

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

2001 年半導體產業，景氣開始一路下滑。對景氣復甦無法準確預測的情況下，英特爾(Intel)、IBM、Motorola 等國際整合元件製造大廠 (IDM) 大幅縮減資本支出，國內整合元件製造大廠也面臨前所未有的巨額虧損與財務赤字。近兩年來全球的 IDM 廠在資金有限情況下，大部分將封測業務委由專業的封測廠代工。根據工研院經資中心 ITIS 計畫統計，2002 年我國封裝、測試產值較 2001 年分別成長超過約兩成，且供給產值佔全球總體供給產值的三成左右，居全球領先地位，如表 1.1 [工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/05)]。在 IDM 廠幾近停止投資封測產能，並大幅釋出封測訂單給專業封測廠生產，IDM 廠為確保產品能即時上市(time to market)，將面臨與 IC 設計業者(fables)競爭專業封測廠的產能的情況。

表 1.1 2002 年我國 IC 產業全球地位

供給面				
	產值(百萬美元)	全球佔有率	全球排名	領先國
設計業	4247	27.8%	2	美
製造業	1113	8.5%	4	美.日.韓
專業代工製造	7256	72.5%	1	台
封裝業	2788	32.0%	1	台
測試業	935	38.1%	-	-
製造業產能	-	14.5%	3	日.美

資料來源：工研院IEK-ITIS計畫(2003/05)

IDM 廠將封測業務委由專業的封測廠代工，據 Outsourcing Institute 在 2002 年對委外公司進行調查，提出了 10 個委外主要的原因，分別是

1. 降低與控制生產成本
2. 強化公司營運焦點
3. 快速取得世界級的能力

4. 為其他目標釋放內部資源
5. 內部無法取得充分資源
6. 加速重整利益
7. 功能不易管理或失控
8. 可取得資本資金
9. 分攤風險
10. 現金流入

IDM 廠為了降低與控制生產成本、強化公司營運焦點、及分攤風險，已有
多家 IDM 廠將晶圓針測(Circuit Probe；CP)委外生產，業界現行委外的方式有以下三種：

1、固定機台數

向外包廠租用固定數目的特定機台。合約內容一般包括：費用（客戶包機後無法滿載使用，仍需付費）、給付方式、保證機台稼動率、當外包廠因生產異常（ex：當機,停電...）等因素無法提供足夠的生產小時的處罰。

2、固定出貨量

外包產能以某一固定出貨量定契約，外包廠商由出貨量換算成所需提供的機台數，客戶不要求特定機台數。

3、混合型

客戶採取固定機台數，同時亦提出當月出貨數量的要求。若產品組合有變化時，客戶可在既有包機產能下，做產品生產及出貨目標的調整。外包廠不可任意調整機台數給其他客戶，除非經過該客戶的同意。當客戶因為進料短缺而無法填滿原先所需的產能時，外包廠才可以生產其他客戶的產品；當進料恢復正常時，該機台必轉給原客戶生產，但原客戶不會因此而需要受到處罰。

與國內主要的測試廠訪談，各廠接受到來自客戶端的產能租用方式如表

1.2 所示。

表 1.2 測試廠產能租用方式

測試廠	產能租用方式	比例	加註
T廠	固定產品出貨數量	100%	大部份屬於Memory測試，客戶集中為計劃性生產
P廠	固定產品出貨數量	80%	大部份屬於Memory測試，客戶集中為計劃性生產
	混合型	20%	
K廠	固定機台數	2%	
	固定產品出貨數量	50%	Logic產品測試的客戶有95%採此種方式，以交期達成為導向
	混合型	48%	Memory產品測試的客戶有90%採此種方式。
U廠	混合型	95%	
A廠	混合型	100%	
C廠	固定產品出貨數量	80%	
	混合型	20%	旺季時比例會加重

資料來源：企業訪談

IDM 廠因客戶訂單及 FAB Wafer 的產出不確定性，導致待針測的產品數量及種類因時而異。管理者常面臨無法準確預估該租用多少的外包針測廠各類機台的產能。低估時會造成產能不足，延誤客戶訂單的交期；高估時則導致外包產能閒置。目前雖因 IDM 廠佔優勢，不需支付閒置成本，但是當外包針測廠產能吃緊時，長期的高估外包產能將導致 IDM 廠產能租用信用不佳，連帶影響未來外包產能有效取得的機會。因此需要建立短期外包針測產能需求的決策模式，以輔助 IDM 廠針測產能管理者及早進行委外產能準備，確保產能。

1.2 研究目的

本研究的主要目的在於協助 IDM 廠發展短期整體針測產能需求規劃模組，提供針測產能管理者規劃產能，對訂單式產品（本文以下均以 MTO 產品稱之）能如期交貨，存貨式產品（本文以下均以 MTS 產品稱之）決定委外生產的產品及其數量。本研究的產能規劃以滿足 MTO 產品的交期及達成 MTS 產品的生產

水準為規劃目標。在確保 MTO 產品完全達交、MTS 產品的生產水準、及各種生產條件限制下，最小化外包產能租用成本與缺貨風險成本，求出一短期各針測廠的產品生產目標與針測產能需求。

本研究的輸、出入的資料，目標、及限制如圖 1.1 所示。

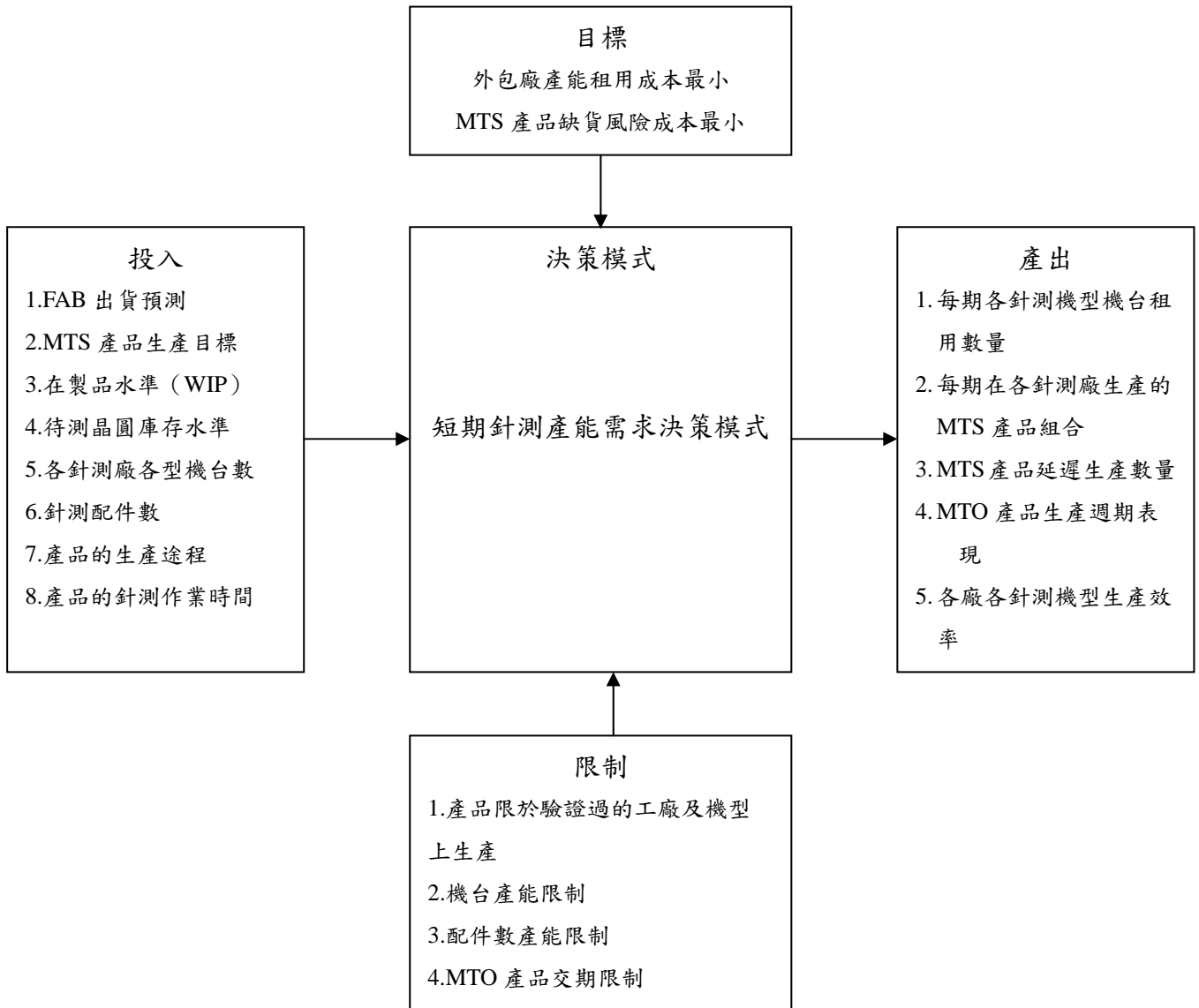


圖 1.1 研究架構圖

1.3 研究範圍與限制

本研究的範圍與假設如下：

1. 針測產能需求是指需要的各類測試機台數目，含 IDM 廠自有針測廠的機

台及外包廠租用的機台。

2. 產能需求規劃只針對針測機台進行。
3. 次級生產資源僅考慮探針卡的限制。
4. 產品的途程及測試時間已知。
5. 相同機型在各專業測試廠的使用成本相同。
6. 均為國內的針測廠，不考慮完成針測的產品運送時間。

1.4 論文架構

本論文架構如下：

第一章 緒論

第二章 個案公司晶圓針測生產環境介紹

第三章 文獻探討

第四章 針測產能需求規劃模組構建

第五章 案例說明

第六章 結論與建議



第二章 晶圓針測生產環境介紹

以下將以某家 IDM 半導體公司為對象（簡稱 A 公司），介紹產品的整個生產流程，與晶圓針測階段的生產環境。

2.1 IDM 廠產品生產流程

該 IDM 廠的產品可分為 MTO 產品與 MTS 產品。產品的生產流程如圖 2.1 所示。IDM 廠的產品生產流程可概分為：晶圓製造、晶圓針測、晶粒封裝、及最終測試。以下簡述本研究的晶圓針測生產環境。

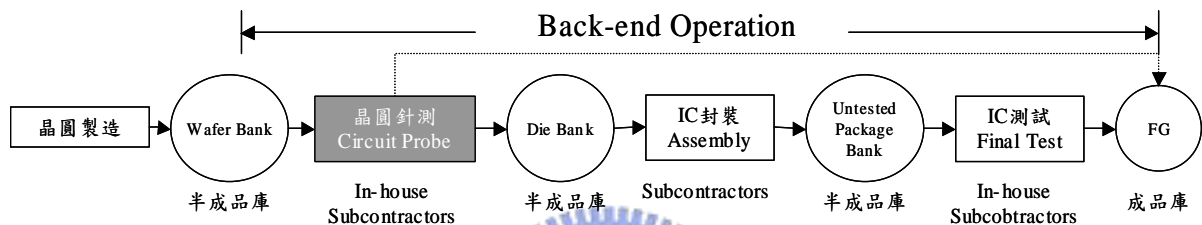


圖 2.1 IDM 廠產品生產流程

2.1.1 晶圓針測階段

FAB 產出的 wafer 除了少部份產品不需進行針測即出貨賣給客戶外，所有的產品都需要以針測機台測試晶圓上的晶粒，區分合格品及不合格品。Wafer 在 FAB 出貨後進 CP 之前，所有的 wafer 均停留在 Wafer Bank，由生管人員透過投料系統的運算，決定投料組合後再送到 CP 生產線。

MTO 產品與 MTS 產品在針測階段的生產型態不同。MTO 產品只需 1~2 道的針測，MTS 產品則需經過 2 道的針測，且每道測試之間需要經過 24 小時高溫烘烤後才能流到下一個測試站別。

MTO 產品因為具有客戶端的生產內容機密及短交期需求的特性，在 CP 階段的生產交期要求只有 1 天，因此限於在自有的晶圓針測廠內進行針測。MTS

產品的 CP 測試生產週期依產品的測試時間的不同，約莫落在 4~8 天左右不等。

MTO 產品的生產安排著重在交期的達成，客戶下單後均以 FAB 出貨日加上 1 天設定為 CP 的交期。針對急件工單則以設定急件屬性，提高機台派工順序；MTS 產品在 CP 的生產計劃，則是根據當月庫存需求計算出 MTS 產品在 CP 的生產目標，再透過測試時間計算得到當月各產品的生產機台需求。

MTO 產品與 MTS 產品在 CP 階段使用的機台種類相同。MTO 產品每日所需要的生產機台數隨著客戶每日實際的下單狀況而變動，為滿足 MTO 產品的交期需求，MTS 在自有針測廠中的每日可使用產能使用會因此而受到影響。為了達到 MTS 產品的生產目標，管理者必須依自有針測廠針測分派給 MTO 產品後的剩餘產能情況，將部份 MTS 產品委由外包針測廠進行生產。

2.1.1.1 針測製程的次要生產資源

探針卡是一片擁有百項微型彈簧專利的卡片，上頭有許多微細的針，負責判定晶圓上的晶粒好壞；針測機台負責把一片片的晶圓，精準的移動到探針卡的正確位置，使探針卡上的針尖接觸到承載板，將電子訊號傳到測試機台上；最後再由測試機測驗出積體電路的功能、參數與特性。

探針卡雖然屬於次要資源，但由於探針卡的製作，植針數與植針方式依各種產品與機台而有著不同的技術要求，製作日期短則一星期，高難度的探針卡甚至需要二星期的製作時間，且單片價格也因此而有著不同，每套配件的價格自 8 萬至 50 多萬不等。因此須考慮探針卡製作的前置時間與不算低的製作費用，在進行針測產能規劃時需將此次要生產資源列入考慮。

2.2 現行針測產能規劃現況介紹

2.2.1 現行針測產能規劃及與專業測試廠產能合作方式與困難

A 公司外包針測產能的需求來自於每個月生產的產品與產出目標，依生產規格限制做簡單的機台安排，並以經驗加入少量的產能緩衝，在使專屬測試廠產能閒置的可能性最低的前提下，計算出對外包廠各種機台的最低需求數。之後再判斷未來 6 個月產品對 CP 的產能可能需求程度，搭配公司的外包管理政策，於每個月月初提供外包廠中期產能需求規劃，包括預計各種機台的需求數，及生產的產品種類與出貨目標。

在 A 公司方面，現行對於專業測試廠的機台使用並未透過合約訂定，因此當所預約的針測機台數產能受 FAB 供貨不平穩或是訂單變動的影響造成有閒置時，A 公司並不需要付出閒置成本，外包廠也有權利分派閒置的機台產能；當 A 公司恢復穩定供貨後或是訂單增加，可能面臨無法取得原先預約的機台產能的困境。在產出目標變動而針測產能需求較原預約產能增加時，A 公司可以與外包廠協商預約機台數的變更，但產能的取得須視當時外包針測廠的產能供需狀況才能確定。

在專業測試廠方面，因為各個客戶端的供貨不穩定，也無從得知短期的供貨計劃變動狀況，以致於當各客戶機台需求數與月初的整體生產計劃有差異，就必須頻繁的為客戶間臨時產能需求變動進行機台的調整與安排，無法事先並妥善的對其廠內的機台做好生產規劃以降低產能閒置的損失，獲取更大的利潤，或是滿足客戶端的產能需求變動要求，增加客戶滿意。

面臨各 IDM 廠與 IC 設計公司競用外包測試廠針測產能日趨激烈，若 A 公司可以提供外包廠在特定的生產規劃期間的針測產能需求資訊，提高針測外包廠對 A 公司短期 1~2 個規劃期間的產能需求能見度，針測外包廠就可以及早進行

產能調整的準備，或是採取適當的行動減少因產能需求變動與調整所帶來的產能損失，進而促進雙方良好互動及互惠。

2.3 針測產能規劃的重要性

良好的針測外包產能規劃在淡季時可以減少不必要的針測費用支出；在旺季時，可以確保外包產能的取得，減少產能不足的風險。

以針測產能供給面來看，A 公司在 2002 年自有針測廠的測試機台滿載產能產出紀錄顯示，每個月約當提供 25,000 片左右的晶圓針測產能。

表 2.1 A 公司針測產能

	2002 Q1	2002 Q2	2002 Q3	2002 Q4
MTS 產品	14794	11165	14657	14097
MTO 產品	7731	15762	8675	12570
Total	22525	26927	23332	26667

資料來源：A 公司內部資料

以針測產能需求面來看，圖 2.3 顯示 2002 年到 2003 年 A 公司的晶圓針測需求數量，均大於自有針測廠所能提供的針測產能。因此針測外包產能規劃對 A 公司是相當重要的生產規劃中重要的一環。

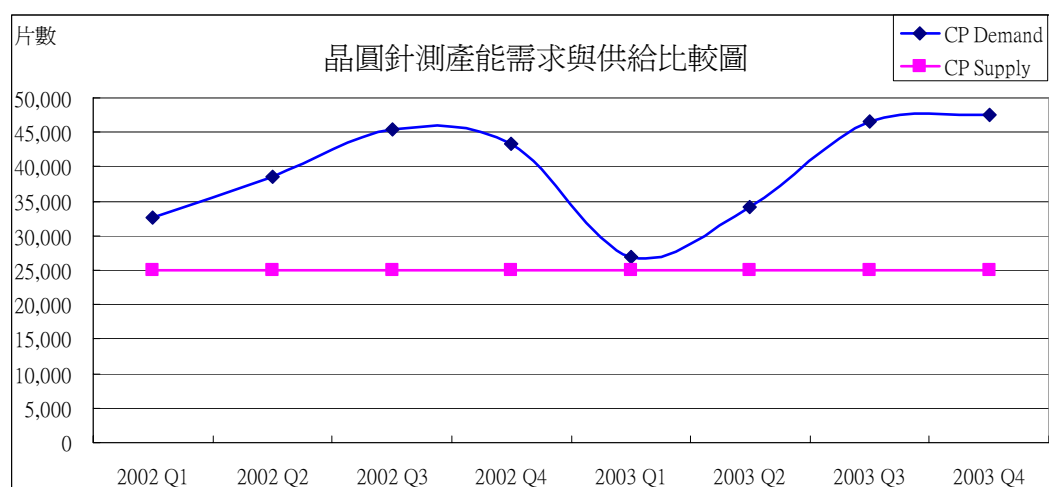


圖 2.2 A 公司晶圓針測產能需求與供給比較圖

第三章 文獻回顧

3.1 國內針測相關文獻回顧

近年來在國內許多以半導體針測廠為研究對象的論文陸續發表，經彙整後發現主要的研究主題大多在於作業層級的排程派工，僅有少數幾篇針對針測廠做戰術層級的生產規劃研究。其中包括陳氏[12]以達成交期為首要目標以及機台設置時間最短為次要目標的啟發式法則架構每日排程的生產作業控制模組，並針對未來 3 週晶圓廠的產出計劃做針測廠的產能負荷評估；李氏[11]則是以站在晶圓代工廠的角度考量產能限制與各世代製程獲利能力決定各 FAB 廠應生產的產品及數量，以及在針測廠的製程規格能力與產能限制下，以達成交期為目標決定各針測廠應承接的 FAB 製造產出產品與數量組合。

陳氏[12]在其研究中有發展以產能負荷評估模組計算未來 3 週的針測產能使用情況。陳氏以晶圓廠產出預測做為針測的生產規劃依據，設定產品皆為訂單生產，且所有訂單在未來的生產規劃週期均為已知，以線性規劃求解產能負荷程度，在實務上 IDM 廠無法應用此負荷評估模組做為外包針測產能決策。李氏[11]以生產規格能力限制構建生產分派模組，決定各晶圓廠及各針測廠最佳生產的產品組合，並發展出一個外包產能決策。不過其研究是針對專業晶圓代工廠，假設所有的產品都只需要經過一道測試的製程，設定均為訂單式生產，與 IDM 廠實務上訂單式生產與存貨式生產並存的針測生產環境有所差異，僅能針對單純的訂單生產的工廠進行外包產能決策。

在外包產能分派或外包產能規劃的論文大多以 IC 設計公司為研究對象。方氏[9]以 Linear Programming 方法設計，針對預測訂單，在代工廠產能情況，機台限制、製程能力與生產成本限制下，求得最佳產能指派途程。許氏[14]則是以 Linear Programming 與啟發式法則並考量量化及非量化因素，以最小化生產成本

與存貨成本為目標，進行對外包廠中長期的產能需求規劃。

方氏[9]的研究著重在封裝階段的產能規劃。利用線性規劃構建一個靜態的產能指派模式，不考慮在製品，並設訂單均為預測型訂單。在針測產能的產能分派規劃只依整體產能需求及產能限制進行求解，並不考慮各產品在針測階段的製程及生產機型限制。許氏[14]的產能需求規劃著重在 IC 最終測試，封裝及晶圓製造的中長期代工廠產能決策，對針測的產能規劃著墨不多。此兩篇論文在外包產能分派部份均是以中長期的角度進行外包產能需求分派規劃與決策。

歸納上述的研究，可以發現其對針測產能的研究均建立在單一類型產品的生產系統下，對外包產能分派的研究也未能對針測產能的部份做重點研究。為了更符合實務上的需求，本研究將針對客製化訂單與存貨生產並存的生產系統進行針測生產規劃及外包產能決策。



茲將以上四篇文獻與本文研究之不同處整理如表 3.1：

表 3.1 國內針測相關研究文獻

作者	陳氏	李氏	方氏	許氏	本文
研究對象	晶圓代工廠之專屬針測廠	晶圓代工廠與其專屬針測廠	IC設計公司	IC設計公司	IDM廠之專屬針測廠
研究問題	針測排程模式的構建 產能負荷預測與資訊回饋	整合晶圓製造與針測流程 的生產規劃模式	外包代工廠的產能分派 模式,著重在封裝產能 分派問題	封測外包產能規劃機制	外包產能規劃
規劃層級	短期規劃	短期規劃	短期規劃	中期規劃	短期規劃
投入	晶圓廠的產出	產品產出目標 瓶頸機台產能 製造規格能力	訂單 代工廠商資料	產品存貨量及未來需求 量	晶圓廠預測產出 MTS產品生產目標 在製品水準 生產途程
生產限制	機台產能限制	機台產能限制 製程規格能力限制	封裝機台產能限制 特殊機台限制 產品產出量	生產數量限制 製程規格能力限制 各代工廠的效用值	MTO產品完全達交 針測機台產能限制 外包針測產能限制 製程規格能力限制 針測卡產能限制
目標	訂單延遲時間最短	目標與產出差異最小	生產及延誤成本的和最小	生產及存貨成本最小	最小化外包產能租用成本及 MTS產品缺貨成本
決策	針測排程	多廠的生產產品組合	短期外包產能規劃	中期外包產能規劃	外包產能租用決策
產出資訊	訂單排程順序 產能使用狀況	各廠的產能負荷與達交率	各代工廠的生產產品組合	各代工廠的生產產品組合 (不含針測)	各外包針測廠針測機台租用 數量 各外包針測廠MTS產品生產 目標
解題方法	Linear Programming	Linear Programming Simulation	Linear Programming 啟發式法則	Linear Programming 啟發式法則	Linear Programming Simulation
訂單需求	訂單式產品	訂單式產品	預測型產品	預測型產品	訂單式產品與存貨式產品
優點	除構建作業層級的排程模 式,並提出未來產能負荷預 測回饋排程調整資訊給晶圓 廠	提供一整合晶圓代工廠與 針測廠的生產規劃模式	針對分枝型態的產品構 建產能分派模式	建立效用指標,考量了管 理層面對外包產能分派 的影響	系統化的決策輔助機制,提供 產能規劃者同時針對MTO產 品與MTS產品在針測階段不 同的生產特性,決定各針測廠 的各針測機台租用數量及 生產目標
缺點	假設所有產品均為訂單生 產,產能規劃模式不適用於 訂單生產與存貨生產兩種類 型產品並存的針測生產系統	假設所有產品均為訂單生 產,簡化針測產品的製程 以進行晶圓廠與針測廠之 間的訂單分派,不適用於 兩種類型產品並存的針測 產能規劃環境	適用於預測型訂單,在 針測產能規劃部份較簡 化針測製程整體產能需 求,未考慮針測的製程 及生產機台限制等細 節.	適用於預測型訂單佔大 多數訂單來源的公司進 行中長期的產能分派規 劃,將針測列入晶圓製造 的一部份,未對針測的特 性進行產能分派規劃.	


3.2 Lead Time 相關文獻回顧

在生產規劃系統中，lead time 是一個相當重要的因子，通常用以衡量一個訂單的生產週期績效。公司在爭取客戶訂單時，必須報給客戶交貨期，稱為 Quoted lead time；依產品正常生產需要加上合理等待時間的生產作業時間（planned lead time）；可以透過一些模擬軟體來設計一個利用產能限制來控制投料的生產系統，得到所有工單的實際生產作業時間(actual lead time)。

我們可以應用等候理論計算出一個製造系統的工單 lead time 的平均值與變異程度，通常此 lead time 也做為固定的規劃 lead time 的基本假設。而 Zijm 與

Buitenhek[8]指出這種固定的 planned lead time 假設忽略了 workload 與 lead time 間的交互關係。為了真實反應一個製造系統中的工單達交的績效表現，他們認為以新進工單在不影響其他工單的交期前提下最早可完成的時間當做交期，比起以固定計劃 lead time 當做交期承諾更符合實際交期狀況。此種交期指定的方式適合用於對交期較不具敏感度的工單。

Hendry 與 Kingsman[3]指出對於訂單生產 (MTO) 的製造系統，很少有文獻對 lead time 的角色有相當的了解。以固定的 lead-time 做交期指定不是一個相當理想的方法。因為產品並不會依重要性先後來到。並研究 MTO 生產系統在面對 2 種客戶需求及不確定的製程時間的生產模式。他們將 2 種客戶需求分為 lead-time-sensitive (具交期敏感度的訂單需求) 與 lead-time-insensitive (不具交期敏感度的訂單需求)，前者的生產優先順序均優於後者。




Kevin Weng [6]則承接了 Hendry 等人的研究，假設兩種訂單的接單是隨機獨立的程序，除了 lead-time-sensitive 訂單優先 lead-time-insensitive 訂單生產，每一種訂單群組內均設定生產順序為先進先出 (FCFS; First Come, First Service)，以最小化 WIP 成本及 lead-time-sensitive order 提早或延遲交貨的總成本為目標，求得一生產系統對此兩種產品的最佳接單比例及報價的 lead time。因此 Lead-time-sensitive 訂單的報價生產週期 (manufacturing lead time) 僅為 lead-time-sensitive 訂單接單率的函數，而 lead-time-insensitive 訂單的生產週期則為 2 種訂單接單率的函數，也可以說是整個生產系統平均的生產週期。隨著 lead-time-sensitive 訂單的增加，lead-time-insensitive 訂單的生產週期會隨著拉長。

整合 Zijm 與 Hendry 等人對 lead time 方面的研究，吾人可依 2 種產品對交期要求的程度不同來對生產系統的產能與生產順序的安排。客製化訂單為 lead-time-sensitive 的訂單，其針測的交期要求即為其 quoted lead time。由於

lead-time-sensitive 的訂單具有絕對的優先生產優勢，因此不需要考慮對 lead-time-insensitive 的交期影響。為了達成 quoted lead time，我們將該此類的工單的交期指定均以 quoted lead-time 設定；而標準產品即為 lead-time-insensitive 的預測型訂單，著重在最終生產量的達成,無特定交期要求。

3.3 產能規劃相關文獻回顧

產能代表一個製造系統可提供的產出。而一個製造系統面對產能規劃要做的決策不外乎為擴充，製程能力世代汰換，或是縮減。產能規模變動決策的首要考量因子就是需求的預測。預測是利用一些原則來提供管理者了解未來面臨的可能狀況。由於不確性的存在，當管理者在對未來做產能規劃決策時，必須要承擔需求不確性造成的風險。



以半導體而言，產品和技術的變動速度使半導體製造商很難對未來的產能需求有較好的估計。若是透過設備的採購增加產能，亦需經一段長的前置時期，更造成決策困難。Swaminathan[5]認為應當附予需求預測一個機動性分佈，以一組可能需求的 scenario bases 取代一組需求預測。因此 Swaminathan 提出一個以 mixed integer program，並使用 Lagrangean relaxtion 構建的 analytical model，使得因應產能增加的設備採購決策在需求不確性下可以避險。以最小化缺貨成本為目標，獲得 (一)決定採購的設備數，(二)每個 scenario 中的各種 wafer 在不同設備上的分派。

Zhi-Long Chen 等人[2]認為在競爭日趨激烈及客製化生產程度漸增的市場中，生產組合的彈性程度被視為增進工廠競爭力的優勢之一。生產的彈性可定義為生產多種規格的產品組合的能力。生產系統製造多種產品,各產品的生命週期具有不確性，需求呈現動態，在這種生產系統中，Zhi-Long 提出以 scenario-base 的方法來描述需求的進展，並發展一個 stochastic programming model 在需求不確

定下決定生產系統製程決策及產能規劃。

產能的擴充除了中長期的機台購買決策外，還可以透過與代工廠的外包方式，達到短期產能調整的彈性。短期產能準備需面對的主要的不確定性有，(1)需求的不確定(2)生產過程的不確定。透過產能的整合或是產能彈性增加，就能有效的增加面對需求的隨機性或生產環境的不確定性所需承受的風險值。(Kevin Weng, 1997)。產能彈性越大，代表可承受不確定性的風險承受值更高，換個方式表達，就是 lead time 降低或是機台效率增加，完成到更多的訂單生產需求。Kevin[7]在其研究中為了維持有限的等候工單數，假設其生產系統的產出率不能小於工單到達率，並且除了基本產能外，還能取得額外的產能，他將此種產能稱為 buffer capacity，並且以動態的方式—有需要時才能提供—定義 buffer capacity 發生的時候。主要的目的是為了消除在多階段的生產系統中前一站的產出變異。在該系統中，planned lead time 為已知，且生產控制的方式就是使每期的等候工單數儘可能的逼近 planned 的工單等候數。證明了 buffer capacity 的動態指派可以有效的降低 lead time 與增加 efficiency。但其研究假設了可以無限獲取 buffer capacity，因此他也建議可以針對 buffer capacity 取得有限的情況下來看生產控制的績效。

3.4 產能規劃研究方法

產能規劃的相關文獻數目眾多，處理多種產品，多個期間的，確定性的與不確定性的產能規劃文獻佔有不少比例。處理不同的問題，各作者也選擇較適用的研究方法，包括了 Linear Programming，Scenario-base stochastic programming approach，simulation 等等。

Byrne et al.[1]的文獻發表中提到，對於多期多產品 (Multi Period Multi Product ; MPMP) 的研究，可以使用許多解題方法。這些方法大致上可分成 2 類，

一類為解析方法 (Analytic methods)，包括數學程序、數值研究等，另一類為模擬 (Simulation)。而方法的選用取決於問題的複雜度及是否線性。

他指出若將解析式方法與模擬獨立設定為研究方法，其研究結果不是不夠精準，就是系統太過複雜不易描述，喪失了兩種方法並用所能得到的優點。比如說等候或運輸狀況不易以解析方法表達，以解析式方法所得的解也不能算是最佳解。而模擬可以且較容易考量機率性及非線性的生產特徵，因此他提出一個如何使用解析式方法並配合模擬求得更佳解，其執行程序如圖 3.1。



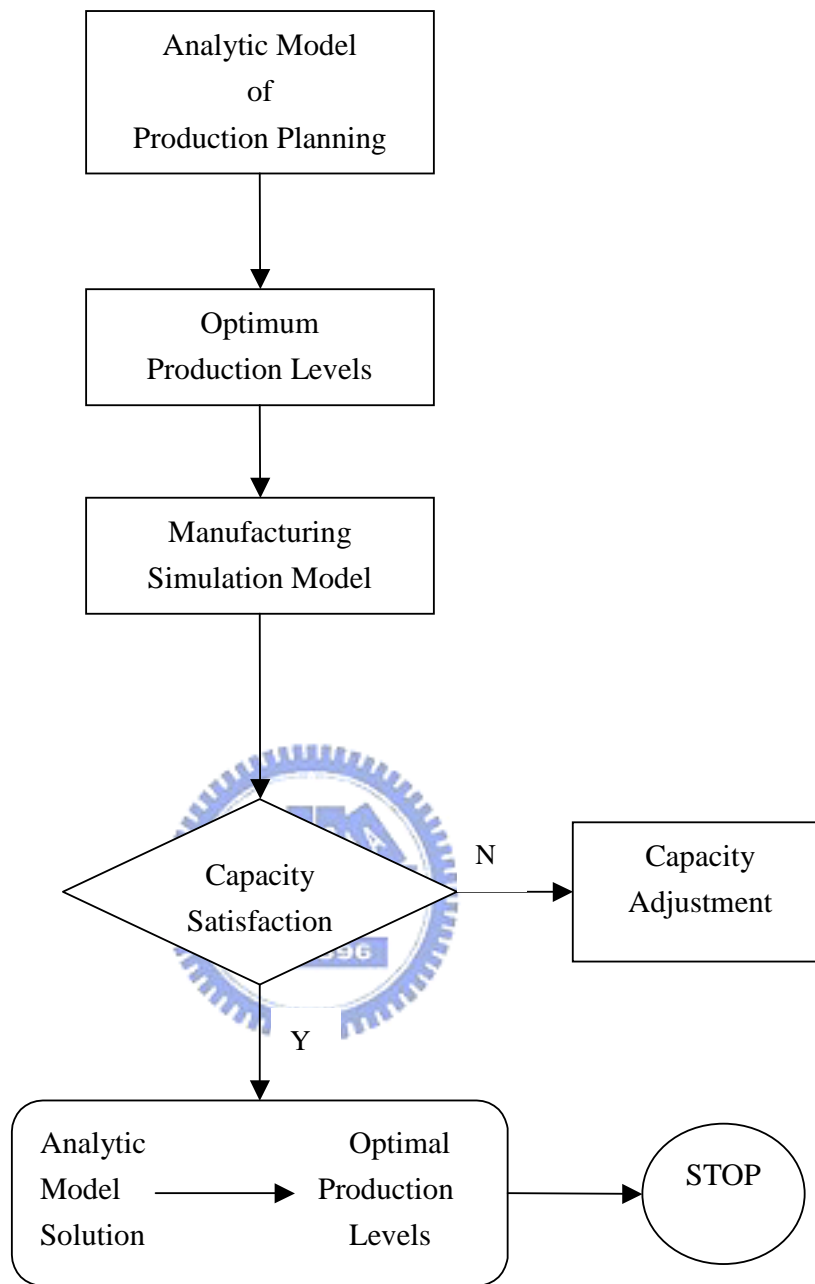


圖 3.1 混合構建程序 [1]

Yi-Feng Hung 與 Leachman[4] 應用線性規劃及模擬，以線性規劃所得最佳的投料計劃做為模擬 model 的輸入值，再由模擬系統中所得 flow time 的收集重新制定線性規劃模組並重新運算，經過連續互動的運作直到在模擬系統及線性規劃模組中得到相同的最佳解。此種方法使半導體製造系統自動化生產規劃成為可能。

第四章 整體針測產能需求規劃模組構建

4.1 問題定義

針測廠承接晶圓廠產出的晶圓進行生產，生產的產品分為兩大類，一為 MTO 產品，一為 MTS 產品。MTO 產品每日各型號產品的數量與交期確定，MTS 產品則是依據市場預測及庫存水準訂定每週的生產目標。

針測產能有兩個來源，一個為自有的針測廠，一個為外包針測廠。各針測廠能提供的各針測機型的機台數量為已知。自有的針測廠（plant 1）的機台使用成本屬於固定成本，不論是否滿載或閒置，企業仍需固定分攤資產的折舊，因此在針測機台指派上要儘可能使用自有針測廠的產能，減少外包廠針測機台租用成本的支出。外包針測廠分配給該 IDM 廠的各型機台有上限限制。此上限是依據以往 IDM 廠的外包預測與實際下單量給定。

MTO 產品僅能用自有針測廠的機台進行針測，不可委外；MTS 產品不受此限。因此自有針測廠的機台須先指派給 MTO 產品生產，剩餘機台再分派給 MTS 產品。當自有針測廠剩餘產能無法滿足 MTS 產品生產目標的產能需求時，須向外包針測廠租用針測機台。此外，每種產品只能在各型號產品驗證過的針測廠及針測機型上生產，且 MTO 與 MTS 的產品均有多種途程可供選擇，因此會產生針測機台分派問題。

探針卡為晶圓在針測機台上生產時搭配的生產配件，不同的產品型號使用不同的探針卡。探針卡的製作日期要 1~2 週，製作價格由數萬元到數十萬元，因此在進行針測產能規劃時要考慮各探針卡的數量限制。

MTO 產品與 MTS 產品兩週內每日的 FAB 預測產出、MTS 產品每週的生產目標均為已知。不過 MTO 產品針測生產週期為 1 天且交期不可延誤，MTS 產品

每期生產數量不足時會產生缺貨風險成本，因此產能規劃者必須決定各針測廠在每個規劃週期內各產品的生產目標與各型針測機台的租用數量。

4.2 生產系統假設

本研究的生產系統假設條件如下：

- a. 僅考慮配件資源總數量限制，不考慮各廠配件限制。
- b. 烤箱等非針測機台設備為無限產能。
- c. 不考慮產品的搬運時間。

本研究首先以二階段線性規劃模式進行產能規劃。第一階段是針對 MTO 產品優先分派自有針測廠的產能，第二階段則將自有針測廠剩餘產能與外包針測廠產能依 MTS 產品總生產目標，進行各廠及各種機型的產能分派規劃。

因該線性規劃模式無法反應 MTO 產品的生產週期資訊，因此本研究構建一個模擬針測廠的生產系統，以線性規劃所求出的外包針測機型租用數量在生產系統中設定，模擬檢測線性規劃模式求出的基本解是否能滿 MTO 產品訂單生產週期。當 MTO 產品未達交時，依本文所提出的針測機型數量的調整機制，進行 MTO 產品與 MTS 產品針測機台數量調整，再執行模擬觀察產能調整後的 MTO 產品訂單的生產週期績效。

產能規劃程序如圖 4.1 所示。

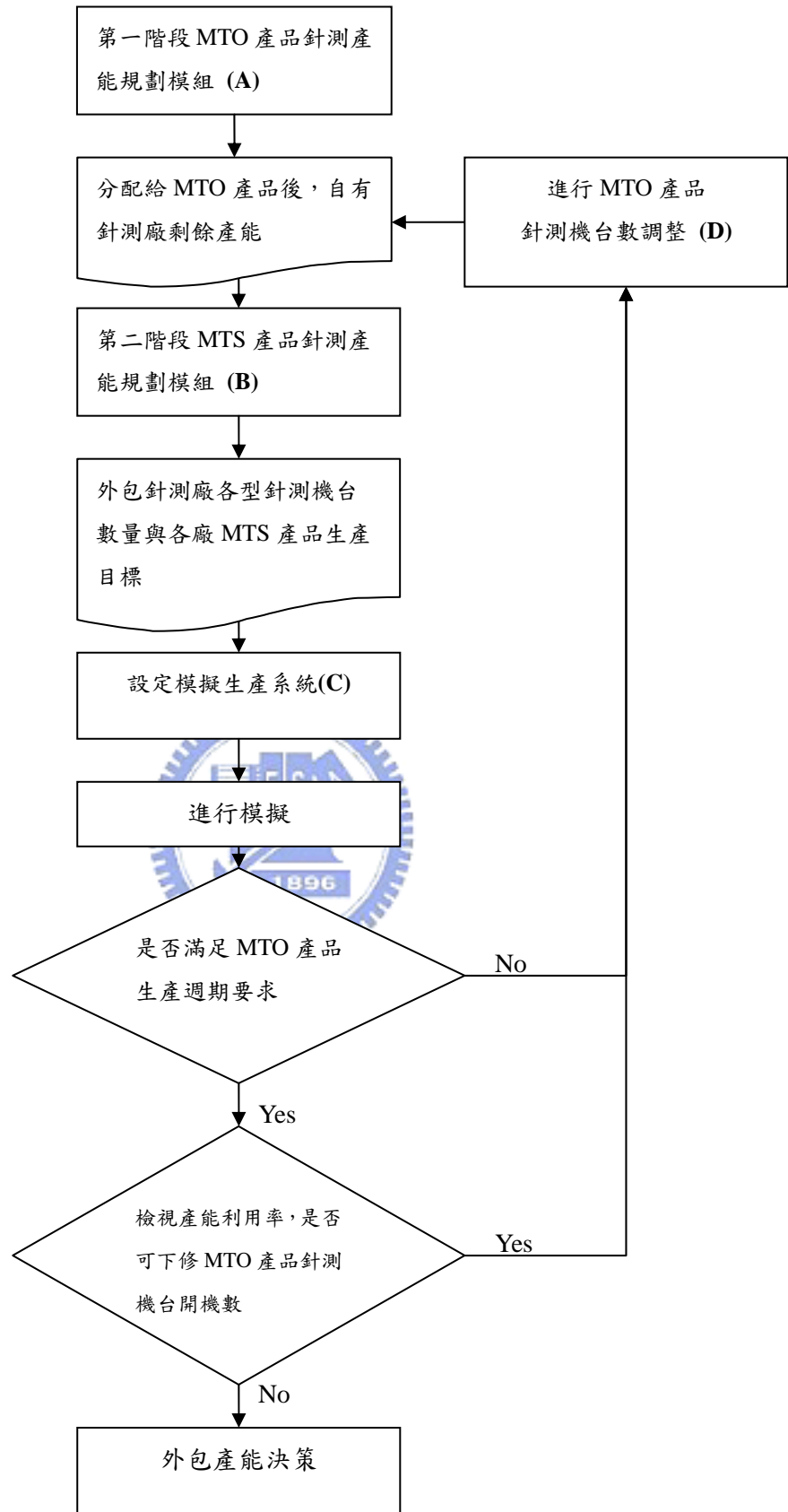


圖 4.1 產能規劃程序

4.3 針測產能規劃模組

4.3.1 MTO 產品產能規劃模組

此章節說明產能規劃程序圖 4.1— (A) 的內容。

因 MTO 產品有交期壓力，自有的針測廠產能必須優先指派給客製化產品訂單，因此本研究設計二階式的線性規劃模式逐層求解針測產能需求。本研究針對客製化產品訂單產能規劃模組的規劃求解模式中使用的各種符號說明如下：

符號上下標

- i 產品種類
 j 代表生產途程類別
 m 針測機台的種類
 k 針測作業別
 s 代表針測廠的廠別 $s=1$ 代表自有針測廠 plant1， $s=2,3$ 代表外包針測廠 plant2 與 plant3
 D 生產規劃週期內的第 D 天

決策變數

- $CY_{m,D}$ MTO產品在第 D 天對 m 型測試機台的需求數
 $CX_{ij,D}$ MTO產品 i 在第 D 天分派到Route j 的生產數量

集合

- O_r 使用配件 r 的所有生產組合 (i, m) 的集合

參數設定

- $CG_{i,D}$ MTO產品 i 在第 D 天預計的FAB產出數量
 N_m^s 各針測廠的各種針測機型已知的機台數量
 Q_r 配件 r 的數量
 PT_{ijmk} i 產品走Route j 在 m 型機台上第 k 道作業的測試時間
 Ef_m m 型機台的生產效率，扣除預估的當機、維修、工程借機等非生產時間後預計的機台生產效率
 CI_{ijm}^+ 期初MTO產品 i 走Route j 在 m 機型的在製品水準(單位：機台小時)
-

MTO 產品的產能線性規劃模組構建如下：

Objective

$$\text{Min} \quad \sum_{m,D} CY_{m,D} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_j CX_{ij,D} = CG_{i,D} \quad \forall i, D \quad (2)$$

$$\sum_i (\sum_j (\sum_k PT_{ijmk}) CX_{ij,D}) + CI_{ijm}^+ \leq CY_{m,D} * Ef_m * 24 * 60 \quad \forall m, D=1 \quad (3)$$

$$\sum_i (\sum_j (\sum_k PT_{ijmk}) CX_{ij,D}) \leq CY_{m,D} * Ef_m * 24 * 60 \quad \forall m, D=2,3,\dots,14 \quad (4)$$

$$\sum_{(i,m) \in Or} (\sum_j (\sum_k PT_{ijmk}) CX_{ij,D}) + CI_{ijm}^+ \leq Q_r * Ef_m * 24 * 60 \quad \forall r, D=1 \quad (5)$$

$$\sum_{(i,m) \in Or} (\sum_j (\sum_k PT_{ijmk}) CX_{ij,D}) \leq Q_r * Ef_m * 24 * 60 \quad \forall r, D=2,3,\dots,14 \quad (6)$$

$$CY_{m,D} \leq N_m^s \quad \forall m, D, s=1 \quad (7)$$

$$CY_{m,D}, CX_{ij,D} \geq 0 \quad (8)$$



MTO 產品的交期要求為 1 天，因此對客製化產品的產能需求採取以天為單位的規劃方式，求出滿足交期的每日機台需求組合。

在第一階段 MTO 產品的產能規劃模式中，目標式(1)是最小化每日機台指派數，可以使生產各種 MTO 產品型號作業時間較短的機台優先分派給 MTO 產品。限制式(2)為當日生產數量必須等於右式的每日 FAB 產出的各種 MTO 產品型號的數量。限制式(3)與限制式(4)均為機台產能限制。其差異為限制式(3)描述在第 1 天時各針測機型的分派數量(右式)要能滿足當日 MTO 產品在各途程的產能需求與期初生產線上在各機型上在製品的產能需求(左式)，限制式(4)僅考慮第 2~14

天中每日 MTO 產品在各途程的產能需求。限制式(5)與限制式(6)描述配件產能限制，各產品型號分派到各途程生產的數量亦受到探針卡數量的限制。其中限制式(5)與限制式(3)一樣，均考慮第 1 天在製品的產能需求。限制式(7)為指派給 MTO 產品的各種機型數量不得超過自有針測廠各機型的總數。限制式(8)為變數為非負數限制。

求得第一階 MTO 針測產能規劃的基本解之後，將基本解以無條件進位取得機台數整數解，將此設為 MTO 產品當期每日在各機型上可使用的產能，進而求出第二階 MTS 產品的產能規劃模組中，自有針測廠分派給 MTS 產品的剩餘產能。

4.3.2 MTS 產品的產能規劃模組

此章節說明產能規劃程序圖 4.1－(B) 的內容。

本研究針對 MTS 產品產能規劃模組的規劃求解模式中使用的各種符號說明如下：

符號上下標

- i 產品種類
 - j 代表生產途程類別
 - m 針測機台的種類
 - k 針測作業別
 - s 代表針測廠的廠別 s=1 代表自有針測廠 plant1，s=2,3 代表外包針測廠 plant2 與 plant3
 - t 生產規劃週期
-

決策變數

- $Y_{m,t}^s$ 在t期對s測試廠m型測試機台的需求機台數
- $X_{ij,t}^s$ i產品在t期分派到s測試廠的Route j的生產數量
- $d_{i,t}^+$ i產品在t期大於當期生產目標的生產數量
- $d_{i,t}^-$ i產品在t期小於當期生產目標的生產數量

$Md_{i,t+1}$ i產品在t+1期修正後應生產的數量

集合

O_r 使用配件r的所有生產組合(i, m)的集合

參數設定

$F_{i,t}$ i產品在t期期初未測晶圓數量
 $G_{i,t}$ i產品在t期FAB的預計總產出數量
 N_m^s 各針測廠的各種針測機型數量
 Q_r 配件r的數量
 PT_{ijmk} i產品走Route j在m型機台上第k道作業的測試時間
 Ef_m m型機台的生產效率.通常是在產能規劃時,扣除預估的當機、維修、工程借機等非生產時間後預計的機台生產效率
 HR_m 外包廠m型機台的每小時測試成本(Hourly Rate)
 I_{ijm}^{+s} 期初時i產品在plant s走Routej在m機型的在製品剩餘產能需求
 $d_{i,t}$ i產品在t期應生產的數量
 B_l 缺貨風險成本

第二階的線性規劃模式構建如下：

Objective

$$\text{Min} \quad \sum_{s,m} Y_{m,t}^s + \sum_s (\sum_m Y_{m,t}^s * HR_m) + B_l * \sum_t \sum_i d_{i,t} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{js} X_{ij,t}^s \leq G_{i,t} + F_{i,t} \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{js} X_{ij,t+1}^s \leq G_{i,t+1} + (G_{i,t} + F_{i,t} - \sum_{js} X_{ij,t}^s) \quad \forall i \quad (3)$$

$$\sum_i (\sum_{js} (\sum_k PT_{ijmk}) X_{ij,t}^s) + I_{ijm}^{+s} \leq (\sum_s N_m^s - \sum_{D=1-7} CY_{m,D} / 7) * Ef_m * 24 * 60 * 7 \quad \forall m, s=1 \quad (4)$$

$$\sum_i (\sum_{js} (\sum_k PT_{ijmk}) X_{ij,t+1}^s) \leq (\sum_s N_m^s - \sum_{D=8-14} CY_{m,D} / 7) * Ef_m * 24 * 60 * 7 \quad \forall m, s=1 \quad (5)$$

$$\sum_i (\sum_{js} (\sum_k PT_{ijmk}) X_{ij,t}^s) + I_{ijm}^{+s} \leq Y_{m,t}^s * Ef_m * 24 * 60 * 7 \quad \forall m, s \neq 1 \quad (6)$$

$$\sum_i (\sum_{js} (\sum_k PT_{ijmk}) X_{ij,t+1}^s) \leq Y_{m,t+1}^s * Ef_m * 24 * 60 * 7 \quad \forall m, s \neq 1 \quad (7)$$

$$\sum_{(i,m) \in O_r} (\sum_{js} (\sum_k PT_{ijmk}) X_{ij,t}^s) + \sum_s I_{ijm}^{+s} \leq Q_r * Ef_m * 24 * 60 * 7 \quad \forall r \quad (8)$$

$$\sum_{(i,m) \in O_r} (\sum_{js} (\sum_k PT_{ijmk}) X_{ij,t+1}^s) \leq Q_r * Ef_m * 24 * 60 * 7 \quad \forall r \quad (9)$$

$$Y_{m,t}^s \leq N_m^s \quad \forall m,s,t \quad (10)$$

$$Md_{i,t} = d_{i,t} \quad \forall i,t=1 \quad (11)$$

$$Md_{i,t} = d_{i,t} - d_{i,t-1}^+ + d_{i,t-1} \quad \forall i,t \neq 1 \quad (12)$$

$$\sum_{js} X_{ij,t}^s = Md_{i,t} + d_{i,t}^+ - d_{i,t} \quad \forall i,t \quad (13)$$

$$Y_{m,t}^s, X_{ij,t}^s, d_{i,t}^+, d_{i,t}, Md_{i,t} \geq 0 \quad (14)$$

此模式中的目標式(1)為最小化機台數，外包產能租用成本與缺貨風險成本，最小化開機數是為了驅使各產品生產分派到針測作業時間較短的機台。

限制式(2)說明在t期時MTS產品可以進行生產的數量 $\sum_{js} X_{ij,t}^s$ 不超過庫房的待測品 $F_{i,t}$ 與t期間內FAB預計產出數量 $G_{i,t}$ 。限制式(3)說明第t+1期的可生產數量 $X_{ij,t+1}$ 不超過前一期t未完成生產指派而停留在庫房的待測品數量 $(G_{i,t} + F_{i,t} - \sum_j X_{ij,t})$ 與t+1期FAB預計產出數量 $G_{i,t+1}$ 。限制式(4)與限制式(5)分別說明在t期與t+1期的自有針測廠剩餘產能限制。限制式(4)與限制式(5)的差異在於規劃t期MTS產品的各種機型產能時，要考慮t期期初各針測廠各機型上的在製品水準。限制式(6)與限制式(7)分別說明在t期與t+1期的外包針測廠針測機型的產能限制。限制式(8)與限制式(9)為設定各產品分配到各途程的生產數量需受到所搭配的探針卡產能限制。限制式(10)為各針測廠分派給MTS產品的各型機台數量不得超過該針測廠所能提供的最大開機數。

MTS產品的生產目標要考慮前一期的延遲生產或是提前生產情形進行修正。t=1期時並不會面臨此問題，因此限制式(11)設定t=1期修正後的生產目標等於原訂的生產目標。限制式(12)則說明在t+1期的生產目標需依據前一期的各產品型號的延遲生產或是提前生產情況修正t+1期的生產目標。為了儘可能的達成每期MTS產品生產目標，限制式(13)說明各期進行生產分派的數量 $\sum_{js} X_{ij,t}^s$ 需大於

等於當期修正後的生產目標 $Md_{i,t}$ ，以確保針測產能需求儘可能於各期指派。若生產數量 $X_{ij,t}$ 高於 $d_{i,t}$ ，則會產生一個在t期提早生產的數量 $d_{i,t}^+$ ，生產數量 $X_{ij,t}$ 低於 $d_{i,t}$ ，則會產生一個在t期末生產的數量 $d_{i,t}^-$ ，修正t+1期生產目標的。限制式(14)為變數的非負數的限制設定。

第二階段的MTS產品產能線性規劃模式可求出MTS產品在各針測廠各機型的生產目標與機台租用數量。

4.4 模擬生產系統構建

本章節說明產能規劃程序圖 4.1—(C)

將 4.3 節的產能規劃模組所求出每日 MTO 產品在自有針測廠分派的各機型的機台數、MTS 產品每週在各針測廠使用的針測機型數量與生產目標，設定在模擬生產系統中。各機型的平均當機時間隔時間 (MTBF) 與平均當機修復時間 (MTTR) 均為指數分配。

在投料與派工法則方面，MTO 產品只要自 FAB 出貨到針測廠後，即進入針測生產等候區。該貨批若有多種機台型號可供選擇時，以總負荷最低的機台群為針測該批貨的機台，並以先進先出進行派工。MTS 產品則依照產能規劃模組求得的各針測廠生產目標，以 CONWIP 觀念進行投料，投料頻率每天一次。投料時在有充份待測晶圓的情況下，儘量維持各產品型號的投料比例。

利用模擬軟體進行多次模擬，收集 MTO 產品交期延遲情形、MTS 產品產出數量與各針測廠針測機型的生產效率。

4.5 機台調整機制

本章節說明產能規劃程序圖 4.1－(D)。

本研究設定每日 MTO 產品在各針測機型上累計交期延遲寬裕為 6 小時。若 MTO 產品 TAT 不能滿足生產交期要求，則須依總延遲時數增加自有針測廠中該針測機型指派給 MTO 產品的機台數量；若 MTO 產品交期無延遲情況，但自有針測廠各針測機型的生產效率過低，則須減少該機型指派給 MTO 產品的機台數量。倘若 MTO 產品的交期延遲情形小於延遲寬裕，且無針測機台生產效率過低，則可以將第二階段 MTS 產品產能規劃模組所求得的最佳解，做為外包針測產能租用決策。

MTO 產品使用的針測機台數調整機制及調整後的產能規劃執行程序如圖

4.2 所示。

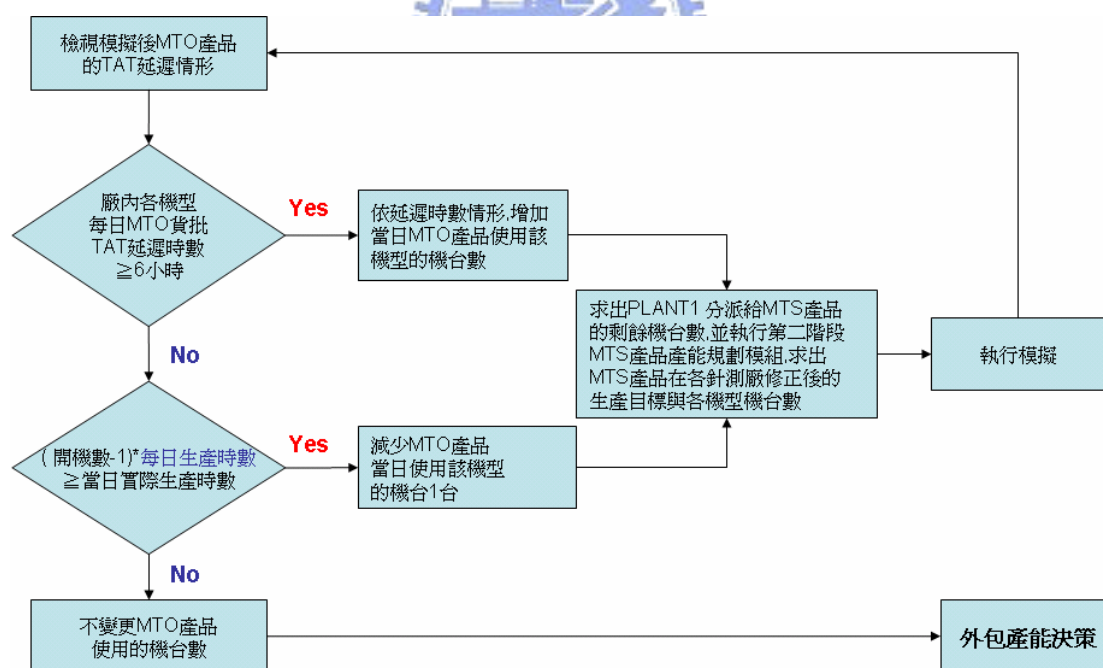


圖 4.2 MTO 產品針測機台數調整機制與調整後產能規劃程序

第五章 案例說明

為說明本文提出的短期針測產能需求模式，本研究以一 IDM 廠的針測廠及其合作的外包針測廠為例。說明如何用本研究之決策流程求出自有針測廠機台數量分配，外包針測廠各型針測機台租用數量。

5.1. 生產環境

有關本案例的產品、製程、機台租用成本等資料主要來自國內某 IDM 廠所提供的實際資料。在此案例針測廠分為自有針測廠(plant 1)及委外的兩家針測廠(plant 2 及 plant 3)。

5.1.1 產品及機台

該案例中有兩類產品，一為少量多樣的 MTO 產品，此類型的產品有 30 種產品型號；一為少樣多量的 MTS 產品，此類型的產品有 12 種產品型號。每種產品各有其驗證過的針測廠及針測機型，及其在各種針測機型的作業時間。

MTO 產品的針測作業大多只有一道測試，僅少部份（本案例設定 R_Prod5 及 R_Prod6）產品型號會經過兩道不同針測程式作業。MTS 產品均需要經過兩道針測作業，在這兩道針測作業間要進行一次長達 24 小時高溫(攝氏 250°C)的烘烤作業。部份產品型號完成兩道針測作業後，還要多進行一次的高溫烘烤作業。

隨著製程的進步，封裝廠已可讀取針測結果的電子圖檔，因此針測廠大多均已轉為 Inkless。因此，本案例的生產系統不考慮將晶圓上不良晶粒下油墨及烤乾油墨作業。

此案例之針測機型共有 M1、M2、M3 與 M4 四種。自有針測廠只有 M1、M2 與 M4 三種針測機型，針測外包廠有四種針測機型的機台。各針測廠具備的針測機型與機台數，以及各機型的生產效率的假設如表 5.2。

外包廠的機台租用成本以每小時計價，簡稱為 Hourly Rate。本案例假設兩針測外包廠 (plant 2 及 plant3) 的機台租用成本相同，機台租用成本的假設如表 5.1 所示。

表 5.1 針測廠機台基本資料

針測機型	PLANT1			PLANT2				PLANT3			
	M1	M2	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
機台數	5	10	10	3	4	8	6	2	4	8	10
機台效率	80%	83%	80%	80%	83%	83%	80%	80%	83%	83%	80%
租用成本				2,500	1,200	1,600	2,200	2,500	1,200	1,600	2,200

5.1.2 FAB 預測產出與訂單資訊

FAB 廠每天出貨四次，每次出貨約間隔 6 小時，MTO 產品與 MTS 產品兩週內每日的 FAB 預測產出、MTS 產品的生產目標、T1 期期初的 MTS 產品待測晶圓數量，以及 MTS 產品在 T1 期與 T2 期的 FAB 預測產出總數的資料均為已知。

5.1.3 在製品水準

進行產能規劃時須考慮期初在製品存貨水準，本案例中各產品在各針測廠的各針測機型上期初的在製品水準已知，單位為機台小時。

5.1.4 生產配件資訊

不同產品在不同針測機型上生產須使用不同的探針卡，本案例設定各針測機

型生產各種 MTO 產品型號與 MTS 產品型號的探針卡數量亦為已知。

5.1.5 投料機制設定

本案例依實務上的投料行為，設定 MTO 產品只要自 FAB 出貨到針測廠後，即投入 plant1 的生產線等候生產；MTS 產品停留在庫房，並且固定於每日下午 14:00 執行投料作業。

5.1.6 交期延遲寬裕

實務上針對 MTO 產品工單的交期要求為 1 天，本案例以每天在各機型生產的工單累計延遲總時數不超過 6 小時為允收的產能規劃成果。

5.2 產能規劃模式執行過程與規劃結果

5.2.1 產能規劃模式

根據 FAB 預計兩週內每日產出的產品數量組合、自有針測廠針測產能限制、生產配件限制，建立規劃模式。依 4.3 節產能規劃模組所提出的二階段線性規劃方法進行基本可行解的求解。在第一階段的 MTO 產品針測產能規劃，限制以 ILOG OPL 為工具進行求解。

求得第一階 MTO 產品針測產能規劃的基本解之後，將基本解以無條件進位取得機台數整數解（如表 5.2），將此設為 MTO 產品 T1 期與 T2 期每日在各機型上可使用的產能。

表 5.2 第一階段 MTO 工單產能規劃基本解

Machine	Day	機台數 基本解	整數解	Machine	Day	機台數 基本解	整數解	Machine	Day	機台數 基本解	整數解
M1	D1	3.3	4	M2	D1	2.3	3	M4	D1	2.3	3
	D2	2.6	3		D2	1.6	2		D2	1.7	2
	D3	2.7	3		D3	3.6	4		D3	1.5	2
	D4	2.3	3		D4	1.7	2		D4	0.5	1
	D5	3.7	4		D5	2.6	3		D5	0.0	0
	D6	2.3	3		D6	1.5	2		D6	1.1	2
	D7	2.8	3		D7	2.6	3		D7	1.3	2
T1期平均開機數			3.3	T1期平均開機數			2.7	T1期平均開機數			1.7
M1	D8	3.5	4	M2	D8	0.5	1	M4	D8	2.1	3
	D9	2.5	3		D9	3.3	4		D9	1.8	2
	D10	1.8	2		D10	2.8	3		D10	0.9	1
	D11	2.6	3		D11	2.6	3		D11	1.9	2
	D12	2.8	3		D12	3.2	4		D12	2.1	3
	D13	2.7	3		D13	4.4	5		D13	1.5	2
	D14	3.0	4		D14	4.8	5		D14	1.5	2
T2期平均開機數			3.1	T2期平均開機數			3.6	T2期平均開機數			2.1

承接第一階 MTO 產品在自有針測廠的機台整數解，並根據 MTS 產品生產目標、待測區的數量、FAB 兩週內的出貨預測、在製品產能負荷水準、針測外包廠提供的最大針測產能、生產配件限制等投入資訊，依 4.3.2 MTS 產品的針測產能規劃模組中的式子建立限制規劃模式，求出 MTS 產品產能規劃基本解(表 5.3)與各針測廠 MTS 產品生產目標 (表 5.4)。其中 F_Prod2 在各生產限制條件下有 30 片的針測生產數量要自 T1 期延到 T2 期生產。

表 5.3 第二階段 MTS 產品產能規劃基本解

Machine	T1 期			T2 期		
	Plant 1	Plant 2	Plant 3	Plant 1	Plant 2	Plant 3
M1	1.7	0	0	1.9	0.6	0
M2	7.3	2.5	3.2	6.4	4	0.1
M3	-	8	7.4	-	0.3	2.4
M4	8.3	5.8	10	7.9	6	0.2

表 5.4 第二階段 MTS 產品規劃結果- 每期各針測廠 MTS 產品生產目標

T1 期	機型	Prod1	Prod2	Prod3	Prod4	Prod5	Prod6	Prod7	Prod8	Prod9	Prod10	Prod11	Prod12
Plant 1	M1					121							
	M2					8		75					
	M4								81	300			80
Plant 2	M1												
	M2					21							
	M3						318						
	M4								94				
Plant 3	M1												
	M2		170										
	M3	100					41					180	
	M4								125		150		
T1 期基本解		100	170	0	0	150	359	75	300	300	150	180	80
T1 期原始 生產目標		100	200	0	0	150	300	75	300	300	150	180	80
T2 期	機型	Prod1	Prod2	Prod3	Prod4	Prod5	Prod6	Prod7	Prod8	Prod9	Prod10	Prod11	Prod12
Plant 1	M1			50	300								
	M2					208		200					
	M4								300	300	104		
Plant 2	M1			50									
	M2		150			138							
	M3						50					300	
	M4										146		189
Plant 3	M1												

	M2					3							
	M3	200											
	M4												11
T2 期基本解		200	150	100	300	349	50	200	300	300	250	300	200
T2 期修正後生產目標(Md_{i,t+1})		200	130	100	300	350	441	200	300	300	250	300	200
T2 期原始生產目標		200	100	100	300	350	500	200	300	300	250	300	200

5.2.2 第一次模擬結果分析與機台調整

本研究使用 Tecnomatix 公司所發展的 eM-Plant 軟體設計針測生產環境。本驗證實例模擬了 21 天，前 14 天為 Warm Up 時間，並根據表 5.2、表 5.3、表 5.4 設定後續 7 天 (T1 期) 之各廠生產 MTO 產品、MTS 產品的各種機型機台數與各針測廠 MTS 產品的生產目標。模擬驗證次數為 20 次，並以 20 次之平均值做為後續的結果分析。



檢視第一次模擬中 MTO 產品工單的延遲情況 (表 5.5)，可以發現原先設定自有針測廠的 M2 機型在 Day2 時開機數 2 台與 Day3 時開機數 4 台，並無法使 MTO 工單總延遲時數小於 6 小時；在 Day4 設定的 M4 機型開機數 1 台也有相同的情形。因此在第 2 次模擬時要在 Day2 與 Day3 增加 1 台 M2 機台，Day4 增加一台 M4 機台。

表 5.5 第一次模擬結果-MTO 產品工單延遲時數

	M1		M2		M4	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
Day 1	-	-	4.1	3.0	-	-
Day 2	-	-	8.2	8.4	0.4	1.1
Day 3	-	-	7.6	8.0	0.3	1.3

Day 4	-	-	4.1	3.8	6.1	10.7
Day 5	0.4	0.8	1.0	2.0	-	-
Day6	-	-	1.4	2.7	-	-
Day7	-	-	-	-	-	-

每日自有針測廠的 MTO 產品在各機型產能使用情況，如圖 5.1、圖 5.2、圖 5.3 所示。吾人可觀察到 M1 機型在 Day5 時開機數為 4 台，但實際生產使用的產能僅約當為 2.3 台。依生產效率 80% 計，開機數可以下修到 3 台應當仍足夠當日 MTO 工單在 M1 機型上的產能。同樣的，M4 機型在 Day1 與 Day6 都有相同情形，可以考慮各下修 1 台 M4 機型的機台，將機台調整給 MTO 工單，可減少 MTS 產品在外包針測廠租用的機台數。表 5.6 為 MTS 產品在各針測廠各機型上的生產效率。

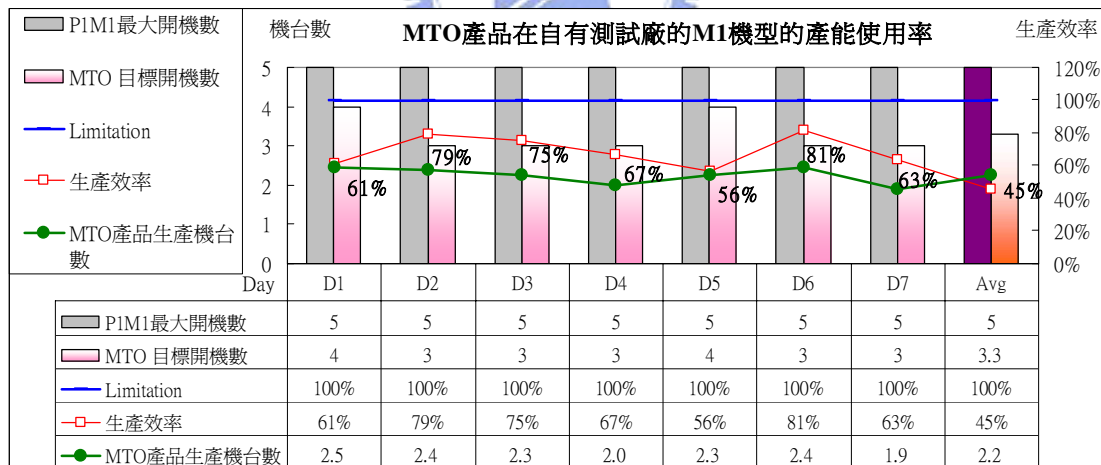


圖 5.1 第一次模擬- MTO 產品工單在自有針測廠 M1 機型的產能使用率

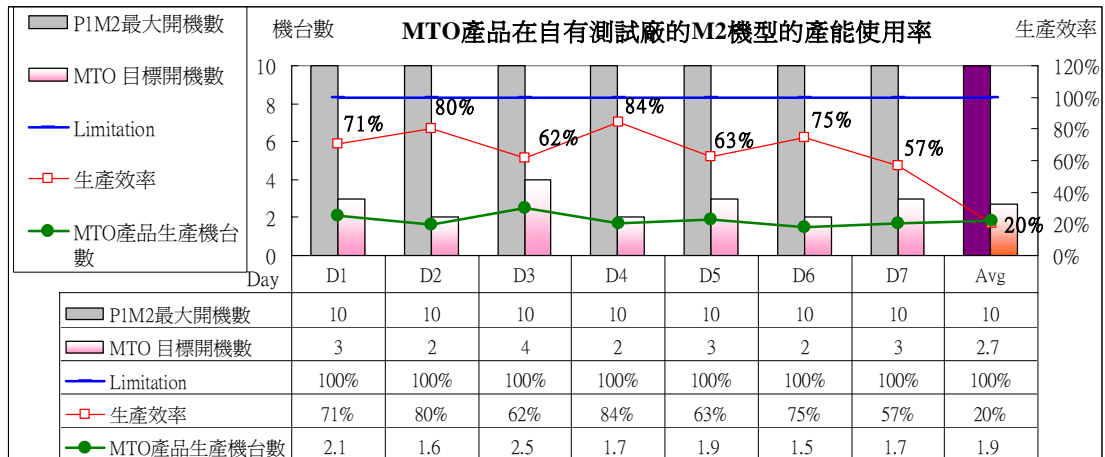


圖 5.2 第一次模擬- MTO 產品工單在自有針測廠 M2 機型的產能使用率

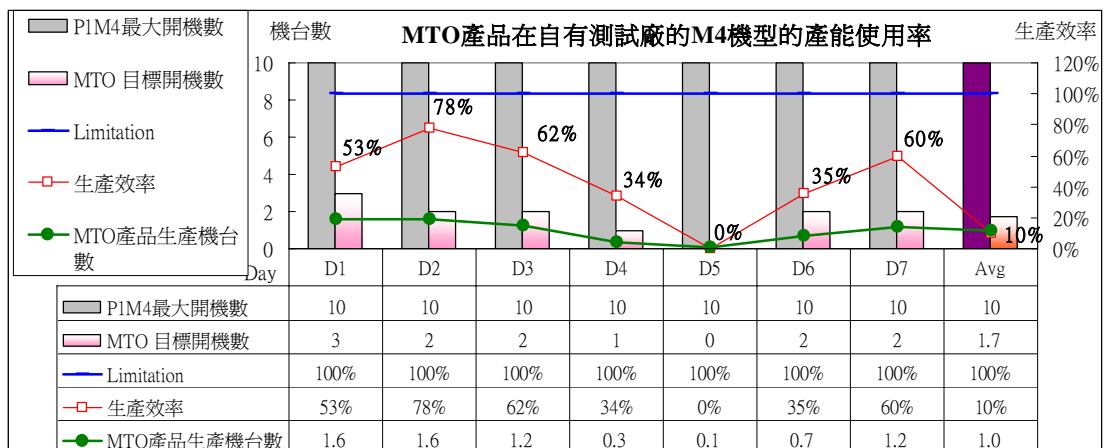


圖 5.3 第一次模擬- MTO 產品工單在自有針測廠 M4 機型的產能使用率

表 5.6 第一次模擬 - MTS 產品在各針測廠各機型上的生產效率

PLANT	Machine	Waiting Time(hrs)	Working Time(hrs)	Pause Time(hrs)	機台數	機台效率
PLANT1	M1	6	34	1	1.7	83%
	M2	4	158	13	7.3	90%
	M4	47	133	20	8.3	67%
PLANT2	M2	35	332	53	2.5	79%
	M3	224	915	205	8	68%
	M4	114	718	142	5.8	74%
PLANT3	M2	14	443	81	3.2	82%
	M3	0	1144	99	7.4	92%
	M4	240	1134	306	10	68%

因此根據 4.5 節所提出的 MTO 產品針測機台數調整機制，依上述模擬結果調整 MTO 產品在自有針測廠內各針測機型的機台數後，執行第二階 MTS 產品產能規劃模組，求得各針測廠租用機台數基本解 (表 5.7) 與調整後 MTS 產品在各針測廠的生產目標 (表 5.8)。調整機台數後，F_Prod2 在各生產限制條件下依舊有 30 片的針測生產數量要自 T1 期延到 T2 期生產。

表 5.7 第一次模擬後針測機台調整情況

Plant	Machine Type	Day	MTO 產品				MTS 產品		各針測廠可提供的總機台數
			第一次模擬設定 整數解開機數	第二次模擬設定 開機數	第一次模擬 平均開機數	第二次模擬 平均開機數	第一次模擬設定 整數解開機數	第二次模擬設定 開機數	
P1	M1	D1	4	4	3.3	3.1	1.7	1.9	5
		D2	3	3					
		D3	3	3					
		D4	3	3					
		D5	4	3					
		D6	3	3					
		D7	3	3					
	M2	D1	3	3	2.7	3.0	7.3	7.0	
		D2	2	3					
		D3	4	5					
		D4	2	2					
		D5	3	3					
		D6	2	2					
		D7	3	3					
	M4	D1	3	2	1.7	1.6	8.3	8.4	
		D2	2	2					
		D3	2	2					
		D4	1	2					
		D5	0	0					
		D6	2	1					
		D7	2	2					
P2	M1	T1	NA	NA	NA	NA	0	0	3
	M2						2.5	2.4	4
	M3						8	8	8
	M4						5.8	5.5	6
P3	M1	T1	NA	NA	NA	NA	0	0	2
	M2						3.2	3.2	4
	M3						7.4	7.6	8
	M4						10	10	10
——>		增加開機數							
- - - - ->		減少開機數							

表 5.8 第一次機台調整後每期的各針測廠 MTS 產品生產目標

	機型	Prod1	Prod2	Prod3	Prod4	Prod5	Prod6	Prod7	Prod8	Prod9	Prod10	Prod11	Prod12
Plant 1	M1					131							
	M2						63						

	M4								90	300			80
Plant 2	M1												
	M2					19							
	M3						318						
	M4								85				
Plant 3	M1												
	M2		170										
	M3	100					41	12					
	M4								125		150	180	
T1 期基本解		100	170	0	0	150	359	75	300	300	150	180	80
T1 期原始生產目標		100	200	0	0	150	300	75	300	300	150	180	80
	機型	Prod1	Prod2	Prod3	Prod4	Prod5	Prod6	Prod7	Prod8	Prod9	Prod10	Prod11	Prod12
Plant 1	M1			50	300								
	M2					208		200					
	M4								300	300	104		
Plant 2	M1			50									
	M2		150			138							
	M3						50						
	M4											300	
Plant 3	M1										146		189
	M2					4							
	M3	200											
	M4												11
T2 期基本解		200	150	100	300	350	50	200	300	300	250	300	200

T2 期修正後生產目標(Md _{i,t+1})	200	130	100	300	350	441	200	300	300	250	300	200
T2 期原始生產目標	200	100	100	300	350	500	200	300	300	250	300	200

5.2.3 第二次模擬結果

將調整後的各針測廠機台開機組合與 MTS 生產目標作為第二次模擬的設定，開始進行 20 次的模擬。第二次模擬得到 MTO 工單延遲的情形如表 5.9 所示。

吾人可發現在 Day2 與 Day3 增加了 M2 機型給 MTO 工單進行生產能夠有效的縮短了當日總延遲時數，使總延遲時數小於 6 小時，在 Day4 增加一台 M4 機台亦有相同的效果。

但在 Day2 的 M4 機型上，生產的 MTO 產品的延遲時間由原本的 0.4 小時大幅增加到 7.2 小時。比較在兩次的模擬中，MTO 工單於 Day2 在 M4 機型上延遲時數比較，判斷應為在第二次模擬時減少 M4 機型在 Day1 的開機數，使 Day1 的 MTO 產品工單的生產完成時間延後，Day2 的 MTO 產品工單等待時間增加。不過在 Day1 的 M2 機型部份，因為第一次模擬後並未調整 M2 機型的開機，因此總延遲時數由 4.1 小時拉長到 6.7 小時，可能受到模擬系統中亂數的影響。

表 5.9 第二次模擬結果-MTO 工單延遲時數

	M1		M2		M4	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
Day 1	0.5	2.1	6.7	5.6	0.3	0.6
Day 2	-	-	4.8	6.3	7.2	15.6
Day 3	1.5		1.9	2.0	-	-

Day 4	0.1		4.0	4.3	2.5	6.2
Day 5	3.1		4.8	7.4	-	-
Day6	0.8		2.5	3.1	-	-
Day7	-	-	-	-	-	-

第一次模擬時延遲時數超過 6 小時

第二次模擬時延遲時數超過 6 小時

在 MTO 產品的針測機台生產效率方面，已經沒有因生產效率過低而還可以下修的機型（見圖 5.4、圖 5.5、圖 5.6），各針測廠各機型生產 MTS 產品的機台效率見表 5.10。此外驗證兩次模擬情境中，自有針測廠的各型機台產能生產 MTO 產品與 MTS 產品的產能使用情況如表 5.11 所示。吾人可觀察到在自有針測廠中的 M1 與 M4 機型開機數部份調整給 MTS 產品生產後，整體的產能閒置率降低，而 M2 機型開機數在部份調整給 MTO 產品生產後，整體的產能閒置率增加。可解釋為滿足 MTO 工單的交期要求，使 MTO 產品能在 FAB 出貨時即時或儘早生產，自有針測廠內的針測機台停機等候的情況增加，反應在機台的閒置率上。

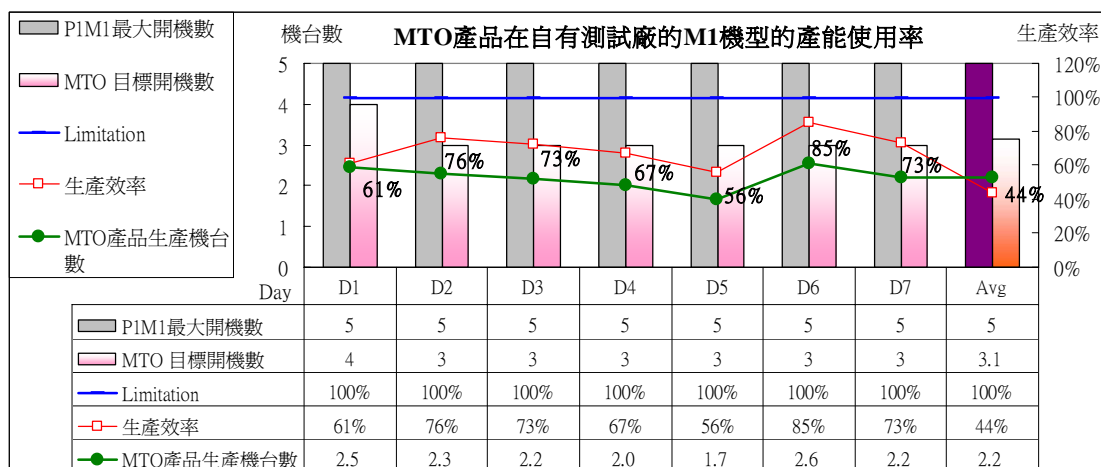


圖 5.4 第二次模擬-MTO 產品工單在自有針測廠 M1 機型的產能使用率

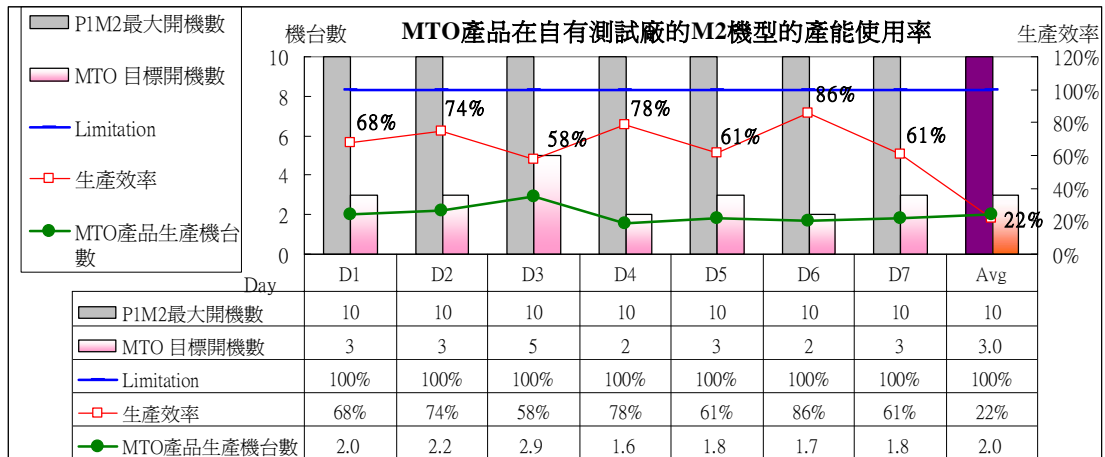


圖 5.5 第二次模擬-MTO 產品工單在自有針測廠 M2 機型的產能使用率

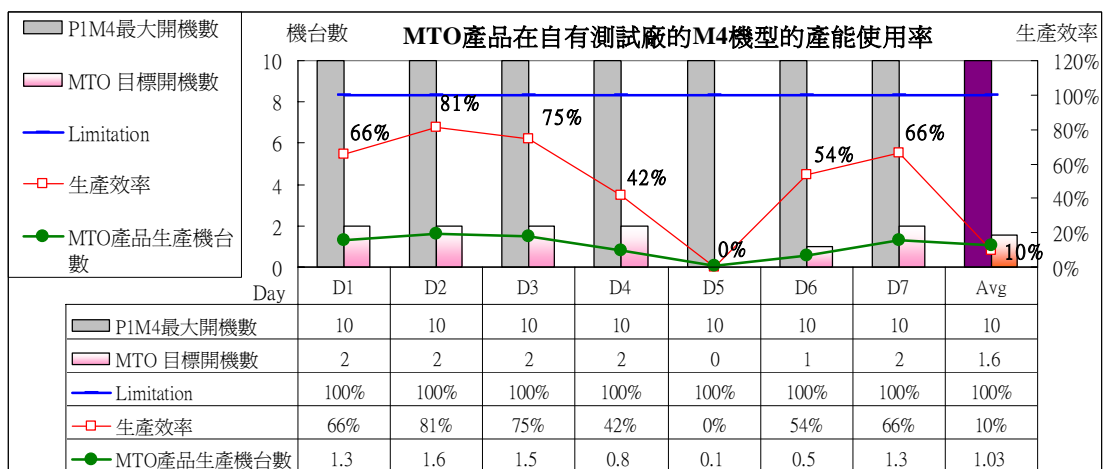


圖 5.6 第二次模擬-MTO 產品工單在自有針測廠 M4 機型的產能使用率

表 5.10 第二次模擬 - MTS 產品在各針測廠各機型上的生產效率

PLANT	Machine	Waiting Time(hrs)	Working Time(hrs)	Pause Time(hrs)	機台數	機台效率
PLANT1	M1	3	37	5	1.86	82%
	M2	11	147	9	7.0	88%
	M4	36	141	29	8.6	68%
PLANT2	M2	30	332	41	2.4	82%
	M3	247	899	197	8	67%
	M4	158	670	96	5.5	73%
PLANT3	M2	14	443	81	3.2	82%
	M3	0	1136	141	7.6	89%
	M4	195	1181	303	10	70%

表 5.11 第一次模擬與第二次模擬自有針測廠各針測機型的產能利用率

Machine	Capacity (7 days)	Item	第一次模擬			第二次模擬		
			Machine Hours	Sub_ Ratio	Ratio	Machine Hours	Sub_ Ratio	Ratio
M1	5sets	MTO_Run	380	45%	73%	369	44%	74%
		MTS_Run	237	28%		256	30%	
	840Hrs	IDLE	114	14%	14%	80	9%	9%
		PM/Down	109	13%	13%	136	16%	16%
M2	10sets	MTO_Run	311	19%	84%	339	20%	82%
		MTS_Run	1108	66%		1032	61%	
	1680Hrs	IDLE	88	5%	5%	144	9%	9%
		PM/Down	172	10%	10%	165	10%	10%
M4	10sets	MTO_Run	162	10%	65%	164	10%	69%
		MTS_Run	930	55%		989	59%	
	1680Hrs	IDLE	391	23%	23%	282	17%	17%
		PM/Down	198	12%	12%	245	14%	15%

5.3 委外針測機台租用成本

根據 5.2.3 第二次的模擬結果分析，吾人建議除了不變更 M4 機型在 Day1 的機台數調整，其餘機台數調整均依照表 5.7 的建議。依此建議調整自有針測廠內 MTO 生產機台數後，執行第二階的 MTS 產能規劃的限制式求出 MTS 產品在各針測廠各機型租用數量的最適解，並此三次針測機台調整及租用成本整理如表 5.12。

我們可以發現第一次進行的產能規劃求出的基本解，其租用外包針測廠的針

測機台成本為 11,136,943 元，第二次的產能規劃模式求出的外包針測機台數量租用成本為 11,053,811 元，共減少了 83,132 元，但會造成在 Day2 時 M4 機型上生產的 MTO 產品工單的總延遲時數增加。若不調整 Day2 的 M4 機型開機數，則外包產能租用成本為 11,106,611 元，只降低委外針測機台租用成本 30,332 元，但也相對的降低 MTO 工單的延遲時間，使之控制在 6 小時之內。

表 5.12 針測產能規劃調整建議及委外針測機台租用成本評估

Plant	Machine Type	Day	MTO 產品					MTS 產品					各針測廠可提供的總機台數
			第一次模擬設定 整數解開機數	第二次模擬設定 開機數	二次模擬後 建議開機數	第一次模擬 平均開機數	第二次模擬 平均開機數	二次模擬後建議 平均開機數	第一次模擬設定 整數解開機數	第二次模擬設定 開機數	二次模擬後 建議開機數		
P1	M1	D1	4	4	4	3.3	3.1	3.14	1.7	1.9	1.86	5	
		D2	3	3	3								
		D3	3	3	3								
		D4	3	3	3								
		D5	4	3	3								
		D6	3	3	3								
		D7	3	3	3								
	M2	D1	3	3	3	2.7	3.0	3.0	7.3	7.0	7.0		
		D2	2	3	3								
		D3	4	5	5								
		D4	2	2	2								
		D5	3	3	3								
		D6	2	2	2								
		D7	3	3	3								
	M4	D1	3	2	3	1.7	1.6	1.7	8.3	8.4	8.3		
		D2	2	2	2								
		D3	2	2	2								
		D4	1	2	2								
		D5	0	0	0								
		D6	2	1	1								
		D7	2	2	2								
P2	M1							0	0	0	3		
	M2	T1	NA	NA		NA	NA	NA	2.5	2.4	2.4	4	
	M3							0	0	0	8		
	M4							5.8	5.5	5.7	6		
P3	M1							0	0	0	2		
	M2	T1	NA	NA		NA	NA	NA	3.2	3.2	3.2	4	
	M3							7.4	7.6	7.6	8		
	M4							10	10	10	10		
		→	增加開機數										
	→	減少開機數										
		—→	維持與第1次相同開機數										
								委外測試機台租用成本		11,136,943	11,053,811	11,106,611	
								MTS產品延遲生產承受的缺貨成本 (Prod2*30pcs)		30,000	30,000	30,000	
								成本總和		11,166,943	11,083,811	11,136,611	

第六章 結論與建議

6.1 結論

IDM 廠自 2001 年下半年開始面臨半導體不景氣，大幅縮減資本支出。在資金有限情況下，停止擴張自有的封測產能，轉而將大部份封測業務委由專業的封測廠代工，進而面臨與 IC 設計業者(fables)競爭專業封測廠的產能的情況。因此如何滿足多變的產品封測交期需求、充份利用自有封測廠生產資源、提供專業封測廠準確度高的封測產能租用需求，使得封測產能規劃更形重要。

在針測產能規劃方面，國內以半導體針測廠為研究對象的論文大多著重在於作業層級的排程派工，在戰術層級的生產規劃研究較少見。針測產能規劃對 IDM 廠重要性增加，本研究針對此部份進行研究，提出一個適合 IDM 半導體公司的短期針測產能需求模式。

本研究利用線性規劃分別構建 MTS 產品與 MTO 產品的針測產能規劃模組，其中考慮到以往針測產能研究中未考慮的探針卡產能的限制，期望在重要的限制條件下求出兩種產品的針測機台數量組合與 MTS 產品在各針測廠的生產目標，並構建針測模擬生產系統的模擬系統，收集到 MTO 工單的達交績效以及各針測廠針測機台的生產效率資訊。對 MTO 產品工單交期延遲情形，依本文提出的機台調整機制進行 MTO 工單針測機台調整後，再次透過第二階段 MTS 產品針測產能規劃模組求出 MTS 產品的針測機台需求數。將調整後的機台配置及生產目標投入模擬針測系統進行第二次的模擬，並檢視第二次模擬後的 MTO 產品工單的達交績效是否滿足，以及各針測廠針測機台的生產效率資訊，判斷是否應當再次調整 MTO 產品與 MTS 產品的針測機型機台數的分派。

在本研究中的案例說明，可以發現本研究所提出的短期針測產能需求模式能

有效的幫助針測產能規劃人員進行外包產能租用的評估與決策。

6.2 建議

在本研究中有些缺失，建議未來可以進行改善：

1. 本研究的模擬環境是將自有針測廠分成兩個虛擬工廠，一個是生產 MTO 產品的，一個是生產 MTS 產品。由於模擬環境並無法進行非整數的機台設定，因此在 MTO 產品的針測產能是透過第一階線性規劃求出基本解後，再以無條件進位於模擬生產環境中設定整數值的每日開機數。在 MTS 產品的機台使用則是將第二階線性規劃求出的基本解在模擬系統中以 CONWIP 的觀念與投料目標達成率來設計投料產能上限與控制規劃期間的投料。雖然依模擬收集到的針測機型生產效率資料，確認這樣的設計方式並不會造成規劃期間自有針測廠使用的針測產能大於當期所有機型能提供的最大產能，但有可能造成規劃期間某些日子的實際產能使用率大於 100% 的不合理現象，並且無法正確反應出在實務上的 MTO 產品與 MTS 產品在同個針測廠裏針測機台的使用情形。因此建議在模擬環境的設計，及機台派工的法則可以做更符合實務情況的修正。
2. 在線性規劃求解階段，吾人將生產資源探針卡列為產能限制條件，但為簡化在模擬系統上的設計，吾人以各針測廠可能會為了爭取訂單而自行製作探針卡為假設，在生產派工時未考慮探針卡此次要的生產資源的使用。因此建議在未來研究時可以在模擬環境中做更詳細的設計。
3. 模擬系統設計開機數的調整除了考慮 MTO 產品工單的延遲情況，應當還要加入標準差的資訊。因為建議未來可以再進一步探討，如何更完善的設計機台調整機制，增加更多的機台調整彈性及減少因等待 MTO 產品工單造成的產能閒置時間，進而減少 MTS 產品在外包廠租用的機台

數。

4. 本研究是依 FAB 廠所提供的預測產出，但由於產出有不確定性的情況，建議未來的研究方向可以考慮將預測的不確定性情況反應在模擬生產系統中，提供產能規劃者更完整的針測產能規劃決策情境。



參考文獻

- [1] M.D. Byrne, M.A. Bakir, "Production planning using a hybrid simulation – analytical approach," in *Int. J. Production Economics*, 1999, pp.305-311
- [2] Zhi-Long Chen, Shanling Li, Devanath Tirupati, "A scenario-based stochastic programming approach for technology and capacity planning," in *Computer & Operation Research*, 2002, pp.781-806
- [3] L.C. Hendry, B.G. Kingsman, "Production planning systems and their applicability to make-to-order companys," in *European Journal of Operational Research*, 1989, pp.1-15
- [4] Yi-Feng Hung and Robert C. Leachman, "A Production Planning Methodology for Semiconductor Manufacturing Base on Iterative Simulation and Linear Programming Calculations," in *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 1996, pp.257-269
- [5] Jayashankar M. Swaminathan, "Tool Capacity planning for semiconductor fabrication facilities under demand uncertainty," in *European Journal of Operational Research*, 1998, pp.545-558
- [6] Z. Kevin Weng, "Manufacturing lead times, utilization rates and lead-time-related demand," in *European Journal of Operational Research*, 1996, pp.259-268
- [7] Z. Kevin Weng, "Managing production with flexible capacity deployment for serial multi-stage manufacturing systems," in *European Journal of Operational Research*, 1998, pp.587-598
- [8] W.H.M. Zijm, R. Buitebhek, "Capacity planning and lead time management," in *Int. J. Production Economics*, 1996, pp.165-179
- [9] 方淑儒, 「IC 設計公司產能分派模式之構建」, 交通大學工業工程與管理研究所碩士論文, 2001
- [10] 李佳峰, 「晶圓針測排程之混合整數規劃模型」, 清華大學工業工程與工程管理學研究所碩士論文, 2002
- [11] 李瓊瑛, 「整合晶圓製造與針測流程之生產規劃系統構建」, 交通大學工業工程與管理研究所碩士論文, 2003
- [12] 陳淑靜, 「晶圓針測廠生產規劃模式之構建」, 交通大學工業工程與管理研究所碩士論文, 1997
- [13] 郭佩純, 「多屬性待測品之半導體針測區機台排程模擬分析」, 清華大學工業工程與工程管理學研究所碩士論文, 2001
- [14] 許世洲, 「IC 設計公司的外包產能規劃」, 交通大學工業工程與管理研究所博士論文, 2003
- [15] 鄧豐毅, 「半導體針測區現場作業排程分析」, 清華大學工業工程與工程管理學研究所碩士論文, 1998

[16] 楊明賢，「晶圓針測廠等效平行機台排程問題之研究：模式、演算法與應用」，交通大學工業工程與管理研究所博士論文，2000

