

採用 Aurora® 313MM2-R1 與 RULE.TI002 訓練推論閘道器預測晶圓切割製程主軸暨刀具的健康狀態與壽命。

【核心摘要與專案配置】

- 客戶名稱與產業：福懋科 / 半導體封測產業
- 應用設備與製程：晶圓切割機台 DISCO DFD 6362 / 封裝測試
- 核心解決方案：Level 4 線上壽命預測方案 (Aurora® 313MM2-R1 智慧多變量感測器 + RULE.TI002 邊緣 AI 推論閘道器)
- 通訊協定架構：感測器至閘道器採 Modbus RS485 有線串列；閘道器至 FDC 系統採 Modbus TCP 工業乙太網直連

【高層摘要】

針對半導體封裝測試產業之關鍵製程設備——DISCO DFD6362 晶圓切割機，本方案導入了 Aurora® Level 4 剩餘壽命 (RULE) 預測系統，以解決無預警停機對產線帶來的巨大衝擊。透過在設備切割用雙高速主軸末端接近刀具承座的位置，精密佈署超薄小尺寸 Aurora® 313MM2-R1 多變量智慧感測器，結合地端 RULE.TI002 智慧推論閘道器，實現機台健康度 (HI) 與剩餘壽命 (RUL) 的即時感知與自主推估。本方案能在設備失效前提前發出預警，精準診斷高速主軸不平衡/偏心、軸承磨損、刀具磨損與破片等關鍵模式，協助現場工程維護人員落實「預約式非生產時段保養」，為福懋科防範單次突發事故高達 270,000 美元的材料報廢與停工重置損失。

(註：本財務模型金額為根據業界公開研報與半導體先進製程產線節點綜合預估)

【產業痛點與高昂財務風險】

1 關鍵設備風險與高昂財務代價

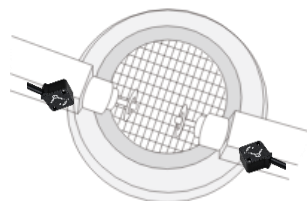
在半導體封裝測試 (OSAT) 中，晶圓切割 (Wafer Dicing) 是將整片晶圓分割為獨立晶粒的關鍵製程。作為該製程的主力機台，DISCO DFD6362 必須在數萬轉的高速下進行精密微米級物理切割。在如此高應力與連續運作的工況下，高速主軸運轉極易產生偏心或不平衡，且其內部精密軸承及切割刀具亦面臨高頻率物理磨損。

- 直接晶圓報廢損失：晶圓切割製程中一旦發生高速主軸燒載或破片事故，單次受影響的晶圓 (以 1 批次 Lot = 25 片 12 吋先進製程晶圓，單片封測價值 5,000 美元計)，其直接物理報廢與材料損失高達 125,000 美元。(根據業界公開研報與該產業標準產線節點預估)。
- 間接停工與 QUAL 認證成本：Dicing 設備一旦因切割高速主軸燒載、卡死或偏心引發破片事故而無預警意外停機，設備的高速主軸更換、腔體復歸測試與精密品質認證 (QUAL) 平均需耗時 24 小時。以該切割線每小時產能與稼動價值損失 5,000 美元計，間接停工與營運減損高達 120,000 美元。
- 硬體與工時修復成本：原廠高速主軸 (Air Spindle) 模組緊急更換材料費，加上廠務急修之工時與加班費用，約為 25,000 美元。
- 單次突發事故總財務風險估計：高達 270,000 美元 (約合新台幣 860 萬元)。

2 傳統監測與維護機制之盲點

客戶過往依賴「原廠監診機制」進行維護：

- **原廠轉速監測與健康度關聯性低：**傳統監測方式主要利用**原廠的主軸轉速監測回授 (Spindle Speed Feedback) **進行運轉狀態評估。然而，轉速變異與實際機械結構劣化 (如內部軸承早期磨損、主軸微幅偏心) 之間的關聯性極低，完全無法感知早期的物理微小異狀。
- **警報反應時間嚴重不足：**在傳統的轉速回授監測機制下，一旦轉速產生顯著的異常變異，代表機械結構往往已瀕臨燒載、卡死等嚴重毀損階段。此時，設備的殘餘可用壽命可能僅剩幾小時甚至幾分鐘，現場人員根本來不及備料與安排維護，機台隨即突發性中斷停機。



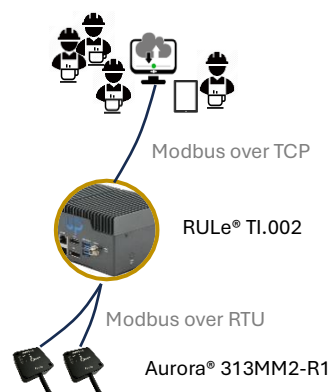
- **分層標準通訊部署：**
 - **感測器至閘道器 (地端設備層)：**採用工業級 **Modbus RS485** 專屬串列有線介面連接至 **RULE.TI002** 邊緣 AI 壽命訓練推論閘道器，具備高抗干擾與數據傳輸穩定優勢。
 - **閘道器至 FDC 系統 (上層網路層)：****RULE.TI002** 透過標準 **Modbus TCP** 以太網路協定，直接將邊緣特徵與診斷結果無縫傳輸至客戶廠內的 FDC/SCADA 網路，免去複雜的軟體轉接。

【解決方案與競品對比優勢】

為解決傳統轉速監測「反應時間不足、無法預警」的痛點，Texol 為福懋科佈署了 Level 4 剩餘壽命 (RUL) 預測系統：

1 極致輕量化部署與分層通訊架構

- **超薄小尺寸設計：**本方案於 DISCO DFD6362 切割機的兩個切割用高速主軸末端接近刀具承座的位置上，佈署有線智慧多變量感測器：尺寸僅 **21 x 21 x 11.5 mm³** 的超薄小尺寸 **Aurora® 313MM2-R1** (極適裝於高度侷限的主軸承座)。感測器自帶 IP65 防水防塵鋁外殼，可完美抵禦切割過程中的冷卻水霧與粉塵，安裝與走線僅需在例行維修時段進行短暫停機，部署完成後對原廠設備運轉與製程動態完全零干涉、零影響。



2 核心三大差異化優勢對比

對比項目	傳統競品方案 (原廠監測系統 / 有線加速度計)	Texol Aurora® + RULE® 解決方案
診斷與預測能力	僅能提供主軸轉速回授、海量原始高頻振動 Raw Data 或單純的振動總量警	內建 Physical AI 物理診斷演算法，直接在端點進行訊號清理與特徵計

	報。完全不具備「剩餘可用壽命推估 (RUL)」與「損傷模式判定」功能。	算，即時推算健康度 (HI) 與剩餘可用壽命 (RUL)，提早發出主動警示。
部署便利性、存儲與頻寬	需要鋪設精密高阻抗訊號電纜，且高頻數據傳輸量極為龐大 (高達 76.8 kHz 取樣率)，大幅佔用無塵室頻寬並衍生龐大地端存儲建置成本。	採用 Modbus over RS485 鏈路並聯。透過邊緣端特徵萃取技術，將高頻原始數據 (307,200 Bytes/s) 在感測端壓縮萃取為極輕量特徵 (200 Bytes/s)，萃取率高達 651 ppm，降低 99.9% 數據足跡。
整體持有成本 (TCO)	他廠系統硬體與軟體授權費極高，維護程序繁雜，且難以大規模平行展開至廠內其他製程設備。	感測器精簡化設計具高經濟效益，且出廠皆具備 100% 單顆可追溯校正與設計認證。以極佳性價比降低大規模佈署門檻，全廠單一系統免去多系統混用衍生整合問題。

【告警機制與維護工作流】

本系統提供了一套高可靠、可立即執行的「數據驅動告警與備料維護」閉環工作流，將隱形異常轉化為現場工程師的高效預約保養程序：

- 異常感知與多變量診斷：當主軸開始產生微小偏心、內部軸承磨損或刀具劣化時，Aurora® 313MM2-R1 感測器即時捕捉物理動態特徵並轉譯為特徵能量。RULE.TI002 閘道器 (搭載專用 AI 預測模型訓練與推論引擎) 動

態挑選特徵，精準識別：主軸不平衡/偏心、軸承磨損、刀具磨損或破片風險。

- RUL 壽命推估與主動告警：地端平台呈現健康指標 (HI) 與剩餘可用壽命 (RUL) 走勢。一旦 RUL 評估結果低於設定之安全閾值，系統將自動透過 Modbus/TCP 傳輸將警報發送至 FDC 戰情室，客戶可透過 FDC 同步向現場派發維護工單。
- 現場預約式保養 (Actionable Maintenance)：現場維修主管收到包含具體診斷的工單 (例如：Spindle 2 軸承磨損，RUL 偏低) 後，無須進行緊急拉閘停機。維護人員可在未來數天內安排非生產/換線空閒時段，提早備料高速主軸與軸承零件。在故障發生前實施精密保養，消除意外停機。

【客戶實績與預警效能】

本方案已於半導體代工龍頭廠區正式導入並完成實踐驗證：

客戶名稱	福懋科 (FATC)
應用設備與廠區	DISCO DFD6362 晶圓切割機 / 雲林廠
方案等級	Level 4 壽命預測
選用感測器 / 閘道器	Aurora® 313MM2-R1 + RULE.TI002
具體預警與導入效能	成功於主軸失效前提前發出預警。精準診斷高速主軸偏心與軸承磨損，維護團隊排程實施更換，避免了單次事故達 NT\$ 860 萬 (270,000 美元) 的材料報廢與停工重置損失。

【量化商業效益】

引進 Aurora® + RULe 設備殘餘壽命預測解決方案，
將為福懋科帶來顯著的營運優勢與卓越的財務表現：

- **避免天價報廢與停工損失 (High ROI)**：透過在 DISCO DFD6362 高速主軸末端進行 RUL 預測監控，全面防範因主軸燒載、劇烈偏心引發的破片及突發停機。單次意外事故預防，即可為產線省下高達 **270,000 美元 (約 NT\$ 860 萬)** 的鉅額財損，專案回收期 (Payback Period) 極短。
- **提升設備整體有效稼動率 (OEE)**：將機台傳統「損壞後搶修」或「盲目定期維護」的落後模式，升級為動態可控的「預約式精準維護」。避免了過度維修與無效停機，將機台無預警停機時間降至趨近於零，大幅提高封測切割線的稼動率與 OEE。
- **降低系統建置與地端維運成本 (TCO)**：Aurora® 感測器的極小尺寸與 RS485 有線並聯鏈路，讓施工部署快速便利。最關鍵的是，其**邊緣特徵萃取技術 (降低高達 99.9% 傳輸數據量，萃取率 651 ppm)**，為客戶省下了高昂的地端 IT 網路佈建、頻寬與海量硬碟存儲成本，以最低的持有成本提供長期的良率與稼動率管理保障。

【產品詢問】

如果您對此方案有興趣，請聯繫您當地的經銷商以
取得更進一步的資訊與系統報價。非常感謝。
