

國立交通大學

經營管理研究所



研究 生：李至欣

指 導 教 授：胡均立 教 授

中華民國 一零二 年 一 月

# 晶圓代工生產效率比較研究

A Comparative Efficiency Study of  
Semiconductor Foundry

研 究 生：李至欣

指 導 教 授：胡 均 立

Student : Chih-Hsin Li

Advisor : Dr. Jin-Li Hu



January 2013

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國 一零二 年 一 月

# 晶圓代工生產效率比較研究

研究生：李至欣

指導教授：胡均立 教授

國立交通大學經營管理研究所碩士班

## 中文摘要

半導體產業在近年來一直是台灣獲得許多關注焦點的產業，而晶圓代工屬於半導體產業中的一種經營模式，雖然台積電與聯電在全球晶圓代工產業中處於龍頭地位，但隨著競爭越來越激烈，其經營效率便成了領先的關鍵。本文以國內外總共5家晶圓代工公司為研究對象，並利用Banker et al. (1984)的BCC模型來評估2007至2011年總共五年之晶圓代工公司之經營效率，接著使用Malmquist生產力指數來分析晶圓代工廠之跨期效率。研究結果顯示，全球晶圓代工產業景氣先後受金融海嘯與歐債問題惡化等因素影響，產業景氣呈現上下起伏之態勢，使得整體效率值無一致之走向；而晶圓代工龍頭台積電因投入了較同行業者較多之研發投入費用，故在歷年之純粹技術效率值上皆能維持較高的數值。

關鍵詞：BCC 模型、Malmquist 生產力指數、晶圓代工

# A Comparative Efficiency Study of Semiconductor Foundry

Student: Chih-Hsin Li

Advisor: Dr. Jin-Li Hu

Institute of Business and Management

National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Taiwan's semiconductor industry gets a lot of focus in recent years. Foundry belongs to one of the business model in semiconductor industry. TSMC and UMC are in the leading position in the global foundry industries, but as competition gets more intense, maintaining operational efficiency has become a critical. This paper applies the approach proposed by Banker et al. (1984) to analyze the efficiency of foundry in Taiwan and other countries from 2007 to 2011. The efficiency scores are computed and analyzed by using the data envelopment analysis(DEA) and Malmquist index. Research results show that the global foundry industry has been influenced by factors such as deterioration of the financial tsunami and the European debt problem, and the whole industry showed the ups and downs. The leading foundry TSMC puts more R & D investment costs than other firms, for this reason, its pure technological efficiency maintains a high level in these years.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis; Malmquist index; Foundry industry

# 目錄

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 表目錄 .....                | 3  |
| 圖目錄 .....                | 3  |
| 第一章 緒論.....              | 4  |
| 1.1 研究背景與動機.....         | 4  |
| 1.2 研究目的.....            | 5  |
| 1.3 研究對象與範圍.....         | 5  |
| 1.4 文章架構與研究流程.....       | 7  |
| 第二章 全球晶圓代工狀況與文獻探討.....   | 8  |
| 2.1 晶圓定義與晶圓代工介紹.....     | 8  |
| 2.2 晶圓代工產業介紹.....        | 9  |
| 2.3 文獻探討.....            | 12 |
| 第三章 研究方法.....            | 14 |
| 3.1 效率之基本觀念.....         | 14 |
| 3.2 資料包絡法.....           | 15 |
| 3.3 CCR-DEA 模型.....      | 15 |
| 3.4 BCC-DEA 模型.....      | 16 |
| 3.5 Malmquist 生產力指數..... | 18 |
| 第四章 實證分析.....            | 21 |
| 4.1 研究對象選取.....          | 21 |
| 4.2 變數選取與定義.....         | 21 |
| 4.3 實證結果.....            | 25 |
| 第五章 結論與建議.....           | 31 |
| 5.1 結論.....              | 31 |
| 5.2 研究限制與建議.....         | 32 |
| 參考文獻 .....               | 33 |

## 表目錄

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 表 1.1 2011 年全球晶圓代工大廠 .....         | 6  |
| 表 4.1 投入及產出變數定義說明 .....            | 22 |
| 表 4.2 各公司之投入與產出值 .....             | 23 |
| 表 4.3 樣本敘述統計.....                  | 24 |
| 表4.4 投入與產出項之同向性分析 .....            | 24 |
| 表 4.5 各公司各年度之實證結果 .....            | 25 |
| 表4.6 2007年至2011年晶圓代工業之整體技術效率值..... | 26 |
| 表4.7 2007年至2011年晶圓代工業之純粹技術效率值..... | 27 |
| 表4.8 2007年至2011年晶圓代工業之規模效率值.....   | 27 |
| 表4.92008年至2011年之產出導向生產力變動.....     | 29 |

## 圖目錄

|  |    |
|--|----|
| 圖 1.1 研究流程.....                          | 7  |
| 圖 2.1 晶圓代工廠之流程.....                      | 9  |
| 圖 2.2 全球半導體產業平均建廠成本(1970 年~2015 年) ..... | 10 |
| 圖 2.3 圓代工在奈米製程研發費用 .....                 | 10 |
| 圖 2.4 全球 IDM 八吋晶圓委外代工需求預測 .....          | 11 |
| 圖 3.1 資料包絡分析法之規模效率的衡量.....               | 17 |

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

半導體產業在近年來一直是台灣獲得許多關注焦點的產業，而晶圓代工屬於半導體產業中的一種經營模式，由於其專業分工的模式，使得晶圓代工產業具有特色。根據半導體市調機構 IC insights 在 2012 年(民 101 年 10 月 19 日，取自：<http://semimd.com/blog/2012/02/10/umc-seeks-to-shed-image-as-%e2%80%98fast-fo llower%e2%80%99/>)所公佈的資料顯示，台灣的台積電以及聯電在 2011 年的營收卻分別是全世界的第一名和第二名，這顯示台積電與聯電－「晶圓雙雄」，在全球晶圓代工產業中是處於龍頭地位的，所以台灣在全球半導體晶圓代工產業有舉足輕重的地位。

晶圓前景看好，根據資策會產業情報研究所(民 101 年 10 月 17 日，取自：[http://news.rti.org.tw/index\\_newsContent.aspx?nid=384026&id=2&id2=1](http://news.rti.org.tw/index_newsContent.aspx?nid=384026&id=2&id2=1))在今年 10 月 16 日預估，2013 年台灣的半導體產業其產值將上看 1.64 兆元台幣，年成長率為 6%；而其中 IC 設計、晶圓代工與封測將同時跟著成長。

儘管台灣晶圓代工產業的前景看好，但國外競爭者卻也來勢洶洶，紛紛加入市場來搶食晶圓代工這塊大餅，根據自由時報的專題報導(民 101 年 10 月 17 日，<http://www.osec.org.tw/NewsDetailC32.aspx?Cond=50283e5a-ac6e-4e41-9e43-3ec9eea0e ac2&Pindex=12>)，全世界半導體晶圓代工產業年產值近 300 億美元，大約為台幣 8,800 億元，而龍頭老大台積電握有約半數的市占率，但隨著競爭對手如 Samsung、Intel、Global Foundries 擴大投資，分食掉晶圓代工大餅，晶圓雙雄面對的挑戰也愈來愈高。

因此，面對競爭如此激烈的環境，其經營效率如何是很值得進行探討的，本文章希望能探討國內外晶圓代工廠的技術與配置效率問題，以提供未來在經營管理上的一個參考指標。

## 1.2 研究目的

本文章透過資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA)，並採用成本效率分析，各個投入項有其相對應之要素價格，以台灣及國外各晶圓代工公司為研究觀查對象，探討其經營績效，研究目的如下：

1. 建構各晶圓代工廠之經營績效 DEA 模型，衡量與比較整體晶圓代工產業營運效率。
2. 分別針對各晶圓代工廠之規模效率以及純粹技術效率進行探討。
3. 探討晶圓代工產業生產力發展趨勢。

## 1.3 研究對象與範圍

根據市調機構 IC insights 在 2012 年資料顯示(2012 年 10 月 19 日，取自：<http://semimd.com/blog/2012/02/10/umc-seeks-to-shed-image-as-%e2%80%98fast-folower%e2%80%99/>)，2011 年全球前 14 大(依照營業額排列)晶圓代工商分別為台積電、聯電、格羅方德、三星半導體、中芯國際、Tower Jazz、世界先進、Dongbu HiTek、IBM、MagnaChip、SSMC、Hua Hong NEC、Win Semiconductors、X-Fab。但由於資料僅能收集到台積電、聯電、中芯國際、Tower Jazz 以及世界先進，加上本研究是以純晶圓代工為對象，故 IDM 廠商(如三星半導體、IBM)並不在此範圍內，故本文章將以 5 家廠商作為觀察對象，分別為台灣積體電路製造股份有限公司、聯華電子股份有限公司、中芯國際集成電路製造有限公司、Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz)、世界先進積體電路股份有限公司。採用 2007 年至 2011 年其財務報表作為原始資料來源，進行效率分析。

表 1.1 2011 年全球晶圓代工大廠

| 排名   | 公司   | 類型        | 地點  | 2009 年        | 2010 年        | 10/09       | 2011 年            | 11/10       |      |
|------|------|-----------|-----|---------------|---------------|-------------|-------------------|-------------|------|
|      |      |           |     | 銷售額<br>(百萬美元) | 銷售額<br>(百萬美元) | 年變化率<br>(%) | 銷售額<br>(百萬<br>美元) | 年變化率<br>(%) |      |
| 2011 | 2010 |           |     |               |               |             |                   |             |      |
| 1    | 1    | 台積電       | 純代工 | 台灣            | 8,989         | 13,307      | 48%               | 14,600      | 10%  |
| 2    | 2    | 聯電        | 純代工 | 台灣            | 2,815         | 3,965       | 41%               | 3,760       | -5%  |
| 3    | 3    | 格羅方德      | 純代工 | 美國            | 1,101         | 3,510       | 219%              | 3,580       | 2%   |
| 4    | 5    | 三星        | IDM | 南韓            | 290           | 1,205       | 316%              | 1,975       | 64%  |
| 5    | 4    | 中芯國際      | 純代工 | 中國            | 1,070         | 1,555       | 45%               | 1,315       | -15% |
| 6    | 6    | TowerJazz | 純代工 | 以色列           | 300           | 509         | 70%               | 610         | 20%  |
| 7    | 7    | 世界先進      | 純代工 | 台灣            | 382           | 508         | 33%               | 519         | 2%   |
| 8    | 8    | Dongbu    | 純代工 | 南韓            | 378           | 475         | 26%               | 500         | 5%   |
| 9    | 9    | IBM       | IDM | 美國            | 335           | 430         | 28%               | 445         | 3%   |
| 10   | 10   | MagnaChip | IDM | 南韓            | 262           | 405         | 55%               | 350         | -14% |
| 11   | 12   | SSMC      | 純代工 | 新加坡           | 280           | 330         | 18%               | 345         | 5%   |
| 12   | 11   | 華虹 NEC    | 純代工 | 中國            | 240           | 367         | 53%               | 335         | -9%  |
| 13   | 16   | Win       | 純代工 | 台灣            | 145           | 221         | 52%               | 300         | 36%  |
| 14   | 13   | X-Fab     | 純代工 | 歐洲            | 212           | 317         | 50%               | 285         | -10% |

資料來源：IC Insights，2012 年，取自：

<http://semimd.com/blog/2012/02/10/umc-seeks-to-shed-image-as-%e2%80%98fast-folower%e2%80%99/>

## 1.4 文章架構與研究流程

本文章分為五章，敘述如下：

第一章 緒論：包括研究背景與動機、研究目的、研究範圍及對象、文章架構與研究流程。

第二章 全球晶圓代工狀況與文獻探討：首先定義晶圓，接著介紹目前全球晶圓代工銷售狀況以及產業成本趨勢，再來討論相關文獻發展。

第三章 研究方法：介紹本研究所要使用的研究方法、變數選取與定義。

第四章 實證分析：透過 DEAP 軟體得出各家晶圓代工公司之效率值並比較。

第五章 結論與建議：就本研究所得出之結果給予建議並補充相關改進方式。

文章架構如圖 1.1 所示：



圖 1.1 研究流程

## 第二章 晶圓代工產業概況與文獻探討

### 2.1 晶圓定義與晶圓代工介紹

晶圓代工，或者稱為晶圓專工(Foundry)，是半導體產業的其中一種經營模式，除了專門從事半導體晶圓製造生產的公司之外，也有接受其他 IC 設計公司委託製造，而不自己從事設計的公司。擁有晶圓廠的半導體公司，如 Intel、AMD 等，這些公司因為生產成本或現有產能不足等因素，會將部份產品委託由晶圓代工公司生產製造。台灣的台積電、聯電目前為全球排名第一與第二的晶圓代工公司，享譽國際。反過來說，只從事 IC 設計而不自己進行生產且無廠房設備的公司稱為無廠半導體公司(Fabless)。無廠半導體公司需要依靠晶圓代工公司來生產自家設計的產品，因此其產能以及生產技術都受限於所委託的晶圓代工公司。儘管如此，優點是不必自己設立晶圓生產的廠房並負擔營運費用，增加額外生產成本。隨著消費市場對晶圓品質的要求與製程的精緻化，建設一間晶圓廠往往需要動用上數百億美元的資金，已經不是一般的企業可以負擔得起的金額；因此，透過專業分工模式與晶圓代工廠合作，IC 設計公司就不必負擔高階製程所產生高額的製程研發與晶圓廠興建費用，另一方面，晶圓代工廠商也能夠專注於製造，多出的產能將可提供服務於多個用戶。

晶圓代工廠商在取得客戶（IC 設計公司）委託的產品製造訂單後，將委託產品的設計圖透過光罩轉製在數層光罩上，再以矽晶圓等為基礎的材料，經過積體電路晶圓生產製造流程，將每一層光罩上的設計圖案轉置在晶圓上，每片晶圓在完成製造後，即可在晶圓上形成數百到數千顆相同的積體電路小晶片。產品設計公司將晶圓送至晶片包裝廠切割、封裝，再送經最終電性測試，即可銷售上市（2012 年 10 月 23 日，取自 <http://cm.jmjh.tn.edu.tw/~vivian/AA16AAA.htm>）。

今天晶圓代工服務已從早期單純的積體電路製造服務，擴展到目前的全方位服務，涵蓋產品設計支援、光罩製作、晶圓製造、測試、封裝，乃至產品問題分

析等等。下圖 2.1 為晶圓代工廠之生產流程。



## 2.2 晶圓代工產業介紹

圖 2.2 與圖 2.3 分別為全球半導體產業平均建廠成本以及晶圓代工在奈米製程研發費用，根據工業研究院與 IC Insights 在 2010 年的資料預測(2012 年 10 月 24 日，取自：<http://www.ibt.com.tw/UserFiles/File/1000328-Indus.pdf>)，全球半導體產業平均建廠成本已經由 2000 年的 16 億美元提高到 2015 年的 54 億美元，其成長幅度超過 3 倍。另外台灣綜合研究院的資料也呈現奈米製程研發成本由 130nm 的 5 億美元提高到 32nm 的 14 億美元。由此可知，高額的建廠成本與研發費用已經漸漸形成一股障礙，使得一般 IDM 廠商要獨自包辦上中下游並非易事，所以大部份的 IDM 廠商會將晶圓的製造委外代工，形成專業分工的現象。

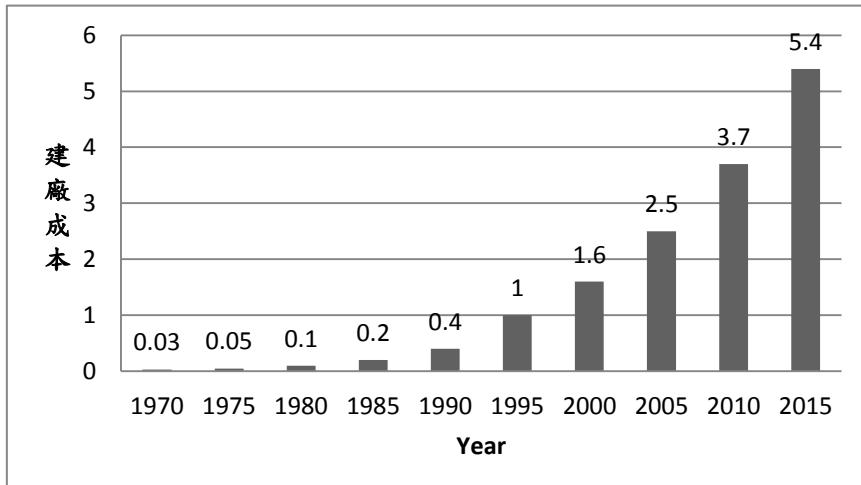


圖 2.2 全球半導體產業平均建廠成本(1970 年~2015 年)(單位：十億美元)

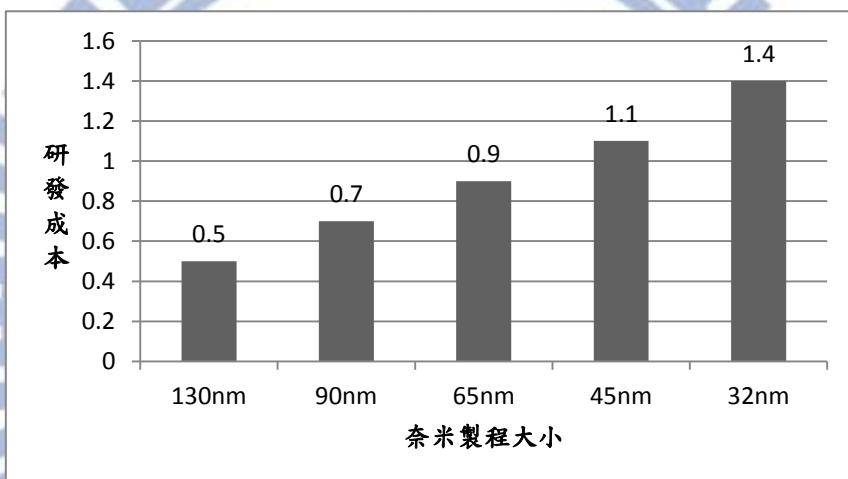


圖 2.3 圓代工在奈米製程研發費用(單位：十億美元)

資料來源：台灣綜合研究院 2009/09；工研院 IEK 2010/06

由於巨額的建廠成本與研發費用，除了少數如 Intel、TI 等整合元件製造商(以下簡稱 IDM)能藉由規模經濟而維持垂直整合的經營模式之外，大多數 IDM 公司逐漸朝無廠半導體公司(Fabless)轉型，並且將晶圓製造委外代工。也正由於愈來愈多的 IDM 公司漸漸採取無晶圓廠的方式，全球半導體晶圓代工业務目前處於穩定發展階段。

此時，對於大部份 IDM 而言，轉型已成為攸關生存的重要關鍵。隨著製程技術不斷往更小的尺寸推移，晶圓設備、製造技術等日益需要高額的投資，因此

許多 IDM 廠已經無法承受如此龐大的製造花費，轉而選擇與晶圓代工廠策略聯盟，共同計劃下一代產品所需的技術，是現階段主要的經營模式。根據工業研究院所預測(圖 2.4)，全球 IDM 八吋晶圓委外代工的需求將從 2009 年 56 萬片提升至 2020 年 352 萬片。

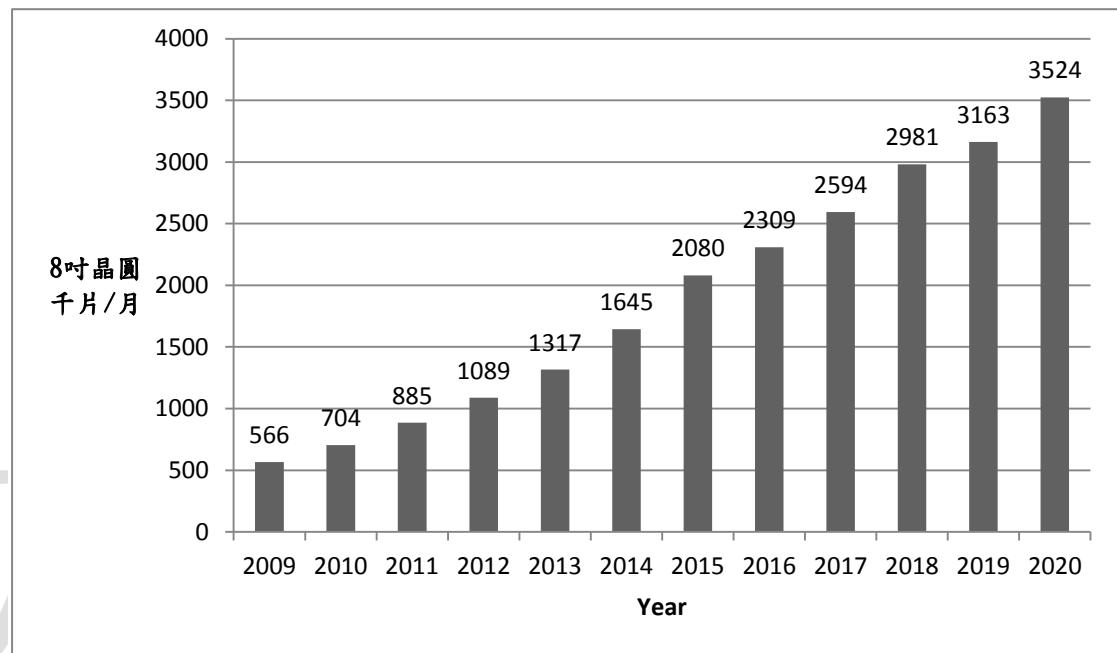


圖 2.4 全球 IDM 八吋晶圓委外代工需求預測

資料來源：IEK，2010 年，取自：  
<http://www.ibt.com.tw/UserFiles/File/1000328-Indus.pdf>

## 2.3 文獻探討

在績效評估的領域中, Farrell (1957) 提出效率可分成技術效率及配置效率，並在固定規模報酬 (Constant Returns to Scale；簡稱 CRS) 的假設之下，採用類似於線性規劃求解線性方程式的概念，對美國各州的農業效率進行衡量，可說是效率分析的始祖。接著 Charnes et al. (1978) 提出一種利用線性規劃在給定產出下使投入極小的模型 (簡稱 CCR 模型)，於是資料包絡分析法在此被正式命名。而 Banker et al. (1984) 對於 CCR 模型提出放寬固定規模報酬的假設，於限制式中加入凸性限制式 (Convexity Constraint)，使其轉換為變動規模報酬 (Variable Returns to Scale；簡稱 VRS) 的假設，此即為 BCC 模型。

Färe et al.(1994) 針對 OECD 中 17 個國家，利用 1979 年至 1988 年間之資本與勞動作為投入，以 GDP 作為產出，進行麥氏生產力分析(Malmquist TFP Analysis)，將效率的觀念涵蓋在生產力裡面，提出生產力變動的因素主要為技術變動與效率變動二者。研究發現美國的生產力稍高於整體平均，主要是由於技術變動的因素，而日本的生產力為最高，主要歸功於效率變動的結果。

Hsiao et al. (2012) 採用 DEA 方法，以四階段方法來評估台灣 IC 設計產業之效率，並且以廠商之規模(scale)以及幅員(scope)作為共同邊界法的分類標準。研究發現台灣 IC 設計產業效率主要與廠商規模以及 R&D 費用有關，基於這些因素將顯著影響技術效率，研究建議廠商將營運焦點集中在減少技術落差比例上，並且將台灣的結論應用在國外相關 IC 設計產業上。

Chen and Chen (2011)採用資料包絡分析法與麥氏生產力指數探討 2004 年至 2007 年台灣晶圓代工廠的績效表現，投入項採用總資產、營業費用與行政管理費用，而產出項採取淨銷售額，研究發現若廠商要增加效率，則應增加純粹技術效率而非規模效率。

Liu and Wang (2008)利用資料包絡法去計算台灣半導體封裝與測試產業其 2000 年至 2003 年之效率值，結果除了表明此產業技術移動方向外，也顯示個別

廠商在生產策略上的改變，因此可以藉此判斷這樣的策略是否具有效率。

Chung et al. (2008) 針對晶圓代工產業運用資料包絡分析法去尋找一最有效率之產出組合，以視窗分析法 (window analysis) 找尋晶圓代工廠商在長期下來依然能維持其生產效率的生產組合，研究結果提供給晶圓代工廠商在制定生產策略時一個可以參考的方向。

Wu et al. (2006) 介紹了台灣兩大晶圓代工廠商-台積電與聯電如何在這高度競爭的動態環境中生存並且成長，並且運用獨特的策略創造了「晶圓代工」現象。研究指出，由晶圓代工產業的萌芽階段到現在的成熟，其策略分別從一開始的以生產為中心、以技術為中心演變到現在以顧客為中心，藉由不同的階段運用不同的策略，台積電與聯電才能維持如此亮眼的成長。



## 第三章 研究方法

DEA是根據柏拉圖最適 (Pareto optimality) 境界觀念上的一種衡量效率之方法，藉由求出效率前緣便可比較實際產量與效率前緣所代表的目標產量差異，而得效率值。它源自Farrell (1957) 所提之非預設生產函數的觀念，亦即於分析時只採取一般化的限制式而無須對任何邊界函數形式進行假設，而DEA能夠同時可處理多投入與多產出項的問題且不必轉換不同投入與產出間的計算單位，更無須依靠個人主觀進行不同權重之設定。

### 3.1 效率之基本觀念

「效率」一詞，在各領域中所涵蓋的範圍甚廣，其基本概念是用來描述資源使用的特徵。若以經濟學與管理學的角度觀之，就投入與產出要素之間的關係而言，效率可視為將一組投入因素轉換成產出過程之績效；然而，就資源分配與產品觀念而言，則是指在既定的產出水準之下，追求最小成本之投入組合；亦或是指在既定的投入組合之下，追求最大的產出水準。

Charnes et al. (1978) 曾就效率的意義分別從投入面及產出面加以說明：就投入面而言，若一 DMU 不能夠進一步減少現行某一投入項的使用量，而不以其他投入之增加為代價且不降低產出量時，則稱此 DMU 目前處於效率的狀況；就產出面而言，若某一 DMU 不能進一步的增加現行某一產出項的產量，而不以其他產出之減產為代價且不增加投入量時，則此 DMU 目前處於效率的狀況。此一觀念即經濟學中提及之柏拉圖最適境界 (Pareto Optimality)，由此觀念所估計出來之效率值是在客觀環境下對各 DMU 最有利之結果，因此廣為一般所接受。

### 3.2 資料包絡法

資料包絡法主要源自 Farrell (1957) 邊界生產函數 (Frontier Production Function) 的觀念，故以下先說明 Farrell (1957) 所提出之基本觀念，他以邊界生產函數的觀念，來衡量生產效率水準。其概念為廠商利用現有的技術水準，配合既定的要素組合，若生產達到其潛在的最大產出水準，則為最有效率之生產點，連接各個最有效率的生產點形成生產邊界。若廠商的生產未能達到其潛在的最大生產水準，則有生產無效率之情形發生。

而在Farrell提出衡量效率的架構之後20年間僅有少數學者應用此方法，直到 Charnes et al. (1978) 在Farrell的效率定義與觀念下，提出以線性規劃 (linear programming)方法求解各別決策單位 (decision-making unit; 簡稱DMU)之效率值，其模型簡稱為CCR模型，此模型和 Farrell (1957) 一樣都是建立在固定規模報酬 (constant returns to scale)假設下，並擴展成可衡量多投入與多產出的評估效率模式，由於其在建構生產函數的過程當中，所有資料均被包絡在生產函數之下，因此統稱為資料包絡分析法 (data envelopment analysis; 簡稱DEA)。

### 3.3 CCR-DEA模型

首先，Charnes, Cooper, and Rhodes (1978) 提出了固定規模報酬下的投入導向模型，稱為CCR模型，亦稱為CRS模型。其假設有K家廠商，且各有N個投入項與M個產出項，對於第*i*家廠商而言， $x_i$ 代表第*i*家廠商的 $N \times 1$ 投入向量，而 $y_i$ 代表第*i*家廠商的 $M \times 1$ 產出向量； $X$ 表示為一 $N \times K$ 的投入向量矩陣， $Y$ 表示為一 $M \times K$ 的產出向量矩陣。則固定規模報酬下的產出導向DEA模型可表示如下：

$$\text{Max}_{\varphi, \lambda} \Phi$$

$$\text{s. t. } -\varphi y_i + Y \lambda \geq 0$$

$$x_i - X \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

其中 $\varphi$ 為一介於0到1之間的純量，代表第*i*家廠商的整體技術效率值，而 $\lambda$ 為 $K \times 1$ 的常數向量，上列式子所表示的涵意為實際產出不得大於目標產出，實際投入不得小於目標投入。在此所求得之效率值稱為整體技術效率值(Overall technical efficiency) ，簡稱為OTE。

### 3.4 BCC-DEA模型

Banker et al. (1984) 對於CCR模型提出放寬固定規模報酬的假設，於限制式中加入凸性限制式 (Convexity Constraint)，使其轉換為變動規模報酬 (Variable Returns to Scale；簡稱VRS) 的假設，此即為BCC模型。其假設有K家廠商，且各有N個投入項與M個產出項，對於第*i*家廠商而言， $x_i$ 表第*i*家廠商的 $N \times 1$ 投入向量，而 $y_i$ 代表第*i*家廠商的 $M \times 1$ 產出向量； $X$ 表示為一 $N \times K$ 的投入向量矩陣， $Y$ 表示為一 $M \times K$ 的出向量矩陣。則變動規模報酬的產出導向DEA模型可表示如下：

$$\text{Max } \varphi, \lambda \Phi$$

$$\text{s. t. } -\varphi y_i + Y \lambda \geq 0$$

$$x_i - X \lambda \geq 0$$

$$\sum \lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

其中 $\varphi$ 為一介於0到1之間的純量，代表第*i*家廠商的整體技術效率值，而 $\lambda$ 為 $K \times 1$ 的常數向量。另外由BCC模型可分解出純粹技術效率值(Pure technical efficiency)，可表示為PTE。

在圖3.1中，藉由單一產出Q與單一投入X來說明整體技術效率、純粹技術效率及規模效率之間的關係，以及具體標示出CCR模型固定規模報酬的假設與BCC

模型變動規模報酬的假設之間的差別。

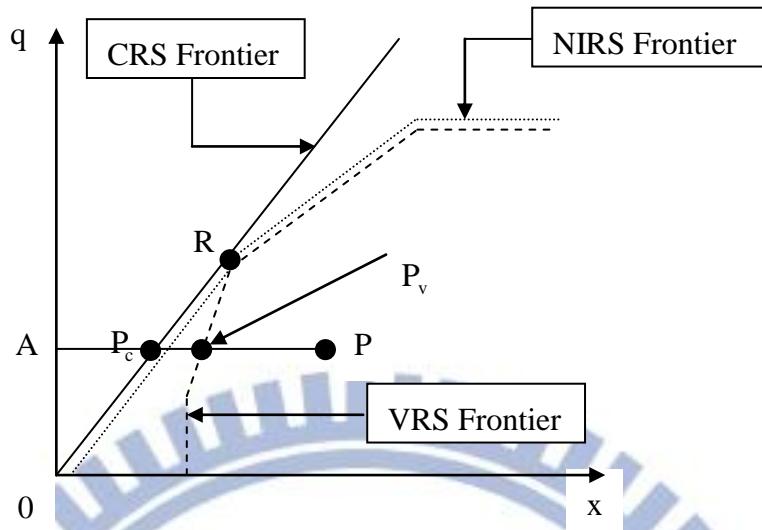


圖 3.1 資料包絡分析法之規模效率的衡量

在圖3.1中，CRS為固定規模報酬(Constant Return to Scale)，VRS為變動規模報酬(Variable Return to Scale)，NIRS為非遞增規模報酬(Non-increasing Return to Scale)；而整體技術效率、純粹技術效率以及規模效率分別為下列各式所示之：

$$\frac{\overline{APc}}{\overline{AP}} = \frac{\overline{APc}}{\overline{APv}} \times \frac{\overline{APv}}{\overline{AP}}$$

$$\text{整體技術效率} = \text{規模效率} \times \text{純粹技術效率}$$

由此可知，使用CRS-DEA模型可產生整體技術效率值(CRSTE，又稱OTE)，而使用VRS-DEA模型可產生純粹技術效率值(VRSTE，又稱PTE)，使用以上兩數值便可求得規模效率值(Scale efficiency，又稱SE)。

$$SE = CRSTE / VRSTE = OTE / PTE$$

此外在效率的衡量裡，可以分別從投入導向 (Input-Oriented) 和產出導向 (Output-Oriented) 切入，本研究將使用變動規模報酬假設之 BCC-DEA 模型，以

投入導向進行研究分析。

### 3.5 Malmquist生產力指數

由於CCR-DEA與BCC-DEA模型只能對個別決策單位進行單期的比較，若欲進行跨期決策單位經營效率的分析，則必須使用Malmquist生產力指數。該指數之優點除了可以分析效率之跨期狀態外，也能探討該趨勢之優劣是來自於生產效率、純粹技術效率或規模效率之改變，以提供給經理者了解真正不足的地方進而加以改進。

為了衡量決策單位跨期的生產力變動、效率變動、技術變動、規模效率變動與純粹技術效率變動間的關係，因此使用Färe(1994)提出之Malmquist生產力指數(以下簡稱MPI)來衡量生產力跨期之變動情形，以MPI來衡量總要素生產力變動，若MPI大於1表示決策單位之生產力進步；反之，若MPI小於1則表示決策單位之生產力退步。同時DEA-TFPCH可分解為效率變動與技術變動，若效率變動大於1，表示管理階層之經營與決策使用得當；反之，若效率變動小於1則表示管理階層之經營與決策使用不恰當使得效率降低。而技術變動如果大於1，表示技術進步，若小於1則表示技術退步。 $q_s$

假設使用第s期之技術當作基期之技術， $m^s$ 為第t期之生產力變化指數，而 $q_s$ 與 $x_s$ 以及 $q_t$ 與 $x_t$ 分別表示第s期與第t期之產出與投入量，若採取產出導向，則第t期之麥氏生產力指標變化可用以下式子表示：

$$m^s (q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d^s (q_t, x_t)}{d^s (q_s, x_s)}$$

其中上述式子之 $d^s (q_t, x_t)$ 表示以第s期之技術水準來衡量s期與t期間，產出導向的技術效率之變動，亦即，產出技術效率變動等於t期的產出技術效率與s期的產

出技術效率的比率。

若 $m$ 大於1則表示由第s期至第t期其生產力上升，若小於1則表示生產力下降。

若假設 $d^t(q_t, x_t) = A(t)d(q_t, x_t)$ ，以產出導向來進行分解，則：

$$m(q_s, x_s, q_t, x_t) = \left[ \frac{d^s(q_t, x_t)}{d^s(q_s, x_s)} \times \frac{d^t(q_t, x_t)}{d^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2}$$

而以上之生產力指數又可分解為效率變動與技術變動，式子如下：

$$m(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d^t(q_t, x_t)}{d^s(q_s, x_s)} \left[ \frac{d^s(q_t, x_t)}{d^t(q_t, x_t)} \times \frac{d^s(q_s, x_s)}{d^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2}$$

其中 $\frac{d^t(q_t, x_t)}{d^s(q_s, x_s)}$ 為產出導向下之效率變動值，衡量實際產出值與生產效率前緣之距離，而剩下的部份則為技術變動值，表示如下：

$$\text{效率變動(Efficiency change)} = \frac{d^t(q_t, x_t)}{d^s(q_s, x_s)}$$

當效率變動>1時，表示決策單位效率獲得改善或資源配置得當。

當效率變動<1時，表示管理階層之經營與決策使用不恰當使得效率降低。

$$\text{技術變動(Technical change)} = \left[ \frac{d^s(q_t, x_t)}{d^t(q_t, x_t)} \times \frac{d^s(q_s, x_s)}{d^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2}$$

當技術變動>1時，代表決策單位在衡量期間其生產技術有顯著進步。

當技術變動<1時，代表決策單位在衡量期間其生產技術退步或惡化。

以上 Malmquist 生產力指數是在 Färe et al.(1994)在固定報酬規模(constant return to scale, CRS)模型之前提假設下所得出之結果，然而，由於本研究進一步探討在變動報酬規模(variable return to scale, VRS)假設下其 Malmquist 生產力指數之變動，故式子表示如下：

$$\frac{d^t(q_t, x_t)}{d^s(q_s, x_s)} = \frac{d^t(q_t, x_t | VRS)}{d^s(q_s, x_s | VRS)} \times \left[ \frac{d^t(q_t, x_t | VRS)/d^t(q_t, x_t | CRS)}{d^t(q_s, x_s | VRS)/d^t(q_s, x_s | CRS)} \times \frac{d^s(q_t, x_t | VRS)/d^s(q_t, x_t | CRS)}{d^s(q_s, x_s | VRS)/d_0^s(q_s, x_s | CRS)} \right]^{1/2}$$

$$\text{純粹效率變動(Pure efficiency change, PEC)} = \frac{d^t (q_t, x_t | VRS)}{d^s (q_s, x_s | VRS)}$$

規模效率變動(Scale efficiency change, SC)

$$= \left[ \frac{d^t (q_t, x_t | VRS) / d^t (q_t, x_t | CRS)}{d^t (q_s, x_s | VRS) / d^t (q_s, x_s | CRS)} \times \frac{d^s (q_t, x_t | VRS) / d^s (q_t, x_t | CRS)}{d^s (q_s, x_s | VRS) / d^s (q_s, x_s | CRS)} \right]^{1/2}$$

當規模效率變動>1，代表該決策單位趨向長期最適規模。

當規模效率變動<1，代表該決策單位偏離長期最適規模。

總合以上所列，Malmquist 生產力指數可由下式所表示：

$$m^s (q_s, x_s, q_t, x_t) = TC \times EC = TC \times PEC \times SC$$

由此可知，生產力變動來自技術變動、純粹效率變動以及規模效率變動。各別效率所佔生產力變動的大小也是值得觀察的焦點之一，若能知曉生產力變動的來源，便可直接針對問題的核心來進行改良以增加效率。

另外，本研究使用的是投入導向，依理論而言 MPI 大於 1 表示 DMU 在衡量期間其生產力是退步的；反之，若 MPI 小於 1 則表示進步。但由於電腦軟體 DEAP 2.1 會將其結果以產出導向來表示，使得上述的判斷方法相反。也就是當 MPI 大於 1 表示 DMU 在衡量期間其生產力是進步的，若 MPI 小於 1 則表示退步。而實際操作顯示投入與產出導向設定並不影響所得出之實證結果。

## 第四章 實證分析

### 4.1 研究對象選取

在本研究中，主要以半導體晶圓代工公司為分析對象，研究期間自 2007 年到 2011 年共五年期間的資料，選取 5 家廠商為研究對象：台灣積體電路製造股份有限公司、聯華電子股份有限公司、中芯國際集成電路製造有限公司、Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz)、世界先進積體電路股份有限公司。

### 4.2 變數選取與定義

以資料包絡法模型評估效率係建立在各 DMU 的投入及產出資料上，若選擇了不恰當的投入產出項，將對效率評估之結果產生偏差，因此選擇適當的投入及產出項為重要關鍵。本文於投入產出變數之選取，採用固定資產、研發費用等兩項投入變數，銷貨收入為產出變數。茲將各變數之選取說明如下：

在半導體製造產業中，不管是 DRAM 製造、整合元件廠(IDM)、晶圓代工或是封裝廠，均屬於高科技與高資本密集的產業。而此種資本密集的特性有二：第一是廠商的固定成本極高，所以產品的生產須達經濟規模並且於每一世代產品的生命週期內，增加最多的產出，才能快速地降低單位固定成本，增加公司的利潤，因此，每一座半導體晶圓廠建廠完成後，廠商莫不希望盡量提高產能利用率。第二個特性為半導體廠的建廠規模浩大且耗時較久，建廠時間除了建築物本身外，主要在於昂貴的機器設備裝機過程，因此晶圓廠的投資效益並非立即可以顯現，因此是屬於極費時的資本遞延效應。在此，本研究將固定資產視為晶圓代工產業之第一個投入項。

半導體產業的第二個特性為技術密集，換句話說，晶圓生產的品質與製造技術息息相關。自從 1947 年 Bell 在發明電晶體以來(民 101 年 10 月 23 日，取自：<http://home.phy.ntnu.edu.tw/~eureka/article/transister/transister.htm>)，整個半導體的製造技術都是不斷的更新，不斷地向前演進，因此研究與發展

對於該產業具有絕對的重要性。因為投入研發，才能持續的推出下一世代的產品與技術，降低單位生產成本，在短期內，雖然會因為龐大的資本支出或是利息與折舊費用而侵蝕企業獲利，但因為其最終產品為電子相關產品，在講究技術與速度的高科技產業裡，唯有具有新技術的廠商才能競逐下一世代的戰場，以更低廉的價格與成本，搶得市佔率與獲取利潤。所以，在研發上的投入一直為晶圓代工產業中重要的投資之一，以台積電為例，台積電 2012 年預計投入研發費用佔營收約為 8%，相當於 13 億美元(民 101 年 10 月 31 日，取自台積電公司 2011 年度財報)。因此，本研究將研發投入視為晶圓代工產業之第二個投入項。

故本文以下列兩項變數為投入：

1. 固定資產 ( $x_1$ )：以「固定資產淨額」衡量之。
2. 研發投入 ( $x_2$ )：以「研究發展費用」衡量之。

而製造出來的晶圓經銷售而產生收入，故產出項為銷貨收入：

3. 銷貨收入( $y$ )：以損益表上之「銷貨收入總額」衡量之。

表 4.1 投入及產出變數定義說明

| 定義          | 單位   | 說明                |
|-------------|------|-------------------|
| <b>產出項目</b> |      |                   |
| 銷貨收入        | 百萬美元 | 損益表中的「銷貨收入總額」項目   |
| <b>投入項目</b> |      |                   |
| 固定資產        | 百萬美元 | 資產負債表中的「固定資產淨額」項目 |
| 研發投入        | 百萬美元 | 損益表中的「研究發展費用」項目   |

資料來源：各公司年度報表

註：貨幣單位均以 2007 年為基期，並根據中央銀行所公佈之「我國與十六個主要貿易對手通貨對美元之匯率年資料」轉換成美元。

在考量名目變數與實質變數的問題上，本研究將所有名目變數之資料，以台灣、美國以及以色列之 GDP 平減指數轉換成以 2007 年為基期之實質變數，以除去物價變動之影響。並以各年度平均匯率將新台幣換算成實質美元，以利比較與分析。

下表為 2007 年至 2011 本研究所選定之晶圓代工公司其投入與產出之原始數據，在計算效率值時所使用之資料為真實金額數目，但此表格為簡化數字，四捨五入至百萬美元為單位，僅供參考。

表 4.2 各公司之投入與產出值(單位：以 2007 年為基期之百萬美元)

|             | 固定資產<br>(x1) | 研發投入<br>(x2) | 銷貨收入<br>(y) |
|-------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>2011</b> |              |              |             |
| 台積電         | 15,940       | 1,168        | 14,871      |
| 聯電          | 4,523        | 310          | 3,584       |
| 中芯國際        | 2,423        | 162          | 1,116       |
| Tower Jazz  | 523          | 22           | 541         |
| 世界先進        | 319          | 22           | 517         |
| <b>2010</b> |              |              |             |
| 台積電         | 12,755       | 975          | 14,173      |
| 聯電          | 4,317        | 281          | 3,837       |
| 中芯國際        | 3,089        | 198          | 1,763       |
| Tower Jazz  | 513          | 25           | 544         |
| 世界先進        | 350          | 22           | 546         |
| <b>2009</b> |              |              |             |
| 台積電         | 9,127        | 720          | 10,327      |
| 聯電          | 2,872        | 263          | 2,821       |
| 中芯國際        | 2,968        | 72           | 1,214       |
| Tower Jazz  | 512          | 24           | 316         |
| 世界先進        | 348          | 23           | 430         |
| <b>2008</b> |              |              |             |
| 台積電         | 8,097        | 713          | 11,365      |
| 聯電          | 3,338        | 272          | 2,986       |
| 中芯國際        | 3,604        | 110          | 1,459       |
| Tower Jazz  | 477          | 20           | 453         |
| 世界先進        | 459          | 27           | 547         |
| <b>2007</b> |              |              |             |
| 台積電         | 8,912        | 614          | 11,244      |
| 聯電          | 4,445        | 324          | 3,595       |
| 中芯國際        | 3,633        | 97           | 1,549       |
| Tower Jazz  | 450          | 20           | 502         |
| 世界先進        | 471          | 19           | 546         |

而在本研究中，5家廠商各投入、產出項之樣本敘述統計則列於表 4.2 中；

表 4.3 樣本敘述統計(單位：以 2007 年為基期之百萬美元)

| 類別  | 變數名稱 | 個數 | 平均數      | 最小值 | 最大值    |
|-----|------|----|----------|-----|--------|
| 產出項 | 銷貨收入 | 25 | 3,633.84 | 316 | 14,871 |
| 投入項 | 固定資產 | 25 | 3,778.60 | 272 | 15,940 |
|     | 研發投入 | 25 | 260.12   | 18  | 1,168  |

表 4.2 中，產出項之銷貨收入最大值與最小值的晶圓代工公司分別為 2011 年的台積電與 2009 年的 Tower Jazz；至於投入項中固定資產之最大值與最小值分別為 2011 年的台積電與 Tower Jazz；而研發投入之最大值與最小值則分別為 2011 年的台積電與 2007 年的 Tower Jazz。

用資料包絡分析法進行研究時，所要求投入項與產出項間的同向性，可由表 4.3 得知，本研究所選取的投入項與產出項均符合同向性的要求，意即「投入項增加時，產出項不會減少」。除此之外，由相關係數之高低也可看出，各投入項與產出項之間均存在高度正向關係，另外一方面，投入項與投入項之間、或是產出項與產出項之間僅存在低度正向關係，顯示各投入項之間與各產出項之間並無明顯之線性關係；同時也代表各投入項與產出項皆有選取之必要，在本研究中，無法用任一投入項或產出項來替代另一投入項或產出項。

表 4.4 投入與產出項之同向性分析

|      | 銷貨收入   | 固定資產   | 研發投入 |
|------|--------|--------|------|
| 銷貨收入 | 1      |        |      |
| 固定資產 | 0.7976 | 1      |      |
| 研發投入 | 0.5659 | 0.5368 | 1    |

### 4.3 實證結果

下表 4.5 顯示本研究以產出導向進行分析所得到結果如下：

表 4.5 各公司各年度之實證結果

| 年度與公司名稱                               | OTE   | PTE   | SE    | RTS |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-----|
| <b>2011</b>                           |       |       |       |     |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 0.575 | 1.000 | 0.575 | DRS |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.492 | 0.856 | 0.574 | DRS |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.293 | 0.427 | 0.685 | DRS |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| <b>2010</b>                           |       |       |       |     |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 0.712 | 1.000 | 0.712 | DRS |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.570 | 0.897 | 0.635 | DRS |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.366 | 0.543 | 0.675 | DRS |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 0.879 | 0.882 | 0.997 | IRS |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| <b>2009</b>                           |       |       |       |     |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.868 | 0.929 | 0.935 | IRS |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 0.850 | 1.000 | 0.850 | IRS |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| <b>2008</b>                           |       |       |       |     |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.661 | 0.667 | 0.992 | DRS |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.594 | 0.765 | 0.777 | DRS |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| <b>2007</b>                           |       |       |       |     |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.641 | 0.647 | 0.991 | IRS |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.579 | 0.779 | 0.743 | DRS |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 0.954 | 1.000 | 0.954 | IRS |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.000 | 1.000 | CRS |
| 總平均值                                  | 0.801 | 0.896 | 0.897 | -   |

### 4.3.1 整體技術效率

接著一樣是用 DEAP 2.1 軟體進行分析，得到 2007 年至 2011 年 5 家個別決策單位進整體技術效率值的計算，其結果以表 4.6 表示：

表 4.6 2007 年至 2011 年晶圓代工業之整體技術效率值

| 公司名稱                                  | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 0.712  | 0.575  |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.641  | 0.661  | 0.868  | 0.570  | 0.492  |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.579  | 0.594  | 1.000  | 0.366  | 0.293  |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 0.954  | 1.000  | 0.850  | 0.879  | 1.000  |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  |
| 各年組別平均值                               | 0.835  | 0.851  | 0.944  | 0.705  | 0.672  |

由表 4.6 之實證結果分析，顯示本研究所選取之晶圓代工廠其整體技術效率值由最小為 0.293 到最大為 1.000，其 2002 年至 2007 年間，每一年的平均整體技術效率值分別為 0.835、0.851、0.944、0.705 及 0.672。

由 CRS-DEA 所產生之整體技術效率值可發現到，台積電其整體技術效率值呈現逐年下降的情形，但平均仍高於聯電；而聯電雖在 2009 年效率值一度上升，但整體技術效率值依然低於台積電；中芯國際在 2010 年以及 2011 年之整體技術效率值皆大幅下降，相較於其他廠商，中芯國際在近兩年的整體技術效率值是表現最不好的；而 Tower Jazz 在資料期間其整體技術效率值皆有較佳的表現，且在 2011 年時與世界先進並列效率值為 1.000。但整體看來，所有廠商之整體效率值在 2007 年至 2009 年時是呈現上升的趨勢，但 2009 年之後卻開始下降，至 2011 年時其整體技術效率平均值僅為 0.672，原因為聯華電子與中芯國際之效率值下跌所導致。

### 4.3.2 純粹技術效率

這裡我們將兩投入項目（固定資產及研發投入）及產出項目（銷貨收入），運用 DEAP 2.1 套裝軟體進行以投入為導向，變動規模報酬之 BCC 模型分別對 2007 年至 2011 年 5 家個別決策單位進行純粹技術效率值的計算，其結果以表 4.7 表示：

表 4.7 2007 年至 2011 年晶圓代工業之純粹技術效率值

| 公司名稱                                  | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.647  | 0.667  | 0.929  | 0.897  | 0.856  |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.779  | 0.765  | 1.000  | 0.543  | 0.427  |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 0.882  | 1.000  |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  |
| 各年組別平均值                               | 0.885  | 0.886  | 0.986  | 0.864  | 0.857  |

由表 4.7 之實證結果分析，顯示本研究所選取之晶圓代工廠其純粹技術效率由最小為 0.427 到最大為 1.000，其 2002 年至 2007 年間，每一年的平均純粹技術效率值分別為 0.885、0.886、0.986、0.864 及 0.857。

另外有 VRS-DEA 所產生之純粹技術效率值可以發現，台積電在研究期間其效率值皆呈現 1.000，表示台積電其純粹技術效率值可為其他廠商之標竿；另外一方面，雖然聯華電子之純粹技術效率值並無法像台積電之高，但在研究期間也一直呈現出上升的趨勢；中芯國際在 2010 年以及 2011 年之純粹技術效率值皆大幅下降，相較於其他廠商，中芯國際在近兩年的整體技術效率值是表現最不好的；而 Tower Jazz 除了 2010 年其純粹技術效率值稍微下降以外，其整體表現仍然接近台積電之水準。整體而言，各公司 2007 年至 2011 年其純粹技術效率平均值除了在 2009 年上升至 0.986 之外，其他年之表現之水準皆維持一致。

#### 4.3.3 規模效率

由表 4.6 與 4.7 又可進一步得到晶圓代工業之規模效率值，其結果以表 4.8 表示：

表 4.8 2007 年至 2011 年晶圓代工業之規模效率值

| 公司名稱                                  | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 0.712  | 0.575  |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.991  | 0.992  | 0.935  | 0.635  | 0.574  |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.743  | 0.777  | 1.000  | 0.675  | 0.685  |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 0.954  | 1.000  | 0.850  | 0.997  | 1.000  |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  | 1.000  |
| 各年組別平均值                               | 0.938  | 0.954  | 0.957  | 0.804  | 0.767  |

由表 4.8 之實證結果分析，顯示本研究所選取之晶圓代工廠其規模效率值由最小為 0.574 到最大為 1.000，其 2002 年至 2007 年間，每一年的平均規模效率值分別為 0.938、0.954、0.957、0.804 及 0.767。

在產出導向下經由 CRS-DEA 與 VRS-DEA 所得出之 OTE 與 PTE 相除可求得規模效率，由所得出之值可發現，台積電其規模效率值呈現逐年下降的情形，而聯電之規模效率其走向與台積電相同，但台積電之規模效率值整體而言仍高於聯電；中芯國際之規模效率則在 2007 年至 2009 年呈現上升，但 2009 年至 2011 年卻是下降的趨勢；Tower Jazz 在研究期間其規模效率值則是上下波動，但平均而言依然高於聯電與中芯國際。整體而言，各公司 2007 年至 2009 年其規模效率平均值是上升的，但因為受到台積電、聯電與中芯國際的影響，2009 年至 2011 年其規模效率平均值則是產生下降的現象。

另外由規模報酬觀點來看，台積電在 2007 年至 2009 年期間皆維持固定規模報酬階段，但 2010 年與 2011 年卻開始呈現規模報酬遞減的現象，表示台積電目前規模過大，使得某些資源並未有效率使用，未來應注意是否有閒置產能並未充分運用；聯電與台積電在 2011 年時皆處於規模報酬遞減階段，但在 2009 年與 2007 年時卻呈現規模報酬遞增，故除了改善目前可能有資源未被有效利用外，也應找出其平衡點以利未來生產階段能停留在固定規模報酬階段；中芯國際在過去五年間有四年是處於規模報酬遞減階段，唯 2009 年短暫呈現固定規模報酬，故中芯國際應考慮是否有規模明顯過大的現象，造成有閒置的物力或人力，故應減少廠房的規模或縮小人力投入較為有利；而 Tower Jazz 在 2007 年、2009 年以及 2010 年皆為規模報酬遞增階段，顯示未來尚有成長空間，建議未來可適度增加營運規模，以達到最適規模階段；而世界先進在研究期間皆為固定規模報酬階段，應繼續保持其營運策略，才能穩定成長。

#### 4.3.4 總要素生產力變動

由同樣資料，同樣的模型假設，但是卻是用 Malmquist-DEA 所跑的結果，以表 4.9 表示，其中由於各年度之結果皆以上一年資料為基期所運算，故無 2007 年之總要素生產力值：

表 4.9 2008 年至 2011 年之產出導向生產力變動

| 年度與公司名稱                               | effch | techch | pech  | sech  | tfpch |
|---------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| <b>2008</b>                           |       |        |       |       |       |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000 | 1.052  | 1.000 | 1.000 | 1.052 |
| 聯華電子股份有限公司                            | 1.031 | 1.046  | 1.030 | 1.001 | 1.079 |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 1.026 | 0.808  | 0.982 | 1.046 | 0.829 |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 1.048 | 0.827  | 1.000 | 1.048 | 0.867 |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 0.884  | 1.000 | 1.000 | 0.884 |
| <b>2009</b>                           |       |        |       |       |       |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 1.000 | 0.828  | 1.000 | 1.000 | 0.828 |
| 聯華電子股份有限公司                            | 1.313 | 0.821  | 1.393 | 0.943 | 1.078 |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 1.683 | 0.737  | 1.308 | 1.287 | 1.241 |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 0.850 | 0.697  | 1.000 | 0.850 | 0.593 |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 0.812  | 1.000 | 1.000 | 0.812 |
| <b>2010</b>                           |       |        |       |       |       |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 0.712 | 1.398  | 1.000 | 0.712 | 0.996 |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.656 | 1.504  | 0.966 | 0.680 | 0.987 |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.366 | 1.550  | 0.543 | 0.675 | 0.568 |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 1.034 | 1.617  | 0.882 | 1.172 | 1.671 |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.449  | 1.000 | 1.000 | 1.449 |
| <b>2011</b>                           |       |        |       |       |       |
| 台灣積體電路製造股份有限公司                        | 0.807 | 1.040  | 1.000 | 0.807 | 0.840 |
| 聯華電子股份有限公司                            | 0.863 | 1.010  | 0.955 | 0.904 | 0.871 |
| 中芯國際集成電路製造有限公司                        | 0.799 | 0.992  | 0.787 | 1.015 | 0.792 |
| Tower Semiconductor Ltd. (Tower Jazz) | 1.138 | 1.003  | 1.134 | 1.003 | 1.141 |
| 世界先進積體電路股份有限公司                        | 1.000 | 1.006  | 1.000 | 1.000 | 1.006 |
| 總平均值                                  | 0.944 | 1.052  | 0.989 | 0.948 | 0.951 |

其中 effch 為效率變動、techch 為技術變動、pech 為純粹效率變動、sech 為規模效率變動、tfpch 為總要素生產力變動，由上表可得知，台積電的生產力在 2008 年是上升的，但自 2009 年之後便是每年皆有下降的現象，由於生產力變動

是由效率變動以及技術變動組成，由台積電之資料結果可看出，其生產力變動大部份是來自技術變動所致，其中 2010 年台積電之技術變動大幅上升至 1.398，佔生產力變動成份最高，另外台積電之規模效率則是有下降的趨勢，相較於純粹技術效率穩定不變的現象，台積電應注意是否有規模過大而導致生產效率下降的現象；而聯電在 2009 年之前其生產力逐年提升，但自 2009 年之後卻有下降的表現，其生產力逐年變化原因不一，在 2008 年時其生產力變化平均來自於效率變動與技術變動，但 2009 年時生產力上升的主要原因是來自效率變動，而 2010 年時生產力雖稍稍下降，但技術變動卻有 1.504 的水準，顯示聯電之生產策略在 2009 年與 2010 年有顯著不一樣的改變，另外資料也顯示聯電之純粹技術效率在研究期間皆較規模效率為高；中芯國際雖然在研究期間其生產力常有下降之現象，但在 2009 年卻突然上升，研究其上升原因主要來自效率變動，並非技術變動所致，由研究方法可知效率變動由純粹技術效率與規模效率組成，而中芯國際在此兩效率上皆有平均水準以上的表現；Tower Jazz 自 2010 年以來生產力每年皆上升，其中 2010 年生產力上升原因主要是來自於技術變動，而 2011 年則是來自於效率變動；世界先進與 Tower Jazz 在生產力的表現上一致，皆自 2010 年後呈現上升的現象，尤其 2010 年主要上升原因來自技術變動。世界先進的技術效率在 2008 年與 2009 年是下降的，原因可能是受到金融海嘯的影響，而 2010 年後受到景氣復甦的帶動，使得其技術效率上升。整體而言，由平均值來看，五家晶圓代工廠商之生產力變動原來主要為技術變動，而效率變動中其純粹技術效率變動較規模效率變動為高。

## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

本文以國內外總共5家晶圓代工公司為研究對象，並利用Banker et al. (1984)的BCC模型來評估2007至2011年總共五年之晶圓代工公司之經營效率。其中，各年度的名目變數均以各年度之GDP平減指數與平均匯率轉換成以2007 年為基期的實質美元變數，以去除物價變動與計價單位不同所可能造成的影響。本文以二投入項：固定資產、研發投入；一產出項：銷貨收入，以變動規模報酬下之產出導向資料包絡分析法模型來進行各人壽保險公司之經營效率分析。之後，再用麥氏生產力指標進行縱橫面資料的運算，求得各年度之總要素生產力值，藉此以觀察各年間生產力變化之情形。實證結果如下：

在 BCC-DEA 模型下，此五家晶圓代工廠商之整體技術效率值呈現上下波動的狀況，估計為全球晶圓代工產業景氣先後受金融海嘯與歐債問題惡化等因素影響，產業景氣呈現上下起伏之態勢，加上全球主要晶片供應商又進行庫存調節策略等，使得整體效率值無一致之走向。

而各家廠商之規模效率值有穩定成長的趨勢，從技術投資與市場競爭力的觀點來看，半導體業者從 12 吋廠拓展至 18 吋廠，以提升產能規模，已是不可避免的發展趨勢。然而，隨著建廠成本逐漸攀升，18 吋廠的建置正面臨嚴峻考驗，因此未來全球半導體業者在 18 吋晶圓廠的布局結果，將進一步影響半導體市場版圖。

另外由純粹技術效率的觀點來看，台積電則有較佳的表現，原因主要是目前先進製程之晶圓幾乎是以委外代工的方式進行，而目前晶圓代工龍頭台積電為了維持其高階晶圓技術之領先地位，投入了較同行業者較多之研發投入費用(占營收約為 8%)，故此現象能解釋為何台積電在歷年之純粹技術效率值上皆能維持較高數值之原因。

## 5.2 研究限制與建議

在觀察值部份，由於部分國外晶圓代工廠商並非上市上櫃之公司，所以並未公開其財務資訊，導致本研究觀察值較少之現象。待未來這些公司公開上市之後，能加入其公司資料在本研究中，使本研究更為全面。

而在變數選取方面，之前相關晶圓代工產業之經營績效研究，在投入項選取方面，常常採用員工人數做為衡量公司營業所付出之成本的投入項，而因為廠商家數限制而不得不減少投入及產出項以使得效率值具有比較性。若未來研究能蒐集到更多廠商之資料，可考慮納入更多投入或產出項，如此一來，便可在不降低鑑別力的情況下增加研究可探討的變數範圍。

本研究未選用環境變數來消除環境因素對效率值造成影響。但受限於廠商家數的影響，若再加入環境變數可能使得結果不顯著，因此便放棄了許多可能影響效率值的變數，例如：各公司之分支機構數目、景氣狀況等。期望未來資料更為完備時，後續研究能納入更多變數，並求得更貼近真實客觀的各公司效率值。

## 參考文獻

- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 30, Issue 9, 1078-1092.
- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operations Research*, 26, Issue 2, 429-222.,
- Chen, Y. S. and Chen, B. Y. (2011), "Applying DEA, MPI, and Grey Model to Explore the Operation Performance of the Taiwanese Wafer Fabrication Industry," *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 78, Issue 3, March 2011, 536–546.
- Chung, S. H., Lee, H. I., Kang, H. Y. and Lai, C. W. (2008), "A DEA Window Analysis on the Product Family Mix Selection for a Semiconductor Fabricator," *Expert Systems with Applications*, Volume 35, Issues 1–2, 379–388.
- Coelli, T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. and Battese, G. E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., New York: Springer.
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang (1994), "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Changes in Industrialised Countries," *American Economic Review*, 84, Issue 1, 66-83.
- Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society, Part A*, 120, Issue 3, 499-513.
- Hsiao, B., Chern, C. C. and Yu, M. M. (2012), "Measuring the Relative Efficiency of IC Design Firms Using the Directional Distance Function and a Meta-Frontier Approach," *Decision Support Systems*, Volume 53, Issue 4, Pages 881–891.
- Liu, F. H., Wang P. H. (2008), "DEA Malmquist Productivity Measure: Taiwanese Semiconductor Companies," *Production Economics*, Volume 112, Issue 1, 367 – 379.
- Wu, S. Y., Hung, S. C. and Lin, B. W. (2006), "Agile Strategy Adaptation in Semiconductor Wafer Foundries: An example from Taiwan," *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 73, Issue 4, 436–451.