

台灣扣件在半導體設備領域發展分析（一）：全球市場與產品

前言

台灣扣件產業是重要創匯產業，美國為台灣扣件第一大出口對象，2024 年對美出口值達 20.4 億美元，輸美市場占比近五成 (44.9%)，但 2025 年美國川普總統上任後推動新關稅政策，啟動鋼鋁 232 的衍生品關稅措施，對各國輸美扣件課徵 50% 關稅，使得國內扣件業營運成本增加而面臨衝擊。台灣輸美扣件主要以標準件為主，屬高度價格競爭與可替代性較高的產品，使國內業者須思考標準件以外的特規品的潛在市場，例如無人機領域、自動化機械設備用扣件、新能源車用扣件、氫能與潔淨能源設備用扣件、高階醫療用扣件及半導體設備扣件等。其中，因台灣擁有全球最完整的半導體供應鏈、先進製程聚落與真空設備產業鏈，若扣件業者能強化材料技術、潔淨製程、表面處理與精密檢測能力，並具備切入曝光、蝕刻、清洗、先進封裝等各類關鍵模組所需的高階扣件需求，則具備切入全球半導體設備市場之存在條件，然業者所需的先期投資金額、技術門檻、練兵成本、市場規模和投報率則成為業者需要事先做完整評估項目，因此本文就半導體設備的扣件產品類別、應用環境、材料特性、品質要求、供應鏈結構等層面，提供初步分析供國內業者參考。

全球半導體設備用扣件現況概述

（一）半導體設備市場本身高速成長，為扣件創造穩定增量需求

全球半導體製造設備市場 2024 年規模約 1,050~1,100 億美元，預估至 2030~2034 年將成長至 1,750~2,200 億美元，年複合成長率約 7~9%。晶圓製造設備廠投資亦維持高檔，初估 2025 年前後前段製程設備支出約 1,100 億美元，預期 2026 年再呈現成長。

（二）半導體設備扣件屬於工業扣件中的「高階利基次市場」

根據 Infinity Market Research 資料，全球工業扣件整體市場 2025 年約 880 億美元，年複合成長約 4% 左右。其中專門用於真空、密封、潔淨室等之「工業密封扣件 (Industrial Sealing Fastener)」市場，2025 年規模約 4.1 億美元，預估至 2031 年可達約 5 億美元，年複合成長約 3.2%，顯示高規格扣件本身被視為獨立利基市場。由於稅號分類與公開統計多未將「半導體設備專用扣件」獨立計算，若以一般業界設備物料清單 (BOM 表) 扣件比重推估如下：以扣件占設備價值 0.5~1.5% 粗估，對應 2024 年約 1,100 億美元之設備產值，**半導體設備扣件年市場量級約落在 5~15 億美元級距**，屬「**小額但技術門檻高**」的關鍵零組件市場。

（三）成長動能與週期性特徵

半導體設備扣件與整體設備投資高度連動，近年 AI、高效能運算、車用電子與先進製程擴產帶動極紫外光微影 (EUV)、磊晶製程 (EPI)、先進封裝與測試設備投資，推升真空螺絲、潔淨扣件需



求。與一般工業扣件相比，半導體扣件單價高、但量體相對小，對景氣波動較不敏感；在設備更新、維修包裝與耗材需求的支撐下，呈現「投資週期＋維修剛性需求」的雙軌結構。

關於半導體設備用扣件特性

(一) **概述**：半導體與光電設備高度依賴精密螺絲與扣件，確保結構剛性、真空密封與重複定位精度，是「小零件、大良率」關鍵。

(二) **應用範圍包括以下半導體製程**：晶圓製程（曝光、蝕刻、清洗、化學氣相沉積 CVD、物理氣相沉積 PVD）、先進封裝、光電面板機台、真空腔體、載具與自動化手臂等，若以應用情境來分，大致包括以下類別：機構固定件（Frame/Base Screws）、真空腔體扣件（Vacuum Seal Fasteners）、電子模組扣件（PCB Mount、Sensor Fixture）、精密對位扣件（Alignment、Optical Adjust Screw）、自動化模組扣件（Robot/Actuator Mount）。

(三) **設備系統端對扣件之核心需求**：高潔淨度、低粒子、低氣體析出、非磁性、高強度、耐高溫／耐腐蝕、抗震與高鎖附精度、長期可靠性。

(四) **設備設計分層對扣件需求差異**：茲將半導體設備各區段對扣件需求差異整理如下【表一】：

表一．半導體設備各區段對扣件需求差異	
上層區段 〔精密運動／光學模組〕	需求高剛性、非磁性、高精度定位，材料多採用鈦合金或高強度不鏽鋼。
中層區段 〔傳動、氣液壓與冷卻系統〕	需求中高強度與耐腐蝕，材料多採用高溫耐熱不鏽鋼〔如 A286〕、中高強度合金鋼〔如 SCM435〕。
下層區段 〔機構基座與外殼〕	需求結構支撐、防震與維修便利性，材質多採用碳鋼與鋁合金為主。

(五) 依產品外型分類

1. 類別一：螺栓、螺絲、螺帽、墊圈（含彈簧）

(1) 應用情境：機台結構件固定（Frame/Base）、印刷電路板（PCB）與電子模組固定、光學模組與運動平台、真空腔體外部連結件、高溫區域固定件。

(2) 主要材料：

- A. 不銹鋼（304L、316L）：耐蝕、高潔淨，多用於真空腔體與濕式清洗模組。
- B. 強化不銹鋼（A286 等）：高強度、高剛性，多用於傳動結構。

- C. 鎳基合金（Inconel、Hastelloy）：耐高溫、耐腐蝕，多用於高溫製程區。
- D. 鋁合金（6061-T6）：輕量化，多用於機構外殼、散熱模組。
- E. 鈦（Ti-6Al-4V）：非磁性、高剛性多用於光學與高精度定位應用。

2. 類別二：雙頭螺柱／定位插銷（腔體、法蘭緊固）

- (1) 應用情境：真空腔體法蘭密封、高壓氣體與液體管路緊固、精準定位（對位銷）、有耐熱／耐壓／耐腐蝕需求的腔體結構：定位銷與法蘭螺柱的精度要求高於一般螺絲，是半導體設備中影響真空保持與腔體漏率的關鍵扣件。
- (2) 主要材料：316L 不銹鋼（真空腔體）、強化不銹鋼（如 A286，提供更高鎖附預緊力與抗熱循環）、鎳基合金（Inconel、Hastelloy）〔高溫與腐蝕性環境必需〕。

3. 類別三：法蘭夾具／配套緊固件

- (1) 應用情境：真空腔體之快速夾緊、法蘭管路連接（小口徑法蘭 ISO-KF、大口徑法蘭 ISO-CLAMP 標準）、PVD／CVD 腔體配管快速拆裝、需頻繁維修模組之扣件（降低停機間隔）。
- (2) 主要材料：表面硬化鋁（法蘭主體部分，需求為輕量化、降低微粒產生、易於拆裝）、不銹鋼與鎳基合金（螺栓部分，承受高預載力與耐蝕性，高溫區需用到鎳合金等）。

(六) 材料類別與屬性

茲將半導體設備用扣件之材料和表面處理整理如下【表二】：

表二．半導體設備用扣件之材料類別與屬性	
材料	簡介
不鏽鋼 SUS304/316L	耐蝕、高潔淨，用於真空腔體與清洗模組。
高強度鋼（如 SCM435、A286）	高鎖附力與剛性，多用於傳動與機座。
鋁合金 6061-T6	輕量化外殼與散熱結構。
鈦合金 Ti-6Al-4V	非磁性、高強度，適用於光學模組與高階真空結構。
特殊合金 Inconel、Hastelloy	高溫、強腐蝕環境，如高溫製程區。
工程塑膠 PEEK、PTFE	絕緣與防污染，用於流體模組與電子基板固定。



(七) 表面處理 / 鍍層等製程規範

茲將半導體設備用扣件之表面處理 / 鍍層等製程規範整理如下【表三】：

表三：半導體設備用扣件之表面處理 / 鍍層等製程規範	
表面處理 / 鍍層	簡述
Nickel Plating 〔鍍電鍍〕	透過電解方式，使扣件表面析出均勻鍍層，強化扣件阻隔腐蝕性降低在真空環境氧化，且不易磨耗脫屑改善摩擦穩定
Passivation 〔鈍化〕	透過氧化或鈍化液使不鏽鋼表面形成穩定的 Cr_2O_3 保護層，提升扣件耐蝕性能與降低表面游離鐵
DLC coating 〔類鑽碳塗層〕	將含碳氣體沉積成非晶碳膜，具高硬度、低摩擦、耐磨耗與良好耐蝕性，在超高真空環境可達低放氣、低粒子剝落表現，用於真空腔體內部遮板、搬送機構滑動面
TiN coating 〔氮化鈦塗層〕	以 PVD（磁控濺鍍、弧放電）在金屬表面形成氮化鈦薄膜，具高硬度、耐磨耗、導電特性。部分真空腔體內之屏蔽件之扣件等，用於抑制金屬磨損與粒子產生
Black Chrome 〔黑鉻〕	以鉻電鍍，藉添加劑形成灰黑色外觀，兼具導電、高耐蝕、抗紫外線。常用在儀器外觀件、光學元件外框、醫材、汽車零件等
PEEK coating 〔聚醚醚酮塗層〕	以 PEEK 粉體噴塗＋熔融，或溶液塗佈成膜在金屬表面，兼具高溫、高機械強度、耐化學與低放氣特性
Low Outgassing 〔低放氣〕	扣件材料在真空或加熱條件下釋出的揮發物質（有機物、溶劑、小分子）極少，以減少光學鏡頭、晶圓、探測器表面污染
Low Particle Generation 〔低粒子生成〕	半導體廠對潤滑油、密封件、搬送零件多要求「低放氣＋低粒子」雙重條件，以避免機台內二次污染

(八) 製程與檢測要求

茲將半導體設備用扣件之製程與檢測要求整理如下【表四】：

表四：半導體設備用扣件之製程與檢測要求	
製程與檢測	相關要求
螺紋精度	除了需達 ISO 6H、JIS 2 級以上，半導體扣件更需強化牙距偏差控制、拋光與真空潔淨、精密滾牙、去毛邊／無破孔牙尾（避免粒子）等項目
尺寸公差	常見 $\pm 0.01 \sim \pm 0.02 \text{ mm}$ 級別，表面粗糙度要求 $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$
潔淨要求	超音波脫脂＋純水清洗＋真空乾燥，並以真空包裝或氮封，對應 ISO Class 5-7 潔淨室〔低粒子、低放氣、避免鍍層表面脫落等〕
檢測項目	外觀、尺寸檢測（含 CMM 三軸量測全檢或抽檢）、材質（光譜分析／X 射線螢光分析）、扭矩試驗、表面粗糙度等。

結語

綜合以上分析，全球半導體設備扣件雖屬小型利基市場，卻因高真空、低污染、非磁性與高材料強度等嚴格條件，使其技術門檻遠高於一般工業扣件，並隨設備投資與潔淨室擴張而穩定成長，呈現「小量、高價、高黏著度」特性；美、日、歐掌握主要品牌與高階材料，而亞洲為最大需求來源，形成供需區域錯配，也為台灣切入創造契機。對台灣扣件業而言，該市場符合從標準件轉向精密件的升級方向，只要補強材料、潔淨製程與真空檢測能力，有機會在維修市場、區域在地化供應與特規客製中取得立足點；下一篇將進一步聚焦台灣發展半導體設備扣件的現況、產業缺口與具體策略，提出台灣可以布局的技術、產業與政策路徑。■

半導體設備用扣件潛在客戶之全球競爭態勢分析

(一) 供應商高度集中在美、日、歐等國，並與半導體設備聚落緊密連結

1. 美國：主要供應商專注於高真空與超高真空（HV/UHV）系統用扣件與 O-ring（彈性密封圈），鎖定半導體、真空鍍膜、能源與國防等「潔淨關鍵領域」。
2. 日本：主要供應商以「特殊螺絲」切入，涵蓋真空螺絲、低放氣螺絲、潔淨螺絲、鈦螺絲等，服務半導體設備、平板顯示器（FPD）、醫療與食品機械等產業，品牌強度成熟。
3. 歐洲：有真空零組件公司提供配套的真​​空螺絲與腔體零件，與歐洲高真空設備與科研市場緊密相連。

(二) 市場特徵：產品線多元但品牌黏著度高

1. 高階扣件雖屬「零件」，但因涉及真空可靠度、粒子控制與維修效率，設備大廠對供應商黏著度高，一旦通過認證，往往長期沿用同一品牌或品項。
2. 國際主流供應商多採「標準品＋客製化」雙軌：一方面提供型錄化標準真空螺絲、法蘭扣件，另一方面接受設備廠針對頭型、長度、材料與表面處理之客製設計。

(三) 需求重心集中在亞洲，但高階供應鏈尚以美日歐為主

半導體設備投資已明顯集中於亞洲（台灣、韓國、中國大陸、日本），該區域占全球設備市場約三分之二以上，但高階扣件品牌與技術仍以美國、日本與歐洲廠商為主，形成「需求在亞太、品牌在美日歐」的結構。

著作權所有：惠達雜誌
撰文：許育瑞 博士

