

# 變壓耦合電漿多晶矽乾式蝕刻機

## 蝕刻深度的批次控制

研究生：顏嘉良

指導教授：林家瑞 博士

陳宗麟 博士

國立交通大學機械工程學系

碩士論文



積體電路的發展一直朝向高密度快速度化及多功能化的方向前進，目前的技術已經進步到超大型積體電路（Very Large Scale Integration VLSI）的範圍。在邁向高密度化的過程中，各種元件的尺寸及最小圖案線寬也都不斷縮小，因此如何精確的圖形轉移就顯的非常重要了。本研究的目的係在研究如何加強變壓耦合電漿多晶矽乾式蝕刻機蝕刻深度的控制，以期大幅改善蝕刻製程的良率。

在作法上，我設計了 EWMA(Exponential Weighted Moving Average) 及 LS(Least Square)控制器來模擬與分析，由於 EWMA 模擬時會需要

有一個目標模型，所以我另外以最小平方法(Least Square Mothed)和最佳化公式建立一個以腔體壓力(mT)，功率(W)，氟氣流量(sccm)為變數，蝕刻深度( $\overset{\circ}{A}$ )為輸出的模型以供 EWMA 控制器模擬時使用。

模擬的結果發現，加入 EWMA 及 LS 控制器分別改善了 4.1%和 1.9%，而在驗證的部份，由於經費有限，故僅作 EWMA 控制器的驗證，但是亦可發現加入 EWMA 後，改善了 2.11%。顯見加入控制器後，對於變壓耦合電漿多晶矽乾式蝕刻機蝕刻深度的確有明顯的改善。



# **Run-to-Run Etching Depth Control for TCP Poly-Silicon Etcher**

Student : Chia-Liang Yen

Advisor : Dr. Chia-Shui Lin

Dr. Tsung-Lin Chen

Institute of Mechanical Engineering

National Chiao Tung University



The development of Integrated Circuits (IC) is moving toward higher and higher density. In echoing this trend, the size of all kinds of elements and associated line widths have to be narrowed accordingly. Therefore, how to transfer the pattern onto wafers accurately has been an important issue. This thesis purposed using the run-to-run control method to

improve the accuracy of etching depth for the TCP poly silicon etcher.

Two control methods have been studied for the control of TCP etchers; one is EWMA (Exponential Weighted Moving Average), the other one is LS (Least Square). In EWMA controller, the control parameter is the etching power, while they were etching power, chamber pressure, and gas (chlorine) flow rate in the LS control. Simulation results indicate that EWMA and LS controller improve the accuracy of etching depth by 4.7% and 1.9%, respectively. Due to limited resources, the experiments were only done with the EWMA controller. The experimental data indicated that the improvement of etching accuracy was 2.11%.

## 致謝

感謝林家瑞老師這兩年的細心教導，使我領略機械知識的廣博，也感謝陳宗麟博士、鄭泗東博士與呂宗熙博士在口試時給我的建議，我一定將你們的指導銘記在心，也感謝國家奈米元件實驗室的吳志明先生，謝謝你在最忙碌的時候還願意撥出時間，幫我作完實驗。

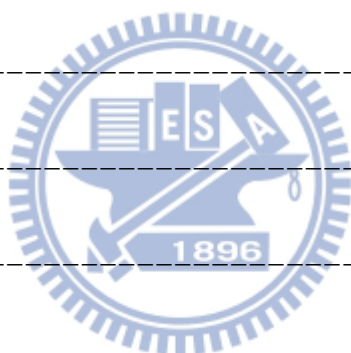
感謝郭富存、袁啟文，余偉庭同學及劉柏聖、郭家瑋、陳盈瑞學長這幾年來的陪伴與支持，我不會忘記你們的。

最後感謝我的阿嬤，爸爸、媽媽、弟弟，沒有你們在後面挺我，我絕對無法完成這篇論文的。

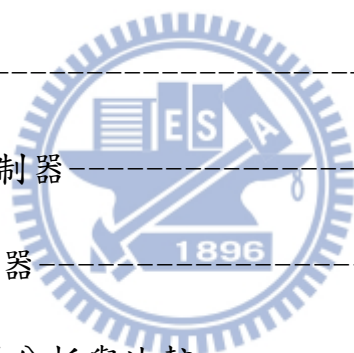


# 目錄

|               |      |
|---------------|------|
| 中文摘要          | i    |
| 英文摘要          | iii  |
| 致謝            | v    |
| 目錄            | vi   |
| 表目錄           | viii |
| 圖目錄           | viii |
| 第一章 緒論        | 1    |
| 1.1 研究目的      | 1    |
| 1.2 本文架構      | 3    |
| 第二章 研究背景      | 4    |
| 2.1 電漿基本概念    | 4    |
| 2.2 電漿蝕刻      | 5    |
| 2.3 製程管制與批次控制 | 6    |
| 2.4 文獻回顧      | 7    |
| 2.5 機台簡介      | 8    |
| 第三章 實驗設計      | 12   |
| 3.1 因子設計      | 12   |



|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 3.2   | 線性回歸模型           | 12 |
| 3.3   | 實驗編組             | 13 |
|       |                  |    |
| 第四章   | 控制器              | 15 |
| 4.1   | EWMA 控制器         | 15 |
| 4.2   | LS 控制器           | 16 |
|       |                  |    |
| 第五章   | 實驗模擬與驗證          | 18 |
| 5.1   | 系統模型             | 18 |
| 5.2   | 實驗模擬             | 19 |
| 5.2.1 | EWMA 控制器         | 19 |
| 5.2.2 | LS 控制器           | 19 |
| 5.2.3 | 模擬結果分析與比較        | 20 |
| 5.3   | 實驗驗證             | 20 |
| 5.3.1 | 未加控制器            | 21 |
| 5.3.2 | 使用 EWMA 控制器之實驗驗證 | 21 |
| 5.3.3 | 實驗驗證結果分析與比較      | 22 |
|       |                  |    |
| 第六章   | 結論與未來展望          | 23 |
| 6.1   | 結論               | 23 |
| 6.2   | 未來展望             | 23 |



|      |    |
|------|----|
| 參考文獻 | 25 |
|------|----|

## 表目錄

|                |    |
|----------------|----|
| 表 3-1 實驗參數設定   | 28 |
| 表 5-1 建立模型時的數據 | 28 |
| 表 5-2 模擬結果分析比較 | 30 |
| 表 5-3 驗證的數據    | 30 |
| 表 5-4 驗證分析與比較  | 31 |

## 圖目錄

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 圖 2-1 TCP 9400SE 多晶矽乾蝕刻機儀器   | 31 |
| 圖 2-2(a) 大試片掃描探針顯微鏡 D5000    | 32 |
| 圖 2-2(b) 大試片掃描探針顯微鏡 D5000    | 32 |
| 圖 2-3 大試片掃描探針顯微鏡 D5000 使用範例  | 33 |
| 圖 2-4(a) 場發射掃描式電子顯微鏡 FESEM   | 34 |
| 圖 2-4(b) 場發射掃描式電子顯微鏡 FESEM   | 34 |
| 圖 2-4(c) 場發射掃描式電子顯微鏡 FESEM   | 35 |
| 圖 2-5 場發射掃描式電子顯微鏡 FESEM 使用範例 | 35 |
| 圖 2-6 N&K 薄膜測厚儀              | 36 |
| 圖 3-1 實驗模型                   | 36 |
| 圖 4-1 EWMA 控制器               | 37 |



|                   |    |
|-------------------|----|
| 圖 4-2 EWMA 控制器原理  | 37 |
| 圖 4-3 EWMA 控制器原理  | 38 |
| 圖 5-1 EWMA 控制器流程圖 | 38 |
| 圖 5-2 未加控制器       | 39 |
| 圖 5-3 加入 EWMA 控制器 | 39 |
| 圖 5-4 加入 LS 控制器   | 40 |
| 圖 5-5 未加控制器       | 41 |
| 圖 5-6 加入 EWMA 控制器 | 41 |

