

**晶圓代工廠改善現場績效之決策模式**  
**A Decision Scheme to Enhance Shop Floor Performance for**  
**Wafer Foundries**  
**計劃編號：NSC 89-2212-E-009-031**  
**執行期限：88/08/01-89/07/31**  
**主持人：李慶恩 國立交通大學工業工程所 教授**  
**email：cclee@cc.nctu.edu.tw**

**一、中文摘要（關鍵詞：晶圓代工、投片、派工、基因演算法、模擬。）**

達交績效與產出率是評斷晶圓代工廠競爭能力的重要指標，生產活動控制系統下之現場決策模式則在此競爭優勢的取得上扮演著相當重要的角色。基於此，本研究提出一現場決策模式，以持續改善晶圓代工廠之達交績效與產出率。其中，藉由重要決策因子的設計，以廣泛考慮現場重要資訊，並整合基因演算法與模擬，構建出一現場決策模式，以獲得自動化生產活動控制系統可用之現場決策邏輯。基因演算法的應用，使現場決策得以有效反應系統追求之整體績效目標；而模擬的應用，則提供了派工模式因應系統環境之變動所需具備之彈性。決策因子的設計，更使得現場人員的知識與經驗，仍能在自動化之生產活動控制系統中發揮其功能。

本研究所提出之現場決策模式的彈性與有效性已分別藉由一零工型與一簡化之晶圓代工環境加以驗證。實驗結果可發現，本研究所得到之派工邏輯，其表現均較 FIFO、SPT、SRPT、EDD、SLACK 與 CR 等六種傳統常用之派工法則為佳。此外，模式之有效性與現場績效改善能力亦於一

考量批量加工機台與瓶頸限制之複雜晶圓代工環境下驗證。

**英文摘要（Keywords：Wafer Foundries, Order Releasing, Dispatching, Genetic Algorithm, Simulation）**

Due-date satisfaction and throughput rate are critical performance measures in assessing the competitiveness of wafer foundries. Shop floor decision logic in production activity control (PAC) system plays a very important role in gaining the competitive advantage. Increasing automation of wafer foundries has heightened the demand to automate shop floor decisions in recent years. As information technology (IT) getting more and more mature, automating the shop floor decision logic and incorporating more critical information to derive proper shop floor decisions become more feasible. In this work, we present a shop floor decision scheme to continuously improve system performance with respect to both performance measures of due date satisfaction and throughput rate. Critical decision factors are identified to incorporate critical, global information in shop floor decisions. The shop floor decision scheme employing genetic algorithm (GA), simulation, and decision factors is proposed to derive proper shop floor decision logic for automated PAC systems. Applying the generic algorithm guarantees a tight

binding between shop floor decisions and performance indices. Applying simulation guarantees the proposed scheme to provide the flexibility to be applied under a variety of manufacturing configurations, changeable product mixes, and random effects at shop floor. The design of decision factors makes the incorporation of global shop floor information and shop floor supervisors' experience and knowledge into shop floor control logic being possible.

The effectiveness and flexibility of the proposed shop floor decision scheme has been examined under a job shop and a simplified wafer foundry, respectively. Experimental results demonstrate that the shop floor decision generated from the proposed scheme outperforms six conventionally used dispatching rules

FIFO, SPT, SRPT, EDD, SLACK, and CR. Besides, the effectiveness and continuously improving capability has also been proven in a more complex wafer foundry environment with the consideration of batching effect and bottleneck constraints.

## 二、研究緣由與目的

由於 IC 設計公司及市場需求的增加，使得晶圓代工廠的數目也隨著增加，各家代工廠之間的競爭相對的也變得非常激烈，各家公司無不想盡各種策略及方法來提昇自己的競爭優勢。

在生產計畫與生產排程中可獲得的產能與物料（或組裝零件）是兩個主要的限制，但由於晶圓製造程序中的物料單（BOM）架構較單純，所以產能限制即為晶圓代工廠最關切的議題。然而，複雜的生產程序、產品的再回流（re-entrant）特性、多種的產品形式、機台種類的多樣化以及機台的故障問題，使得晶圓代工廠在產能的考慮上比起其他產業更顯得複雜。此

外，訂單的等級又可以分成好幾種，一般訂單以及緊急訂單，在緊急訂單中又分成 rush、hot、super hot 三種訂單形式，在上述的環境之下要做好一個適當的現場決策來確保一個好的整體績效是非常困難的一件事。

傳統上現場決策邏輯是採用局部資訊中的一些較簡單標準來做決策，但這在一般的情況之下就無法滿足整體績效，所以人員在決策方面的介入是無可避免的。因此現場決策邏輯必須要整合員工的知識和經驗，並適度地經由製造執行系統（MES）來蒐集整體的及時資訊。此決策邏輯可以實際地應用到自動化製造系統中。

在生產的起始階段（ramp up stage）產量經常的改變，所以決策邏輯的應變彈性就顯得非常重要。要建立一個具備彈性與能提昇產能的現場決策邏輯來提昇代工廠的競爭優勢是一件非常吃力的任務，這也就是為什麼我們願意在這個議題上做努力的原因。

本研究的主要目的在於提出一個現場決策模式來提昇晶圓代工廠的現場績效，這個模式必須能夠具備彈性來因應系統快速的改變和滿足顧客的各種需求。更重要的是，這個模式必須具備自我調適的功能以達到製造系統及顧客需求的目標。此邏輯必須要能夠有效的應用現場資訊來得到較好的現場績效同時也必須兼具整合自動化系統的功能。

## 三、研究方法

現場決策模式的外部架構可由 Figure. 1 表示出來，此計畫包含三個主要的部分，關鍵決策因子、離散事件的模擬模式以及多目標的基因演算法。同時藉由這三個部分的相互連結與整合來達到提昇競爭優勢的目的。

至於現場決策模式的細部過程以下即有詳盡的描述：

1.根據晶圓代工廠所想得到的競爭優勢來定義關鍵的現場績效衡量指標 在本研究中現場衡量的績效指標為達交率和產出率。

2.根據績效指標來定義關鍵的現場決策因子 在本研究中的現場決策因子表示如下：

$REd_{ij}$ ：投料決策中訂單  $j$  裡面的  $i$  產品交期緊急的程度。

$PMC_i$ ：根據產品  $i$  所考慮得到的產品組合。

$OGC_{ij}$ ：訂單  $j$  中的產品  $i$  的訂單等級。

$DEd_{ij}$ ：在派工決策中訂單  $j$  裡面的  $i$  產品交期緊急的程度。

$LC_{N_{ik}}$ ：在正常模式中產品  $i$  在階段  $k$  的工作負載控制指標。

$LC_{BC_{ik}}$ ：在瓶頸控制模式中產品  $i$  在階段  $k$  的工作負載控制指標。

$BC_{ik}$ ：產品  $i$  在階段  $k$  中的批次控制指標。

$IFTM_k$ ：在第  $k$  階段中完成批量的移動指標。

$IFPM_{ik}$ ：在第  $k$  階段中產品  $i$  的完成

移動指標。

### 3.建立並應用離散事件的模擬模式。

- 3.1.建立及確認模擬模式的系統結構（包含產品特徵、生產程序以及所需資源）。
- 3.2.輸入需求計畫（包含產品組合及當月的訂單釋放計畫）。
- 3.3.輸入計畫狀態（在製品及存貨）。
- 3.4.在模擬模式中建立傳統的現場決策邏輯。
- 3.5.建立將權重考量進去的現場決策因子於模擬模式中。
- 3.6.定義瓶頸資源。

### 4.建立與應用基因演算法則作業。

- 4.1.定義基因演算法則中績效與時間的下限。
- 4.2.定義目標方程式以確認績效衡量。
- 4.3.定義遺傳因子的母體（根據現場的決策因子來給予各群權重）。
- 4.4.將模擬與基因演算法結合起來應用。其之間的關連可由 Figure. 2 表示出，其中多目標基因演算法則及績效指標的權重設定程序都是引用 Murata et al.[1996]。
- 4.5.當計畫目標已經達成或者計畫時間終止，基因算法則作業停止。

### 5.選擇現場決策邏輯—選擇權重使其符合計畫目標。

### 6.應用所得到的現場決策邏輯。

- 6.1.及時蒐集與儲存和資料庫中決策因子有關的現場資訊。
- 6.2.應用現場決策邏輯。
- 6.3.蒐集現場績效。

## 7.核對離散事件模擬模式。

- 7.1.輸入每週或每月的需求計畫（包含產品組合及訂單釋放計畫）。
- 7.2.輸入現在計畫的狀態（在製品及存貨）。
- 7.3.使用模擬模式來收集現場決策邏輯的系統績效。
- 7.4.核對模擬狀態下和真實狀態下的現場績效之間的差異。

## 8.核對現場決策邏輯在真實狀態下應用的情況。

## 9.回饋與行動。

- 9.1.利用模擬狀態下以及真實狀態下的現場績效差異來在模擬模式中做回饋。
- 9.2.重新安排主生產排程（MPS）來更新訂單釋放計畫。下一個計畫的控制幅度是根據先在計畫控制幅度的結果來決定。
- 9.3.回饋計畫結果來確認新的現場決策因子。

## 10.成果

實驗結果可發現，本研究所得到之派工邏輯，其表現均較 FIFO、SPT、SRPT、EDD、SLACK 與 CR 等六種傳統常用之派工法則為佳。

## **四、結論**

在以訂單為導向的製造系統中，利用局部資訊來決定簡單的派工法則並加以衡量多種績效，此種方式是不恰當的，在實務上要做派工決策時，規劃者及管理者都會適時的介入。由

現今自動化的趨勢下，要做到自動派工決策仍是一件吃力的事。有鑑於此，現場決策模式必須要將管理者的經驗和知識併入現場控制邏輯中，並將其與現場決策因子和績效指標緊緊結合起來，本論文的現場決策模式就是在提昇系統績效中滿足交期和產出率這兩部分。

本研究利用基因演算法則來讓現場決策所得的效果和績效指標能夠一致，同時利用模擬來確保此模式能夠應用在多變的環境下，依據上述的方法來做實驗，在 CONWIP 以及 Uniform 兩種投料政策下，利用產出時間、加權延遲時間、平均週期時間、在製品水準、關鍵機台的使用率等績效指標來證明現場決策邏輯所做出的決策勝過一般大家常用的六種派工法則（FIFO、SPT、SRPT、EDD、SLACK、CR）。

此模式能夠有效的幫我們找到現場的關鍵決策因子，並利用這些因子來提昇我們的績效，非常適合應用在像晶圓代工廠這種高競爭性的產業。

## **五、參考文獻**

- [1] Murata, T., Ishibuchi, H., and Tanaka, H., 1996, Multi-objective genetic algorithm and its applications to flowshop scheduling. *Computers & Industrial Engineering*, 30(4), 957-968.
- [2] Baker, K., *Introduction to sequencing and scheduling*. Wiley, New York (1974).
- [3] Chiu, C., and Yih, Y., 1995, A

learning-based methodology for dynamic scheduling in distributed manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 33(11),3217-3232.

[4] Golovin, J.J., 1986, A total framework for semiconductor production planning and scheduling. *Solid State Technology*, May,167-170.

[5] Wan, Y.-W., 1995, Which is better, off-line or real-time scheduling? *International Journal of Production Research*, 33(7),2053-2059.

[6] Yih, Y., 1990. Trace-driven knowledge acquisition for rule-based real time scheduling. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1,217-230.

[7] Dell' Amico, M., and Trubian, M., 1993, Applying tabu search to the job shop scheduling problem. *Operations Research*. 40,231-252.

[8] Morton, T., and Pentico, D., Heuristic scheduling systems – With application to a production systems and project management. Wiley, New York(1993).

[9] Hutchison, J., and Khumawala, B., 1990, Scheduling random flexible manufacturing systems with dynamic environments. *Journal of Operations Management*, 9(3),335-351.

[10]Nakasuka, S., and Yoshida, T., 1992, Dynamic scheduling system utilizing machine learning as a knowledge acquisition tool.

International Journal of Production Research, 30(2), 411-431.

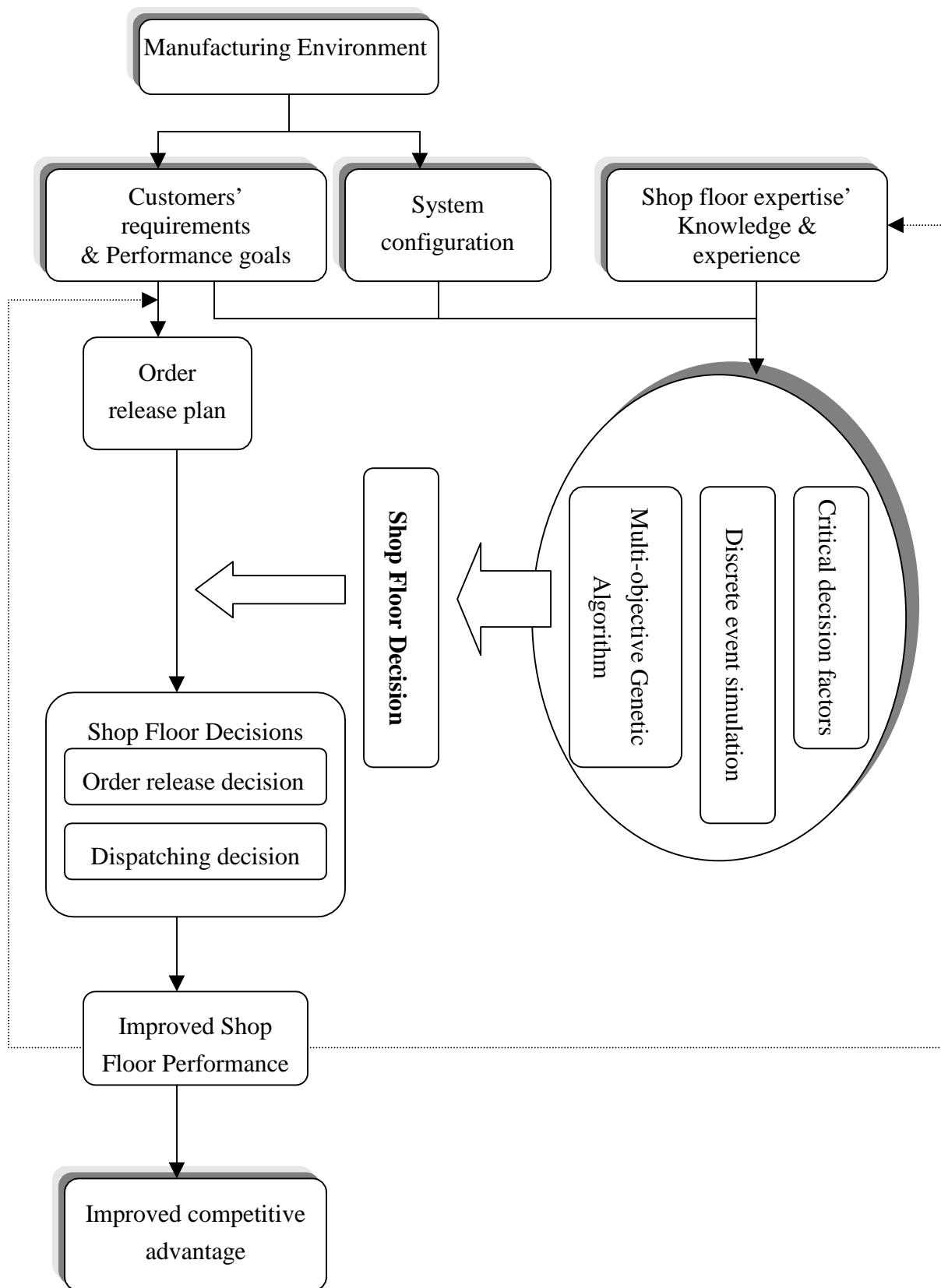


Figure. 1 The Proposed Shop Floor Decision Scheme

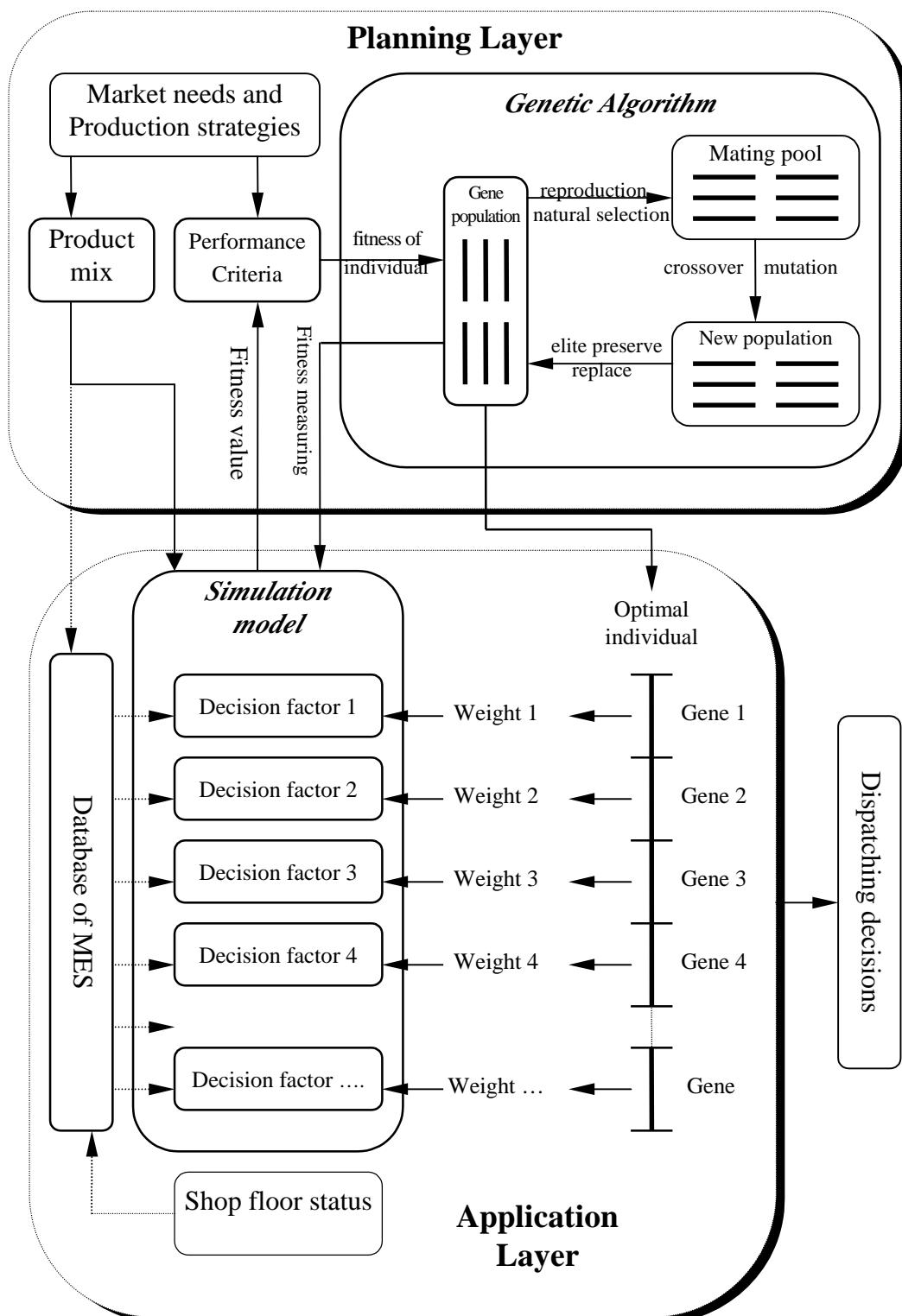


Figure. 2 Weighting-based dispatching scheme