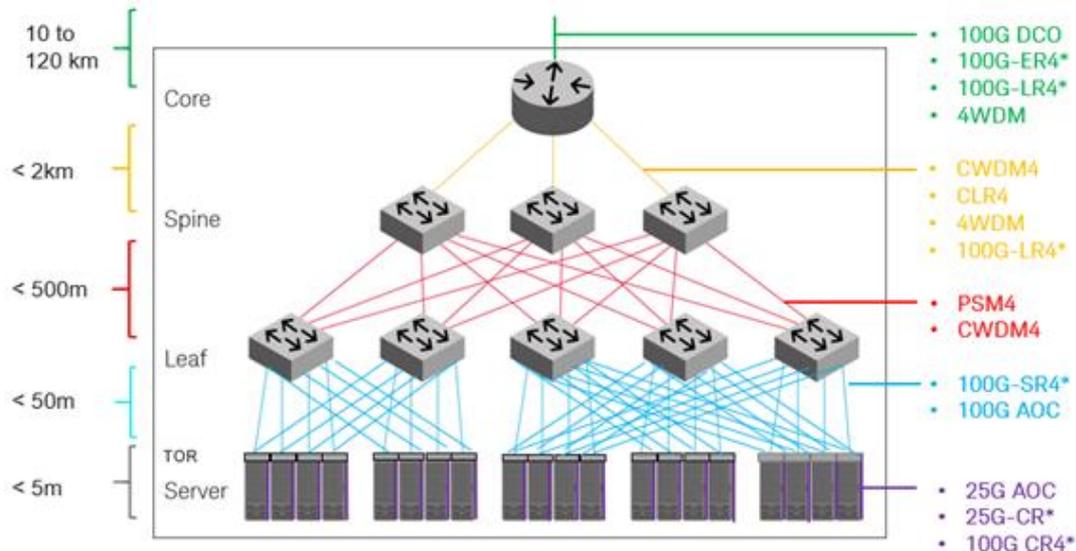
模型名稱	發表時間	發表機構	語言	模型參數量(億)	訓練Token量(億)
T5	10/2019	Google	英	130	
GPT-3	05/2020	Open AI	英	1,750	3,000
LaMDA	05/2021	Google	英	1,370	28,000
Jurassic	08/2021	AI21	英	1,780	3,000
MT-NLG	10/2021	MS、NVDA	英	5,300	2,700
ERNIE 3.0	12/2021	百度	中	2,600	3,000
Gopher	12/2021	Deep Mind	英	2,800	3,000
Chinchilla	04/2022	Deep Mind	英	700	14,000
PaLM	04/2022	Google	多語言	5,400	7,800
OPT-175B	05/2022	Meta	英	1,750	1,800
BLOOM	07/2022	Big Science	多語言	1,760	3,660
GLM-130B	08/2022	中國清華大學	中、英	1,300	4,000
LLaMA-65B	02/2023	Meta	多語言	650	14,000

資料來源：群益投顧彙整。

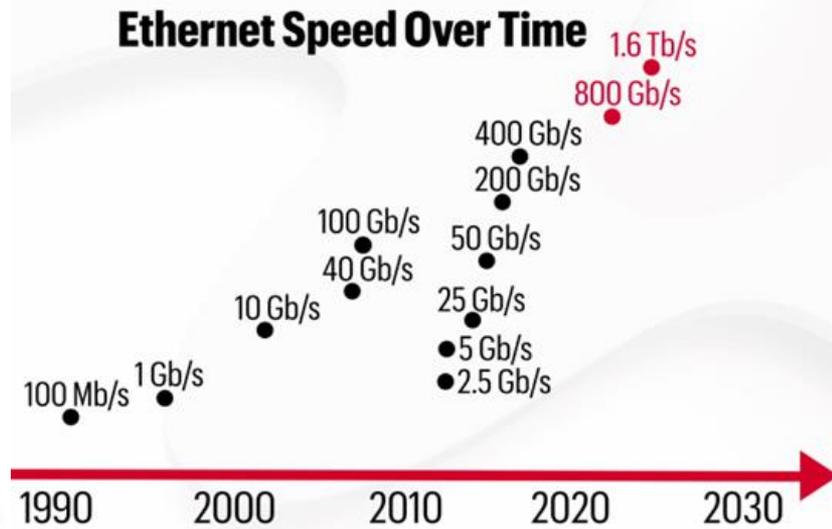
Switch速度向上提升

- 訓練AI模型時，大量數據在伺服器間傳輸，Switch為資料交換重要節點，不論是位於機櫃上的ToR Switch，甚至是跨Cluster的Leaf、Spine Switch，為了避免資料在伺服器間傳輸時造成瓶頸，Switch朝向高速發展為不可避免的趨勢。
- Switch單埠(Port) 傳輸速度持續提升，2023年單Port 800G Switch已小量出貨，在2024年資料中心大量採用800G Switch。

Datacenter硬體架構示意圖



Ethernet Switch技術發展方向

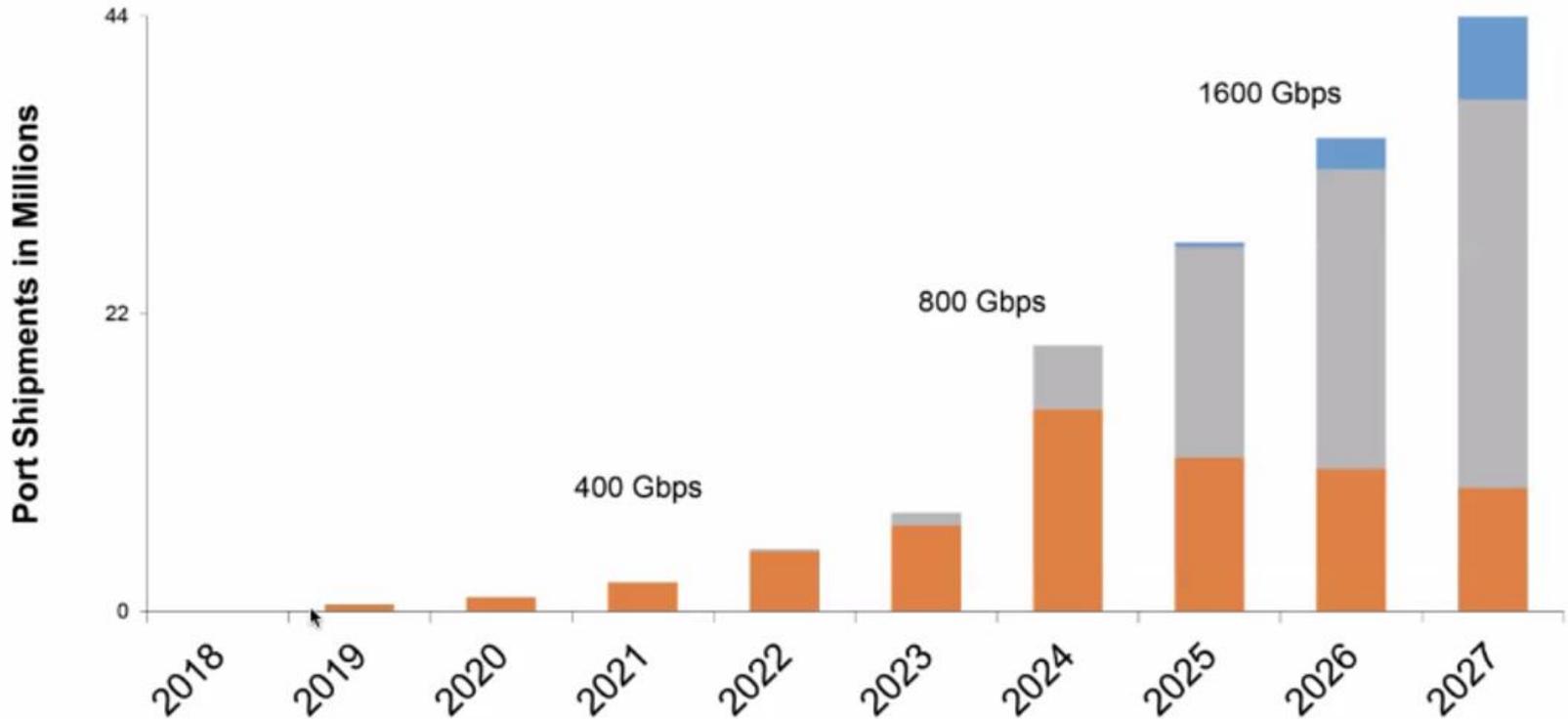


資料來源：新通訊、群益投顧彙整。

Switch 高速化趨勢明顯

- 2023~2024年400G將為資料中心Switch主流，800G在2023年小量出貨，但在2024年放量，預期在2025年800G取代400G 成為資料中心Switch成為主流。

400 Gbps vs. 800 vs. 1600 Gbps Port Shipments

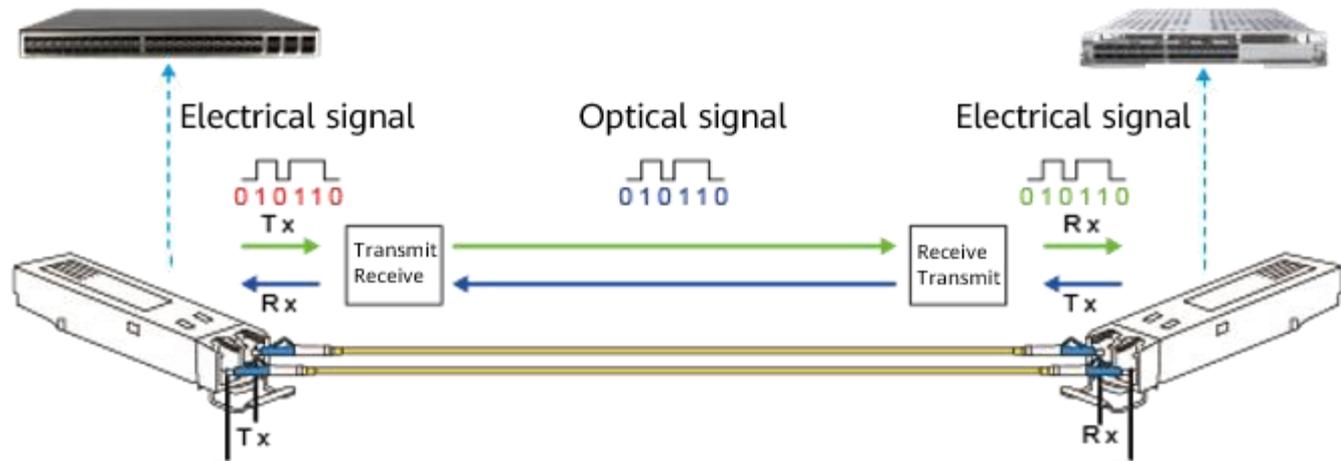


資料來源：Dell'Oro、群益投顧彙整。

光纖傳輸為高速網路基礎

- 資料皆以電訊號在晶片內運算，10GHz以上的高頻電訊號在銅線中傳遞易產生損耗，造成訊號失真與發熱，若要補償電訊號在銅線上傳輸的損耗，需在電路上加設等化器、Re-Timer等...元件，進一步增加電路功率耗能。
- 在高頻互連系統內，數十公尺以上多使用光纖傳輸光訊號，這是因銅材料電子零組件及光纖零組件的特性和成本結構所決定，故由Switch ASIC所傳出的電訊號需經過光收發器(Optical Transceiver)轉換為光訊號，經由光纖傳輸到另一台Switch，再將光訊號經由Transceiver光電轉換為電訊號，才能讓另一台Switch進行資料傳輸。

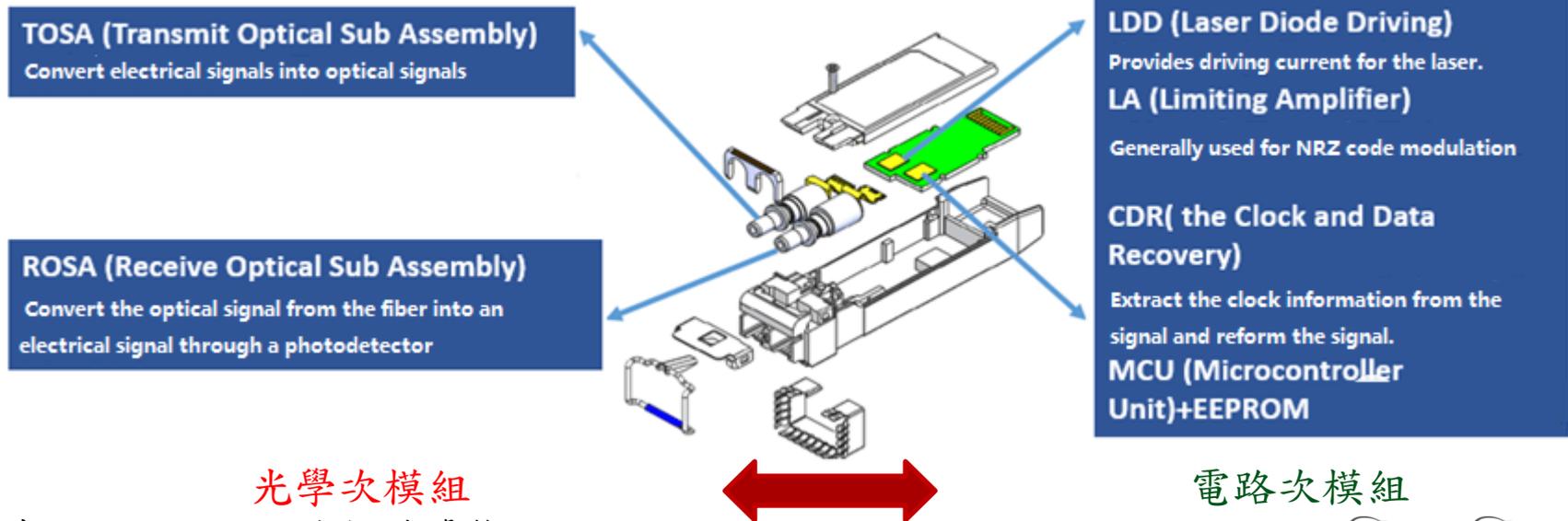
Optical Transceiver訊號光電轉換示意圖



Transceiver 為光電轉換要角

- Transceiver 為光電訊號轉換器，分為光學次模組與電路次模組二大部份。
- 電路次模組主要零組件為 DSP、Re-Timer、Laser Driver、轉阻放大器...，光學次模組主要零組件為雷射晶粒、檢光元件，光路透鏡、分波器等...。
- 傳統製程 Transceiver 由多個離散元件組裝而成，電路次模組耗能與傳輸速度成正比，多光路光學次系統中，雷射數量多、散熱空間有限，高速網路下散熱問題浮上檯面。

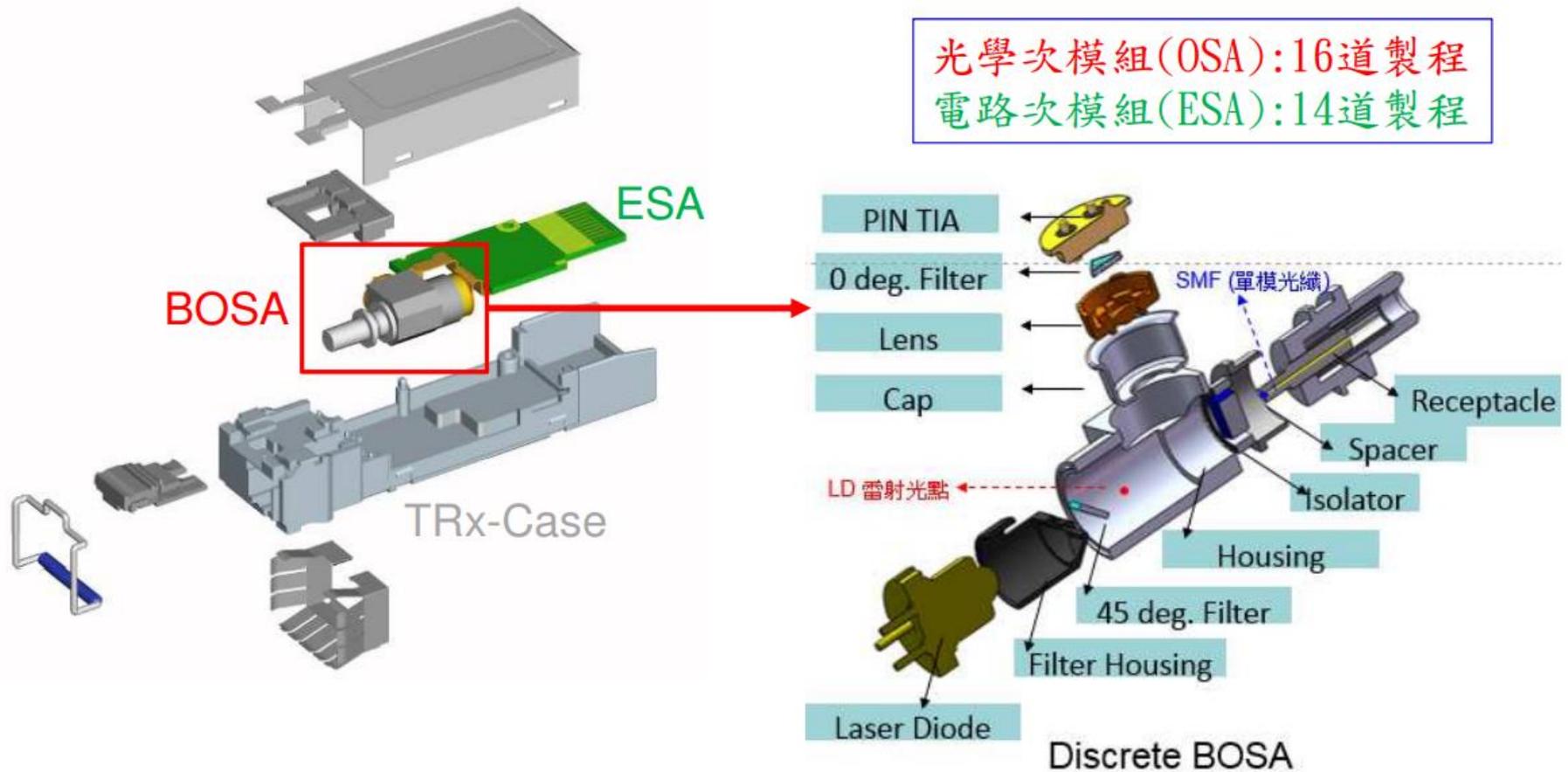
傳統 Transceiver 零組件示意圖



資料來源：Fiber Mall、群益投顧彙整。

傳統Transceiver製程複雜

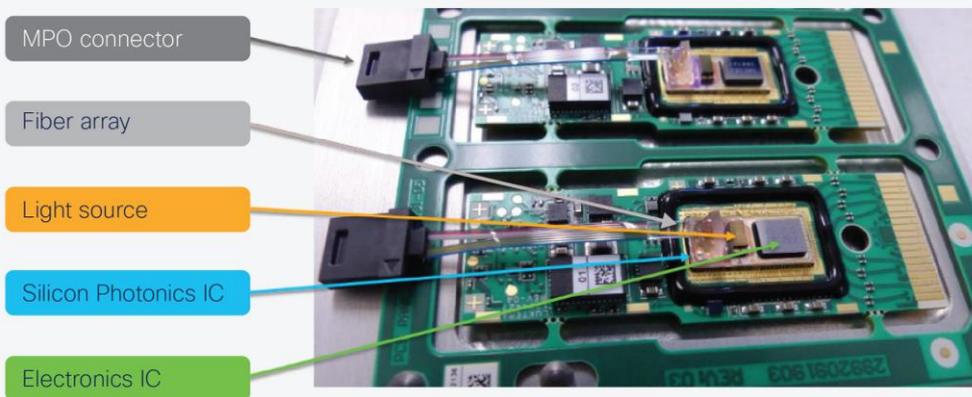
- 傳統Transceiver光學次模組由多樣元件組裝而成，製程繁雜且不易提升良率，成本不易下降。



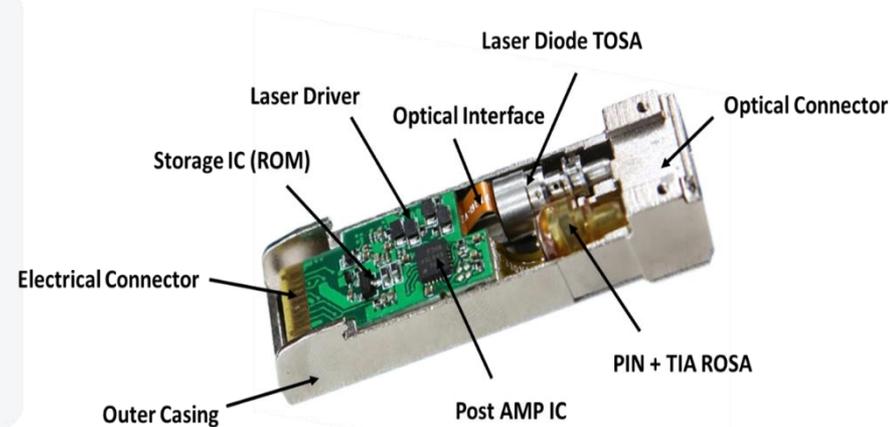
矽光Transceiver結構大幅簡化

- 矽光子模組因半導體製程精進，能將電路與光路元件整合在一個模組裡，與傳統Transceiver製程比較，矽光模組具有體積小、良率高、散熱佳的優勢。
- 由於Transceiver當中大多數的光學次模組製程以半導體製程光子晶片(PIC)取代，電路次模組以電子晶片(EIC)取代，因絕大多數製程已在半導體廠完成，矽光Transceiver廠商的製程相對單純。

矽光Transceiver零組件示意圖



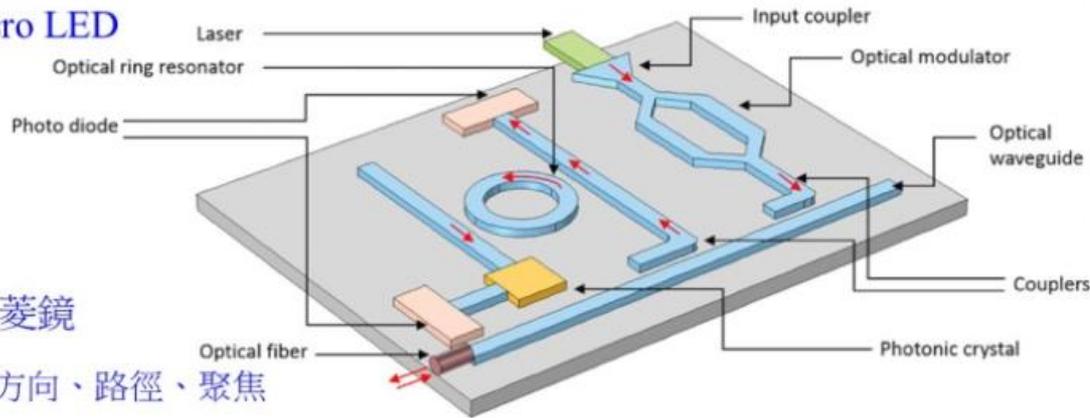
傳統Transceiver零組件示意圖



光子晶片 (PIC)

- 光子晶片 (Photonics Integrated Circuit, PIC)，半導體矽製程在絕緣層上覆矽 (SOI) 的基板上蝕刻光路元件，鍵合 III-V 族製程的雷射晶粒完成 PIC。
- 為了控制 PIC 中的光訊號，光路元件包含了調變/解調變器、光分路器/耦合器、光波導 (Light Waveguide) 路徑等... 元件。

PIC 內部元件示意圖



- 光源：LASER, micro LED

- 決定光的波段
- 連續 / 非連續
- 同調性、強度

- 幾何光學：鏡片、菱鏡

- 控制光的傳播、方向、路徑、聚焦

- 波動光學：濾鏡、光柵、DOE、SLM

- 控制光的波段、相位、波前、干涉、繞射

- 量子光學

- 操縱光的疊加態、糾纏態

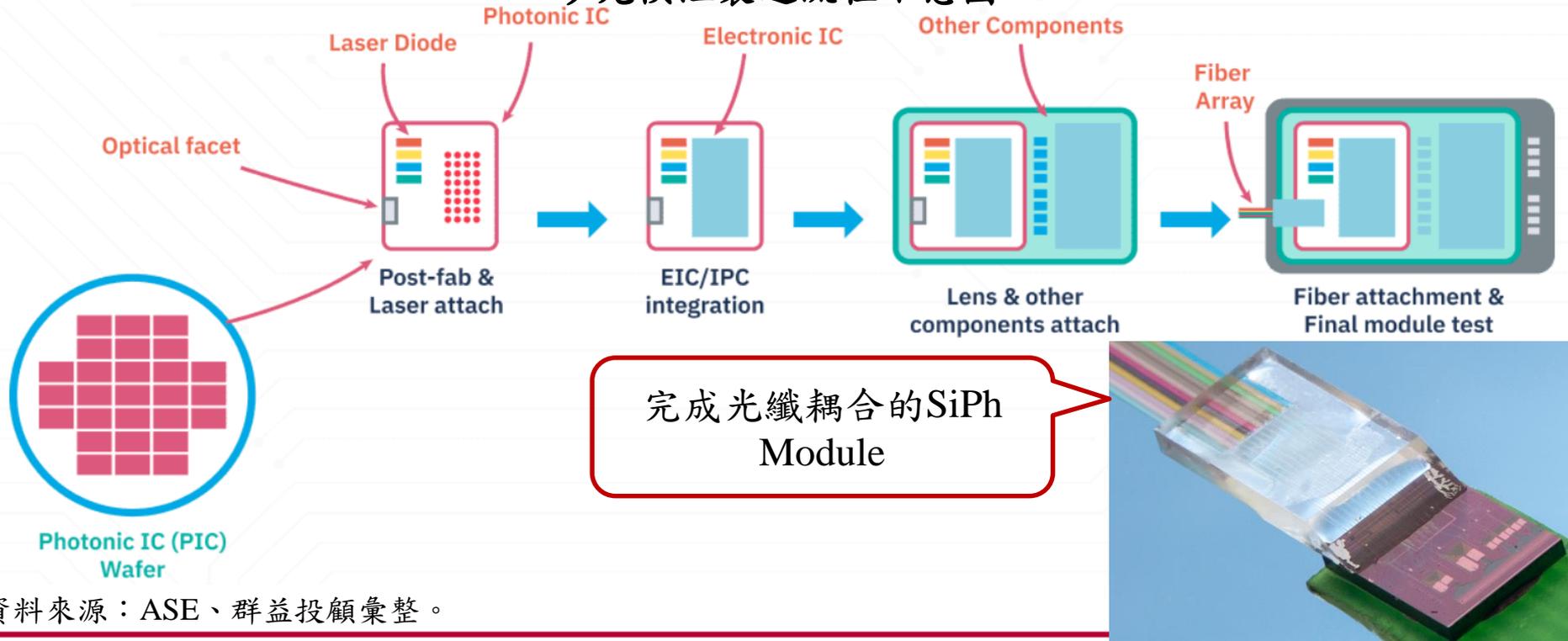
- Laser
 - 光源 (1310~1550nm)
- Coupler 耦合器
 - 增加入射光量
- Modulator
 - 調變光的相位
- Waveguide & Fiber
 - 控制光的傳播
- Photo Diode
 - 光的偵測
- Resonator 共振
 - 增加特定波段的振幅
- Photonics Crystal
 - 波長轉換

資料來源：PIDA、群益投顧彙整。

SiPh Module

- 矽製程的電子晶片(EIC)負責控制光子晶片(PIC)，目前整合EIC與PIC的主流封裝方式為覆晶封裝(Flip Chip)或打線封裝(Wire bonding)，封裝完成後即成矽光模組(SiPh Module)。
- 光纖尺寸大過PIC光路百倍，SiPh Module與光纖銜接面需要精準的光耦合製程，台灣光元件封裝業者已開發出自動化封裝機台。

矽光模組製造流程示意圖

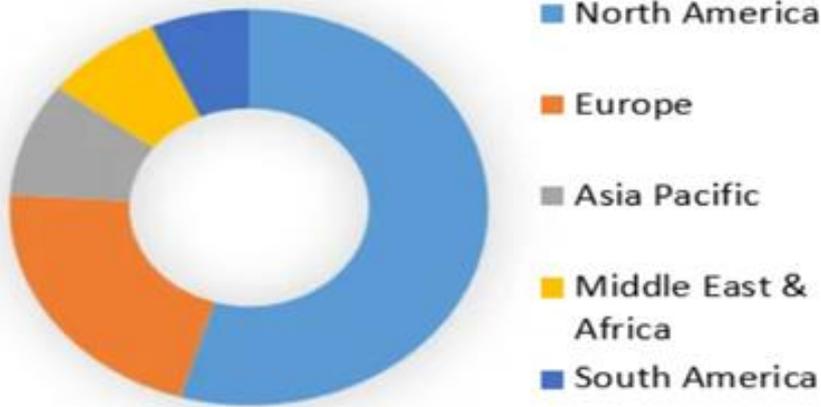


資料來源：ASE、群益投顧彙整。

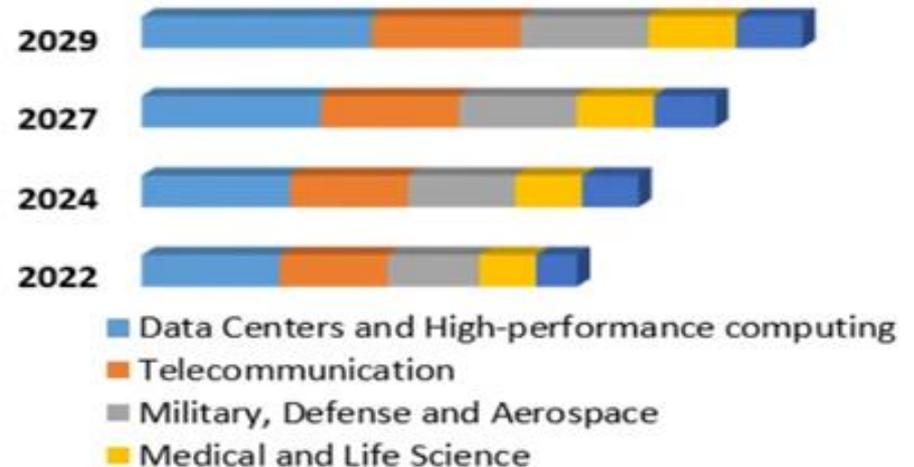
SiPh Market

- 以應用看，由於AI興起，帶動高速網路傳輸需求，預期高速網路應用會是成長最快的矽光應用。
- 以區域看，由於北美地區有多座大型資料中心，故北美為全球最大的矽光市場。

Regional Analysis in 2022 (%)



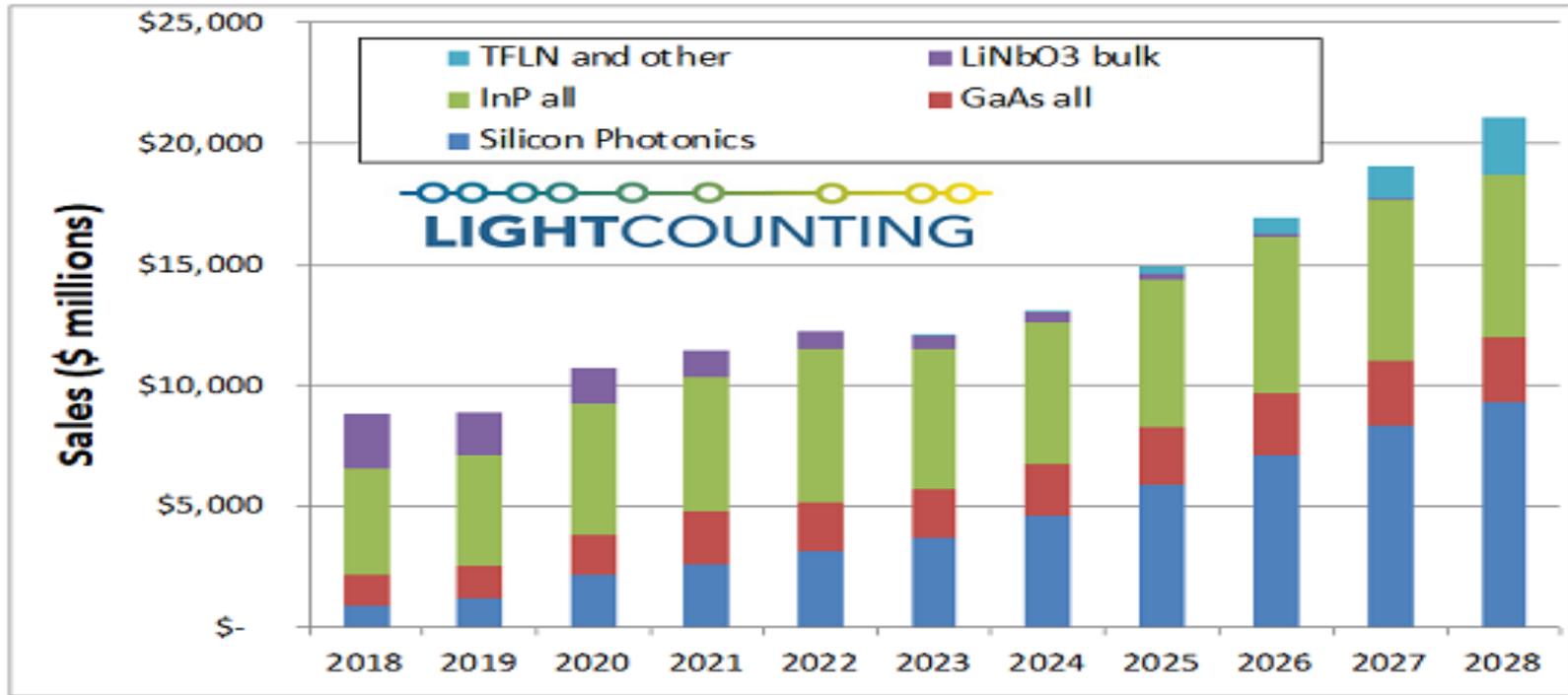
Application Segment Overview



高速越見矽光優勢

- 由於矽光Transceiver具有高整合度優勢，具有大量生產的潛能，在高速網路趨勢下將會放大市場規模。
- 2024年起見到矽光Transceiver快速成長，2026年後可望搭上CPO趨勢。

各種雷射光源Transceiver市場示意圖(百萬美元)



資料來源：Light Counting、群益投顧彙整。

矽光相關供應鏈業者

上游

- 光子晶片：台積電(2330 TT)。
- 雷射晶粒：聯亞(3081 TT)。

中游

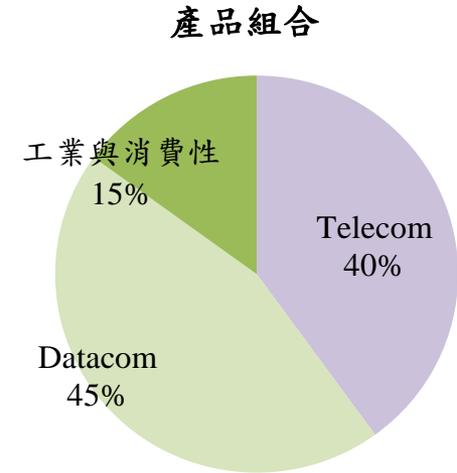
- 光纖耦合封裝：波若威(3163 TT)、上詮(3363 TT)。

下游

- 矽光Transceiver：聯鈞(3450 TT)、前鼎(4908 TT)。

聯亞(3081 TT)：

- 台灣專業雷射磊晶片廠商，與多家國外大廠合作開發雷射磊晶片，目前已量產出貨Google矽光應用1.6T 高速CW Laser，後續將供貨給中國光收發模組廠商矽光應用高速CW Laser，未來將持續受惠於矽光發展趨勢。
- 中國Telecom應用需求穩定，短線營收不易顯著成長；應用於手機的消費性雷射持續與日本客戶開發中，預定於2026年應用於美系廠商第18代手機。



單位：百萬元	2022	2023	2024F	4Q22	1Q23	2Q23	3Q23	4Q23	1Q24	2Q24	3Q24F	4Q24F
營業收入淨額	2,381	1,056	1,258	669	327	253	179	297	324	273	323	338
營業毛利淨額	759	138	228	248	57	38	-35	79	20	40	74	94
營業利益	334	-279	37	134	-31	-71	-149	-28	-67	-47	12	139
稅後純益	330	-212	-64	117	-30	-41	-110	-31	-40	-31	-5	12
稅後EPS(元)	3.59	-2.30	-0.69	1.28	-0.33	-0.45	-1.19	-0.34	-0.44	-0.33	-0.05	0.13
毛利率(%)	31.88%	13.08%	18.10%	37.11%	17.38%	14.86%	-19.57%	26.51%	6.15%	14.58%	22.97%	27.72%
營業利益率(%)	14.03%	-26.42%	2.96%	20.08%	-9.37%	-28.16%	-83.30%	-9.43%	-20.57%	-17.38%	3.69%	41.21%
稅後純益率(%)	13.84%	-20.03%	-5.05%	17.55%	-9.22%	-16.16%	-61.21%	-10.40%	-12.35%	-11.25%	-1.44%	3.50%
營業收入YoY/QoQ(%)	27.14%	-55.65%	19.10%	1.13%	-51.02%	-22.79%	-29.18%	65.74%	9.18%	-15.86%	18.51%	4.66%
稅後純益YoY/QoQ(%)	-2.37%	N.A	N.A	13.95%	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

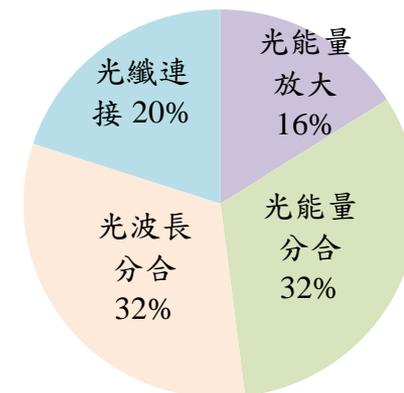
註：稅後純益係指本期淨利歸屬於母公司業主；EPS預估值以股本9.18億元計算。

資料來源：群益投顧彙整

波若威(3163 TT)：

- 台灣專業光被動封裝廠商，由於光纖寬度較矽光線路大百倍，需要光耦合製程完成模組封裝，已開發出全自動光耦合機台，可用於矽光模組封裝，未來走入CPO時代，也已具備外置雷射模組連接器(ELFSP)封裝能力。
- 北美寬頻網路基礎建設放緩，導致光分配模組需求下滑，壓抑營收向下，4Q24北美資料中心高速光纖連接線需求亦放緩，短線營收、獲利表現保守。

產品組合



單位：百萬元	2022	2023	2024F	4Q22	1Q23	2Q23	3Q23	4Q23	1Q24	2Q24	3Q24F	4Q24F
營業收入淨額	3,211	2,779	1,890	775	588	653	733	805	549	459	456	425
營業毛利淨額	795	556	307	229	134	133	122	167	99	72	71	64
營業利益	474	241	20	151	66	48	36	90	26	0	0	-6
稅後純益	452	436	417	75	60	149	181	45	135	160	162	-39
稅後EPS(元)	5.61	5.41	5.18	0.93	0.75	1.85	2.25	0.56	1.68	1.98	2.01	-0.49
毛利率(%)	24.76%	20.02%	16.22%	29.54%	22.85%	20.37%	16.67%	20.72%	18.00%	15.70%	15.63%	15.13%
營業利益率(%)	14.76%	8.67%	1.07%	19.44%	11.29%	7.42%	4.97%	11.14%	4.74%	0.04%	0.07%	-1.46%
稅後純益率(%)	14.07%	15.68%	22.08%	9.64%	10.28%	22.83%	24.67%	5.64%	24.63%	34.75%	35.47%	-9.28%
營業收入YoY/QoQ(%)	39.81%	-13.44%	-32.00%	1.52%	-24.15%	11.10%	12.19%	9.80%	-31.81%	-16.28%	-0.66%	-6.88%
稅後純益YoY/QoQ(%)	453.11%	-3.50%	-4.25%	-58.56%	-19.11%	146.70%	21.22%	-74.91%	197.91%	18.13%	1.39%	N.A

註：稅後純益係指本期淨利歸屬於母公司業主；EPS預估值以股本8.05億元計算。

資料來源：群益投顧彙整

投資評等及免責聲明

投資評等說明

評等	定義
強力買進(Strong Buy)	首次評等潛在上漲空間 \geq 35%
買進(Buy)	$15\% \leq$ 首次評等潛在上漲空間 $< 35\%$
區間操作(Trading Buy)	$5\% \leq$ 首次評等潛在上漲空間 $< 15\%$
中立(Neutral)	無法由基本面給予投資評等 預期近期股價將處於盤整 建議降低持股

免責聲明

本研究報告僅提供予特定人之客戶作為參考資料「非經同意不得轉載」。我們並不確保此資訊的完整性與正確性，投資人應了解，報告中有關未來預測之陳述可能不會實現，因而不應被依賴。而且此報告並非根據特定投資目的或依預定對象之財務狀況所撰寫出來的，因此，此研究報告的目的，既非對投資人於買賣證券、選擇權、期貨或其他證券相關之衍生性商品提供詢價服務，亦非作為進行交易的要約。投資人應注意到相關證券之價值及收益，可能會有無預警地上升或下降，產生投資回報金額可能比原始投資來得少的情形。