ISSN 1023-2842
中山管理評論　2011 年三月號
第十九卷第一期　p.11-36

旺宏電子公司—製造策略決策

Macronix International Company Limited-Manufacturing Strategic Decision Making

簡禎富*Chen-Fu Chien
國立清華大學工業工程與工程管理學系
Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University

胡志翰 *Chih-Han Hu*
國立清華大學工業工程與工程管理學系
Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University

摘要

本個案研究係以旺宏電子公司面臨之製造策略決策問題為實證，探討決策者為能及時出貨以滿足重要客戶的交期需求，並爭取新產品可能的大量訂單，必須突破生產瓶頸的限制和新製程技術的挑戰，在有限的選項和不確定的風險下，權衡各種方案的利弊和可能的風險，以提升產出滿足客戶訂單和交貨時間的要求，為公司獲取最大的利益。本個案描述旺宏公司高階主管所面臨之決策問題，引導讀者依循系統化決策分析架構和步驟，以釐清相關的決策元素，並架構決策問題，然後應用決策分析工具，對可能方案進行系統化的評估與分析；由於採用新製程的成功與否存在不確定的因素，並針對風險下的決策問題探討決策者該如何應用當下的資訊進行決策分析，並考量決策資訊的價值，以及如何積極面對不確定因素所衍生的風險，調整決策方案並設計配套的方案以降低負面效應的影響，使公司得以維持穩健的獲利和成長。

關鍵詞：製造策略、風險決策、決策品質、紫式決策分析架構、半導體製造

---

* 通訊作者：簡禎富。作者非常感謝本專刊主編范錚強教授及審查委員的寶貴建議；本研究承蒙教育部 2008 年「補助大專校院推動我國產業個案撰寫計畫」及國科會專題研究計畫（NSC 97-2221-E-007-111-MY3）經費補助及旺宏電子盧志遠、潘文森、戴聖乾、陳瑞坤等先進之協助，特此致謝。

Abstract

This case study aims to explore manufacturing strategic decision problems faced by Macronix. To make on-time delivery and fulfill a large order from key customer, the Senior Director has to deal with the capacity loss of bottleneck equipment resulting from the introduction of a new product with extra large feature size. However, given the limited options, a breakthrough in the current production is needed to improve throughput and productivity, under the risk that the new production process may not be successful. That is, in order to fulfill customer orders to maintain profitability and growth of market share for the new product, the decision maker has to make a decision under the risk that the new process may fail and thus cause defect loss and on-time delivery failure. Following a systematic decision framework implicitly, this case can guide the students to clarify the decision elements and employ decision analysis methodologies with the information at hand, to analyze tradeoffs among the alternatives and the associated risks for effective decision making. Furthermore, we also discuss a mix-strategy alternative to balance the expected payoff and the acceptable risk. The value of information is also examined when evaluating an alternative of conducting an experiment to validate the new production process. Indeed, the proposed approach was implemented in the case company and the results validated the practical viability of this approach to enhance decision quality under risk.

Keywords: Manufacturing Strategy, Decision under Risk, Decision Quality, UNISON Decision Analysis Framework, Semiconductor Manufacturing

壹、個案本文

一、前言

2010 年旺宏電子不僅安然渡過全球金融風暴，隨著消費性電子產品應用範圍日益增加和宅經濟的發展，快閃記憶體(Flash Memory)市場需求反彈回升。這一天下午，忙碌一天的陳協理剛結束產銷協調會議，但絲毫沒有放鬆的

感覺，腦中仍不停地思索著如何將新購併的 12 吋廠產能儘速量產開出，以因應更多客戶的需求。

然而，才走進辦公室，製造部的一份報告卻打斷他的思緒，原來最近推出的新產品 128M Flash Memory 開始大量投片後，在黃光製程區已經發生嚴重的堆貨情況，不僅使得生產週期時間變長，產能相對也無法有效利用。由於 128M Flash Memory 是目前客戶最急需的元件，這個月的需求片數就已經達到 15,000 片，其中旺宏策略伙伴客戶的需求量就佔了 4,000 片，且預期短期內將有更大量的訂單需求，因此產出（Throughput）減少，不僅影響短期出貨的準時達交（On-Time Delivery），也關係到新產品的市佔率和重要客戶的伙伴關係。

儘管記憶體的市價總是起伏不定，受到市場供需狀態的影響極大。當需求量大於供給時，價格會往上升；而一旦供過於求時，價格則可能快速大幅滑落，甚至跌到原來售價的一半都有可能。然而，隨著各式各樣的消費性電子產品的應用和發展，快閃記憶體市場趨於熱絡，產品價格也順勢上揚。平均每片晶圓售價可以在 4,000 至 400 美元間變動，而隨推出時間持續遞減。由於消費性電子產品的生命週期短，因此必須隨時掌握市場資訊及市場變化，也要能快速協調公司內部相關生產作業以掌握上市的時程（Time to Market），以儘快滿足市場需求，才能在市況好時賺取可觀的利潤，在市況差時也不致於讓公司遭受太大的虧損。

針對堆貨的情況，陳協理立即聯絡製造、設備、製程、工業工程等相關部門以瞭解實際情況，初步已排除設備本身的效率問題，發現是因為 128M Flash 晶粒尺寸（Feature size）太大，以致於同一片光罩上最多只能容納兩個晶粒，產出因而降為每小時 40 片晶圓，月產出量只能達到 12,000 片，遠遠落後預期的產出水準。黃光部門經理提出將目前晶粒旋轉九十度的排列方式，如此一來原先在同一次曝光下所能容納的晶粒數，就會從兩顆增為三顆，然而採用新製程由於未經過驗證，並不保證一定沒有風險。陳協理馬上分派工作，要大家蒐集相關資訊並回報可能的對策和因應的配套方案，三個小時後再開會進行討論，以減少可能的負面效應。

二、非揮發性記憶體產品

半導體產業是一個高度科技整合之關鍵元件工業，依產品區別，半導體產業可劃分為積體電路(Integrated Circuit, IC)、感測元件(Sensor)、分離式元件(Discrete Device)及光電元件(Optoelectronic)等四大範疇。積體電路可再進一步

區分成記憶體 IC、微控制器元件 IC、邏輯 IC 及類比 IC 等四大類。其中記憶體 IC 依產品功能可分為兩種，當電流關閉後資料就會流失的記憶體，稱為揮發性記憶體(Volatile Memory)，如動態隨機存取記憶體(Dynamic Random Access Memory, DRAM)與靜態隨機存取記憶體(Static Random Access Memory, SRAM)；而電流關閉後仍可繼續保存資料的稱為非揮發性記憶體(Non-Volatile Memory)，如唯讀記憶體(Read-Only Memory, ROM)、快閃記憶體 (Flash Memory)。電腦、CD-ROM、行動電話、記憶卡、數位相機、MP3 錄音機等皆使用非揮發性記憶體。

ROM 的特性是可永久儲存重複使用的信息，和 RAM 不同的是，ROM 的資料儲存後就無法修改，原因在於製造 ROM 的時候，信息、數據或程序就被存入，因此只能被讀出，但不能寫入，即使機器斷電，數據也不會遺失。ROM 主要的優勢為記憶體容量大且成本低，廣泛應用於電動遊戲卡匣、印表機等。

Flash可重複讀寫，廣泛應用於通訊、資訊及消費性電子產品，主要包括行動電話、PC、數位電視、數位相機、MP3等。Flash產品依其設計架構可分為NOR和NAND兩類。NOR的特點是讀取速度較快適合使用在程式碼的儲存，所以又叫作Code Flash，手機為NOR Flash最主要的應用；NAND Flash的特點是寫入速度快而讀出資料速度較慢，但有較小的Memory Cell面積、成本較低適合使用於大量資料的儲存，所以又叫作Data Flash，可做為消費性電子產品資料儲存之用，最主要的應用包括數位相機等產品之大量影音資料儲存。

隨著Flash技術朝多元化發展，應用也越來越廣，其中封裝已採用多晶片封裝(Multiple Chip Package)或是系統級封裝(System in Package)等新技術，以達到更薄的封裝尺寸及簡單的串接式(Serial)介面規格。此外，NAND Flash可望取代PC傳統硬碟，成為固態硬碟(Solid State Disc, SSD)，相較於傳統硬碟具有省電、無聲、耐衝擊、讀取快及體小量輕等優點，已經開始應用於高階筆記型電腦，未來將進一步普及到所有等級的電腦。值得注意的是，目前所使用的Floating Gate Flash技術，在28奈米之後將會面臨製程微縮的技術瓶頸，因此廠商採取兩種方式應對，一是利用 Flash 的 SONOS（Silicon-Oxide-Nitride-Oxide-Silicon）技術以延續微縮的極限；另一是利用與Flash完全不同設計原理的非揮發性次世代記憶體。由於次世代記憶體在容量上顯示可以取代NOR Flash全部的市場，並預期可應用於手機等可攜式產品，對DRAM及SRAM的市場也將造成衝擊。所以全球各大廠商已經相繼投入次世代記憶體的研發 (李佩縈，2008)。

三、旺宏電子

旺宏電子於1989年12月成立於台灣新竹科學園區，為創辦人兼現任董事長吳敏求先生號召美國矽谷半導體設計精英返台與台灣科技人才共同創立。當時台灣半導體產業的三大分支為：專業晶圓代工服務公司、兼做記憶體與邏輯IC產品之IDM和DRAM公司。旺宏在成立之初明確地將公司定位為生產非揮發性記憶體的專業製造商，其晶圓一廠於1991年完工啟用，並於1992年將月產能提高到五千片以上，進入穩定的生產。1995年為因應快速成長的產業景氣，八吋晶圓二廠開始動工興建，當年並成為台灣第一家以第三類科技股股票上市的高科技公司。1996年旺宏發行存託憑證，成為台灣第一家在美國Nasdaq上市公司。1997年，晶圓二廠完工啟用，同年公司股票改為第一類股，當時主要股東包括台達電子、碧悠電子、交通銀行、中國石化、福住投資等法人機構，股票在集中市場順利上市後，旺宏的財務狀況奠定了穩固的基礎。

2007年後旺宏電子主要產品為非揮發性記憶體如表1，是全球少數可以同時提供Flash與Mask ROM/ XtraROM^{TM}等非揮發性記憶體的公司，提供客戶從研發設計、製造生產到後端封裝測試完整的系統整合解決方案。除了生產小尺寸的NOR Flash以因應可攜式電子產品日趨輕薄短小的需求外，產品亦包含廣泛規格及密度的唯讀記憶體等。目前已開始量產65奈米MLC (Multi-Level Cell) XtraROM^{TM}產品，並成功研發45奈米製程技術（http://www.mxic.com.tw/）(旺宏電子公司網頁資料，2009)。

表 1 旺宏電子公司主要產品與服務

產品類別	主要產品	用途及功能
非揮發性記憶體積體電路 (Non-Volatile Memory IC)	唯讀記憶體 (Mask ROM/ XtraROM^{TM})	主要應用於電視遊樂器卡匣、電子字典、雷射印表機、記憶卡、電子樂器、益智玩具等。
	NOR 型快閃記憶體 (NOR Flash Memory)	應用於數位行動電話、數位 Set-top box、個人電腦 BIOS、數位相機、MP3、DVD player、ODD (光儲存設備)、印表機、硬碟機、網路設備、智慧型記憶卡、掌上型電腦、數位電話答錄機、無線通訊 (藍芽、WLAN)、大型遊樂設備。
晶圓代工服務 (Wafer Foundry Service)	次微米邏輯製程/ LCD 驅動 IC 製程	提供高壓 CMOS 製造技術，服務電源管理及 LED/ LCD 驅動 IC 客戶。
	嵌入式 ROM/ Flash/ OTP 製程	提供嵌入式 ROM/ Flash/ OTP 整合技術，服務策略客戶。

資料來源：旺宏電子公司年報(2008)

2000年晶圓三廠開始動工興建，並於2002年落成啟用。然而隨著公司的成長，旺宏自2002年開始卻連續四年發生重大的虧損，主要原因在於同時進行太多技術開發專案，最後產品開發績效大打折扣，產品技術水準遲滯不前。由於當時Mask ROM市場需求已近飽和，旺宏急於找到另一產品市場延續成長動能，卻在未妥善評估自身的技術與資源的情況下，貿然過度投資Flash市場，因而在千禧年後景氣衰退和國際的激烈競爭下，頓時面臨沉重的庫存壓力，無法立即回收資本投資，陷入虧損數百億元的窘境 (沈耀華等，2005)。

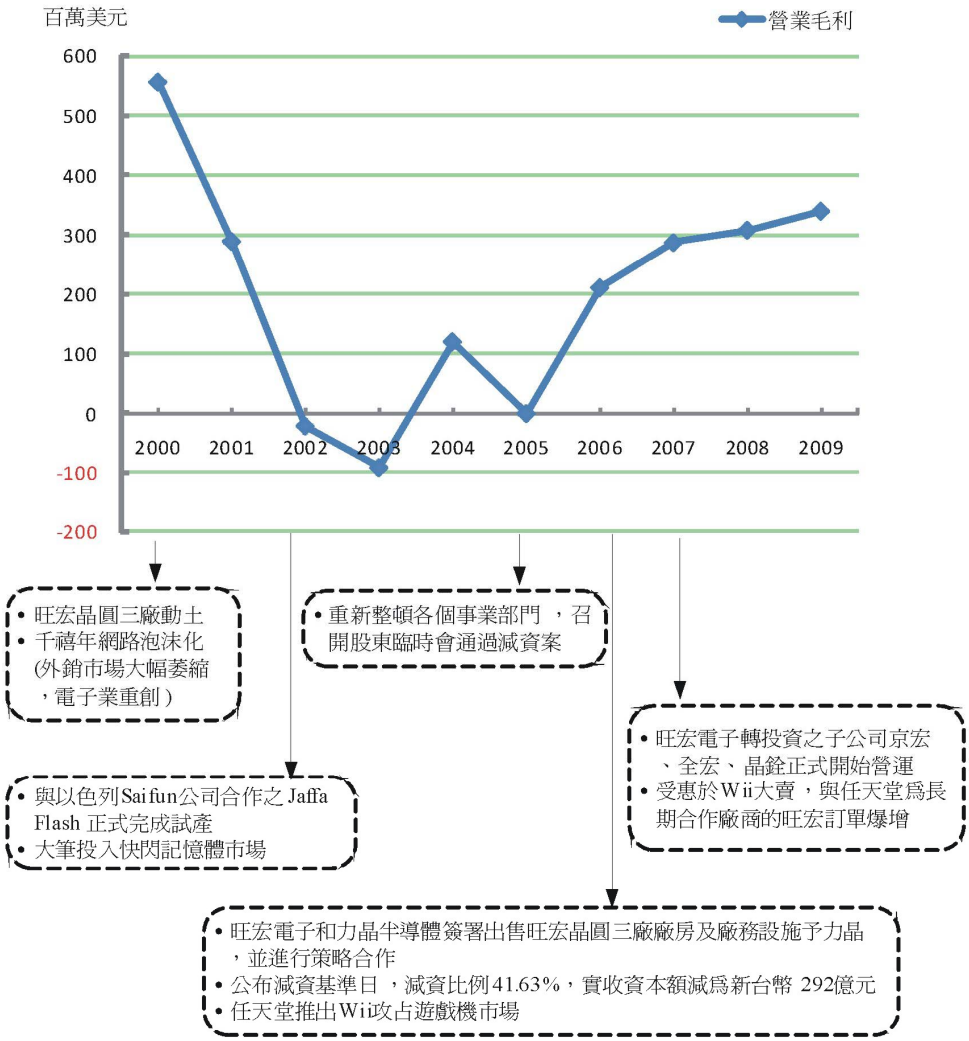

圖 1 旺宏電子公司 2000 至 2009 年財務表現與重要經營活動

2005年旺宏公司經營團隊重新聚焦，開始重新整頓各個事業部門，分割邏輯事業，將公司重心聚焦於記憶體事業，藉由發展具有成本競爭力的NOR Flash及逆勢大賣的遊戲機記憶體，旺宏重新站穩腳步，兢兢業業，出貨成長率持續高度成長，在2006年起終能轉虧為盈。圖1整理旺宏電子2000至2009年財務表現及重要經營活動。

四、非揮發性記憶體產業演進

由於產品應用端的需求推動，及消費性電子產品對儲存空間與功能的要求不斷提升，非揮發性記憶體的技術世代不斷的進行開發與更替。因此隨著時間的產品技術演變，市場存在許多不同類型的非揮發性記憶體如圖2。

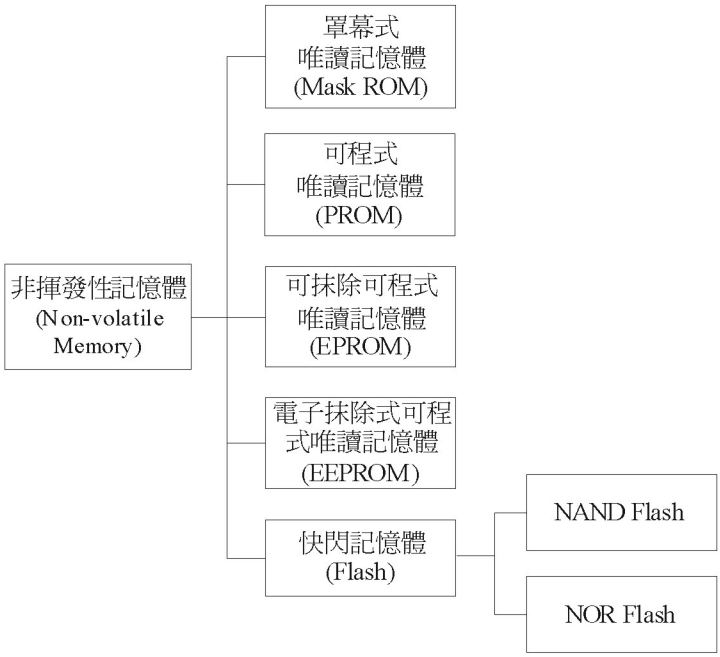

圖 2 非揮發性記憶體產品分類

非揮發性記憶體起源於簡單的罩幕式唯讀記憶體(Mask ROM)，隨後發展出可程式唯讀記憶體(Programmable Read-Only Memory, PROM)，後來再開發出可抹除可程式唯讀記憶體(Erasable Programmable Read-Only Memory, EPROM)和電子抹除式可程式唯讀記憶體(Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory)。

Mask ROM的領導廠商為旺宏電子。旺宏自1999年起為全球第一大Mask ROM廠商，目前日韓兩國廠商已逐漸退出此市場，在旺宏等製造業及IC設計業的貢獻下，未來台灣將可維持全球九成以上高市佔率。由於Mask ROM多應用於遊戲機方面，過去幾年因為使用Mask ROM的遊戲機產品曾採用其他記憶儲存方式，例如光碟片等，因此市場成長趨緩。但2007年任天堂Wii遊戲機的推出對Mask ROM需求大增，市場再度呈現成長的趨勢 (李佩縈，2008)。

雖然Mask ROM的技術多年來已趨於成熟，但Intel於1988年所發表的快速隨機存取的NOR Flash仍迅速的佔領了EPROM記憶體市場，全球最主要供應商為Spansion、Intel及ST Microelectronics，目前市場主流記憶體容量為128Mb及256Mb。NAND Flash則是由Toshiba在1989年所發表，主要供應商為Samsung及Toshiba，目前市場主流記憶體容量為8Gb及16Gb。由於Flash具有儲存容量大、存取速度快和低消耗功率等特點，因此許多產品應用相繼採用Flash，銷貨量不斷增加成為市場上炙手可熱的產品。目前非揮發性記憶體主要包括Mask ROM、EPROM、EEPROM、Flash與次世代記憶體等等，Flash在各種非揮發性記憶體中的產值與成長率速度最快，已佔非揮發性記憶體的九成市場。

Flash 產品應用的範圍雖然非常廣泛，但現階段仍無法以標準化產品的形式進行生產，必須針對不同的產品類型進行規劃與設計，也因為此特性而避免了 Flash 的應用成為低價取向的標準化產品型態（commodity），相對地較有獲利的保障空間。另一方面，Flash 產業因設計與製程專利的進入障礙，其他潛在半導體業者想要加入並不容易。此外，由於可攜式裝置越來越受到市場喜愛，因此伴隨著各種可攜式記憶裝置的開發，Flash 將受到越來越多記憶體業者的重視。韓國廠商如 Samsung 同時生產 DRAM 和 Flash，也開始轉移 DRAM 產能給獲利較佳的 Flash。除了旺宏之外，台灣的 DRAM 公司如華邦、力晶等也開始進軍非揮發性記憶體的產品領域。

近年來 Flash 在記憶體市場中的需求持續增加，2006 年營收總額已超過兩百億美元(NOR Flash 和 NAND Flash 合計)。2007 年 NAND Flash 產品仍延續 2006 年大幅成長了 29.2%，成為穩定全球記憶體產值的重要力量，這主要是受惠於蘋果電腦 iPod nano、以及數位相機、手機等手持行動裝置對 NAND Flash 需求的大幅成長 (李佩縈，2008)。但 2008 年由於受到美國消費者支出減弱的影響，蘋果電腦已經大幅度下修 NAND Flash 的訂單，可能面臨供過於求的困境。2007 年 NOR Flash 的產值雖呈現些微衰退，但整體產量仍持續攀高，記憶體容量密度也將繼續增加；ROM 產品由於受到新遊戲機的推出及遊戲片容量提高的需求影響，雖然在記憶體市場的佔有率不高，但仍能持續穩定的成長。

非揮發性記憶體產業未來發展應當持續觀察全球景氣狀況以準確預測市場需求，並投入優秀人力持續進行研發，避免因產能擴充失衡供過於求而落入不斷削價競爭的惡性循環困境。

五、新製程導入的難題

針對黃光部門經理提出將目前晶粒旋轉九十度的排列方式，使原先在同一次曝光下所能容納的晶粒數從兩顆增為三顆的新製程，各個部門分工合作收集相關資訊，開會時工業工程部經理預估每小時曝光顯影產出片數可由原本的40片增加為60片，月產能有機會增至18,000片，但因瓶頸移轉至離子植入製程，月產出量僅能提升到15,600片；但每片晶圓分攤的固定成本可降低至1700美元，每片獲利約900美元。

新製程方法經各製程部門初步評估後，在各製程站均不受晶粒排列方式影響，惟獨在離子植入製程中，為了避免造成顯影光阻圖案損壞，加工時必須將晶圓也旋轉九十度，可是現有的高流離子植入器(Hi-Current Implanter)可能影響產品的良率，需要進一步評估才能確定是否百分百可行。離子植入製程部門主管根據經驗和控片（Control Wafer）的實驗數據，估計有 90%的機會能夠成功。

由於離子植入製程的成功比率是預估的，而有萬一不成功時的風險，因此陳協理要求離子植入製程部門主管評估一下這個估計值的可靠度。製造部門提議，為能準確評估製程調整的結果，可以用小量樣本進行實驗再決定是否採用新製程。然而，利用最快的方式（super-hot run）進行實驗，仍然必須等待一個半月後才能完成所有生產程序得到明確的結果，而所需負擔的實驗費用、產能損失和對客戶的影響，估計約 600 萬美元。

是否應該立即採用新製程方案還是維持舊製程以待新製程驗證完成？如果採用新製程進行生產，一旦證實成功就能快速地增加產出量，掌握獲利和市佔率成長的機會；但如果新製程的結果不幸失敗，全部晶圓可能都必須報廢，除了損失生產成本，還因無法準時出貨，嚴重影響客戶的伙伴關係和未來的合作機會。然而，若選擇先繼續使用舊製程，等確定成功後再採行新製程，雖然可以小量穩定出貨，但這一個半月期間將無法及時滿足所有客戶的訂單需求，公司將面臨客戶不斷來要貨的壓力，且利用 super-hot run 的方式進行實驗，也將使原本已經吃緊的產能更加雪上加霜。

除了這新、舊製程兩個方案外，是否還有其他方案可以滿足重要客戶之需

求和新增加的市場呢？特別是策略伙伴客戶的承諾需求量一定要優先滿足，如何避免新製程可能的風險？先進行實驗來驗證新製程是否真的需要呢？額外付出的實驗成本是否有價值呢？離子植入製程的成功比率如果估計的不準的話，有什麼影響呢？採用新製程的風險應如何評估和因應呢？由沒有什麼配套方案可以降低負面效應的影響？審慎考量各部門主管所回報的資訊和提議，陳協理該如何決定最適合的製造策略？

貳、教學手冊

一、前言

本個案探討旺宏電子公司面臨之生產策略決策問題。個案中決策問題的困難點為，決策者必須在不確定的情況(離子植入新製程的導入能否成功提升產出)以及時間的壓力(準時達交及重要客戶的大筆訂單即將來到)之下，克服目前生產的瓶頸提升產出，做出最適的決策。由於採用新製程的成功與否有不確定性，決策者必須在風險下決定製造策略和管控風險，以兼顧獲利和成長。

本個案研究可以引導讀者有系統地對決策問題進行完整的分析，並配合可應用的決策分析工具。在不影響研究效度和個案教學目標下，本個案的數值已做必要的調整以保障個案公司的營業機密。

二、教學效益與目標

1. 藉由個案背景介紹，讓學生對半導體產業的產業特性、產品發展及製造管理問題能有更深入的認識。
2. 藉由實際個案，說明如何依循系統化決策分析架構進行決策，讓學生在個案分析的過程中提升解析問題與決策的能力。
3. 學習不確定因子對決策的影響，並進一步探討資訊價值的評估和風險下的決策分析方法和工具。
4. 說明高科技產業中，技術研發與管理決策相輔相成之重要性。除了優越的技術外，亦需具備卓越的策略管理與決策分析能力，讓學生在個案研究中演練不同的決策分析工具，以培養在未來面臨類似情境時，具備靈活應用分析工具的能力。

三、個案適用之教學領域、議題

本個案探討半導體等高科技公司的製造策略決策問題，適用的教學領域包含半導體製造管理、決策分析及策略管理。可供具體討論的教學議題包括：如何在有限的時間內且風險下做決策、如何架構風險下的決策元素及其影響關係、決策資訊的取得與價值的評估、不同決策者風險偏好下的決策、以及資訊的價值對決策的影響等。

（一）半導體製造管理與高科技產業

本個案為半導體公司的真實案例，透過讓學生親身參與實務問題的解析，更能瞭解半導體等高科技產業的特性 (簡禎富等，2005)。高科技公司技術研發與管理能力必須同時具備才能創造最大的價值，台積電張忠謀董事長說過：「在台灣經營企業二十多年的經驗發現，台灣最需要的是管理技術和人才，理工人才可以從國內外一流大學徵求，他們學到的技術在台灣同樣適用；但國外的管理人才在台灣卻不一定適用，因此必須在台灣發展一流的管理研究和管理技術。」藉由討論過程可顯現半導體製造管理和決策的重要性。

（二）決策分析與製造策略

本個案為一製造策略決策問題，也是一個典型的決策問題，可鼓勵學生分享企業中類似的製造管理決策問題及當時的決策經驗，學生可以從個案分析過程中學習系統化決策分析架構的重要性與功能，架構風險下的決策元素及其影響關係，並結合多項決策分析工具輔助決策方案的評估，同時互相借鏡學習實務中各種決策分析經驗。

（三）風險評估與風險管理

本個案屬於風險下的決策案例，由於決策具有不確定性，因此可透過不確定性因子的敏感度分析，輔助決策者權衡風險下的決策方案；亦可進一步探討決策資訊的取得及資訊價值的評估，及在不同決策者風險偏好下的策略管理等主題，於本個案中進行相關的討論。

四、教學方案

建議教師在授課前請學生們先閱讀有關半導體產業管理之背景資料及個案內容，或作為課前作業，讓學生們對半導體產業有初步認識，以在討論時更能融入情境。

本個案教學方案主題包含系統化決策分析架構、分析方法與決策工具的介紹和應用，透過本個案的引導可以讓學生瞭解決策分析程序及相關分析方法之概念，因此，本個案教學內容以「紫式決策分析架構」(UNISON decision analysis framework) (Chien et al., 2007a; Wu & Chien, 2008; 簡禎富，2005) 進行說明，包含六大階段：瞭解問題 (Understand)、界定利基 (Niche)、架構影響關係 (structure Influence relationship)、客觀敘述感受 (Sense and describe the results)、綜合判斷與主觀衡量 (Overall judgment and measurement) 及權衡與決策 (tradeoff and decisioN)。每個步驟皆包含教學說明和個案問題與討論兩部份，配合問答題的討論逐步進行系統化決策分析架構的步驟，提升學習效果。更詳細的內容請參閱教學輔助教材中決策分析與管理 (簡禎富，2005)。

五、問題與討論：題庫與建議解答

（一）瞭解問題

1.教學說明

首先藉著釐清決策元素，以了解決策問題的背景、範圍、決策關係人與限制。

2.個案問題討論

此步驟主要是透過個案內容和決策元素的討論與釐清，讓學生充分理解個案的內容，更容易掌握問題。

Q：個案中 128M Flash Memory 為何產出效率會下降？

A：因為 128M Flash Memory 晶粒體積太大的緣故，同一片光罩上最多只能容納兩個晶粒，因此每小時曝光顯影產出片數大幅降低為 40 片，造成實際產能與建置產能的落差，月產出最多只能達到 12,000 片；若投片量沒有下修則又產生瓶頸機台在製品堆貨和生產週期時間拉長的問題 (Kuo et al., 2011)。

Q：採用外包或擴充產能的方法也可以提升產出，但在本個案可能受到的限制為何?

A：若採用外包，除了有技術授權和營業機密的問題外，還需要三個月以上前置時間；而擴充產能，買機器需要六至九個月，建廠則需要一年半以上。因此，在旺季時，通常利用製程方法改善來提昇設備生產力，轉換時間通常不超過一個月，是實務上比較可行的方法 (Shih et al., 2009)。

Q：本個案中的決策關係人有哪些？

A：個案中主要決策者為陳協理，決策參與者包括製造、設備、製程、工業工程等部門主管；受決策影響者為客戶、旺宏業務單位和生產單位。

Q：個案中的製造策略決策問題，可能會受到外在環境哪些因素的影響？

A：公司面臨客戶大筆訂單即將來到的壓力，若無法在訂單來到之前適時地提升產出效率，將影響公司獲利及與客戶的合作關係，並讓競爭者有領先的機會。

（二）界定利基

1.教學說明

透過探索決策本質，發掘決策利基，以聚焦在對的決策問題上，並界定問題的範圍，對決策的品質有關鍵的影響。決策者應該思考達成目標(objective)的工具和方案。目標可分為四類 (Keeney & Raiffa, 1993; 簡禎富，2005)：策略目標(Strategic Objectives)、一般目標(Generic Objectives)、根本目標(Fundamental Objectives)、工具目標(Means Objectives)。

2.個案問題討論

此步驟主要讓學生們了解個案問題中的決策目標及不確定因子，以設計後續相關的策略與方案。

Q：製程單位提出改善 128M Flash Memory 的生產效率方法為何？

A：將現有的晶粒排列方式旋轉九十度，原先在同一片光罩下能容納的晶粒數，就會從兩顆增為三顆，估計曝光顯影每小時產出片數可由原本的 40 片增加為 60 片，月產出量有機會增至 15,600 片。

Q：試著討論和訂出本個案公司的策略目標、一般目標、根本目標

和工具目標。

A：在此決策問題中，公司的策略目標為追求公司獲利和成長；一般目標為獲取最大利潤；根本目標為提升 128M Flash Memory 產出量，以滿足客戶訂單需求。為了達到根本目標，工具目標包括採用將晶粒旋轉九十度的新製程使曝光顯影每小時產出片數由 40 片增加為 60 片。

Q：個案中生產策略決策的不確定因子有哪些？

A：不確定因子為新製程的成功率。由於新製程在離子植入製程可能發生問題，在沒有經過完整的製造程序無法完全確定新製程是否真能成功，但用 super-hot run 也要一個半月後才能得到結果。

（三）架構影響關係

1.教學說明

系統化決策分析的精神乃是將大型複雜的決策問題解構成多個小的子問題，使複雜的問題變得較容易做決策，必須適當地組織子問題和子決策元素之間的影響關係，可以利用影響圖（Influence Diagram）架構決策因素之間的關係，以完整且有系統地呈現問題。

2.個案問題討論

於此步驟將學習如何針對決策問題建構出簡化與有系統的分析架構，以幫助決策者掌握整個決策問題的複雜度，並找出可達成決策目標的可行方案。

Q：以個案的決策目標為出發點，討論可能的製造策略方案？

A：為達成提升產出的根本目標，可從其目標加以思考。本個案問題之目標為改善黃光製程區的生產力，因此黃光部門經理提出將目前晶粒旋轉九十度的排列方式，如此一來原先在同一次曝光下所能容納的晶粒數，就會從兩顆增為三顆；此外，亦可以採取混合策略（Mix Strategy）的組合方案 (Chien, 2002)，因此共有三種可能的方案：

舊製程方案：不採用新製程，依原製程方法進行生產。

新製程方案：全面性地採用新製程方法，改變光罩晶粒排列方式，放入三個晶粒。

組合式方案：一部分生產機台執行舊製程方案，另一部分生產

機台執行新製程方案。

Q：請試著利用影響圖(含決策點、機會點、計算節點或結果)架構本個案問題。

A：本個案決策者必須於三個方案中進行決策，因此決策點會影響三個方案的執行，而離子植入器調整成功與否會影響到新製程方案與組合式方案的執行，不論採用舊製程方案成功產出，或是選擇新製程或組合式方案而可能導致失敗，都會影響到該公司的利潤，可用影響圖來架構本決策問題，如圖 3 所示。至於影響圖更詳細的解說，請參閱建議之教學輔助教材。

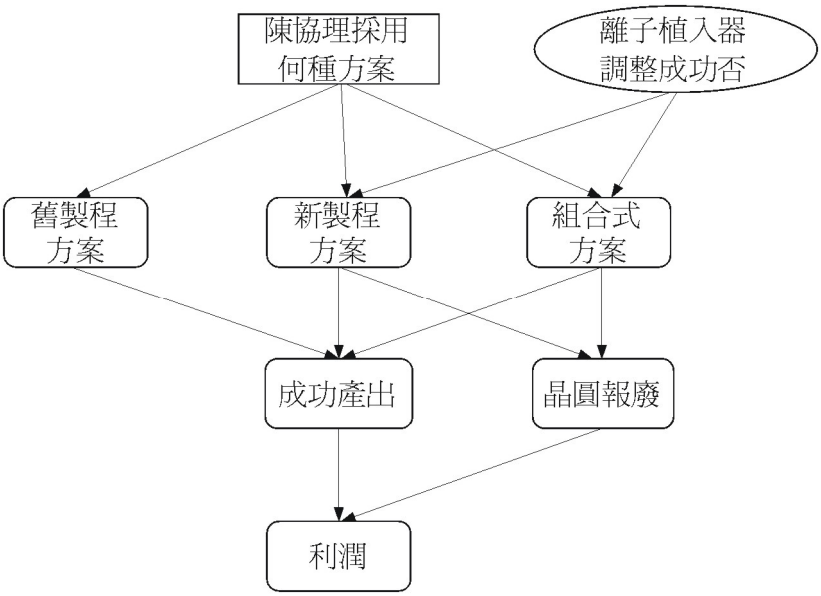

圖 3 本個案決策問題之影響圖

（四）客觀敘述感受

1.教學說明

因為決策方案的好壞和決策者的偏好有關，所以需要讓決策者用心去感受並客觀敘述每個方案在每個屬性下的預期結果，以真正清楚地表達其內心偏好和風險態度。對方案的可能狀況進行評估的同時，可進一步讓學生們練習如何應用決策樹（Decision Tree）來描述決策問題。

2.個案問題討論

此步驟將進一步找出評估各方案之屬性和方案預期結果。

Q：試從個案的決策目標進一步討論個案問題中各方案的評估屬性。

A：屬性是用來衡量一個目標被達成的程度。由於本個案的決策根本目標為提升產出量以獲取最大利潤，因此可能的屬性為方案的期望收益和風險值，可以選擇單一屬性或多屬性對各方案進行評估。

Q：請依個案問題情境，應用決策樹加以表示，並計算各方案之評估屬性值。

A：依題意，可利用期望收益和風險值屬性評估各個方案。計算期望收益前，可從個案內容中整理出三個方案的售價和成本相關資料。

- 市場價格：每片晶圓售價為 4,000 美元。
- 每月產出片數：舊製程方案 12,000 片；新製程方案 15,600 片。

  組合式方案 $12,000 \times (1-\theta) + 15,600 \times \theta = 12,000 + 3600\theta$

  θ 表示投入新製程的比率，$0 < \theta < 1$。
- 每片生產成本：

  首先從個案中得知新製程方案每片晶圓固定成本為 1,700 美元，且每片獲利為 900 美元，因此總固定成本為 1,700 × 15,600 = 26,520,000 美元。而新製程方案每片總成本為 4,000 －900 = 3,100 美元，所以可計算出每片變動成本為 3,100－1,700 = 1,400 美元。

  因此，舊製程方案每片變動成本同為 1,400 美元，每片固定成本為 26,520,000/12,000 = 2,210 美元，每片總成本為 1,400 + 2,210 = 3,610 美元。

  組合式方案計算方式如同舊製程方案，每片變動成本同為 1,400 美元，每片固定成本為總固定成本均攤於成功產出的片數，總成本為變動成本和固定成本之加總，各方案之成本與利潤資料如表 2。

表 2 各方案之成本與利潤資料

方案 資料	新製程方案	舊製程方案	組合式方案 (新、舊兩製程方案組合平均)
每月產出片數	15,600	12,000	12,000+3,600θ
固定成本(美元/片)	1,700	2,210	$\frac{1,700\times15,600}{(12,000+3,600\theta)}$
變動成本(美元/片)	1,400	1,400	1,400
總成本(美元/片)	3,100	3,610	$1,400+\frac{1,700\times15,600}{(12,000+3,600\theta)}$
市場售價(美元/片)	4,000	4,000	4,000
利潤(美元/片)	900	390	$4,000-1,400-\frac{1,700\times15,600}{(12,000+3,600\theta)}$

■ 每月獲利：

舊製程方案每片獲利 4,000－3,610 = 390 美元，月獲利 390 × 12,000 = 4.68 百萬美元。

新製程方案每片獲利 900 美元，若離子植入器調整成功，月獲利為 900 × 15,600 =14.04 百萬美元。若失敗將損失每片生產成本 3,100 美元，－3,100 × 15,600 = －48.36 百萬美元。

組合式方案若離子植入器調整成功，可獲利：

390 × 12,000 × (1－θ) + 900 × 15,600 × θ = 4.68 + 9.36θ 百萬美元。

若失敗，則先計算採用原製程的利潤，再減去採用新製程的成本損失，

390 × 12,000 × (1－θ)－3,100× 15,600 × θ = 4.68－53.04θ 百萬美元。

根據各方案的成本和獲利資料所繪出的決策樹如圖 4 所示。離子植入器調整成功的機率為 90%，可據此計算各方案之期望收益值。

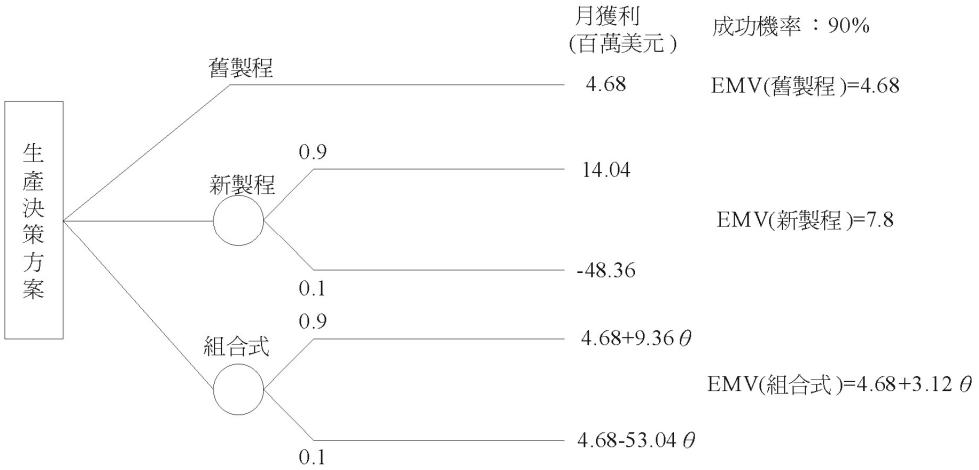

圖 4 生產決策方案之決策樹

EMV(舊製程) = 390 × 12,000 = 4.68 (百萬美元)

EMV(新製程) = 14.04 × 0.9 － 48.36 × 0.1= 7.8 (百萬美元)

EMV(組合式) = (4.68 + 9.36θ) × 0.9 + (4.68－53.04θ) × 0.1

= 4.68 + 3.12θ (百萬美元)

除了計算期望收益之外，亦可用風險值進行評估。風險值可用收益的變異數來表示如下 (Markowitz, 1952; Galligan et al., 1987)：

$$VAR(E_i) = (X_i - Y_i)^2 \times P_i \times (1 - P_i)$$

其中 Xi、Yi 為不同機率 Pi 的利潤，以兩個事件之決策樹舉例，i =1, 2，如圖 5 所示：

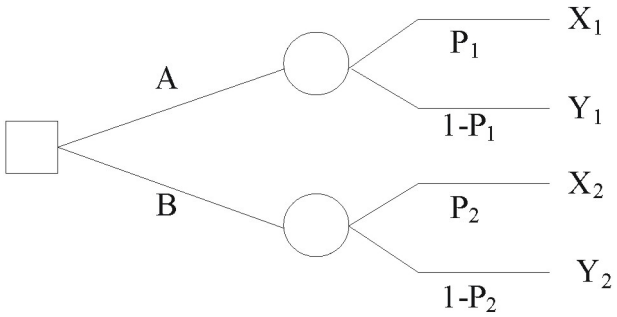

圖 5 兩個事件之決策樹

因此，參照圖4和圖5，在成功機率為0.9時，各方案的變異數(Variance)或稱風險可計算如下：

$$VAR(\text{舊製程}) = 0$$

$$VAR(\text{新製程}) = [14.04 - (-48.36)]^2 \times 0.9 \times 0.1 = 350.4384$$

$$VAR(\text{組合式}) = [4.68 + 9.36\theta - (4.68 - 53.04\theta)]^2 \times 0.9 \times 0.1 = 350.4384\theta^2$$

換言之，舊製程的標準差為0、新製程為18.72、組合式的方案為18.72θ。比較各方案之風險可以發現新製程方案的風險係數最高，而組合式方案之風險係數為混合比率θ的函數。

因此，在成功機率R=0.9的情況下，可進一步繪出期望收益和風險之關係圖如圖6：

設y = VAR(組合式) = $18.72\theta^2$，

x = EMV(組合式) = 4.68 + 3.12θ，

則可以求出風險與期望收益之關係如下：

$$y = 18.72 \times \left(\frac{x - 4.68}{3.12} \right)^2$$

決策者可選擇移動L_1和L_2在相同期望收益下求最小的風險係數，或在某一風險水準之下求得最大獲利。在各方案進行屬性評估後，決策者必須進一步綜合判斷與主觀衡量制定最後的決策。

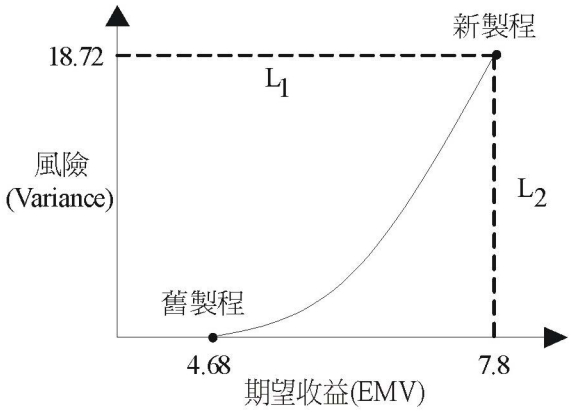

圖 6 方案期望收益與風險關係圖

Q：若經過一個月的小樣本實驗後可以得知調整離子植入器準確的成功機率，請問是否值得付出 600 萬美元的代價購買此資訊呢?

A：亦即從實驗中所獲得的資訊等同於實際上離子植入器是否能成功的資訊，因此能否成功就不再是不確定事件。在擁有此完全資訊的情況下進行決策所得之期望收益，稱為完全資訊期望報酬。而在沒有任何資訊下進行決策所得的期望收益，稱為無實驗期望報酬。兩者間的差額就代表該資訊所能提供給決策者的額外報酬，稱之為完全資訊期望價值。

無實驗期望報酬為決策者只根據離子植入部門過去的經驗和控片的實驗數據預估的機率計算 EMV，依據前述問題計算結果，期望收益為$7.8 百萬美元。

當決策者擁有完全資訊時，可以在每種狀態下選擇最佳收益的方案，購買資訊與否下的各種狀態的比較如圖 7 所示。

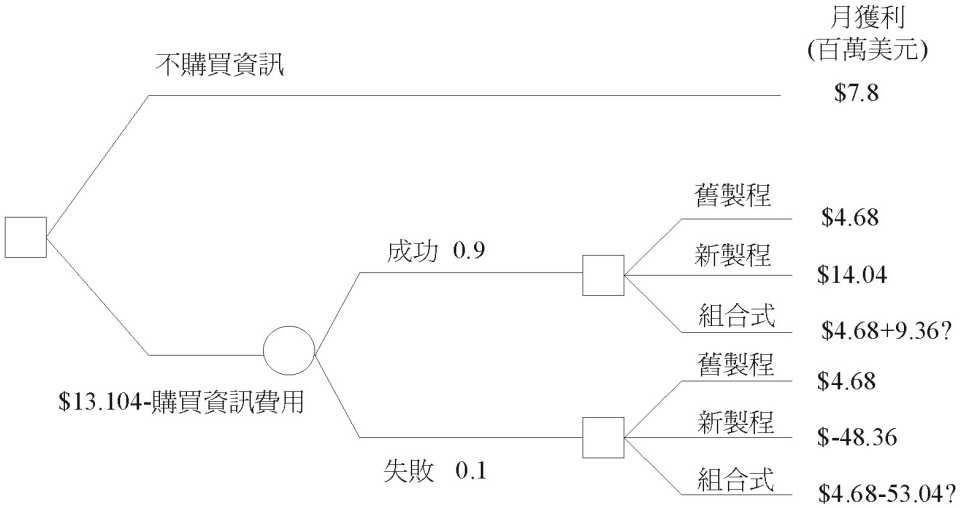

圖 7 考慮完全資訊的製造決策

計算完全資訊期望報酬如下：

EMV(完全資訊) = 0.9×14.04+0.1×4.68 =13.104(百萬美元)

因此，完全資訊期望報酬 = 13.104－7.8 = 5.304(百萬美元)，小於 6 百萬美元的代價，因此不值得付出 600 萬美元的代價以獲取此資訊。

（五）綜合判斷與主觀衡量

1.教學說明

做決策時必須考慮決策者獨特的主觀價值認定。當決策者面對具有風險的決策行為時，所表現出來的偏好評斷與平時的決策行為模式會有相當大的不同，也就是對風險偏好的不同，其中主要有風險迴避、風險中庸及風險趨向等不同的類型，決策者對於風險的態度將影響最後決策的結果。

此步驟將評估不確定因子的變動對方案所造成的影響，決策者可能會隨情況而改變對不同方案的主觀價值。因此對不確定因子進行敏感度分析，及觀察方案變化所得出的結果，可作為決策者權衡決策的依據。另外，也將討論決策者主觀的風險態度對決策方案評估的影響。

2.個案問題討論

Q：若製程單位確認成功機率只有 0.5，請討論哪一個方案可以獲得最大的期望收益。

A：經由敏感度分析與臨界點分析結果，當成功機率只有 0.5 且僅考慮最大期望收益時，舊製程方案為最佳選擇。若決策者僅就期望收益的觀點來看，組合式方案不管組合比例 θ 如何，都不會成為最佳方案。

Q：個案中製程單位評估離子植入器成功機率為 90%，試討論若成功機率改變後，對各方案期望收益評估的影響。

A：本個案主要受到離子植入器成功與否的影響，製程部門評估成功機率為 90%，但實際上只能推估失敗的機率。因此可用臨界點分析法進行不確定性對各方案的敏感度分析。

敏感度分析中首先估算方案間的臨界點(Threshold)，任兩方案的臨界點 T (Threshold)估算公式如下，其中 Y_1、Y_2 代表兩方案於成功機率最高時的利潤，X_1、X_2 代表兩方案於成功機率最低時的利潤：

$$\mathrm{T} = 1 - \frac{Y_2 - Y_1}{(Y_2 - Y_1) + (X_1 - X_2)}$$

由於舊製程方案不受到離子植入器成功機率的影響，收益皆為 4.68，即 $X_1 = Y_1 = 4.68$。當成功機率為 1 時，新製程方案收

益為 14.04，當成功機率為 0 時，收益為－48.36，即 $X_2 = -48.36$，$Y_2 = 14.04$，因此可計算舊製程、新製程兩方案之成功機率臨界點為 0.85，如下式。另外計算舊製程、組合式兩方案如下式，由於組合式方案的成功與失敗的獲利與損失分別為 4.68 + 9.36θ 和 4.68－53.04θ，同樣得到臨界值為 0.8203。

$$T = 1 - \frac{14.04 - 4.68}{(14.04 - 4.68) + (4.68 - (-48.36))} = 0.85$$

$$T = 1 - \frac{4.68 + 9.36\theta - 4.68}{(4.68 + 9.36\theta - 4.68) + (4.68 - (4.68 - 53.04\theta)} = 1 - \frac{9.36\theta}{62.4\theta} = 0.85$$

由此可知對於所有 θ (0 < θ < 1)，三個方案的臨界點為 0.85，如圖 8 所示。藉由以上臨界值的分析，可以讓決策者充分了解在不確定性參數的變動下，各方案的結果表現，可作為最後權衡決策的參考依據。

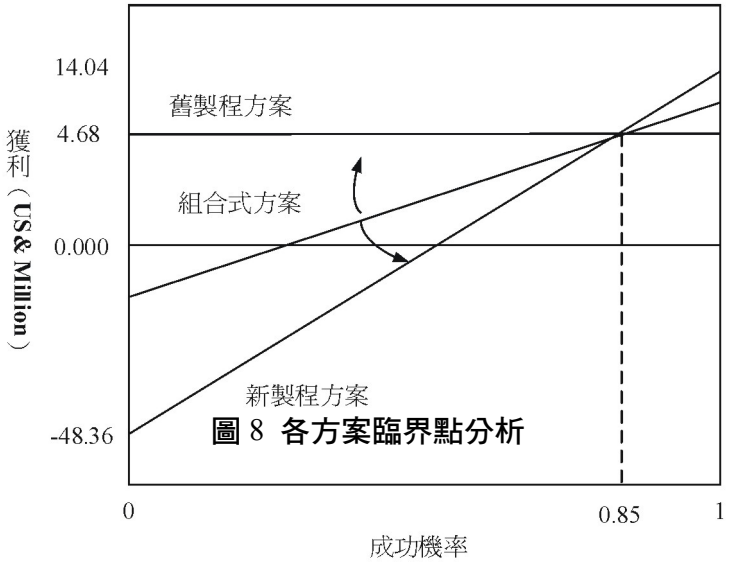

圖 8 各方案臨界點分析

（六）權衡與決策

1.教學說明

透過紫式決策分析架構的分析方法，決策者面對混沌不明的問題狀況時，可依循明確的決策架構和步驟，從問題的定義、決策目標的訂定、方案的設計、評估屬性的決定及主觀價值衡量的過程中，去深入分析及了解決策問題，並依據評估的結果做最後的權衡與決策。

2.個案問題討論

Q：儘管新製程可能有失敗的風險，決策者仍希望優先滿足策略伙伴客戶的需求量，請問哪個方案是最佳決策。若為組合式方案，組合比例 θ 值為何？

A：風險除了從變異的角度，亦可從可允許的最大損失的角度來思考。旺宏策略伙伴客戶的需求量就佔了 4,000 片，因此應該是即使在採用新製程失敗的情況下，仍然能滿足策略伙伴客戶的需求量，因此應該有至少 4,000 片採用舊製程，並考慮萬一失敗時的配套方案。換言之，選擇組合比例 θ 值至少大於 33%的混合策略，當新製程方案成功時，就有增加營收和市佔率的機會；萬一不幸失敗仍然能確保對策略伙伴客戶的承諾。

Q：本個案引伸的管理意涵和研究方向為何？

A：由於消費性電子產品的生命週期短，因此必須隨時掌握市場資訊及市場變化，可以提昇市場開發和需求預測能力 (Chien et al., 2010)，並發展產能規劃與外包策略 (Wu & Chien, 2008) 以避免追高殺低，配合設備生產力的提昇 (Chien et al., 2007b)，以動態滿足客戶需求 (Shih et al., 2009)。企業藉著策略決策創造長期競爭優勢。面對全球化的競爭和價值鏈的演進，很多企業和創新的商業模式不斷異軍突起，企業的創新力和決策力將是影響公司穩定獲利和永續成長的關鍵所在。因此，現代企業追求永續發展及籌劃企業策略的同時，應針對影響公司經營成長和獲利的重要決策，分析改善其流程，培養優秀之決策幕僚人員，以成為卓越經營的「決策型企業」。決策分析不能紙上談兵，必須從實證中學習累積更多決策的知識和經驗，透過本文所介紹的紫式決策分析架構和方法，將來當決策者面對類似的問題時，就不需要每次都從頭摸索，或是靠經驗的直覺反應，而能夠有

效地全面提昇決策品質。

（七）教學輔助教材建議列表

1.簡禎富，2005，決策分析與管理，台北：雙葉書廊。
2.簡禎富、施義成、林振銘、陳瑞坤，2005，半導體製造技術與管理，新竹：國立清華大學出版社。

參考文獻

李佩縈，2008，半導體年鑑，新竹縣：工研院產經中心。

沈耀華、江佩蓉、劉承賢，2005，「半導體將軍虧掉 200 億的一堂課」，商業週刊，8 月 15 日。

旺宏電子公司年報，2008，「旺宏電子公司主要產品與服務」，http://www.mxic.com.tw , accessed on June 14, 2010.

旺宏電子公司網頁資料，2009，「研發 45 奈米製程技術」，http://www.mxic.com.tw , accessed on June 14, 2010.

簡禎富，2005，決策分析與管理，初版，台北：雙葉書廊。

簡禎富、施義成、林振銘、陳瑞坤，2005，半導體製造技術與管理，初版，新竹：國立清華大學出版社。

Chien, C. F., 2002, "A Portfolio-evaluation Framework for Selecting R&D Projects," **R&D Management**, Vol. 32, No. 4, 359-368.

Chien, C. F., Chen, H., Wu, J., and Hu, C., 2007b, "Construct the OGE for promoting tool group productivity in semiconductor manufacturing," **International Journal of Production Research**, Vol. 45, No. 3, 509-524.

Chien, C. F., Chen, Y., and Peng, J., 2010, "Manufacturing Intelligence for Semiconductor Demand Forecast based on Technology Diffusion and Product Life Cycle," **International Journal of Production Economics**, Vol. 128, No. 2, 496-509.

Chien, C. F., Wang, H., and Wang, M., 2007a, "A UNISON Framework for Analyzing Alternative Strategies of IC Final Testing for Enhancing Overall Operational Effectiveness," **International Journal of Production Economics**, Vol. 107, No. 1, 20-30.

Galligan, D. T., Marsh, W. E., and Madison, J., 1987, "Economic Decision Making in Veterinary Practice: Expected Value and Risk as Dual Utility Scales," **Preventive Veterinary Medicine**, Vol. 5, No. 2, 79-86.

Keeney, R. L. and Raiffa, H., 1993, **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**, New York: Cambridge University Press.

Kuo, C., Chien, C. F., and Chen, C., 2011, "Manufacturing Intelligence to Exploit the Value of Production and Tool Data to Reduce Cycle Time," **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, Vol. 8, No. 1, 103-111.

Markowitz, H., 1952, "Portfolio Selection," **Finance**, Vol. 7, No. 1, 77-91.

Shih, W., Chien, C. F., Shih, C., and Chang, J., 2009, **The TSMC Way: Meeting Customer Needs at Taiwan Semiconductor Manufacturing Co.**, Boston: Harvard Business School Publishing.

Wu, J. and Chien, C. F., 2008, "Modeling strategic semiconductor assembly outsourcing decisions based on empirical settings," **OR Spectrum**, Vol. 30, No. 3, 401-430.

作者簡介

簡禎富

美國威斯康辛州立大學麥迪遜分校決策科學與作業研究博士，目前為國立清華大學清華特聘教授，並兼任國科會「科學園區固本精進計畫」推動辦公室總主持人、智慧電子國家型科技計畫分項召集人、經濟部國家品質獎審查委員、國科會工業工程與管理學門規劃委員、國科會政府科技計畫審議智庫委員等學術服務，曾於 2005 年至 2008 年借調為台積電工業工程處副處長，成為台積電第一個從國內大學借調的學者，參與多項策略專案。榮獲國科會傑出研究獎、第一級計畫主持人獎、甲等研究獎；教育部產學合作研究獎；經濟部大學產業經濟貢獻獎-個人獎及團隊獎；清華大學第一屆傑出產學合作獎、新進人員研究獎；中國工程師學會工程論文獎、傑出工程教授；中國工業工程學會工業工程論文獎、優秀青年工業工程師獎、工業工程獎章；管理科學學會呂鳳章先生紀念獎章；台積電半導體研究獎勵等榮譽。主要研究領域包括決策分析、製造策略、半導體製造模式與分析、資料挖礦，是國科會「學與致用」的產學合作典範之一，除發表超過 80 篇學術期刊論文外，已取得 6 項半導體製造國際發明專利，並著有「決策分析與管理」及「半導體製造技術與管理」兩本專書；2007 年經教育部推動我國產業個案撰寫計畫團隊推薦參加哈佛大學商學院 PCMPCL 受訓結業，已發表台積電、聯發科、創意電子、欣詮科技、力晶、ARM 及東隆五金等哈佛管理個案及光華管理個案。

E-mail: cfchien@mx.nthu.edu.tw

胡志翰

國立清華大學工業工程與工程管理博士，曾參與多項國科會計畫及產學合作計畫，並擔任經濟部學研聯合研究計畫「建構與推廣中小型 IC 設計產業之成本整合營運決策分析模式及其決策支援系統」之分項主持人。主要研究領域包括決策分析、半導體製造管理、品質管理等。

E-mail: d937821@oz.nthu.edu.tw