

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 半導體混貨製程之製程干擾預測與控制(I) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 96-2221-E-216-005-  
執行期間：96年08月01日至97年07月31日  
執行單位：中華大學機械工程學系

計畫主持人：陳俊宏

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：張偉麒  
碩士班研究生-兼任助理人員：蔡順安

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 97年10月27日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 半導體混貨製程之製程干擾預測與控制(I)

計畫編號：NSC 96-2221-E-216-005

執行期限：96年8月1日至97年7月31日

主持人：陳俊宏 中華大學機械工程學系

計畫參與人員：張偉麒、蔡順安 中華大學機械工程學系

### 一、中文摘要

本計畫針對高度混貨的半導體製程，發展出一套先進混貨製程控制技術。由目前習慣沿用單機、單產品與利用後量測值調整製程參數，轉變成多機、多產品之批次控制，估計分別因為不同機台或產品所造成的製程干擾。本文對於具有漂移干擾的半導體混貨製程，採用兩個演算方法，一個用來補償製程位移干擾所造成的變異，一個用來補償批次與批次之間漂移干擾所造成的變異，此種的控制方式稱為D-JADE，能更有效的將混貨製程中製程漂移的現象，控制在穩定的狀態中。由模擬結果可知，對於具有漂移干擾的混貨製程，本文提出的D-JADE控制方法有較好的預測效能。

關鍵詞：混貨、半導體製程、批次、位移、漂移

### Abstract

This project developed an advanced control technology for mix-product semiconductor processes. The conventional run-to-run process control for single-tool and single-type-product processes was improved to that for mix-tool and mix-product processes through individually estimating the disturbances induced by tools and products. The proposed controller, termed D-JADE, can estimate the shift and drift disturbances simultaneously for the drifting semiconductor processed by two estimators, one for shifts and the other for drifts. The simulation results demonstrate that the performance of the proposed controller is higher than those of existed controllers for the drifting mix-product semiconductor processes.

Key Words: mix-product, semiconductor processes, run-to-run, shift, drift.

### 二、緒論

#### 2.1 研究動機

近十年來，批次控制技術開始被導入半導體產業。批次控制是一種對於製程與設備的控制方法，利用收集歷史資料與即時量測資料，來修正製程的配方，用以補償製程干擾，如偏移(Shift)、漂移(Drift)與變異(Variations)，使製程輸出值回歸目標值，並且降低製程變異而增進製程能力。

目前大部分批次控制之研究，皆假設在單一產品在單一機台上之控制，但在實際之晶圓廠中同時有數十到數百種產品在同一條生產線上生產，這種一台機台需針對多產品、多層進行製程的情況被稱為高度混貨生產(High-mix Production)。在高度混貨的情況下，傳統的單一機台單一產品控制，將會出現控制效能不足，甚至控制失敗的情形產生。

因此，本計畫提出一個能有效解決此製程變異的方法，目的在減少混貨製程中因製程漂移所造成之製程變異，以及多機台或多產品的影響下，所造成製程良率的下降。

#### 2.2 文獻回顧

為了使製程維持穩定，許多關於製程控制演算法的研究相繼提出。Castillo[1]討論DEWMA控制器在暫態與穩態下性能之表現。Chen和Guo[2]考慮在CMP製程中，批次量測時中間有間隔時間才批次量測的情況下，在D-EWMA的模型中加入量測時間的變化量，使控制器在補償因為漂移造成的製程變異時能更加準確。Good和Qin[3]分析D-EWMA控制方法在有量測延遲時的穩定性，並提出在製程有固定漂移干擾時控制參數的選擇方法。Wang等人[4]分析D-EWMA控制方法在CMP製程有量測延遲時的穩定性，並比較量測延遲對D-EWMA控制器的效能影響。Guo等人[5]對於控制固定性的漂移干擾，提出權重函數法來得到控制器的最佳權值，使用

D-EWMA 控制器修正漂移現象，並且與 PCC 和 EWMA 控制器的效能做比較。Wang 等人[6]探討在蝕刻製程中因為蝕刻率會隨時間產生遞減的情況，利用遞迴最小平方法(Recursive Least Square, RLS)估計製程的參數，以調整蝕刻時間來達到所要的蝕刻深度。Tseng 等人[7]針對具有漂移干擾之製程提出 (Initial Intercept Iteratively Adjusted, IIIA) 的控制方式，其結合 D-EWMA 與 RLS 兩種方法估計製程參數，並與 D-EWMA 控制器作比較，在 SISO 的製程中 IIIA 控制器能快速修正漂移干擾所造成的製程變異。Good 和 Qin[8]分析 MIMO D-EWMA 控制方法在有量測延遲與模型誤差時的穩定性，並提出在製程有固定漂移干擾時控制參數的選擇方法。Wang 和 Peter[9]提出 (Bayesian enhanced EWMA, B-EWMA) 的控制方法應用在 (Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD) 製程並與 EWMA 的控制方法作比較，以提高製程良率。Chen 等人[10]針對金屬濺鍍製程，利用控制器使得金屬薄膜在製程中穩定的製作，並運用時間序列分析(Time Series Analysis)與預測的方法，預測下一個時間點的製程干擾，藉由調整輸入項，使其沈積率都維持在製程沈積率的目標上。Chen 等人[11] 針對金屬濺鍍製程，將時間序列之製程模型轉換為狀態空間形式，利用延伸卡曼濾波器(Extended Kalman Filter)同時估計沈積率與更新製程模型參數，並解決非等間距量測資料時，預測靶材沈積率的方法。由於上述所提出的控制理論皆是對單一機台、單一產品的批次即時監控的策略，Pasadyn 等人[12]提出混貨製程的適應控制，區別製程干擾或是混貨所造成的製程變異，藉以更新製程的參數並補償製程的變異。Firth 等人[13]提出在半導體製程中混貨的狀況下，提出 (Just-in-time Adaptive Disturbance Estimation, JADE) 的控制方法估計分別因為不同機台或產品所造成的製程干擾，快速修正干擾所造成的製程變異，有效的降低混貨製程中製程干擾所導致的影響。

### 三、應用在混貨製程的批次控制方法

#### 3.1 Independent D-EWMA 控制方法

在半導體製程中由於機器設備的磨損、材料的消耗，通常會使製程輸出值隨

著批次增加，而慢慢偏離預設的目標值。D-EWMA [5]對於單一產品與單一機台製程，能有效的將具有漂移干擾的製程輸出控制在目標值。如要將 D-EWMA 應用於混貨製程，可假設每一製程執行序為獨立製程，如果混貨製程總共有  $n$  個執行序，則每一執行序的製程模型可表示為：

$$y_{i,k} = \alpha + \beta u_{i,k} + \delta_i \times k + \varepsilon_{i,k} \quad i=1,2,\dots,n. \quad (1)$$

其中  $y$  為製程輸出， $u$  為製程輸入， $\delta$  為批次飄移量， $\alpha$  為截距項， $\beta$  為輸入靈敏度， $k$  為批次， $\varepsilon$  為製程干擾， $i$  為執行序。控制模型為：

$$\hat{y}_{i,k} = a_{i,k-1} + d_{i,k-1} + b_i u_{i,k} \quad i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

其中  $a$  為  $\alpha$  的估計值， $d$  為  $\delta$  的估計值。每當獲得一個輸出的量測值之後，使用指數加權移動平均的方法來估計控制模型的截距項  $a_k$  與單位漂移量  $d_k$ ，其方法如下：

$$a_{i,k} = w_{i,1} (y_{i,k} - b_i u_{i,k}) + (1 - w_{i,1}) (a_{i,k-1} + d_{i,k-1}) \quad (3)$$

$$d_{i,k} = w_{i,2} (y_{i,k} - b_i u_{i,k} - a_{i,k-1}) + (1 - w_{i,2}) d_{i,k-1} \quad (4)$$

然後依據新的預測模型調整下一批次的輸入值，使其預測值能達到目標值  $T$ ：

$$u_{i,k+1} = \frac{T_i - a_{i,k} - d_{i,k}}{b_i} \quad (5)$$

#### 3.2 D-JADE 控制方法

由於 independent D-EWMA 將混貨製程每一執行序視為獨立製程，然而不同執行序可能用到相同機台或生產相同產品，因此將混貨製程每一執行序視為獨立製程並不適合。Firth 等人[13]針對混貨製程的問題，將各個可能造成製程變異的種類做區分，分別估計因為不同產品或機台所造成的干擾，並且依據其估計的干擾來補償下一批次的製程干擾，但對具飄移特性的混貨製程控制效果並不顯著，因此本計畫改良其所發展的 JADE 控制器，增加一個估計器來估計製程單位飄移量。假設真實的製程模型為：

$$y_k = \beta u_k + \mathbf{A}_k^T \boldsymbol{\alpha} + \mathbf{A}_k^T \boldsymbol{\delta} \cdot k + \varepsilon_k \quad (6)$$

其中

$$\boldsymbol{\alpha} = [a_1, a_2, \dots, a_m]^T$$

$$\boldsymbol{\delta} = [\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_m]^T$$

$$\mathbf{A}_k^T = [A_1(k), A_2(k), \dots, A_m(k)]_{1 \times m}$$

$\boldsymbol{\alpha}$  和  $\boldsymbol{\delta}$  為個別項目如所有機台或產品所造成的截距及單位飄移向量， $\mathbf{A}_i(k)$  代表在

第  $k$  批次所使用的項目，有使用到的項目設為 1，沒有使用到的項目設為 0，控制模型為：

$$y_k = bu_k + \mathbf{A}_k^T \mathbf{a}_{k-1} + \mathbf{A}_k^T \mathbf{D}_{k-1} \quad (7)$$

其中  $\mathbf{a}$  為  $\boldsymbol{\alpha}$  的估計值， $\mathbf{D}$  為  $\boldsymbol{\delta}$  的估計值。在品質函數最小的情況下，即在估計值變動最小的情況下，而預測的估計值能最接近製程量測值的目標，得到新的估計值。下列為品質函數：

$$J_1(\mathbf{a}_k) = \frac{\lambda_1}{2} (y_k - bu_k - \mathbf{A}_k^T \mathbf{a}_k)^2 + \frac{1 - \lambda_1}{2} (\mathbf{a}_{k-1} - \mathbf{a}_k)^T (\mathbf{a}_{k-1} - \mathbf{a}_k) \quad (8)$$

$$J_2(\mathbf{D}_k) = \frac{\lambda_2}{2} (y_k - bu_k - \mathbf{A}_k^T \mathbf{a}_{k-1} - \mathbf{A}_k^T \mathbf{D}_k)^2 + \frac{1 - \lambda_2}{2} (\mathbf{D}_{k-1} - \mathbf{D}_k)^T (\mathbf{D}_{k-1} - \mathbf{D}_k) \quad (9)$$

為了使品質函數有極小值，令  $\frac{\partial J_1(\mathbf{a}_k)}{\partial \mathbf{a}_k} = 0$ ,

$$\frac{\partial J_2(\mathbf{D}_k)}{\partial \mathbf{D}_k} = 0, \text{ 可得到遞迴式:}$$

$$\mathbf{a}_k = \mathbf{a}_{k-1} + \frac{\lambda_1}{1 + (s-1)\lambda_1} \cdot \left[ (y_k - bu_k) - (\mathbf{A}_k^T \mathbf{a}_{k-1}) \right] \mathbf{A}_k \quad (10)$$

$$\mathbf{D}_k = \mathbf{D}_{k-1} + \frac{\lambda_2}{1 + (s-1)\lambda_2} \cdot \left[ (y_k - bu_k - \mathbf{A}_k^T \mathbf{a}_{k-1}) - (\mathbf{A}_k^T \mathbf{D}_{k-1}) \right] \mathbf{A}_k \quad (11)$$

將兩者所估計的製程干擾程度，反應在預測模型的截距項，於是求出機台在  $k+1$  個批次的控制(輸入)參數：

$$u_{k+1} = \left( \frac{T - \mathbf{A}_{k+1}^T (\mathbf{a}_k + \mathbf{D}_k)}{b} \right). \quad (12)$$

#### 4.1 製程干擾模型

本計劃目的在於半導體混貨製程之批次控制。製程模擬的方式選擇四個種類(A,B,C,D)，每個種類包含兩個項目，以黃光製程為例，四個種類(A,B,C,D)分別代表(本層機台，本層光罩，前層機台，前層光罩)，每一批次執行序的選擇由各個項目出現的機率決定，共有十六個執行序。各個項目出現的機率如表 1，各個項目出現機率與參考文獻[21]相同。

假設真實的製程模型為：

$$y_k = c_{tot,k} + \beta u_k \quad (13)$$

$$c_{tot,k} = c_{A(k),k} + c_{B(k),k} + c_{C(k),k} + c_{D(k),k} \quad (14)$$

預測模型為：

$$\hat{y}_k = \hat{c}_{tot,k} + bu_k \quad (15)$$

$$\hat{c}_{tot,k} = \hat{c}_{A(k),k} + \hat{c}_{B(k),k} + \hat{c}_{C(k),k} + \hat{c}_{D(k),k} \quad (16)$$

如第  $k$  個批次使用到 A1,B2,C2,D2，(14)和(16)式可表示成：

$$c_{tot,k} = c_{A1,k} + c_{B2,k} + c_{C2,k} + c_{D2,k} \quad (17)$$

$$\hat{c}_{tot,k} = \hat{c}_{A1,k} + \hat{c}_{B2,k} + \hat{c}_{C2,k} + \hat{c}_{D2,k} \quad (18)$$

在效能的比較上選用誤差平方和(Sum Square Error, SSE)來作指標，其計算方式為

$$SSE = \sum_{i=1}^k [(y_i - bu_i) - \hat{c}_{tot,i}]^2 \quad (19)$$

#### 4.2 模擬結果與討論

在本節中，將模擬混貨製程中，對於不同製程干擾的影響下，不同的估計方法對製程干擾時所預測的效能與其結果。製程干擾包括位移或漂移干擾，量測延誤及模型誤差及控制器修正。

##### 4.2.1 位移干擾

通常機台在經過預防保養(Preventive Maintenance; PM)或維修的過程後，機台的性能跟 PM 前已大不相同，此時機台的狀態便會有位移的情形發生。

針對這種製程變異，在模擬的部份選擇其中一個項目(A1)，並在項目(A1)被使用到第 250 次時給予位移量，大小為-0.05，各個不同估計方式的權重值列於表 2，權重值的選擇則參考[13]所使用的權值，並與本文所提方法作一比較，在不考慮模型誤差時， $b = \beta$ 。在  $\beta = 1, b = 1, u_k = 0, \forall k$  時，選擇只包括 A1 項目的執行序，其中圖 1 橫軸為製程的批次數由 1 到 1000，縱軸為截距項，state 為製程模型的截距項。

並比較有位移干擾之誤差平方和的值如圖 2，在針對不同位移量時四種估計方式之誤差平方和，位移量的大小由 0.01 到 0.1 如圖 3。由模擬結果可以比較出當隨著單位位移量增加時，EWMA 與 D-EWMA 的誤差平方和增加速度比 JADE 與 D-JADE 還要明顯，並得知 D-JADE 的估計效能更優於其他估計方式。

##### 4.2.2 漂移干擾

漂移干擾則為製程的水準隨著時間的

改變，有逐漸增加或減少的情形。例如在金屬濺鍍過程(Metal Sputter Deposition)金屬靶材的逐漸消耗，或化學機械研磨(Cheical Mechanical Polishing, CMP)過程機台的研磨墊磨損等，所造成沉澱或研磨速度產生改變的現象。

針對這種漂移干擾造成的變異，在模擬的部份，在項目(A1)給予一單位漂移量，大小為 0.0003，項目(A2)給予一單位漂移量，大小為 0.0008，在  $\beta=1, b=1,$

$u_k=0, \forall k$  時圖 4 選擇只包括 A1 項目的執行序，圖 5 選擇只包括 A2 項目的執行序。

圖 6 是四種估計方式在有小漂移干擾之誤差平方和變化的情況。在針對不同漂移量時四種估計方式之誤差平方和，漂移量的大小由 0.005 到 0.05 如圖 7，由模擬結果得知在漂移干擾的混貨製程中 D-EWMA 的效能仍優於 EWMA。D-JADE 的估計效能更優於其他估計方式。

### 4.2.3 控制器

隨著不同的估計方法對製程干擾時所預測的效能與其結果，在有位移或漂移干擾的製程干擾下，可以明顯看出 D-JADE 和 JADE 的跳動比 D-EWMA 和 EWMA 小，在這是則只比較 D-JADE 及 D-EWMA 當有位移或漂移干擾的製程干擾下，加上一控制器分別為運用 D-JADE 及 D-EWMA 這兩種製程方法來修正，使有製程干擾時，能修正到初始( $T=0$ )的最佳化製程控制。

#### 4.2.3.1 位移修正

針對這種製程變異，在模擬的部份選擇其中一個項目(A1)，並在項目(A1)被使用到第 250 次時給予位移量，大小為-0.05，並與本文所提方法作一比較，在不考慮模型誤差時， $b=\beta$ 。在  $\beta=1, b=1, u_k=0, \forall k$  時再加上一控制器使其修正，選擇只包括 A1 項目的執行序，其中圖 8 為使用 D-JADE 控制器修正，圖 9 為使用 D-EWMA 控制器修正，橫軸為製程的批次數由 1 到 1000，縱軸為截距項，state 為製程模型的截距項。

並比較修正後有位移干擾之誤差平方和的值如圖 10，而表 3 為兩種估計方式在有位移干擾誤差平方和值。由模擬結果可以比較出在含有控制器修正時隨著單位位

移量增加時，D-EWMA 的誤差平方和增加速度比 D-JADE 還要明顯。

#### 4.2.3.2 漂移修正

針對這種漂移干擾造成的變異，在模擬的部份，在項目(A1)給予一單位漂移量，大小為 0.0003，項目(A2)給予一單位漂移量，大小為 0.0008，在  $\beta=1, b=1,$

$u_k=0, \forall k$  時再加上一控制器使其修正，圖 11 為選擇 A1 及 A2 項目執行序使用 D-JADE 控制器修正，圖 12 為選擇 A1 及 A2 項目執行序使用 D-EWMA 控制器修正。圖 13 是兩種估計方式在有小漂移干擾之誤差平方和變化的情況。表 4 為兩種估計方式在有小漂移干擾之誤差平方和值。由模擬結果得知在漂移干擾含有控制器修正時的混貨製程中 D-JADE 的效能仍優於 D-EWMA。

#### 4.2.3.3 量測延遲

量測延遲為每一批次機台的輸出值無法在下一批次前得到量測結果，而延遲的時間則取決在量測所需要時間的長短。

針對漂移干擾模擬的部份，在 A1 項目給予一單位漂移量大小為 0.0003，A2 項目給予一單位漂移量大小為 0.0008 的干擾，模擬量測資料落後製程 3 批次的控制結果，圖 14 為只包含 A1 項目執行序的估計值與批次的變化圖，圖 15 為只包含 A2 項目執行序。圖 16 是兩種估計方式在有小漂移干擾之誤差平方和變化的情況。圖 17 為選擇 A1 及 A2 項目執行序使用 D-JADE 控制器修正。圖 18 為選擇 A1 及 A2 項目執行序使用 D-EWMA 控制器修正。

## 五、結論

從前一章的推導及模擬結果，當混貨製程有位移干擾時，D-JADE 與 JADE 因可以將干擾分配到當批次所使用的機台或產品，所以比 EWMA 與 D-EWMA 的預測績效更好。當混貨製程有漂移干擾時，D-EWMA 在較大的單位漂移量時，由於有兩個演算法，一個用來估計截距，另一個用來估計截距的漂移量，因此能有效估計漂移干擾的影響。

由模擬的結果可以歸納出以下結論：

1. 在相同條件下，面對漂移干擾的製程，D-JADE 的估計方式能有效估計漂移干擾對製程所造成的變異，因此比 JADE 更能有效的將製程控制在穩定的狀態。

2. 在位移干擾的混貨製程，D-JADE 與 JADE 的估計方式將干擾分配給當一批次所使用的機台或產品，因此比 EWMA 與 D-EWMA 更能有效估計位移干擾的影響。
3. 在半導體製程高度混貨的情形下，機台數量越多或者產品越多樣化，D-JADE 與 JADE 皆能比 EWMA 與 D-EWMA 的估計方式有明顯的改善。
4. 在有量測延誤的情況下，延誤的批次數越大，對估計的影響也越大。
5. 在有模型誤差的情況下，誤差越大，對估計的影響也越大。
6. 在有製程干擾下加入一控制器，使製程輸出值回歸目標值以消除製程變異而增進至最佳化製程控制，D-JADE 依然比 D-EWMA 穩定。

## 六、計畫成果自評

研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標、研究成果具學術與應用價值、適合在學術期刊發表。

## 七、參考文獻

- [1] E. D. Castillo, "Long Run and Transient Analysis of a Double EWMA Feedback Controller," IIE Transactions, Vol. 31, pp. 1157-1169, 1999.
- [2] A. Chen and R. S. Guo, "Age-Based Double EWMA Controller and Its Application to CMP Processes," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 14, No. 1, pp. 11-19, 2001.
- [3] R. Good and S. J. Qin, "Stability Analysis of Double EWMA Run-to-Run Control With Metrology Delay," Proceedings of American Control Conference, Alaska, pp.2156-2161, 2002.
- [4] G. B. Wang, E. Lin, H. You, M. W. Lee, F. Hsiao, C. Lai, "Wafer by Wafer Control in CMP System With Metrology Delay," IEEE Department of Chemical and Materials Engineering, pp. 178-181, 2004.
- [5] R. S. Guo, A. Chen, and J. J. Chen, "Run-to-Run Control Schemes for CMP Process Subject to Deterministic Drifts," Semiconductor Manufacturing Technology Workshop, Hsinchu, ROC, pp. 251-258, 2000.
- [6] J. Wang, Q. Peter, S. J. Qin, C. A. Bode, and M. A. Purdy, "Recursive Least Squares Estimation for Run-to-Run Control with Metrology Delay and Its Application to STI Etch Process," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 18, No. 2, pp. 309-319, 2005.
- [7] S. T. Tseng, W. Song, and Y. C. Chang, "An Initial Intercept Iteratively Adjusted (IIIA) Controller : An Enhanced Double EWMA Feedback Control Scheme," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 18, No. 3, pp. 448-457, 2005.
- [8] R. Good and S. J. Qin, "On the Stability of MIMO EWMA Run-to-Run Controllers With Metrology Delay," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 19, No. 1, pp. 78-86, 2006.
- [9] J. Wang, and Q. Peter, "A Bayesian Approach for Disturbance Detection and Classification and Its Application to State Estimation in Run-to-Run Control," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 20, No. 2, pp. 126-136, 2007.
- [10] J. H. Chen, T. W. Kuo, and T. C. Chen "Advanced Process Control of Metal Sputter Deposition Using A Time Series Analysis," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Available Online, doi: 10.1103/s00170-006-0864-0.
- [11] J. H. Chen, T. W. Kuo, and A. C. Lee, "Run-by-Run Process Control of Metal Sputter Deposition: Combining Time Series and Extended Kalman Filter," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 20, No. 3, 2007. (to be published)
- [12] A. J. Pasadyn, A. J. Toprac, and T. F. Edgar "Adaptive Control of Multiple Product Processes," SPIE Vol.4182, pp. 22-30, 2000.
- [13] S. K. Firth, W. J. Campbell, A. Toprac, and T. F. Edgar, "Just-in-Time Adaptive Disturbance Estimation for Run-to-Run Control of Semiconductor Processes," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 19, No. 3, pp. 298-315, 2006.

表 1 製程模擬各個項目出現的機率[21]

項目	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
機率	0.4	0.6	0.9	0.1	0.5	0.5	0.2	0.8

表 2 估計器的權重

估計器	權重值 1	權重值 2
EWMA	1	無
D-EWMA	1	0.1
JADE	1	無
D-JADE	1	0.1

表 3 在位移干擾時有控制器修正之誤差平方和

估計器	D-JADE	D-EWMA
誤差平方和	0.00600	0.02066

表 4 在小漂移干擾時有控制器修正之誤差平方和

估計器	D-JADE	D-EWMA
誤差平方和	0.00362	0.08746

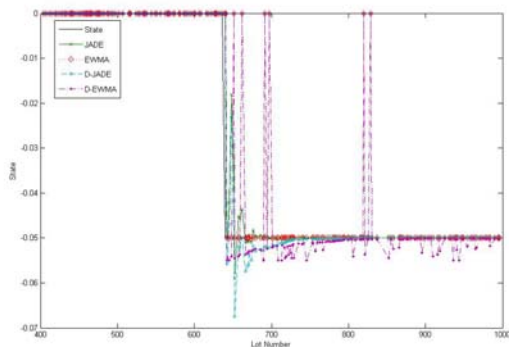


圖 1 位移干擾時估計值與批次的變化圖

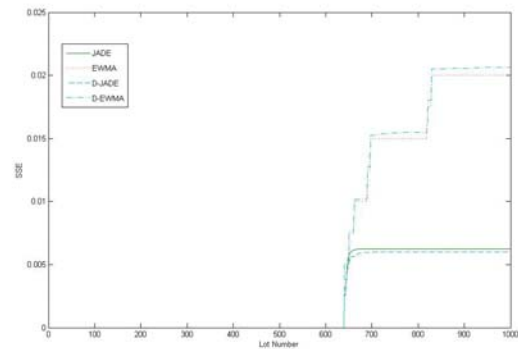


圖 2 位移干擾時誤差平方和與批次的變化圖

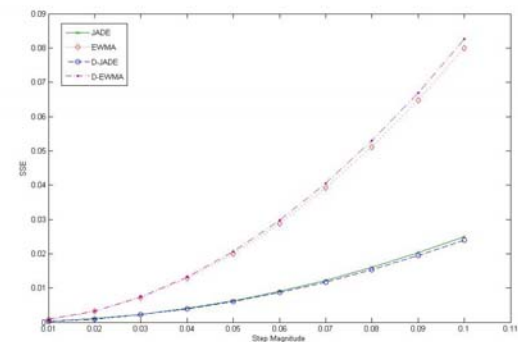


圖 3 誤差平方和與不同位移干擾時的變化圖

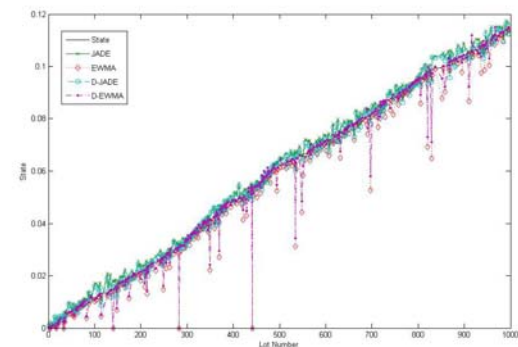


圖 4 小漂移干擾時估計值與批次的變化圖 (只包含 A1 項目的執行序)

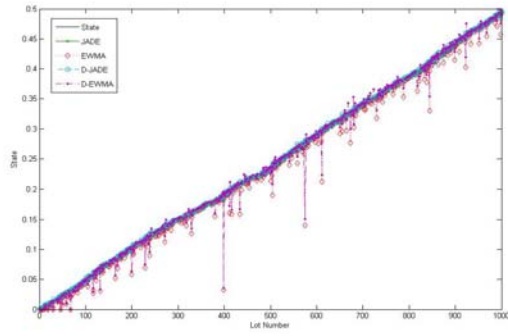


圖 5 小漂移干擾時估計值與批次的變化圖  
(只包含 A2 項目的執行序)

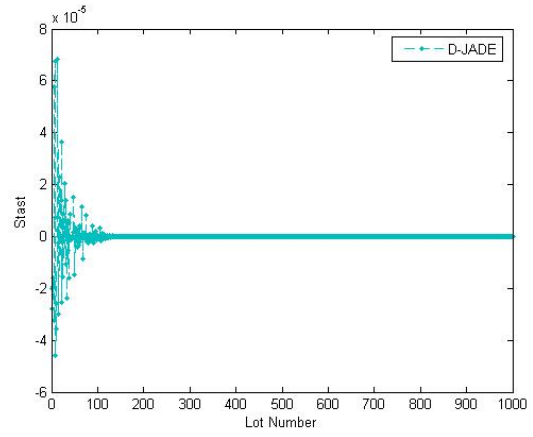


圖 8 位移干擾修正後(D-JADE)與批次的變化圖

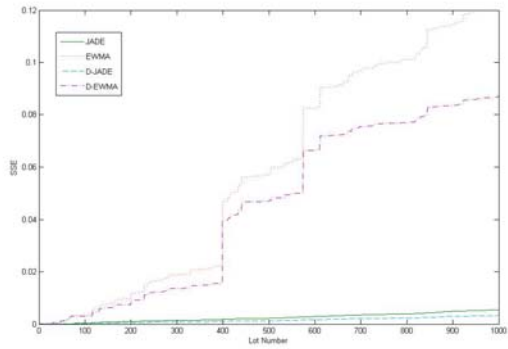


圖 6 小漂移干擾時誤差平方和與批次的變化圖

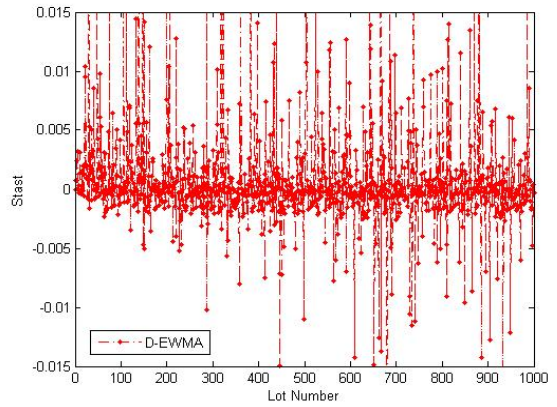


圖 9 位移干擾修正後(D-EWMA)與批次的變化圖

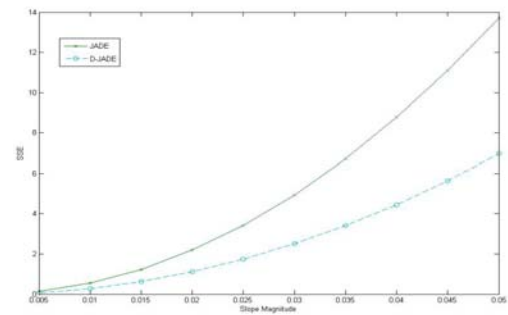


圖 7 誤差平方和與不同漂移干擾時的變化圖

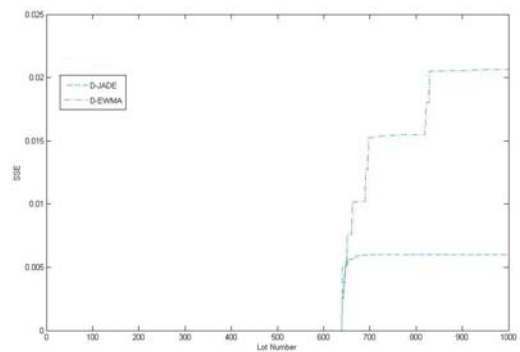


圖 10 位移干擾修正後誤差平方和與批次的變化圖



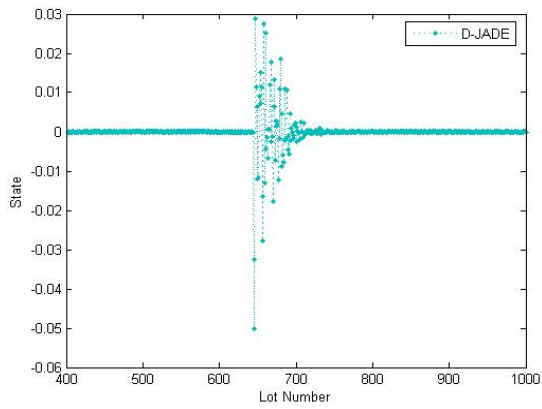


圖 11 漂移干擾修正後(D-JADE)與批次的變化圖

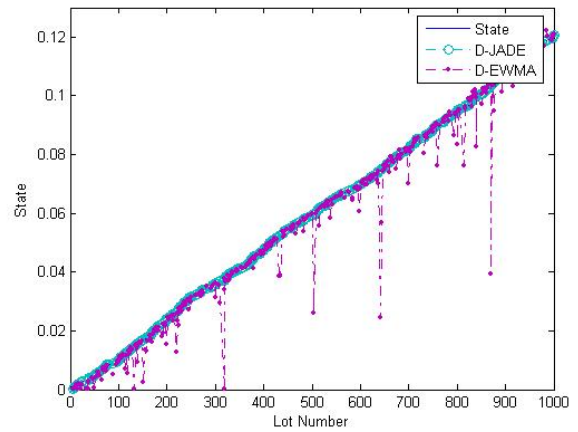


圖 14 量測延遲小漂移干擾時估計值與批次的變化圖(只包含 A1 項目的執行序)

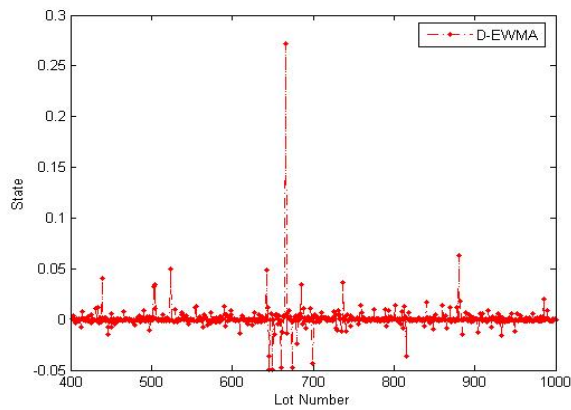


圖 12 漂移干擾修正後(D-EWMA)與批次的變化圖

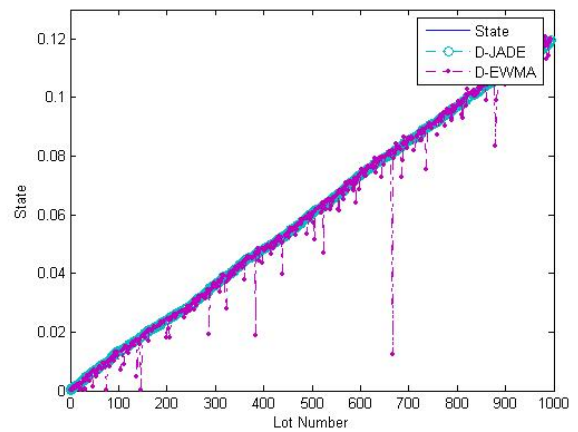


圖 15 量測延遲小漂移干擾時估計值與批次的變化圖(只包含 A2 項目的執行序)

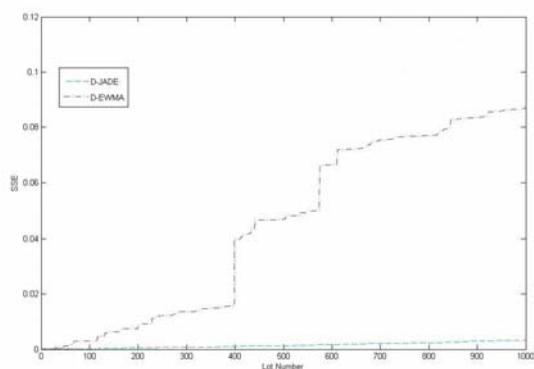


圖 13 小漂移干擾時誤差平方和與批次的變化

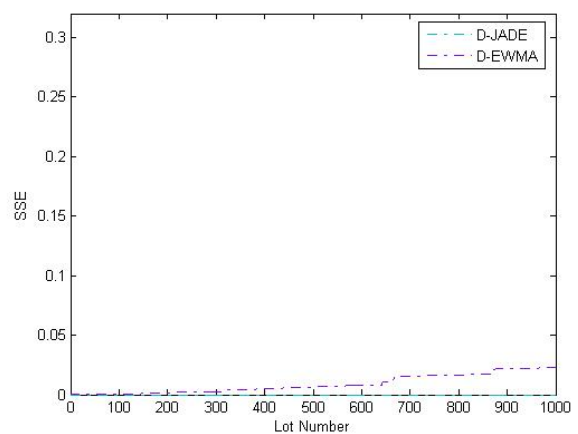


圖 16 量測延遲小漂移干擾時誤差平方和與批次的變化

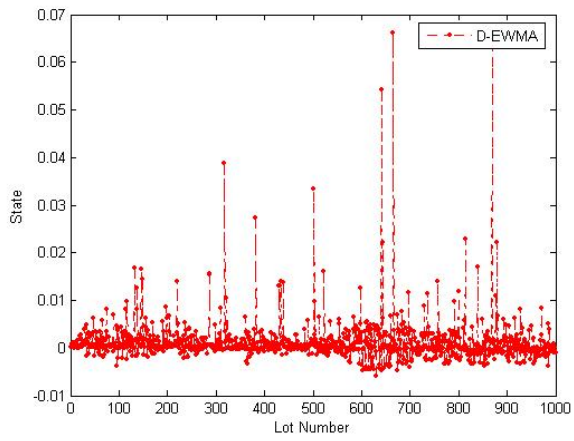


圖 17 量測延遲修正後(D-EWMA)與批次的變化圖

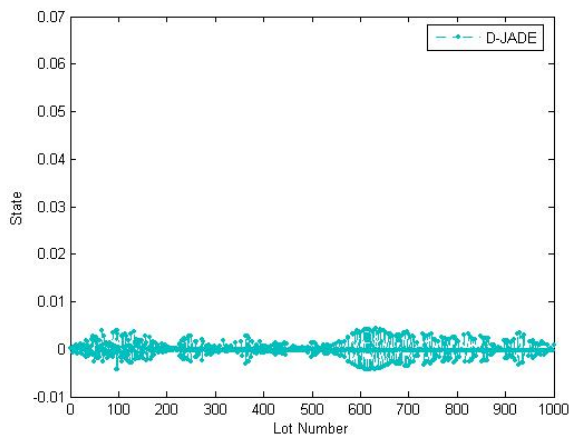


圖 18 量測延遲修正後(D-JADE)與批次的變化圖

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

半導體混貨製程之製程干擾預測與控制(I)  
Disturbance Estimation and Process Control  
for Mix-product Semiconductor Processes (I)

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2221-E-216-005

執行期間：96年8月1日至97年7月31日

計畫主持人：陳俊宏

計畫參與人員：張偉麒、蔡順安

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：中華大學機械工程學系

中華民國 97 年 10 月 24 日

## 可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

國科會補助計畫	計畫名稱：半導體混貨製程之製程干擾預測與控制(I) 計畫主持人：陳俊宏 計畫編號：NSC 96-2221-E-216-005 學門領域：生產自動化技術
技術/創作名稱	半導體混貨製程控制器
發明人/創作人	陳俊宏
技術說明	<p>中文：本計畫針對高度混貨的半導體製程，發展出一套先進混貨製程控制技術。由目前習慣沿用單機、單產品與利用後量測值調整製程參數，轉變成多機、多產品之批次控制，估計分別因為不同機台或產品所造成的製程干擾。本文對於具有漂移干擾的半導體混貨製程，採用兩個演算方法，一個用來補償製程位移干擾所造成的變異，一個用來補償批次與批次之間漂移干擾所造成的變異，此種的控制方式稱為 D-JADE，能更有效的將混貨製程中製程漂移的現象，控制在穩定的狀態中。由模擬結果可知，對於具有漂移干擾的混貨製程，本文提出的 D-JADE 控制方法有較好的預測效能。</p> <p>英文：This project developed an advanced control technology for mix-product semiconductor processes. The conventional run-to-run process control for single-tool and single-type-product processes was improved to that for mix-tool and mix-product processes through individually estimating the disturbances induced by tools and products. The proposed controller, termed D-JADE, can estimate the shift and drift disturbances simultaneously for the drifting semiconductor processed by two estimators, one for shifts and the other for drifts. The simulation results demonstrate that the performance of the proposed controller is higher than those of existed controllers for the drifting mix-product semiconductor processes.</p>
可利用之產業及可開發之產品	半導體產業、 混貨製程控制器
技術特點	應用於半導體製程多機台混貨製程控制
推廣及運用的價值	應用於半導體製程多機台混貨製程控制

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。