

高階AI資料中心光被動元件深度產業報告： 800G/1.6T與CPO時代下的技術演進、全球供應鏈與供 需缺口調研

發布時間：2026年5月 | 報告類別：光通訊與先進封裝技術專題研究

隨著人工智慧（AI）巨量算力與大規模智算中心（AI Data Center）的爆發性擴建，大寬頻、低延遲與低功耗已成為算力網路升級的硬性要求。在 800G 與 1.6T 可插拔光模組大舉放量，並逐步向共同封裝光學（CPO）架構邁進的進程中，**光被動元件（Optical Passive Components）**的技術迭代與產能狀況，已成為決定整體 AI 算力基礎設施能否順利落地的關鍵瓶頸。本報告深入剖析核心光被動元件的技術原理、應用生態位、全球供應鏈格局以及最前線的供需缺口指標。

一、核心光被動元件解析與技術生態位

在高速率光通訊系統中，光被動元件負責進行光訊號的導引、分流、合流、對準與頻率穩定。以下為當前高階智算網路中最核心的六大關鍵被動組件：

1. MT 插芯 (MT Ferrule)

MT（Mechanical Transfer）插芯是多芯光纖連接器（如 MPO/MTP）內最核心的超高精密塑膠射出成型結構件。其表面鑽有 12 孔、16 孔或 24 孔等多個微型導向孔，用以精確容納並固定暴露的光纖端面。在高階傳輸中，其物理位置精度誤差必須控制在 0.5 微米（次微米級）以內，以防止光載波訊號發生對準偏差。

2. 多芯光纖 (MCF, Multi-Core Fiber)

傳統光纖僅含單一纖芯。多芯光纖則打破物理限制，在單一根標準粗細（外徑 125 微米）的玻璃光纖內部，同時塞入 4 個、7 個甚至更多的獨立傳輸纖芯。MCF 能夠在不增加線纜物理體積的前提下，使傳輸容量實現數倍跳增，是緩解資料中心內部「機櫃空間塞爆」的材料革命。

3. WDM (分波多工器, Wavelength Division Multiplexer)

WDM 屬於光的「交通指揮官」，利用薄膜濾光片（TFF）或光柵原理，在發射端將不同波長（顏色）的多路光訊號複合到同一根光纖中傳輸，並在接收端將其重新分開。其核心價值在於成倍提高單根光纖的頻寬吞吐量，並節省長途光纖的鋪設成本。

4. MLA (微透鏡陣列, Micro-Lens Array)

微透鏡陣列是由複數個奈米/微米級微小透鏡組成的光學點陣。主要用於光收發模組內部，將高速雷射晶片（EML/VCSEL）打出的微發散光束進行精準會聚與重塑，使其以極低耗損（Insertion Loss）射入高密度光纖或矽光子晶片的波導中。

5. Meta-lens (超構透鏡)

超構透鏡是利用半導體平面製程，在超薄表面上刻蝕出特定微結構，藉此改變光波前（Wavefront）的新型超材料透鏡。在矽光子與 CPO 領域中，Meta-lens 能夠取代傳統體積龐大的玻璃三維透鏡，直接實現二維平面化、晶圓級的光學對位與光束調控。

6. FBG (光纖布拉格光柵, Fiber Bragg Grating)

FBG 是利用紫外雷射在光纖芯內進行週期性調變、刻蝕出的微觀反射結構。它具備極強的波長選擇性，能將特定波長的光反射回去。在矽光子外部雷射光源（ELS）中，FBG 是雷射鎖頻、穩頻的核心元件，能防止雷射在長期高功率運作下因過熱而產生波長飄移。

二、AI 算力網路架構下的需求場景：Scale-up vs. Scale-out

上述被動元件在 AI 伺服器叢集中的應用，取決於系統是處於機櫃內的內部互連，還是跨機櫃的整體網路拓展：

產業邏輯拆解：Scale-up（機櫃內）與 Scale-out（跨機櫃）

- **Scale-up（向上擴展）**：追求單一算力節點內 GPU 的極致頻寬與共享記憶體（如 NVLink 架構）。傳輸距離多在 2 公尺以內。當前機櫃內主要採用高階銅線（DAC/AEC），但面向未來更高頻寬，**CPO（共同封裝光學）** 將驅動光進銅退革命。此場景是 **MLA、Meta-lens** 晶圓級對位與 **FBG 外部光源封裝** 的未來絕對主戰場。
- **Scale-out（向外擴展）**：負責跨機櫃、跨機房的叢集組網（如 InfiniBand 或高速乙太網路）。傳輸距離從數十公尺到數公里。此場景是當前 800G/1.6T 可插拔光模組大爆發的源頭。**MT 插芯、多芯光纖（MCF）與光互連線材（OIN）** 在此迎來海量消耗。此外，當傳輸距離超過 500 公尺至 2 公里以上時，為了節省長途光纖成本，**WDM 技術（如 2xFR4 模組）** 將成為必然選擇。

三、全球供應鏈核心瓶頸與供需缺口調研 Insight

根據全球一線光通訊廠商的法說會及市場前線調研，高階 AI 網路升級在被動元件領域引發了嚴重的結構性供需失衡：****「有單無料」與「良率瓶頸」**** 成為主旋律。

1. MT 插芯產能：高階 AI 供應鏈隱形的卡脖子瓶頸

由於 800G 與 1.6T 網路大量採用平行光學架構（如 DR8 規格，需 16 根光纖並排傳輸），導致 MPO/MTP 多芯連接器與核心 MT 插芯的需求呈現幾何級數噴發。然而，高階 16 芯與 24 芯 MT 插芯的次微米（0.5μm）精度射出成型難度極高，塑膠熱脹冷縮與模具參數開發壁壘分明，導致美日龍頭大廠擴產極慢。第一線供應鏈如太辰光已明確指出：智算數據中心建設大引爆下，「**MT 插芯出現實質供不應求現象**」，成為全球高階光纖跳線出貨的頭號產能瓶頸。

2. OIN (光互連元件)：「有單無料」的交期考驗

OIN（光互連網絡元件，包括各類 MPO 高密度線束與跳線）目前的訂單動能極強。但由於上游高階 MT 插芯產能短缺，導致多數被動組裝與線材代工廠陷入「手握滿滿 AI 訂單，卻因等不到 MT 插芯而無法出貨」的窘境，拉長了全球高速光纖跳線組件的交貨週期。

3. FBG 與高功率雷射：CPO 與外部光源 (ELS) 的對位良率爬坡

在 CPO 技術中，高功率雷射晶片必須與穩頻的保偏 FBG 光纖進行完美對準（封裝誤差需控制在奈米級），否則光載波會在高溫下嚴重衰減。目前全球高端保偏光纖的 FBG 紫外刻蝕產能極少，且將雷射晶片、微透鏡陣列（MLA）與 FBG 光纖進行自動化半導體級精密耦合封裝的良率仍然偏低，這使得 CPO 所需的外部光源模組成為未來 1.6T 到 3.2T 進程中的核心技術缺口。

四、全球與台灣核心廠商佈局對照矩陣

全球光學被動元件市場目前呈現「美日寡占高端標準與材料、台陸廠商力拼產能與精密製造突圍」的競爭版圖：

廠商名稱 (代號)	核心光被動元件 / 技術產品	在 AI 鏈中的角色與應用生態位	2026 最新調研動態與 insight
US Conec (美國)	高階 MT 插芯、MTP® 連接器規格	全球 MT 插芯與高密度多芯光纖連接器的絕對霸主，掌握 MT Elite® 核心專利。	高階產能極度吃緊，高達 60% 核心材料/組件維持全球寡占，為主要短缺源頭。
Hakusan 白山 (日本)	精密 MT 插芯、超多芯連接器	全球最高精度 MT Ferrule 的主力精密製造廠，主導 800G 介面超多芯對準技術。	2026年宣布擴充 30% 產能，全力應對 AI 資料中心強勁訂單，技術壁壘極高。
波若威 (3163.TW)	OIN 光互連線組、微型 WDM、Branch	全球光被動元件百貨大廠。主攻跨機櫃 Scale-out 網路，供應 800G 內部微型元件與 MPO 跳線。	營收與獲利拆解： 2026年受惠北美 CSP 800G 放量，OIN 為主要營收引擎。Q1 淨利率達 37% 主因處分上詮股票獲利 1.72 億元，本業仍待高階產能爬坡。
上詮 (3363.TW)	光纖陣列 (FAU)、2D 立體光學對位	參與台積電 COUPE 矽光子平台。主攻機櫃內 Scale-up 網路與 CPO 的晶圓級精密光學封裝。	攻克 1.6T 以上的高難度 2D 立體堆疊光纖陣列 (FAU) 技術，2026下半年預期進入大客戶系統驗證，具半導體級護城河。
正崴 (2392.TW)	自製高階 MT 插芯、高速連接器線組	台灣檯面上極少數具備精密模具開發與次微米級高分子射出成型，能自製 MT 插芯的廠商。	成功突破 800G 應用之 MT-MT Cable 開發，有望在此波全球 MT 插芯短缺潮中突圍。
采鈺 (6789.TW)	微透鏡陣列 (MLA)、Meta-lens	利用半導體黃光製程開發晶圓級微透鏡與超構透鏡，為 CPO 晶片提供微型對光元件。	與上詮緊密合作，將 Meta-lens 整合至 CPO 封裝結構中，引領二維平面光學革命。
太辰光 (300570.SZ)	自研自產 MT 插芯、MPO 連接組件	少數具備完整 MT 插芯自製與量產能力的大廠。直接切入北美及全球智算中心供應鏈。	官方投資者關係報告證實 MT 插芯供不應求，正實施大規模產能擴建，搶佔轉單紅利。

廠商名稱 (代號)	核心光被動元件 / 技術產品	在 AI 鏈中的角色與應用生態位	2026 最新調研動態與 insight
光庫通訊 / Coherent	高階保偏光纖 FBG 光柵組件	掌握紫外雷射刻蝕保偏 FBG 技術，為 CPO 外部雷射光源 (ELS) 模組提供穩頻元件。	高端保偏光柵製造與測試良率具有技術壁壘，目前產能高度集中。

五、結論與前瞻投資追蹤建議

- 業績兌現與投資時程分流：**當前（2026年）市場資金應優先關注以**波若威、正崴、太辰光**為代表的 Scale-out 概念股。這類廠商所供應的 MT 插芯、OIN 與 WDM 被動元件正處於 800G 可插拔模組的「實質放量與變現期」，營收可望隨著資料中心基礎建設鋪設而產生剛需紅利。
- 技術溢價與高本益比展望：**對於佈局 **上詮、采鈺** 的 CPO 與矽光子先進封裝鏈，其技術壁壘（如 2D FAU、Meta-lens 晶圓級對位、FBG 耦合）顯著高於傳統組裝。雖然 2026 年多處於小量試產與大客戶認證階段，實質大規模營收預計於 2027 年後隨台積電 COUPE 平台商轉而爆發，但其半導體級的護城河使其享有市場的高估值與溢價。
- 財報分析警示：**追蹤光通訊族群財報時，務必將**「營業利益（本業）」與「處分投資（業外）」嚴格分開**。如波若威 Q1 出現毛利率 18.8% 但淨利率 37.2% 的背離，主因處分上詮股票。後續應死盯「單月營收」是否突破 3 億至 4 億元，以驗證 800G 被動元件訂單是否真正大舉放量。

報告消息來源與可靠性聲明：

本研究報告數據與產業趨勢綜合引述自：全球市場調研機構 IntelMarketResearch & Market Report Analytics 最新發布之《全球 MT 插芯與連接器市場前瞻報告（2026-2034）》、2025-2026年 OFC（全球光通訊大會）廠商技術展示白皮書、臺灣證券交易所公開資訊觀測站波若威（3163）與上詮（3363）之最新法人說明會報告與重大訊息公告、以及第一線光器件大廠投資者關係活動紀錄。內容剔除非理性常態之隨機匯兌收益與一次性業外干擾，具備高度產業參考價值。