

第六章 晶圓代工產業的斷裂性創新描述分析

本章將依據第二章第三節研究設計所發展出來斷裂性創新的描述理論架構，分析檢視在晶圓代工產業中產生斷裂性創新所需的八構面中相關問題，通過這些問題的測試後才能宣稱晶圓專業製造代工產業是具有斷裂性創新的特性。

一、市場技術特性的測試

有關新市場斷裂性創新的測試必須回答以下的問題：

- 在晶圓代工市場中，是否存在技術改善速度超越顧客吸收速度，而有技術過度供給現象

晶圓代工產業是半導體產業的一環，在半導體產業中技術的進步指標是製程技術，而顧客能享用半導體應用產品的好處是來自半導體 IC 產品的設計，因而 IC 產品設計能力是代表顧客可以吸收的速度。

在半導體產業中技術的進步幅度主要是遵循半導體先驅墨爾（Gorden Moore）在 1965 年所提出的墨爾定律（Moore's law），即「每隔 18 個月，製造技術的進步能夠提供兩倍的電晶體供設計師運用」。但 IC 設計的產出速度趕不上製造技術進步的速度，到目前為止除了少數產品如 Intel 的 CPU、DRAM 和 Graphic Chip 外，絕大多數的產品並未能充分利用到製造技術的進步，而是存在製程與設計技術間的「設計落差」，數據顯示製造技術以每年 58% 速度進步，但 IC 設計技術的進步每年只有 21%（Christensen, Anthony and Roth, 2004: p164; 半導體工業年鑑，1999：頁玖-29；王碩仁等，2000）。

由以上分析明顯發現，半導體產業中存在不同的應用產品市場，某些應用產品進步幅度可以與技術進步幅度相當，某些應用產品進步幅度則落後技術進步的幅度，長期而言，在半導體產業存在技術過度供給的現象。尤其到了 2004 年，堅持訴求「墨爾定律」廠商所推出的產品，對於要求較不高的顧客群是好過頭，此現象意涵新進者可以靠便利性和量身訂製作為競爭基礎（Christensen,

Anthony and Roth,2004)

二、新市場斷裂性創新的測試

有關新市場斷裂性創新的測試必須回答以下的問題：

- 過去是否有許多人因沒錢、設備或相關技能來做這件事？
- 顧客使用此項產品或服務是否須到不便或特殊地點？
- 是否有廠商推出更簡單、更便利、更便宜的斷裂性產品或服務給原本未消費的顧客，創造出新市場？

1987 年台積電成立之前，晶圓代工的業務是由 IDM 廠商提撥部分產能兼做晶圓代工服務，如 IBM、Hynix、Sanyo 等，主要的客戶群是 IC 設計公司，通常這些設計公司的資本額都很小，不足以自建一個半導體晶圓廠，業務重點是 IC 設計，IC 製造則外包委託給 IDM 廠商，由於 IC 設計與 IC 製造都是 IDM 廠商的業務，IDM 廠商會因產品類似，而成為 IC 設計公司的競爭對手（巫木誠，2001；黃乃文，2003）。

IDM 廠商的營收及資本額通常是 IC 設計公司的十百倍以上，因而居於相對主導優勢，由於 IDM 提供代工服務是兼差性質，對 IDM 大廠而言，是給某些特定 IC 公司優惠，無論製程或產品的溝通、交期的保證、價格等都無章法，IC 設計公司作為顧客卻無法享受應有待遇（黃乃文，2003），且 IDM 大廠自己也設計 IC，在製造資源的分配上會優先考慮自己產品，特別是在景氣好時，IDM 廠商製造產能常會滿載，此時 IC 設計公司很難向 IDM 廠商購得產能，即使可以購買得到，價格也會很高，而 IDM 廠商也可得知 IC 設計公司的技術資料與產品定位，此對 IC 設計公司而言是另外一種潛在競爭風險（巫木誠，2001），顯然在 1987 年時以 IDM 兼差性質的晶圓代工服務，對 IC 設計公司存在不便利的特性，包含產品技術溝通不易、交期不保證、產能供應不穩定、技術機密洩漏風險等的不便利。

本研究對台灣 IC 設計公司領導廠商吳總經理訪談（訪談五），對此問題有生動的描述：

「在台積電出來以前要做半導體絕對是要 IDM，這些 fabless 只能仰 IDM 的鼻息，

IDM 把一小部份的產能拿出來，我空的時候你來填，所以 fabless 是有一餐沒一餐，那時候沒有所謂的 foundry，那時大部分是日本公司提供一些產能出來養一養 fabless，但是半導體投資越來越大，對 IDM 公司越來越是一個負擔，負擔有兩種：產品設計對不對及製造好不好，是承擔雙重的風險；在此情形下建一個廠的風險越來越大，從以前是幾百萬到幾千萬到現在的至少十億美金。、、、Fabless 要長遠經營必須要有一個固定 supplier，技術本身今天去 NEC、明天去另外一家，產品根本做不出來。、、、必須要有一個長期 countable partner，因為所有設計的產品都要經過驗證，在台積電可以做好，不見得在聯電可以做好，是必須要重新驗證，很麻煩。」

另外，當時典型的六吋晶圓廠建廠經費約 2-3 億美元，對一般資本額都很小的 IC 設計公司而言是巨大的投資，在資源有限下 IC 設計公司無法籌建自有的晶圓廠，此現象符合斷裂性創新所謂「有許多人因沒錢、設備或相關技能來做這件事」的條件。

台積電在這樣的產業背景下，首創晶圓代工專業製造事業模式，主要目標客戶鎖定在無自有晶圓廠的 IC 設計公司，由於 IC 設計公司在尋求代工產能上長期處於劣勢，台積電以晶圓專製切入市場，在爭取 IC 設計公司的訂單上會比 IDM 廠商更具優勢（巫木誠，2001），加上台積電並未有自己的產品，不會與 IC 設計公司的產品衝突，並且提供穩定的產能給 IC 設計公司及保證 60 天的代工服務交期，而在價格上亦提供一個長期相對穩定而有競爭力的收費方式（吳總經理訪談，2005）。也由於此事業模式獲得 IC 設計公司的認同，不僅台積電本身業績快速成長，全球新的 IC 設計公司也紛紛加速成立（Fuller, Akinwande and Sodini, 2003；巫木誠，2001）。台積電雖不是創造出全新市場，但無用置疑的是使剛顯現的 IC 設計市場快速發展的最大推力。

在 1987 年台積電的晶圓專製事業模式，對當時晶圓代工產業顯然符合斷裂性創新中「有廠商推出更簡單、更便利、更便宜的斷裂性產品或服務給原本未消費的顧客，創造出新市場」的條件。

三、低階市場斷裂性創新的測試

有關低階市場斷裂性創新的測試必須回答以下的問題：

- 低階市場的顧客是否願意以更低價購買性能較少但夠好的產品？
- 新進廠商能否發展出有別於既有廠商的能獲利力的營業事業模

式？

台積電在 1987 年成立時是以 6 吋晶圓 2 微米製程技術進入市場，技術落後當時世界最先進 1 微米製程約 5 年(半導體工業年鑑，1991)，但隨即在 1988 年推出 1.5 微米製程技術及在 1989 年推出 1.2 微米製程技術，落後全球最先進技術縮短為三年，到了 1992 年推 0.8 微米製程技術到 1995 年推出 0.45 微米製程技術，再把落後年數縮短為兩年。在此階段製程技術服務的範圍如表 6-1 所示。

表 6-1：1988-1995 台積電製程技術範疇

年度	1988	1992	1995
先進製程	1.5 微米 COMS 邏輯製程 2.0 微米 NOMS 邏輯製程	0.8 微米 COMS 邏輯製程 0.8 微米類比/數位訊號製程 0.8 微米 SRAM 記憶體製程 1.0 微米 EPROM 製程 1.5 微米 BiCMOS 製程 0.8 微米 AISC 製程	0.45 微米 COMS 邏輯製程 0.5 微米類比/數位訊號製程 0.5 微米 SRAM 記憶體製程 0.5 微米 EPROM 製程 0.8 微米 BiCMOS 製程 0.5 微米 AISC 製程

資料來源：台積電年報，1988;1992;1995

相對於 IDM 廠商如 Intel 的先進製程，台積電落後 2-3 年，但這是用在 CPU 微處理器或記憶體上，應用在 IC 設計公司以 ASIC 邏輯產品為主的製程技術是沒有差異那麼多，加上台積電所提供產能穩定供應、交期保證、可預測價格、沒有洩漏產品技術機密風險等的好處，使得許多 IC 設計廠商紛紛把產品製造交給台積電，某些 IDM 廠商也會在產能不足時把低階的產品交給台積電代工。IC 設計公司吳總經理在訪談中對此情況的描述如下（訪談五）：

「雖然台積電技術不是最先進，但對大部分的 fabless 而言差不多，台積電是飛利浦與工研院合作衍生的技術，飛利浦在半導體技術沒有很強，飛利浦會把一些產品在台積電做，有一些 IDM 公司產能不夠時也會來，如 National，最強的如 Intel 大概不會來，在 CPU 與 memory 的技術可能相差 3 年較多，但是真正做到 ASIC 時沒有差那麼多，邏輯產品製程技術 AVAILABLE 頂多落後一個或半個世代。、、、台積電提供 adequate 技術，價錢是 predictable，還算合理，但不是最低，與如 NEC 比較當然是比較便宜。、、、他的 quality reliability 非常好，大部分 IDM 只 handle 幾樣產品，他 handle 那麼多客戶、那麼多產品，沒有亂掉，提供蠻高的良率，管理上有一套，與競爭者比較在他那邊不容易有差錯。、、、台積電成本是固定要一個 margin，這個價格模式很有競爭力，逼著半導體廠商會以他為標準來跟他競爭。」

由以上的分析，顯然在當時無論是低階市場的客戶或是新市場的客戶，都

願意以較低價格取得不是最先進製程但是品質穩定、供應穩定及交期保證的晶圓專業代工服務。

台積電所發展的「晶圓專業製造代工事業模式」，是全球第一家無自有產品、品牌的晶圓專業代工廠商，其獲利有別於 IDM 廠商以整合設計、製造 IC 產品的獲利模式，而是收取代工服務費用為主的獲利模式。在 1988 到 1995 期間台積電的營收與獲利績效如表 6-2 所示，由表中數據顯示此事業模式的獲利能力非常優越。

表 6-2：1987-1995 台積電營收與獲利績效

年度	87	88	89	90	91	92	93	94	95
營收（百萬新台幣）	128	929	1,860	2,202	4,480	6,511	12,334	19,336	28,766
成長率（%）	-	726	200	18	203	45	89	57	49
毛利率（%）	-75.03	36.61	49.20	18.02	56.01	30.42	45.33	54.29	55.83
營業利益率（%）	-97.81	16.15	22.86	-7.89	11.50	19.09	35.83	44.54	48.31

資料來源：台積電年報 1988-1996

由以上分析可得：顯然在當時戶，願意以較低價格取得不是最先進製程但是品質穩定、供應穩定及交期保證的晶圓專業代工服務；而台積電的晶圓專業製造代工服務的事業模式，不僅異於既有廠商傳統的獲利模式，也是一個高獲利模式。

四、類型與成長的測試

有關斷裂性創新類型的確定與市場成長訊號的測試，需回答下列問題：

- 是新市場、低階市場或是混合型斷裂性創新
- 是否有高成長且持續提高成長的市場

台積電在 1987 年創立時即要成為全球設計公司的策略夥伴，然剛進入市場時是先瞄準 IDM 所釋出的低階代工市場，即以 VLSI 晶圓委託製造為主的策略，定位自己是「高品質、低成本的專業晶圓代工廠」，使命是「秉持服務優良與技術領先的理念，提供 VLSI 產品高品質的製作服務」（台積電年報，1989:p6），此時台積電是以低成本製造模式攻擊進入主流市場的低階顧客，同時台積電也持續提供相關製造服務給 IC 設計公司。

到 1991 年時正式提供 ASIC 服務，並依客戶的需求逐漸提供相關的服務，如晶圓偵測服務與光罩製作服務。台積電的宗旨是「成為全球半導體設計公司的夥伴而非競爭者，同時提供台灣地區最新進的製程技術，為客戶提供完善及短週期的晶圓製造服務」(台積電年報，1991:p8; 1992:p6;1993:p8)，此時台積電即正式瞄準新市場上的顧客。台積電在 1987-1995 年的業務範圍如表 6-3 所示。綜合以上分析，台積電所推動的創新是一個偏向混合型的斷裂性創新。

表 6-3：1987-1993 台積電業務範圍

時期	業務範圍
1987-1990	<ul style="list-style-type: none"> • 超大積體電路 (VLSI) 晶圓之委託製造服務 • 積體電路產品測試相關服務項目 • 配合客戶樣品驗證之多角束包裝
1991-1993	<ul style="list-style-type: none"> • 特殊應用功能積體電路 (ASIC) 輔助設計服務 • 超大積體電路晶圓之委託製造服務 • 晶圓偵測、包裝及測試服務
1994-1995	<ul style="list-style-type: none"> • 超大積體電路晶圓製造服務 • 晶圓偵測服務 • 包裝及測試服務 • 光罩製作服務 • 特殊應用功能積體電路設計與製造服務

資料來源：台積電年報，1988-1996

台積電在 1987 年設立晶圓專業製造代工模式後，即促進 IC 設計產業的高速度發展。在 1990 年時只有 7 家公開上市 IC 設計公司，市價總值 16 億美金，到了 2001 年超過 65 家 IC 設計公司，市價總值超過 2,000 億美金 (Shelton,2001)。而晶圓代工產業也開始成長，在 1988 年晶圓代工佔不到半導體產業 1% 的比例，到 2004 年時已經超過 20%，詳細的數據如表 4-2.4 所示。在過去 10 多年來晶圓代工產業每年的成長率約在 31%，遠超過半導體每年平均成長率 17% (Rumelt,2003)。

表 6-4 晶圓代工佔半導體市場的佔有率

年度	86	88	90	92	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04
MS (%)	0.7	0.9	1.4	2.9	-	5.5	7.1	9.9	9.8	12	14	15	16	18	20
成長率	52	29	29	72	-	-	46	55	0	41	40	-6	31	28	30

資料來源：Dhayagude et al,2001; Semico Research, 2005

若是以晶圓代工產業對半導體市場產值的貢獻率計算，所得貢獻率如表 6-5，由表中數據顯示到 2003 年時晶圓代工對半導體產值貢獻率以超過 15%，顯示晶圓代工產業的重要性日益增加。而晶圓專製佔晶圓代工市場亦有逐漸上升趨勢。

表 6-5：晶圓代工市場對半導體產值貢獻變化

	95	96	97	98	99	00	01	02	03
對半導體市場的貢獻率	8%	8.4%	10.6%	10.7%	11.5%	12.8%	13.9%	14.9%	15.7%
晶圓專製佔晶圓代工市場比率	-	41.2%	43.3%	63.5%	73%	79%	77%	78%	79%-

資料來源：Dataquest，1999/2002；IC Insight，2001

由以上分析可得：台積電所推動的創新是一個偏向混合型的斷裂性創新，且創造出一個高成長的新市場。

五、不對稱動機的測試

有關斷裂性創新不對稱動機的測試，需回答以下的問題：

- 斷裂性創新不是搶既有廠商的大顧客，且市場規模小，既有領導廠商常輕忽或逃避此新進廠商的攻擊？

新進廠商的斷裂性創新是利用動機上的不對稱進入市場，不對稱動機所以能掩護新進廠商免於遭到既有廠商的競爭，是因既有廠商的輕忽，即產業既有廠商往往輕視破壞性公司挑戰高階市場的能力，西方聯合當初稱貝爾的電話發明為「玩具」，AT&T 認為 MCI 是它雷達銀幕上不起眼的光點 (Christensen and Raynor,2003; Christensen, Anthony and Roth,2004)。

台積電創立前尋求國際大廠投資時，張忠謀運用其人脈寫了十幾封信給美國半導體公司，很多信都無疾而終，只有英特爾與德州儀器願意讓他去做簡報，但對台積電專業代工事業模式沒有人認為可行 (楊艾俐，1998;p89)，先進的整合元件廠瞧不起晶圓專製廠，因為不相信晶圓專製廠商有能力精通複雜的半導體製程 (Christensen, Anthony and Roth,2004;p163)，過去從事整合元件製造的 IDM 廠商，不相信專業晶圓代工的事業模式可能成功 (楊艾俐，1998；巫木誠，2001)，但到了 2004 年，連最頂尖的 IDM 廠至少都把部分廠能外包

給晶圓專製廠商 (Christensen, Anthony and Roth, 2004)。

六、新組織能耐的測試

有關斷裂性創新的新組織能耐測試，需回答以下的問題：

- 推動斷裂性創新的廠商發展出何種異於既有廠商的新組織能耐？

進入新興的專業晶圓代工市場，其業務型態與傳統 IDM 廠商有很大的差異，主要的差別在傳統 IDM 半導體廠商所要的是製程與機台能相稱的 (match) 技術能耐，而晶圓代工是需要多種製程與多種機台能混合及相稱的 (mix and match) 技術能耐，在 Varian 張總經理的訪談中有非常生動的描述 (訪談一)：

「晶圓代工的能耐與 IDM 有很大的不同，在 1990 年代時，喊出代工看似簡單，但事實上是很大的挑戰，主要是代工是需要『mix and match』的能耐，傳統的 IDM 其產品設計、製程、機台間變化的複雜度是相對簡單，因為產品是 IDM 所設計，製程是 IDM 所發展，機台是設備供應商專為 IDM 廠商所設計製造，因而在之間的整合上相當一致，當時 IDM 大廠間的技術與機台彼此間並不相容，如 Intel 的技術與所用的機台，不會用到 IBM、飛利浦或 Motorola。

但晶圓代工就不同，要製造的產品可能是來自 Intel、IBM、飛利浦，依產品來源所用的製程技術、機台不同，台積電的工程師就必須要有能力依產品所需要的製程技術與所用的機台，調整機台的參數，使製造的良率與品質符合需求，建立此種工程調整能力這是非常大的挑戰。」

另外有關工程調整能力的內涵、關鍵性及與製程良率的關係，張總經理的描述如下 (訪談二)：

「調整工程參數的能力包括對製程技術的掌握能力、對機台結構與特性的掌握能力、製程與機台間互動作用關係的瞭解，不同的製程技術有不同的製造規則，而機台買進來時所附有的工程參數是機台設計時模擬的結果，並不是最佳的設定，當機台生產不同製程技術的產品時，需要依製程控制上的實際經驗調整機台工程參數，得到符合品質與良率的最適工程參數，並建立數學模型來瞭解預測機台特性，每一批的產品都需要經過此程序。而代工最大的挑戰即是製造的產品量少樣多，如何在最短的時間內調整調整工程參數，此即關鍵的的能力，有此能力才能支持晶圓代工『mix and match』業務型態的需求，因此『mix and match』型態對製程的良率是最大傷害。」

其彼此間的關係可以由圖 6-1 來表示。「mix and match」的業務型態是在同

一生產線上可以同時生產幾十種以上的產品，此種彈性製造的能力其關鍵之一就是每一個製程工具/機台（processing tool）的工程參數調整能力，來自不同製程技術規則的產品，都能在台積電的機台上迅速調整參數使有高良率產出，才能有低成本的代工服務，這也是台積電競爭優勢的來源。

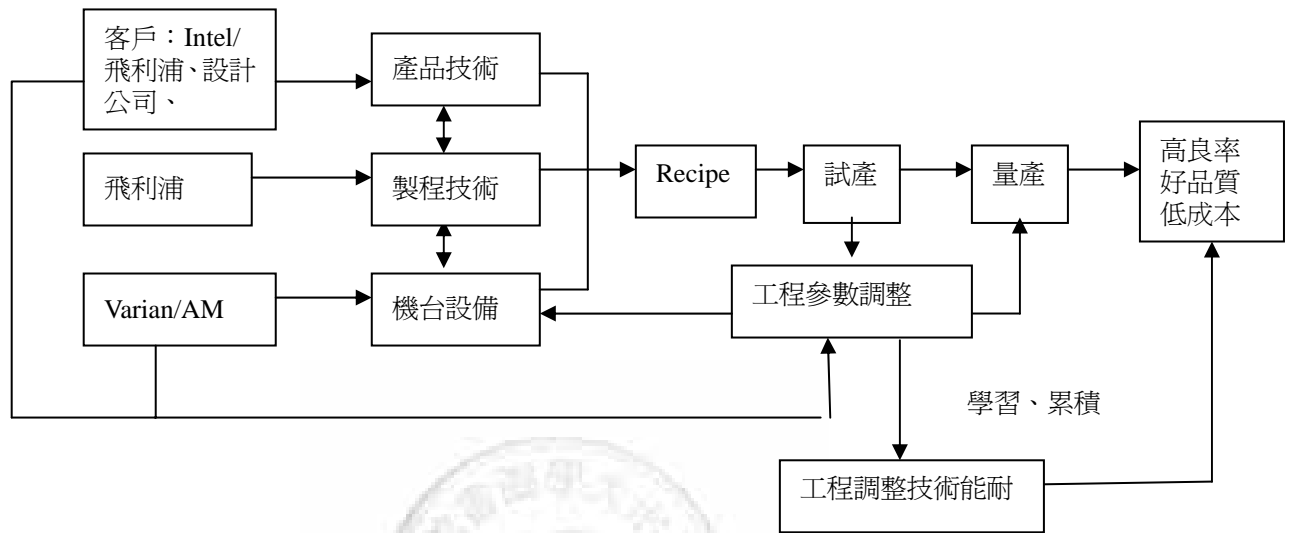


圖 6-1：台積電 mix and match 的技術能耐

台積電如何在此階段學習累積此種關鍵的技術能耐？台積電是先透過 IDM 代工來學習建立此工程調整能力，並透過建造二廠擴大產能與大量接受新客戶訂單，不斷地提升工程調整能力，以建立找出工程參數設定最佳化的能耐。

七、持續破壞作用的測試

有關斷裂性創新持續破壞作用的測試，需回答以下的問題：

- 斷裂性產品在新市場或低階市場立足後，會逐漸攻擊破壞高階市場，破壞產業中重要的既有廠商？

斷裂性創新是對現有產業的一種破壞力量，此破壞力量不是一個事件而是持續作用的過程，此創新能夠能夠破壞產業中重要的市場既有廠商(Christensen and Raynor,2003)，而明顯的跡象是創造出一個持續高成長的新市場，並逐漸進攻進入破換高階市場(Christensen, Anthony and Roth,2004)。在晶圓專業代工市場上，因為台積電的創立，在 1987 年到 2004 年間，台積電平均每年的成長率

超過 50%，到 2004 年營收超 80 億美金，是全球成長最快的半導體製造廠商。而晶圓代工市場平均每年的成長率高達 31%，遠大於半導體產業 17% 的成長率（Rumelt,2003）。

台積電創立的晶圓專業製造代工模式，從最初接受並轉移 IDM 廠商較低技術的生產服務開始，逐漸提升到有能力配合設計公司的彈性製造，甚至主動開發下一代先進製程技術。2001 年推出 0.13 微米製程技術，先進技術進入世界領先地位（Fuller, Akinwande and Sodini,2003），在市場上則不斷地創新及積極吸引顧客，除了首創晶圓專製事業模式外，也推出許多後續的創新，如交期保證、虛擬晶圓廠、智財權收費機制、光罩共乘、委外客戶滿意度調查、eFoundry 等。在 1988 年時僅有國內外顧客 26 家，到了 1992 年則為 87 家顧客生產 408 種產品，到了 2003 年則為超過 200 家顧客生產約 3000 種產品，並以最先進 0.13 微米製程為顧客設計服務超過 400 種新產品（台積電年報，1988，1992，2003）。

台積電持續不斷的進行製程技術開發及技術累積，持續不斷的擴充產能及建立規模優勢，不斷的強化製程及生產彈性的靈活配置，以嚴格要求具有高品質、準確交期及優良服務，不斷的提出對顧客有利的各項創新服務，台積電不僅在能滿足主要顧客 IC 設計公司的需求，也逐漸迫使某些 IDM 廠商停止或縮小新建晶圓廠，而把訂單外包給晶圓專製代工廠商，令許多傳統 IDM 大廠面臨價值鍊重整與核心專長再造的困境（王碩仁等，2001）。

因而，許多 IDM 整合製造大廠紛紛調整策略，如 TI 則是專注定位在 DSP 產品，進行有限的投資並利用晶圓專製代工；IBM 則是與 Charter、Infinion 策略聯盟；Motorola 則撤出半導體事業的投資，大幅提升委外代工比率；National 則專注某些產品並利用晶圓專製代工；Analog Device 與 NEC 則都是有限的投資並大幅利用晶圓專製代工（Hodges and Leachman,2004；王碩仁等，2001）。

由以上分析可知，台積電的晶圓專業製造代工事業模式不僅在新市場立足，之後亦不斷的入侵 IDM 廠商所擁有的主流市場，在長期破壞力量的作用下，迫使某些既有的領導廠商退出市場。

八、產業競爭基礎的測試

有關斷裂性創新持續破壞作用的測試，需回答以下的問題：

- 經過長期的破壞作用後，產業是否產生競爭基礎的改變

在 1980 年代 IDM 整合製造廠商會成為半導體產業的贏家，主要是因產品設計複雜、研發規模大、尚未有主流的製程技術出現，設計技術與製程技術需高度溝通，因而只有 IDM 廠商可以整合技術間高度的不確定性，同時也享受有效分攤研發規模的益處，那時製造的規模經濟尚未是關鍵，IDM 廠商也充分利用了此優勢 (Dhayagude et al, 2001)。換言之，半導體產業在此階段產品處於不夠好的階段，是一個相互依賴的產品結構，而產業價值鏈在設計與製造活動間存在介面的溝通問題，因而只有透過 IDM 廠商組織內部的整合功能，才能夠提供符合市場上需求夠好的產品。

因而，整合功能所創造出的超額利潤一值是 IDM 廠商競爭優勢所在，也是產業競爭的基礎，但晶圓專製代工廠商的崛起，使產業的結構由整合元件「垂直整合」製造型態，解構成為原先 IDM 廠商及與無晶圓廠 IC 設計公司、晶圓專製代工廠及下游封裝測試廠商並存的「水平分工」體系，並更進一步解構成無晶圓 IC 設計公司、晶圓專製代工廠、IP 廠商提供專業設計代工服務的「網路結構」(王碩仁，2001；李志忠，2001)。競爭基礎也由整合產品性能推向以速度、量身訂製與便利性為主的新競爭基礎 (Christensen, Anthony and Roth, 2004)。