

# 台灣半導體製造業專利創新程度的評量

Measuring the patent radicalness of the semiconductor manufacturing industry in Taiwan

吳曉君  
朝陽科技大學企管系  
sc524@cyut.edu.tw

陳宏益  
朝陽科技大學資管系  
hychen39@cyut.edu.tw

## 摘要

技術的變動影響企業的研發計劃、甚至改變市場或產品的範疇，進而決定企業的經營策略。如何分析技術創新的過程與軌跡，並預測產業技術發展的趨勢，是專利管理的重要課題。

專利分析是觀察技術發展的可行途徑之一。本研究提出一個以專利相似性為基礎的分析方法來辨識產業中具突破創新型的專利，以協助研發計劃與經營策略的擬定。本研究首先以專利間的引用關係定義二種評估專利相似性的指標，再分別比較每一筆專利與同期、後期專利相似性的變化做為評估專利的創新度的基礎，最後發展出一個辨識具突破创新型特性專利的方法論。

再利用所提出之方法對台灣半導體製造業專利創新程度進行評量。分析台積電、聯電二家公司1995/1/1 ~2006/12/31期間，於美國專利局(USPTO)申請核准6276筆專利。研究結果顯示，這兩家公司在銅製程(專利號:6329234、6528428)，記憶體(專利號: 6046086、6093608、6187624)製程有重大創新。

The technology development impacts the market structure and product scopes, which forces company to revise its business plan. A correct forecast on the technology development helps company to correctly make its R&D plans. Hence, how to identify the evolving path of the technology development is one of the critical issues in the technology management.

Analyzing patent information is one of the ways to observe the evolving path of the technology development. In this paper, we propose a new method to identify innovated patents through years. By observing the development of these innovated patents, company can learn the technology evolving path and then assist the company to make its R&D plans. To identify an innovated patent, the method compares patents against patents issued at the same year and after. The deviation in the similarity between them can be employed to identify the innovated patent which is significantly different from others.

A case study on Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) and United Microelectronics Corporation (UMC) is provided to demonstrate the proposed method. Patents issued from January 1, 1995 to December 31, 2006 are queried from USPTO database with totally 6,276 patents. The results show that the two companies have achieved radical innovations in copper-interconnect technology (patent #6329234 and 6528428) and memory (patent #: 6046086、6093608、6187624)

關鍵字：突破創新 (radical innovation)、專利分析 (patent analysis)

## 一. 研究動機與目的

從總體經濟發展的巨觀角度來看，新科技的產生與經濟的循環習習相關。另外以企業經營或科技管理的微觀角度而言，技術的變動會影響企業的研發計劃、甚至改變市場或產品的範籌，進而決定企業的經營策略。因此，分析技術創新的過程與軌跡，並預測產業技術發展的趨勢，才可以在技術變動的當時，採取適當的因應之道。

Schumpeter(1934)提出突破型的技術創新是企業競爭優勢的主要來源，也是破壞市場獨佔結構的重要推力。因為技術能力是產品發展的基礎，透過產品特性的區隔才可滿足不同目標市場區求。歷史的經驗顯示，當經營者忽略革命性的技術創新，可能喪失原本的領先地位成為失敗者。例如，1947年，寶鹼公司推出第一個含磷的人造洗衣粉，寶鹼公司的勁敵未能辨識創新的產品技術，而失去了市場的領先地位。Information week在2006/9/19的報導指出，一家全球性的諮詢研究機構 Evaluateserve (EVS)分析 Google 的專利組合後發現：「Google可能以gPhone進軍手機市場，甚至有可能涉足電玩遊戲、電視、與行動電子商務等領域」。顯然，企業已從歷史的經驗記取教訓，積極的採取各種的管道與方法，以掌握產業技術發展的現況與改變。

「技術生命週期」(technological cycle)、「S 曲線」，是目前描繪及預測技術發展的重要理論及預測模式。「技術生命週期」法以單一技術績效指標的成長率大小，將技術的發展分成創新技術(new technology)、發展中的技術(pacing technology)、關鍵技術(key technology)、基礎技術(base technology)四個階段，協助管理者辨識技術生命週期的階段，並依各階段的特性，採用不同的管理策略。「S 曲線」的預測模型強調技術的極限與不連續，並在未來是過去延續的前題下，以過去技術功效的數據，預測未來技術的極限。並在技術極限到來之前，尋找下一代的技術，以突破過去技術的限制。

關於各種技術預測理論使用的技術績效指標，資料取得並不容易。況且許多的技術可能需要

多個績效指標才可衡量技術的變化，使用技術績效指標分析技術變化的趨勢可行性不高，於是研究者放棄原本不易取得或不易衡量的技術指標，而改用專利做為技術績效衡量指標。因為諸多研究指出，專利可以反應當下技術的發展現況。例如：Griliches 等(1991)、Ernst(1995)的研究顯示，專利活動的投入程度與隨後市場佔有率有顯著的關係。Ernst(1997)以累積專利申請做為CNC 工具機技術的績效指標，以S-曲線的模型預測CNC 技術的發展，有不錯的預測效果。

隨著專利分析研究的成熟，研究重心從著重專利數量的統計分析，發展到分析專利間引証關係及專利說明書文字內容的探勘。專利與先前技藝之間的關係，蘊藏豐富的技術與管理資訊。其原因有二：1)就專利制度的設計面，專利說明書中的先前技藝，記載技術知識累積的過程，並說明專利符合新穎性的審查標準(Reitzig, 2003)，一旦專利權人之間發生侵權糾紛時，先前技藝是評估專利範圍有效性的重要依據。由於專利宣告範圍是影響專利價值的重要因素之一，專利申請人及專利審查人員對於專利引用的態度都相當謹慎。2)就專利分析的研究成果發現，專利被引用的次數可用來評估專利的價值(Narin et al., 1987; Trajtenberg, 1990; Harhoff et al., 1999)、以專利引証資訊描述專利、發明人、所有權人在時間與空間的關聯性，有助於了解技術擴散的速度與方向(Hu & Jaffe, 2003)、另外，以專利引証資訊評估專利所有權人、或專利間的相似性，可定義產業專利分類系統(Lai & Wu, 2005)、企業核心能力評估(Wu & Chen, 2007)、公司技術定位的目的(Stuart & Podoly, 1996)。

就科技管理的工作而言，技術資訊擴散、企業核心技術能力的評估、產業技術定位的分析提供巨觀的產業技術資訊。除此之外，管理者也希望能及時的掌握可能改變市場平衡狀態的革命性技術。也就是在新技術發明後的一段時間內，能評估創新程度，及對產業可能造成的衝擊，及早擬出因應之道。因此，本研究的目的就是要利用專利分析的方法，評估專利的創新幅度，進而辨識革命性的專利，以提示研發者新的研發方向，或提醒管理者，

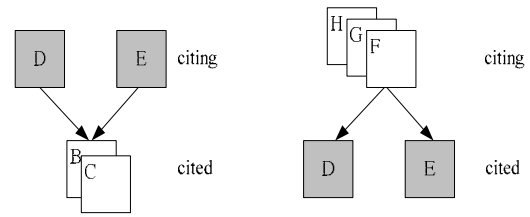
對於未來可能破壞目前市場平衡狀態的新技術，儘早擬定因應的策略。

## 二. 文獻探討

專利分析的過程需要處理的專利數量通常很龐大，因此需要量化的指標篩選重要性高、俱發展潛力的專利。Dahlin(2005)提出一套辨識突破型發明(radical innovation)的方法，應用於網球拍產業的專利分析。研究中定義三個判斷革命性創新專利的標準，1)發明符合新穎性；2)發明必須是唯一的；3)發明必須被採用。而這三個衡量標準是以專利與前期、同期、後期專利的相似性來評估。專利與前期的專利相似程度低，表示專利具新穎性。專利與同期的專利相似程度低，表示專利具唯一性。專利與後期的專利相似程度高，表示發明被採用。

專利相似性的評估是專利分析研究中重要的一環。評估專利相似性時可採用書目計量學評估文獻或期刊相似性的方法。主要有「書目對」(Kessler,1963)、「共被引」(Small,1973)二種不同評估方式。以專利相似性評估的角度說明「書目對」與「共被引」的差異。二筆專利視為一組「書目對」或一組「共被引」。「書目對」的相似強度以「書目對」同時引証的專利數來計算。「共被引」的強度以二筆專利同時被後來的專利引証的次數計算。

比較「書目對」與「共被引」的評估方式，前者以引証專利(citing)為主體，後者則是以被引証專利(cited)為主體。為能更清楚說明二種概念的差異，分別以「書目對」或「共被引」的定義，衡量圖一中D、E二筆專利的相似性。圖中的節點表示已核准的專利，D、E共同引証B、C二筆專利，「書目對」強度為2；D、E同時被H、G、F三筆專利引証，「共被引」強度為3。其關係如下圖所示。



圖一：「書目對」、「共被引」評估方法說明

「書目對」與「共被引」已被廣泛的應用於專利分析上。Stuart & Podoly(1996)以「書目對」衡量日本半導體公司間技術的相似性，進而評估各公司技術定位。黃慕萱等(2003)以「書目對」評估台灣高科技公司的相似性，將台灣高科技公司分為半導體、電腦週邊..等六大類。Lai&Wu(2005)以「共被引」評估半導體產業基礎專利的相似性，以發展產業的專利分類系統。Wu&Chen(2007)以「共被引」評估台積電核心專利的相似性，以辨識台積電的核心技術。

表一：書目計量學應用於專利分析的研究

方法 對象	共被引	書目對
專利	Lai&Wu(2005): 半導體製造業的專利分類系統 Wu&Chen(2007): 台積電技術核心能力的評估	Dahlin et.al(2005): 衡量網球拍專利的創新程度
公司	N/A	Stuart & Podoly (1996): 日本半導體公司技術定位分析 黃慕萱等(2003): 台灣高科技公司的分類

資料來源：本研究

當專利數龐大時且技術領域的範圍很廣時，無論使用「書目對」、「共被引」都將面臨一個共同的問題：「書目對」或「共被引」的相似度為0。例如，專利號5494848，5502009二筆專利，雖然被

很多的專利引用，也引用了不少的專利，但二筆專利在引用或被引用的關係上重疊度很低，使的「書目對」或「共被引」的強度皆為0。

表二：專利號5494848，5502009的相似度分析

專利號	5494848	5502009
專利名稱	Buried contact trench process	Method for fabricating gate oxide layers of different thicknesses
專利權人	Taiwan Semiconductor Manufacturing Co	United Microelectronics Corp
引用的專利號	5063172、5272099、5350712 共3筆	5254889、4859619。 共2筆
被引用的專利號	7279725、7170103、7166875、6787401、6784046、6740552、6351016、6271570、6136633、6093619、6080647、6065973、6001681、5998269、5930633、5904536、5888887、5846860、5668051、5576242、 共20筆	7262102、7241662、7056783、6949479、6946713、6946339、6861372、6853030、6835634、6784500、6773994、6770550、6744102、6709931、6706577、6703278、6686604、6661061、6653675、6573192、6541823、6541395、6538278、6531364、6511887、6500715、6475862、6417546、6391701、6383861、6348382、6331492、6300197、6271152、6235591、6228697、6225167、6194257、6184083、6147008、6143669、6114203、6110780、6107134、6097641、6096664、6066576、6057581、6048769、6040207、6037201、6033958、6033943、6030862、6025234、6010935、6009023、5989962、5985725、5962914、5960289、5943566、5937310、5933731、5926708、5918119、5895256、5882993、5872376、5861347、5811343、5646074、 共72筆

資料來源：<http://www.uspto.gov/patft/index.html>，本研究整理。

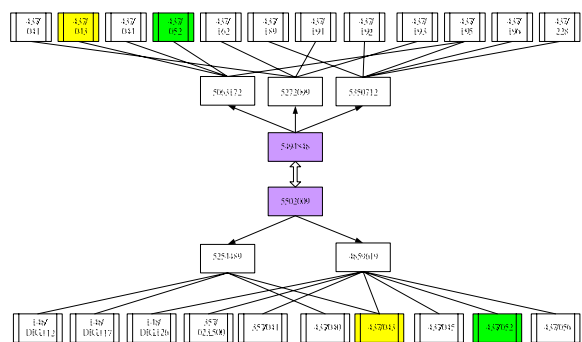
基於以上的問題，專利分析時採用「書目對」的評估，大都用於評估二家公司技術的相似性(Stuart & Podoly,1996; 黃慕萱等,2003)，而不用在評估專利的相似性。「共被引」的分析方法，只應用於產業或公司內重要專利(被引用次數很高)的相似性的評估(Lai&Wu,2005; Wu&Chen,2007)。以避免上述的問題。

網球拍產業的專利數少，研究的方向又集中，因此，Dahlin et.al(2005)可以使用「書目對」評估網球拍專利相似性，進而評估專利的創新幅度。但是很多的產業並不具專利數少、研究方向集中的特性。因此本研究的目的，改善Dahlin的做法，提出一個適用性較廣的評估方法，辨識企業創新程度高的專利。

### 三. 研究對象與方法

#### (一)、專利相似性的評估

半導體製造業專利數量龐大，若以傳統「書目對」的評估方式，大部份「書目對」的強度為0，不易比較專利對間的相似度。因此，本研究改用「書目對」的先前技藝在UPC分類碼的重疊度評估專利對間的相似度。UPC分類碼是美國專利局(USPTO)為了加速專利檢索而定義的專利分類系統。USPTO核准專利時，依專利對應的技術特性，指定多個UPC分類碼。基於專利對的先前技藝在UPC碼重疊度愈高，專利的相似程度愈高的假設，設計二種相似性的評估指標。



圖二：專利號 5494848 與 5502009 間的先技技藝

## 與 UPC 類別

專利號 5494848 引用 5063172、5272099、5350712 三筆專利。專利號 5063172 的 UPC 類別為 437/041、437/043、437/044、437/052、437/193，5 種 UPC 碼。而專利號 5272099 歸屬 4 種 UPC 碼、5350712 歸屬 4 種 UPC 碼。換言之，專利號 5063172 引用先前技藝同時歸屬 12 個專利類別。

專利號 5502009 引用 5254489、4859619 二筆專利。5254489 歸屬 4 種 UPC 碼。而 4859619 歸屬 7 種 UPC 碼。換言之，專利號 5502009 引用先前技藝同時歸屬 10 種 UPC 碼。其中的 437/043 是 5254489、4859619 二筆專利重疊的 UPC 類別。

根據書目對 UPC 碼的重疊度，定義以下二個相似性的評估指標：

### 1. ROS1

$$ROS1_{ij} = \frac{C_i \cap C_j}{C_i \cup C_j} : \text{overlap score 1 of } p_i \text{ and } p_j$$

$C_i$ :  $P_i$  先前技藝的 UPC 類別數，重複類別只計一次。 (1)

$C_j$ :  $P_j$  先前技藝的 UPC 類別數，重複類別只計一次。

### ROS1 範例說明：

以 ROS1 評估專利號 5494848 與 5502009 的相似性， $C_{US5494848} \cap C_{US5502009} = 2$ 、 $C_{US5494848} \cup C_{US5502009} = 12 + 10 - 2 = 20$ 。因此， $ROS1_{US5494848, US5502009} = 2/20 = 0.1$ 。

### 2. ROS2

$$ROS2_{ij} = \left( \frac{OS2_i}{U_i} + \frac{OS2_j}{U_j} \right) / 2 \quad (2)$$

$ROS2_{i,j}$  overlap score 2 of  $p_i$  and  $p_j$

$OS2_i$ :  $P_i$  與  $P_j$  先前技藝共同的 UPC 類別個數，考慮重複。

$OS2_j$ :  $P_j$  與  $P_i$  先前技藝共同的 UPC 類別個數，考慮重複。

$U_i$ :  $p_i$  引用專利的 UPC 類別數(考慮重複)

$U_j$ :  $p_j$  引用專利的 UPC 類別數(考慮重複)

### ROS2 範例說明：

$$OS2_{5498484, 5502009} = 2, OS2_{5502009, 5498484} = 3。$$

$$U_{5498484} = 13 (437/195 \text{ 出現 2 次})、$$

$$U_{5502009} = 11 (437/195 \text{ 出現 2 次})、$$

$$ROS2_{5498484, 5502009} = \left( \frac{2}{13} + \frac{3}{11} \right) / 2 = 0.376$$

### (二)、研究對象：

台灣半導體製造業中的台積電與聯電二家公司，位居世界半導體製造業的龍頭地位，同時也扮演台灣經濟發展的重要動力。因此，本研究以二家公司在 UPSTO 申請的專利，做為分析對象，一方面說明方法論的分析流程，另一方面可與產業技術發展的過程互相比對，以驗證方法的可行性。

### (三)、研究流程與方法

依以下四個步驟進行

- 步驟一：專利資料檢索
- 步驟二：過濾重要專利
- 步驟三：專利相似性評估
- 步驟四：專利創新程度評估

#### 1. 步驟一：專利資料檢索

說明：至 USPTO 檢索專利，查詢條件為：(Issued day > 1995/1/1 and < 2006/12/31) and (assignee = "Taiwan semiconductor manufacturing company" OR "United Microelectronics company")

結果：共計 6276 筆。

#### 2. 步驟二：過濾重要專利

說明：突破型創新專利被引用的可能性高於非突破型創新專利。因此以專利被引用的次數過濾專利。但是專利被引用的次數易受時間的影響，因此採二階段過濾專利。

##### 2.1. 篩選被引証次數大於 1 的專利

結果：6276 筆專利中，只有 2089 筆專利符合。

2.2. 篩選被引用次數大於同年度專利平均被引用次數的專利，做為創新專利候選人 (candidate of radical innovation patent)。

結果：2087中，有708專利符合標準，詳細資料如表三。

表三：專利申請時間與被引次數分析表

核准年	被引次數之 $\mu$	專利數	被引次數 $>\mu$ 以上的專利數
1995	2.5	8	3
1996	3.7	115	40
1997	3.2	148	41
1998	3.7	216	78
1999	2.9	323	121
2000	2.5	398	120
2001	1.9	398	168
2002	1.6	234	84
2003	1.4	141	38
2004	1.2	75	12
2005	1.1	31	2
2006	1.5	2	1
總計		2078	708

技術的特性影響技術的生命週期，基礎型的專利生命週期長，應用型的專利生命週期短。本研究對於專利創新度的評量採的是相對的，而不是絕對評量方法，因此，應考慮技術特性不同所產生的差異，分別評估。

半導體製造業專利主要集中於257、438二個UPC分類碼。前者，屬於半導體的物理特性的應用。後者，半導體製程的發明與改良。分析以上的708筆專利後，發現高達81%的比例屬於257或438二個分類碼。因此，以下只針對UPC257與UPC438二類的專利進行後序分析，共578筆專利。詳細資料如表四：

表四：708筆專利的UPC碼

UPC碼	257	438	257 and 438	257 or 438
專利數	126	511	59	578
比例	17.8%	72.2%	8.3%	81.6%

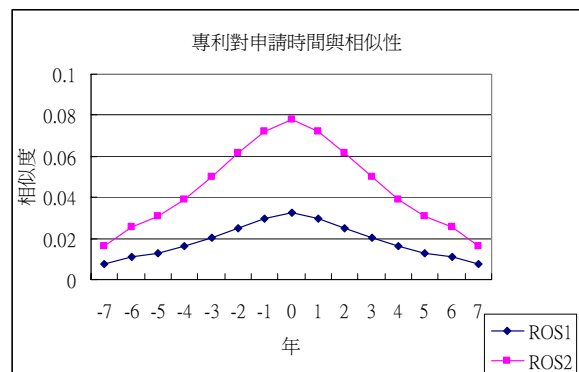
### 3. 步驟三：專利相似性評估

使用ROS1、ROS2評估專利的相似性之前，先驗證指標是否能有效的評估專利的相似性，而進行以下的二種測試。第一個測試目的：時間的效果是否表現在相似性的差異上。第二個測試目的：時間效果是否受技術特性的影響。

#### 3.1. 「時間效果」的測試

技術俱有生命週期。換言之，產業在不同時期會有不同的主流技術。正常情況下，同時期申請的專利相似性高於不同時期申請的專利，使的專利申請的期間相隔愈長，專利的相似性愈低。

以360天為一期，分別以ROS1與ROS2二個指標評估與同期、前期、後期的相似性。結果發現，ROS1與ROS2二個指標的趨勢相同，且符合「專利申請的期間相隔愈長，專利的相似性愈低」的推論。由於ROS2考慮UPC分類碼出現的次數而採加權計算的方式，而拉大了不同時期專利的相似度。

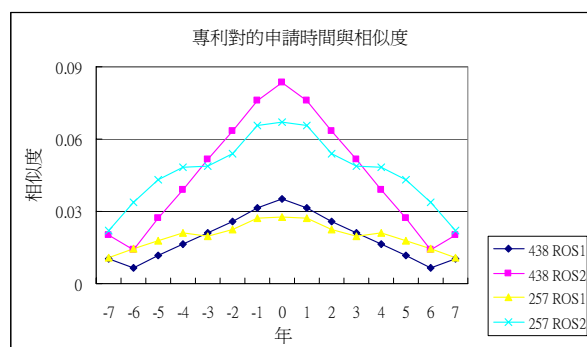


圖三：專利對的相似性與申請時間

#### 3.2. 「技術特性」與「時間效果」的測試

應用科學類的專利老化速度應比基礎研究類的專利來的快。比較應用科學類的UPC43與基礎研

究類的UPC257，時間效果的影響，呈現UPC438類別的專利退流行或老化的速度比UPC257快的現象。



圖四：UPC、專利對的相似性與申請時間

以上的二個測試，顯示ROS1與ROS2二個指標的可用性。

#### 4. 步驟四：創新度評估

分別從438、257二種技術類別中的專利，進行二階段的創新度評估。

##### 4.1. 第一階段篩選條件：

條件1：目標專利與後期專利的平均相似性大於與前期專利的平均相似性。

說明：根據Dahlin et.al(2005)的研究，創新程度高的專利與過去專利的相似性低，與未來專利的相似性高而訂出以上的篩選條件。摩爾定律(Moore's Law)指出，半導體產品的生命週期約為18個月。本研究以摩爾定律依據，並放寬延續期間為摩爾定律的二倍。定義與目標專利申請日早36個月以內的專利為前期專利，晚36個月以內申請的專利為後期專利。依序算出各筆專利與前期、後期專利的平均相似性。並要求ROS1與ROS2二個相似性指標皆要符合要求。

針對438、257二個UPC類別篩選的結果如表五。UPC 257有51筆專利通過、UPC 438有147筆專利通過第一階段的篩選。

表五：第一階段的篩選

	UPC 257	UPC 438
專利數	126 筆	511 筆
及格數(ROS1)	56 筆	160 筆
及格數(ROS2)	54 筆	160 筆
及格數 (ROS1&ROS2)	51 筆	147 筆

若延續Dahlin et.al(2005)的方法論，只考慮目標專利與前後期專利相似性的變化，可能會篩選出非主流技術的創新專利。而本研究的目標，希望兼顧創新與主流技術，因此進行第二階段的篩選。

##### 4.2. 第二階段篩選條件：

條件1. 目標專利與第0期專利的相似性 < 所有專利與第0期的平均值

條件2. 目標專利與第1期專利的相似性 > 所有專利與第1期的平均值

條件3. 目標專利與第2期專利的相似性 > 所有專利與第2期的平均值

說明：篩選突破型的專利時，為兼顧創新與主流技術二大目的，因此第二階段要求符合以上三個條件。條件一，表示目標專利當時不為主流技術。條件二、條件三表示，目標專利在未來的2期，已成為主流技術。目標專利與前期、後期專利的平均相似性愈大表示為主流技術的可能性愈高。與目標專利的申請日相差12個月以內的專利為目標專利的第0期、13個月~24個月為第1期、25個月~36個月為第2期。

分析後，UPC257中，有3筆專利通過第二階段篩選。



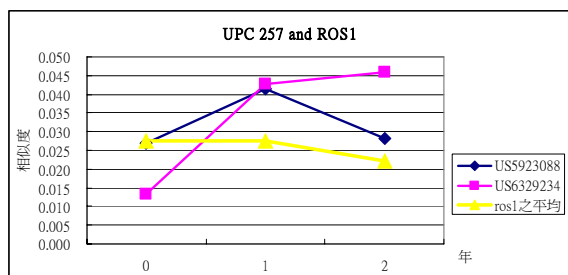


圖 五：UPC 257 類別突破型創新專利與後三期的

ROS1

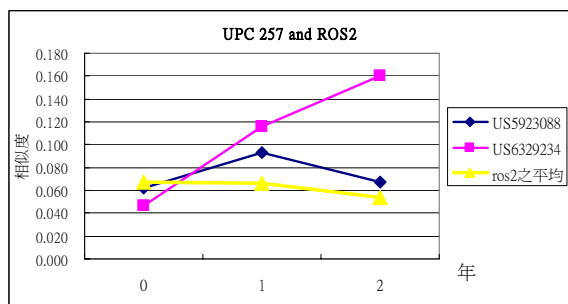


圖 六：UPC 257 類別的創新專利的 ROS2 值

UPC438 中，有 5 筆專利通過第二階段篩選。

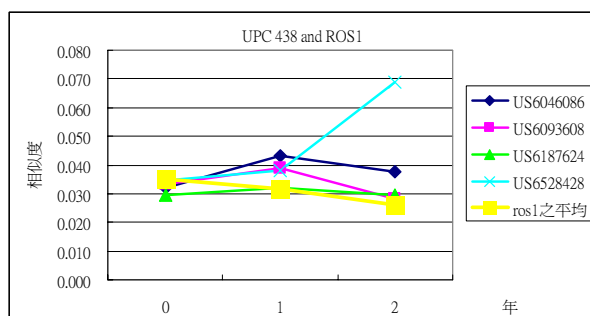


圖 七：UPC 438 類別的創新專利的 ROS1 值

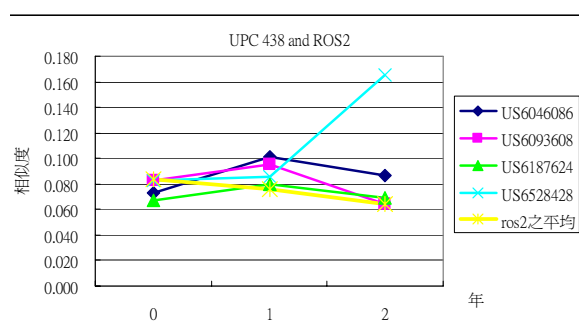


圖 八：UPC438 類別的創新專利的 ROS2 值

#### 四. 結論與討論

專利分析是觀察技術發展的可行途徑之一。本研究提出一個專利相似性為基礎的分析方法來

辨識產業中具突破創新型的專利，以預測技術創新的過程與軌跡。最後利用所提出之方法對台灣半導體製造業的專利創新程度評量台積電、聯電二家公司 1995/1/1 ~2006/12/31 期間，於美國專利局 (USPTO) 申請核准 6276 筆專利。

通過二階段的篩選的專利，詳細資料如下表。

表 六：UPC257 突破创新型專利

專利號	申請日	專利名稱	所有權人
5923088	1997/9/15	Bond pad structure for the via plug process	TSMC
6329234	2000/7/24	Copper process compatible CMOS metal-insulator-metal capacitor structure and its process flow	TSMC

表 七：UPC438 突破创新型專利

專利號	申請日	專利名稱	所有權人
6046086	1998/6/19	Method to improve the capacity of data retention and increase the coupling ratio of source to floating gate in split-gate flash	TSMC
6093608	1999/4/23	Source side injection programming and tip erasing P-channel split gate flash memory cell	TSMC
6187624	1999/6/4	Method for making closely spaced capacitors with reduced parasitic capacitance on a dynamic random access memory (DRAM) device	TSMC
6528428	2000/8/14	Method of forming dual damascene structure	UMC

研究結果顯示，這兩家公司在銅製程(專利號:6329234、6528428)，記憶體(專利號: 6046086、6093608、6187624) 製程有有重大創新。

記憶體的專利分別是關於DRAM與Flash，申請日在1999年附近。DRAM與Flash是記憶體的二大產品，市場研究機構的統計，1996年Flash產值只佔DRAM產值的一成左右，全球總產值只佔26億美元。到了2000年，Flash產值已高達105億美元，約DRAM產值的36%。

銅製程的專利，申請日在2000年。採用銅來取代鋁作為導線最主要的好處在於電阻值的減小。電路信號傳遞的快慢是決定在電阻(R)與電容(C)乘積，RC乘積值越小，速度就越快。在室溫下，純鋁的電阻值是2.8微歐姆/公分，而純銅僅1.7微歐姆/公分，因此若改用銅作電路導線，晶片性能可



提升30%~40%之多，可改善IC傳輸功能。另外，銅導線的抗電致遷移能力亦比鋁好，可減少導線斷開的機率，提高IC電路的可靠性。

第二階段篩選出的專利，的確反應了當時市場的技术與產品主流。研究結果只反應了過去的事實，但無助於未來技術發展的趨勢預測。

本研究第一階段著重於創新專利的篩選，第二階段，則再從創新度高的專利中，篩選主流專利。因此，建議技術開發者以第一階段的研究成果，做為技術開發的參考。

致謝：

本研究由國科會計劃贊助(NSC-95-2416-H-324-016)。

#### 參考文獻

1. Dahlin, K.B.; Behrens, D.M., 2005, "When is an invention really radical? Defining and measuring technological radicalness", *Research Policy*, 34, 717-737
2. Ernst, H. 1995, "Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to company performance", *Technovation*, 15(4), 225-240.
3. Ernst, H. 1997, "The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry", *Business Economics*, 9, 361-381.
4. Griliches, Z. Hall, B.H. and Pake, A. 1991, "R&D, Patent, and Market Value Revisited: Is there is a second factor?", *Economies of innovation and new technology*, 1, 183-201.
5. Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F.M., and Vopel, K., 1999. Citation Frequency and the Value of Patented Innovation, *The Review of Economics and Statistics*, 81(3): 511-515.
6. Hu, Albert G.Z.; Jaffe, Adam B. (2003), "Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan " *International Journal of Industrial Organization*, 21 (6).
7. Kessler, M.M., 1963. An Experimental Study of Bibliographic Coupling between Technical Papers, *IEEE Transaction on Information Theory*, 9-49.
8. Lai, K.K & Wu, S.J., (2005), "Using the patent co-citation approach to establish a new patent classification system," *Information Processing and Management*, 41 (2), 313-30.
9. Narin, F., Noma, E., Perry, R., 1987. Patents as Indicators of Corporate Technology Strength, *Research Policy*, 16: 143-155.
10. Reitzig, M., 2003. What Determines Patent Value? Insight from the Semiconductor Industry, *Research Policy*, 32: 13-26.
11. Small, H., 1973. Co-citation in the Scientific Literature: a New Measure of the Relationship between Two Documents, *Journal of the American Society for Information Science*, 24: 265-269.
12. Schumpeter, J., 1934. "The theory of economic development; and inquiry into profit, capital, credit, interest and the business cycle. Harvard University Press, Cambridge, MA.
13. Stuart, T. B., & Podoly, J. M. (1996), "Local Search and the evolution of technological capabilities," *Strategic Management Journal*, 17, 21-28.
14. Trajtenberg, M., 1990. A Penny for your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovation, *RAND Journal of Economics*, 21(1): 172-187.
15. Wu, H.C. & Chen, H.Y., (2007), Recognizing the Core Technology Capabilities for Companies through Patent Co-citations, *The International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Singapore.

16. 黃慕萱、蔣禮芸、陳達仁，”我國高科技業公司專利引用網路之研究-1998年至2000年。科技管理學刊，第8卷第二期，第25-44頁。