

計畫名稱：奈米定位關鍵技術與系統模組之研發

一、計畫摘要

半導體晶圓產業一直是台灣最具全球競爭力的優勢產業。在半導體製程全面走向奈米化後，檢測的解析度亦需同時提高，使得半導體製程對自動化檢測的依賴日益加深。在半導體製程上，主要可分成 IC 設計、晶圓製程（Wafer Fabrication）、晶圓測試（Wafer Probe），及晶圓封裝

（Packaging）。晶圓測試是對晶片上的每個晶粒進行針測，在檢測頭裝上探針（probe），與晶粒上的接點（pad）接觸，測試其特性，不合格的晶粒會被標上記號，標有記號的不合格晶粒會被淘汰，不再進行下一個製程，以免徒增製造成本。此計畫負責項目為平台定位的精密控制，以平台搭載晶圓的方式，將晶圓移動至探頭檢測位置，進行檢測。平台的運動包含 X、Y、Z 三軸。在平面 X、Y 軸的運動，採用線性馬達以驅動平台，達到精密定位，Z 軸則採用壓電材料負責檢測探頭垂直方向的移動，以進行晶圓檢測，最後完成平台的精密定位且快速的晶圓檢測。

二、計畫目標

在完成整體平台架設及驅動器程式撰寫後，將先對 X、Y 軸做系統識別，根據系統識別結果可得知 X、Y 系統的頻寬及穩定性，以利後續控制器設計所需。在平台性能上，期望能夠在第二年 X、Y 軸移動精度達到 30 奈米，且移動速度到達 1 公分每秒。另外，如何使平台能夠在最短時間內進入最佳定位精度區間亦是一項重要目標，因此對干擾的估測顯得相當重要。在平台達成初步定位之後，將設計干擾估測器以減少外界干擾影響。在速度方面，平台全力衝刺及全力煞車的時機點，也是至關重要的因素之一，因此時間的最佳化亦在平台精密定位目標之中。

三、實驗內容

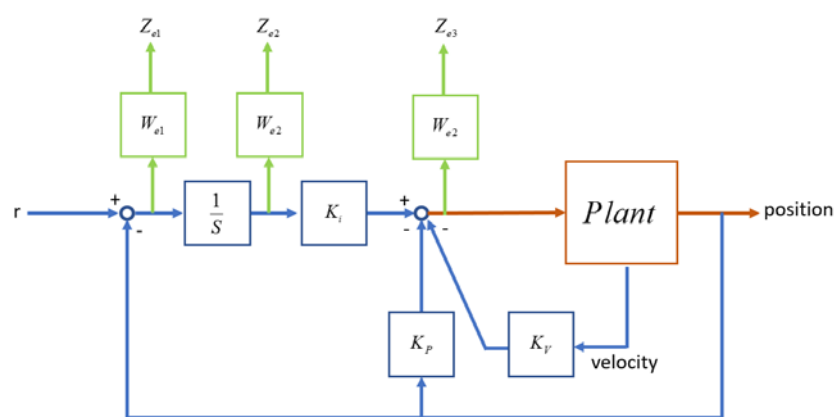


圖 1：控制架構

在位置控制架構中，將以 H_∞ 最佳化控制器[1-5]來同時達成規格需求與穩定度，在此將位置控制的控制器設計成一組狀態回授(state feedback)以及一個積分控制(I-control)，並設計三個權重函數(weighting function)來調整控制參數

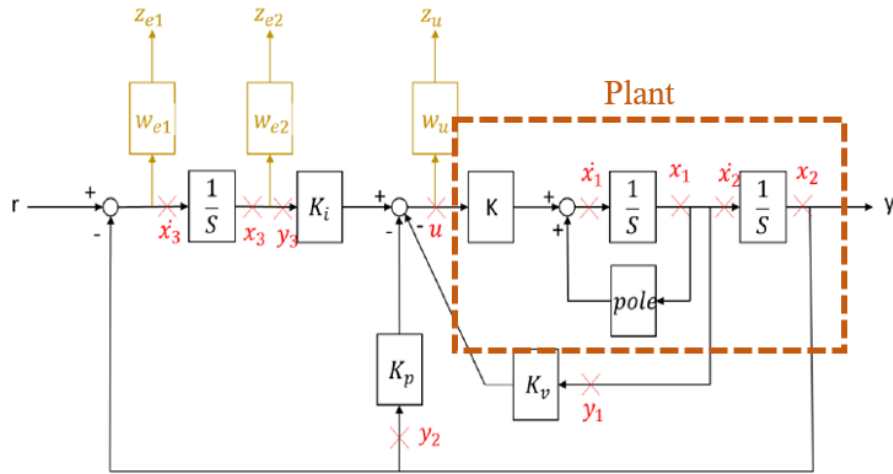


圖 2：系統狀態與控制回授

上圖為理想情況下的系統狀態與受控場，此時線性馬達與載台的Plant可視為一個二階系統，而其所對應之狀態空間(State space)如下：

$$P = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ z_{e2} \\ z_{e1} \\ z_u \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{array} \begin{array}{c|c|c|c|c} x_1 & x_2 & x_3 & r & u \\ \hline pole & 0 & 0 & 0 & K \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & -W_{e1} & 0 & W_{e1} & 0 \\ 0 & 0 & W_{e2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & W_u \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \end{array} = \begin{array}{c} \begin{array}{c|c|c} A & B_1 & B_2 \\ \hline C_1 & D_{11} & D_{12} \\ \hline C_2 & D_{21} & D_{22} \end{array} \end{array}$$

四、參考文獻

- [1] Lee, Chibum, and Srinivasa M. Salapaka, "Fast robust nanopositioning—a linear-matrix-inequalities-based optimal control approach." in *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on* 14.4: 414-422. 2009
- [2] C.-I. Huang and L.-C. Fu, "Adaptive approach to motion controller of linear induction motor with friction compensation," in *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 12, pp. 480-490, 2007.
- [3] M.-C. Tsai and C.-S. Tsai, "Chain scattering-matrix description approach to H_∞ control," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 38, pp. 1416-1421, 1993.
- [4] Ding, H., & Wu, J. "Point-to-point motion control for a high-acceleration positioning table via cascaded learning schemes." in *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 54(5), 2735-2744, 2007.
- [5] Yang, F., Ming, Z., Wen, T., Zhang, T., & Zhu, Z. "Research on control methods of permanent magnet synchronous motor position servo system." In *Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS), 2015 International Conference on* (pp. 261-266). IEEE, Aug 2015.