

第六屆全研科技論文獎—應用科學工程論文競賽

題目：大行程精密平台之定位控制

指導老師：王富正教授

學生：王國安、彭奕愷

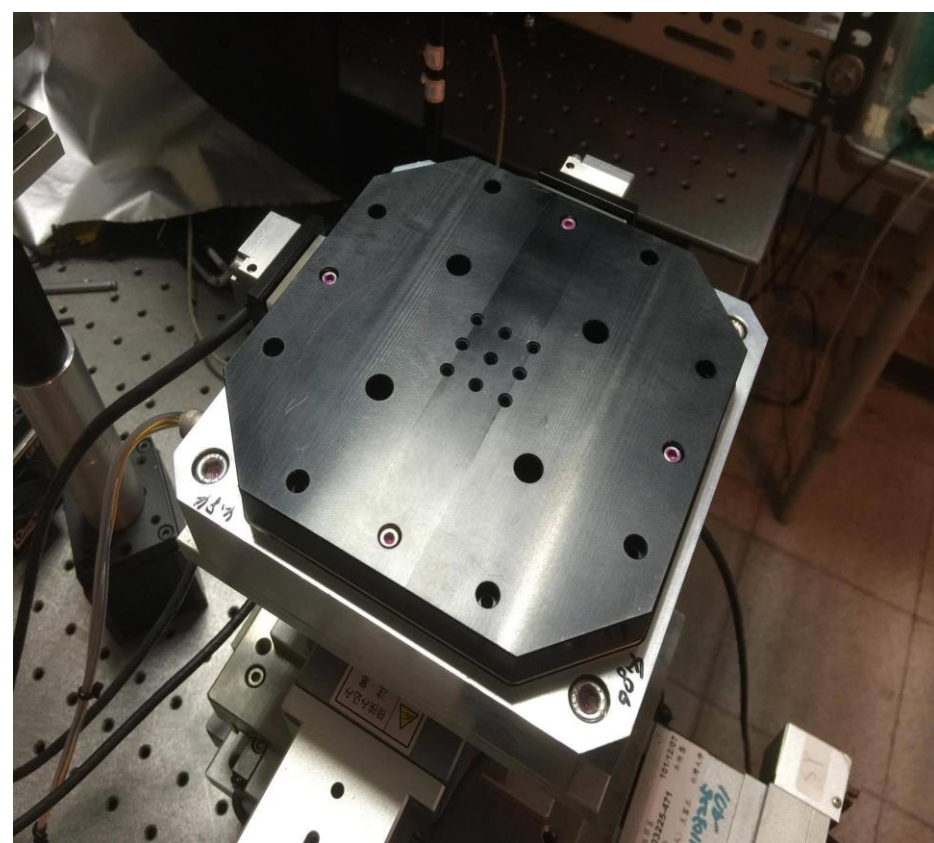
學校單位：國立台灣大學機械工程學系



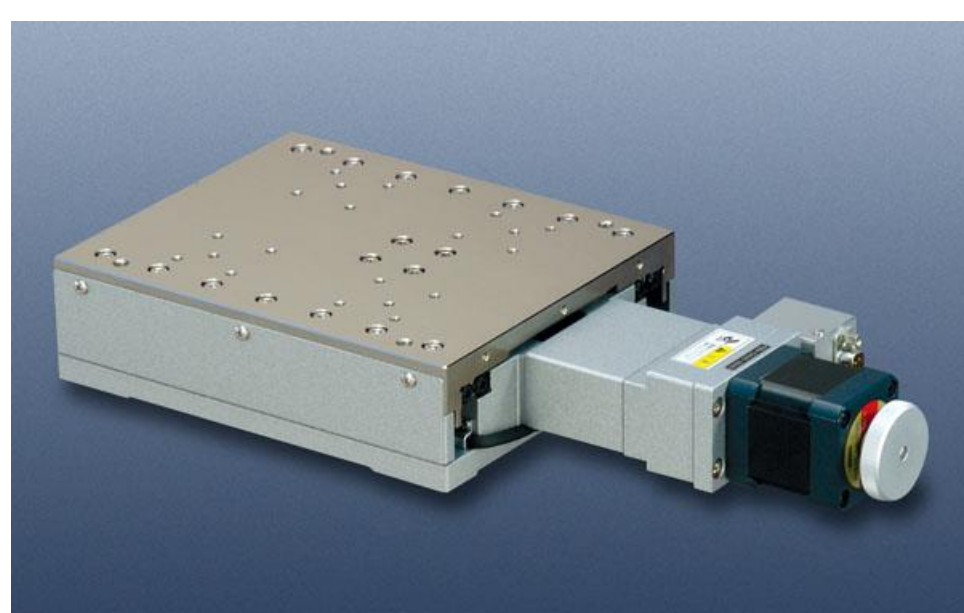
摘要—高精密定位平台的技術有著重要的地位，許多產業都需要高精度需求，像是半導體產業製程、微機電製程、雙光子製造等。我們整合一套大行程精密定位平台，以達到在大行程移動範圍下，仍能滿足高精度需求。首先發展一個小行程高精度的壓電平台，然後整合三軸步進馬達位移平台，以提高整體之行程。使用增益調變積分控制器以改善壓電平台的遲滯或蠕變等非線性現象，並使用強韌控制器以及前饋補償器改善步進馬達平台的追蹤能力，最後整合兩種平台，以達到大行程精密定位需求。

介紹

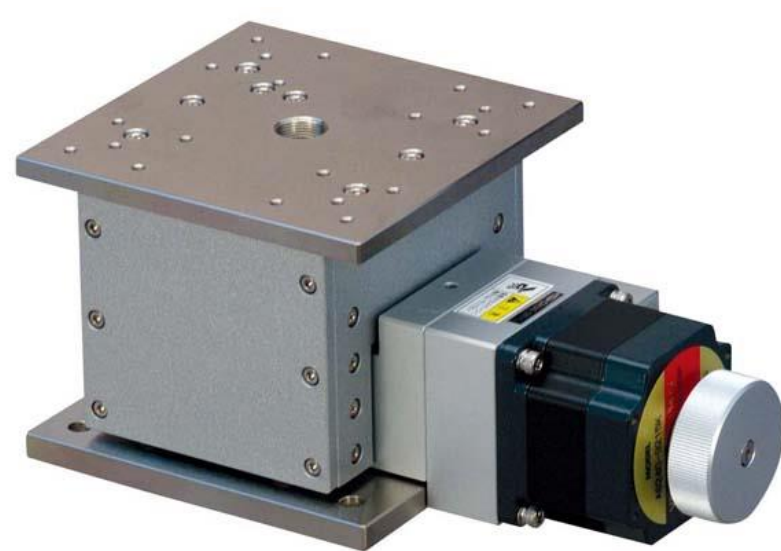
我們整合兩組平台以達成大行程精密定位控制。首先，選用 Physik Instrumente 公司之 P-517.RCD 平台進行高精密定位，如圖一所示，此平台提供兩軸 $100\mu\text{m}$ 的位移；我們使用光學尺量測平台的位移訊號，其解析度為 1 nm 。其次，選用由日商中央精機株式會社生產之大行程平台，型號 ALS-510-H2P 之水平面位移平台，及型號 ALV-104-HP 之垂直位移平台，如圖二所示，此平台使用步進馬達搭配滾珠螺桿機構，將馬達旋轉位移轉成線性位移，以達成大行程定位控制，並配備光學尺量測位移訊號，其解析度為 $0.1\mu\text{m}$ 。



圖一、壓電平台實體圖



(a) 水平式



(b) 垂直式

圖二、步進馬達位移平台

系統識別

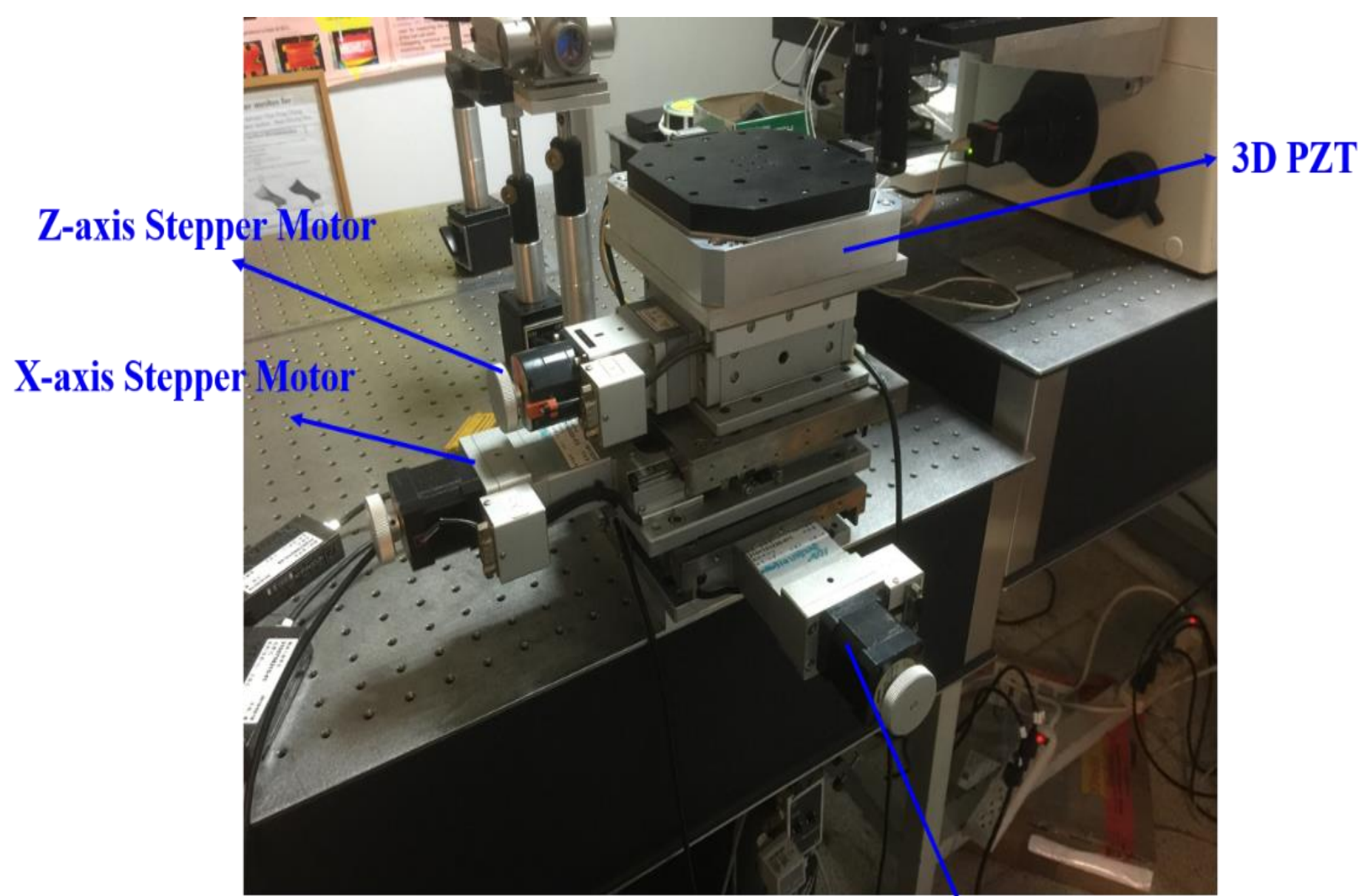
我們以實驗進行系統識別，輸入一個固定振幅、變動頻率的弦波訊號，並量測對應的輸出訊號，然後根據輸入輸出訊號，使用 MATLAB 內建的系統識別程式建立轉移函數 (transfer function)，其中壓電平台為五階系統，而步進馬達平台為一階系統。

控制器設計

針對壓電平台，使用積分控制器 (integral controller)，並且在不同的誤差條件下，切換控制器的增益值，測試行程為 $15\mu\text{m}$ 的步階響應，發現穩態響應之最大誤差約為 20 nm ，而方均根誤差約為 8 nm 。針對步進馬達平台，使用強韌控制迴路成型技巧，設計權重函數，在低頻處採用高增益以降低追蹤誤差及提高其抗擾能力，在高頻處採用低增益以降低雜訊的影響，另外使用前饋補償器來進行相位落後補償。

平台整合

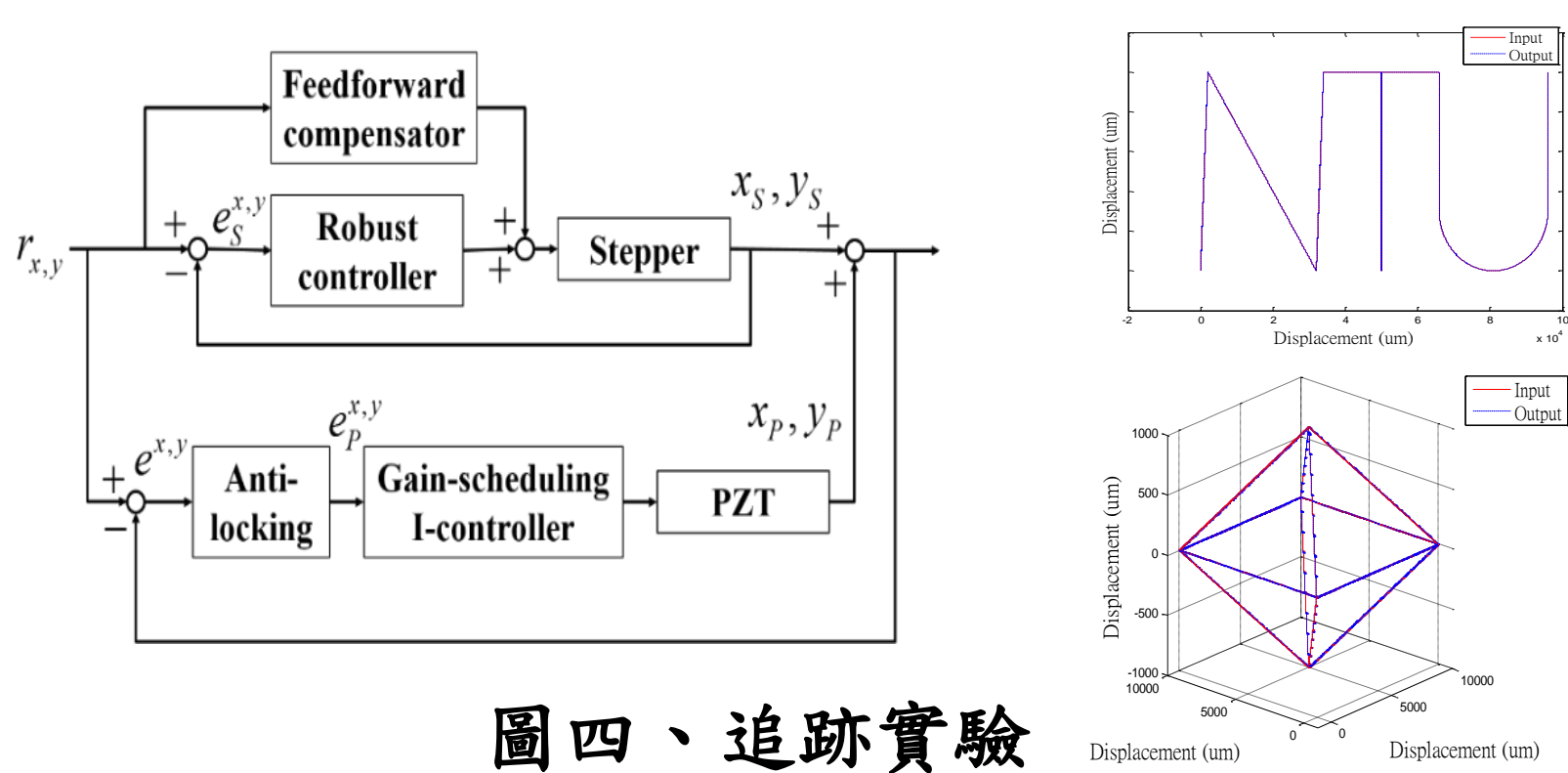
我們整合移動範圍大的步進馬達平台、與精密度高之壓電定位平台，如圖三所示，以達到大行程且高精度之定位控制。



圖三、三軸定位平台

大行程精密定位實驗

我們利用整合平台進行大行程精密定位實驗，實驗結果如圖四及表一所示，結果顯示，此整合平台的架構可以達到大幅地提高系統的精度。



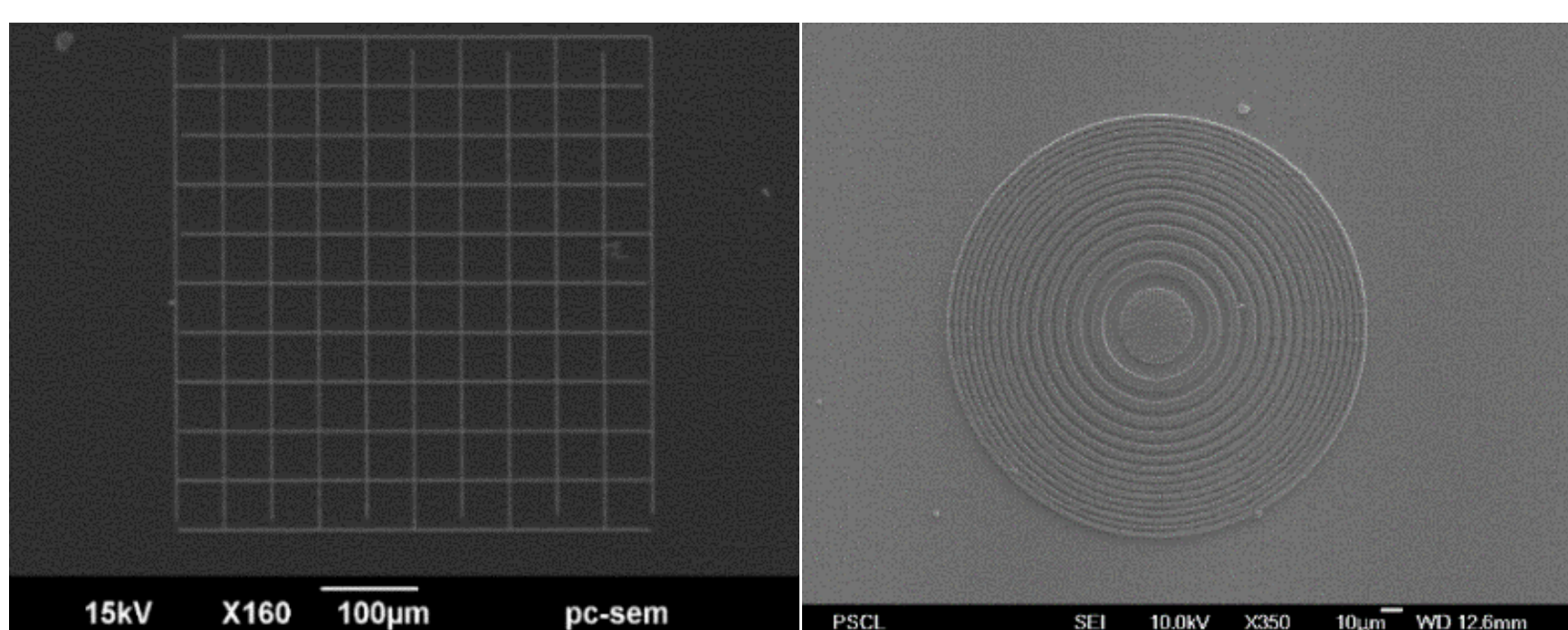
圖四、追蹤實驗

表一、追蹤實驗數據

Stage	PZT + Stepper		Stepper	
	X	Y	X	Y
RMSE				
NTU	203 nm	940 nm	$5.0\mu\text{m}$	$9.8\mu\text{m}$
Octahedral	161 nm	398 nm	$3.4\mu\text{m}$	$3.4\mu\text{m}$

大型微結構物製造

我們進一步結合雙光子聚合技術，製作大型微結構物，如線性網格及微透鏡，如圖五所示，顯示此精密定位平台在大行程的製程仍可達到高精度，可應用於精密製造。



圖五、微結構物