MOL Solutions Inc
Optical & laser measurement
モル株式会社

先進雷射精密製造與功能性表面工程

Advanced Laser Precision Manufacturing & Functional Surface Engineering

INTELLIGENT LASER
LSTR
MICROPLASMA

モル株式会社
MOL Solutions Inc.
www.mol-solutions.com

先進製造 ，從理解材料開始

MOL 以對 Laser–Material Interaction（雷射與材料交互作用）的深入理解爲技術核心，整合雷射、光學、材料科學與精密控制，發展可驗證、可重複且具量產能力的先進製程。

MOL Solutions 專注於先進雷射精密製造與功能性表面工程，整合高階雷射源、光學與光束工程、精密運動平台、Galvo／Scanner、Encoder、Vision 與高速同步控制技術，建立從製程開發、量測驗證到量產整合的完整能力。針對玻璃、SiC、陶瓷、金屬、PI、ABF 與聚合物等先進材料，可實現微鑽孔、精密切割、選擇性材料移除、微結構製作及高深寬比加工，同時降低熱影響區、微裂紋、碎屑、重鑄層與材料變形。

在半導體與先進封裝領域，MOL 的技術涵蓋極精密雷射加工、TGV 玻璃微孔製程、RDL 局部缺陷修補、超薄銅箔與電池銅材加工，以及 SiC Micro Pillar、Micro Channel 等高效率散熱結構。從光源、光路、運動控制、製程視窗與軟體架構進行系統化設計，將技術成果轉化爲兼具高速、高精度、長時間穩定性與量產潛力的製造方案。

除了材料去除與微細加工，MOL亦將技術延伸至功能性表面工程。LSTR以雷射干涉原理爲核心，快速形成可設計的週期性微奈米結構，用以調控附著力、潤濕性、毛細流動、摩擦特性、光學表現與熱傳導介面；Micro Plasma 則以大氣壓、無遮罩的直接寫入方式，進行選擇性表面活化、精細清潔、薄膜沉積與蝕刻。整合雷射微結構、表面活化與功能性鍍膜，建立具高度彈性的複合式表面改質平台。

串聯日本與歐洲的研發資源，MOL持續將光學、雷射製程、即時量測與智慧控制導入生產環境。以客戶材料與製程需求爲起點，透過共同開發、加工驗證與系統整合，提供兼具技術深度與產業實用性的解決方案，協助提升產品良率、製程效率與設計自由度，推動下一世代精密製造技術的創新與量產應用。

MOL 先進雷射與功能性表面工程

從雷射精密製造、TGV 與 LSTR，到 SiC 熱管理與 Micro Plasma，依技術主題快速找到對應內容。

01 先進雷射精密製造與功能性表面工程公司 04-08

從雷射與材料交互作用出發，整合雷射源、光束工程、精密運動控制、高速同步技術與複合式表面改質

02 極精密雷射加工技術 09-15

從雷射源、光束工程與燒蝕閾值控制，到低熱影響、微裂紋抑制、孔壁幾何控制及多材料選擇性加工。

03 突破性 TGV 高速穿孔技術 16-18

以時間波形調變雷射形成貫穿孔，再進行均勻化學擴孔，改善孔型並提升厚玻璃基板的量產效率。

04 LSTR 雷射表面微結構雕刻與粗化工程 19-26

利用多束雷射干涉，快速製造大面積、均勻且可設計的週期性微奈米結構，調控附著、潤濕、摩擦、光學與熱傳導介面。

+ SiC 微流道散熱應用

結合 SiC Micro Pillar、ILORA 即時監測、表面活化與 Nano Diamond Coating 概念，發展複合式熱管理方案。

05 Micro Plasma 高解析度電漿列印系統 30-37

在大氣壓、無遮罩的條件下直接寫入微米級區域，進行表面活化、精密清潔、薄膜沉積、蝕刻與微結構化。

01

先進雷射精密製造與功能性表面工程公司

Advanced Laser Precision Manufacturing & Functional Surface Engineering Company

從雷射與材料交互作用出發，整合光源、光束、運動製程與智慧控制

精密製程的核心 ，從理解材料開始

MOL Solutions專注於先進雷射精密製造與功能性表面工程 ，整合高 階雷射源 、光學與光束工程 、高速高精度運動控制 、 雷射製程技術 、微奈米表面結構及智慧製程控制 ，爲半導體 、先進封裝 、光電與高階電子製造提供高精度 、高效率且具量產能力的雷射製程解決方案 。

MOL的核心價值不僅在於雷射設備整合 ，更在於對Laser-Material Interaction (雷射與材料交互作用)的深入掌握

從光源到量產製程的整合能力

針對玻璃、SiC、PI、ABF、金屬、陶瓷及各類先進材料，MOL透過不同波長、脈衝寬度 、能量密度與加工策略的精密控制，實現微鑽孔、切割、蝕刻、微結構製作及高深寬比加工 ，同時降低熱影響區 、微裂紋、碎屑與材料損傷。

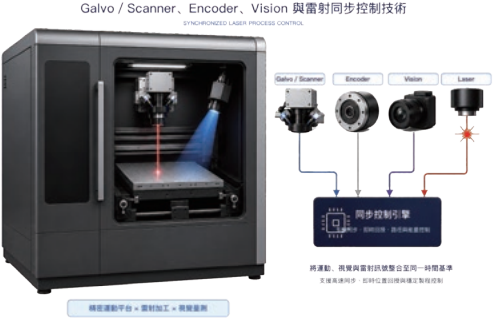
製程延伸應用

材料×波長×脈衝條件	能量密度與加工策路	高深寬比與低損傷
GLASS / 玻璃	SiC / 碳化矽	PI /ABF/ 先進封裝材料

高階光學與光束工程系統能力— 決定能量如何作用於材料

MOL 具備複雜光路設計與特殊光束控制能力，透過 Beam Shaping、DOE、Bessel Beam、Top-hat Beam、Multi-beam 及特殊聚焦光學，精確控制雷射能量在材料上的空間分布與作用方式。

依不同材料與精密製程需求，精準設計雷射光束的形狀、能量分布與作用深度，在提升加工速度的同時，實現更高精度、更低熱影響及更優異的加工品質藉由 Laser Source × Optical Design × Beam Shaping × Process Recipe 的完整整合，MOL 將雷射能量轉化爲眞正可控制、可重複且可量產的精密製程能力。

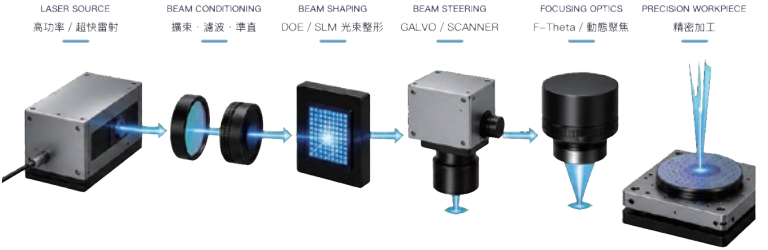


高速高精度雷射製造平台— 兼顧速度、精度與穩定性

先進半導體製程不僅要求微米級加工精度，更要求高速生產與長時間穩定性。

MOL 整合高精度運動平台、Galvo/Scanner、Encoder、Vision 與雷射同步控制技術，精確協調雷射脈衝、光束掃描與加工位置。

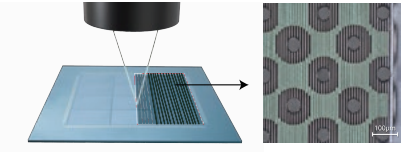
其高性能運動平台不僅具備約1μm的重複定位精度 (Repeatability)，更具備高速量產所需的1–1.5 G 高加速度能力，可大幅縮短加工點之間的移動與定位時間，提高整體生產效率。



高速雷射干涉微奈米結構技術
— 表面微結構轉化爲可設計的功能介面

透過精密雷射微結構與微奈米表面改質，可針對材料表面的附著力、潤濕性、毛細流動、摩擦特性、接合能力、熱傳導界面及光學特性進行工程化設計。

相關技術可應用於ABF/PI銅層附著力提升、RDL、Underfill 流動控制、KOZ 防溢流結構、Bonding Interface、SiC 散熱結構及其他先進封裝製程。



結合德國先進LSTR 技術，進一步將雷射表面工程提升至大面積、高效率的微奈米結構製造。

LSTR利用多道雷射光束產生精密干涉圖形，可快速在材料表面形成高度均勻的週期性微奈米結構，相較傳統逐點雷射掃描，更適合大面積、高產能的功能性表面製造。

透過不同結構設計，可進一步調控材料的Adhesion、Wettability、Fluid Flow、Friction、Optical及Thermal Interface Properties，爲下一世代半導體與先進封裝創造新的製程可能性。



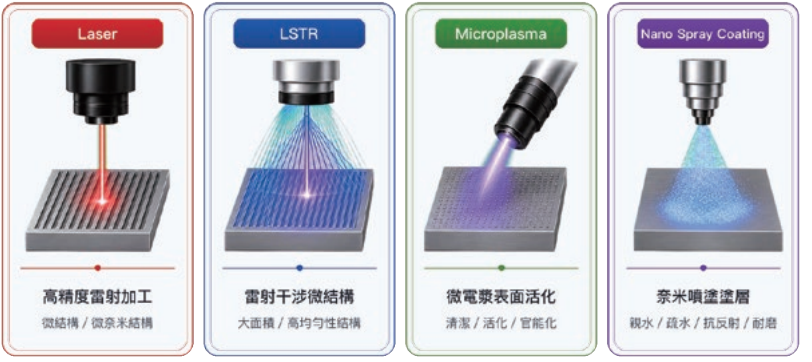
雷射干涉微結構放大圖

附著與接合 ADHESION	潤濕與毛細 WETTABILITY
摩擦與光學 FRICTION/OPTICS	熱傳導界面 THERMAL

複合式表面改質技術— 從微結構到鍍膜 ，建立複合式表面改質平台

MOL 將 Laser、LSTR, Microplasma 與 Functional Coating 整合爲多功能表面改質平台。

從雷射微結構製作、表面活化、微奈米功能化到特殊材料鍍膜，可依不同材料與製程需求設計完整的 Surface Modification Process，賦予材料表面新的物理、化學、熱學與界面功能。



01 LASER/ 微結構

02 MICROPLASMA/ 表面活化

03 COATING/ 表面活化功能鍍層

04 FUNCTION/ 複合介面

02

極精密雷射加工技術

Extreme precision laser processing

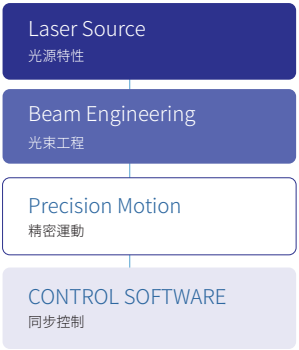
精準控制能量、熱影響、孔壁幾何與多材料選擇性移除

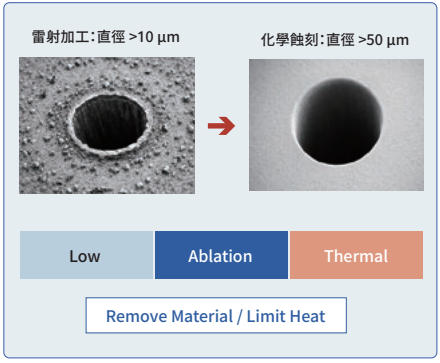


MOL 雷射極精密加工核心技術平台 — 從雷射源到控制軟體的極精密加工平台

MOL Solutions 將雷射極精密加工（Extreme Precision Laser Processing）視爲下一世代半導體與先進製造的重要核心技術。

MOL 的能力並不只是將雷射光源整合到設備中，而是從雷射源特性、先進光學與光束工程、雷射製程、精密運動平台到高速同步控制軟體進行完整系統整合，針對不同材料建立最佳化的加工條件，使雷射能量能夠以更精準、更穩定的方式作用於材料。





雷射燒蝕閾值與能量精密控制

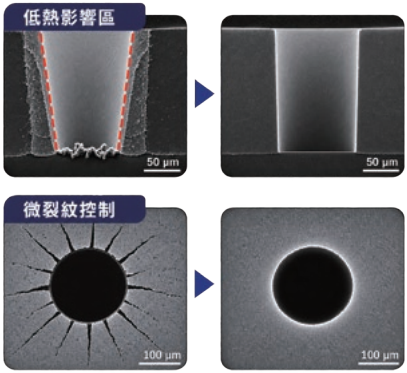
MOL 特別重視Ablation Threshold（燒蝕閾值）的精密控制。不同材料對雷射波長、脈衝寬度與能量密度具有不同反應

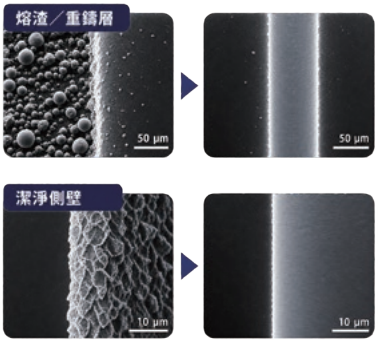
MOL 透過對雷射與材料交互作用的深入掌握，最佳化 Pulse Energy、Fluence、Repetition Rate、Pulse Overlap、Scanning Speed 與 Focus Position，使能量維持在適當的材料去除區間。在確保加工效率的同時，降低不必要的熔融與熱累積，這也是極精密雷射加工最重要的基礎能力之一。

低熱影響與微裂紋抑制技術—讓能量集中於極小加工區域 ，降低脆性材料損傷

針對玻璃、陶瓷、SiC 等脆性材料，MOL 進一步發展Heat Affected Zone（HAZ）與 Micro-crack 控制技術。

透過雷射波長、脈衝條件、光束形貌、焦點位置與加工路徑的最佳化，使雷射能量集中於極小的加工區域，降低熱能向周圍材料擴散所造成的熱應力，進而減少 Micro-crack、Chipping、材料變色與熱變形。這項能力對 TGV、玻璃微孔、陶瓷微加工與 SiC 微結構等高可靠度應用尤其重要。





低飛濺、低重鑄與高品質表面控制—讓能量集中於極小加 工區域 ，降低脆性材料損傷

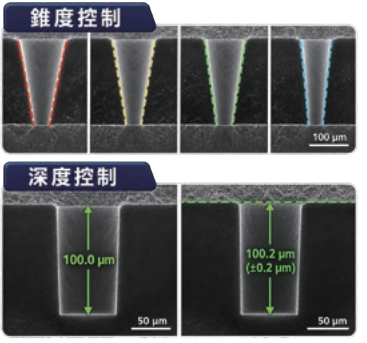
MOL 將Debris、Recast Layer 與加工表面品質視爲極精密加工的重要技術指標。

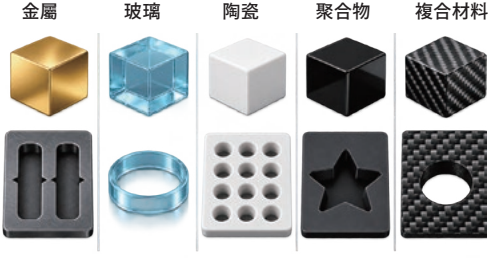
藉由脈衝能量、掃描策略、Pulse Overlap、加工順序及輔助氣體等條件的整合最佳化，降低飛濺、熔珠、殘渣與重鑄層，使孔壁與切割面保持更乾淨的加工狀態，並減少後續清洗、研磨或二次加工的需求

微孔幾何、側壁與深度精密控制

在微孔及微槽加工方面，MOL 的技術能力進一步涵蓋Taper Angle、Sidewall Roughness 與加工深度的精密控制。

透過 Beam Shaping、焦深管理、多段加工以及 Finishing Process，可改善傳統雷射鑽孔常見的錐形孔問題，使側壁更加接近垂直，同時降低側壁粗糙度。結合精密 Z-axis 與雷射能量控制後，亦可進行 Blind Hole、Micro Groove、Cavity 與各類三維微結構加工，讓雷射從單純的切割與鑽孔工具進一步成爲精密微結構製造平台。





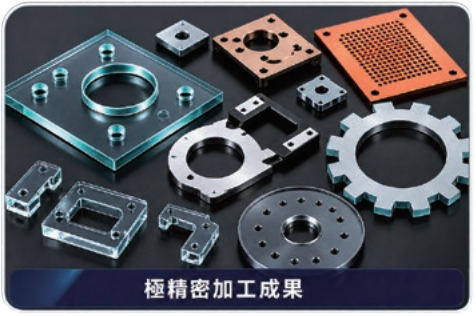
多材料選擇性雷射移除技術

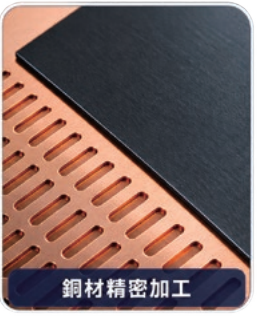
透過不同材料對特定波長及雷射能量的吸收差異，可以針對多層結構中的指定材料進行選擇性加工。

在移除上層材料的同時盡可能避免損傷下層結構。此項技術可延伸至 Metal、Glass、Ceramic、SiC、Polymer、PI、Cu 與各種功能性薄膜，未來可應用於 RDL、先進封裝、微電子與精密光電元件的製程。

多材料與先進製程應用能力— 從製程開發到量產設備的一體化

MOL 將這些核心能力導入玻璃微孔與 TGV、異形玻璃精密切割、陶瓷微孔與方孔加工、SiC 微結構、超薄銅箔微細切割以及多材料選擇性雷射加工等領域。

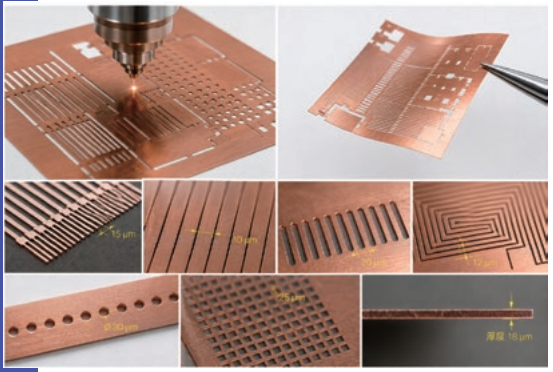




Glass/ TGV —— Ceramic —— Sic —— Cu FOIL

針對不同材料與應用，MOL 可從雷射波長與光源選擇開始，進一步設計 Beam Delivery、Beam Shaping、加工光學、精密運動平台與控制軟體，再透過實際材料加工建立 Process Window 與製程參數，形成由製程開發到量產設備的一體化能力。

特殊雷射銅材精密加工與 RDL 修補技術



隨著先進封裝朝向高密度、細線寬與細線距發展，RDL（Redistribution Layer）微小線路缺陷已成爲影響封裝良率的重要因素。

製程中可能產生 Cu Bridge、Nodule、Protrusion、局部過鍍及 Short Circuit 等缺陷，尤其對高價值 AI/HPC 與先進封裝產品而言，局部 RDL 缺陷若造成整體產品報廢，將帶來極高的製造成本。

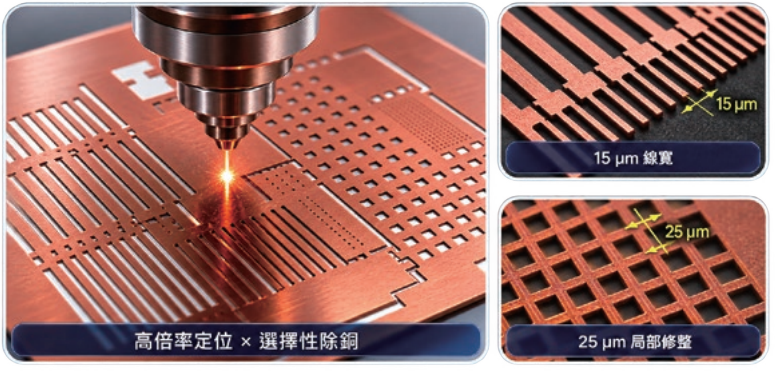
MOL 針對銅材料特性，開發適合銅材精密加工的特殊雷射製程技術，並將其導入 RDL Repair。透過高階光學設計、高倍率 Vision Alignment、精密能量控制及高速高精度運動平台，可精準定位微細 RDL 缺陷，再進行 Selective Cu Removal，局部去除造成短路或線路異常的多餘銅材。

MOL RDL Repair 的主要優勢在於高選擇性、高定位精度、低熱影響與低材料損傷。雷射能量集中於需要修補的微小區域，可降低對正常 Cu Line、周邊介電層及鄰近結構的影響，同時控制 Heat Affected Zone、Debris 與材料損傷。可應用於 Cu Bridge Removal、Short Repair、Local Cu Trimming、Nodule Removal 及 Protrusion Correction，將原本可能導致報廢的局部缺陷轉化爲可精準修復的製程問題，進而提升 RDL Yield、降低 Scrap Cost，並提高高價值先進封裝的整體製造效益。



除了半導體 RDL Repair，此特殊雷射技術亦適合延伸至各類高精度銅材料加工。例如新能源與電池產業中的超薄銅箔切割、電極與集流體加工、Cu Tab 切割與修整，以及電子產業中的 Cu Foil、Cu Lead、Cu Terminal、Cu Connector、Cu Busbar 等銅材切割、微細加工與局部修整。

MOL 將特殊雷射技術與 Advanced Optics、Vision、High-Precision Motion及 Process Control 深度整合，建立從微米級 RDL 修補到銅箔與電池銅材加工的 Advanced Copper Laser Processing Platform，兼具精度、低熱影響與製程彈性，滿足半導體、先進封裝、電子與新能源產業對下一代高品質銅加工技術的需求。



03

突破性TGV 高速穿孔技術

Extreme precision laser processing

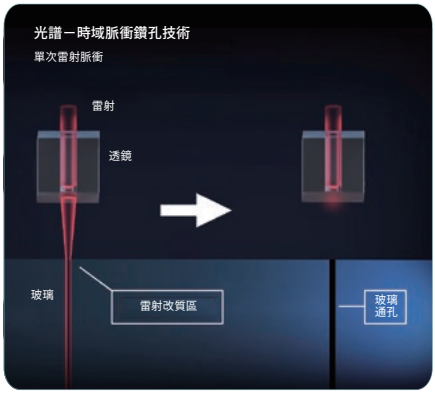


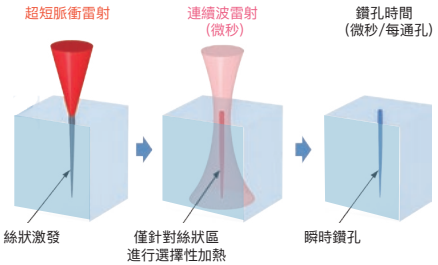
單脈衝先形成眞正貫穿孔，再以均勻化學蝕刻建立高直壁Via 。

先形成眞正貫穿孔 ，再進行均勻化學擴孔

MOL Solutions 所開發的創新 TGV（Through Glass Via）技術，核心在於結合時間波形調變雷射鑽孔與化學蝕刻，針對厚玻璃基板提供兼具高速、高品質與量產潛力的微孔加工方案。

其最大的技術特色，是在化學蝕刻之前，先利用特殊雷射脈衝於玻璃中直接形成眞正的微小貫穿孔，再透過後續化學蝕刻將孔徑均勻擴大，藉此改善傳統玻璃微孔製程在加工速度與孔型控制上的限制。傳統 LIDE（Laser Induced Deep Etching）技術主要透過雷射細絲化效應，在玻璃內部建立一條改質通道。此時玻璃並未眞正形成貫穿孔，因此後續化學蝕刻必須由玻璃上下兩側逐步向中央區域進行。當玻璃厚度增加時，中間區域的化學反應與材料交換效率較低，不但需要較長的蝕刻時間，也較容易形成中央收窄的 Bottle-neck 或 Pin-cushion 孔型。MOL 採取不同的技術路徑。透過特殊設計的時間波形調變雷射脈衝，可在單一脈衝作用下先形成約 10–20 μm 的初始貫穿孔。由於孔道在化學蝕刻開始之前便已經完全打通，蝕刻液可以直接進入整個 Via 內部，使孔洞上、中、下區域的蝕刻條件更加接近。因此，不僅可以縮短化學蝕刻時間，也有助於形成更直、更平行且一致性更高的 Via 側壁。



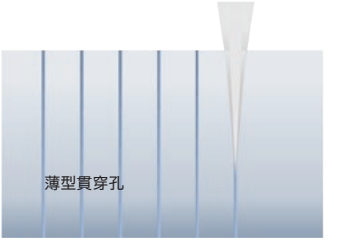


設計目標 :最高約 20,000 vias/s

MOL 的設計目標是在單一雷射脈衝完成一個初始貫穿孔，使雷射鑽孔速度最高可達約 20,000 vias/sec。

對於孔徑大於 50 μm、玻璃厚度超過 0.5 mm 的應用而言，這種「先形成眞正貫穿孔，再進行均勻化學擴孔」的製程概念，具有縮短整體加工時間、改善 Via 直壁性與提升量產效率的潛力。

空間與時間上經修飾的雷射光束





化學蝕刻



均勻擴大的圓柱形孔洞

重新設計雷射與化學蝕刻的整體製程關係

MOL TGV 技術的核心價值不只是提高雷射鑽孔速度

而是從整體製程重新設計雷射與化學蝕刻之間的關係。透過單脈衝形成眞正貫穿孔、均勻化學蝕刻及高直壁 Via 控制，有望爲 Glass Core、Glass Interposer 及下一世代 AI/HPC 先進封裝所需要的高密度玻璃互連結構，提供更具效率與量產性的 TGV 解決方案。

04

雷射表面微結構雕刻及粗化工程

Laser Surface Texturing and Roughening

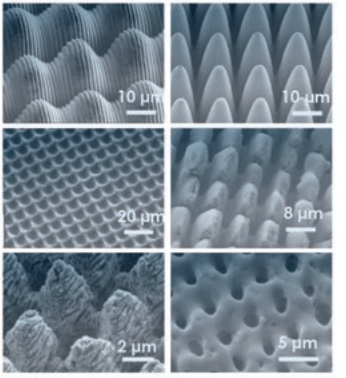
以多束雷射干涉，快速製造大面積 、均勻且可
設計的微奈米功能結構

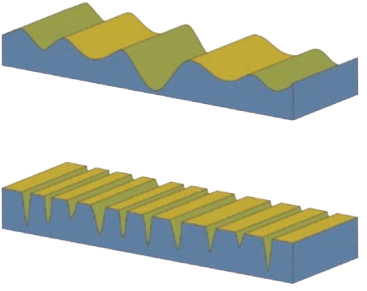
以雷射干涉，直接寫入週期性微奈米結構

LSTR 的核心價值不只在於製作表面紋理，更在於利用可設計的週期性微奈米結構調控材料表面功能。

3D LSTR 將多束雷射以受控方式組合 ，在加工區域內形成明確的干涉圖形 。材料表面只在干涉強度極 大值處被改質，其餘區域通常維持原狀。

此 一方法可在單一步驟中，將線狀、點狀 、交叉狀或階層式結構轉印至金屬、聚合物、陶瓷、複合材料、塗層與玻璃等材料表面。典型解析度約 300 nm–30 µm 。



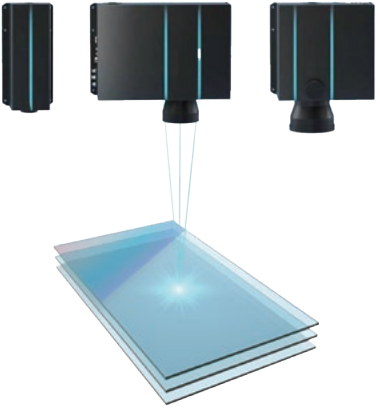


- 多束光的建設性與破壞性干涉 形成週期圖形
- 圖形尺度小於雷射光斑本身
- 以參數控制週期、幾何形狀與 表面功能

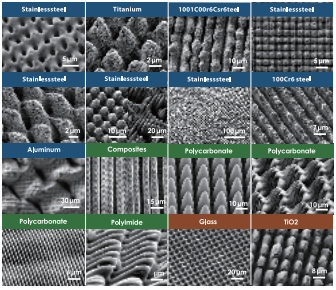
從實驗級結構設計 ，走向大面積高速製造

相較逐點雷射掃描 ，干涉圖形可在單次作用中 同時建立週期性結構 ，適合大面積 、高產能的 功能性表面製造。

核心模組可使用 IR 至UV 雷射、支援不同幾何形狀與軟體化結構調整;可 進 行 最 高 3m²/ m i n的高速加工 ，並可整合CNC、工業機器人與roll- to-roll 方案。



- 非接觸式表面加工
- 通常不需要化學品或潔淨室條 件
- 相容短脈衝與超短脈衝雷射
- 模組化整合既有設備



跨材料微/奈米結構加工能力

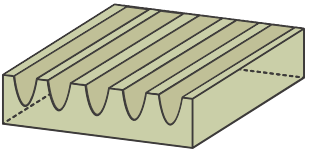
9 類材料| 18 組代表性微結構

透過高精度雷射微／奈米結構加工技術，可在不鏽鋼、鈦、鋁、銅銘合金、複合材料、聚碳酸酯、聚醯亞胺、玻璃及 TiO2 等多種材料表面，製作孔洞、柱狀、波紋與週期性陣列等精密結構。涵蓋 9 類材料、18 種代表性微結構，展現優異的跨材料加工彈性與結構控制能力，可依應用需求調整表面潤濕性、摩擦力、黏著性、光學特性與熱管理效能。

單尺度與階層式結構 ，定義不同的表面表現

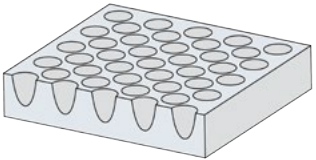
可用的表面幾何包含線狀 、點狀 、交叉狀 ， 以及結合不同長度尺度的階層式微奈米結構。每一種結構都對表面表現產生獨特影響 。

藉由控制週期、深度 、方向與層級，可精確調整粗糙度與幾何形狀;對需要光學、電子、黏結或仿生表面的應用， 提供具 可擴展性的結構設計路徑。



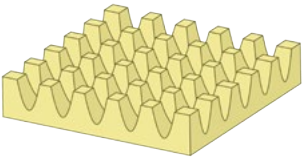
溝槽結構

增加毛細管力，增加表面積，用於微電子和光學用途。



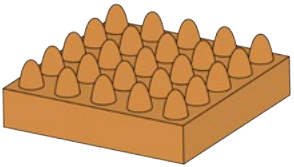
洞

降低防垢、防霧或防結冰應用的表面電位。



雙溝槽

需要兩次鐳射通過，可以用 MOL BIONICS 多重交叉技術代替。



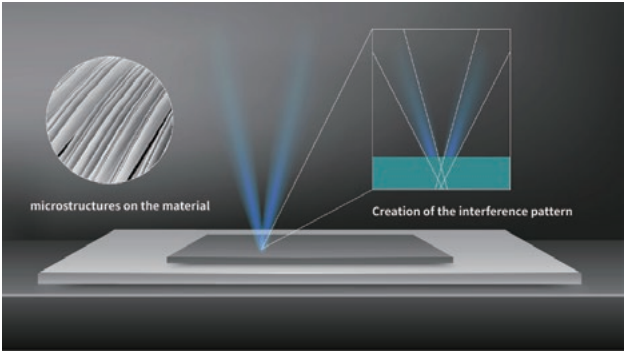
支柱

表面粗糙化、增加表面積、傳熱和醫療應用

用微結構調控附著 、潤濕 、 摩擦與光熱界面

LSTR不只製作紋理 ，而是藉由結構設計改變材料 表面的物理與界面行爲。

可進一步調控Adhesion 、Wettability 、Fluid Flow、Friction、Optical及Thermal Interface Properties ;
亦可朝防冰、提升生物相容性、表面裝飾 、防反射 、防指紋與耐磨等功能發展

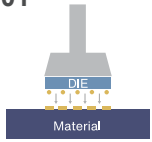


- 提高黏著/接合強度
- 親水、疏水與毛細流動控制 · 摩擦、耐磨與電連接性能
- 防反射、表面裝飾與熱界面功 能

把表面工程帶入半導體 、封裝與高階製造

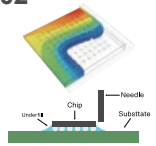
可將LSTR結構設計導入Underfill流動、接合界面、玻璃基板、電子連接器、散熱結構與精密表面處理 。

01



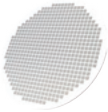
強化黏合強度

02



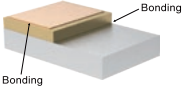
提高底部填充的流速

03



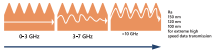
加強電路在玻璃的附著力

04



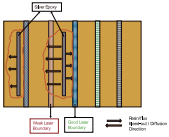
改變銅箔或薄膜粗糙度，
增加皆合力

05



均勻的粗糙面改
善高速傳輸效率

06



防止膠水外溢

07



改善接觸角

08



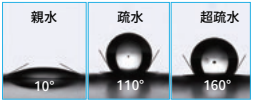
改善親水及疏水性

LSTR結合高精度雷射干涉技術

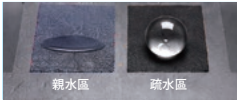
此技術可廣泛應用於 AI 晶片、先進封裝、SiC 功率元件、玻璃基板、矽光子、CPO 與醫療元件等領域，爲材料表面功能化提供高速、高精度且可量產的創新解決方案

表面能工程

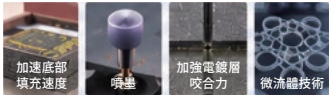
a.改變親水性、疏水性及水滴角



b.同一表面不同區域表面能控制



c.應用

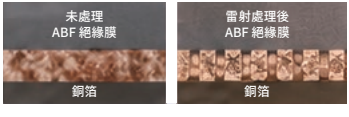


接合力工程

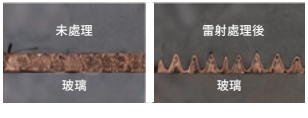
a.增加晶片接合力



b.強化 ABF 與銅箔的接合力



c.強化玻璃上電鍍電路的接合力

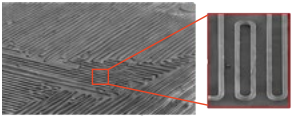


d.強化各種應用的咬合力

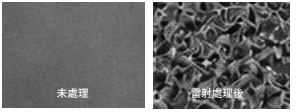


散熱工程

a.SiC Wafer 上雕刻微流道

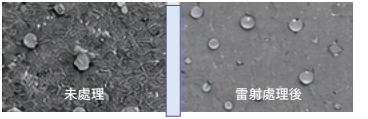


b.改變粗糙度增加散熱面積

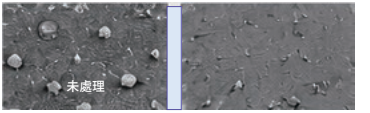


表面防汙工程

a.防止表面沾汙

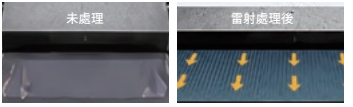


b.抑制表面異物黏著

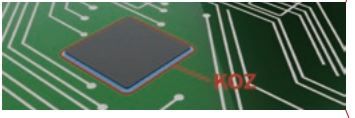


流體控制工程

a.創造流體溝槽加速Underfill材料流動速度

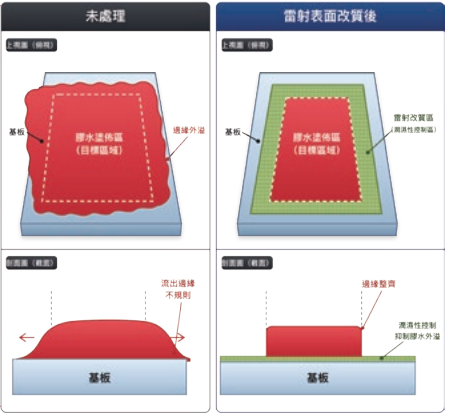


b.抑制流體流動範圍，配合 KOZ 規格要求



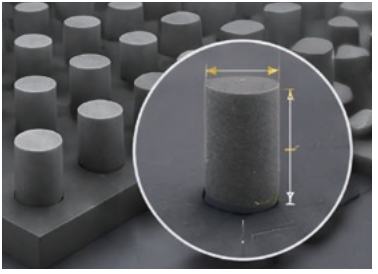
c.不規則微小型狀塗佈的可行性



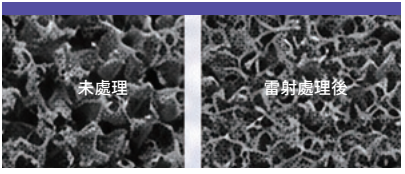


散熱工程 - SiC Micro Pillar

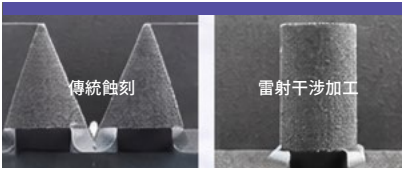
透過雷射干涉微結構加工，在 SiC 表面形成接近 90° 直壁的高密度微柱陣列，大幅增加有效散熱面積，並強化冷卻介質與材料表面的熱交換效率。相較於傳統蝕刻容易產生 V 型溝槽，此技術可實現輪廓完整、尺寸均一且具高一致性的微柱結構，適用於 AI GPU、功率模組及高熱流密度元件的先進散熱與液冷整合。



增加表面積，提升散熱效率



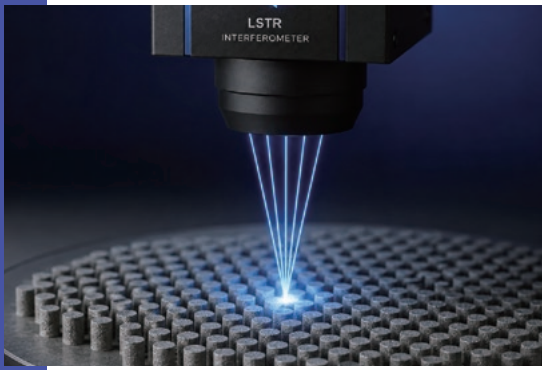
能高速雕刻多種 3D 微結構



熱阻降低 30-50%	熱通量提升 2-3倍	散熱效率提升 顯著	高可靠度 長壽命

雷射干涉技術在Sic微流道散熱的應用

SiC 本身具有高熱導率、高硬度及優異的高溫穩定性，非常適合應用於高熱流密度環境，但也因材料硬且脆，使高深寬比 Micro Pillar 的精密加工更具挑戰性。



MOL 透過雷射光源、精密光路、Beam Profile、能量密度、焦點位置及高速精密運動平台的整合控制，可在 SiC 表面形成高密度 Micro Pillar、Micro Channel 或其他客製化三維散熱結構。
透過精密雷射參數控制及多段式加工策略，降低 Taper、V-groove、Micro-crack、Debris、Recast 與 Heat Affected Zone（HAZ）等問題，並朝向更接近垂直的側壁、平整的底部以及均勻的 Pillar Geometry 發展。
對於單純雷射加工難以達到的高品質表面，也可進一步搭配精密蝕刻或後處理，兼顧加工效率與微結構品質。

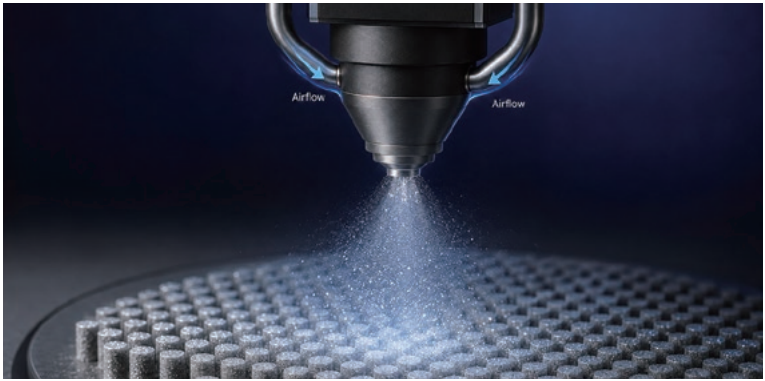
爲提升 Micro Pillar 製程穩定性，MOL 整合 ILORA 即時光學監測技術，透過非接觸式雷射反射量測，持續取得 SiC 表面反射訊號，並分析反射強度與波形變化，即時掌握材料去除、加工深度與表面狀態。
ILORA 可協助監測 Pillar 高度／深度一致性、局部加工異常，以及與 Micro-crack、表面損傷或加工不均相關的訊號，使製程由傳統離線檢測提升至 In-line / In-situ Real-time Process Monitoring。
量測結果亦可與 Laser Power、Pulse Energy、Focus Position、Scan Speed、Pulse Overlap 等參數連動，作爲製程補償與最佳化依據，並進一步朝 Measurement → Analysis → Process Adjustment → Verification 的 Closed-loop Process Control 發展，降低製程變異，提升 Micro Pillar Array 的一致性、良率與資料可追溯性。

表面活化 x Nano Diamond Coating x Sic 微結構

MOL將SiC Micro Pillar 從單純的幾何結構加工延伸至完整的Surface Engineering ，並進一步導入Nano Diamond Coating 概念

Micro Pillar 加工完成後，可利用局部 Microplasma Surface Activation 對 Pillar 頂部、側壁及周圍區域進行表面活化，提高表面能與潤濕性，改善後續功能材料與 SiC 之間的界面結合。對高深寬比微結構而言，這種局部且具選擇性的表面處理方式，有助於提升後續塗層均勻性及附著可靠度。

在此基礎上，MOL 進一步導入 Nano Diamond Coating 概念，在經過表面活化的 SiC Micro Pillar 上形成高導熱奈米鑽石功能層。其目的並非以 Diamond 取代 SiC，而是結合 SiC 本身的導熱能力、Micro Pillar 所增加的有效散熱面積，以及 Diamond 優異的熱傳導特性，形成複合式高效率熱管理結構。ILORA 亦可進一步延伸至後段製程，透過光學訊號變化輔助觀察表面狀態、塗層均勻性或局部異常，使品質監控不只集中在雷射加工階段，而是延伸至完整製程流程。



05

高解析度電漿列印系統

Micro Plasma

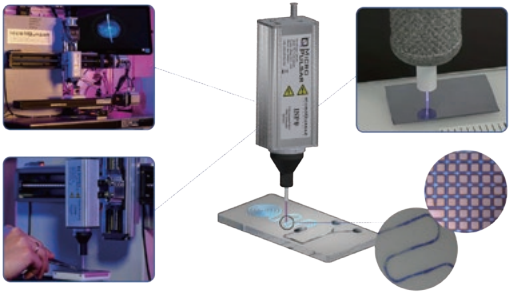
在大氣壓、無真空與無遮罩條件下，直接寫入微米級區域，進行選擇性表面活化、清潔、沉積與蝕刻。



在大氣壓下，直接寫入微米級選擇性表面處理

下一代異質整合需要有效的表面改質；傳統方法往往不夠精準 、速度慢 。

MicroPlasma 以大氣壓微電漿與direct-writing plasma printing ，鎖定微米尺度區域，在無真空、無遮罩、較低溫度的條件下，執行選擇性表面處理。



功能•特點

活化
針對鍵結、印刷與塗層應用進行表面能改質。

薄膜沉積
使用開放式前驅物進行聚合物、金屬、金屬氧化物與混合層沉積。

精密清洗
去除微米尺度有機污染物，作爲表面前處理。

蝕刻
用於微結構化與精細圖案製作的選擇性層蝕刻。

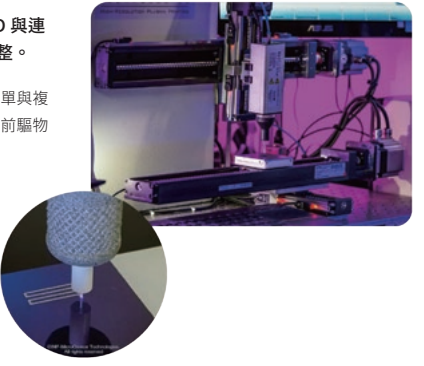
微結構化
透過微米與奈米紋理化，創造客製化功能性表面特性。

積層製造
可整合於 2.5D 與 3D 積層製造，用於高解析度特徵結構。

微米級圖案與梯度，從 2D 延伸至 3D

可製作簡單與複雜圖樣，支援 2D、2.5D、3D 與連續梯度;直接書寫讓圖形路徑可依設計需求調整。

可執行活化、薄膜沉積、精細清潔與触刻 ;支援簡單與複雜圖形、 2D/2.5D/3D 與梯度結構 ，並以開放前驅物系統沉積聚合物 、金屬、金屬氧化物與混成層 。



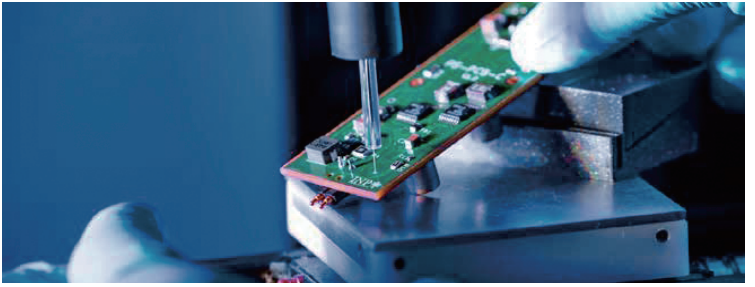
30 µm 起始線寬兼具精準 、多材料與模組化

高解析度 Plasma Printing System 採用先進的多材料直接寫入技術，具備快速、永續、可擴充與模組化等特點。

30 µm	10-80x	<20 µm	2-33×	12-20×
現行系統線寬解析度	相較市場類似電噴方案的精細度比較	開發中/ in preparation	氣體耗用 less gas	功耗 less power|

讓微米級區域處理不再依賴眞空與遮罩

異質整合需要在微米尺度區域進行有效且可控的表面改質。Micro Plasma 以大氣壓微電漿搭配直接書寫式電漿列印， 將處理集中於指定位置，回應低溫、無眞空與無遮罩的製程需求，並支援高解析度表面改質與微製造。



大氣壓	無真空	無遮罩	區域選擇性
ATMOSPHERIC	NO VACUUM	MASKLESS	AREA SELECTIVE

開放材料庫，依功能目標配置沉積層

開放式前驅物架構可配合不同沉積材料與電漿氣體，依基材、圖形與功能層需求調整製程配置。

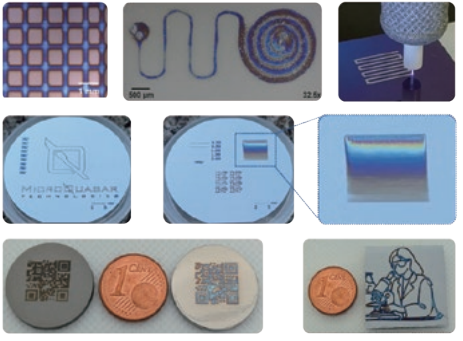
可執行活化、薄膜沉積、精細清潔與触刻 ;支援簡單與複雜圖形、 2D / 2.5D / 3D 與梯度結構 ，並以開放前驅物系統沉積聚合物 、金屬、金屬氧化物與混成層 。

POLYMER|聚合物層
例如 (tetrahydrofuran-2-yl)methyl methacrylate、 1,2,4-trivinylcyclo-hexane、PEG、ethylene

GLASS|玻璃層
例如 HMDSO

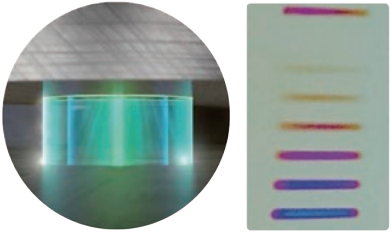
METAL|金屬層
銀與金; 無奈米粒子墨水

METAL OXIDE|金屬氧化物
例如氧化鋁;亦支援混合層



PLASMA GAS | Ar · Ar+N_2 · Ar+O_2 · He · Ne

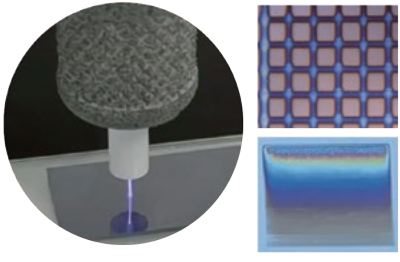
技術比較



其他技術：ALD*

Atlant3D DALP®

- 最小解析度：400 µm
- 溫度：120～300 °C
- 3 mm 線寬、40 mm 長度：3–4 分鐘
- 可形成漸層結構

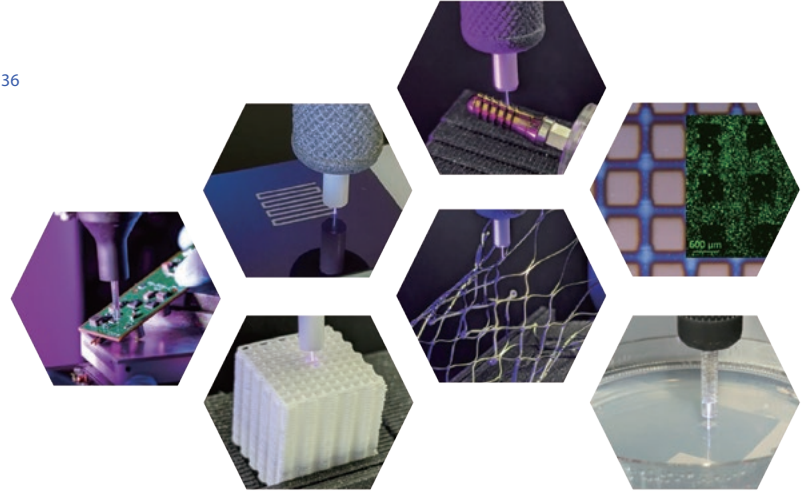


MOL 技術

Micro plasma

- 最小解析度：100 µm
- 溫度：30～40 °C
- 3 mm 線寬、40 mm 長度：3 秒
- 可形成漸層結構

Feature	Plasma Jets (Market)	ALD (Atlant3D)	Micro Plasma
最小解析度	100 - 10,000 µm	400 µm	30 µm
溫度	30 - 40 °C	120 - 300 °C	低溫 (< 40 °C)
速度(3 mm 線條)	3秒	3～4分	高速／選擇性
永續性	高氣體消耗／高耗電	中等	超低廢棄物



跨領域應用，支援下一代異質整合

高解析電漿列印聚焦異質整合、微製造、快速原型與客製微電漿方案，並強調材料相容性、降低損傷、複雜幾何與原位處理。

生命科學與醫療設備
生物感測器、微流體裝置與醫療設備表面活化。

電子與半導體
薄膜電子、柔性電路與異質整合。

先進材料
針對先進材料開發的客製化表面功能。

研究與學術機構
微細加工研究、表面科學與製程開發。

電漿噴流處理尺度比較

現有電漿噴流技術的作用範圍涵蓋公分至亞毫米尺度，不同系統在噴流尺寸、處理面積與應用方式上各有差異。Micro Plasma 則進一步聚焦微米級直接書寫與區域選擇性處理，適合精細圖案、局部表面改質及異質整合應用。

Applications



Surfx 10-100 mm



plasmatreat 1-5 mm



MPG 500 µm–2 mm



Relyon Plasma 5 mm



Nadir s.r.l 1 cm2



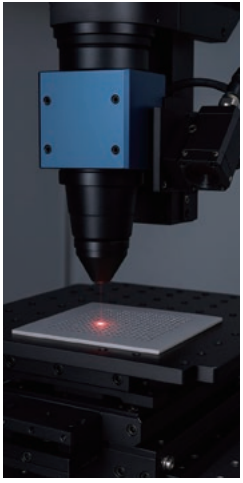
Space Foundry 700 µm

TECHNOLOGY

OPTICAL & LASER

次世代雷射加工技術

適用於先進半導體材料與高精度微細加工應用的超高速雷射通孔加工技術。





精密點膠技術

適用於超高精度、穩定且高速點膠控制應用的即時光學液滴監測技術。

3D LSTR 技術

透過雷射工程化微結構技術, 提升鍵結性、潤濕行為、熱管理與表面功能性。



Note_

Date: / /

MOL SOLUTIONS Inc.

隨著製造技術朝向更精細的結構、更嚴格的公差與更高產能發展，精密雷射與光學量測技術已成為不可或缺的關鍵。

MOL Solutions 能在實際生產環境中，提供支援此一技術轉型所需的高精度量測與雷射微加工能力。

Precision in Every Step

MOL Solutions Inc
Optical & laser measurement
モル株式会社

CONTACT INFO

MOL Solutions Inc. Japan
Worldwide Headquarters
Mr. Suzuki Nobuaki
☎ +81 90 1586 9307
✉ suzuki@mol-solutions.com

MOL Solutions Germany
European Headquarters
Mr. Thomas Wanka
☎ +49 157 3244 6761
✉ thomas@mol-solutions.com

MOL Solutions Inc. Taiwan
Far East Headquarters
Mr. Michael Lai
☎ +886 952 060 567
✉ yx@mol-solutions.com

MOL Solutions Malaysia
Mr. Lee Chong Sin
☎ +603 5103 9277
✉ c.s.lee@mol-solutions.com

MOL Solutions Shanghai Inc
Mr. Michael Lai
☎ +86 136 0186 9233
✉ yx@mol-solutions.com

VISTA Industry Korea
Alex Park
☎ +82 010 3136 8910
✉ alex.park@vista-ind.com

MOL Solutions Inc. France
Mr. Loic Nadot
☎ +33 6 7857 9064
✉ loic.nadot@mol-solutions.com

www.mol-solutions.com