



作者：洪永杰(2005-04-28)；推薦：徐業良(2005-04-28)

固態氧化物燃料電池專利檢索與分析報告

本文首先對固態氧化物燃料電池(solid oxide fuel cell, SOFC)技術與元件作一簡介，接著對 SOFC 之相關技術作專利分析，藉以瞭解現有產品的專利狀況以及技術特點，並利用專利地圖(patent map)的製作，將專利資訊做最有效之組織分析，以了解整體產業環境之發展。同時針對現有技術其開發動向、運用手法、與其達成效果進行交叉分析，以期在舊有技術領域中看出可開發的新區域，藉以擬定技術研發與創新設計之切入點，建立有別於現有產品之市場與技術區隔。

1. 燃料電池技術簡介

燃料電池是一種將化學能直接轉換變成電能的裝置，雖然名為電池，但更像一個特殊的發電機，它並不儲存能源，而是轉換能源，只要持續的補充燃料與氧化劑，即可連續運轉發電，且燃料電池所補充的燃料與氧化劑並不經過燃燒反應的過程，而是發生電化學反應產生電流。

圖 1 為燃料電池構造示意圖，其基本組成元件包含電極(electrode)、電解質隔膜(electrolyte membrane)、與雙極板(bipolar plate)。

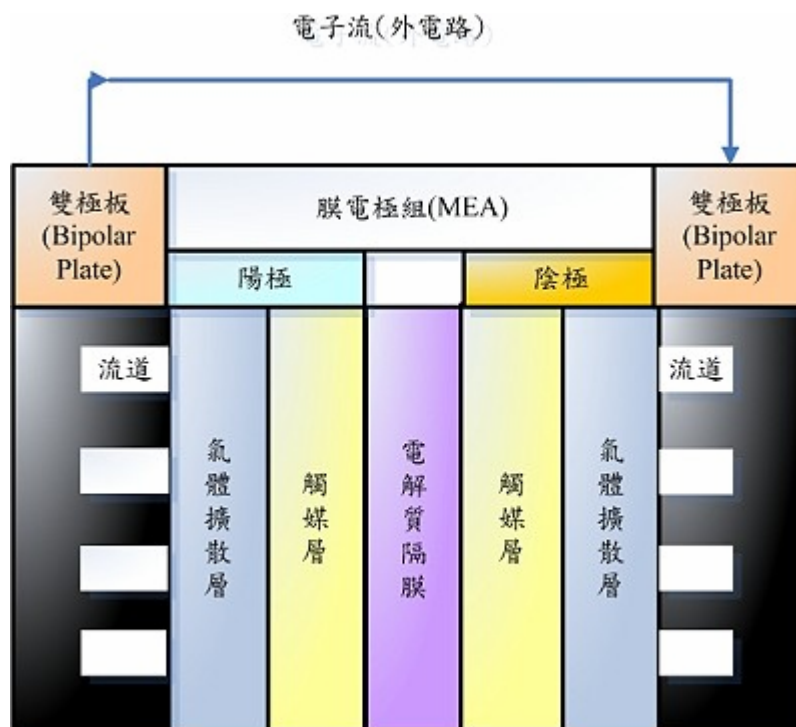


圖 1. 燃料電池的基本構造

電極是燃料氧化與氧化劑還原之電化學反應發生的場所，可分成陰極(cathode)與陽極(anode)兩部份，陰、陽電極又各有氣體擴散層與觸媒層兩層次級的結構元件。氣體擴散層的主要功能是讓反應氣體(燃料 H_2 或氧化劑 O_2)均勻稱擴散進入觸媒層，也需具有使反應生成之水排出雙極板(亦稱流場板)流路的功能；觸媒層的功用則在於催化燃料電池中電化學反應的進行。

電解質隔膜的功能為傳導離子與分隔燃料氣體與氧化劑。從型態來看，燃料電池的電解質可以區分成液態電解質與固態電解質兩種；固態電解質屬於無孔膜結構，可以直接製作成薄膜來阻隔氣體與傳導離子；液態電解質無法單獨完成阻隔陰極與陽極氣體的工作，而必須藉由毛細力吸附在電解質載體的多孔膜內來進行工作。

位於陰極與陽極外側之組件為雙極板，其功用包含：(1)提供良好的氣密性以分隔氧化劑與還原劑，避免氣體經由極板內部擴散產生越區(crossover)現象，造成燃料浪費甚至導致內部化學反應而燃燒；(2)藉由內部流場通道將反應氣體均勻地輸送至電極；(3)蒐集產生之電流。

圖 2 為燃料電池運轉示意圖，燃料氣體（如氫或淨化重整氣）由陽極側進入，氧化劑（如氧氣）由陰極側進入，電化學反應於電極上發生。陽極反應後產生的質子通過電解質抵達陰極，而電子則從陽極經過外接負載抵達陰極而產生完成電流迴路，反應產物水以及未反應的氫氣與氧氣則經由電極出口排出。整個燃料電池就是由這樣的單元（稱為單電池）串聯組成較大功率的電池組，或稱為電池堆(stack)。

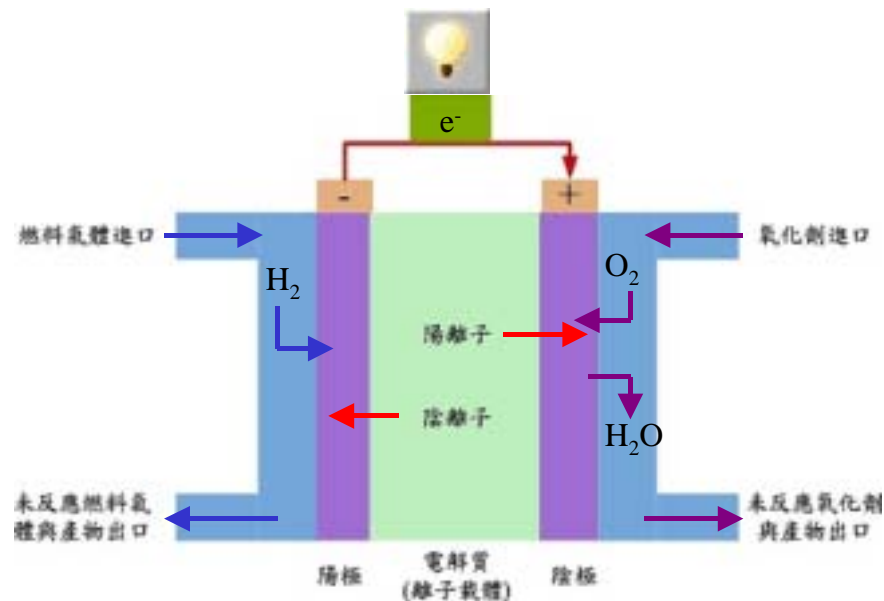


圖 2. 燃料電池運轉示意圖

目前燃料電池依照電解質性質的不同，可分為「鹼性燃料電池(Alkaline Fuel Cell, AFC)」、「質子交換膜燃料電池(Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC)」、「磷酸型燃料電池(Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC)」、「熔融碳酸鹽燃料電池(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC)」及「固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)」等五種，其中鹼性燃料電池屬於早期用於太空船的電力系統，目前已屬於落後技術，另外四種燃料電池則持續積極發展中。各種燃料電池的種類與特性整理如表 1，其發電容量與適用範圍則如圖 3 所示。

表 1. 各種燃料電池的種類與特性

溫度類型	低溫型(60~200°C)		中溫型(160~220°C)	高溫型(600~1000°C)	
種類	鹼性(AFC)	質子交換膜(PEMFC)	磷酸型(PAFC)	熔融碳酸鹽(MCFC)	固態氧化物(SOFC)
電解質	氫氧化鉀	高分子薄膜	磷酸	熔融碳酸鹽	氧化鋯
電解質型態	液態	固態	液態	液態	固態
陽極	白金/碳	白金/碳	白金/碳	鎳/鉻、鋁	鎳/鋯
陰極	白金/碳	白金/碳 鉑黑	白金/碳	氧化鎳	錳酸鋇
發電效率	60~70%	43~58%	37~42%	45~60%	50~65%
燃料	純氫	氫、甲醇	氫氣	氫、煤氣、天然氣、沼氣	氫氣、煤氣、天然氣、沼氣
氧化劑	純氧	氧氣、空氣	空氣、氧氣	空氣、氧氣	空氣、氧氣
主要用途	太空、運輸	太空、運輸 攜帶動力	熱電合併電廠	熱電合併電廠、複合電廠	熱電合併電廠、複合電廠、住家

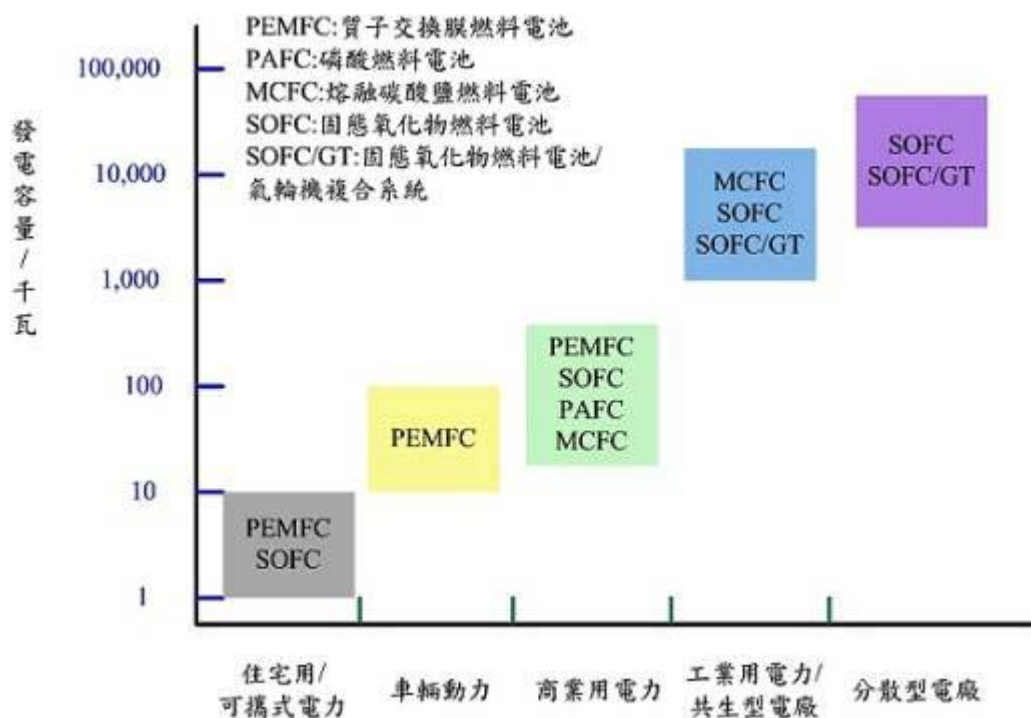


圖 3. 燃料電池發電容量與適用範圍

本計劃著重於固態氧化物燃料電池(SOFC)的專利檢索與相關技術發展，因此接下來將針對 SOFC 作一詳盡介紹，同時初步歸納出專利檢索的相關策略。

2. 固態氧化物燃料電池技術介紹

固態氧化物燃料電池又稱第三代燃料電池，係利用固態非多孔之金屬氧化物作為電解質，藉著氧離子在晶體中穿梭以進行離子傳送，通常以安定化氧化鋯(ZrO_2)為電解質，操作溫度高達 $800\sim 1000^\circ C$ 。其優點為不需以貴金屬（如 Pt）為觸媒，廢熱品值高，可與渦輪機形成 combined cycle，提高發電效率至 65%。SOFC 可以煤氣或天然氣為燃料，惟因其在高溫環境下操作，材料選擇受到若干限制，因此低溫動作之 SOFC 高性能電池的開發已成為國際間積極開發之研究課題。

2.1 固態氧化物燃料電池組成

圖 4 為一平板式固態氧化物燃料電池的結構，其中關鍵零組件包含陽極(anode)、固體氧化物電解質隔膜（如氧化鈮摻雜的氧化鋯）、陰極(cathode)、與夾持 SOFC 的雙極板與密封材料等。由於是全固體的結構，固體氧化物燃料電池具有多樣性的電池結構，以滿足不同的需求。主要的電池結構有管式、平板式、套管式(Bell-Spigot)、瓦楞式 MOLB(Mono-Block Layer Built)結構、及熱交換一體化的 HEXIS(Heat Exchange Integrated Stack)結構。以下逐一介紹其組成元件。

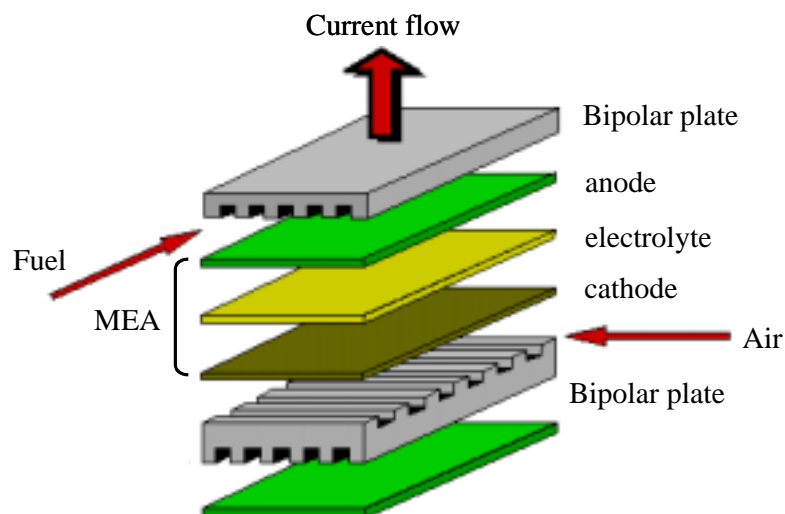


圖 4. 平板式固體氧化物燃料電池簡易構造圖

(1) 陽極(anode)

固態氧化物燃料電池的陽極通常利用鎳金屬與摻入三氧化二釷之氧化鋯(yttria stabilized zirconia, YSZ)電解質材料混合後製成金屬陶瓷電極，選用鎳金屬的主因為其具有良好的電催化活性且價格低廉。這種金屬陶瓷電極既能防止金屬催化劑的燒結，具有穩定的電極孔結構和足夠多的孔隙率，而且又能夠將陽極的電化學反應面從二度空間擴展為三度空間。由於電解質材料的加入，調節了金屬陶瓷電極的熱膨脹係數，使之能與電解質隔膜的熱膨脹係數相匹配。

目前常採用的金屬陶瓷電極製程為將亞微米的氧化鎳與 YSZ 粉末混合後，以網印的方式將混合物沉積於 YSZ 電解質隔膜上，然後經高溫(1400°C)燒結，以形成厚 50~100μm 的鎳-YSZ 陶瓷陽極。

(2) 陰極(cathode)

固態氧化物燃料電池的陰極通常利用鋇摻雜的錳酸鋇(LSM, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$)與電解質材料(如 YSZ)混合後製成電池的陰電極，選用鋇摻雜的錳酸鋇的主因為當化學式中 x 值介於 0.1~0.3 時，其熱膨脹係數能與電解質隔膜的熱膨脹係數相匹配。此外，LSM 不但具有高氧還原之電催化劑活性，而且具有良好的電子導電性。

目前常採用的電極製程為將 LSM 中摻入一定比例(20%~40%)的 YSZ 電解質，以網印、噴塗等方法將 LSM 與 YSZ 的混合漿料塗覆到固體電解質膜上。該塗層的厚度一般為 50~70μm，經由高溫(1300~1400°C)燒結，即可製備出固態氧化物燃料電池的陰極。

(3) 固體氧化物電解質隔膜

固態氧化物燃料電池所使用的電解質主要可分為兩類。一類為螢石結構的固體氧化物電解質，如摻入莫耳分率 3~10%三氧化二釷之氧化鋯(yttria stabilized zirconia, YSZ);另一類為近年研究取得突破的鈣鈦礦結構(ABO_3)的固體氧化物電解質，如摻雜的 LaGaO_3 (鎳酸鋇)。

目前絕大多數固態氧化物燃料電池均採用 8%三氧化二釷之氧化鋯為電解質材料，它在 1000°C 的導電率約為 0.1S/cm。在製程方面，平板式 SOFC 電解質隔膜通常採用以帶鑄法(Strip Casting)製作，而管式 SOFC 則採用電化學蒸氣沉積法(electrochemical vapor deposition, EVD)製作電解質隔膜。

(4) 雙極板與密封材料

雙極板在固態氧化物燃料電池中扮演連接相鄰單電池陰極與陽極的作用，在平板式固態氧化物燃料電池中，它同時具有導氣的作用。目前固態氧化物燃料電池雙極板材料主要有摻入鈣或鋇的鉻酸鏷(Ca-doped LaCrO₃, LCC；Sr-doped LaCrO₃, LSC)、鎳鉻合金以及不銹鋼等。LCC 具有很好的抗高溫氧化性、良好的導電性、以及與 SOFC 其他元件相匹配的熱膨脹係數，然而 LCC 燒結性能較差，不易製作成型，而且材料價錢相當高（佔平板式固態氧化物燃料電池總成本之 80%）。因此目前平板式 SOFC 普遍採用鎳鉻合金或不銹鋼作為雙極板材，基本上，鎳鉻合金能夠滿足固態氧化物燃料電池的物化要求，缺點是長期穩定性能較差，而不銹鋼則是目前平板式 SOFC 常用的雙極板材。

在製程方面，管式 SOFC 採用電化學蒸氣沉積法將 LCC 沉積在空氣電極後經過高溫燒結而成，平板式 SOFC 通常將鎳鉻合金或不銹鋼薄板直接沖壓成型或者以機械加工方式製作成具有氣體流道雙極板。

高溫無機密封材料是平板式固態氧化物燃料電池的關鍵材料之一，用於組裝電池時在膜電極組(SOFC)和雙極板間的密封。高溫無機密封材料必須於高溫下密封性好、穩定度高，以及與固態電解質和雙極板材料的熱膨脹兼容性好等特點。目前，各家廠商都將高溫密封技術列為保密項目，因此材料的具體成份都未公開，已知用於 SOFC 高溫密封材料主要為玻璃（如 Prexy 玻璃）或玻璃 / 陶瓷複合材料等。

2.2 固態氧化物燃料電池運作原理

固態氧化物燃料電池採用在高溫下具有傳遞氧離子(O²⁻)能力的固態氧化物為電解質，通常直接以天然氣、煤氣等碳氫化合物作為陽極燃料氣體，而以空氣中之氧氣作為陰極氧化劑。SOFC 之原理如圖 5 所示，當空氣通過陰極時，氧分子(O₂)得到電子(e⁻)後變成氧離子(O²⁻)：



接著，氧離子在電解質隔膜兩側電位差與濃度驅動力的作用下，透過電解質隔膜中的氧空位，定向躍遷至陽極側，並與燃料（如氫）及一氧化碳進行氧化反應：





於單電池之電化學反應中，在使用氫氣為燃料之情形下，式(4)所示為氫氣之氧化生成水的反應，此即為水之電解的逆反應；若是使用一氧化碳為燃料之情形下，式(5)所示為一氧化碳之氧化生成二氧化碳的反應。

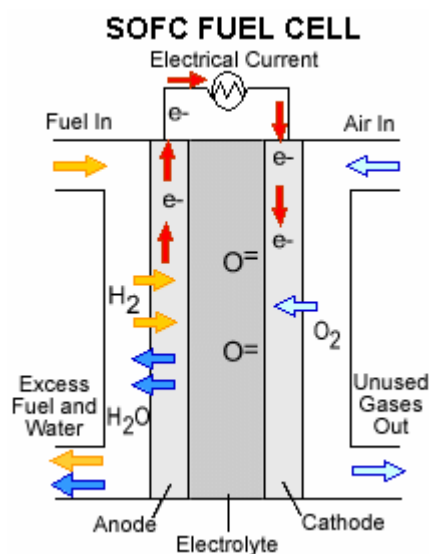


圖 5. SOFC 燃料電池的運作原理[<http://www.esru.strath.ac.uk/>]

3. 固態氧化物燃料電池技術專利檢索策略

本文 SOFC 專利檢索的地區定為美國地區之專利資料。重視全球市場的企業，在規劃其專利佈局時，皆會投入技術較為先進、市場需求性高的美國地區，因此美國專利資料庫收納全球最重要、完整的專利資料，藉由此區專利資料的檢索與研究，可使本計畫之專利分析成果同時掌握廣度與深度、即時性、與發展性。

根據上述固態氧化物燃料電池的簡介，可以了解“Solid Oxide Fuel Cell”與“SOFC”為此類電池最常使用的英文名稱，因此本研究將以這兩組關鍵字及其相關變化詞，在專利名稱(Title)、摘要(Abstract)與專利申請範圍(Claim)中檢索，檢索日期至 2004 年 12 月 31 日止。由於各國專利權人所申請之專利多在美國有對應之專利，因此初步檢

索範圍限制在 USPTO 中已公告的專利，之後再依據其國際專利技術分類碼(IPC)與美國專利技術分類碼(UPC)將個別核心元件（如陽極電極、固體氧化物電解質隔膜、陰極電極、雙極板、流道形式）與各種結構的固態氧化物燃料電池的製程與方法作一有效分類。

圖 6 為國際專利技術分類碼(IPC)中關於利用直接轉換化學能為電能之方法或裝置的分類架構，由此架構可知燃料電池及其製造方法的分類碼為 H01M08，同時 H01M08/10 此項分類即為本研究計劃主題固態氧化物燃料電池，因，若是使用 H01M08/10 此項分類碼來作檢索將可精確掌握該領域之專利，但也會因此剔除了其他如非活性零部件製造方式(H01M02)、電極(H01M04)以及結構組合(H01M08/24)等在本研究中所關心的技術。為提高專利檢索之檢全率，本研究檢索時將採用 IPC 三階分類(H01M)與關鍵字(“Solid Oxide”)交集的方式來擴大檢索範圍，並配合第二階段人工細部專利評選以求達成較高的檢準率，表 2 整理此次專利檢索策略。

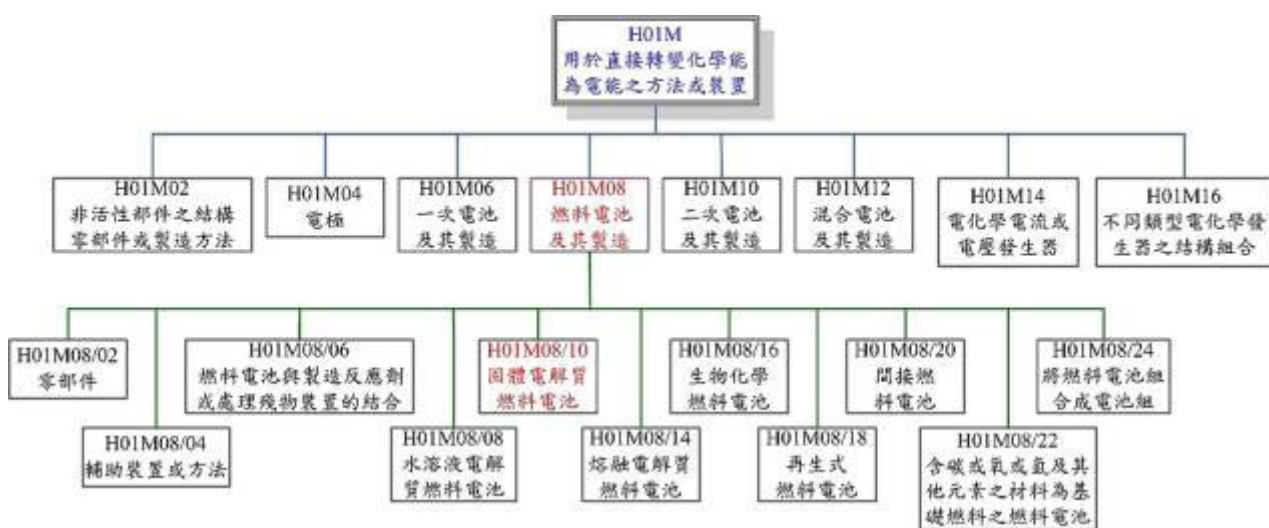


圖 6. 燃料電池 IPC 分類架構

表 2. 固態氧化物燃料電池美國專利檢索背景設定

搜尋公司	不限
搜尋地區	美國
搜尋年份	~200412/31
搜尋欄位	專利名稱(Title)、專利摘要(Abstract)、專利範圍(Claims)、國際專利分類碼(IPC)
國際專利分類	H01M (用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置, 例如電池組)
搜尋語言	英文
資料庫名稱	USPTO 專利資料庫 (主)、Delphion 專利資料庫 (輔)
關鍵字	"Solid Oxide"
檢索語法	ICL/H01M\$ AND (ABST/"Solid Oxide" OR TTL/" Solid Oxide" OR ACLM/"Solid Oxide" OR ABST/SOFC OR TTL/SOFC OR ACLM/SOFC) AND ISD/1/1/1971->31/12/2004

利用 USPTO 與 Delphion 專利資料庫交互檢索, 得到 SOFC 之美國公告專利共計 352 件, 後續分析皆以已確認之美國公告專利為專利分析範圍。以下即針對此 352 件 SOFC 之美國公告專利製作專利管理圖表。

所謂專利管理圖表即是初步專利書目資料的圖表陳列, 其目的是能夠將所檢索出的專利作一簡單呈現, 並提供爾後技術分析的初步參考。雖然管理圖表無法提供深一層的技术特徵, 但是對於技術掌握與分佈可提供某種程度的了解。一般而言, 管理圖表分析包括專利件數分析、生命週期曲線分析、競爭國家分析、競爭公司分析、發明人分析、國際專利分類(IPC)分析、與美國專利分類(UPC)分析等, 將於以下各節分別討論。

4. SOFC 專利件數分析

圖 7 為 SOFC 歷年專利件數分佈, 其中橫軸為申請日與公告日之時間軸, 縱軸為專利件數。圖中藍色線代表以專利申請日分析, 藉由申請日作分析, 可以瞭解技術的萌芽時間; 暗紅色線代表以專利公開日作分析, 藉由公開日作分析可以得知最新的發展現況。

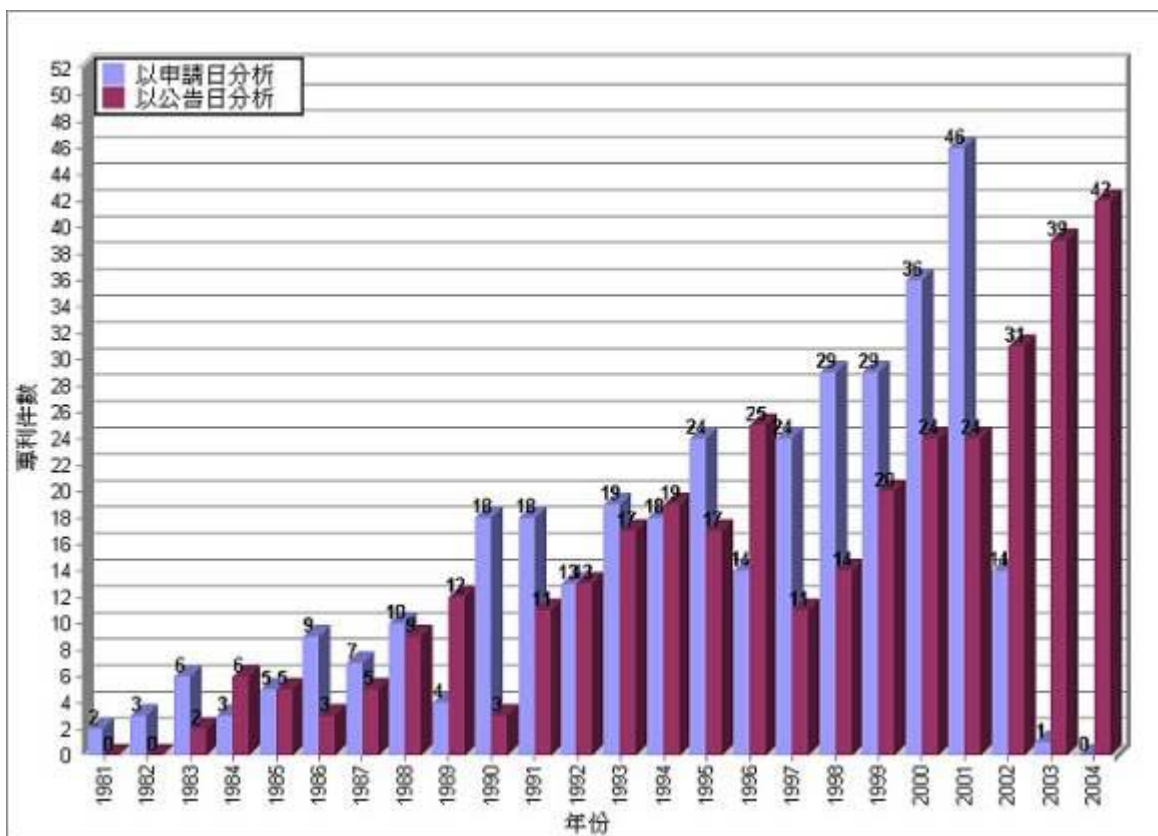


圖 7. 固態氧化物燃料電池歷年專利件數

SOFC 最早專利是申請於 1981 年，初步分析其書目資料，可發現專利名稱為「燃料電池之裝置與方法及其操作(Fuel cell generator and method of operating same)」，專利權人為美國的西屋電氣公司(Westinghouse Electric Corporation)。檢視此篇專利可以發現，其技術內容為圓管式 SOFC 的製造方法，利用改進燃料氣體流動方式以降低歐姆阻抗，來提高電轉換效率。藉由申請日與公告日的比對，可以看出，SOFC 專利與一般專利相似，其申請時間與核准公告時間約有 2~3 年的差距。

SOFC 專利申請件數穩定成長，2001 年申請件數達 46 件，藉由申請日與公告日的比對可以看出，SOFC 專利與一般專利相似，其申請時間與核准公告時間約有 3 年的差距，2002 年以後申請案件許多尚未核准公告，因此未被檢索出來。SOFC 專利核准件數則每年持續增加，2004 年核准件數達 42 件。

圖 8 與表 3 說明專利技術生命週期圖之意義，比對專利件數與專利權人數，可以推論此專利技術是處於萌芽期、成長期、成熟期、或技術瓶頸期。圖 9 為 SOFC 專利

技術生命週期圖（以兩年為計算單位），比對圖 9 與圖 8 可推論 SOFC 專利技術仍處於技術成長期。

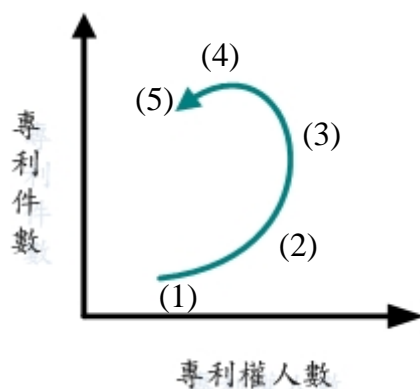


圖 8. 技術生命週期圖示

表 3. 技術生命週期圖簡介

階段	階段名稱	代表意義
第一階段	技術萌芽	廠商投入意願低，專利申請件數與專利權人數皆少
第二階段	技術成長	產業技術有突破或廠商對於市場價值有了認知，競相投入發展，專利申請量與專利權人數急遽上升
第三階段	技術成熟	廠商投資於研發的資源不再擴張，只剩少數繼續發展此類技術，且其他廠商進入此市場意願低，專利申請量與專利權人數成長逐漸減緩
第四、五階段	技術瓶頸	產業技術研發遇瓶頸難以突破或此類產業已過於成熟，專利申請量與專利權人數呈現負成長

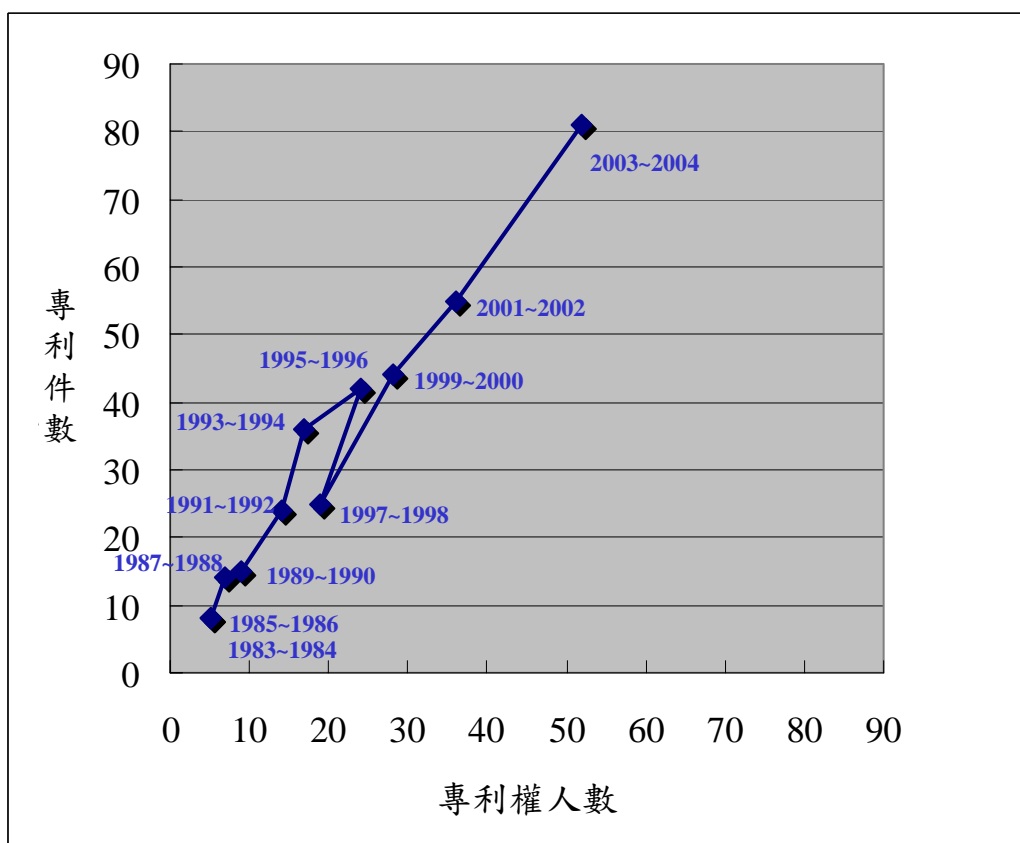


圖 9. SOFC 專利技術生命週期圖

5. SOFC 專利國家別分析

表 4 為 SOFC 專利所屬國件數分析表。由表 4 可看出，投入 SOFC 技術發展並在美國獲得專利之國家共有 13 國，總專利件數 352 件，專利權人共 108 位，其中美國與日本兩國所獲得專利件數佔總專利件數之 89%，是主導 SOFC 技術之重要國家。

另外，由分析資料顯示，目前台灣並無在美國獲得 SOFC 之相關專利，與美日等技術先進國家比較，台灣於 SOFC 技術發展上仍有相當大之空間。

表 4. 專利所屬國件數分析表

所屬國	專利所屬國(中)	專利件數	專利權人數	百分比(專利件數)
US	美國	252	58	71.6%
JP	日本	61	25	17.3%
GB	英國	8	7	2.3%
CA	加拿大	6	3	1.7%
DK	丹麥	5	2	1.4%
DE	德國	5	3	1.4%
AU	澳洲	4	1	1.1%
KR	南韓	3	2	0.9%
GB2	英格蘭	3	2	0.9%
NL	荷蘭	2	2	0.6%
GB3	大不列顛	1	1	0.3%
FR	法國	1	1	0.3%
AT	奧地利	1	1	0.3%
合計		352	108	100%

6. SOFC 專利權人 (公司) 分析

專利權人分析係針對特定之競爭對手進行相關競爭指標分析，藉以深入了解競爭對手之動向與研發能力。

6.1 公司研發能力比較

設定研發能力加權參數，計算技術競爭公司之「相對研發能力值」，可觀察各競爭公司研發能力之強弱。表 5 為 SOFC 技術競爭公司相對研發能力值比較表，表中相對研發能力值是沿用專利分析軟體“Patent Guider”預設之加權參數（專利件數加權參數為 1.2、被引證分析加權參數為 1.4、自我引證分析加權參數為 0.9）來做計算。SOFC 技術相對研發能力值最高第一名為「Siemens Westinghouse（西門子西屋）」公司，其相對研發能力值為 100%，其次為「DOE（美國能源部）」，其相對研發能力值為 35%，

兩者間之差距將近 3 倍，可見 Siemens Westinghouse 在 SOFC 專利領域佈局之領先地位。

表 5. 競爭公司相對研發能力比較表（前九名）

公司名稱	相對研發能力值百分比
Siemens Westinghouse Power Corporation	100
The United States Department of Energy, DOE	35
NGK Insulators, Ltd.	20
Allied Signal Aerospace	16
Gas Research Institute	11
Hsu; Michael S.	10
Delphi Technologies, Inc.	8
The Dow Chemical Company	8
Ceramatec, Inc.	8

6.2 重要競爭公司研發能力詳細數據分析

表 6 為利用專利件數、活動年期、發明人數、以及平均專利年齡等競爭指標，分析重要公司投入 SOFC 之技術發展狀況，藉以顯示競爭公司之投入資源及有效掌握競爭環境之重要資訊。以下先就各指標名詞簡單介紹：

(1) 活動年期

觀察各競爭公司在本專案技術內有專利產出之活動期，進而可得知各公司投入本技術領域之研發時間。

(2) 發明人

競爭公司投入本研究技術研發之發明人數分析，透過競爭公司在本專案技術研發人員投入之多寡，以評析該公司對本技術之企圖心與競爭潛力。

(3) 平均專利年齡

將各專利權年齡總和除以專利件數所得之值。平均專利年齡越短，表示該公司於本專案技術內享有較長期之技術獨占性優勢，反之亦然。為各國專利制度不盡相同，專利權期間也不相同。以美國專利權年限 20 年為例，若分析專案之平均專利年齡越短（例如 3 年），表示此專案之技術受專利權保護之時間將越長（還剩 17 年），享有較長期之技術獨占性優勢。

(4) 自我引證次數

本分析專案內公司引證自己公司之專利次數。

(5) 被其他人引證次數

本分析專案內公司之專利被其他公司引證之次數。

(6) 總引證次數

本分析專案內公司所擁有之專利自我引證次數加被其他人引證次數。

(7) 引證率

本分析專案內公司專利的總引證次數除以該公司專利件數的比值。引證率代表公司之每件專利產出被引用的次數，可用來衡量各競爭公司之專利產出品質。引證率越高的公司，表示該公司產出之專利平均被引用次數越多，顯示專利品質越高。一般評量先進公司之技術研發能力除可依專利件數多寡衡量外，引證率也是技術能力重要參考指標。利用引證率衡量公司之技術研發能力是屬於「質(quality)」的衡量指標，而專利產出件數則是「量(quantity)」的衡量指標。

(8) 技術獨立性

分析專案內公司引用自己公司專利的次數除以總引證次數之比值。技術獨立性表示公司技術研發內容與其他競爭公司的技術差異性。技術獨立性數值越高，表示該公司研發之技術獨特性較高（其研發路線較為獨立），同業間較少有公司追隨其技術研發，接近所謂的獨家技術；技術獨立性數值越低，表示該公司技術

研發路線與其他競爭公司研發之技術內容相似程度較高，也較有技術侵權的可能性發生。

表 6. 相對研發能力前九名競爭公司之研發詳細數據

公司名稱	專利 件數	活動 年期	發明 人數	平均 專利 年齡	自我 引證 次數	被其 他人 引證 次數	總引 證次 數	引證 率	技術 獨立 性
Siemens Westinghouse	77	20	75	12	282	231	513	6.662	0.55
DOE	20	11	31	15	20	136	156	7.8	0.128
NGK Insulators, Ltd.	24	6	17	13	6	70	76	3.167	0.079
Allied Signal Aerospace	13	8	19	11	16	53	69	5.308	0.232
Gas Research Institute	11	6	16	9	0	41	41	3.727	0
Hsu; Michael S.	5	5	1	17	5	38	43	8.6	0.116
Delphi Technologies, Inc.	20	4	39	4	32	1	33	1.65	0.97
The Dow Chemical Company	9	4	3	7	2	30	32	3.556	0.063
Ceramatec, Inc.	4	3	3	12	1	33	34	8.5	0.029

註：所有專利引證率及技術獨立性之平均值分別為 2.1 及 0.06

觀察表 6 可得知在本專利技術相關領域中，以 Siemens Westinghouse Power Corporation (西門子西屋動力公司) 專利之產出最多 (77 件)，佔專利總數之 21.9%，為投入 SOFC 專利技術研發最活躍的公司。該公司係由德國西門子(Siemens AG)公司於 1997 年底併購美國西屋電氣公司(Westinghouse Electric Corporation)發電事業部門在北美所成立，同時其研發重點從平板式 SOFC 轉向圓管式 SOFC 技術之開發。

Siemens Westinghouse 公司在 SOFC 之技術研發共計有 20 個活動年期，投入之發明人高達 75 位，也是投入研發團隊最多的公司；平均專利年齡 12 年，多為中、長期專利，顯示對此產業耕耘已久。在技術研發能力方面，Siemens Westinghouse 公司 77 件專利被引證總次數高達 513 次 (其中自我引證次數 282 次，被其他人引證次數 231 次)，引證率為 6.662，高於本研究平均引證率 2.1 甚多；技術獨立性則為 0.55，亦高

於本研究平均技術獨立性 0.06 甚多，表示其研發之技術較具獨立性，與市場技術差異性較大。

DOE 之專利產出共計 20 件，專利產出數量位居第二，專利活動年期有 11 年，投入之發明人數達 31 位，平均專利年齡 15 年，與 Siemens Westinghouse 公司同屬為中、長期專利。在技術研發能力方面，DOE 的 20 件專利被引證總次數達 156 次（其中自我引證次數 20 次，被其他人引證次數 136 次），引證率為 7.8，高於本研究平均引證率 2.1 甚多；技術獨立性則為 0.128，亦高於本研究平均技術獨立性 0.06，表示其研發之技術獨立性與市場技術差異性較大。

另外值得注意的公司包括 Delphi Technologies，雖然專利件數不多（20 件），但其平均專利年齡相當年輕（4 年），多為近期專利，同時技術獨立性高達 0.97，顯示其技術研發內容與市場現有技術差異性相當高，值得詳細研究其所屬專利。發明人中 Hsu; Michael S. 為獨立發明人，專利件數不多（5 件），但其專利被引證總次數達 43 次（其中自我引證次數 5 次，被其他人引證次數 38 次），引證率高達 8.6，顯示其專利品質高，亦值得詳細研究其所屬專利。美國精密陶瓷研究發展部門(Ceramatec, Inc.) 專利件數不多（4 件），但其專利被引證總次數達 34 次（其中自我引證次數 1 次，被其他人引證次數 33 次），引證率高達 8.5，顯示其專利品質高，值得研讀其所屬專利。

6.3 重要競爭公司歷年專利件數分析

圖 10 為上述 SOFC 重要競爭公司歷年專利件數分析，可顯示主要競爭公司歷年在此一研發領域之投入概況。由圖 10 可看出，SOFC 專利產出件數最高的 Siemens Westinghouse 公司，自 1983 年即有第一件專利產出，並相繼於 1989、1996、1999 與 2002 年達到高峰（16 件）。

Delphi Technologies 在 SOFC 專利技術領域投入較遲慢，至 2002 年才有第一筆相關專利產出，隨即於 2003 達到高峰，當年專利產出共 9 件。反觀獨立發明人 Hsu; Michael S. 在 SOFC 專利技術領域於 1986 年即有第一筆相關專利產出，期間陸續有專利產出，惟於 1994 後無相關專利產出，其原因將在後續作探討。其餘公司在 2000 年陸續有專利產出，雖然專利數量不若上述兩家公司來的多，但仍屬緩步成長。

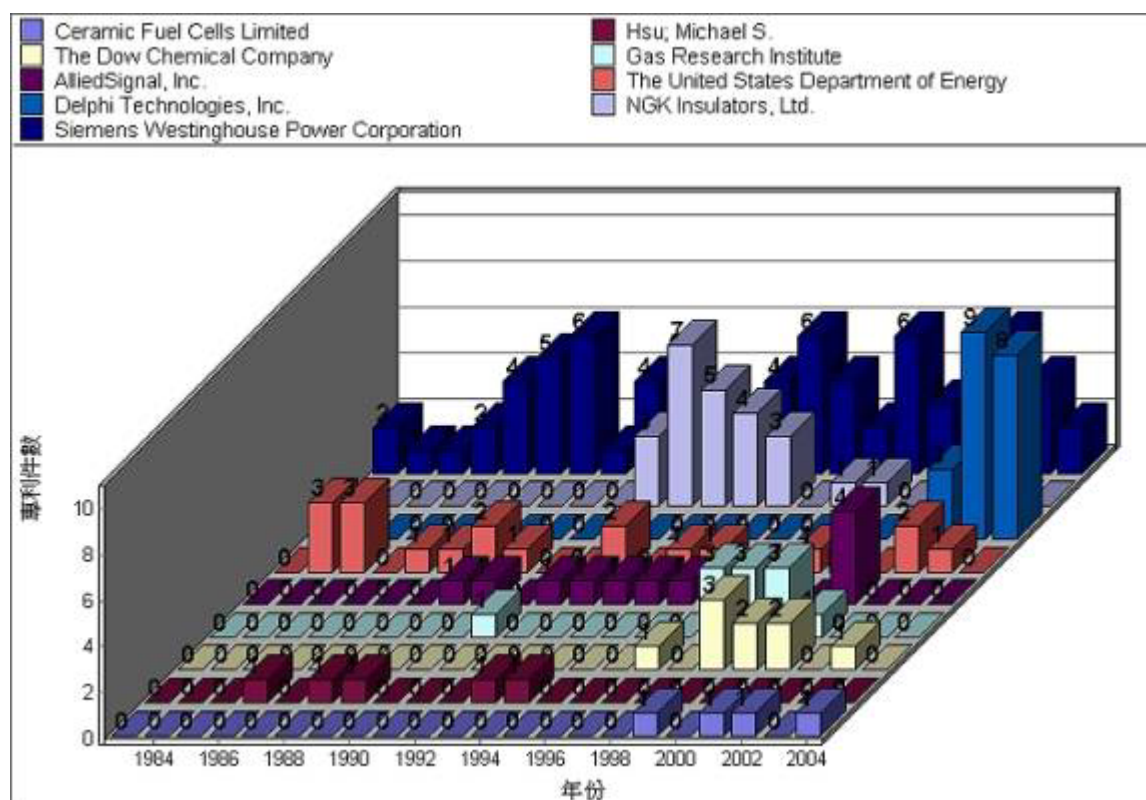


圖 10. 重要競爭公司歷年專利件數圖

7. SOFC 專利重要發明人分析

本節針對 SOFC 專利技術領域內具專利產出之重要發明人進行相關分析，包括重要發明人之專利產出數量、任職公司資訊、與歷年研發專利產出之情形等。

在本研究之 SOFC 專利技術領域中，共有 474 位發明人。表 7 之重要發明人分析列出本專案技術領域之重要發明人、任職公司及個人專利產出件數。其中 Ruka; Roswell J.、Isenberg; Arnold O.與 Singh; Prabhakar 同屬 Siemens Westinghouse Power Corporation，但三人專利重疊性不高；另外 Hsu; Michael S.早期公告專利之專利權人多以個人名義申請（5 件），1993 年之後申請之專利則以 Ztek Corporation 作為專利權人（8 件），因此在上述重要競爭公司歷年專利件數分析時才會出現 1994 後無相關專利產出之現象出現，由圖 11 觀察，此位發明人至今仍陸續有專利產出。

表 7. 重要發明人分析

發明人	所屬公司	專利產出件數
Ruka; Roswell J.	Siemens Westinghouse Power Corporation	17
Isenberg; Arnold O.	Siemens Westinghouse Power Corporation	14
Hsu; Michael S.	Hsu; Michael S., Massachusetts Institute of Technology, Ztek Corporation	13
Singh; Prabhakar	Siemens Westinghouse Power Corporation	10
Elangovan; Singaravelu	Ceramatec, Inc., Gas Research Institute, Sofco	10

Ruka; Roswell J.為在此項技術領域內擁有最多專利成果者，其專利歷年產出件數共 17 件，其專利取得年份分佈（圖 11）於 1984~2002 年間，並於 1999 年達到高峰（3 件）。另外，第二名的發明人為 Isenberg; Arnold O.，專利歷年產出件數共 14 件，其專利取得年份之分佈甚廣（1983~2003 年），美國的西屋電氣公司（後改制為西門子西屋公司）之第一篇專利(US4,374,184)為其傑作。值得注意的是 Elangovan; Singaravelu，其專利取得年份之分佈多半位於 1996~2002 年，同時於 6 年間分屬不同專利權人（Ceramatec, 1996，1 件→Gas Research Institute. 1998~2000，5 件→Sofco, 2001~2002，4 件），其後續產出之專利情形與動態值得觀察。

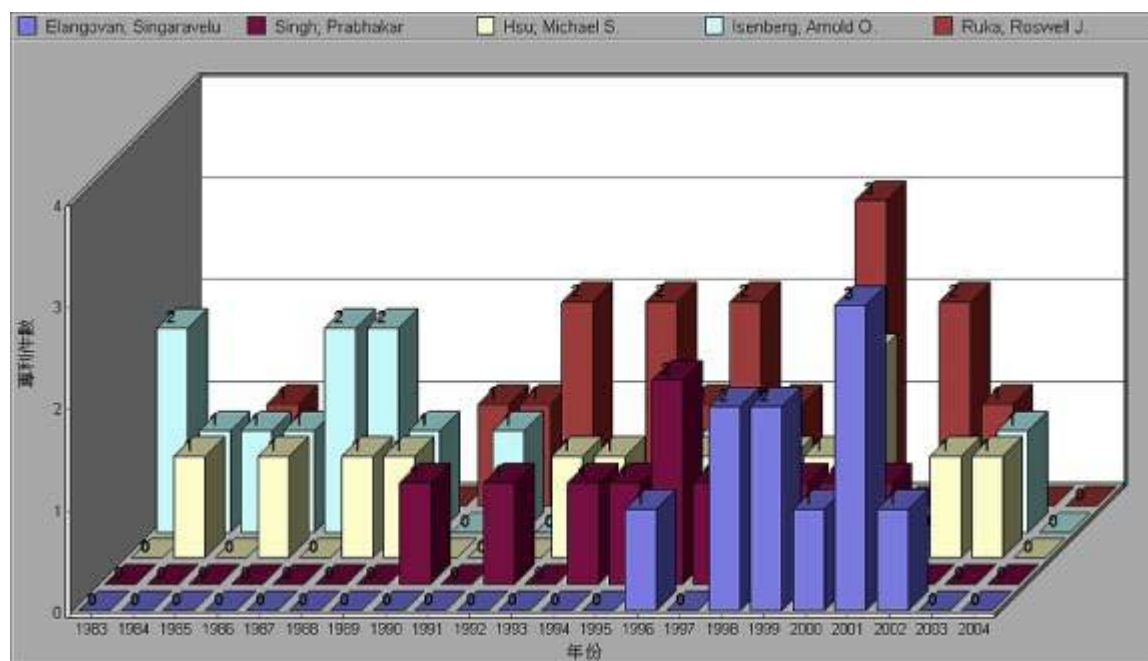


圖 11. 重要發明人歷年專利件數分佈

8. SOFC 專利之 IPC 分析

8.1 IPC 之意義

國際專利分類(International Patent Class, IPC)，是世界智慧財產組織(World Intellectual Property Organization, WIPO)制訂的一種分類系統，可提供各國專利文獻統一分類之依據，其中包括了部(section)、主類(class)、次類(subclass)、主目(main group)、及次目(subgroup)五個階層，專利審查委員在閱讀專利說明書後，會依據該專利的技術特徵，賦予一個或多個的專利分類，以利分析者進行專利檢索。

IPC 並非一成不變，而是會隨著技術演變進行調整，目前 IPC 最新版本是 2000 年 1 月 1 日公佈的第七版，共有 8 個部、120 個主類、628 個次類、與大約 69,000 個目，編排架構說明如下：

(1) 部(section)

「部」為 IPC 之主要分類大項，其所呈現的是發明專利領域之知識體系，部的名稱可視為是對該部內容之廣泛指示，且每個名稱後面都有一個主要細部展開

項目之摘要類目。目前 IPC 將整個專利發明的知識分為 8 部，以大寫字母 A 到 H 分別表示之，如表 8。

表 8. 8 部的類目

部	類目名稱
A	生活必需品
B	處理操作；運輸
C	化學；冶金
D	纖維；紙
E	固定構造物
F	機械工程；照明；加熱；武器；爆破
G	物理學
H	電學

(2) 主類(class)

「主類」係由各部之下再細分為類，主要是針對該領域之發明技術作出更明確的定義與意涵。類的記號是在部的記號後加上兩位數字作為代表（如“H01”），而每一類名稱標示該類所包含的內容。

(3) 次類(subclass)

每類之下均包含一個或多個次類，其所指示的範圍比類更為特定與詳細，亦即次類比類更接近其所指涉之發明技術內涵。次類之記號為類的記號後面再加上一個大寫字母（如“H01M”），其名稱則為能夠正確指示該次類內容的名詞。

(4) 目(group)

次類之下則再細分為多個目，較次類更能顯示特定範圍的專利技術。目又分為主目與次目；其中主目是為定義在檢索目的上有用的技術主題範圍，因此其記號顯示格式為次類字母計號之後加上 1 至 3 位數字、斜線及數字 00 組成（如“H01M 8/00”）。

(5) 次目(subgroup)

次目是主目下的細分類，其記號是在目的記號後面（斜線後面）加上至少兩位不等於 00 的數字（如“H01M 8/12”）。由於 IPC 採用十進位分類，因此任何斜線後的第 3 位或後續數字應被視為是前行數字的十進位細分數字，如 3/426 介於 3/42、3/43 之間。次目之名稱，則是限定在主目的範圍之內，利於定義檢索的技術主題範圍，而名稱之前有顯示該層次位置的一個或數個圓點，在所有情形下，次目名稱必須以從屬並受限於其上主目之名稱的方式來解讀。

表 9 為 SOFC 專利之 IPC 範例。每一個 IPC 均對應一個代表該分類的技術內容，IPC 分析可對專利技術類別進行分析，包括 IPC 專利分類分析、IPC 專利技術歷年件數分析、競爭國家分析與競爭公司分析等。利用 IPC 分析可以幫助分析者找出技術的主要領域和未開發領域，以作為研發方向的參考。

表 9. SOFC 專利 IPC 範例

H01M 8/12	
說明	
部之記號、名稱	H：電學
類之記號、名稱	01：基本電氣元件
次類之記號、名稱	M：用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置，例如電池組
目之記號、名稱	8/00：燃料電池及其製造方式
一點次目之記號、名稱	固體電解質之燃料電池
二點次目之記號、名稱	高溫工作者，例如具有穩定 ZrO ₂ 電解質者
H01M 8/12 應解讀成「燃料電池及其製造方式中具有固體且穩定 ZrO ₂ 電解質者」	

8.2 SOFC 專利之 IPC 專利分類分析

表 10 列出 SOFC 專利四階 IPC 分析前三名的技術分類及內容。每件專利大多並非只有一個 IPC 四階分類號，因此表 10 中之專利件次是代表共有多少專利件次屬於該分類，例如 US6,824,909 號專利 IPC 分類為 H01M8/02 與 H01M8/10，因此共有 2 專利件次屬於 H01M8 分類。由表 10 中可得知 H01M8、H01M4、H01M2 此三項分類為 SOFC 專利的重點領域，其中又以 H01M8「燃料電池及其製造方式」專利件數明顯較多。

表 10. SOFC 專利四階 IPC 分析前三名的技術分類及內容

IPC 分類	技術分類意義	專利件次
H01M8	燃料電池及其製造方式	368
H01M4	用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置，例如電池組之電極	57
H01M2	用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置，例如非活性部件之結構零部件或製造方法	43

由於四階 IPC 之分類技術主題範圍較為粗略，因此將 IPC 向下延伸一階來作分類探討。表 11 列出 SOFC 專利五階 IPC 分析前五名的技術分類及內容，可以得知 H01M8/10、H01M8/12、H01M8/4 等四項分類為 SOFC 專利的重點領域，其中又以 H01M8/10「燃料電池其製造方式中之固體電解質燃料電池」、H01M8/12「燃料電池及其製造方式中具有固體且穩定 ZrO₂ 電解質者」專利件數明顯較多。

表 11. SOFC 專利五階 IPC 分析前四名的技術分類及內容

IPC 分類	技術分類意義	專利件數
H01M8/10	燃料電池及其製造方式中之固體電解質燃料電池	137
H01M8/12	燃料電池及其製造方式中具有固體且穩定 ZrO ₂ 電解質者	78
H01M8/4	燃料電池及其製造方式中之輔助裝置或方法，例如用於壓力控制者，用於流體循環者	51
H01M8/6	燃料電池與製造反應劑或處理殘物裝置的結合	25

8.3 SOFC 專利重要 IPC 歷年專利件次分析

藉由 IPC 歷年專利件次分析，可以瞭解重要專利技術發展之時間趨勢。圖 12 為 SOFC 專利重要 IPC 歷年專利件次分析。由圖中可以看出，H01M8/12、H01M8/6 相關專利出現最早，第一篇專利出現於 1983 年，984 年 H01M8/10 第一篇專利出現，後續專利數目不斷成長。H01M8/4 相關專利在 1989 年才出現，之後逐年增加。這個整體趨勢可以看出 SOFC 專利技術重點，從最早整體構造設計及製造方式，發展到改良燃料氣體處理方式以提高利用率，顯示其逐漸產業化的趨勢。

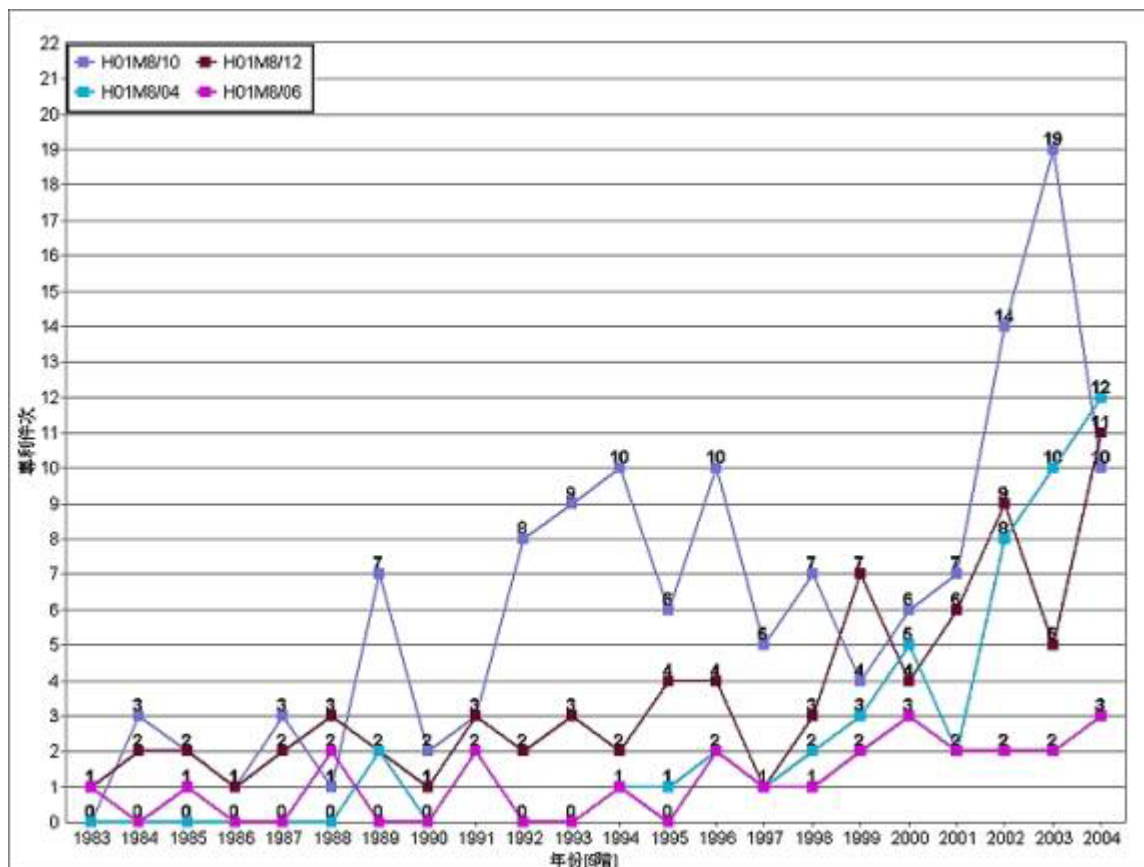


圖 12. 重要五階 IPC 專利技術歷年件次分析圖

8.4 SOFC 專利競爭國家與公司重要 IPC 專利件次分析

藉由競爭競爭國家與公司重要 IPC 專利件次分析，可瞭解各國（各公司）之技術差異性與研發重點方向。圖 13 為競爭國家重要 IPC 專利件次分析，比較專利數前兩名之主要競爭國家（美國與日本）在 SOFC 專利主要五階 IPC 分類的專利分布情形。由圖中觀察可知，美國於 IPC 專利五項分類皆大幅度領先日本，其研發成果主要來自於 Siemens Westinghouse，特別是在 20kW、100kW 與 200kW SOFC/GT 系統之製造；而日本的研發重點為 H01M8/10 及 H01M8/12 此兩項分類，其研發成果主要來自於 NGK（日本特殊陶業），該公司致力於火花塞、內燃機相關氧傳感器、爆震傳感器等生產和銷售，同時跨足燃料電池電極新材料之開發。

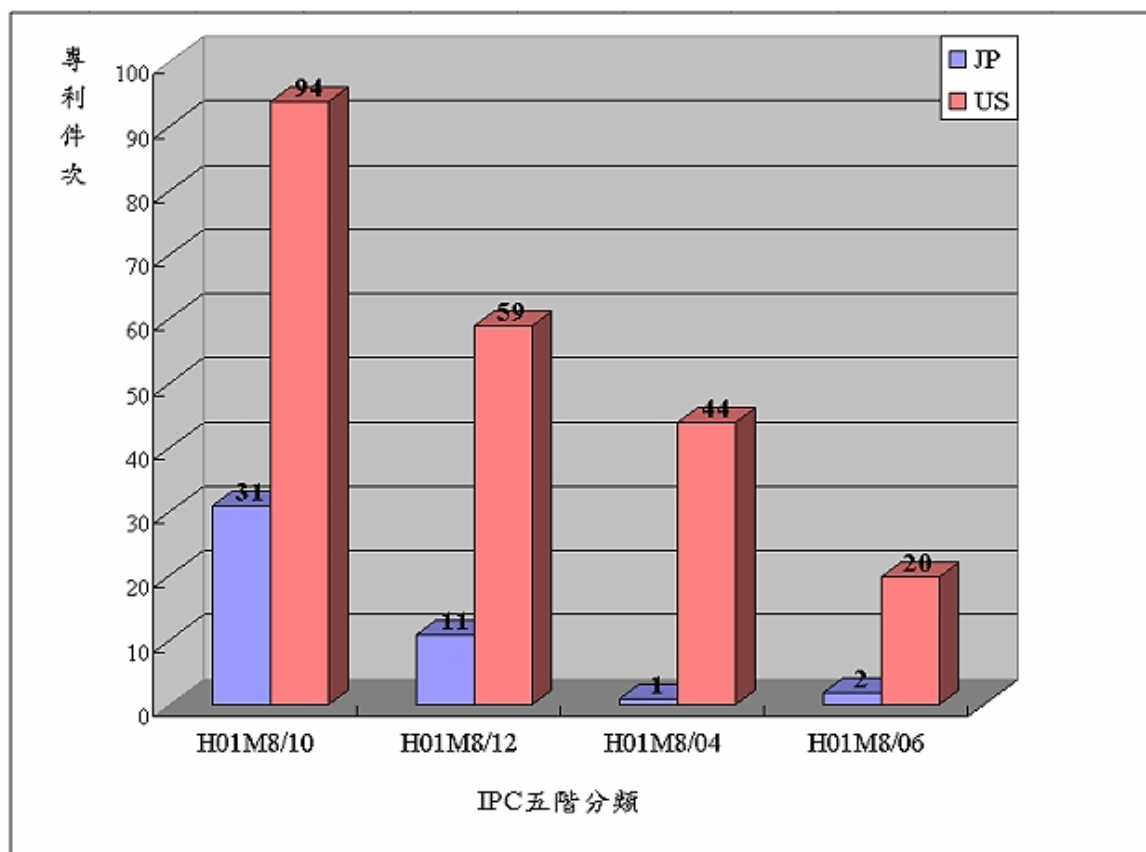


圖 13. 競爭國家重要 IPC 專利件次分析

圖 14 為競爭公司重要 IPC 專利件次分析，圖中顯示相對研發能力前九名之重要公司在上述主要五階 IPC 專利五項分類的專利分布情形。Siemens Westinghouse 在 H01M8/10 及 H01M8/12 此兩項分類之研發成果大幅度領先其他公司，顯示其研發較集中於 SOFC 整體構造之設計，相關專利分別各有 34 件與 24 件。DOE 在主要五階 IPC 分類中，較集中於 H01M8/10 此項技術，而 H01M8/6 的研究成果較少。NGK 的研究成果表現於 H01M8/10 及 H01M8/12 兩項分類，經瀏覽該公司之專利發現其技術主題多集中於金屬陶瓷電極之研發。近年來專利數量產出快速的 Delphi Technologies 專利技術之產出內容有別於上述公司，較集中於 H01M8/4 之研發。

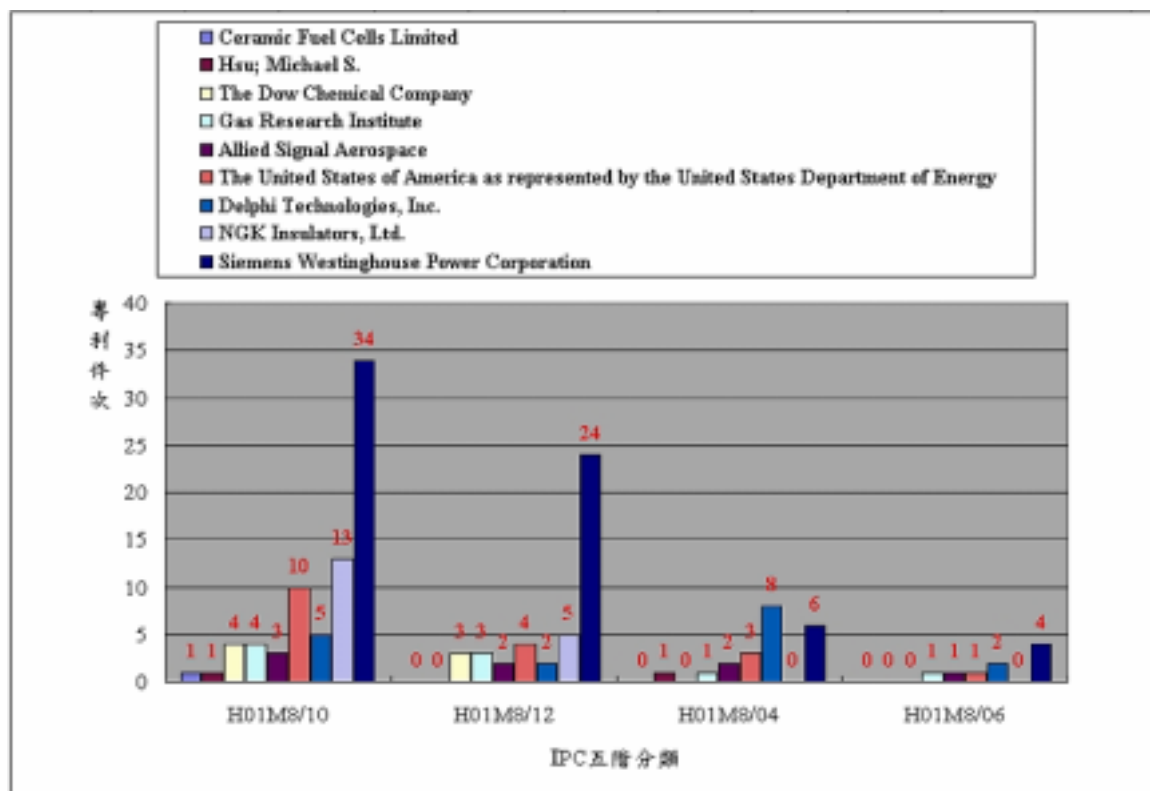


圖 14. 競爭公司重要 IPC 專利件次分析

9. SOFC 專利之 UPC 分析

9.1 UPC 之意義

雖然目前多數國家之發明專利均依據國際專利分類表予以分類，但美國仍舊採行其獨有之「美國專利分類表(United States Patent Classification, UPC)」。主要原因是 UPC 較為詳細，且修訂頻率較高。相較於 IPC 的 69,000 多個主目與次目，UPC 約有 150,000 的次類；IPC 每五年修訂一次，而 UPC 則是每兩年修訂一次，更能符合科技進步與時代變遷之需求。

UPC 編排體制是以「類」與「次類」兩個層次予以編排，彼此上下相互隸屬，編排架構說明如下：

(1) 類(class)

UPC 的第一層次為「類」，在每類之前均有說明其主題的「標題」，並以一組 1 至 3 位數的號碼表示該類。在類的範圍中，除部份尚未完全修訂外，每一類

均有其定義說明（但新式樣專利的類別則無說明）。此定義可以說明每一類的主題範圍，比簡短的標題更容易清楚表達該類所涵蓋的技術主題範圍，例如類號 348 的定義說明為「電視」、174 的定義說明為「電器：導體與絕緣體」。

(2) 次類(subclass)

類之下再細分為次類，係針對該類主題範疇再予以劃分。次類同樣以號碼表示，且與類的號碼間隔有一條斜線。由於 UPC 採類與次類的二階分類方式，因此一個完整的 UPC 分類號應同時包括類與次類的號碼，例如在「102/301」的類號中，102 代表「類」，而 301 代表針對該類細分的「次類」。

表 12 為 SOFC 專利之 UPC 範例。與 IPC 分析相同，每一個 UPC 均對應一個代表該分類的技術內容，UPC 分析可對專利技術類別進行分析，包括 UPC 專利分類分析、UPC 專利技術歷年件數分析、競爭國家分析與競爭公司分析等。

表 12. UPC 編排架構內容示範

429/30	
說明	
類之記號、名稱	429：電流產生裝置、方法與步驟
次類之記號、名稱	30：燃料電池及其組合之裝置或操作方式，如固態電解質
「429/30」應解讀成「電流產生裝置中燃料電池之固態電解質」	

9.2 SOFC 專利之 UPC 專利分類分析

表 13 列出一階 UPC 分析前兩名的技術分類及內容，可得知 429、427、與 204 此三項分類為 SOFC 專利的重點領域。與 IPC 相同，每件專利大多並非只有一個 UPC 一階分類號，因此表 13 中之專利件次是代表共有多少專利件次屬於該分類，例如 US6,833,213 號專利其 UPC 分類為 429/39 與 429/34，因此共有 2 專利件次屬於 429 分類。

表 13. SOFC 專利主要 UPC 一階分類及內容

UPC 分類	技術分類意義	專利件數
429	電流產生裝置、方法與步驟	1122
427	塗層技術	66
204	電子與波之能量	61

由於一階 UPC 之分類技術主題範圍較為粗略，因此將 UPC 向下延伸一階來作分類探討。表 14 列出二階 UPC 分析前五名的技術分類及內容，可以得知固態電解質、電化學成分組成、密封元件、平板型電極與圓管型電極等五項分類為 SOFC 專利的重點領域。圖 15 為此五項分類歷年專利件次分析，五項分類專利件數是呈現緩慢同步成長。這個整體趨勢可以看出 SOFC 細部專利技術重點，管式結構與平板式結構兩種常見的 SOFC 設計仍然持續發展，同時與平板式 SOFC 息息相關的密封元件技術（管式結構之陽極與陰極不需進行密封），亦隨著平板式結構技術之演進而專利件數持續成長。

表 14. SOFC 專利主要 UPC 二階分類及內容

UPC 分類	技術分類意義	專利件數
429/30	電流產生裝置中燃料電池之固態電解質	156
429/33	電流產生裝置中燃料電池電極之電化學成分組成	105
429/34	電流產生裝置中燃料電池之外殼、密封元件	101
429/32	電流產生裝置中燃料電池之平板型（包含圓盤型）電極及其模組	91
429/31	電流產生裝置中燃料電池之圓管型電極及其模組	89

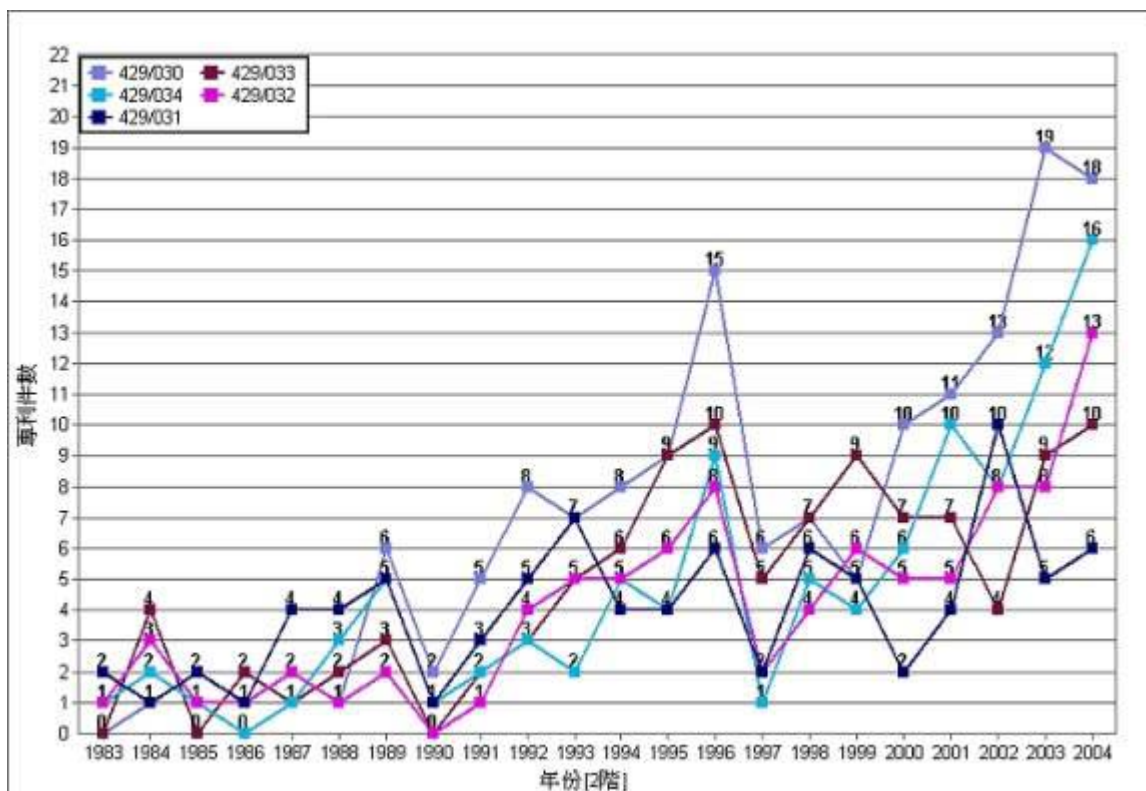


圖 15. 重要二階 UPC 專利技術歷年件次分析圖

9.3 SOFC 專利競爭國家與公司重要 UPC 專利件次分析

圖 16 為競爭國家重要 UPC 專利件次分析，比較專利數前兩名之主要競爭國家(美國與日本)在 SOFC 專利主要二階 UPC 分類的專利分布情形。由圖中觀察可知，美國於五項分類皆與日本有較大幅度之領先；而日本則較集中於 429/30 (固態電解質) 分類技術的研究。

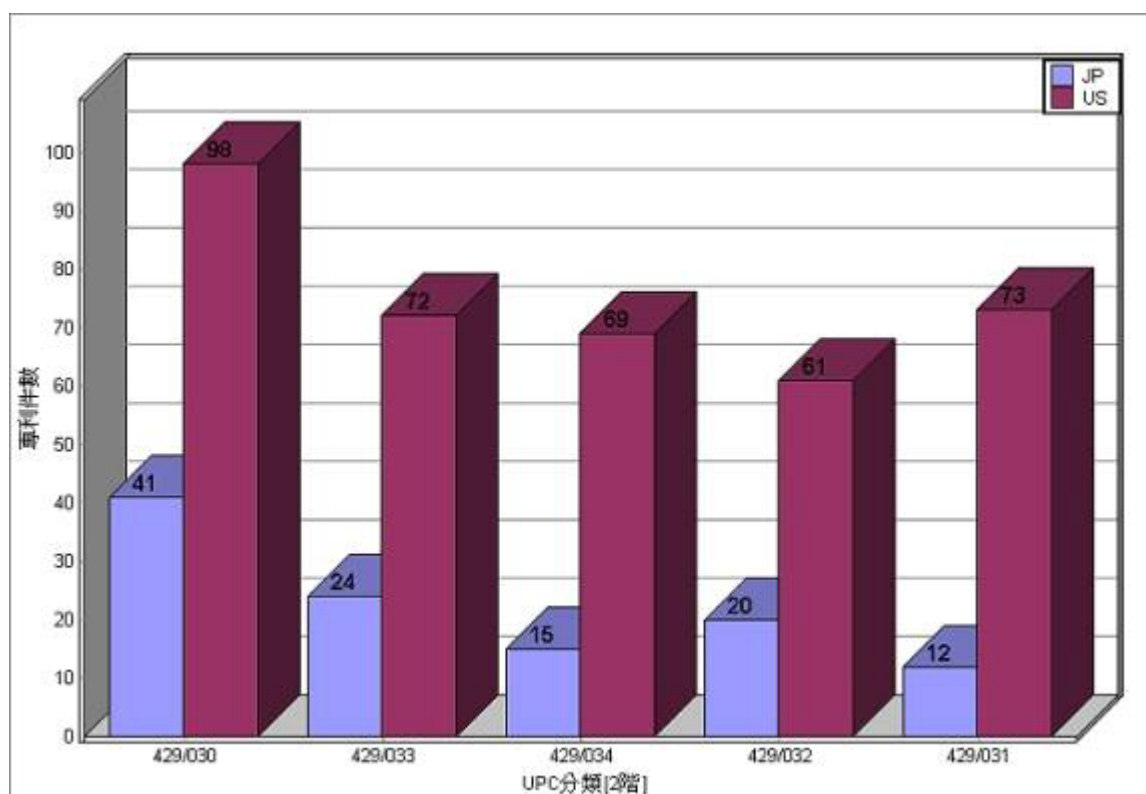


圖 16. 競爭國家重要 UPC 專利件次分析

圖 17 為競爭公司重要 UPC 專利件次分析，圖中顯示相對研發能力前九名之重要公司在上述主要二階 UPC 分類的專利分布情形。Siemens Westinghouse 於此五項分類之研發結果皆領先其他公司，同時專利件數較集中於 429/31（圓管型電極及其模組）；NGK 專利件數較集中於 429/30（固態電解質）此類技術之研發，其餘公司之專利技術發展則多分散於除了 429/31 的其他技術領域上。

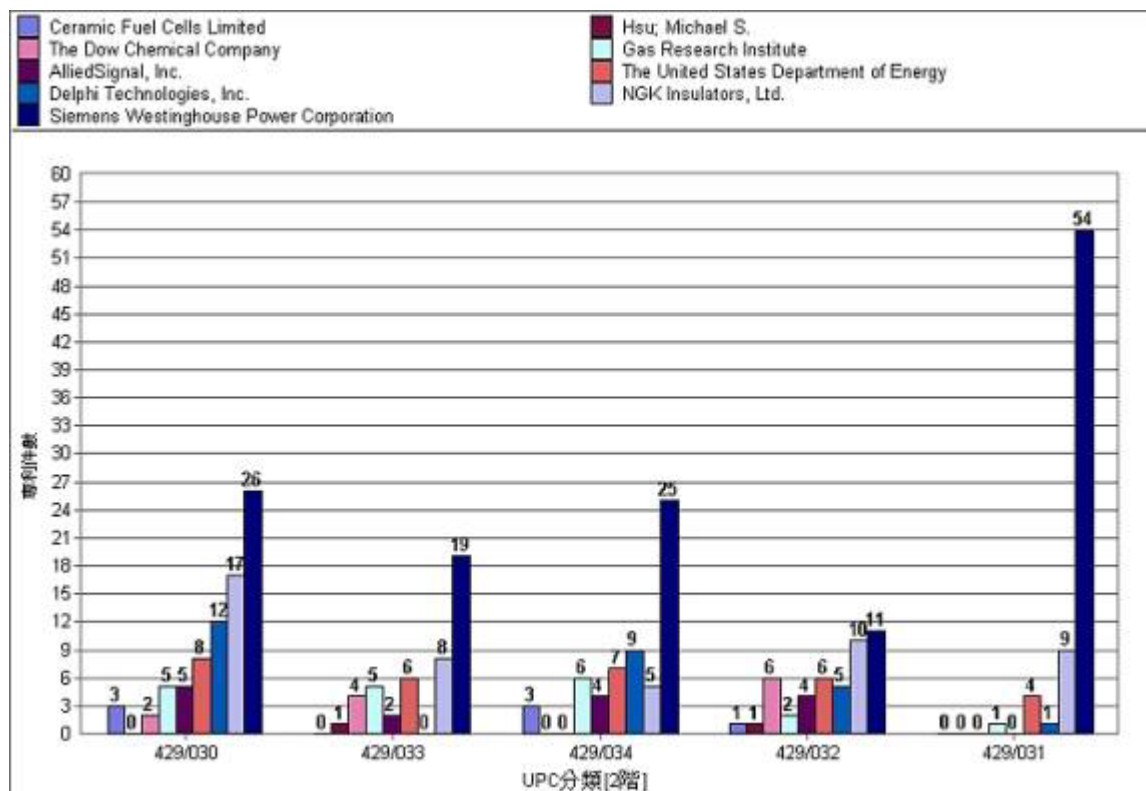


圖 17. 競爭公司重要 UPC 專利件次分析

10. SOFC 之重要引證專利分析

表 15 為 SOFC 專利交互引證前十名之列表，所謂「交互引證數」的定義即為 352 件專利中引證此篇專利的專利數，例如 US4,395,468 的交互引證數為 44，即是 352 件專利中有 44 件專利引證此件專利。需要強調的是交互引證數的比較並不一定公平，因為越早公告之專利，被引證的機率就越高，但是在客觀上仍可初步瞭解哪些專利是相對重要的。表 15 中前十名均為 Siemens Westinghouse 與 DOE 專利，初步推論如下：

- (1) Siemens Westinghouse 專利被引證率較高，一來是因為多數專利在 1990 年之前已經公告，另一方面是所申請之專利領域多為圓管式 SOFC，此類型之 SOFC 該公司早在 1960 年代即開始投注大量經費進行研究，因此被引證機率較大。
- (2) US4,395,468 為第二早（最早為 US4,374,184）出現之圓管式 SOFC，若配合圖 10 之 SOFC 歷年專利件數來作觀察，即可了解此篇專利為圓管式 SOFC 應用的源頭專利，同時也是該公司圓管式 SOFC 之專利始祖。

(3) DOE 專利在交互引證前十名中雖然只佔有 4 篇，且其技術領域多集中於平板式 SOFC，但其中 US4,476,196、US4,476,198、US4,499,663、與 US4,510,212 四篇平板式 SOFC 專利，出現時間相當早且皆於 1983/10/12 日申請，該群專利揭示了 monolithic (單石) 構造型 SOFC 之製作技術，包含同向流動型與正交流動型兩種類型。同時此四篇專利被引證次數皆超過 12 次，因此若要瞭解平板式 SOFC 之核心技術，這四篇應為相當重要之基礎型專利。

表 15. SOFC 專利交互引證前十名

專利號	交互引證數	自我引證	他人引證	專利權人	申請日	公告日	技術分類
US4395468	44	38	6	Siemens Westinghouse	1981/11/13	1983/7/26	圓管式 SOFC
US4476196	28	7	21	DOE	1983/10/12	1984/10/9	平板式 SOFC
US4476198	28	6	22	DOE	1983/10/12	1984/10/9	平板式 SOFC
US4702971	19	5	14	Siemens Westinghouse	1986/5/28	1987/10/27	圓管式 SOFC
US4874678	19	12	7	Siemens Westinghouse	1987/12/10	1989/10/17	圓管式 SOFC 固態電極研製
US4876163	19	14	5	Siemens Westinghouse	1987/12/18	1989/10/24	圓管式 SOFC 固態電極研製
US5106706	19	7	12	Siemens Westinghouse	1990/10/18	1992/4/21	圓管式 SOFC
US4894297	16	3	13	Siemens Westinghouse	1988/12/7	1990/1/16	圓管式 SOFC
US4374184	16	9	7	Siemens Westinghouse	1981/9/29	1983/2/15	圓管式 SOFC 觸媒研製
US4597170	16	13	3	Siemens Westinghouse	1985/3/28	1986/7/1	圓管式 SOFC 之塗層技術
US4751152	16	13	3	Siemens Westinghouse	1987/4/6	1988/6/14	圓管式 SOFC
US4499663	16	2	14	DOE	1983/10/12	1985/2/19	平板式 SOFC
US4510212	16	3	13	DOE	1983/10/12	1985/4/9	平板式 SOFC 固態電極研製

11. 結論與未來工作

本文完成了 SOFC 之美國公告專利檢索與分析，並繪製完成基本管理圖表。SOFC 專利件數前兩名國家為美國與日本，合計佔總件數之 89%。重要競爭公司為美國之

Siemens Westinghouse 公司、美國的 DOE、與日本的 NGK。以應用領域而言，經由二階 UPC 專利分類分析可發現，429/30（燃料電池之固態電解質）為本研究之技術密集區（156 件次），其次為 429/33（電化學成分組成）有 105 件次。

由 IPC、UPC 分析可以看出 SOFC 專利技術重點演變，管式結構與平板式結構兩種常見的 SOFC 設計仍然持續發展，同時與平板式 SOFC 息息相關的密封元件技術，亦隨著平板式結構技術之演進而專利件數持續成長。由 SOFC 之重要引證專利分析，分別找出了管式結構與平板式結構之源頭與基礎專利。因此，本研究後續將利用被引證率前十名的專利進行擴充，依 SOFC 的構型做為主軸，進行細部專利技術分析，希望從中歸納出重要的專利技術族群、技術/功效矩陣表、技術分類魚骨圖及代表性專利之技術摘要報告，以提供研發人員參考。

參考資料

黃鎮江，*燃料電池*，民 92，全華科技圖書。

詹世弘等合著，*燃料電池：新世紀能源*，民 92，滄海書局。

陳達仁、黃慕萱，*專利資訊與專利檢索*，民 91，文華圖書館管理資訊有限公司。

簡國明、洪長春、吳典熹、王永銘、藍怡平，*奈米二氧化鈦專利地圖與分析*，民 92，行政院國家科學委員會科學技術資料中心。

鄭凱安、馬仁宏、林殿琪、黃郁棻、劉瑄儀，*量子光點應用專利地圖與分析*，民 92，行政院國家科學委員會科學技術資料中心。