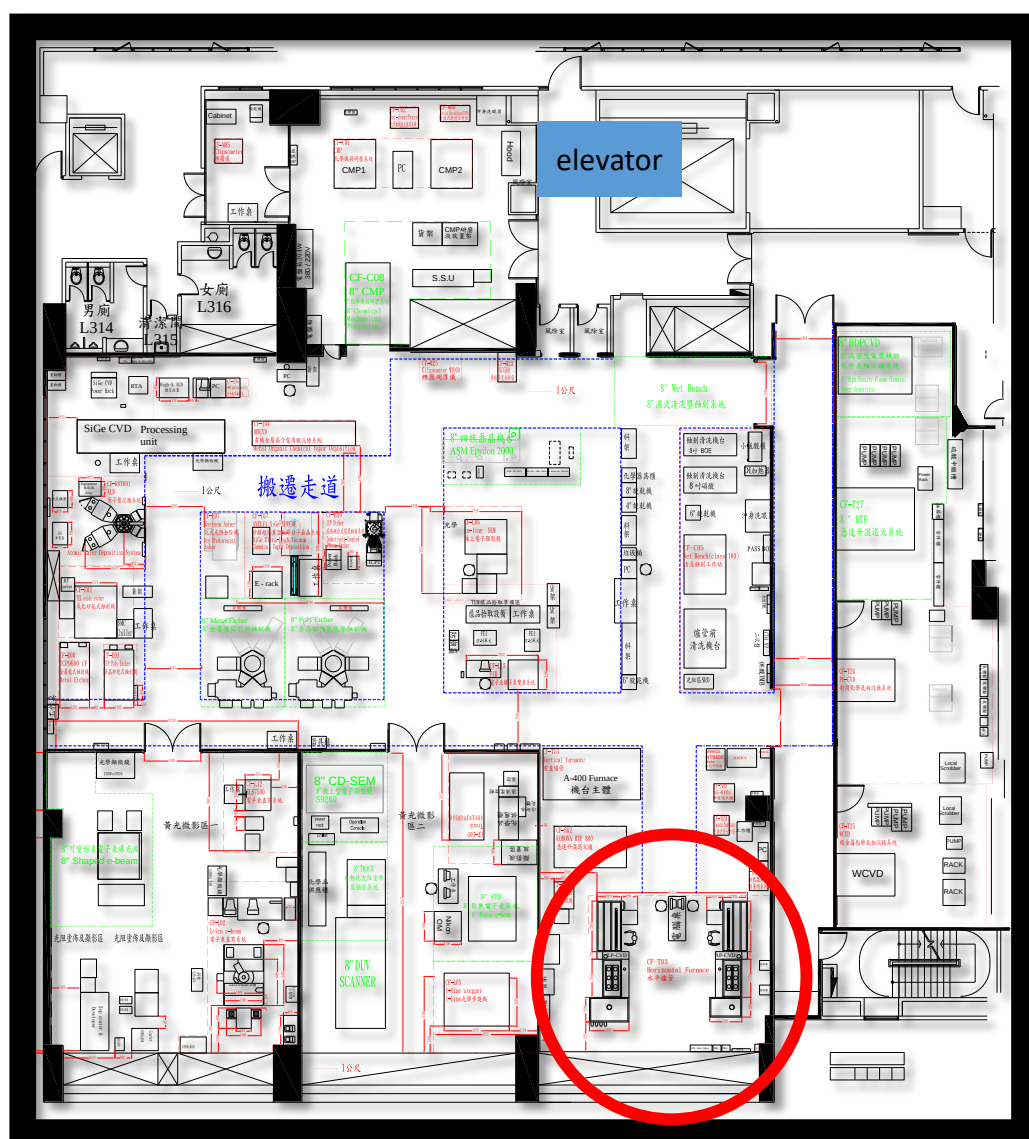
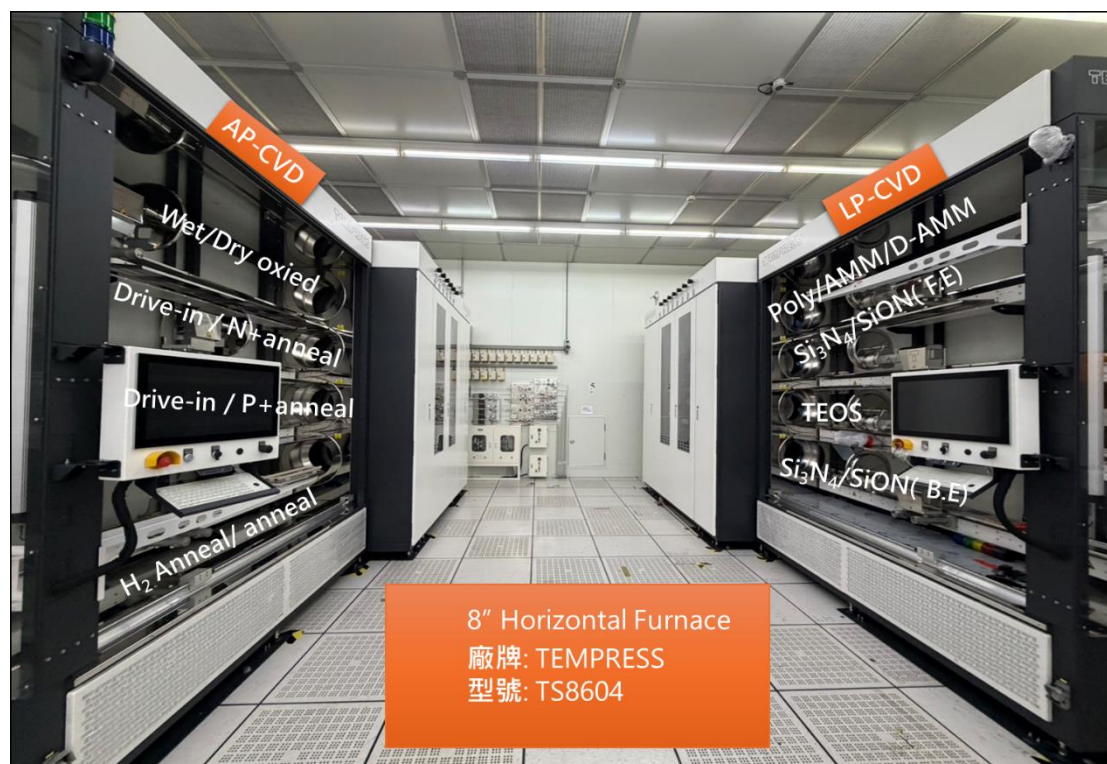


Furnace System) 設備簡介

一、設備地點：位於 TSRI 實驗棟 100 級無塵室，下圖紅圈標示處



設備照片



二、 設備概述 (Equipment Overview)

本中心引進之「高均勻性水平爐管系統（由荷蘭大廠 Tempress Systems 承製）」為先進的半自動化水平爐管設備，專為 4 吋、6 吋及 8 吋（200mm）晶圓的高精度半導體製程需求而設計，具備靈活的半自動轉換彈性。系統配置先進的 5 段獨立熱區溫控與高精度氣體質量控制系統，具備極佳的晶圓內（Within-Wafer）、晶圓間（Wafer-to-Wafer）與批次間（Run-to-Run）製程高均勻性。本系統能提供高可靠度的常壓熱氧化、退火、燒結以及多種低壓化學氣相沉積（LPCVD）製程，為前端微電子元件、寬能隙半導體（SiC/GaN）、矽光子及 MEMS 等研發領域提供國際量產級的頂尖技術支援與製程品質保障。

三、 核心製程能力與管道配置 (Core Process Capabilities)：

系統由兩大獨立機組（Bank-A 與 Bank-B）組成，共配置 8 根獨立運作之製程爐管。為落實交叉污染防護（Contamination Control）與製程追溯，各爐管皆

採專管專用配置：

1. Bank - A：低壓化學氣相沉積系統（LPCVD Furnace Stack）

Tube No. 管號	Process 製程	製程溫度(°C)
Tube01(Top)	Nitride/Oxynitride(前段製程)	400°C~850°C
Tube02	多晶矽、非晶矽、摻雜磷之非晶矽	400°C~800°C
Tube03	TEOS Oxide	400°C~800°C
Tube04	Nitride/Oxynitride(後段製程)	400°C~850°C

- ◆ Tube 01(前段製程專用) & Tube 04(後段製程專用) | LPCVD 氮化矽與氧氮化矽薄膜（LPCVD Silicon Nitride / Oxynitride）：

簡介： 利用 SiH_2Cl_2 （DCS）與 NH_3 反應，沉積具有優異抗氧化與抗雜質擴散能力的高緻密性阻絕層、硬遮罩（Hard Mask）或應力緩衝層。

- ◆ Tube 02 | LPCVD 多晶矽/非晶矽/原位摻雜磷非晶矽（LPCVD Poly-Si / a-Si / Doped a-Si）

簡介： 用於閘極導電層（Gate Electrode）或微機電結構層生長。支援原位（In-situ）磷摻雜製程（利用 PH_3 氣體），替換佈植步驟，確保薄膜內部摻雜濃度的縱向深度分佈極其均勻。

- ◆ Tube 03 | LPCVD TEOS（四乙氧基矽烷，Tetraethoxysilane, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）氧化矽薄膜（LPCVD TEOS Oxide）

簡介： 採用液態源（TEOS,）直接汽化注入技術（Liquid Delivery System, LDS）。關鍵能力： 製程溫度高達 800°C。相較於傳統矽烷（ SiH_4 ）製程，TEOS 沉積之二氧化矽具備極佳的絕緣耐壓特性，且在深寬比（Aspect Ratio）極高的微結構中仍能展現優異的階梯覆蓋率（Step Coverage）。

2. Bank - B：常壓熱製程爐管（Atmospheric Furnace Stack）

Tube No. 管號	Process 製程	製程溫度(°C)
Tube05(Top)	N ⁺ Anneal /Dry oxide/Drive-in	400°C~1250°C
Tube06	Wet/Dry oxide	400°C~1100°C
Tube07	P ⁺ Anneal /Dry oxide/Drive-in	400°C~1100°C
Tube08	H ₂ Sinter/N ₂ Anneal	300°C~800°C

- ◆ Tube 05 (Top) |超高溫驅入與乾式熱氧化/N+退火製程 (Drive-in / Dry Thermal Oxidation / N+ Anneal)：

簡介：專用於 N 型微量摻雜退火修復與特定熱氧化製程，支援離子佈植後的超高溫擴散驅入與活化退火。最高製程溫度 1250°C，配備最前端之碳化矽 SiC 製程管) 採用高純度氮氣/氧氣流場設計，可精確控制淺接面 (Shallow Junction) 擴散深度與片電阻值 (Sheet Resistance) 的均勻性。

- ◆ Tube 06 |濕式/乾式熱氧化製程 (Wet / Dry Thermal Oxidation)：技術特點： 用於生長高品質二氧化矽 (SiO_2) 介電層與高溫阻擋層。配備高安全性外部火炬 (External Torch) 系統進行精準水汽合成。最高製程溫度達 1050°C。

- ◆ Tube 07 |驅入與熱氧化/P⁺退火製程 (Drive-in / Dry Thermal Oxidation / N+ Anneal)：
- 簡介： 專用於 P 型微量摻雜退火修復與特定熱氧化製程。最高製程溫度至 1100°C。藉由先進的五區獨立微調溫控系統，將平坦區 (Flatzone) 延伸至 500mm，控溫精度達 0.5°C 此特性可精準控制晶圓各區域的片電阻值 (Sheet Resistance, Rs) 與淺接面 (Shallow Junction) 深度，確保 P+ 摻雜區在完全修復晶格損傷的同時，避免非預期的橫向擴散。

- ◆ Tube 04 | 氫氣燒結與氮氣退火製程 (5%H₂-Sinter / N₂ Anneal)：
- 簡介：本爐管專為半導體元件後段製程 (BEOL) 中的關鍵熱處理設計，主

要提供金屬化製程後的合金燒結 (Metal Sintering / Alumium Alloy Sintering) 與高純度氮氣退火 (N_2 Anneal)。製程採用經嚴格安全比例調配的 5% 氫氣與 95% 氮氣混合氣 (5% H_2 -Sinter / N_2 Formulation)，能有效降低金屬與半導體接面的接觸電阻 (Contact Resistance)，並鈍化介電層界面缺陷，是大幅提升元件導電特性與信賴性的核心製程腔體。用於金屬化製程後的合金燒結 (Sintering) 以降低接觸電阻 (Contact Resistance)，並鈍化 SiO_2/Si 界面的懸鍵 (Dangling Bonds)。

四、進階硬體規格與品質控制指標 (Advanced Hardware & Quality Metrics) 為貫徹核心管理精神中對於「降低變異」與「預防缺陷」的嚴格要求，本機台搭載半導體量產級的核心技術：五區獨立微調溫控系统 (5-Zone Temperature Control)：傳統水平爐通常僅採 3 區控溫，本系統升級為 5 區獨立加熱元件與專屬溫控迴路。此設計能精準補償爐口與爐尾的熱損失，提供長達 500mm 的超寬動態溫度平坦區 (Flatzone)。在 $600^{\circ}C$ 至 $1050^{\circ}C$ 的製程區間內，靜態與動態控溫精度均能達到 $\pm 0.5^{\circ}C$ 內的卓越水準，確保整批晶舟中各位置晶圓的熱場完全一致。CVD SiC (碳化矽) 超高潔淨熱區配置：為了極致化缺陷控制 (Defect Density Control)，本系統的核心熱區組件——包含製程管 (Process Tube)、25 片裝晶舟 (Wafer Boat)、熱擋板 (Heat Shields) 與擋流板 (Baffles)——全面採用具有頂級 CVD 塗層之高純度碳化矽 (SiC) 材料。其高硬度、耐高溫、不發塵且抗氣相化學腐蝕的物理特性，能徹底杜絕石英材質在高溫下產生的微粒剝落與結構變形，滿足極為嚴格的缺陷率管制指標 ($Added\ particles < 0.05\sim 0.25/cm^2 @ >0.3\mu m$)。非接觸式懸臂載運系統 (Non-contact Cantilever Loading)：每根爐管皆配置獨立的半自動石英舟裝卸平台與自動懸臂載運系統 (Cantilever Loader)。在晶舟進出爐管的完整行程中，晶舟與爐管壁保持絕對的非接觸狀態。此設計實現了無震動平穩搬運，徹底消除了因磨擦產生的機械微粒污染 (Mechanical Particles)，保障晶圓表面潔淨度與高良率。高純度特氣管路與零死角真空系統 (UHP Gas &

Vacuum Integration)：氣體供應系統 (Gas Box) 全面採用 316L 電解拋光 (Electropolished) 不鏽鋼管路與高精度質量流量控制器 (MFC)，管路設計遵循無死角 (No Dead Legs) 規範。系統氣密洩漏率 (Leak Integrity) 優於 $1 \times 10^{-8} \text{ mbar} \cdot \text{l/sec}$ ，能完美隔絕大氣氧氣與水汽滲透。真空系統配備先進的自動壓力控制器 (APC) 與微調蝶閥 (Throttle Valve)，不論在常壓或高真空 LPCVD 狀態下，均能以毫托 (mTorr) 級的解析度穩定維持腔體壓力。

五、標準化資訊管理與安全防護 (Standardization & Safety Interlocks)

依循規範對於資訊透明度、操作安全與設備失效防範 (FMEA) 的要求，機台導入數位化管理與多重互鎖機制：SECS/GEM 國際標準通訊介面：系統內建符合 SEMI E37 標準之 SECS/GEM 通訊模組，全面支援機台狀態監控 (Status Monitoring)、製程參數上傳與現代化中央製造執行系統 (MES) 對接。所有製程生產數據皆可與晶圓批號綁定，落實 100% 的數據化自動製程追溯管理。數位化配方編輯與製程日誌 (Data Logging)：人機介面 (HMI) 平面觸控螢幕具備配方編輯器 (Recipe Editor) 與全製程參數實時數據日誌 (Data Logging)。系統會以 1Hz 以上的頻率實時記錄氣體流量、腔體壓力、5 區溫度曲線等關鍵製程參數 (KPIs)，所有歷史曲線皆可圖表化導出，為製程工程師提供客觀、量化的品質稽核與統計製程控制 (SPC) 基礎。多重安全互鎖機制 (Safety Interlocks & Fail-Safe)：硬體層級：所有加熱元件均配置獨立的雙重過溫保護硬體電路 (Excess Temperature Controller)，一旦偵測到異常高溫，將直接切斷加熱器電源，不經由主電腦軟體，確保絕對的硬體安全。軟體與系統層級：系統控制軟體內建嚴密的互鎖機制 (Software Interlocks)。當系統感測器偵測到製程冷卻水 (PCW) 流量不足、特氣壓力異常、真空泵異常或氣體洩漏時，系統將第一時間自動執行「安全跳轉 (Safe State)」，切斷有毒/易燃氣體，並導入高純度氮氣清衝洗腔體，確保操作人員、晶圓元件與環境的絕對安全。電力保障：配備獨立的專用不斷電系統 (UPS)，在廠務端遭遇突

發性跳電時，能維持關鍵控制器與安全感測器持續運作，防範製程數據丟失，並安全地引導機台執行關斷程序。

【製程預約與諮詢】本中心之「8 吋高均勻性水平爐管系統」現已全面對外開放學術研究、專案開發與產業委託服務。所有服務流程均在嚴謹的品質架構下嚴格執行標準作業程序（SOP）。製程團隊會定期執行線上晶圓監控（Control Wafer Run）以確保設備的最佳再現性。歡迎至本中心網站系統進行線上預約，或聯絡相關製程負責人諮詢特殊配方客製化服務。