

太陽光電產業專利趨勢分析

鄭詠文^{*}、林峯州^{*}、鄭宇辰^{*}、蕭盛澤^{**}、王耿斌^{***}

壹、前言

貳、電力及太陽光電相關能源概述

參、七大類型太陽光電技術概要

- 一、矽晶圓太陽能電池
- 二、矽薄膜太陽能電池
- 三、無機化合物太陽能電池
- 四、有機化合物太陽能電池
- 五、染料敏化太陽能電池
- 六、量子點太陽能電池
- 七、鈣鈦礦太陽能電池

肆、全球七大類型太陽光電相關專利趨勢整體分析

- 一、各種太陽能電池歷年申請分析及功效需求
- 二、主要申請人國籍申請統計分析
- 三、全球申請流向及主要專利局分析
- 四、前十大申請人申請統計分析

伍、我國七大類型太陽光電相關專利趨勢整體分析

- 一、我國申請專利案之申請人國籍及年度申請量統計
- 二、我國申請專利案前十大申請人統計以及年度申請量

陸、結語

* 作者現為經濟部智慧財產局專利助理審查官。

** 作者現為經濟部智慧財產局專利審查官。

*** 作者現為經濟部智慧財產局專利高級審查官兼科長。

本文相關論述僅為一般研究探討，不代表任職單位之意見。

摘要

我國四面環海，能源 98% 仰賴進口，在電力無法跨國支援下，為了因應環境惡化與能源短缺，提升能源自主及多元化至為重要，發展再生能源及綠能產業是政府重要政策，現階段國內推動再生能源發展又以太陽能、風力發電為主；我國再生能源發展目標設定於 2025 年達成 20% 發電占比，其中占比最高為太陽能發電。為了瞭解相關技術發展概況，本文將太陽能電池依照光吸收層使用材料不同作一統計分析，期能得以瞭解相關技術發展概況，有助於相關產業未來分工與整合。

現階段太陽能電池發展似乎仍與各國政策息息相關，所有類型太陽能電池主要追求功效皆為提高效率，矽晶圓太陽能電池仍為市場主流且製造技術最為成熟，其餘各種類型太陽能電池皆屬薄膜太陽能電池，主要優勢為具可撓性且可大面積生產，但大多存在實際轉換效率不如矽晶圓太陽能電池，除了鈣鈦礦太陽能電池，短短數年發展，其最高光電轉換效率已達 22%，直逼矽晶圓太陽能電池。

關鍵字：太陽光電、專利分析、矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機化合物、染料敏化、量子點、鈣鈦礦

solar photovoltaic、patent analysis、silicon wafer、silicon thin film、inorganic compound、organic compound、dye-sensitized、quantum dot、perovskite

壹、前言

我國天然資源缺乏，大部分能源須仰賴進口，且四面環海，電力跨國支援不易；近年來全球趨於暖化，氣候變遷已成為國際社會共同面對的挑戰，1997年「聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change，UNFCCC）締約國」提出的「京都議定書」於2005年正式生效，目標為減少二氧化碳的排放；對此，我國於2015年施行「溫室氣體減量及管理法」，明定2050年長期減量目標，因此提升能源自主及多元，減少石化燃料使用至為重要。我國再生能源發展目標設定於2025年達成20%發電占比，其中占比最高為太陽能發電，為了瞭解相關技術發展概況，以下將依照太陽能電池依照光吸收層使用材料不同作一統計分析。

貳、電力及太陽光電相關概述

為落實能源自主及促進綠能產業發展，行政院於2016年通過「綠能科技產業創新推動方案」¹，即「5+2」產業創新之一環，期以推動綠能科技產業，達成能源轉型及促進經濟發展，全面推動包含節能、創能、儲能及智慧系統整合之能源轉型，藉由產業需求帶動研發能量，並輔以研發能量驅動產業發展，打造綠能創新產業，研發新興綠能技術，發展太陽光電、風力發電、智慧電表等綠能產業，以期提升綠能科技、促進產業發展及創造就業機會。

再生能源發展目標期在2025年達成20%發電占比，其中，太陽能不僅可應用於電廠，亦適合於住宅發電，計劃在2025年達到20GW設置目標，其中屋頂型為3GW，地面型為17GW；行政院為鼓勵設置太陽光電系統，於2016年成立「能源及減碳辦公室」，協助經濟部推動「太陽光電2年推動計畫」，以加速我國太陽能發電量，該計畫分為屋頂型（中央公有屋頂、工廠屋頂、農業設施等）及地面型（鹽業用地、嚴重地層下陷區域且不利耕作農地、水域空間及掩埋場等）；因屋頂型所涉及之面向較為單純，設置速度相對較快；為鼓勵產業與住商參與，

¹ 能源及減碳辦公室，綠能科技產業創新推動方案進度及成果，行政院，<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/f87e0e0d-8967-4767-838d-d49e19760878>（最後瀏覽日：2019/04/23）。

經濟部再於2017年啟動「綠能屋頂全民參與」推動方案，加速屋頂型太陽能安裝，預計提前至2020年達成屋頂型3GW目標，並將修訂再生能源發展條例，以利降低大樓安裝太陽能障礙。

2017年通過「電業法修正案」，建立「綠能先行、多元供給」之政策，將全面開放太陽能、風力發電等綠電的發電與直供售電，建立能源多元供給及有利於綠能產業發展的市場；透過多元方案及誘因措施，推動「綠能屋頂全民參與」，藉由綠能屋頂，以期達成美化市容，建立分散式自發自用之乾淨能源，並改善空汙。

太陽光電系統係將光能轉換成電能，可分為電廠發電集中型與用戶端分散型兩種，輸出電力與諸多參數相關，如：距離、緯度、季節、溫度、天候、電池模組方位與傾斜角度等。輸出電力為直流電，可直接輸出提供負載（如燈管、直流馬達）之使用，或對蓄電池充電將電能儲存其中，亦可加裝售電電表與市電並聯，將電力賣給台電。

2017年全球太陽光電累積容量為384.6GW，其中，中國大陸130.6GW正式超越歐洲109.5GW躍升為第一，而日本為49.0GW、美國41.3GW、南韓5.1GW、我國1.7GW。目前市場主流為矽晶圓太陽能電池，轉換效率較高，其包含單晶與多晶兩種型態，共占約近九成市場，產業之上游為矽材料、晶錠、矽晶圓、周邊材料（玻璃、軟性基材、氣體、靶材、漿料、染料及電極材料等），以及設備等相關產業，中游為太陽能電池、模組，以及下游之系統建置。

參、七大類型太陽光電技術概要

太陽能電池隨著光吸收層使用材料不同，可以分成許多類型，圖1為美國國家可再生能源實驗室（National Renewable Energy Laboratory，NREL）所公布歷年各類太陽能電池之光電轉換效率圖（Best Research Cell Efficiency Records）²，其中，光電轉換效率高至低大致為：一、多接面電池（multi junction cells）類型（紫

² Best Research-Cell Efficiency Chart, NREL, <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html> (last visited Apr. 23, 2019).

線)，為堆疊結構，不同接面吸收不同波長範圍，故整體光電轉換效率可提升；二、矽晶電池（crystalline Si cells）類型（藍線）；三、薄膜（thin film）類型（綠線），包含無機化合物及非晶矽薄膜；四、新興（emerging）材料類型（橘線），包含有機化合物、染料敏化、量子點、鈣鈦礦（Perovskite）等，近年來除矽晶圓轉換效率發展趨緩以外，其餘轉換效率幾乎不斷提升，尤其是鈣鈦礦，現今幾乎與多晶、銅銦鎳硒（Cu（In, Ga）Se₂，CIGS）或碲化鎘（CdTe）相當。

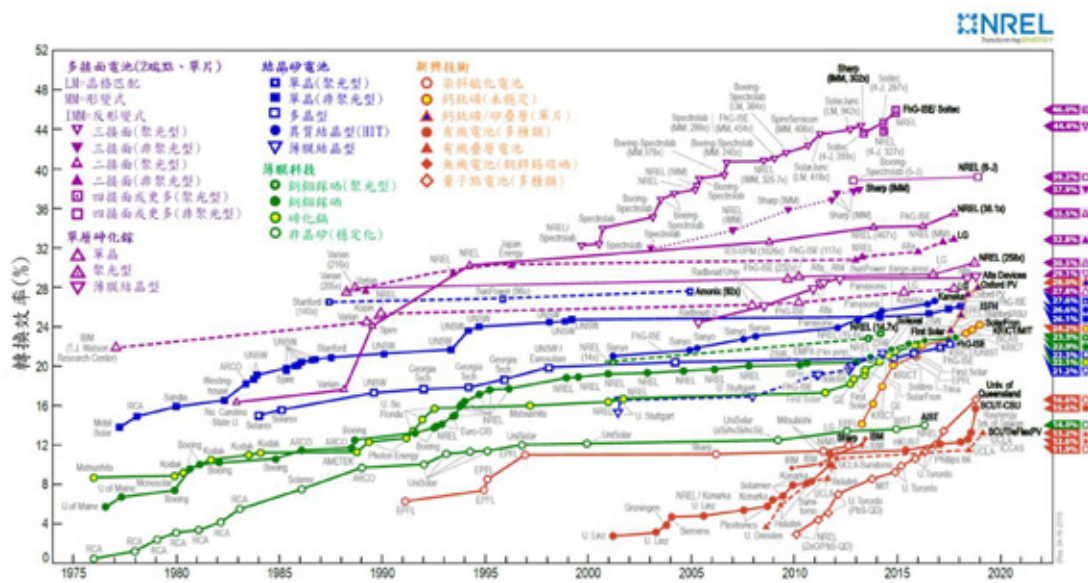


圖 1 各類太陽能電池之光電轉換效率³

本文主要參考此圖，依照光吸收層使用材料不同，將太陽能電池大致分為矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機化合物、染料敏化、量子點、鈣鈦礦等七大類型。

一、矽晶圓太陽能電池

矽晶圓太陽能電池大致可分為單晶、多晶及非晶三種矽晶圓，其中，單晶矽之晶體排列結構規則，電子遷移率較大，轉換效率較高，電池外觀顏色較深，成本較高；三者基本結構相似，如圖2所示，主要為p-n二極體、抗反射層、電極等。工作原理基於光伏特效應，當價電帶（valence band）之電子吸收光能而躍遷到導電帶（conduction band），而原電子所在價電帶之處形成空缺為電洞；電子電洞

³ Id.

對受內建電場影響，電子往 n 型半導體移動，電洞往 p 型半導體移動，而形成電流（包含電子與電洞），可將太陽能電池連接負載（負荷 load）形成電路之迴路（circuit loop）而輸出電力。

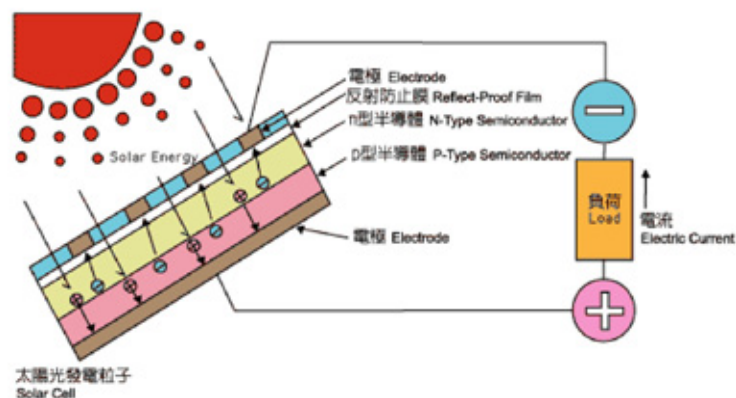


圖 2 太陽能電池主要結構⁴

矽晶圓太陽能電池之主要缺點為矽吸光係數較低、電池厚重且無法彎曲、受限於矽晶圓大小、要在真空中處理、製造成本偏高、有高耗能及高污染的疑慮、汰除模組回收處理問題等。

二、矽薄膜太陽能電池

矽薄膜太陽能電池主要可分為非晶矽、低溫多晶矽、微晶矽及奈米晶矽等，其共通點為較輕薄且需沉積於基材層上，目前電池結構可區分為表板結構型（Superstrate）和基板結構型（Substrate），主要差別在於光進入到矽薄膜不同的方向，目前以表板結構型為主。

矽薄膜太陽能電池之主要結構係由透明導電膜（Transparent Conductive Oxide, TCO）、p 型、本質半導體、n 型、金屬所構成的 p-i-n 元件組成，發電原理大致上與矽晶圓太陽能電池相同，而製程是使用化學氣相沉積法（Chemical Vapor Deposition, CVD）製作矽薄膜，可以使用大面積且低成本的基板，缺點則有轉換效率低、嚴重光劣化現象等問題。

⁴ 劉建惟，漫談太陽能電池的發展，法務部調查局，https://www.mjib.gov.tw/FileUploads/eBooks/6ccff9663d1149b184ad4823686eb7b9/Section_file/509ac371058640d2b3df1baf25cb15a8.pdf（最後瀏覽日：2019/04/23）。

三、無機化合物太陽能電池

發電原理大致上與矽晶圓太陽能電池相同，就吸收層形式的不同，大致可分為化合物結晶型及化合物薄膜型，其製造方法通常是在玻璃或柔性基板上，藉由沉積或結晶一層無機化合物作為吸收層，最常見的為砷化鎵、磷化銦鎵結晶等 III - V 族及碲化鎢、硫化鎢等 II - VI 族，以及銅銦硒（CuInSe，CIS）、CIGS 等多元化合物作為吸收層；若將不同能隙的化合物半導體材料，進行不同薄膜層的堆疊形成多接面型構成，則可吸收不同波長的光譜，進而提升轉換效率；其製備方法大致上如濺鍍、CVD、電流沉積法、磊晶、液相延伸法等。

無機化合物太陽能電池具有一般矽薄膜太陽能電池的優點，而且較矽薄膜太陽能電池效率高，但由於組成物屬於稀有、劇毒或重金屬之元素，如砷、鎵、碲、鎢等，對環境可能造成嚴重的污染，汰役電池的處理亦為問題；而多元化合物及多接面太陽能電池，具有敏感的元素配比和複雜的多層結構，對生產技術及設備的要求十分嚴格，仍有良率難以保持之問題。

四、有機化合物太陽能電池

有機化合物太陽能電池包含一般有機化合物、聚合物及小分子等材料所構成薄膜太陽能電池，大致可分為：小分子、有機肖特基（Organic Schottky）、高分子／無機奈米複合材料、高分子／C60 奈米複合材料等太陽能電池。

常見結構大致為將吸收層夾在兩個電極間，一電極常為透明的 ITO 陽極，另一為金屬（如 Al 等）陰極，吸收層和電極之間可視需要加入其他修飾層。

基於光誘導電化學效應，運作原理如圖 3 所示可分為：1、激子產生（Exciton Generation）：光子吸收、吸收層分子激發及激子產生，2、激子擴散（Exciton Diffusion）：激子傳遞轉移至 D / A 交界，3、激子分離（Charge Separation）：激子分離及載荷產生，4、電荷收集（Charge Collection）：載荷傳輸與收集。

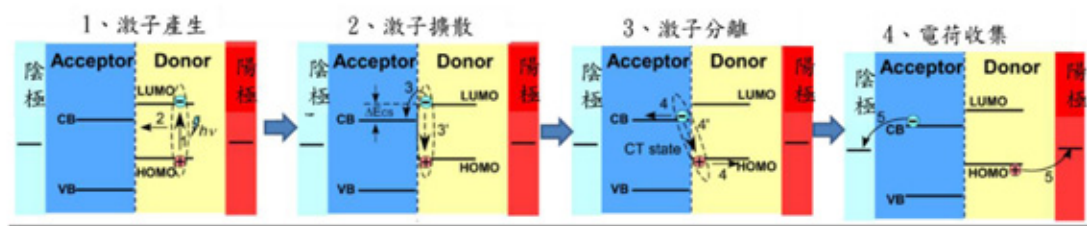


圖 3 有機化合物太陽能電池工作原理示意圖⁵

最高理論效率比矽晶圓高，具有製程簡單、容易大面積化等特性，還有質量輕、延展性好、材料廣泛容易化學合成、可低溫溶液製程、室內或弱光情形下轉換效率較高等優勢，但其仍有許多問題，如：電子與電洞束縛能較大、光活性範圍小（吸收波段大部分集中在可見光）、無序結構、轉換效率不高、載流子遷移率低、給體—受體激子電荷分離能量損失大、熱穩定性及耐久性差等缺點。

五、染料敏化太陽能電池

染料敏化太陽能電池（Dye Sensitized Solar Cell, DSSC）主要由光陽極（工作電極）、對電極、電解質和導電基板等所組成，光陽極使用奈米級 TiO_2 晶粒與有機分子染料做為材料，染料分子吸收太陽光激發出電子，這些光生電子經 TiO_2 導帶傳輸到導電玻璃基底，通過外電路流向對電極形成光電流；亦屬光誘導電化學反應。

染料敏化太陽能電池與有機化合物太陽能電池具有類似的優點，是一種廉價的薄膜太陽能電池，主要缺點有：轉換效率低、穩定性及持久性不佳、染料在紫外光區吸收很少太陽光，利用率低且容易發生團聚現象、奈米結構缺陷多、鉑對電極價格昂貴、電荷傳輸電阻較大、液態電解質穩定性差且存在封裝問題。

⁵ Ruchuan Liu, *Hybrid Organic/Inorganic Nanocomposites for Photovoltaic Cells*, 7 MATERIALS 2747, 2749 (2014).

六、量子點太陽能電池

量子點太陽能電池結構大致分為⁶：1、量子點中間能帶太陽能電池，以量子點為吸收層的 p-i-n 電池，2、量子點敏化太陽能電池（Quantum Dot Sensitized Solar Cell，QDSSC），在染料敏化電池中用量子點取代染料分子作 TiO_2 層的敏化劑，3、有機／無機半導體太陽能電池，把量子點陣列與有機聚合物結合起來，即奈米晶／聚合物太陽能電池。

QDSSC 是在 DSSC 的基礎上發展而來，採用無機窄能隙的半導體量子點作為敏化劑，克服了傳統染料吸光範圍較窄的缺點，理論上量子點敏化太陽能電池具有 44% 的高轉換效率，但實際轉換效率仍然偏低。

七、鈣鈦礦太陽能電池

鈣鈦礦太陽能電池的主要結構分為基於多孔型非平面結構與基於平面異質結構；前者係將鈣鈦礦材料作為光敏化劑覆蓋在多孔結構的 TiO_2 上，其結構為透明導電電極／ TiO_2 緻密層／鈣鈦礦敏化的多孔 TiO_2 層／空穴傳輸層／金屬電極；後者之鈣鈦礦既是光吸收層，又是電子和空穴的傳輸層，透明電極上的 TiO_2 ／ ZnO 層與鈣鈦礦形成平面異質結構，製程較簡單⁷。

鈣鈦礦太陽能電池之基本原理係將光照射到 P-N 結構上時，此時 N 區和 P 區之間產生電動勢，鈣鈦礦材料的介電常數大、激發能低，吸收光子產生電子—電洞對並解離，電子遷移至 TiO_2 ，電洞遷移至固態電洞傳輸材料（Hole Transport Material，HTM），電子和電洞分別經電池兩側 FTO 和金屬電極收集，並產生電流。

鈣鈦礦是分子式為 ABX_3 之陶瓷氧化物，目前主要研究為甲胺碘化鉛（ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ），其中鈣、鈦和氧等離子分別被甲基銨、鉛、碘離子取代，甲胺碘化鉛具有優異光電特性，包括：低缺陷態濃度、高吸收係數、高量子效率、高載流子遷移率，但仍存在下列缺點：鈣鈦礦晶體在潮濕環境下容易分解、密封技術有待發展、穩定性低、含有少量的鉛、目前只在小面積中實現高效率。

⁶ 趙杰，新型高效太陽能電池研究進展，物理 40 卷 4 期，頁 233、238，2011 年 4 月。

⁷ 田思宇，鈣鈦礦太陽能電池發展的關鍵問題，http://www.sohu.com/a/125984750_472924（最後瀏覽日：2019/04/23）。

肆、全球七大類型太陽光電相關專利趨勢整體分析

本報告利用世界智慧財產權組織（World Intellectual Property Organization，WIPO）所發布之國際專利分類號（International Patent Classification，IPC）綠能清單（Green Inventory）中太陽光電技術 IPC 類位，搭配相關關鍵字，將前述七大類型之太陽能電池，利用 Derwent Innovation（DI 資料庫），統計優先權年在 2006 至 2016 年之間的專利案件；為了更接近當時政治經濟產業等情況，以下將以優先權年⁸（若無則為申請年）來呈現，以專利家族（Derwent World Patents Index，DWPI 定義的同族專利，優先權必須完全相同）為單位，專利家族可能有好幾「件」專利，同一專利家族算為一「族」專利。

一、各種太陽能電池歷年申請分析及功效需求

圖 4 為全球各種太陽能電池歷年專利家族數分布，圓圈大小與數字代表專利申請量，由圖可知整體申請量集中在矽晶圓、無機化合物以及有機化合物，前兩者目前商業化較高，而同屬商業化的矽薄膜則受限於轉換效率遠低於矽晶圓及無機化合物，價格只在矽晶圓原料大漲時具有競爭力，有淡出市場的趨勢。除了鈣鈦礦以外，大致上申請量先升後降，最高點出現在 2011~2013 年，其中商業化越普及的類型（如矽晶圓等）較早達到申請高峰，以上走勢似乎是因為 2008 年底美國發生金融危機，加上歐債肆虐，歐美相關業者接二連三出現破產潮，隨著各國陸續降低補貼政策，各國業者隨著影響的程度亦減少布局，然此時中國大陸由於官方政策性補助，以及令業界稱羨的內需市場，成功扶植出具有龐大規模且上下游整合完整的業者，加快了太陽能市場的成長，也許帶動專利申請量不斷增加，適時填補其他各國減少的申請量，但也導致矽晶圓太陽能電池的產能暴漲，使 2011 年太陽光電產品供過於求，價格下跌，造成 2012 年中國大陸申請量也下降，但在中國大陸官方補助及內需市場，2016 年部分類型（矽晶圓、矽薄膜及有機化合物）疑似因為中國大陸大量申請又呈現反轉的態勢。

鈣鈦礦近年才出現，自 2013 年後呈現爆發性成長，可能是因為極短時間內轉換效率直逼矽晶圓，再加上發展初期，結構演變自染料敏化太陽能電池，吸引相關業者與研發人員投入。

⁸ 優先權年即優先權日之年份。

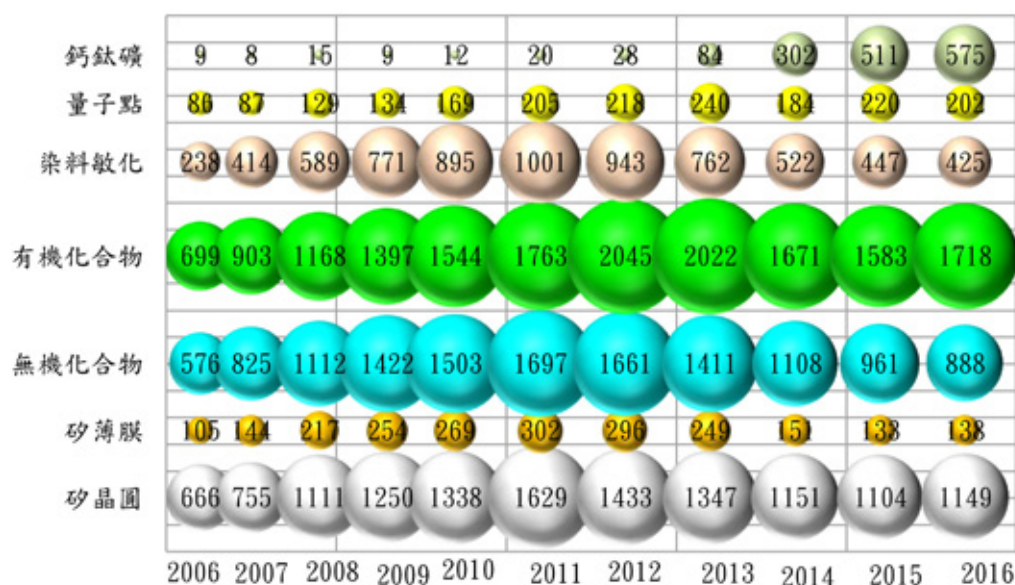


圖 4 各種太陽能電池（全球）歷年專利家族數（優先權年）

太陽能電池在功效需求上，大致分為提高效率、提升性能、降低成本、提高產量、擴大用途及環境友善等六類，如圖 5 所示：

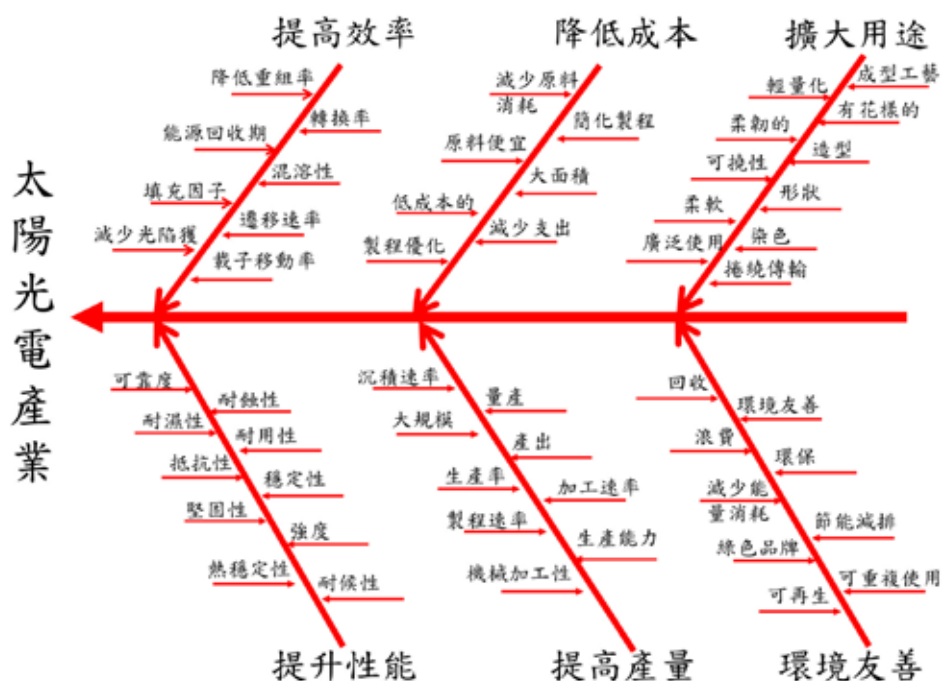


圖 5 各種太陽能電池主要功效需求

若將各類型太陽能電池以功效需求來分析其專利申請量，如圖 6 所示，其主要關注功效大致相同，第一目標皆為提高效率；其次為降低成本與提升性能，此第二及第三目標大致又可以商業化區分為兩大陣營：已商業化者（如矽晶圓、矽薄膜）為降低成本，然而提升性能的數量與其差異不大；尚未商業化者（如有機化合物、染料敏化、量子點及鈣鈦礦）則為提升性能，其申請量明顯領先降低成本，而無機化合物似乎由於主要成本支出在於材料的取得，因此不易降低成本，也是以提升性能為主，然而兩者數量並沒有明顯的差異。第四及第五為提高產量或擴大用途，大致也可以商業化區分為兩大陣營：已商業化者（如矽晶圓、矽薄膜）為提高產量，擴大用途的數量與其差異也不大；尚未商業化者（如有機化合物、染料敏化、量子點及鈣鈦礦）則為擴大用途，而無機化合物亦以擴大用途為主。環境友善明顯有較大之落差，其中以矽晶圓所占比例較高，這可能也是因為矽晶圓商業化最高，除了生產流程需符合環保，汰役廢棄物的處理也是必須面對的問題。

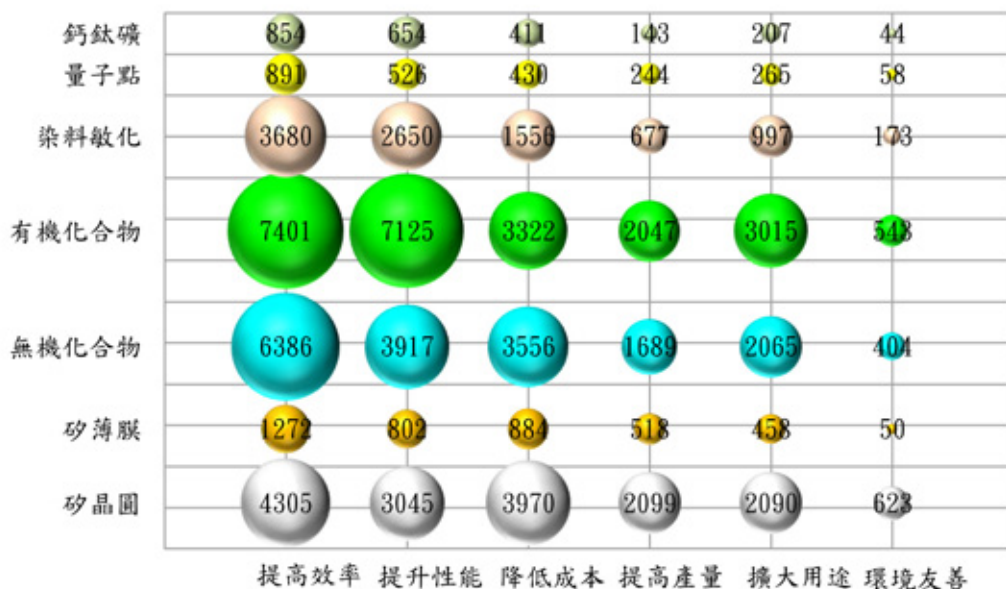


圖 6 各種太陽能電池功效狀況統計

將七種類型太陽能電池所包含的 49,219 族專利家族，以 DI 資料庫 ThemeScape 專利地圖進行分析，可得到圖 7 之專利地圖，依製程、模組及吸收層材料進行分類，大致上可分為三區，圖中紅線範圍為不同的吸收層材料技術，分為矽晶圓、矽薄膜（非晶矽）、無機化合物（II—VI 族、III—V 族及多元化合物）、有機化合物、染料敏化、量子點及鈣鈦礦等七種；黃線部分為蓄電池、基板、透明導電層、吸收層、傳輸層及電極等模組；藍線區域為製造方法及製造裝置等製程技術。

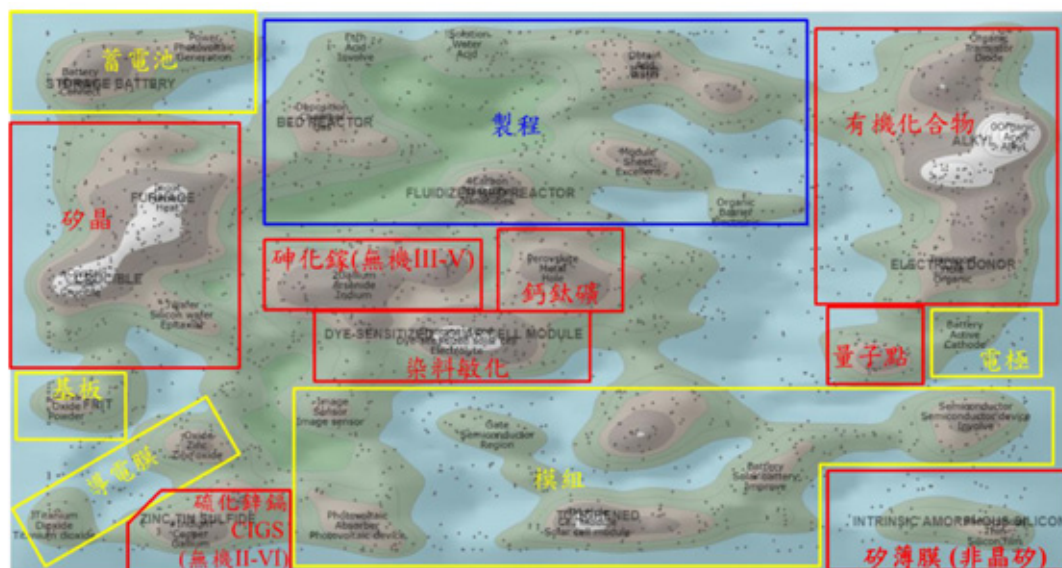


圖 7 太陽光電專利全球分布專利地圖

二、主要申請人國籍申請統計分析

圖 8 為主要申請人國籍專利家族數比例，前兩大申請人國籍為中國大陸（35.5%）、日本（21.4%），專利家族數皆有 10,000 族以上，其次依序為南韓（15.4%）、美國（14.9%）、歐洲（9.3%）、我國（3.5%），可見太陽能電池現階段主要研發國家都在亞洲。

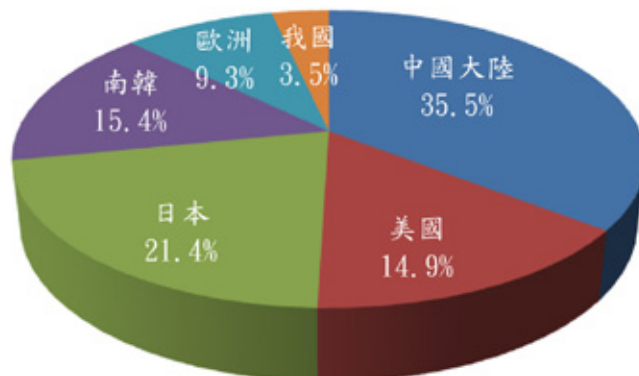


圖 8 各種太陽能電池（全球）主要申請人國籍比例

圖 9 為各種太陽能電池主要申請人國籍專利家族數統計，第一大申請國除了染料敏化為日本外，其他均為中國大陸；第二大除了上述兩國之外，美國在無機化合物與量子點排行第二，而這兩者所使用之材料大致相同，可見美國在無機相關研究較為深入，在這兩個類型日本則落到第三；對於矽薄膜、有機化合物、染料敏化及鈣鈦礦，前三大都為亞洲國家，我國除了在矽薄膜領先歐洲外，其餘都落在第六，又除了染料敏化，與其他國家都存在明顯落差。

在矽晶圓與鈣鈦礦兩個類型，第一大申請國中國大陸申請量更是第二名的兩倍以上，且矽晶圓中第二的日本與第三的美國也有兩倍以上的差異；矽薄膜第一大與第二大雖然差異不大，但是第三名之後的申請量明顯大幅減少，似乎除了中國大陸與日本以外，並不看好此項技術；染料敏化則是第四名之後也明顯大幅減少，似乎歐美等國並不看好此項技術。

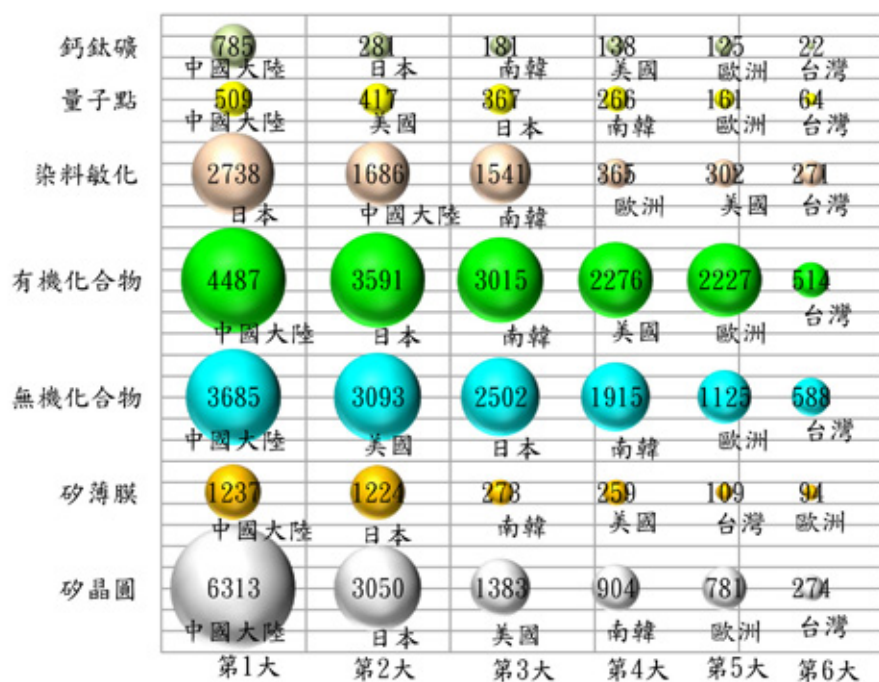


圖 9 各種太陽能電池（全球）主要申請人國籍專利家族數

圖 10 為各種太陽能電池第一大申請人國籍之歷年申請狀況，除了染料敏化為日本以外，第一大申請國均為中國大陸，主要為官方政策性扶持所造成，其趨勢與各種太陽能電池歷年整體專利家族數類似，除了鈣鈦礦在 2014 年出現爆炸性成長，之後年年創新高以外，其餘各類型申請量大致上先升後降再升，下降幅度不大，且在 2016 年都有創新高的趨勢。

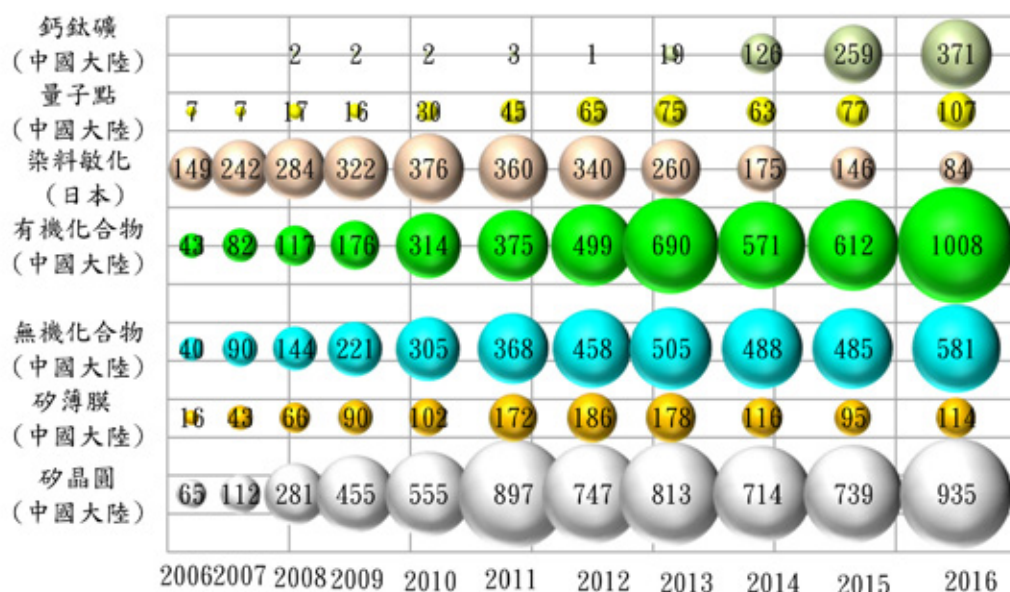


圖 10 各種太陽能電池（全球）第一大申請人國籍歷年專利家族數

若對各種太陽能電池第一大申請人國籍達成功效之申請狀況來分析，如圖 11 所示，趨勢大致上與各種太陽能電池整體功效狀況統計類似，除了有機化合物在提升性能微幅領先以外，各類型主要關注功效大致也是提高效率。

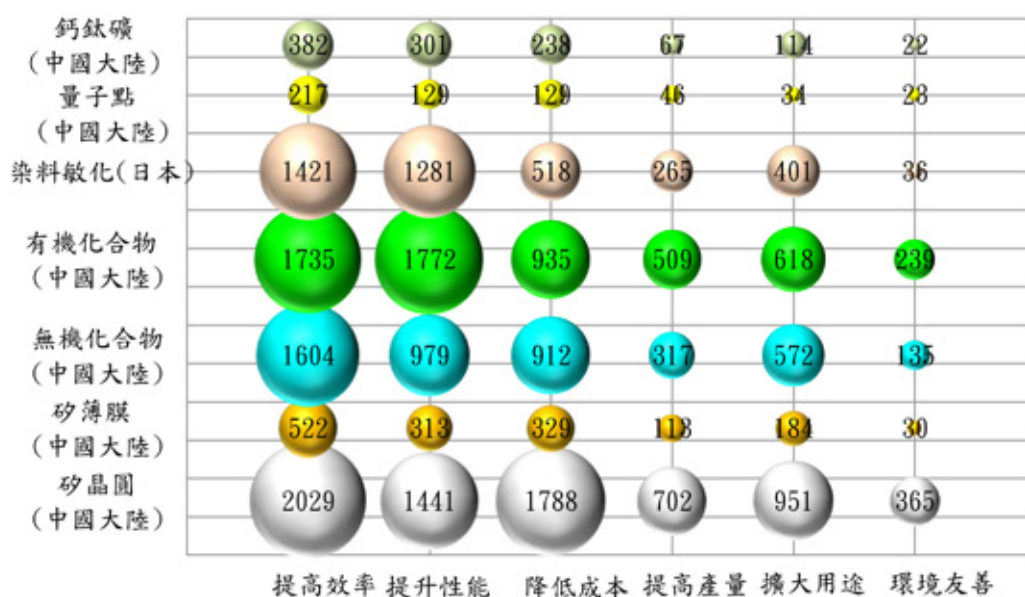


圖 11 各種太陽能電池（全球）第一大申請人國籍與達成功效矩陣分析

三、全球申請流向及主要專利局分析

圖 12 為各國申請人於各專利局之申請量統計，大致上可發現各國申請人主要還是在該國申請居多，中國大陸此一現象更是明顯，其雖然申請量最多，但是集中在國內，可見其並未進入競爭較為激烈的全球市場。各國申請人除了在其本國申請外，海外申請首選為美國，可見申請人認為美國在本領域還是主要市場，其次為中國大陸。在海外布局數量最多的為日本，其次為歐洲，顯示著日本為該領域之主要技術輸出國，其在各地的申請量皆大於各國到日本的申請量。

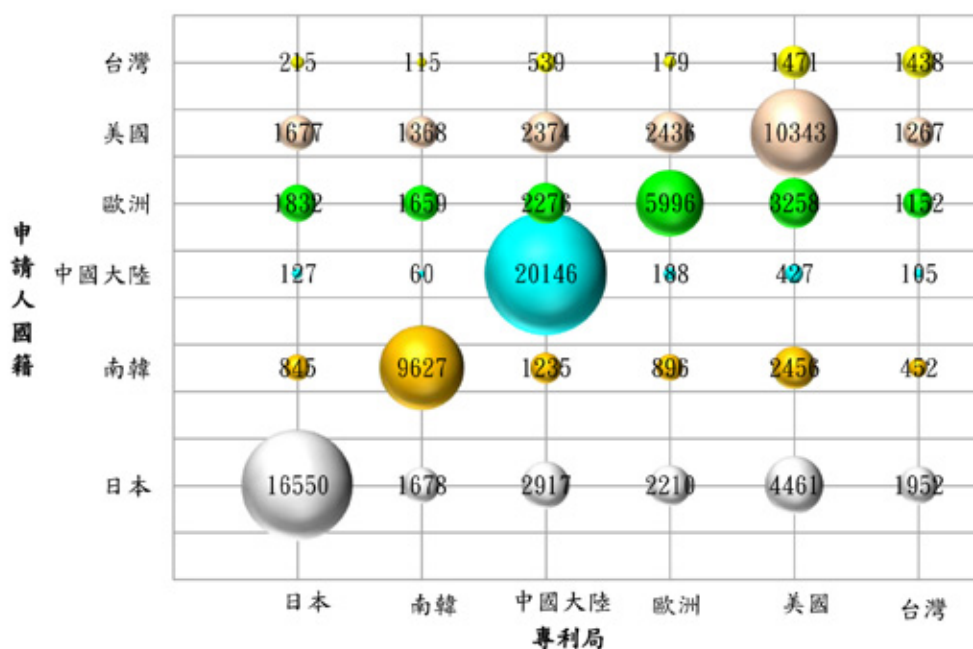


圖 12 各種太陽能電池（全球）主要申請人國籍與專利局矩陣分析

圖 13 為各國申請人於主要專利局提出申請之流向圖，件數由多至少依序為中國大陸、美國、日本、南韓、歐洲及我國，其中日本、中國大陸、南韓的申請件數中，該國申請人申請量超過一半，而歐洲、美國及我國，該國申請人申請量則不到一半。

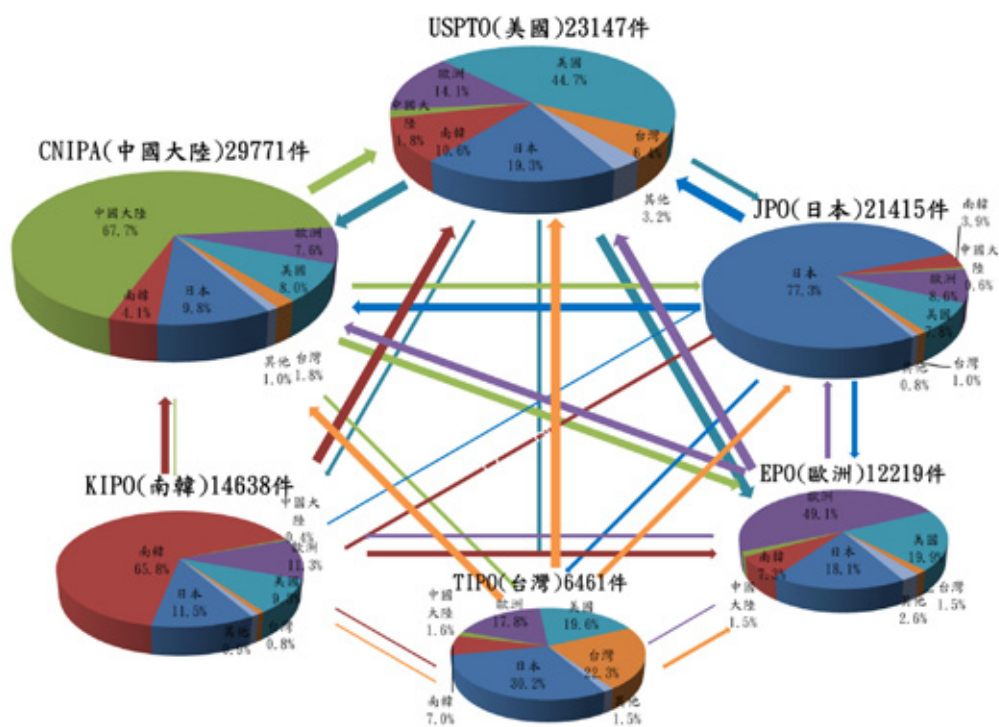


圖 13 各種太陽能電池（全球）申請流向圖

圖 14 為各種太陽能電池各申請國專利件數與家族族數比例統計，即平均一族專利家族包含的專利件數，可能代表海外布局或分割案多寡。就各類型來看，矽晶圓平均專利家族數最為龐大，這應該與商業化有關，各廠商為了市場考量，大規模進行海外布局；就申請國家來看，除了在矽薄膜，歐洲平均為 3.17，僅次於美國的 3.26，其餘各類型，歐洲平均專利家族數最為龐大，其次為美國，接著為日本、我國及南韓；中國大陸似乎較熱中在其國內申請，因此，除了在矽晶圓有 1.31 件，其餘各類型每族專利家族包含的專利件數不到 1.1 件，這應該與中國大陸的專利政策有關，再加上其知識產權局對於中國大陸人民與廠商申請專利給予大量優惠，收費較低，且各省或市級政府又有額外的補助所導致。

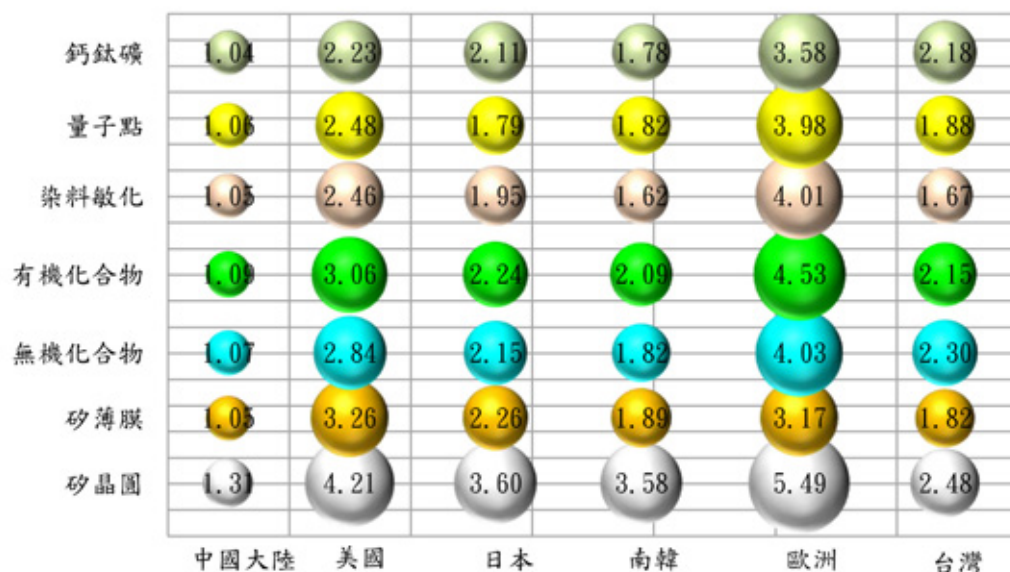


圖 14 各種太陽能電池（全球）申請人國籍專利件數及專利家族數比例

圖 15 為此一期間申請人向各國專利局提出專利件數之比例分布，前三大受理申請之專利局為中國大陸（27.7%）、美國（21.5%）、日本（19.9%），件數皆有 20,000 件以上，其次依序為南韓（13.6%）、歐洲（11.4%）、我國（6%）。

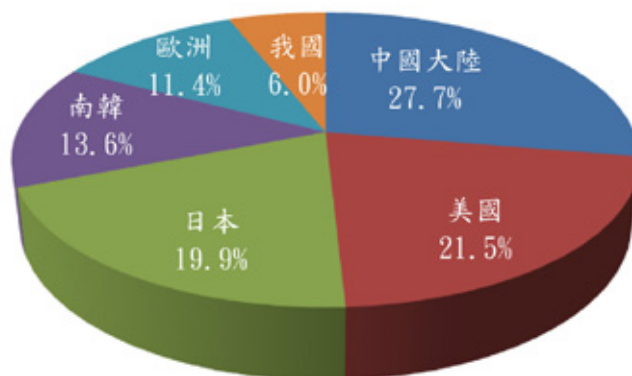


圖 15 各種太陽能電池（全球）於主要專利局專利件數之比例

各種太陽能電池收件數量最多之專利局的歷年專利件數統計如圖 16 所示，除了無機化合物與量子點數量最多的專利局為美國，染料敏化為日本之外，其餘都為中國大陸；於中國大陸公開的數量大致上除鈣鈦礦一路增加，其餘皆先升後降再升，在 2016 年都有呈現波段高點的趨勢，而在美國及日本都是先升後降，其中無機化合物最高點出現在 2009 年，染料敏化在 2010 年，矽晶圓在 2011 年，矽薄膜、量子點在 2012 年，有機化合物、鈣鈦礦在 2016 年；矽晶圓、有機化合物及量子點皆存在一些波動，矽晶圓及有機化合物在 2013 年曾出現波段高點，量子點則在 2008 年存在波段高點。

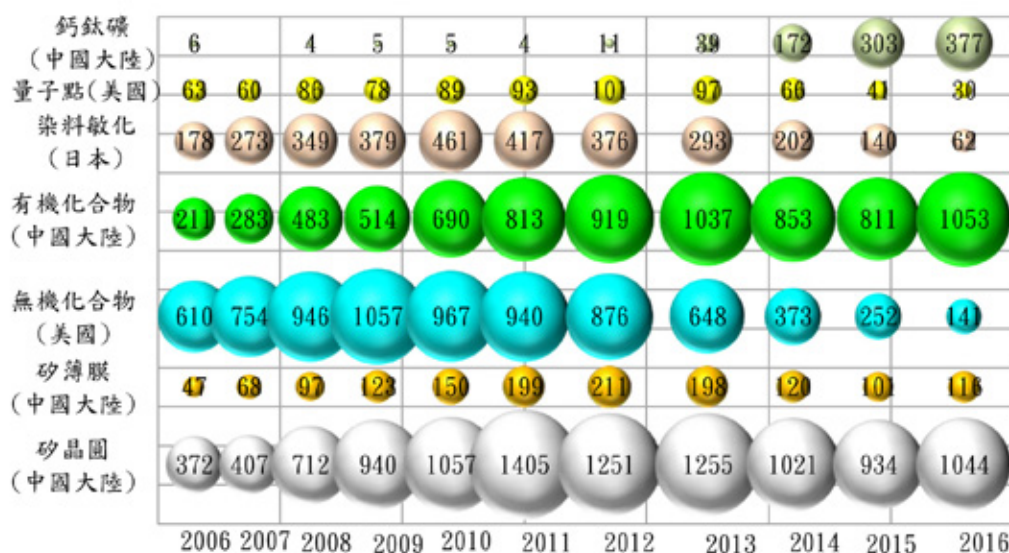


圖 16 各種太陽能電池（全球）收件數量最多之專利局的歷年專利件數

四、前十大申請人申請統計分析

各種太陽能電池前十大申請人如圖 17 所示，就第一大申請人分析，矽晶圓為日本 SUMCO（勝高），矽薄膜為中國大陸同春新能源，無機化合物及有機化合物均為南韓 LG，染料敏化為日本藤倉，量子點為南韓三星，鈣鈦礦為日本積水化學。就十大申請人國籍分析，矽晶圓包含中國大陸 6 個、日本 2 個、南韓及歐洲的德國各 1 個；矽薄膜包含日本 4 個、中國大陸 3 個、南韓 2 個、美國 1 個；

無機化合物包含日本 3 個、南韓、美國及中國大陸各 2 個、我國 1 個；有機化合物包含南韓 4 個、日本 3 個、歐洲的德國 2 個、中國大陸 1 個；染料敏化包含日本 6 個、南韓 3 個、歐洲的德國 1 個；量子點包含日本 5 個、南韓及美國各 2 個、中國大陸 1 個；鈣鈦礦包含中國大陸 3 個、日本及南韓各 2 個、歐洲的德國及瑞士各 1 個。

我國唯一進入前十大的申請人是台積電，在無機化合物排行第 7，其餘各類型都未進入前十大，除了矽晶圓亦為台積電之外，我國申請量最多的幾乎都是工研院。

無機材料與有機材料相關領域，兩者申請人的重疊性幾乎不大，也就是跨領域的廠商並不多，僅南韓的三星及 LG，這可以看出南韓的產業特性。至於有機材料相關領域，甚多申請人跨種類申請，如有機化合物的 LG、馬克專利⁹、富士軟片；染料敏化的積水化學、馬克專利、富士軟片、LG，以及鈣鈦礦的積水化學、富士軟片、LG、馬克專利。其中鈣鈦礦更與染料敏化中部分公司申請人重複，可說明這兩者之構造及原理的相似性，在加上鈣鈦礦提出至今時間較短，但轉換效率已直追矽晶圓，因此吸引眾多染料敏化相關申請人投入。此外，相關技術越新，申請人中學術研究單位越多，如鈣鈦礦就有 5 個學術機構提出申請。

⁹ 德國馬克專利公司（MERCK PATENT GMBH）。

	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機化合物	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
第1大	SUMCO(勝高) 535	同春新能源 71	LG 295	LG 533	藤倉 172	三星 60	積水化學 53
第2大	中能矽業 484	中國南開大學 44	三星 243	馬克專利 484	積水化學 124	富士通 46	富士軟片 34
第3大	新昇半導體 317	三菱電機 40	IBM 213	海洋王照明 386	柯尼卡美能達 119	京瓷 41	LG 26
第4大	信越 278	東旭 38	第一太陽能 210	三星 344	三星 116	霍尼韋爾 31	馬克專利 21
第5大	LG 273	夏普 32	中國電子科技集團 144	住友化學 289	東進世美肯 111	富士軟片 27	華中科技大學 20
第6大	昱輝陽光能源 264	LG 28	住友電氣 141	柯尼卡美能達 250	新力 109	夏普 23	韓國化學研究所 19
第7大	瓦克化學 182	鍾淵化學 25	台積電 120	富士軟片 216	馬克專利 104	南韓科學技術學院 22	洛桑聯邦理工學院 19
第8大	英利綠色能源 144	東京威力科創 25	京瓷 118	巴斯夫 195	大日本印刷 104	日本電氣 20	中國東吳大學 18
第9大	同春新能源 144	三星 24	夏普 110	南韓科學技術學院 166	富士軟片 102	中國科學院 20	寧波大學 17
第10大	山迪光能 140	應用材料 21	中國科學院 109	德山金屬 153	LG 89	太平洋光技術 19	
台灣第1大	台積電 32	工研院 14	台積電 120	工研院 78	工研院 44	工研院 8	工研院 3

圖 17 各種太陽能電池（全球）前十大申請人專利家族數¹⁰

圖 18 為各種太陽能電池第一大申請人歷年申請數量統計，其中日本有三個（矽晶圓、染料敏化及鈣鈦礦），南韓有三個（無機化合物、有機化合物及量子點），中國大陸在矽薄膜也占有一個，全都為亞洲國家，大致上申請量先升後降。

第一大申請人中，矽晶圓為日本 SUMCO，最高點在 2008 年，也是唯一申請量突破三位數，然而在 2015 年也有一波段高點；矽薄膜為中國大陸同春新能源，最高點在 2013 年，且所有申請量集中於該年，2009 年以前未發現有任何申請，2015 年以後則大幅萎縮；有機化合物為南韓 LG，最高點在 2013 年；無機化合物為南韓 LG，染料敏化為日本藤倉，量子點為南韓三星，三者最高點皆在 2011 年；各類型申請量皆存在一些波動起伏；鈣鈦礦為日本積水化學，最高點在 2015 年。

¹⁰ 鈣鈦礦太陽能電池第 10 大申請人共有五個申請人並列，專利家族數皆為 16，分別為：韓國成均館大學、英國牛津大學、日本松下電器、中國大陸北京大學深圳研究生院、日本東芝。

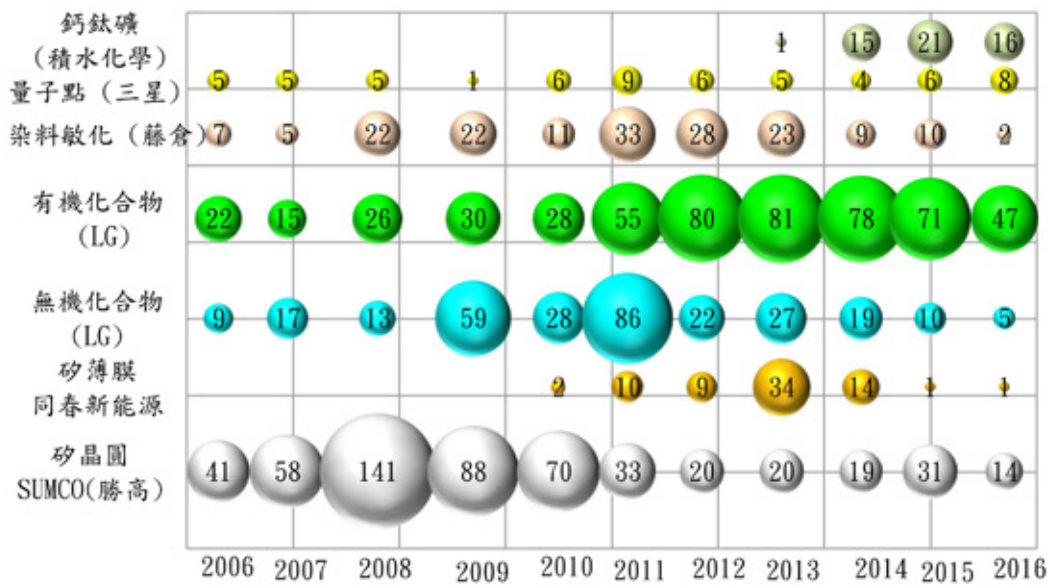


圖 18 各種太陽能電池（全球）第一大申請人歷年專利家族數（優先權年）

圖 19 為各種太陽能電池第一大申請人與達成功效矩陣分析，矽晶圓的 SUMCO 除了在環境友善布局較少，其餘功效申請量差距不大，大概都有將近或超過 110 件，最高的依序為提高產能、提高效率、降低成本；矽薄膜的同春新能源主要關注功效為擴大用途；染料敏化的藤倉依序為提升性能、提高效率，接著為降低成本及擴大用途，兩者差異不大，而提高產量與環境友善則較少布局；無機化合物的 LG、有機化合物的 LG、量子點的三星及鈣鈦礦的積水化學主要依序為提高效率及提升性能。

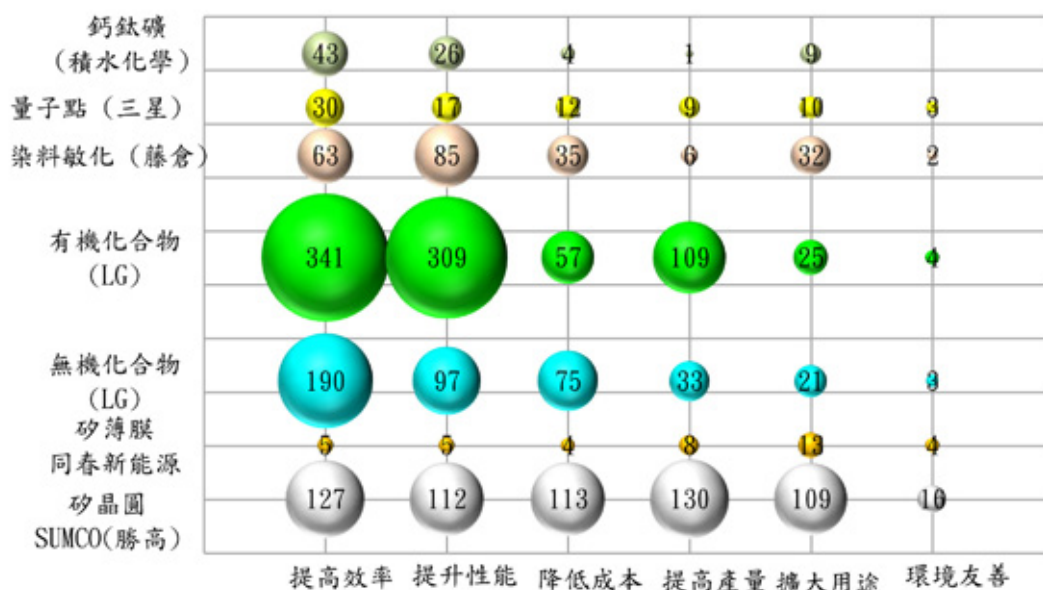


圖 19 各種太陽能電池（全球）第一大申請人與達成功效矩陣分析

伍、我國七大類型太陽光電相關專利趨勢整體分析

以本局全域專利資料檢索系統資料庫對於優先權年在 2006 至 2016 年之間，各國在我國公開的專利之統計分析，係補充 DI 資料庫對我國國民於本地申請專利案收錄可能不完整。

一、我國申請專利案之申請人國籍及年度申請量統計

將所篩選的 4,816 件與太陽光電相關的專利進行申請人類型之分析，大致可分為三大類：公司、學術機構及個人，公司申請人為最多（73.0%）、其次為學術機構（23.0%），個人申請則占 4.0%，顯示整體太陽光電相關技術已具有相當的成熟度。

將七大類型依申請人類型進行分析，如圖 20 所示，公司申請人的比率，由高至低為：矽晶圓、有機化合物、矽薄膜、無機化合物、染料敏化、量子點及鈣鈦礦；其中矽晶圓、矽薄膜與無機化合物等太陽能電池為目前已商業化之產品，各公司於我國進行專利布局的比率高；至於有機化合物太陽能電池的比率高達

(75.30%)，疑似因為部分有機化合物太陽能電池與 OLED 材料可共用，且相對於其他種類（染料敏化、量子點及鈣鈦礦）而言，發展時間較長，因此專利的布局較多。至於學術機構，在染料敏化、量子點及鈣鈦礦所占比率高達 34.90%、33.90% 以及 39.22%，顯示各大學、法人、研究機構在該等領域從事研發及布局較踴躍；而個人申請，則以量子點的申請比率最多。

專利權人態樣	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機化合物	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
公司	83.2	72.33	67.93	75.30	63.00	57.80	56.86
學術機構	11.5	22.53	28.11	21.50	34.90	33.90	39.22
個人	5.2	5.14	3.96	3.20	2.10	8.30	3.92
全部件數	1031	481	1135	1484	525	109	51

圖 20 各種太陽能電池（我國）申請人類型比例

圖 21 為各種太陽能電池歷年申請數量，由此圖可知，各種太陽能電池在我國申請數量與全球整體之趨勢大致皆呈現先升後降，但仍略有差異。

於我國所申請的專利中，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機化合物、染料敏化之申請量最高峰為 2009 年，隨後逐年減少。因在我國申請專利的申請人國籍，以我國為主，我國相關產業業者對於相關局勢變化又較為敏感，主要因素包括 2008 年國際油價飆升至新高，歐美政策補助或補貼太陽能產業引起我國廠商的投資興趣，相關專利的研發數量持續創新高；但由於中國大陸以政策方式進行補貼、融資等手段大量扶植中國大陸太陽能產業，導致中國大陸以外的業者因難以競爭而退出市場或倒閉消失，故於 2010 年起中國大陸以外各國申請數量大幅下降，而中國大陸廠商對於在我國申請缺乏興趣，因此在我國相關專利申請的數量上，較不受中國大陸申請數量年增的影響。

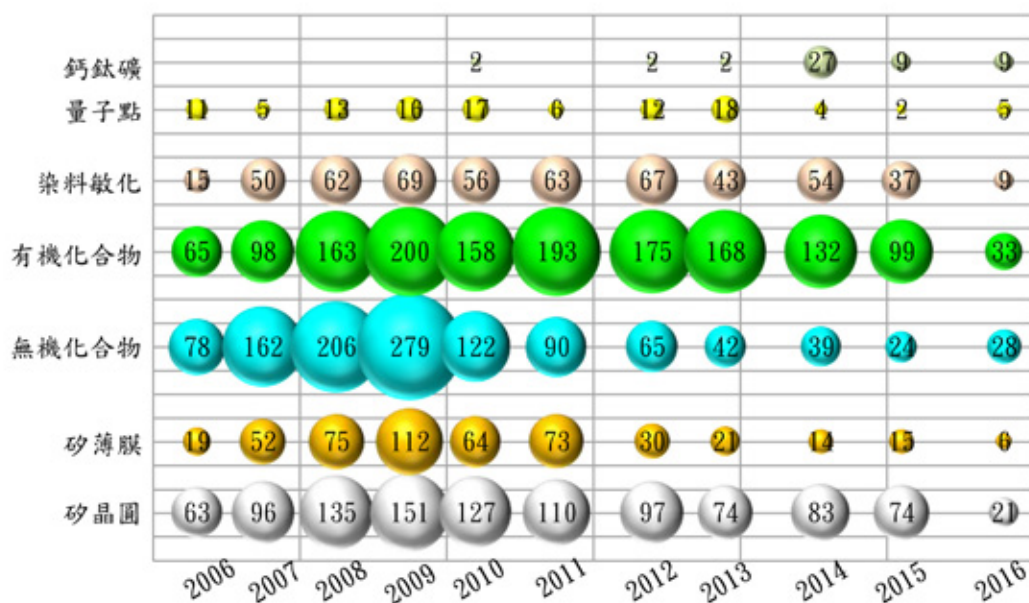


圖 21 各種太陽能電池（我國）歷年申請件數（優先權年）

將申請人的國籍進行分析，其中以本國籍申請人占 42.3% 最多，其次為日本（17.2%）、美國（15.8%）、歐洲（15.4%）、南韓（6.3%），中國大陸及其他國籍各占 1.0% 與 2.0%，主要在我國布局的外國申請人以日本、美國與歐洲等申請人為主。以各國專利申請人與各種太陽能電池進行矩陣分析，如圖 22 所示，各種類的申請量，原則係以本國專利申請人為多數，尤其以無機化合物更為突出；日本、歐洲及南韓申請人以有機化合物太陽能電池專利申請為主；美國與中國大陸申請人以矽晶圓專利申請為主。有機化合物太陽能電池的專利申請量最多為歐洲，疑似馬克專利於我國布局很多相關的專利。至於其他各種太陽能電池，外國申請人第一大分別為：矽晶圓（日本）、矽薄膜（美國）、無機化合物（美國）、染料敏化（日本）、量子點（美國）及鈣鈦礦（歐洲）。

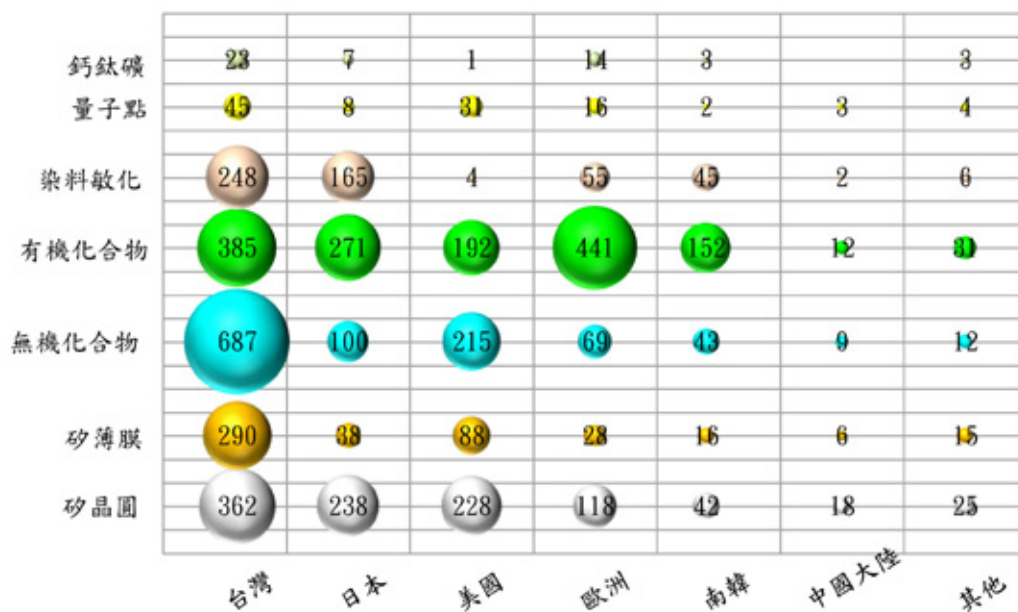


圖 22 各種太陽能電池（我國）主要國籍申請件數

圖 23 所示為各種太陽能電池第一大申請人國籍的歷年申請數量趨勢，如前所述除了有機化合物太陽能電池為歐洲外，其餘均為我國國籍申請人為主；至於第一大專利申請人的歷年申請趨勢，則與在我國申請整體趨勢類似。

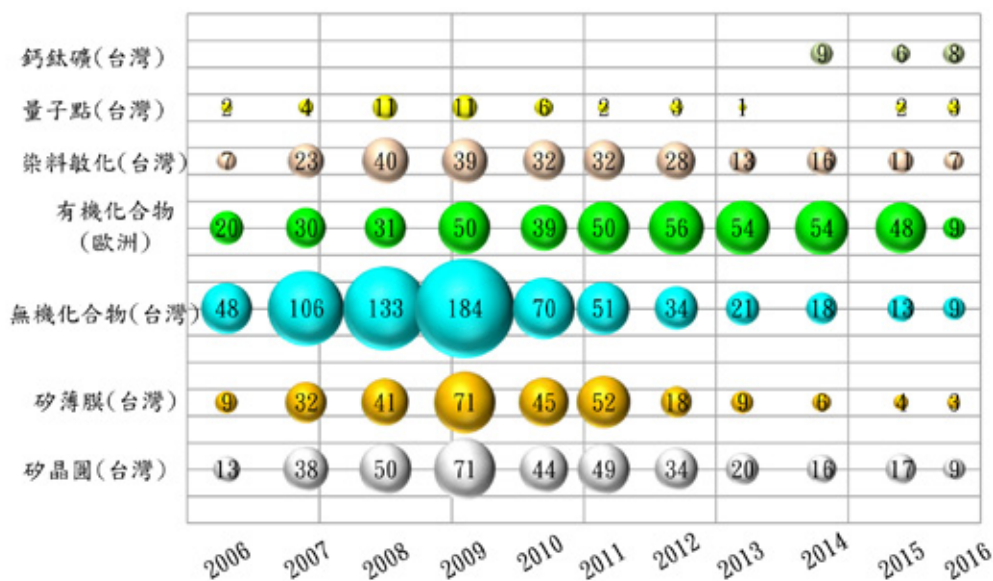


圖 23 各種太陽能電池（我國）第一大申請人國籍歷年申請件數

二、我國申請專利案前十大申請人統計以及年度申請量

各種太陽能電池主要申請人申請數量統計如圖 24 所示，可知各種類太陽能電池的申請人均包括我國工研院，即表示工研院相當注重於我國布局相關專利技術；對於各種太陽能電池十大申請人中，我國申請人所占數量：矽晶圓 4 名、矽薄膜 6 名、無機化合物 9 名、有機化合物 2 名、染料敏化 6 名、量子點 4 名及鈣鈦礦 5 名，當中又以無機化合物太陽能電池的布局最為踴躍，且最多我國國籍公司（如聯相光電、宇通光能、碩禾、鴻海、正峰新能源與安慶新能源）。

	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機化合物	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
第1大	太陽電子 48	聯相光電 41	工研院 73	馬克專利 239	富士軟片 43	工研院 7	馬克專利 7
第2大	SUMCO(路高) 48	宇通光能 40	聯相光電 43	工研院 69	工研院 41	橡研所 5	ECN 4
第3大	世創電子 32	應用材料 29	宇通光能 38	LG 59	馬克專利 34	3M 4	積水化學 3
第4大	工研院 24	工研院 23	臺灣大學 33	巴地斯顏料 53	東進世美肯 30	威利德因賽 4	成功大學 3
第5大	宇通光能 21	橡研所 22	第一太陽能 27	葛來西雅帝史派 38	積水化學 15	馬克專利 4	王立義 2
第6大	應用材料 21	友達光電 12	碩禾 22	密西根州立大學 32	台北科技大學 14	普林斯頓大學 3	富士軟片 2
第7大	瓦克化學 20	安慶新能源 11	橡研所 18	伍友化學 31	清華大學 14	索洛森 3	台灣中油 2
第8大	半導體能源研究所 19	歐瑞康 10	鴻海 18	臺灣大學 27	永光化學 13	郭磊 3	韓國化學研究院 2
第9大	中美矽晶 17	康寧 8	正峰新能源 17	富士軟片 24	雲林科技大學 10	旭硝子 3	工研院 2
第10大	友達光電 16	太陽電子 7	成功大學 17	3M 23	成功大學 10	新日光能源 3	中央大學 2
			安慶新能源 17		新日鐵住金化學 10	成功大學 3	

圖 24 各種太陽能電池（我國）主要申請人申請件數

圖 25 將各種太陽能電池專利申請中第一大申請人與歷年申請數量進行矩陣分析，其中我國工研院占了兩名（無機化合物與量子點）、德國馬克專利亦占了兩名（鈣鈦礦與有機化合物）、染料敏化則為日本富士軟片、矽薄膜為我國聯相光電、矽晶圓為日本太陽電子。

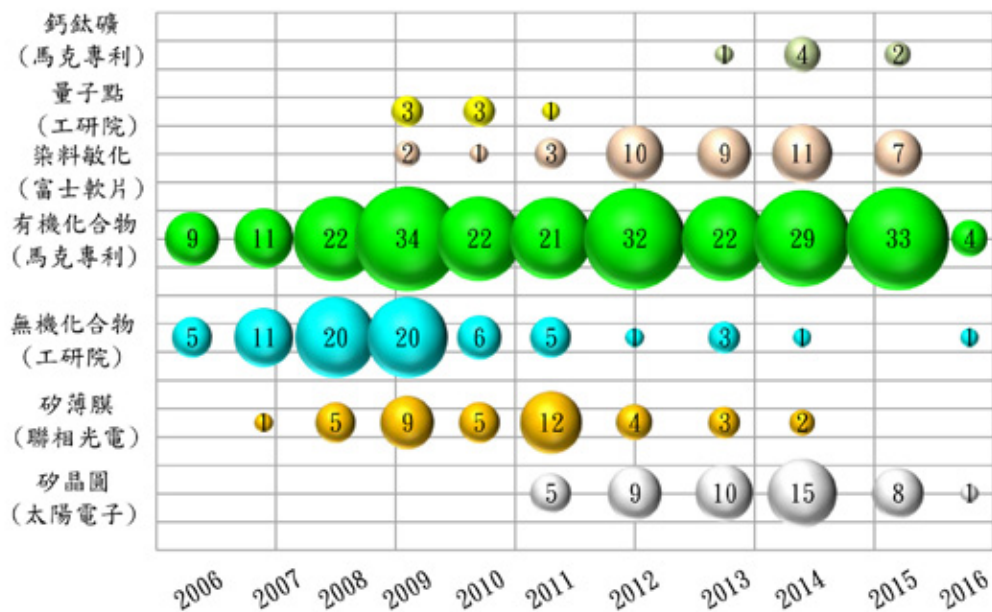


圖 25 各種太陽能電池（我國）第一大申請人歷年申請件數

各種太陽能電池第一大申請人在我國申請數量與全球整體之趨勢大致皆呈現先升後降；矽晶圓（太陽電子）自 2011 年才開始申請，至 2014 年到達申請量高峰；矽薄膜（聯相光電）自 2007 年開始申請，至 2011 年到達申請量高峰，之後逐步減少，甚至 2015 年後並無申請；無機化合物（工研院）至 2008、2009 年到達高峰，近年僅有每年 1 件的申請量；有機化合物（馬克專利）在 2008~2015 年間，每年均有 21~34 件的專利申請量；染料敏化（富士軟片）於 2009 年開始申請，至 2014 年到達專利申請量高峰；量子點（工研院）僅於 2009 至 2011 年申請，共 7 件；鈣鈦礦（馬克專利）自 2013 年開始申請，至今已有 7 件。

陸、結語

就全球整體專利家族數，在 2011 年左右達到高點之後隨即反轉向下，疑似先前美國金融危機及歐債肆虐，歐美太陽光電廠商接二連三出現企業破產潮，加上各國陸續降低補貼政策，各國隨著影響的程度陸續減少布局，雖然此時中國大陸由於官方政策性補助，以及令業界稱羨的內需市場，帶動專利申請量不斷增加，

適時填補其他各國減少的申請量，但也導致矽晶圓太陽能電池的產能暴漲，2011年太陽光電產品供過於求，價格急遽下跌，故中國大陸之申請量在2012年也開始下降，其中商業化越普及的類型（如矽晶圓等）較早達到申請高峰。

就全球申請流向，中國大陸雖然申請量最多，但是集中在其國內，並未進入競爭較為激烈的全球市場；各國對於海外申請首選為美國；在海外布局數量最多的為日本，整體而言，其在各地的申請量皆大於各國到日本的申請量；若以專利家族來看，歐洲專利家族所包含的申請案較多。

於我國布局的專利中，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機化合物、染料敏化之申請量最高峰為2009年，之後逐年減少；而量子點分別在2010及2013年出現申請高峰且呈現上下波動；至於鈣鈦礦之申請高峰為2014年，呈現爆發性的增長，可能與其近年光轉換效率明顯提升有關。

七種類型的太陽能電池主要關注功效大致相同，第一目標皆為提高效率；第二及第三目標為降低成本與提升性能，大致可取決於商業化與否：已商業化（如矽晶圓、矽薄膜）為降低成本、尚未商業化（如有機化合物、染料敏化、量子點及鈣鈦礦）則為提升性能；而無機化合物似乎由於主要成本支出在於使用材料的取得，因此不易降低成本，也是以提升性能為主；提高產量與擴大用途排行第四及第五，大致也可以商業化區分為兩大陣營，已商業化者為提高產量；環境友善與其他功效相較，申請量明顯有較大之落差，以矽晶圓所占比例較高，這可能也是因為矽晶圓最快必須面對汰役電池問題。

從全球前十大申請人與在我國申請前十大申請人可以看出，全球前十大申請人都是公司，而我國前十大申請人以學術研究單位居多，可能與我國多以中小企業為主，業界多與學術研究單位合作共同開發，或是待學術研究單位完成後予以技轉；然整體而言，前者對於市場脈動較為熟悉，以市場及產品導向的專利，後續發展性較大，而後者主要以政策或學術研究為導向的專利，尤其是學術單位，未來雖然可能存在潛力，但是回收期間較長，甚至未商業化；雖然有些與市場脈動有落差，但有部分則是因為發表後，業界無法得知，導致相關資源的浪費，由於我國產業獨特的模式，使得業界、學術單位、研究機構之間的分工合作模式，成為重要的課題。