

東海大學數學系
碩士論文

IC 製造加速晶圓流向瓶頸區
的流程控制的設計

The Flow-Control Design of IC Wafer
Fabrication to Bottleneck Area



研究生：許富楠

指導老師：劉力

中華民國九十六年六月

摘要

本論文繼續先前某系列有關積體電路製造，逆向於傳統的生產規劃與管理架構之自主性的現場流控技術的研發。循著原先嘗試著維持在製品平均分散於各個工作站的精神，於晶圓派工的順位方面，我們提出一種新的更有效率，稱之為時差法的設計，並以模擬相關的數據證實它的優點。另一方面，引進庫存區的概念，修正了之前研究因為考量上標籤機器派工相關問題，而有的提前投料之某一不合理的作法。至於非上述在製品平均分散於各個工作站思維的流控技術，我們則提出晶圓加速流向壅塞區的某種派工順位的設計，並指出其與時差法之諸如量產與否的不同的適用場合。上述成果係與同窗陳錫輝一起研究；各自論文的撰寫方面，主要的結果一致，惟細節上，陳君偏重時差法派工順位的構思與其作業系統執行的情形，而本人則著重投料相關的庫存區和晶圓加速流向壅塞區域之派工設計的說明。

Abstract

This research is the continuation of a special kind of studies about the on-site flow-control technique of WIP scatteration in IC fabrication. It is different from those designs developed by the traditional production planning and managing framework. Maintaining the original spirit of evenly scattering WIP's in workstations, we provide a new and efficient method called the previous-time method for wafer dispatching, and simulates related data to prove the advantages. Moreover, we introduce the concept of storage in order to fix the tag machine dispatching problem caused by past studies. As to the flow-control technique which is not evenly maintaining WIP scatteration in every workstation, we provide a dispatching design called the accelerating method for IC fabrication to bottleneck area. We also point out it's applied condition, which is different from that under the previous-time method above. The study is done by Mr. Chen Shi-hui and I. We share the same results of the study but branch out in writing up the theses. Mr. Chen focuses on the motivation and executing the previous-time method for wafer dispatching, and I concentrated on the new storage design and the accelerating method for dispatching.

目 錄

第一章 前言.....	1
第二章 作業系統模型.....	4
第一節 系統模型假設.....	4
第二節 機器運作數據.....	5
第三節 實驗性質製程.....	7
第三章 原晶圓區間平穩差值法.....	17
第一節 晶圓釋放法則.....	17
第二節 晶圓派工法則.....	18
第三節 等候理論角度之優點.....	22
第四章 時差法之派工順位的設計.....	25
第一節 平穩差值法的落差.....	25
第二節 時差法的流控設計.....	27
第五章 庫存區之投料相關的設計.....	32
第一節 原投料配套不合理處.....	32
第二節 庫存區投料相關作法.....	34
第三節 整體模擬程式有關流程.....	40
第六章 晶圓加速流向壅塞區的流控作法.....	43
第一節 晶圓加速流向壅塞區的派工設計.....	43

第二節 加速法與時差法之比較.....	48
第三節 其他派工順位的作法.....	51
第七章 結論.....	54
參考文獻.....	55

圖目錄

圖 2.1 製程一加工步驟機器編號流程圖.....	11
圖 2.2 製程二加工步驟機器編號流程圖.....	15
圖 2.3 雙製程加工步驟機器編號流程圖.....	16
圖 4.1 平穩差值法相關數據示意圖.....	26
圖 4.2 時差法派工順位示意圖.....	28
圖 5.1 原投料配套示意圖.....	33
圖 5.2 作業系統庫存區示意圖.....	34
圖 5.3 上標籤機器派工流程圖.....	37
圖 5.4 庫存區流入第 2 步驟等候區之流程圖.....	37
圖 5.5 機器狀態改變之流程圖.....	41
圖 5.6 模擬程式流程圖.....	42
圖 6.1 加速法時間間距之示意圖.....	44

表目錄

表 2.1	機器配置及運作資料表.....	6
表 2.2	製程一各加工步驟表.....	7
表 2.3	製程二各加工步驟表.....	12
表 4.1	單製程作業系統模擬數據(時差法製程一).....	28
表 4.2	單製程作業系統模擬數據(時差法製程二).....	29
表 5.1	平穩差值法單製程作業系統數據(原提前投料).....	35
表 5.2	平穩差值法單製程作業系統數據(庫存區).....	36
表 6.1	製程一各加工步驟晶圓加速法的的時間間距.....	45
表 6.2	單製程作業系統相關之數據(加速法).....	46
表 6.3	雙製程作業系統相關之數據(加速法).....	47
表 6.4	單製程作業系統相關之數據(加速法與時差法).....	49
表 6.5	年產值相關數據(在製品參數 90 瓶頸機器台數 2 台)...	50
表 6.6	年產值相關數據(在製品參數 110 瓶頸機器台數 2 台)...	50
表 6.7	年產值相關數據(在製品參數 200 瓶頸機器台數 4 台)...	50
表 6.8	年產值相關數據(在製品參數 230 瓶頸機器台數 4 台)...	51
表 6.9	單製程作業系統相關之數據(先到先服務之派工).....	51
表 6.10	單製程作業系統相關之數據(先到先服務之派工).....	52
表 6.11	單製程作業系統相關之數據(等候晶圓多者優先).....	52
表 6.12	單製程作業系統相關之數據(等候晶圓多者優先).....	53

第一章 前言

吾人繼續某系列指導老師的學生們有關於積體電路製造，其流程控制和作業系統評估等方面的技術的研究[5][6][7][8][9][10][11][12][13][14][17][20]。

一般來講，IC 廠營運的主要的兩個目標為降低生產成本和提高服務的品質。其晶圓製造整體的規劃與控制的架構以及相關的技術是十分複雜的。傳統作法為先有上層的資源規劃與需求管理[3][10][15]，之後衍生中層的主生產排程和細部生產排程[1][5][12]，再由下層的現場流控的設計嘗試完成中層之排程所交代下來的構想[2][4][11]。這一方面的技術，在遇到機器不預期的當機或維修的狀況時，由於作業系統不易解析，不容易交代的清楚[1]。

異於上述的作法，先前系列研發的所謂晶圓區間平穩差值的流控技術，係以反向思考的方式，首先設計一種傳統架構上屬於下層的，具有自主性，簡單有效率，晶圓釋放基於在製品參數，晶圓派工基於製程時間區間內晶圓數的投料與派工的作法。之後，撰寫此一技術下作業系統的模擬的程式；並用輸出的數據決定系統最適當表現的一些參數值。再以這些參數值的作業系統之產能為基礎，提出傳統架構之屬於最上層的資源規劃與需求管理方面的一些問題的對策。此一方式比傳統的階層式的技術簡單了許多；現場流控若遇機器當機的狀況則順其自然，無傳統作法之為了執行上層構想所碰到的問題；而實驗性質系統表現方面的模擬的數據，也顯示這樣的技術有好的潛力達成 IC 廠之營運的目標[21]。

有關之自主性的現場流控技術的進一步地解說如下。先固定所謂的在製品參數的值，讓作業系統的在製品量試著維持一定的數目，然後尋求對應之有效率的投料與派工的作法。派工順位係依據相關製程之加工步驟執行時間，其依序銜接所形成的“理論製程時間區間”上之等候晶圓與在製品數量間的平穩差值的大小決定之。由於刻意地在製品，在此抽象的製程時間區間上作較為平穩的移動，因此產出平穩，方便作業系統之一些重要量測值的評估[20]。至於各工作站初始之機台數的配置，也參考一些典型的理論製程時間其相關機器所負荷的工作總量，按比例地予以估算。可以注意的一點，在製品參數固定下，若晶圓能持續較平均地分散於各個工作站，則理論上可縮短生產週期時間，增加產能[3]。上述之不同的在製品平均分散於理論製程時間區間的構想，不失為平均分散在製品於各個工作站此一思維的一種可能的作法。

論文研究的課題有三，其一，先前晶圓區間平穩差值的派工順位的設計，對於在製品之平均分散於製程時間區間之實質上的效果、落差以及可能的改進為何？其二，如何修正先前技術之為了因應上標籤機器派工相關問題，而有的某種提前派工之並不合理的配套的措施？其三，構思逆向於在製品平均分散於各個工作站之觀點的其他的派工的作法，論述其優缺點，俾與本系列所研發之相關的技術作一比較。

研究的進行和成果如下。首先，我們檢視和說明，純粹地晶圓區間平穩差值之派工順位的設計，有幫助但並不能十分滿意地將在製品平均分散於製程時間區間上的一些原因。之後，提出稱之為時差法的修正的作法，並以模擬作業系統的一些數據證實它的優點。其次，我

們引進庫存區的概念來修正原先因應上標籤機器相關問題而有之提前派工的不合理的作法。至於非維持在製品平均分散於各個工作站之觀點的流控技術的呈現，我們則構思和提出加速晶圓流向瓶頸區的某一種設計，解釋適用的場合，並比較它與時差法之量產與否的不同作業系統的一些量測值的差異。

陳錫輝和本人為指導老師的兩位研究生，我們一起研究和討論上述相關的一些問題。碩士論文的撰寫方面，主要的結果一致，惟細節上，陳君偏重時差法派工順位的構思與其作業系統的執行情形，題目為“IC 製造維持在製品平均分散於工作站的流控技術”，而本人則著重投料相關的庫存區和晶圓加速流向壅塞區域之派工設計的提出，題目為“IC 製造加速晶圓流向瓶頸區的流程控制的設計”，在此作一說明。

本論文將於第二章引述作業系統模擬的模型；第三章，介紹原有之晶圓區間平穩差值的現在流控的技術。之後，第四章，提出時差法，修正原先派工順位的作法；而於第五章解說具庫存區概念的新的投料的配套。至於第六章則呈現非平均分散在製品於各個工作站觀點之加速晶圓流向壅塞區域的某種派工的設計。結論部分（第七章），樂見系列有關研究之進一步的發展。

第二章 作業系統模型

以下為先前系列相關的積體電路製造作業系統的模擬的模型。分系統模型假設，機器運作數據和實驗性質製程等三部分作說明[20]。

第一節 系統模型假設

1.1. 術語

1. 晶圓(wafer)：一種圓形矽片，為製造積體電路之材料。
2. 製程(process)：訂單產品的加工，每一步驟有其固定的內容，此從頭到尾的程序謂之製程。
3. 機器(machine)：可獨立執行某一製程的步驟加工的器具稱為機器。本文之作業系統中所使用的機器分為上標籤機器、時效性機器及一般機器等三種。
4. 流程(flow)：晶圓按照製程的順序，加工或等候，其流動的過程謂之流程。
5. 單位晶圓(wafer lot)：晶圓加工係以盒為單位（每盒晶圓數一定，如 24 片）。一盒的晶圓稱為一晶圓組，或稱一單位晶圓。
6. 晶圓釋放(wafer release)：未加工單位晶圓置入系統之中謂之。
7. 晶圓派工(dispatching)：閒置的機器對其等候區之單位晶圓做選擇性的加工。
8. 機器最大作業量(capacity)：機器派工時，其可加工之單位晶圓的最大數量。

9. 作業系統表現(performance)：作業系統的表現包括單位晶圓的平均系統時間(system time)、平均系統數目、單位時間產能、壅塞程度、機器使用率(utilization)和流程是否平穩等項目。

1.2 模擬相關假設

1. 製程方面的假設：訂單產品每一製程步驟所需使用機器及其加工的時間均為已知而且固定。
2. 晶圓加工方面的假設：如術語部份所述，晶圓係以單位晶圓的方式加工。
3. 機器作業方面的假設：機器於加工作業時不當機；完工後，分成可以繼續運作和須維修兩種狀況。一台機器的運作及維修時間，均為某一種類似指數分佈[11]的隨機變數，其平均值決定於生產線上相關的數據。
4. 時效性機器組的假設：時效性機器組包含二類型機器：第一種時效性和第二種時效性的機器。單位晶圓在完成第一種時效性機器加工後，於一定時間內，必須接受第二種時效性機器之派工，否則先前的加工作業失效而需要重做。
5. 晶圓釋放方面的假設：製程之第一個步驟作業的機器為上標籤機器，無等候區；空白的批量晶圓，依晶圓釋放法則進入作業系統中，而該批量晶圓之生產週期時間及從此進入的時刻算起。

第二節 機器運作數據

有關模型包含 28 種類機器，依編號序，其分別的台數，最大作業量，平均之維修及可作業時間的資料如下表 2.1 所示。

表 2.1 機器配置及運作資料表

機器				當機/月		可作業/月	
分類	類型編號	台數	最大作業量	百分比	平均小時/次	百分比	平均小時/次
A1	1	1	1	15%	27	85%	151
A2	2	1	4	5%	18	95%	342
A3	3	2	6	10%	9	90%	81
A4	4	2	6	25%	22.5	75%	67.5
B1	5	4	1	10%	4.5	90%	40.5
B2	6	4	1	10%	4.5	90%	40.5
B3	7	8	1	15%	6.75	85%	38.25
B4	8	4	1	10%	4.5	90%	40.5
B5	9	4	1	10%	4.5	90%	40.5
C1	10	2	1	25%	22.5	75%	67.5
C2	11	2	2	20%	9	80%	36
C3	12	2	1	25%	22.5	75%	67.5
C4	13	2	1	25%	22.5	75%	36
D1	14	2	2	5%	18	95%	67.5
D2	15	1	4	5%	18	95%	67.5
D3	16	1	2	10%	9	90%	342
D4	17	1	1	10%	9	90%	342
E1	18	3	1	40%	8	60%	81
E2	19	2	1	40%	8	60%	81
E3	20	2	4	5%	18	95%	12
E4	21	2	1	45%	9	55%	12
F1	22	2	4	5%	18	95%	342
F2	23	3	6	10%	9	90%	81
G1	24	1	4	5%	18	95%	342
G2	25	2	6	10%	9	90%	81
G3	26	2	6	10%	9	90%	81
G4	27	2	6	25%	22.5	75%	67.5
G5	28	1	6	5%	18	95%	342

第三節 實驗性質製程

訂單歸屬兩個實驗性質製程。第一個實驗性質製程和第二個實驗性質製程，分別簡稱製程一和製程二，如表 2.2 和 2.3。

2.3.1 第一個實驗性質製程

表 2.2 製程一各加工步驟表[20]

Process step	Machine	Lots	Mins	Note
1. 晶圓打上編號 Wafer marking	A1	1	30	Use laser to mark I.D. on wafer(24 wafer/lot)
2. 清洗 Cleaning	A2	4	30	
3. 襯墊層氧化 Pad oxidation	A3	6	180	Furnance,900
4. 氮化矽沉積 CVD Nitride deposition	A4	6	240	
5. 光阻塗佈 Photo Resist Coating	B1	1	20	
6. 軟烘烤 Soft bake (90)	B2	1	10	
7. 活耀面積對準 Active area alignment	B3	1	30	1 st mask layer
8. 曝光、光阻顯影與圖案檢視 Development	B4	1	20	
9. 硬烘烤 Hard bake (100)	B5	1	10	
10. 氮化矽電漿蝕刻 Plasma Nitride etching	C1	1	20	Dry etching
11. 光阻剝除 Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O ₂ (dry etching)
12. Caro's 光阻剝除 Caro's photo Resist remove	D1	2	30	Wet method(H ₂ SO ₄ +H ₂ O ₂)
13. 場區對準 Field implant	E1	1	15	Medium ion implanter
14. 清洗 Cleaning	F1	4	30	
15. 場區氧化層 Field oxidation	F2	6	600	

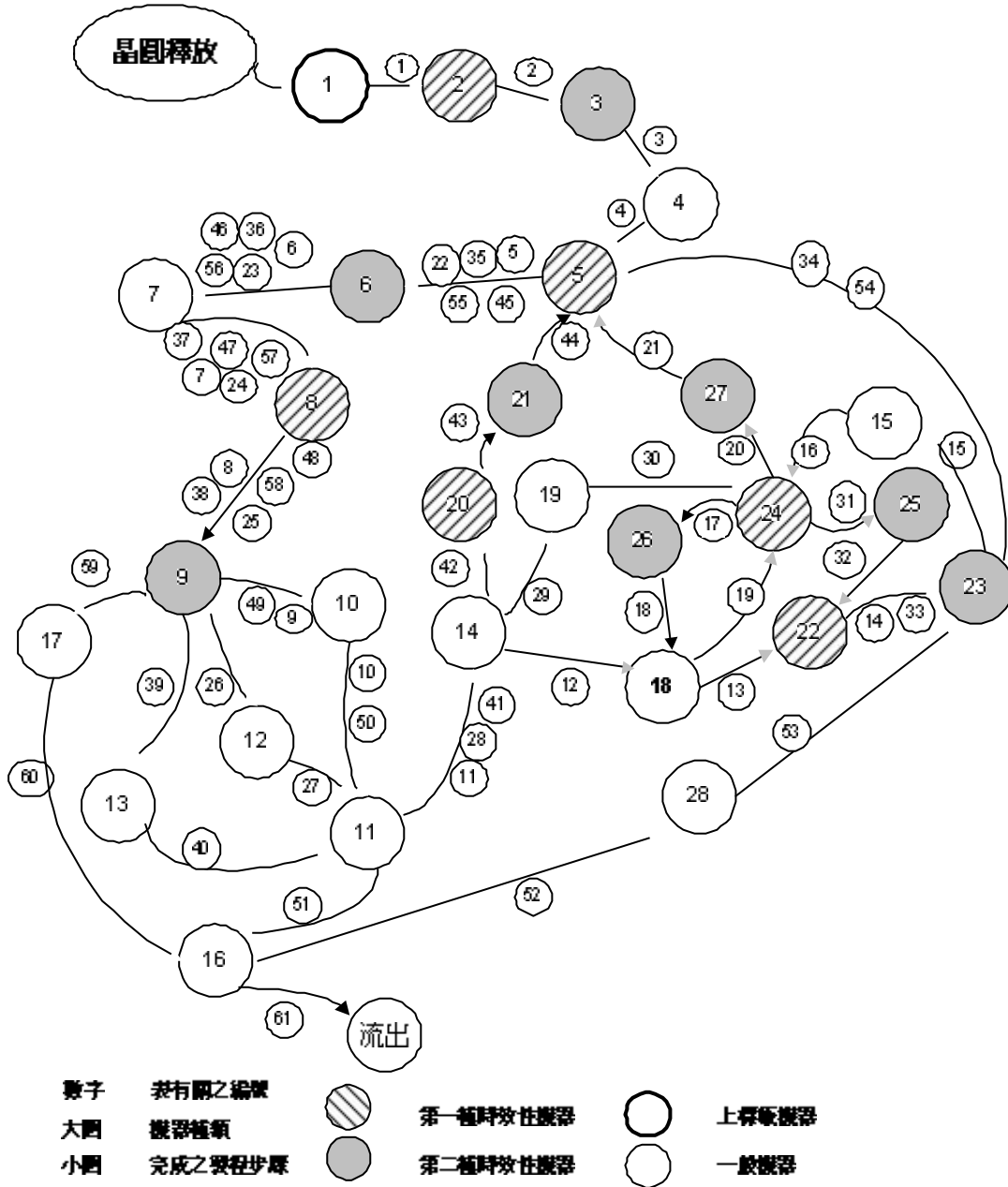
(續)	Process step	Machine	Lots	Mins	Note
16.	襯墊氧化層剝除與氫氟酸蝕刻 Pad oxide remove HF etching	D2	4	15	
17.	清洗 Cleaning	G1	4	30	
18.	閘極氧化層 Gate oxidation	G3	6	240	
19.	Vt 離子佈植 Vt implant	E1	1	30	
20.	清洗 Cleaning	G1	4	30	
21.	多晶矽沉積 Poly Silicon deposition (CVD)	G4	6	260	
22.	光阻塗佈 Photo Resist Coating	B1	1	20	
23.	軟烘烤 Soft bake (90)	B2	1	10	
24.	多晶矽對準與曝光 Ploy layer alignment and exposure	B3	1	30	2 nd mask layer
25.	光阻顯影與圖案檢視 Development	B4	1	20	
26.	硬烘烤 Hard bake (100)	B5	1	20	
27.	多晶矽乾式蝕刻 Poly Dry etching	C3	1	30	Plasma dry etching
28.	多晶矽光阻剝除 Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O ₂ (dry method)
29.	Caro's 光阻剝除 Caro's Photo Resist remove	D1	2	30	Wet method
30.	N ⁺ S/D 離子佈植 N ⁺ S/D ion implant	E2	1	30	Use As ⁺ , high current ion implanter
31.	清洗 Cleaning	G1	4	30	
32.	N ⁺ 驅入 N ⁺ drive in	G2	6	180	Furnance, 950
33.	清洗 Cleaning	F1	4	30	
34.	氮化矽氧化沉積 CVD oxide deposition	F2	6	170	
35.	光阻塗佈 Photo Resist Coating	B1	1	20	
36.	軟烘烤 Soft bake (90)	B2	1	10	

(續)	Process step	Machine	Lots	Mins	Note
37.	接觸窗對準與曝光 Contact alignment and exposure	B3	1	30	3 rd mask layer
38.	曝光、光阻顯影與圖案檢視 Development	B4	1	20	
39.	硬烘烤 Hard bake (100)	B5	1	10	
40.	接觸窗蝕刻 Contact etching	C4	1	20	Plasma dry etching
41.	光阻剝除 Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O ₂ (dry method)
42.	Caro's 光阻剝除 Caro's Photo Resist remove	D1	2	30	Wet method
43.	清洗 Cleaning	E3	4	30	
44.	金屬層沉積 Metal layer deposition	E4	1	30	Sputter machine
45.	光阻塗佈 Photo Resist Coating	B1	1	20	
46.	軟烘烤 Soft bake (90)	B2	1	10	
47.	金屬層對準與曝光 Metal layer alignment and exposure	B3	1	30	4 th mask layer
48.	曝光、光阻顯影與圖案檢視 Development	B4	1	20	
49.	硬烘烤 Hard bake (100)	B5	1	10	
50.	金屬乾式蝕刻 Metal dry etching	C1	1	20	Plasma metal etching machine
51.	光阻剝除 Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O ₂ (dry method) machine
52.	光阻剝除 Photo Resist remove	D3	2	30	Wet method (after metal layer)
53.	合金 Alloy	G5	6	60	Furnace
54.	鈍化層沉積 Passivation deposition	F2	6	170	
55.	光阻塗佈 Photo Resist Coating	B1	1	20	
56.	軟烘烤 Soft bake (90)	B2	1	10	
57.	鈍化層對準與曝光 Passivation alignment and exposure	B3	1	30	5 th mask layer

(續)	Process step	Machine	Lots	Mins	Note
58.	曝光、光阻顯影與圖案檢視 Development	B4	1	20	
59.	硬烘烤 Hard bake (100)	B5	1	10	
60.	鈍化層蝕刻 Passivation etching	D4	1	20	Wet etching
61.	光阻剝除 Photo Resist remove	D3	2	30	Wet method
62.	測試 Electrical parameter measurement		1	30	Outside cleaning room

製程一有關之圖示上的解說如下。

圖 2.1 製程一加工步驟機器編號流程圖



2.3.2 第二個實驗性質製程

表 2.3 製程二各加工步驟表

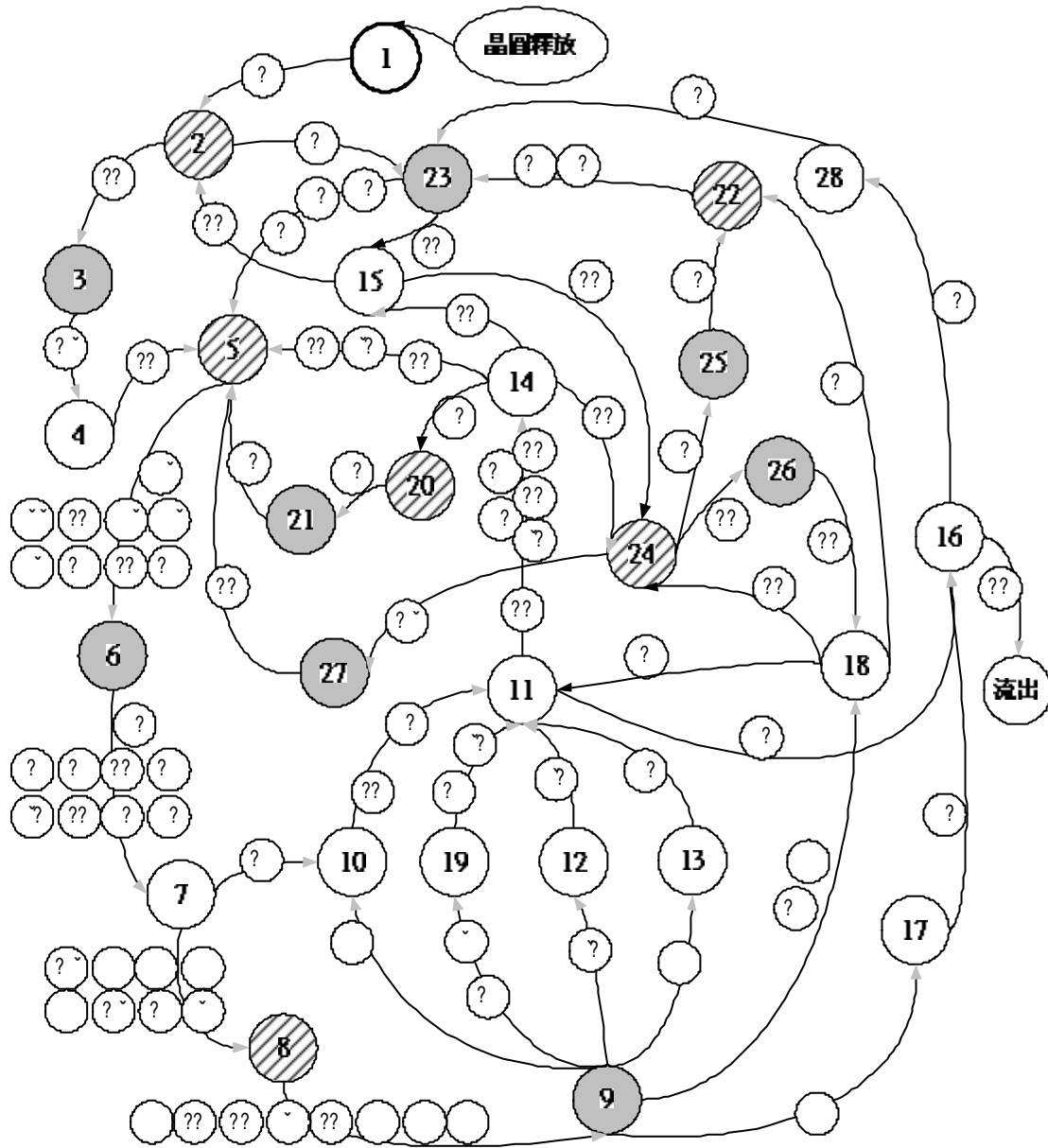
Process step	Machine	Lots	Mins	Note
1. Wafer marking	A1	1	30	Use laser to mark I.D. on wafer(24 wafer/lot)
2. Cleaning	A2	4	30	
3. Initial oxidation	F3	6	300	Temp 1000
4. Photo Resist Coating	B1	1	20	
5. Soft bake (90)	B2	1	10	
6. N-well alignment	B3	1	30	1st mask layer
7. Development	B4	1	20	
8. Hard bake (100)	B5	1	10	
9. N-well ion implant	E1	1	15	Medium ion implanter
10. Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2(dry etching)
11. Caro's photo Resist remove	D1	2	30	Wet method (H2SO4+H2O2)
12. 10:1 HF etching	D2	4	10	
13. Cleaning	A2	4	30	
14. Pad oxidation	A3	6	180	Furnance,900
15. CVD Nitride deposition	A4	6	240	
16.. Photo Resist Coating	B1	1	20	
17. Soft bake (90)	B2	1	10	
18. Active area alignment	B3	1	30	2nd mask layer
19. Plasma nitride etching	C1	1	20	Dry etching
20. Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2 (dry method) machine
21. Caro's photo Resist remove	D1	2	30	Wet method(H2SO4+H2O2)
22. Photo Resist Coating	B1	1	20	
23. Soft bake (90)	B2	1	10	
24. P-field alignment	B3	1	30	3rd mask layer
25. Development	B4	1	20	
26. Hard bake (100)	B5	1	10	
27. P-field implant	E1	1	15	Medium ion implanter
28. Cleaning	F1	4	30	
29. Field oxidation	F2	6	600	

(續)	Process step	Machine	Lots	Mins	Note
30.	Pad oxide remove HF etching	D2	4	15	
31.	Cleaning	G1	4	30	
32.	Gate oxidation	G3	6	240	
33.	Vt implant	E1	1	30	
34.	Cleaning	G1	4	30	
35.	Poly Silicon deposition (CVD)	G4	6	260	
36.	Photo Resist Coating	B1	1	20	
37.	Soft bake (90)	B2	1	10	
38.	Poly layer alignment and Exposure	B3	1	30	4th mask layer
39.	Development	B4	1	20	
40.	Hard bake (100)	B5	1	20	
41.	Poly Dry etching	C3	1	30	Plasma dry etching
42.	Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2 (dry method)
43.	Caro's Photo Resist remove	D1	2	30	Wet method (H2SO4+H2O2)
44.	Photo Resist Coating	B1	1	20	
45.	Soft bake (90)	B2	1	10	
46.	N+ alignment	B3	1	30	5th mask layer
47.	Development	B4	1	20	
48.	Hard bake (100)	B5	1	10	
49.	N+ ion implant	E2	1	30	Use As+,high current ion implanter
50.	Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2 (dry method)
51.	Caro's Photo Resist remove	D1	2	30	Wet method(H2SO4+H2O2)
52.	Photo Resist Coating	B1	1	20	
53.	Soft bake (90)	B2	1	10	
54.	P+ alignment	B3	1	30	6th mask layer
55.	Development	B4	1	20	
56.	Hard bake (100)	B5	1	10	
57.	P+ ion implant	E2	1	30	Use B+,high current ion implanter
58.	Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2 (dry method)
59.	Caro's Photo Resist remove	D1	2	30	Wet method(H2SO4+H2O2)
60.	Cleaning	G1	4	30	

(續)	Process step	Machine	Lots	Mins	Note
61.	S/D drive in	G2	6	150	Furnance,920
62.	Cleaning	F1	4	30	
63.	BPSG deposition	F2	6	150	
64.	Photo Resist Coating	B1	1	20	
65.	Soft bake (90)	B2	1	10	
66.	Contact alignment and Exposure	B3	1	30	7th mask layer
67.	Development	B4	1	20	
68.	Hard bake (100)	B5	1	10	
69.	Contact etching	C4	1	20	Plasma dry etching
70.	Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2 (dry method)
71.	Caro's Photo Resist remove	D1	2	30	Wet method(H2S04+H202)
72.	Cleaning	E3	4	30	
73.	Metal layer deposition	E4	1	30	Sputter machine
74.	Photo Resist Coating	B1	1	20	
75.	Soft bake (90)	B2	1	10	
76.	Metal layer alignment and Exposure	B3	1	30	8th mask layer
77.	Development	B4	1	20	
78.	Hard bake (100)	B5	1	10	
79.	Metal dry etching	C1	1	20	Plasma metal etching machine
80.	Photo Resist remove	C2	2	30	Plasma O2 (dry method) Machine
81.	Photo Resist remove	D3	2	30	Wet method(after metal layer)
82.	Alloy	G5	6	60	Furnace
83.	Passivation deposition	F2	6	170	
84.	Photo Resist Coating	B1	1	20	
85.	Soft bake (90)	B2	1	10	
86.	Passvative alignment and Exposure	B3	1	30	9th mask layer
87.	Development	B4	1	20	
88.	Hard bake (100)	B5	1	10	
89.	Passivation etching	D4	1	20	Wet etching
90.	Photo Resist remove	D3	2	30	Wet method
91.	Electrical parameter measurement		1	30	Outside cleaning room

製程二有關之圖示上的解說如下。

圖 2.2 製程二加工步驟機器編號流程圖







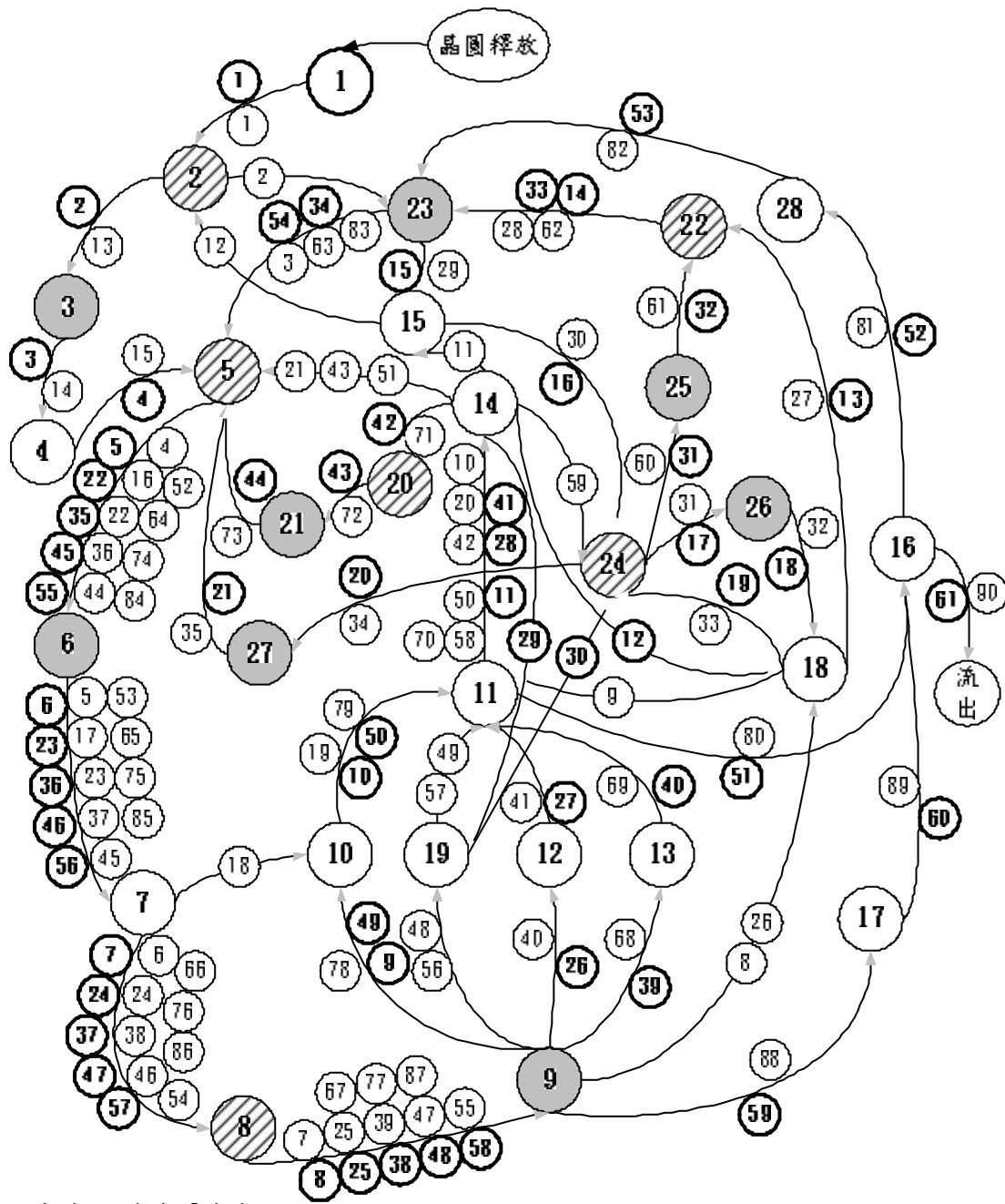
- | | | | | | |
|----|-----------|---|------------|---|--------|
| 數字 | : 表示編號 |  | : 第一種時效性機器 |  | : 上層機器 |
| 大圓 | : 機器種類 |  | : 第二種時效性機器 |  | : 一般機器 |
| 小圓 | : 完成之製程步驟 | | | | |

圖 2.3 雙製程加工步驟機器編號流程圖



數字：表有關編號

大圖：機器種類

○：完成之第一製程步驟

○：完成之第二製程步驟



：第一種時效性機器



：第二種時效性機器



：上標級機器



：一般機器

第三章 原晶圓區間平穩差值法

一般來講，好的自主性的現場流控技術除需促成高產能，晶圓平均生產週期時間短，在製品量恰當及產出平穩之外，也應要求於執行上不能太過複雜，俾方便作業系統之模擬程式的撰寫和進行後續的資源規劃與訂單交期等問題的可能的評估。晶圓區間平穩差值法為系列於此前所提的現場流控的作法，分晶圓釋放法則，晶圓派工法則和等候理論上的優點等三個部分作一介紹[21]。

第一節 晶圓釋放法則

定義 3.1. 製程的第一個加工步驟是將空白晶圓打上某種識別記號，此項作業所需的機器稱為上標籤機器。

定義 3.2. 選取一固定的批量值稱之在製品參數，為作業系統在製品量的一個上限。(生產線上實際選取的值，係某一在製品參數其對應的作業系統經模擬評估後有著最佳或妥善表現者。)

作法：若在製品量不大於所選取的在製品參數(定義 3.2)，且有閒置的上標籤機器時，釋放一批量的空白晶圓進入作業系統。該批量晶圓其(同時期)訂單製程之歸屬的決定如下。首先，要求加速作業之訂單製程有較高的晶圓歸屬的順位。其次，設同樣順位的訂單製程共 k 種，其編號，成品需求，和已釋入作業系統的晶圓批量值分別為 n_i ，

D_{n_i} 和 R_{n_i} , $i=1, \dots, k$ 。又設 m 為使得 $R_{n_m} / D_{n_m} = \min \{ R_{n_i} / D_{n_i} \mid i=1, \dots, k \}$, 如此 j 之最小者的值, 則該空白批量晶圓(加工作業)歸屬編號 n_m 之訂單製程。

第二節 晶圓派工法則

定義 3.3. 製程的每一加工步驟之理論作業(不含等候)時間(若為隨機變數, 取期望值), 以同長度的線段表示。如此線段按其加工步驟編號循序銜接所形成的區間, 稱為該製程的理論加工時間區間。

符號

$N \equiv$ 在製品參數。

$T_i \equiv$ i 製程之理論加工時間區間總長度。

$T_{i,j} \equiv$ i 製程其加工步驟編號大於或等於 j 之理論加工時間和。

$\tilde{N}_{i,j} \equiv$ 在製品中屬於 i 製程其正在進行或已完成步驟編號 j 加工作業之晶圓的批量合計值。

$N_{i,j} \equiv$ 試圖均勻地分散各在製品於相關的理論加工時間區間上, 希望 $\tilde{N}_{i,j}$ 維持或接近的一個值; 此值等於 $N * (T_{i,j}) / (T_1 + \dots + T_n)$ 。

定義 3.4. 稱 $(N_{i,j} - \tilde{N}_{i,j}) / N_{i,j}$ 為 i 製程後 j 步驟理論加工時間區間之批量晶圓相對平穩差值, 簡稱 (i, j) -區間晶圓平穩差值。

定義 3.5. 系統中不屬於上標籤或時效性機器組機器, 以一般性

機器稱之。

3.2.1. 上標籤機器晶圓派工法則

作法：此種機器的派工決定於晶圓釋放法則；亦即對釋入系統之空白批量晶圓執行其所歸屬的訂單製程的第一個加工步驟之作業。

3.2.2. 一般性機器晶圓派工法則

作法：首先，將等候區中的批量晶圓，按是否可以同時加工的方式予以分組。量產時候，若無批量晶圓總數可達加工滿載要求的組別，則不予派工。否則，計算使加工滿載各組別之所有等候作業批量晶圓之不同的 (i, j) -區間晶圓平穩差值。此值最大之批量晶圓其所屬分組(若遇別的組別之批量晶圓也有相同的值時，取分組編號之較小者)，為擬派工的組別；同時，針對此一分組中的各個批量晶圓，依其 (i, j) -區間晶圓平穩差值大者順位較高方式(等值情形：按製程編號在前，加工步驟編號在後，及先抵達等候區的順位)，予以滿載派工。

3.2.3. 時效性機器組晶圓派工法則

時效性機器組包含兩不同種類的機器(2.2節)，循作業次序分別稱之為第一和第二種時效性機器，簡稱第一和第二種機器。由於第一種機器作業時間短，完工晶圓需作時效方面考量，且兩種機器之滿載批量並不相同(後者大於前者)，因此有關的派工法則會比較複雜一

些。為了解說的方便，第二種機器有以下之進一步地分類。

定義 3.6. 第一種機器擬派工之時，從作業開始到其完工晶圓之時效截止時間內，若出現可能之間置(如加工或維修完成)的第二種機器，則稱這些可能出現之第二種機器為可支援機器。

定義 3.7. 技術考量，第一種機器於派工的同時，隨之指派將來完工的晶圓給後續的某一台可支援的機器(俾繼續加工)。如此可支援機器又有以下三種不同的分類。 a. 未規劃機器：一台未被如此指派的支援機器稱之。 b. 未完成規劃機器：一台已被指派，但其晶圓數未達滿載要求的可支援機器稱之。 c. 已完成規劃機器：經過指派且晶圓數已達滿載要求的可支援機器稱之。

A. 第一種機器晶圓派工法則

前提：須有後續的未規劃或未完成規劃之可支援機器的存在，始考慮派工。

作法：檢視是否存在未完成規劃機器。若有，針對等候區中其完工後之後續製程步驟機器同種類於此未完成規劃機器，後續加工時間同於此未完成規劃機器之已被指派晶圓之加工時間的批量晶圓，按一般性機器派工法則進行派工。若無，亦即只有未規劃機器的存在，則針對預計最先出現之未規劃機器，檢視等候區中其完工後之後續製程

步驟使用該種類機器，且後續加工作業時間等同之批量晶圓組，採一般性機器晶圓派工法則派工，並指派未來完工晶圓歸屬此一未規劃機器。

B. 第一種機器晶圓派工法則其可支援機器出狀況時之修正

作為派工前提之可支援機器出狀況的情形有兩種：其一，原本執行某加工步驟作業並預測為可支援之機器，完工後需維修成為非可支援機器。其二，機器因維修完成，從非可支援機器變成可支援機器。此二異動於有關的隨機模型下為不可預測；而第一種機器晶圓派工法則之對應的修正的作法如下。

狀況 1. 可支援機器完工後需要維修成為非可支援機器

此機器若為未規劃機器，無修正的必要。若為未完成規劃機器，其已被指派的晶圓(即刻或待完工後)遣返原第一種機器之等候區。若為已完成規劃機器，則檢視介於當機與所指派晶圓之時效截止之時間區間內，有無未規劃或未完成規劃機器之存在：若有，將派工規劃內容轉移給最接近目前(當機)時間點出現之未規劃或未完成規劃機器，並將此被轉移機器原先之已規劃內容(若有的話)遣返第一種機器等候區；若無，該需要維修機器其原先已被指派的晶圓遣返(原)第一種機器等候區。

狀況 2. 非可支援機器維修完成成為新的可支援機器

於此(維修完成)時間點上，檢視後續有無已完成規劃的同種類可支援機器的存在。若有，將這些後續已完成規劃機器之所有已指派的內容，按機器之預估出現時間點的前後次序，逐一轉移給前面的一個可支援機器，直到此維修完成機器亦接受轉移(並考量可能的派工)為止；而時間點位居最後的已完成規劃機器，因指派內容消失(成為未完成規劃機器)，將引發第一種機器之可能的派工。若無，則單純地引發此維修完成可支援機器之相關的第一種機器的可能的派工。

C. 第二種機器晶圓派工法則

前提：此一機器屬於已完成規劃機器，且所有被指派晶圓皆已抵達機器的等候區。

作法：對所指派的晶圓進行加工的作業。

第三節 等候理論角度之優點

A. 在製品參數的角色

Little's 公式 [2]： $L = \lambda W$ ，此處 λ 可指批量晶圓釋放進入系統速率， L 為在製品水準，而 W 指平均生產週期時間，為單點等候型系統於穩定狀態下的一個重要的理論。由於晶圓流入速率長期言接近流出率，對於有著同樣在製品水準(平均在製品數量)的不同流控技術的作業系統言，其平均生產週期時間較短者產出率較高；這是不同的流

控技術之間可作比較的一個績效方面的指標。

本技術藉由所謂之在製品參數的調整，能夠控制相關作業系統之投料因而控制(實際的)在製品水準的值；而其平均生產週期時間即可與同在製品水準之另一個技術下的作業系統的值作比較。更重要的，在製品水準究竟應該多少，俾使我們的製造系統有著最佳或適當的產值，也可經由解析不同在製品參數對應的作業系統之模擬輸出數據選取之。

B. (i, j) -區間晶圓平穩差值的角色

考量一穩定狀態的單一製程的作業系統。設 $T_j, j=1, \dots, n$ ，為第 j 個晶圓的生產週期時間，其中 n 係一個較大的整數。若此單製程的理論加工時間為一定值，則 $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j$ 的值可改寫成為固定之製程理論加工時間加上 $\frac{1}{n} * \{$ 此 n 個晶圓在各個工作站之等候加工時間的總和 $\}$ 。由於前述 Little's 公式中的平均生產週期時間 W 的值與 $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j$ 接近，因此，就有著同在製品水準之不同的流控技術言，好的派工作法會讓晶圓在各個工作站等候時間的總和來得比較小一些。

可以注意的一點，批量晶圓在系統內各個工作站等候加工的總時間受其到訪之每一個工作站之壅塞程度的影響(其狀況嚴重者，該工作站將有長的晶圓平均等候的時間)。如何有效率的降低各工作站的壅塞的程度？以整體流程的角度視之，關鍵點應在晶圓是如何地流入

一個工作站。換言之，取決於系統內各個完工晶圓其流向不同後續工作站的速率。當某工作站因機器當機或其他因素(等候晶圓)形成高壅塞群之後，如果派工不當，則隨著時間的流逝，容易發生壅塞群從某一工作站轉移到另一些工作站的骨牌的效應。是以壅塞疏解上，若只考慮單一或區域性幾個工作站的狀況(而非吾人之整體的流程的考量)，則易生工作站之壅塞群依序移轉的骨牌的效應，不利於縮短晶圓之平均生產週期的時間。

(i, j) -區間晶圓平穩差值派工順位的構想是有計畫的讓被派工的晶圓，於加工完成後實質上儘可能地平均分散到各個不同的工作站，俾降低高壅塞群的可能性，因而利於縮短作業系統的平均生產週期的時間。

第四章 時差法之派工順位的設計

如前言所述，在製品平均分散於理論製程時間區間的構想，不失為平均分散在製品於各個工作站的一種可能的作法。原晶圓區間平穩差值的派工順位的設計（以下簡稱平穩差值法），對於平均分散某些在製品於其理論製程時間區間上的目標而言，其實是有些差距的。本章分平穩差值法的落差與修正之時差法兩部分，作相關理論的探討和模擬數據的解說。

第一節 平穩差值法的落差

1.1 作法簡介

A. 圖示

為了清楚其中的落差，我們簡化狀況，以下圖 4.1 顯示單製程作業系統下，原平穩差值法，在決定某工作站等候區中，二不同加工步驟（稱 i 與 j 步驟）批量晶圓之派工順位相關的一些數據的意涵。

符號（簡化第三章者）

- N 在製品參數。
- T 此製程之理論時間區間的總長度。
- T_k 理論製程時間區間其加工步驟編號大於或等於 k 之對應的區間的長度。
- N_k 系統中正在進行，或已完成步驟編號 k 加工作業之在製品的批量總值。

$N_k = N \times T_k / T$ 理論上希望 N_k 維持或接近的值。

$D_k = (N_k - N_k) / T_k$ 晶圓區間平穩差值。

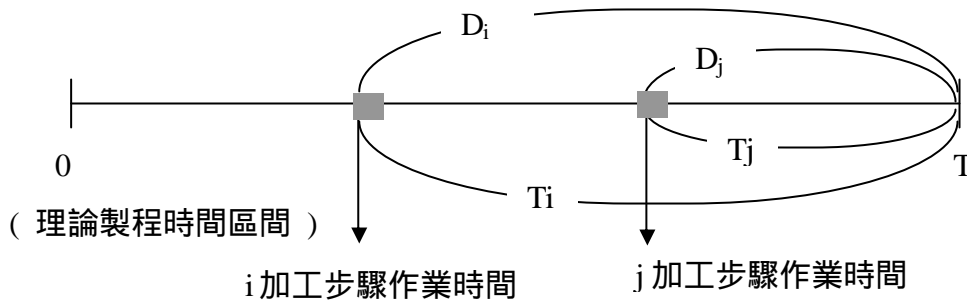


圖 4.1 平穩差值法相關數據示意圖

B. 作法：若 $D_i < D_j$ ，則等候 i 步驟加工之批量晶圓優先派工。

1.2 此法之落差

有關的落差分三點簡述如下。

- A. 落差 1：原平穩差值法在派工順位的設計方面，就某一相關之理論製程時間區間言，採用“向後看”在製品數量（流出方向）的方式；屬於相對區間上之有關在製品總數量的平穩（值接近），而非等同於該製程時間上區間之在製品的出現上的平穩（平均分散）。
- B. 落差 2：由於派工順位採“向後看”的方式，因此，此法並未顧及理論製程時間區間之“向前看”在製品（流入方向）平均分散的情形。
- C. 落差 3：若 $D_i = D_j$ 且 $T_i > T_j$ （見圖 4.1），則成品流出（設 2 lots）

時， $D_i = \{(N_i - 2) - N_i\} / T_i > \{(N_j - 2) - N_j\} / T_i = D_j$ ；亦即，若派工，等候 i 步驟加工晶圓之派工順位小於等候 j 步驟加工者。此時若 i, j 步驟並無正加工中晶圓且第 i 步驟之機器作業時間長於第 j 步驟者，則 j 步驟優先派工的結論與平均分散晶圓於製程時間區間的直觀的認知的並不一致（應該讓 i 步驟先行派工）。

第二節 時差法的流控設計

以下分過程和有關的構想，作法說明和模擬數據及程式碼三個部分介紹之。

2.1 過程與有關的構想

起先，我們逐一追蹤，試圖瞭解晶圓有關的理論製程時間區間之分散的情形（希望決定晶圓派工相關的優先的次序）。然而，此等作為在程式碼的撰寫方面相當地複雜，且模擬時耗費較長的執行時間，因此並不適合。之後，我們以十分簡單之各相關加工步驟，其前一次派工時間與目前擬派工時間的差距為基礎，大者優先的方式決定派工的順位。

2.2 作法說明

A. 簡圖

我們也以圖 4.2 顯示時差法，在決定某工作站等候區中，屬於同製程之二等候之不同加工步驟（稱 i 與 j 步驟）批量晶圓之派工順位相關的一些數據的意涵。

符號

S_i 某加工步驟前一次派工時間與目前派工時間的差距。

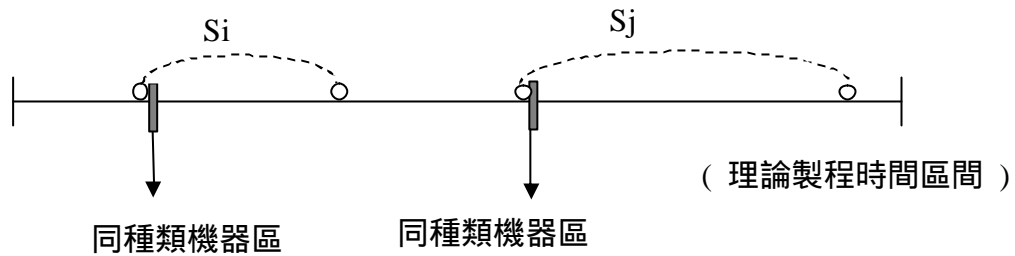


圖 4.2 時差法派工順位示意圖

B. 作法：若 $S_i < S_j$ ，則等候 j 步驟加工之批量晶圓優先派工。

2.3 模擬數據及程式碼

A. 模擬數據之比較

張論文[20]作業系統中有關之在製品參數的值採 $N = 170$ ；我們以此值為基準，作有關的數據的比較。下表 4.1 和 4.2 為單製程作業系統其分別採用“平穩差值法”與“時差法”之模擬數據上的比較(粗體字表示值得注意者的一些值)。結論為此模擬模型下，就量產言，時差法優於平穩差值法。

表 4.1 單製程作業系統模擬數據
(模擬次數 10 次，在製品參數 170，模擬天數 360 天)

		製程一	
		平穩差值法	時差法
生產週期時間	平均值	6.5536	6.5803
	標準差	0.031366	0.021187
23 機器使用率	平均值	0.8827	0.8885
	標準差	0.002337	0.00279
平均在製品量	平均值	161.8213	160.9686
	標準差	0.864063	0.884747
釋 放 量	平均值	8871.3	8931.9
	標準差	27.18842	28.74178
產 出 量	平均值	8703.1	8764.3
	標準差	26.12451	29.59071

表 4.2 單製程作業系統模擬數據
(模擬次數 10 次，在製品參數 170，模擬天數 360 天)

		製程二	
		平穩差值法	時差法
生產週期時間	平均值	8.8984	8.8751
	標準差	0.028122	0.040292
23 機器使用率	平均值	0.8309	0.8390
	標準差	0.003066	0.003641
平均在製品量	平均值	165.3102	165.0006
	標準差	0.470438	0.400263
釋 放 量	平均值	6468.2	6523.1
	標準差	23.79412	28.97395
產 出 量	平均值	6298.3	6353.5
	標準差	23.6053	28.53507

註：時差法產值佳

B. 相關程式碼之修正

a. 子程式 Sorting.for

(原先)

```
079  if(lsize(group) .gt. 0 )then
080      do l=1,lsize(group)
```

```

081    call remove(lfirst,group)
082    jobtq=trnsfr(2)
083    taskq=trnsfr(3)
084    x=(ncount(jobtq,taskq)-0)
085        y=ncountr(jobtq,taskq)-ncountr(jobtq,ntasks(jobtq))
086        trnsfr(12)=(x-y)/(ta(jobtq,taskq)*zz(jobtq))
087    do j=1,5
088        If((sametime(j)==sertime(int(jobtq),int(taskq))) .or.
089 &      (sametime(j)==0))then
090            sametime(j)=sertime(int(jobtq),int(taskq))
091            call file(ldecr,85+j-1)
092            exit
093        end if
094    end do
095    end do
096 end if

```

(修正後)

```

079    if(lsize(group) .gt. 0 )then
080        do l=1,lsize(group)
081            call remove(lfirst,group)
082            jobtq=trnsfr(2)
083            taskq=trnsfr(3)
084*****時間差值派工法*****
085            trnsfr(12)=time-t(jobtq,taskq)
086            t(jobtq,taskq)=time
087*****
088            do j=1,5
089                If((sametime(j)==sertime(int(jobtq),int(taskq))) .or.
090 &      (sametime(j)==0))then
091                    sametime(j)=sertime(int(jobtq),int(taskq))
092                    call file(ldecr,85+j-1)
093                    exit
094                end if
095            end do
096        end do
097    end if

```

b. 子程式 sortime.for

(原先)

```

079    if(lsize(group) .gt. 0 )then
080        do l=1,lsize(group)
081            call remove(lfirst,group)
082            if(trnsfr(11)==1)then
083                call file(llast,90)
084            else
085                jobtq=trnsfr(2)
086                taskq=trnsfr(3)
087                if((group .eq. 2) .and.(taskq .eq. 2)) then
088                    trnsfr(9)=trnsfr(1)-30
089                endif

```

```

090      x=(ncount(jobtq,taskq)-0.0)
091      y=ncountr(jobtq,taskq)-ncountr(jobtq,ntasks(jobtq))
092      trnsfr(12)=(x-y)/(ta(jobtq,taskq)*zz(jobtq))
093      do j=1,5
094          Lrank(85+j-1)=12
095          If((samet1(j)==sertime(int(jobtq),int(taskq)))
096      & .or.(samet1(j)==0))then
097              If((sameg(j)==route(int(jobtq),int(taskq+1)))
098      & .or.(sameg(j)==0))then
099                  if((samet2(j)==sertime(int(jobtq),int(taskq+1)))
100      & .or.(samet2(j)==0))then
101                      samet1(j)=sertime(int(jobtq),int(taskq))
102                      sameg(j)=route(int(jobtq),int(taskq+1))
103                      samet2(j)=sertime(int(jobtq),int(taskq+1))
104                      call file(ldecr,85+j-1)
105                      exit
106                      end if
107                  end if
108              end if

```

(修正後)

```

079      if(lsize(group) .gt. 0)then
080          do l=1,lsize(group)
081              call remove(lfirst,group)
082              if(trnsfr(11)==1)then
083                  call file(llast,90)
084              else
085                  jobtq=trnsfr(2)
086                  taskq=trnsfr(3)
087                  if((group .eq. 2) .and.(taskq .eq. 2)) then
088                      trnsfr(9)=trnsfr(1)-30
089                  endif
090*****時間差値派工法*****
091                      trnsfr(12)=time-t(jobtq,taskq)
092                      t(jobtq,taskq)=time
093*****
094          do j=1,5
095              Lrank(85+j-1)=12
096              If((samet1(j)==sertime(int(jobtq),int(taskq)))
097      & .or.(samet1(j)==0))then
098                  If((sameg(j)==route(int(jobtq),int(taskq+1)))
099      & .or.(sameg(j)==0))then
100                      if((samet2(j)==sertime(int(jobtq),int(taskq+1)))
101      & .or.(samet2(j)==0))then
102                          samet1(j)=sertime(int(jobtq),int(taskq))
103                          sameg(j)=route(int(jobtq),int(taskq+1))
104                          samet2(j)=sertime(int(jobtq),int(taskq+1))
105                          call file(ldecr,85+j-1)
106                          exit
107                          end if
108                      end if
109              end if

```

第五章 庫存區之投料相關的設計

如前言所述，本章將修正原流控技術之某一後來張論文[20]加上之不合理的提前投料的設計，分此配套不合理處與庫存區修正作法兩部份予以說明。我們亦顯示作業系統在一些（包括第四章）技術修正後，其整體模擬程式有關的流程。

第一節 原投料配套不合理處

先前技術不涉及此配套作法之晶圓釋放（投料）的法則如下：成品流出時，檢視在製品總數。若此數目小於在製品參數的值，則引發上標籤機器的可能的派工。以下解釋提出此配套的緣由，即其不合理處。

1.1 此配套當初動機與作法

A. 動機

首先，製程之第一個加工步驟所使用的上標籤機器若當機，則晶圓無法進入系統。其次，第 23 種類機器為瓶頸機器。一製程之晶圓，在完成第 23 種類機器相關的最後一個加工步驟的加工後，還需經過幾個不同種類編號的機器之派工才能夠離開系統。由於投料的條件之一為系統在製品量不大於在製品參數，因此上述 23 種類的瓶頸機器

之最後一個加工步驟後之製程其關連機器若有嚴重的當機的情況發生時，則某一些晶圓將滯留作業系統，影響投料的作業（成品無法流出），如何增加空白晶圓進入作業系統的可能性，為當初有關的動機。

B. 作法

當批量晶圓完成第 23 種類瓶頸機器之最後一個製程步驟的加工時，即引發投料，亦即上標籤機器之可能的“提前的”派工。場景如圖 5.1。

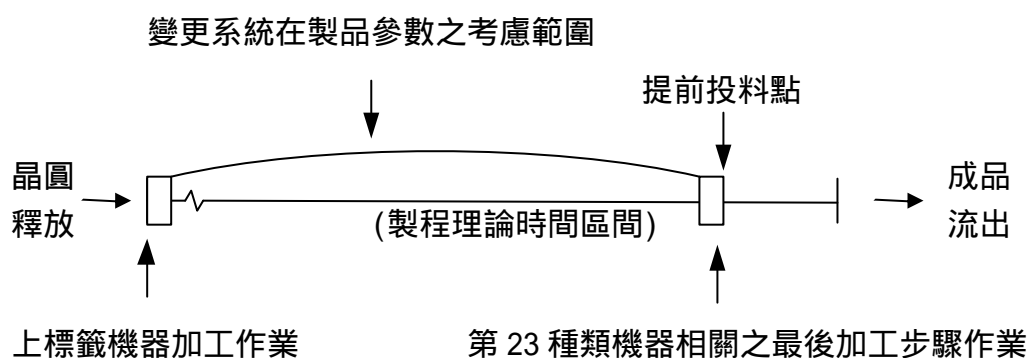


圖 5.1 原投料配套示意圖

1.2 此配套不合理處

A. 不同機器台數之配置下，可能使得第 23 種類機器成為非瓶頸區之機器，此時上述 1.1 B 中的作法不具一般性。

B. 當第 23 種類機器為瓶頸機器時，由於不同的製程其第 23 機器相關之最後一個加工步驟的編號並不相同，因此需個案考量，也不是一般性。

第二節 庫存區投料相關作法

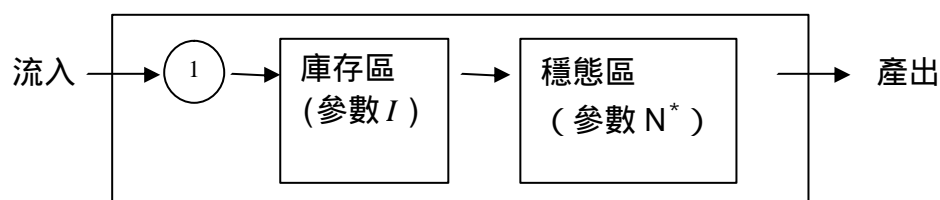
分構思，有關的作法及模擬相關數據三部份解說將提出的投料的設計。

2.1 構思

上標籤機器若能事先完成某數量的晶圓的加工，且將之存放於一獨立於其他步驟作業的地方，則可兼顧增加空白晶圓進入作業系統的目標，並解決原配套之不合理處。

2.2 有關的作法

定義 5.1. 庫存區專門存放上標籤機器完工的晶圓；作業系統之其他的部分以穩態區（因不受上標籤機器當機影響）稱之。另庫存區域內允許存放批量晶圓數的上限，以庫存區參數稱之。庫存區參數值的設定可參考原技術之無第一節配套措施之模擬下的作業系統，其每日成品流出的數量，例如設定為 18 lots 等。場景如下圖 5.2。



此處 (1) 為上標籤機器， I 為庫存區參數值，而 N^* 為穩態區之在製品的參數值(扮演著類似原先的整個作業系統之在製品參數的角色)。

圖 5.2 作業系統庫存區示意圖

A. 流入的法則

庫存區晶圓的流入與上標籤機器之派工關係密切（見定義 5.1）。上標籤機器加工完成批量晶圓即流入庫存區。上標籤機器派工的時機為 a. 該種類機器完成加工作業，b. 其機器維修完成，或 c. 庫存區晶圓流入穩態區（亦即進入第 2 加工步驟相關機器的等候區）等事件點。

B. 流出的法則

庫存區晶圓流入穩態區的前提為有庫存之批量晶圓；而其時機則是 a. 成品流出或 b. 上標籤機器派工完成且穩態區在製品數小於在製品參數時。此時間點上，相應之等批量晶圓流入穩態區（此為庫存區晶圓的流出的部分）。

2.3 模擬相關數據

以下顯示原提前投料配套及庫存區投料配套分別用於平穩差值法(原法)下作業系統之模擬有關的數據。

A. 原提前投料配套之平穩差值派工法數據

以單製程作業系統為例，其製程以製程一和二為例，修正後的數據如下表 5.1 所示。

表 5.1 平穩差值法單製程作業系統數據
(模擬次數 10 次，在製品參數 170，模擬天數 360 天)

		製程一	製程二
釋 放 量	平均值	8882.7	6453
	標準差	25.88841	38.50455
產 出 量	平均值	8712.2	6281
	標準差	23.12488	38.52532
系 統 時 間	平均值	6.80344	9.14917
	標準差	0.022962	0.062894
23 機 器 使 用 率	平均值	0.88337	0.8286
	標準差	0.002286	0.004634
平 均 在 製 品 量	平均值	159.276	162.247
	標準差	0.418197	0.544261

B. 庫存區投料配套之平穩差值派工法數據

以單製程作業系統為例，其製程以製程一和二為例，修正後的數據如下表 5.2 所示。

表 5.2 平穩差值法單製程作業系統數據

(模擬次數 10 次，I 參數值 18，N* 參數值 170，模擬天數 360 天)

		製程一	製程二
釋 放 量	平均值	8888.5	6489.6
	標準差	30.60147	22.71651
產 出 量	平均值	8707.9	6304.1
	標準差	29.08763	23.214
系 統 時 間	平均值	7.22957	9.82002
	標準差	0.038327	0.043905
23 機 器 使 用 率	平均值	0.88318	0.83217
	標準差	0.002701	0.003093
平 均 在 製 品 量	平均值	169.257	169.86
	標準差	0.3505	0.120795

註：表 5.1 和 5.2 顯示，庫存區投料的配套與原來提前派工的作法其平穩差值派工作業系統下的產值不相上下(事實上前者之製程二者更佳)，而庫存區的作法合理。

2.4. 相關流程圖及程式碼

a. 修正後的投料，亦即上標籤機器派工流程如下圖。

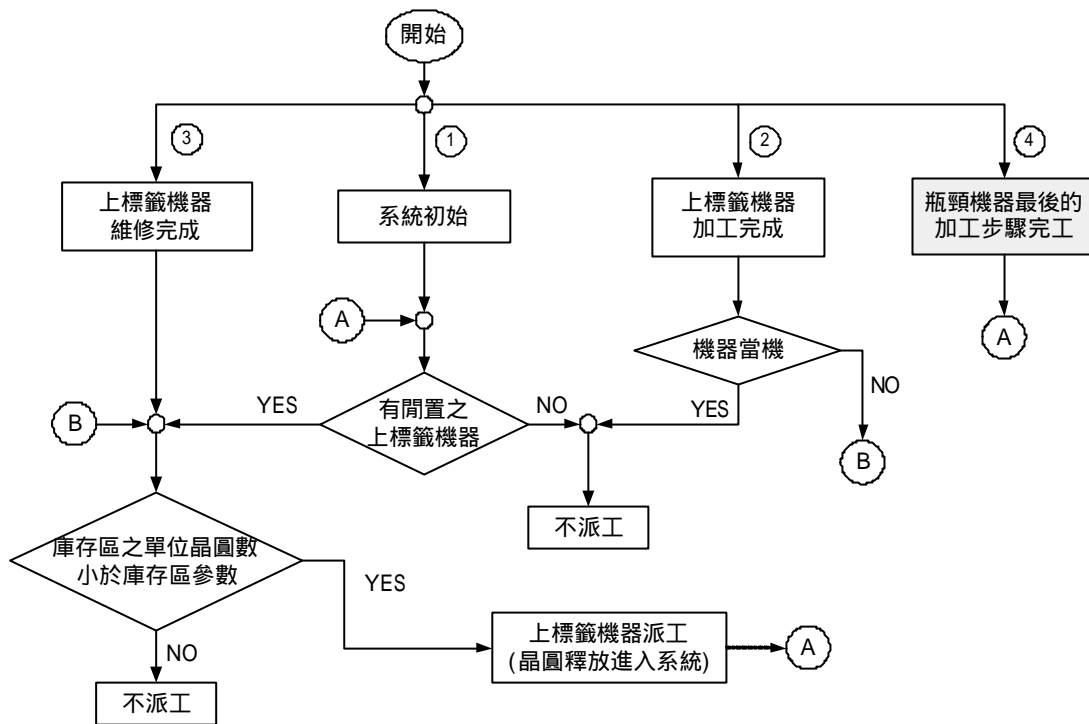


圖 5.3 上標籤機器派工流程圖

b. 庫存區流入第 2 步驟等候區之流程如下圖。

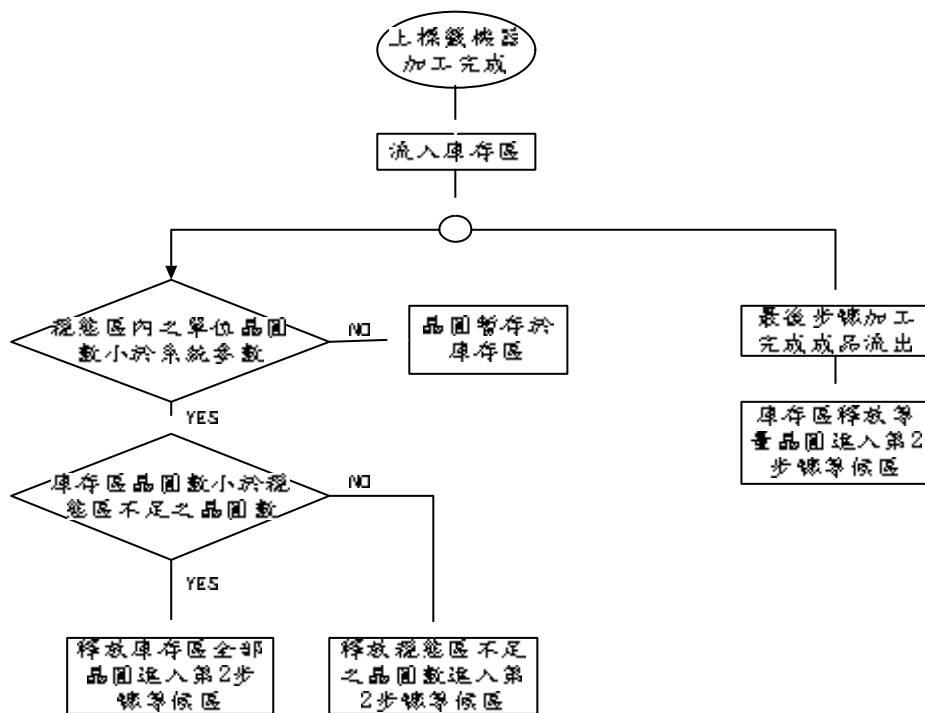


圖 5.4 庫存區流入第 2 步驟等候區之流程圖

c. 子程式程式碼之變更情形。

a. 主程式 Main.for

(新增)
***** nt 為庫存量 *****
034 READ (5,*) nt

b. 子程式 MARKMACH.for

(原先)
018 ab =(ncountr(1,1)-ncountr(1,61))+ (ncountr(2,1)-ncountr(2,90))
025 IF (ab < nsystem) THEN

(修正)
018 ab =(piece-nnt(1))+ (piece2-nnt(2))
025 IF (ab < nt) THEN

c. 子程式 ENTERQUE.for

(新增)
131 if (TRN(3) .EQ. 2) then
132 TRNSFR(1) = TIME
133 TRNSFR(2) = TRN(2)
134 TRNSFR(3) = TRN(3)
135 TRNSFR(4) = 0.0
136 TRNSFR(5) = TRN(5)
137 trnsfr(7) = trn(7)
138 trnsfr(9) = trn(9)
139 trnsfr(8) = trn(8)
140 CALL FILE(LDECR,1)
141
142 gh =(nnt(1)-nwafer)+(nnt(2)-nwafer2)
143 if (gh .LT. (nsystem-nt)) THEN
144 call back2(1)
145 endif

(新增)
176 call back2(2)

並將平均在製品量的計算放於 call back2(2) 之後且加以修改

179 if (time .GE. 1440*30) then

```

180         timelength(jobtyp)=time-lasttime(jobtyp)
181         if(jobtyp==1)then
182             countarea(1)=countarea(1)+timelength(1)*
183             & (nnt(jobtyp)-nwafer)
184             else if(jobtyp==2)then
185                 countarea(2)=countarea(2)+timelength(2)*
186                 & (nnt(jobtyp)-nwafer2)
187             endif
188         endif
189         lasttime(jobtyp)=time

```

d. 新增子程式 BACK2.for

```

001     SUBROUTINE BACK2(k)
002     INCLUDE 'ICFAB.DCL'
003     INTEGER gg,k,gh
004
005
006     if(k .EQ. 1)then
007         gh =(nnt(1)-nwafer)+(nnt(2)-nwafer2)
008         gg=(nsystem-nt)-gh
009         if(lsize(1) .GE. gg)then
010             do k=1,gg
011                 CALL REMOVE(LFIRST,1)
012             *   TRNSFR(1) = TIME
013                 TRNSFR(4) = TRNSFR(4)+1
014                 CALL FILE(LDECR,2)
015                 nnt(jobtyp) = nnt(jobtyp)+1
016             end do
017         else !if(lsize(1) .LT. gg)then
018             do k=1,lsize(1)
019                 CALL REMOVE(LFIRST,1)
020             *   TRNSFR(1) = TIME
021                 TRNSFR(4) = TRNSFR(4)+1
022                 CALL FILE(LDECR,2)
023                 nnt(jobtyp) = nnt(jobtyp)+1
024             end do
025         endif
026     else
027         if(lsize(1) .GE. 1)then
028             do k=1,1
029                 CALL REMOVE(LFIRST,1)
030             *   TRNSFR(1) = TIME
031                 TRNSFR(4) = TRNSFR(4)+1
032                 CALL FILE(LDECR,2)
033                 nnt(jobtyp) = nnt(jobtyp)+1
034             end do
035         end if
036     endif
037
038     RETURN
039     END

```

第三節 整體模擬程式有關流程

時差法與庫存區投料作法引進之後，有關作業系統的事件與程式流程之更新如下。

3.1 事件流程

製造系統的模擬是由有關的事件之不斷的更新所促成[4]。本論文有關的模擬是以機器的作業、故障或閒置為其狀態；而狀態的改變即構成所謂的事件。圖 5.5 機器狀態改變流程圖描述與模擬有關之事件的更新的情形。

3.2 程式流程

圖 5.6 列舉模擬程式的流程圖，並標明子程式修改和新增(黑框)的部份。

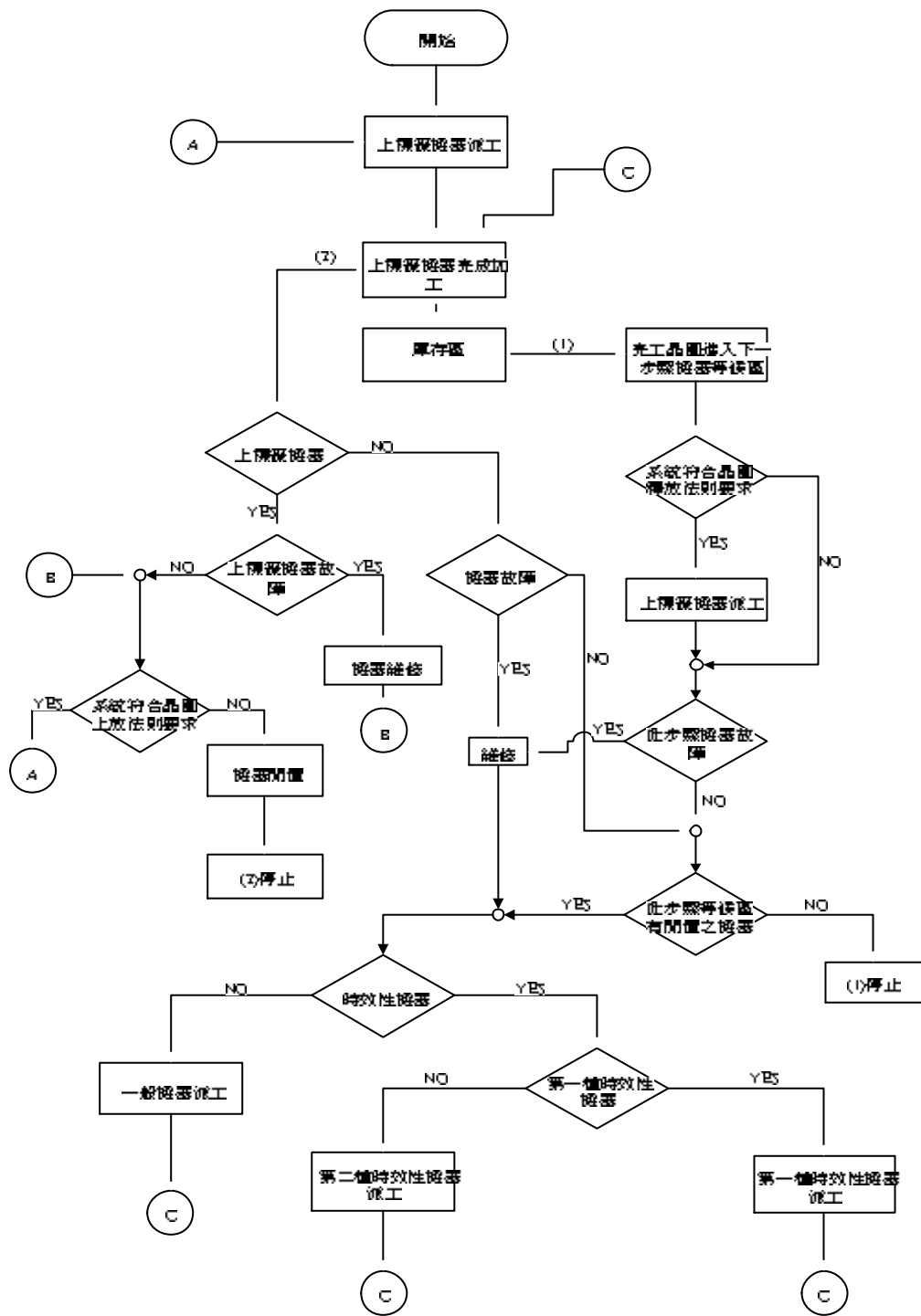


圖 5.5 機器狀態改變之流程圖

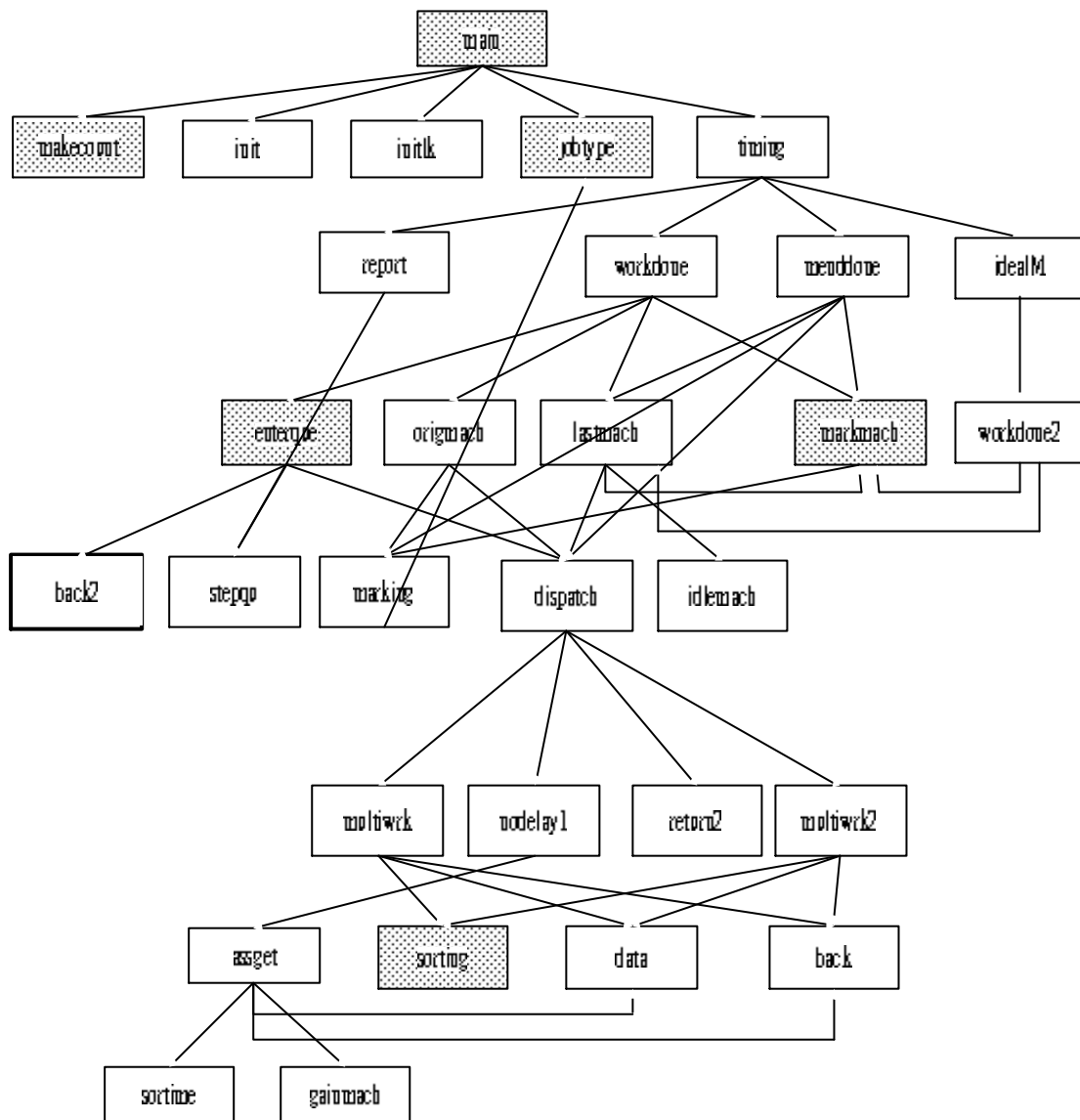


圖 5.6 模擬程式流程圖

第六章 晶圓加速流向壅塞區的流控作法

維持在製品較平均地分散於各個工作站，是此系列之自主性現場流控技術（包括第四章的時差法）在派工順位研發方面的重要目標。本章將構思和提出異於此一思維的另一種晶圓派工順位的設計，俾與前述時差法做些可能的比較。分晶圓加速流向壅塞區（非平均分散在製品於工作站）的派工設計，及其與時差法適用場合比較兩部分作解說。

第一節 晶圓加速流向壅塞區的派工設計

壅塞區方面先前的研究，第 23 種類機器為作業系統之主要的瓶頸機器。此設計的構思與作法以及模擬相關的數據的陳述如下。（敘述方便起見，此法簡稱加速法。）

1.1 構思與作法

A. 構思部分

瓶頸決定產出，若能提高第 23 種類機器的使用率，將有助於產值的提升。可以考慮的一個作法是讓在製品儘量地加速前往壅塞區域。至於晶圓如何加速前往壅塞區，檢視相關理論製程時間區間上此一製程加工步驟與瓶頸機器最近之加工步驟間的距離的大小，不失為

一個著力點。加速晶圓流向某特定的工作站，與維持在製品較平均地分散於各個工作站的技術並不相同，為一個反向的流控的設計。

B. 作法部分

不失一般性，假設第 11 種類機器等候區中，有屬於製程一其步驟編號分別為 11、28、41 和 51 的待加工的批量晶圓。有關的晶圓，在此製程的理論時間區間上，與最靠近之第 23 種類機器相關的加工步驟間的時間的間距分別為 105、330、350 和 120 分鐘。加速法晶圓派工順位的決定如下：上述對應之時間間距小的批量晶圓優先派工。

配套的措施：a. 後續不再經過第 23 種類機器區之加工步驟的時間距值設定為 0。b. 時間間距同者，製程編號在前，加工步驟編號在後的批量晶圓優先派工。

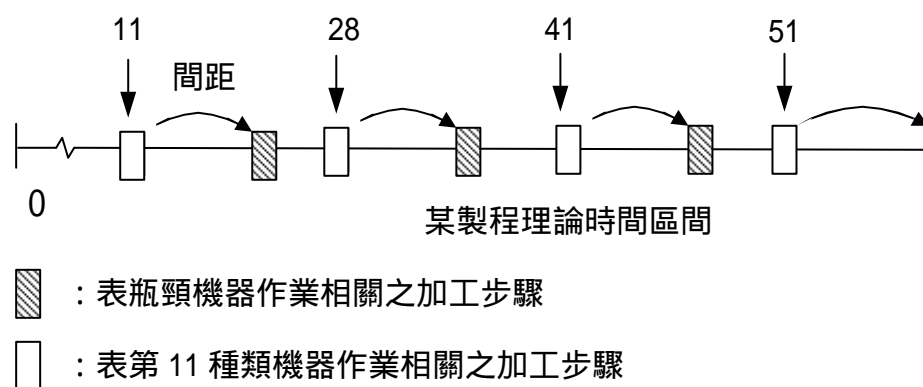


圖 6.1 加速法時間間距之示意圖

下表 6.1 顯示製程一個加工步驟其加速法相關的時間間距(最左

欄為有關的工作站或機器種類之編號)。

表 6.1 製程一各加工步驟晶圓加速法的時間間距

機器種類	時間間距 (加工步驟編號)				
1	695(1)				
2	665(2)				
3	635(3)				
4	455(4)				
5	215(5)	460(22)	460(35)	230(45)	140(55)
6	195(6)	440(23)	440(36)	210(46)	120(56)
7	185(7)	430(24)	430(37)	200(47)	110(57)
8	155(8)	400(25)	400(38)	170(48)	80(58)
9	135(9)	380(26)	380(39)	150(49)	60(59)
10	125(10)	140(50)			
11	105(11)	330(28)	350(41)	120(51)	
12	360(27)				
13	370(40)				
14	75(12)	300(29)	320(42)		
15	1065(16)				
16	90(52)	30(61)			
17	50(60)				
18	45(13)	780(19)			
19	270(30)				
20	290(43)				
21	260(44)				
22	30(14)	30(33)			
23	1665(15)	630(34)	310(54)		
24	1050(17)	750(20)	240(31)		
25	210(32)				
26	1020(18)				
27	720(21)				
28	60(53)				

1.2 模擬相關的數據和程式

從能夠相互比較起的角度考量，除了加速法外我們亦列出平穩差值法之有關的數據。

1.2.1 單製程系統相關之數據

以單製程作業系統為例，其製程以製程一和二為例，修正後的數據如下表 6.2 所示。此處之加速法產值優於平穩差值法。

表 6.2 單製程作業系統相關之數據

(模擬次數 10 次，在製品參數 170，模擬天數 360 天)

		製程一	
		平穩差值法	加速法
釋 放 量	平均值	8871.3	8883.5
	標準差	27.18842	46.22607
產 出 量	平均值	8703.1	8714.5
	標準差	26.12451	46.044
系 統 時 間	平均值	6.55357	6.5408
	標準差	0.031366	0.044453
23 機 器 使 用 率	平均值	0.88272	0.88523
	標準差	0.002337	0.004203
平 均 在 製 品 量	平均值	161.821	161.035
	標準差	0.864063	0.829903

		製程二	
		平穩差值法	加速法
釋 放 量	平均值	6468.2	6533.7
	標準差	23.79412	29.22345
產 出 量	平均值	6298.3	6366
	標準差	23.6053	27.23233
系 統 時 間	平均值	8.89837	8.81168
	標準差	0.028122	0.037471
23 機 器 使 用 率	平均值	0.83092	0.84094
	標準差	0.003066	0.003506
平 均 在 製 品 量	平均值	165.31	164.958
	標準差	0.470438	0.353347

1.2.2 雙製程系統相關之數據

以雙製程作業系統為例，修正後的數據如下表 6.3 所示。此處之加速法產值亦優於平穩差值法。

表 6.3 雙製程作業系統相關之數據

(模擬次數 10 次，在製品參數 170，模擬天數 360 天，成品需求比 1:1)

		平穩差值法	加速法
製程一	釋 放	3718	3751
	成 品	3662	3684
	系 統 時 間	5.3911	6.1722
	23 台機器使用率	0.8471	0.8537
	平均在製品量	55.80946	63.522
製程二	釋 放	3717	37512
	成 品	3603	3648
	系 統 時 間	10.0381	9.1038
	23 台機器使用率	0.8471	.8573
	平均在製品量	106.5834	99.4259

1.2.3 相關程式碼

a.子程式 Sorting.for 和 Sortime.for

(平穩差值法)

```
084 trnsfr(12)=(x-y)/(ta(jobtq,taskq)*zz(jobtq))
```

(加速法)

```
087 if(jobtq==1)then
088     if(taskq .LT. 15)then
089         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,15))
090     elseif((taskq .GT. 15) .AND. (taskq .LT. 34))then
091         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,34))
092     elseif((taskq .GT. 34) .AND. (taskq .LT. 54))then
093         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,54))
094     elseif(taskq .GT. 54)then
095         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq))+3000
096     else
```

```

097         if(taskq .EQ. 15)then
098             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,34))
099         elseif(taskq .EQ. 34)then
100             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,54))
101         elseif(taskq .EQ. 54)then
102             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq))+3000
103         endif
104     endif
105 else
106     if(taskq .LT. 3)then
107         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,3))
108     elseif((taskq .GT. 3) .AND. (taskq .LT. 29))then
109         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,29))
110     elseif((taskq .GT. 29) .AND. (taskq .LT. 63))then
111         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,63))
112     elseif((taskq .GT. 63) .AND. (taskq .LT. 83))then
113         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,83))
114     elseif(taskq .GT. 83)then
115         trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq))+3000
116     else
117         if(taskq .EQ. 3)then
118             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,29))
119         elseif(taskq .LT. 29)then
120             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,63))
121         elseif(taskq .LT. 63)then
122             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq) - ta(jobtq,83))
123         elseif(taskq .EQ. 83)then
124             trnsfr(12)=3000/(ta(jobtq,taskq))+3000
125         endif
126     endif
127 endif

```

第二節 加速法與時差法之比較

以下顯示在庫存區投料配套下，及不同在製品參數與瓶頸機台的加速法與時差法有關作業系統的一些量測值的數據，並比較其適用的場合。

2.1 庫存區配套下相關數據

下表 6.5 顯示時差法在製程一較佳，而加速法在製程二較佳。

表 6.4 單製程作業系統相關之數據

(模擬次數 10 次, I 參數值 18, N^* 參數值 170, 模擬天數 360 天)

		製程一	
		時差法	加速法
釋 放 量	平均值	8938.2	8917.7
	標準差	36.20718	34.96298
產 出 量	平均值	8765.9	8730.2
	標準差	31.11414	35.26415
系 統 時 間	平均值	7.28804	7.22227
	標準差	0.033429	0.043387
23 機 器 使 用 率	平均值	0.889	0.88508
	標準差	0.003296	0.0037
平 均 在 製 品 量	平均值	169.169	169.00592
	標準差	0.314034	0.296054

		製程二	
		時差法	加速法
釋 放 量	平均值	6529.4	6576.6
	標準差	20.8672	33.0793
產 出 量	平均值	6342.3	6389.6
	標準差	20.97642	32.7756
系 統 時 間	平均值	9.82226	9.7085
	標準差	0.039434	0.037368
23 機 器 使 用 率	平均值	0.83789	0.84434
	標準差	0.002639	0.004205
平 均 在 製 品 量	平均值	169.833	169.88
	標準差	0.144342	0.14358

註：上述和前章節中數據的比較下，不難看出，單製程作業系統，製程一的情況下，時差法無論在是否有庫存區的配套作法下，其成品量都比加速法來的好。然而製程二的情形，則相反，加速法下的作業系統有較佳的產值。

2.3 不同的在製品參數和瓶頸機台數數據

2.3.1 機台數少且在製品參數值小場合

A. 瓶頸機器台數 2 台在製品參數 90 之作業系統

表 6.5 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		加速法	時差法
製程一	釋放量	5874	5862
	產出量	5784	5772
製程二	釋放量	4181	4116
	產出量	4092	4026

B. 瓶頸機器台數 2 台在製品參數 110 之作業系統

表 6.6 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		加速法	時差法
製程一	釋放量	5978	5958
	產出量	5868	5850
製程二	釋放量	4202	4130
	產出量	4092	4020

註：表 6.5 和表 6.6 顯示當瓶頸機器台數少，在製品參數小的情況下，或者說是非量產時，加速法有較佳的產值。

2.3.1 機台數多且在製品參數值大場合

A. 瓶頸機器台數 4 台在製品參數 200 之作業系統

表 6.7 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		加速法	時差法
製程一	釋放量	11409	11428
	產出量	11232	11268
製程二	釋放量	7750	7827
	產出量	7556	7628

B. 瓶頸機器台數 4 台在製品參數 230 之作業系統

表 6.8 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		加速法	時差法
製程一	釋放量	11761	11780
	產出量	11539	11568
製程二	釋放量	7904	7976
	產出量	7674	7746

註：表 6.7 和 6.8 顯示，瓶頸機器台數多，在製品參數大的情況下，或者說是量產時，時差法有較佳的產值。

第三節 其他派工順位的作法

一般來講，較常見或容易想到的派工順位的作法。為 a. 先到先服務和 b. 不同加工步驟等候區晶圓數目多者順位在前兩種。本節將之與加速法及時差法作模擬數據方面的一些比較。

3.1 先到先服務之派工

3.1.1 數據比較

A. 瓶頸機器台數 2 台在製品參數 90 之作業系統

表 6.9 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		先到先服務	加速法
製程一	釋放量	5778	5874
	產出量	5688	5784
製程二	釋放量	4158	4181
	產出量	4068	4092

註：表 6.9 顯示此場合，加速法優於先到先服務之派工。

B. 瓶頸機器台數 4 台在製品參數 230 之作業系統

表 6.10 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		先到先服務	時差法
製程一	釋放量	11335	11780
	產出量	11112	11568
製程二	釋放量	7974	7976
	產出量	7744	7746

註：表 6.10 顯示此場合，時差法優於先到先服務之派工。

3.2 等候晶圓數多者優先之派工

3.2.1 數據比較

A. 瓶頸機器台數 2 台在製品參數 90 之作業系統

表 6.11 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		等候數目多	加速法
製程一	釋放量	5844	5874
	產出量	5754	5784
製程二	釋放量	4069	4181
	產出量	3978	4092

註：表 6.11 顯示此場合，加速法優於等候晶圓數多者優先之派工。

B. 瓶頸機器台數 4 台在製品參數 230 之作業系統

表 6.12 單製程作業系統之年產值相關數據
(模擬天數 360 天)

		等候數目多	時差法
製程一	釋放量	11557	11780
	產出量	11368	11568
製程二	釋放量	7932	7976
	產出量	7722	7746

註：表 6.12 顯示此場合，時差法優於等候晶圓數多者優先之派工。

第七章 結論

本論文繼續先前某系列有關積體電路製造，逆向於傳統的生產規劃與管理架構之自主性的現場流控技術的研發。

於晶圓派工的順位方面，第四章，我們提出一種新的更有效率，稱之為時差法的設計，並以模擬相關的數據證實它的優點。第五章，引進庫存區的概念，修正了之前研究因為考量上標籤機器派工相關問題，而有的提前投料之某一不合理的作法。至於非上述在製品平均分散於各個工作站思維的流控技術，我們則在第六章提出晶圓加速流向壅塞區的某種派工順位的設計，並指出其與時差法之諸如量產與否不同之適用的場合。

可以注意的一點，派工順位的設計方面，平穩法涉及數量的概念，時差法涉及時間的概念，而加速法則涉及距離的概念。是否另有別的或混和式的派工作法，以及新作法之系統有關量測值的評估，或更進一步數學式子的估算，為未來研究的可能的方向。樂見系列有關研究之進一步的發展。

參考文獻

- [1] S. C. Chang, L. H. Lee, P. C. Lin, and W. Y. Chen, Daily Target Generation and Machine allocation for Integrated Circuit Fabrication, Proceeding of the 2nd international Conference on automation Technology, Taipei, R.O.C., July, 1992.
- [2] S. Li, An Inroduction to Basic Principles of Production, Semiconductor Manufacturing Technology Workshop, Hsinchu, Taiwan, R.O.C., March, 1993.
- [3] D. Gross and C. M. Harris , Fundamentals of Queueing Theory, 3rd ed. , John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [4] A. M. Law , and W. D. Kelton , Simulation modeling and Analysis , 3rd ed. , McGram-Hill , Inc . , 2000.
- [5] 陳士傑，整批作業之積體電路製造系統分析，東海大學碩士論文，中華民國，1993.
- [6] 鄭文雄，積體電路製造流程之長期評估 I，東海大學碩士論文，中華民國，1994.
- [7] 陳賜財，積體電路製造流程長期評估理論之模擬，東海大學碩士論文，中華民國，1995.
- [8] 李良峰，積體電路製造流程之長期評估 II，東海大學碩士論文，中華民國，1996.
- [9] 黃琮逢，自發性生產排程之製造系統，東海大學碩士論文，中華民國，1997.
- [10] 廖建智，有關 IC 製造系統之流控技術，東海大學碩士論文，中華民國，1998.
- [11] 陳宗賢，積體電路製造系統模擬程式之研究，東海大學碩士論文中華民國，1999.

- [12] 陳峰森，多製程特殊 IC 製造系統的模擬與解析，東海大學碩士論文，中華民國，2000.
- [13] 王朝慶，區間平穩流控設計下的 IC 製造系統，東海大學碩士論文，中華民國，2000.
- [14] 李綜益，IC 廠於晶圓區間平穩差直流控技術下之作業系統評估，東海大學碩士論文，中華民國，2002.
- [15] 蘇昱彰，新興晶圓代工廠生產規劃與排程系統之建構，交通大學碩士論文，中華民國，1998.
- [16] Hong Xiao 原著；羅正忠，張鼎張譯，半導體製程技術導論，台灣培生教育出版，中華民國，2002.
- [17] 盧俊杰，IC 製造主導生產計畫之投料及派工技術，東海大學碩士論文，中華民國，2004.
- [18] 王得各，「晶圓製造廠生產週期時間估算模式」，交通大學碩士論文，中華民國，1999.
- [19] 鄭照明，「晶圓廠交期指定模式之構建」，交通大學碩士論文，中華民國，1996.
- [20] 張菱如，IC 製造在製品分散之技術，東海大學碩士論文，中華民國，2004.
- [21] 劉力，積體電路晶圓製造逆向思維之規劃與控制技術，東海科學，中華民國，2005