

總計劃—虛擬之自動化半導體廠(3/3)

計畫編號： NSC 89-2218-E-002-056

執行期限:89年8月1日至90年7月31日

主持人：傅立成教授 E-mail:lichen@csie.ntu.edu.tw

執行機構：台灣大學資訊工程學系暨研究所

一、中文摘要

製造執行系統是架構在生產排程層以及現廠執行層之間，負責整廠製造流程的運作。我們以晶圓廠資訊整合的目的為出發點，針對目前封閉式的決策執行架構，利用資料庫正規設計方法，將廠區內的資訊流進行彙整，而統合於開放式網路，設計具開放式網路架構且能支援虛擬晶圓廠概念與需求之製造執行系統，並以此製造執行系統作為整個虛擬晶圓廠決策執行的核心。進一步的，虛擬半導體廠資訊伺服器必須彙整廠中各專屬系統間的資料流，因此，利用異質性資料庫伺服器系統，彈性地建構資料領域並能整合各個不同性質的資料源，每一資訊源均透過特別設計之轉換工具，使所有資訊源都可以使用共同的格式來交換資訊，同時也能提供使用者一個簡便的使用方法及溝通管道。

而在供晶元交期預測之虛擬半導體廠排程及派班的研究中，我們利用排隊理論及斐氏網路模型建構在變動環境下針對每個晶圓單元的交期預測引擎，而在排程及派班上，我們以所謂的排隊-斐氏網路模型結合了以基因為基礎的排程派班理論，並連結了MES資料庫，以虛擬半導體廠內的現場資料提供一個快速的排程及派班策略。

有了資料庫、製造執行系統、和交期派班的核心，接下來就是結合物料搬移、後勤和虛擬導覽。在建立物料搬移的模擬系統中，是將資料採運用於半導生產製造，我們設計出一套演算法，並建立物料

移送的虛擬環境及錯誤管理機制來改善生產過程中的產品良率。另外，我們也研究半導體廠後勤運作過程及協力廠商供應間虛擬互動模式之建立與協調輔助技術之發展，探討產能排程決策中相關部門的互動，進而發展出生產資訊入口網站系統，透過系統的自動化資料處理與事件監控，按照個別使用者的需求，將重要資訊即時通知相關人員，以提昇管理者的工作效率。最後，在整個計劃中的自動化半導體廠導覽中，則包括一個能讓使用者於線上安全地修改視點運動路徑的智慧型觀察者模組，及改善使用者瀏覽效率的智慧型人機介面模組。我們建立一套智慧型的3D瀏覽系統並設計出一個融合運動計畫及虛擬力場的智慧型瀏覽介面，以運動計畫為主的智慧型瀏覽介面擴展至大型場景中，並將智慧型觀察者的研究擴展至一般三維空間中。

二、計劃緣由與目的

製造執行系統 (MES : Manufacturing Execution System) 是架構在生產排程層以及現廠執行層之間，負責整廠製造流程的運作。國內半導體廠所採用如：Workstream 或是 Promis 等 MES 系統，大多是建構在封閉的專屬作業平台、及資料庫架構上，相對於封閉式的決策執行架構，本子計劃所提出的虛擬半導體廠，目標是以開放式整合平台的關連式資料庫為設計及實現基礎，在開放式的平台上，做現有次系統的擴充與整合。

虛擬半導體廠的異質資料庫資訊伺服器必須彙整廠中各專屬系統間的資料流，以提供使用者一個簡便的溝通管道。半導

體的製程繁複精密，必需考慮到下列問題：

- ◇ 不同的資訊源中，相同資料的名稱可能不一致，甚至有不同資料屬性。
- ◇ 各資訊源可能以各種不同的資料模式表現；也就是儲存資料的型式可能是關連式資料庫、物件式資料庫、文字檔或是其他特殊型式。
- ◇ 每個資訊源中可能包含相似的資料，但由於資訊源分屬不同部門，而使資料之關聯性不易察覺。
- ◇ 在晶圓廠中，各資訊源的資料可能隨時會有異動產生，造成資料的不易掌控性。
- ◇ 某些資訊源的資料來源可能因外力或人為干擾，造成資料不穩定或不準確。

因此，我們必需正確地描述每個資訊源，並有效地選擇與查詢相關的資訊源，規劃出適合的查詢步驟，同時成功地整合來自各資訊源之資料。

再談到虛擬之半導體廠之交期預測，在半導體製造中，同時處理的晶元製程種類繁多，且製程均要經過數百道步驟，再加上半導體廠內的不確定因素。面對如此複雜的生產流程，若想要得到一較佳生產管理方法，相當的困難。本整合型計畫目標是希望利用電腦大量且快速的計算能力和精確的計算結果，開發一交期預測引擎，預先協助廠商本身作出最有效之決策並且可以配合在排隊-斐氏網路模型上，利用電腦做基因演算法的排程方法搜尋，以提供廠商較佳的排程法則；對於客戶來說，也可以明瞭自己所下的訂單何時可以完成。

在虛擬半導體製程工廠自動化的操作上物料搬送的錯誤如果沒有完善之管理，則自動化的效益則將因人員過多的介入，或無法偵出的錯誤而大打折扣。為了能妥善的偵測，辨識及處理在物料搬送的錯誤，對於物料搬運的行為就必須仔細的加以分析，並有系統化的架構錯誤管理系統。物料搬運的錯誤管理就是希望透過有系統的分析以及對物料搬運的每一個細節加以定義以便達到自動地處理錯誤發生的

系統能力。本研究之重點就是要提出半導體廠錯誤管理系統理論之探討及實現。

在半導體工廠中，每一個步驟都有一部至多部的機器，而在半導體的製程中，往往每幾個步驟就會量測出一些資料。但是單從這些量測出來的資料，常常無法直接看出關連性，所以我們利用知識發現(KDD)的過程，從大量資料之中，不斷地探索和分析資料，過程中藉著資料探勘(Data Mining)的技術能夠有效率擷取未知的隱藏資訊與知識，提供決策者做參考之用。

在半導體的製作過程中影響良率的因素有很多，但是我們認為，其中一個很有可能的原因，就是由於某些機器的組合所導致，透過我們所發展出來的演算法處理後，可以得到一些步驟的機器編號組合和一些經過運算後的參數，藉著它們可以用來輔助我們來判別哪些機器組合的生產良率特別的不好或特別好，以做為下次規劃生產排程時的參考。只要是生產良率特別不好的機器組合，在下次規劃生產排程時就應該儘量的避免將它們組合在一起。

在虛擬半導體中後勤(logistics)與供應鏈(supply chain)的管理，牽涉到許多部門及不同廠區間的各自需求與立場，再加上市場及環境的變動，都會對原訂的計劃與時程造成局部的或整體的影響。所以需要有一個介於企業與客戶之間、部門與部門之間、個人工作與內外環境之間互動和資訊取得的介面或問道，可以讓企業內部的員工或是企業外部的顧客都能夠取得個別所需的資訊，並對各自的工作與計劃做必要的調整，使企業與客戶能夠在同一個脈絡中相互溝通以及分享訊息。我們採用智慧型代理人技術(agent technology)來發展輔助企業體各權責單位間流程管理與協調工作的功能，以促進企業快速反應與宏觀整合的能力，訂立出正確的經營策略，進而提昇企業的競爭力。

在3D導覽系統的部分，虛擬半導體廠的目的之一，在建立一個模擬的軟體系

統，讓使用者透過簡易的操作，便能達到資訊擷取、製程模擬、效能評估、物件追蹤、及教育訓練等目的。而本子計畫的主要研究目標便是在建立一個能提供 3D 瀏覽的智慧型人機介面，在開放性的架構上，以運動機化演算法為核心技術，透過智慧型瀏覽模組的研發，提升 3D 人機介面的易用及有效程度。

三、研究結果

底下我們分成六個主題來個別討論各子計畫第三年研究之成果：

(甲) 製造執行系統

本子計畫主要的成果有以下四點：

- 1、利用概念式的實體-關係資料模型整理出製程決策所需的相關資料，再將實體-關係資料模型轉換成邏輯式的關連式資料模型，最後將關連式資料模型建構在關聯式資料庫上。
- 2、在關連式資料庫上實現出包含：廠區佈置架構、製程流程定義、批貨管理、物料搬移管理、在製品追蹤、機台管理等決策模組之 MES 資料庫系統。
- 3、提供一 MES 過帳界面允許自動化操作模式下，讓單元控制器之流程控制系統以及物料管理系統作自動過帳以及查詢資料庫的資料。
- 4、在開放式的網路架構下，設計與實現跨網路之 MES 使用者界面，允許使用者新增一個生產製造流程或是對已定義過的生產製造流程作更改、查詢的動作或對 MES 資料庫內之資料作新增、更改以及查詢的動作，並且讓使用者經由此 MES 使用者界面下達投料的命令，讓流程控制系統及物料管理系統依據製造流程執行加工步驟。在加工的過程中，使用者亦可利用 MES 使用者界面查詢批貨的執行狀態及製程的歷史資料。

(乙) 異質資料庫資訊伺服器

(A) 半導體製程系統資料源

由於半導體製程過程極為複雜，步驟繁多，品管嚴謹，加上自動化的訴求，系統中需要儲存大量的資料以達到這些基本的要求，因此，通常半導體製造執行資料系統 (Manufacturing Execution System, MES) 中，需要存放數百個表單、數千筆資料。我們已能處理 Oracle、MS Access、MiniSQL 及全球資訊網的資訊源，這些資訊源分別儲存在不同的主機及作業系統中。

(B) 系統實作

◇ HTTP 伺服器

在經由 HTTP 通訊協定收到 client 端的查詢後，將收到的資訊轉換成 SIMS 的語法傳送給 SIMS，在收到使用者的查詢後，SIMS 會自行決定完成該查詢所需之資料源，同時規化出一個查詢計劃(query plan)，並且將執行查詢計畫的產生結果回傳給對應的 client 端。

◇ SIMS

異質資料庫伺服器的主體方面，當 SIMS 收到查詢的需求時，query planner 會根據 domain model 及 source model 的描述產生查詢計劃(query plan)。Query plan optimizer/executor 根據查詢計劃將送出對應的子查詢，這些子查詢將會由包攬程式執行，在收到查詢結果後，SIMS 也會將結果傳回 client 端。

◇ 包攬程式

SIMS 與包攬程式之間的溝通透過一個簡稱為 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) 的訊息交換格式標準。透過 KQML Agent Name Service 將子查詢送給對應的包攬程式。在取得與資訊源相關的訊息後，包攬程式便透過 JDBC 到對應的資料庫系統取得所需的資料，再包裝成 SIMS 所需之格式傳回給 SIMS。

(丙) 排程及派班

(A) 交期預測引擎的理論改善

我們在交期預測引擎的理論中研究，

在變動不確定狀態下的交期預測方法的研究中，我們焦點放在求出每個晶圓單元 (Lot) 在每個時間上的交期預測並且決定出所謂的排序排程 (Permutation Schedule)。我們改善前一年所開發一般化不確定雙式網路模型結合排隊網路的方法，引入一個排隊式態變 (Queueing transition)，這種工具我們稱它為排隊式彩色時序斐氏圖 (Queueing colored timed Petri-nets)，並在 Model 上加入一 Update Subnet，利用一 Subnet 計算每一特定的時間間隔內 Token 來的數量，讓機台之 Arrival Rate 更逼近真實情況，進而使的交期預測更加準確。

(B) 排程及派班的理論改善

在本研究計畫中，我們利用排隊式彩色時序斐氏圖，來對整個晶圓製造系統作模型。我們可以將排程方法的研究中，我們所應用基因演算法的晶圓製造排程在本計畫的研究中，讓我們的 Queueing Colored Petri Net (QCPN) 計算模型可以支援所提出的搜尋演算法，以產生出一套排程搜尋器。在 GA 中，並搭配 Mixed rule 及 Cutoff Method，其中 Mixed Rule 提供較大的解集合空間，使得找出的解更有效，而 Cutoff Method 方法可以大量減少遺傳演算法所需的計算時間，這種兩種方法大大的提升了 GA 搜尋法的效率。

(丁) 物料移送之虛擬系統

物料搬運的行為基本上是由訊息的傳達與硬體的操作所組成的，而設備的實體操作可透過事件的驅動去執行階段性的工作。如果能夠將設備的實體操作也就是物料搬運的行為每一個階段性工作，利用事件將其定義出來，對於行為與行為之間的關聯性，我們將透過事件追蹤圖及訊號流程圖而瞭解。追蹤圖是利用事件去驅動行為與行為之轉變，訊號流程圖是用來表示行為的動作，而狀態模型是結合了追蹤圖與訊號流程圖之優點。狀態模型中的每一個狀態各代表一個搬運行為的動作，狀態與狀態之間的轉變必須依賴外來的觸發

事件，同時這也表示物料搬運中某一個行為的結束，另一個行為的開始。當我們建立起一個狀態模型系統之後，接著將以此狀態模型系統去建構一個錯誤管理系統。在我們的系統中，錯誤處理的知識可以看成錯誤處理的狀態圖。因此錯誤處理的學習，也就可以看成錯誤處理狀態圖的建立。

在資料探勘的方面，則是利用決策樹 (Decision Tree)。主要的功能在於能夠將輸入變數依據某種規則或方法對資料進行分類，根據事前所選定的目標變數，而將資料中顯著的預測變數以樹枝狀方式表現。通常這樣的分類結果可以挖掘出顯著影響結果的因子。此因子最主要是討論如何提升生產過程中的產品良率，透過我們所發展出來的演算法處理後，可以得到一些步驟的機器編號組合和一些經過運算後的參數，藉著它們可以用來輔助我們來判別哪些機器組合的生產良率特別的不好或特別好，以做為下次規劃生產排程時的參考。

(戊) 後勤供應管理決策輔助系統

(A) 半導體製造之生產狀態監督

半導體晶圓廠的生產製造排程的決策過程，主要是由訂單管理部門 (Total Order Management, TOM) 與生產控制部門 (Production Control, PC) 以及製造部門 (Manufacturing, MFG) 等三個部門分層制定的。各相關部門對半導體廠中在製品晶圓的生產狀態進行監督、控制及管理大致而言有以下幾點的功能需求：

1. 生產狀態監督
2. 決策輔助
3. 不同角色的資訊需求不同
4. 具親和力的人機介面

(B) 生產資訊入口網站系統

本計劃根據先前敘述中所提到要解決的問題以及需求，發展出生產資訊入口網站系統 (Production Information Portal, 以下簡稱 PIP)。除了將生產線上的訊息匯集於網站，供半導體廠內的員工或企業外的

顧客可以取得外，系統還必須透過這些訊息來監督生產線上的狀態，當如果有使用者所訂閱的事件發生時，系統還能夠透過其他的媒介即時地通知該使用者，以便使用者能夠得知該情形，及早做出反應。本計劃設計出 PIP 系統的架構是由 6 個主要模組所組成的，分別是輸入模組 (input module)、輸出模組 (output module)、分析模組 (analysis module)、監督模組 (monitoring module)、資料庫模組 (database module) 以及使用者介面模組 (UI module)；各個模組都有其所要負責的任務。

(己) 智慧型 3D 瀏覽系統

(A) 以虛擬力場輔助 3D 瀏覽

在之前的研究裡，我們以實驗證明運動計畫演算法能有效性輔助 3D 瀏覽介面。此類方法是以有效率的運動計畫演算法，在使用者視點與障礙物碰撞時，自動產生避碰路徑。然而，這是解決與障礙物碰撞的治標方法；其治本方法還在於如何避免與障礙物碰撞。本研究嘗試以虛擬力場，影響使用者控制視點的方式，以減少碰撞環境中障礙物的機會。

(B) 適合大型場景的瀏覽輔助系統

本計畫的研究重點之一便是設計出一個具擴展性的運動計畫器，以適用於大型場景中。我們定義兩個視窗：焦點視窗及有效視窗。焦點視窗定義街圖建立的範圍而有效視窗則定義何時該移動焦點視窗及更新其內部街圖。由於必須在瀏覽執行過程中即時更新街圖，因此選擇一種建構時間較少且允許漸進更新的資料結構 -- RRT (Rapidly Exploring Random Tree) 以做為街圖表示法。隨著焦點視窗的移動，我們僅更新新舊視窗差異的區域。由於要更新的區域有限，因此線上更新效率能滿足即時的需求。

(C) 三維空間的智慧型觀察者

我們設計一個能以三維空間儲存四維空間資料的計畫演算法，這個演算法主要

利用距離維度越短越容易的特性。在搜尋的過程中，我們在相鄰距離必須連續的前提下，可以增加或減少某一參數的距離值，使得系統可以追蹤連續移動的目標物，解決空間過大所造成的計算完整性問題。

四、結論

本整合型計畫整合各子計畫，以執行製造系統為核心，依晶圓廠製程的需求，將晶圓廠內複雜的生產製造流程、多樣化的機台設備資料、在製品及機況的追蹤以及品管相關之量測數據等資料進行彙整。各子計畫之間的資料交換與資訊取得，透過異質性資料庫伺服器系統之轉換模組及所提供之標準且簡易之界面，來得到所需完整且即時之資訊。另一方面，本整合型計畫也包含了一個有效的模擬及最佳化工具，使得虛擬半導體廠有一準確之交期預測工具提供決策，及較佳之排成法則提高晶圓產能。而在物料移送方面，提供一完善的管理系統，對於物料搬運的行為仔細的加以分析，並有系統化的架構錯誤管理系統及錯誤處理的學習機制。至於在半導體廠的後勤供應管理方面，本計畫發展出生產資訊入口網站系統，在功能上不但具備企業資訊入口網站的特性，還能對生產線狀態監督，並且提供制定決策時的輔助資料。最後提供了一套智慧型的 3D 瀏覽系統，藉由此軟體系統，讓使用者透過簡易的操作，便能達到資訊擷取、製成模擬、物件追蹤、及教育訓練等目的。本整合型計畫最後結合此六個子計畫之成果，整合各個子系統，實現了虛擬之自動化的半導體廠。

五、參考文獻

- [1] J. K. Whetzel, "Integrating the World Wide Web and database technology," AT&T Technical Journal, Vol 75, Iss 2, pages 38-46, March-April 1996.
- [2] B. Wisman, "Linking databases to the Internet: present status and development trends," Informationsystem-Architekturen Vol 4, Iss 1, pages 72-77, Sept. 1997.
- [3] Greg Barish, Craig A. Knoblock, Yi-Shin Chen, Steven Minton, Andrew Philpot, and Cyrus Shahabi, "TheaterLoc: A Case Study in Building

- An Information Integration Application." In Proceedings of IJCAI-99 Workshop on Intelligent Information Integration, 1999.
- [4] Chun-Nan Hsu and Chien-Chi Chang, "Finite-State Transducers for Semi-Structured Text Mining." In Proceedings of IJCAI-99 Workshop on Text Mining: Foundations, Techniques and Applications, 1999.
- [5] M. H. Lin and L. C. Fu, "Modeling, Analysis, Simulation, and Control of Semiconductor Manufacturing Systems: A Generalized Stochastic Colored-Timed Petri-Net Approach," IEEE International Conference on Systems Man, and Cybernetics, 1999.
- [6] A.C. Huang, "Queueing Colored Petri-Net and GA Based Approach to Modeling, Prediction, and Scheduling for Wafer Fabrication," Master Thesis, Department of Computer Science & Information Engineering, National Taiwan University, 2001.
- [7] S. F. Su, "Behavior analysis and error management for automation of material movement in semiconductor manufacturing Fab," 1997 R. O. C. Automatic Control Conference.
- [8] B. J. Keli, U. Fayyad and Z. Qian, "Applying Machine Learning to Semiconductor Manufacturing," IEEE Expert, vol. 8, no.1, pp.41-47, 1993.
- [9] Christopher C. Shilakes and Julie Tylman, Enterprise Information Portals, Merrill Lynch, Inc., New York, NY, November 16, 1998.
- [10] Michel Fabre and Daniel Leblanc, "Monitoring manufacturing system behavior by continuous discrete-event simulation," Proceedings of the Conference on Winter Simulation, 1993, pages 1339-1346.
- [11] D. Xiao, R. Hubbard, "Navigation Guided by Artificial Force Fields," Proceedings of the ACMCHI'98 Conference, pp179-186.
- [12] T.H. Yu and T.Y. Li, "Motion Tracking Planning for an Intelligent Observer in 3D Workspace," Proceedings of the Seventh Conference on Automation Technology, Taiwan, 2001.