

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

總計劃—虛擬之自動化半導體廠(2/3)

計畫編號：NSC 89-2218-E-002-006

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：傅立成 教授 E-mail: lichen@ccms.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，針對半導體廠全廠機台管理與製程定義兩核心模組利用資料庫正規設計方法，進行彙整，並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資料庫，並以此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，以提供使用者一個簡便的溝通管道。因此，我們著手研究如何半自動更新 domain model 和 IS models 的內容，並且發展出一個可以應付一般單純情況演算法。

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，我們研究變動不確定狀態下的交期預測的理論開發及所謂的排隊-斐氏網路模型的建造和分析工具的探討。在此我們提出一個可以在變動環境下針對每個晶圓單元的交期預測引擎，並可以同時選擇出較佳的排序排程。而在排程及派班上，我們在所謂的排隊-斐氏網路模型上，結合了以基因為基礎的排程派班理論。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，是將資料採採運用於半導生產製造，最主要是討論如何提升生產過程中的產品良率，我們設計出一套演算法來解決這個問題。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。其目前的主要成果為完成了以需求滿足過程為供應鏈運作的核心模組；以服務互動模式規範各成員間的關係和以功能角色提供彈性的流程設定、引導、與整合。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。我們也設計了一個虛擬場景的編輯工具，以有效管理虛擬環境中的模型，並能依據線上的組態動態產生虛擬場景。在大型場景也設計了一個線上場景管理軟體模組，以根據使用者視點的運動型態，動態載入所需的幾何模型。

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，本整合型計劃所提出的虛擬半導體廠，是以開放式整合平台的關連式資料庫為設計及實現基礎，目標是整合專屬 MES 及其他獨立之資料庫系統進行彙整。

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，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，而且需應付下列問題：

- ◆ 各資訊源之資料可能採用不同的名字代表同一個關係或數值

- ◆ 各資訊源可能用完全不同的資料模式：relational, object, text, 或 knowledge base
- ◆ 各資訊源可能包含相近的資料，但表面上察覺不出其關聯性
- ◆ 各資訊源所提供的資料可能會不斷地變化
- ◆ 各資訊源可能不穩定、不準確、甚或需耗費成本才能取得資訊

因此，我們需要能正確地描述每個資訊源，有效地決定與 query 相關的資訊源，規劃出適合的查詢步驟，並且成功地整合自各資訊源所取得之資料。

再談到虛擬之半導體廠之交期預測，可將晶元的生產虛擬建構於電腦中，開發一交期預測引擎，在客戶下單時或廠商進行實際生產之前，可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。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，並以我們所了解之聯電三廠之狀況做實際的推行。

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，常常無法直接看出個所以然，所以必須要計出資料模型以及演算來對其作資料探採，資料探採最主要的工作就是將含有高價值的資訊採擷出來。

在半導體的製作過程中具有下列之特性：生產流程有著一定的模式，每個生產步驟會有一部至多部的機器，所以在生產的過程中每一批原料所經過的機器組合不盡然相同。

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，如物料未如預期送達、生產設備故障、及客戶訂單改變等，都會對原訂的計劃與時程造成局部的或整體的影響。計劃的長期研究目標之一為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。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。在前一年的研究中，我們分析供應鏈資訊系統尚未解決的問題及供應鏈虛擬化的要件；並提出一具有主動性的資訊媒介架構，能對資料做適當的蒐集與整合。

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提供一個智慧型的圖形人機介面，以支援上述目的。而本子計畫的目的，便是希望能在開放式的架構上，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、研究方法

本研究資料庫設計作法上是將MES劃分為若干個子系統，然後就子系統內再進行詳細的需求分析，建立具有高語意表達能力的實體-關係資料模型，再將所得到的實體-關係資料模型轉換成關連式資料模型。接著將各子系統的實體-關係資料模組整合成一個大系統之實體-關係資料模型，再將此實體-關係資料模型轉換成關連式資料模型，並作正規化處理。最後，將正規化後的關連式資料模型依資料庫系統內部之儲存結構或檔案組織來建立資料庫系統。本整合型計劃中MES第二年的研究重點為：機台管理及製程定義兩核心模組。

在本整合型計劃中資料庫設計實際建構SIMS系統時，發現domain model和IS(Information Source) models的產生，都是需要管理者親自寫LOOM語言，而且當有新的資料源加入或是刪除已連結的資料源都是需要手動再修改domain model和IS models的程式碼。當SIMS系統連結了大量的資料源之後，這對管理者維護domain model和IS models的正確及完備性都是一大負擔。

因此，我們著手研究如何半自動更新domain model和IS models的內容，並且發展出一個可以應付一般單純情況演算法。

半自動更新models的方法主要分成下三個步驟：

- <1> 產生所有可能的配對
- <2> 檢查可能的配對
- <3> 給予每一個類別概念與新資料源的符合程度評分。

交期預測引擎的理論開發中，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)。我們使用我們前一年所開發的一般化不確定斐式網路模型為基礎內嵌入所謂的馬可夫鍊(Markov Chain)和分支-約束

(Branch-and-Bound) 排序排程演算法。分支-約束排序排程演算法可以動態的對每一機台或機台群組搜尋一個較合適的排程派班法則。交期預測方法需要進一步的實驗和模擬來加以修正和驗證。這也就是我們下個年度的目標之一。最後的年度的目標除了理論和證明外。我們將實作並運用資料庫做線上(on-line)交期預測。

在排程派班的研究中，我們所應用到的queueing機台模型可以分為兩大類。對於一般的機台種類和批貨處理機台，根據一些先前的研究，我們可以採用其中提出的一些對於queueing模型的效能分析方法(或數學公式)。我們讓我們的Queueing Petri Net(Q-PN)計算模型可以支援所提出的搜尋演算法；這種方法是用來配合建構在Q-PN模型的之上的GA搜尋法共同作用，以產生出一套排程搜尋器。

另一方面，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。不管是上層控制器與下層設備模擬器之間的通訊或者是下層設備之間的通訊都可以利用事件來定義，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，如此對於去分析物料搬運行為的工作就顯得容易多了。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。

本整合型計劃中後勤供應這一年的目標為延續之前的研究結果，建立後勤供應流程管理及協調輔助的基本能力。我們目前的主要工作成果為(1)以需求滿足過程為供應鏈運握的核心模組；(2)以服務互動模式規範各成員間的關係；(3)以功能角色提供彈性的流程設定、引導、與整合。

供應鏈的運作核心在於需求與供給的

(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。

「機台管理」類別裏包括機台、處理單元、配方等相關資料，「批貨管理」記錄著晶圓批貨所執行的晶圓製造步驟，以提供製品追蹤的功能。「系統管理」記錄其他如倉儲、無人搬運車、隧道等等的定義。

(B) 系統實作

使用者查詢介面

使用者介面還要負責將所下達的查詢轉換成 SIMS 的查詢語法，將它傳送到 SIMS 去，SIMS 在收到使用者的查詢之後，會自行決定為完成該查詢所需之資料源，所需的最佳化一個查詢計劃(query plan)，並且將執行查詢計畫的產生結果回傳給使用者。

包覆程式

目前我們正在從事的研究除了繼續改進現有的系統，開發更簡便的使用者查詢介面。嘗試收集更加接近真實的半導體工廠的資料，增加系統資料庫的規模。並且發展除了資料庫以外的其他種類資料源的包覆程式(wrapper)，如今許多從事網頁資訊整合的研究在研究網頁包覆程式的時候都將重心放在如何以全自動或半自動以機器學習的方式來產生網頁包覆程式。

除了網頁資料的擷取之外，如何將網頁的瀏覽與定位自動化，卻是一直未被重視與提及的問題。這個問題其實是一個值得被探討的問題，將對於這些過程的自動化作一探討，並且將會提出一個合理的解決方案。

(丙) 排程及派班

(A) 交期預測引擎的理論開發

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)。我們使用我們前一年所開發的一般化不確定斐式網路模型為基礎內嵌入所謂的馬可夫鍊(Markov Chain)和分支-約束(Branch-and-Bound) 排序排程演算法。分支-約束排序排程演算法可以動態的對每一機台或機台群組搜尋一個較合適的排程派班法則。

(B) 排程及派班的理論開發

在本研究計畫中，我們利用自行提出來的一種叫做 Queueing - Petri Net (Q-PN) 的工具，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，我們所應用的最佳化搜尋方法是基因演算法(Genetic Algorithm, GA)和根據我們的 Q-PN 系統模型所導出的數學分析。應用基因演算法的晶圓製造排程在本計畫的研究中，我們讓我們的 Queueing Petri Net (Q-PN) 計算模型可以支援所提出的搜尋演算法；在這裡，我們提出一種新的方法用來表示晶圓廠中的生產製造排程問題。如同前面曾經提過的，這種方法是用來配合建構在 Q-PN 模型的之上的 GA 搜尋法共同作用，以產生出一套排程搜尋器。合適度最高的個體將會留存到最後，做為我們 GA 的輸出值(解)。

(丁) 物料移送之虛擬系統

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，常常無法直接看出個所以然，所以必須要計出資料模型以及演算來對其作資料探採，我們將本節中說明整個資料模型及資料探採的演算

法。要定義出資料模型之前，我們先將半導體的製程抽象化。在將半導體製程抽象化之後，我們要開始定義資料模型。我們將資料模型命名為多結構，之所以命名為多維結構，是因為我們將進入測試步驟之前的每個步驟當作是一個維度(dimension)，每個維度的值就是在此步驟中所經過的機器編號。所以經過n個步驟後，我們就可以將其看作是在n度空間上的一點。在n度空間上的每一點都有包含了一個至多個參數，這些參數是用來記錄一些測試的屬性值，並且可以用來當作判定的標準。

本研究是將這門學科運用於半導體生產製造，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

我們以服務要求與服務提供的關係來統一描述各角色間的互動，這些互動以訊息交換的形式具體呈現。我們將訊息交換區分為不同的互動階段，列舉如下：

1. 查詢 — 服務要求者與服務提供者交換有關需求與供給的資料。
2. 建立 — 服務要求者與服務提供者嘗試建立服務關係。
3. 追蹤 — 在服務關係建立之後，有關服務進度的追蹤。
4. 更改 — 服務要求者提出服務內容更改的請求。
5. 中斷 — 服務關係的提早結束。
6. 成果交付 — 服務成果的交付。

這些互動類型及訊息種類，讓我們可以更進一步訂定一些互動協定(interaction protocol)，以規範服務要求者與服務提供者間的互動行為。互動協定的設計與使用，將隨著環境、任務、運作模式的不同，而做適當的選擇。

我們以智慧型代理人(intelligent

agents)技術來發展個別角色所需的資訊系統。智慧型代理人將提供以下的決策輔助功能：(1)引導與管理服務過程的進行—依照預先設計的模式，適當的交換訊息，確定各階段的完成；(2)資訊媒介與傳遞—提供動態的、依照個別需要設定的資訊連結；(3)服務要求的合併與整合—加速部分服務工作或減緩部分服務工作，使得適當數量的工作可以批次處理，增加效率降低成本。

(己) 智慧型 3D 瀏覽系統

(A) 線上瀏覽輔助：

此研究的目的是希望在瀏覽的過程中，使用者能以即時互動的方式，控制或改變瀏覽的結果。根據原始運動路徑的產生方式，我們設計了兩種型態的智慧型瀏覽輔助模式。

第一種是以自動導覽系統所產生的導覽路徑為基礎，在導覽執行的過程中，我們允許使用者以滑鼠拖曳的方式，任意修改視點的路徑；而此路徑藉由線上計畫器的輔助，將仍能保證維持智慧型觀察者的限制特性。

第二種瀏覽輔助模式是以運動計畫軟體於3D瀏覽可能發生困難的地方，自動產生輔助性的避障路徑，以使瀏覽更加平順。我們所提議的方法，是在使用者界面的控制迴圈中，攔截滑鼠的拖曳事件，以估算使用者的運動意圖(即希望前往的位置及方向)。在實作方面，我們將此運動計畫器整合入一個以Java3D實作的VRML瀏覽器中，並完成了使用者的使用分析。

(二) 大型場景線上管理：我們所提議的網路式虛擬實境系統，是將虛擬場景中的幾何模型及場景組態儲存在資料庫中，而在使用者需要瀏覽時，才自資料庫中查詢出所需的模型，送至使用者端的機器上顯示。但是由於場景的規模龐大，而使用者一次能看得到的區域有限，並且顯示用的

記憶體亦有限，因此如何利用空間與時間的區域性(locality)，有效的將最需要的資料即時傳至使用者機器，是本項研究所欲達到的目標。目前的此研究的成果大致可區分為兩項。第一、我們開發了一套場景設計及管理的工具軟體。第二、我們設計了一個使用者的運動預測及線上模型管理的軟體模組。

四、預期成果

本整合型計劃第二年的成果首先為：針對半導體廠全廠機台管理及製程定義兩核心模組進行分析、設計與實現。

在對學術界及產業界的貢獻上，我們希望本整合型計劃研究成果能於對現有半導體廠內的各自動化系統，設計互通的通訊架構管道，進行資料的彙整，並在彙整的基礎上針對製程改良廠區資源使用率提高及交期預測和系統維護管理等，提供外加改良結果。

在本整合型計劃中的交期預測方面，我們得到一些很重要的理論，但是我們在變動不確定狀態下和穩定狀態下的交期預測方法仍需要進一步的實驗和模擬來加以修正和驗證。這也就是我們下個年度的目標之一。最後的年度的目標除了理論和證明外。我們將實作並運用資料庫做線上(on-line)交期預測。在本整合型計劃中的生產排程方面，在本計畫的研究中，我們利用 Queueing-Petri Net 為工具建構了晶圓製造廠的生產模型，並在其上應用基因演算法配合 Queueing Theory 的數學分析來完成最佳排程的搜尋。

在本整合型計劃中，我們也根據 SEMI E32-94 的標準而提出了物料搬移的行為，這些標準是一個規範，在實際的半導體廠中，可視實際需要而有所取捨。並利用這些物料搬運的行為建立起狀態模型，讓我們可藉由這些狀態清楚瞭解到目前的搬運行為，最後使用這些狀態架構起一個錯誤管理系統。資料探採是一門運用廣泛的學問，在近幾年來由前人發展出許多不

同的演算法。它的運用範圍幾乎涵蓋了各行各業，本研究是將這門學科運用於半導體生產製造，而最主要是討論如何提升生產過程中的產品良率。

我們針對需求與供給的互動進行分析與設計中，完成了需求滿足角色的區分、服務過程互動階段與訊息種類的列舉、及服務關係進行狀態轉換的描述。這些成果將提供個別智慧型代理人功能發展的統一基礎，甚至可以彈性的擴展於其他的供應鏈模式(如電子商務、物流共同化等)。我們將在後續的計畫中，探討這些延伸的相關應用。

本整合型計劃中在導覽系統中在第一年度最後一季的進度裡，我們的工作重點之一將放在以合作廠商的工廠模型為範例，測試自動導覽系統的可用性，並改進各個實驗性模組的效率；特別是大型虛擬場景的資料流管理，尚須藉由進一步的實驗證實其有效性。

另外，本整合型計劃的初步成果，亦已整理發表於知名國際學術研討會。