

太陽光電產業專利趨勢分析

經濟部智慧財產局

中華民國 107 年 11 月 5 日

目錄

1、太陽光電相關能源概述.....	1
1.1、電力及太陽能相關簡介.....	1
1.1.1、電力能源轉型 ``	1
1.1.2、電力系統與電網.....	4
1.1.3、太陽光電系統.....	7
1.1.4、全球及主要國家地區太陽光電設備容量及發電量.....	13
1.1.5、太陽能模組價格趨勢.....	14
1.1.6、太陽光電系統之上、中、下游產業.....	15
1.1.7、廢棄太陽光電模組之回收.....	22
1.2、七大類型太陽光電技術概要個別簡介.....	23
1.2.1、矽晶圓太陽光電技術概要.....	23
1.2.2、矽薄膜太陽光電技術概要.....	25
1.2.3、無機化合物太陽光電技術概要.....	30
1.2.4、有機太陽光電技術概要.....	33
1.2.5、染料敏化太陽光電技術概要.....	39
1.2.6、量子點太陽光電技術概要.....	46
1.2.7、鈣鈦礦太陽光電技術概要 ``	52
2、七大類型太陽光電相關專利趨勢整體分析.....	57
2.1、全球太陽光電相關專利趨勢整體分析.....	57
2.1.1、各種太陽能電池整體綜合分析.....	57
2.1.2、主要申請人國籍申請統計分析.....	61
2.1.3、全球申請流向及主要公開專利局分析.....	72
2.1.4、主要申請人申請統計分析.....	80
2.2、在台太陽光電相關專利趨勢整體分析.....	83
2.2.1、於台灣申請專利案之申請人國籍及年度申請量統計.....	83
2.2.2、於台灣申請專利案前十大申請人統計以及年度申請量.....	91
2.2.3、於台灣申請專利案之申請發展重點.....	92
3、結論與建議.....	96
3.1、結論.....	96
3.2、建議.....	99

附錄目錄

4、附錄：七大類型太陽光電相關專利趨勢個別分析.....	1 -
4.1、矽晶圓太陽光電相關專利趨勢分析.....	1 -
4.1.1、矽晶圓太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	1 -
4.1.2、矽晶圓太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	8 -
4.2、矽薄膜太陽光電相關專利趨勢分析.....	14 -
4.2.1、矽薄膜太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	14 -
4.2.2、矽薄膜太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	34 -
4.3、無機化合物太陽光電相關專利趨勢分析.....	42 -
4.3.1、無機化合物太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	42 -
4.3.2、無機化合物太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	59 -
4.4、有機太陽光電相關專利趨勢分析.....	68 -
4.4.1、有機太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	68 -
4.4.2、有機薄膜太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	81 -
4.5、染料敏化太陽光電相關專利趨勢分析.....	86 -
4.5.1、染料敏化太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	86 -
4.5.2、染料敏化太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	99 -
4.6、量子點太陽光電相關專利趨勢分析.....	104 -
4.6.1、量子點太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	104 -
4.6.2、量子點太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	116 -
4.7、鈣鈦礦太陽光電相關專利趨勢分析.....	121 -
4.7.1、鈣鈦礦太陽光電全球相關專利趨勢分析.....	121 -
4.7.2、鈣鈦礦太陽光電在台相關專利趨勢分析.....	135 -
4.8、小結.....	143 -

1、太陽光電相關能源概述

1.1、電力及太陽能相關簡介

全球暖化趨勢下，氣候變遷已成為當前國際社會共同面對的挑戰，1997年提出的《京都協定書》於2005年2月16日正式生效，達成2008年至2012年期間排放的二氧化碳，要比1990年減少5%的共識，以改善全球溫室效應惡化趨勢，對此，我國於2015年7月1日施行「溫室氣體減量及管理法」，明定我國2050年長期減量目標；另台灣天然資源較為缺乏，能源98%仰賴進口，且台灣四面環海，電力跨國支援不容易，因此，提升能源自主及多元至為重要。

1.1.1、電力能源轉型^{1、2、3、4}

為落實能源自主及促進新興綠能產業發展等政策目標，行政院於2016年10月27日通過「綠能科技產業創新推動方案」，亦是「5+2」產業創新之一環，期以推動綠能科技產業，成為我國能源轉型及驅動經濟發展的新引擎，全面推動包含節能、創能、儲能及智慧系統整合之能源轉型。以產業需求帶動研發能量，以研發能量驅動產業發展，打造綠能創新產業生態系，研發下一代新興綠能產業技術，藉由推展太陽光電、風力發電、智慧電表等綠能產業，帶動綠能科技、產業發展，並創造綠色就業。以能源政策的核心思維兼顧能源安全、環境永續、綠色經濟及社會公平等面向共同治理與發展均衡下，建構安全穩定、效率及潔淨能源供需體系，創造永續價值。具體推動策略如下：

- (1)創能：發展太陽光電、離岸風力、生質能源、地熱能源等技術，運用地方產業特色，強化本土產業國際競爭力。
- (2)節能：發展高效率變頻馬達與優化系統、工業製程廢熱發電、生產製程改善、綠建築材料等，深化節能技術，提升能源使用效率。
- (3)儲能：發展家用/企業/電網級儲能系統，精進關鍵性材料、控制管理模式等，支援電力傳輸供應系統，提高電力供應可靠度。
- (4)系統整合：推動產業跨領域系統整合，導入物聯網、大數據、資通訊的模組技術與發電管理，推展如能源服務業、智慧電網、減碳淨煤的循環經濟。

再生能源發展目標在2025年達成20%發電占比。其中，太陽能屬再生、

¹ <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/f0c0d485-a977-40cc-aeab-5e19e210fd85>

² <https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/f87e0e0d-8967-4767-838d-d49e19760878>

³ <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/2ae8bfb8-6014-49d1-b04e-75374fbd6096>

⁴ <https://ic.tpex.org.tw/policy.php?ic=A100>

永續、乾淨的能源，不僅可應用在電廠，亦適合用在住宅發電。政府為鼓勵公務機關、國營事業、工廠及一般民眾設置太陽光電系統；太陽能發展目標在 2025 年達到 20GW 設置目標，其中屋頂型為 3GW，地面型為 17GW。行政院並於 2016 年 6 月 23 日成立「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」（2016 年 7 月～2018 年 6 月），以加速我國太陽能再生能源發電量，力拚 2 年內達到 1.52GW，計畫 2016 年 7 月至 2017 年 6 月，新增安裝 650MW，2017 年 7 月至 2018 年 6 月，新增安裝 870MW。計畫盤點可設置太陽能的地點與土地，分為屋頂型及地面型。屋頂型可行地點包含：中央公有屋頂、工廠屋頂、農業設施及其它。地面型可行地點包含：鹽業用地、嚴重地層下陷區域、水域空間及掩埋場。除此之外，政府也將協助簡化行政程序、強化電網規劃、帶動資金活化、以及修訂法規制度。這些措施將可有效化解目前下游安裝市場面臨的瓶頸。

2017 年 1 月通過「電業法修正案」，以綠能先行的原則下進行，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利於綠能產業發展的市場，將促成能源多元自主、環境永續友善、保障民生用戶及創新產業發展等效益。

因屋頂型太陽光電的推動涉及面向較地面型相對單純，設置速度相對較快，為鼓勵產業與住商參與，經濟部再於 2017 年 10 月啟動「綠能屋頂全民參與」推動方案，預計加速屋頂型太陽能安裝速度，提前至 2020 年(原 2025 年)達成屋頂型 3GW 目標。提出優化法規將修訂再生能源發展條例，規定用電大戶須安裝再生能源或購買再生能源憑證。並預計修正營建法規、「公寓大廈管理條例」，降低大樓安裝太陽能障礙。除此之外，透過多元方案及誘因措施，推動「智慧綠能城市」、「產業園區分散式智慧綠能電網」、「偏鄉/部落綠能屋頂公民電廠」，期以打造綠能屋頂，美化市容景觀，建立分散式自發自用乾淨能源，改善空氣空污與降低 PM2.5。

政府推動太陽光電不遺餘力，對於相關法規或補助要點亦與時俱進作新增與修訂，列舉如表 1.1-1。

表 1.1-1、太陽光電相關法規及作業要點^{5、6}

法 規	最新異動日期
電業	
電業法	106 年 01 月 26 日
電業登記規則	107 年 01 月 08 日
再生能源	
再生能源發展條例	98 年 07 月 08 日
中華民國一百零七年度再生能源電能躉購費率及其計算公式	107 年 01 月 08 日

⁵ <https://www.mrpv.org.tw/%E8%A8%AD%E7%BD%AE%E8%B3%87%E8%A8%8A/>

⁶ <https://law.moj.gov.tw/Index.aspx>

設置再生能源設施免請領雜項執照標準	107 年 05 月 10 日
再生能源發電設備設置管理辦法	104 年 07 月 03 日
委任能源局及委辦地方政府辦理「再生能源發電設備設置管理辦法」相關業務事項	107 年 01 月 03 日
設置屋頂太陽光電免請領雜項執照處理原則	107 年 05 月 21 日
推動示範補助	
經濟部推動陽光社區補助要點	102 年 03 月 05 日
建築整合型太陽光電發電設備示範獎勵辦法	103 年 08 月 13 日
直轄市及縣(市)政府推廣再生能源補助作業要點	105 年 10 月 13 日
經濟部辦理綠能屋頂全民參與推動作業要點	107 年 02 月 23 日
原住民地區參與再生能源設置補助作業要點	107 年 03 月 08 日
土地法規	
區域計畫法	89 年 01 月 26 日
都市計畫法	104 年 12 月 30 日
非都市土地使用管制規則	107 年 03 月 19 日
修正「非都市土地申請變更為太陽光電發電設施使用興辦事業計畫審查作業要點」	107 年 06 月 26 日
申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法	107 年 03 月 23 日
台電公司規章條款	
台灣電力公司再生能源電能收購作業要點	100 年 07 月 05 日
台灣電力股份有限公司再生能源發電系統併聯技術要點	105 年 10 月 06 日
第三型再生能源發電設備屬屋頂型太陽光電發電設備併網工程費計費方式	104 年 07 月 22 日
加強電力網費用分攤原則及計費方式	104 年 08 月 26 日
模組及變流器相關規範	
太陽光電變流器產品登錄作業要點	101 年 12 月 20 日
太陽光電模組產品登錄作業要點	106 年 01 月 01 日
台灣高效能太陽光電模組技術規範	106 年 11 月 23 日
電工法規	
用戶用電設備裝置規則(第六章 特殊設備及設施 第六節太陽光電發電系統)	107 年 07 月 11 日

表 1.1-2 為太陽光電系統常用電力名詞之簡易說明。由於單一太陽能電池電力輸出較小，故將複數個電池(cell)組成模組(module)或陣列(array)之串聯與並聯結構，因電池串聯電壓加總，電池並聯電流加總，故可輸出較大電力。太陽光電系統之設備容量或輸出電力常以 W(瓦)為單位，其物理意義為電功率；直流電之電功率 $P = \text{電壓} V \cdot \text{電流} I$ ；交流電之電壓與電流為時變(time variant)，亦即隨時間而變，交流電之電功率 $P(t) = \text{電壓} V(t) \cdot \text{電流} I(t)$ ；另外，單位「千瓦」常以「瓩」表示。用電量常以「度」為單位，1 度電=1 千瓦·小時，例如使用 750W 之吹風機吹頭髮兩分鐘，為耗電 0.025 度($\frac{750}{1000} \cdot \frac{2}{60} = 0.025$)。

表 1.1-2、太陽光電系統常用電力名詞之簡易說明

名詞	單位	說明
電壓 V	伏(特)V，千伏 KV	電池串聯，電壓加總
電流 I	安(培)A	電池並聯，電流加總
電功率 P	瓦 W，瓩(千瓦)KW=10 ³ W， 百萬瓦 MW=10 ⁶ W，萬瓩 10 ⁷ W 十億瓦 GW=10 ⁹ W	電功率 P(t) = 電壓 V(t) · 電流 I(t)
電能(度)	度 = KW · h	電能 E = 電功率 P · 時間 t 1 度電 = 1KW · h

1.1.2、電力系統與電網

電力系統(power system)包含發電系統(power generation system)、輸電系(transmission system)與配電系統(distribution system)三部分，請參圖 1.1-1。

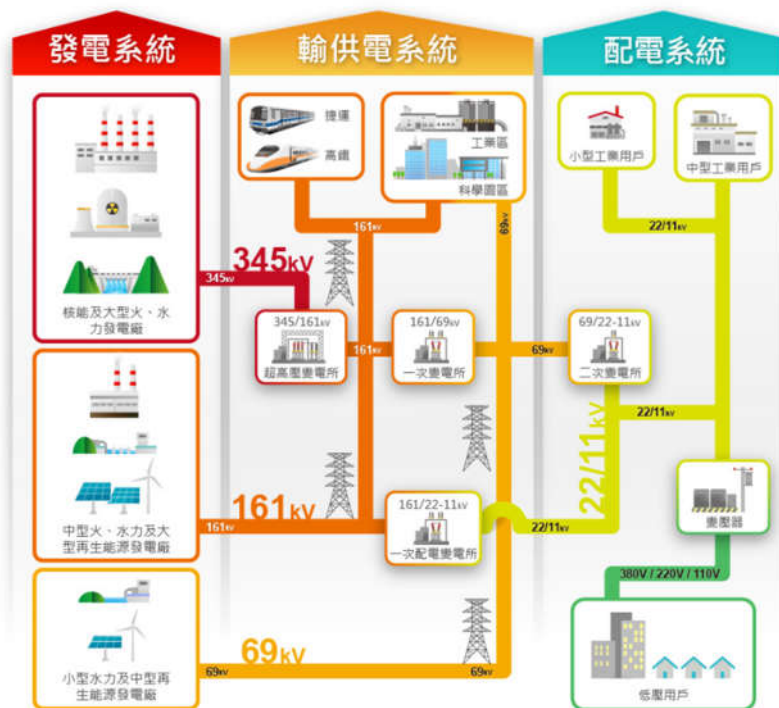


圖 1.1-1、台電供電系統⁷

台電供電系統中大型發電廠(核能、水力、火力)產生電力後，經由變壓器升壓至 345 仟伏特(345kV)的超高压，再利用輸電線路輸送電力，然後透過超高压變電所、一次變電所等變電所分別降壓為 161 仟伏特(161kV)、69 仟伏特(69kV)後，提供科學園區、工業區、高鐵和捷運等大型用戶用電；透過配電變電所、二

⁷ <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=211>

次變電所及配電系統再降壓分別提供一般用戶或民生用電。太陽光電系統可分於電廠發電集中型與用戶端分散型兩種；當太陽光電系統直接裝設於用戶端可直接提供用戶獨立電力，不須經由輸電系統傳送至用戶端，且亦可與台電市電電網並聯。

圖 1.1-2 為台灣電廠電網分布圖，其中，水力發電位於山區，火力發電廠及核能發電廠因需利用海水冷卻，故多位於海邊。另外，風力發電多位於台灣中部(圖未示)沿岸或離岸，太陽光電發電多數位於台灣南部(圖未示)。



圖 1.1-2、台灣電廠電網分布圖⁸

表 1.1-3 為台電各種發電方式之發電成本，整體之發電成本為 2.14 元/度；其中，最便宜者為核能發電 1.26 元/度；火力發電分為燃油、燃煤與燃氣，此三

⁸ <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=37>

者整體之台電自發電力成本為 2.11 元/度；另外，由於太陽光電發電，台電自發電力所占比例甚小，大部分皆為購入電力，其購入價格為 5.4 元/度。

表 1.1-3、台電各種發電方式之發電成本(單位：元/度)⁹

(台電)自發電力(A)		購入電力(B)	
		汽電共生	2.16
火力發電	2.11	民營電廠	2.60
燃油	4.56		
燃煤	1.60	燃煤	2.13
燃氣	2.35	燃氣	3.12
核能發電	1.26		
抽蓄發電	3.50		
再生能源發電	1.85	再生能源發電	4.02
慣常水力	1.75	慣常水力	1.60
風力發電	2.17	風力發電	2.44
太陽光電	7.99	太陽光電	5.40
		地熱	4.94
		其他再生能源	3.60
自發電力小計	2.00	購入電力小計	2.64
平均成本(A 及 B)：2.14		107 年 8 月底	

表 1.1-4 為 106 年台灣北、中、南各地區供電能力(發電)及尖峰負載(用電)表，北部人口密集工商業發達且科園園區用電量大，尖峰負載占全台 39%，而供電能力占全台 34%，故需「中電、南電北送」。核一、核二廠皆位於北部，未來廢核，北部供電缺口將會擴大，須未雨綢繆。

表 1.1-4、106 年台灣北、中、南各地區供電能力(發電)及尖峰負載(用電)¹⁰

地區	範圍	供電能力	尖峰負載
北部	新竹縣鳳山溪以北地區	34%	39%
中部	鳳山溪以南至濁水溪以北	34%	30%
南部	濁水溪以南地區	32%	31%



⁹ <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=196>

¹⁰ <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=211>

1.1.3、太陽光電系統

太陽光電系統係將太陽之光能轉換成電能之系統，以下對於太陽光源頻譜、影響日照因素、光電轉換機制等作概略地說明。

太陽光源為核融合(或稱核聚變)反應，係將兩個較輕的核結合而形成一個較重的核和一個極輕的核的一種核反應形式，在此過程中，因為有一部分聚變的原子核的物質被轉化為能量，依據質能方程式 $E=mc^2$ ，可幅射出巨大能量。如圖 1.1-3 為太陽光譜圖，其中，上方曲線(藍色線)表示外大氣層之光譜圖，下方曲線(橘色線)表示地面(海平面)之光譜分布圖；太陽能量光譜主要為可見光(波長範圍 $0.4\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$ ，亦即， $400\text{nm}\sim 700\text{nm}$)約 47%、紅外線(波長範圍 $0.7\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$)約 46%、紫外線(波長範圍 $\sim 0.4\mu\text{m}$)約 7%。

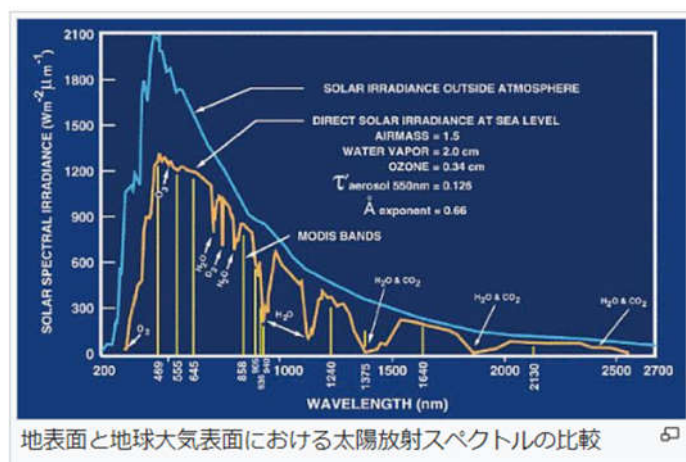


圖 1.1-3、太陽光譜圖¹¹

太陽能電池的輸出電力與諸多參數相關，例如：距離(太陽輻射量與距離的平方成反比)、緯度、季節(參圖 1.1-4，地球軌道為橢圓形，不同季節與太陽距離不同、且照射覆蓋角亦不同)、太陽能電池模組方位與傾斜角度、溫度(太陽能電池 PN 二極體之電流為負溫度係數)、天候等相關。

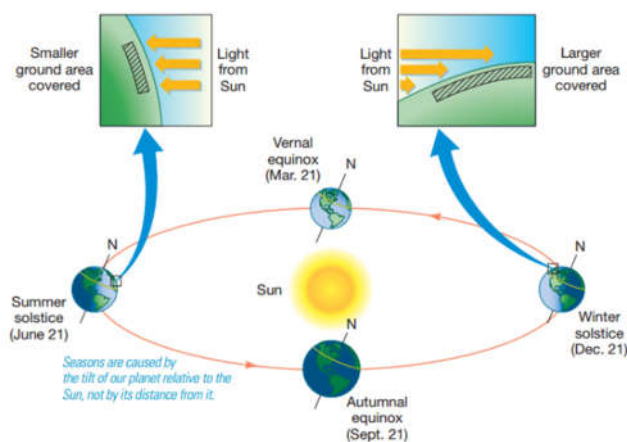


圖 1.1-4、四季日照示意圖¹²

¹¹ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%99%BD%E6%94%BE%E5%B0%84>

太陽輻射約有一半的能量可以到達地面(參圖 1.1-5 所示，假設地球大氣層表面之太陽能能量為 100%，則到達地球表面吸收之能量為 51%)；地球大氣層、雲層、或空氣中之微粒子會產生光之反射、吸收、散射等光學現象，亦會影響太陽能電池的電力輸出。

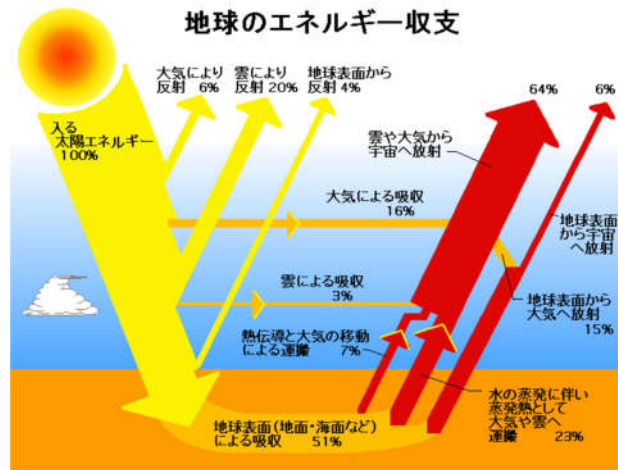


圖 1.1-5、太陽光路徑示意圖¹³

世界日照(insolation)強度分布圖(參圖 1.1-6)，單位為年均每日 KJ/m^2 ，一般而言，低緯度之日照強度較大，例如北非地區有大面積之地區有最大之日照強度(年均每日 $>6 \text{ KJ}/\text{m}^2$)，台灣日照強度(年均每日約 $3\sim4 \text{ KJ}/\text{m}^2$)。

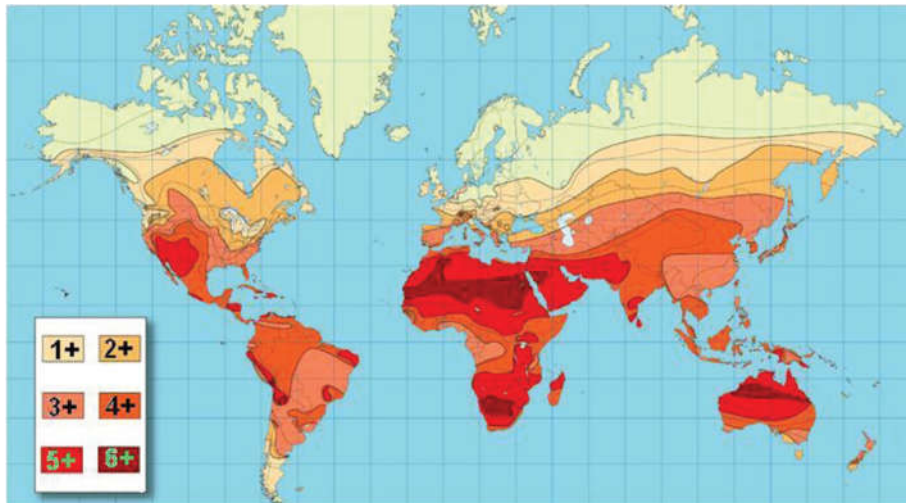


圖 1.1-6、世界日照分布圖^{14 15}

¹² <https://www.zhihu.com/question/27033083>

¹³ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%99%BD%E3%82%A8%E3%83%8D%E3%83%AB%E3%82%AE%E3%83%BC>

¹⁴ www.bpsolar.com

¹⁵ “Physics of Solar Energy”, C. Julian Chen

太陽能電池基本結構可為 p-n 二極體、抗反射層、電極等結構，如圖 1.1-7 所示。當太陽光照射到矽半導體材料時，會產生電子與電洞對，但它們很快的便會結合，即生命期甚短，並且將能量轉換成光或熱。太陽能電池基本構造是運用 p 型與 n 型半導體接合而成，其中，矽為四族元素，當矽晶體摻雜三族元素(例如硼)形成 p 型半導體，摻雜五族元素(例如磷)形成 n 型半導體；pn 接面(junction)為空乏區(depletion region)並形成內建電場(build in electric field)，當光子能量(photon energy)大於材質之能隙(energy bandgap)時，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(hole)；電子電洞對受內建電場影響，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。

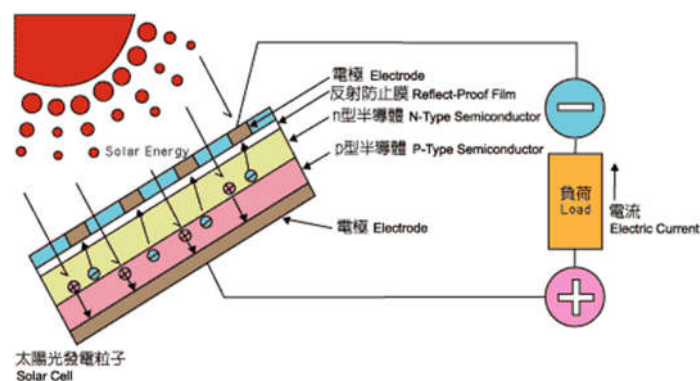


圖 1.1-7、太陽能電池最基本的主要結構¹⁶

如圖 1.1-8 為各種半導體材質之吸光係數對應波長之特性曲線，對應不同之波長範圍之吸光係數分布特性。以矽材質為例，如下圖 mono-Si(藍色線)所示，矽的能隙(energy bandgap)約為 1.13eV(註：eV 電子伏特，為電能單位)，光子能量(photon energy)大於 1.13 eV 時，吸光係數隨能量上升而增大。

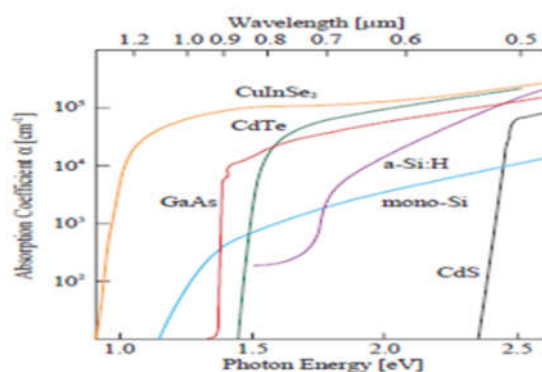


圖 1.1-8、各種半導體材質之吸光係數對應波長之特性曲線¹⁷

¹⁶ <http://www.share-en.com/2282638525330212017132057.html>

¹⁷ <http://140.138.177.194/yzunodlab/research/cigs.html>

如圖 1.1-9 為數種常用二元化合物半導體之能隙(energy bandgap)(Y 軸)與晶格常數(lattice constant)(X 軸)之關係圖，而三元化合物，例如 InGaAs，其特性取決於二元化合物 GaAs 與 InAs 之成分比例，其特性點(能隙與晶格常數)坐落於 GaAs 與 InAs 兩點所連接之特性曲線之間。

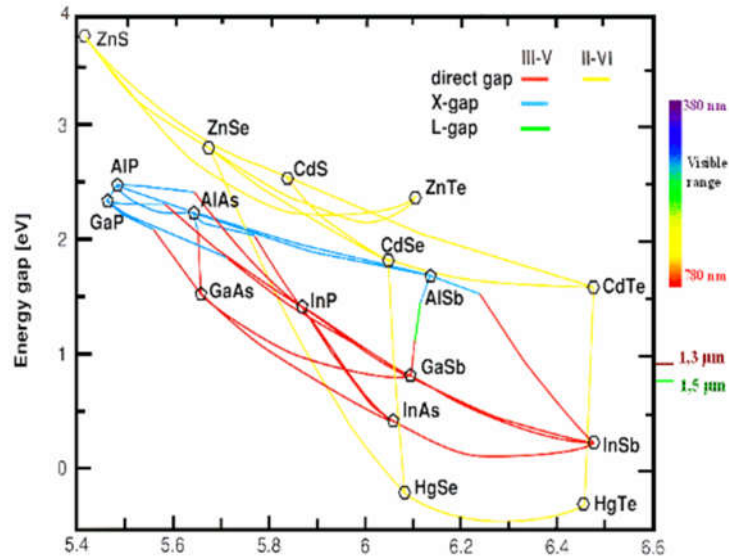


圖 1.1-9、各種半導體之能隙與晶格常數之關係圖¹⁸

如圖 1.1-10 為美國國家可再生能源實驗室(NREL)所公布 Research Cell Efficiency Records，各年度各類太陽能電池之光電轉換效率圖，其中，光電轉換效率最高者為(1)多接面電池(multi junction cells)類型(參下圖紫色線)，為堆疊結構，不同接面吸收不同波長範圍之光譜，故整體光電轉換效率可提升；其次，(2)矽晶電池(crystalline Si cells)類型(參下圖藍色線)，其中單晶(single crystal)的光電轉換效率高於多晶(multi crystalline)，其原因為單晶結構較規則，電子於晶格中之遷移率(mobility)較大，故電流較大；(3)薄膜(thin film)類型(參下圖綠色線)，其中，CIGS 與 CdTe 近年來效率不斷提升，幾乎與多晶相當，而非晶矽(amorphous Si)因結構不規則，電子遷移率較低，故其本質上光電轉換效率相對較低；(4)新興(emerging)材料類型(參下圖橘色線)，以鈣鈦礦(perovskite)為例，近年來光電轉換效率不斷提升，現今幾乎與多晶、CIGS 或 CdTe 相當，另外，量子點(quantum dot)雖光電轉換效率較低，但近年來光電轉換效率不斷提升，現今與非晶矽相當。

¹⁸ https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/semi_en/kap_5/backbone/r5_1_4.html

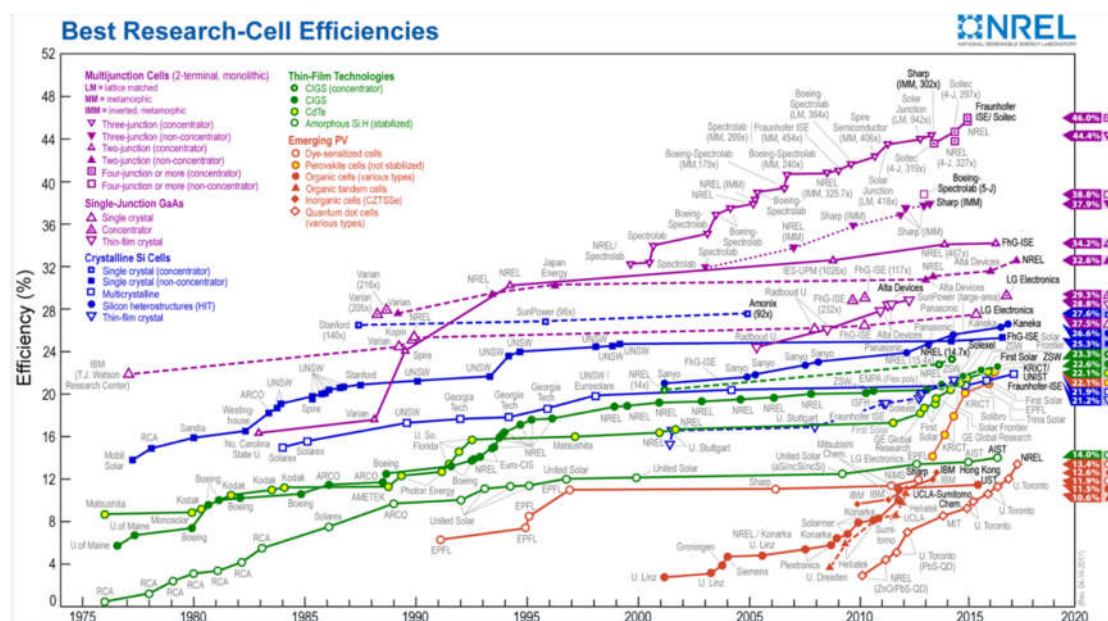


圖 1.1-10、各類太陽能電池之光電轉換效率¹⁹

單一太陽能電池(cell)輸出電力較小，經由串聯(電壓加總)與並聯(電流加總)之組合(參圖 1.1-11)而成之太陽能電池模組(module)或陣列系統(array system)，可提供較大之電力輸出。

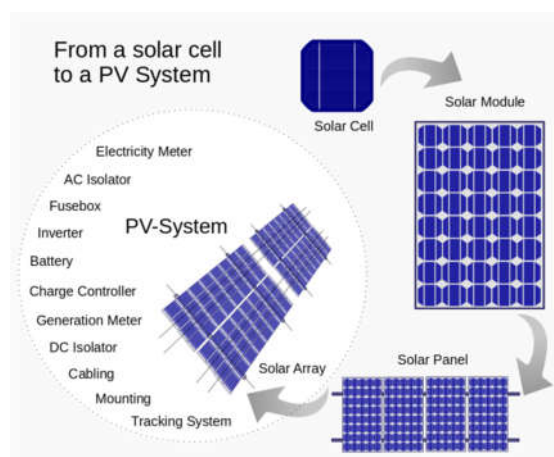


圖 1.1-11、太陽能電池、模組與陣列系統²⁰

太陽能電池模組輸出電力為直流電，可直接輸出提供負載(例如燈管、直流馬達)之使用，或對蓄電池充電將電能儲存其中。利用逆變器(或稱變流器，inverter)(參下圖)，可將直流電轉換成交流電，可輸出接供負載之使用、或對蓄電池充電將電能儲存其中，或亦可加裝售電電表與市電併聯(參圖 1.1-12)，可將電力賣給台電。

¹⁹ <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E7%94%B5%E6%B1%A0>

²⁰ <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E7%94%B5%E6%B1%A0>

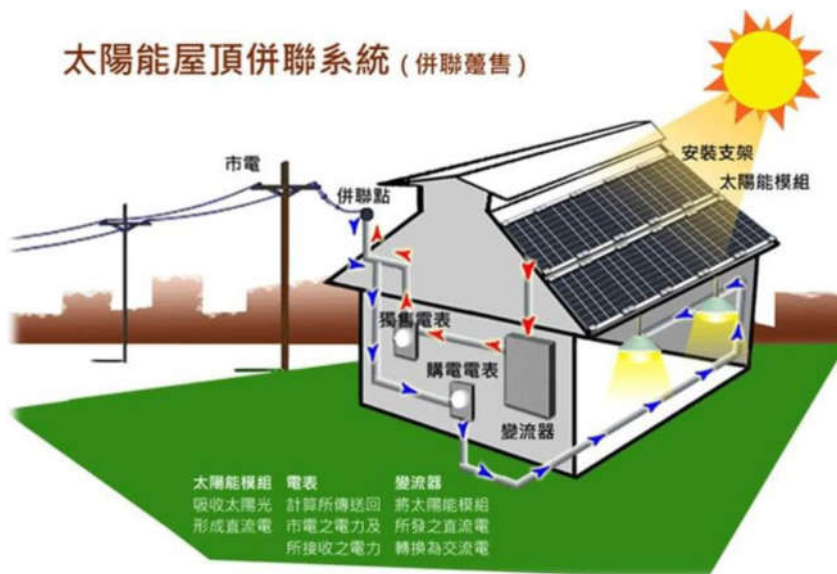


圖 1.1-12、太陽光電系統與市電並聯示意圖²¹

經濟部能源局制訂電能躉購機制(FIT)推動各類再生能源，由台電公司與設置者簽約、以固定優惠費率收購其電能 20 年，攤提設置成本，確保合理利潤。民眾有意願申請裝設太陽光電之主要流程(請參圖 1.1-13)為：(1)尋找太陽光電系統廠商規劃設計；(2)向台電申請併聯市電作業；(3)向能源局申請備案；(4)太陽光電系統安裝及運作。

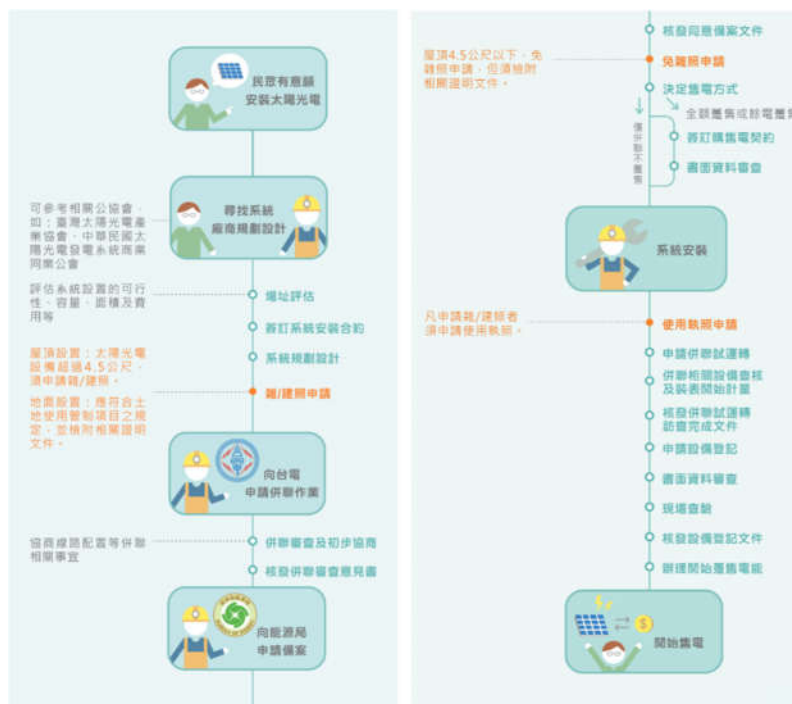


圖 1.1-13、太陽光電之申裝與市電併聯售電流程申辦示意圖²²

²¹ <http://www.share-en.com/2282638525330212017132057.html>

²² <https://goo.gl/RNK91r>

1.1.4、全球及主要國家地區太陽光電設備容量及發電量

如圖 1.1-14 為全球及主要國家地區歷年太陽光電累積容量，2017 年全球為 384.6GW、中國大陸為 130.6GW、歐洲為 109.5GW、日本為 49.0GW、美國為 41.3GW、南韓為 5.1GW、台灣為 1.7GW。

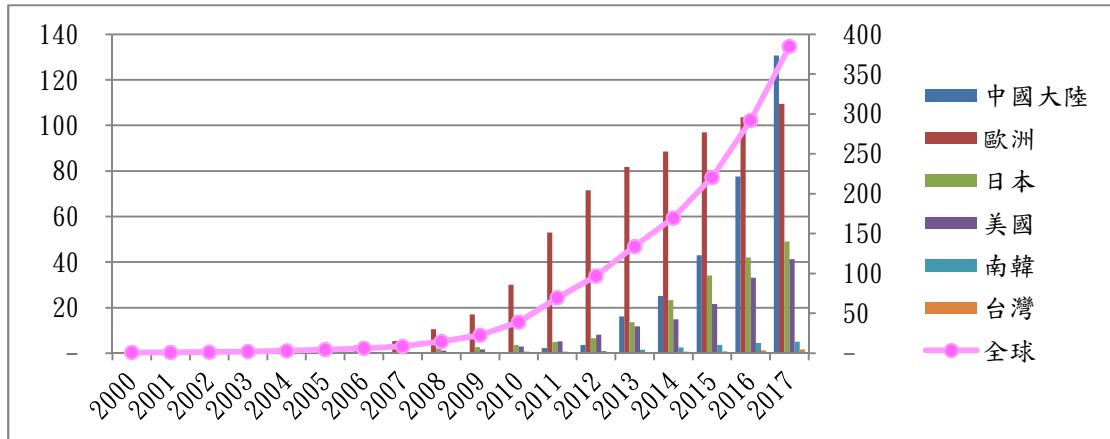


圖 1.1-14、全球及主要國家地區太陽光電歷年累積容量(GW)²³

圖 1.1-15 為 2017 年全球及主要國家地區太陽光電累積容量比例圖，其中，中國大陸為 34.0%、歐洲為 28.5%、日本為 12.8%、美國為 10.7%、南韓為 1.3%、台灣為 0.5%。

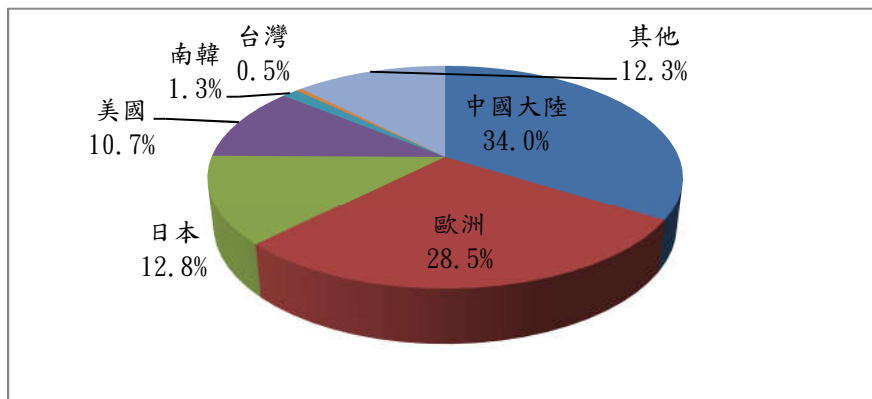


圖 1.1-15、2017 年全球及主要國家地區太陽光電累積容量比例²⁴

圖 1.1-16 為全球及主要國家地區歷年太陽光電新增容量，其中，歐洲新增容量超過 10GW 為 2010~2013 年；中國大陸近三年大幅成長，分別為 2015 年 17.8GW、2016 年 34.6GW、2017 年 53.1GW；台灣近三年新增容量分別為 2015 年 0.22GW、

²³原始資料：<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=54>，本文製圖

²⁴原始資料：<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=54>，本文製圖

2016 年 0.37GW、2017 年 0.52GW。

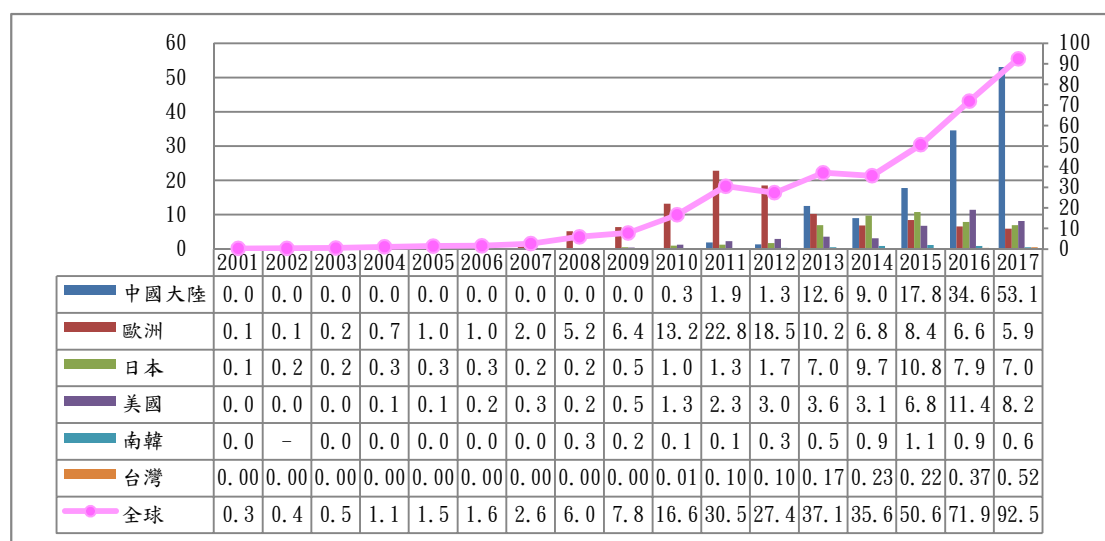


圖 1.1-16、全球及主要國家地區太陽光電歷年新增容量(GW)²⁵

圖 1.1-17 為全球及主要國家地區歷年太陽光電發電量，2016 年最大為歐洲為 107,173GWh，其次依序為中國大陸為 67,865GWh、日本為 50,952GWh、美國為 46,633GWh、南韓為 5,123GWh、台灣為 1,132GWh，總計全球為 317,673GWh。

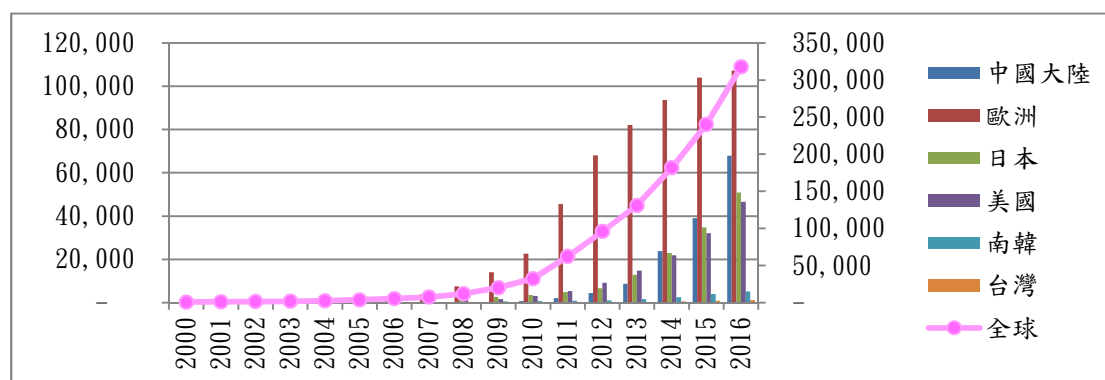


圖 1.1-17、全球及主要國家地區太陽光電歷年發電量(GWh)²⁶

1.1.5、太陽能模組價格趨勢

如下圖為國際再生能源協會(IRENA)公布之 2010 年~2015 年之太陽能模組價格趨勢圖，整體而言，模組價格趨勢一路走滑而趨於平穩，其中，晶體(crystalline)型之價格高於薄膜(film)型，德、日晶體型優於大陸，(德、日)晶體型於 2010 年初的價格約為 3.0USD/Wp，而至 2015 年的價格僅約為 1.0USD/Wp(註：p 為尖峰 peak，為最大值之意)。

²⁵原始資料：<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=54>，本文製圖

²⁶原始資料：<http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=54>，本文製圖

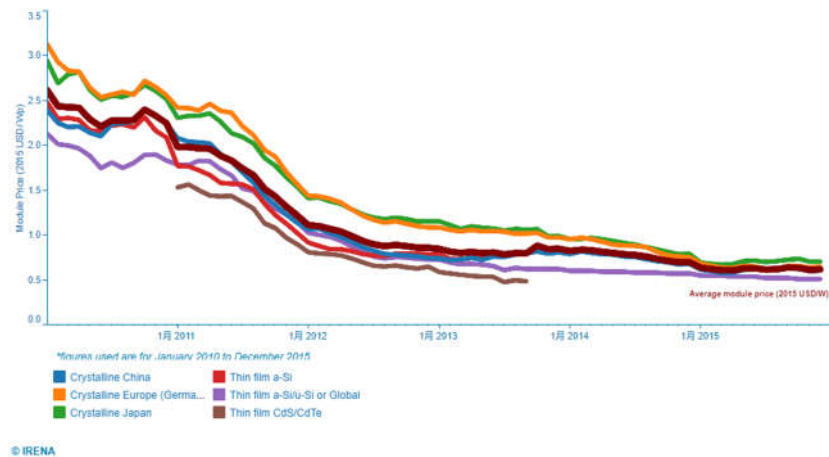


圖 1.1-18、IRENA 公布之太陽能模組價格趨勢圖²⁷

圖 1.1-19 為國際再生能源協會(IRENA)公布之 2010 年~2017 年之全球再生能源發電價格趨勢圖，其中太陽光電(Solar PV)每度電(KWh)之價格，2010 年平均為 0.36USD/KWh，2017 年平均為 0.1USD/KWh。

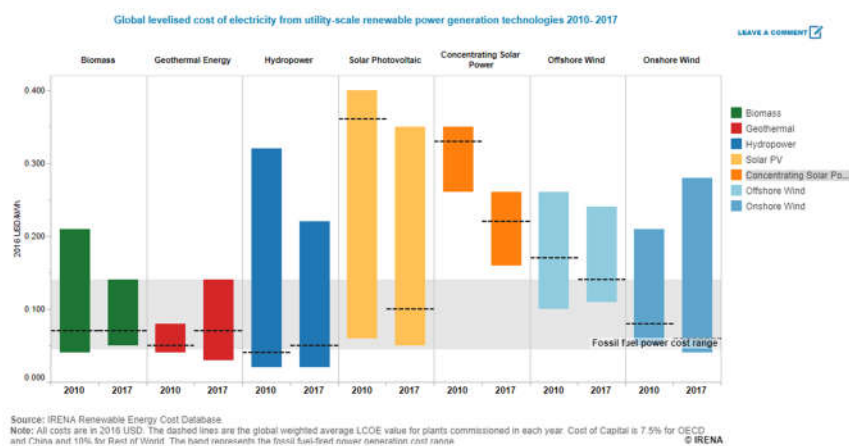


圖 1.1-19、IRENA 公布之全球再生能源發電價格趨勢圖^{28 29}

1.1.6、太陽光電系統之上、中、下游產業³⁰

太陽能產業大致分為熱能及光能兩大類，其中，熱能包括太陽能熱水器、太陽熱能發電，不在本文研討範圍，本文主要針對太陽能光能之太陽能電池進行探討。太陽能電池主要分為矽半導體與薄膜兩大類，請參圖 1.1-20。

²⁷ <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=3&subTopic=32>

²⁸ <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=3&subTopic=1065>

²⁹ <https://www.energytrend.com.tw/miservice.html>

³⁰ <http://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=A100>



圖 1.1-20、太陽能種類概覽圖³¹

太陽能電池依材料技術大致可分為矽晶、薄膜等兩大類型，目前市場主流為矽晶類型太陽能電池，其包含單晶與多晶兩種型態，其轉換效率較高，共占約近九成市場；薄膜類型包含：非晶矽薄膜、CIGS、CdTe、染料敏化、有機薄膜以及新興的鈣鈦礦等類型，其轉換效率相對較低，惟近年來轉換效率逐漸提升；薄膜類型具有可撓性，可與建築物融為一體，具有美感。

太陽光電系統產業之上游為矽材料、晶錠、矽晶圓等，另外，尚包括周邊材料(包括玻璃、軟性基材、氣體、靶材、漿料、染料及電極材料等)及設備等相關產業；中游為太陽能電池(cell)、模組(module)，以及下游之系統(system)建置，請參圖 1.1-21。



圖 1.1-21、太陽能產業鏈概覽圖³²

³¹ <https://goo.gl/6Q4Xo6>

³² <https://goo.gl/6Q4Xo6>

(1)上游

矽材製程係將石英礦砂經洗選加工、電弧爐還原冶金等程序後提煉至純度約 98%以上的冶金矽後，再經第二階段的高純化製程，把矽純度提升至 99.9999999%以上。目前主要廠商為保利協鑫 GCL(中國大陸)、OCI(南韓)、Wacker(德國)、Hemlock、REC Silicon(挪威/美國廠)、Tokuyama(日本)等大廠。多晶矽價格在供需失衡下於 2008 年從高點開始下跌，雖隨著下游安裝量提升帶動矽材需求增加，但至 2017 年為止多晶矽價格仍處於低檔。2014 年 1 月起中國大陸對美國的進口多晶矽徵收反補貼稅與反傾銷稅，造成其境內多晶矽價格高於境外。中美韓德等國之間的雙反貿易制裁措施，仍是太陽能產業鏈之不穩定因素，而中國大陸廠商之擴產量，亦是影響多晶矽市場供需會否失衡之另一關鍵。太陽能電池耗材包括電極材料、靶材、漿料、玻璃、軟性基材、染料、氣體等，耗材主要發展重點在於提升品質與降低成本。

(2)中游

全球矽晶太陽能電池生產以中國大陸為大宗，其餘為台灣、日本、韓國等國家。近因歐美對中國大陸及台灣課徵雙反稅率，部分廠商在東南亞等第三地設置產能，以規避高額稅率。在矽晶太陽光電模組方面，原材料主要包括太陽能電池、EVA、玻璃和膠膜；所謂 EVA 就是樹脂充填，能將各種不同的材料如玻璃、太陽能電池、銅箔鐳線(用來串連太陽能電池)、背板等封裝接合在一起，形成堅固耐用的模組。整個製程依序為 EVA、將太陽能電池排列定位、焊接、串連所有太陽能電池、EVA、層疊、層壓、修邊、封邊裝框、組框、測試、包裝。

由於模組生產物料及人力成本較高，中國大陸廠商以其低成本並輔以政府提供低利且充沛融資等優勢，幾乎占全球市場比重近七成而成為全球第一大生產國，加上大陸內需規模已成為全球最大單一市場，更有利其廠商進行產能擴充以搶占市場。從材料類別來看，薄膜型太陽光電模組又可區分為矽薄膜、碲化鎘(CdTe)、銅銦鎵硒(CIGS)以及有機化合物之染料敏化、有機薄膜等技術。其中矽薄膜技術相對成熟，廠商已發展至多層堆疊技術，增加光電轉換效率；碲化鎘(CdTe)技術主要為美商 First Solar，銅銦鎵硒(CIGS)以日本商 Solar Frontier 為代表。薄膜太陽光電模組技術雖具備材料成本低之優勢，但製程設備相對昂貴，再加上因矽晶模組跌價快速而快速席捲市場，以致薄膜太陽能模組主要應用於融合建築之一體化之市場。

(3)下游

在模組廠串接電池片並封裝於模組板後，系統商會選用合適的太陽能模組，將其安裝成太陽能發電系統。目前市面上的主要應用以地面設置、屋頂設置及建築物整合設置(BIPV)為主，少數太陽光電元件則應用於路燈、交通號誌、建築外牆、救災設備及消費性產品等。目前全球太陽光電發電系統業者發展以大規模地面型發電廠為主，依靠政府的保證躉購機制(FIT)為收入來源，然而在各國能源政策轉型後將以家戶、廠辦等屋頂型、分散式發電系統採以自發自用模式成為趨

勢。隨著競爭加劇，系統業者除向上游供應鏈發展確保貨源以外，中游業者亦試圖跨足下游系統業務，使產業朝向上下游整合發展。

表1.1-5為太陽能上中下游產業簡表，分為材料(material)、矽晶圓(wafer)、電池(cell)、模組(module)、系統(system)等產業及其對應之國內外廠商。

表 1.1-5、太陽能上中下游產業簡表³³

	產業	國內	中國大陸	其他地區
上游	材料(material) 	瑞晶應材 寶德 凌昇	GCL Solar 協鑫 TBEA 特變電工 Hanwha Q CELLS 韓華 Yongxiang SINOSICO(中矽高科)	Wacker Chemie AG(德) OCI(韓) Hemlock(美) Tokuyama(日) MEMC(美)
上游	矽晶圓(wafer) 	中美晶 5483 綠能 3519 環球晶 6488 合晶 6182 友達晶材	GCL Solar 協鑫 LONGi Silicon Jinko Solar 晶科 Zhonghuan Solar 中環 Yingli 英力	PV Crystallox(UK) MEMC(美) Sharp Solar(日) Panasonic(日) BP Solar(西)
中游	電池(cell) 	茂迪 6244 益通 3452 新日光 3576* 昱晶 3514* 昇陽科 3561* 旺能 3599	JA Solar 晶澳 Trina Solar 天合光能 Hanwha Q CELLS 韓華 Jinko Solar 晶科 Yingli 英力	Sharp Solar(日) Panasonic(日) BP Solar(西) Shell Solar(荷) LG(韓)
中游	模組(module) 	茂迪 6244 旺能 3599 綠能 3519 永炬光電 興達科技	Jinko Solar 晶科 Trina Solar 天合光能 JA Solar 晶澳 Hanwha Q CELLS 韓華 Yingli 英力	Canadian Solar 阿特斯(加) Sharp Solar(日) Panasonic(日) BP Solar(西) Shell Solar(荷) LG(韓)
下游	系統(system) 	茂迪 6244 永炬光電 興達科技 中興電工 中國電器	TBEA 特變電工 Hanwha Q CELLS 韓華 GCL Solar 協鑫 ET Solar 中盛	Sharp Solar(日) Panasonic(日) BP Solar(西) Shell Solar(荷) LG(韓)

註：圖片摘自 Google 圖片 *2018 年 10 月，新日光、昱晶、昇陽科三家上市公司合併，新日光為存續公司

³³ 參考資料 <https://www.energytrend.com.tw/miservice.html>，本文製表

表 1.1-6 為我國相關太陽光電產品之上市櫃公司簡表，列出相關太陽光電產品與 2017 年營收比重等資料。

表 1.1-6、我國相關太陽光電產品之上市櫃公司簡表³⁴

代號	公司	公司官網主要產品(與太陽能相關)
網址		營收比重(2017) ³⁵
1516	川飛	再生資源產品買賣、廢棄物代處理及綠色能源
www.falconpower.com.tw		生煤交易業務 98.08%、其他 1.92%
1711	永光	太陽能染料
www.ecic.com.tw		色料化學品 45.39%、特用化學品 20.89%、碳粉 20.00%、其他電子化學品 8.17%、光阻劑 3.25%、前列腺素 2.14%、醫藥化學品-其他原料藥 0.09%、其他 0.07%
1802	台玻	平板玻璃、汽車玻璃、玻璃纖維、玻璃器皿、光伏蓋板玻璃
www.taiwanglass.com		平板玻璃 66.08%、玻璃纖維 25.89%、玻璃器皿 7.82%、其他 0.20%
2342	茂矽	晶圓製造、太陽能相關產品、太陽能系統服務
www.mosel.com.tw		Foundry 99.98%、太陽能 0.02%
2349	錫德	太陽能模組、太陽能系統
www.ritek.com.tw		光學產品及週邊設備 75.09%、其他 24.91%
2406	國碩	太陽能晶片(多晶)、太陽能導電焊帶、太陽能系統
www.gigastorage.com.tw		導電漿 69.91%、其他 17.05%、矽晶片 13.05%
2434	統懋	太陽能電池、二極體、整流管
www.mospec.com.tw		二極體 84.01%、電晶體 8.08%、矽晶圓 6.75%、晶粒 1.16%
2464	盟立	單晶矽/多晶矽太陽能電池製程設備及自動化傳輸系統
www.mirle.com.tw		物流系統 61.38%、資訊產品系統及產業控制器 38.62%
3010	華立	太陽能電池晶片(單晶、多晶)、太陽能模組背板與組裝用等材料
www.wahlee.com		電子資通訊產業 36.15%、半導體產業 23.68%、平面顯示器產業 18.12%、印刷電路板/主機板產業 10.27%、綠能產業 7.12%、其他 4.67%
3016	嘉晶	矽磊晶、氮化鎵磊晶
www.epi.episil.com		磊晶矽晶圓 99.70%、其他 0.30%
3043	科風	太陽能電池(多晶矽)、太陽能模組、逆變器
www.pcmups.com.tw		在線式 UPS 38.40%、在線互動式 UPS 30.38%、離線式 UPS 17.14%、其他 12.30%、太陽能 1.59%、Solar Inverter 0.19%
3093	港建	網印太陽能電池正背電極
www.tkk.com.tw		電子事業部 40.86%、印刷電路板(PCB) 38.82%、客服處 17.38%、製造 2.93%
3305	昇貿科	太陽能銲接材料

³⁴ 各公司官網

³⁵ <https://tw.finance.yahoo.com/>

www.shenmao.com		鉅錫棒 35.47%、鉅錫膏 21.89%、鉅錫球 21.08%、鉅錫絲 10.04%、其他 9.71%、BGA 焊錫球 1.31%、錫粉 0.51%
3452	益通	單晶矽太陽能電池、多晶矽太陽能電池
www.e-tonsolar.com		太陽能電池 98.17%、商品及原物料 1.83%
3514	昱晶	太陽能電池、太陽能模組
www.gintechenergy.com		太陽能電池 90.67%、其他 9.33%
3519	綠能	太陽能晶片、多晶矽晶錠、非晶矽薄膜太陽能電池
www.getinc.com.tw		多晶太陽能矽晶片 54.58%、矽晶塊(噸)17.73%、其他 14.40%、太陽能模組 13.30%
3532	台勝科	矽晶圓材料(拋光、磊晶、測試)
www.fstech.com.tw/		矽晶圓 100.00%
3561	昇陽科	太陽能電池(單晶矽、多晶矽)、太陽能模組
www.solartech-energy.com		太陽能電池 85.99%、其他 14.01%
3562	頂晶科	太陽能電池(單晶矽、多晶矽)、太陽能模組、太陽能系統
www.tynsolar.com.tw		太陽能電池模組 36.20%、代工 33.38%、太陽能電池模組(KW)10.07%、電廠(EPC)7.06%、太陽能電池模組-委外 5.77%、商品銷售 4.84%、太陽能電池 1.52%、台電電費 0.83%、其他 0.32%
3576	新日光	太陽能電池(單晶矽)、太陽能模組、太陽能系統
www.nsp.com		太陽能電池及模組 86.55%、其他 13.45%
3579	尚志	矽晶圓、矽晶棒、藍寶石晶棒
www.sanchih.com.tw		多晶太陽能矽晶片 53.06%、多晶太陽能矽晶塊 17.23%、其他 14.73%、太陽能模組 12.93%、矽晶圓研磨片 2.05%
5434	崇越	太陽能材料(導電塗料、石英坩堝、切削液)
www.topco-global.com		半導體產品 81.47%、LED/LCD/電子相關產品 8.79%、環保工程與廠務系統 7.07%、太陽能相關產品 1.50%、其他 1.17%
5443	均豪	太陽能製程、檢測設備
www.gpmcorp.com.tw		顯示器製程設備 55.52%、智能自動化設備 17.50%、半導體製程設備 15.52%、其他 11.45%
5483	中美晶	單晶片、多晶片、單晶矽太陽能電池、多晶矽太陽能電池
www.saswafer.com		半導體晶棒及晶圓 77.55%、其他 9.05%、太陽能電池 6.28%、太陽能矽晶片 4.25%、太陽能晶錠 2.37%、太陽能模組 0.49%
6127	九豪	太陽能接線、連接器
www.leatec.com.tw		精密陶瓷基板 92.33%、太陽光電 5.70%、其他 1.98%
6182	合晶	拋光矽晶圓、磊晶矽晶圓
www.waferworks.com		半導體產品 99.41%、其他 0.59%
6187	萬潤	半導體設備
www.allring-tech.com.tw		半導體自動化設備 58.32%、被動元件自動化設備 24.83%、其他 10.88%、發光

		二極體設備 5.97%
6196	帆宣	太陽能相關材料、設備
www.micb2b.com		其他地區客製化設備研發製造 23.17%、台灣高科技設備材料銷售及服務 14.42%、台灣整合系統 13.10%、台灣自動化供應系統 11.35%、大陸高科技設備材料銷售及服務 9.99%、大陸自動化供應系統 9.15%、大陸整合系統 8.91%、大陸客製化設備研發製造 3.88%、台灣客製
6244	茂迪	太陽能電池(單晶矽、多晶矽)、太陽能模組、逆變器、太陽能發電系統
www.motech.com.tw		太陽能電池 89.24%、太陽能模組 9.60%、其他 1.15%
8039	台虹科	太陽能背板
www.taiflex.com.tw		電子材料 65.38%、太陽能背板 33.15%、其他 1.47%

圖 1.1-22 為太陽光電為主要產品之上市櫃公司歷年稅後每股盈餘(Earnings Per Share，簡稱 EPS)，其中，2006~2008 年幾乎為盈餘狀態，且有部分廠商每股盈餘 10 元以上，2009~2010 年呈現盈虧互見，2011 年後大致呈現虧損狀態。

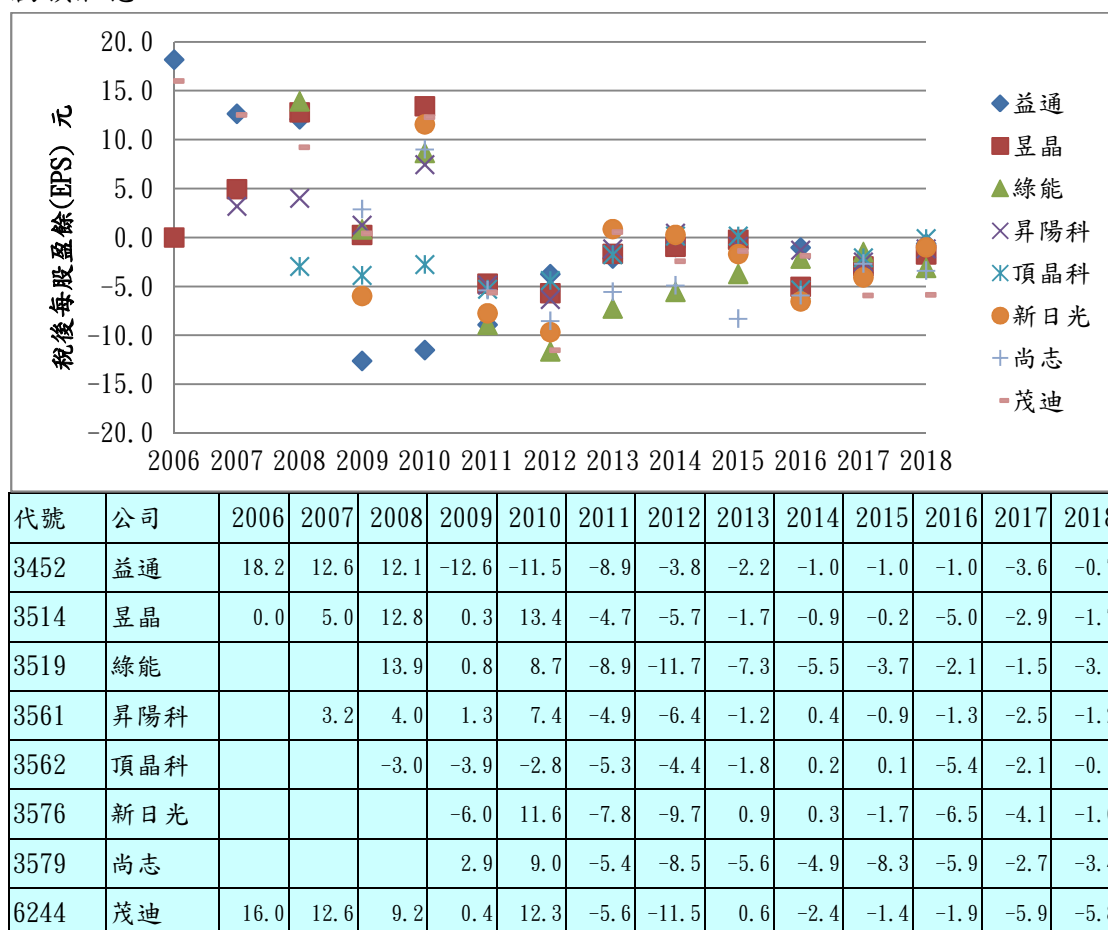


圖 1.1-22、太陽光電為主要產品之上市櫃公司歷年稅後每股盈餘(EPS)³⁶

³⁶ <https://goo.gl/4gEwuV>，註：2018 年資料為至 2018 年 Q2

1.1.7、廢棄太陽光電模組之回收³⁷

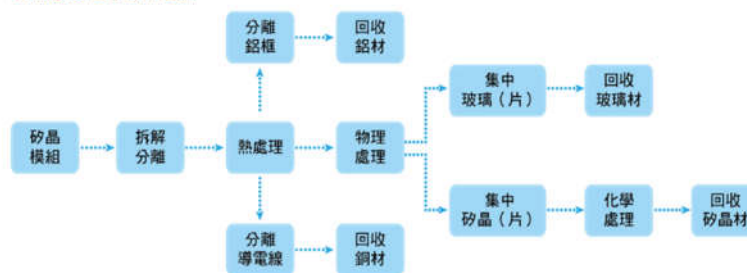
有關廢棄太陽光電模組的汙染問題，依照國內現行環保法規，太陽光電板並不屬於有毒廢棄物，且太陽光電板為國際間高度流通之產品，須符合歐盟 RoHS「危害性物質限制指令(Restriction of Hazardous Substances Directive 2002/95/EC)」規定³⁸才能銷售，其中，鉛(Pb)、汞(Hg)、六價鉻(Cr⁶⁺)、聚溴聯苯(PBB)、聚溴二苯醚(PBDE)等含量須分別小於 1000ppm，鎘(Cd)含量須分別小於 100ppm。

此外，日本「太陽能發電設備再利用、回收和適當處理(太陽光發電設備等のリユース・リサイクル・適正処分 に関する報告書)」研究報告³⁹，曾針對不同種類(例如區分單晶矽、多晶矽、矽薄膜、化合物)、不同製造年(例如區分 1999 以前、2000~2009、2010 以後)的太陽光電模組規模，結果顯示近年來例如鉛(Pb)、鎘(Cd)、汞(Hg)、六價鉻(Cr⁶⁺)等濃度低於歐盟 RoHS 限制值。

國內為解決因大量設置太陽光電未來所衍生的大量汰除廢棄模組回收問題，環保署與經濟部目前規劃參考國際「生產者延伸責任」的環保趨勢，持續協助業者完善太陽光電模組回收處理機制，規範製造者、輸入業者需履行生產者責任，包括廢棄物之收集、回收及處理。太陽能板製程產生的廢棄物包括混合五金廢料、廢玻璃、廢矽金以及其他邊料等，目前太陽光電板製造廠商通常會經由訪價後，將製程中的廢棄物交由政府核可的業者處理。矽晶類太陽能板的組成成分中，玻璃占約 62.7%、鋁框約 22%、醋酸乙烯 EVA 約 7.5%、電池約 4%、背板約 2.5%、接線盒約 1.2%、其他占約 0.1%。使用後的太陽能板模組，通常處理業者會把有價值的鋁框回收鋁材，並把玻璃等交由其他再利用業者處理，回收業者目前處理方法則係先將模組拆解後，回收鋁框架、接線盒，剩餘部分經破碎處理，回收玻璃、矽等，再以物理化學方法回收貴金屬如銀、銅等。

由於國內目前太陽光電模組廢棄量仍少，回收經濟效益相對有限，政府規劃訂定階段性回收處理目標，並逐年建立國內太陽光電模組回收技術能力。

太陽能模組回收流程圖



資料來源：工業技術研究院量測技術發展中心馬先正博士提供

圖 1.1-23、太陽能模組回收流程圖⁴⁰

³⁷ <https://www.mrvp.org.tw/%E6%8E%A8%E5%8B%95%E6%94%BF%E7%AD%96/%E6%A8%A1%E7%B5%84%E5%9B%9E%E6%94%B6/>

³⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Restriction_of_Hazardous_Substances_Directive

³⁹ <https://www.env.go.jp/press/files/jp/27519s.pdf>

⁴⁰ <https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/2556>

1.2、七大類型太陽光電技術概要個別簡介

隨著光吸收層使用材料不同與發電原理的差異，太陽能電池可以分成許多類型，而其在電池成本、轉換效率及電能生產成本的關係，大致上如圖 1.2-1 所示。

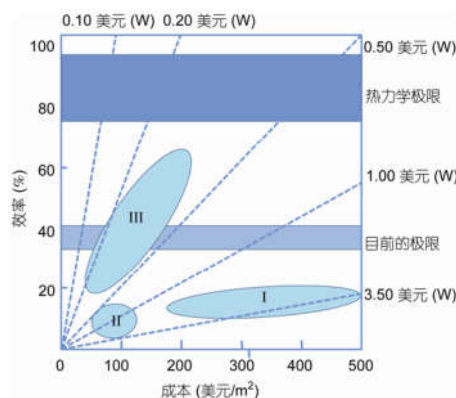


圖 1.2-1、各種太陽能電池成本與轉換效率的關係，電能生產成本(美元/W)

I：矽晶圓、II：薄膜、III：高效薄膜⁴¹

本部分主要參考美國國家可再生能源實驗室(NREL)所公布 Research Cell Efficiency Records，依照光吸收層使用材料不同，將其大致分為矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機(化合物)、染料敏化、量子點、鈣鈦礦等七大相關類型，以下針對其相關技術與產業概況做一簡介。

1.2.1、矽晶圓太陽光電技術概要

矽晶圓(silicon wafer)，或稱矽晶片、或稱矽晶(crystalline silicon)為半導體與太陽能電池常用之材料。請參圖1.2-2(1)，矽為四族元素，當矽晶體摻雜三族元素(例如硼)形成p型半導體，摻雜五族元素(例如磷)形成n型半導體；圖1.2-2(2)，於pn接面為空乏區(depletion region)並形成內建電場(build in electric field)，圖1.2-2(3)，p型半導體與n型半導體之能帶圖，於空乏區之能帶之差異為內建電位之能量，圖1.2-2(4)，當光子能量(photon energy)大於材質之能隙(energy bandgap)時，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(hole)；電子電洞對因內建電場影響，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而輸出電力。

⁴¹鈣鈦礦太陽能電池：光伏領域的新希望中國科學，技術科學 2014 年第 44 卷第 8 期，801-821

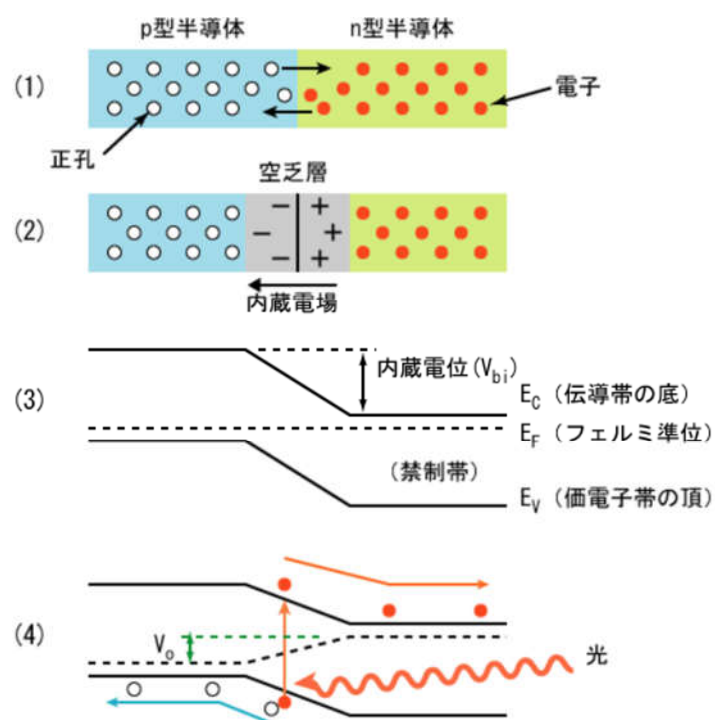
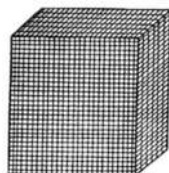
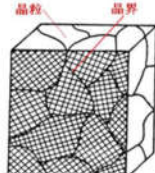


圖 1.2-2、PN 半導體照光產生電流示意圖⁴²

太陽能電池以矽晶為主材料者大致分為單晶(single crystal或稱mono crystal)矽太陽能電池、多晶(poly crystal)矽太陽能電池及非晶(amorphous)矽太陽能電池三種，本小節主要探討單晶及多晶類型(參表1.2-1)，另有關非晶薄膜型留待下節探討。

表 1.2-1、單晶多晶比較表

	單晶	多晶
晶體結構	 晶體結構規則	 晶體結構有晶界、結構局部規則
光電轉換效率	較高	較低
太陽能電池	 電池形狀為圓形、或方形(有切角) 電池顏色較深	 電池形狀為方形(無切角) 電池顏色相對較淺一點
成本	較高	較低

註：圖片摘自Goole圖片

⁴² <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%85%89%E8%B7%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E5%8A%B9%E6%9E%9C>

(1)單晶矽太陽能電池：晶體結構規則，電子遷移率(mobility)較大，光電轉換效率較高，電池所呈現顏色較深，單晶成本較高。單晶製程係將矽原料經由長晶、拉晶、切割、研磨、清洗等製程。

(2)多晶矽太陽能電池：晶體結構局部規則，電子遷移率較小，光電轉換效率相對較低，電池所呈現顏色較淺，多晶成本較低。多晶矽結構於晶粒與晶粒之間具有晶界(grain boundary)，邊界存在懸浮鍵(dangling bond)，懸浮鍵會與自由電子結合而使電子遷移率及電流下降。另多晶製程可不使用拉晶步驟，而使用定向鑄錠爐直接結晶，因此晶粒排列較不規則。

矽晶太陽能電池片製造流程係將矽片經由蝕刻、磷擴散、製作抗反射薄膜、上下電極網印、高溫燒結、測試等製程，請參圖1.2-3。

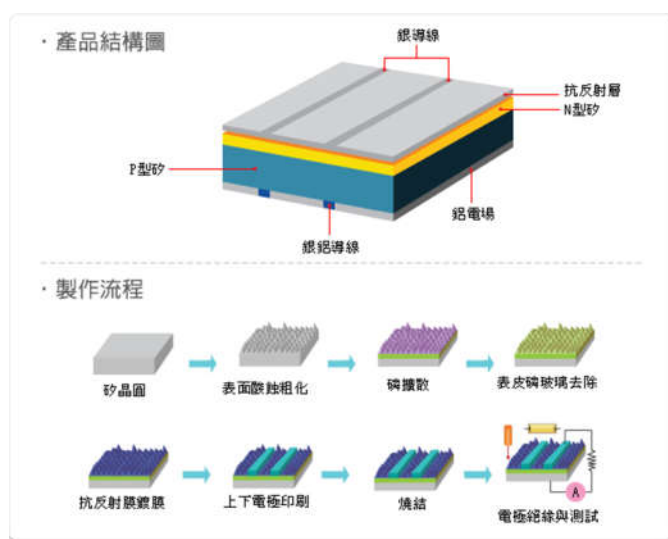


圖 1.2-3、一般矽晶太陽能電池結構及製作流程圖

1.2.2、矽薄膜太陽光電技術概要

太陽能相較於其他替代能源，太陽能為具有豐富(取之不盡)、清潔、使用安全……、等優點，且太陽的能量一年可產生 1.76×10^5 兆瓦，其中有 600 兆瓦照射至地球表面可以使用，因此太陽能電池成為先進國家努力主要的產生能源之發展目標。然而利用太陽能發電產生能源必須達到市電等價(grid parity)，才可脫離依靠政府補助限制，完全商品化，並自主獲利。目前市場中主流的太陽能電池商品係以單/多結晶矽太陽能電池為主，但仍受限於多晶矽材料之長晶、切片與電池模組的生產成本與矽晶圓價格不穩定等因素，因此結晶矽太陽能電池要達成市電等價實屬困境，惟「薄膜(thin film)」太陽能電池，因為原料、電池、模組製程合一，量產製程可以使用大面積且低成本的基板，要達成市電等價，相對上會較其他種類太陽光電池容易。薄膜太陽能電池主要可分成矽薄膜太陽能電池、無機化合物薄膜太陽能電池、染料敏化薄膜太陽能電池、有機太陽能電池、……等。本章節將以矽薄膜太陽光電池為主題並概要介紹：矽薄膜太陽能電池的發電原理、發展歷史、其優缺點。

(1)發電原理^{43、44}

矽薄膜太陽能電池主要結構係由透明導電膜(TCO)、p 型、本質半導體、n 型、金屬所構成的 p-i-n 元件組成，如圖 1.2-4 所示。矽薄膜太陽能電池的發電原理是本質矽半導體吸收太陽光之後，之後產生電子-電洞對，電子-電洞對受到 p 型和 n 型半導體對本質半導體所形成的內建電場影響，而電洞往 p 型半導體移動，電子往 n 型半導體移動，進而產生光電流。圖 1.2-5、1.2-6 為目前矽薄膜太陽能電池結構，可區分為 Superstrate 和 Substrate 結構，Superstrate 結構是在玻璃上鍍上透明導電膜之後，再依序鍍上 p-i-n 三層 Si 薄膜，之後再鍍上金屬，因此光是由玻璃照射進去；Substrate 結構在不透光的基板上鍍上金屬層，之後再鍍上 n-i-p Si 薄膜，最後再鍍上透明導電膜層，此時光由透明導電膜進入。而這兩種結構最主要差別在於光進入到 Si 薄膜不同的方向，目前矽薄膜太陽能電池主要以 Superstrate 結構為主。

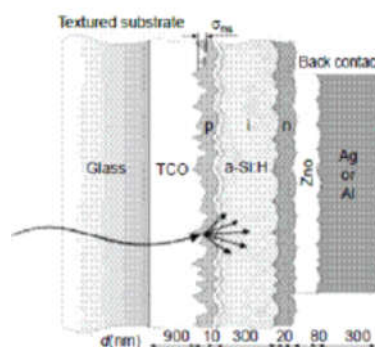


圖 1.2-4、矽薄膜太陽能電池主要構造型態

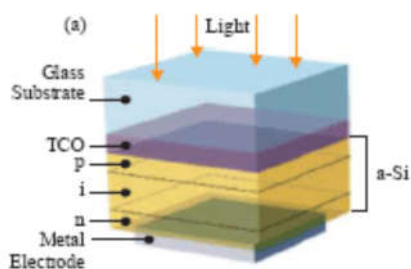


圖 1.2-5、Superstrate 結構

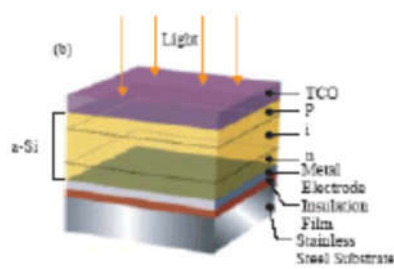


圖 1.2-6、Substrate 結構(Sanyo)

矽薄膜太陽能電池主要吸光層材料(即本質半導體)，可分為非晶矽、低溫多晶矽、微晶矽及奈米晶矽等，不論任何種類的吸光層材料，其共同的特點較為輕薄、且需沉積或承載於基材層之上。早在 40 年前，1980 年代，非晶矽就成為可商業化的薄膜型太陽能電池材料，非晶矽的優點在於對於可見光譜的吸光能力很強，而且利用濺鍍或是化學氣相沉積方式在玻璃或金屬基板上生成薄膜的生產方

⁴³鍾健文、王宗昶，各式太陽能電池製程介紹與最新技術發展，遠東學報第三十卷第二期 中華民國一百零二年八月出版。

⁴⁴矽薄膜太陽能電池製程技術：材料世界網，2008/6/30

式與一般電子工業製程相同，其成本低廉，材料成本相對於其他化合物半導體材料便宜；不過缺點則有轉換效率低(約 5~7%)，以及會產生嚴重的光劣化現象的問題，因此無法成為太陽能發電市場主流，而多應用於小功率的消費性電子產品市場，由於非晶矽發展歷史已久，目前市場上絕大多數的薄膜太陽能電池都是用非晶矽作為主要材料，由於具有成本低廉的優勢之下，仍可能是薄膜太陽能電池的主流之一。微晶矽是非晶矽的改良材料，其結構介於非晶矽和晶體矽之間，主要是在非晶體結構中具有微小的晶體粒子，因此同時具有非晶矽容易薄膜化，製程便宜的特性，以及晶體矽吸收光譜廣，且不易出現光劣化效應的優點，轉換效率也較高。先前日本 Sanyo 已有將 a-Si 和 nc-Si 疊層後製成的薄膜太陽能電池商品，可鍍膜在一般窗戶玻璃上，透光的同時仍可發電，因此業界廣泛看好將是未來非晶矽材料薄膜太陽能電池的發展主流⁴⁵。奈米晶矽具有較低的能隙(~1.1eV 與結晶矽相當)與較高的光電流，已被用來與非晶矽薄膜製作雙接面或三接面太陽能電池，以提高薄膜矽太陽能電池之轉換效率至 10%以上。奈米矽薄膜之微結構為矽晶粒，尺寸約 5~20 奈米，分佈於非晶矽的基材中，此材料之獨特特性為其載子之移動率(mobility)大小與非晶矽相比高出約一個數量級。由於奈米矽的能隙與結晶矽接近，使其有較高的光電流，卻也使其與非晶矽相比有較低的開路電壓，由於結晶矽為非直接能隙的特性，奈米矽需要相當大厚度以獲得高光電流。一般而言，奈米矽本質層厚度約需在 1 μ m 大小，因此不僅在鍍膜沉積速率上需做考量，甚至在薄膜微結構的最佳化與元件設計的考量上都需注意，因此仍有較多技術需研發，始能商品化。其原因為非晶矽與奈米矽的鍍膜會使用不同的設備，奈米矽沉積時需加入大量的氫氣稀釋，因此若與非晶矽使用相同的設備，其沉積速率會降低，因此必須使用較高頻率的電漿供應器，以達到較高的沉積速率。奈米矽薄膜雖可有效提高太陽能電池的轉換效率，但其沉積條件與設備要求相較複雜與昂貴，另外雖然奈米矽薄膜可提高薄膜太陽能電池的轉換效率至 12%以上，而細觀其電池結構與要求，皆顯示此類產品要在短時間之內大面積商品化是極不容易的事。光吸收層材料之選用，除了提升產能、生產良率外，能具有較高轉換效率並降低成本，才是薄膜太陽能電池的廠商所需求。⁴⁶

(2)發展歷史^{47、48、49}

矽薄膜太陽能電池之發展，係於 1960 年代末，英國標準通訊實驗室使用輝光放電法製備了氫化非晶矽薄膜，於 1975 年 W.E. Spear 和 Le Comber 成功實現對非晶矽的 P 型、N 型進行摻雜物控制，以製得 PN 介面薄膜。同年，美國 RCA

⁴⁵

<https://www.moneydj.com/KMDJ/Report/ReportViewer.aspx?a=2df47b45-f9e5-474c-b55c-661dffc33324>

⁴⁶ 奈米矽薄膜太陽能電池技術動向，江明政（南台科技大學光電工程系助理教授）。

⁴⁷ 中國大陸知識產權出版社出版薄膜太陽能電池產業專利分析報告，2011 年 9 月。

⁴⁸ 蔡進譯、蔡進耀，高效率矽薄膜太陽能電池技術回顧與展望，光電雙月刊 2010 年 3 月。

⁴⁹ 鍾健文、王宗昶，各式太陽能電池製程介紹與最新技術發展，遠東學報第三十卷第二期 中華民國一百零二年八月出版。

的 Carlson 並申請最早的非晶矽薄膜太陽能電池專利(光電轉換效率為 2.4%)，然而隔年 Staebler 和 Wronski 發現非晶矽材料本身具有光致劣化(light-induced degradation, LID)現象，需要透過高於 150°C 的 anneal 處理加以復原此光致劣化⁵⁰。因此於 1980 年 Carlson 將非晶矽薄膜的光電轉換效率提升至 8%，且其它種類之非晶矽合金也開始被應用在非晶矽薄膜太陽能電池上，包括使用較高能隙的 a-SiC:H 當所謂的 window layer，來減少載子的表面復合，和使用較低能隙的 a-SiGe:H 來做 a-Si:H/a-SiGe:H 堆疊式太陽能電池。後來，矽薄膜太陽能電池的光陷獲(light trapping)重要性也開始被注意，可藉由透過 TCO 的表面紋理(surface texture)和背面反射層(back reflector)之改良方式，有效的增長光傳路徑及增加入射陽光被吸收機率，因此非晶矽薄膜太陽能電池因此開始可被工業化量產。於 1990 年代，工業化量產技術持續發展，太陽能模組部分的製程，如膠封(encapsulation)、架線(wiring)、裝框(framing)等等也開始受到重視發展。為了提高量產能力，薄膜的沉積率(deposition rate)進一步被提高至 10~20Å/s。非晶矽薄膜太陽能電池面積可達 1m²，穩定效率可達 6%。1990 年底，全球矽薄膜太陽能電池年產量已達 30MW，這個時期最主要突破，為在微晶(microcrystalline)矽(μ c-Si)的相關技術，並將它應用在 a-Si:H / μ c-Si 堆疊式太陽能電池，其穩定效率記錄目前已達 11.7%。

矽薄膜太陽能電池，國內外的廠商開始大規模投入製造商品，導致競爭化，係於 2008 年附近矽晶材料短缺，矽晶太陽能電池製造原料成本上漲，矽薄膜太陽能電池之原料雖然也是「矽」，然而矽薄膜太陽能電池的製程是使用化學氣相沉積法製作矽薄膜，矽薄膜太陽能電池不受矽晶原料成本因素，因此許多具有半導體製程技術之企業開始投入研發製造商品。以技術來說，薄膜太陽能其實很適合台灣高溫及長日照的環境，薄膜太陽能電池相對結晶矽電池較耐熱，及且具有低照度下的發電特性，優於結晶矽產品，國內曾經投入矽薄膜太陽能電池廠商有綠能科技、聯相光電、旭能光電、宇通光能、大豐能源、富陽科技、奇美能源、大億光能、鑫筌能源……等⁵¹，且其設備均為來自國外設備廠商，如美商 Chronar 設備、日商優貝克(ULVAC)、美商應材、EPV 設備、Nano PV 設備。然目前由於太陽光電前景尚未明朗，因此已有廠商破產，例如宇通光能。

(3)優劣勢

薄膜式太陽能電池的優點為輕薄、可撓曲、應用多種外觀設計、生產快、無須過度封裝，目前可產業化之薄膜太陽能電池中，矽薄膜太陽能電池雖不具有與 CdTe、CIGS、……等無機金屬薄膜太陽能電池般之較高光電轉換效率，然而矽薄膜太陽能電池因無使用稀有金屬、重金屬等原料，因此當薄膜太陽能電池以大量應用、降低成本與環境保護之考慮條件下，矽薄膜太陽能電池係具有一定的優勢；

⁵⁰非晶矽太陽能電池會因 Staebler-Wronski(S-W)效應而導致光致劣化之因素，為當非晶矽太陽能電池經過數百小時的光曝曬(light soaking)後，其初始(initial)效率會降低約 20~25% 左右至穩定(stabilized)效率。

⁵¹遠東學報第三十卷第二期 2013 年之統計

矽薄膜太陽能電池與目前產業上所大量商品化的結晶矽太陽能電池相比，雖光電轉換效率低，然而矽薄膜太陽能整體製程之溫度為低於 400°C（多晶矽太陽能電池之製程溫度為高達 800~1000°C），因此如圖 1.2-7 至圖 1.2-10 所表示，矽薄膜太陽能電池相較於多晶矽太陽能電池可具有較低的 energy payback 時間與低廉的設備資本支出。目前因矽薄膜低光電轉換效率低之困境，仍需更多技術之開發以改良克服，因此現市場占有率不高。

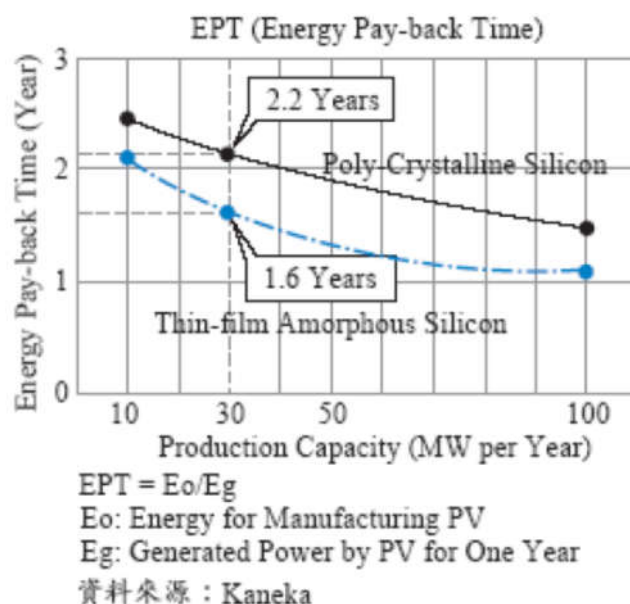


圖 1.2-7、矽薄膜太陽能電池與多晶矽太陽能電池的能源回收期(Energy Pay-Back Time)關係⁵²

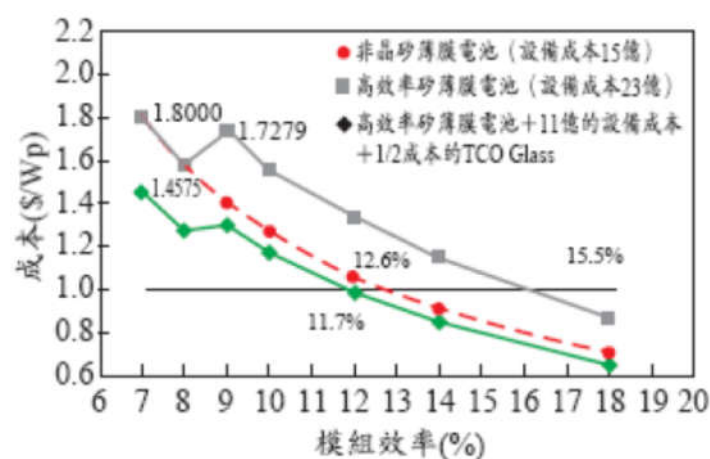


圖 1.2-8、以1美元/W太陽能發電成本為標準，矽薄膜太陽能電池光電轉換效率與其設備成本⁵³

⁵² 矽薄膜太陽能電池製程技術：材料世界網，2008/6/30

⁵³ 台灣矽薄膜太陽能電池的發展契機與未來挑戰：材料世界網，2008/1/12

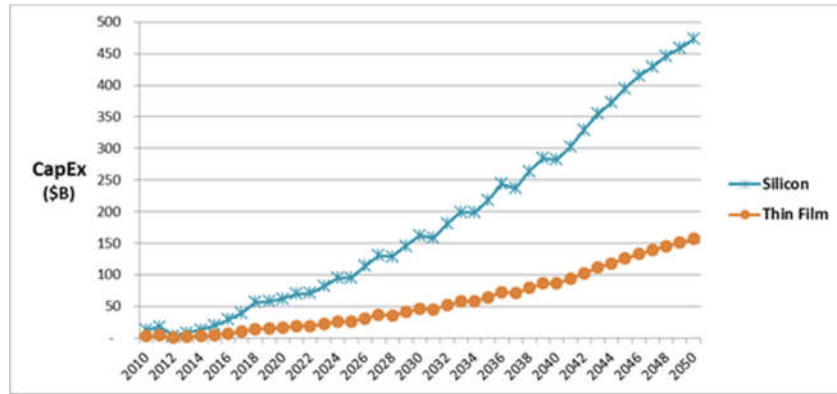


圖 1.2-9、表示矽薄膜太陽能電池相較於矽晶圓太陽能電池資本支出(CapEX)的比較⁵⁴

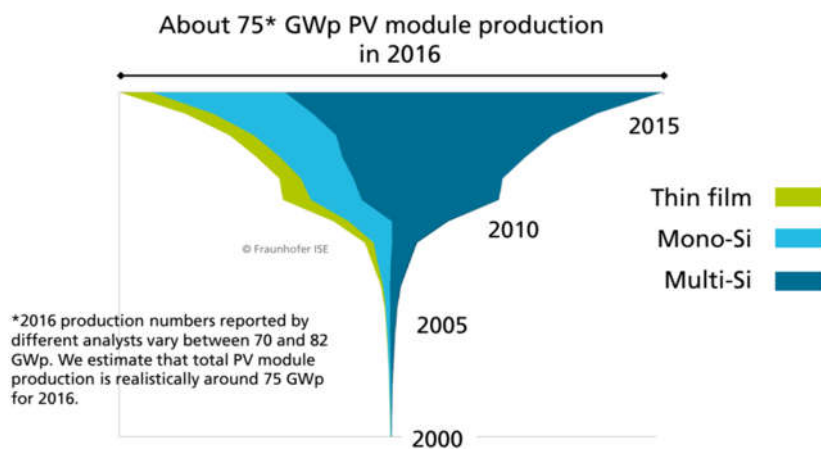


圖 1.2-10、目前全球太陽光電池產品的發電產能比率⁵⁵

1.2.3、無機化合物太陽光電技術概要

(1)簡介

在發展矽晶、矽薄膜類太陽能電池的同時，為了改善含矽類太陽能電池在開發時遭遇的問題，如轉換效率偏低或具有轉換效率衰降現象的不穩定情形，學術界及業界亦同時開發具光敏性質的其他材料，1954 年雷諾發現了硫化鎘具有光電效應，1960 年採用真空蒸鍍法製得硫化鎘太陽能電池，其光電轉換效率為 3.5%，屬化合物半導體太陽能電池的始祖，後於 1964 年在美國製成的硫化鎘太陽能電池提高其光電轉換效率到 4~6%。而此類以半導體類無機化合物製作的太陽能電池，一般被稱作第二代太陽能電池，就吸收層之形式的不同，可分為化合物結晶型太陽能電池及化合物薄膜型太陽能電池，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材料作為吸收層的太陽能電池，該類太陽能

⁵⁴7 Reasons Thin Film Is Alive and Set to Win in Solar, <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2014/07/7-reasons-thin-film-is-alive-and-set-to-win-in-solar.html>

⁵⁵ Photovoltaics-Report, Fraunhofer ISE

電池之光轉換效率皆較矽類太陽能電池高，如砷化鎵結晶太陽能電池，轉換效率最高可達 30% 以上，就提升轉換效率之目的，亦有利用兩三種不同能隙材料組成的串接(Tandem，亦可稱為多接面，multi-junctions)太陽能電池，效率甚至已經突破 40%。

化合物結晶型太陽能電池，最常見的為砷化鎵(GaAs)、磷化銦鎵(GaInP)結晶等 III-V 族化合物半導體作為吸收層之太陽能電池，該等二極體元件的原料極適合於製作高效率的太陽能電池，其能帶間隙介於 1.4~1.5eV，而光波的波長分布於紅外光的光譜區域，因而是適合於紅外光的光波吸收，倘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，可以使其波長感度變得較大的區域分布，因而可以吸收不同波長的光譜，進而提升此一太陽能電池的光電轉換效率，以砷化鎵太陽能電池為例，其具有最高可達 30% 以上的轉換效率，可耐高溫，在約 200°C 下的環境仍可維持其光電轉換的性能，適合製成高溫聚光型的太陽能電池。而基於砷化鎵系列的結晶型態化合物，可列舉出單晶、多晶、異質、n 型 p 型及鎵鋁砷類，其他 III-V 族化合物如磷化銦鎵(GaInP)、銻化鎵(GaSb)亦有作為太陽能電池吸收層之技術開發，而 III-V 族半導體類化合物亦可以薄膜型態生成作為多接面系化合物太陽能電池之其中一層，也有優秀的轉換效率表現，其製備方法如使用 CVD、磊晶、液相延伸法等。

化合物薄膜型太陽能電池，除了 III-V 族化合物半導體外，另有碲化鎘(CdTe)、硫化鎘(CdS)等 II-VI 族及 CIS(CuInSe)、CIGS(Cu(In, Ga)Se₂)等多元化合物，及同時應用多種化合物半導體堆疊而成之多接面型構成，而在實際投入應用的化合物薄膜太陽能電池中，II-VI 族的碲化鎘薄膜電池是歷史最久的，典型的碲化鎘薄膜電池由 p 型 CdTe 及 n 型 CdS 構成吸收層，連接 TCO 及接合背板形成太陽能電池，製備方法有濺鍍、CVD、電流沉積法等，而多元化合物薄膜型太陽能電池中最先開發的為銅銦硒(CuInSe₂)電池，常見稱為 CIS 薄膜電池，其能隙為 1.1eV，適合直接以太陽光源的光電轉換，具有不光致衰退的優點，其製備一般採用真空鍍膜、硒化法、電沉積、電泳法或 CVD 法，材料消耗少，成本相較結晶型為低，多接面型則有在非晶矽薄膜之上沉積銅銦硒(CIS)、銅銦鎵硒(CIGS)、砷化鎵(GaAs)，藉由涵蓋太陽頻譜的吸收範圍，可有效增加光轉換效率。

一常見的無機化合物太陽能電池結構及其製程如圖 1.2-11 所示：

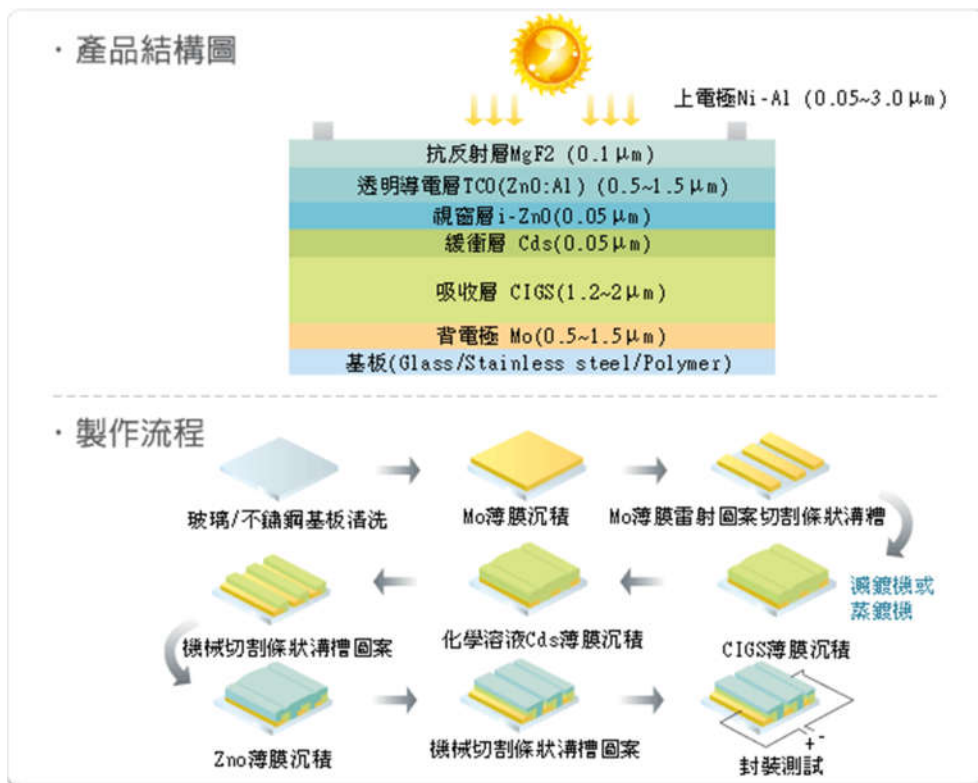


圖 1.2-11、無機化合物太陽能電池結構圖

(2)缺點

儘管無機化合物太陽能電池的效率較非晶矽薄膜太陽能電池效率高，且以薄膜方式生產，成本可較單晶矽太陽能電池低，亦可進行量產，但由於組成的元素較屬於稀缺元素、劇毒或重金屬，如砷、鎘、碲、鎳等，若電池模組破損時導致組成物流出擴散會對環境造成嚴重的污染，模組也有毒物殘留的問題，使用年限後的回收再利用亦為此類太陽能電池的研究重點。

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，如銅銦硒(CIS)、銅銦鎘鎘(CIGS)，對生產業者的技術及設備的要求十分嚴格，擁有開發出大面積電池組件的廠商亦較少，其良率難以保持是目前面臨的最大問題。

(3)產業發展概況

由於無機化合物多為高污染原料之特性，其發展法規限定較嚴之日本以外廠商為主，如美國及中國大陸，以考量單一接面材料、無聚光元件、且為具備量產性的模組產品，截至2018年6月的統計⁵⁶，無機化合物太陽能電池中，轉換效率第一名為砷化鎘電池(25.1%，美國Alta devices)、第二名為銅銦鎘鎘(CIGS)電池(19.2%，日本Solar Frontier)、第三名為碲化鎳(18.6%，美國First Solar)，上述之廠商亦為無機化合物太陽能電池之主要生產公司，而中國大陸則以漢能薄

⁵⁶ “【綠色觀點】中國 531 新政，台灣的太陽能要如何絕地求生？”，楊雅雲，INSIDE，2018.08.14，<https://www.inside.com.tw/2018/08/14/china-531-and-taiwans-solar-power-industry>

膜於砷化鎵薄膜型太陽能電池的轉換效率上有所突破，台灣相關之學術機構及廠商則以技術研發及代工為主，包括新能光電、全新光電及工研院等。

1.2.4、有機太陽光電技術概要

有機(化合物)太陽能電池包含有機、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：小分子太陽能電池、有機肖特基太陽能電池(organic Schottkysolar cell)、高分子/無機奈米複合材料太陽能電池、高分子/C60 奈米複合材料太陽能電池以及染料敏化太陽能電池，後者由於結構差異性較大，一般多獨立探討。

無機半導體太陽能電池的工作原理是光伏特效應，而有機太陽能電池的工作原理則是基於光誘導電化學效應；有機太陽能電池最高理論效率比矽晶還要高，再加上製程較簡單，較容易大面積化等特性，因此，吸引大家的目光，又有機導電(高)分子發展極為迅速，常用於有機太陽能電池及有機發光二極體，且兩者結構極為類似，而後者已大量商業化，更是讓大家對於其未來發展寄予厚望。

(1)歷史

第一個有機太陽能電池在 1958 年由 Kearns 和 Calvin 等所製造出來，主要材料為鎂酞菁(MgPc)染料，將有機染料層夾在兩個功函數不同的電極之間，通常被稱為肖特基型有機太陽能電池，如圖 1.2-12(a)所示；光敏層由處於兩電極間的單一聚合物構成，載流子產生效率低，電荷傳輸不平衡，能量轉換效率極低。

1986 年柯達公司鄧青雲博士創造出新的結構，所採用有機材料主要還是具有高可見光吸收效率的有機染料，主要結構是由四羧基芘的衍生物(PV)和銅酞菁(CuPc)組成的雙層膜，第一層有機材料為電子給體(donor)，而另一層有機材料為電子受體(acceptor)，這種電池的工作特點在於引入了電荷分離的機制，即作為給體有機半導體材料在吸收光子後產生激子(電子-電洞對)，其中電子注入到作為受體有機半導體材料，電洞和電子得到分離，分別傳輸到兩個電極上形成光電流，通常稱為 p 型電洞傳輸層和 n 型電子傳輸層的雙層異質結有機太陽能電池，如圖 1.2-12(b)所示；激子擴散到給體-受體(D-A)界面進行分離，但激子壽命有限，擴散長度短，遠離異質結界面的激子未到達 D-A 介面前便恢復到基態，激子分離和電池效率損失嚴重。

1992 年，Sariciftci 與 Heeger 等發現光誘導電子從共軛聚合物 MEH-PPV 向富勒烯 PC61BM 轉移的現象，由於 C60 是一個很大的共軛結構，可以對外來的電子達到穩定作用，甚至能容納 6 個電子的得失而不影響其結構，在 PPV 與 C60 的界面上，激子以很高的速率實現電荷分離，而分離之後的電荷則不容易在界面上復合；並於 1993 年製成聚對苯乙烯撐(poly(p-phenyl vinyl), PPV)/C60 雙層異質結太陽能電池，此後，C60 及其衍生物為電子受體、共軛聚合物作為電子給體材料的結構在有機太陽能電池中得到了廣泛應用，此為目前廣泛研究的共軛聚合物/C60 聚合物太陽能電池。⁵⁷

⁵⁷ 聚合物太陽能電池發展與展望，林紅，新材料產業，NO.5 2011 P33

1995 年由 Yu 和 Heeger 等提出體異質結(bulk heterojunction, BHJ)有機太陽能電池，如圖 1.2-12(c)所示，此為現在普遍採用的結構；由於激子分離一般都在界面進行，給體材料和受體材料形成連續互穿結構，使在給體材料中產生的激子可以較容易地通過擴散到達兩種材料的界面實現電荷分離；激子的存在時間通常在毫秒量級以下，未經徹底分離的電子和電洞會復合釋放出其吸收的能量，而將給體材料和受體材料混合，無處不在的奈米尺度界面大大增加了給體-受體接觸面積，提高了激子分離效率，這種連續網路結構為給體相中的電洞和受體相中的電子傳輸提供了兩個通道，避免電子和電洞在同一傳輸通道中復合，因此顯著提高激子分離及電子與電洞的收集效率，降低了載流子復合效率，提高光電轉化效率。

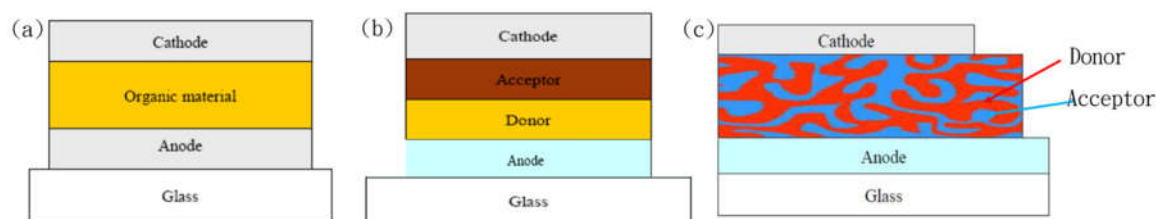


圖 1.2-12、常見有機太陽能電池結構：(a)肖特基型，(b)雙層異質結，(c)體異質結

(2)原理

如圖 1.2-13 所示，有機太陽能電池的運作可分為四大部分：1、激子產生 (Exciton Generation)：光子的吸收、吸收層分子激發及激子的產生，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)：激子的分離及載荷的產生，4、電荷收集 (Charge collection)：載荷的傳輸與收集。

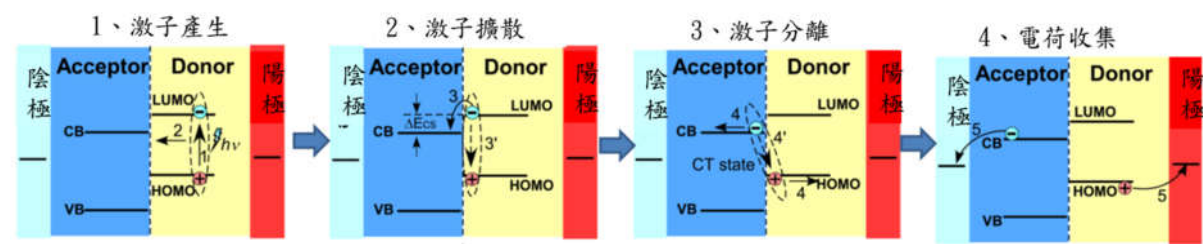


圖 1.2-13、有機太陽能電池工作原理示意圖⁵⁸

當太陽光照射到有機太陽能電池表面時，能量大於給體材料(共軛聚合物)禁帶能的光子將激發聚合物最高占有軌道(HOMO)上的電子躍遷到其最低未占有軌道(LUMO)上，因而 HOMO 軌道上將產生與激發電子數目相同的電洞，從而形成電子-電洞對(激子)，激子不斷向給體材料/受體材料的界面處(異質結)運動，當激子到達界面時，由於共軛聚合物/無機半導體的界面能大於激子的分離能，激子將在界面處發生分離，形成載流子(電子和電洞)，電子進入受體材料的 LUMO 中，

⁵⁸ <https://www.mdpi.com/1996-1944/7/4/2747/htm>

並沿著受體材料流向負極，電洞則沿著給體材料流向正極，在負載的條件下形成電流。⁵⁹

因此，能量轉換效率主要由光吸收效率、激子擴散效率和載流子收集效率三者決定。

光子吸收效率主要取決於給體材料(聚合物)對太陽光的光譜響應，而對光譜的響應則取決於給體材料的帶隙能，太陽能電池材料的吸收光譜與太陽光譜匹配程度、載流子遷移率和合適的能級對於得到高的轉換效率至關重要，太陽光的最大光子流在 700 nm 左右，為了使材料的吸收光譜與太陽光譜達到最大程度匹配，聚合物的最大吸收峰也應該在 700 nm 左右，而且光譜範圍也應寬泛，這就要求聚合物的能帶隙應低於 1.77 eV，高效率有機太陽能電池必須滿足的條件是：(1) 吸收層材料對太陽光有充分吸收能力，(2) 吸收層的微結構必須有利於電荷分離和載流子傳輸，因此，設計低帶隙共軛聚合物來提高電池對太陽光的光譜響應範圍，是提高電池效率的一種重要手段，此外採用聚合物疊層結構也是常見的方式。

激子的擴散和分離與異質結的形態有著最直接的關係，改善異質結的形態，提高激子的分離效率，是提高雜化太陽能電池效率的最快最有效方法之一。

載流子的遷移速率過低，電子和電洞則會很快發生復合，電子在激子分裂成電子和電洞之後 50fs(1fs=1*10⁻¹⁵s)之內發生轉移才是有效的，無機半導體一般都具有很高的電子遷移率，有機/無機太陽能池就是利用無機半導體的這一性質，用高的電子遷移速率來提高電池的效率，所以，對無機半導體材料進行優化和改性也是提高電池效率的一種重要途徑。

(3)結構

有機太陽能電池常見結構如前圖 1.2-12 所示，是將吸收層(活性層)夾在兩個功函數不同電極間，一電極常為透明的 ITO 陽極，另一為金屬陰極，常用 Al 等，吸收層和電極之間，可以根據需要加入其他的修飾層，如 PEDOT:PSS、LiF、ZnO，TiO_x 等。

吸收層

吸收層是實現光電轉化主要部分，除電子、電洞的收集外，其他的步驟都在此區域完成，主要有兩種結構：雙層異質結和體異質結，其材料都包含電子給體(Electron-donating, P-型材料, D)材料和電子受體(Electron-accepting, N-型材料, A)材料，電子受體材料一般是富勒烯(C60 和 C70)及其衍生物(PC61BM 和 PC71BM) 奈米碳球或醯亞胺的衍生物等，電子給體材料則常是共軛高分子或小分子材料，如由電子給體單元(Donor)和電子受體單元(Acceptor)共聚形成的共軛高分子聚合物(DA 型聚合物)。

由於光的吸收、激子的產生和遷移過程都發生在吸收層，如果此層厚度越大對光的吸收效率會越高，激子數量越大，但會使得激子的遷移距離變長，從而載

⁵⁹ 聚合物太陽能電池發展與展望 林紅，新材料產業 NO.5 2011 P33

流子結合機率會變大，加上聚合物的內部缺陷變多，較大的厚度反而會降低電池的效率，若吸光層太薄會造成吸光量不足，無法產生高的光電流，因此元件的光電轉換效率也不高，取得一平衡點將使有機太陽能電池的效率得到提高。

在體異質結太陽能電池中，入射光子被活化層吸收復產生電子-電洞對，電子-電洞對將會分離成自由載流子而傳輸至兩極，通過控制相分離使電子給體和受體材料形成網絡狀連續相，可以得到具有極大相間接觸面積的給體/受體異質結材料，且互穿網絡結構可以提供將分離的電荷傳輸到各自外電極上的通道：給體中的電洞傳輸到陽極，而受體中的電子傳輸到陰極，此三明治式的光電活性薄膜層中互穿網絡結構能達到較高的電荷收集效率，通過控制固態膜異質結的奈米結構(相分離及團簇現象)可以提高能量轉換效率。

受體

受體材料需要具有較低的 LUMO 能級以接受電子，同時需要具有良好的電子傳輸能力，將目前有機聚合物太陽能電池研究中使用的受體分為兩類：富勒烯衍生物和其他受體材料，由於受體材料基本局限在上述幾種材料，尤其是富勒烯衍生物，可選擇性不多。隨著烷基鏈數目的增加，富勒烯衍生物的溶解性增加，可獲得較好的轉化效率，這是因為隨著烷基鏈數目的增加，富勒烯衍生物的溶解性增加，然而載荷在富勒烯衍生物區域的傳輸能力會降低。⁶⁰

然而富勒烯衍生物在可見波段內對光的吸收較少，所以給體材料要承擔對光的有效吸收和對分離後的電洞有效傳輸這兩種作用，因此，具有寬光譜範圍吸收和高的載流子遷移率的給體材料是主要的目標。

給體

給體材料的研發主要關注材料的光譜吸收能力，調節共軛聚合物給體材料的化學結構，來降低帶隙、提高載流子遷移率、增強能級匹配度，進而提高性能，此外，給體材料的熱穩定性與電池的性能及使用壽命息息相關，設計給體(Donor)、受體(Acceptor)單元的交替共聚物是降低帶隙、調節能級的重要途徑；同時考慮材料凝聚態結構和載流子遷移能力，高分子側鏈基團的種類、長短、支化度、位置 and 朝向等對材料最終的性能影響很大⁶¹。

相較於小分子化合物，共軛高分子具有許多優勢：一維延伸的 π 共軛體系有利於激子和電荷載流子的傳遞；容易通過聚合物的結構設計來調控其光吸收能力等物性；具有較好的溶液成膜性，也提高了光電轉化效率。

理想給體材料應該具備：

1、具有強的光吸收能力，吸收係數大，較窄的光學能帶隙，吸收光譜範圍寬，覆蓋從紫外至近紅外區域寬廣的吸收譜帶；從太陽到達地球的光子中，大部分光子的能量低於 1.8 eV，當聚合物的能帶隙降低到能吸收 1.1 eV 光子的時候，

⁶⁰ 聚合物太陽能電池發展與展望 林紅，新材料產業 NO.5 2011 P33

⁶¹ 有機太陽能電池用聚合物給體材料的研究進展 葉懷英等 Chin. J. Org. Chem. 2012, 32, 266 ~283

大約 77%的可見光將會被聚合物吸收⁶²，通常是將聚合物的吸收光譜拉向近紅外區，也就是說採用低能帶隙聚合物，最好在 1.1~1.9eV 之間；

2、具備理想的 HOMO 和 LUMO 能級，低的最高佔據分子軌道(Highest occupied molecular orbital, HOMO)能級；

3、聚合物膜的微結構具備強的載流子傳輸能力，即具備高的載流子遷移率，且在給體-受體界面上，激子應該具有較高的分離效率；

4、激子和電荷在傳輸過程中的損失要盡可能小；

5、共混後容易形成有利於光電轉化的微結構，如寬廣的異質結界面、連續的 D-A 微結構；

6、具有良好的溶解性和加工性能

介面層

一般有機光電元件常使用 ITO 透明導電薄膜當做陽極，水氣及氧會由 ITO 電極擴散至元件主動層，造成主動層材料劣化，影響到元件的表現，為了改善各元件的表現，通常會在陽極及活化層間加入電洞傳輸層，可以防止水氣及氧的擴散及增加電洞的注入。目前最常使用芳香多胺類的材料當作電洞傳輸層材料。

(4)製程

一些大規模製造技術，如旋轉塗佈法、刮塗法、絲網印刷法、噴墨印刷法等可應用到工業化生產中；利用熱退火、溶液退火等處理影響著吸收層的微結構，提高載流子遷移率，對電池的效率具有一定的影響；此外，利用兩個或多個不同的分子，通過互相加合得到加成物，也使得能量轉換效率有一定程度的提高。

(5)產業概況

美國 Konarka 公司成立於 2001 年 7 月，成立之初便進軍第三代太陽能電池領域聚合物太陽能電池產業化，於 2004 年 2 月正式涉足聚合物太陽能電池，很快建立了世界上最大的捲對捲薄膜生產線，並在 5 年後獲得了 6.4%的聚合物太陽能電池效率記錄，2010 年 11 月該公司生產的聚合物太陽能電池具有 8.3%的效率。

美國 Solarme 能源公司於 2006 年起開發高分子太陽能電池板，用於發展有機光伏工業，2009 年 12 月宣布轉換效率為 7.9%的高分子太陽能電池，一般認為在中型生產線中 7%的光電轉換效率就可使高分子太陽能電池投入應用，採用低成本的印刷技術來製造高分子太陽能電池，可使發出相應電能的成本較低，比晶矽技術低 10%~20%，製造過程也在低溫 and 環境友好情況下進行，可大幅減少能量。⁶³

日本的 Mitsubishi Electric 公司曾在 2015 年展示高效能之大面積有機太陽能電池。

⁶²聚合物太陽能電池發展與展望 林紅，新材料產業 NO.5 2011 P33

⁶³聚合物太陽能電池發展與展望 林紅，新材料產業 NO.5 2011 P33

德國有機光伏(OPV)技術開發市場領導者 Heliatek，也開發出效率 13.2% 的有機太陽能電池並且量產大面積電池應用於 BIPV(光電建築)上，已籌資 8000 萬歐元資助其擴張計畫，打算使用大量資金將每年太陽薄膜生產能力擴大到一百萬平方公尺，此擴張將促使該公司 HeliaFilm 技術生產規模達到全球市場需求量，加速其 HeliaFilm 技術在全球建築和汽車行業上的布署。

俄羅斯、法國與哈薩克聯合團隊研發出可裝置於屋頂的有機太陽能電池，利用氟化反應(fluorination)使轉換效率高達 10.2%。

美國密西根大學團隊宣稱開發出轉換效率達 15% 的有機太陽能電池，使用壽命更可達 20 年。

中國南開大學也宣稱轉換效率高達 17.3% 的有機太陽能，並指出「材料分子結構鬆散」為有機太陽能電池轉換效率不高的原因之一，透過串聯方式，將兩種不同的有機材料層結合在一起⁶⁴

此外，還有許多產業界知名公司如：Kodak、Sharp、Sony、Siemens、CDT 及 Toshiba 對有機太陽能電池進行研究。

(6)特色

隨著攜帶式電子設備急劇增多，如手機和筆記型電腦等，需要量輕、小型、柔性的太陽能電池來補充電力，有機太陽能電池的吸收層基本採用固態的有機/聚合物半導體材料，具有一些獨特優勢：

- 1、有機材料質量輕、柔韌性及延展性好，
- 2、有機材料來源廣泛，易於進行化學設計和合成來調整修飾其能階與能隙大小、電荷轉移能力、電荷傳導速度、溶解度和成膜之結晶型態等重要材料特徵，無資源存量的限制，
- 3、電池器件製備工藝簡單，可透過低溫溶液製程，可降低傳統無機太陽能電池製程的高成本和高耗能，
- 4、容易製備大面積和柔性器件⁶⁵，可藉由印刷、噴墨、打印等溶液加工法大量生產，成本低，
- 5、室內或弱光情形下，光電轉換效率較高，
- 6、可以與人體、智慧穿戴電子、家用電器、建物外觀及室內生活用品擺飾之外型輕易結合，
- 7、可體現各種顏色和圖案，能更加精美的設計，易裁製成任何客製化形狀圖案以配合應用情境，
- 8、架設收納容易、重量輕、易攜帶、不受地點空間限制。

(7)缺點

⁶⁴<https://technews.tw/2018/08/16/organic-solar-cells-set-remarkable-energy-record/>

⁶⁵有機太陽能電池用聚合物給體材料的研究進展 葉懷英等 Chin. J. Org. Chem. 2012, 32, 266 ~283

相較於無機材料只需要幾個微電子伏特，在室溫下就能夠被分離成自由的電子與電洞，有機材料所產生電子與電洞的束縛能較大，通常介於 0.1 電子伏特至 1 電子伏特，導致元件的開路電壓只有 200mV，光電轉化效率很低，而這也是為什麼有機材料之太陽能電池效率低的主要原因之一。

有機太陽能電池的起步較其他種類太陽能電池晚，其有許多問題尚須解決，如：光活性範圍小(大部分有機聚合物的吸收波段都集中在可見光範圍，對紅外光區的太陽輻射利用率低)、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、熱穩定性差、耐久性差、無法長期使用等缺點限制了有機薄膜太陽能電池效率的進一步提高，導致目前還無法大量生產。

此外，製作上也存在著高分子材料量產成本及純度控制不易，導致批次製造變化較大，模組及封裝技術須持續改進。

1.2.5、染料敏化太陽光電技術概要

染料敏化太陽能電池(dye-sensitized solar cell, DSSC)是一種廉價的薄膜太陽能電池，由光敏電極和電解質構成的半導體，前者使用奈米級 TiO_2 晶粒與有機分子染料做為材料，利用奈米材料的小粒徑、高表面積比、高活化的表面電位能和奈米級的多孔性等特性，並導入與環境相容性高的光合作用之仿生技術染料，所研製的新型太陽能電池，有別於利用光伏效應所製得的矽晶太陽能電池，DSSC 是透過光誘導電化學反應所得。

(1)歷史

DSSC 的發展起源於 1976 年，當時日本的 Tsubomura 團隊以多孔性 ZnO 作為電池電極，得到 2.5% 的光電轉化效率⁶⁶。

1991 年瑞士洛桑聯邦理工學院 Grätzel 教授等人將奈米多孔的概念引入染料敏化寬能隙 TiO_2 半導體研究中，用奈米多孔 TiO_2 薄膜電極替代傳統的平板電極，以釷(II)的多吡啶配合物作敏化劑，用 I^-/I_3^- 氧化還原電對的電解質系統製備染料敏化太陽能電池，獲得光電轉換效率 7.1% 的染料敏化太陽能電池，因此也稱為 Grätzel(格雷策爾)電池。

在 1993 年光電轉換效率達到了 10%，並於 2001 年和 2004 年，電池效率達到 10.4% 和 11.04%⁶⁷。

2011 年，中興大學化學系教授葉鎮宇、交通大學應用化學系教授刁維光與洛桑聯邦理工學院教授 Grätzel 共同組成的研究團隊，成功以人工葉綠素紫質(porphyrin)分子作為 DSSC 的主要材質，將光電轉換效率提升到 13.1%。

(2)原理

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

⁶⁶ http://www.pida.org.tw/optolink/optolink_pdf/98118403.pdf

⁶⁷ 染料敏化太陽能電池研究進展 孔凡太等，化學進展 Vol. 18 No. 11 Nov. , 2006

玻璃基底，最後通過外電路流向對電極形成光電流，所以染料敏化劑是決定電池光電轉換性能的關鍵因素之一；如圖 1.2-14 所示，其工作原理可分為四大部分：1、光敏染料吸收太陽光，由基態躍遷到激發態，2、激發態染料向半導體導帶注入電子，自身轉化成氧化態染料，3、氧化態染料被電解質中的 I^- 還原回基態，即被還原態的電解質還原再生， I^- 轉化成 I_3^- ，4、導帶電子經過外電路到達 Pt 對電極，並在對電極將 I_3^- 還原回 I^- ，即氧化態的電解質在對電極接受電子被還原。⁶⁸

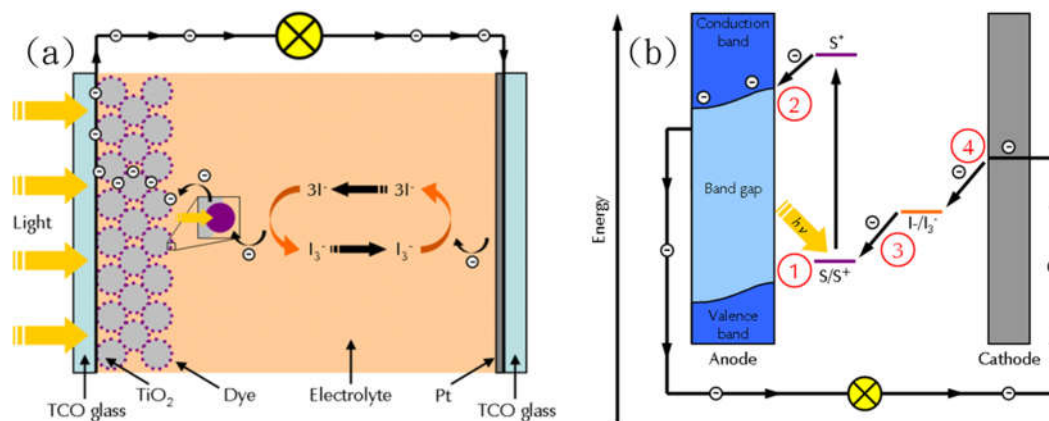


圖 1.2-14、染料敏化太陽能電池工作原理示意圖⁶⁹

與傳統 p/n 結太陽能電池相比，DSSC 的最大特點是其光吸收和電荷分離傳輸是分別由不同的物質完成的，光吸收是靠吸附在奈米半導體表面的染料來完成，半導體僅起電荷分離和傳輸載體的作用。電荷傳輸是靠多數載流子來傳導，不存在少數載流子和電荷傳輸材料表面復合等問題，因而其製備過程簡單，對環境要求不高。⁷⁰

DSSC 光電轉換過程中，導致其效率降低，使電池暗電流產生的過程包含：光生激子通過輻射躍遷回到基態；電子與氧化態染料復合，即注入 TiO_2 半導體導帶的電子與敏化劑電洞發生復合；電子與電解質中的 I_3^- 復合，即注入 TiO_2 半導體導帶的電子被電解質中氧化還原電對的氧化態所捕獲。強化電子輸運循環過程的各步反應，同時抑制電荷復合反應，是當前 DSSC 研究工作的重點。

(3)結構

DSSC 主要由光陽極(工作電極、多為負極)、對電極(多為正極)、電解質和導電基板等所組成，如圖 1.2-15 所示。

⁶⁸以芳胺為電子給體的 D- π -A 有機光敏染料-染料敏化太陽能電池中的應用，宋曉睿

⁶⁹

<https://www.gamry.com/application-notes/physechem/dssc-dye-sensitized-solar-cells/>

⁷⁰染料敏化太陽能電池研究進展，孔凡等，化學進展 Vol. 18 No. 11 Nov., 2006

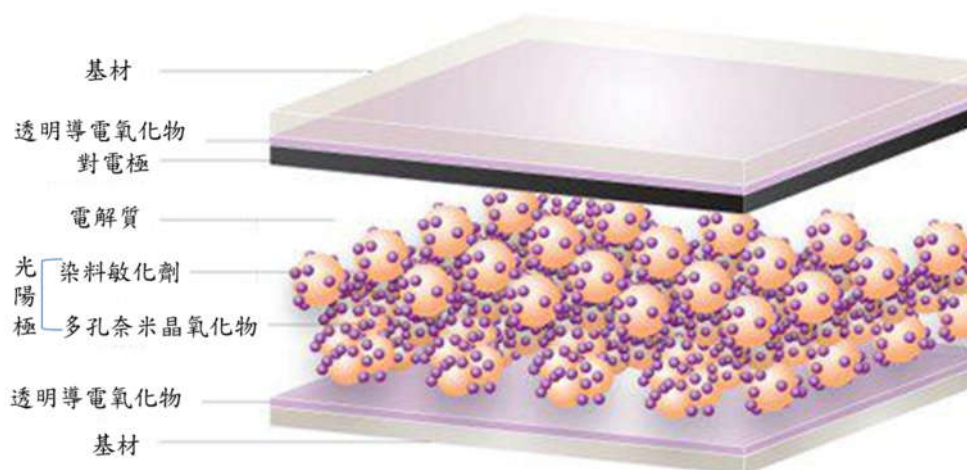


圖 1.2-15、染料敏化太陽能電池結構示意圖。⁷¹

光陽極

主要包含奈米多孔半導體薄膜及染料敏化劑，在導電基底(通常是 ITO、FTO)上製備一層多孔奈米晶氧化物半導體膜，具有多孔結構、高比表面積的奈米晶薄膜，其帶隙較寬，只能吸收太陽光中的紫外部分，對可見光沒有響應，對太陽光的吸收利用很低，一般在 TiO_2 薄膜上吸附一層能較好吸收可見光的染料敏化劑，以提高其對太陽光的吸收利用。⁷²將光敏染料分子(染料敏化劑)吸附在多孔膜中，這樣就構成負極，即工作電極。

多孔奈米晶氧化物

多孔奈米晶氧化物半導體膜(通常是奈米晶 TiO_2 、 ZnO 、 SnO_2 、 Nb_2O_5 等)，其主要作用是利用其巨大的表面積來吸附單分子層染料，同時也是電荷分離和傳輸的載體，除了提供高表面積以讓染料吸附，還需擁有高效的電子傳遞效率，目前多使用二氧化鈦奈米顆粒為半導體膜，此材料具有高比表面積及高穩定性，且能有效的吸附染料。

染料敏化劑

染料敏化劑在 DSSC 中負責捕獲太陽光的作用，由基態躍遷到激發態，將電子注入到奈晶半導體的導帶，能否最大限度地吸收太陽光直接決定了光電池可能獲得的最大能量轉換效率，理想染料敏化劑一般都具有光譜響應範圍寬、電子注入的量子效率高、穩定性好、與奈晶半導體能級匹配等特性。

染料敏化劑通常採用有機物或是與其它物質摻雜的有機物，按照其結構中是否含有金屬原子或離子分為無機染料和有機染料。

無機染料具有較高的熱穩定性和化學穩定性，但其複雜的純化工藝和所用稀有金屬的昂貴價格限制了它的廣泛應用；多吡啶鈦配合物染料依然保持著

⁷¹2017 Dye-sensitized Solar Cells (DSSC) Global Market analysis and Industry Forecast 2022, <https://reurl.cc/dVOYy>

⁷²基於石墨烯基電極染料敏化太陽能電池的研究進展，謝世偉

DSSC 最高的轉換效率，但由於多吡啶鈦類染料的合成及純化都極為麻煩，且鈦屬於貴重的稀有金屬，這使得具有製備成本低、容易純化、消光係數高以及吸收光譜和光化學性質易於通過合理的結構設計而調節等特點的無金屬有機染料受到注目，有機染料種類繁多，包括菁染料、部花青染料、香豆素染料、多烯染料、吲哚染料、半菁染料、方酸菁染料和其他一些有機染料(卟啉類、卟啉類、齊聚噻吩類等)。雖然染料的種類多樣，但從結構上分析，其中相當大一部分可以歸屬於電子給體- π 共軛體系-電子受體(D- π -A)結構。⁷³該結構可以產生分子內的電子躍遷(ICT)，有利於電子的轉移，目前，這類染料中研究的熱點是胺類衍生物。

改善有機染料的分子結構，將敏化劑光譜向太陽最大光子流所在的紅光和近紅外部分拓寬，設計和合成光譜響應範圍寬、電子注入效率高、化學和熱穩定性高的有機染料敏化劑，從而更有效地利用太陽光。染料分子結構設計大致遵循以下基本原則：(1)染料的吸收光譜應該覆蓋紫外可見光區和近紅外區域(300~2500nm)，激發係數必須盡可能高，以便於使用更薄 TiO_2 膜並獲得高效的光捕獲性能；(2)為了使得電子能夠有效地注入陽極，染料的最低未占軌道(LUMO)應該靠近鍵結基團(一般是羧酸或磷酸基團)，並且，其能級應高於半導體的導帶；(3)染料的最高占有軌道(HOMO)應在電解質中作為電洞傳輸材料的氧化電動勢之下，以使得染料在被氧化後可以迅速恢復；(4)為了抑制已注入半導體導帶的電子與氧化態染料的復合，染料上的正電荷應遠離 TiO_2 表面；(5)染料外圍應該疏水，從而減少光陽極與電解質的直接接觸，抑制染料從 TiO_2 表面因水解導致的脫落，延長電池壽命；(6)避免染料在 TiO_2 表面因發生堆積而導致的由激發態到基態的非輻射躍遷。⁷⁴

染料的吸收光譜大多都在 600nm 以上便呈現明顯下降趨勢，目前無論是鈦染料或胺類染料最大吸收光譜普遍集中在 650nm 以下，這使得太陽光譜中最大光子流所在的近紅外部分不能被有效吸收轉換，還需要在光電轉換效率上面進一步提升，開發具有寬光譜響應範圍的敏化劑；由於單一的染料吸收光譜不能很好地與太陽光相匹配，於是衍伸出多種染料敏化劑協同敏化，考慮到各類染料各自的優缺點，可以將兩種或者多種吸收波長互補的染料結合，協同敏化，增加染料的利用效率，提高電荷分離效率，拓寬光譜的吸收範圍。

電解質

電解質介於正極和負極之間，還原染料正離子及傳輸電荷的作用，主要分為三類：液體電解質電池、準固態(溶膠-凝膠)電解質電池和固態電解質電池。

液體電解質由於其擴散速率快、光電轉換效率高、組成成分易於設計和調節且對奈米多孔膜的滲透性好，廣泛研究；但液體電解質之電池不易密封，且存在著因有機溶劑易揮發和電解質易洩漏而造成電池在長期工作過程中性能下降，從而縮短了太陽能電池的使用壽命。

⁷³以芳胺為電子給體的 D- π -A 有機光敏染料-染料敏化太陽能電池中的應用，宋曉睿

⁷⁴有機染料敏化劑分子設計新進展，何俊傑

準固態電解質系統可分為兩種：(1)以液體電解質為基礎的溶膠-凝膠電解質，在液體電解質中加入有機小分子膠凝劑或有機高分子化合物，可形成凝膠網絡結構而使得液體電解質固化，得到準固態的溶膠-凝膠電解質；(2)以離子液體介質為基礎的溶膠-凝膠電解質，離子液體是完全由離子組成的液體，低溫(<100℃)下呈液態的鹽，也稱為低溫熔融鹽，一般由有機陽離子和無機陰離子所組成。

固體電解質研究得較多的是有機電洞傳輸材料和無機 p-型半導體材料。⁷⁵

液體電解質和準固態電解質中都含有 I_3^-/I^- 氧化還原電對，主要得益於其優異的可逆性和動力學性能，且復合反應較慢，此外還包含溶劑、LiI 和其他有機添加劑。

添加劑吸附在 TiO_2 光陽極上，抑制 TiO_2 光陽極上注入電子與 I_3^- 之間復合反應的發生，從而提高了開路電壓和光電轉換效率；常用的添加劑有氮雜環化合物及硫氰酸胍，有機添加劑易揮發且鹼性的氮雜環添加劑與電解質中的 I_3^- 形成複合物而從電解質體系中析出，對電池的長期穩定性有不利影響；離子液體對於有機物和無機物都有較好的溶解性，且具有幾乎不可測的蒸汽壓，因此以離子液體作為添加劑可以避免揮發，生成沉澱等問題，有利於 DSSC 穩定性的提高。⁷⁶

對電極

對電極起著收集外電路電子和催化還原 I_3^- 、再生 I^- 的作用，要求電子傳輸能力強和電催化活性高，耐電解質腐蝕。常用沉積鉑(Pt)的導電玻璃所構成正極。

導電基板

導電基板原本是透明的導電性玻璃(F_2 摻雜 SnO_2 (FTO)或氧化銦錫(ITO))，為了可撓性，常用柔軟的導電性高分子薄膜來代替硬導電玻璃。

(4)製程

染料敏化太陽能電池涉及的技術包括：製備高比表面積之多孔性奈米微粒電極、染料的合成、電解質的選用、對極層的製備、導線的設計、元件的封裝等。

傳統製備奈米 TiO_2 薄膜的方法是採用溶膠/凝膠法：以鈦酸酯類化合物為前驅體水解製備出 TiO_2 溶膠，經高壓釜熱處理、蒸發去除溶劑、加表面活性劑研磨製備 TiO_2 漿料；或者將商業級的奈米 TiO_2 粉體加表面活性劑和適量溶劑研磨製備 TiO_2 漿料，然後經絲網印刷、直接塗膜、旋塗等方法在導電基底上沉積 TiO_2 ，經高溫燒結活化製備出奈米 TiO_2 電極。

奈米 TiO_2 還可以通過多種方法製備，如化學氣相沉積、電沉積、磁控濺射和等離子體噴塗等方法在導電玻璃或其它導電基底材料上製備，然後經 450-500℃ 的高溫除去表面活性劑。⁷⁷

根據美國 TRI 與日本 Nikkei Electronics 的報導，染料太陽能電池的製作

⁷⁵ 染料敏化納米薄膜太陽能電池中電解質的研究進展，史成武

⁷⁶ 添加劑對染料敏化太陽能電池電解質性能的影響，史成武

⁷⁷ 染料敏化太陽能電池研究進展 孔凡等，化學進展 Vol. 18 No. 11 Nov. , 2006

成本僅為一般傳統矽晶材太陽能電池的 1/5 至 1/10，低廉的製作成本是產品商業化發展最主要的推動要素之一。⁷⁸

(5) 產業概況

染料敏化太陽能電池發展至今已超過二十餘年，由於轉換效率及穩定性及持久性問題，無法滿足長期基載供電之需求，但由於效率較不受環境因素影響、製程簡易與低製造設備成本等諸多優點，因此屬於有機太陽能電池的 DSSC 仍然被看好。

染料市場主要有三家，Solaronix 偏向學術研究領域，Dyesol 則是主要量產廠商，台灣永光則是第三家。

台灣投入 DSSC 電池狀況，整體而言產業鏈發展已有初步雛形，設備、材料可全部由國內廠商提供，不需外國授權和進口，加上產、學及研發單位均投入研發此一領域，因此整體發展呈現樂觀且穩定之狀況，台灣在 DSSC 的關鍵元件染料方面，也都有舉足輕重的地位，如中央大學為主傳統 Ru(鈦)-錯合物染料研究、中興大學為主開發紫質(Porphyrin) 類有機染料及交通大學在此類染料的元件製程優化，以及中研院產學合作為主所開發之其他有機分子染料，這些論文研究主題是當今受世人關注的議題⁷⁹。

近年來國內廠商正積極研發染料敏化太陽能電池及上游原料的開發和生產，以福盈科技化學、永光化學、長興化工等三家廠商分別對 DSSC 不同領域分別進行開發以及生產製程的改良；福盈科技化學看好 DSSC 市場，從澳洲 DSSC 公司 Dyesol 獲得技術轉移，看好行動電源市場並投入 DSSC 軟板開發，未來將應用於背包及自行車市場；永光化學則切入染料市場，其染料已獲得英國 G4 創新公司的認證；長興化工則積極參與科專計劃，開發 DSSC 的電極、電解質等上游原物料。

台塑自主開發染料敏化電池已相當長時間，現階段在台南沙崙設有試驗工廠，搭配物聯網時代的來臨，將染料敏化太陽能電池低光發電特性導入感測器的獨立電源，與工研院合作開發的 DSSC，計畫以高雄仁武廠做為生產基地，共同建立染料敏化太陽能電池試量產線，以完全自主開發的製程設備，克服製程良率，提升模組光電轉換效率並克服使用壽命問題，欲將染敏電池推向實際量產的腳步，並實際將這新一代的太陽能電池技術導入民生與工業使用。

蘋果相關產品應用 DSSC，是前年瑞士商羅技(Logitech)為了擴展平板電腦周邊裝置的版圖，推出名為 Solar Keyboard Folio 的 iPad 2 用太陽能鍵盤折疊保護組，這個裝置是染料敏化太陽能電池的首次商業運用。⁸⁰

日經新聞報導，鴻海轉投資的夏普(Sharp)計劃在 2019 年 3 月底前推出使

⁷⁸ 奈米 TiO₂ 晶粒和藍莓或覆盆子的汁液作為染料 DIY 製作染料敏化奈米晶化太陽能電池，戴明鳳

⁷⁹ 我國染料敏化光驅動電池研發策略及產業發展之建議，<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10193>

⁸⁰ 自由時報，張慧雯、編譯盧永山，<http://ec.ltn.com.tw/article/paper/843607/print>

(6)特色

染料敏化太陽能電池與有機太陽能電池具有類似的優點，如材料便宜又無污染，與傳統的矽基太陽能電池相比，不依賴入射光的角度，而且高度響應低水平照明條件，結構相對簡單，製程簡便不需真空設備與高潔淨度的廠房設施，可在一般室溫下直接製作、組裝即可，此外可利用低成本的製程技術，如印刷電路板所使用的網印技術或狹縫型擠壓式塗佈等方式可大面積製作，使得染料敏化太陽能電池的生產成本大幅降低，且具備可撓性、多彩性與可透光性等特性，應用範圍廣泛。

由於其擁有半透明特性，可在低照度下發電，顏色又多樣，室內與戶外都可應用。

室內以弱光發電原理所發展的消費性商品為例，由於一般室內光線即可充電，可作為 3C 產品或攜帶式電器的充電輔助品，適用於可攜式電子產品如電子計算機、手錶、電子字典、手機等用電量較小的產品，未來應用可能會直接附在手機上，或做成可摺疊的外接式裝置，或結合紡織品採用衣物塗佈方式作為隨身發電使用⁸²，現代社會便攜式電子設備在急劇增多，因此需要量輕、小型、柔性的太陽能電池來補充電力，市場商機潛力大；此外，含染敏電池的家電或家具，像是時鐘、茶几等。

戶外適合作為建築屋頂及窗材、玻璃帷幕大樓、外牆發電使用，加上具有遮陽、絕熱及發電利用的功能，更可達到建築物節能的效益

(7)缺點

對有機染料敏化太陽能電池來說，還存在著以下一些制約因素：

1、負極材料奈米晶半導體的奈米結構，由於尺寸的縮小，比表面積增加，電洞氧化能力增強，但太陽光的利用率下降，缺陷增多，激發態染料和電子復合的機率上升，導致能量損失增大。

2、奈米晶半導體奈米結構缺陷多，且結構較為簡單，染料在半導體表面容易發生團聚現象，半導體表面與界面間光生電荷轉移與光生能量轉移的速度慢。

3、為使單層吸附的效率提高，可以採取以下方法：使用分散均勻、高比表面、高結晶度、高電子傳輸能力的半導體奈米、線、桿陣列膜或自組裝陣列膜來代替平整膜；提高染料在電極表面的吸附力，因為染料的激發態壽命很短，只有與電極緊密結合的染料才有可能將光生電子和光生能量及時傳遞給電極，所以染料最好能化學吸附在電極上。

⁸¹夏普傳將推 IoT 用新型太陽能電池，可能委外生產

<https://technews.tw/2018/08/13/sharp-iot-solar-battery/#more-384396>

⁸²染料敏化太陽能電池(DSSC)，

<https://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/wikiViewer.aspx?keyid=dc1dc110-eaff-4a2a-8f5b-81f0654aed21>

4、目前使用效果最好的 N3 系列染料的製備工藝比較複雜，很難擺脫對於貴重金屬的限制，加上鈦本身是稀有金屬，價格昂貴，來源也較困難，尋找低成本且性能優良的替代品成為首要考慮的因素。

5、染料敏化劑的光譜吸收特性和穩定性是很重要的因素。由於目前染料在紫外光區吸收很少，普遍存在太陽光利用率低的情況，若能找到具有更寬吸收範圍的染料敏化劑，將有助於提高光電能量轉換效率，但光生電洞的氧化能力會下降，如何平衡這一矛盾，也是必須考慮的因素；TiO₂ 易使染料光解，從而導致接觸不好，因此設計穩定性高、更有效的染料成為當前研究的一個熱點。

6、傳統的鉑對電極由於價格昂貴，電荷傳輸電阻較大，實際應用受到限制，石墨、碳黑、碳奈米管、活性碳等不同種類的碳材料的應用，雖使價格降低，但電極的製作工藝仍需進一步優化。

7、由於其高效率的電池需要使用液態電解質和高腐蝕性氧化還原介質 (I³⁻/I⁻)，液態電解質由於其高的飽和蒸氣壓、穩定性差，所產生的封裝問題給實際應用帶來了嚴峻的挑戰，對於各種天氣的適應也是一個嚴重挑戰。固態和準固態電解質雖然解決了封裝的問題，但由於其低的離子電導率、電解質與電極界面接觸差，導致光電轉化效率很低。因此，提高固態和準固態電解質的轉化效率或使用穩定性高的離子型液體電解質，也是努力的方向。⁸³

8、用柔軟的導電性高分子薄膜來代替硬導電玻璃，出現了很多新問題，包括：(a) 高分子薄膜導電性電極基板的選擇與改良，(b) 如何在導電性高分子薄膜上低溫製作半導體薄膜，(c) 適合於高分子電池的黏結劑的開發，(d) 高分子薄膜的透濕性對策⁸⁴，(e) 光照易降解等問題。

9、關於模組部分放大至一般生產(大多要 100cm²)時，整體效能就可能不如原本，若以產業化為出發點，如何放大製程，使模組仍有高的效率，未來開發能夠延長使用壽命的關鍵材料，有效應用至 DSSC 產業，此部分是至為關鍵之所在。

1.2.6、量子點太陽光電技術概要

染料敏化劑存在的一個共同問題是吸收光譜的範圍比較窄，絕大部分染料只吸收可見光，而對於占太陽光多半能量的紅外光則吸收很少，為了進一步提高 DSSC 的轉換效率，目前的一個研究熱點便是合成吸收範圍更寬的全光譜光敏化劑，但是合成工藝通常都比較複雜且成本較高，從而限制了全光譜敏化劑的推廣與使用，在尋找下一代敏化劑的過程中，CdS、CdSe、Sb₂S₃、PbS、CuInS₂ 等半導體量子點(quantum dot, QD) 是典型的奈米材料代表，其為「具量子特性之奈米粒子」。量子特性係指如原子具有分離的能階，當原子組成了巨觀的材料後，量子的特性會組合成新的性質，即一般我們熟知的材料性質，如銅原子組合成銅塊後，才是常用的導電電線，若材料接近原子尺度時(約 1~10nm，約數十~數千個原子組成)，此材料粒子會有類似原子的量子特性，故稱之為量子點。

⁸³有機染料敏化納米晶太陽能電池，鄭冰等

⁸⁴新型有機太陽能電池塑料薄膜化的研究進展，馬廷麗

量子點由於晶粒體積甚小，故具有三維的能量屏障(Energy barrier)，因此電子與電洞將會被侷限在此一微小晶粒內，在介觀尺度的量子點，電子能態密度不同於塊材，其介於原子與塊材之間，具有類似原子的能階，在實驗上可觀察到類似原子能階的分離的光譜，因此量子點的光、電、磁性質不同於一般我們所熟知的巨觀性質，另一方面，量子點的能態密度隨著其尺寸大小而變，也就是說光、電、磁性質可以單純的由尺寸變化來改變，以其獨特的光電性能受到了廣泛關注，將不同帶隙寬度的量子點混用，就可以實現對太陽光的全光譜吸收。⁸⁵

為了利用量子點的特性提高太陽能電池效率，2002 年，Nozik 曾提出 3 種不同的結構設計，如圖 1.2-16 所示，分別為(1)量子點中間能帶太陽能電池，即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(QDSSC)，即在染料敏化電池中用 QD 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⁸⁶。QDSSC 是在染料敏化太陽能電池(DSSC)的基礎上發展而來的，它採用無機窄帶隙的半導體量子點作為敏化劑，克服了傳統的釷-聯吡啶染料和有機染料吸光範圍較窄的缺點。奈米晶/聚合物太陽能電池具備奈米晶對太陽光的吸收可調性好、電子傳輸高、化學穩定性強等特點，同時又延續了聚合物材料柔性佳、便於加工製造、可大面積生產的優勢，奈米晶的形貌影響電子的傳輸性能，而尺寸則對其本身的禁帶寬度具有調控作用。

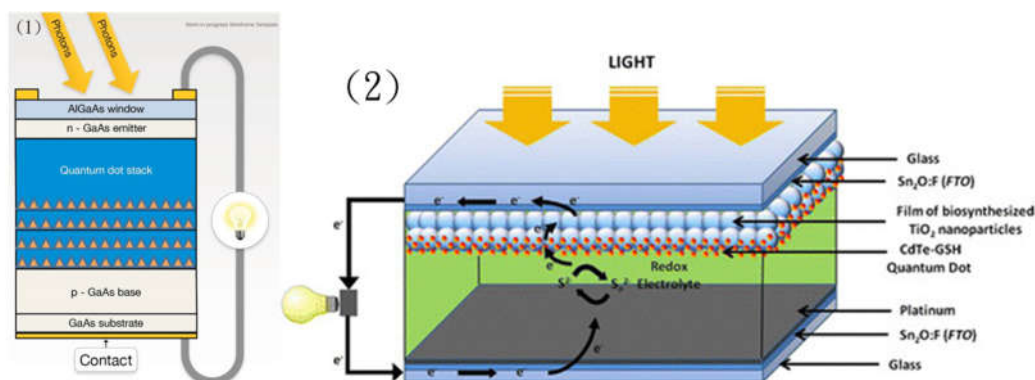


圖 1.2-16、量子點太陽能電池示意圖，(1)量子點中間能帶⁸⁷，(2)量子點敏化⁸⁸。

(1)歷史

2010 年，Sambur 等人在 PbS 量子點敏化 TiO_2 單晶電池中發現內量子效率 (absorbed photon-to-current efficiency, APCE) 可以接近 200%。

2011 年，Semonin 等人在 PbSe 量子點與 ZnO 薄膜構造的電池中證明了外量子效率可以達到 114%，內量子效率達到 130%，如果能夠將 MEG 效應所產生的電子都成功地收集到外電路中，QD 具有能夠避開由載流子倍增產生的

⁸⁵ 量子點之產業應用與未來發展，陳學仕，工研院產業應用專刊，2004 年四月

⁸⁶ 新型高效太陽能電池研究進展，趙杰

⁸⁷ <http://www.lancaster.ac.uk/gallery/quantum-dots/>

⁸⁸ Use of titanium dioxide nanoparticles biosynthesized by *Bacillus mycoides* in quantum dot sensitized solar cells, <https://reurl.cc/101Vv>

Shockley-Queisser 極限限制的潛力，QDSSC 理論最高光電轉換效率可以達到 44%，比單晶矽電池 32.9% 的轉換效率極限高出很多。⁸⁹

(2)原理

如圖 1.2-17 所示，其工作原理可分為四大部分：1、量子點吸收太陽光，量子點中的電子從基態躍遷到激發態；2、激發態的電子快速注入到半導體導帶中，量子點的價帶中留下電洞；3、注入到半導體導帶中的電子在導電玻璃上迅速傳輸，並通過外電路流向對電極；4、量子點中的電洞與電解質中的 S^{2-} 發生氧化還原反應， S^{2-} 被氧化成 S_x^{2-} ， S_x^{2-} 擴散到對電極，得電子被還原成 S^{2-} ，構成整個迴路。

90

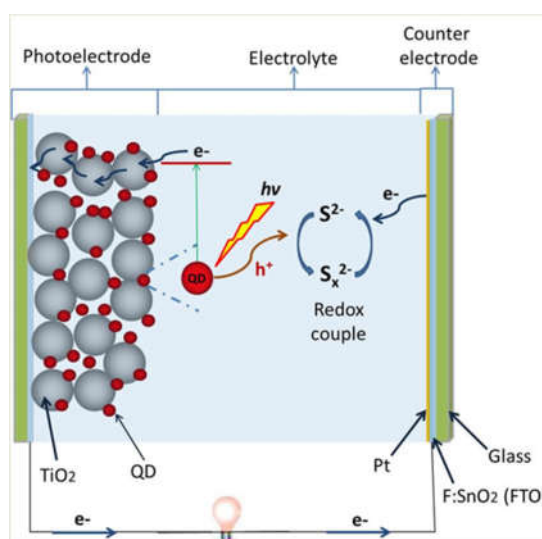


圖 1.2-17、量子點敏化太陽能電池工作原理示意圖⁹¹

光生電子流失的主要途徑，包括：1、注入半導體導帶的電子被表面能態捕獲，2、被表面能態捕獲的電子遷移到電解質中，與電解質中的受體復合，3、電子-電洞對在量子點內部復合，4、電洞與電解質中的還原性物質復合，5、緊密堆積的相鄰量子點之間的界面，這些過程中皆是主要造成電子復合的途徑，大致分為量子點-光陽極的結合控制和電解質-量子點-光陽極的界面控制兩方面，理論上，當這些途徑被抑制時，光生電子的注入量就會大大增加，從而提高電池的光電轉換效率。⁹²

(3)結構

⁸⁹量子點敏化太陽能電池的結構優化及性能分析，宋孝輝

⁹⁰量子點敏化太陽能電池研究進展，劉銘，The 7th National Conference on Functional Materials and Applications

⁹¹ <http://www.mat-test.com/Post/Details/PT1504270000432y5B8>

⁹²量子點敏化太陽能電池研究進展，劉銘，The 7th National Conference on Functional Materials and Applications

量子點敏化太陽能電池是以染料敏化太陽能電池為基礎而構造的，同樣包括光陽極(工作電極、多為負極)、對電極(多為正極)、電解質及導電基板等部分，如圖 1.2-16(2)所示。兩者工作原理相似，只是前者選擇窄帶隙半導體量子點替代有機染料分子作為光敏化劑，連接到寬帶隙半導體如 TiO_2 、 ZnO 和 SnO_2 等光陽極材料上，使其達到敏化效果。

光陽極

主要包含奈米多孔半導體薄膜及量子點敏化劑，在導電基底(通常是 ITO、FTO)上製備一層多孔奈米晶氧化物半導體膜，將量子點敏化劑吸附在多孔膜中，就構成負極，即工作電極。

多孔奈米晶氧化物

多孔奈米晶氧化物半導體膜(通常是奈米晶 TiO_2 、 ZnO 、 SnO_2 、 Nb_2O_5 等)，具有高的孔隙率 and 大的比表面積，主要用來承載量子點，可以接受和傳輸電子，從而有效地還原處於氧化態的量子點。 TiO_2 的禁帶寬度較寬(3.0~3.2 eV)，只對紫外光有響應，不能有效利用太陽光。通過摻雜或者半導體復合對 TiO_2 奈米管陣列進行改性，可以拓寬光響應範圍，提高光電性能和光催化活性。⁹³

量子點敏化劑

使用窄禁帶半導體量子點作為敏化劑，主要是由 II-VI 族或 III-V 族元素組成的尺寸在 2-20nm 之間的化合物半導體奈米粒子，如 CdS 、 CdSe 、 InP 、 PbS 、 PbSe 和 Bi_2S_3 等，不僅可以通過調控量子點尺寸調節其能帶寬度，實現敏化劑和基底材料的能級匹配，而且可以通過不同量子點的復合，根據需要調控光譜響應範圍，擴展半導體奈晶薄膜對可見光的吸收範圍，從而提高對可見光的有效利用率。

量子點的選擇一般遵循兩個條件：1、量子點敏化劑需要在大約 1.4eV 時開始有吸收，以便在太陽光照射下得到最佳的輸出能量；2、量子點的導帶位置在半導體奈晶導帶位置之上，以便電子的有效注入。⁹⁴

電解質

電解質：由氧化還原離子對和溶劑兩部分構成，電解液(I^-/I_3^-)對量子點有腐蝕性，所以在 QDSSC 中常用多硫電解液($\text{S}^{2-}/\text{S}_n^{2-}$)。⁹⁵

對電極

由負載金屬 Pt 奈米顆粒的導電玻璃構成鉑(Pt)對電極，具有較高的電化學活性和較好的光透過率，能夠將外電路的電子快速地轉移到電解液中，從而實現電子的循環。

導電基板

量子點敏化太陽能電池主要採用摻雜錫的氧化銦(ITO)和摻雜氟的氧化錫(FTO)兩種透明導電玻璃，具有良好的透光性能(大於 85%)，其主要作用是收集

⁹³CdS/PbS 量子點共敏化三維結構 TiO_2 納米管陣列光電極的製備及其光電化學性能表徵，袁麗

⁹⁴量子點敏化太陽能電池研究進展，劉銘，The 7th National Conference on Functional Materials and Applications

⁹⁵量子點敏化太陽能電池的光電性能研究進展，趙劉英

和傳輸由半導體奈晶薄膜方向來的電子。

但由於 Pt 對電極對多硫電解液催化活性較低，導致 S^{2-}/S_n^{2-} 之間的氧化還原反應進行的很慢，當電解液與 FTO 直接接觸時，傳輸到 FTO 中的光生電子極易與處於氧化態的 S_n^{2-} 離子復合，從而降低電池的光電轉換性能，為了避免這種情況的發生，通常在 FTO 玻璃上沉積一層緻密的阻擋層，以避免沒有被多孔 TiO_2 電極覆蓋的 FTO 基底與多硫電解液的直接接觸，抑制光生電子的逆向傳輸，可以用來作為阻擋層的材料有很多，比如 TiO_2 ， ZnO ， Nb_2O_5 等，採用磁控濺射法、溶膠-凝膠法在 FTO 基底上製備了不同厚度的阻擋層。⁹⁶

(4)製程

QDSSC 的製備有很多種方法，其製備對量子點在氧化物半導體上的沉積量、覆蓋度等將有直接影響，進而影響光吸收、電荷傳輸與復合等一系列過程，實現量子點與奈米多孔半導體薄膜結合的方法主要有：

1、自組裝法(SA)：預先製備好量子點，純化後分散在溶液裡，將奈米多孔 TiO_2 薄膜浸入溶液中吸附量子點。

2、氧化膜原位合成量子點法：該法分兩種，一是連續化學浴沉積法(SGCB)或稱連續離子層吸附反應法(SILAR)，將多孔半導體氧化膜電極交替浸入兩種鹽溶液中使其表面生成量子點，使前驅體直接在光陽極表面成核並長大。

3、噴霧熱解法(SPD)：將量子點的前驅溶液霧噴在預先放置在加熱板上的多孔半導體薄膜上，在加熱的條件下前驅溶液會產生量子點附在多孔半導體薄膜上。

4、電沉積法(ED)：將預先製備好的量子點在加壓後電場的作用下沉積在多孔半導體薄膜工作電極上。⁹⁷

5、通過線性雙功能分子連接劑將預先製備好的量子點膠粒連接到光陽極材料表面(LA)。

6、不借助線性分子連接劑，直接在光陽極表面吸附預先製備好的膠態量子點。⁹⁸

奈米晶材料可用許多方式製備，例如溶膠-凝膠法、靜電沉積法、氣體蒸發法、微胞法、溶液生長法。

(5)特色

量子點敏化太陽能電池(QDSSC)，它是在 DSSC 的基礎上進行了改進，將 DSSC 中的染料敏化劑用半導體奈米晶替換，即量子點，其作為敏化劑有諸多的優點：

1、種類多，來源廣，成本較低廉，製備工藝相對簡單，

⁹⁶量子點敏化太陽能電池的結構優化及性能分析，宋孝輝

⁹⁷量子點太陽能電池中半導體氧化膜與敏化劑結構調控研究進展，章晨光

⁹⁸量子點敏化太陽能電池研究進展，劉銘，The 7th National Conference on Functional Materials and Applications

- 2、吸光係數大，光穩定性強，
- 3、由於量子限制效應，半導體量子點具有大的消光係數和較大的固有偶極，可以導致電荷快速分離，能吸收大量的光子，
- 4、由於可逆的歐傑(Auger)效應，量子點敏化劑能產生大於1的光電效率。量子點敏化劑具有禁帶寬度可調，消光係數較高，固有偶極距較大等特點。
- 5、具有量子尺寸效應，可以通過控制其尺寸、形狀或者組分來調節其帶隙寬度，從而改變量子點的光譜吸收範圍，對太陽光的吸收擴展到近紅外至紅外波段，改善吸收光譜與太陽輻射光譜的重合率，從而提高對太陽光的利用率，將不同帶隙寬度的量子點混用，可實現對太陽光的全光譜吸收。
- 6、量子點材料中分立的能級結構造成“聲子瓶頸”，使得載流子缺乏有效的馳豫途徑，熱載流子的馳豫過程明顯變慢，為捕獲熱載流子創造了極有利的條件，基於此，量子點太陽能電池有望獲得更高的光電轉換效率。⁹⁹
- 7、量子點具有激子倍增效應(multiple exciton generation, MEG)，即一個高能量的光子激發量子點，可以產生多個電子-電洞對(即激子)，釋出的電子越多，太陽能電池的輸出功率也越大，便於最大程度地利用所吸收的太陽光，從而獲得高於100%的量子產率¹⁰⁰。
- 8、比有機染料具有更高的穩定性、消光係數、內部偶極矩。

(6)缺點

因此理論上量子點敏化太陽能電池具有44%的高轉化效率，雖然量子點具有很多染料無法比擬的優勢，但迄今為止，QDSSC的實際光電轉換效率仍然偏低，造成目前QDSSC效率偏低的因素有很多：¹⁰¹

- 1、量子點產生的電子在QDSSC各個界面間傳輸時受到量子點表面缺陷能級的存在和連接劑分子的存在等而使復合機率較高。
 - 2、量子點對太陽光的吸收還不夠，尤其在近紅外區的吸收需要加強。
 - 3、由於量子點尺寸大於染料尺寸，因此採用DSSC中使用的25nm的TiO₂奈米顆粒製作的光陽極不適宜於量子點附著，即光陽極結構對於QDSSC來說不夠優化。
 - 4、QDSSC中電洞被捕獲速率遠低於電子注入速率，從而導致電洞在量子點中的積累，增加了電子電洞的復合。
 - 5、電解質被對電極還原的速率不夠快，FTO基底與電解液直接接觸等因素的影響產生嚴重的復合，從而降低了光生電子的傳輸和收集效率。
- TiO₂奈米晶在薄膜內無序堆積，光生電子在傳輸的過程中要經過大量的晶界勢壘，從而減緩了光生電子在薄膜內的傳輸速率。

⁹⁹量子點敏化太陽能電池研究進展，劉銘，The 7th National Conference on Functional Materials and Applications

¹⁰⁰量子點敏化太陽能電池的結構優化及性能分析，宋孝輝，科學通報，2013，58：3052-3061

¹⁰¹量子點敏化太陽能電池研究進展中出現的問題及其解決方案，吳春芳

量子點奈米數量級的粒徑使其具有非常大的比表面積，這就使得量子點中大部分原子位於粒子表面，由於表面原子裸露在晶格的外部，配位不足、不飽和鍵增多，從而使這些表面原子具有極高的活性，非常容易與其他原子之間發生電子轉移，同時，巨大的比表面積也使得表面缺陷增多，這些缺陷會成為陷阱束縛住電子或電洞，阻礙電子和電洞的轉移，在 QDSSC 中，過多的表面缺陷不僅會阻礙電荷的有效分離，也會使量子點在太陽能電池中易被電解質腐蝕，電池穩定性較差。

針對這些缺點，一般採用絕緣材料包覆量子點的方法，以減少表面態的數量，但是絕緣層的包覆會在量子點與 TiO_2 奈米晶光陽極之間形成勢壘，阻礙電子的注入。與傳統的無機矽太陽能電池不同，QDSSC 中不存在有效的內建電場，電子傳輸的驅動力來源於電子從量子點光敏化劑到光陽極的快速注入，因此，電子的注入過程對 QDSSC 的性能有著至關重要的影響。¹⁰²

量子點本身的光電特性，金屬氧化物光陽極的結構和形貌，電解質的氧化還原電位及載流子遷移率，對電極的催化性能及電池結構等都是影響電池性能的主要因素，其中，量子點及其在光陽極表面作為量子點敏化太陽能電池的主要組成部分，一直是提升電池轉化效率的關鍵。¹⁰³

提高效率 and 降低成本仍然是決定量子點太陽能電池前途命運的兩大因素，可以從以下幾方面作突破：

1、加強 QDSSC 中電子-電洞分離與復合機制的探究，進一步了解電子傳輸過程中的阻力分佈，

2、研發和製備與太陽光譜較為匹配的新型量子點材料，

3、探究多層量子點共敏化對太陽能電池性能的影響，

4、尋找既能提供效率又不對電極有腐蝕作用的電解液，

5、嘗試使用廉價、環保的材料作為對電極，減少對 Pt 電極的依賴，

6、進一步提高電池的穩定性，

7、對電池各個界面進行修飾，減少光生電子在電池內部傳輸時的各種損失。

1.2.7、鈣鈦礦太陽光電技術概要^{104、105、106}

目前世界各國與台灣均共同面臨汙染嚴重、氣候暖化、能源短缺等問題，不斷尋找新能源取代傳統化石能源已成為目前各國之課題。在新能源領域，目前最經濟能源化的技術係屬太陽光電，太陽能發電已逐漸改變世界各國的電力市場占比，然而相較於傳統化石燃料能源，太陽能發電成本依舊高。從長遠發展而言，電池效率的突破為降低太陽能發電成本的關鍵因素。以目前研究文獻觀察，未來

¹⁰² CdSe/ZnS 量子點敏化太陽能電池電子注入與光伏性能表徵，郭旭

¹⁰³ 量子點敏化太陽能電池光陽極的研究進展，<http://html.rhhz.net/CLGC/html/20170820.htm>

¹⁰⁴ 太陽能若變得更便宜，鈣鈦礦改朝換代功不可沒，

<http://technews.tw/2018/01/10/silicon-perovskite-solar-cells-battery-panel/>

¹⁰⁵ 維基百科，鈣鈦礦。

¹⁰⁶ <https://kknews.cc/zh-tw/news/28mpb6y.html>

太陽能將變得更高效率、更便宜，關鍵材料為一種被稱為鈣鈦礦的晶體。太陽能電池領域中，光吸收材料的發展長江後浪推前浪，鈣鈦礦電池目前被認為是繼傳統可商業化矽晶電池之後，最有前途的太陽能電池種類(吸收光效率)。鈣鈦礦電池自 2009 年首次出現報導至今，短短數年就已被證明具有高達 20%左右的轉換效率，幾乎與傳統商業化矽晶圓電池的效率旗鼓相當(25%)，鈣鈦礦太陽能電池的光電轉換效率提升趨勢詳見於圖 1.2-18 所表示。

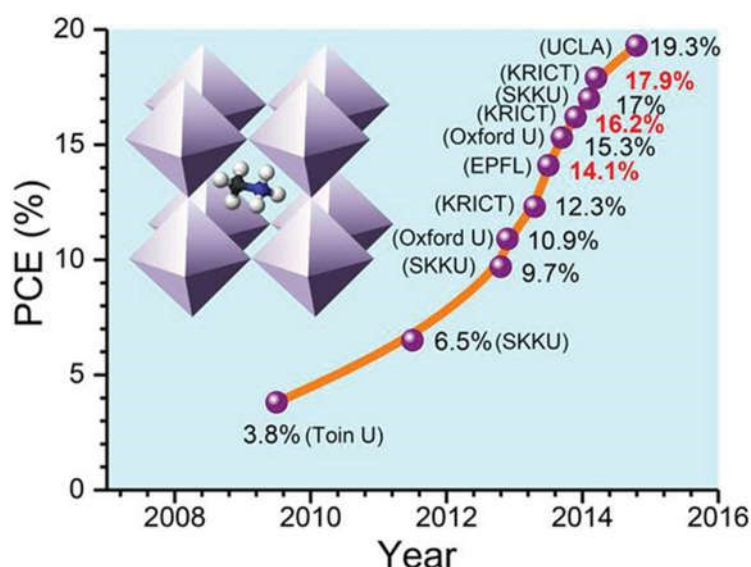


圖 1.2-18、鈣鈦礦太陽能電池的光電轉換效率提升趨勢¹⁰⁷

鈣鈦礦是屬一種陶瓷氧化物，其分子通式為 ABX_3 ，其晶體結構可詳見於圖 1.2-19。此類氧化物最早被發現德國礦物學家 Gustav Rose 於 1839 年在俄羅斯的烏拉山脈(Ural Mount.)上發現的一種由鈣以及鈦組成的金屬氧化礦石，化學符號為 $CaTiO_3$ 。同時，Gustav Rose 以俄羅斯礦物學家 Lev Perovski 之名為其命名為 Perovskite，後人將其結構與 $CaTiO_3$ 相同結構或是以其分子式 AMX_3 為結構產物統稱為 Perovskite。由於此類化合物結構上有許多特性，在凝聚體物理學方面應用及研究甚廣，所以物理學家與化學家常以其分子公式中各化合物的比例 1:1:3 來簡稱(113 結構)。隨著研究進展，科學家可以透過以其他元素代替鈣、鈦、氧來改善這種材料的物理化學性質，來產生在太陽能電池方面的具體應用，目前研究最多的鈣鈦礦化合物為 $(CH_3NH_3)PbI_3$ ，在這種材料中，鈣離子，鈦離子和氧離子分別被甲基銨、鉛、碘離子取代，甲胺碘化鉛($CH_3NH_3PbI_3$)所具有優異的光電學特性，包括：(1)低缺陷態濃度、(2)高吸收係數、(3)高螢光量子效率、(4)高載流子遷移率，因此為非常理想太陽光電材料，鈣鈦礦的各種光電學特性與其化學組分密切相關，通過對組分的調整能夠精確控制其光電學性能。

¹⁰⁷ 田思宇，鈣鈦礦太陽能電池發展的關鍵問題，材料人，2017 年 2 月 11 日

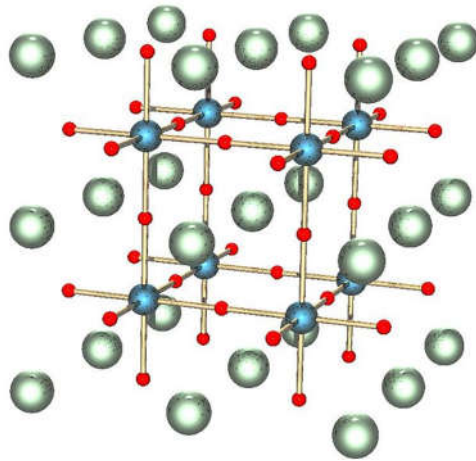


圖 1.2-19、鈣鈦礦晶體結構圖¹⁰⁸

(1)發電原理¹⁰⁹

圖 1.2-20 所表示為鈣鈦礦太陽能電池的工作原理，太陽能電池能量轉換的基礎原理係將光照射到半導體元件材料的 PN 結構上時，此時 N 區和 P 區之間產生電動勢。其中鈣鈦礦材料的介電常數大、激發能低，因此在吸收光子後可以產生電子、電洞對，並在室溫下解離。解離的電子遷移至 TiO_2 的導電帶，空洞遷移至固態空穴傳輸材料(HTM)。電子和電洞分別經電池兩側的透明導電電極(FTO)和金屬電極收集，並產生電流。

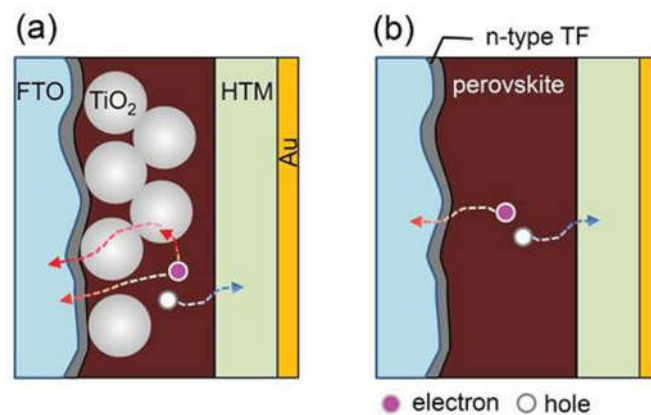


圖 1.2-20、鈣鈦礦太陽能電池的工作原理¹¹⁰

目前，鈣鈦礦太陽能電池的主要結構有兩種：基於多孔型非平面結構的太陽能電池與基於平面異質結構的薄膜型太陽能電池，其鈣鈦礦太陽能電池的基本結構可詳見於圖 1.2-21。多孔型非平面結構的太陽能電池為將鈣鈦礦材料作為光敏化劑覆蓋在多孔結構的 TiO_2 上，結構為 FTO/TiO_2 緻密層/鈣鈦礦敏化的多孔

¹⁰⁸ A 原子是較大的金屬陽離子位於立方體中心、B 原子是較小的金屬陽離子分布在立方體的 8 個角落、X 原子通常則是氧（紅球）

¹⁰⁹ 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

¹¹⁰ (a)有多孔 TiO_2 層的鈣鈦礦太陽能電池、(b)無多孔層的平面結構鈣鈦礦太陽能電池。

TiO₂層/空穴傳輸層/金屬電極；平面異質型薄膜太陽能電池之原理為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 TiO₂/ZnO 層與鈣鈦礦 CH₃NH₃PbI₃ 形成平面異質結構，平面異質型薄膜太陽能電池與多孔型非平面結構的太陽能電池相比，不需多孔金屬氧化物骨架，因此簡化了電池的製程步驟。

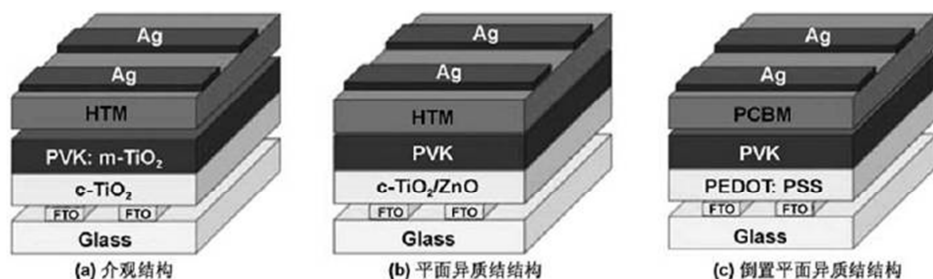


圖 1.2-21、鈣鈦礦太陽能電池的基本結構

(2)發展歷史^{111、112、113}

鈣鈦礦最早的研究於 1990 年，由 IBM 的 David Mitzi 使用有機金屬鹵化鈣鈦礦製作 TFT 以及 LED，其後 2003 年日本東京大學田中健一郎團隊(The University of Tokyo, Tanaka et al.)，首次針對(CH₃NH₃)PbI₃以及(CH₃NH₃)PbBr₃等鈣鈦礦結構之光學吸收以及磁激子吸收光譜進一步研究。接著 2008、2009 年，日本桐蔭橫濱大學宮坂力團隊(Toin University of Yokohama, Kojima et al.)首次將 DSSC 中的染料更改為(CH₃NH₃)PbI₃，並發表論文(轉換效率 3.8%)；2012 年，南韓成均館大學(Sungkyunkwan University)的 NamGyu Park 與 Grätzel 團隊合作，使用 Spiro-OMeTAD 結構的固態電洞傳輸層(Hole Transporting Layer, HTL)取代原先的電解液，轉換效率大幅度提升到 9%；2012 年，牛津大學的 Henry Snaith 意外的發現，若以 Al₂O₃取代鈣鈦礦表面的 TiO₂將可得到更高的效益，進而提升至 11%；2013 年 Snaith 團隊更進一步使用真空層積薄膜製程的技術以及鈣鈦礦溶液塗布技術，分別製作出轉換效率 15%以及 11%的單層薄膜元件；2014 年，由美國加州理工的陽楊教授團隊，以真空輔助製程(Vapor-Assisted Deposition)的方式製作出比濕式製程更加均勻的鈣鈦礦結構層，真空輔助製程的鈣鈦礦層其表面粗糙度約 23.2 奈米，轉換效率可達 19.3%；2015 年，Michael Grätzel 教授於 MRS Spring Meeting 上發表研究室中鈣鈦礦電池的最高效率已經可達到 20.5%，同時 Korea Research Institute of Chemical Technology(KRICT)也發表達到 20.2%之效率；至今年 2018 年 7 月 3 日英國太陽能公司 Oxford PV 透過鈣鈦礦-矽晶太陽能技術研發出 1 平方公分大小的高效率鈣鈦礦-矽晶太陽能電池，將效率提高至 27.2%，該效率除了獲得德國 Fraunhofer 太陽能系統研究所(ISE)認證，也突破單一接面式(Single Junction)矽晶太陽能電池的 26.7%紀錄。

¹¹¹ 進化後的敏化染料電池—鈣鈦礦太陽能電池，光連雙月刊 2014 年 11 月・No.114。

¹¹² 鈣鈦礦太陽能電池發展趨勢與量產契機，材料世界網，刊登日期:2015/9/5。

¹¹³ 結合矽與鈣鈦礦材料，太陽能轉換效率躍升至 27.2%，technews 科技新報。

雖然目前全世界對於鈣鈦礦太陽能電池的研究，都還停留在實驗室的研發階段，但《Science》與《Nature》等科學期刊 2013 年就曾將其列為年度 10 大科學重要焦點議題。「世界經濟論壇」亦將鈣鈦礦太陽能電池評選為 2016 年十大最有前景的技術之一；2017 年研究開發鈣鈦礦材料的學者們更獲得 Clarivate Analytics 中的化學領域「引文桂冠獎」的提名，對其未來性實用性、可行性與商業化寄予高度期待¹¹⁴。目前我國於 2014 年已有廠商「前創科技股份有限公司」投入鈣鈦礦電池之研發，但仍未量產¹¹⁵

(3) 優劣勢^{116、117}

鈣鈦礦太陽能電池(Perovskite Solar Cells; PSC)的鈣鈦礦材料本身具有包括高光吸收係數、低非輻射性載子復合率、高載子遷移率以及可調變能隙等關鍵的性質，電池結構主要為導電玻璃基板/電子傳輸層/鈣鈦礦吸收層/電洞傳輸層/金屬電極。除了鈣鈦礦材料本身的優勢外，其 PSC 製程技術可利用全溶液製程技術，相較於矽晶太陽能電池，其製程簡易，除了電極製作之外不需使用到真空設備，可以濕式法在低溫(<100°C)製備元件，製程設備成本低廉，且具備應用於可撓性元件之優勢^{118、119}。

鈣鈦礦太陽能電池發展潛力大，光電轉換效率幾乎可媲美傳統矽晶太陽能電池，但在鈣鈦礦材料可以商用之前，還有些重大障礙需要突破：第一，鈣鈦礦晶體在潮濕條件下容易分解，若沒有適當隔絕水份的密封技術，電池就會在短時間內告終，這導致穩定性低；第二，目前只在非常小的鈣鈦礦電池中實現高效率，放大版的鈣鈦礦電池仍在研發中；第三，鈣鈦礦太陽能電池，材料成分含有少量的鉛，對於環境、安全性而言，其需具有永久密封性考量。

目前太陽能電池應用市場仍以矽晶太陽能電池為主，但矽晶電池成本高，且有不可饒、重量重、易碎等缺點。鈣鈦礦太陽能電池可具有可饒式、製程簡易成本低之優點，且效率可與矽晶太陽能電池相近，因此未來發展潛力被看好。然而鈣鈦礦太陽能電池仍在實驗室階段，然而可商業化還需要通過大面積工業化，以及耐用性、環境穩定性等技術改良。

¹¹⁴ <https://www.ettoday.net/news/20180129/1102987.htm>

¹¹⁵ 太陽能電池產業新星，臺大校友雙月刊／2016 年 5 月號

¹¹⁶ <https://technews.tw/2018/01/10/silicon-perovskite-solar-cells-battery-panel/>，太陽能若變得更便宜，鈣鈦礦改朝換代功不可沒。

¹¹⁷ http://www.ndl.org.tw/docs/publication/24_2/pdf/D4.pdf，鈣鈦礦太陽能電池。

¹¹⁸ <https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=22789>，鈣鈦礦太陽能電池發展趨勢與量產契機刊登日期:2015/9/5

¹¹⁹ 鈣鈦礦吸收層主要製程技術包括：(1)旋轉塗佈、(2)噴霧成膜技術、(3)網印技術、(4)化學水浴法、(5)氣相蒸鍍製程，其中前四項為非真空技術。

2、七大類型太陽光電相關專利趨勢整體分析

本部分主要將矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化、量子點、鈣鈦礦等七大相關類型作一整體比較分析，主要分為全球及在台兩部分，前者利用 Derwent Innovation 資料庫統計 2007 至 2017 年之間全球公開專利，後者以經濟部智慧財產局全域專利資料檢索系統資料庫對於 2007 至 2017 年之間各國在台申請的專利予以補充，為了補充 Derwent Innovation 對台灣人於本地申請專利案收錄可能不完整；由於篇幅較多，對於七大相關類型個別分析收錄於附錄中，以供參考。

2.1、全球太陽光電相關專利趨勢整體分析

本部分主要透過世界智慧財產權組織(WIPO)所發布之國際專利分類號(IPC)的綠能清單(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 資料庫統計 2007 至 2017 年之間各國公開專利，分析相關專利趨勢演變，進行技術發展趨勢及專利布局的研究分析，主要目的在於了解各國及相關申請人於太陽光電相關專利申請及公開狀況。

為了更接近當時政治經濟產業等情況，以下將以優先權年¹²⁰2006~2016 年間(若無優先權則為申請年)來呈現，以專利家族(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。

2.1.1、各種太陽能電池整體綜合分析

各種太陽能電池整體申請概況

圖 2.1-1 為全球各種太陽能電池歷年申請數量分布，圓圈之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，前兩者為目前商業化市占率較高，而有機太陽能電池疑似所用之導電高分子與 OLED 相同，OLED 也已成功商業化，所以申請量也不低，而同屬商業化的矽薄膜則受限於光轉化效率遠低於矽晶圓及無機化合物，而價格又只在矽晶圓原料價格大漲時具有競爭力，而有淡出市場的趨勢；除了鈣鈦礦以外，大致上申請量先升後降，但在 2016 年似乎再次呈現成長的態勢，其中矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、染料敏化最高點出現在 2011 年，有機在 2012 年，量子點在 2013 年；又矽晶圓與有機在 2016 年則反轉呈現正成長的趨勢。

以上走勢似乎與 2011 年起太陽光電產品供過於求，價格急遽下跌，加上歐債肆虐，歐美太陽光電廠商接二連三出現企業破產潮，以及同年各國陸續降低補貼政策有關；而 2016 年的反轉趨勢，則起因於中國大陸大量申請。

¹²⁰ 優先權年即優先權日之年份。

鈣鈦礦較為晚期才出現，自從 2013 年之後呈現爆發性成長，可能與在極短時間內，轉換效率提升直逼目前商業化的矽晶圓，再加上發展初期結構演變自染料敏化太陽能電池，吸引染料敏化相關業者與研發人員投入。

而其餘種類中，以矽薄膜及染料敏化在申請量萎縮的情況最為嚴重，在 2014 年甚至只有高點時的一半左右，疑似原因如上所述，矽薄膜發展受限，而染料敏化則是鈣鈦礦的磁吸效應有關。

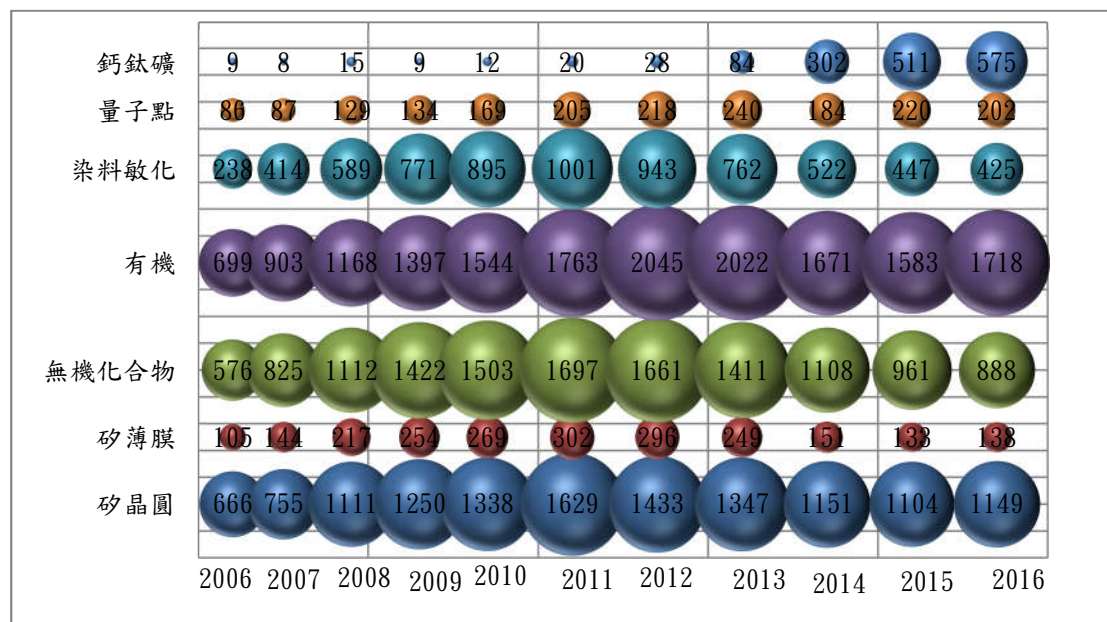


圖 2.1-1、各種太陽能電池(全球)歷年申請族數(優先權年)

各種太陽能電池主要功效需求

關於太陽能電池，在功效上大致分為提高效能、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 2.1-2 所示，主要由以下所構成：

晶圓商業化及市占率最高，除了生產流程需符合環保，退役廢棄物的處理方法，也是必須面對的問題。

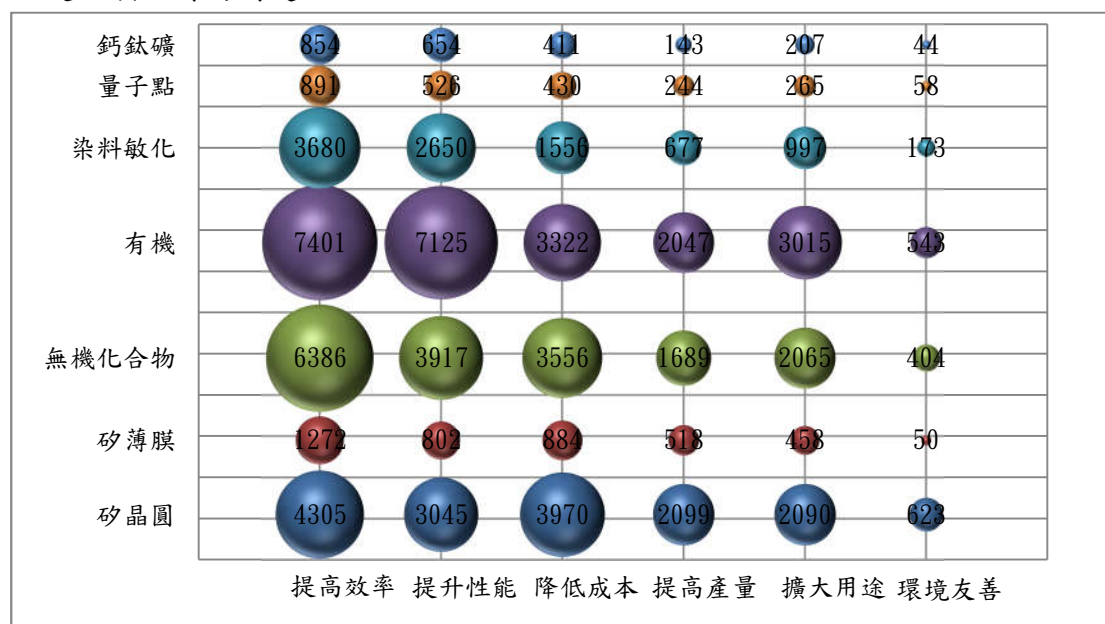


圖 2.1-3、各類型功效狀況統計

專利地圖分析

將七個太陽能電池類型所包含的 49219 族專利，以 ThemeScape 進行專利地圖分析，所得專利地圖，依製程、模組及吸收層材料進行分類，大致上可分為三區，如圖 2.1-4 所示，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(化合物半導體，包括 II-VI 族、III-V 族及多元化合物)、有機、染料敏化、量子點及鈣鈦礦等七個類型；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 2.1-4、太陽光電專利全球分布專利地圖

2.1.2、主要申請人國籍申請統計分析

利用統計與指標分析探討國家整體專利技術申請趨勢，以及在不同技術領域的表現差異來了解國家競爭力，主要是透過專利了解主要國家在各個技術領域上申請分布態勢，分析結果代表國家專利技術發展的現象與趨勢，可隨時調整國家或企業內部科技發展策略，以適應多變的競爭環境，提供相關人員利用，所帶來的影響並非僅止於企業知識管理而已，而是帶給產業乃至於整個國家永續經營的重要依據，了解主要競爭國家在各技術領域上現有技術現況與發展趨勢，期能促進台灣科學技術決策體系的發展。

(1)主要申請人國籍整體申請概況

圖 2.1-5 為此一期間各國申請族數比例分布，前兩大申請人國籍為中國大陸(35.5%)、日本(21.4%)，申請族數皆有 10000 族以上，接下來依序為南韓(15.4%)、美國(14.9%)、歐洲(9.3%)，申請族數介於 8100~4800 族，台灣(3.5%)排名第六只有 1842 族，由此可以發現太陽能電池現階段主要研發國家主要是亞洲國家，這可能與全球市場需求一半以上為亞洲有關。

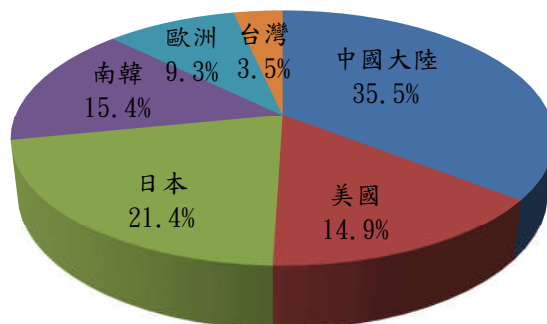


圖 2.1-5、各種太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例

(2)主要申請人國籍申請概況

圖 2.1-6 為各種太陽能電池(全球)主要申請人國籍申請數量統計，由此圖可知除了染料敏化第一大申請國為日本以外，其他均為中國大陸；第二大申請國除了上述兩國之外，還包含美國，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，可見美國在無機化合物研究較為深入，在這兩個類型日本則落到第三，其中對於矽薄膜、有機、染料敏化及鈣鈦礦，前三大都為亞洲國家，似乎歐美對於發展前景不明確者較無興趣，台灣除了在矽薄膜領先歐洲以外，其餘都落在第六，又除了染料敏化外，與其他國家都存在明顯落差。

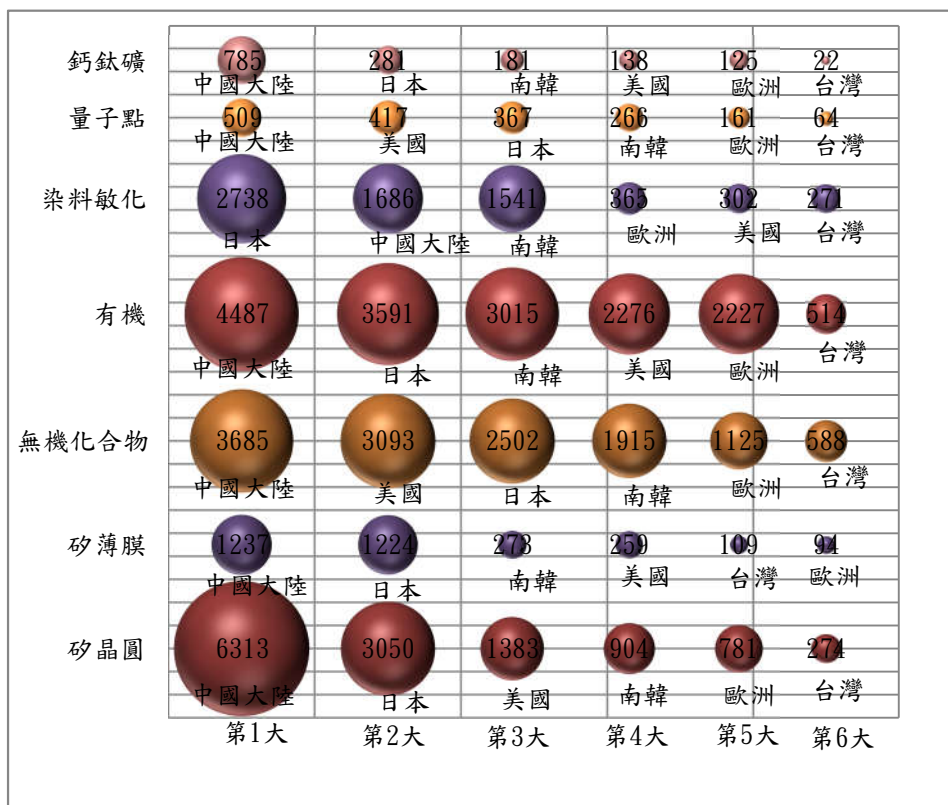


圖 2.1-6、各種太陽能電池(全球)主要申請人國籍申請族數

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。

各申請人國籍申請概況

美國

圖 2.1-7 為各種太陽能電池美國歷年申請狀況統計，除了鈣鈦礦以外，大致上申請量先升後降，其中矽晶圓、矽薄膜、染料敏化最高點出現在 2008 年，無機化合物在 2009 年，有機在 2009、2011 年申請量相同，量子點則在 2011 年，矽薄膜在 2011 年之後申請量明顯下滑，在 2014 年之後更是只有個位數。

2008 年美國雷曼兄弟破產所造成全球性金融海嘯，綠能產業的主要投資銀行在危機中均受到重創或倒閉，連帶影響對綠能產業的投資，再加上 2009 年由於美國頁岩油大量開採造成油價大跌，造成太陽能產業陸續面臨重大的危機，而所在地美國首當其衝，是否因而導致專利申請量陸續開始呈現反轉，以商業化程度較高者率先下滑。

鈣鈦礦從 2013 年之後才有成長，成長力道似乎較弱，而各世代中美國對於無機化合物的熱衷，也可從此圖得到證明，但 2014 年之後申請量明顯滑落，而染料敏化、量子點在該年似乎也有同樣情況。

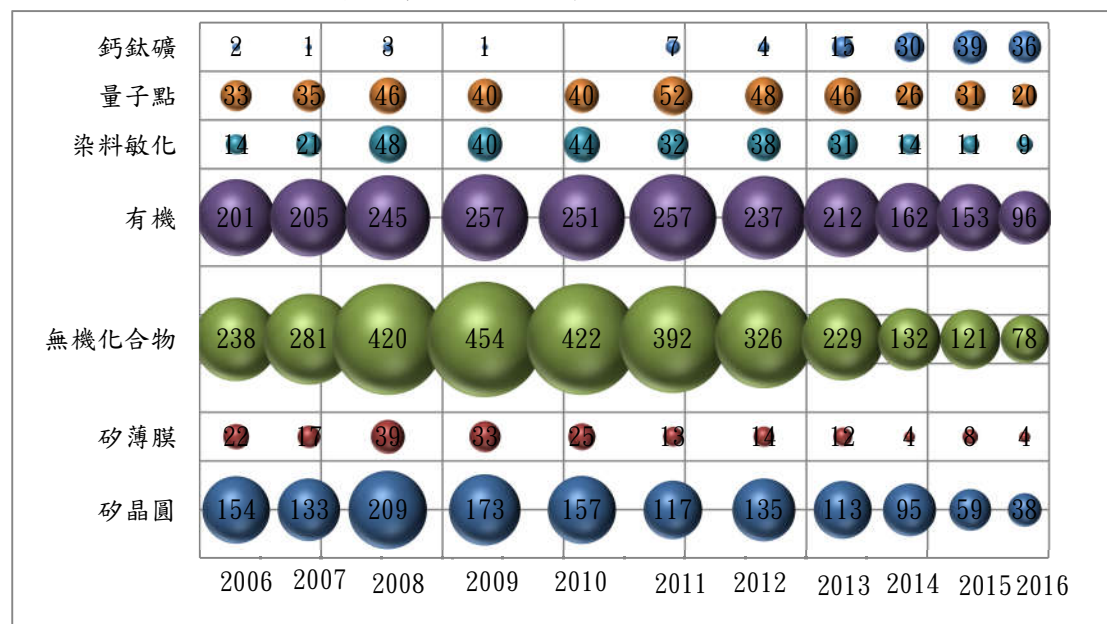


圖 2.1-7、各種太陽能電池(全球)美國歷年申請族數(優先權年)

若對美國各種太陽能電池達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-8 所示，除了矽晶圓在降低成本微幅領先，而鈣鈦礦第一目標為提升性能以外，各類型主要關注功效大致為提高效率；接著依序為提升性能與降低成本，除了矽晶圓以外；對

於提高產量與擴大用途排行大致可以商業化區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、矽薄膜)為提高產量，尚未大規模商業化者(如有機、染料敏化、量子點)則為擴大用途，無機化合物也是以擴大用途為主；鈣鈦礦則以提高產量為主，然兩者數量並沒有明顯的差異；環境友善與其他相較，明顯有較大之落差。

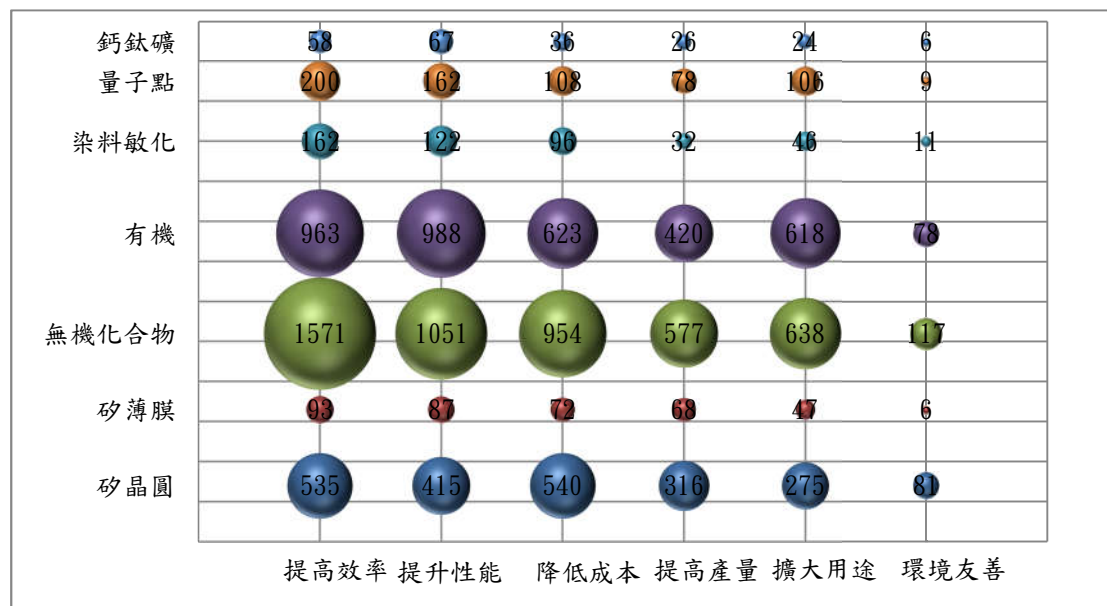


圖 2.1-8、各種太陽能電池(全球)達成功效美國申請族數分析

日本

圖 2.1-9 為各種太陽能電池日本歷年申請狀況統計，大致上申請量先升後降，其中矽晶圓最高點出現在 2008 年，染料敏化則在 2010 年，矽薄膜、無機化合物在 2011 年，有機在 2012 年，量子點在 2013 年，鈣鈦礦則在 2015 年。

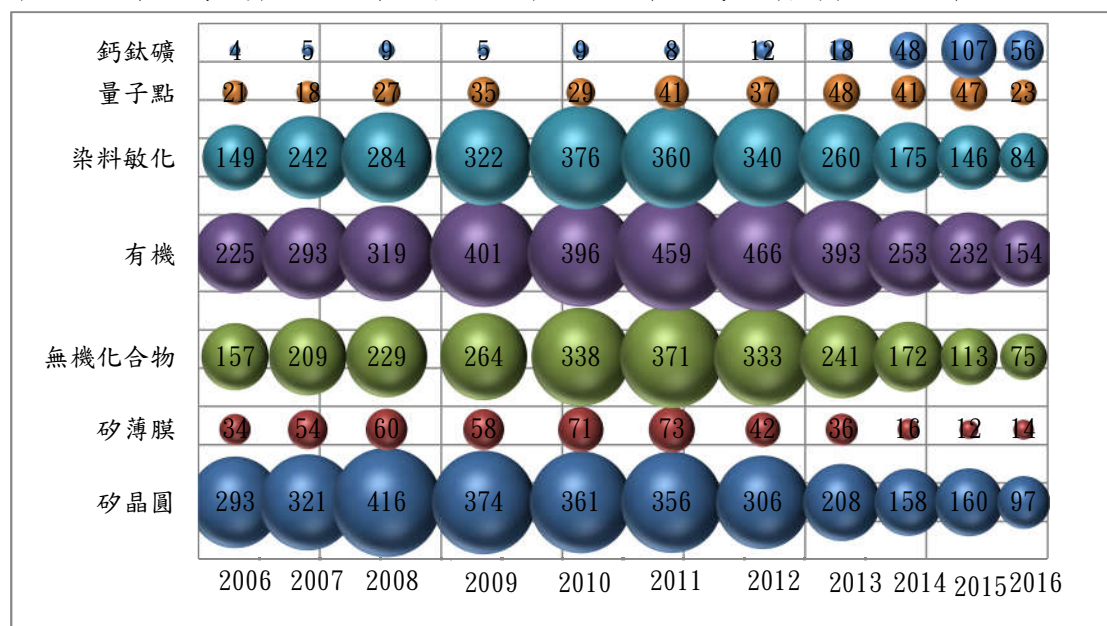


圖 2.1-9、各種太陽能電池(全球)日本歷年申請族數(優先權年)

以上走勢似乎與 2008 年金融海嘯，以及之後 2011 年起太陽光電產品價格急遽下跌，全球太陽能電池陷入供過於求有關。2011 年日本在福島強震引發核災風暴後，以核能發電為主的能源政策出現大轉變，提出「日出(Sunrise)計畫」，準備極力扶值太陽能產業發展，但似乎對於產業幫助有限。

相對於其他各國，日本似乎對於矽薄膜較為熱衷，尤其在 2007~2011 年間，此一期間也是矽晶價格飆漲的時刻，是否因為如此吸引部分矽晶圓業者投入，而導致矽晶圓申請量下滑；但隨著矽晶價格下跌，再加上矽薄膜轉換效率與矽晶圓太陽能電池仍有些差距，在 2012 年申請量開始減少，在 2014 年之後更是明顯下降；此外，日本對於染料敏化較為熱衷，也可從此圖得到證明。

若對日本各種太陽能電池達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-10 所示，除了有機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；第二目標與各國整體趨勢相似，可以商業化區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、矽薄膜)為降低成本，尚未大規模商業化者(如有機、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，而無機化合物也是以提升性能為主，然兩者數量差異不大；對於提高產量與擴大用途排行同樣可以商業化區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、矽薄膜、無機化合物)為提高產量，尚未大規模商業化者(如有機、染料敏化、量子點、鈣鈦礦)則為擴大用途；大致而言，日本申請人申請趨勢明顯與市場趨勢較符合。

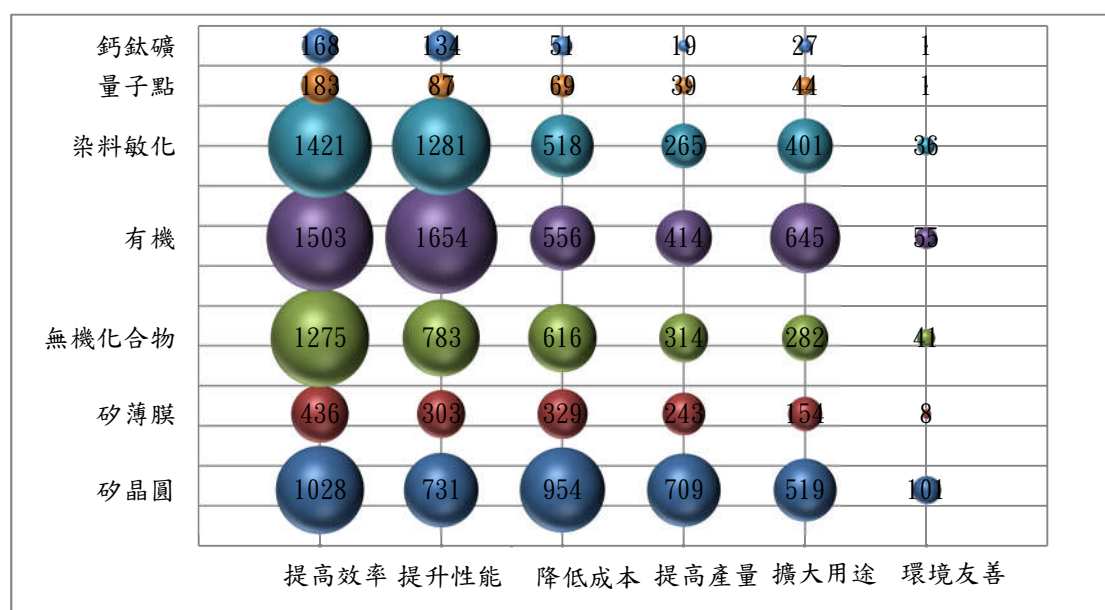


圖 2.1-10、各種太陽能電池(全球)達成功效日本申請族數分析

中國大陸

圖 2.1-11 為各類型中國大陸於各年份申請狀況統計，除了鈣鈦礦在 2014 年出現爆炸性成長，之後年年創新高以外，大致上其餘各類型申請量先升後降再升，下降幅度不大，且在 2016 年都有創新高的趨勢；其中矽晶圓波段高點出現

在 2011 年，矽薄膜在 2012 年，無機化合物、有機、染料敏化、量子點在 2013 年，中國大陸也是少數對於矽薄膜的申請未呈現減少。

2010 年 6 月中國大陸批准了 95 個太陽能專案，同年 7 月份更宣佈對投資太陽能的專案提供 50% 的補貼，使得相關企業的生產成本全球最低，造成全球相關產業失去競爭力，在中國大陸官方政策性扶持，以及令業界稱羨的內需市場，不僅加快了太陽能市場的成長，成功扶植出如晶科等具有龐大規模且上下游整合完整的業者，也許帶動專利申請量不斷增加，但也導致矽晶太陽能面板的產能暴漲，價格暴跌，在 2011 年全球太陽光電市場嚴重供過於求，也許是造成中國大陸在 2012 年矽晶申請量短暫下跌。

2012 年 12 月美國商務部對大陸輸美太陽能電池徵收高額「雙反」關稅，歐盟也自 2013 年 6 月起開始對中國大陸進口太陽能相關產品課徵反傾銷稅，也許是造成中國大陸在 2014 年申請量短暫下跌的原因，不過由於各地需求已改變，2014 年前三大市場為中國、日本、美國，再加上中國大陸政府給予業者很大的補貼及激勵措施，在極短的期間內，行業的產能得到巨大發展，再加上地方各省、縣以至於村莊急於培育新產業來解決就業問題，也許使得專利申請量不斷增加，同時產能一直供過於求。然而產業秩序無法建立，巨頭汰換得非常快，常有企業倒閉後，又有許多新公司拿到補貼，前仆後繼地的出現，相較於一般正常健康的產業，前五大廠市占率加起來通常可達到八、九成，但太陽能電池產業，前五大市占加起來只有三成。

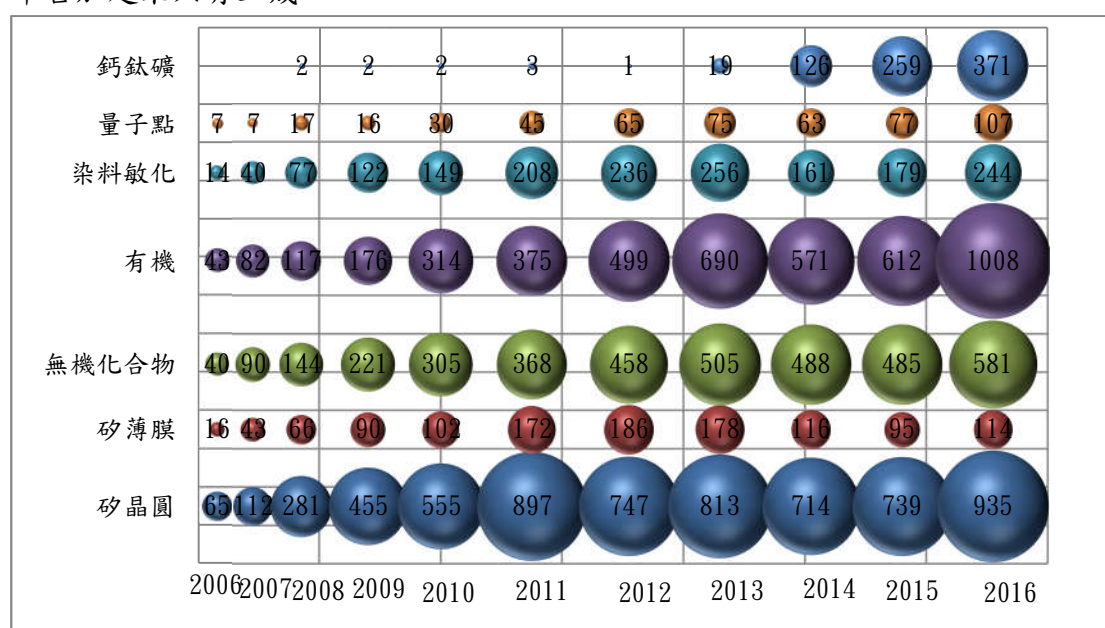


圖 2.1-11、各種太陽能電池(全球)中國大陸歷年申請族數(優先權年)

若對中國大陸各種太陽能電池達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-12 所示，除了有機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；第二目標與各國整體趨勢相似，可以商業化區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、矽薄膜)為降低成本，尚未大規模商業化者(如有機、染料敏化及鈣鈦礦)

則為提升性能，其申請量明顯領先降低成本，而無機化合物則以提升性能為主，然兩者數量差異不大，又量子點兩者數量相等；接著大多依序為擴大用途及提高產能，除了量子點在提高產能較高之外，這或許與現今中國大陸產能過剩，想要拓展相關產品的新市場有關。

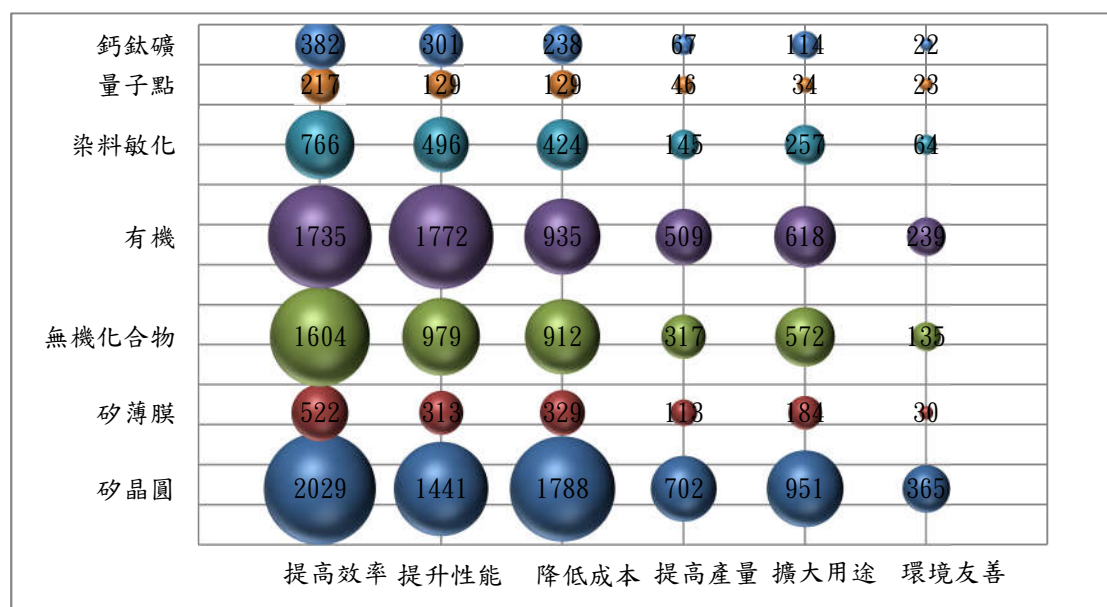


圖 2.1-12、各種太陽能電池(全球)達成功效中國大陸申請族數分析

歐洲

圖 2.1-13 為各種太陽能電池歐洲歷年申請狀況統計，申請量全部先升後降，其中矽晶圓、無機化合物、有機、染料敏化最高點皆出現在 2012 年，染料敏化在 2010 及 2014 年均出現高點，鈣鈦礦則在 2014 年，而後續兩年差異皆在 5 件以內；歐洲似乎對於矽薄膜布局較少，除了在 2009 及 2010 年申請量達到兩位數以外，其餘皆僅有個位數。

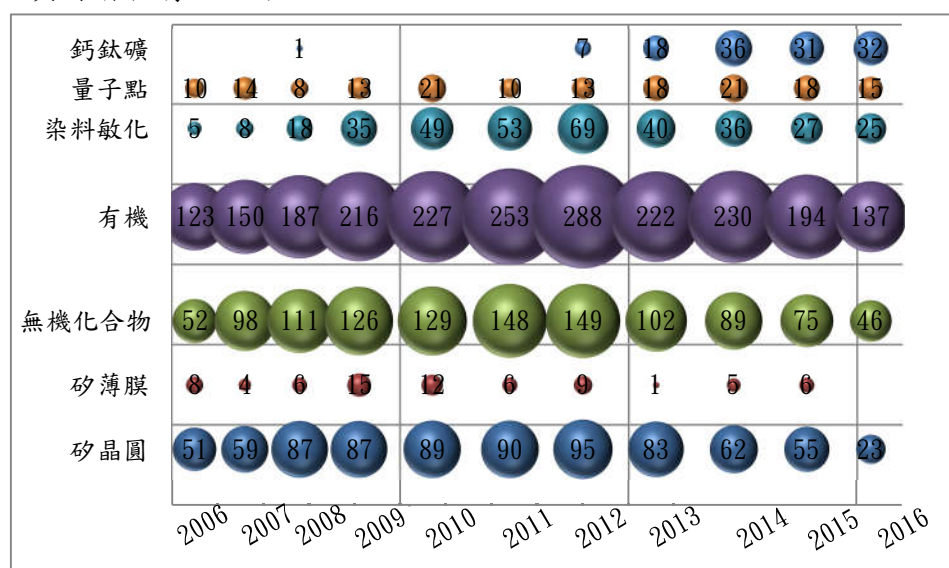


圖 2.1-13、各種太陽能電池(全球)歐洲歷年申請族數(優先權年)

由於矽晶圓太陽能面板的產能暴漲，在 2011 年全球太陽光電市場嚴重供過於求，價格暴跌，許多歐洲太陽能廠紛紛倒閉，再加上同年起歐洲各國逐漸調降對太陽能的補貼金額等因素，是否因此造成申請量反轉直下。

若對歐洲各種太陽能電池達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-14 所示，除了有機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；第二目標與各國整體趨勢相似，可以商業化區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、矽薄膜)為降低成本，尚未大規模商業化者(如有機、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，而無機化合物也是以提升性能為主；接著為擴大用途及提高產能，兩者互有領先，這部分似乎與商業化關係不大。

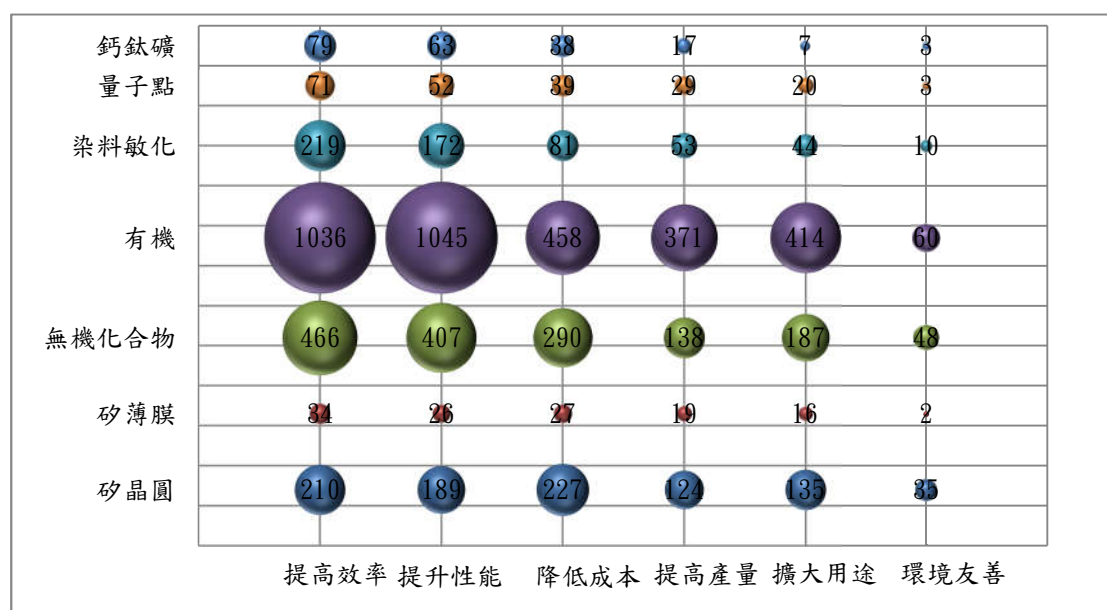


圖 2.1-14、各種太陽能電池(全球)達成功效歐洲申請族數分析

南韓

圖 2.1-15 為各種太陽能電池南韓歷年申請狀況統計，除了鈣鈦礦申請量在 2014 年呈現爆炸性成長後，年年成長以外，大致上都呈現先升後降，其中矽晶圓、矽薄膜最高點出現在 2010 年，無機化合物、染料敏化、量子點在 2011 年，有機則在 2012 年；矽薄膜在 2014 年之後申請量大幅下滑，申請量只剩個位數；相較之下有機雖然也呈現下滑的趨勢，但似乎幅度較小。

以上走勢似乎與 2008 年金融海嘯，以及之後 2011 年起太陽光電產品價格急遽下跌，全球太陽能電池陷入供過於求有關，除了價格崩跌和供給過剩外，2011 年歐美籠罩在債信問題之下，使得國家政策投資和銀行借貸都相對保守情況下，財務資金週轉不佳，是否因而以大財團為主的韓國也無法支撐，導致專利申請量陸續開始呈現反轉。

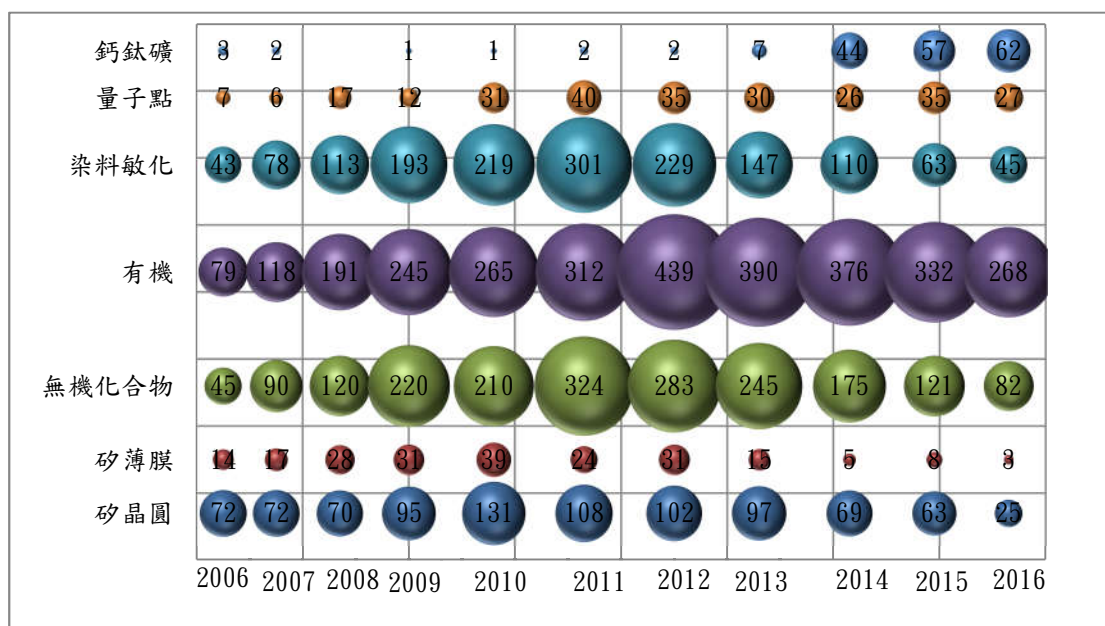


圖 2.1-15、各種太陽能電池(全球)南韓歷年申請族數(優先權年)

若對南韓各種太陽能電池達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-16 所示，主要關注功效都是提高效率，而且其與排名第二者有明顯的差距；第二目標與各國整體趨勢相似，可以商業化程度區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、矽薄膜、無機化合物)為降低成本，尚未大規模商業化者(如有機、染料敏化、量子點及鈣鈦礦)則為提升性能，除了無機化合物兩者數量差異較小以外，其餘兩者呈現明顯差異；接下來為提高產量及擴大用途，一樣可以商業化程度區分為兩大陣營；大致而言，與日本申請人申請趨勢相近，明顯與市場趨勢較符合。

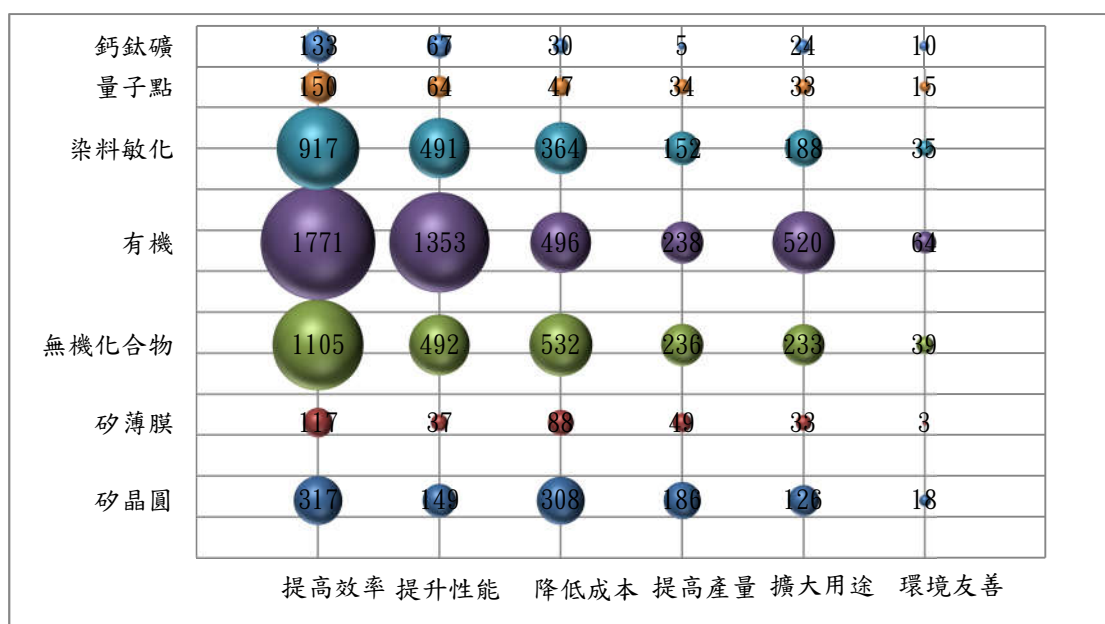


圖 2.1-16、各種太陽能電池(全球)達成功效南韓申請族數分析

台灣

圖 2.1-17 為各種太陽能電池台灣歷年申請狀況統計，大致上都呈現先升後降，其中有機、量子點最高點出現在 2008 年，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、染料敏化則在 2009 年；整體趨勢雖然是先升後降，但若仔細觀看各年仍有小幅波動，如矽晶圓在 2008、2010、2013、2015 年，有機在 2010 年，量子點在 2009、2011 年，皆呈現波段低點；矽薄膜在 2013 年之後申請量下滑，在 2014 及 2016 年更是出現零申請的情況。

2008 年金融海嘯以及 2009 年由於美國頁岩油大量開採造成油價大跌，似乎所在地美國首當其衝，台灣業者對於相關局勢變化較為敏感，是否與台灣市場小，而海外市場主要以美國為主有關。

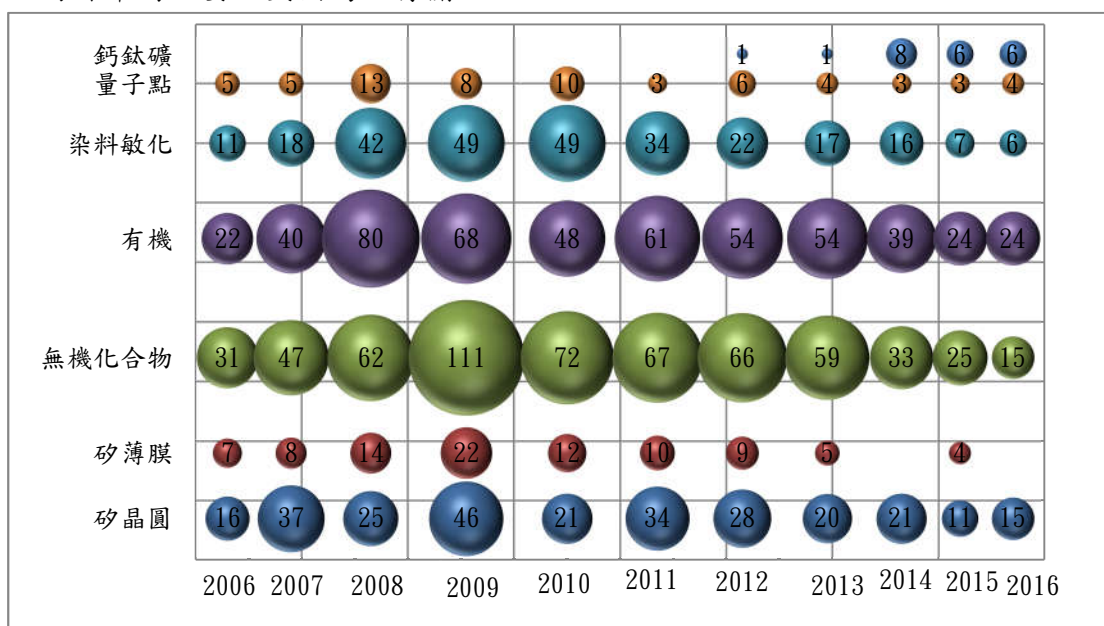


圖 2.1-17、各種太陽能電池(全球)台灣歷年申請族數(優先權年)

若對台灣各種太陽能電池達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-18 所示，主要關注功效都是提高效率，而且其與排名第二者有明顯的差距；第二目標與各國整體趨勢相似，可以商業化程度大致區分為兩大陣營，已大規模商業化者(如矽晶圓、無機化合物)為降低成本，尚未大規模商業化者(如有機、染料敏化及鈣鈦礦)則為提升性能，矽薄膜提升性能以一件領先，量子點則是降低成本較多；接下來依序為擴大用途及提高量產，可見台灣由於本身市場不大，不追求產能為目的，而以利基市場為考量。

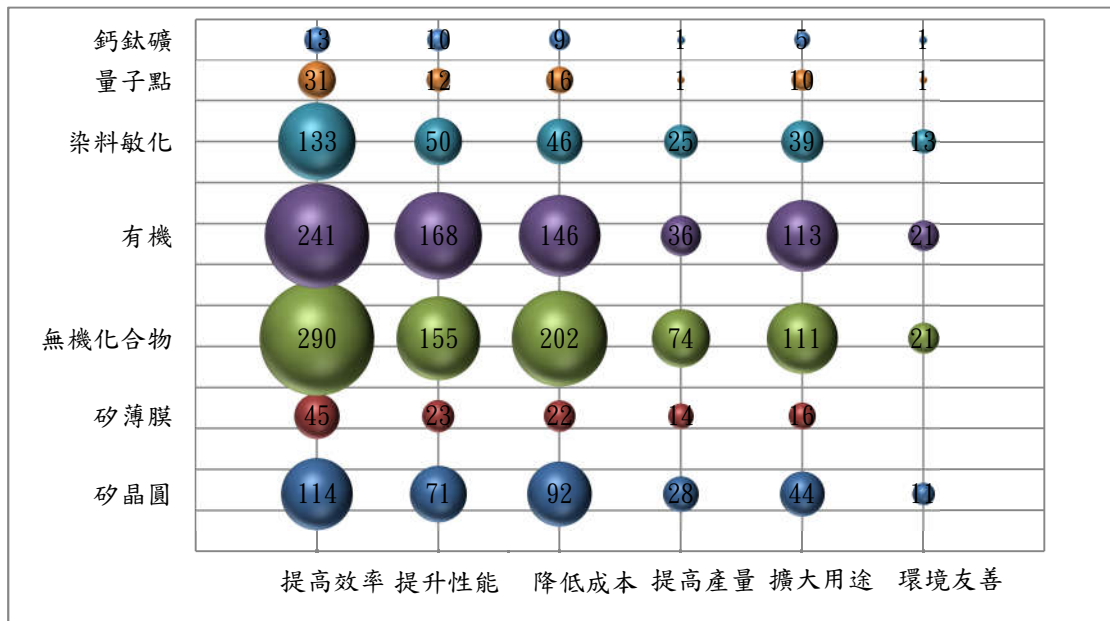


圖 2.1-18、各種太陽能電池(全球)達成功效台灣申請族數分析

第一大申請人國籍申請概況

圖 2.1-19 為各種太陽能電池第一大申請國歷年申請狀況統計，除了染料敏化第一大申請國為日本以外，其他均為中國大陸，如前所述主要為中國大陸官方政策性扶持所造成，也因此，主要都在中國大陸申請，於海外布局相當少。

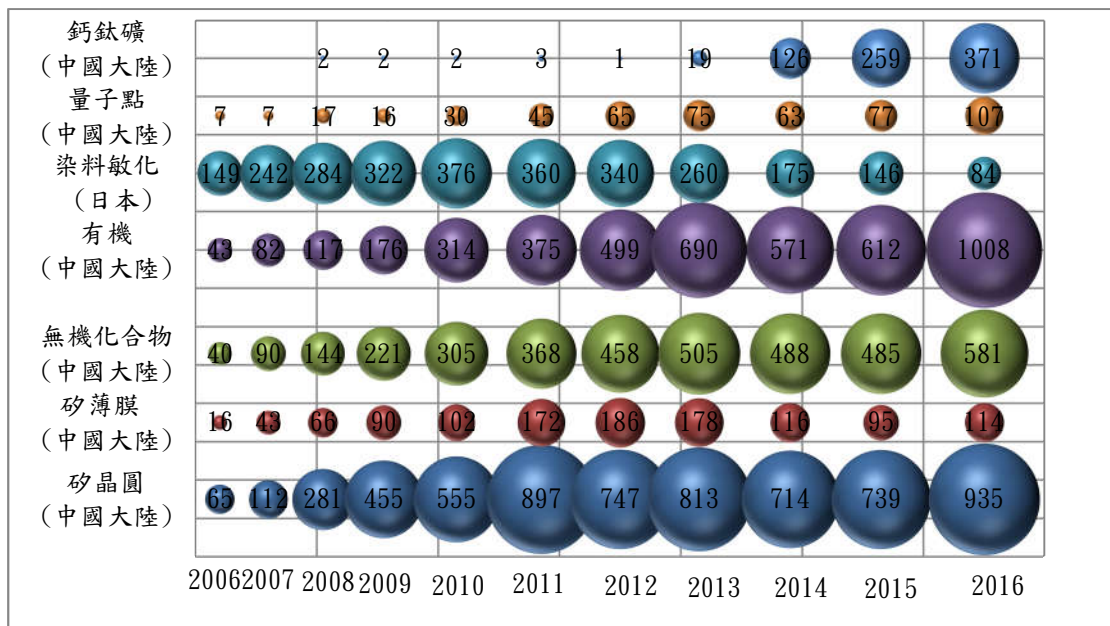


圖 2.1-19、各種太陽能電池(全球)第一大申請人國籍歷年申請族數

若對各種太陽能電池第一大申請國達成功效申請狀況來分析如圖 2.1-20 所示，如前所述，除了染料敏化第一大申請國為日本以外，其他均為中國大陸。

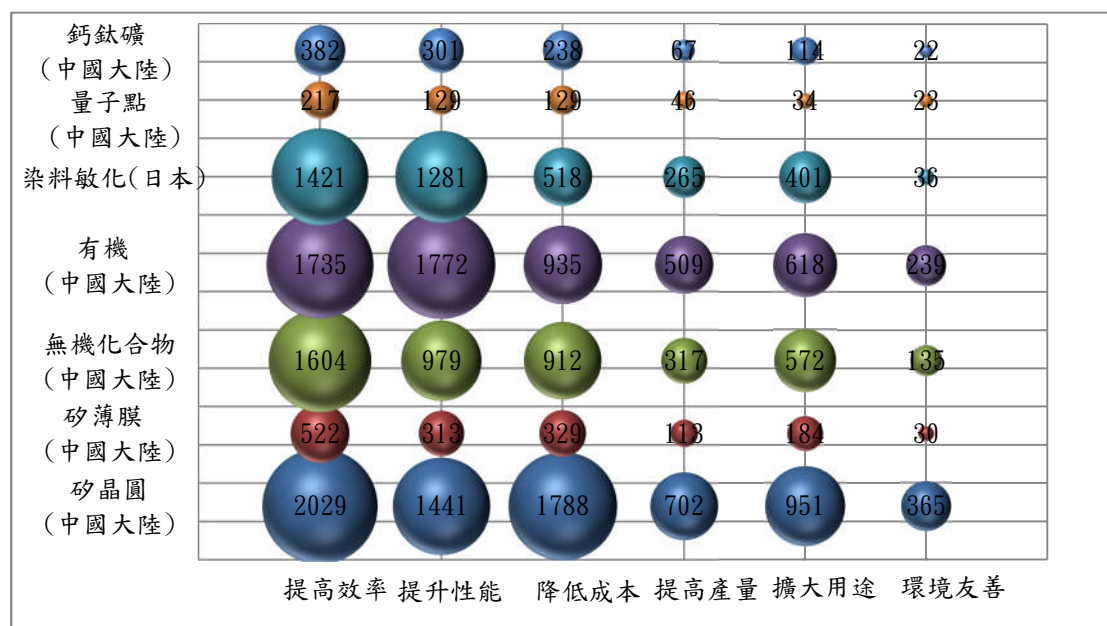


圖 2.1-20、各種太陽能電池(全球)第一大申請人國籍與達成功效矩陣分析

2.1.3、全球申請流向及主要公開專利局分析

專利為屬地主義，早期各地專利局主要申請人多是當地申請人，然而隨著各國交流及貿易日漸增加，海外申請人逐漸湧入，當地申請人所占比例逐漸降低，若要擴展海外市場，海外專利布局是不可或缺的，重視全球市場的企業在專利布局時，必須考量專利申請之成本與專利價值，決定要到哪些國家申請專利最符合成本效益，並投入技術較為先進、市場需求性高、同業競爭激烈、公司出口或投資較多、未來發展較快的地區，因為專利的申請與維護費用極高，不同的技術領域通常可能會需要不同國家的專利保護，若不是重要專利，申請人也不會花費巨資進行全球布局，因此，了解整個專利家族，除了瞭解專利的價值，也可了解特定申請人產業基礎及潛在布局市場，保護海外市場免於被仿冒，並排除潛在競爭者的威脅。

(1)全球申請流向

圖 2.1-21 為各國申請人於各專利局申請量統計，大致上可發現各國申請人主要還是在該國專利局申請居多，中國大陸此一現象更是明顯，中國大陸雖然申請量最多，但是集中在國內，可見中國大陸並未進入競爭較為激烈的全球市場，在高階技術的全球布局較為弱勢；各國申請人除了在本國專利局申請外，海外申請局主要首選為美國專利局，可見申請人認為在本領域美國還是主要市場，其次為中國大陸；在海外布局數量最多的為日本有 13218 件，其次才是歐洲 10177 件，意謂著日本為本領域主要技術輸出國，其在各地的申請量皆大於各國到日本的申請量；而歐洲整體申請量較日本少，若以專利家族來看，反而是歐洲專利家族所包含的國外申請案較多，意謂著歐洲對於自身的專利較具信心，量少質精。

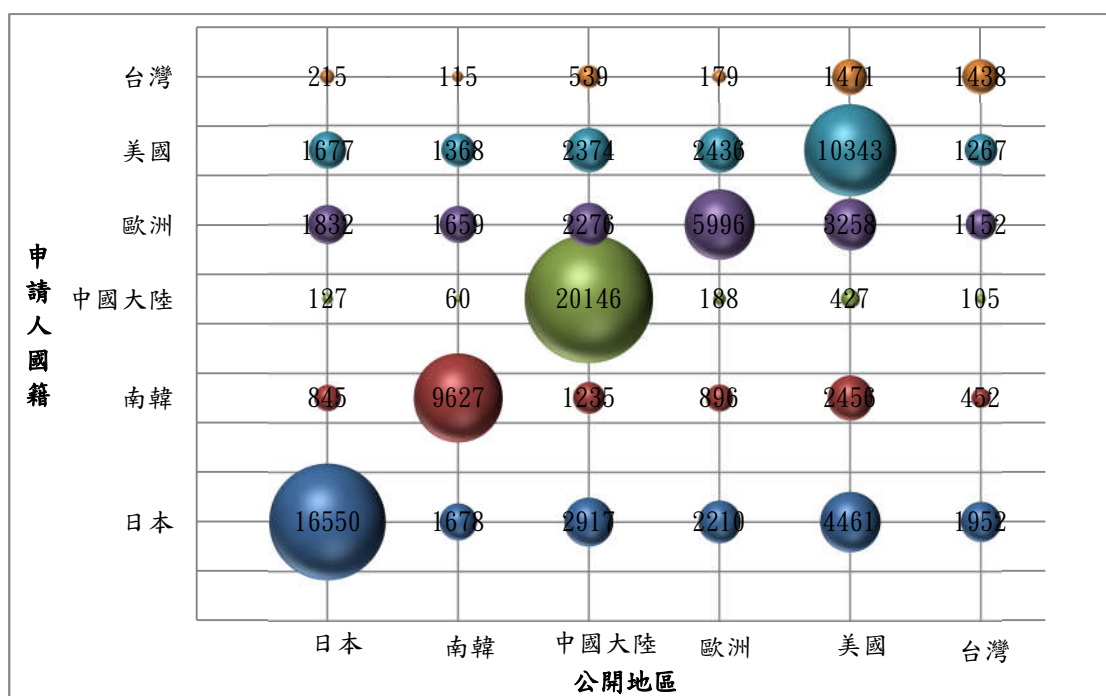


圖 2.1-21、各種太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

圖 2.1-22 為各國申請人於主要專利局申請流向圖，圓餅大小數字代表的是在該國公開的件數，公開件數最多之專利局依序為中國大陸、美國、日本、南韓、歐洲及台灣。

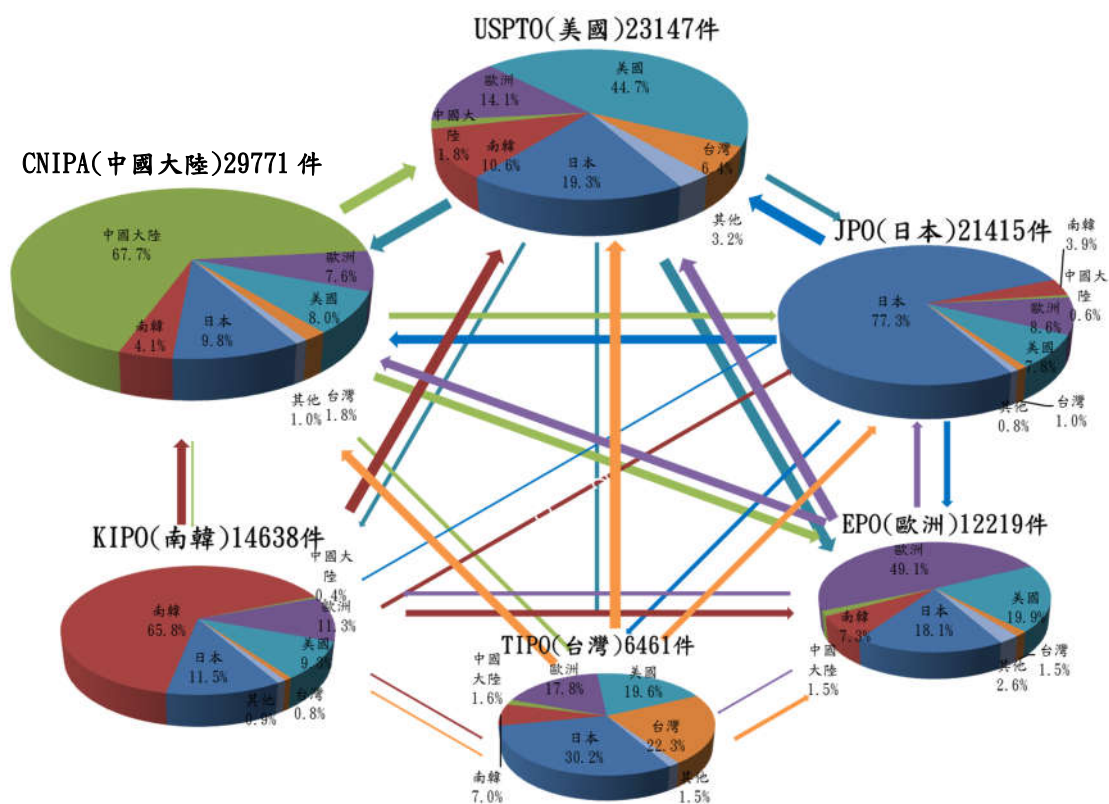


圖 2.1-22、各種太陽能電池(全球)申請流向圖

由此圖可以發現日本、中國大陸、南韓公開的專利案中，本地申請人申請量超過一半，而歐洲、美國、台灣，本地申請人申請量則不到一半，台灣公開的申請案中，絕大部分是國外申請人，台灣本地申請人僅兩成多，原因可能為 Derwent Innovation 對台灣人於本地申請專利案收錄不完整。

圖 2.1-23 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專利件數，可能代表的海外布局或分割案多寡；如果就各類型來看，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；如果就申請國家來看，大致而言，除了在矽薄膜，歐洲平均為 3.17 僅次於美國 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、南韓及台灣，台灣除了在矽晶圓與矽薄膜位居三者之末以外，其餘皆領先南韓，鈣鈦礦更是躍升三者之冠；而中國大陸似乎較熱中在本地申請，因此，除了在矽晶圓有 1.31 件，其餘各類型一族專利家族包含專利件數不到 1.1 件，這應該與中國大陸專利政策有關，再加上知識產權局對於大陸人民與廠商申請專利給與大量優惠，收費較低，此外，各省或市級政府又有額外的補助。

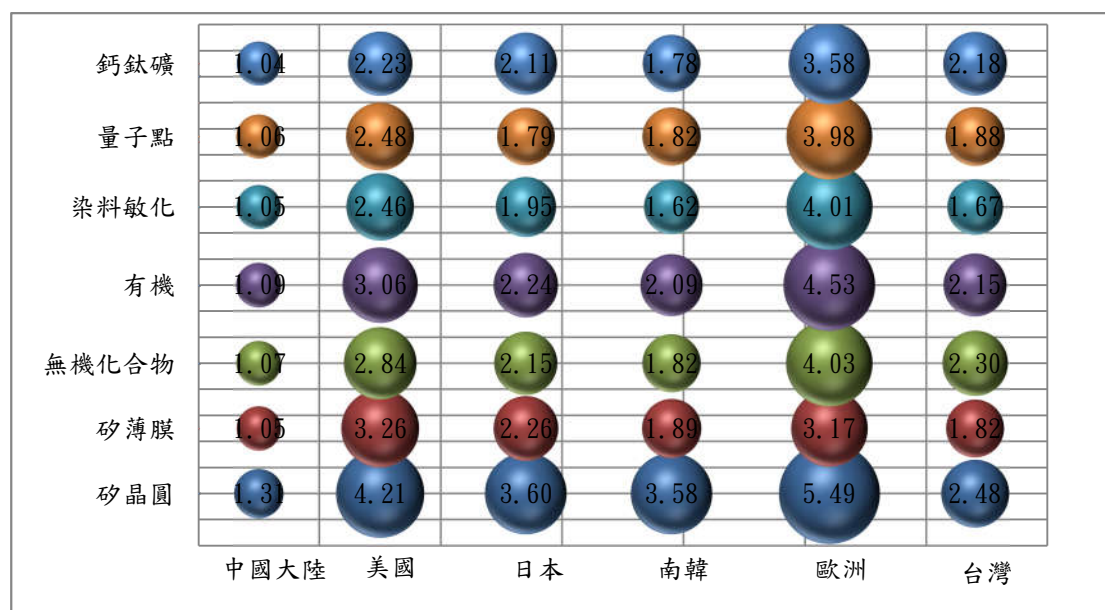


圖 2.1-23、各種太陽能電池(全球)主要申請國籍專利件數及家族族數比例

(2)主要公開專利局分析

整體公開概況

圖 2.1-24 為此一期間各國專利局公開件數比例分布，前三大專利局為中國大陸(27.7%)、美國(21.5%)、日本(19.9%)，公開件數皆有 20000 件以上，接下來依序為南韓(13.6%)、歐洲(11.4%)，公開件數介於 12000~15000 件，台灣(6%)排名第六只有 6461 件，由此可知現階段美國仍在主要公開專利局占有相當的地位。

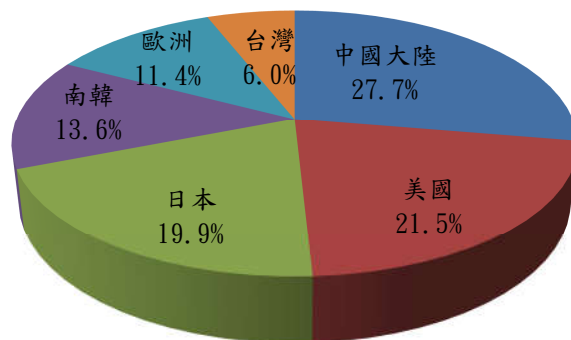


圖 2.1-24、各種太陽能電池(全球)主要公開專利局比例

美國

圖 2.1-25 為各種太陽能電池歷年於美國公開數量統計，大致上公開量先升後降，其中矽晶圓最高點出現在 2008 年，無機化合物在 2009 年，矽薄膜在 2010 年，有機、染料敏化在 2011 年，量子點在 2012 年，鈣鈦礦則在 2014 年。

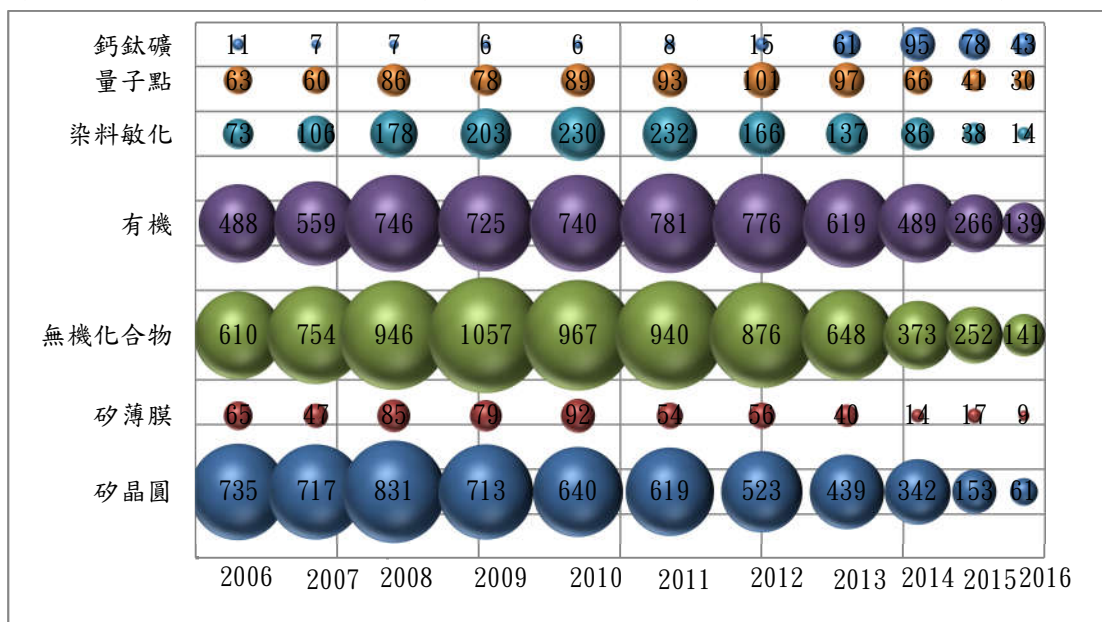


圖 2.1-25、各種太陽能電池(全球)歷年於美國公開件數（優先權年）

對比美國歷年申請族數圖，可以發現由於受到外國申請人在美國布局的影響，整體趨勢還是有所不同，最高點主要差異在於矽薄膜、染料敏化、量子點及鈣鈦礦，可見在美國各領域申請量與公開量的趨勢較為分歧。

若假設本國申請人到海外布局前必然同時在國內申請，則前述美國申請族數可代表美國人在美國申請的件數，而美國專利局公開件數即包含美國人及外國人申請的件數，兩者差額即表示外國人在美國所申請的件數；兩者差額與美國申請族數的比例即代表國外與國內申請數量比例，較低的為無機化合物與量子點，約為 2：1 以下，即這兩個領域國外申請人相較於美國本地申請人在美國布局較其他領域少，這反應出該領域國外申請量真的不多，或是在該領域美國本地申請

人大量布局，導致整體比例被拉低；其餘大概都有 2:1 以上，甚至可以到達 4:1 以上，可見美國是各國布局最愛布局的海外市場。

日本

圖 2.1-26 為各種太陽能電池歷年於日本公開數量統計，大致上公開量先升後降，其中矽晶圓最高點出現在 2008 年，矽薄膜、染料敏化在 2010 年，無機化合物、有機在 2011 年，量子點在 2013 年，鈣鈦礦則在 2015 年；矽薄膜在 2014 年之後公開件數大幅減少。

對比日本歷年申請族數圖，可以發現整體趨勢大致相同，最高點主要差異在於矽薄膜，可見在日本各領域申請量與公開量的趨勢較為一致。

國外與國內申請數量比，較低的為矽薄膜與染料敏化，即這兩個領域國外申請人相較於日本本地申請人在日本布局較其他領域少，這反應出該領域國外申請量真的不多，或是在該領域日本本地申請人大量布局，由於這兩個日本申請量在全球排行數一數二，疑似後者成分較大，導致整體比例被拉低。

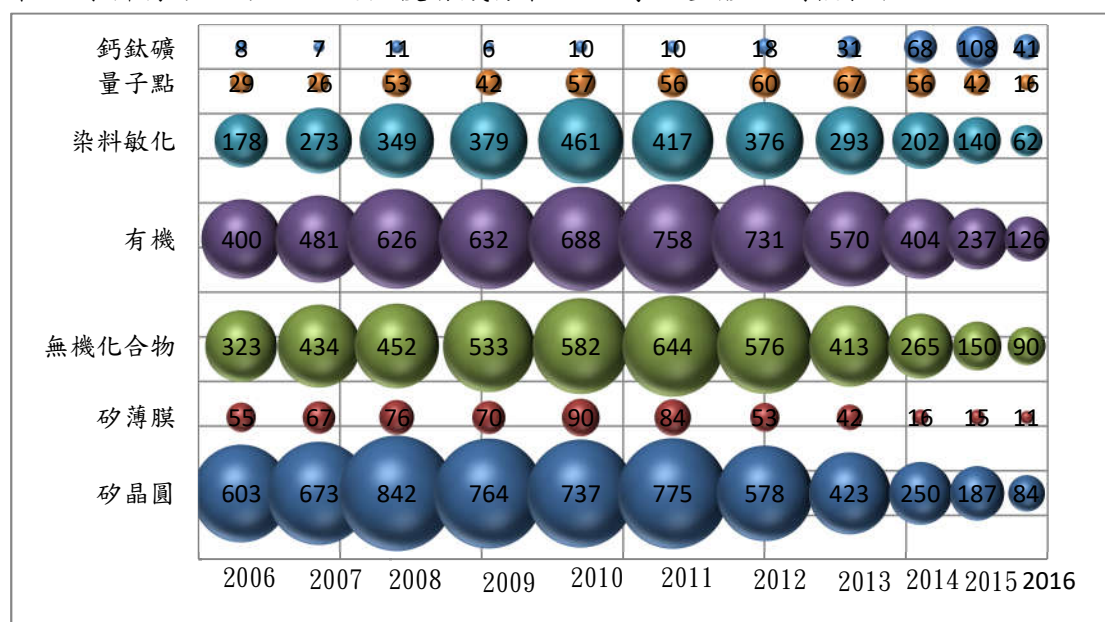


圖 2.1-26、各種太陽能電池(全球)歷年於日本公開件數(優先權年)

中國大陸

圖 2.1-27 為各種太陽能電池歷年於中國大陸公開數量統計，除了鈣鈦礦公開量持續成長，大致上公開量先升後降再升，其中矽晶圓最高點出現在 2011 年，矽薄膜、無機化合物、染料敏化在 2012 年；有機、量子點在 2013 年呈現局部高點，而在 2016 年更是創新高。

對比中國大陸歷年申請族數圖，可以發現由於外國申請人在中國大陸布局，整體趨勢還是有所不同，最高點主要差異在於無機化合物、染料敏化，大致而言中國大陸各領域申請量與公開量的趨勢較為一致。

國外與國內申請數量比，近幾年逐漸降低，應該是中國大陸本地申請人大量布局，導致整體比例被拉低，其中最低的為矽薄膜，即該領域國外申請人相較於中國大陸本地申請人在中國大陸布局較其他領域少，這反應出該領域國外申請量真的不多，或是在該領域中國大陸本地申請人大量布局，推論應該後者大於前者，導致整體比例被拉低。

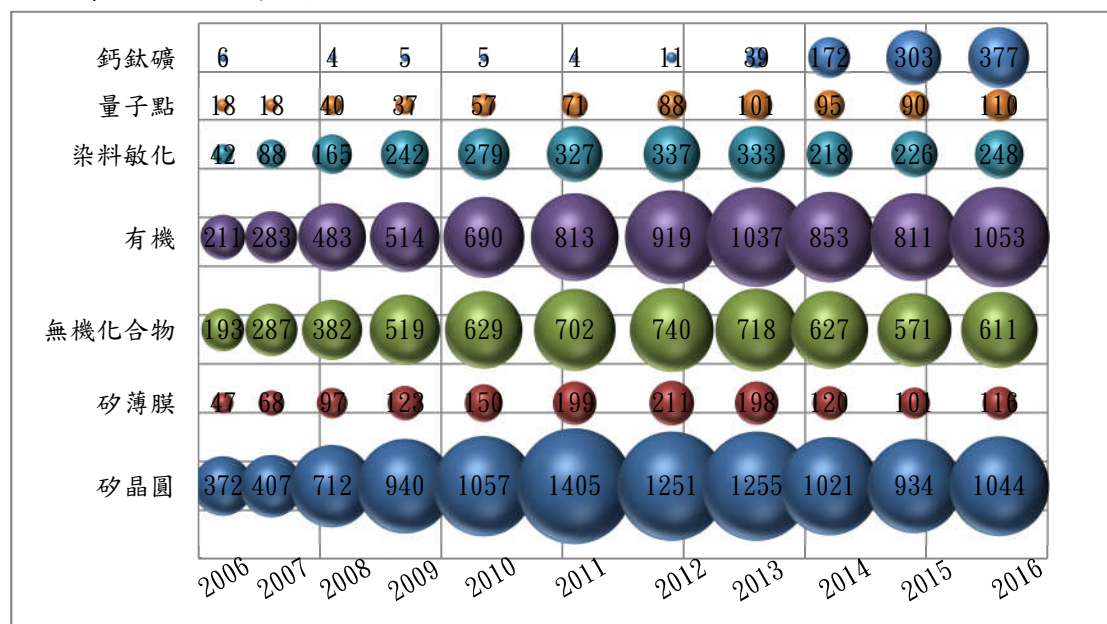


圖 2.1-27、各種太陽能電池(全球)歷年於中國大陸公開件數 (優先權年)

圖 2.1-28 為各種太陽能電池歷年於歐洲公開數量統計，大致上公開量先升後降，其中矽晶圓最高點出現在 2008 年，矽薄膜、無機化合物在 2009 年，染料敏化在 2010 年，有機在 2012 年，量子點在 2013 年，鈣鈦礦則在 2014 年。

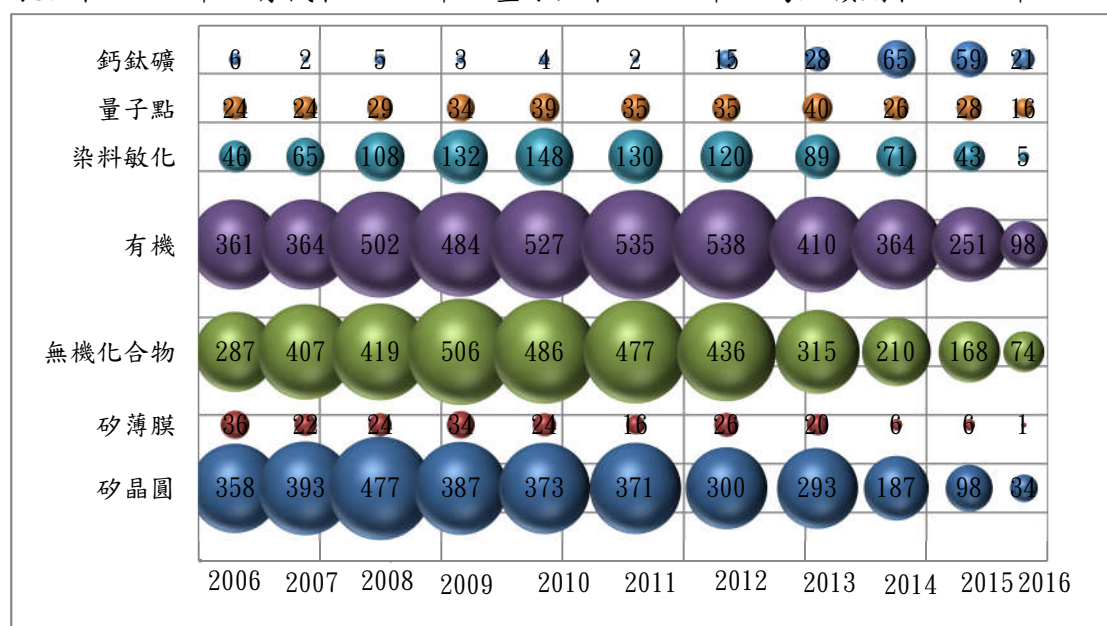


圖 2.1-28、各種太陽能電池(全球)歷年於歐洲公開件數 (優先權年)

對比歐洲歷年申請族數圖，可以發現由於外國申請人在歐洲布局，整體趨勢還是有所不同，最高點主要差異在於矽晶圓、無機化合物、染料敏化、量子點，可見在歐洲各領域申請量與公開量的趨勢較為分歧。

而國外與國內申請數量比，最低的為有機，即該領域國外申請人相較於歐洲本地申請人在歐洲布局較其他領域少，這反應出該領域國外申請量真的不多，或是在該領域歐洲本地申請人大量布局，導致整體比例被拉低。

圖 2.1-29 為各種太陽能電池歷年於南韓公開數量統計，大致上公開量先升後降，其中矽晶圓、矽薄膜最高點出現在 2010 年，無機化合物、染料敏化、量子點在 2011 年，有機在 2012 年，鈣鈦礦則在 2015 年。

對比南韓歷年申請族數圖，可以發現由於整體趨勢大致相同，最高點主要差異在於鈣鈦礦，可見在南韓各領域申請量與公開量的趨勢較為一致。

而國外與國內申請數量比，最低的為染料敏化，即該領域國外申請人相較於南韓本地申請人在南韓布局較其他領域少，這反應出該領域國外申請量真的不多，或是在該領域南韓本地申請人大量布局，導致整體比例被拉低。

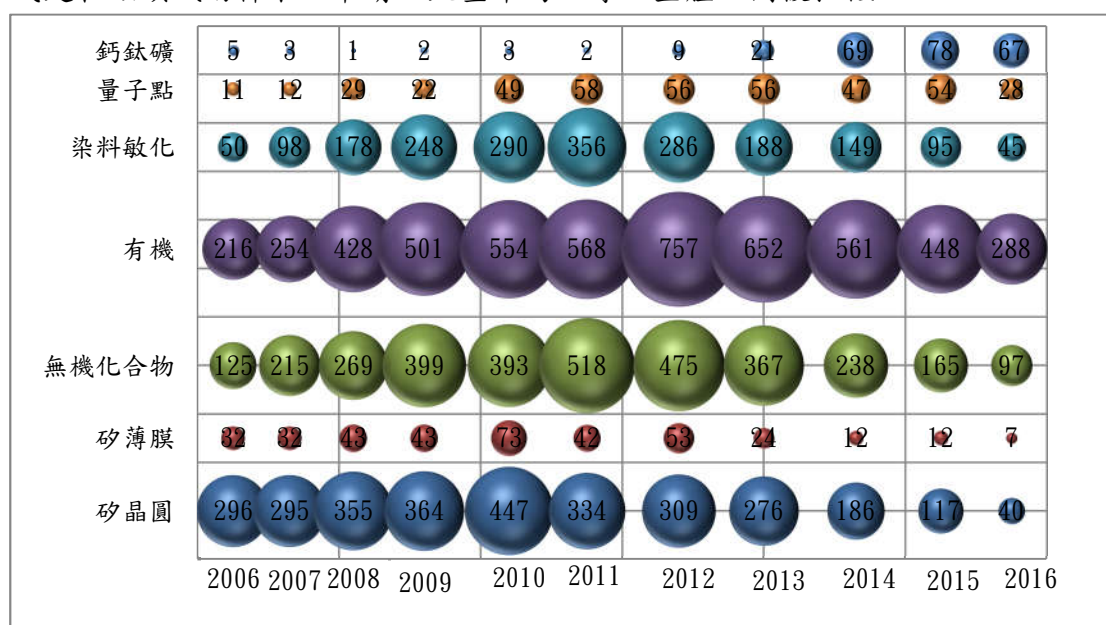


圖 2.1-29、各種太陽能電池(全球)歷年於南韓公開件數(優先權年)

圖 2.1-30 為各種太陽能電池歷年於台灣公開數量統計，大致上公開量先升後降，其中矽晶圓、矽薄膜、無機化合物最高點出現在 2009 年，染料敏化在 2011 年，有機在 2012 年，量子點、鈣鈦礦則在 2014 年，此外，有機及量子點皆存在一些波動，在 2008 年同時存在波段高點。

對比台灣歷年申請族數圖，可以發現由於外國申請人在台灣布局，整體趨勢有所差異，最高點主要差異在於有機、染料敏化、量子點，大致而言台灣各領域申請量與公開量的趨勢較為分歧。

而國外與國內申請數量比，主要以 2011 年為界，2010 年以前較低的為染料敏化及量子點，2012 年以後較低的為無機化合物，即該領域國外申請人相較於台灣本地申請人在台灣布局較其他領域少，這反應出該領域國外申請量真的不多，或是在該領域台灣本地申請人大量布局，導致整體比例被拉低。

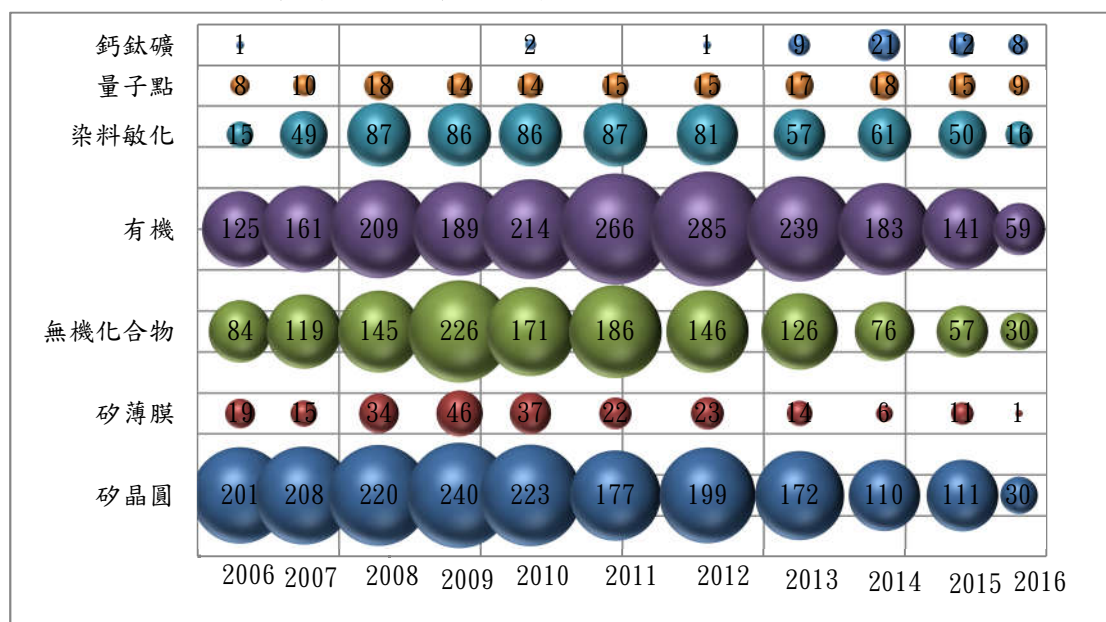


圖 2.1-30、各種太陽能電池(全球)歷年於台灣公開件數(優先權年)

第一大公開專利局概況

各種太陽能電池公開數量最多之專利局歷年公開數量統計如圖 2.1-31，除了無機化合物與量子點公開數量最多專利局為美國，染料敏化為日本之外，其餘都為中國大陸；大致上除鈣鈦礦一路增加，於中國大陸公開的數量先升後降再升，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、鈣鈦礦在 2016 年；矽晶圓、有機及量子點皆存在一些波動，矽晶圓及有機在 2013 年曾出現波段高點，量子點則在 2008 年存在波段高點。

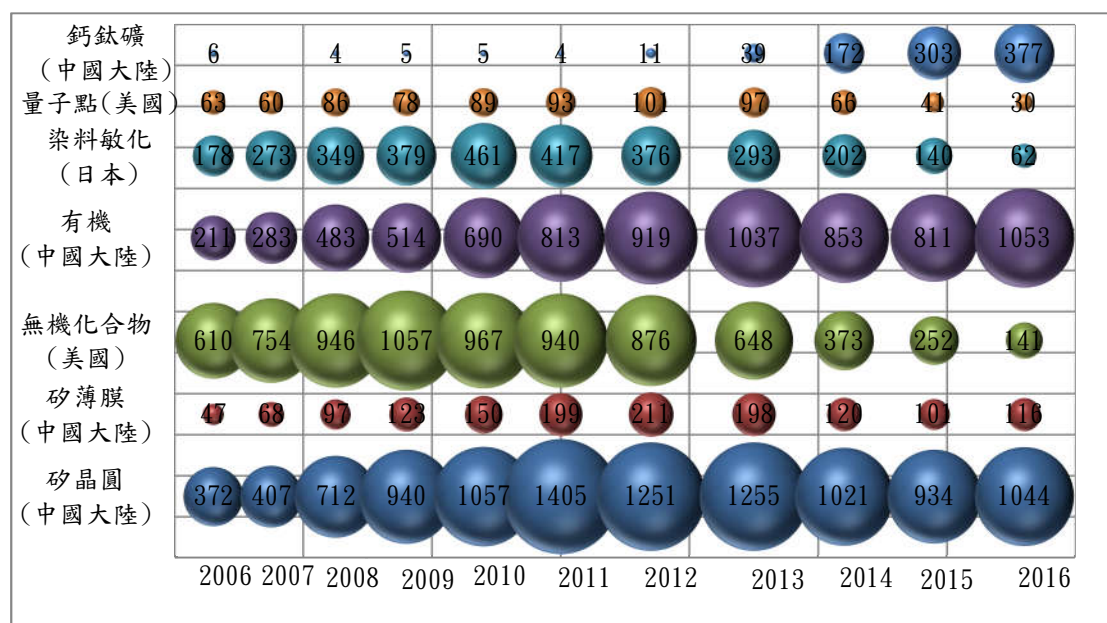


圖 2.1-31、各種太陽能電池(全球)公開件數最多之專利局歷年公開件數

2.1.4、主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

各種太陽能電池(全球)主要申請人申請數量統計如圖 2.1-32，對於矽晶圓而言，第一大申請人為日本 SUMCO(勝高)，十大申請人中，中國大陸有 6 個，日本 2 個，南韓跟歐洲德國各 1 個；對於矽薄膜，第一大申請人為中國大陸同春新能源，十大申請人中，日本 4 個，中國大陸 3 個，南韓 2 個，美國 1 個；對於無機化合物，第一大申請人為南韓 LG，十大申請人中，日本 3 個，南韓 2 個，美國跟中國大陸各 2 個，台灣 1 個；對於有機，第一大申請人為南韓 LG，十大申請人中，南韓 4 個，日本 3 個，歐洲德國 2 個，中國大陸 1 個；對於染料敏化，第一大申請人為日本藤倉，十大申請人中，日本 6 個，南韓 3 個，歐洲德國 1 個；對於量子點，第一大申請人為南韓三星，十大申請人中，日本 5 個，南韓 2 個，美國 2 個，中國大陸 1 個；對於鈣鈦礦，第一大申請人為日本積水化學，十大申請人中，中國大陸 3 個，日本及南韓各 2 個，歐洲德國及瑞士 1 個。

台灣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；其餘各領域中台灣申請量最多的幾乎都是工研院，除了矽晶圓亦為台積電之外，但都未進入前十大。

廣義來說，無機與有機相關領域，申請人重疊性幾乎不大，也就是可以通吃的廠商並不多，除了南韓的三星及 LG，這也可以看出南韓的產業特性；而有機相關領域，蠻多申請人跨領域申請，如有機的 LG、馬克專利、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，其中鈣鈦礦相關公司申請人更與染料敏化部份公司申請人重複，可說明這兩者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

化率已可直追矽晶圓，因此吸引眾多染料敏化相關公司申請人投入；此外，相關技術越新，申請人中學術研究單位越多，如鈣鈦礦有 5 個學術研究單位。

	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機	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 304	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	鐘淵化學 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 2.1-32、各種太陽能電池(全球)主要申請人申請族數¹²¹

圖 2.1-33 為各種太陽能電池第一大申請人歷年申請數量統計，其中日本占了三個，分別在矽晶圓、染料敏化及鈣鈦礦；南韓占了三個，分別在無機化合物、有機及量子點；中國大陸在矽薄膜也占有一個，全部都為亞洲國家，大致上申請量先升後降。

矽晶圓第一大申請人為日本 SUMCO(勝高)最高點出現在 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；矽薄膜第一大申請人為中國大陸同春新能源，最高點出現在 2013 年，且所有申請量集中於該年，該公司在 2009 年未發現有任何申請量，在 2015 年以後申請量亦大幅萎縮；無機化合物第一大申請人為南韓 LG，最高點出現在 2011 年，然而在 2007、2009、2013 年分別存在波段高點；有機第一大申請人為南韓 LG，最高點出現在 2013 年，然而在 2006、2009 年分別存在波段高點；染料敏化第一大申請人為日本藤倉，最高點出現在 2011 年，然而在 2006、2008 及 2009、2015 年分別存在波段高點；量子點第一大申請人為南韓三星，最高點出現在 2011 年，然而在 2006、2016 年分別存在波段高點；鈣鈦礦第一大申請人為日本積水化學，最高點出現在 2015 年。

¹²¹ 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。

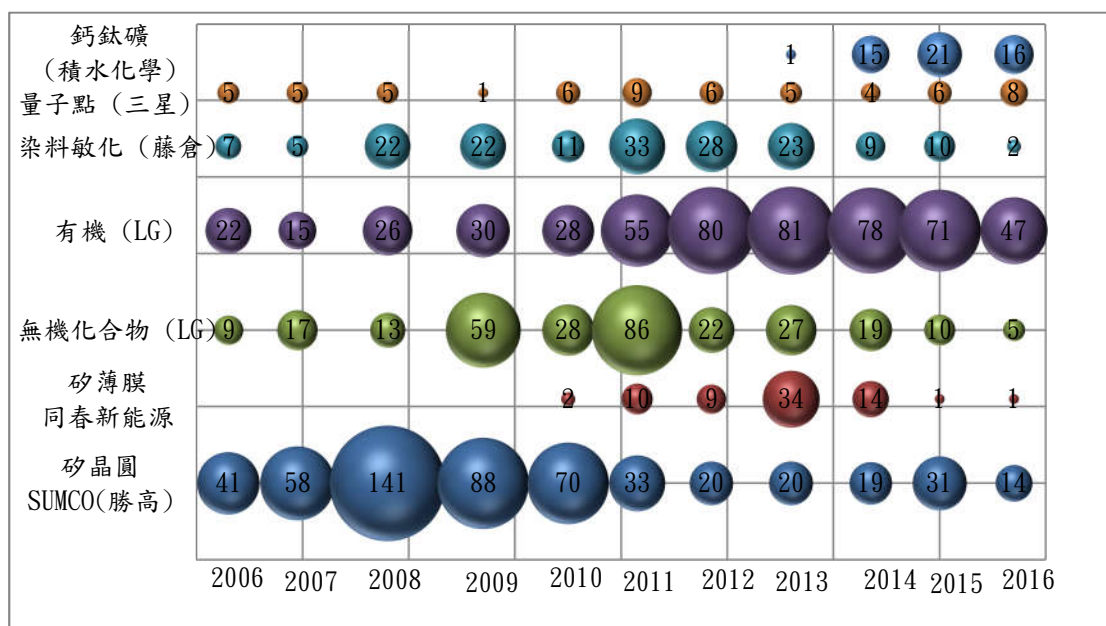


圖 2.1-33、各種太陽能電池(全球)第一大申請人歷年申請族數(優先權年)

主要達成功效

圖 2.1-34 所示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(勝高)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。

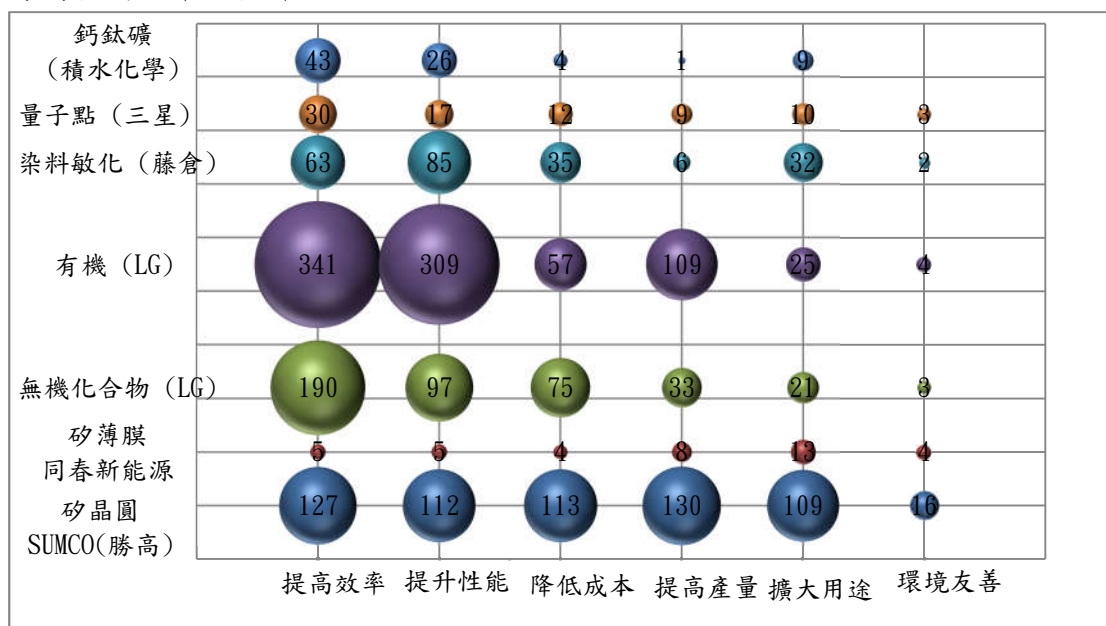


圖 2.1-34、各種太陽能電池(全球)第一大申請人與達成功效矩陣分析

2.2、在台太陽光電相關專利趨勢整體分析

本部分在台太陽光電專利趨勢分析係利用經濟部智慧財產局全域專利資料檢索系統資料庫¹²²，統計 2007 年至 2017 年之間各國於我國公開專利之相關發展趨勢並作一分析，為了更接近當時政治經濟產業等情況，以優先權年 2006~2016 年間（若無則為申請年）來呈現，主要目的在於了解各國於台灣太陽光電相關專利申請狀況，與補充 Derwent Innovation 資料庫中所無法正確解讀的本國專利資訊。除可瞭解太陽光電相關技術的專利趨勢、發展過程外，亦可藉此瞭解產業內重要技術及主要研究方向，咸信可做為國內相關研究者及產業投資者未來研發方向調整之參考依據。

其中由資料庫系統所檢索篩選獲得之太陽光電相關技術專利之方法：為採用 WIPO 綠能分類號中太陽光電相關技術之專利分類號 IPC 類位¹²³與七大種類太陽光電¹²⁴的分別技術關鍵字（檢索欄位：發明名稱、摘要與申請專利範圍），進行交集檢索而獲得的發明專利，並經由人工去除雜訊，所篩選完成。本部分的人工去雜訊之處理方法係藉由重複調整關鍵字詞彙，再進行重複檢索，並通過閱讀標題和摘要之簡篩，刪除掉明顯與本太陽光電技術分析主題，不相關之文獻。經篩選自 2006 年至 2016 年申請日（優先權日）之間所獲得與太陽光電相關技術相關的專利件數共 4816 件，其中涉及矽晶圓 21.4%(1031 件)、矽薄膜 10.0%(481 件)、無機化合物 23.5%(1135 件)、有機 30.8%(1484 件)、染料敏化 10.9%(525 件)、量子點 2.3%(109 件)及鈣鈦礦 1.1%(51 件)。

2.2.1、於台灣申請專利案之申請人國籍及年度申請量統計 申請人類型之數量比例

本部分為將所篩選的 4816 件與太陽光電相關技術相關的專利進行申請人類型之分析，其中申請人的類型大致可分為三大類：公司、學術機構及個人。經分析公司類的申請人為最多(73.0%)、其次為學術機構(23.0%)，個人申請則占 4.0%，申請人類型以公司的比率為最多，顯示整體太陽光電相關技術為已商業化，且其技術已屬成熟。

進一步以各種類太陽光電電池(七大種類)進行申請人類型之分析，以圖 2.2-1 所示，可觀察公司類申請人的比率，由高至低之排序為：矽晶圓、有機、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種類太陽能電池為目前已商業化之產品，其各公司業者於我國進行專利的布局的比率高。至於有機太陽能電池的比率高達(75.30%)，疑似係因為有機太陽能電池中的主要申請人(馬克專利)於台灣所布局的專利，將部分的 OLED 技術與

¹²² 智慧財產局全域資料檢索系統為局內審查人員專用之檢索系統。

¹²³ IPC Green Inventory, http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/green_inventory/。

¹²⁴ 七大種類太陽光電技術分別為：矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化、量子點及鈣鈦礦。

太陽光電元件材料，一併申請布局專利；再者，有機太陽能電池的發展，相對於其他目前新穎技術(染料敏化、量子點及鈣鈦礦)而言，係屬發展時間較長的技術，因此各公司於我國進行專利的布局較多。至於學術機構比率之排名，染料敏化、量子點及鈣鈦礦等新穎太陽光電技術的專利申請所占比率，高達 34.90%、33.90% 以及 39.22%。顯示各大學、法人、研究機構為主願意在該等領域從事研發、布局；而個人申請戶，則以量子點的專利申請比率最多。

專利權人態樣	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
公司	83.22	72.33	67.93	75.30	63.00	57.80	56.86
學術機構	11.54	22.53	28.11	21.50	34.90	33.90	39.22
個人	5.24	5.14	3.96	3.20	2.10	8.30	3.92
全部件數	1031	481	1135	1484	525	109	51

圖 2.2-1、各種太陽能電池(在台)申請人類型比例

以優先權年度觀察申請數量變化

圖 2.2-2 為各種太陽能電池(在台)歷年申請數量之趨勢圖，為了將專利趨勢以更接近當時政治、經濟及產業的事實情況，以下以優先權 2006 至 2016 年表示。由此圖可觀察各種類太陽能電池在台申請數量與全球專利之趨勢，略有差異。

於台灣所申請的專利中，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化之申請量最高峰為 2009 年，且專利申請趨勢從 2010 至近年為逐步減少。因在台灣申請專利的申請人國籍以台灣為主，台灣相關產業業者對於相關局勢變化又較為敏感，主要影響的因素包括 2008 年國際油價飆升至新高，歐美藉由政策補助或補貼太陽能產業引起台灣廠商的投資興趣，相關專利的研發數量年創新高，接著由於自 2007 年起中國國家發展和改革委員會的再生能源計畫，以政策方式進行補貼、融資等手段大量扶植國內太陽能產業，後續全球除中國大陸外各地的太陽能電池製造產業因難以競爭而退出市場或倒閉消失，故於 2010 年起即反應於相關各種太陽能電池之產業上，包括專利的申請數量，而中國大陸的廠商亦對於台灣申請專利缺乏興趣及投資動力，因此台灣的太陽能電池專利申請的數量上就較不受中國大陸年增的申請數量影響，而直接反應衰退的技術能量現況。

至於新穎技術(量子點與鈣鈦礦)之申請量高峰分別為於 2013 年及 2014 年，呈現爆發性的增長，可能與該新穎技術材料，量子點與鈣鈦礦，近年研發成果中光轉換效率的提升直逼目前已商業化的矽晶圓，因此直接影響申請人布局專利的意願。再者，量子點與鈣鈦礦發展初期結構的演變為來自染料敏化太陽能電池。因此新穎技術專利的申請，部分來自染料敏化相關業者與研發人員的投入。

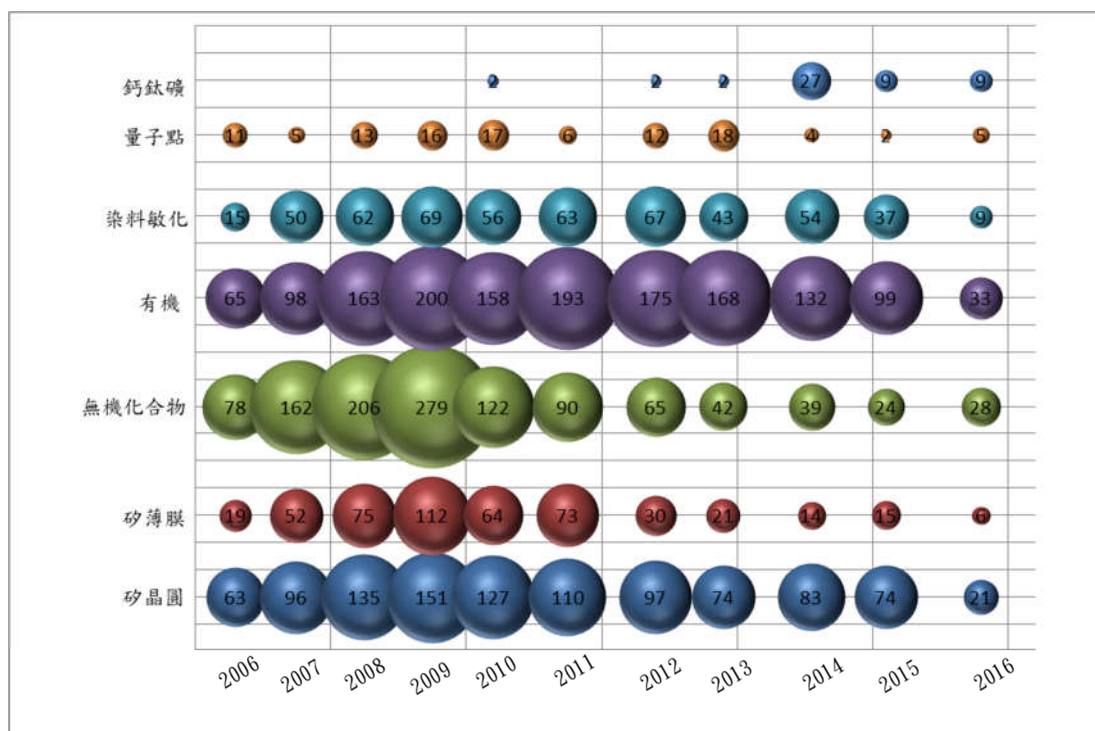


圖 2.2-2、各種太陽能電池(在台)歷年申請件數(優先權年)

主要申請人國籍申請概況

將申請人的國籍進行分析，其中以本國籍台灣申請人占 42.3%為最多、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%。此趨勢顯示太陽能電池領域主要布局於台的國外申請人以美國、日本與歐洲等銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主。至於中國大陸的專利技術顯然很少於我國台灣進行布局。進一步以各國專利申請人與各種太陽能電池，進行矩陣分析，如圖 2.2-3 所示，可發現本國籍台灣申請人以無機化合物太陽能電池專利申請為主；日本、歐洲及南韓籍申請人以有機太陽能電池專利申請為主；美國與中國大陸籍申請人以矽晶圓專利申請為主。至於各種類太陽能電池的專利申請量，原則係以本國台灣籍專利申請人為多數，值得注意的為：有機太陽能電池的專利申請量最多為歐洲，其分析為有機太陽能電池的主要申請人(馬克專利)於台灣布局很多相關的專利，因此影響本部分申請人國籍的趨勢。至於其他各種類太陽能電池專利申請國籍趨勢，國外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)，此等國籍申請人趨勢，係與各種類太陽能電池於國外的技術領先形態，與於我國技術、設備產品輸入之產業趨勢，有所關係。

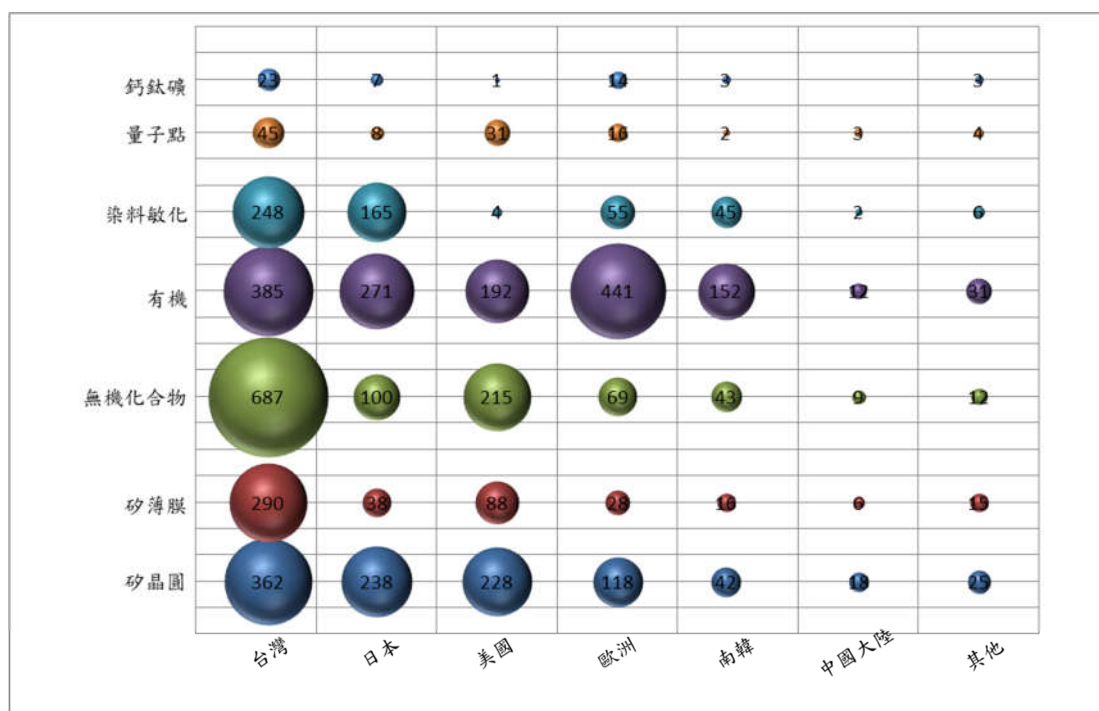


圖 2.2-3、各種太陽能電池(在台)主要國籍申請件數

圖 2.2-4 至 2.2-10 所表示為各種太陽能電池(在台)與各國籍的歷年申請數量趨勢的矩陣分析,藉此觀察各國籍專利申請人與各種類太陽能電池的專利申請的關聯性,圖 2.2-4 可觀察到除了有機太陽能電池第一大專利申請人為歐洲外,其餘種類太陽能電池的專利申請人均為台灣籍申請人為主;至於第一大專利申請人的歷年申請趨勢,則與在台申請整體趨勢類似。

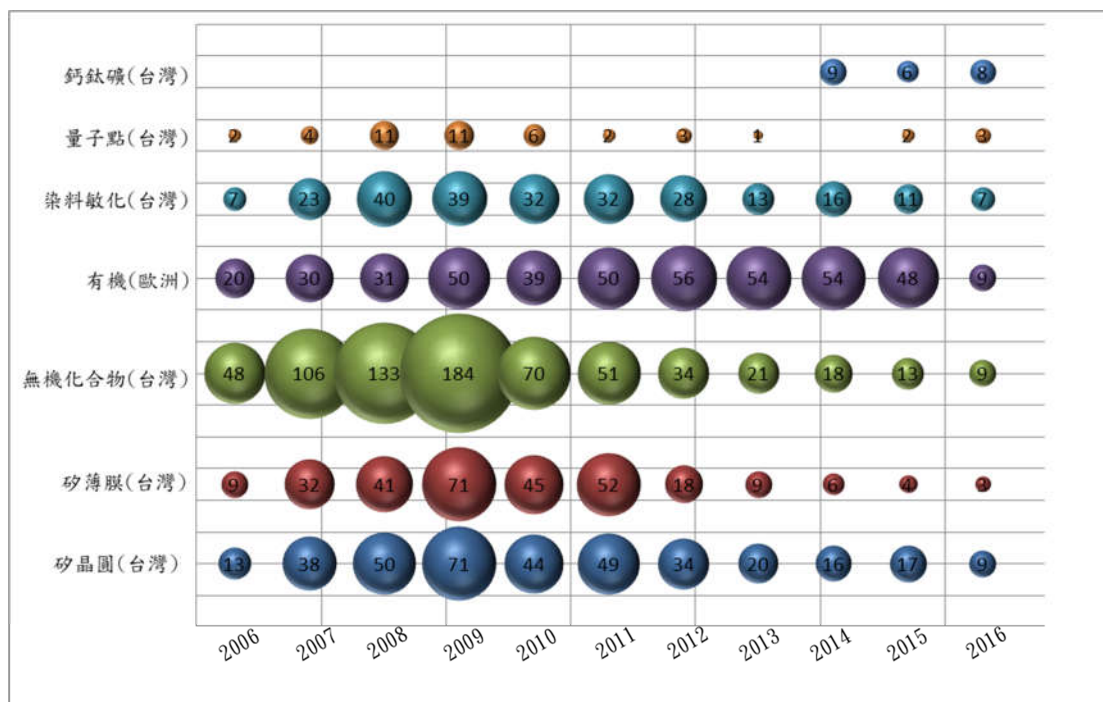


圖 2.2-4、各種太陽能電池(在台)第一大申請人國籍歷年申請件數

圖 2.2-5 表示各種太陽能電池(在台)美國籍專利申請人的歷年申請數量趨勢，美國籍專利申請人的專利申請趨勢中，美國籍專利申請人對於矽晶圓與無機化合物的專利申請較多，鈣鈦礦與染料敏化的專利申請較少。

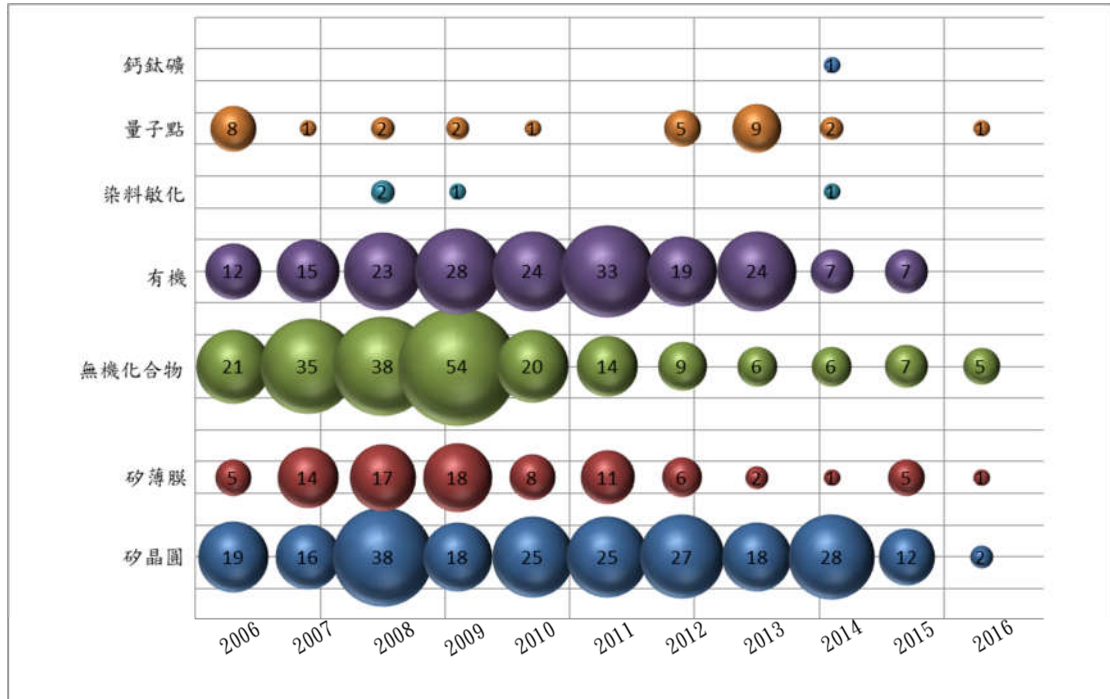


圖 2.2-5、各種太陽能電池(在台)美國歷年申請件數

矽晶圓、矽薄膜的專利申請量最高峰出現在 2008~2009 年，無機化合物的專利申請量最高峰為 2009 年，有機則在 2011 年，此等趨勢與美國全球申請專利的趨勢相同。至於美國籍專利申請人將染料敏化、量子點與鈣鈦礦太陽能技術於台專利的申請趨勢，與全球專利申請趨勢略有不同，美國籍專利申請人鮮少於台灣申請鈣鈦礦與染料敏化的專利，且量子點專利的申請量最高峰為於 2006、2013 年。

圖 2.2-6 表示各種太陽能電池(在台)日本籍專利申請人的歷年申請數量趨勢，日本籍專利申請人的專利申請趨勢中，矽晶圓的專利申請量最高峰於 2007 年，矽晶圓的整體專利申請量於 2007 至 2015 年仍維持於每年 20 件，值得注意 2016 年並無矽晶圓專利的申請；矽薄膜的專利申請量相較鮮少，然其中 2015、2016 年矽薄膜的專利申請量僅 1 件；無機化合物的專利申請量最高峰為 2009 年，其中 2012 年後則有下降的趨勢；有機與燃料敏化則分別在 2011、2012 年到達專利申請最高峰，然專利申請量至今仍同為下降的趨勢；至於新穎技術量子點與鈣鈦礦，日本專利申請量鮮少。值得關注的為：日本籍專利申請人對於染料敏化技術較為熱衷。

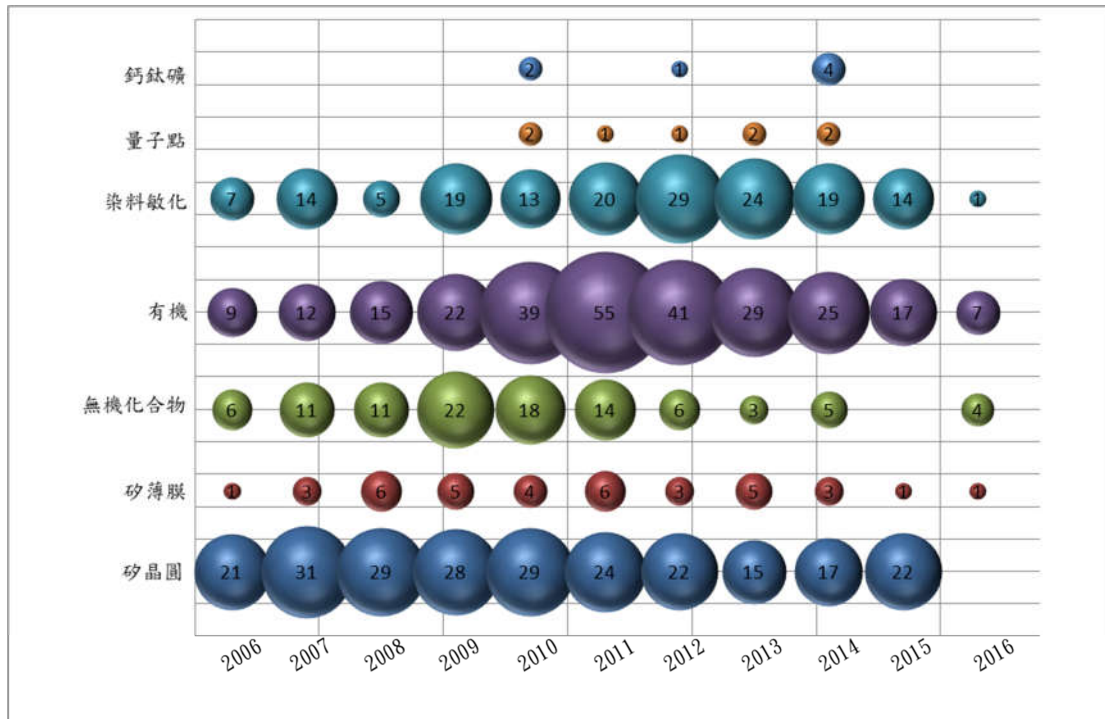


圖 2.2-6、各種太陽能電池(在台)日本歷年申請件數

圖 2.2-7 表示各種太陽能電池(在台)中國大陸籍專利申請人的歷年申請數量趨勢，中國大陸籍專利申請人於台專利申請的件數相較於各國為較少的趨勢。

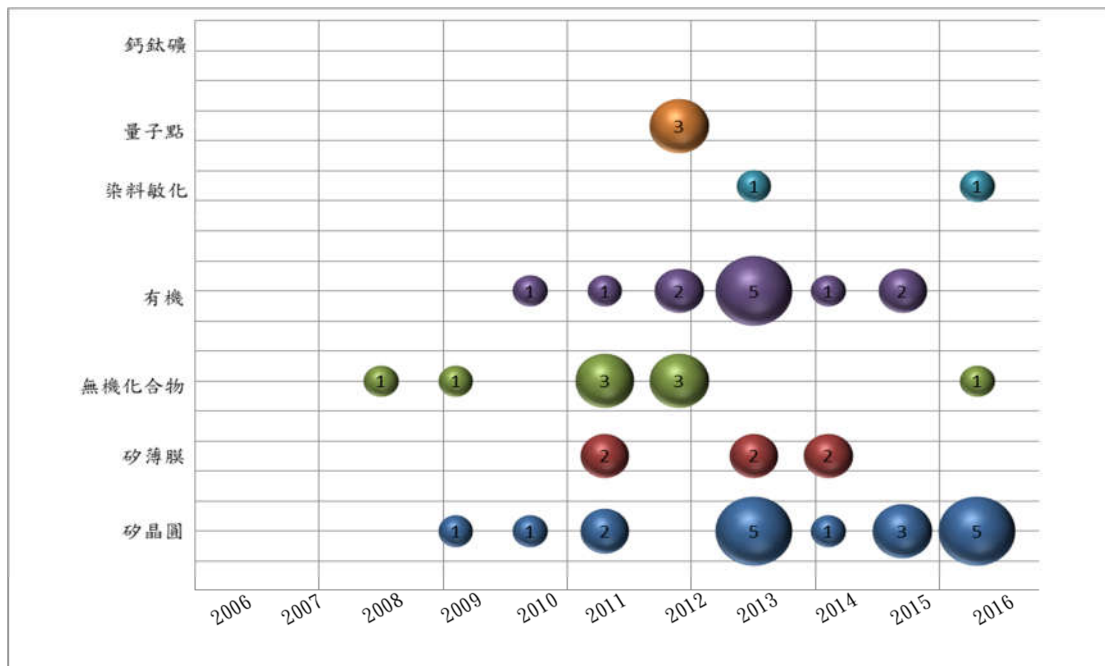


圖 2.2-7、各種太陽能電池(在台)中國大陸歷年申請件數

其進一步分析，中國大陸籍專利申請人的專利申請趨勢中，矽晶圓的專利申請量最高峰於 2013、2016 年的 5 件；矽薄膜的專利申請量共申請 6 件(分別於 2011、2013 及 2014 年)；無機化合物的專利申請量最高峰為 2011、2012 年的 2

件；有機則在 2013 年到達專利申請最高峰，但仍為 5 件；至於新穎技術燃料敏化、量子點與鈣鈦礦分別為 2 件、3 件及 0 件。值得關注的為中國大陸籍專利申請人並無於台灣申請鈣鈦礦相關專利。

圖 2.2-8 表示各種太陽能電池(在台)歐洲籍專利申請人的歷年申請數量趨勢，歐洲專利申請人於台專利申請的件數顯著於有機領域中。

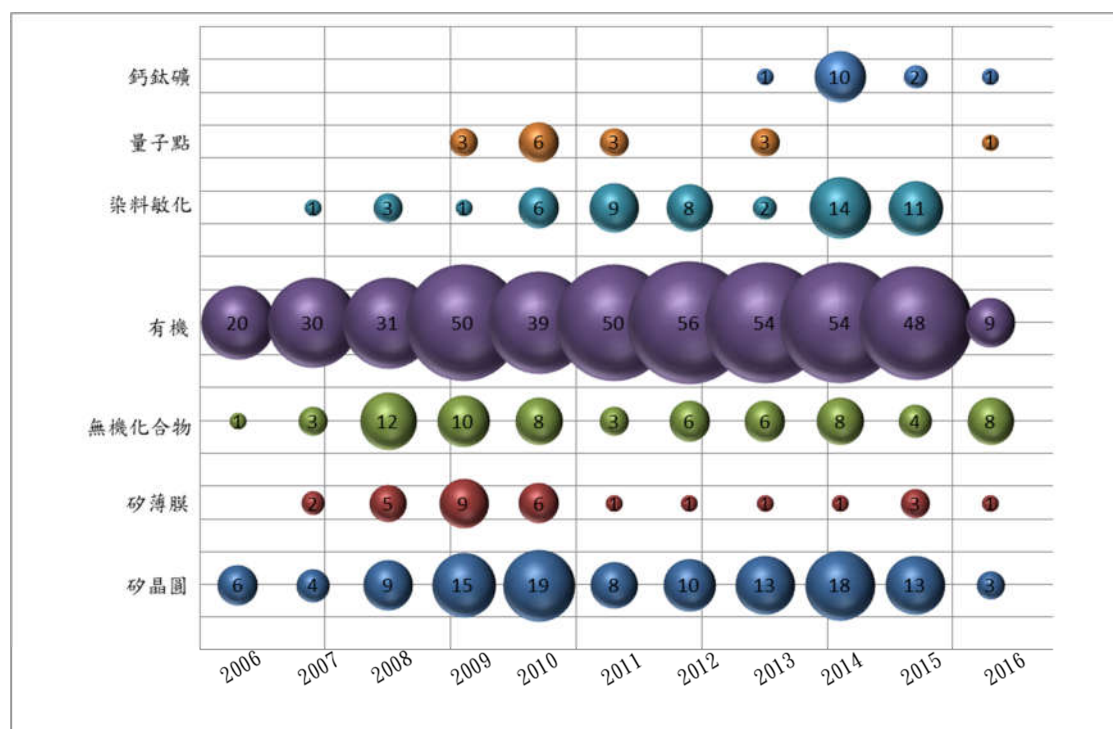


圖 2.2-8、各種太陽能電池(在台)歐洲歷年申請件數

其進一步分析，歐洲籍專利申請人的專利申請趨勢中，矽晶圓的專利申請量最高峰於 2010、2014 年；矽薄膜的專利申請量最高峰於 2009 年；無機化合物的專利申請量最高峰於 2008、2009 年；染料敏化的專利申請量最高峰於 2014、2015 年；新穎技術量子點與鈣鈦礦的專利申請量最高分別於 2010 年與 2014 年。值得關注的為有機的專利申請量最高峰為於 2012 年的 56 件，其中 2009~2015 年區間，歐洲籍專利申請人每年於我國專利申請量均維持近 50 件，但其中 2016 年的專利申請量僅 9 件。

圖 2.2-9 表示各種太陽能電池(在台)南韓籍專利申請人的歷年申請數量趨勢，南韓籍專利申請人於台專利申請的件數亦顯著於有機領域中。其進一步分析，南韓專利申請人的專利申請趨勢中，矽晶圓、矽薄膜與染料敏化的專利申請量最高峰於 2007~2010 年區間；無機化合物與有機則於 2008~2009 與 2012~2012 區間均有專利申請量高峰；值得關注的為南韓籍專利申請人於新穎技術量子點與鈣鈦礦的專利申請僅分別為 2 件、3 件。

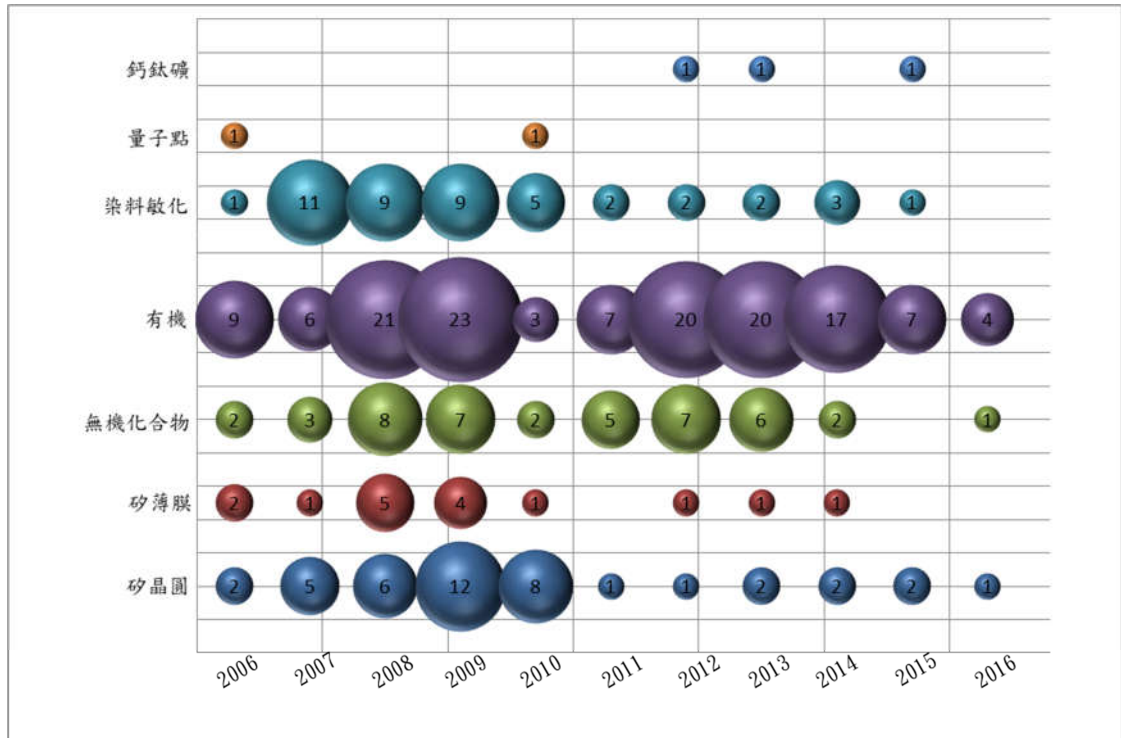


圖 2.2-9、各種太陽能電池(在台)南韓歷年申請件數

圖 2.2-10 表示各種太陽能電池(在台)本國台灣籍專利申請人的歷年申請數量趨勢，台灣籍專利申請人的專利申請趨勢中，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化與量子點的專利申請量最高峰均出現在 2009 年，且專利申請趨勢至 2009 年至今為呈現下降的趨勢。

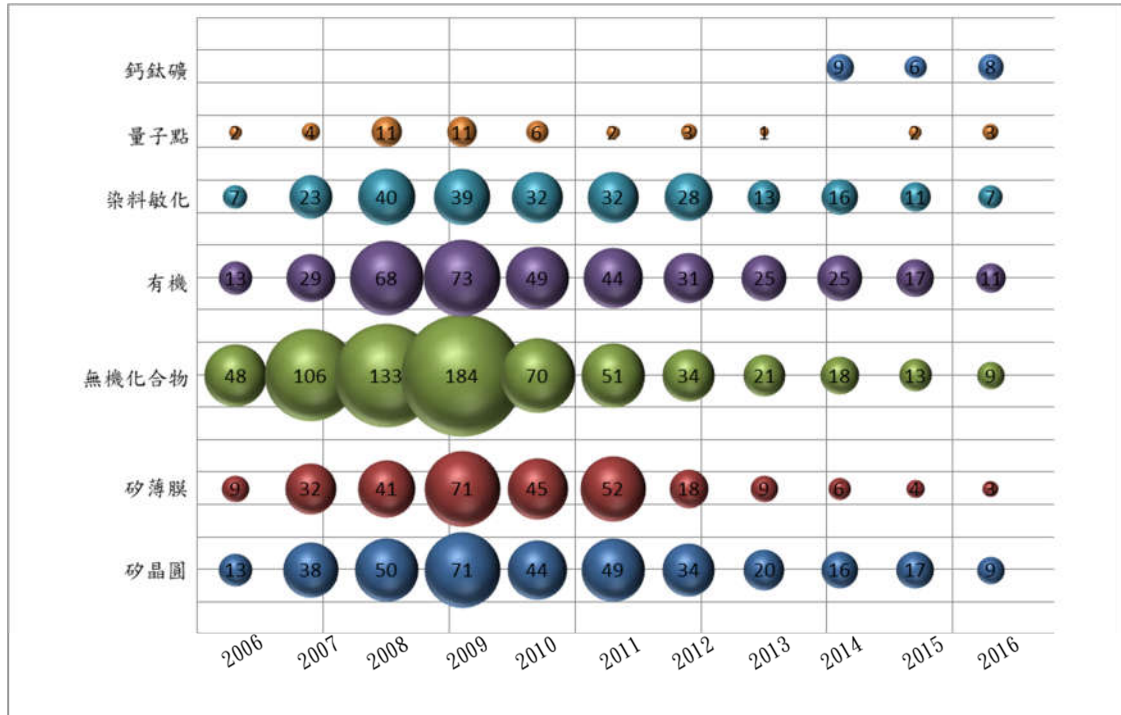


圖 2.2-10、各種太陽能電池(在台)台灣歷年申請件數

新穎技術鈣鈦礦則於 2014 年開始申請專利，至今維持每年 5~10 件之間的申請趨勢。值得關注的為量子點技術，台灣籍專利申請人的研發與於台專利布局為減少的趨勢。以上各種類太陽能電池趨勢與全球相同，似乎與 2008 年金融海嘯，以及之後 2011 年起太陽光電產品價格急遽下跌，全球太陽能電池陷入供過於求有關，再加上油價在 2014 年下半年由於頁岩油的技術提升，持續下跌，直到 2016 年才又回升，台灣相關產業業者對於相關局勢變化似乎較為敏感。

2.2.2、於台灣申請專利案前十大申請人統計以及年度申請量

將整體太陽能電池領域的全域專利案件 4816 件以第一申請人進行分析，取申請數量前十者為主要申請人進行分析，以圖 2.2-11 表示。可觀察到各種類太陽能電池的專利申請人，均包括工研院，即表示我國工研院相當注重於我國專利布局太陽能相關技術。其中以各種類太陽能電池進行分析：矽晶圓(我國專利申請人占 4 名)、矽薄膜(我國專利申請人占 6 名)、無機化合物(我國專利申請人占 10 名)、有機(我國專利申請人占 2 名)、染料敏化(我國專利申請人占 6 名)、量子點(我國專利申請人占 4 名)及鈣鈦礦(我國專利申請人占 5 名)，即表示我國專利申請人於台申請的太陽能電池專利中，相當注重「無機化合物太陽能電池」的專利布局，且最多台灣籍公司專利申請人(如聯相光電、宇通光能、碩禾、鴻海、正峰新能源與安慶新能源)於台布局無機化合物的專利。除了台灣籍專利人外，各種類太陽能電池中的主要申請人，矽晶圓與染料敏化係以日本籍專利申請人為王，矽薄膜、無機化合物及有機化合物則以歐洲與美國籍專利申請人為王。至於新穎技術量子點與鈣鈦礦則美國、歐洲與日本籍專利申請人均有涉及專利布局。

	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機	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(勝高) 48	宇通光能 40	聯相光電 43	工研院 69	工研院 41	核研所 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	3 M 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	贏創德固賽 4	成功大學 3
第5大	宇通光能 21	核研所 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	核研所 18	住友化學 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 2.2-11、各種太陽能電池(在台)主要申請人申請件數

圖 2.2-12 係進一步將各種太陽能電池(在台)專利申請中主要申請人的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(分別為無機化合物與量子點)、馬克專利亦占了兩名(鈣鈦礦與有機)、染料敏化則為日本籍富士軟片、矽薄膜為我國廠商聯相光電、矽晶圓為日本籍太陽電子。

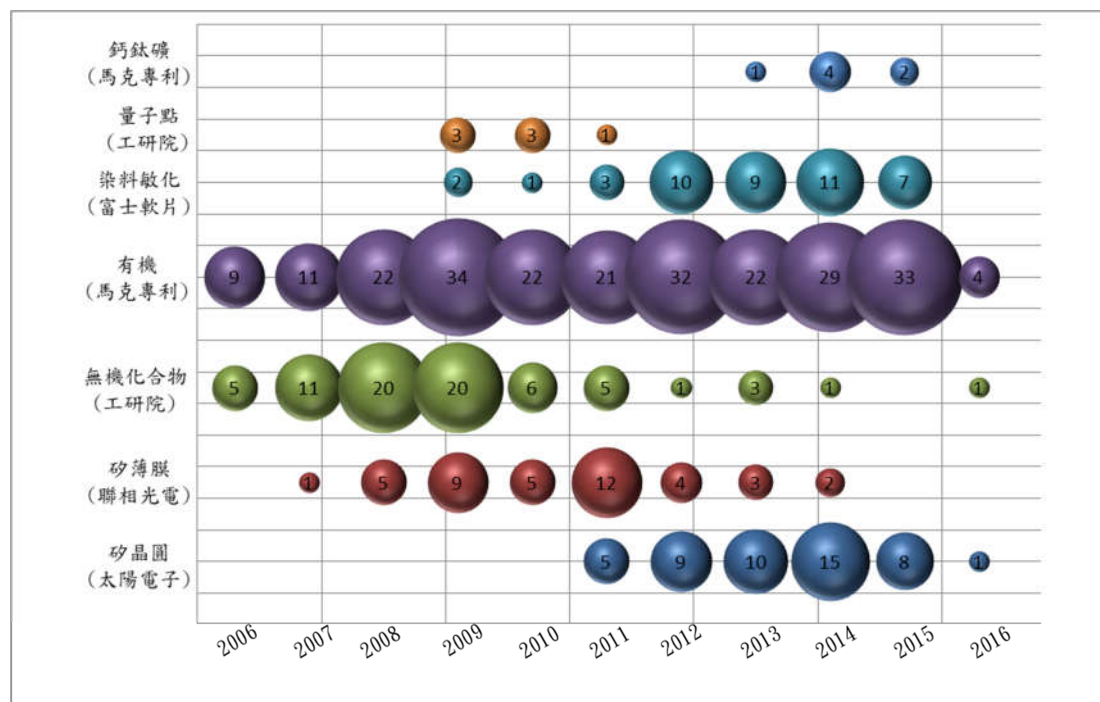


圖 2.2-12、各種太陽能電池(在台)第一大申請人歷年申請件數

其進一步逐一以各種太陽能電池進行歷年申請分析：矽晶圓(太陽電子)自 2011 年才開始申請專利，至 2014 年到達專利申請量高峰後，開始逐步減少專利申請；矽薄膜(聯相光電)自 2007 年開始申請專利，至 2011 年到達專利申請量高峰後，亦開始逐步減少專利的申請，甚至 2015 年後並無申請專利；無機化合物(工研院)自 2006 年就開始申請專利，至 2008、2009 年到達高峰後，開始逐步減少專利申請，近年僅有每年 1 件的專利申請量；有機(馬克專利)自 2006 年就開始專利，其中 2008~2015 年區間，每年均有 21~34 件的專利申請量，然值得注意的為 2016 年僅有 4 件專利申請；染料敏化(富士軟片)於 2009 年開始申請專利，至 2014 年到達專利申請量高峰，至今的專利申請趨勢，仍要持續觀察；量子點(工研院)僅於 2009 至 2011 年申請專利，共 7 件；鈣鈦礦(馬克專利)自 2013 年開始申請專利，至今已有 7 件。

2.2.3、於台灣申請專利案之申請發展重點

本部分於台灣申請專利案之申請發展重點的分析方式，為利用國際專利分類號(以下皆簡稱 IPC)作為分析基準，國際專利分類號是目前國際通用的專利文獻分類，國際專利分類號按照五個等級分類，部(Section，第一階)、大類(Class，

第二階)、次類(Subclass, 第三階)、主目(Main Group, 第四階)、次目(Group, 第五階)作為分類, 如以光伏模組或單一光伏電池陣列用作光伏(PV)轉換裝 IPC 為 H01L-031/042 舉例, 「H」為部, 「02」為大類, 「L」為次類, 「031」為主目, 「042」為次目, 如以三階 IPC 簡稱則為「H01L」分類, 分類階數越高則代表分類越細, 其餘分類及階數以此類推。¹²⁵

圖 2.2-13 表示各種太陽能電池(在台)主要技術(三階 IPC)申請數量, 各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第一大為 H01L(半導體裝置; 其他類目未包括的電固體裝置), 此一領域之申請量大幅領先其他技術領域, 係屬於太陽能電池的專有技術分類號。

國際分類號(三階)							
	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
第1大	H01L 608	H01L 393	H01L 792	H01L 522	H01L 203	H01L 70	H01L 26
第2大	C30B 231	C23C 26	H01B 48	C08G 181	H01M 84	C09K 8	C04B 4
第3大	C01B 39	C03C 7	C23C 47	C07D 176	C07D 52	C07F 4	C08G 4
第4大	C23C 28	G06F 6	B32B 26	C09K 92	C09B 46	G03F 3	C23C 3
第5大	C09K 18	G02F 5	H01M 22	C07C 75	C07F 20	B32B 3	C07C 3
第6大	C03C 6	C01B 4	C03C 17	B32B 71	C07C 18	H01B 2	C07F 2
第7大	G02B 6	C30B 4	C30B 16	C07F 48	C01G 8	C03C 2	H01G 1
第8大	B01J 6	G02B 3	C09D 13	C08L 41	C08L 8	G01N 2	C25B 1
第9大	C03B 4	C08G 3	C08L 13	H01M 32	H01G 7	G02F 2	H02J 1
第10大	G01R 4	H01M 3	C01G 9	C01B 27	C09D 7	C08J 2	C09J 1

圖 2.2-13、各種太陽能電池(在台)主要技術(三階 IPC)申請件數

而各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第二大即可表示其差異性, 其中矽晶圓為 C30B(晶體生長; 共晶材料之定向凝固或共析材料之定向分層; 材料之區熔精煉; 具有一定結構的均勻多晶材料之製備; 單晶或具有一定結構之均勻多晶材料; 單晶或具有一定結構之均勻多晶材料之後處理; 其所用的裝置); 矽薄膜為 C23C(對金屬材料之鍍覆; 用金屬材料對材料之鍍覆; 表面擴散法, 化學轉化或置換法之金屬材料表面處理; 真空蒸發法、濺射法、離子注入法或化學氣相沈積法之一般鍍覆); 無機化合物為 H01B(基本電器元件中電纜、導體; 絕緣體; 材料之導電, 絕緣或介電性能之選擇), 此外亦涉及與矽薄膜相同之 C23C;

¹²⁵ 係利用與經濟部智慧財產局 2015 年「我國綠能產業專利趨勢分析」相同分析方法技術(國際分類號 IPC)。

有機為 C08G(用碳-碳不飽和鍵以外之反應而得的高分子化合物)，係屬導電高分子領域；染料敏化為 H01M(用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置)；量子點為 C09K(未列入其他類目之各種應用的材料)，係因為量子點為新穎技術的材料；鈣鈦礦為 C04B(石灰、氧化鎂、礦渣、水泥、其組合物)，係屬該材料的 IPC 類位，C08G(用碳-碳不飽和鍵以外之反應而得的高分子化合物)，係屬導電高分子領域。

圖 2.2-14 表示各種太陽能電池(在台)主要技術(四階 IPC)申請數量，各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第一大均為 H01L-031(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置；此等半導體裝置之零部件)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號。

	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
第1大	H01L-031 491	H01L-031 350	H01L-031 662	H01L-031 290	H01L-031 180	H01L-031 58	H01L-031 21
第2大	C30B-029 81	H01L-021 31	H01L-021 45	H01L-051 170	H01M-014 77	C09K-011 8	H01L-051 4
第3大	H01L-021 79	C23C-016 15	H01B-001 42	C08G-061 169	C09B-057 27	H01L-033 4	C04B-035 4
第4大	C30B-015 62	C23C-014 10	H01L-051 34	C09K-011 77	H01L-051 21	H01L-021 3	C08G-061 4
第5大	C01B-033 37	H01L-027 6	C23C-014 29	B32B-027 44	C07F-015 15	C07F-005 3	C23C-016 2
第6大	C30B-028 27	H01L-029 5	H01M-014 25	C07C-211 29	C07C-211 12	G03F-007 3	C07F-007 2
第7大	C30B-011 22	G02F-001 5	C03C-003 16	C07D-487 24	C09B-023 9	G02F-001 2	
第8大	C23C-016 18	C01B-033 4	H01L-027 12	H01L-021 22	C07D-213 8	B32B-027 2	
第9大	C30B-035 15	G06F-001 3	C23C-016 11	H01M-014 22	C01G-023 7	G01N-021 2	
第10大	H01L-027 12	G02B-005 3	B32B-027 10	C07D-471 20	H01G-009 6	H01L-027 2	

圖 2.2-14、各種太陽能電池(在台)主要技術(四階 IPC)申請件數

而各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第二大即可表示其差異性，其中矽晶圓為 C30B-029(晶體生長；以材料或形狀為特徵的單晶或具有一定結構之均勻多晶材料)；矽薄膜與無機化合物為 H01L-021(適用於製造或處理半導體或固體裝置或部件之方法或設備)，係屬薄膜製程技術與設備的 IPC 分類位；有機與鈣鈦礦為 H01L-051(使用有機材料或其與其他材料的組合物作為主動部分的固態裝置；專門適用於處理這些元件或其部件的技術方法或設備)，係屬有機材料與其他材料與電學半導體相關的分類號類位；染料敏化為 H01M-014(用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置，各目內未包括的電化學電流或電壓發生器)；

量子點為 C09K-011(發光材料，例如電致發光材料、化學發光材料)，係為材料技術的分類號。

圖 2.2-15 表示各種太陽能電池(在台)主要技術(五階 IPC)申請數量，各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第一大(矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、量子點、鈣鈦礦，其中有機與染料敏化為大二大)，均為 H01L-031/042(光伏模組或單一光伏電池陣列用作光伏(PV)轉換裝置)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號；至於有機太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第一大為 C08G-061/12(由高分子主鏈上形成碳-碳鍵合之反應而得的高分子化合物，高分子主鏈上含有碳原子以外原子之高分子化合物)，係屬芳香族化合物材料之分類位；染料敏化於台灣申請主要技術領域的第一大為 H01M-014/00(用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置，例如電池組，其中於一次電池、燃料電池各目內未包括的電化學電流或電壓發生器)。

國際分類號(五階)							
	矽晶圓	矽薄膜	無機化合物	有機	染料敏化	量子點	鈣鈦礦
第1大	H01L-031/042 173	H01L-031/042 164	H01L-031/042 259	C08G-061/12 96	H01M-014/00 77	H01L-031/042 17	H01L-031/042 5
第2大	H01L-031/18 96	H01L-031/18 67	H01L-031/18 119	H01L-031/042 46	H01L-031/042 75	H01L-031/042 9	H01L-051/42 4
第3大	C30B-029/06 76	H01L-031/052 16	H01L-031/042 53	H01L-051/42 45	H01L-031/022 28	H01L-031/18 6	H01L-031/025 3
第4大	H01L-031/042 31	H01L-031/042 11	H01L-031/022 39	C09K-011/06 23	H01L-031/042 22	H01L-031/00 3	H01L-031/022 3
第5大	H01L-031/022 26	C23C-016/24 10	H01L-031/052 26	H01L-031/18 16	H01L-031/18 18	C09K-011/00 3	C08G-061/12 3
第6大	H01L-031/052 22	H01L-031/022 10	H01L-051/42 25	C07D-487/04 14	C07F-015/00 14	H01L-031/052 3	H01L-031/18 3
第7大	H01L-021/20 16	H01L-031/073 9	H01B-001/22 22	C07C-211/54 12	C09B-057/10 14	C07F-005/02 3	H01L-031/021 2
第8大	C30B-015/20 15	H01L-031/06 8	H01L-031/021 22	H01L-051/50 12	C09B-057/00 13	H01L-031/06 3	C04B-035/01 2
第9大	C30B-035/00 15	C23C-014/14 6	H01M-014/00 16	H01L-031/022 11	H01L-051/42 10	H01L-031/10 3	C04B-035/622 2
第10大	H01L-031/023 14	H01L-021/20 5	H01B-001/16 16	H01M-014/00 10	C09B-023/00 7		

圖 2.2-15、各種太陽能電池(在台)主要技術(五階 IPC)申請件數

3、結論與建議

3.1、結論

全球

- 1、利用 Derwent Innovation 資料庫統計 2007 至 2017 年之間各國公開專利；就整體申請族數，在 2011 年左右達到高點之後隨即反轉向下，以上走勢似乎與 2011 年起太陽光電產品供過於求，價格急遽下跌，加上歐債肆虐，歐美太陽光電廠商接二連三出現企業破產潮，以及同年各國陸續降低補貼政策有關，其中商業化越普及的類型(如矽晶圓等)較早達到申請高峰，反之則較晚。
- 2、整體而言，關於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程度，已大規模商業化(如矽晶圓、矽薄膜)為降低成本，尚未大規模商業化(如有機、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，已大規模商業化者為提高產量；環境友善與其他相較，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商業化及市占率最高，最快必須面對。
- 3、各國各自申請族數成長趨勢與整體申請趨勢類似都是先升再降，同樣商業化越普及的類型(如矽晶圓等)較早達到申請高峰，反之則較晚；然申請高峰各國不完全相同，對於矽晶圓而言，從 2008 年到 2012 年都有，大致取決於 2008 年金融海嘯及其所產生後續效應的相關性及承受度，疑似越接近災區、出口導向、企業規模較小、政策扶持較低的國家愈早下滑；而中國大陸由於政策扶持及廣大內需市場，下滑幅度相對較低且滑落不久隨即反彈，在 2016 年相關案件數有機會成長。
- 4、就全球申請流向，中國大陸雖然申請量最多，但是集中在國內，並未進入競爭較為激烈的全球市場，在高階技術的全球布局較為弱勢；各國對於海外申請局主要首選為美國專利局；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，反而是歐洲專利家族所包含的國外申請案較多，意謂著歐洲對於自身的專利較具信心，量少質精。
- 5、各國專利局各自公開件數之成長趨勢與各國各自申請族數成長趨勢，大致而言極為相似，多是呈現先升再降的格局，除了中國大陸下滑幅度相對較低且滑落不久隨即反彈。
- 6、七種類型太陽能電池中，除了鈣鈦礦太陽能電池，其餘各種也有類似先升後降的趨勢；鈣鈦礦較為晚期才出現，自從 2013 年之後呈現爆發性成長，可

能與在極短時間內，轉換效率提升直逼目前商業化的矽晶圓，再加上發展初期結構演變自染料敏化太陽能電池，吸引染料敏化相關業者與研發人員投入。

- 7、七種類型太陽能電池，第一大申請人都為亞洲國家，日韓各占三個，台灣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；其餘各領域中台灣申請量最多的幾乎都是工研院，但都未進入前十大。

在台(全域)

- 1、經濟部智慧財產局全域專利資料檢索系統資料庫(全域系統)分析，自2006年至2016年申請日(優先權日)之間所獲得與太陽光電相關技術相關的專利件數共4816件，其中涉及矽晶圓太陽能電池21.4%、矽薄膜太陽能電池10.0%、無機化合物太陽能電池23.5%、有機太陽能電池30.8%、染料敏化太陽能電池10.9%、量子點太陽能電池2.3%及鈣鈦礦太陽能電池1.1%。
- 2、於台灣申請專利案之申請人國籍及年度申請量統計分析：公司類的申請人為最多(73.0%)、其次為學術機構(23.0%)，個人申請則占4.0%，申請人類型以公司的比率為最多，顯示整體太陽光電相關技術為已商業化，且其技術已屬成熟。本國籍台灣申請人以無機化合物太陽能電池專利申請為主；日本、歐洲及南韓籍申請人以有機太陽能電池專利申請為主；美國與中國大陸籍申請人以矽晶圓專利申請為主。
- 3、於台灣所申請的專利中，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化之申請量最高峰為2009年，且2010至近年為逐步減少之趨勢；至於新穎技術(量子點與鈣鈦礦)之申請量高峰分別為於2013年及2014年，呈現爆發性的增長，可能與該新穎技術材料，量子點與鈣鈦礦，近年研發成果中光轉換效率的提升有所關係。
- 4、各種類太陽能電池的專利申請量，原則係以本國台灣籍專利申請人為多數，值得注意的為：有機太陽能電池的專利申請量最多為歐洲，其分析為有機太陽能電池的主要申請人(馬克專利)於台灣布局很多相關的專利，其他各種類太陽能電池專利申請國籍趨勢，國外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)。
- 5、申請人的國籍進行分析，其中以本國籍台灣申請人占42.3%為最多、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%。此趨勢顯示太陽能電池領域主要布局於台的國外申請人以美國、日本與歐洲等銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主。
- 6、各種太陽能電池(在台)與各國籍的歷年申請數量趨勢的矩陣分析：美國籍專利申請人對於矽晶圓與無機化合物的專利申請較多，鈣鈦礦與染料敏化的專利申請較少；日本籍專利申請人對於染料敏化技術較為熱衷；中國大陸籍專

利申請人並無於台灣申請鈣鈦礦相關專利；歐洲與南韓籍專利申請人於台專利申請的件數顯著於有機領域中，但其中南韓籍專利申請人於新穎技術量子點與鈣鈦礦的專利申請較少；至於本國台灣籍專利申請人的專利申請趨勢中，矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化與量子點的專利申請量最高峰均出現在 2009 年，且專利申請趨勢從 2009 年至今為呈現下降的趨勢；新穎技術鈣鈦礦則於 2014 年開始申請專利，值得關注的為量子點技術，台灣籍專利申請人的研發與於台專利布局為減少的趨勢。

- 7、各種類太陽能電池的專利申請人，均包括工研院，即表示我國工研院相當注重於我國專利布局太陽能相關技術。其中以各種類太陽能電池進行分析：矽晶圓(我國專利申請人占 4 名)、矽薄膜(我國專利申請人占 6 名)、無機化合物(我國專利申請人占 10 名)、有機(我國專利申請人占 2 名)、染料敏化(我國專利申請人占 6 名)、量子點(我國專利申請人占 4 名)及鈣鈦礦(我國專利申請人占 5 名)，即表示我國專利申請人於台申請的太陽能電池專利中，相當注重「無機化合物太陽能電池」的專利布局，且最多台灣籍公司專利申請人(如聯相光電、宇通光能、碩禾、鴻海、正峰新能源與安慶新能源)於台布局無機化合物的專利。
- 8、各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第一大均為 H01L-031，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號；然而各種類太陽能電池於台灣申請主要技術領域的第二大即可表示其差異性，其中矽晶圓為 C30B-029(晶體生長)；矽薄膜與無機化合物為 H01L-021，係屬薄膜製程技術與設備的 IPC 分類位；有機與鈣鈦礦為 H01L-051，係屬有機材料與其他材料與電學半導體相關的分類號類位；染料敏化為 H01M-014、量子點為 C09K-011，係為材料技術的分類號。

3.2、建議

- 1、台灣在太陽能產業整體排名世界第四，太陽能電池為世界第二大產地，具有國際競爭力，為了瞭解目前台灣在本產業的優劣勢，表 3.2-1 分別依照優勢(Strengths)、劣勢(Weaknesses)、機會(Opportunities)、威脅(Threats)等四個面向進行分析，大致整理出我國發展太陽能產業相關 SWOT 分析。

表 3.2-1、我國發展太陽能產業 SWOT 分析表

優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
1. 太陽能發電取自天然日光，不須耗材成本(如：燃油、燃氣、燃煤)，且具有節能減碳、環保、安全(無核廢料輻射汙染)之優勢。 2. 太陽能發電系統可直接供電，不須電力傳輸系統，可避免電力傳輸之損耗。 3. 可配合蓄電池獨立運作於台電電網未到達之(偏遠、離島)地區。 4. 台灣南部年均日照佳。 5. 台灣半導體、面板光電產業技術經驗完整，有利支援太陽能產業。 6. 台灣產業之中游製造及管理為強項。	1. 太陽能電池受日照(例如天候、日出日落時間等因素)影響大，發電(供電)較不穩定，且夜間無日照。 2. 太陽能電池之光電轉換效率不高，裝設面積需較大。 3. 台灣地狹人稠，寸土寸金，不利大面積裝設。 4. 須防止「假農作、真種電」，避免良田、環境生態遭破壞。 5. 台灣屬海島型氣候，濕氣鹽分高，不利產品可靠性及維護。¹²⁶ 6. 台灣產業之上游材料及設備為弱項。
機會(Opportunities)	威脅(Treats)
1. 政府政策大力推動，預計至 2025 年裝設 20GW(註：至 2017 年僅裝設約 1.7GW)，未來數年台灣新增設容量成長可期。 2. 民眾環保意識升高、以及太陽能發電可售電之誘因。 3. 追日型太陽光電系統可有效利用日照，與一般產品有所區隔，未來具成長空間。 4. 儲能之商機，用以搭配太陽光電系統。 5. 未來除役報廢太陽能模組回收之商機。 6. 全球適合推動太陽能之地區(年均日照高之地區，例如北非、中東、中南美)，目前裝設太陽能仍不普及，未來或有裝設之潛力，有利整體市場之供需平衡。	1. 全球太陽能市場供需失調。 2. 全球太陽能之生產及新增設容量過度集中於中國大陸，易受中國大陸之政策而波動，且易掀起價格戰。 3. 國際太陽能政策(如雙反「反補貼、反傾銷」)，為整體市場不穩定因子。^{127、128} 4. 目前市場上可商業化的為矽晶圓太陽能電池，相較於半導體、面板等產業，太陽能產業之技術及資金之進入門檻相對較低，當市場好轉時，易有新競爭者加入。 5. 其他綠能(例如風電、生質能)之競爭，以及未來替代性能源(例如核融合發電¹²⁹)之取代性，或有長遠隱憂。

¹²⁶ <https://tw.appledaily.com/new/realtime/20180704/1384084/>

¹²⁷ http://www.naipo.com/Portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Industry_Economy/publish-363.htm

¹²⁸ <https://technews.tw/2018/09/03/euro-anti-dumping-termination-china/>

¹²⁹ https://technews.tw/2017/01/24/tri_alpha_energy/

- 2、太陽光電相關產品需考量市場地理特性，例如台灣屬海島型氣候，濕氣鹽分高，開發耐高溫高濕之太陽能模組產品及太陽光電系統支架，補強防腐蝕工程，以利產品可靠度及使用壽命，對於同屬海島型氣候且電力較為欠缺的島國或是各國離島，不失為利基市場。
- 3、政府力推太陽光電產業，業者著眼 2025 年商機，或許進行產業轉型與分散風險，單純之太陽能電池廠之利潤較低，可評估跨足利潤較高之太陽能模組、太陽光電系統等產品，極力補足過去所欠缺的下游模組及系統，或是公司合併整合資源強化競爭力，例如新日光、昱晶、昇陽三家上市公司於 2018 年 10 月合併，新日光為存續公司，更名為「聯合再生能源股份有限公司」；業者在國內累積技術後，政府或許思考是否扶持具有潛力的業者，整合國內資金到國外投資建置發電站。
- 4、太陽光電系統之整體結構設計與電廠設計之研發與專利布局，亦屬我國廠商值得深入探討，例如追日型太陽光電系統(solar tracking system)可有效利用日照，與一般太陽光電產品有所區隔，可評估未來成長空間。此外，太陽光具有間歇性，要維持電網穩定，大型儲電裝置是必須的，太陽能光電製程一條龍，並與儲能電池產業交流，異業結盟做大市場，甚至與施工承包商異業合作。
- 5、鈣鈦礦專利申請相較於現今可商業化種類的太陽光電專利申請量中，雖然目前量不多，且在 2013 年之後才有爆炸性申請量，但在短短幾年間，最高光電轉換效率已達到 22%，直逼市占率最高的矽晶圓，因此值得我國相關產業與學術單位，進行專利布局。
- 6、有機、染料敏化、量子點、鈣鈦礦等太陽能電池，可大面積常溫生產，架設及收納容易，重量輕易攜帶，易裁製成任何客製化形狀圖案，實現各種顏色和圖案的精美設計，以配合應用情境，或許壽命與轉換效率不如矽晶圓太陽能電池，但是在室內或弱光情形下可發電，或許可以用於室內且汰換期限較短的裝置，作為利基產品，異業結盟做大市場，與智慧穿戴電子、家用電器及室內生活用品擺飾之外型輕易結合。
- 7、依台電公布 106 年台灣北、中、南各地區供電能力(發電)及尖峰負載(用電)，因北部人口密集工商業發達且科園園區用電量大，尖峰負載占全台 39%，然而，供電能力僅占全台 34%，且未來廢核(核一、核二廠皆位於北部)，北部供電缺口將會擴大，須未雨綢繆。
- 8、台灣地小人稠，發展太陽能產業須防止「假農作、真種電」，避免良田、環境生態遭破壞；評估是否可將有機、染料敏化、量子點、鈣鈦礦等薄膜太陽能電池與溫室農業結合，取代現今無法透光之矽晶圓太陽能電池，在廣大的溫室屋頂內部鋪上一層上述可透光的薄膜太陽能板，陽光穿透太陽能板，一面發電，一面促進植物生長，調整薄膜太陽能電池吸收層之材料，使太陽能電池與植物各取所需之光波段，且薄膜太陽能電池並未與室外環境直接接觸，減少外部環境所造成的劣化。

- 9、現行鋪設之太陽能板將於 15~20 年後陸續除役，快的話大約 10 年後即將面對大量廢棄物產生，矽晶圓太陽能板主要由玻璃(矽)、金屬(鋁、鋅、銀、銅、鉛、鉑等)及部分高分子構成，目前國內目前多是將太陽能板回收後打碎再做為玻璃原料，若只將表面金屬層刮除，整塊玻璃回收，不需再將玻璃打碎重製，成本可大幅下降，也可大量減少能量損耗，現今相關專利較少，或許業界及學術研究單位可研發及改進可行技術，而政府亦須提早制定相關法令，研擬回收管理機制，成立專責機構或是強制製造商回收，應及早因應。
- 10、從全球申請專利排名前十大申請人與在台申請專利排名前十大申請人可以看出，全球十大申請人都是公司，而我國前十大申請人以研究機構及學術單位居多，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，但是回收期間較為漫長，甚至未商業化；雖然有些與市場脈動有落差，但有些則是因為發表後，業界無法得知，導致相關資源的浪費，由於台灣產業獨特的模式，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。
- 11、離島發電成本較高，台灣離島供電以柴油發電為主，發電成本遠高於售電收入，離島一年發電補貼達 50 億元，目前多由台電公司或地方政府補貼，對於離島、偏鄉、電力不易送達或容易停電的區域，檢討改以太陽能或風力等發電搭配儲能設備作為主要電力來源，並評估以部分發電補貼之金額，與台灣相關業者或居民合作建置合適的綠能發電或是社區公民電廠，以達到綠能為主燃油為輔，達到逐年降低發電補貼；並扶持台灣相關產業，對於台灣邦交國，配合國內業者成立太陽能供電站，取代金援，此外，全球離島及人口較為稀少的偏遠地區不少，或許可於全球輸出相關技術，與台灣業者共同開拓國際市場。

4、附錄：七大類型太陽光電相關專利趨勢個別分析

本部分主要將矽晶圓、矽薄膜、無機化合物、有機、染料敏化、量子點、鈣鈦礦等七大相關類型作一詳細個別分析，主要分為全球及在台兩部分，如前所述利用 Derwent Innovation 資料庫統計 2007 至 2017 年之間全球公開專利，並以經濟部智慧財產局全域專利資料檢索系統資料庫對於 2007 至 2017 年之間各國在台申請的專利予以補充。

4.1、矽晶圓太陽光電相關專利趨勢分析

4.1.1、矽晶圓太陽光電全球相關專利趨勢分析

本部分主要是利用 Derwent Innovation 資料庫¹³⁰，統計 2007 至 2017 年之間各國所公開專利之矽晶圓太陽光電相關發展趨勢並作一分析，矽晶圓太陽光電相關專利共具有 47760 件(18068 族)。

(1)全球申請概況分析

整體申請概況

圖 4.1-1 為矽晶圓太陽能電池(全球)歷年申請族數，其中 2007~2011 年 YoY(year-on-year percentage)連續年成長，呈上升趨勢，2012~2015 年 YoY 連續年衰退，呈下降趨勢，2016 年則略有回升；最大量為 2011 年 1629 族，次大量為 2012 年 1433 族，最低量為 2006 年 666 族。

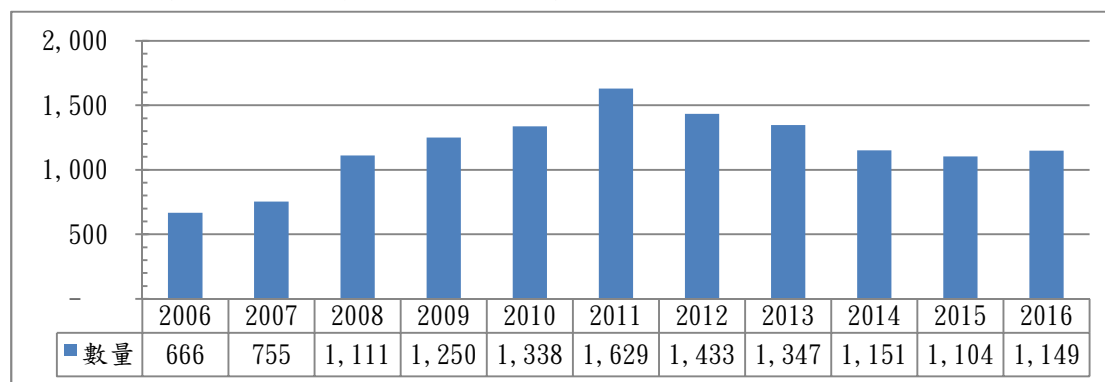


圖 4.1-1、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年申請族數(優先權年)

圖 4.1-2 為矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例，依序為中國大陸 6313 族(48.8%)、日本 3050 族(23.6%)、美國 1383 族(10.7%)、南韓 904 族(7.0%)、歐洲 781 族(6.0%)、台灣 274 族(2.1%)、其他 228 族(1.8%)；其中，前兩大占 72.4%、前三大占 83.1%，代表申請量高度集中於該等國家。

¹³⁰Derwent Innovation 資料庫，2018 年 7 月 2 日資料。

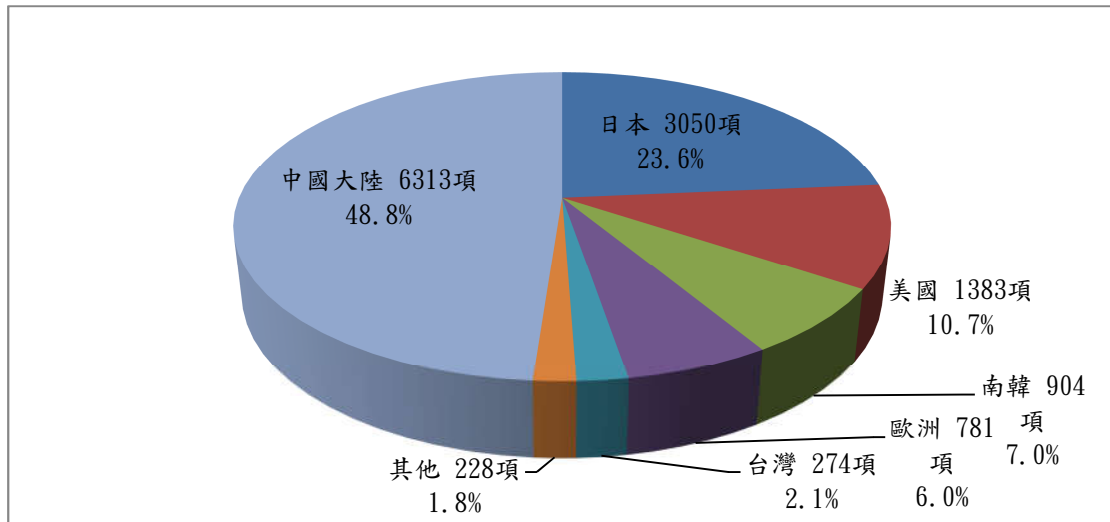


圖 4.1-2、矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例

整體發展技術特徵及功效

圖 4.1-3 為矽晶圓太陽能電池(全球)歷年主要技術比例，其中，在優先權年 2011 年為「製造方法(905 族)」、「量測(329 族)」、「電極(322 族)」、「封裝(149 族)」、「基底(221 族)」等技術之申請高峰，優先權年 2012 年為「電池結構(226 族)」、「長晶(254 族)」等技術之申請高峰。

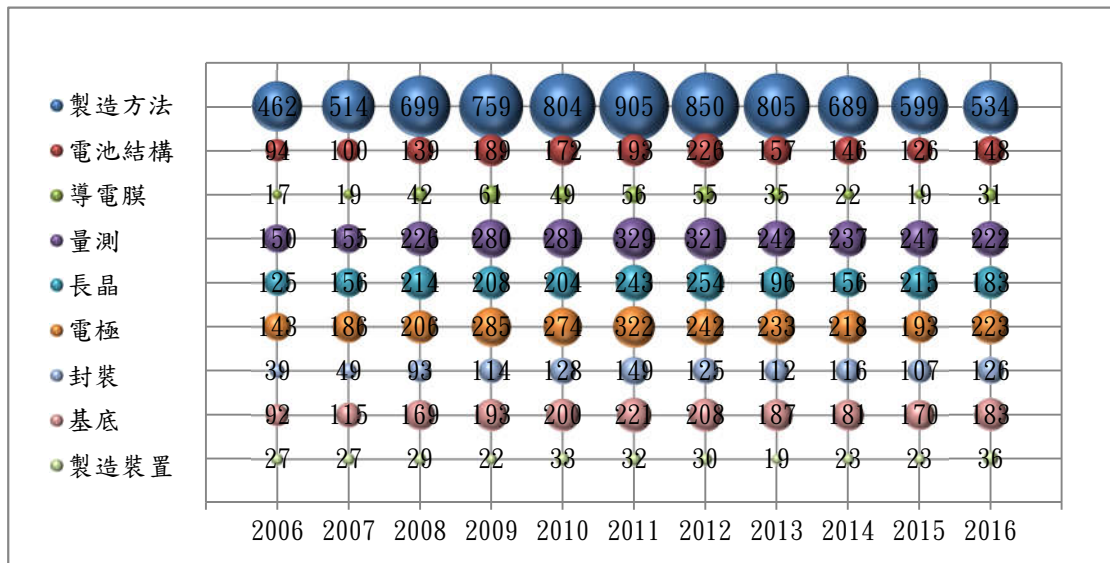


圖 4.1-3、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年主要技術比例(優先權年)

圖 4.1-4 為矽晶圓太陽能電池(全球)歷年申請族數，其中 2011 年為各功效之高峰，分別為「提高效率(543 族)」、「提升性能(378 族)」、「降低成本(497 族)」、「提升產量(262 族)」、「擴大用途(272 族)」、「環境友善(87 族)」；其中，「提高效率」之功效係太陽能電池最普遍所追求之目標。

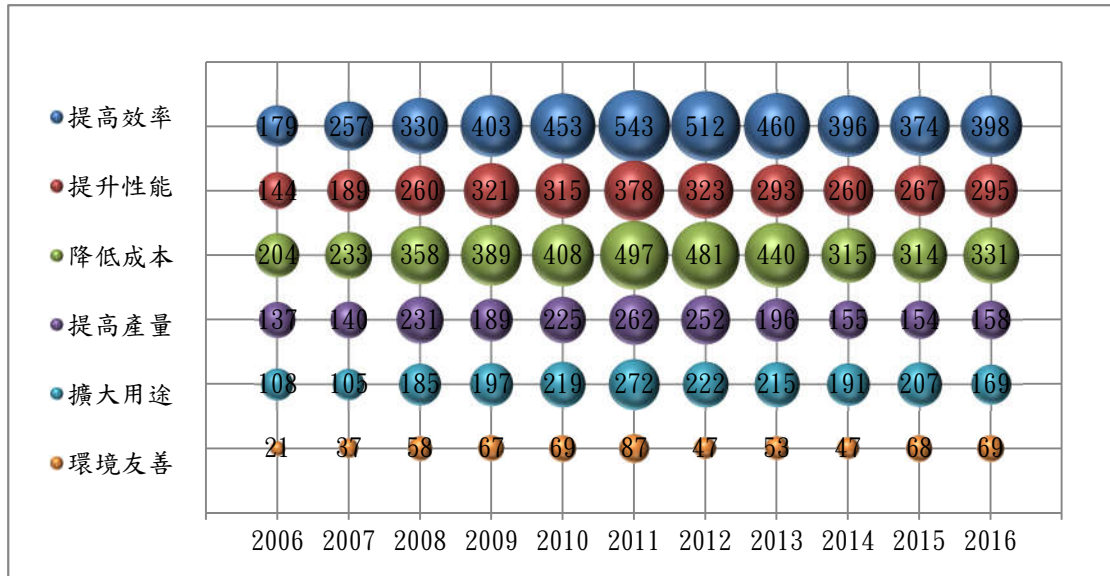


圖 4.1-4、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年申請族數(優先權年)

圖 4.1-5 為矽晶圓太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析，其中，最大宗為「製造方法 vs 降低成本(2682 族)」及「製造方法 vs 降低性能(2682 族)」，次大宗為「製造方法 vs 提升性能(1880 族)」及「製造方法 vs 提高產量(1814 族)」；亦即，該產業著重於量產(製造方法)之品質提升(提升發光效率、提升性能)與成本降低(提高產量、降低成本)。

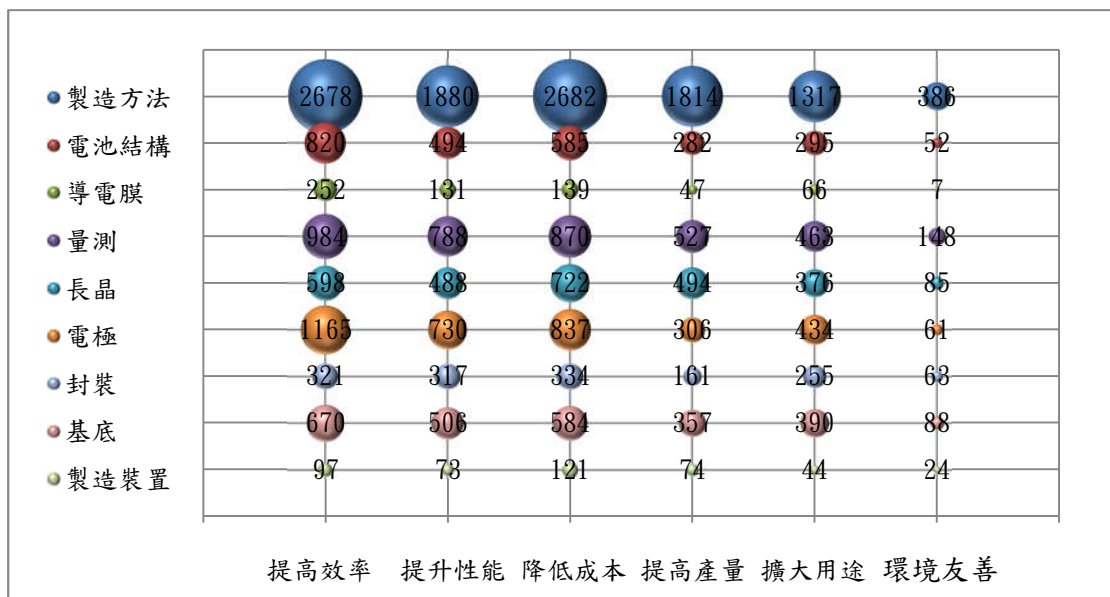


圖 4.1-5、矽晶圓太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析

(2)申請流向及各公開專利局分析

圖 4.1-6 為矽晶圓太陽能電池(全球)申請流向圖，其中，Y 軸為申請人國籍，X 軸為專利局。一般而言，以在母國申請為最大宗；而在母國以外之申請，依序以美國(USPTO)、中國大陸(CNIPA)等專利局申請為主。

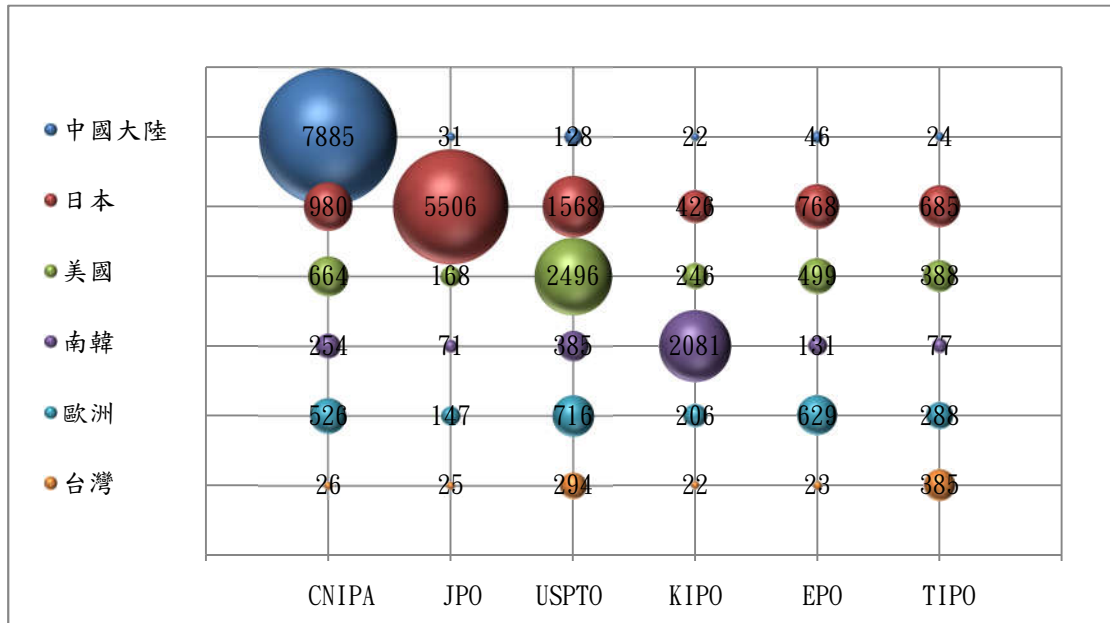


圖 4.1-6、矽晶圓太陽能電池(全球)申請流向圖

主要公開國家分析

圖 4.1-7 為矽晶圓太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開族數，其中，2008 年為日(JPO：842 族)、美(USPTO：831 族)、歐(EPO：336 族)專利局之申請高峰，2009 年為台(TIPO：240 族)專利局之申請高峰，2010 年為韓(KIPO：447 族)專利局之申請高峰，2011 年為中(CNIPA：1405 族)專利局之申請高峰。

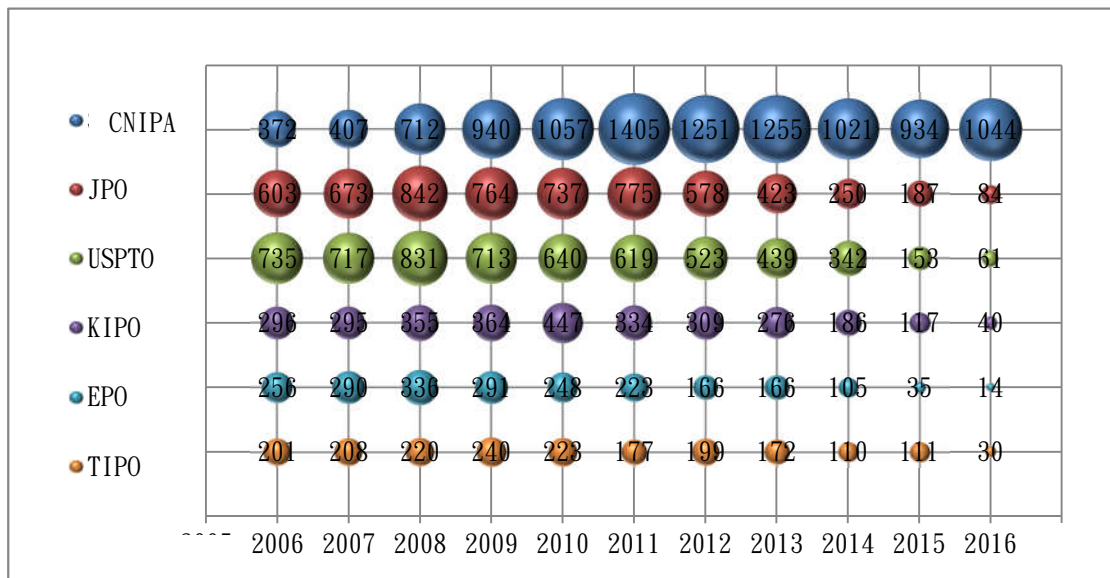


圖 4.1-7、矽晶圓太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開族數(優先權年)

(3)全球主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.1-8 為矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數，其中，2008 年為日本(416 族)、美國(209 族)之申請高峰，2009 年為台灣(46 族)之申

請高峰，2010 年為南韓(131 族)之申請高峰，2012 年為歐洲(95 族)之申請高峰；較特別地，中國大陸在 2011 形成次高峰(897 族)後趨緩，而於 2015、2016 近兩年連續遞增，並於 2016 年之申請量創新高(935 族)。

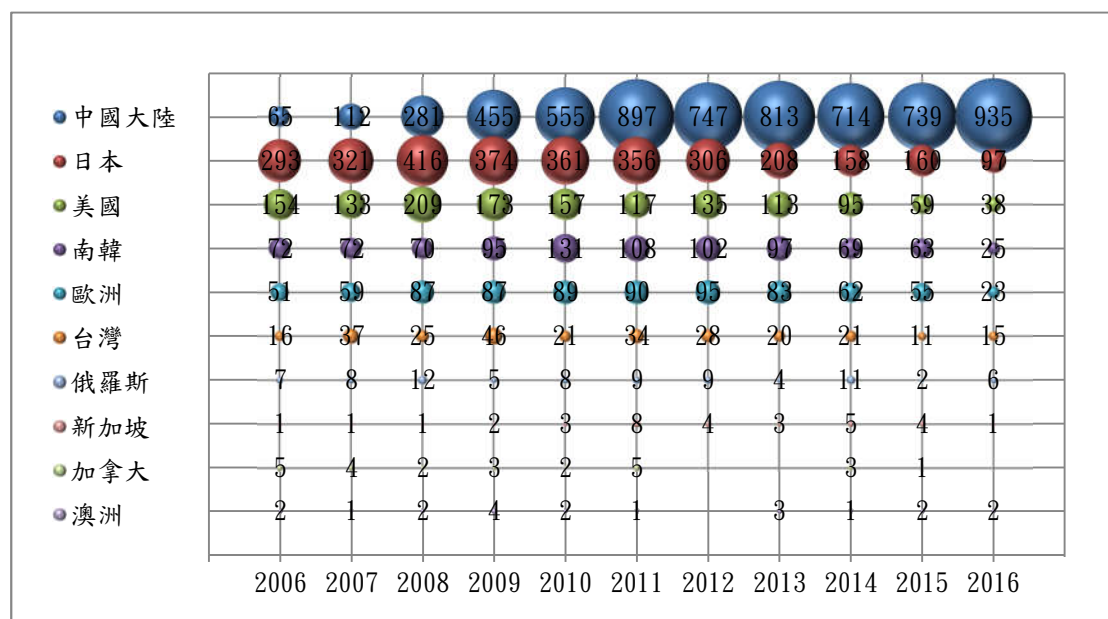


圖 4.1-8、矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

主要申請國家發展技術特徵及功效

圖 4.1-9 為技術 vs 六大申請國籍(地區) vs 專利家族族數之矩陣圖，六大申請國依序為「中國大陸」、「日本」、「美國」、「南韓」、「歐洲」、「台灣」；前六大技術分類依序為「製造方法」、「量測」、「電極」、「長晶」、「基底」、「封裝」等技術。

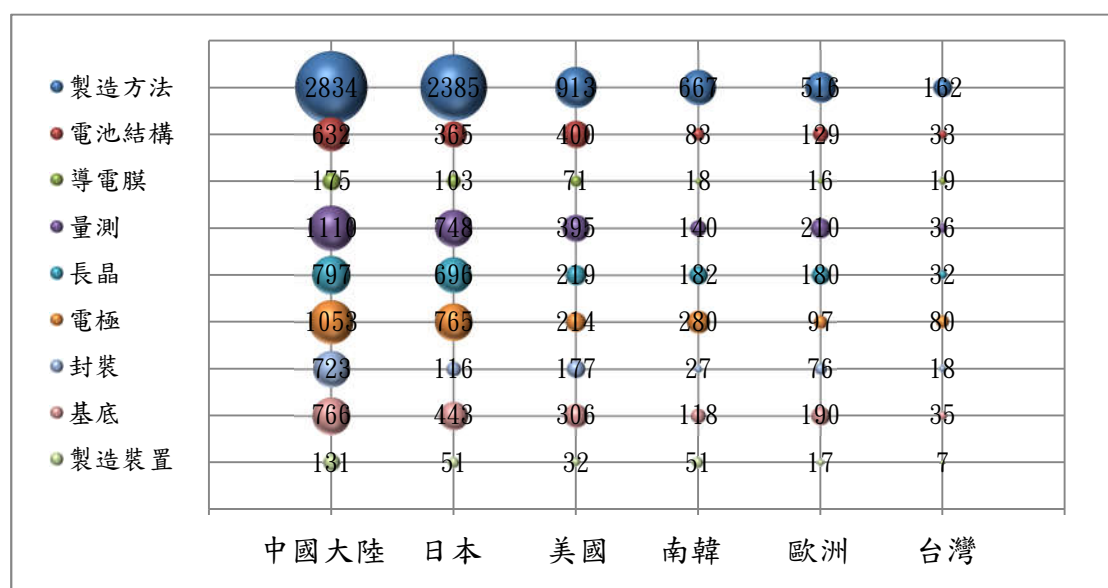


圖 4.1-9、矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術(IPC)申請族數

圖 4.1-10 為矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍增進功效申請族數，六大申請國依序為「中國大陸」、「日本」、「美國」、「南韓」、「歐洲」、「台灣」；功效前六大依序為「提高效率」、「提升性能」、「降低成本」、「提高產量」、「擴大用途」、「環境友善」等技術。

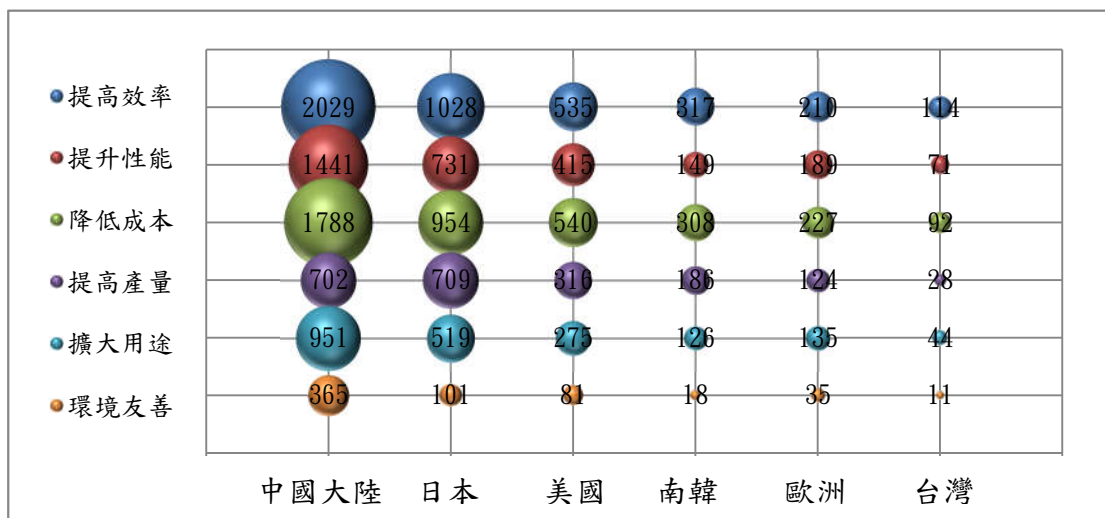


圖 4.1-10、矽晶圓太陽能電池(全球)主要申請人國籍增進功效申請族數

第一大申請人國家(中國大陸)發展技術特徵及功效

圖 4.1-11 為矽晶圓太陽能電池(全球)第一大申請人國籍(中國大陸)主要技術歷年申請族數，其中，近兩年 YoY 連續年成長之技術有「電池結構」、「量測」、「封裝」、「製造裝置」等技術領域。

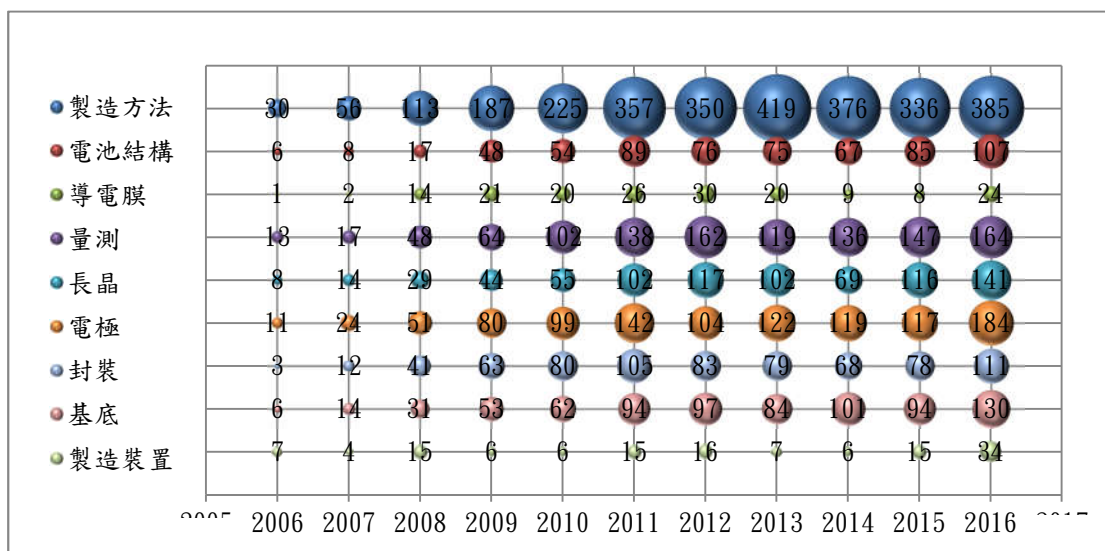


圖 4.1-11、矽晶圓太陽能電池(全球)第一大申請人國籍主要技術歷年申請族數(優先權年)

圖 4.1-12 為矽晶圓太陽能電池(全球)歷年第一大申請人國籍(中國大陸)達成功效申請族數，其中，近兩年 YoY 連續年成長之功效有「提高效率」、「提升性能」、「降低成本」、「環境友善」等功效。

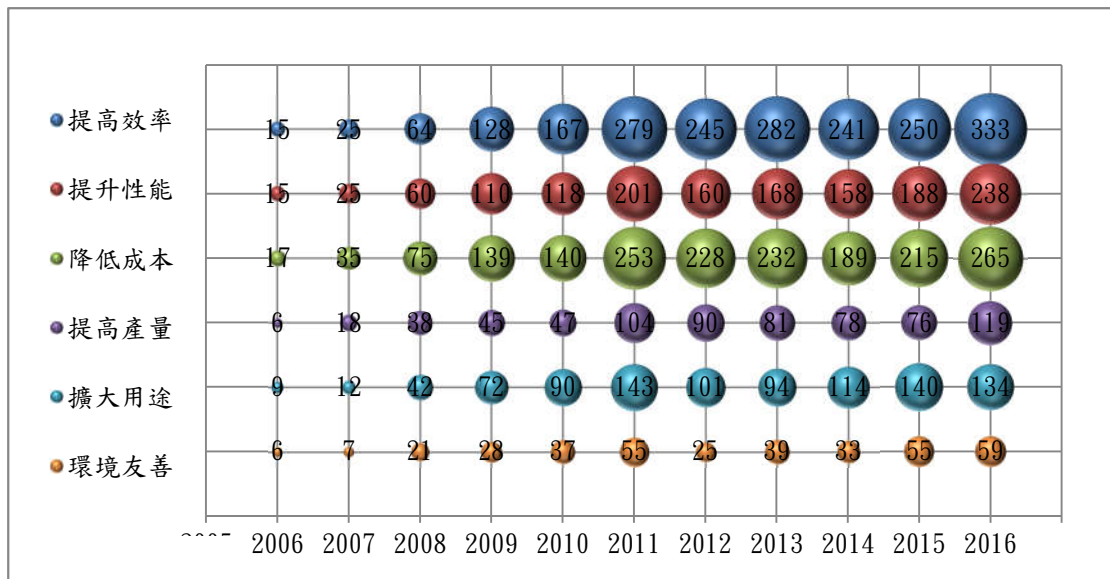


圖 4.1-12、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年第一大申請人國籍達成功效申請族數(優先權年)

(2)全球主要申請人申請統計分析

主要申請人分析

圖 4.1-13 為矽晶太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數，其中，近兩年 YoY 連續年成長之申請人為「山迪光能」；反之，近兩年 YoY 連續衰退者為「LG」、「瓦克化學」。

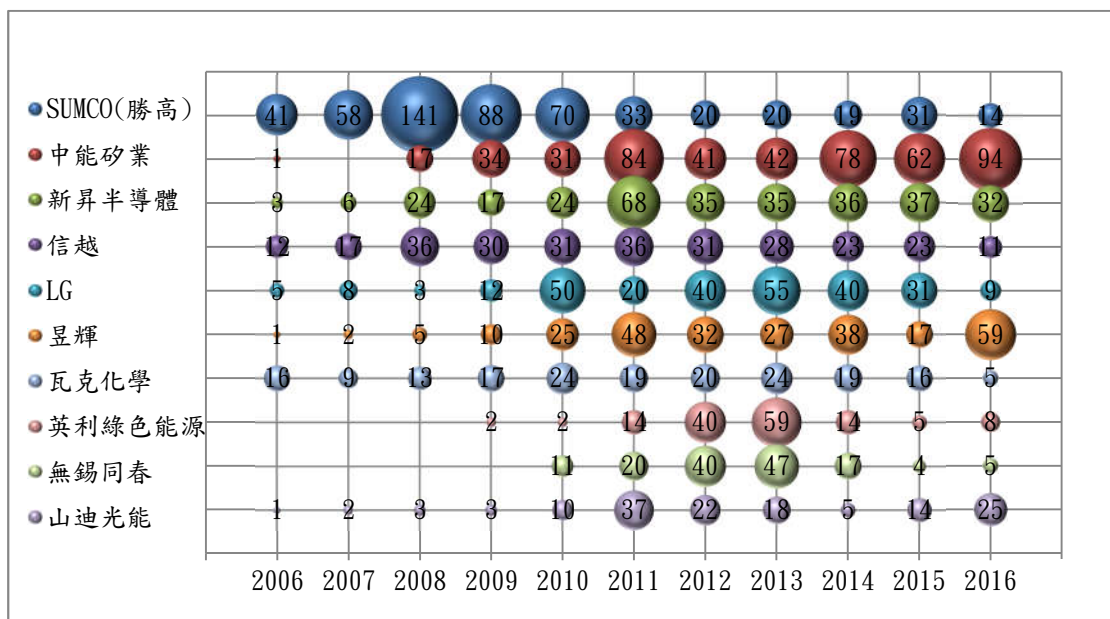


圖 4.1-13、矽晶太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數(優先權年)

主要申請人發展技術特徵及功效

圖 4.1-14 為矽晶圓太陽能電池(全球)歷年第一大申請人(SUMCO(勝高))主要技術申請族數，整體技術之申請高峰坐落於 2008 年，於 2011 年起大幅衰退。

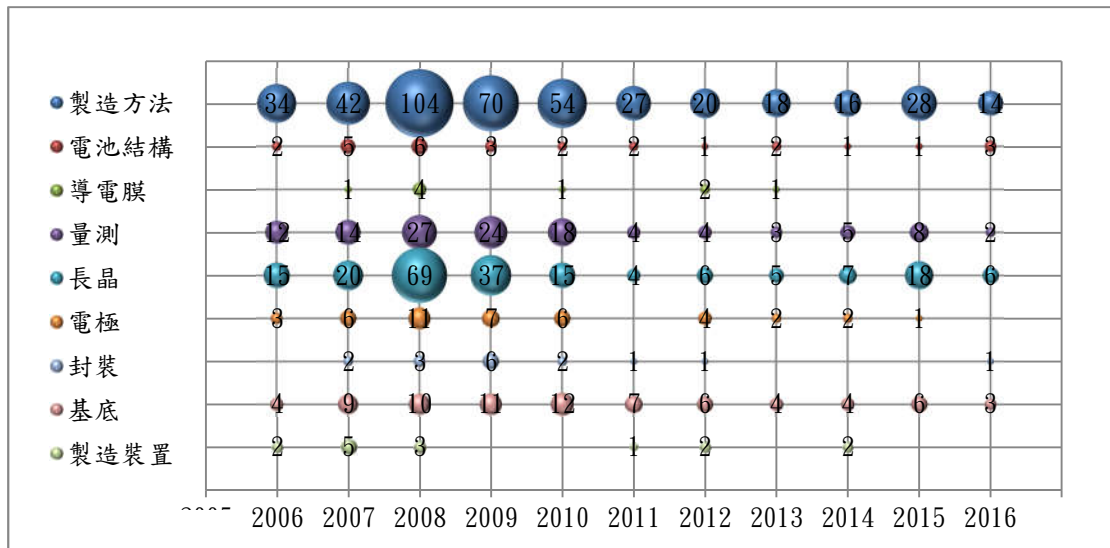


圖 4.1-14、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年第一大申請人主要技術申請族數(優先權年)

圖 4.1-15 為矽晶圓太陽能電池(全球)歷年第一大申請人(SUMCO(勝高))達成功效申請族數，整體功效之申請高峰坐落於 2008 年，於 2011 年起大幅衰退。

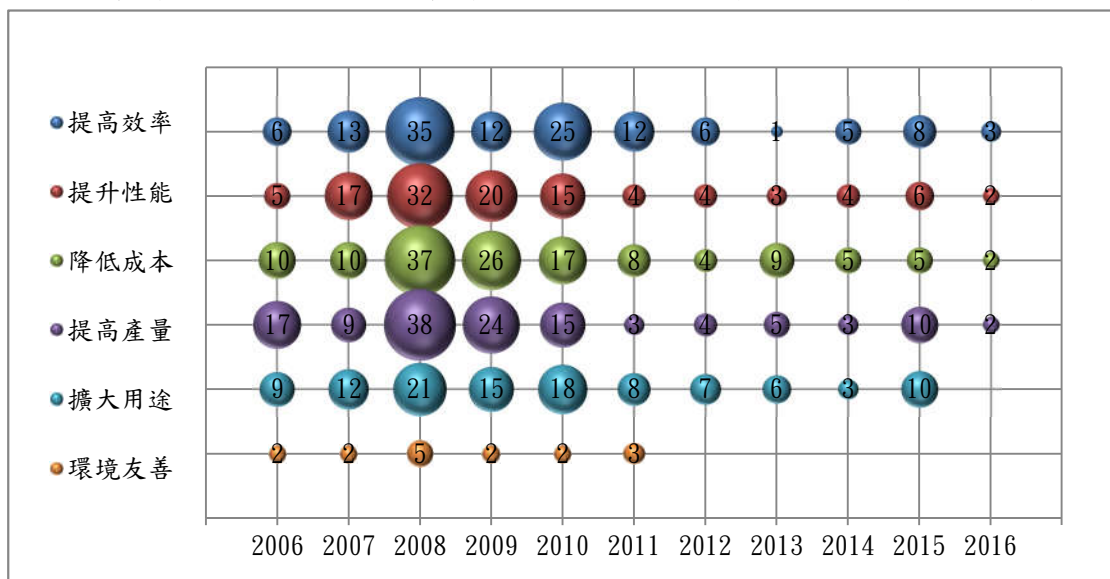


圖 4.1-15、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年第一大申請人達成功效申請族數(優先權年)

4.1.2、矽晶圓太陽光電在台相關專利趨勢分析

利用全域資料庫統計 2007 至 2017 年之間各國在台申請專利，總共有 1116 件申請案。

(1)在台申請概況分析

整體申請概況

圖 4.1-16 為矽晶圓太陽能電池(在台)歷年申請件數，其中 2007~2009 年 YoY(year-on-year percentage)連續年成長，呈現上升趨勢，2010~2013 年 YoY 連續年衰退，呈現下降趨勢，2014、2015 年則略有回升；最大量為 2009 年 151

件，次大量為 2008 年 135 件。

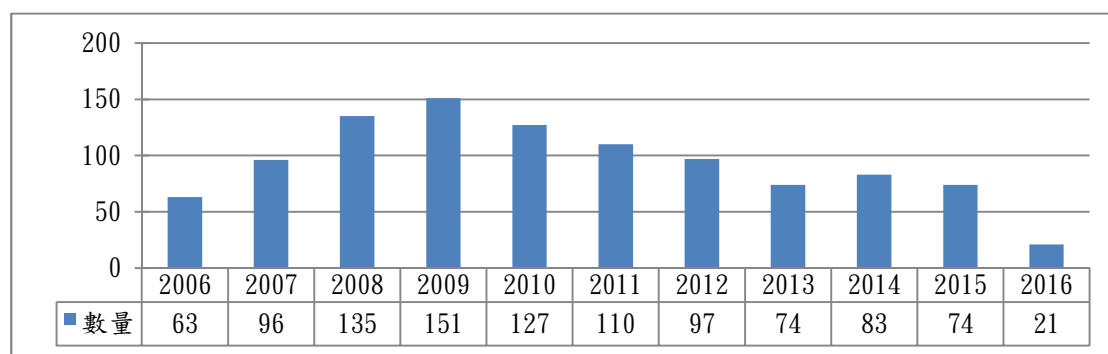


圖 4.1-16、矽晶圓太陽能電池(在台)歷年申請件數(優先權年)

圖 4.1-17 為矽晶圓太陽能電池(在台)申請人類型比例，依序為公司 858 件 (83.2%)、學術機構 119 件(11.5%)、個人 54 件(5.2%)。

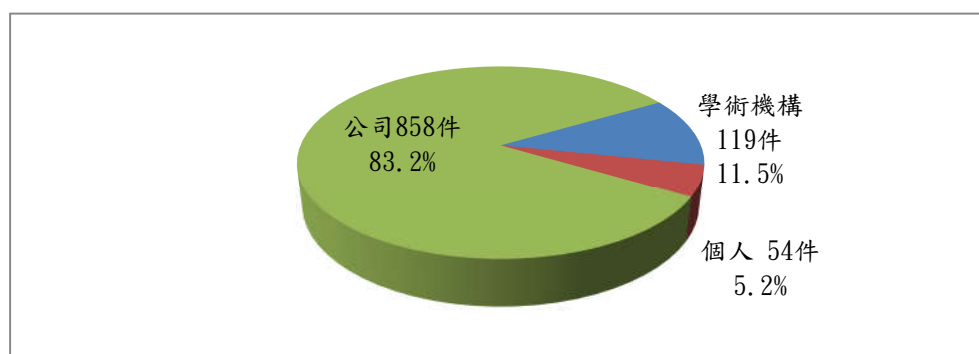


圖 4.1-17、矽晶圓太陽能電池(在台)申請人類型比例

圖 4.1-18 為矽晶圓太陽能電池(在台)歷年申請人類型，其中，公司 2007~2009 年 YoY 連續成長，最大量為 2009 年 128 件，2010~2013 年 YoY 連續衰退。2006~2015 年之平均值公司約為 84.1 件/年、學術機構約為 11.6 件/年、個人約為 5.3 件/年。

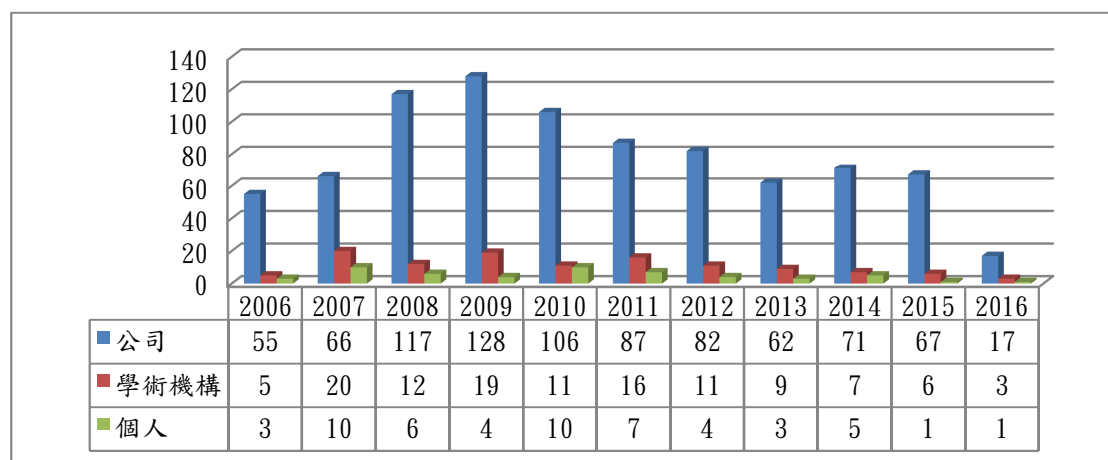


圖 4.1-18、矽晶圓太陽能電池(在台)歷年申請人類型(優先權年)

圖 4.1-19 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，依序為台灣 361 件(35.0%)、日本 238 件(23.1%)、美國 228 件(22.1%)、歐洲 118 件(11.4%)、南韓 42 件(4.1%)、中國大陸 18 件(1.7%)；其中，前兩大占 58.1%、前三大占 80.2%，代表申請量高度集中於該等國家。

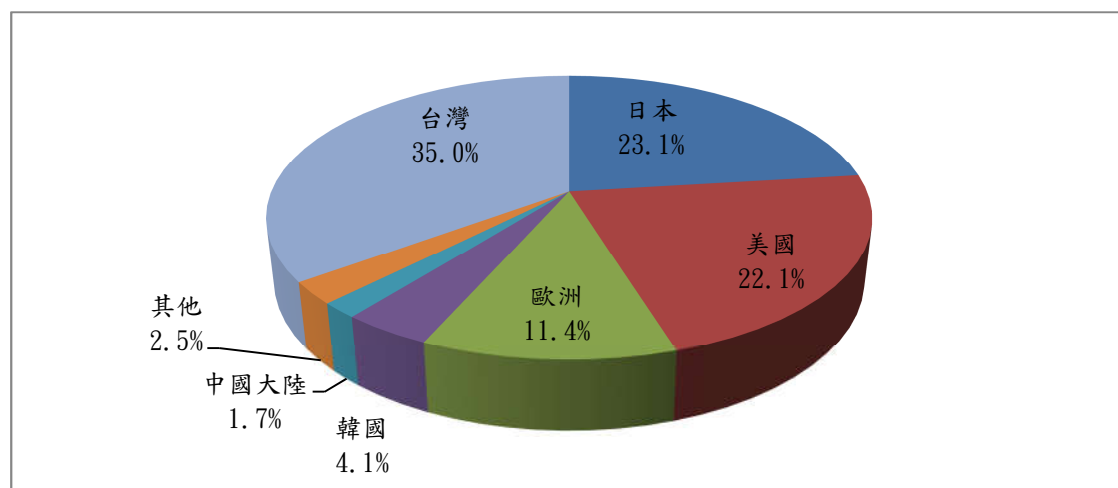


圖 4.1-19、矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

整體發展技術特徵及功效

圖 4.1-20 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例，依序為「H01L 半導體裝置」608 件(59.0%)、「C30B 晶體生長」232 件(22.5%)、「C01B 無機化學之非金屬元素及其化合物」39 件(3.8%)、「C23C 對金屬材料之鍍覆；用金屬材料對材料之鍍覆；表面擴散法，化學轉化或置換法之金屬材料表面處理；真空蒸發法、濺射法、離子注入法或化學氣相沈積法之一般鍍覆」28 件(2.7%)、「C09K 其他類目之各種應用的材料」18 件(1.7%)；其中，前兩大占 81.5%。

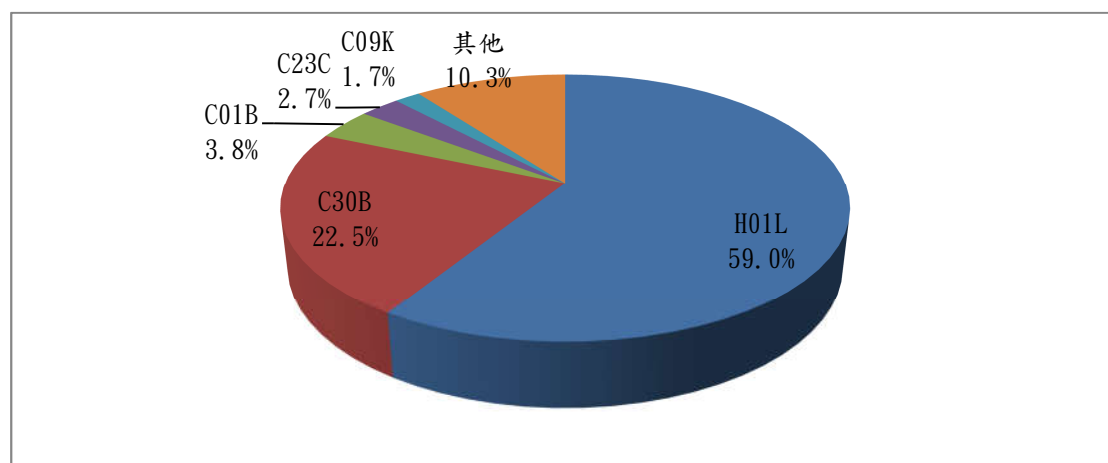


圖 4.1-20、矽晶圓太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例

圖 4.1-21 為矽晶圓太陽能電池(在台)歷年主要技術(IPC)申請件數，其中「H01L 半導體裝置」2007~2009 年 YoY 連續年成長，呈上升趨勢，2010~2014 年 YoY 連續年衰退，呈下降趨勢，2015 年持平，最大量為 2009 年 110 件，次大量為 2008 年 91 族；其中「C30B 晶體生長」於 2008、2010、2012、2014、2015 年 YoY 成長，於 2009、2011、2013 年 YoY 衰退，趨勢較無連續性。

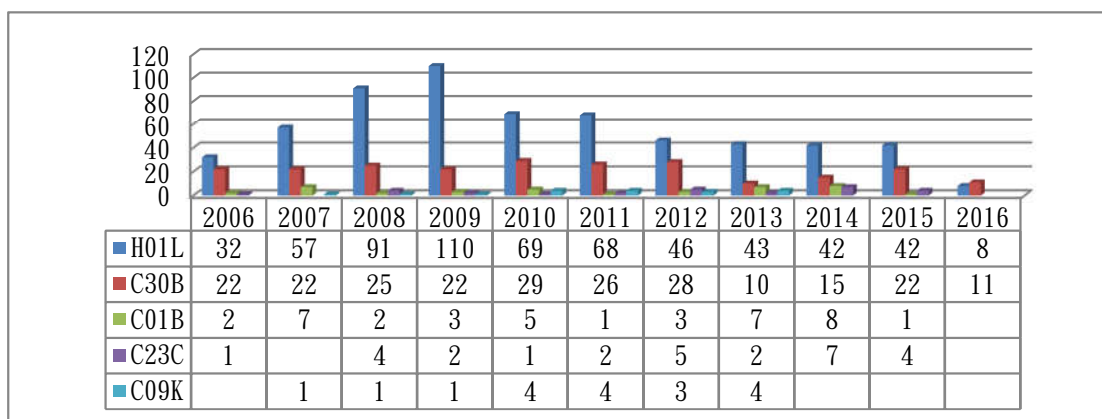


圖 4.1-21、矽晶圓太陽能電池(在台)歷年主要技術(IPC)申請件數(優先權年)

主要申請國家分析

圖 4.1-22 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍，其中數量較集中於前六大，依序為台灣、日本、美國、歐洲、韓國、中國大陸。公司類型之前三大為日本(231 件)、台灣(223 件)、美國(211 件)；另外，學術機構類型最大宗為台灣 99 件，個人類型最大宗為台灣 49 件。

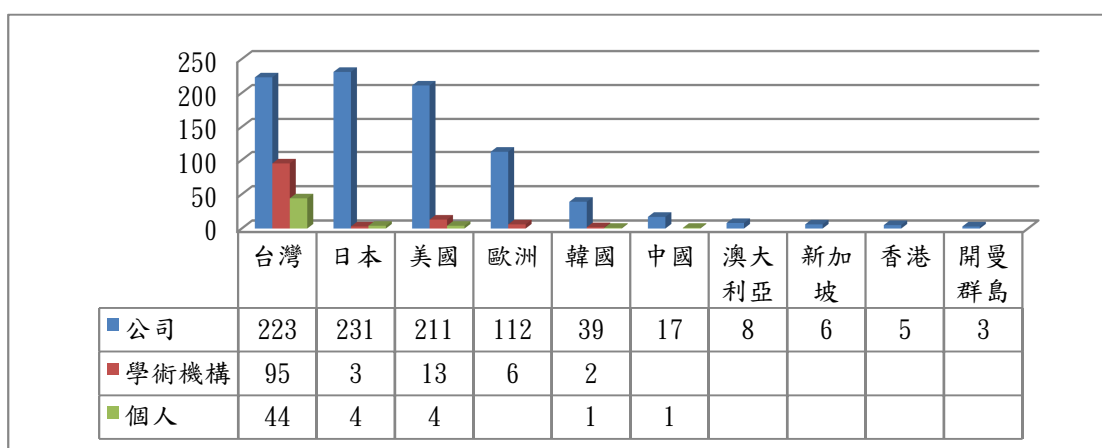


圖 4.1-22、矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍

圖 4.1-23 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數，其中台灣於 2007~2009 年 YoY 連續成長，呈上升趨勢，最大量為 2009 年 71 件，2012~2014 年 YoY 連續衰退，呈下降趨勢；其中日本最大量為 2007 年 31 件、美國最大量為 2008 年 38 件、歐洲最大量為 2010 年 19 件、南韓最大量為 2009 年 12 件。

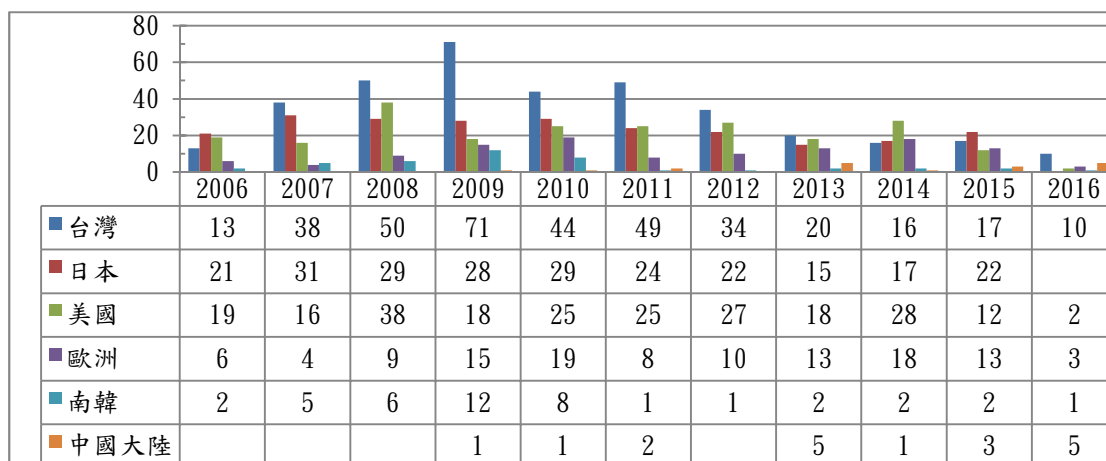


圖 4.1-23、矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數(優先權年)

主要申請國家發展技術特徵(IPC)及功效

圖 4.1-24 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(IPC)申請件數，其中台灣前二大 IPC 為「H01L 半導體裝置」273 件、「C30B 晶體生長」40 件，日本前三大 IPC 為「H01L 半導體裝置」100 件、「C30B 晶體生長」94 件、「C01B 無機化學之非金屬元素及其化合物」17 件，美國前三大 IPC 為「H01L 半導體裝置」152 件、「C30B 晶體生長」26 件、「C23C 鍍覆；表面處理」11 件。

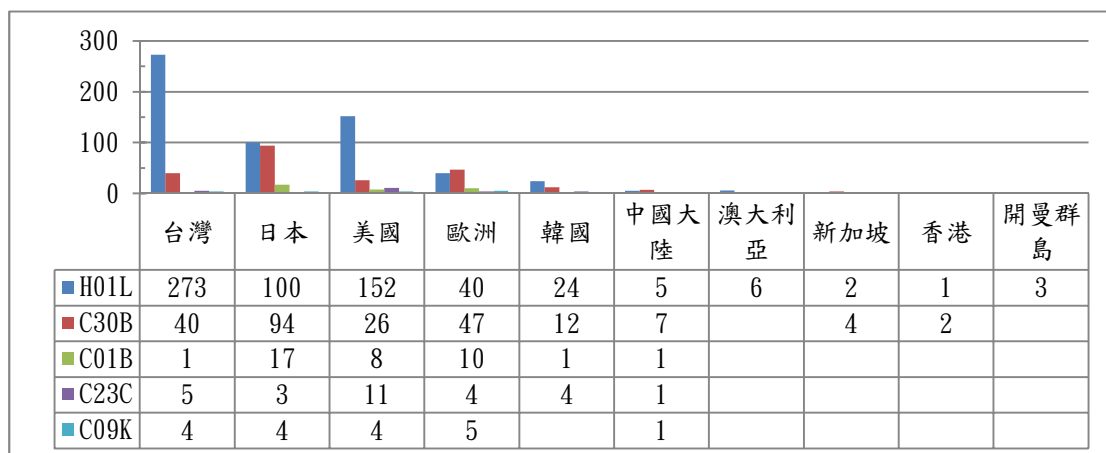


圖 4.1-24、矽晶太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(IPC)申請件數

圖 4.1-25 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要技術(IPC)歷年申請件數，其中「H01L 半導體裝置」大致以 2009 年最大量(110 件)為分水嶺，之前呈上升趨勢，之後為下降趨勢；「C30B 晶體生長」於 2008、2010、2012、2014~2015 年 YOY 成長，於 2009、2011、2013 年 YOY 衰退。

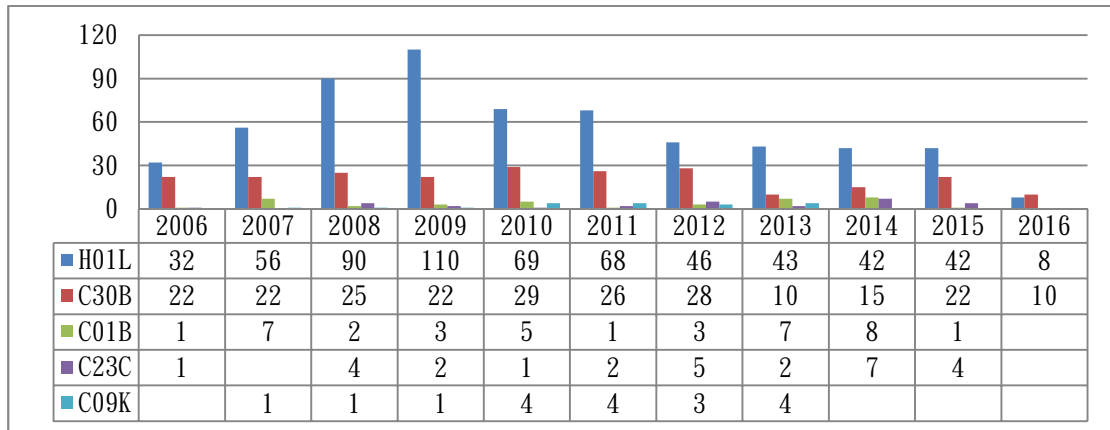


圖 4.1-25、矽晶圓太陽能電池(在台)主要技術(IPC)歷年申請件數(優先權年)

(2)在台主要申請人申請概況分析

主要申請人分析

圖 4.1-26 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(IPC)申請件數，其中「H01L 半導體裝置」最大之申請人為太陽電子 47 件，其次為工研院與應用材料均各為 21 件；「C30B 晶體生長」前三大申請人分別為 SUMCO(勝高)39 件、世創電子 30 件、中美矽晶 16 件。

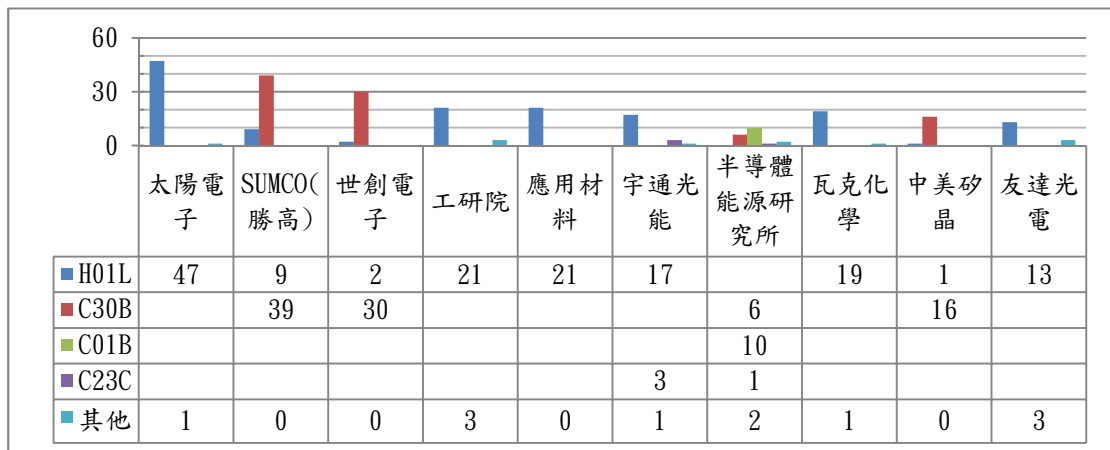


圖 4.1-26、矽晶圓太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(IPC)申請件數

圖 4.1-27 為矽晶圓太陽能電池(在台)主要技術(IPC)歷年申請件數，其中「H01L 半導體裝置」於 2009 年 110 件為高峰，2007~2009 年 YOY 成長，2010~2014 年 YOY 衰退；「C30B 晶體生長」之最大量為 2010 年 29 件，2008、2010、2012、2014~2015 年 YOY 成長，2009、2011、2013 年 YOY 衰退。

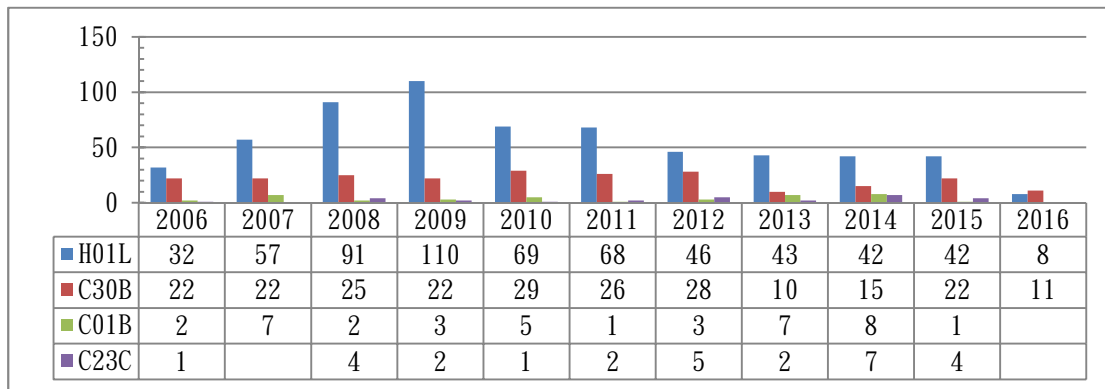


圖 4.1-27、矽晶圓太陽能電池(在台)主要技術(IPC)歷年申請件數(優先權年)

4.2、矽薄膜太陽光電相關專利趨勢分析

4.2.1、矽薄膜太陽光電全球相關專利趨勢分析

本部分主要是利用 Derwent Innovation 資料庫¹³¹，統計 2007 至 2017 年之間各國所公開專利之矽薄膜太陽光電相關發展趨勢並作一分析，矽薄膜太陽光電相關專利共具有 5405 件(3247 族)。

(1)專利基本分析

專利基本分析係以矽薄膜太陽光電相關的專利文獻的專利權國籍、申請專利標的區域(國家)、申請日(優先權日)進行分析討論，藉此以了解矽薄膜太陽光電相關技術產業的技術流動趨勢與市場前景為何。

整體申請概況

經統計並分析，矽薄膜太陽光電相關的專利文獻專利權人國籍排名分別為：中國大陸 38.1%(1237 族)、日本 37.7%(1224 族)、南韓 8.4%(273 族)、美國 8.0%(259 族)、台灣 3.4%(109 族)、歐洲 2.9%(94 族)及其他國家 1.6%(51 族)。即表示中國大陸與日本於矽薄膜太陽光電技術的研發較活絡，亦有可能與當地市場規模、政府政策有所關聯。

根據專利申請優先權年度分析，可更了解矽薄膜太陽光電相關技術歷年所研發的程度與市場趨勢，圖 4-2-1 可以觀察到專利申請量可分為兩個區塊，分別為 2006~2011 年專利申請量為成正向之成長，到達 2011 年最高量 302 族後，2012~2016 年專利申請量逐步減少，其中又以 2013~2014 年之間，降了 4 成之多。

矽薄膜電池專利申請量所分為兩個區塊之趨勢，2006~2011 年為呈申請量上升之趨勢、2012~2016 年為呈申請量下降之趨勢，係與綠色能源大環境有所關係(石油價格趨勢)；在 2012~2016 年申請量下降之趨勢中，矽薄膜電池專利申請量以 2013~2014 年之間的下降幅度最高(4 成)，此趨勢與矽晶圓價格跌或許有所關聯。至於矽薄膜太陽能專利申請量整體逐年下降之趨勢，係與矽薄膜太陽能本身技術瓶頸是否已可克服，是否能商業化、市場化之考量，有所關係。

¹³¹Derwent Innovation 資料庫，2018 年 6 月 20 日資料。

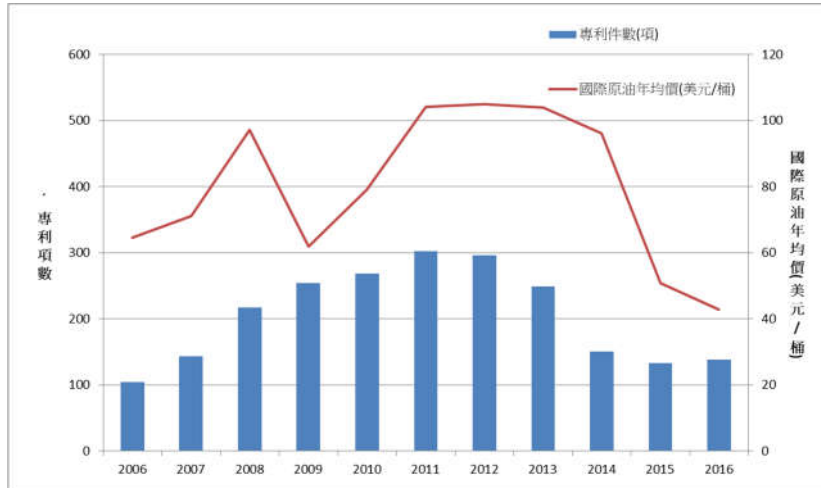
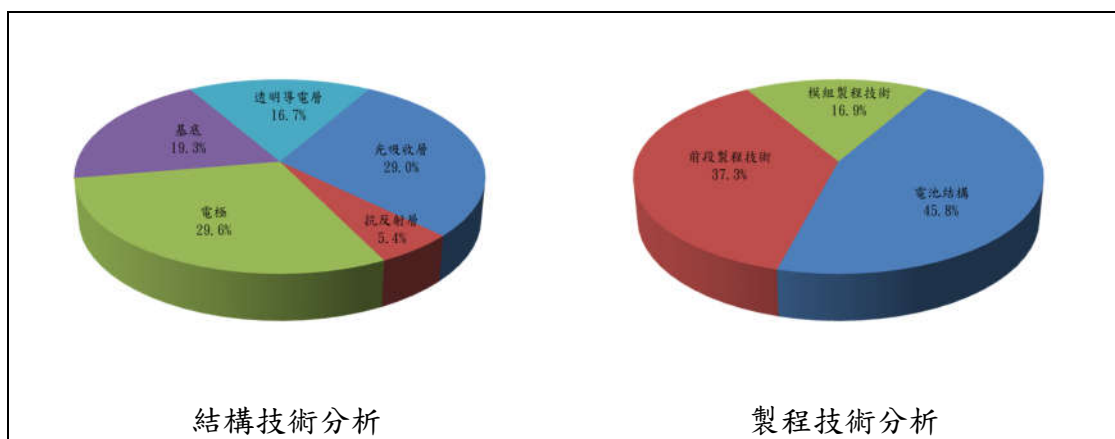


圖 4.2-1、矽薄膜太陽能電池(全球)歷年申請族數(優先權年)

主要發展技術與功效特徵

關於矽薄膜太陽能電池，在技術上大致以光吸收層、抗反射層、電極、基底、透明導電層、電池結構、前段製程技術、模組製程技術、非晶矽、低溫多晶矽、微、奈米晶矽等作為分析重點，其中之前段製程技術係包括 TC0、矽薄膜沉積、和雷射劃線，而後段模組製程主要包括背面反射層、膠封、架線、裝框等封裝程序。圖 4.2-2，以結構技術分析，最多專利文獻討論電極(29.6%)與光吸收層(29.0%)；以製程技術分析，最多專利文獻討論電池結構(45.8%)與前段製程技術(37.3%)；以矽薄膜光吸收材料技術分析，最多專利討論非晶矽(78.8%)。

關於矽薄膜太陽能電池，在功效上大致分為提高效能、提升性能、降低成本、提高產量、擴大用途及環境友善。以功效分析，最多專利討論提高光效率(31.9%)與降低成本(22.2%)。



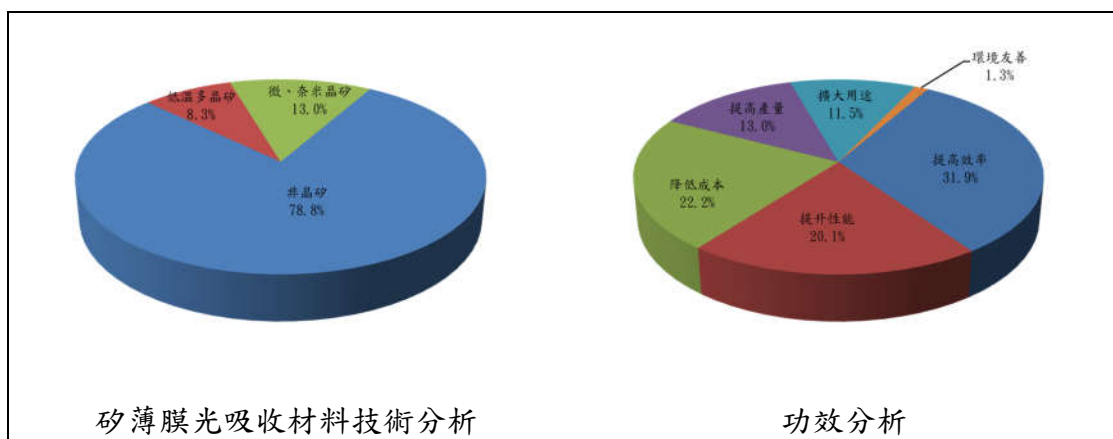


圖 4.2-2、矽薄膜太陽能電池(全球)技術與達成功效比例比較

進一步以主要發展技術與功效特徵進行分析，下圖 4.2-3 和 4.2-4 為矽薄膜太陽能電池的專利技術-功效矩陣圖，橫坐標分別為結構技術、製程技術與矽薄膜光吸收材料技術，縱坐標為技術功效。圓圈之大小與其數字之相對關係可代表其分別技術功效點的專利申請量是否集中或量少，抑或沒有提出專利申請。由圖可觀察出，環境友善方面，主要與電極、光吸收層、電池結構與基底有所關聯；擴大用途方面，主要與電極、光吸收層與電池結構有所關聯；提高產量方面，主要與光吸收層、電極與前段製程技術有所關聯；降低成本方面，主要係以電極之改良為主，其次為光吸收層、電池結構及前段電池製程技術；提高性能方面，係以光吸收層之改良為主；提高光效率方面，係以光吸收層、電極與電池結構的改良關聯性最大。另以技術的角度觀察，除了後段模組製程與提升性能最有關聯外，其餘技術主要以提升效率為主。

至於矽薄膜光吸收材料之討論，可觀察出各種類材料非晶矽、低溫多晶矽及微或奈米晶矽均與提高效率之關聯性最大，其中發現低溫多晶矽顯然對擴大用途、環境改善的關聯影響最小。

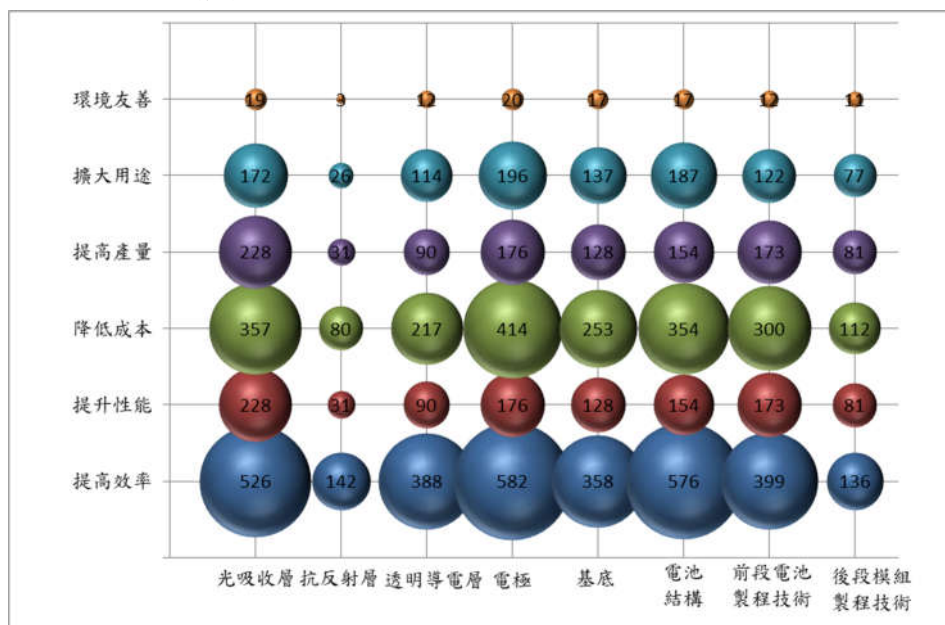


圖 4.2-3、矽薄膜太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析(結構與製程技術)

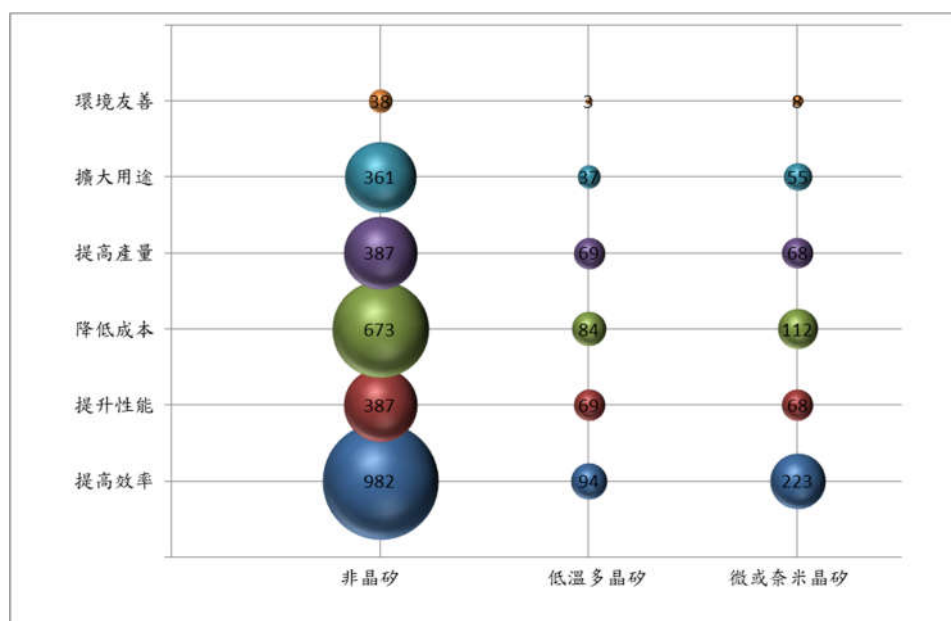


圖 4.2-4、矽薄膜太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析(光吸收材料技術)

主要發展技術與功效特徵歷年申請狀況

圖 4.2-5 表示各技術特徵的各年度申請趨勢，係以專利申請優先權年進行分析，大致與矽薄膜太陽能電池整體專利申請族數的趨勢一致，進一步以個別技術進行討論，可觀察光吸收層、抗反射層、透明導電層、電極及基底的申請高峰均落在 2010-2011 年左右，然而電池構造技術的申請高峰均落在 2011-2013 年，即表示矽薄膜太陽能電池元件的開發研究改良，自 2011 年開始後可能遇到技術瓶頸，電池結構的技術 2011 年後仍繼續被研究發展；至於製程技術的分析：前段製程申請高峰落在 2010 年左右，而後段模組製程到 2013 年仍維持一定的水平，即表示雖然後段模組製程專利申請量不多，但其於該技術領域中仍具有研究必要性。矽薄膜光吸收材料技術中各材料的申請高峰均平均落在 2009-2012 年，申請高峰雖有落差，但並不明顯。

	光吸收層	抗反射層	透明導電層	電極	基底	電池結構	前段製程技術	模組製程技術	非晶矽	低溫多晶矽	微、奈米晶矽
2006	40	5	23	38	30	34	37	19	72	11	16
2007	67	10	37	65	37	45	45	25	115	11	13
2008	94	16	56	84	58	85	58	34	174	16	38
2009	91	21	76	103	88	116	75	41	190	14	59
2010	123	28	72	115	83	98	104	35	210	15	64
2011	144	43	98	139	109	127	79	41	237	24	47
2012	98	31	69	112	73	121	83	38	224	21	48
2013	72	17	71	92	58	129	66	40	188	10	27
2014	51	11	36	52	42	75	49	18	109	7	22
2015	54	12	31	58	22	68	41	24	99	13	12
2016	62	19	41	60	32	66	53	22	98	12	18

圖 4.2-5、矽薄膜太陽能電池(全球)歷年主要技術申請族數(優先權年)

圖 4.2-6 表示各功效特徵的各年度申請趨勢，係以專利申請優先權年進行分析，可觀察出提高效率的申請高峰為 2012 年(其申請量大之區間為 2009-2013 年)、提升性能的申請高峰為 2009-2010 年、降低成本的申請高峰區間為

2008-2012 年、提高產量的申請高峰區間為 2008-2010 年、擴大用途的申請高峰區間為 2009-2013 之間，環境友善的申請高峰為 2013 年。即表示矽薄膜太陽能電池擴大用途及環境友善的專利申請量雖然不多，但有增加之趨勢，係存在有開發研究的需求。

	提高效率	提升性能	降低成本	提高產量	擴大用途	環境友善
2006	39	19	30	22	16	3
2007	59	38	45	24	22	4
2008	85	60	85	44	33	
2009	114	80	74	46	38	4
2010	132	72	72	41	25	6
2011	126	63	90	36	37	6
2012	135	65	80	37	31	4
2013	114	60	66	24	40	8
2014	67	44	32	19	27	1
2015	52	37	37	31	16	5
2016	52	42	35	13	18	3

圖 4.2-6、矽薄膜太陽能電池(全球)達成功效歷年申請族數(優先權年)

(2)申請流向及各專利局分析

根據專利五大局(美國、日本、歐洲、中國大陸及韓國)與台灣相互之間的專利申請分佈，製作了申請流向圖，依據圖 4.2-7、4.2-8 可以觀察出，矽薄膜太陽光電相關的專利申請中，以向中國大陸與日本專利局所提出的專利申請的數量最多，占整理專利申請量總和的一半。且其中於中國大陸所申請的專利中，共 78.4%為中國大陸籍申請人、10.4%為日本籍申請人、4.5%為美國籍申請人；於日本所申請的專利中，共 87.0%為日本籍申請人、5.9%為美國籍申請人，中國大陸籍申請人僅不到 0.4%。即表示專利申請量最多的兩大國家中，均為各自國家的申請人為多數，但日本籍專利權人除了向自己國家提出專利申請外，仍向其他國家申請專利的趨勢。從另一個角度觀察，於美國所申請的專利中，高達 40.3%為日本籍申請人、美國籍申請人僅 28.6%；於歐洲所申請的專利中，高達 38.1%為日本籍申請人、歐洲籍申請人僅 24.4%；於台灣所申請的專利中，高達 32.2%為日本籍申請人、臺灣籍申請人僅 28.6%；於韓國所申請的專利中，52.5%為韓國申請人、但日本籍申請人仍以 26.4%位居第二。因此經由上述之分析，可得知日本為矽薄膜太陽光電技術領域中的主要專利輸出國，且除了日本之外，中國大陸與美國均具有市場性，因此才會有除了本國籍的申請人會去申請專利。至於台灣籍申請人，除了於本國申請專利外，美國與中國大陸亦是申請專利的地區，因此本國籍申請人也同樣相當注重中國大陸與美國市場的布局。

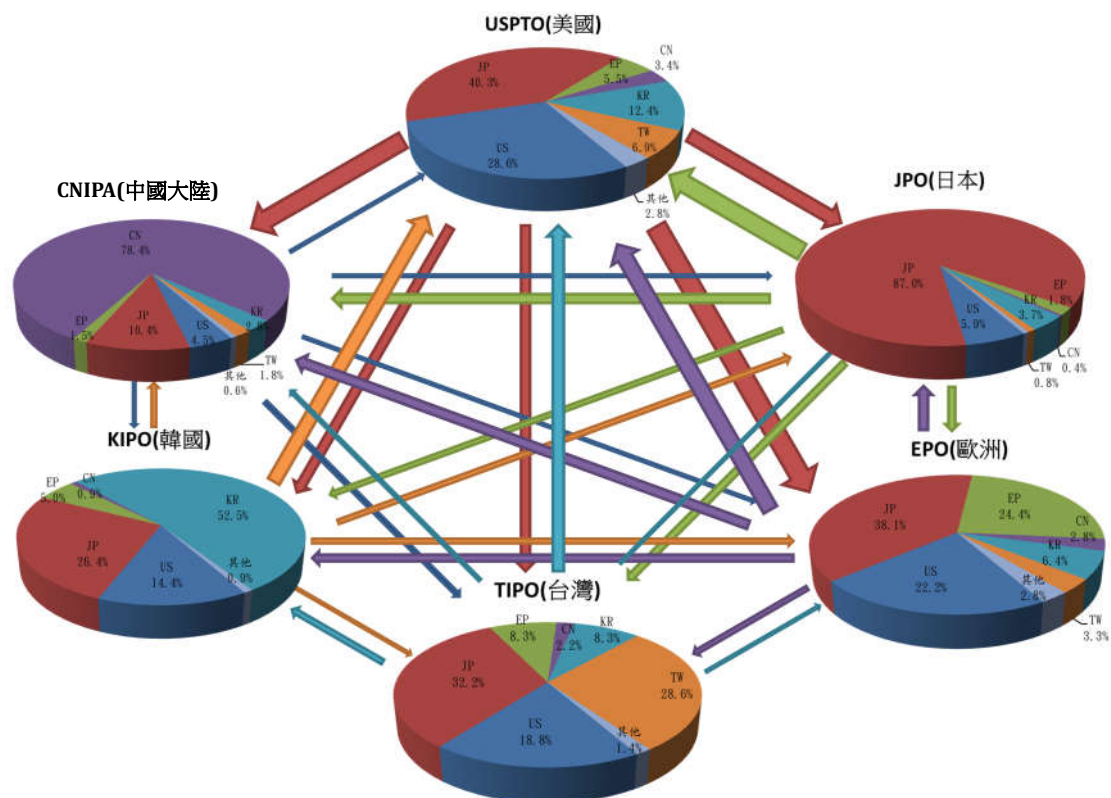


圖 4.2-7、矽薄膜太陽能電池(全球)申請流向圖

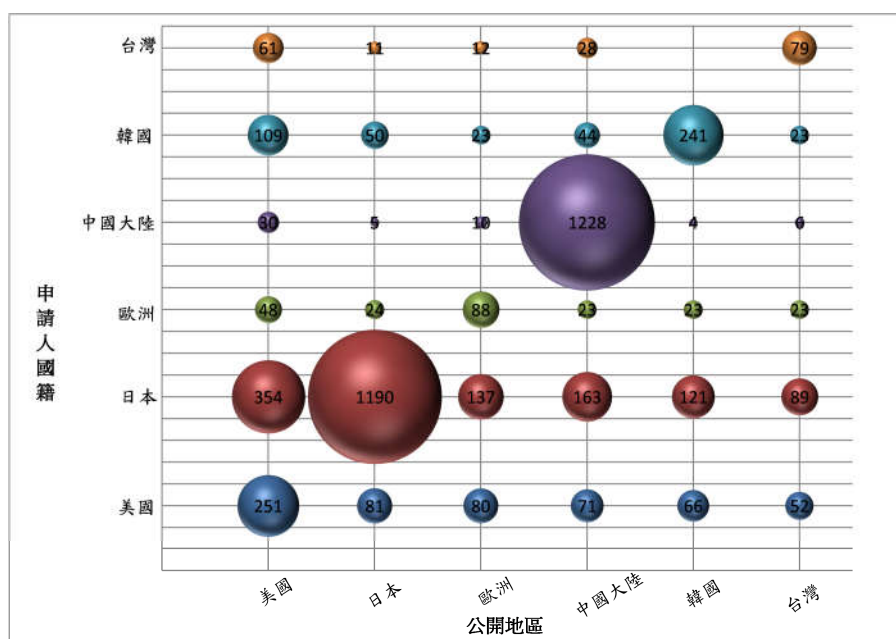


圖 4.2-8、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

各國專利申請概況

由圖 4.2-9 專利五大局申請量表示矽薄膜太陽能電池於 2006-2016 年間於各國專利申請量(件)的分布情況，雖然中國大陸與日本籍的專利權人比率相近，但

中國大陸所公開(公告)的專利申請件數自 2007 年開始一直居於首位。以趨勢分析，其日本於 2011 年所公開(公告)的專利申請件數超過美國，但其 2011 年後，除了中國大陸，各國專利公開(公告)件數均為下降的趨勢。其中值得關注的為本國所公開(公告)的專利申請件數於 2008-2011 年有發生超越歐洲的現象，即表示國內市場、廠商曾經重視過矽薄膜太陽能技術。另，進一步以各國專利局的公開(公告)申請量最高峰的趨勢進行分析，可觀察台灣為 2009 年，南韓、日本與美國為 2010 年，歐洲為 2006、2009 年，中國大陸則為 2012 年，中國大陸申請量最高峰相較於整體趨勢可延至 2012 年之現象，或許與中國大陸對於矽薄膜太陽能電池的產業、市場與國家政策與各國，有所差異。

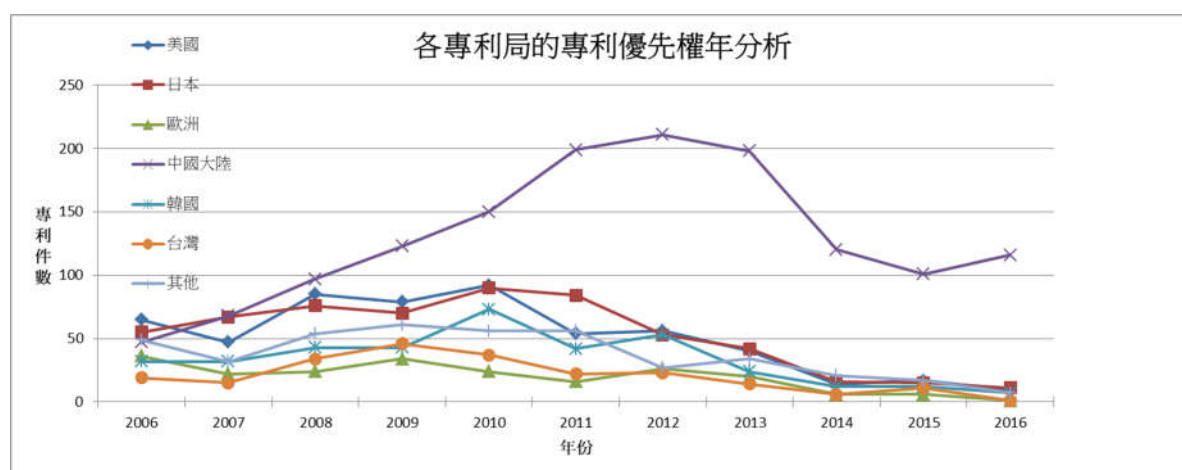


圖 4.2-9、矽薄膜太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開件數(優先權年)

各國籍專利申請人與申請件數概況

由圖 4.2-10 表示各國籍專利申請人與申請件數的歷年比值，此數值可表示各國籍專利申請人於各國布局之多寡關聯性，其中以整體平均進行分析，由多至少依序為：美國(3.26)、歐洲(3.17)、日本(2.26)、南韓(1.89)、台灣(1.82)及中國大陸(1.05)。此數值比率代表美國、歐洲為矽薄膜太陽能電池的技術輸出國，而中國大陸專利申請人僅於中國大陸申請專利外，到其餘國家進行布局比率顯少。

由歷年的比值趨勢分析：本國台灣為增加的趨勢，表示台灣關於矽薄膜太陽能電池技術逐漸布局各國；至於歐洲為下降的趨勢、美國為呈現 W 字型大幅度振盪趨勢，南韓、日本及中國大陸則呈現相較平穩維持之趨勢。

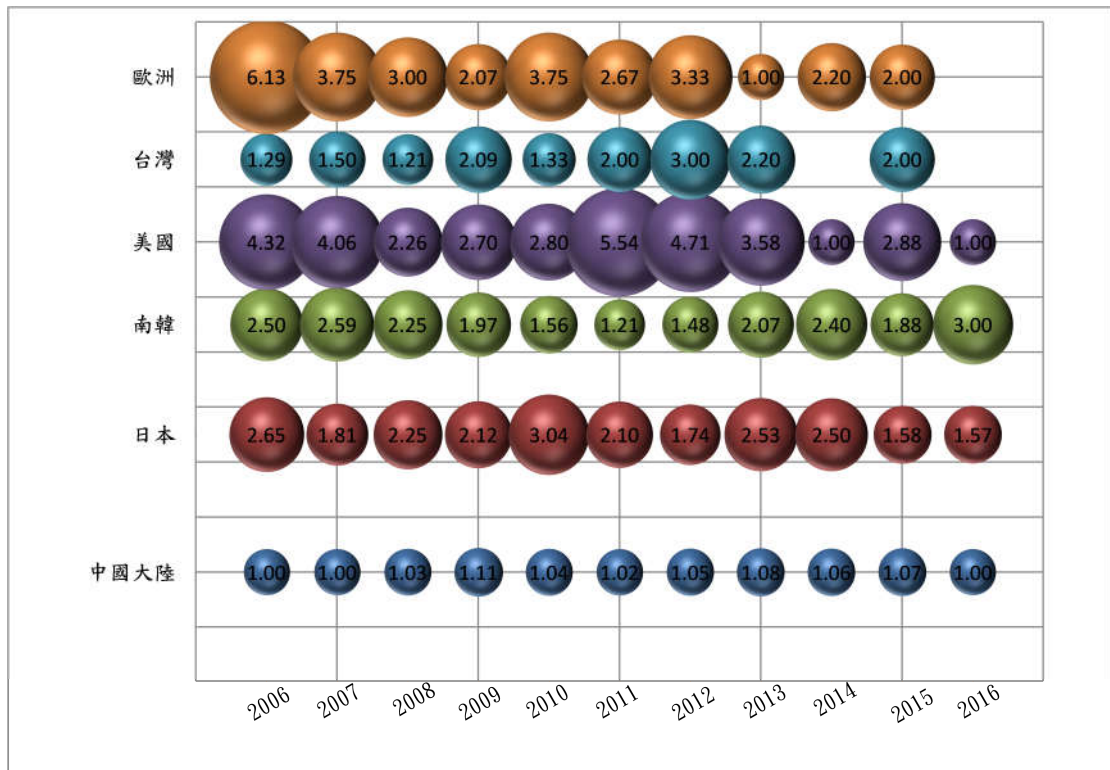


圖 4.2-10、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年專利件數及家族族數比例(優先權年)

(3)主要申請人國家分析

各國籍申請人概況

由圖 4.2-11 表示矽薄膜太陽能電池技術領域主要申請人國籍的歷年申請狀況，可觀察出各國專利權人對於矽薄膜太陽能電池的研發布局趨勢，可發現圖中所列各國籍申請人對於矽薄膜太陽能電池的專利布局申請均有減緩的趨勢，以最高峰申請量歷年排序表示 2008 年美國達最高峰申請量後，開始減緩申請；依序為 2009 年的台灣、歐洲；2010 年的南韓；2011 年的日本；及 2012 年的中國大陸。此等趨勢與各國家地區廠商、學術單位對於矽薄膜太陽能電池技術或整體太陽能產業前景的觀點，似乎有所關聯。

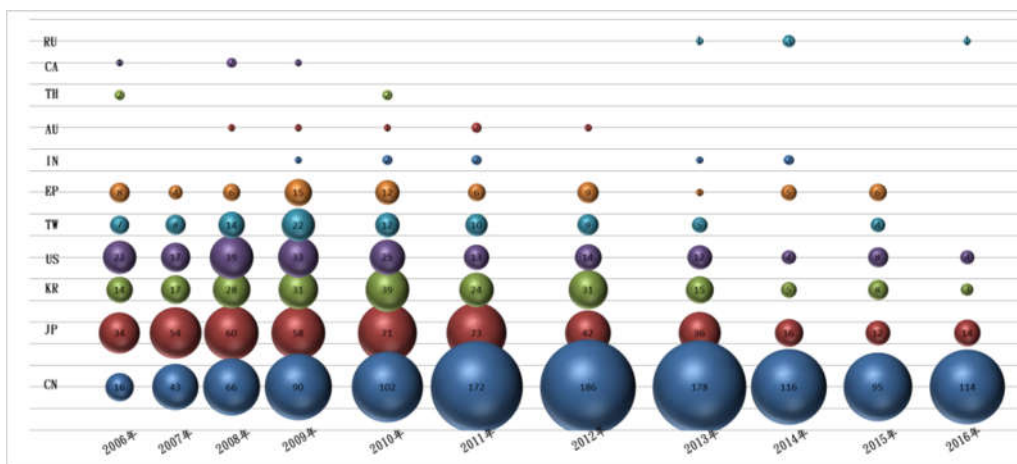


圖 4.2-11、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

各國主要發展技術特徵與功效特徵

由圖 4.2-12 至 4.2-15 表示矽薄膜太陽能電池主要發展技術特徵的各國籍申請狀況，可觀察出各國專利權人對於矽薄膜太陽能電池的主要技術特徵發展趨勢。

以製程技術方面係主要以日本與中國為主導者，其雖專利申請數量差異不大，然而進一步分析，後段模組製程係以日本申請量為多數、前段製程技術以中國大陸為多數。至於整體電池結構係以中國大陸為多數。以技術特徵角度分析，中國大陸、美國、南韓、台灣及歐洲均以電池結構的專利申請為主；而日本係以前段製程技術的專利申請為主。

以結構技術方面主要以日本與中國大陸為主導者，其雖專利申請數量差異不大，然而進一步分析，電極技術以日本申請量為多數、其餘抗反射層、基底、透明導電層及光吸收層以中國為多數。以技術特徵角度分析，其中國大陸、日本均以光吸收層與電極的專利申請為主；美國以基底與光吸收層的專利申請為主；南韓以電極的專利申請為主；台灣以光吸收層的專利申請為主；至於歐洲以基底、透明導電層、光吸收層及電極技術的專利申請量相近。

以矽薄膜光吸收材料技術方面主要也以日本與中國大陸為主導者，進一步分析，低溫多晶矽與非晶矽係以日本申請量為多數、微奈米晶矽以中國大陸為多數。以技術特徵角度分析，五大局各國與台灣均以非晶矽的專利申請為主。

以功效方面主要也以日本與中國大陸為主導者，進一步分析，降低成本為中國大陸與日本的申請量均為多數；提高產量係以日本申請量為多數；提高效率、提升性能、擴大用途及環境友善係以中國大陸為多數。以功效特徵角度分析，其大局各國與台灣均以提高效率功效的專利申請為主。

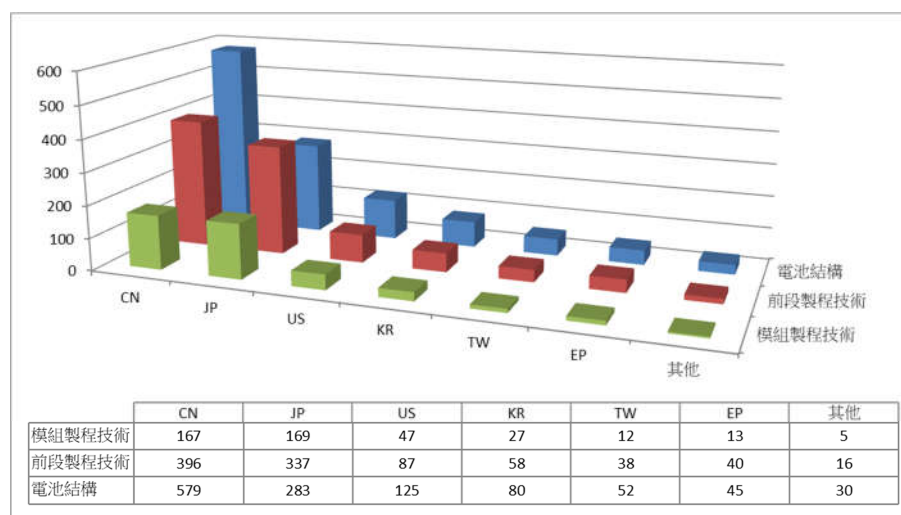


圖 4.2-12、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數(製程技術)

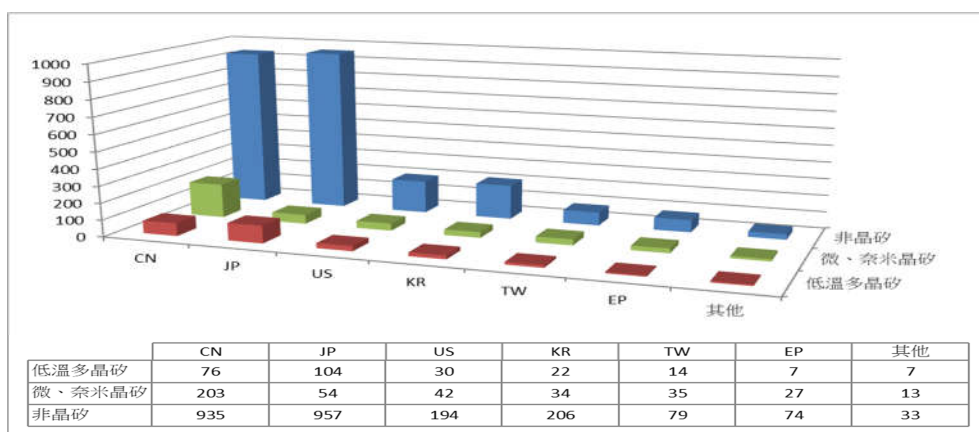


圖 4.2-13、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數(光吸收材料)

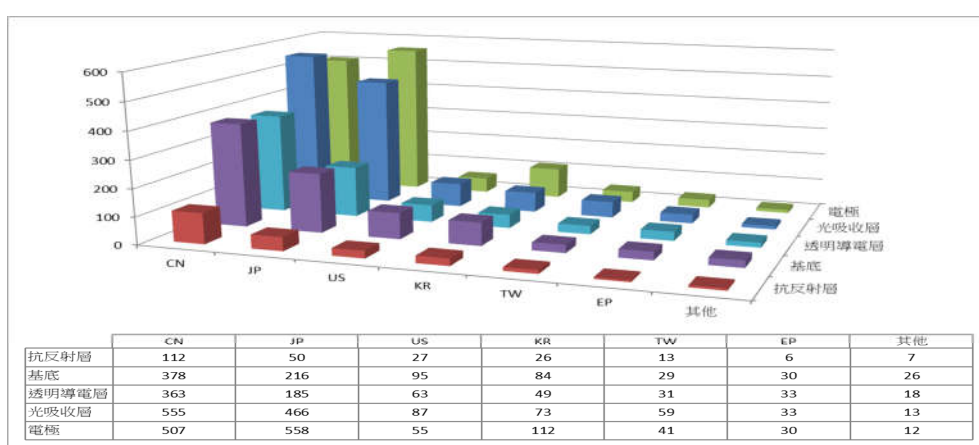


圖 4.2-14、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數(結構技術)

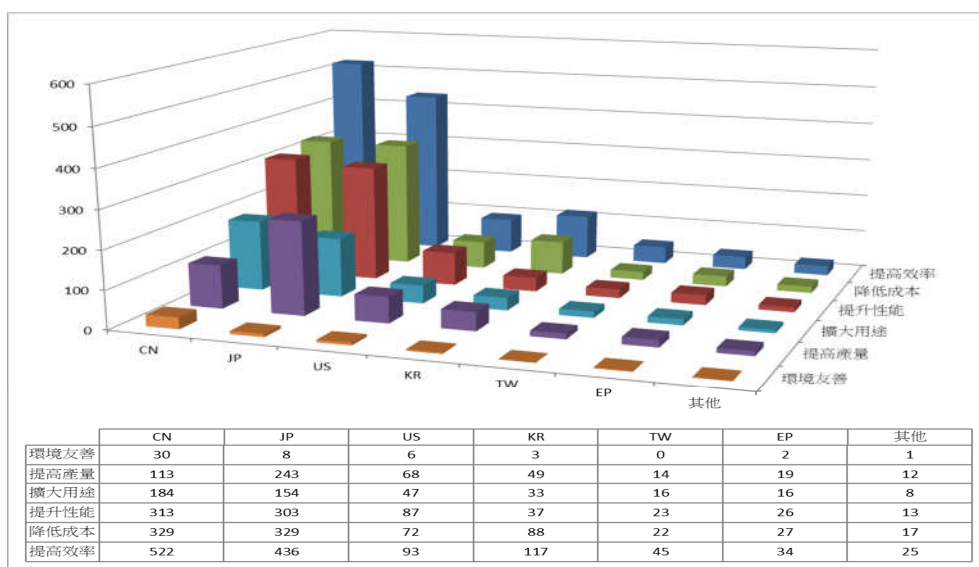


圖 4.2-15、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

(4)主要申請人分析

主要申請人申請概況

下圖 4.2-16 為十大申請人各年度申請量，最大申請人為同春新能源，其次為夏普。關於矽薄膜太陽能專利申請量，除了第一大申請人(同春新能源)外，其餘申請人的申請高峰多落於 2009~2012 年，而同春新能源由 2010 年開始申請專利後，於 2013 年達到申請高峰，可觀察同春新能源於 2011-2014 年區間，申請了大量專利，然而在這區間之外，布局顯少。前十大申請人並沒有台灣的申請人，台灣申請最多為工研院，申請趨勢為每年穩定 1~5 族之申請量。除了第一申請人的趨勢外，其餘申請人的申請趨勢大致與各國總體趨勢相似，雖然在 2008 年經歷了金融海嘯，影響著各申請人的專利布局，然而影響不大，至 2009 年初起的全球經濟穩健復甦，原油價格一路攀升至 2011 年 4 月的 120 美元高水位並維持了三年多，太陽光電也持續發展，2011 年起太陽光電產品價格急遽下跌，全球太陽能電池陷入供過於求，又有美、歐對大陸傾銷訴訟，且歐洲補助縮減，導致 2012 年後專利申請案減少主要原因之一。

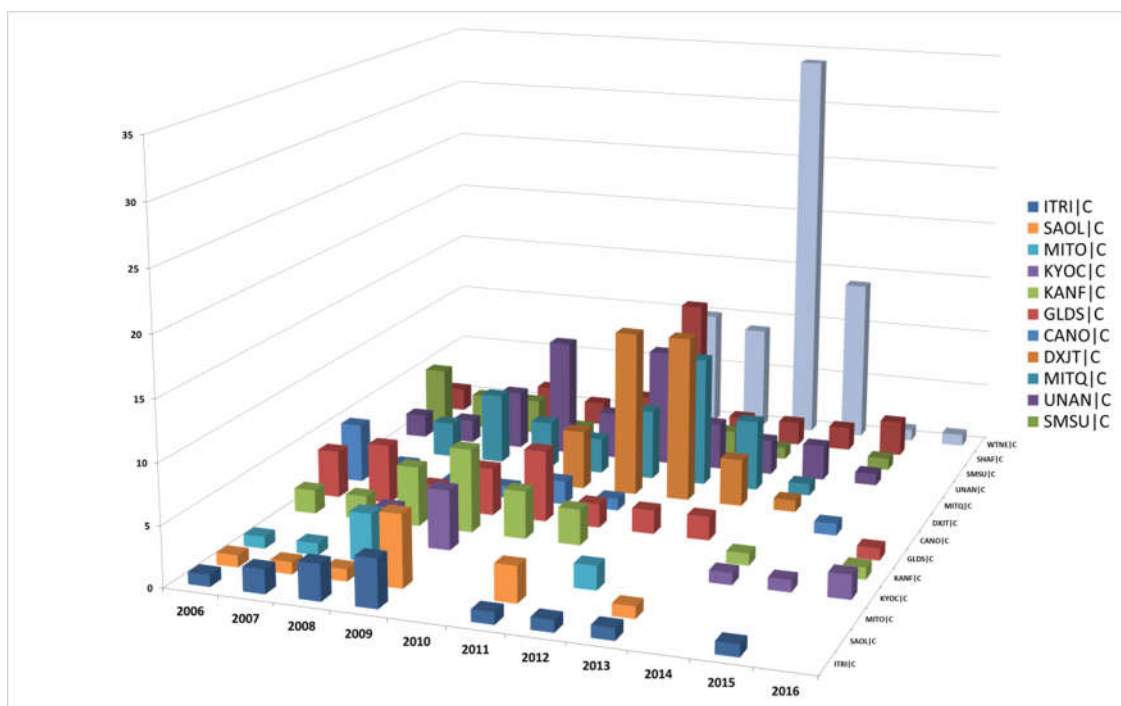


圖 4.2-16、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數(優先權年)

排名	DI 分類	英文名稱	中文名稱
Taiwan no 1	ITRI C	IND TECHNOLOGY RES INST	台灣工研院 (工研院)
no 1	WTNE C	WUXI TONGCHUN NEW ENERGY SCI & TECHNOLOGY	無錫同春新能源科技有限 公司 (同春新能源)
no 2	SHAF C	SHARP KK	日商夏普公司 (夏普)
no 3	SMSU C	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD	韓商三星電子 (三星)
no 4	UNAN C	UNIV NANKAI	中國南開大學
no 5	MITQ C	mitsubishi denki kk·mitsubishi electric corp	日商三菱電機 (三菱電機)
no 6	DXJT C	TUNGHSU GROUP	大陸商東旭集團 (東旭)
no 7	CANO C	CANON KK	日商佳能株式會社 (佳能)
no 8	GLDS C	LG ELECTRONICS INC	韓商樂金電器股份有限公 司 (LG)
no 9	KANF C	KANEKA CORP	日商鐘淵化學工業股份有 限公司 (鐘淵化學)
no 10	KYOC C	KYOCERA CORP	日商京瓷株式會社 (京瓷)
no 10	MITO C	mitsubishi jukogyo kk	日商三菱重工業株式會社 (三菱重工)
no 10	SAOL C	SANYO ELECTRIC CO LTD	日商三洋電機 (三洋)

圖 4.2-17、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人名稱

主要申請人主要發展技術與功效特徵

若將技術特徵與功效特徵以十大申請人來分析分別如圖 4.2-18 與圖 4.2-19 所示，整體而言，前十大申請人主要發展的製程技術在於電池結構與前段製程技術；結構技術在於光吸收層與電極；矽薄膜光吸收材料技術在於非晶矽；功效在於提高效率與降低成本。

以技術進行分析，可發現：光吸收層以三洋的專利申請量為大宗、抗反射層以夏普的專利申請量為大宗、透明導電層以中國南開大學的專利申請量為大宗、電極以夏普的專利申請量為大宗、基底以中國南開大學的專利申請量為大宗、電池結構以鐘淵化學的專利申請量為大宗、前段製程以佳能的專利申請量為大宗、後段模組製程以東旭的專利申請量為大宗、非晶矽以三洋的專利申請量為大宗、低溫多晶矽與微、奈米晶矽以中國南開大學的專利申請量為大宗。

以申請人進行分析，可觀察：同春新能源與各申請人(包括台灣第一申請人工研院)，均以非晶矽技術為主；而中國南開大學除了非晶矽技術專利申請外，另低溫多晶矽、微奈米晶矽技術的專利申請量也占多數，且對於透明導電層與基底之技術專利申請，也不算少數。

以功效進行分析，可發現：提高效率以鐘淵化學與三菱電機的專利申請量為大宗；提升性能以鐘淵化學、中國南開大學及夏普的專利申請量為大宗；降低成本以夏普的專利申請量為大宗；提高產量以三菱重工的專利申請量為大宗；擴大用途以同春新能源與夏普的專利申請量為大宗；環境友善以同春新能源的專利申請量為大宗。

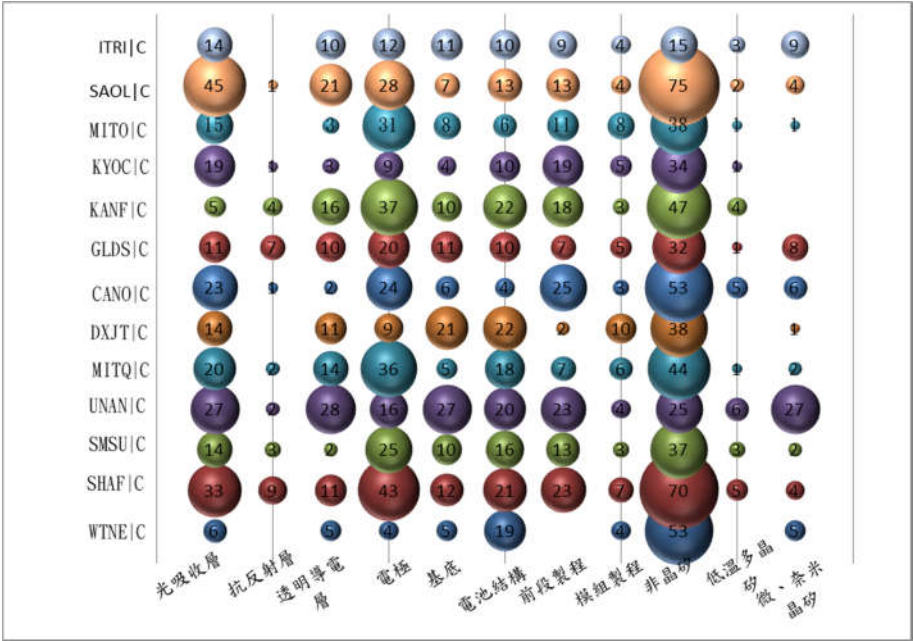


圖 4.2-18、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數

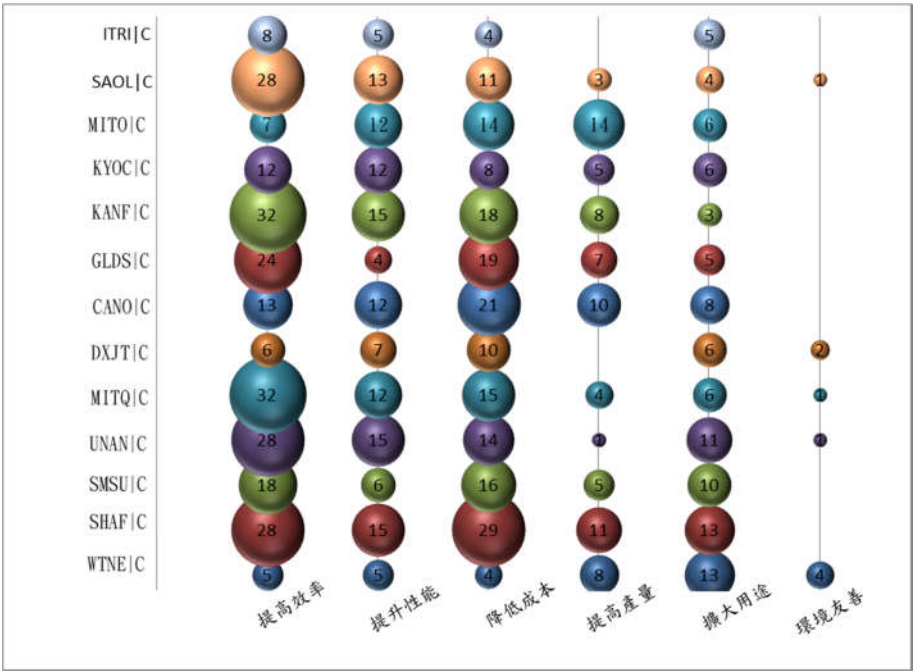


圖 4.2-19、矽薄膜太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

主要申請人(同春新能源 WTNE|C)

對於本領域第一大申請人為同春新能源，圖 4.2-20 為其對於各技術特徵之分析並於各年份申請狀況進行統計，可發現同春新能源係以非晶矽與電池結構技術的專利申請為主；功效係以擴大用途與提高產量之專利申請為主。

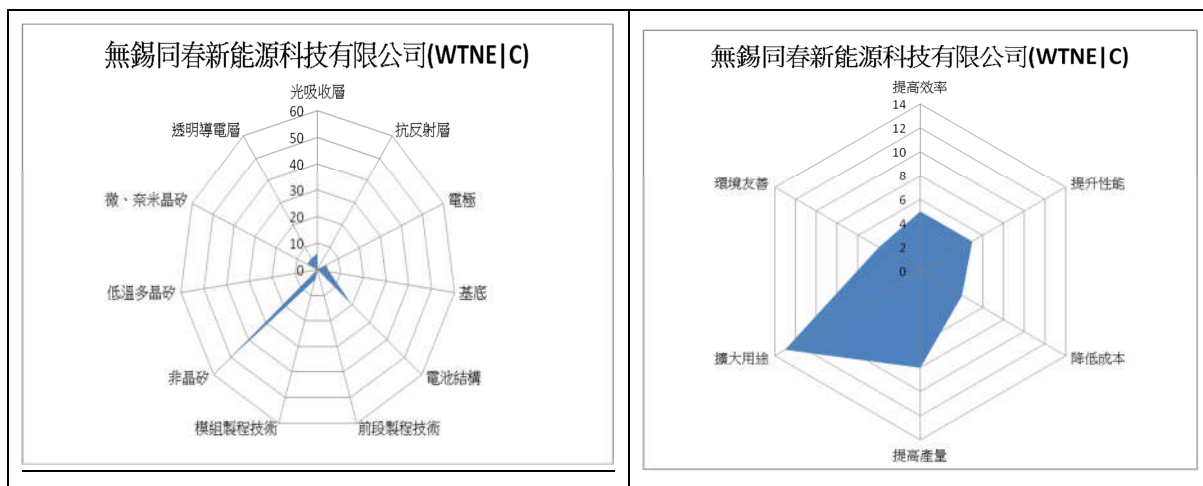


圖 4.2-20、同春新能源技術特徵與達成功效特徵分析

於各年份申請狀況進行統計分析，圖 4.2-21 至 4.2-24 表示：同春新能源於 2010 年開始申請非晶矽的專利，並於 2013 年達到最高峰；其中並於 2014 年開始申請微、奈米晶矽的專利。以電池結構技術方面，係於 2012 年開始申請該技術的專利，模組製程技術於 2013 與 2014 年均具有申請專利，但以 2013 年的專利申請量較多。至於電池結構中，係以 2010、2010 年開始申請光吸收層、電極與透明導電層之專利，且於 2013、2014 年以透明導電層與基底之專利技術申請為主。功效方面，2011 年以提高產量為主；2013 年除了擴大用途外，各種功效均有申請，其中以環境友善最為大宗；2014 至 2016 年開始以擴大用途為主。由上述分析可發現同春新能源對於專利功效依年份主要依序為提高產量、環境友善與降低成本，近年則以擴大用途的專利申請為主。

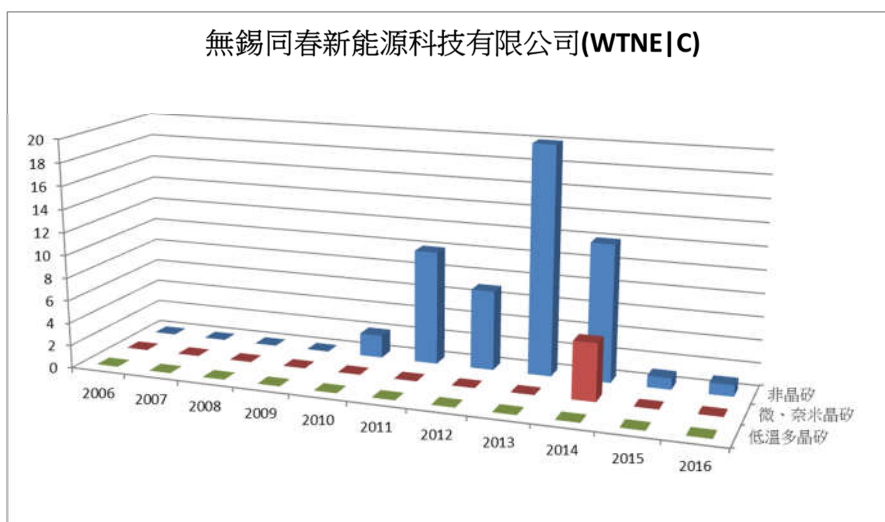


圖 4.2-21、矽薄膜太陽能電池(全球)同春新能源主要技術歷年申請族數(1)(優先權年)

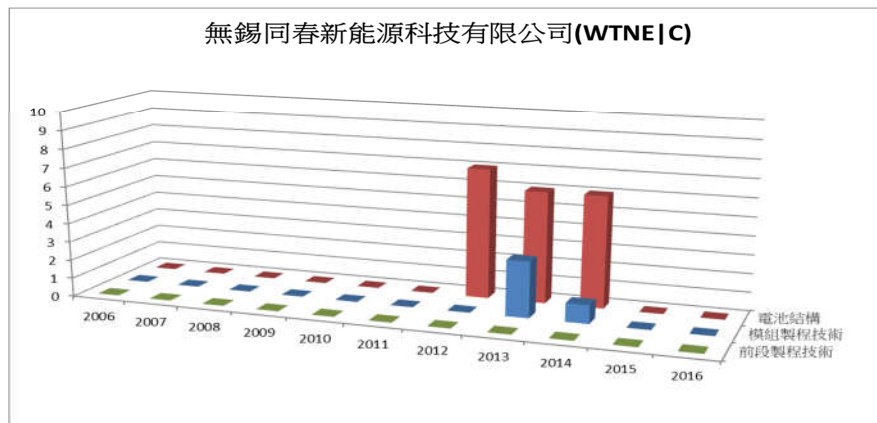


圖 4.2-22、矽薄膜太陽能電池(全球)同春新能源主要技術歷年申請族數(2)(優先權年)

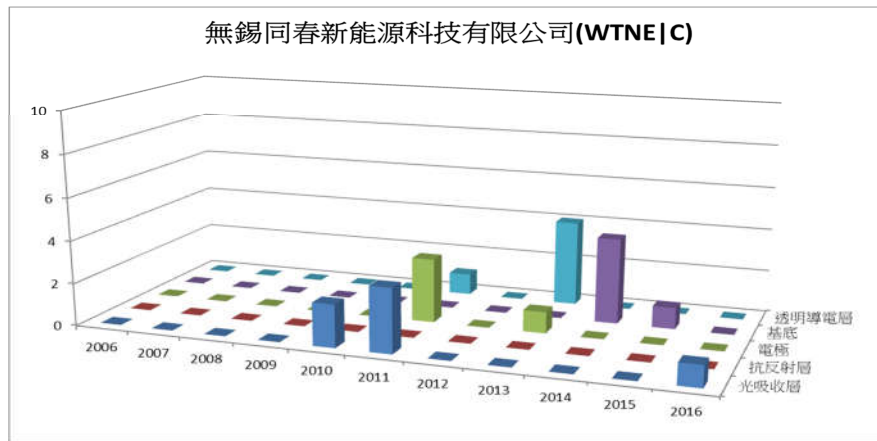


圖 4.2-23、矽薄膜太陽能電池(全球)同春新能源主要技術歷年申請族數(3)(優先權年)

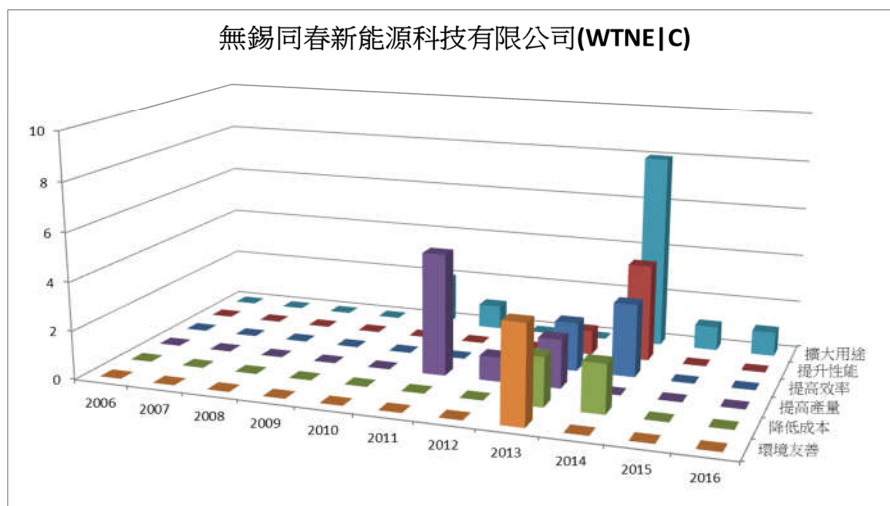


圖 4.2-24、矽薄膜太陽能電池(全球)同春新能源達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.2-25 為同春新能源於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以本國為主，其中值得關注的為同春新能源並無於其他國家申請專利。

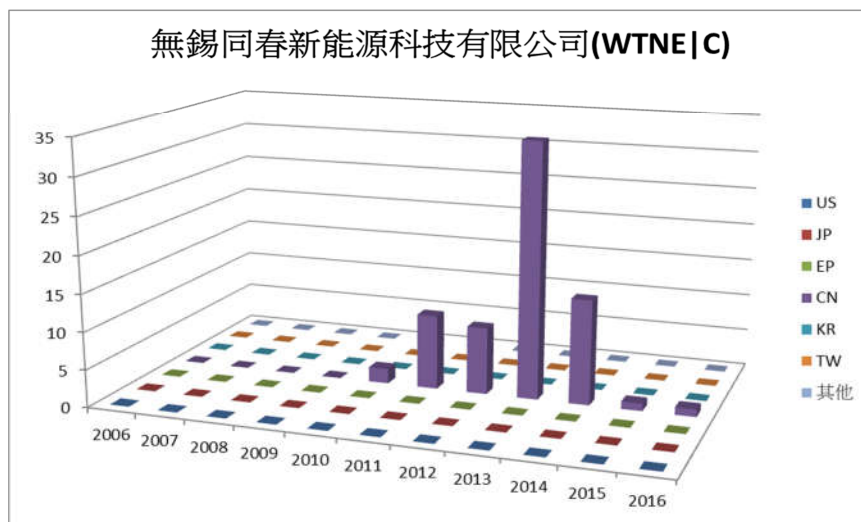


圖 4.2-25、矽薄膜太陽能電池(全球)同春新能源歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

主要申請人(夏普 SHAF|C)

對於本領域第二大申請人為夏普，圖 4.2-26 為其對於各技術特徵之分析並於各年份申請狀況進行統計，可發現夏普係以非晶矽、電極與光吸收層技術的專利申請為主；功效係以提高效率、降低成本之專利申請為主。

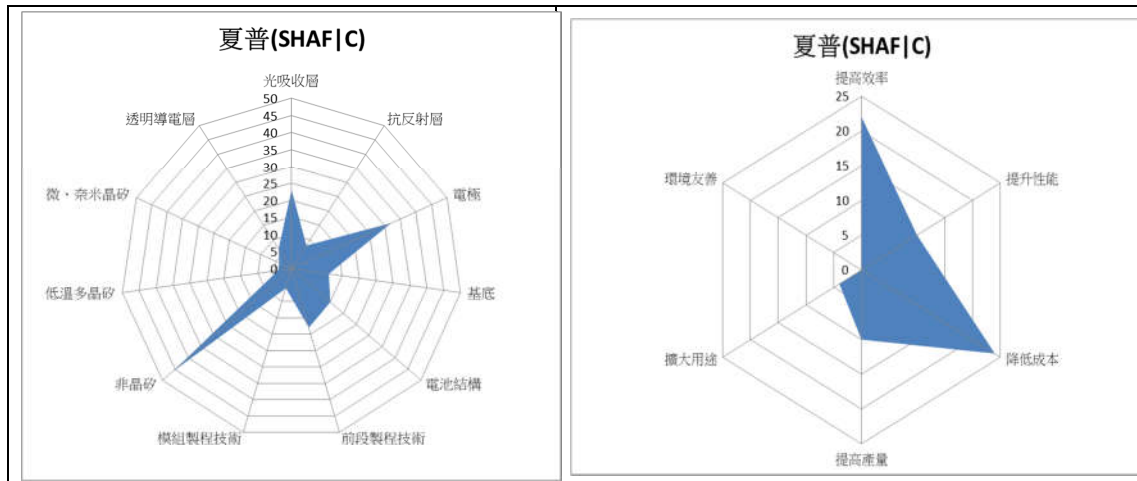


圖 4.2-26、夏普技術特徵與達成功效特徵分析

於各年份申請狀況進行統計分析，圖 4.2-27 至 4.2-30 表示：夏普於 2007 年開始申請非晶矽的專利，並於 2011 年達到最高峰。以電池結構技術方面，係於 2007 年開始統計到該技術的專利，並於 2014 及 2015 年達到高峰，2011 年以前係前段製程技術為主，2009 年包括模組製程技術專利的申請，且 2013、2015 年除電池結構技術外，亦包括模組製程技術的專利申請。至於電池結構中，各年度仍以電極或光吸收層的專利為大宗，其中 2008 年亦包括透明導電層技術的專

利、2011 年包括抗反射層的專利申請。功效方面，係以 2011 年所請降低成本的專利申請量達高峰最為顯著。

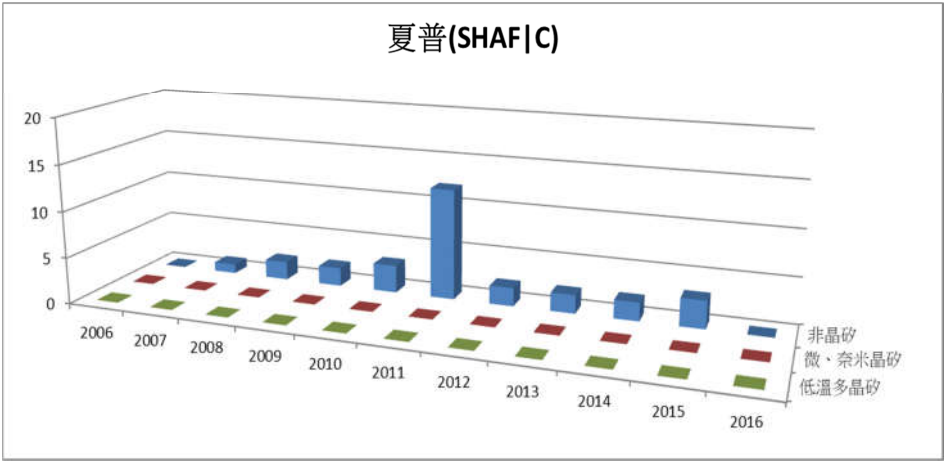


圖 4.2-27、矽薄膜太陽能電池(全球)夏普主要技術歷年申請族數(1)(優先權年)

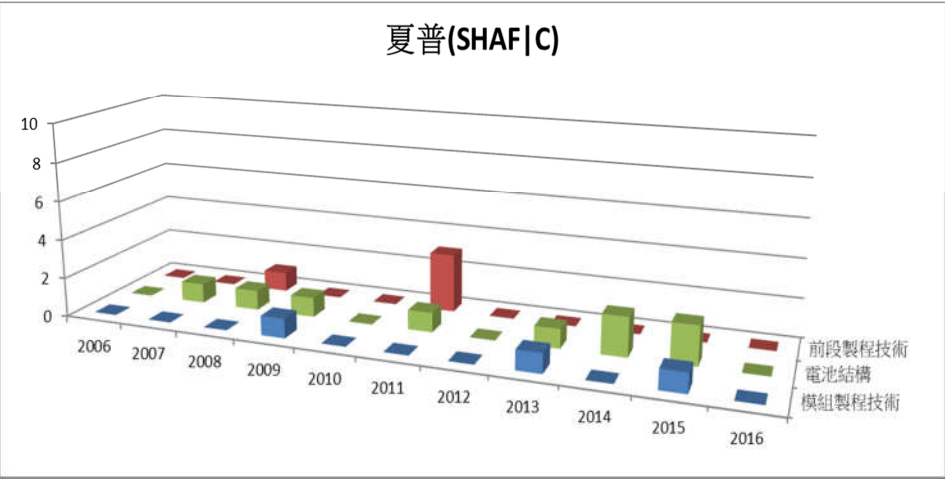


圖 4.2-28、矽薄膜太陽能電池(全球)夏普主要技術歷年申請族數(2)(優先權年)

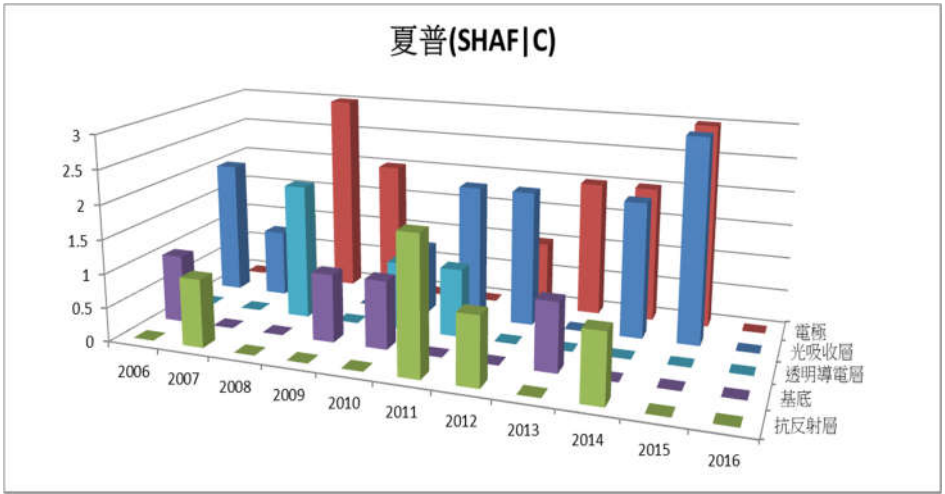


圖 4.2-29、矽薄膜太陽能電池(全球)夏普主要技術歷年申請族數(3)(優先權年)

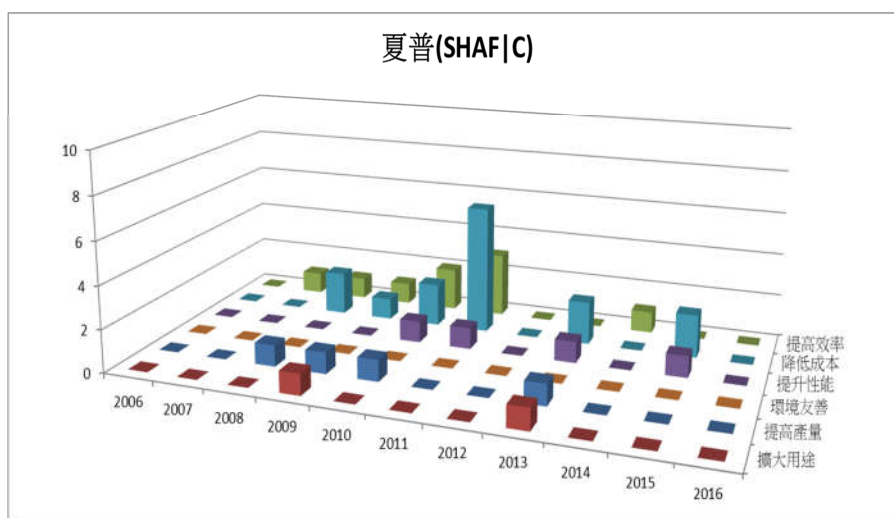


圖 4.2-30、矽薄膜太陽能電池(全球)夏普達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.2-31 為夏普於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以本國(日本為主，其中值得關注的為夏普於 2006 年至 2013 年間具有申請美國專利，2008 年具有申請台灣專利，2008、2015 年具有申請中國大陸專利外，仍以日本的專利申請為主。

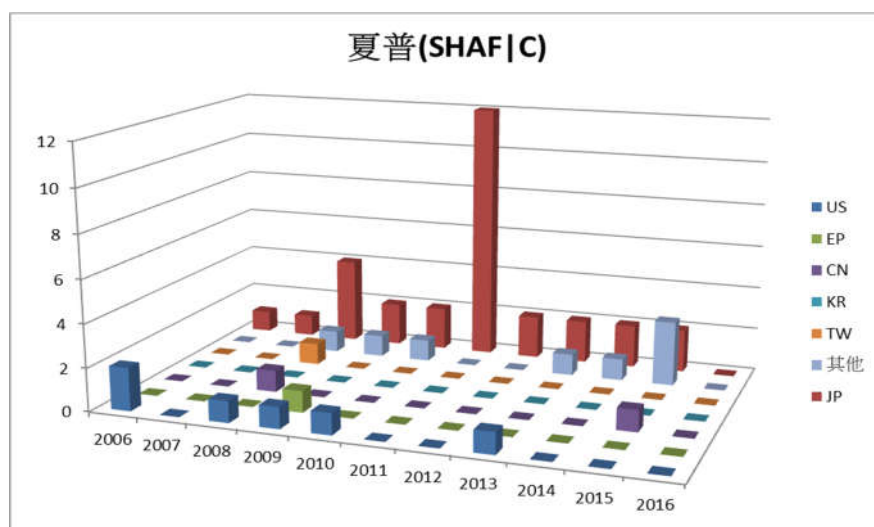


圖 4.2-31、矽薄膜太陽能電池(全球)夏普歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

主要申請人(工研院 ITRI|C)

對於本領域台灣第一大申請人為工研院，圖 4.2-32 為其對於各技術特徵之分析並於各年份申請狀況進行統計，可發現工研院係以非晶矽技術的專利申請為主，對於抗反射層、模組製程技術與低溫多晶矽技術申請較少；功效係以提高效率、提高性能及降低成本之專利申請為主

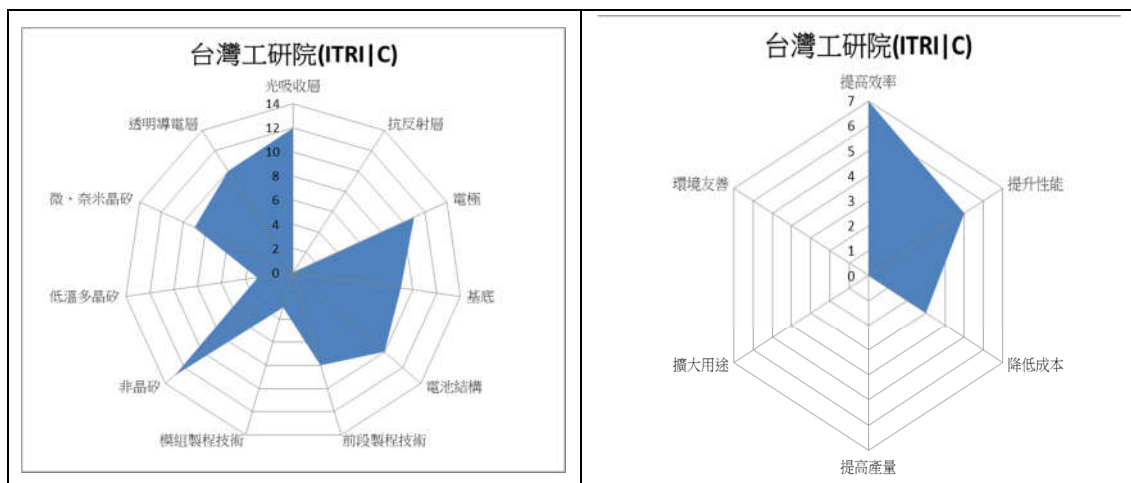


圖 4.2-32、台灣工研院技術特徵與達成功效特徵分析

於各年份申請狀況進行統計分析，圖 4.2-33 至圖 4.2-36 表示：工研院 2006 年開始申請非晶矽的專利，並於 2009 年達到最高峰；2007 年開始申請微奈米晶係的專利，也於 2009 年達到最高峰。以電池結構技術方面，以 2007 年開始對電池結構與前段製程技術為主，2008、2009 年亦具有模組製程專利的申請，但近期仍以電池結構與前段製程技術為多數。至於電池結構中，各年度仍以光吸收層為大宗，其中 2008 年開始亦包括透明導電層、基體、電極技術的專利申請。功效方面，2007、2008 年以提升性能為主；近期以降低成本與提升效率為主。

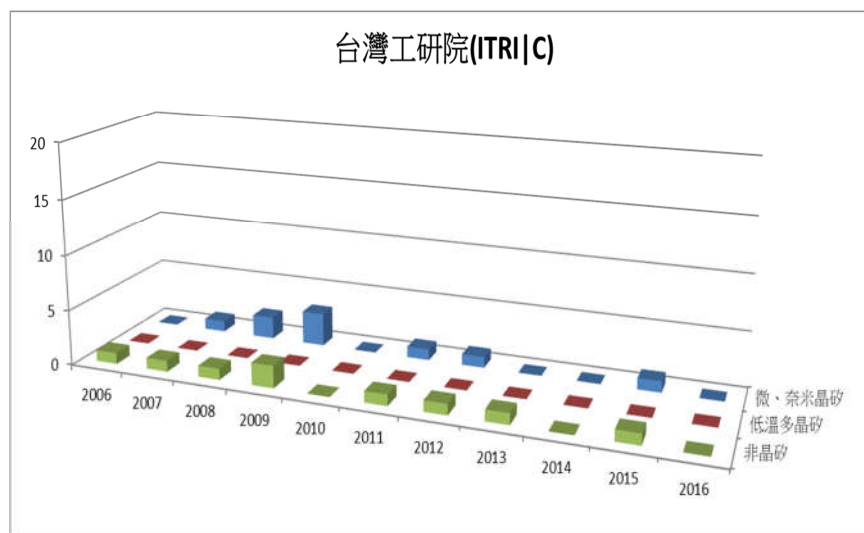


圖 4.2-33、矽薄膜太陽能電池(全球)台灣工研院主要技術歷年申請族數(1)(優先權年)

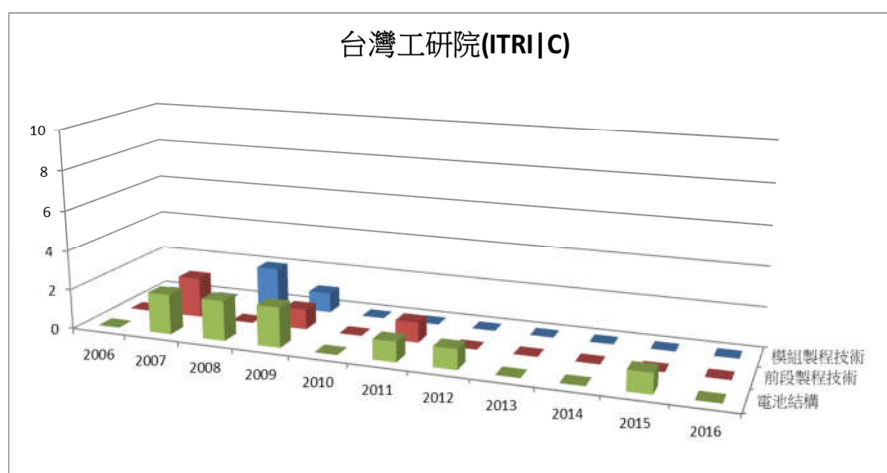


圖 4.2-34、矽薄膜太陽能電池(全球)台灣工研院主要技術歷年申請族數(2)(優先權年)

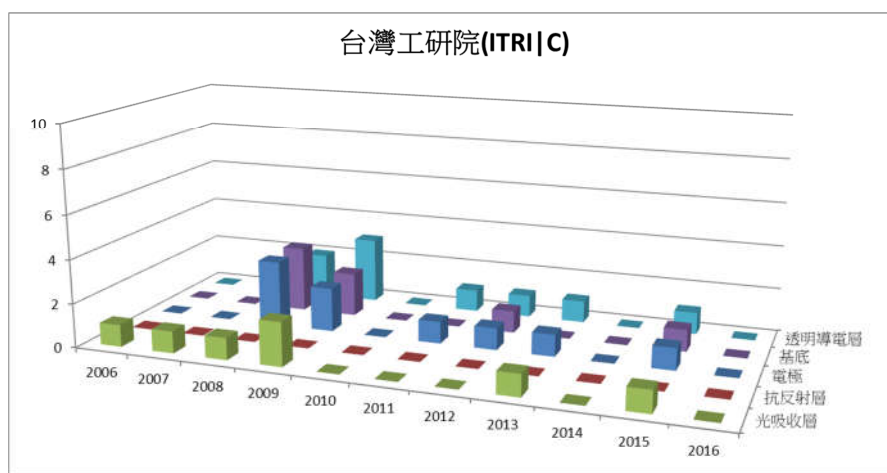


圖 4.2-35、矽薄膜太陽能電池(全球)台灣工研院主要技術歷年申請族數(3)(優先權年)

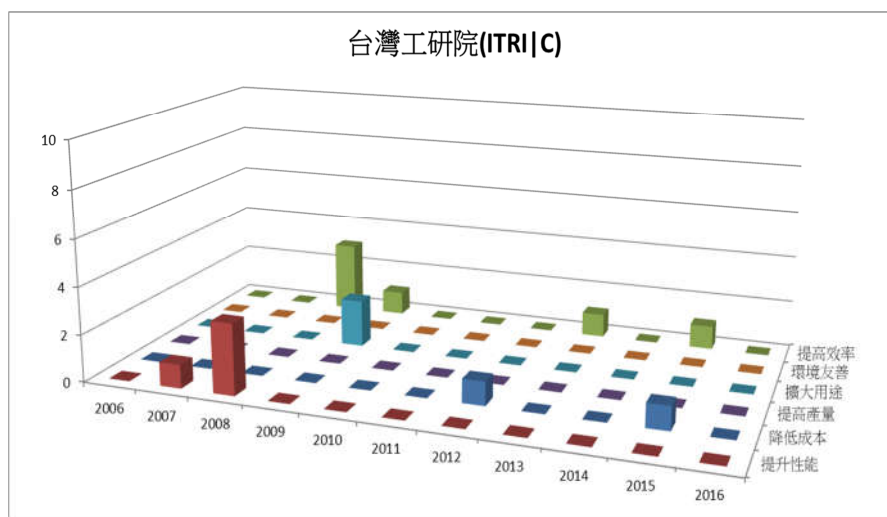


圖 4.2-36、矽薄膜太陽能電池(全球)台灣工研院達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.2-37 為工研院於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以本國為主，其中值得關注的為工研院於 2006 年至 2015 年間具有申請美國專利，2009 至 2013 年具有申請日本與歐洲專利，2007 至 2015 年具有申請中國大陸專利外，並無申請南韓專利。相較於同春新能源與夏普，工研院除了本國外，對於國外申請專利的意願較大。

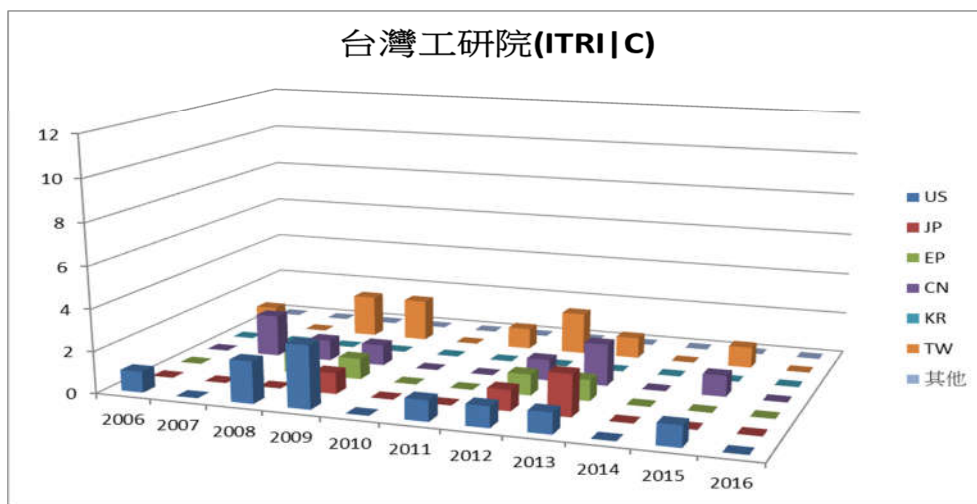


圖 4.2-37、矽薄膜太陽能電池(全球)台灣工研院歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

4.2.2、矽薄膜太陽光電在台相關專利趨勢分析

以優先權年度觀察申請數量變化

本部分在台太陽光電專利趨勢分析係利用經濟部智慧財產局全域專利資料檢索系統資料庫¹³²，統計 2007 年至 2017 年之間各國於我國公開專利之相關發展趨勢並作一分析，圖 4.2-28 為矽薄膜太陽能電池(在台)歷年申請數量(優先權年)趨勢圖，為了將專利趨勢以更接近當時政治、經濟及產業的事實情況，以下以優先權 2006 至 2016 年表示。

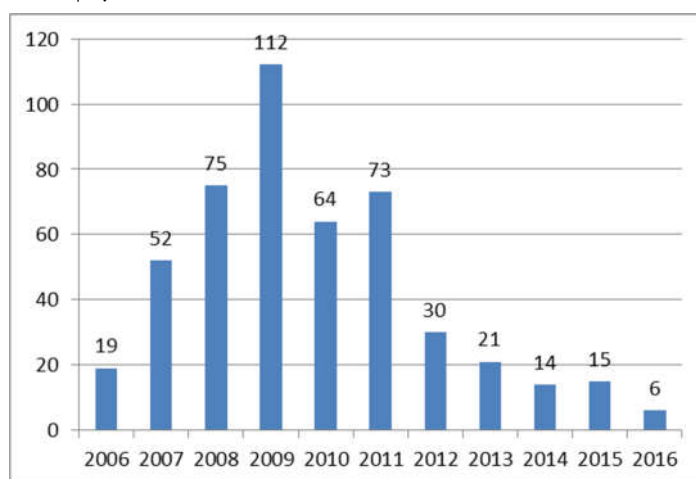


圖 4.2-38、矽薄膜太陽能電池(在台)歷年申請件數(優先權年)

¹³² 智慧財產局全域資料檢索系統為局內審查官專用之檢索系統。

由此圖可觀察太陽能電池在台申請數量與全球專利之趨勢，矽薄膜太陽能電池專利申請量最高峰於 2009 年的 112 件後，至今的專利申請量為逐漸減少；其中在台申請數量較全球專利的申請量之差異，為在台灣申請專利的申請人國籍以台灣為主，較不受國際上重大事件變動影響，但矽薄膜整體申請量趨勢與其他太陽能電池於台申請趨勢大致相同。

申請人類型之數量比例

本部分為將所篩選的 481 件與矽薄膜太陽能電池關技術相關的專利進行申請人類型之分析，其中申請人的類型大致可分為三大類：公司、學術機構及個人。經分析公司類的申請人為最多(72.3%)、其次為學術機構(22.5%)，個人申請則占 5.2%，申請人類型以公司的比率為最多，顯示矽薄膜太陽能電池相關技術已屬成熟，為已商業化。

以優先權年度觀察申請人類型之變化

將申請人類型的件數依優先權年進行時間軸分析，如圖 4.2-39，其趨勢與矽薄膜太陽能電池歷年的申請量相同，其中以公司類型申請人的申請量最高峰為 2009 年、學術機構類型申請人的申請量最高峰為 2007、2009 年；至於個人類型申請人每年平均 1~4 件的專利申請量。

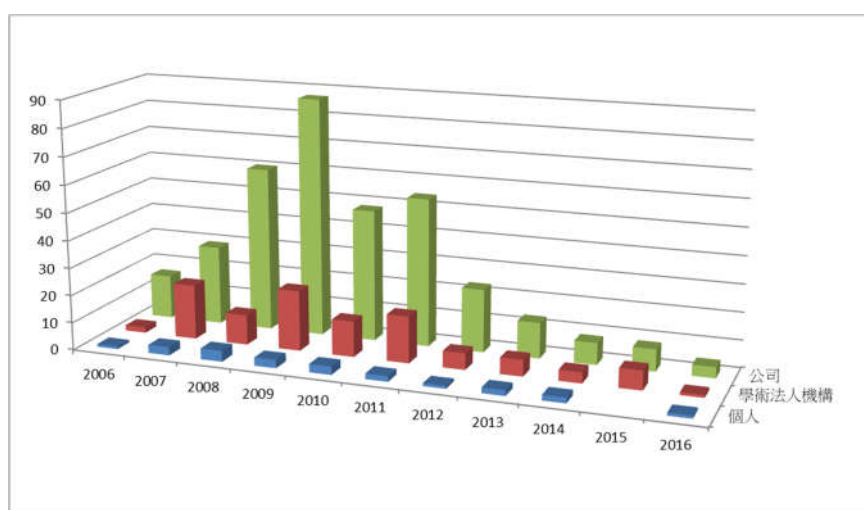


圖 4.2-39、矽薄膜太陽能電池(在台)歷年申請人類型(優先權年)

各國申請人之數量比例

圖 4.2-40 為矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，其中以台灣申請人占 60.3%為最多、其次為美國(18.3%)、日本(7.9%)、歐洲(6.2%)、南韓(3.3%)，中國大陸及其他國籍各占 1.2%及 2.7%，此趨勢顯示矽薄膜太陽能電池領域主要布局於台的國外申請人以美國、日本與歐洲等銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主。

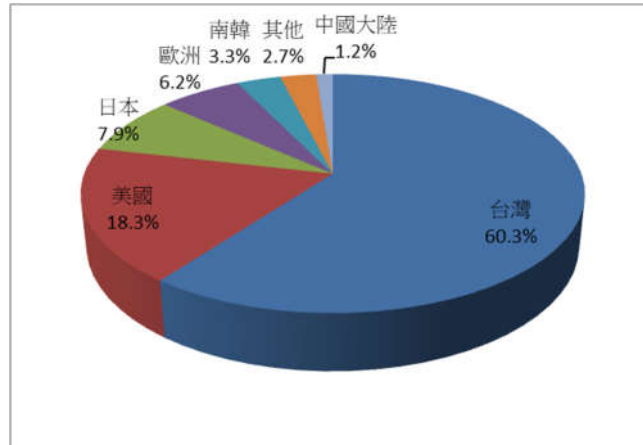


圖 4.2-40、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

IPC(技術特徵)之數量比例

本部分於台灣申請專利案之申請發展重點的分析方式，為利用國際專利分類號(以下皆簡稱 IPC)作為分析基準，其中矽薄膜太陽能電池主要技術(三階 IPC)申請趨勢主要於 H01L(半導體裝置；其他類目未包括的電固體裝置)，此一領域之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號；其次為 C23C(對金屬材料之鍍覆；用金屬材料對材料之鍍覆；表面擴散法，化學轉化或置換法之金屬材料表面處理；真空蒸發法、濺射法、離子注入法或化學氣相沈積法之一般鍍覆)，係屬半導體膜製程技術或裝置之 IPC 類位。

其中矽薄膜太陽能電池主要技術(四階 IPC)申請趨勢主要於 H01L-031(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置；此等半導體裝置之零部件)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係亦屬於太陽能電池的專有技術分類號；其次為 H01L-021(適用於製造或處理半導體或固體裝置或部件之方法或設備)，係屬薄膜製程技術與設備的 IPC 分類位。

進一步以圖 4.2-41 表示矽薄膜太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例，矽薄膜太陽能電池主要技術(五階 IPC)申請趨勢主要於 H01L-031/042(光伏模組或單一光伏電池陣列用作光伏(PV)轉換裝置)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，為太陽能電池的專有技術分類號；其次為 H01L-021(適用於製造或處理半導體或固體裝置或部件之方法或設備)，係屬薄膜製程技術與設備的 IPC 分類位。其次為 H01L-031/18(製造或處理此等裝置或其部件所特有的方法或設備)，係屬太陽能電池製程技術與設備的 IPC 分類位。

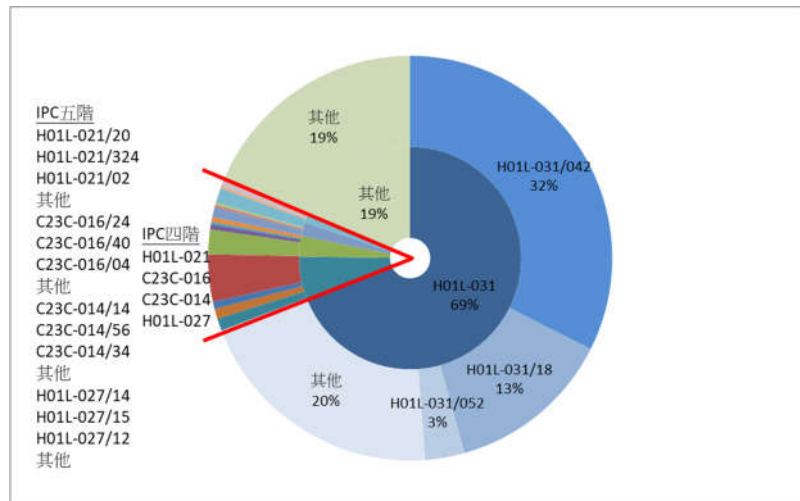


圖 4.2-41、矽薄膜太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例

以優先權年度觀察 IPC(技術特徵)之數量變化

圖 4.2-42 所表示分別為矽薄膜太陽能電池(在台)歷年主要技術(五階 IPC)申請數量(優先權年)，其可發現，於 2011 年 H01L/031-042 之分類號，相較於矽薄膜太陽能電池歷年申請狀況，有顯著增加之趨勢；且 H01L/031-04 之分類號的專利申請量最高峰為於 2007 年。其進一步分析優先權為 2007 年所賦予 IPC 分類號為 H01L/031-04 之專利案，均為我國專利申請人(工研院、核能所與台達電子)，且均為涉及矽薄膜太陽能電池製程之技術手段。

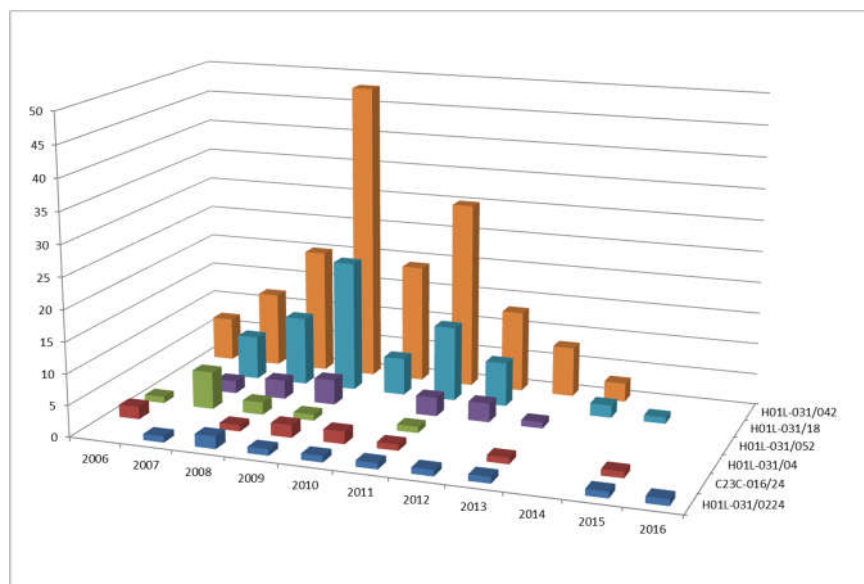


圖 4.2-42、矽薄膜太陽能電池(在台)歷年主要技術(五階 IPC)申請件數(優先權年)

主要申請國家分析

圖 4.2-43 表示矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，其中本國台灣籍專利申請人共 290 件、美國 88 件、日本 38 件、南韓 16 件、瑞士 13 件、德

國 6 件、……。其中值得關注的為：除了本國台灣籍專利申請人外，國外申請人係以美國、日本等銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主，再者，歐洲地區的國家係以瑞士與德國的專利申請人來台布局專利為主。

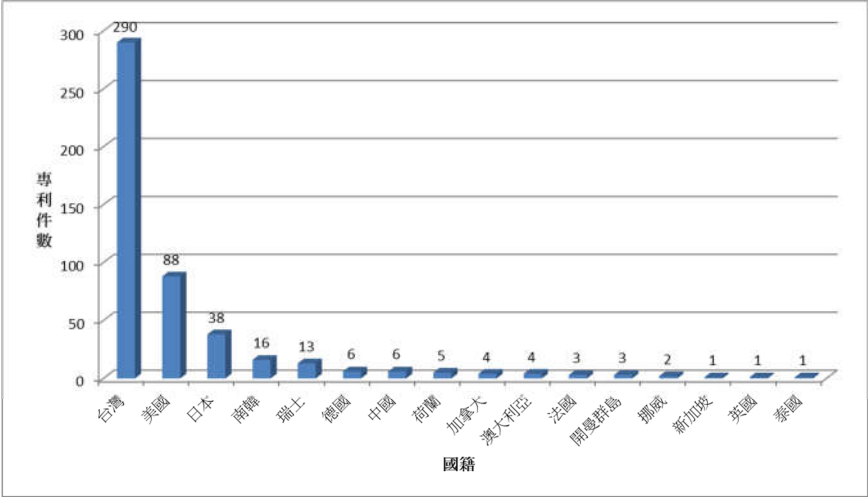


圖 4.2-43、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍申請件數

申請人類型及其國籍之數量比例

圖 4.2-44 表示矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍，各類型申請人類型，均以本國台灣籍專利申請人的申請量為大宗，進一步以國外申請人進行分析：可發現申請人為公司類型，以美國專利申請量為多數，其次為日本；僅以日本與中國大陸專利申請人為包括個人類型；至於學術機構類型申請人，各國均有 1~3 件的專利申請量。

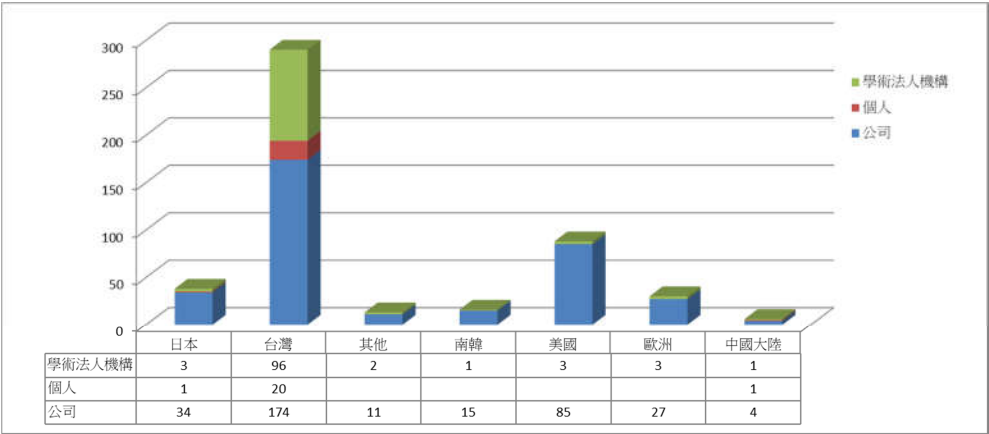


圖 4.2-44、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍

以優先權年度觀察各國申請人在台申請數量變化

圖 4.2-45 表示矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請數量，可

發現台灣籍與美國籍專利申請量達到高峰為於 2009 年後，其自 2011 至今為下降的趨勢；日本籍專利申請人為每年 1~6 件的專利申請量，然近年亦為申請量下降的趨勢；歐洲籍與南韓籍專利申請人為分別於 2009 年、2008 年到達申請量高峰後，至今下降的趨勢。至於中國大陸籍專利申請人僅於 2011、2013 及 2014 年各申請 2 件專利。

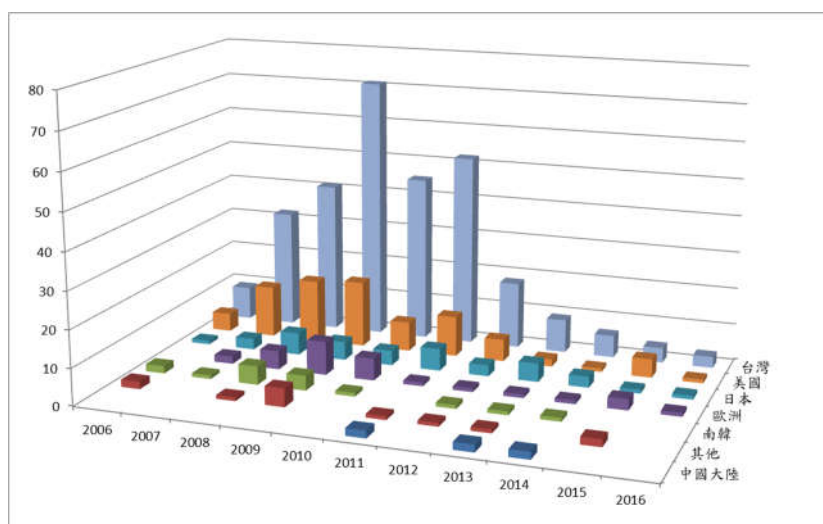


圖 4.2-45、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數(優先權年)

各國申請人 IPC(技術特徵)分布

矽薄膜太陽能電池(在台)各申請人國籍進行主要技術(三階 IPC)的分析：第一大均為 H01L(四階為 H01L-031)，其次為 C23C(四階為 H01L-021)。圖 4.2-46 所表示為矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(五階 IPC)申請數量，其中台灣籍、日本籍、南韓籍與中國大陸籍的第一大為 H01L-031/042(光伏模組或單一光伏電池陣列用作光伏(PV)轉換裝置)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號；而美國籍與歐洲籍專利申請人的第一大為 H01L-031/018(製造或處理此等裝置或其部件所特有的方法或設備)，即驗證了美國籍與歐洲籍專利申請人，主要以銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主。

國際分類號(五階)							
	台灣	美國	日本	歐洲	南韓	中國大陸	其他
第1大	H01L-031/042	H01L-031/042	H01L-031/042	H01L-031/042	H01L-031/042	H01L-031/042	H01L-031/042
	115	15	13	4	5	2	6
第2大	H01L-031/18	H01L-031/18	H01L-031/18	H01L-031/18	H01L-031/18	H01L-031/18	H01L-031/18
	33	23	2	6	2	0	1
第3大	H01L-031/052	H01L-031/052	H01L-031/052	H01L-031/052	H01L-031/052	H01L-031/052	H01L-031/052
	11	3	1	1	0	0	0
第4大	H01L-031/04	H01L-031/04	H01L-031/04	H01L-031/04	H01L-031/04	H01L-031/04	H01L-031/04
	8	2	1	0	0	0	0
第5大	C23C-016/24	C23C-016/24	C23C-016/24	C23C-016/24	C23C-016/24	C23C-016/24	C23C-016/24
	4	3	2	0	1	0	0

圖 4.2-46、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(五階 IPC)申請件數

主要申請人分析

將矽薄膜太陽能電池領域的全域專利案件 481 件以第一申請人進行分析，取申請數量前十者為主要申請人進行分析，其排名依序為：聯相光電(41 件)、宇通光能(40 件)、應用材料(28 件)、核能所(22 件)、工研院(21 件)、友達光電(12 件)、安慶新能源(11 件)、歐瑞康太陽(9 件)、康寧(8 件)及太陽電子(7 件)。其中前五大中包括 4 個國內申請人，「聯相光電」由世界級半導體廠商聯電集團成立於 2005 年，主要生產矽晶薄膜太陽能電池模組(Thin Film PV Module)為主；「宇通光能」為光寶科、益通、神通集團等科技大廠共同轉投資的薄膜太陽能電池模組公司，主要產品為矽薄膜太陽能電池模組，其於 2011 年與日商三菱重工合作，但現今目前已停業。至於「應用材料」為矽薄膜的設備供應商，「核能所」與「工研院」為我國國內的學術單位。

以優先權年度觀察主要申請人在台申請數量變化

圖 4.2-47 表示矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請數量(優先權年)，其中以各種太陽能電池進行逐一歷年申請分析：宇通光能自 2009 年開始申請專利到達 2011 年申請量最高峰後，隔年 2012 年只申請一件，且至今並無申請專利；聯相光電自 2007 年開始申請專利後，於 2011 年到達申請量最高峰後，至今的申請量趨勢為下降；應用材料自 2007 年開始申請專利後，於 2008 年到達申請量最高峰後，其至今的申請量趨勢為下降；工研院自 2007 年開始申請專利後(亦為申請量的高峰)，至今為申請量下降的趨勢；核能所自 2006 年開始申請專利後，於 2007 年達到高峰。至今亦為申請量下降的趨勢。值得關注的為前五大主要申請人 2016 年並無申請相關矽薄膜太陽能電池專利。

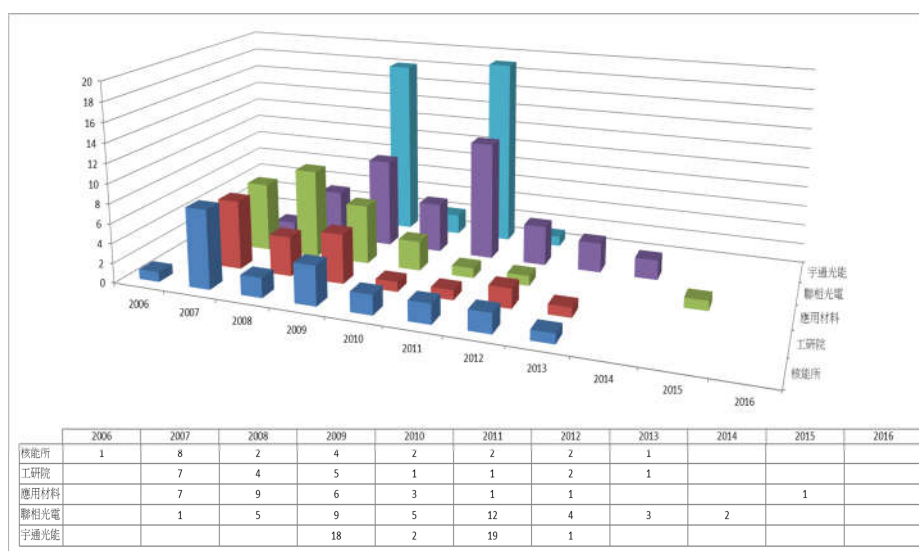


圖 4.2-47、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請件數(優先權年)

主要申請人 IPC(技術特徵)分布

本部分為利用國際專利分類號(以下皆簡稱 IPC)作為分析基準,進一步分析台灣申請專利案之申請發展重點,圖 4.2-48 及圖 4.2-49 所表示為矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(三階 IPC、四階 IPC)申請數量。以三階 IPC 分析,可發現五大申請人的第一大主要技術領域均為 H01L(半導體裝置;其他類目未包括的電固體裝置),此一領域之申請量大幅領先其他技術領域,係屬於太陽能電池的專有技術分類號,值得關注的為應用材料與核能所的第二大主要領域為 C23C(對金屬材料之鍍覆;用金屬材料對材料之鍍覆;表面擴散法,化學轉化或置換法之金屬材料表面處理;真空蒸發法、濺射法、離子注入法或化學氣相沈積法之一般鍍覆),係屬薄膜之製程技術或設備;以四階 IPC 分析,可發現五大申請人的第一大主要技術領域均為 H01L-031(對紅外輻射,光,較短波長之電磁輻射,或微粒輻射敏感者,且適用於將此種輻射能轉換為電能者,或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置;製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置;此等半導體裝置之零部件),此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域,係屬於太陽能電池的專有技術分類號;主要領域的第二大為 H01L-021(適用於製造或處理半導體或固體裝置或部件之方法或設備),係屬薄膜製程技術與設備的 IPC 分類位;其中應用材料與核能所的 C23C-014 與 C23C-016 所表示分別為「經由覆層形成材料之真空蒸發、濺射或離子注入進行鍍覆」與「經由氣態化合物分解且表面反應產物不留存於鍍層內之化學鍍覆,例如化學氣相沈積工藝(CVD)」,係屬矽薄膜製程之技術,因此可驗證應用材料與核能所係以矽薄膜太陽能電池製程技術與設備之專利申請布局為主。

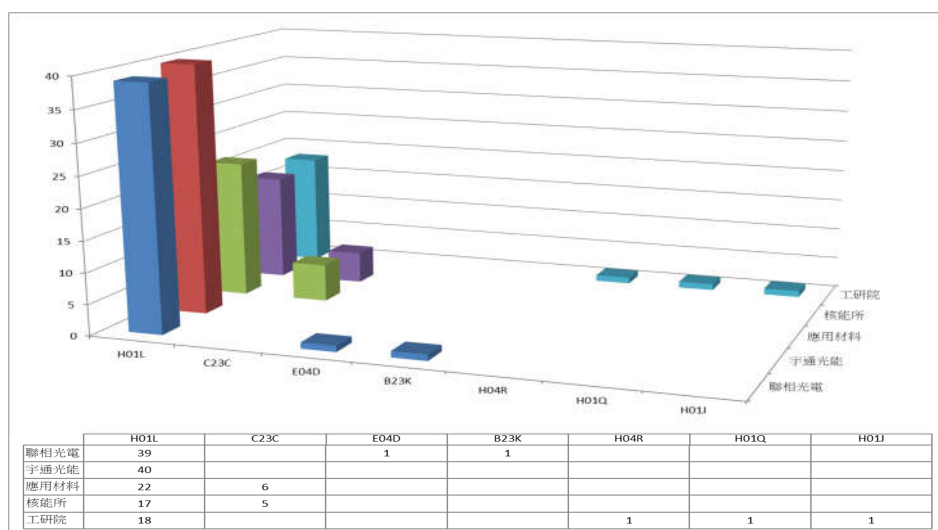


圖 4.2-48、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(三階 IPC)申請件數

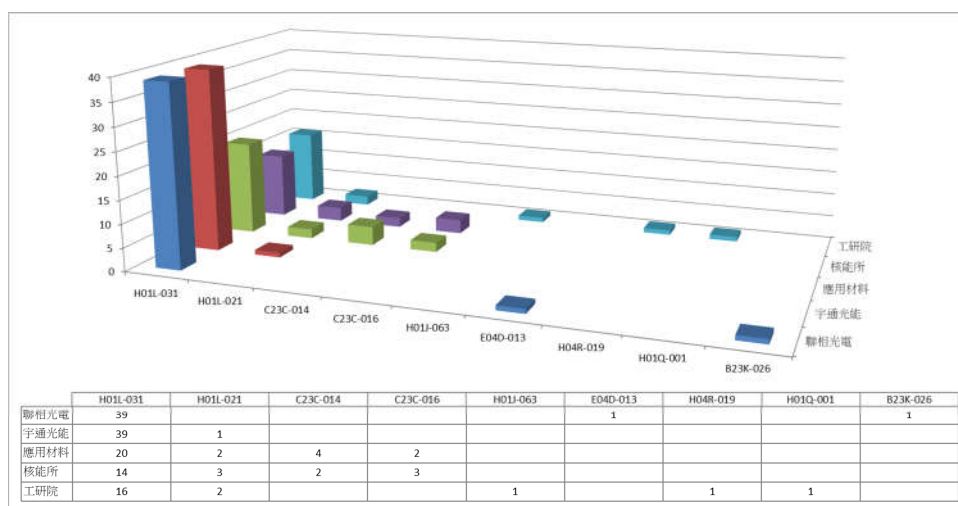


圖 4.2-49、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(四階 IPC)申請件數

4.3、無機化合物太陽光電相關專利趨勢分析

無機化合物太陽能電池包含以半導體領域常用的二極體材料(如 III-V 系、II-VI 系化合物)及加工而得的三元四元化合物作為吸收層使用，以及結合不同吸收層形成的多接面太陽能電池，分為全球申請及在台的申請分析。

4.3.1、無機化合物太陽光電全球相關專利趨勢分析

本部分主要是利用 Derwent Innovation 資料庫，統計 2007 至 2017 年之間各國所公開專利之無機化合物太陽光電相關發展趨勢並作一分析，其中專利家族為 13164 族、全體專利為 28340 件。

將優先權年位於 2006 至 2016 年間有關太陽能電池領域相關之專利，以吸收層材料為 III-V 系、II-VI 系無機半導體化合物及三元四元化合物、多接面等關

鍵字進行篩選，選擇 DWPI 專利家族最早專利(主要分析母體)及其家族形成之全體專利(申請流向、專利局間交叉分析母體)進行製圖。

(1)全球申請概況分析

以優先權年度觀察申請數量變化

以專利家族最早專利數量對優先權年 2006 起至 2016 各年份製圖，分析 13164 族專利家族，以優先權年於 2011 及 2012 年間族數最多，而後至 2016 年降至如 2007 年間之水準，如圖 4.3-1 所示：

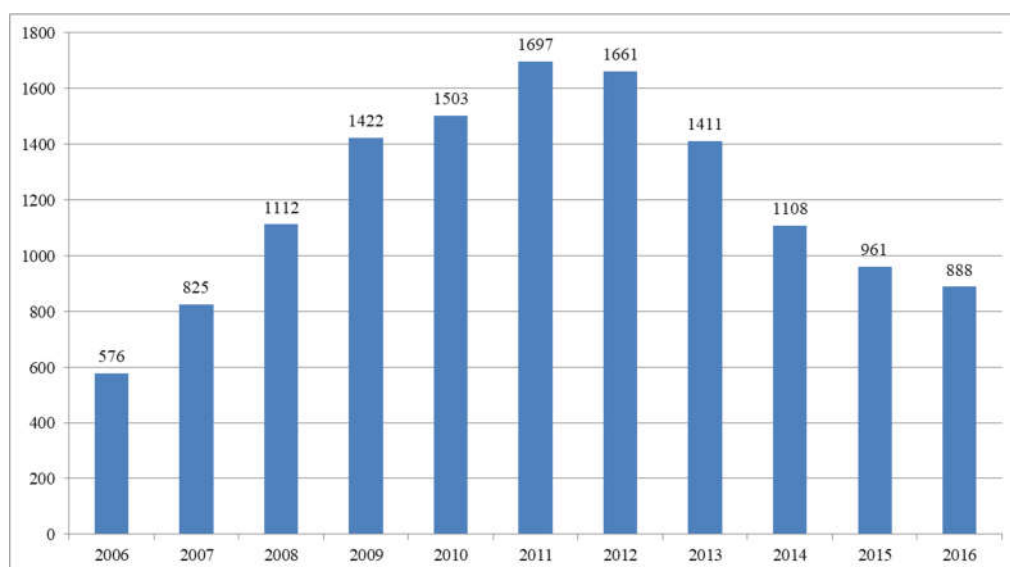


圖 4.3-1、無機化合物太陽能電池(全球)歷年申請族數(優先權年)

由於 2008 年國際油價飆升至新高，減碳及綠色能源替代作為主流觀念興起，全球各國藉由政策補助或補貼太陽能產業，相關產業發展蓬勃，專利研發數量年創新高。到 2012 年時，因中國大陸發展量能過剩，並以低價及大量搶占全球市場形成壟斷，引起歐美國家的注意，於 2012 年 10 月美國開始對從中國進口的太陽能元件徵收「雙反」關稅，歐盟在 2012 年對中國進口太陽能面板啟動反補貼調查，並在 2013 年宣布，對中國進口太陽能面板課徵反傾銷、反補貼稅，間接導致中國最大太陽能面板廠無錫尚德及許多相關太陽能廠破產，技術能量大幅衰退，也直接反應至專利申請的數量上，自 2013 年相關的太陽能產業經濟制裁開始，目前無機化合物半導體太陽能電池的專利數量仍呈現年減的趨勢，相關變化更可於申請人對應優先權年的申請數量看出端倪。

各國申請人之數量比例

以專利家族最早專利數量及申請人國籍進行 13164 族專利家族的分析，並以申請量前六大國家/地區及其他進行製圖(圖 4.3.1-2)，專利家族件數以中國大陸(28.0%、3685 族)為最大宗，其次為美國(23.5%、3093 族)、日本(19.0%、2502 族)、南韓(14.5%、1915 族)、歐洲(8.5%、1125 族)及台灣(4.5%、588 族)，相較於總申請件數，專利家族族數的統計以中國大陸較美國為多，主因在於中國大陸之主要申請集中於近幾年，且主要於本國申請，單件專利的專利家族多而相關

連之專利總數較少之故。

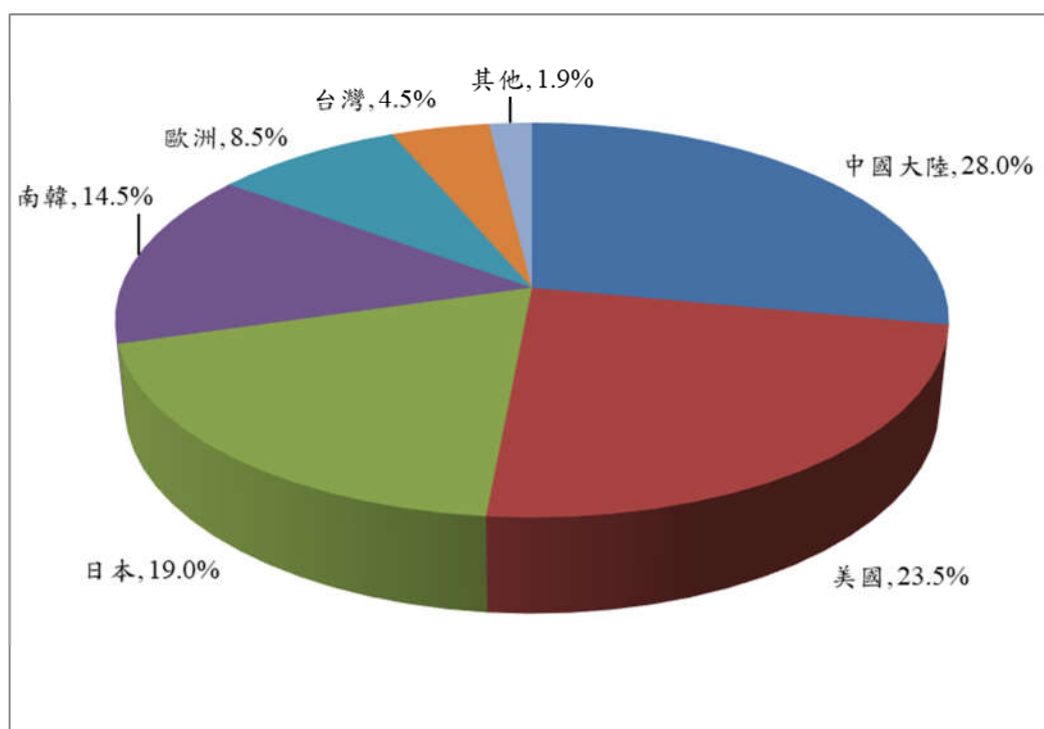


圖 4.3-2、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例

就無機化合物太陽能電池領域來看，仍以五大局國籍申請人為最多，台灣則緊追於五大局後，此與台灣政府相較其他國家/地區而言，對太陽光電產業的補助及鼓勵技術開發有密切相關。

主要發展技術特徵及達成功效

以專利家族就摘要、DWPI 摘要進行分析，就研發技術特徵包含製造方法、結構單元及封裝計算其族數比例，並就結構單元內抗反射層、緩衝層、基板、電極、透明導電層及吸收層計算其族數比例，最後以無機化合物吸收層之特徵，如 III-V 族、II-VI 族及多元化合物-多接面太陽能電池計算其族數比例；技術特徵以結構單元為最多，約占八成，結構單元技術以吸收層最多約三成、其次為基板及電極等，吸收層材質則差異不大，而以 III-V 族化合物 38% 為最多。

將專利家族就太陽能電池領域常見之六大功效於摘要、DWPI 摘要進行分析，其中「延長壽命」為整合分析時所用之「提升性能」、「提高產能」為「提高產量」、「擴大用途」為「增加應用」。其中關於所欲達成的功效，主要為提升效率(35%)、其次才為延長壽命(22%)及降低成本(20%)，因無機化合物太陽能電池相較於矽類太陽能電池或有機太陽能電池而言，其光轉換效率為其優勢之處，故相關技術研發以效率的再提升或以多接面設計提高光接受範圍而提升效率為主流，降低原料之成本及提高使用週期則作為改善其缺點，包括減量廢棄物以降低毒性較高的成份處理量、降低砷化鎵等昂貴半導體材料於太陽能電池開發之成本；就提高產能(9%)及增加應用(12%)面而言，無機化合物太陽能電池已屬較成熟之太陽能產業，

其可量產之技術已趨穩定，故提高產能相關的研發需求較低，薄膜型可撓性基材之研發亦可適用於其他薄膜材質太陽能電池，專用於無機化合物太陽能電池的亦不多故其數量較低；最後，對環境友善的回收技術占比極低(2%)，推測可能市場對此暫無需求，或相關量產的電池模組仍未進入回收期，故急切性不高。

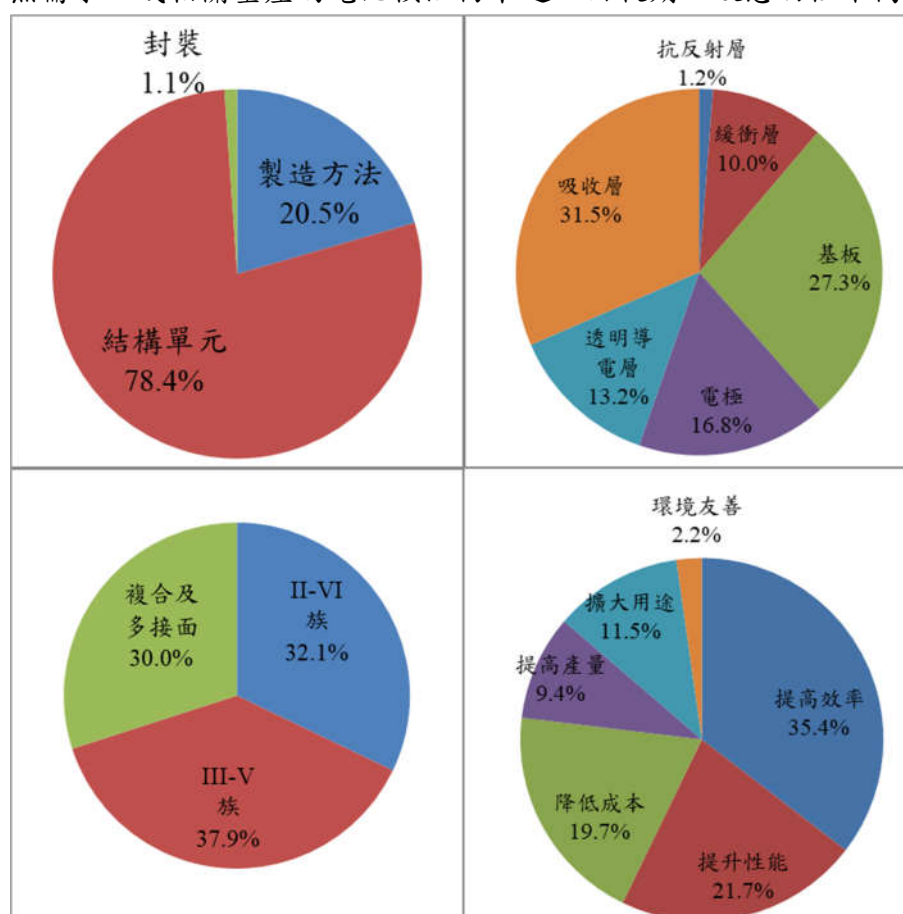


圖 4.3-3、無機化合物太陽能電池(全球)技術與達成功效比例比較

以優先權年度觀察技術特徵及達成功效的數量變化趨勢

接著將各個技術特徵(技術類型、結構技術及吸收層材質)及達成功效，就不同優先權年作為時間軸觀察各年度技術及功效申請量的變化趨勢，並與總體的趨勢進行比較，就技術類型而言，其變化與整體差異不大，高點落於 2011 年，同樣因歐美反傾銷、歐債等因素而使研發能量逐年降低，呈現萎縮的趨勢；就結構單元之各技術而言，其變化亦與技術特徵及整體差異不大，高點落於 2011 年，同樣隨著相關負面因素而使研發能量逐年降低，呈現萎縮的趨勢；以不同吸收層材質進行分析，其變化亦與技術特徵、結構技術及整體差異不大，惟複合及多接面類型的高點落於 2012 年，但之後隨之逐年降低，但 2015 年則趨近平衡，推測就吸收層的改良上，主要的公司之技術能量仍在，而其餘技術追隨者則因無力支持而退出所致。

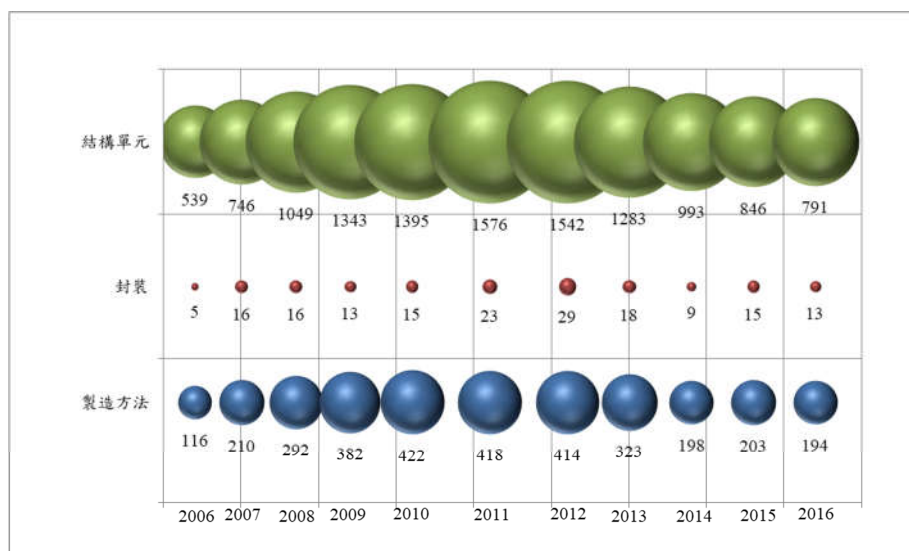


圖 4.3-4(a)、無機化合物太陽能電池(全球)歷年主要技術申請族數(優先權年)

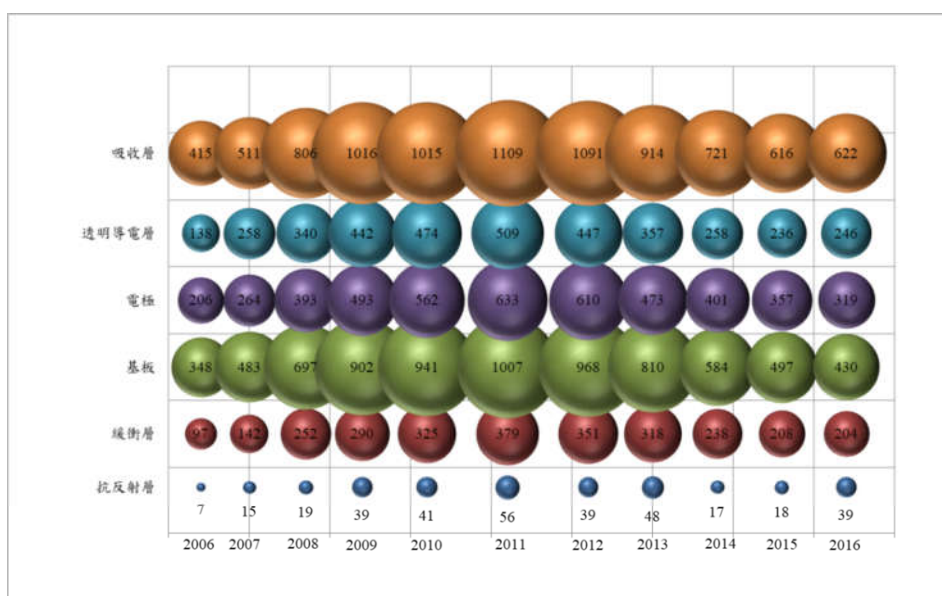


圖 4.3-4(b)、無機化合物太陽能電池(全球)歷年結構技術申請族數(優先權年)

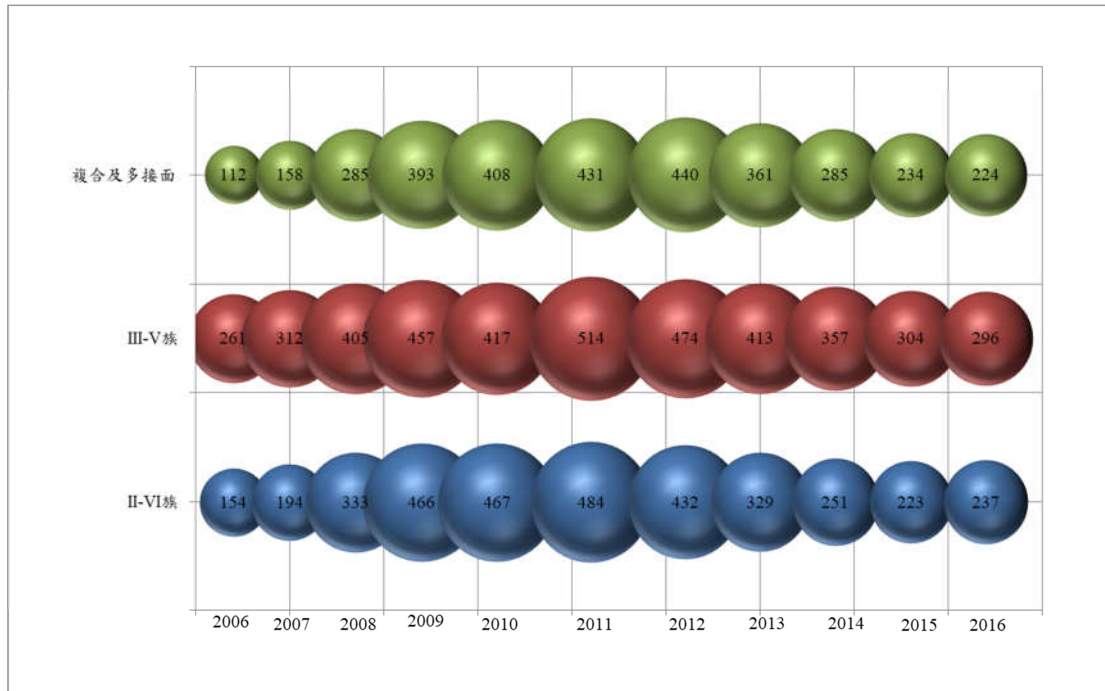


圖 4.3-4(c)、無機化合物太陽能電池(全球)歷年各種吸收層申請量(優先權年)

將達成功效以優先權年進行時間軸分析，其數量變化與總體趨勢大致相同，惟降低成本及提升性能方面的高點落於 2012 年，且降低成本、擴大用途方面的專利件數在 2015 年後呈現持平，可能與相關的專利大多為中國大陸專利，而其研發方向著重於產能及薄膜所需的用途功效有關。

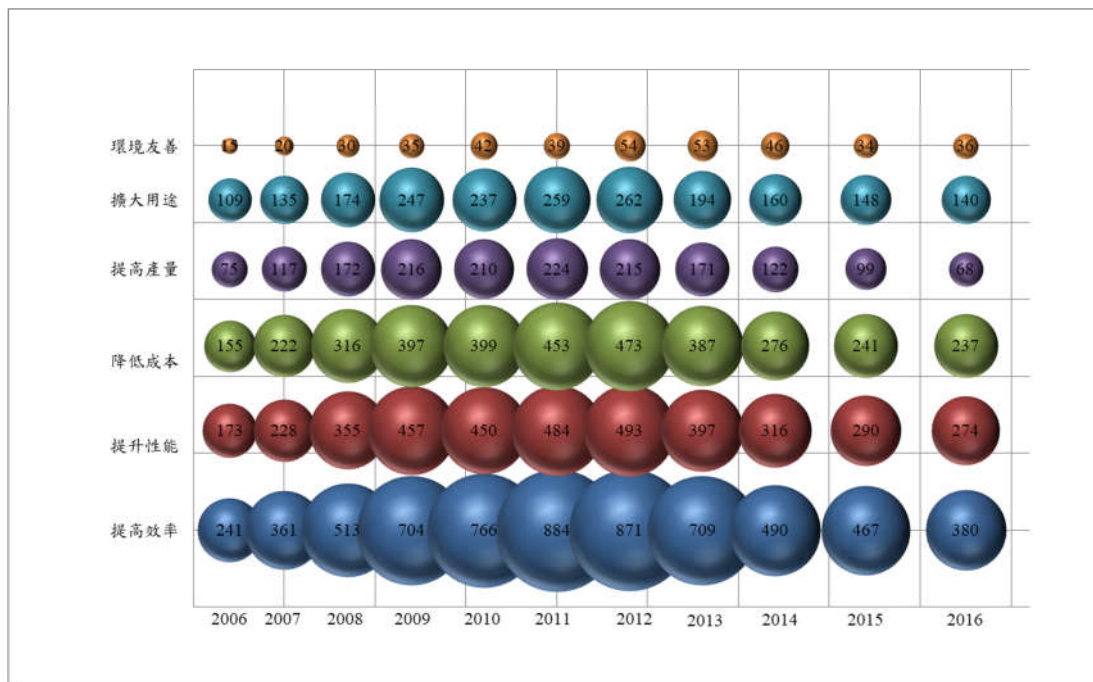


圖 4.3-5、無機化合物太陽能電池(全球)歷年達成功效申請量(優先權年)

主要技術與達成功效矩陣分析

將專利家族就上述分析中主要技術特徵、結構單元及吸收層材質與六項功效進行交叉比較，從技術特徵來看，製造方法提供的功效以提高轉化效率為主，其次為降低製作成本；結構技術的改良提供的功效亦以提高轉化效率為主，其次為延長提升性能及降低成本，值得注意的是在擴大用途的部分亦有 1952 族，此部分相關的研究為在可撓性基板上形成薄膜層，顯示了未來利用化合物半導體太陽能電池的趨勢，其餘部分之分布及多寡亦相差不大。

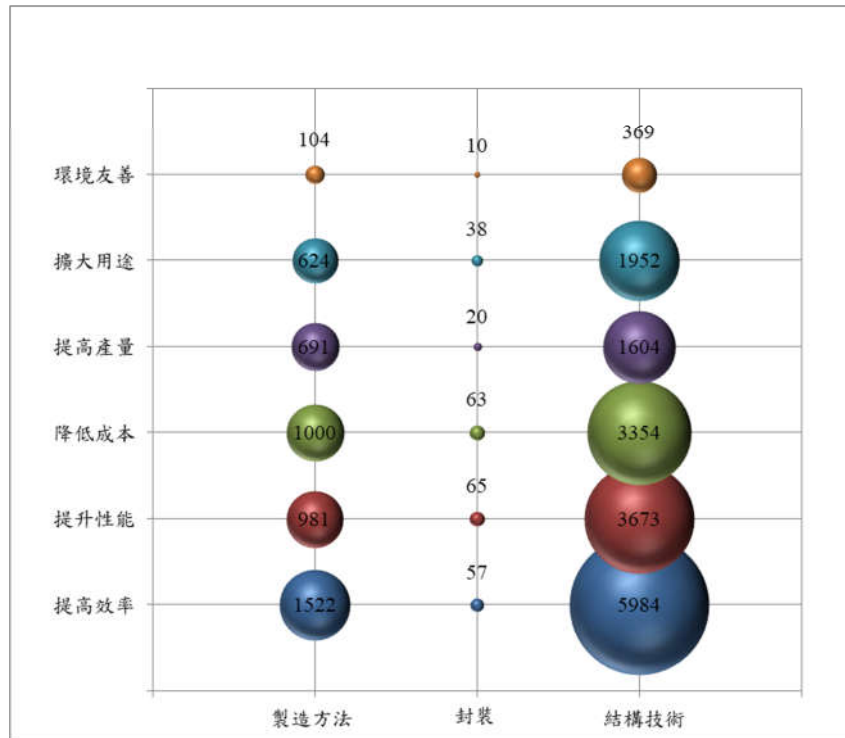


圖 4.3-6(a)、無機化合物太陽能電池(全球)主要技術與達成功效矩陣分析

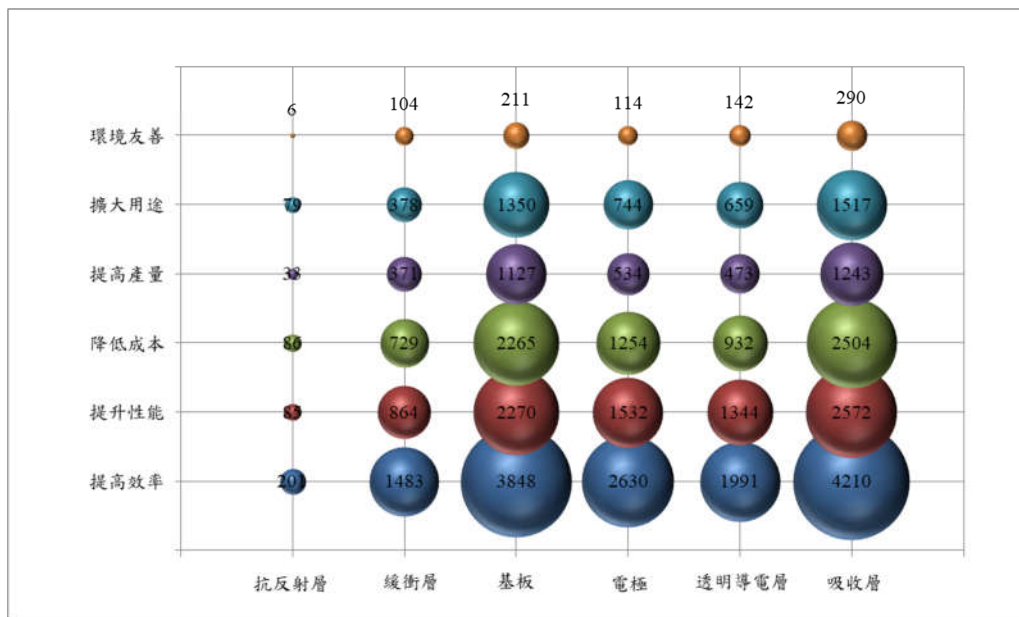


圖 4.3-6(b)、無機化合物太陽能電池(全球)結構技術與達成功效矩陣分析

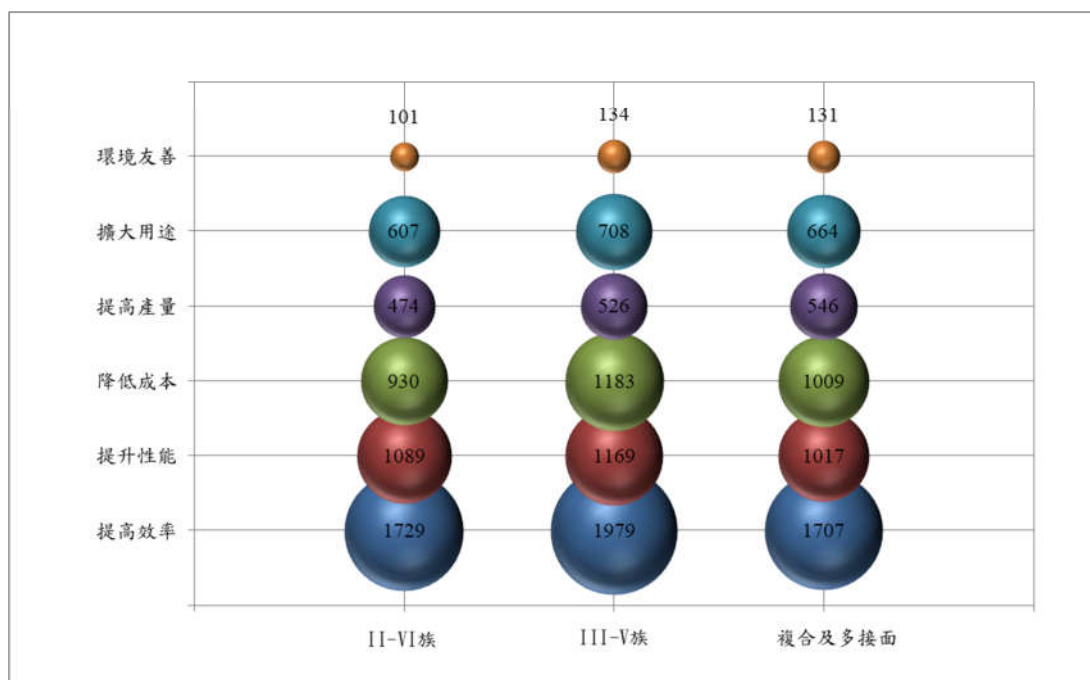


圖 4.3-6(c)、無機化合物太陽能電池(全球)各種吸收層與達成功效矩陣分析

(2)全球申請流向及主要公開專利局分析

申請流向圖

以五大局及台灣智慧局之申請數量及申請人國籍進行圓餅圖及泡泡圖之繪製，五大局申請人仍以本國申請案為最多，其次則多布局於美國進行專利申請，與總族數不同，總申請件數量以美國為最大宗。

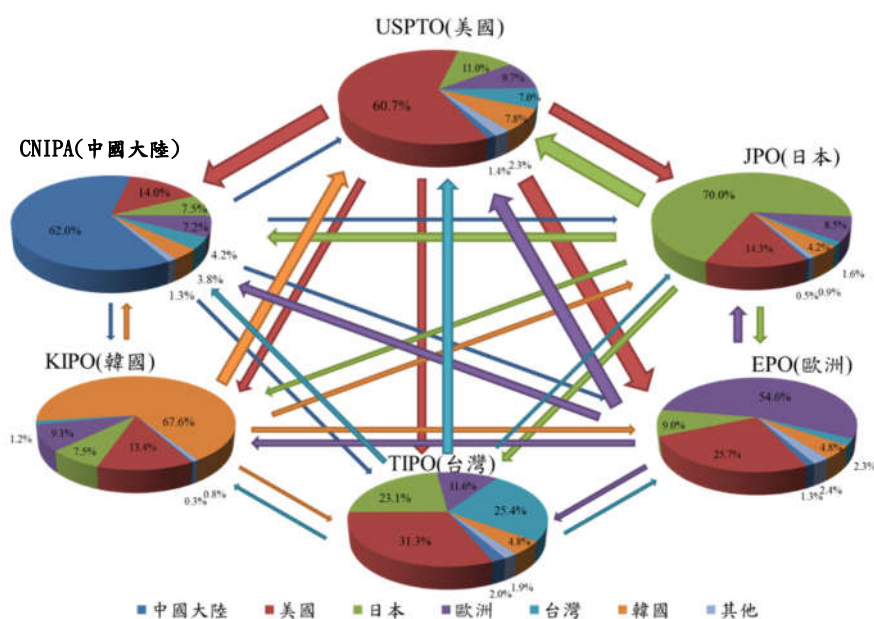


圖 4.3-7、無機化合物太陽能電池(全球)申請流向圖

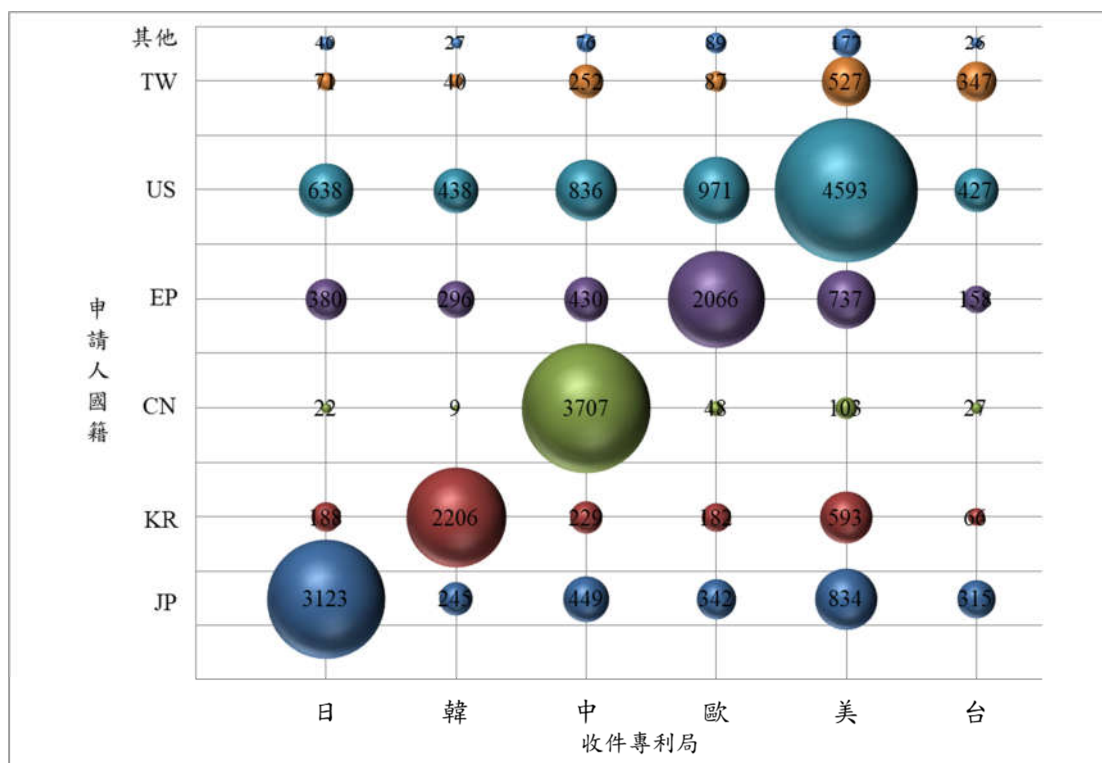


圖 4.3-8、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

在流向圖中以箭頭大小作為專利流出量的參考，五大局中本國申請案皆維持一半以上之占比，技術流出件數最多為美國，最少為中國大陸，故專利最大淨輸入國為中國大陸，最大淨輸出國為美國，本國申請人占該局最高比例為日本特許廳之 70.0%、其次為南韓智慧財產局之 67.6%。

台灣申請人則優先於美國進行專利布局、其次才於台灣、中國大陸申請專利，可由無機化合物半導體太陽能電池主要生產的廠商為美國有較大關係，於美國申請亦有利於進行專利授權及移轉。

以優先權年度觀察各專利局申請數量趨勢

將各專利局公開量依優先權年進行時間軸分析，可明顯看出自 2010 年起美國專利申請數量逐年下降，而中國大陸專利數量則逐年上升，於 2012 年達到高點 740 件，隨後幾年則稍稍下降至 571 至 627 件，亦可從疊加柱狀圖觀察化合物半導體太陽能電池專利由美國為主要申請國轉為中國大陸，技術能量亦集中於中國大陸，如 2016 年占全球專利公開比例已達 58.5%。

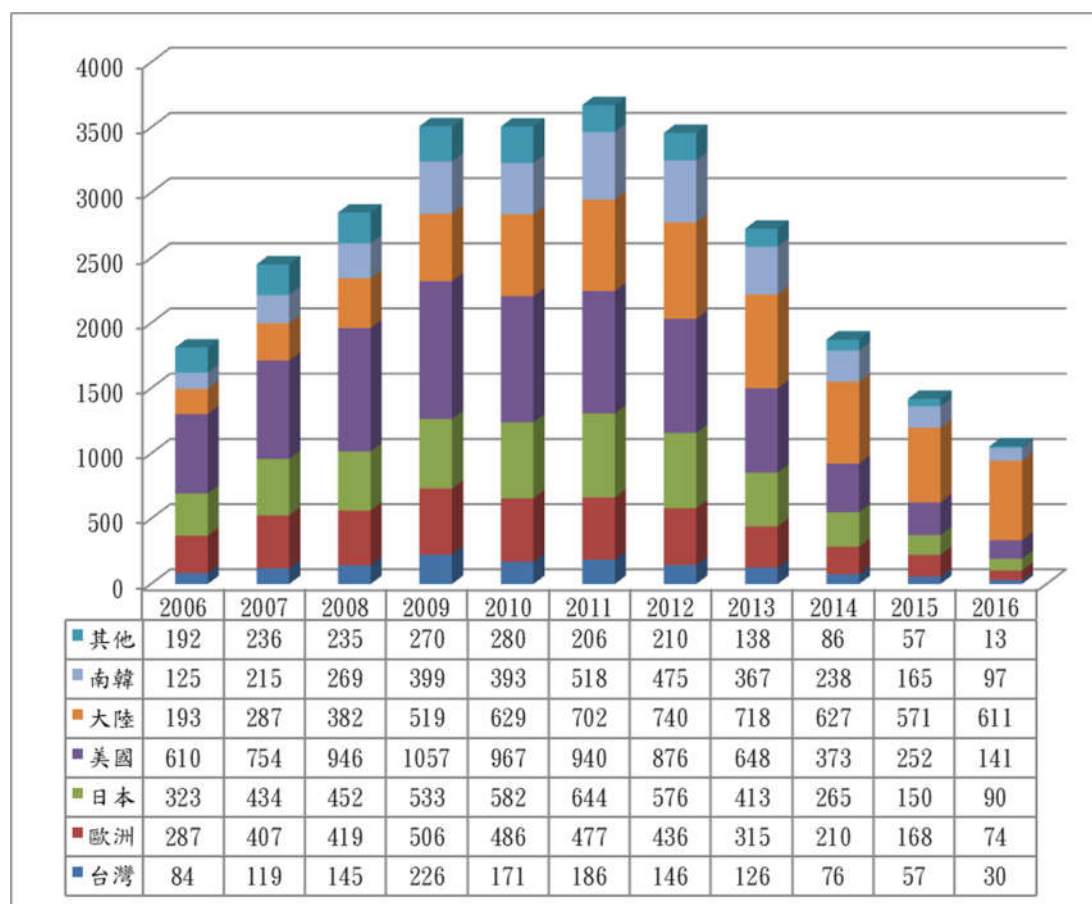


圖 4.3-9、無機化合物太陽能電池五大局與台灣專利逐年申請件數

(3)全球主要申請人國籍申請統計分析

優先權年度觀察各國申請人(五大局+台灣)之數量變動趨勢

以專利家族最早專利數量對優先權年 2006 起至 2016 各年份製圖，分析 13164 族專利家族，並以申請前六大國籍及其他國家進行泡泡圖繪製，美、日、韓、歐皆以優先權年於 2011 及 2012 年間件最多，僅中國大陸仍維持水平的態勢，但相關之專利皆僅於中國大陸境內申請，其對技術貢獻的含量及可移轉性仍有值得討論之處。

除中國大陸外，各主要技術國於 2011 年後在無機化合物太陽能電池領域的研究迅速萎縮，主因有二：首先是技術的推移，無機化合物太陽能電池屬第二代太陽能電池，距 1960 年代採用真空蒸鍍法製得硫化鎘太陽能電池至今已有將近 60 年，屬於較成熟的技術，領先技術國將研發能量轉移至新世代太陽能電池，如有機染料敏化、量子點及鈣鈦礦等太陽能電池是可以預期的，其次，由於 2007 年起中國國家發展和改革委員會的再生能源計畫，以政策方式進行補貼、融資等手段大量扶植國內太陽能產業，導致後續歐美各地的太陽能電池製造產業退出市場或倒閉消失，前驅技術能量的衰退自然連帶相關專利技術能量的衰退。

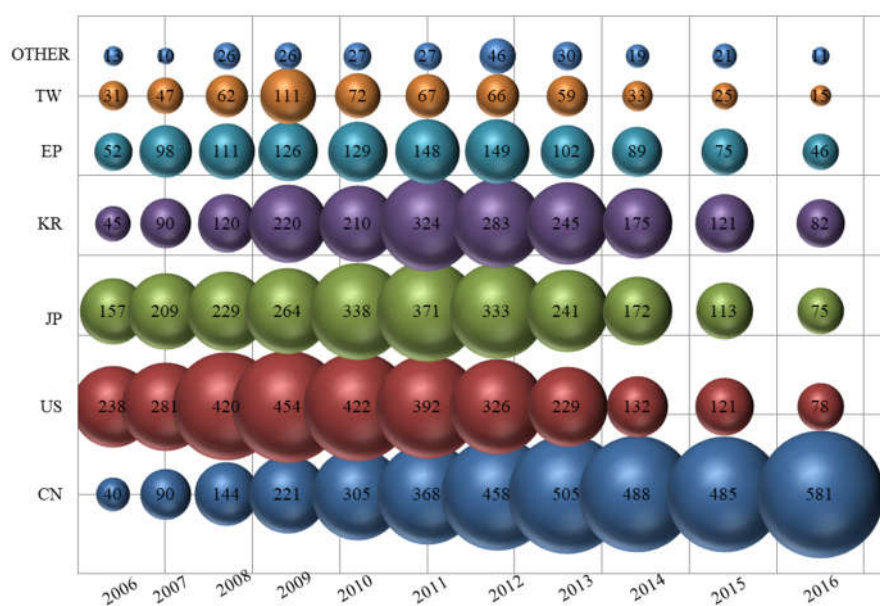


圖 4.3-10、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

以優先權年度觀察各國申請人專利件數及家族族數之比例

以上述計算的專利家族數量與全部件數相除，計算各國申請人於各優先權年度間其全部專利數與專利家族數之比例，可觀察到中國大陸自 2006 年起之全部件數/家族族數比例皆約落於 1 附近，代表其本國申請人偏向於本國內申請專利，無意於海外布局，亦表示可見的公開專利皆為國內專利，其量與質間可能有相當落差，而總體觀之，件數與族數比例最高者為歐洲專利，特別在 2008 年達 7.5，代表該專利家族延伸的分割案件及國際間布局的必要性高，亦可作為判斷專利技術是否具全球性的指標，詳細如圖 4.3-11 所示：

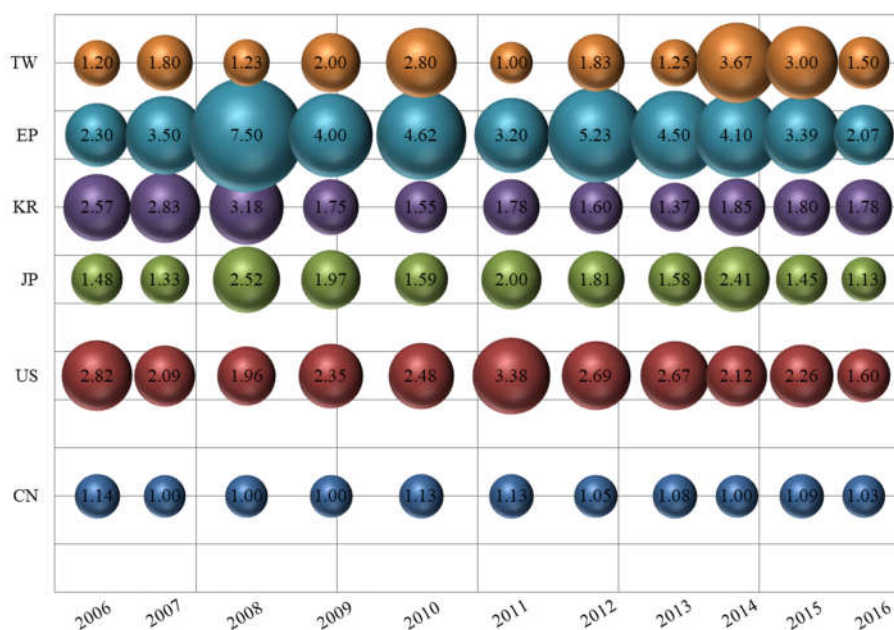


圖 4.3-11、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年專利數及家族數比例(優先權年)

各國申請人主要技術特徵及達成功效分布

以專利家族進行申請人國籍區分不同技術特徵及所欲達成之功效之分析，就技術特徵、結構單元技術及吸收層材質而言，總專利家族件數及結構單元技術的數量以中國大陸為最多，製造方法則以美國較多；以結構單元技術來看，中國大陸於電極技術的研究上明顯較他國為多，是總件數及結構單元上勝過美國的關鍵，而吸收層材質技術則以美國為最多，於三種類型的吸收層上皆為最多，而以吸收層材質來觀察，美國、中國大陸、日本、歐洲及台灣皆以 III-V 族為最多，而南韓則在多元化合物及多接面上為最多，表示其技術能量於較新的太陽能電池技術上投資較多。

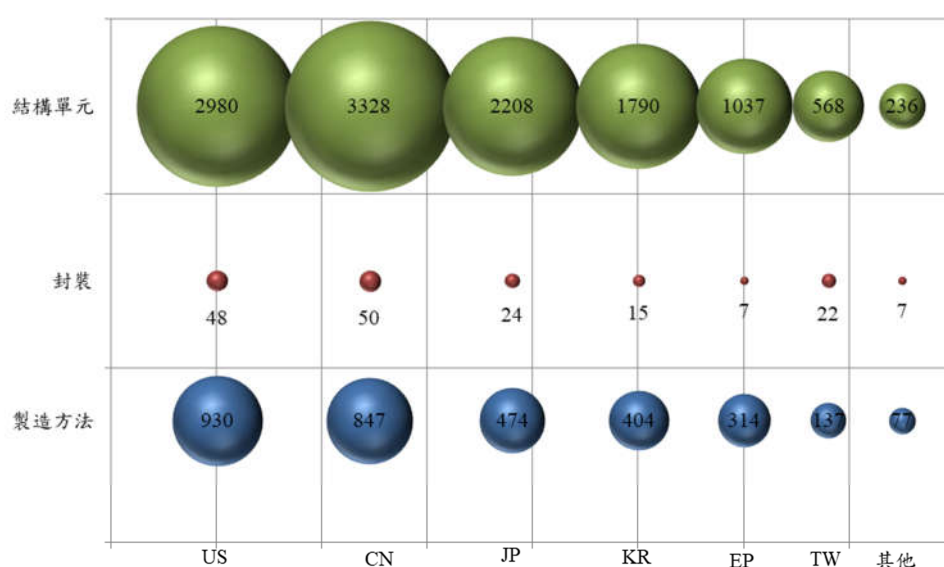


圖 4.3-12(a)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數

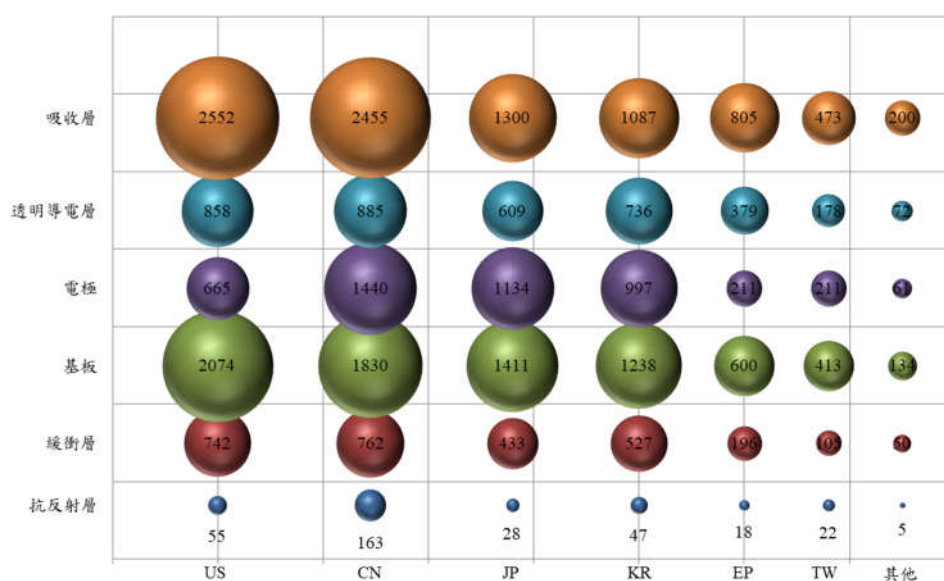


圖 4.3-12(b)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍結構技術申請族數

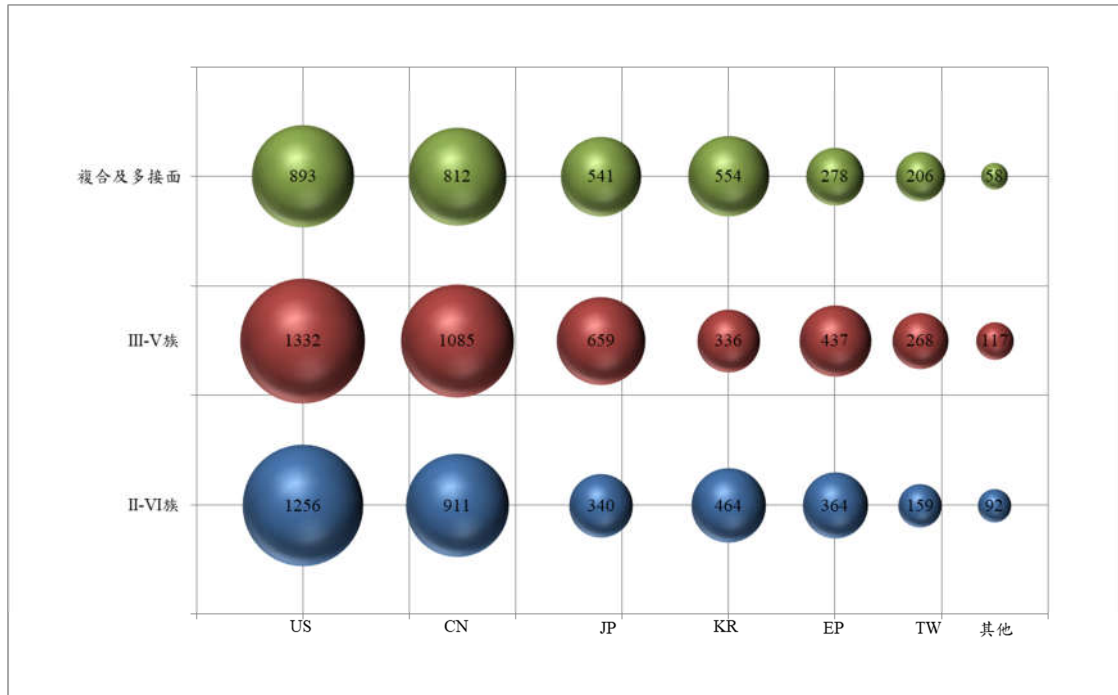


圖 4.3-12(c)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍各種吸收層申請族數

以達成的六大功效進行分析，總體趨勢差異不大，亦呈現各國間件數較多者於不同功效上亦為較多的國家，功效件數較多者於各國件數排序亦為較多，差異之處在於美國於提高效率的部分為最多，此為較先期化合物半導體太陽能電池的開發重點，而中國大陸則於提高產能上明顯較他國為多，應與近年中國大陸成為主要太陽能電池模組供應國有關。

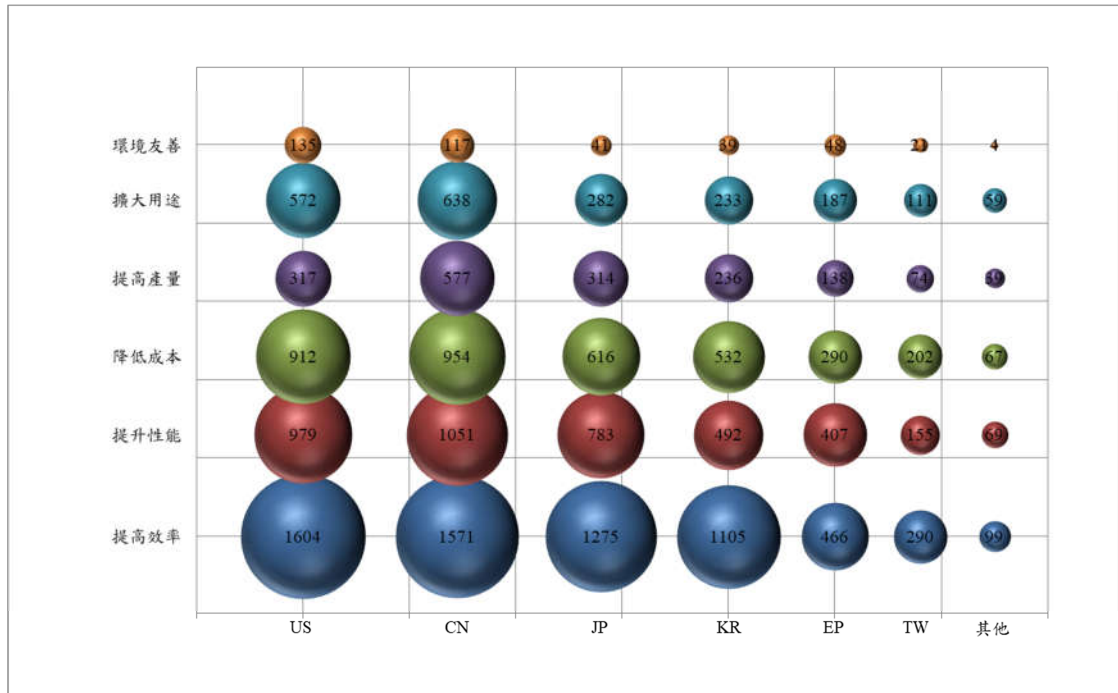


圖 4.3-13、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

第一申請國家發展技術特徵及達成功效

將總專利家族數最多的申請國(中國大陸)之技術特徵及達成功效進行分析，技術特徵中，以結構單元類的技術(79.0%)為最多，將結構單元依技術區分，以吸收層(33.0%)為最多、其次為基板(24.0%)，而吸收層技術則以 III-V 族最多(39.0%)，但三者間差異不大，並無特別集中研發的吸收層技術，功效方面而言，以提高效率為主(35.0%)，其次為提升性能與降低成本(22.0%、20.0%)，與其餘各國間差異並不大。

(4)全球主要申請人統計分析

利用 DWPI 分類的第一專利權人代碼做為申請人，就化合物太陽能電池領域專利家族 13164 族進行分析，取申請數量前十者為主要申請人，以優先權年、研發技術特徵(包含製造方法、結構單元及封裝)、結構單元(包括抗反射層、緩衝層、基板、電極、透明導電層及吸收層)、吸收層種類(包括 III-V 族、II-VI 族及多元化合物-多接面)及達成的六大功效進行泡泡圖繪製，並比較其技術集中的優先權年度、技術特徵及達成功效的時間、技術及功效。篩選後之前十大申請人分別為 LG(樂金)、三星、IBM、第一太陽能、中國電子科技集團、住友電氣、台積電、京瓷、夏普及中國科學院。

以優先權年度觀察十大申請人申請數量趨勢

以優先權年進行的分析中，可觀察出除了中國大陸籍的申請人(中國電子科技集團及中國科學院)及台積電外，其申請數量最多的優先權年份皆在 2010 至 2012 間，其中以 LG 在 2011 年的 86 件為最多，而大部分公司於 2013 年後申請件數可觀察到明顯的滑落，第一太陽能甚至於 2014 年無任何新的申請專利案件，詳細的分布以泡泡圖繪製。

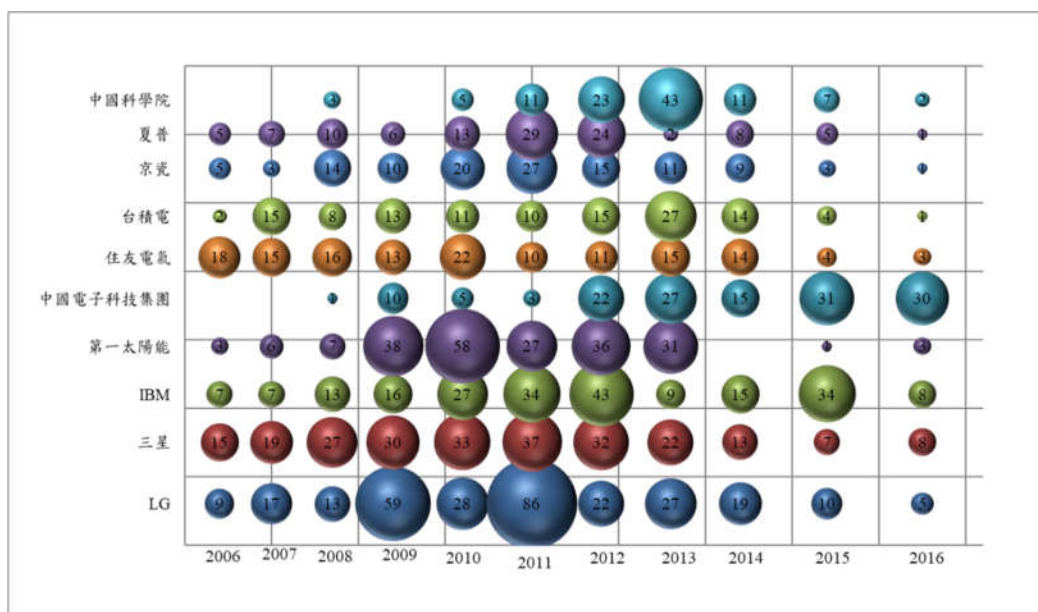


圖 4.3-14、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數(優先權年)

主要申請人發展技術特徵及達成功效數量

以技術特徵及達成功效進行分析，可觀察出製造方法主要以美國公司為主（如 IBM 及第一太陽能）、而結構單元則與各申請人總申請件數排序相當，封裝技術則以台積電為最高(7 族)；結構單元中，吸收層技術以第一太陽能為最高、LG 則以其餘結構單元的技術為主，如基板相關有 227 族、電極相關有 219 族，日本申請人(京瓷、夏普)於基板相關的專利亦較吸收層技術高，其餘申請人則以吸收層技術為最多；以吸收層材質進行比較，可明顯看出碲化鎢太陽能電池為主的第二太陽能公司主要集中於 II-VI 族太陽能電池的開發(即碲化鎢，198 族)，LG、台積電則在多元化合物及多接面太陽能電池著墨較深，其餘各公司亦有其專注的吸收層材質，如 IBM 於 II-VI 族及 III-V 族(96 族、91 族)、三星於 III-V 族(101 族)、中國電子科技集團於 III-V 族(56 族)及多接面(48 族)、住友電氣於 III-V 族(118 族)、京瓷於 II-VI 族(31 族)及 III-V 族(29 族)、夏普於 III-V 族(45 族)及中國科學院於 III-V 族(88 族)；達成功效方面，則以提高效率為主，台積電於降低成本的考量上則與提高效率相當(皆 46 族)。

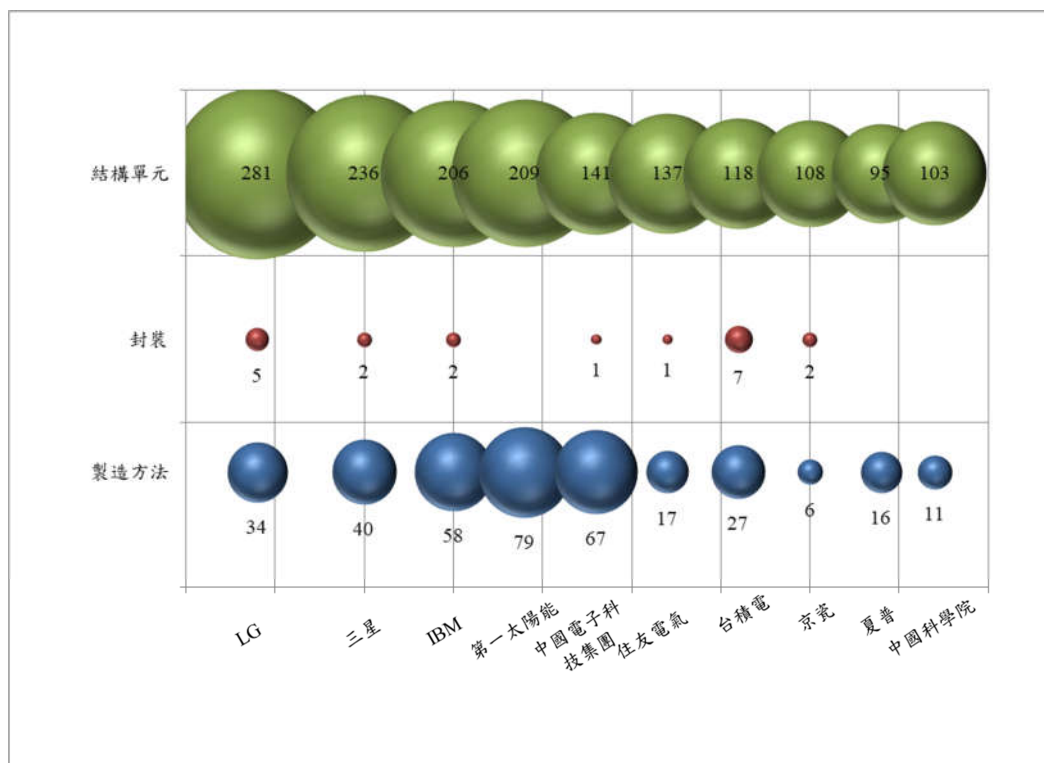


圖 4.3-15(a)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人主要技術申請族數

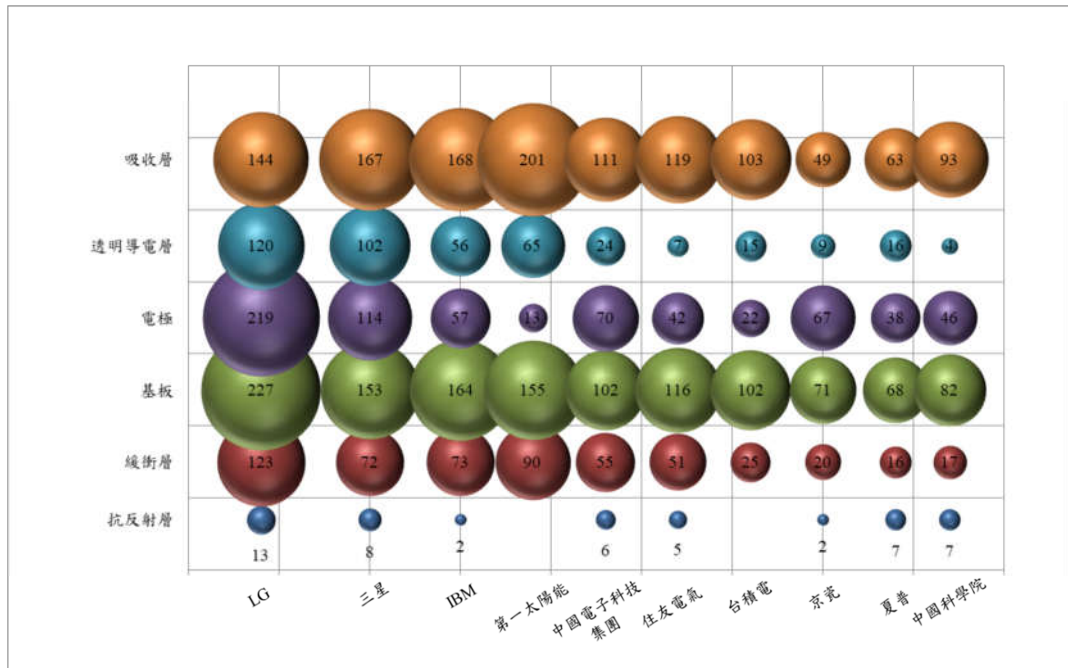


圖 4.3-15(b)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人結構技術申請族數

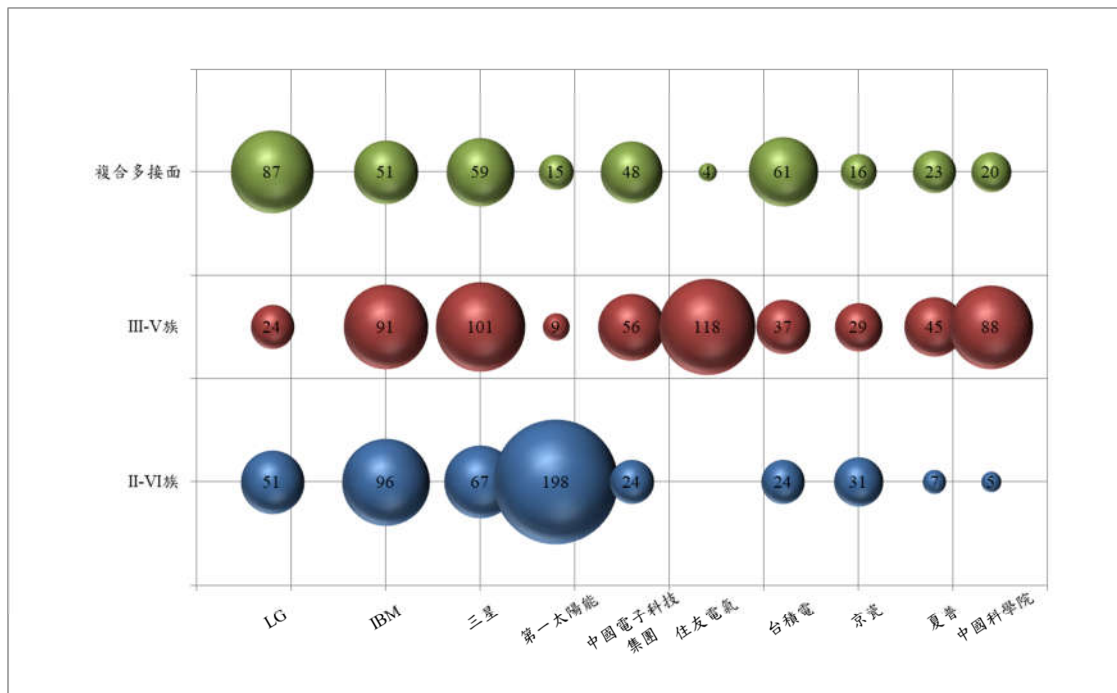


圖 4.3-15(c)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人各種吸收層申請族數

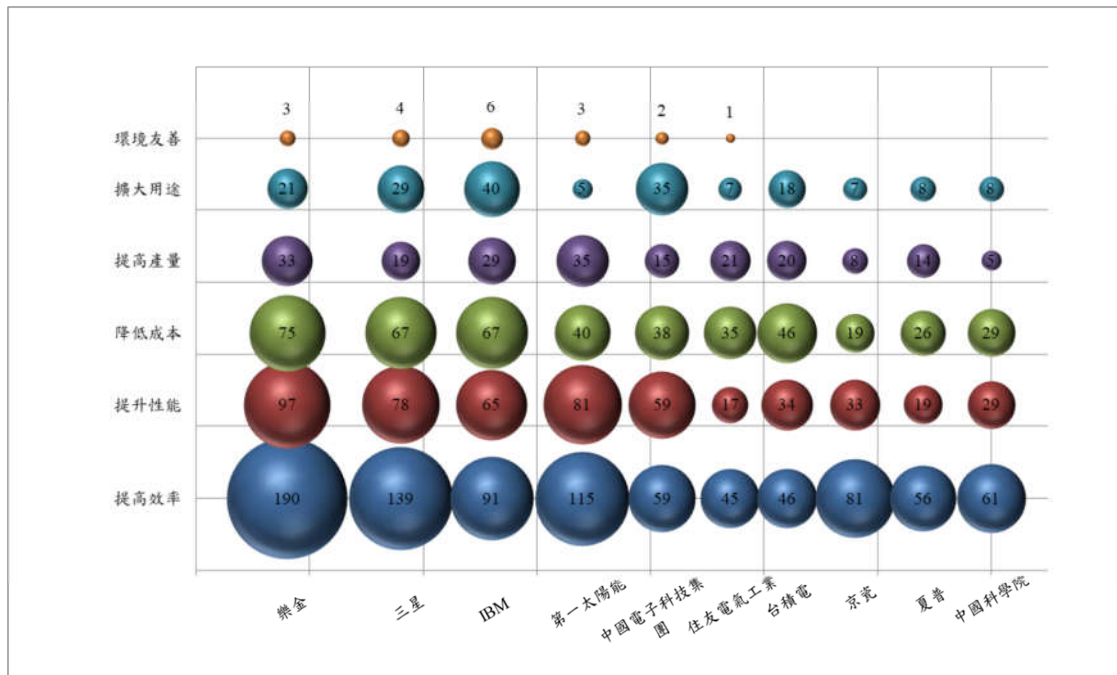


圖 4.3-15(d)、無機化合物太陽能電池(全球)主要申請人達成功效申請族數

第一申請人發展技術特徵及達成功效

將化合物半導體太陽能電池第一大申請人(LG)進行技術特徵及達成功效的分析，LG 共 295 族專利家族中，探討結構單元的專利件數為最多(281 件)，其中結構單元又以基板、電極為主，分別為 227 族及 219 族，而包含改良吸收層相關的件數較少，為 144 族，吸收層 144 族中以複合及多接面(多元化合物及多接面太陽能電池)的 87 族為最多，顯示 LG 於化合物半導體太陽能電池技術中主要以薄膜電池為主(如 CIGS、CIS 及使用 II-VI 族做為多接面材料之一的薄膜電池)，亦為化合物半導體太陽能電池未來主要的開發趨勢，而於達成功效方面，以提高轉換效率為主要訴求的目標。

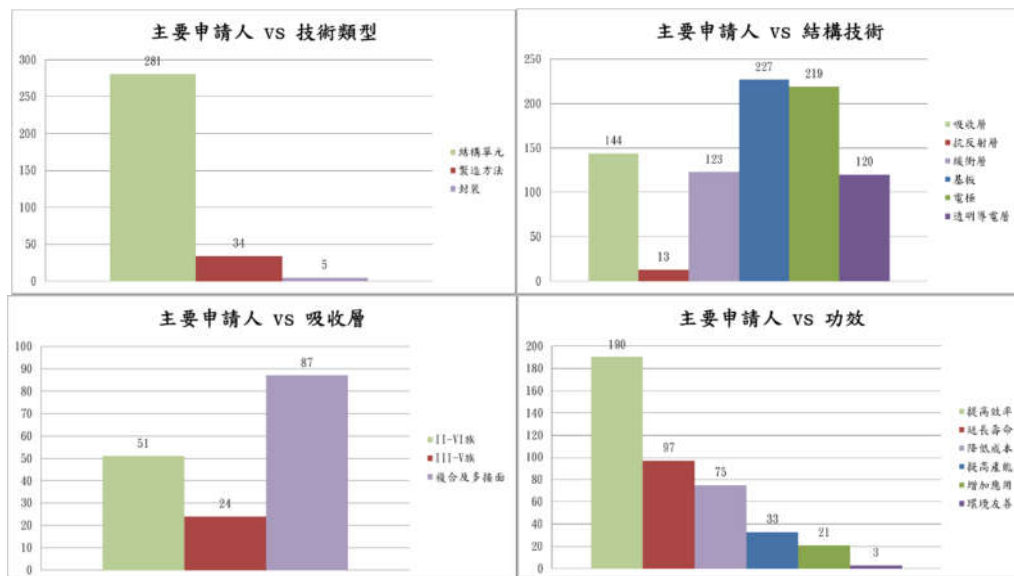


圖 4.3-16、無機化合物半導體太陽能電池第一申請人技術類型及達成功效分布

第一申請人於各專利局公開量

將 LG 於五大局及台灣的申請專利公開數量進行統計，其數據如圖 4.3-17 所示，主要於其國內申請(南韓，373 件公開專利數量，295 族專利家族)，其次於美國(104 件)及中國大陸(78 件)進行布局，該兩國為化合物半導體太陽能電池模組的主要生產國，於台灣則有 18 件相關專利。

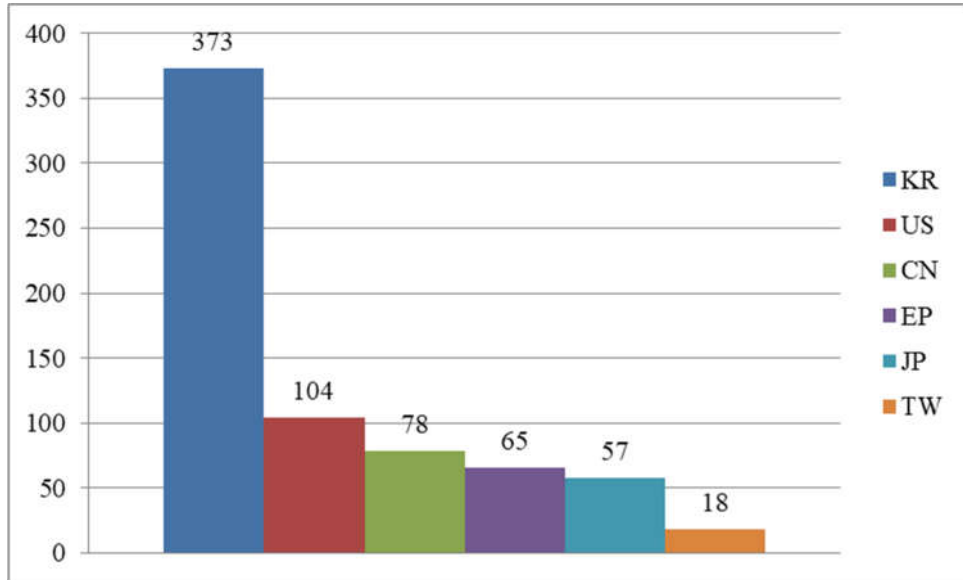


圖 4.3-17、無機化合物半導體太陽能電池第一申請人各地公開件數

4.3.2、無機化合物太陽光電在台相關專利趨勢分析

以優先權年度觀察申請數量變化

以全域系統檢索優先權年位於 2006 至 2016 年間有關太陽能電池領域(相關 IPC)之專利，再針對吸收層材料為 III-V 系、II-VI 系化合物半導體及三元四元化合物、多接面等關鍵字進行篩選化合物半導體太陽能電池領域之專利，專利件數共 1135 件，以優先權年進行時間軸排序繪製長條圖，如圖 4.3-18 所示：

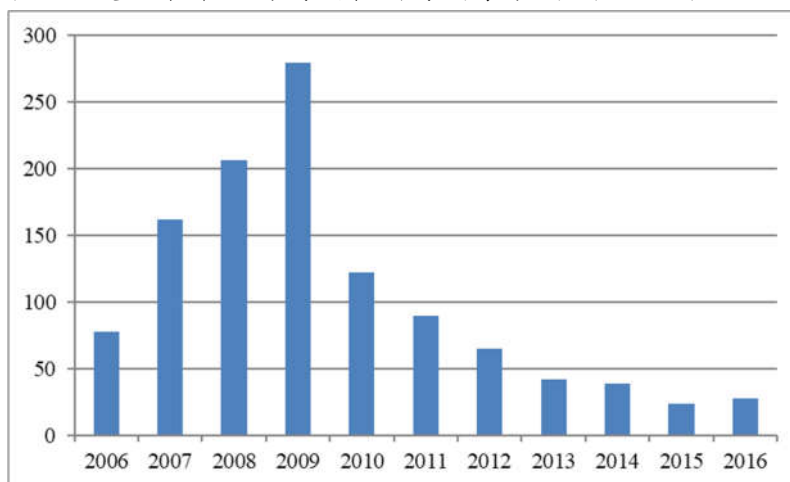


圖 4.3-18、無機化合物太陽能電池(在台)歷年申請件數(優先權年)

申請數量較全球專利略有差異，以 2009 年之申請量為最多為 279 件，主要影響的因素包括 2008 年國際油價飆升至新高，歐美藉由政策補助或補貼太陽能產業引起台灣廠商的投資興趣，相關專利的研發數量年創新高，接著由於自 2007 年起中國國家發展和改革委員會的再生能源計畫，以政策方式進行補貼、融資等手段大量扶植國內太陽能產業，後續全球除中國大陸外各地的太陽能電池製造產業因難以競爭而退出市場或倒閉消失，台灣的光電產業亦不例外，故於 2010 年起即反應於相關各種太陽能電池之產業上，包括專利的申請數量，而中國大陸的廠商亦對於台灣申請專利缺乏興趣及投資動力，因此台灣的化合物半導體太陽能電池專利申請的數量上就較不受中國大陸年增的申請數量影響，而直接反應衰退的技術能量現況。

申請人類型之數量比例

將 1135 件專利之申請人進行其身分的分類，包括個人(自然人)、學術機構(學校、法人研究機關等)及公司行號統計其比例，以公司類申請人為最多(67.93%)、其次為學術機構(28.11%)，個人申請則占 3.96%，如圖 4.3-19 所示：

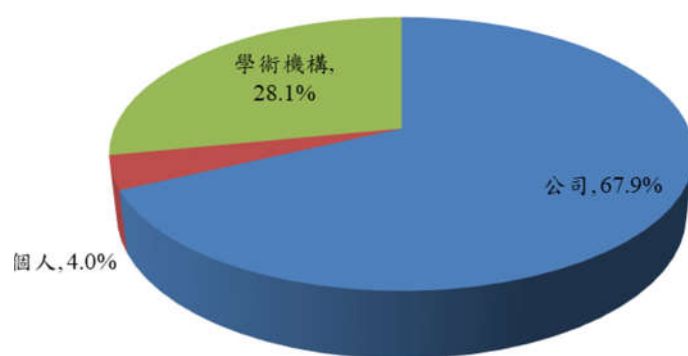


圖 4.3-19、無機化合物太陽能電池(在台)申請人類型比例

申請人以公司為最多顯示化合物半導體為商業化較多的太陽能電池領域，技術已屬成熟，而學術機構主要研究的方面則為多元化合物及多接面的薄膜太陽能電池為主，如工研院。

以優先權年度觀察申請人類型之變化

將申請人類型的件數依優先權年進行時間軸分析，其趨勢與整體差異不大，以 2009 年之申請量最多，分別是公司 186 件、學術機構 83 件及個人 10 件，詳細如圖 4.3-20 所示：

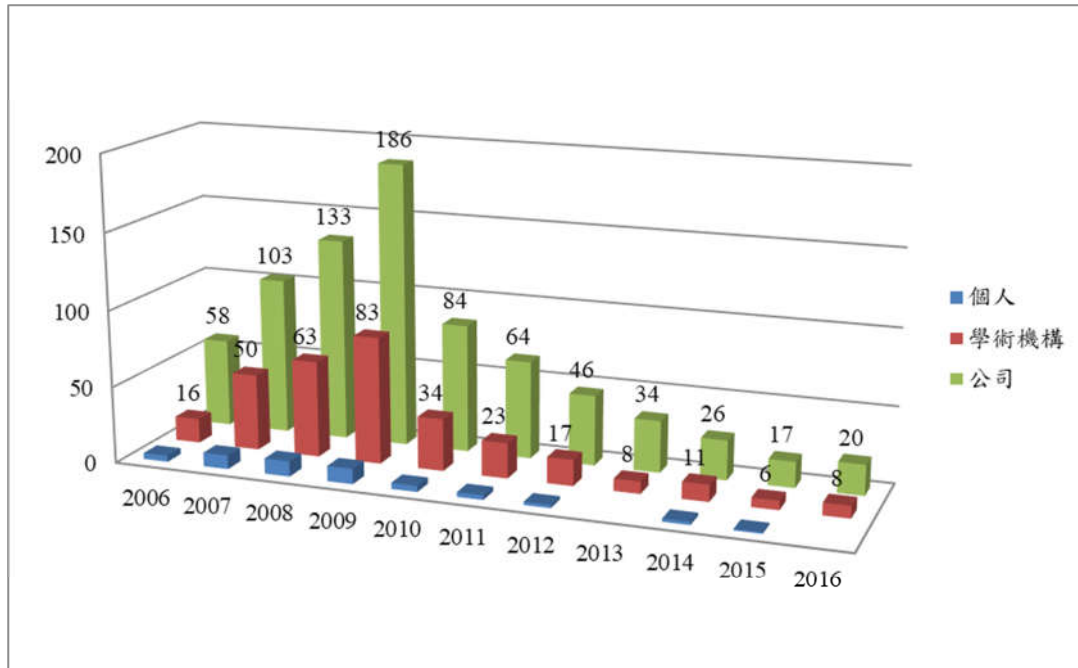


圖 4.3-20、無機化合物太陽能電池(在台)歷年申請人類型(優先權年)

各國申請人之數量比例

將申請人依國籍區分進行分析，繪製圓餅圖，其中以台灣申請人占 60%為最多、其次為美國(19%)、日本(9%)、歐洲(6%)、南韓(4%)，中國大陸及其他國籍各占 1%，顯示國外主要布局台灣的化合物半導體太陽能電池領域的申請人以美國、日本等銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主，而中國大陸則因無此需求則幾乎不進行申請(僅 9 件)，與在中國大陸內部大量申請的情況相差極大，詳細如圖 4.3-21 所示：

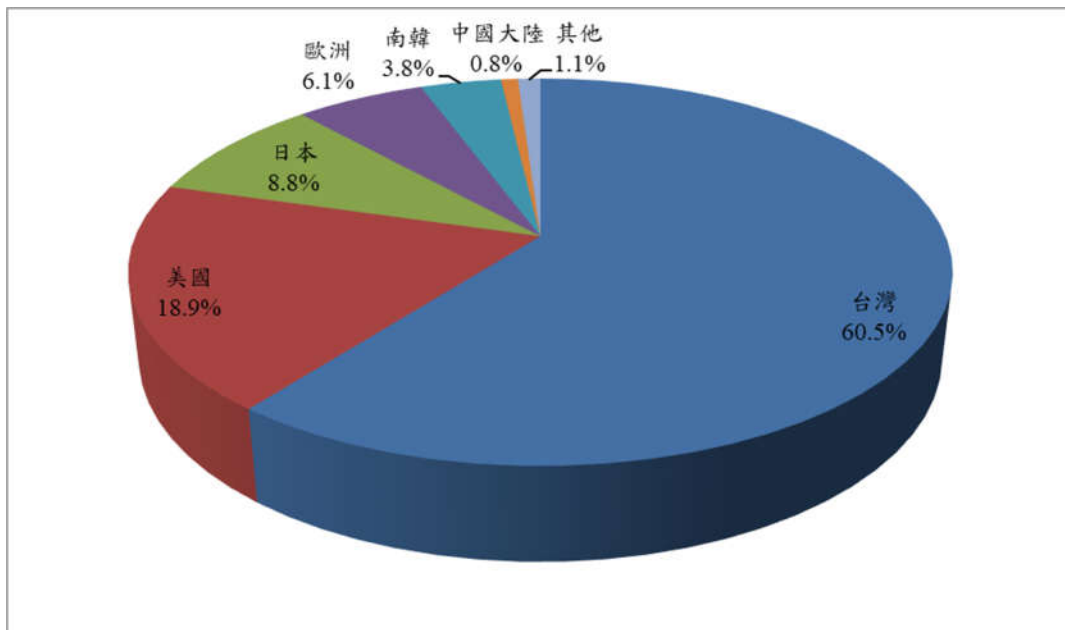


圖 4.3-21、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

IPC(技術特徵)之數量比例

以 IPC(技術特徵)篩選前 5 大的 IPC 類號，以三階及四階進行分析，無機化合物半導體太陽能電池的專利以三階進行分類，半導體裝置(H01L)為最多(70%)、其次為電纜導體(H01B)、金屬材料鍍敷(C23C，真空蒸發等薄膜電池的製造方法)、層狀物(B32B)及電池組(H01M)；以四階進行分類，以光電及半導體裝置(H01L-031)為最多(58%)、其次為製造該等裝置的方法或設備(H01L-021)、導電物體(H01B-001)、使用有機材料或其他材料的組合或適用處理的方法及設備(H01L-051)及真空蒸發、濺射或離子注入進行鍍覆(C23C-014)，符合整體的預期，詳細如圖 4.3-22 所示：

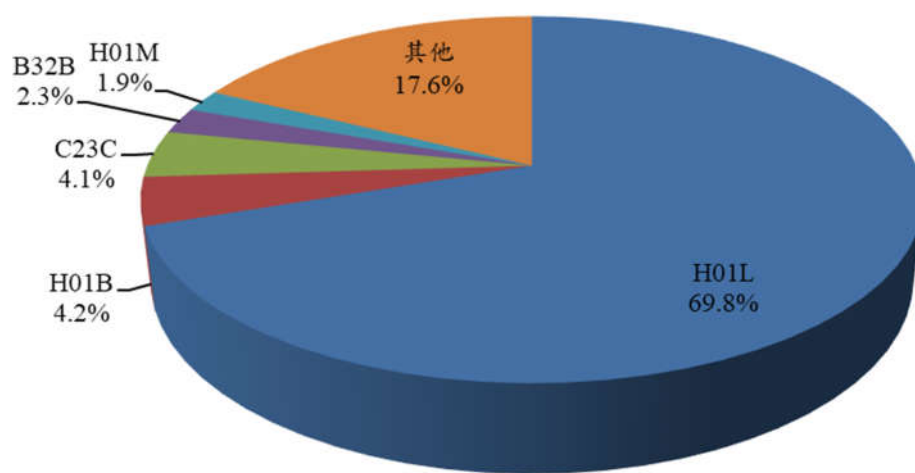


圖 4.3-22、無機化合物太陽能電池(在台)主要技術(IPC 三階)比例

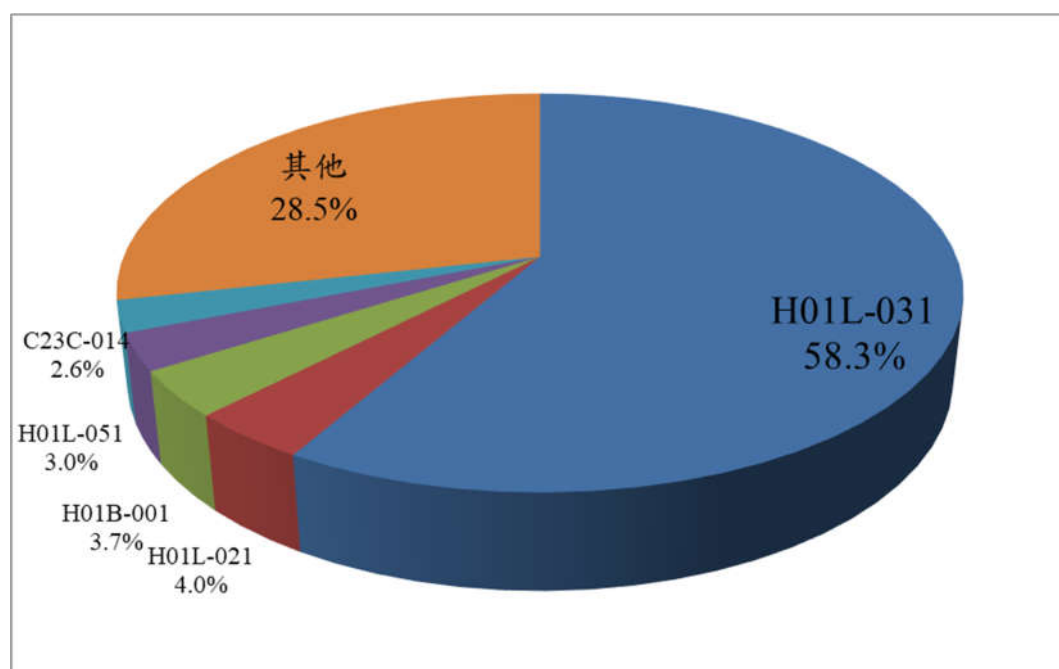


圖 4.3-23、無機化合物太陽能電池(在台)主要技術(IPC 四階)比例

以優先權年度觀察 IPC(技術特徵)之數量變化

以優先權年對前五大 IPC(技術特徵)進行時間軸分析，其結果由於主要 IPC 大多為半導體裝置(H01L)及光電及半導體裝置(H01L-031)為主，其他的 IPC 之變化非常不明顯，而該主要 IPC 則與總體分析相同，無法看出差異，如圖 4.3-24 所示：

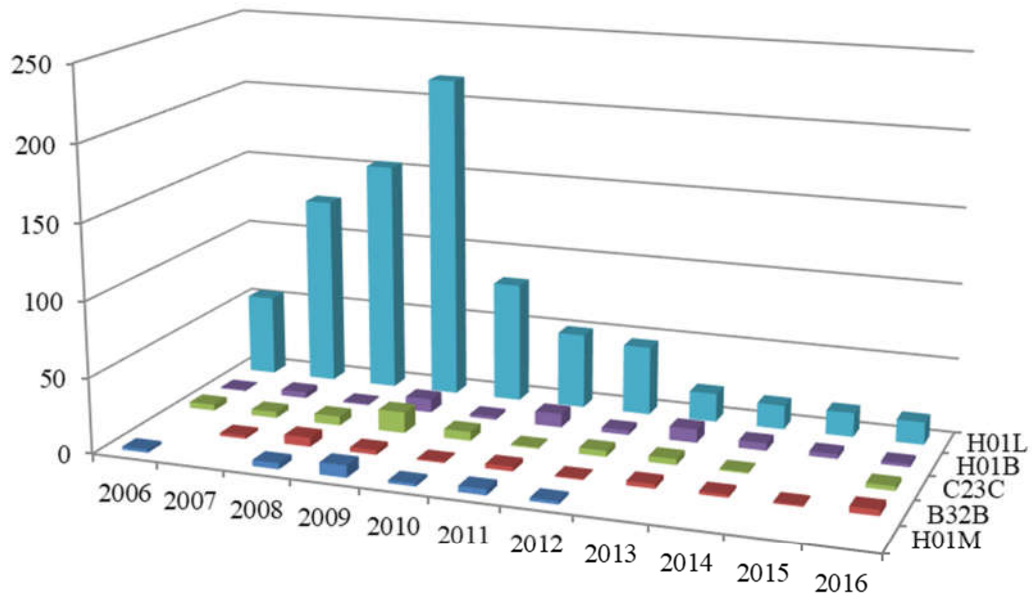


圖 4.3-24、無機化合物太陽能電池(在台)歷年主要技術(IPC 三階)申請件數(優先權年)

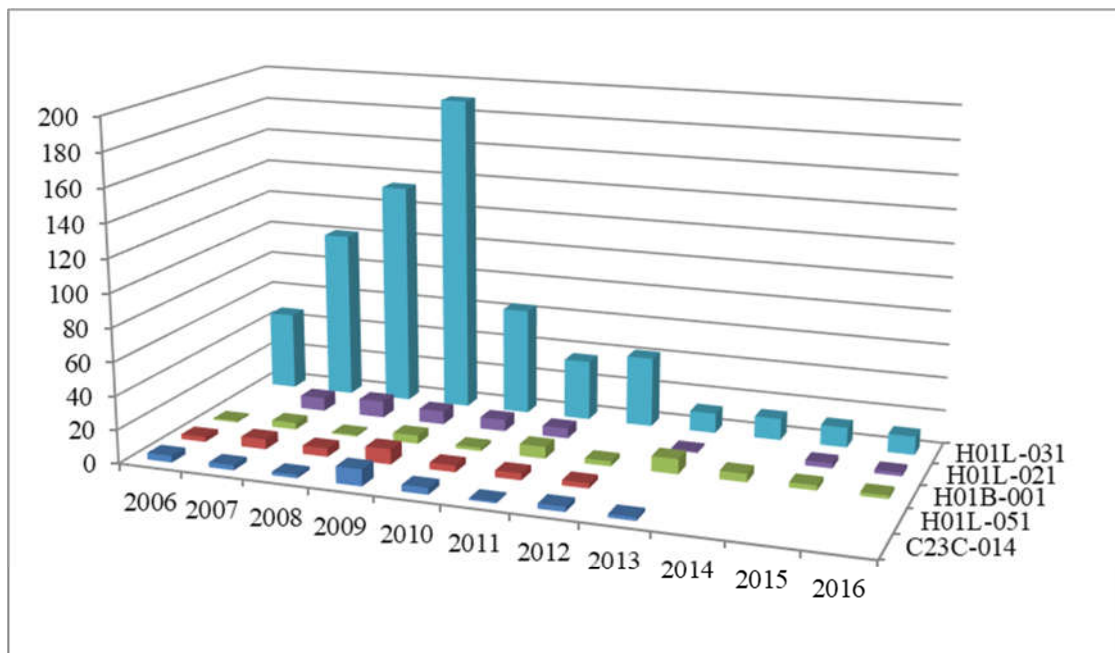


圖 4.3-25、無機化合物太陽能電池(在台)歷年主要技術(IPC 四階)申請件數(優先權年)

在台(全域)專利主要申請國家分析

將不同申請人國籍之專利依申請人類型、優先權年及 IPC(技術特徵)進行分類，觀察各族比例之分布，申請人國籍與全球分析同樣以台灣、美國、日本、歐洲、南韓及中國大陸為主，其餘則加總為其他，列作參考。

申請人類型及其國籍之數量比例

以申請人類型區分國籍，由於個人僅由台灣國內申請，故分析學術機構及公司，學術機構除台灣外，國外機構較少於台灣申請，如有申請應為進行技術移轉之需求，如美國 12 件、日本 5 件、歐洲 6 件等，公司申請以台灣 351 件最多、其次為美國 203 件，大致與各國申請人之數量比例相同，如圖 4.3-26 所示：

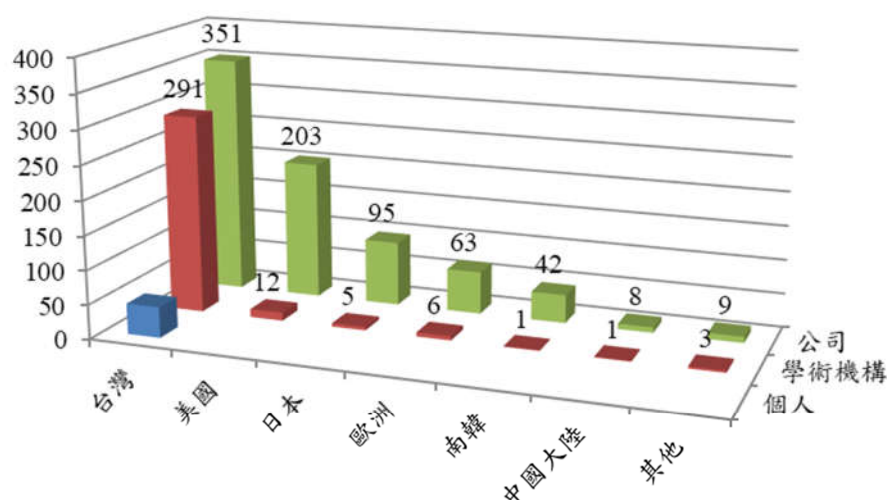


圖 4.3-26、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍

以優先權年度觀察各國申請人在台申請數量變化

以優先權年時間軸分析申請人國籍，各國皆為 2008 及 2009 年申請較多，大致趨勢與總體相近，並無特別之處，如圖 4.3-27 所示：

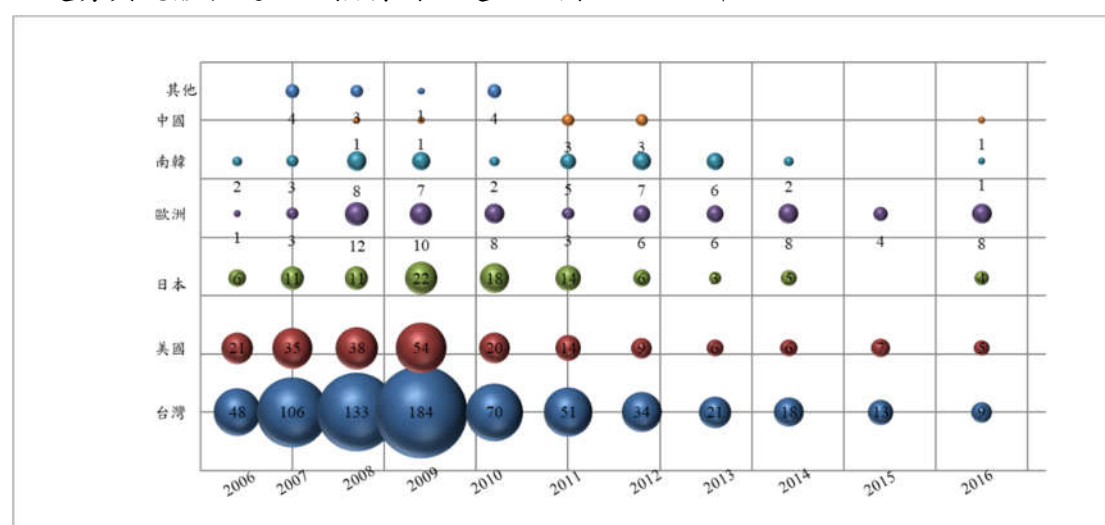


圖 4.3-27、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數(優先權年)

各國申請人 IPC(技術特徵)分布

以不同 IPC(技術特徵)分析申請人國籍，各國之趨勢亦相同，以半導體裝置(H01L)及光電及半導體裝置(H01L-031)為主，大致趨勢與總體相近，並無特別之處，如圖 4.3-28 及 4.3-29 所示：

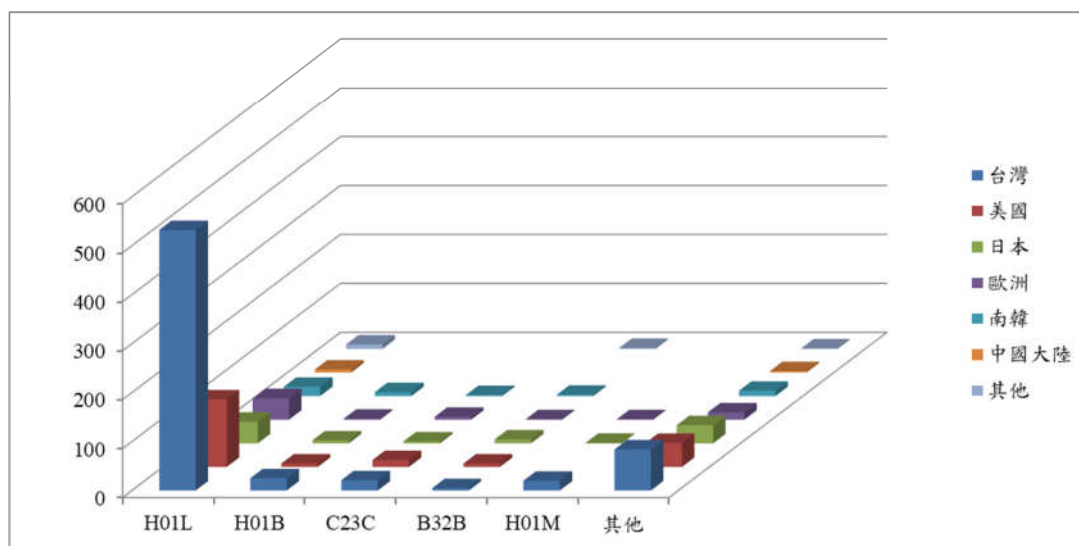


圖 4.3-28、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(IPC 三階)申請件數

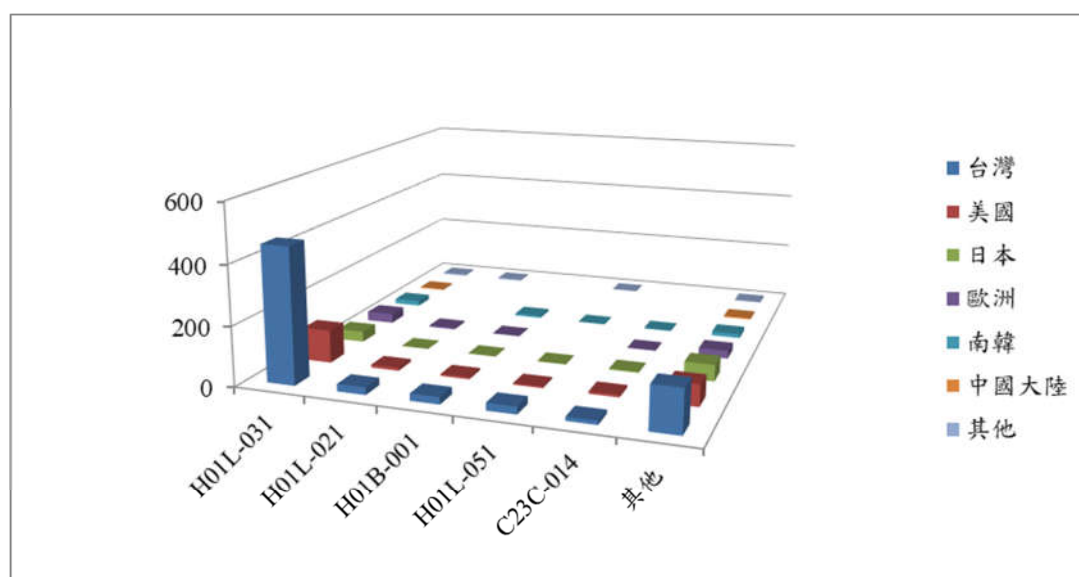


圖 4.3-29、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(IPC 四階)申請件數

在台(全域)專利主要申請人分析

自化合物半導體太陽能電池領域的全域專利案件 1135 件以第一申請人進行分析，取申請數量前十者為主要申請人，以優先權年及 IPC 三階及四階(技術特徵)進行直條圖繪製，並比較其技術集中的優先權年度及技術特徵。篩選後之前十大申請人分別為工研院、聯相光電、宇通光能、臺灣大學、第一太陽能、碩禾電子、鴻海、核研所、正峰新能源、成功大學及安慶新能源，其中後三者申請件

數皆為 17 件，故並列進行分析，詳細申請數量如圖 4.3-30 所示：

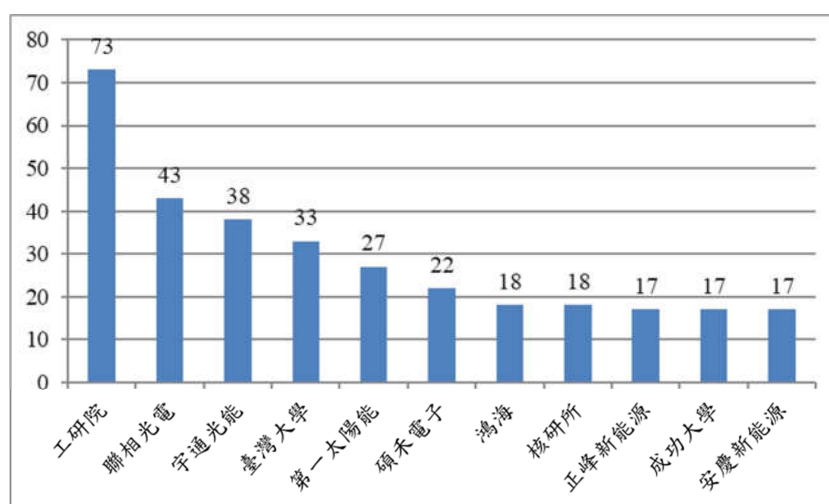


圖 4.3-30、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人申請件數

以優先權年度觀察主要申請人在台申請數量變化

以優先權年進行分析，大部分的申請人主要於 2009 年前申請專利，並有專利集中於特定幾年內大量申請的現象，如正峰新能源於僅於 2007 至 2010 年間申請、安慶新能源僅於 2006 至 2008 年間申請、第一太陽能僅於 2006 至 2009 年間申請，而宇通光能則更為特殊，主要集中在 2009 年申請專利(35 件)並於 2010 年申請 3 件專利後即未見專利申請(該公司曾於 2012 年破產)，而後續新興的光電產業如碩禾電子則於 2009 年起至 2015 年間持續有專利申請，屬近年來於無機化合物半導體太陽能電池領域的主要研發公司，而學術機構如核研所及工研院則於 2009 年後仍陸陸續續有專利產出，詳細分布如圖 4.3-31 所示：

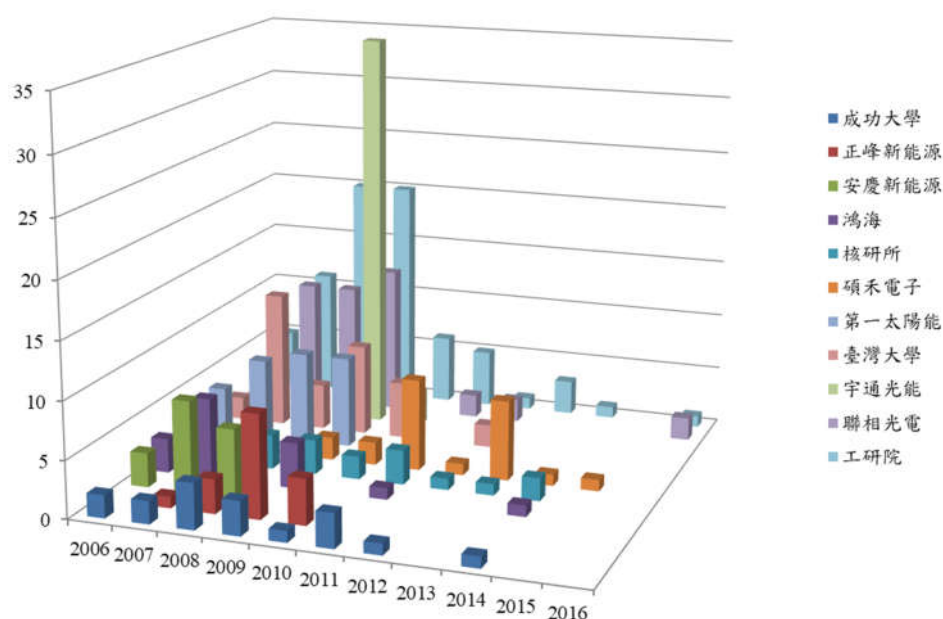


圖 4.3-31、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請件數(優先權年)

主要申請人 IPC(技術特徵)分布

以 IPC(技術特徵)篩選前 5 大的三階及四階類號對主要申請人進行分析，除碩禾電子為電纜導體(H01B)為主要申請類號外，其餘申請人皆為半導體裝置(H01L)，以四階類號細分，除碩禾電子的主要申請類號為導電物體(H01B-001)外，其餘申請人主要申請類號為光電及半導體裝置(H01L-031)，經查碩禾為世界前五大的太陽能導電漿供應廠商，導電漿是目前市場上太陽能電池的重要原料，占太陽能電池總成本約 20%，對效率及品質影響甚巨，故其申請專利領域亦以導電漿為主，詳細分布如下兩圖所示：

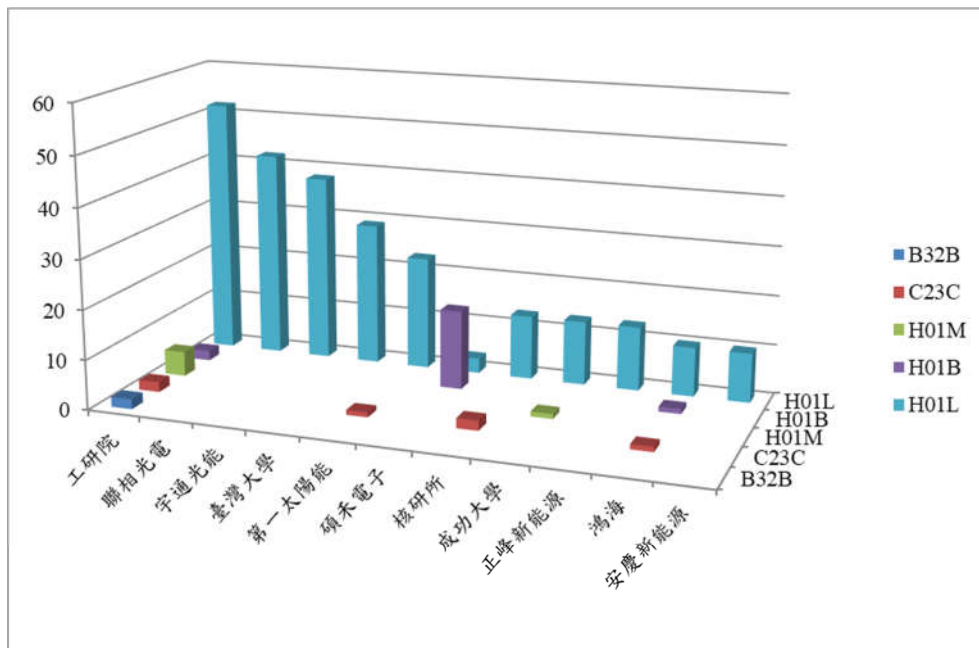


圖 4.3-32、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(IPC 三階)申請件數

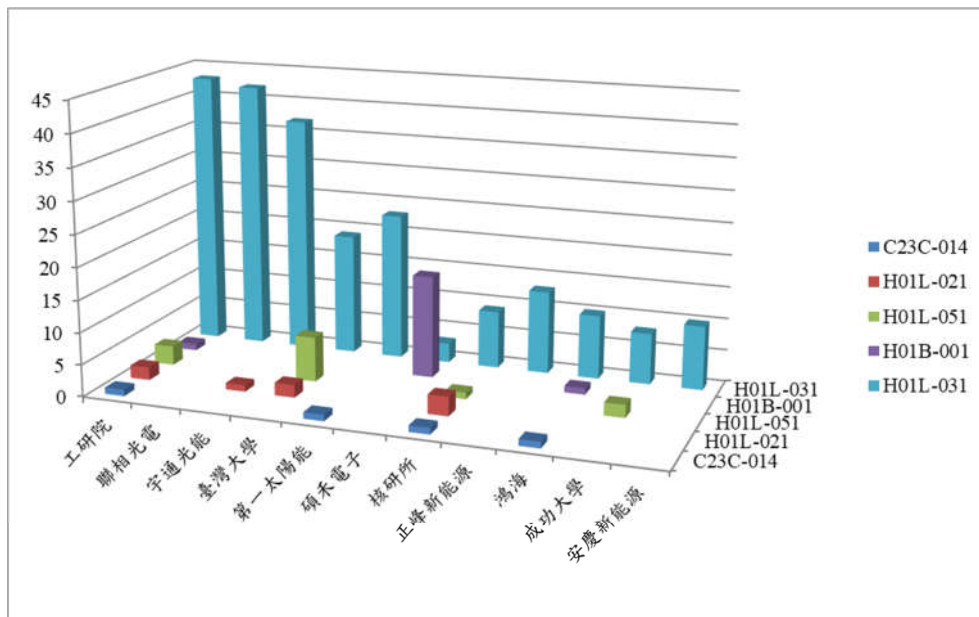


圖 4.3-33、無機化合物太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(IPC 四階)申請件數

以 IPC(技術特徵)區分化合物半導體太陽能電池無法明確得知該些主要申請人於吸收層材料上針對的領域為何，如第一太陽能以開發碲化鎢薄膜太陽能電池為主，於上圖中皆無法明顯與其他申請人區分，故僅提供較簡略之分布直條圖做為參考。

4.4、有機太陽光電相關專利趨勢分析

有機太陽能電池包含有機、聚合物及小分子等材料所構成薄膜太陽能電池。

4.4.1、有機太陽光電全球相關專利趨勢分析

如前所述利用 Derwent Innovation 統計 2007 至 2017 年之間各國公開專利，總共有 16513 族專利家族，包含 38432 件公開案。

(1)全球申請概況分析

於此一期間，各國整體專利申請族數不斷增加，直到 2012-2013 年附近達到高峰，此兩年皆超過 2000 族，之後稍微往下降，2015 年達到波段低點，但仍有 1500 族以上的水平，隨後 2016 年又緩步往上升。

整體申請概況

圖 4.4-1 為此一期間各國申請案專利家族族數的比例分布，前三大申請國籍為中國大陸(27.2%)、日本(21.7%)、南韓(18.3%)，申請總族數皆有 3000 族以上，接下來依序為美國(13.8%)、歐洲(13.5%)，申請總族數也有 2000 族以上，台灣(3.1%)排名第六，申請族數有明顯落差只有 514 族，之後國家申請數量均不到 100 族，而歐洲又以德國(8.2%)申請 1346 族最多，佔所有歐洲申請件數比高達六成，接著為英國、法國大略為 200 多族，之後國家申請數量均不到 100 族。

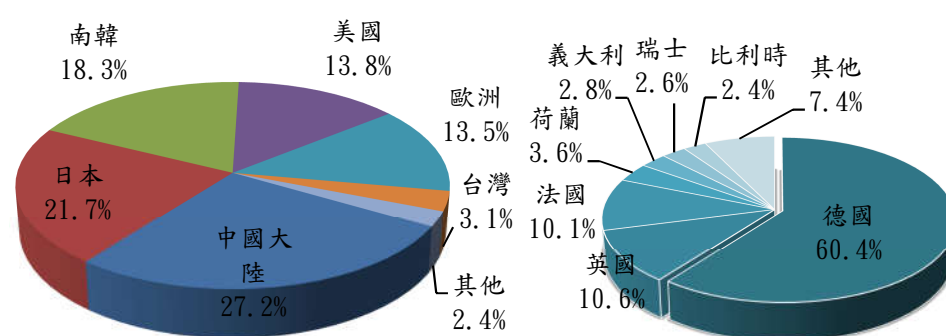


圖 4.4-1、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例

主要發展技術特徵

關於有機太陽能電池，在技術上大致以製造方法、電池結構、吸收層、給體、受體、電極、封裝、基底、介面層及製造裝置等作為分析重點，其中電池結構主要著重於吸收層的層數，而吸收層則在吸收層型態，介面層包含吸收層以外各層。

圖 4.4-2 為有機太陽能相關專利整體相關技術各年度申請趨勢，大致而言，整體專利申請族數不斷加，除了給體、基底申請高峰在 2013 年以外，多落在 2012 年，隨後往下修正，與整體趨勢相同，部份技術在 2016 年呈現成長的趨勢，如吸收層、受體、封裝、基底、介面層等項目。

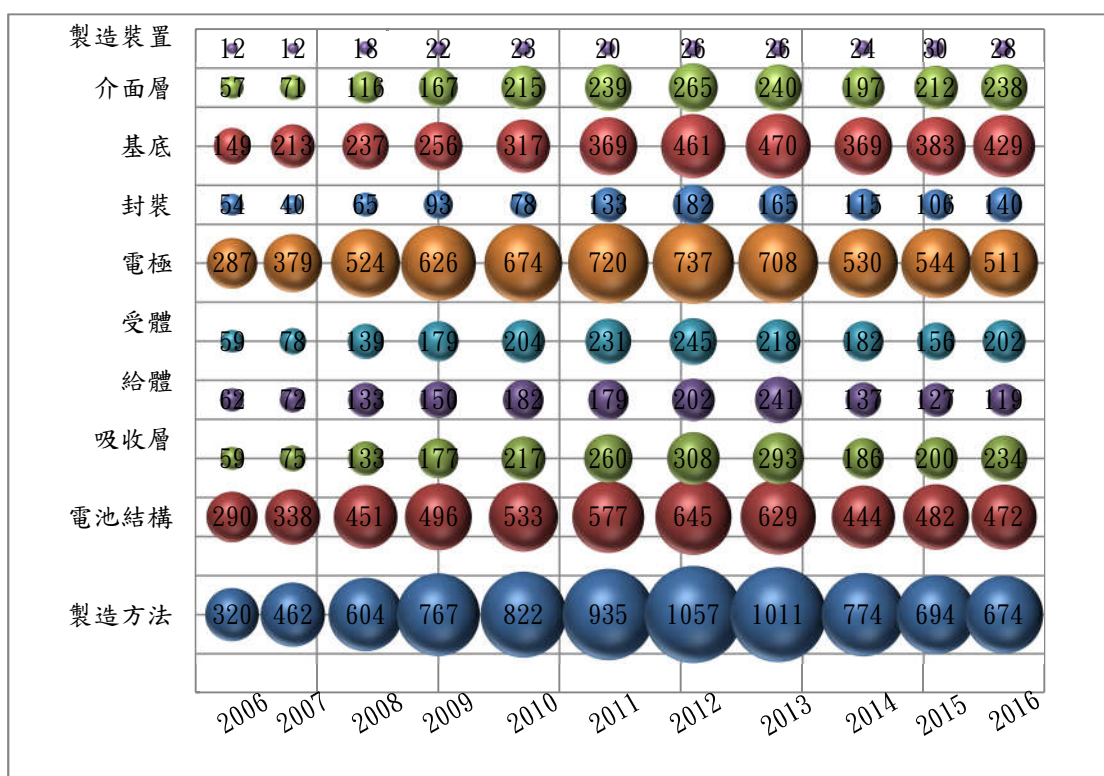


圖 4.4-2、有機太陽能電池(全球)歷年主要技術申請族數(優先權年)

主要達成功效

圖 4.4-3 為有機太陽能相關專利整體達成功效各年度申請趨勢，若依各功效來分析，大致而言與整體趨勢相同，整體專利申請族數不斷加，除了擴大用途申請高峰在 2013 年以外，多落在 2012 年，之後稍微往下修正隨即又呈現緩慢成長，但是就擴大用途並未同步成長；環境友善低點落在 2009 年，而 2013 年雖稍微往下但並不明顯，申請高峰落在 2016 年，這可能與近年來環保意識抬頭有關；有機太陽能由於使用材料的關係，在機械性質與壽命上較無機材料差，因此，發展重點除了提高壽命之外，提升性能也是另一重點，兩者幾乎不相上下。

若依各年份來分析，在 2007~2013 年間，除了 2007 年以外，各年份申請量依序皆為提高效率、提升性能、降低成本、擴大用途、提高產量及環境友善；在

2006、2014~2016 年，提升性能則取代提高效率成為第一；而 2006 及 2007 年擴大用途則稍微領先降低成本，躍居第三。

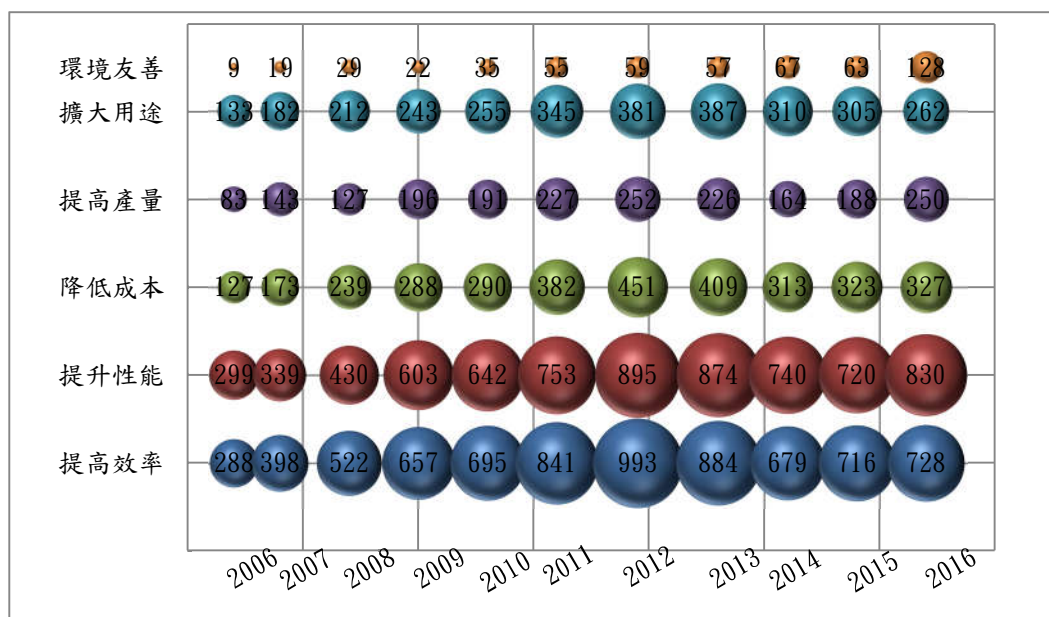


圖 4.4-3、有機太陽能電池(全球)達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.4-4 所示為技術功效矩陣分析，探討各種技術所達到功效之族數統計，大致而言，各技術所達到的功效大多依序為提高效率、提升性能、降低成本、擴大用途、提高產量、環境友善，除了封裝、基底及製造裝置中提高效率、提升性能對調，基底中降低成本、擴大用途對調；製造方法、電極、電池結構似乎可以獲得較佳的整體功效；而在吸收層中，受體似乎比給體得到更多布局，是否因為受體長久以來在本領域相較於給體表現較不突出；而相關製造裝置似乎較少，這應該與有機太陽能電池多屬實驗室階段有關。

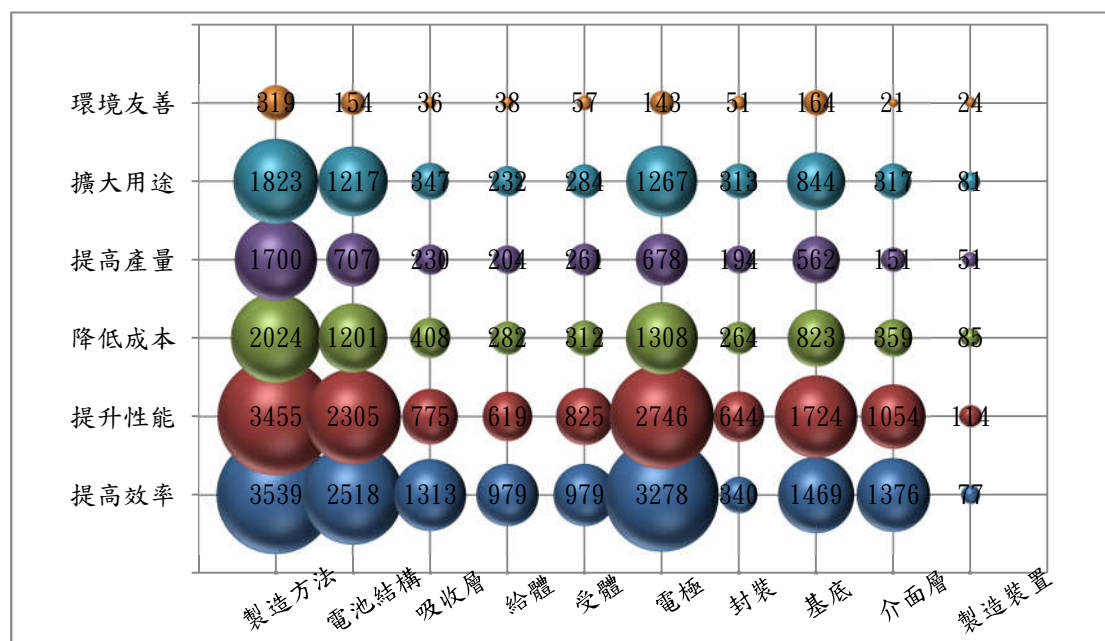


圖 4.4-4、有機太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析

此外也可以發現封裝對於有機太陽能在提升性能及提高壽命有相當的關係，疑似想藉由封裝來改善有機太陽能電池內部元件與外界接觸狀況，避免外界氣候的影響；而基底與製造方法分別在擴大用途與環境友善中占了相當的比重，疑似藉由較柔軟且環保的材料來改善電池的可撓性，賦予較大的用途。

(2)全球主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.4-5 為各國申請量對應時間(申請日/優先權日)之趨勢圖，由此圖可以看到整體趨勢大致相同，在 2012 年達到高峰，除了中國大陸以外，之後各國均呈現往下降的趨勢，若是觀察 2013 年之後的申請趨勢，日本、美國申請量衰退度較大，2014 年之後南韓更是取代日本成為第二大，而歐洲也同時取代美國成為第四大申請國，歐美在 2013 之後對於有機太陽能電池似乎沒有亞洲國家熱衷；中國大陸在 2013 年之後則呈現一枝獨秀，然而，在 2009 年之前中國大陸與其他各國相較申請數量並不特別突出，從 2010 年申請量才開始起跑，該年僅次於日本，2012 年更一舉衝上第一大，2013 年創波段新高 690 族，更是將近第二名日本的兩倍，2014 年雖然稍微往下掉，但是隨後又持續增加，2016 年更是暴增為 1008 族，是唯一呈現正成長的國家，2016 年的數據尚未完全公開，相信該年度申請量還會更多。

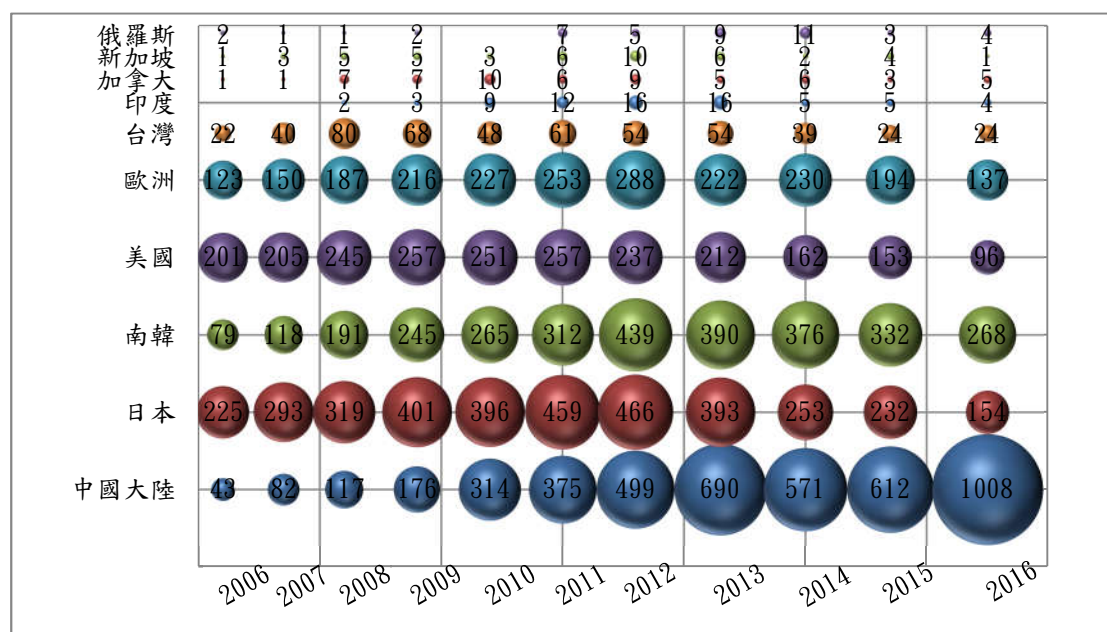


圖 4.4-5、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

圖 4.4-6 為主要申請國各年份專利件數與家族族數比例統計，即平均一族專利家族包含專利件數，由於有些專利可能尚未公開，所以 2015 跟 2016 年不予以探討，大致而言，歐洲平均專利家族數最為龐大，但以 2012 年分為兩個階段，

2012 年以前一族專利家族大約包含 5 件左右專利案件，2013 年之後稍微下降，但仍有 4.2 件以上的水平；其次為美國，一樣可分為兩個階段，2011 年以前一族專利家族大約包含將近 3.5 件專利案件，2012 年之後稍微下降 2.7 件左右；接著為日本及南韓，日本似乎在 2008 年達到 2.61 件的高峰後，之後大致而言逐年下降，到了 2014 年只剩 2.04 件，而南韓在 2008 年之前較日本多，每年多有 2.8 件以上，2009 年之後大約僅剩 2 件左右；台灣除了 2009 年及 2012 年以外，平均都有 2 件的水準，最低為 2012 年的 1.69 件；中國大陸似乎較熱衷在本地申請，因此，一族專利家族大約僅包含 1.1 件專利。

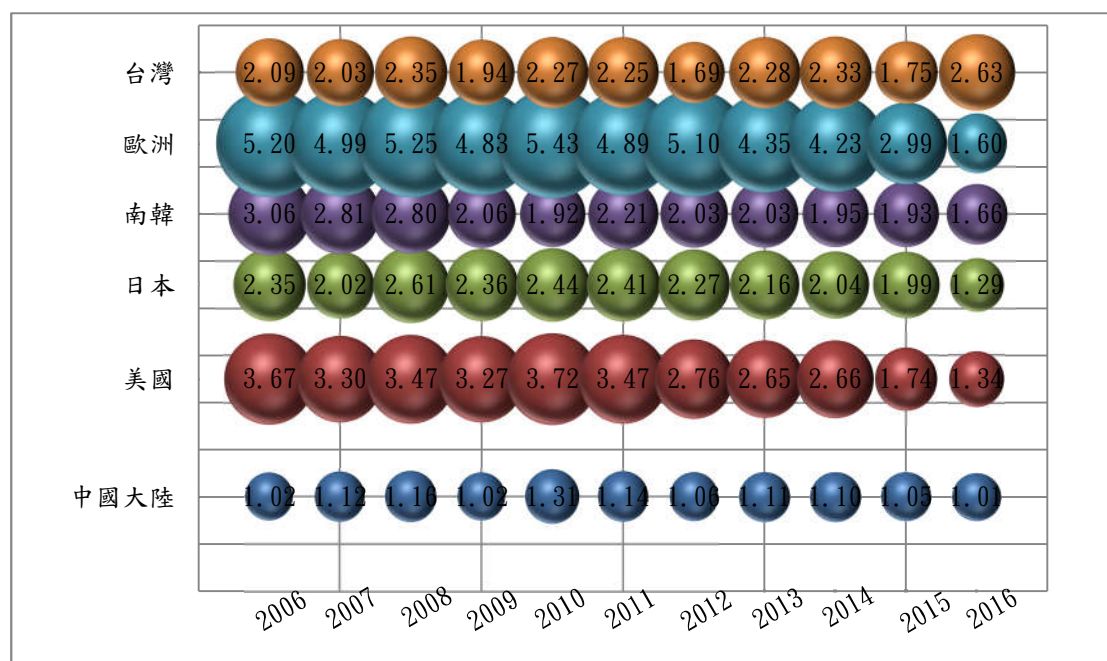


圖 4.4-6、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年專利件數及家族族數比例(優先權年)

各國主要發展技術特徵

若將技術特徵以申請人國籍來分析如圖 4.4-7 所示，大致而言，各國主要發展的技術似乎在於製造方法、電極及電池結構，相關製造裝置似乎較少；而在吸收層中，受體似乎比給體受到更多的關注，尤其是中國大陸及日本；此外相較於其他各國，日本對於封裝似乎投入較多的研究，而南韓則對於吸收層及介面層較為關注，對於封裝則較不熱衷；中國大陸相較之下則在受體布局稍多。

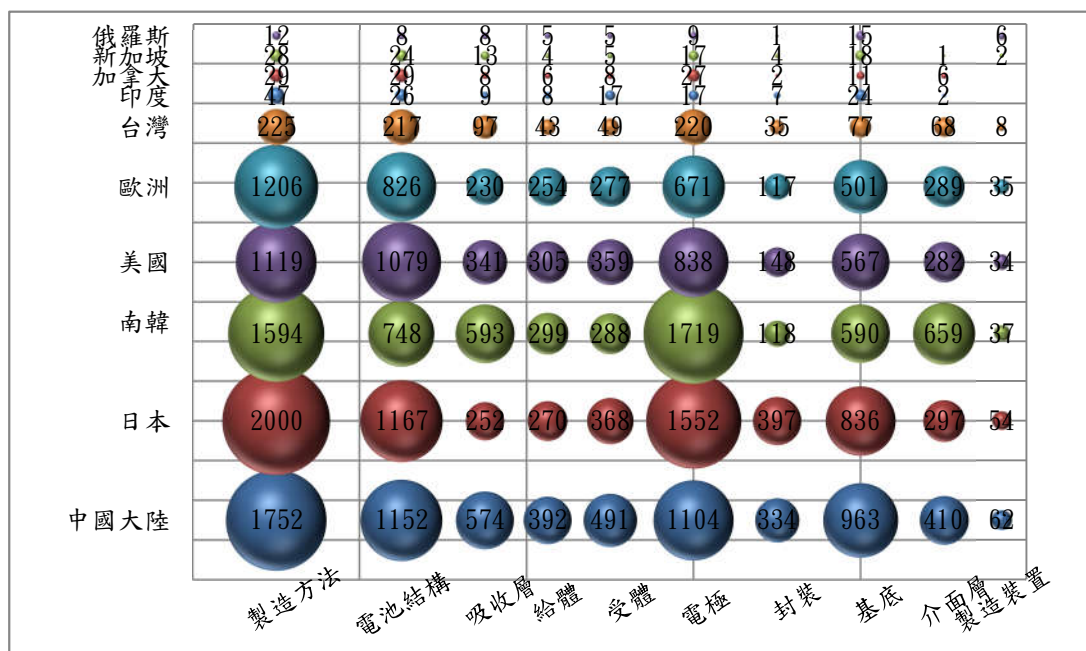


圖 4.4-7、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數

各國主要達成功效

若將功效以申請人國籍來分析如圖 4.4-8 所示，就各國來分析，主要關注功效為提升性能及提高效率，兩者數量差異不大，除了南韓與台灣以外，多以提升性能為主要關注功效；接著為降低成本與擴大用途，兩者數量接近，除了南韓與日本之外，多以降低成本為主；提高產量所占比例較低，應該與有機太陽能電池尚未商業化有關，韓國跟台灣更是明顯偏低。

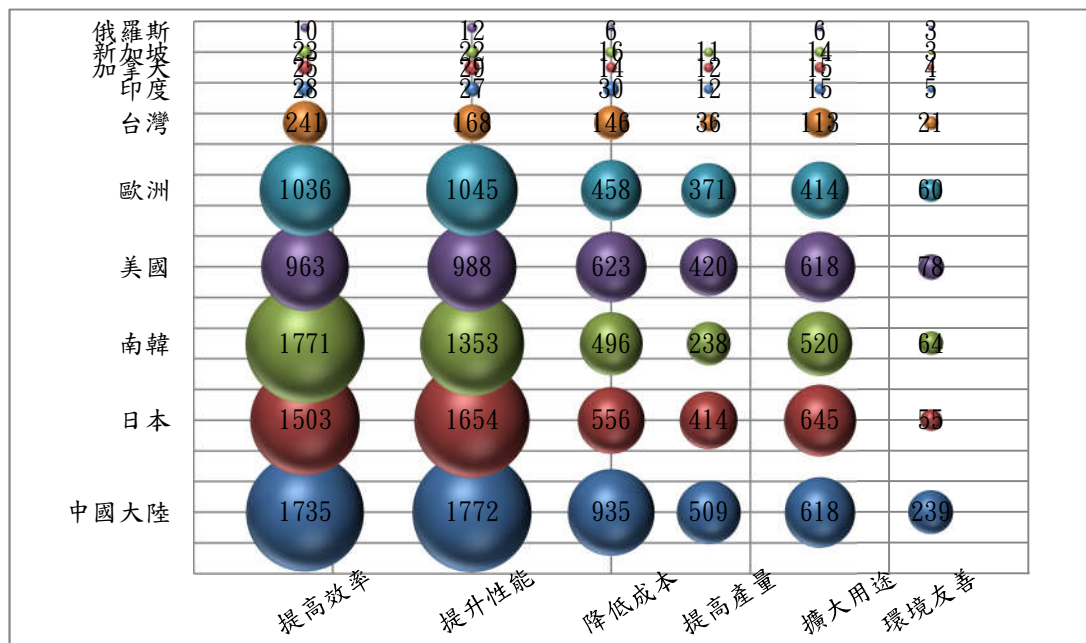


圖 4.4-8、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

就功效來分析，各功效申請數量排名主要依序為中國大陸、日本、南韓、美國、歐洲、台灣，但在提高效率上，南韓躍居第一，歐洲則取代美國成為第四；在提升性能上，歐洲也取代美國成為第四；在提高產量上，美國則取代日本成為第二，南韓更是則落在美、日、歐之後成為第五；而在擴大用途上，日本則取代中國大陸成為第一；中國大陸對於環境友善相較於其他各國有較為明顯的布局。

第一大申請人國家(中國大陸)

圖 4.4-9 為第一大申請國中國大陸相關技術各年度申請趨勢，主要關注技術仍為製造方法、電池結構、電極等；大致而言，雖然整體專利申請族數不斷加，但在 2009 年之前各相關技術申請量多為二位數，2010 年才有明顯成長，突破三位數，這應該與該年中國大陸政府當局政策性大力扶持，申請高峰落在 2013 年，大部分在 2014 年往下修正後隨即反彈，在 2016 年除了給體以外，大多呈現成長創新高的趨勢，由於官方政策與廣大的內需市場，使得近年趨勢明顯與各國不同。

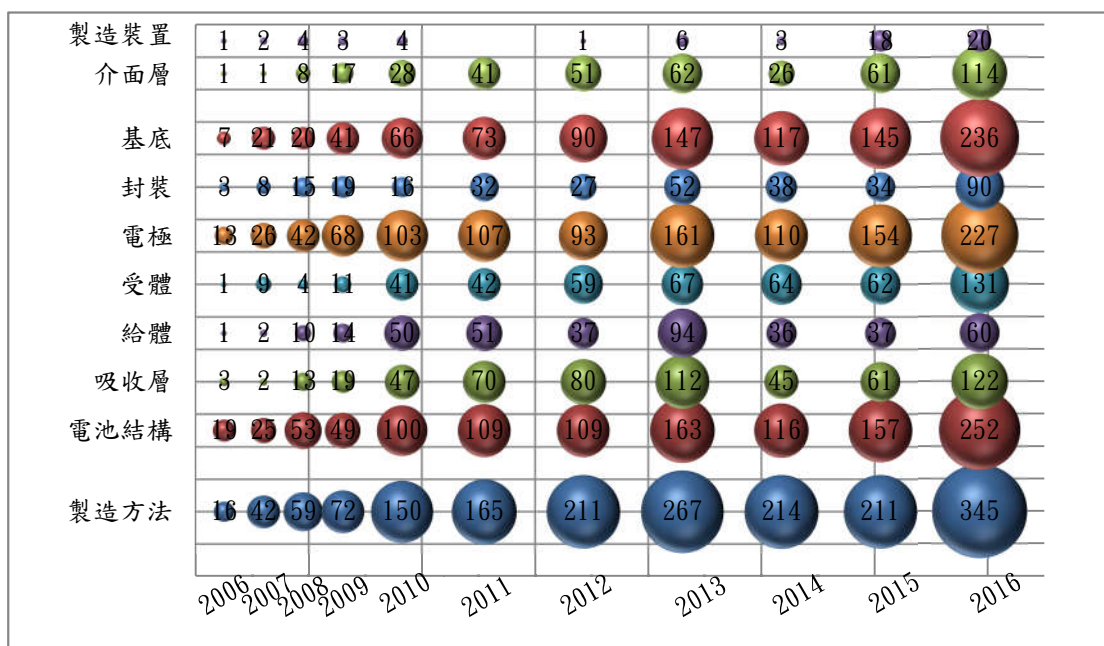


圖 4.4-9、有機太陽能電池(全球)中國大陸主要技術歷年申請族數(優先權年)

圖 4.4-10 為有機太陽能相關功效各年度申請趨勢，大致而言，在 2009 年之前整體申請量明顯較少，2010 年之後才出現倍數成長，整體專利申請族數不斷加，其中提升性能與環境友善在 2011 年申請量呈現波段高點，提高效率、提高產量及擴大用途在 2013 年，而降低成本在 2014 年，隨即稍微往下修正又繼續成長，在 2016 年皆呈現創新高格局。

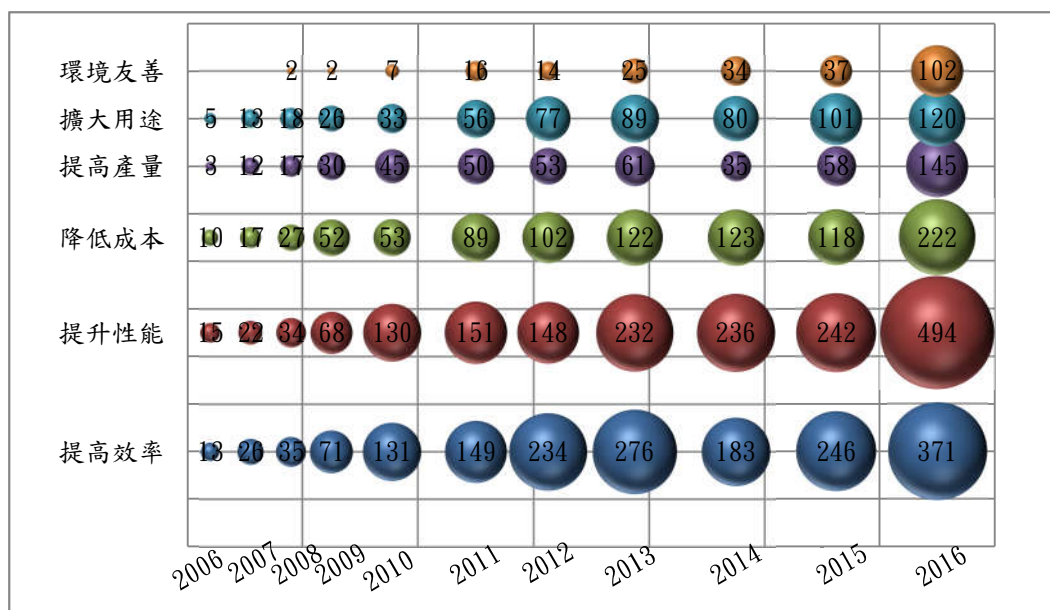


圖 4.4-10、有機太陽能電池(全球)中國大陸達成功效歷年申請族數(優先權年)

(3)全球申請流向及主要公開專利局分析

圖 4.4-11 為各國申請人於各專利局申請量統計，大致上可發現各國申請人主要還是在該國專利局申請居多，中國大陸此一現象更是明顯，中國大陸申請人在本地專利局申請了 4402 件，而中國大陸在其他各專利局中申請最多為美國專利局的 116 件，其他均不到百件，各國到中國大陸申請量明顯大於中國大陸到各國的申請量；歐洲為本領域主要技術輸出國，其在各地的申請量皆大於各國到歐洲的申請量；各國申請人除了在各國專利局申請外，海外首選為美國專利局。

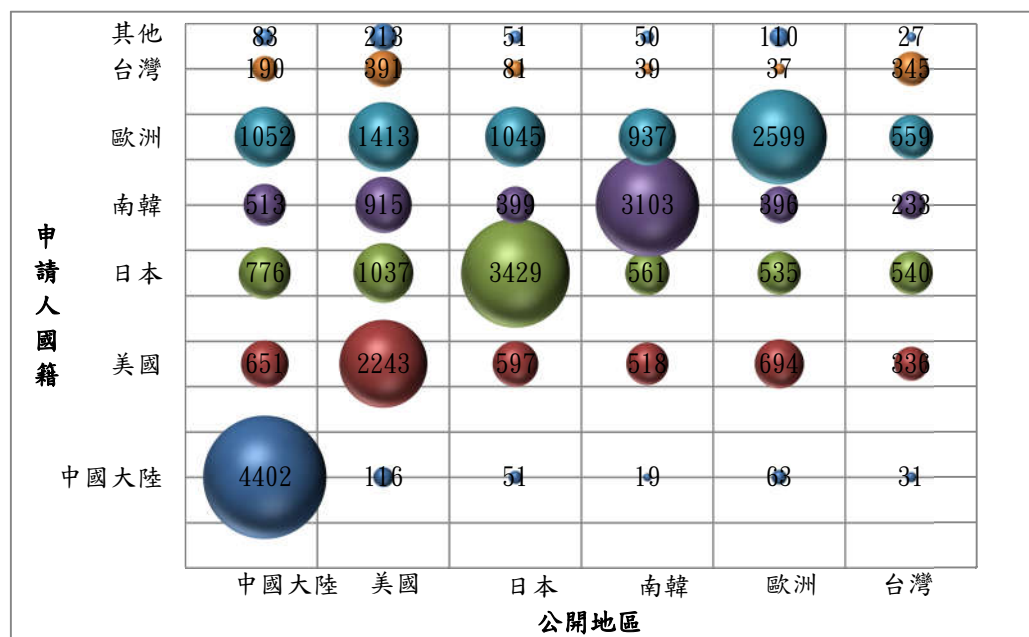


圖 4.4-11、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

圖 4.4-12 為各國申請人於主要專利局申請流向圖，由此圖可以發現公開數量最多的依序為中國大陸、美國及日本，除了於美國、台灣，公開的專利案中本地申請人申請量超過一半，可見美國吸引各國到該地申請，導致美國本地申請人所占比例不高；而中國大陸雖然公開件數最多，但是本地申請人就占了快六成。

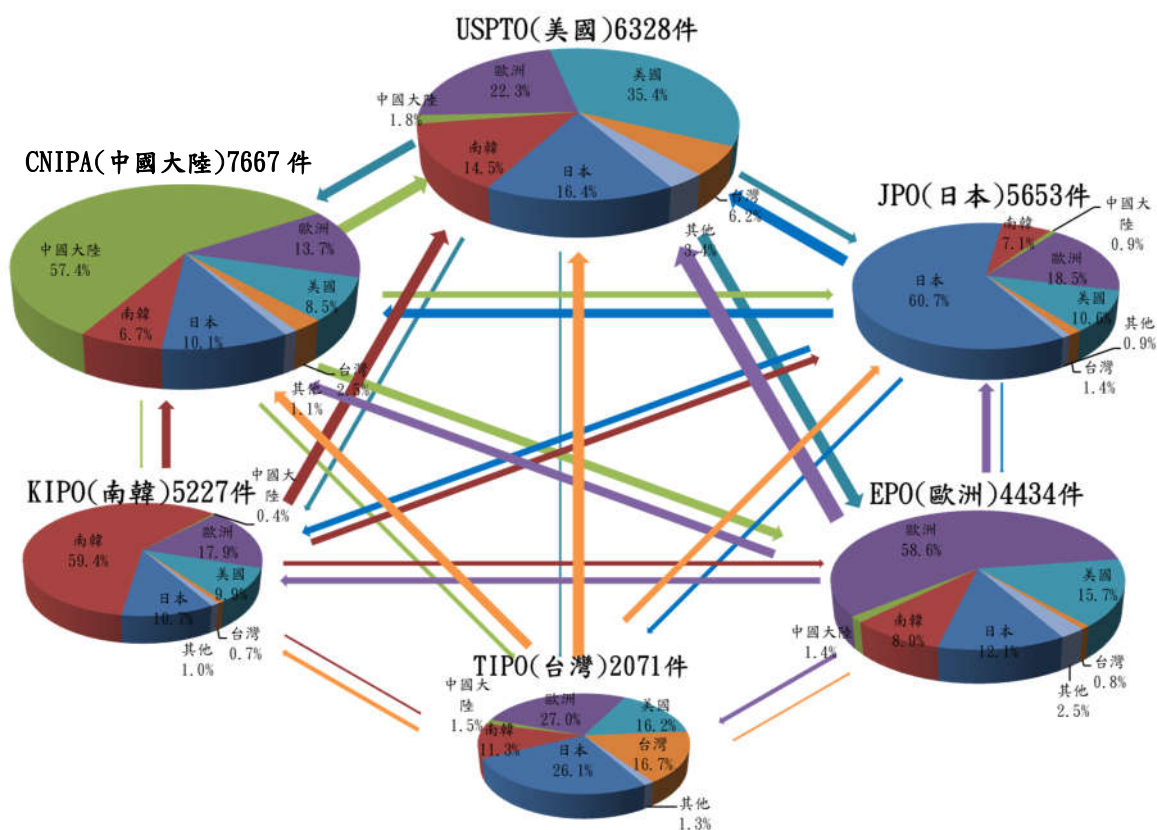


圖 4.4-12、有機太陽能電池(全球)申請流向圖

圖 4.4-13 為各年份於各專利局公開狀況統計，除了中國專利局之外，大致而言，於各專利局申請件數不斷加，除了美國、日本在 2011 年以外，收案高峰落在 2012 年，在 2013 年之後收案量即逐年減少；而中國專利局在 2008 年之前公開案件數並不特別突出，2009 年已經衝到第三，此後每年上升一名，2012 年獨占鰲頭，收案高峰落在 2013 年，在 2014、2015 年收案量雖然也稍微逐年減少，但是在 2016 年又創下新高。

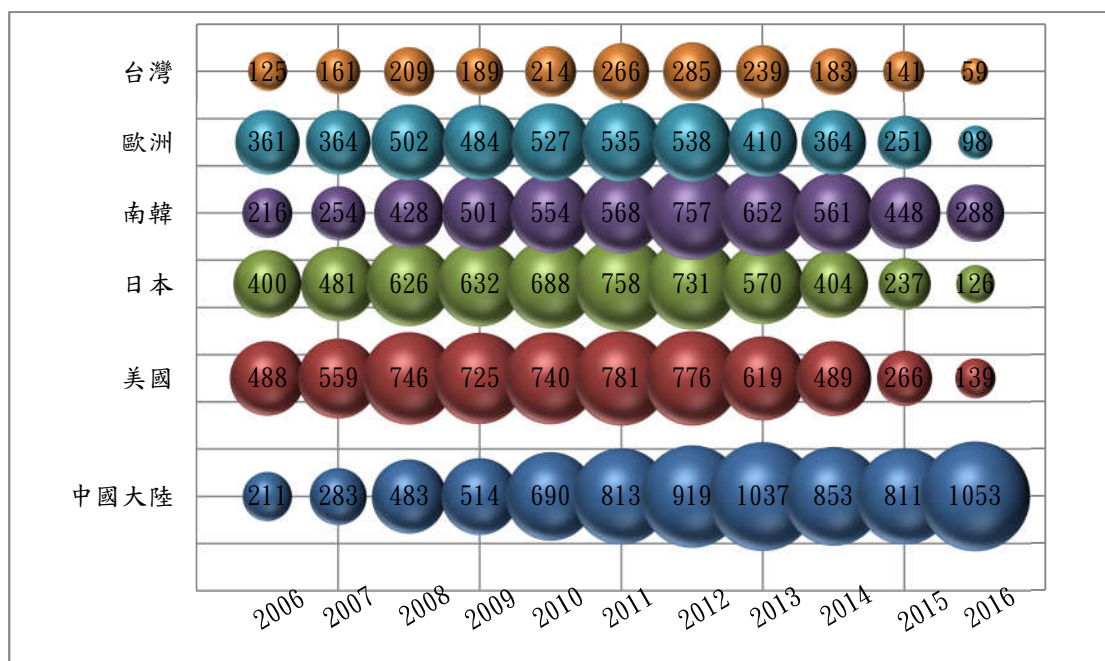


圖 4.4-13、有機太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開件數 (優先權年)

(4)全球主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

圖 4.4-14 為十大申請人各年度申請量，其中南韓四家，日本有三家，歐洲兩家都是德國，中國大陸一家，台灣並沒有申請人進入前十大，申請最多為工研院。

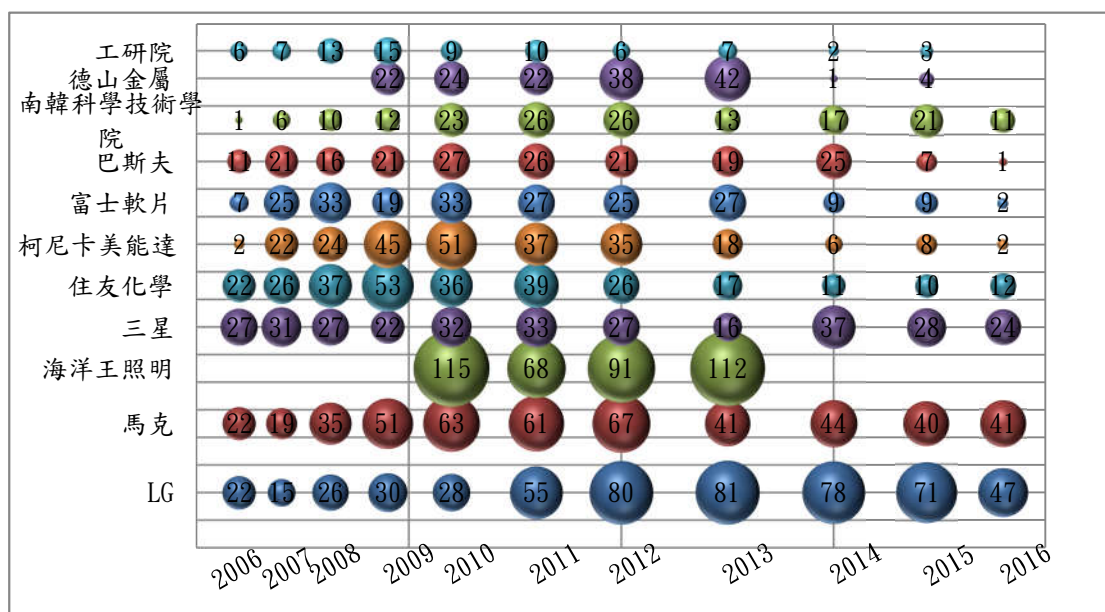


圖 4.4-14、有機太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數 (優先權年)

最大申請人為南韓 LG，其次為德國馬克，雖然申請高峰多落在 2012 年附近，然而 LG 在 2013 年之後申請動能較馬克強，而在 2011 年之前則呈現相反的態勢；

第三則為大陸海洋王照明，該公司在 2010 年至 2013 年之間，申請了大量專利，然而在這區間前後，皆未看到相關布局；第四則為南韓三星，除了 2013 年申請量低於 20 族，其餘各年沒有明顯起伏，而且在 2013 年之後仍維持相當的申請動能；其他各申請人則在 2012 年以前的申請量比 2013 年以後較為突出。

主要申請人主要發展技術特徵

若將技術特徵以十大申請人來分析如圖 4.4-15 所示，大致而言，各主要申請人發展的技術與各國類似，主要似乎在於製造方法、電極、電池結構及基底，相關製造裝置也較少，封裝除了 LG、富士軟片及工研院，其他申請人相較之下似乎較不熱衷，而德山金屬更只專注在特定項目。

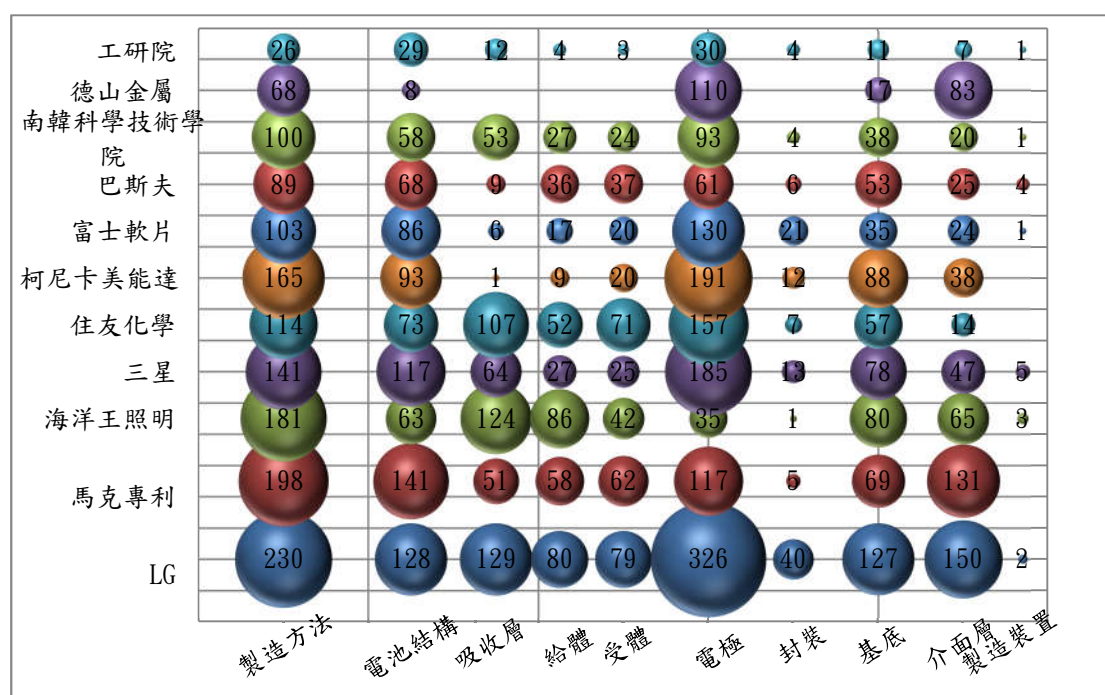


圖 4.4-15、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數

若將功效以申請人來分析如圖 4.4-16 所示，主要關注功效為提高效率及提升性能，除了柯尼卡美能達、富士軟片、巴斯夫與德山金屬以外，都以提高效率為主要關注功效；接著各申請人對於降低成本、提高產量與擴大用途各有所好，LG 為唯一在提高產量布局較多，其他申請人多注重降低成本與擴大用途，馬克專利、海洋王照明、三星、南韓科學技術學院及工研院以降低成本為主，其餘申請人則以擴大用途為主。

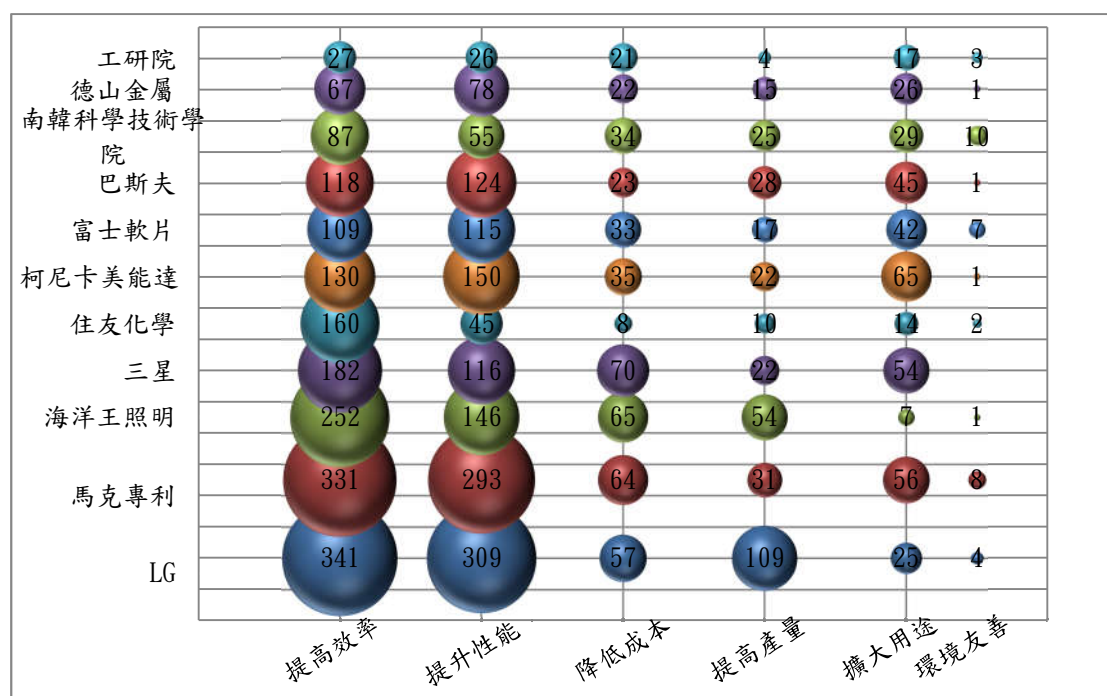


圖 4.4-16、有機太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

第一大申請人(LG)

本領域第一大申請人為南韓 LG，圖 4.4-17 為其各技術特徵於各年份申請狀況統計，2011 年以後發展較為全面，2010 年以前則集中於某些特定的技術，主要關注技術為製造方法、電池結構、電極、介面層等。

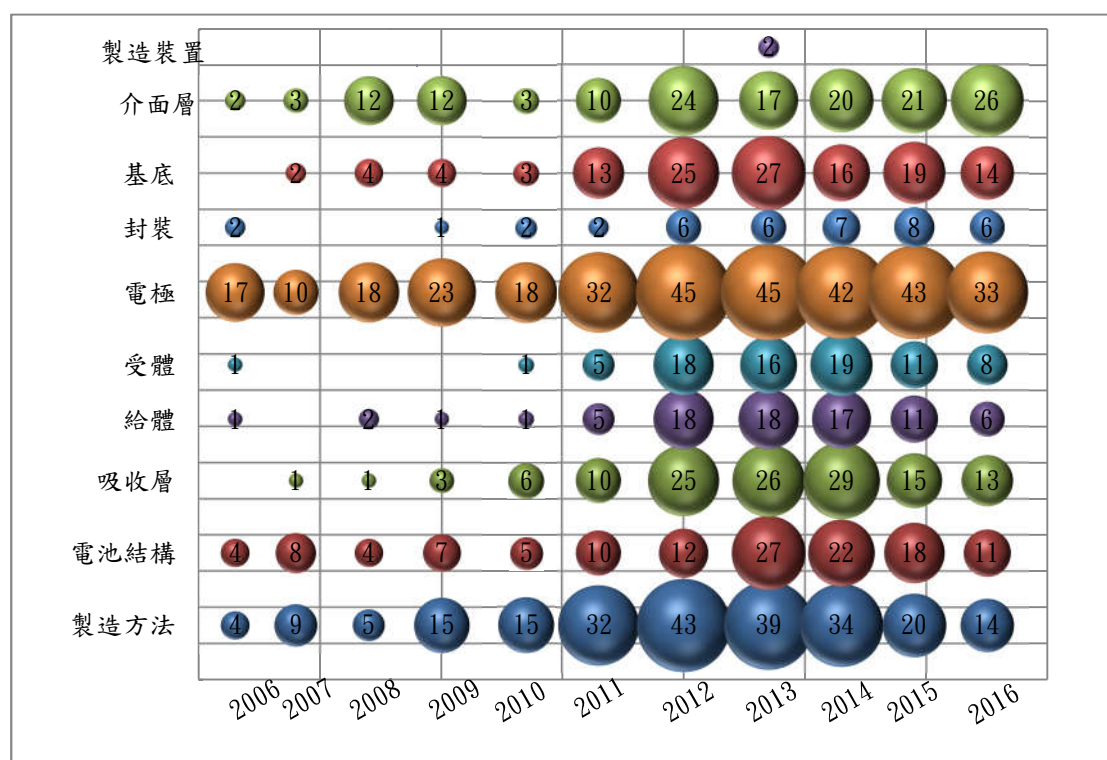


圖 4.4-17、有機太陽能電池(全球)LG 主要技術歷年申請族數(優先權年)

大致而言，整體專利申請族數不斷加，申請高峰多落在 2012 年附近，隨後即往下修正，除了介面層在 2013 年觸底之後隨即緩慢上升，持續呈現成長的趨勢；整體而言，對於製造裝置著墨較少

圖 4.4-18 為 LG 於有機太陽能領域關注相關功效各年度申請趨勢，同整體趨勢相同，主要著重在提高效率與提升性能，大致而言，2007、2010 及 2014 年申請量呈現相對低點，在 2012 年申請量達到最高峰；其餘四個功效在申請量上與前兩者明顯有落差。

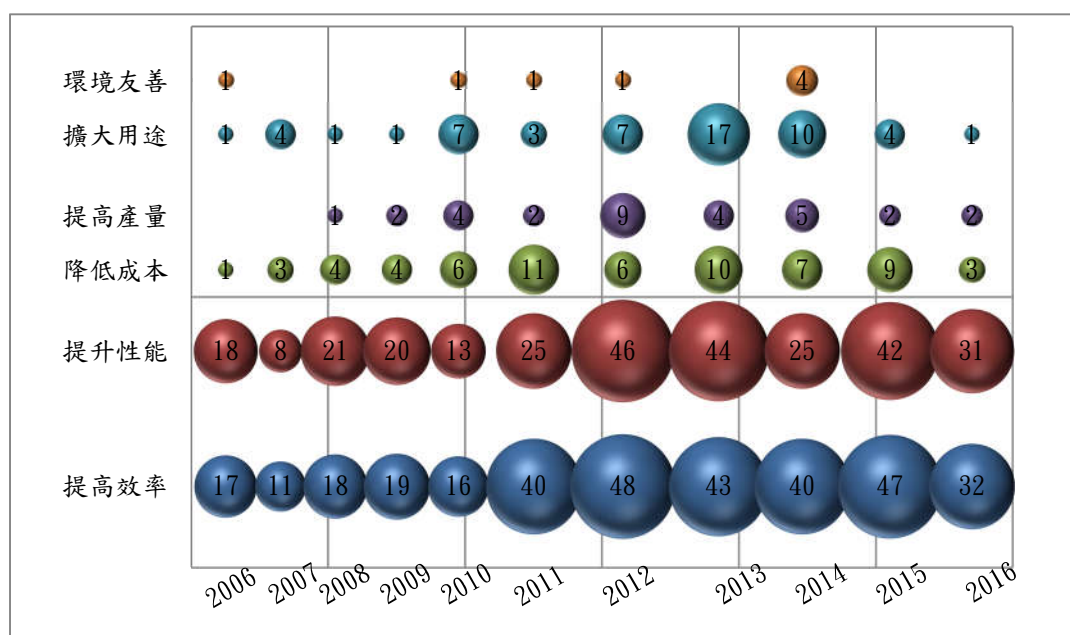


圖 4.4-18、有機太陽能電池(全球)LG 達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.4-19 為 LG 於各年度於各地專利局申請狀況。

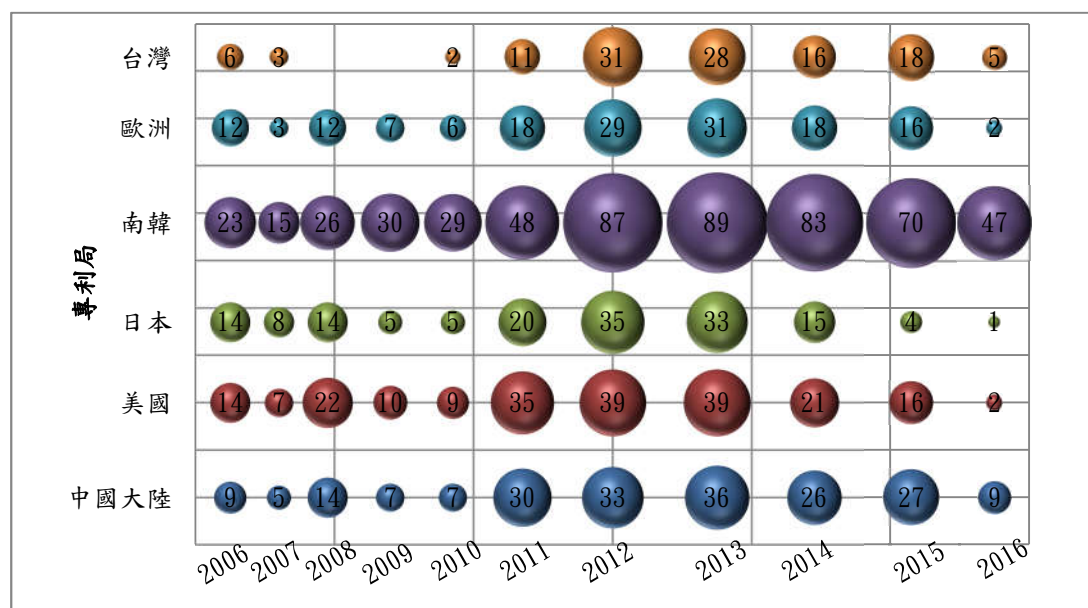


圖 4.4-19、有機太陽能電池(全球)LG 歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

可以發現 LG 主要還是以本國為主，其次為美國與中國大陸，大致上可以發現 2013 年以前在美國布局較中國大陸多，但在 2014 年之後在美國申請量明顯較中國大陸少；同樣的 2014 年之後在日本申請量明顯減少，尤其是在 2015 年更是只剩個位數；而在 2010 以前在台灣申請量並不多，2011 年之後才明顯增加。

4.4.2、有機薄膜太陽光電在台相關專利趨勢分析

如前所述利用全域統計 2007 至 2017 年之間各國在台申請專利，總共有 1484 件申請案。

(1)在台申請概況分析

整體申請概況

圖 4.4-20 為此一期間各國在台申請量的比例分布，前三大申請國籍為歐洲 (29.7%)、台灣 (25.9%)、日本 (18.3%)，接下來依序為美國 (12.9%)、南韓 (10.2%)，而歐洲同樣以德國 (24.4%) 申請量最多，佔所有歐洲申請件數比高達八成，接著為荷蘭、瑞士。

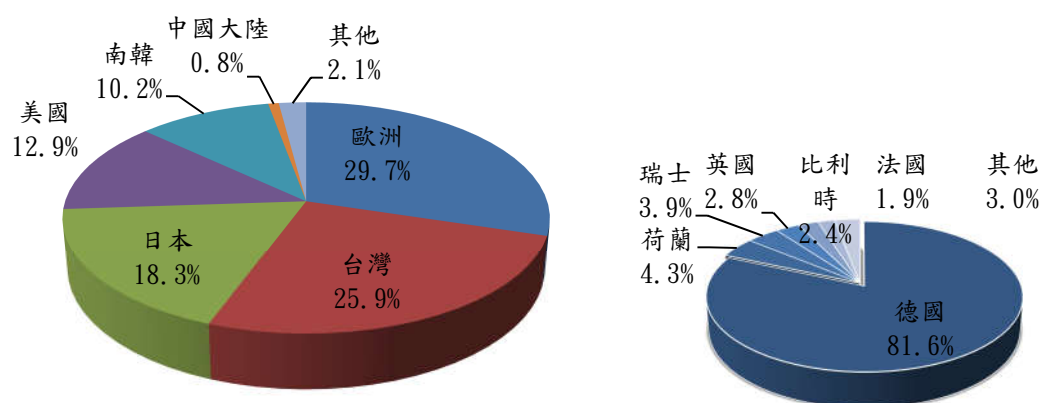


圖 4.4-20、有機薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

由於有機太陽能所使用之導電材料與 OLED 差不多，其物理原理也類似，只是方向不同，因此一些歐洲德國材料大廠，在申請時常會兩者並列，所以歐洲德國在有機太陽能布局上較為突出。

如圖 4.4-21 所示，申請人大致可分為三類：公司、學術機構及個人，於台灣申請的專利案件中，所占的比例大致為公司申請人 75.27%、學術機構申請人 21.5%、個人申請人 3.23%；然而若是針對台灣籍的申請人分析，所占比大致為學術機構申請人 58.7%、公司申請人 33.25%、個人申請人 8.05%，可發現台灣籍的申請人當中，反而以學術機構申請人為大宗，疑似台灣廠商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。

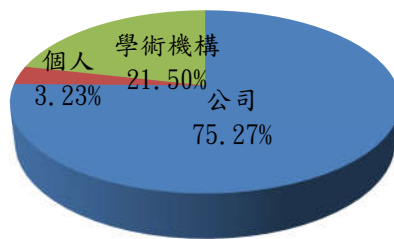


圖 4.4-21、有機薄膜太陽能電池(在台)申請人類型比例

主要發展技術特徵

圖 4.4-22 揭示各國於台灣申請相關專利之 IPC 四階及五階分布。

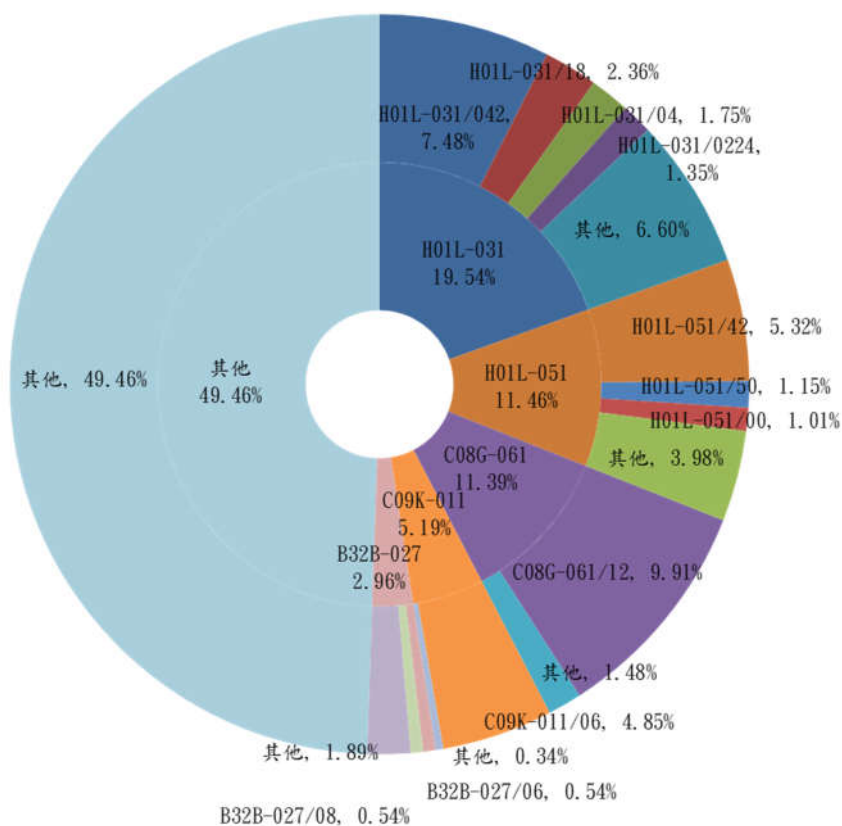


圖 4.4-22、有機薄膜太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例

由圖可發現四階前三大分別為 H01L-31(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置；此等半導體裝置之零物件)；H01L-51(使用有機材料或其與其他材料的組合物作為主動部分的固態裝置，專門適用於處理這些元件或其部件的技術方法或設備)；C08G-061(由高分子主鏈上形成碳-碳鍵合之反應而得的高分子化合物)；這三者約占了 42%，大致來說 H01L-31 屬於太陽能電池的專有技術

分類號，而 H01L-51 可用來處理有機材料的方法或設備，C08G-061 則可用來形成有機太陽能電池之材料。

圖 4.4-23 為有機小分子聚合物薄膜太陽能相關專利整體四階 IPC 各年度申請趨勢，大致而言，整體專利申請件數先增後減，申請高峰分布則較為分歧。

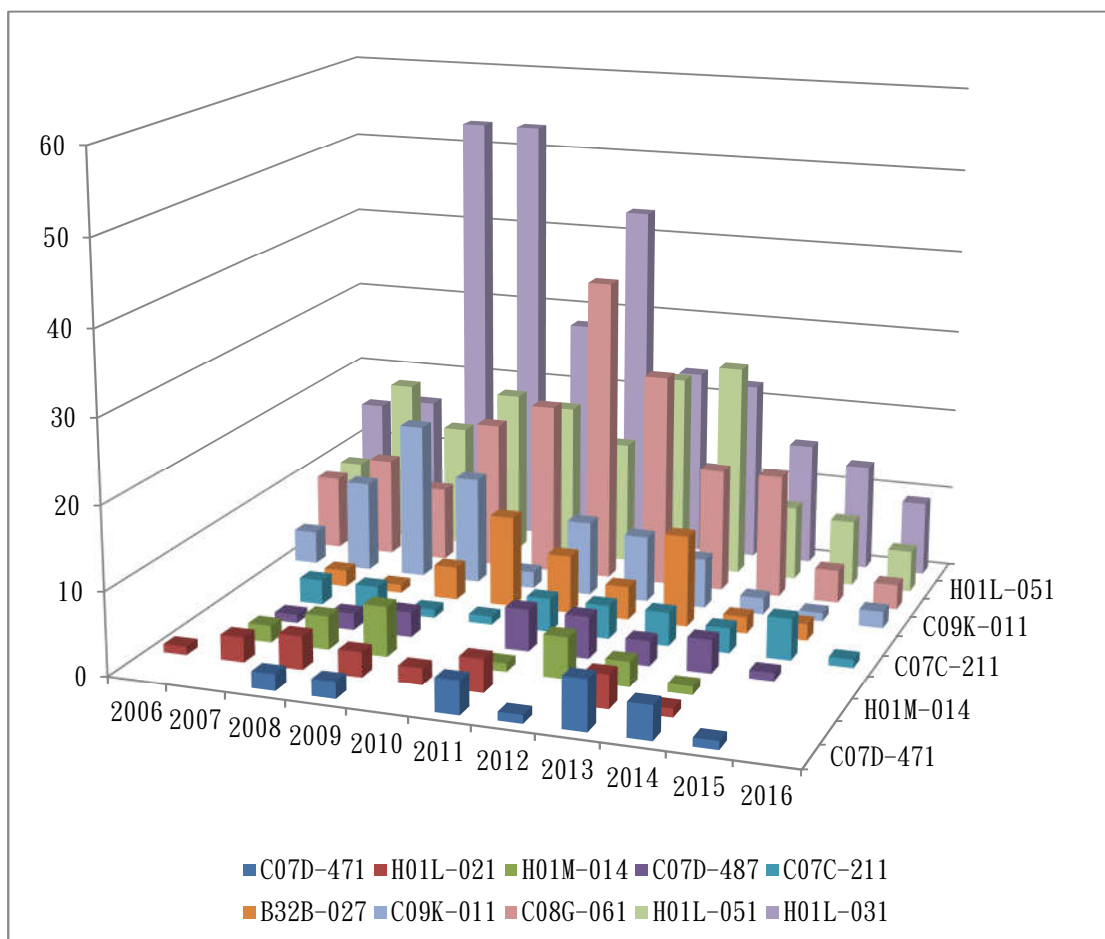


圖 4.4-23、有機薄膜太陽能電池(在台)歷年主要技術(IPC)申請件數(優先權年)

(2)在台主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.4-24 為各國申請人歷年於台灣申請之趨勢，歐洲在 2009~2014 年間，除了 2010 年以外，申請量都有 50 件以上，2015 年雖然稍微下降，但仍有 48 件；而台灣與日本則在分別在 2009 與 2011 年達到高峰，之後逐年減少；中國大陸來台申請量並不多，且主要集中在 2010~2015 年間；除了前五大申請量達到三位數，第六大中國大陸之後皆只有十件左右或是更低。

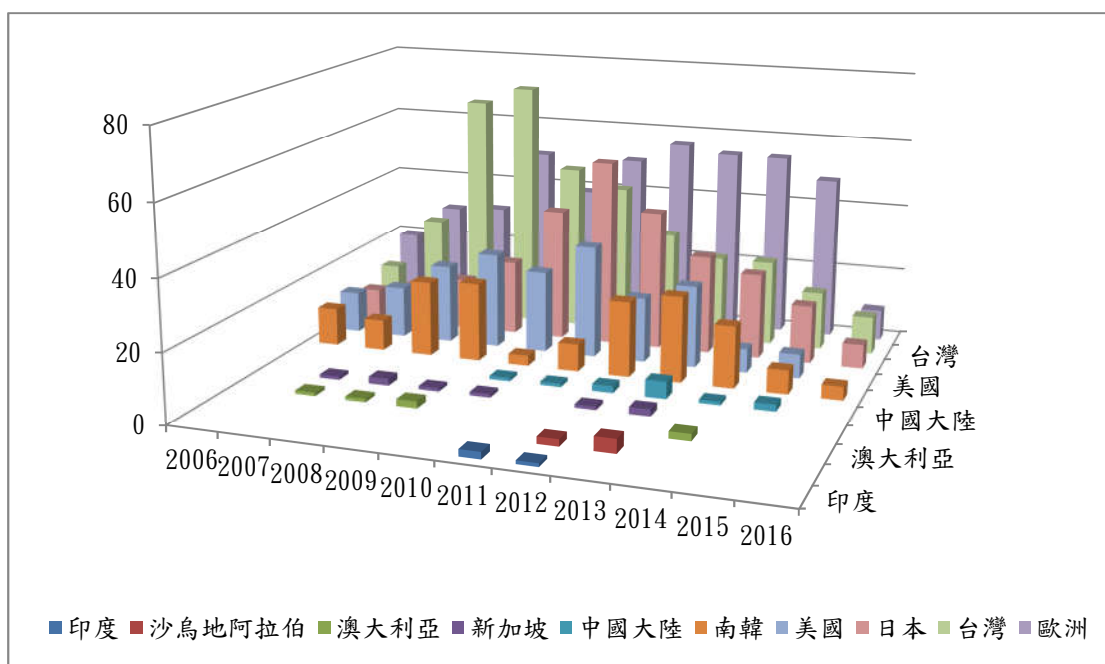


圖 4.4-24、有機薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數 (優先權年)

各國主要發展技術特徵

若將四階 IPC 以申請人國籍來分析如圖 4.4-25 所示，大致而言，台灣、美國主要在於 H01L-31，歐洲則在於 C08G-061，前者主要與太陽能裝置或元件相關，而主要與有機太陽能材料有關，日本對於這兩個類位的申請量相近，各國主要發展的技術似乎不盡相同，但除了南韓為 C09K-011 以外，多以上述兩者為主。

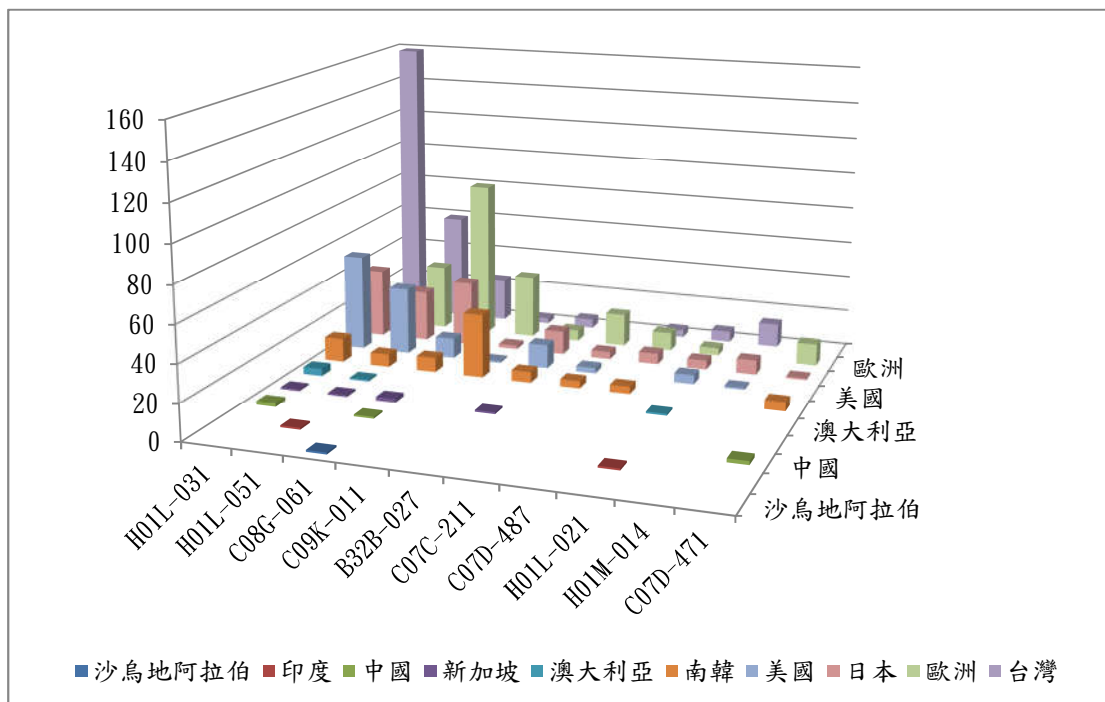


圖 4.4-25、有機薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(四階 IPC)申請件數

(3)在台主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

圖 4.4-26 為來台布局前十大申請人各年度申請量，最大申請人為德國馬克專利，其次為南韓 LG，第三才是台灣工研院，而馬克專利主要為一家以化學材料為研發的公司，申請最大似乎為有機太陽能所使用之導電材料，其可與 OLED 共用有關。

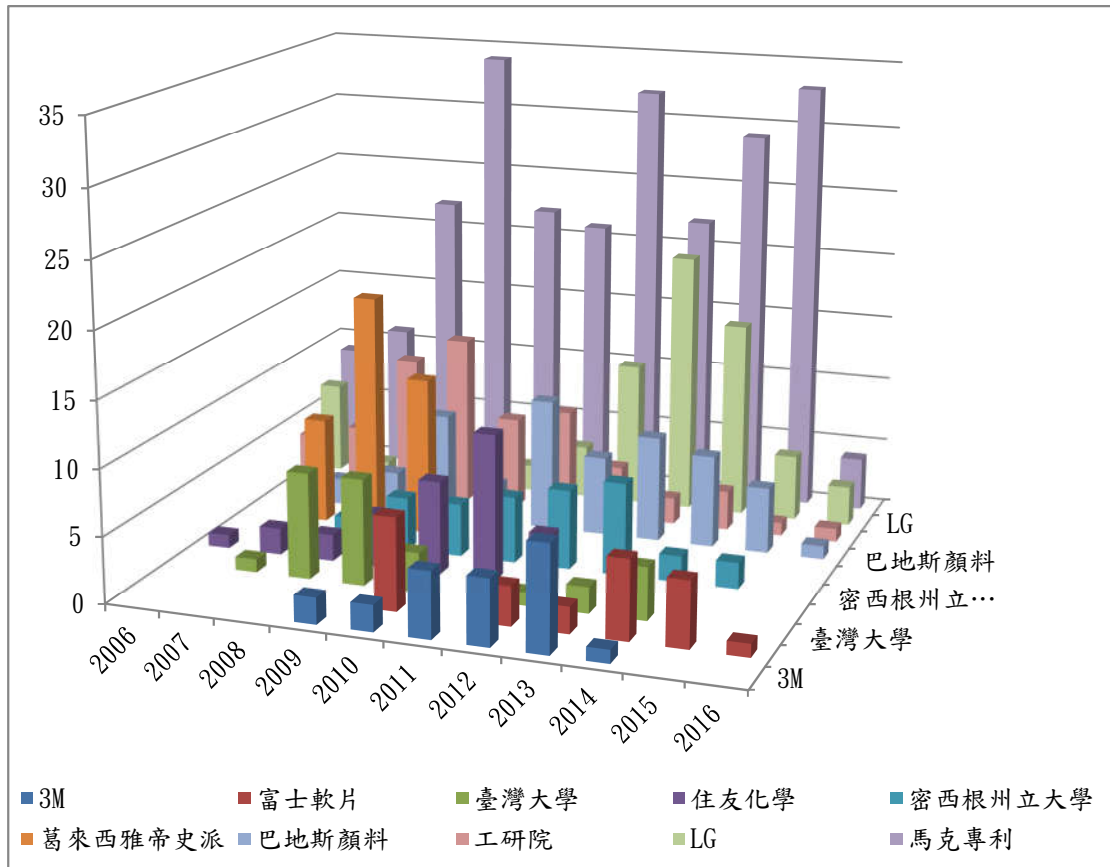


圖 4.4-26、有機薄膜太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請件數(優先權年)

主要申請人主要發展技術特徵

若將四階 IPC 以十大申請人來分析如圖 4.4-27 所示，大致而言，馬克專利主要著重於 C08G-061 及 C09K-011，LG 則較為平均，沒有特別凸出的項目，工研院則以 H01L-031 為主，而巴地斯顏料及住友化學也是以 C08G-061 為主，葛來西雅帝史派則是 C09K-011，由此可知國外主要廠商來台布局多以化學材料為主，而非相關機構。

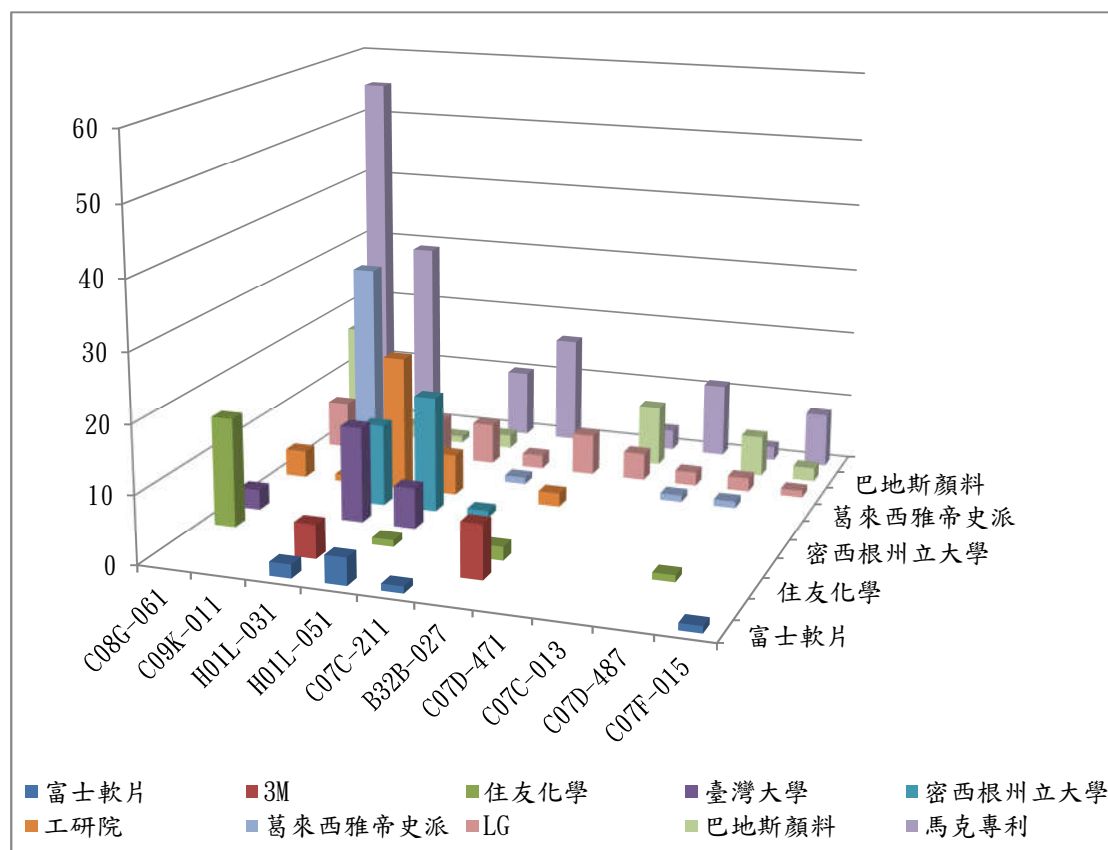


圖 4.4-27、有機薄膜太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(IPC)申請件數

4.5、染料敏化太陽光電相關專利趨勢分析

如前所述利用 Derwent Innovation 統計 2007 至 2017 年之間各國公開專利，總共有 7007 族專利家族，包含 12484 件公開案。

4.5.1、染料敏化太陽光電全球相關專利趨勢分析

(1)全球申請概況分析

於此一期間，各國整體專利申請族數不斷增加，直到 2011 年附近達到高峰，來到 1001 族，之後開始往下降，2014 年之後下降幅度減緩，在 400 族以上徘徊。

整體申請概況

圖 4.5-1 為此一期間各國申請量的比例分布，前三大申請人國籍為日本 (39.1%)、中國大陸 (24.1%)、南韓 (22.0%)，申請總族數皆有 1500 族以上；接下來依序為歐洲 (5.2%)、美國 (4.3%)，申請族數有明顯落差僅有 300 多族，台灣 (3.9%) 排名第六只有 271 族，之後國家申請數量均不到 50 族；而歐洲以德國 (2.2%) 申請 154 族最多，佔所有歐洲申請族數比率 42.2%，其餘國家申請數量均不到 50 族。

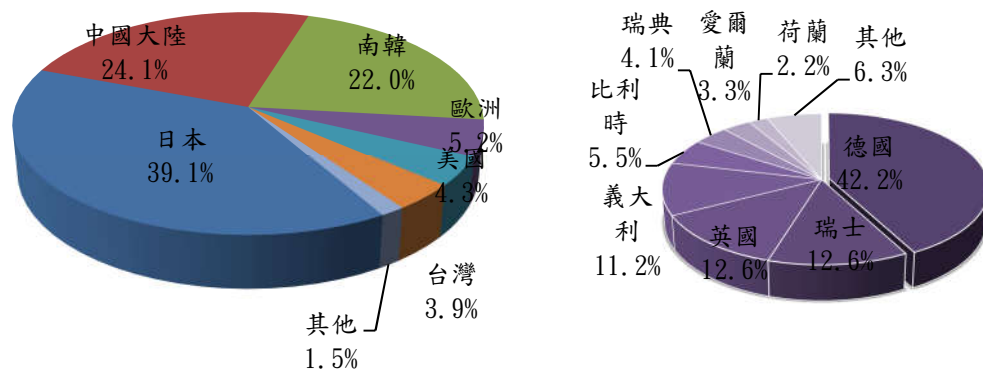


圖 4.5-1、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例

主要發展技術特徵

關於染料敏化太陽能電池，在技術上大致以製造方法、電池結構、透明導電膜、光陽極、電解質、對電極、封裝、基底及製造裝置等作為分析重點，其中電池結構同樣主要著重於吸收層的層數。

圖 4.5-2 為染料敏化太陽能電池相關專利整體相關技術各年度申請趨勢，大致而言，整體專利申請族數同樣先增後減，申請高峰多落在 2011 年，如製造方法、光陽極、電解質、對電極、基底等，其餘申請高峰落在 2010 年，如電池結構、透明導電膜、製造裝置等，隨後往下修正，在 2016 年似乎都有反彈的傾向。

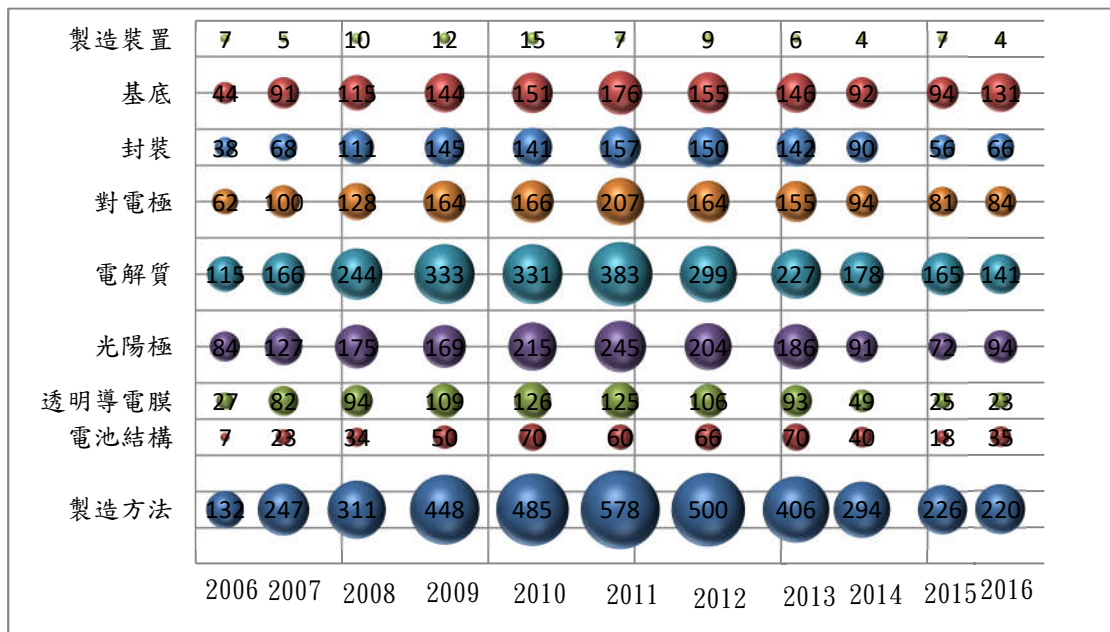


圖 4.5-2、染料敏化太陽能電池(全球)歷年主要技術申請族數(優先權年)

主要達成功效

圖 4.5-3 為染料敏化太陽能電池相關專利整體達成功效各年度申請趨勢，若依各功效來分析，大致而言，整體專利申請族數同樣先增後減，除了擴大用途及提高產量分別在 2010 年及 2012 年之外，申請高峰多落在 2011 年附近，之後往下減少；除了擴大用途在 2015 年以及降低成本、提高產量及環境友善在 2016 年又稍微增加，其餘申請量呈現持續下滑趨勢。

若依各年份來分析，除了 2006 年以外，各年份申請量依序皆為提高效率、提升性能、降低成本、擴大用途、提高產量及環境友善，2006 年提高產能則稍微領先擴大用途。

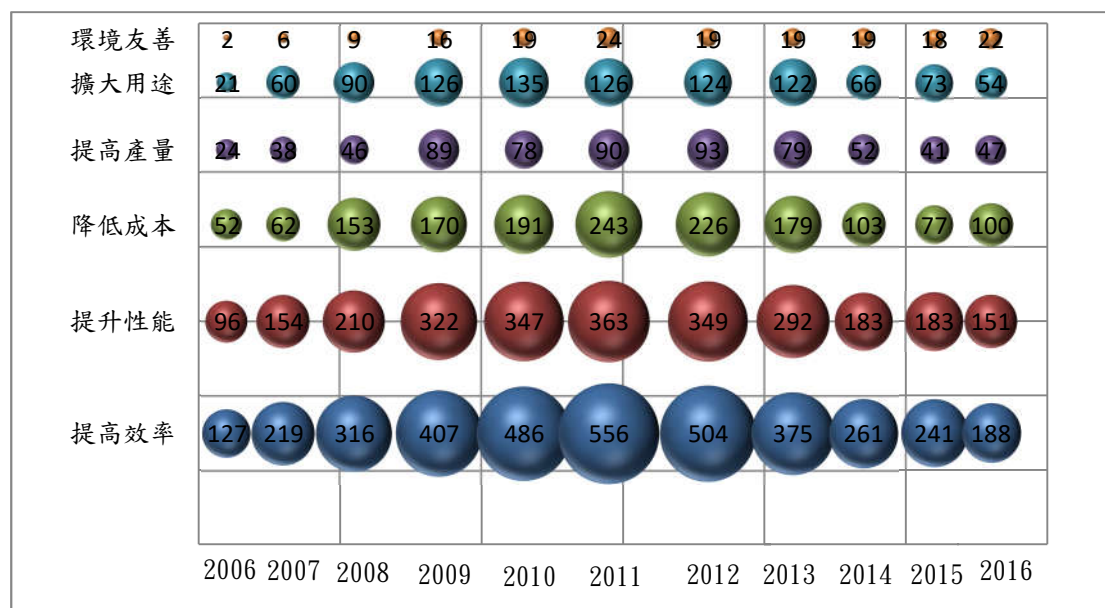


圖 4.5-3、染料敏化太陽能電池(全球)達成功效歷年申請族數（優先權年）

圖 4.5-4 所示為技術功效矩陣分析，探討各種技術所達到功效之數量統計，大致而言，除了製造裝置以外，各技術所達到的功效大多依序為提高效率、提升性能、降低成本、擴大用途、提高產量、環境友善，而封裝中提高效率、提升性能對調；似乎製造方法、電解質、光陽極、對電極的改良依序可以提供較佳的功效；而電解質相較之下在提升性能有相當的關係；而封裝相較之下在提升性能及擴大用途有相當的關係；製造裝置相較之下在降低成本有相當的關係，同樣製造裝置似乎較少，這應該與染料敏化太陽能電池多屬實驗室階段有關。

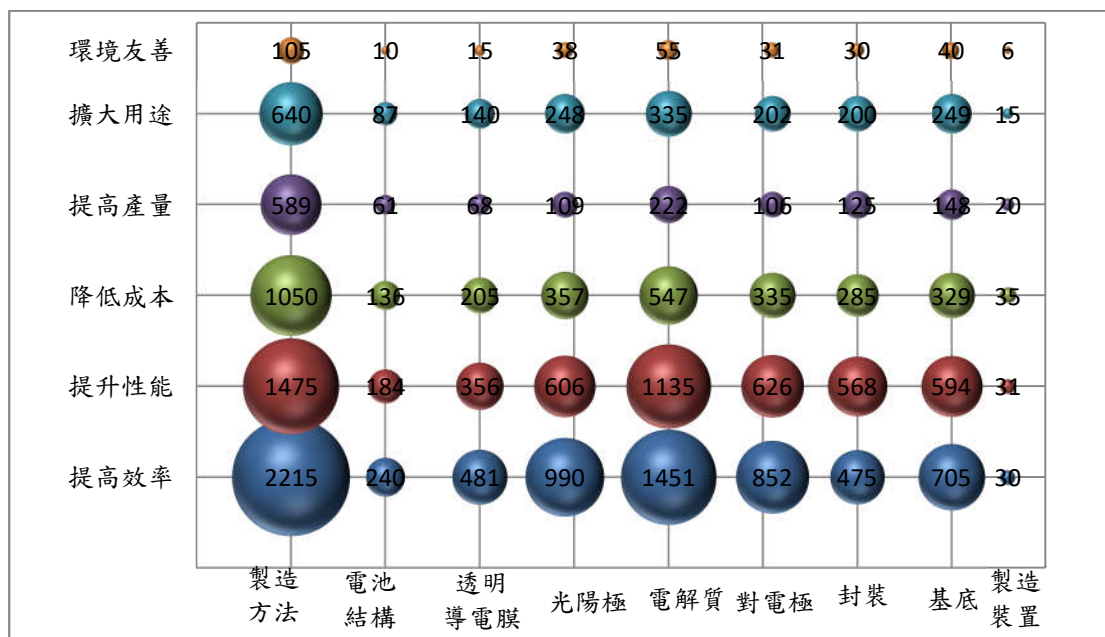


圖 4.5-4、染料敏化太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析

(2)全球主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.5-5 為各國申請量對應時間(申請日/優先權日)之趨勢圖，染料敏化太陽能電池主要申請人似乎以亞洲國家為主，集中在日本、中國大陸及南韓。

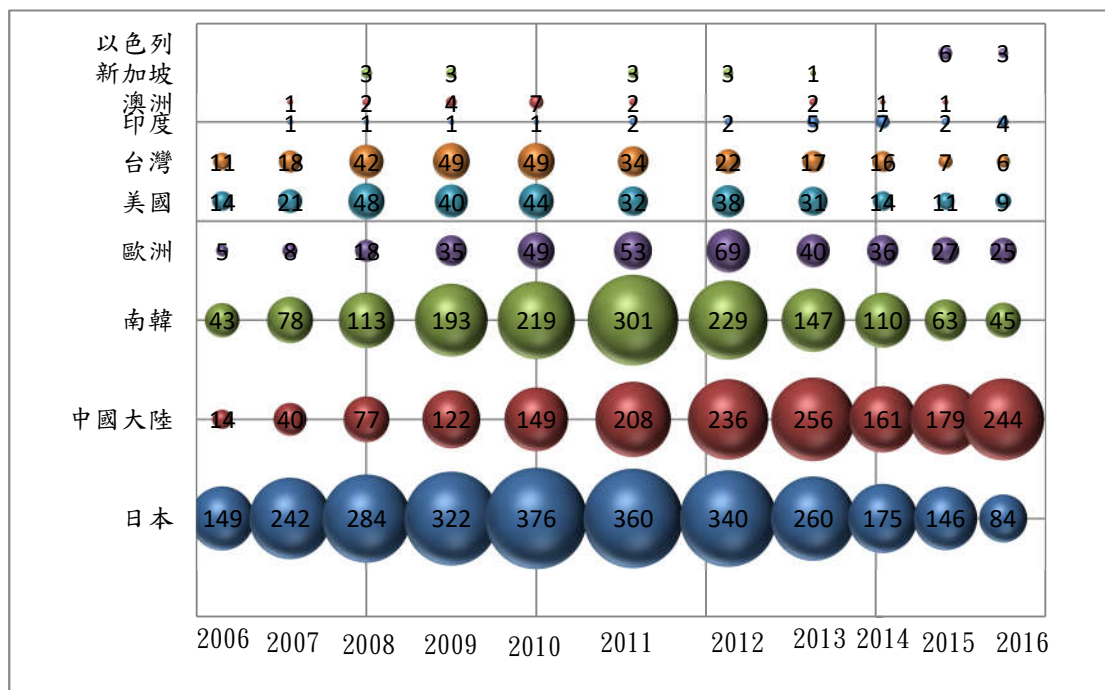


圖 4.5-5、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

由此圖可以看到除了中國大陸以外，整體趨勢大致同樣為先升後降，達到高峰的年份較為分散，其中美國在 2008 年，日本、台灣在 2010 年，南韓在 2011 年，歐洲在 2012 年，之後各國均呈現往下降的趨勢；中國大陸在 2011 年以前申請量並不特別突出，落在日本及南韓之後，但在 2012 年擠下南韓，且在 2013 年達到高點，2014 年雖然往下掉，但是 2015 年後又持續增加，並取代日本，成為申請量第一的國家。

圖 4.5-6 為主要申請國各年份專利件數與家族族數比例統計，即平均一族專利家族包含專利件數；由於有些專利可能尚未公開，所以 2015 跟 2016 年同樣不予以探討。

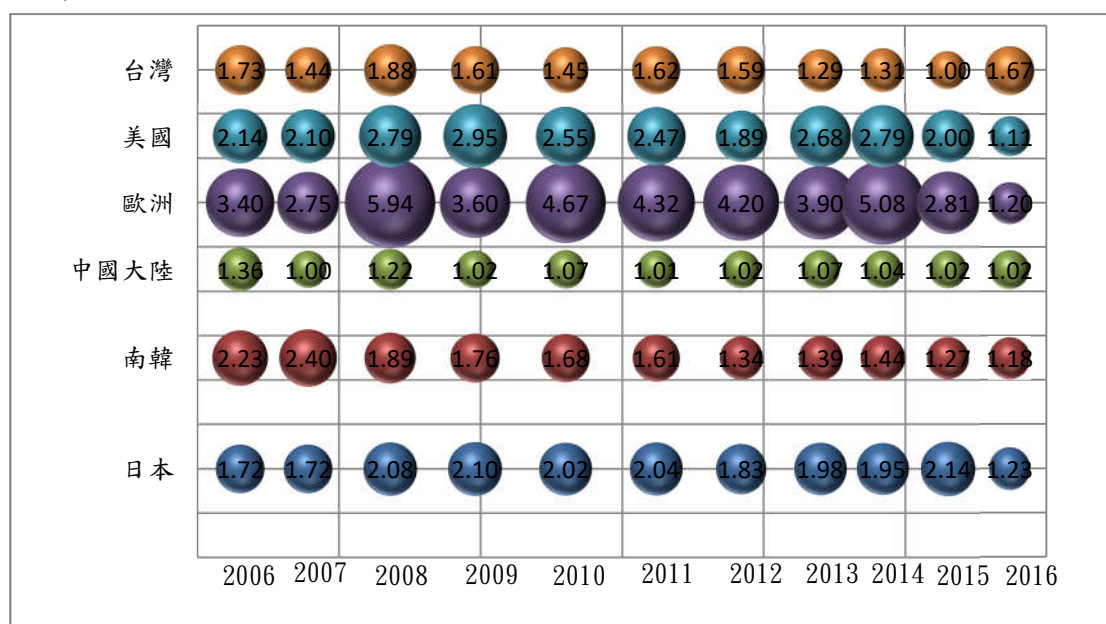


圖 4.5-6、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年專利件數及家族族數比例(優先權年)

大致而言，歐洲平均專利家族數最為龐大，意謂著歐洲對於自身的專利較具信心，除了 2007 年以前平均為 3 件上下，2008 年以後一族專利家族至少包含 3.5 件專利案件，2008 及 2014 年更是來到 5 件以上的水平；其次為美國，除了 2012 年僅 1.89 件之外，平均都有 2 件以上；接著為日本及南韓，日本除了 2007 年以前平均為 1.72 件，2008~2011 年一族專利家族至少包含 2 件以上專利案件，但在 2012 年之後又掉到 2 件以下，但仍有 1.8 件以上的水準；而南韓在 2007 年之前較日本多，每年多有 2 件以上，2008 年之後大約僅剩 2 件以下，2012 年之後又掉到 1.5 件以下；台灣在 2012 年之前，除了 2007 及 2010 年以外，平均都有 1.5 件以上的水準，但 2013 年之後也是明顯下降；中國大陸似乎較熱衷在本地申請，因此，一族專利家族大約不到 1.1 件專利。

各國主要發展技術特徵

若將技術特徵以申請人國籍來分析如圖 4.5-7 所示，大致而言，各國主要發展的技術似乎在於製造方法及電解質；其次為光陽極、對電極、基底、封裝，中國大陸及南韓對於對電極關注情況完全相反，前者較不熱衷，後者則是投入較多

心力；接著為透明導電膜、電池結構，但歐、美則相反；相關製造裝置較少，似乎也跟此類電池多屬實驗室階段有關。

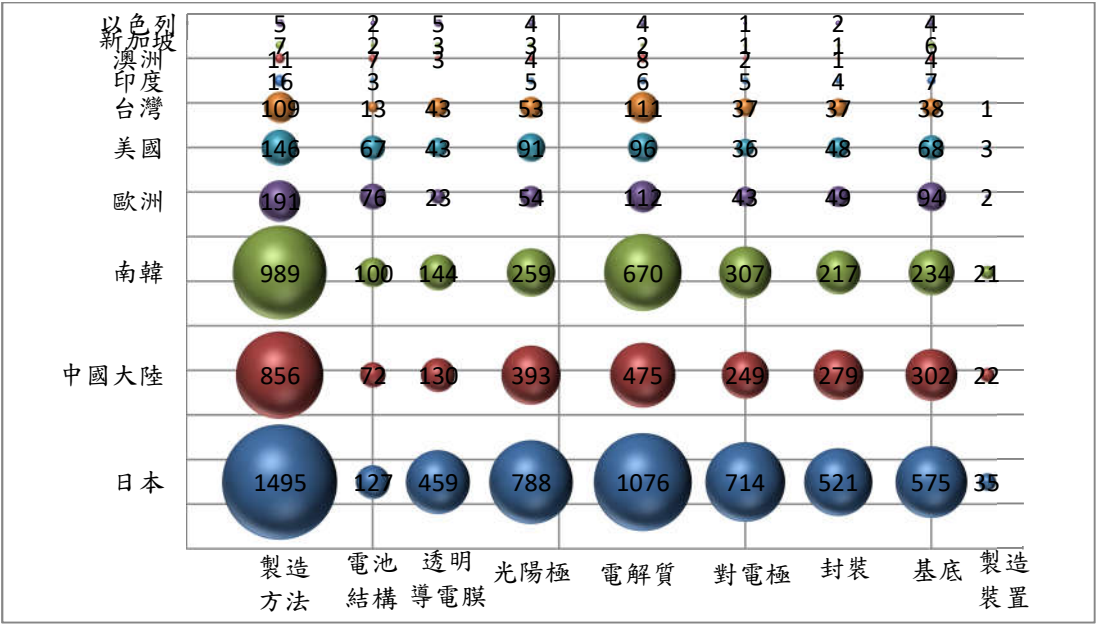


圖 4.5-7、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數

各國主要達成功效

若將功效以申請人國籍來分析如圖 4.5-8 所示，就國家來分析，主要關注功效依序為提高效率及提升性能，除了日本兩者差異不大外，其餘各國均有明顯落差；接著依序為降低成本、擴大用途與提高產量，除了歐洲提高產量較擴大用途多以外；較於其他國家，中國大陸相對於環境友善布局較多。

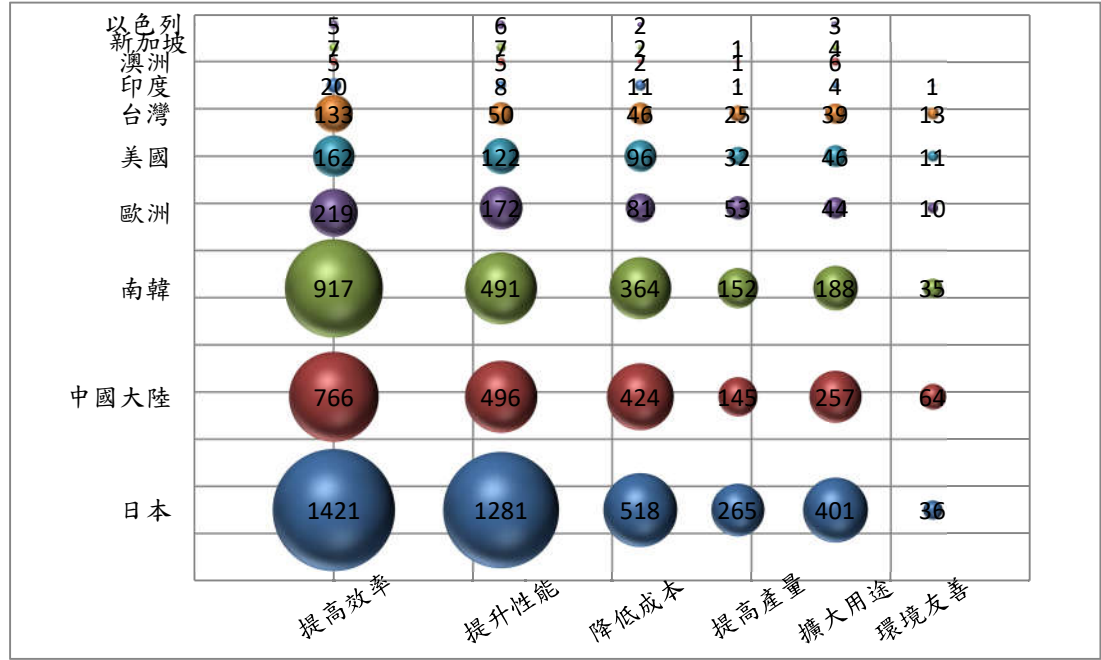


圖 4.5-8、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

就功效來分析，各功效申請數量排名主要依序為日本、中國大陸、南韓、歐洲、美國、台灣，但在提高效率、提高產量上，南韓則取代中國大陸成為第二，而在降低成本、擴大用途上，美國則取代歐洲成為第四。

第一大申請人國家(日本)

圖 4.5-9 為第一大申請國日本相關技術各年度申請趨勢，主要關注技術仍為製造方法及電解質；其次為光陽極、對電極、基底、封裝。

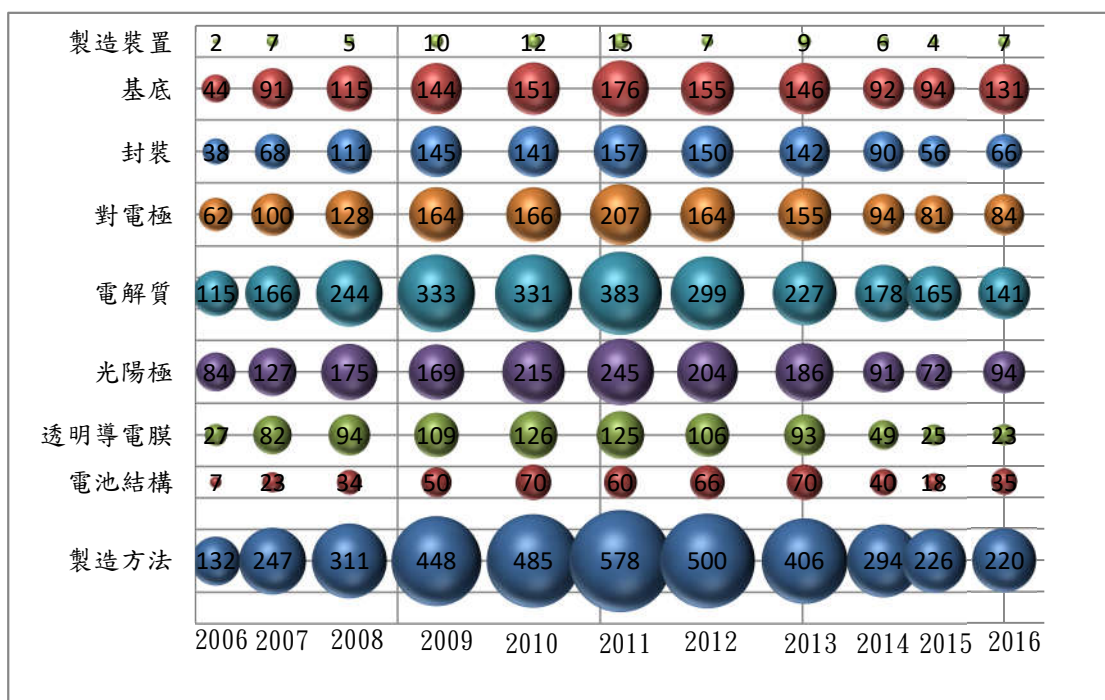


圖 4.5-9、染料敏化太陽能電池(全球)日本主要技術歷年申請族數(優先權年)

大致而言，整體專利申請族數先增後減，除了透明導電膜在 2010 年以一件之差領先 2011 年，而電池結構在 2010 及 2013 年同為最多 70 件以外，申請高峰多落在 2011 年，隨後往下修正；大部份技術在 2016 年呈現成長的趨勢，但製造方法、透明導電膜、電解質等技術特徵，仍持續下滑

圖 4.5-10 為第一大申請國日本相關功效各年度申請趨勢，若依各功效來分析，大致而言，整體專利申請族數先增後減，除了擴大用途及環境友善分別在 2009 及 2011 年申請量達到高峰，其餘最高申請量在 2010 年，隨後往下修正。

若依各年份來分析，在 2012 年以前，除 2006、2007 及 2009 年，各年份關注功效依序為提高效率、提升性能、降低成本、擴大用途、提高產能及環境友善，2006 年提高產能則稍微領先擴大用途，而 2007 及 2009 年擴大用途則領先降低成本；在 2013~2014 年，提升性能則取代提高效率成為第一；而 2015~2016 年，提高效率重回第一，但擴大用途則領先降低成本。

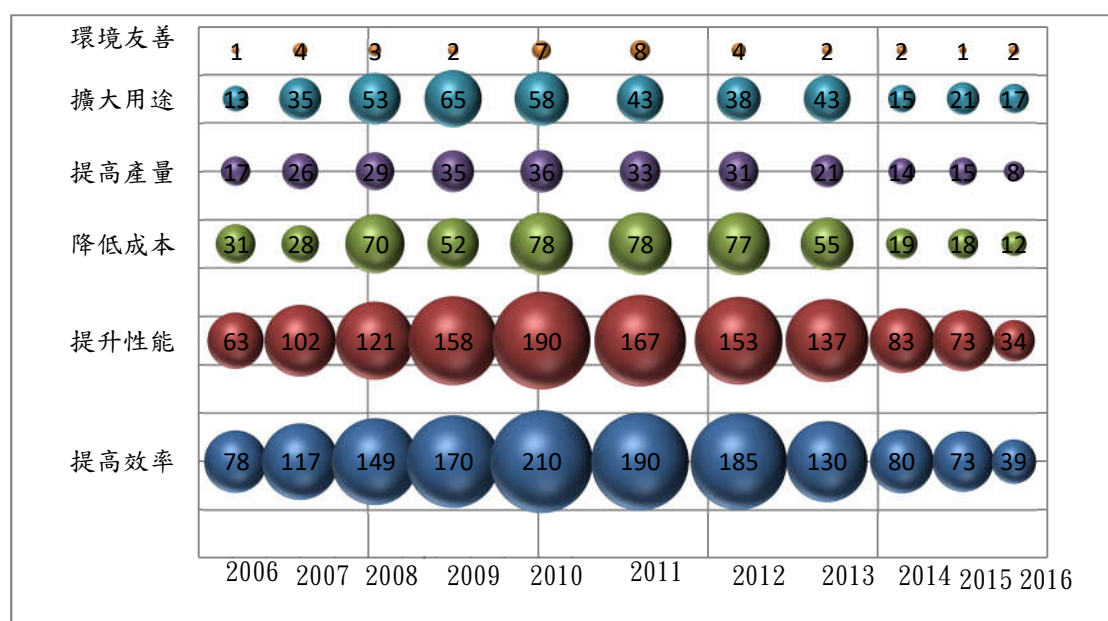


圖 4.5-10、染料敏化太陽能電池(全球)日本達成功效歷年申請族數(優先權年)

(3)全球申請流向及主要公開專利局分析

圖 4.5-11 為各國申請人於各專利局申請量統計，大致上可發現各國申請人主要還是在本國專利局申請居多，中國大陸此一現象更是明顯，中國大陸申請人在本地專利局申請了 1667 件，而在其他各專利局中申請最多為在美國專利局的 31 件。

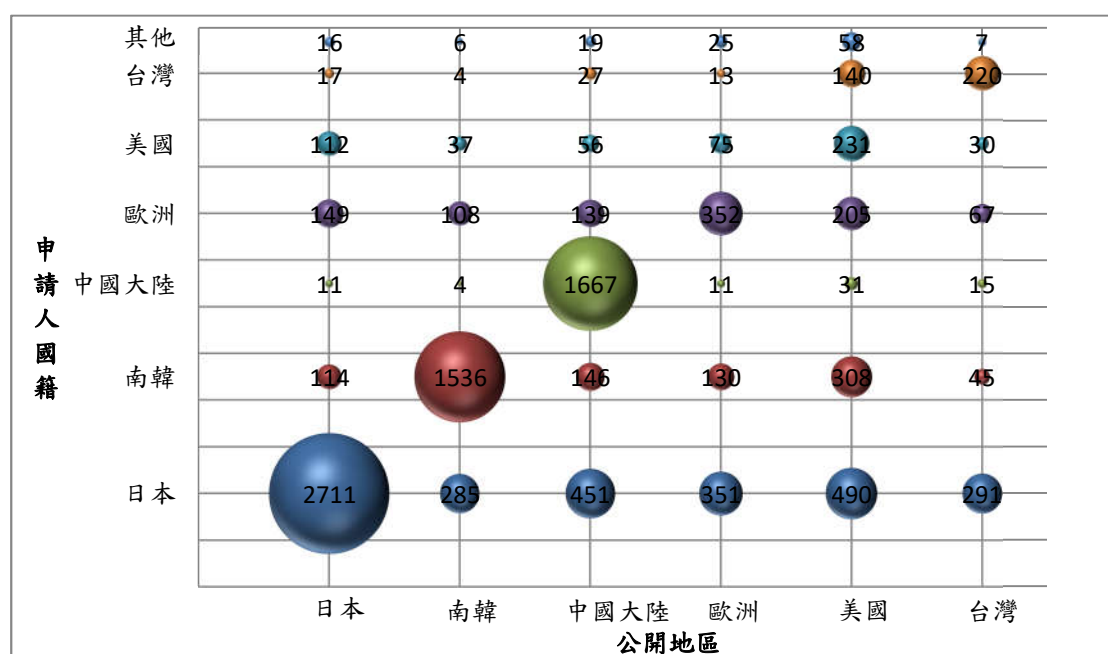


圖 4.5-11、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

各國申請人除了在各國專利局申請外，海外申請局主要首選為美國專利局，除了中國大陸以外，各國到美國申請量均較美國到各國申請量高，可見申請人還

是認為美國為主要市場；在海外布局數量最多的為日本，意謂著日本為本領域主要技術輸出國，其在各地的申請量皆大於各國到日本的申請量。

圖 4.5-12 為各國申請人於主要專利局申請流向圖，由此圖可以發現公開數量最多的依序為日本、中國大陸及美國，於日本、南韓、中國大陸公開的專利案中，本地申請人申請量超過一半，而歐洲、美國、台灣，本地申請人申請量則不到一半；除了本地申請人以外，第一大的國外申請人都是日本。

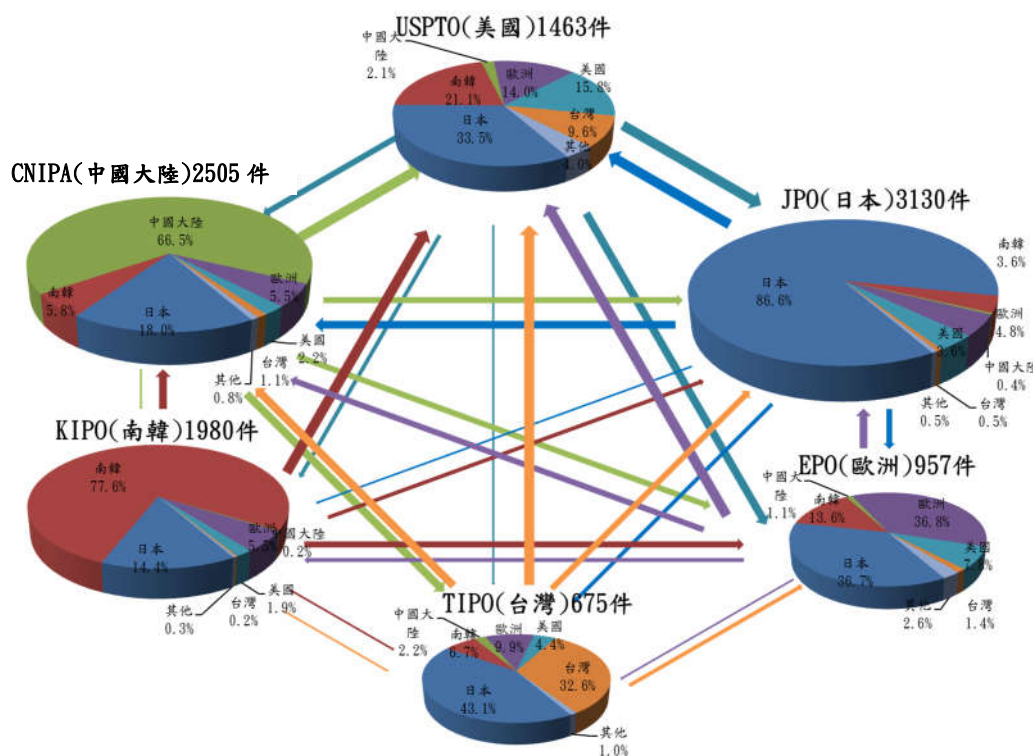


圖 4.5-12、染料敏化太陽能電池(全球)申請流向圖

圖 4.5-13 為各年份於各專利局公開狀況統計，除了中國專利局之外，大致而言，於各專利局公開件數先增後減，公開高峰大致落在 2010~2012 年，其中日本、歐洲在 2010 年，南韓、美國在 2011 年，台灣在 2008~2011 年間公開數量差不多，僅有 1 件的差異，在 2012 年之後各局收案量即逐年減少；而中國專利局收案高峰落在 2012 年，在 2013、2014 年收案量雖然也稍微逐年減少，但是在 2016 年又呈現正成長。

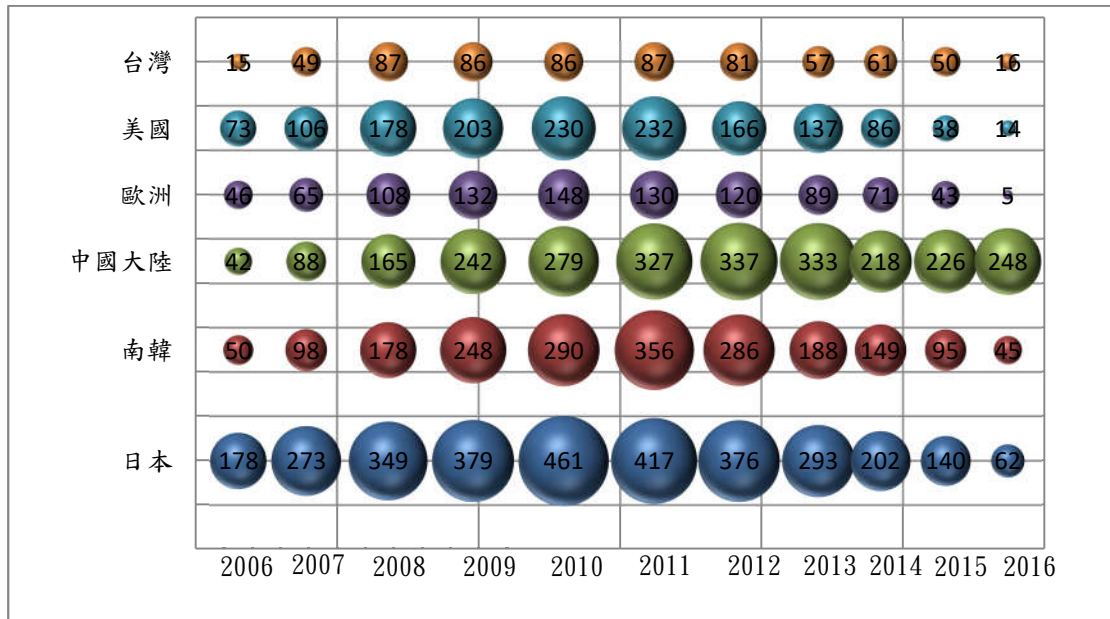


圖 4.5-13、染料敏化太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開件數(優先權年)

(4)全球主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

圖 4.5-14 為十大申請人各年度申請量，其中日本有六家，南韓三家，歐洲一家，台灣並沒有申請人進入前十大，申請最多為工研院。

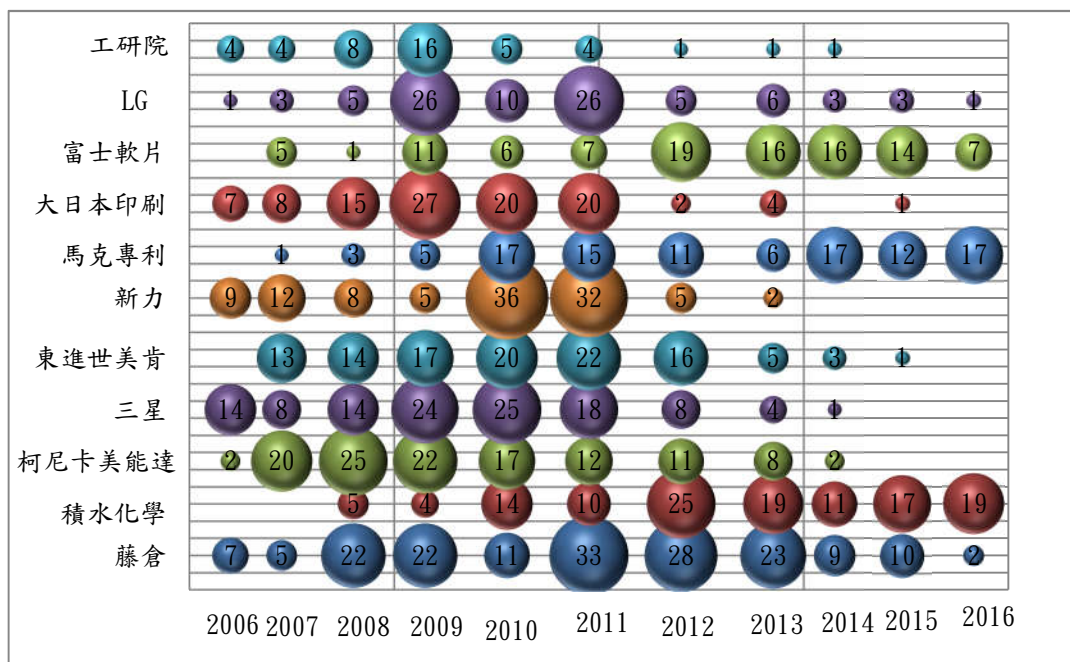


圖 4.5-14、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數(優先權年)

前三大申請人皆為日本籍，依序為藤倉、積水化學、柯尼卡美能達，其次為南韓的三星及東進世美肯；部份申請人(如日本的柯尼卡美能達、新力、大日本印刷，南韓的三星、東進世美肯，台灣工研院)在 2014 年之後申請量大幅減少，

甚至完全沒申請，推論可能轉為研究電池構造相近而轉化效率更高的鈣鈦礦；而積水化學、馬克專利、富士軟片則在本領域布局較晚，2014 年之後仍持續申請，雖然各申請人對於本產業看法不一，不過除了積水化學、馬克專利，整體申請量仍呈現先升後降，只是中間多有起伏，高峰也較為凌亂。

主要申請人主要發展技術特徵

若將技術特徵以十大申請人來分析如圖 4.5-15 所示，大致而言，各主要申請人發展的技術與各國類似，各國主要發展的技術似乎在於製造方法及電解質，其中藤倉、三星、富士軟片及工研院以後者為主；其次為光陽極、對電極、基底、封裝；相關製造裝置也較少；藤倉在電解質、光陽極及封裝布局最多，尤其封裝上更是明顯領先其他申請人，而柯尼卡美能達在封裝上則相反；富士軟片相對於其他廠商，對於對電極布局較多，而 LG 則相反；馬克專利相對於其他廠商，對於電池結構裝布局較多，但對於透明導電膜與光陽極則較少。

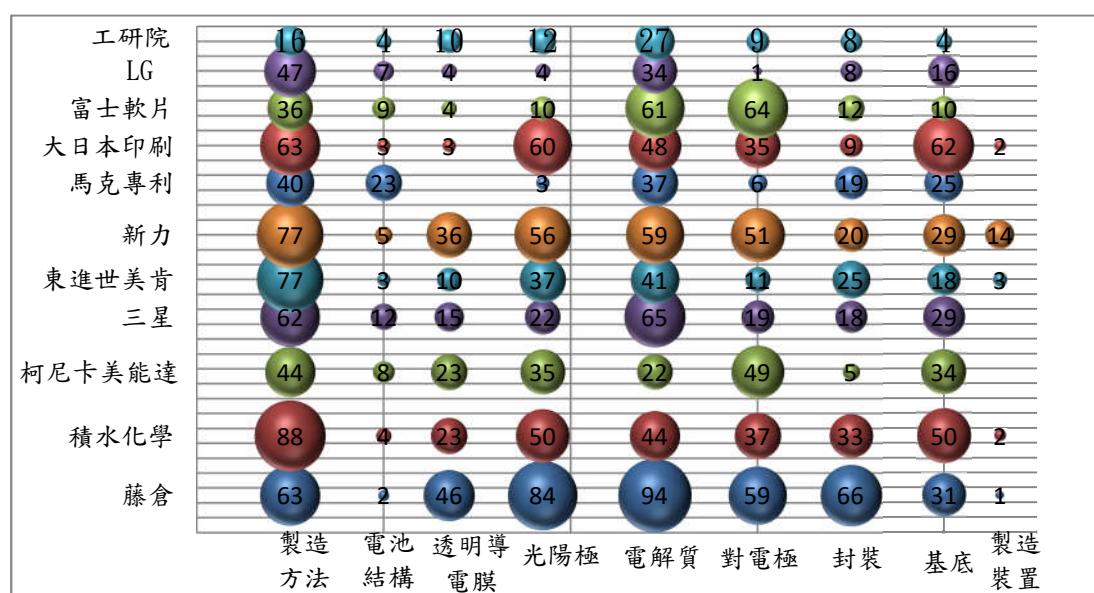


圖 4.5-15、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人主要技術申請族數

若將功效以申請人來分析如圖 4.5-16 所示，除了藤倉主要關注功效為提升性能以外，其餘主要關注功效依序為提高效率、提升性能及降低成本；接著為擴大用途與提高產量，除了馬克專利、東進世美肯為提高產量以外，其餘都為擴大用途，而大日本印刷在擴大用途更是比降低成本多。

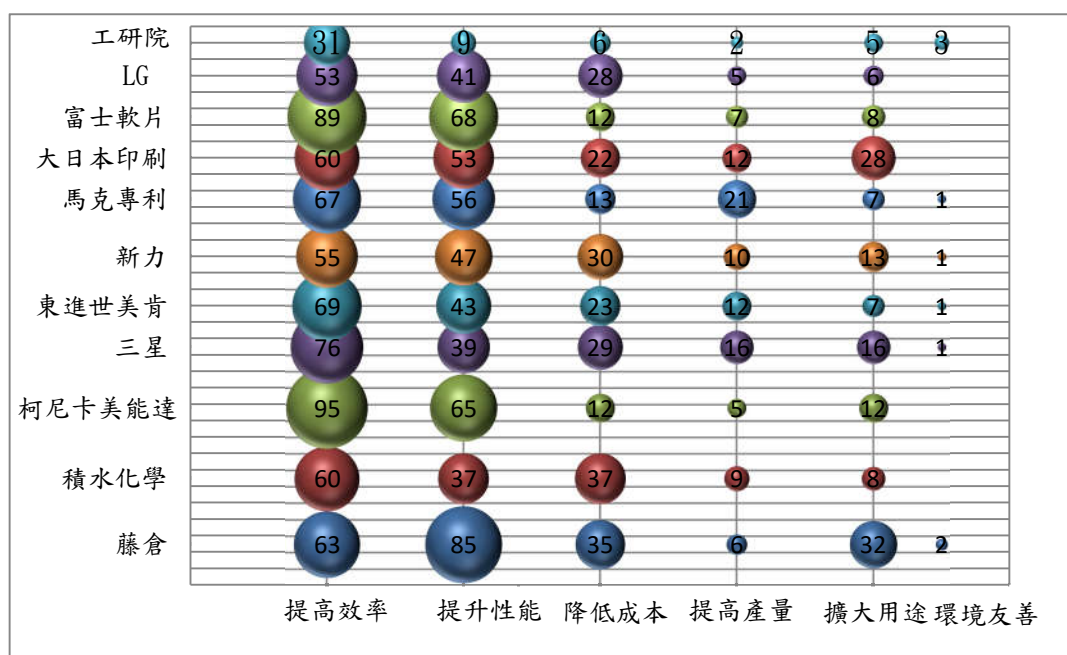


圖 4.5-16、染料敏化太陽能電池(全球)主要申請人達成功效申請族數

第一大申請人(藤倉)

對於本領域第一大申請人為日本的藤倉，圖 4.5-17 為其各技術特徵於各年份申請狀況統計。

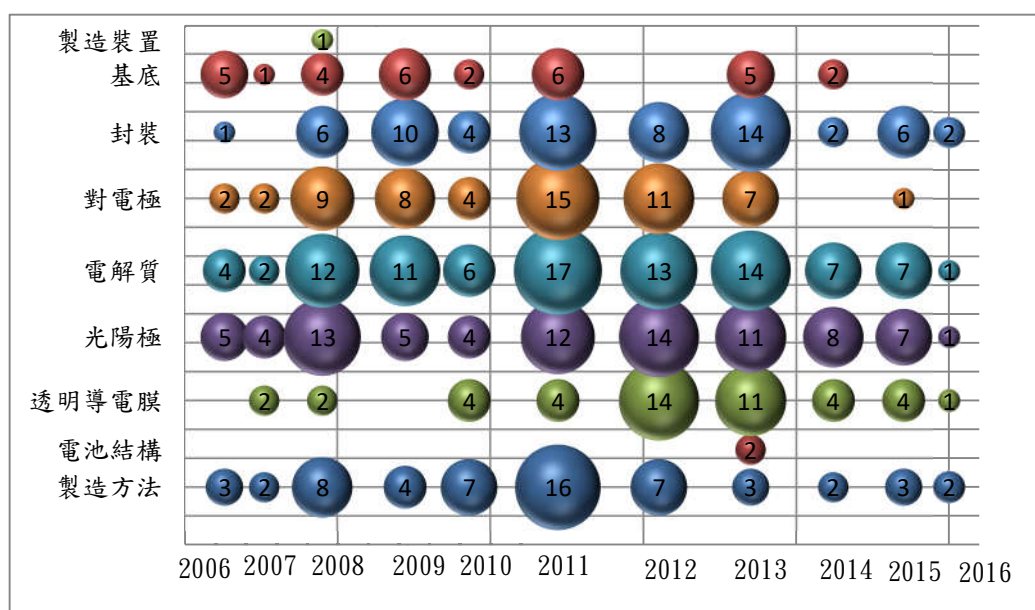


圖 4.5-17、染料敏化太陽能電池(全球)藤倉主要技術歷年申請族數(優先權年)

大致而言，整體申請量仍呈現先升後降，只是中間多有起伏，高峰分散於 2011~2013 年間；對於電池結構及製造裝置，除了前者在 2008 年而後者在 2013 年以外，幾乎都沒有發現；申請量較為平均的是製造方法、光陽極和電解質，每

年都有申請；對於對電極與基底的申請情況多集中在前期，2014 年之後似乎申請量較少；而透明導電膜與峰裝的申請情況多集中在後期

圖 4.5-18 為藤倉於染料敏化太陽能領域關注相關功效歷年申請趨勢，主要著重在提升性能，其次為提高效率，同樣呈現先升再降的趨勢；其餘各功效的申請似乎都集中於 2008~2013 年間，提高產量甚至在 2009~2012 年間，環境友善申請量更是少。

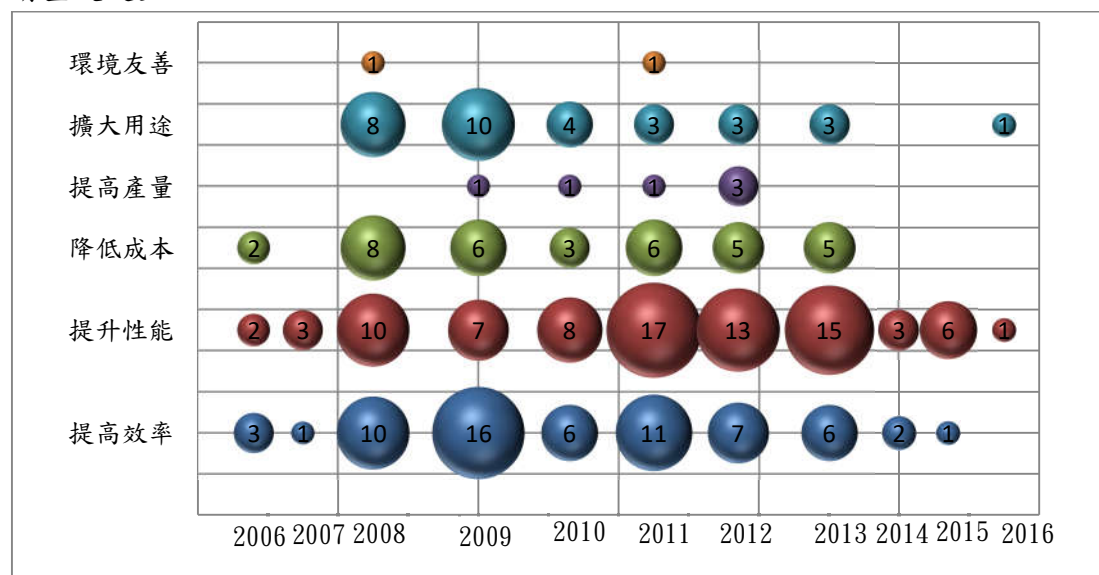


圖 4.5-18、太陽能電池(全球)藤倉達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.5-19 為藤倉於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以本國為主，其次為歐洲、中國大陸與美國，每年於三地申請量幾乎相同；而在台灣與南韓的布局，在 2008 年之前，每年申請量與上述三地相同，但在 2010 年之後幾乎都沒有在這兩地申請。

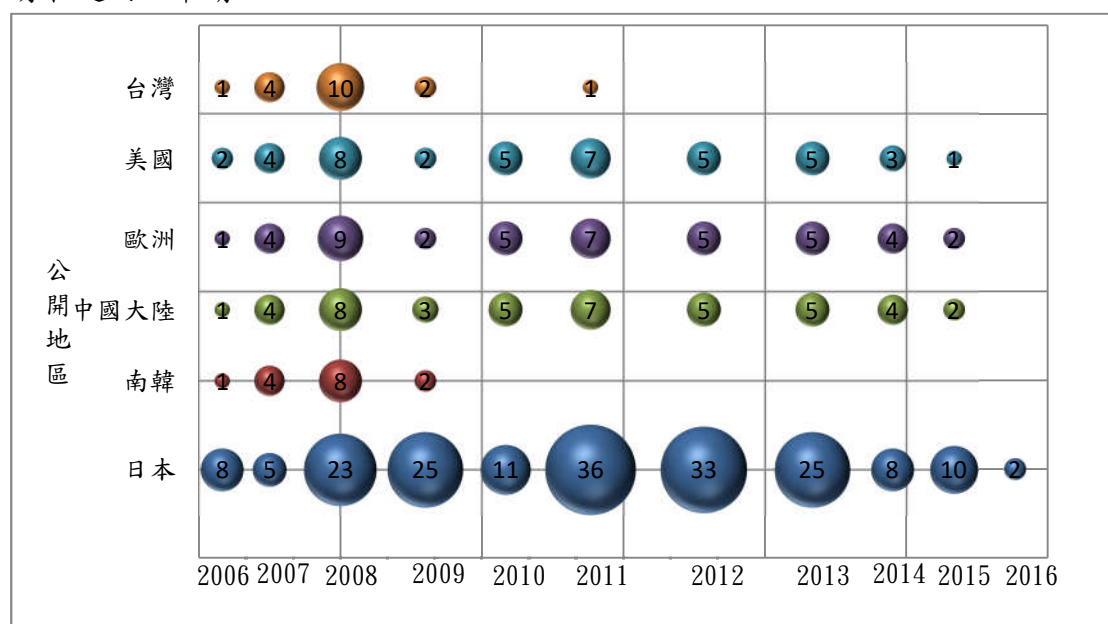


圖 4.5-19、染料敏化太陽能電池(全球)藤倉歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

4.5.2、染料敏化太陽光電在台相關專利趨勢分析

如前所述利用全域統計 2007 至 2017 年之間各國在台申請專利，總共有 525 件申請案。

(1)整體申請概況

整體申請概況

圖 4.5-20 為此一期間各國申請量的比例分布，前三大申請國籍為台灣(45.2%)、日本(34.1%)、歐洲(10.0%)，接下來依序為南韓(8.3%)、美國(0.9%)；而歐洲同樣以德國(7.1%)申請量最多，接著為比利時。

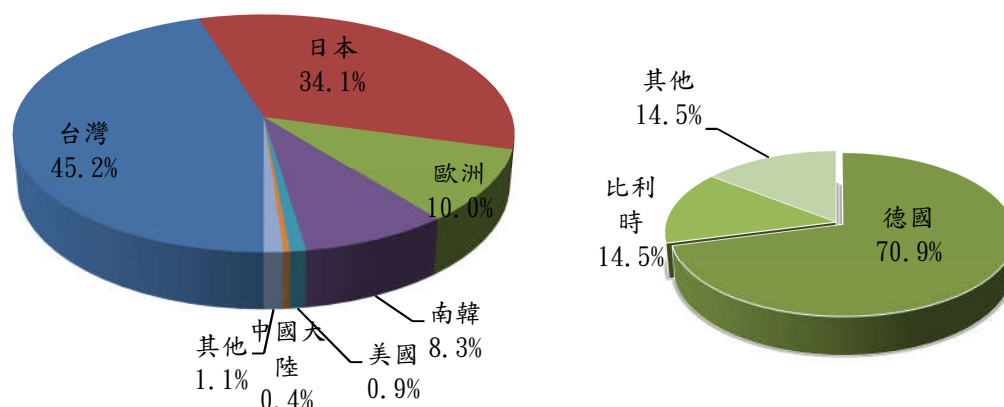


圖 4.5-20、染料敏化太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

如圖 4.5-21 所示，申請人大致可分為三類：公司、學術機構及個人，於台灣申請的專利案件中，所占的比例大致為公司申請人 63.0%、學術機構申請人 34.9%、個人申請人 2.1%；然而若是針對台灣籍的申請人分析，所占比例大致為學術機構申請人 67.3%、公司申請人 28.2%、個人申請人 4.4%，可發現台灣籍的申請人當中，反而以學術機構申請人為大宗，疑似台灣廠商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。

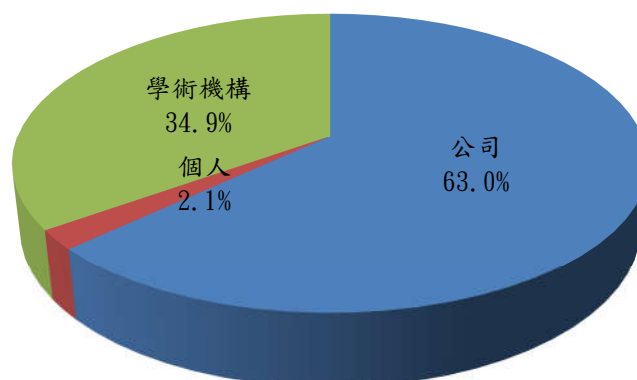


圖 4.5-21、染料敏化太陽能電池(在台)申請人類型比例

主要發展技術特徵

圖 4.5-22 揭示各國於台灣申請相關專利之 IPC 四階及五階分布。

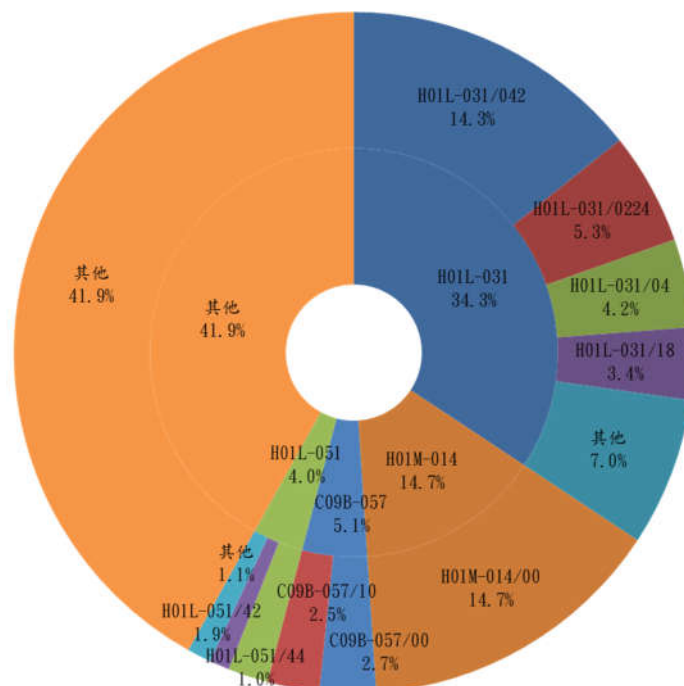


圖 4.5-22、染料敏化太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例

四階依序為 H01L-31(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置，製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置，此等半導體裝置之零部件)、H01M-014(於 6/00 至 12/00 各目內未包括的電化學電流或電壓發生器)，這兩者約占了 49%；接著為 C09B-057(其他已知結構之合成染料)、H01L-51(使用有機材料或其與其他材料的組合物作為主動部分的固態裝置；專門適用於處理這些元件或其部件的技術方法或設備)；大致來說 H01L-31 屬於太陽能電池的專有技術分類號，H01M-014 包含染料敏化電池的光電化學反應元件，C09B-057 則包含染料敏化電池的染料，H01L-51 可用來處理有機材料的方法或設備。

圖 4.5-23 為染料敏化薄膜太陽能相關專利整體四階 IPC 各年度申請趨勢，大致而言，整體專利申請族數先增再減，申請量存在兩個高峰，申請高峰分布則較為分歧。

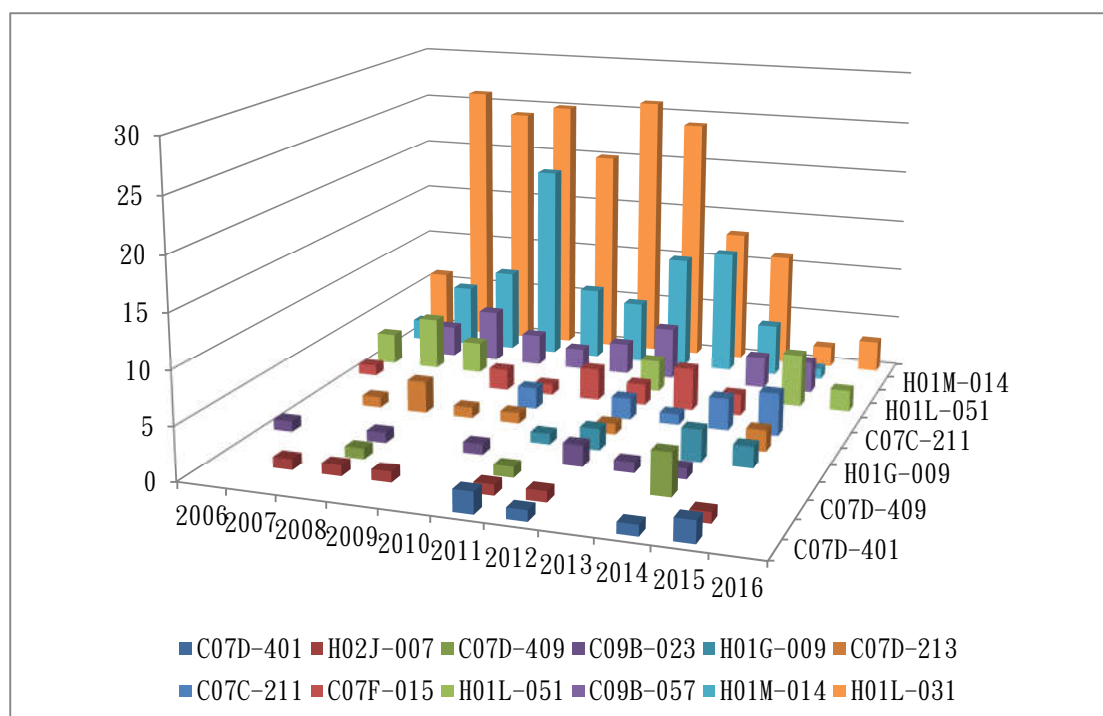


圖 4.5-23、染料敏化太陽能電池(在台)歷年主要技術(四階 IPC)申請件數(優先權年)

(2)在台主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.5-24 為各國申請人各年於台灣申請之趨勢，台灣及南韓分別在 2008 與 2007 年達到高峰，之後逐年減少；日本在台灣的申請量僅次於台灣本地人，在 2009~2014 年間平均在二十件左右，高點在 2012 年；歐洲申請量集中在 2014 及 2015 年，而中國大陸及美國來台申請量並不多。

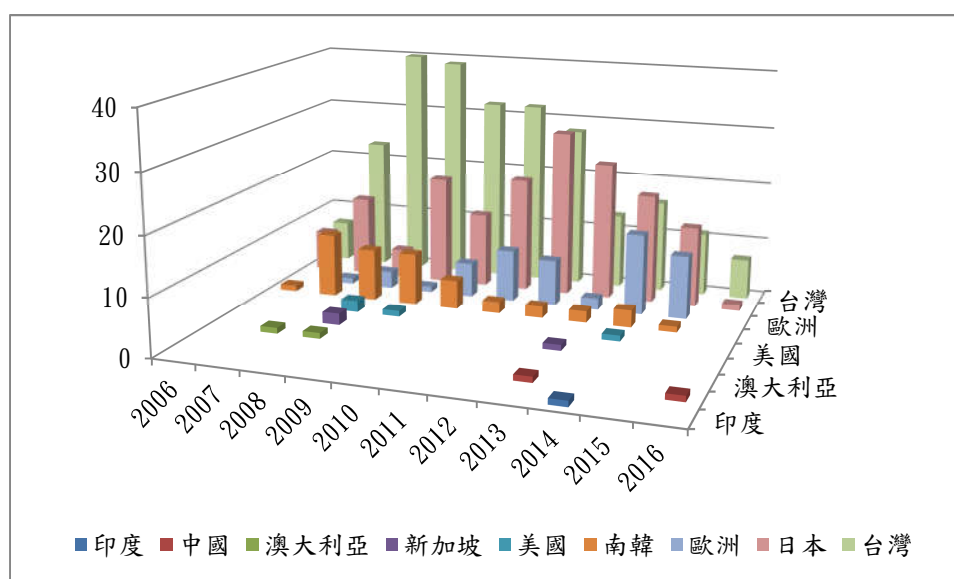


圖 4.5-24、染料敏化太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數(優先權年)

各國主要發展技術特徵

若將四階 IPC 以申請人國籍來分析如圖 4.5-25 所示，大致而言，台灣、日本及美國主要在於 H01L-031，其次為 H01M-014，歐洲則在於 C07C-211，其次為 H01G-009，南韓最多同樣為 H01L-031，其次則為 C09B-057；其中 C07C-211（含有與碳架連接的氮基基團之化合物），H01G-009（電解電容器，電解型整流器、檢波器、開關裝置、光敏裝置或熱敏裝置；其製造方法），大致來說 C07C-211 包含染料敏化電池的胺類染料，H01G-009 包含染料敏化電池的電解質。

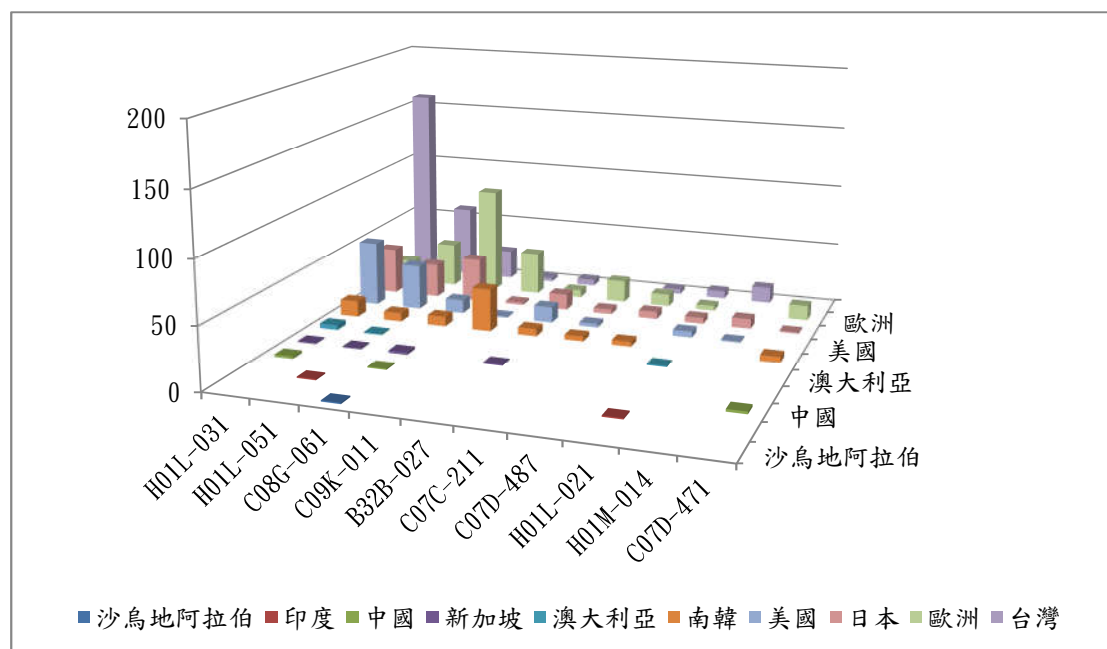


圖 4.5-25、染料敏化太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(四階 IPC)申請件數

(3)在台主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

圖 4.5-26 為十大申請人各年度申請量，最大申請人為日本富士軟片，主要集中於 2009-2015 年間，其次為台灣工研院，每一年都有布局，但最大量出現在 2009 年，第三為德國馬克專利，在 2014 及 2015 年申請量達到 10 件，接著為南韓的東進世美肯及日本積水化學，前者在 2007 年申請量達到 11 件，隨即逐年減少，2012 年之後除 2014 年有 2 件之外，幾乎都沒有申請，而後者申請量集中在 2011 年之後，5~10 名除了第十名為新日鐵住金化學之外，其餘都為台灣的申請人，且多為學術研究機構為主。

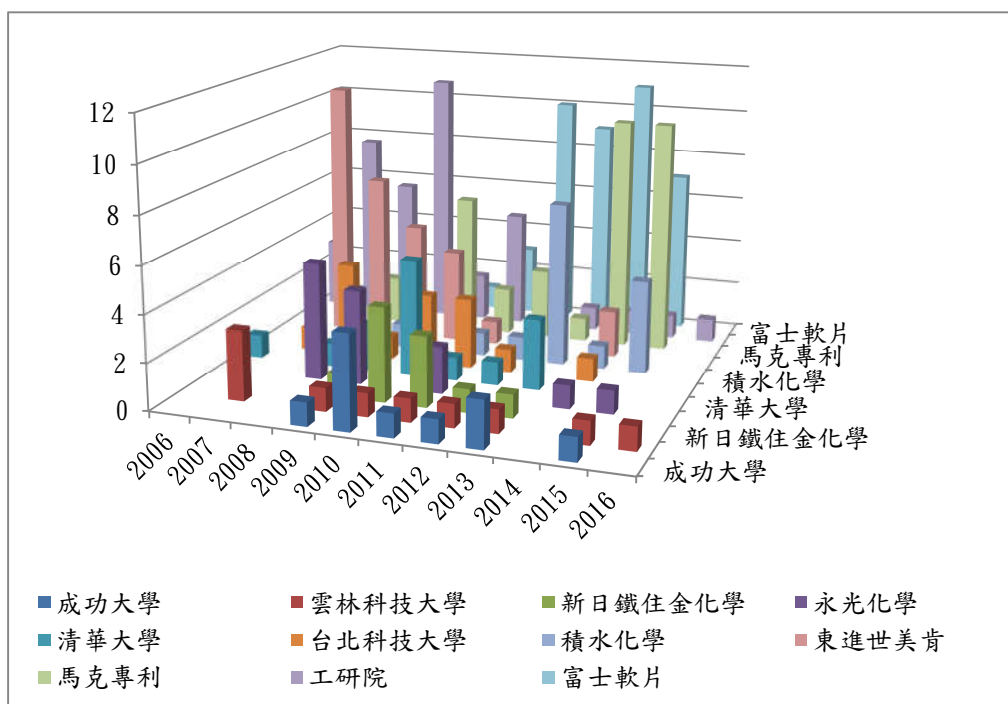


圖 4.5-26、染料敏化太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請件數(優先權年)

主要申請人主要發展技術特徵

若將四階 IPC 以十大申請人來分析如圖 4.5-27 所示，大致而言，富士軟片主要著重於 H01M-014 及 C09B-057，即染料敏化電池之光電化學反應元件與染料；工研院與東進世美肯則主要在 H01L-031，即染料敏化電池相關元件；馬克專利以 C07C-211 為主，即染料敏化電池的胺類染料。

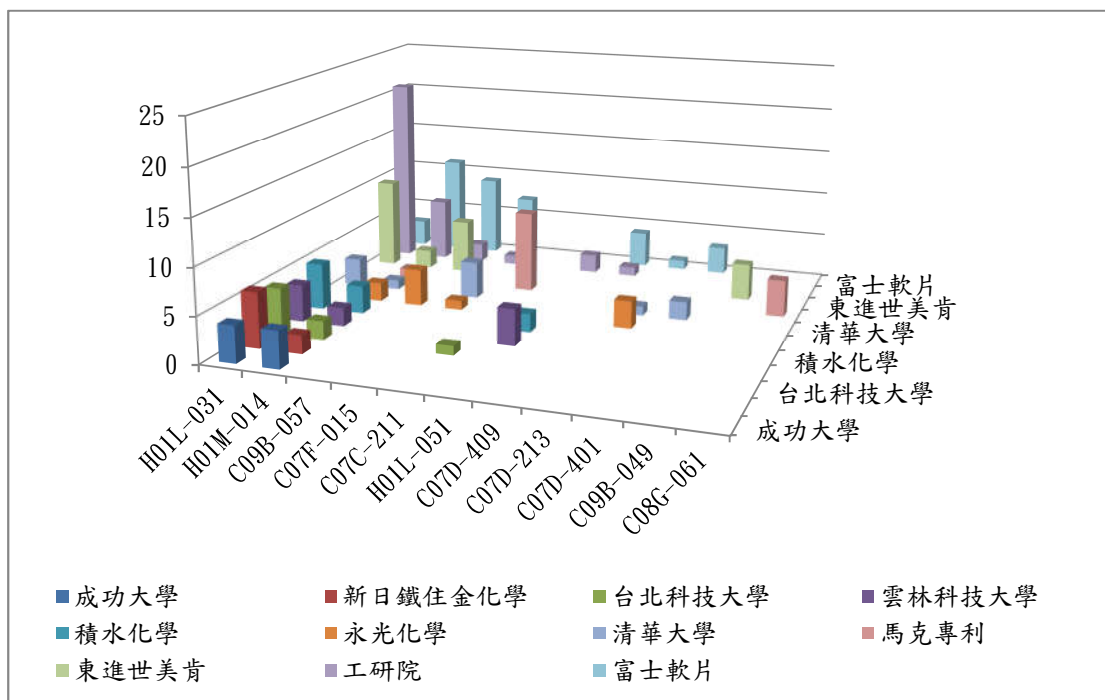


圖 4.5-27、染料敏化太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(四階 IPC)申請件數

4.6、量子點太陽光電相關專利趨勢分析

如前所述利用 Derwent Innovation 統計 2007 至 2017 年之間各國公開專利，總共有 1874 族專利家族，包含 3743 件公開案。

4.6.1、量子點太陽光電全球相關專利趨勢分析

(1)全球申請概況分析

於此一期間，總共申請量 1874 族，各國整體專利申請族數不斷增加，直到 2013 年附近達到高峰，來到 240 族，之後開始往下降，2014 年下降幅度最大來到 184 族，2015 年雖然稍微上升，但整體來看仍是往下滑的趨勢。

整體申請概況

圖 4.6-1 為此一期間各國申請量比例分布，前三大申請人國籍為中國大陸 (27.2%)、美國 (22.3%)、日本 (19.6%)，申請族數皆有 350 族以上，接下來依序為南韓 (14.2%)、歐洲 (8.6%)，申請族數介於 150~300 族，台灣 (3.4%) 排名第六只有 64 族；歐洲以德國 (2.1%) 申請 40 族最多，佔所有歐洲申請族數比率 24.8%，其次為英國 (2.0%)，兩者佔所有歐洲申請族數比率 48.4%，將近一半。

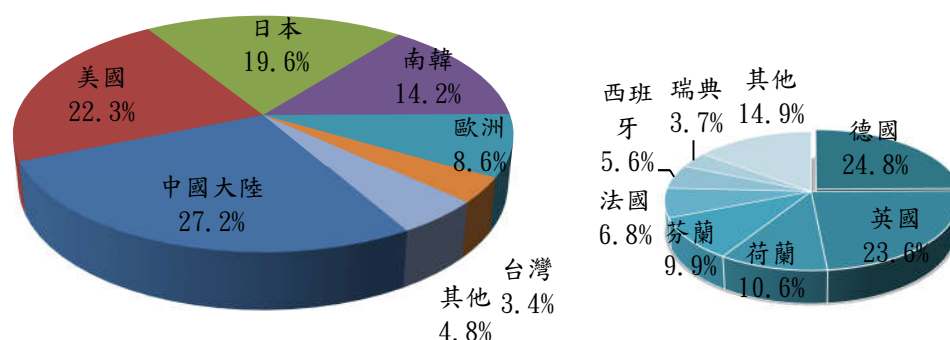


圖 4.6-1、量子點太陽能電池(全球)主要申請人國籍比例

主要發展技術特徵

量子點除了可作為有機/無機太陽能電池之外，還有以量子點為本質層的 p-i-n 電池以及量子點敏化太陽能電池，量子點於 p-i-n 的本質層，可於原背景材料的價電帶與傳導帶之間生成一個新的中間能帶，由圖可以發現量子點敏化較量子點作為中間能帶的 p-i-n 電池多；關於量子點太陽能電池，在技術上大致以製造方法、電池結構、導電膜、光陽極、電解質、對電極、封裝、基底、製造裝置、中間能帶及敏化等作為分析重點。

圖 4.6-2 為量子點太陽能電池相關專利整體相關技術各年度申請趨勢，所有技術大致而言，整體專利申請族數上下跳動，在 2008~2009、2012~2013、

2015~2016 年間分別存在局部高峰，最高點多在 2011 年；中間能帶在 2009 年之前較量子點敏化為多，但 2010 年之後則呈現相反的情勢。

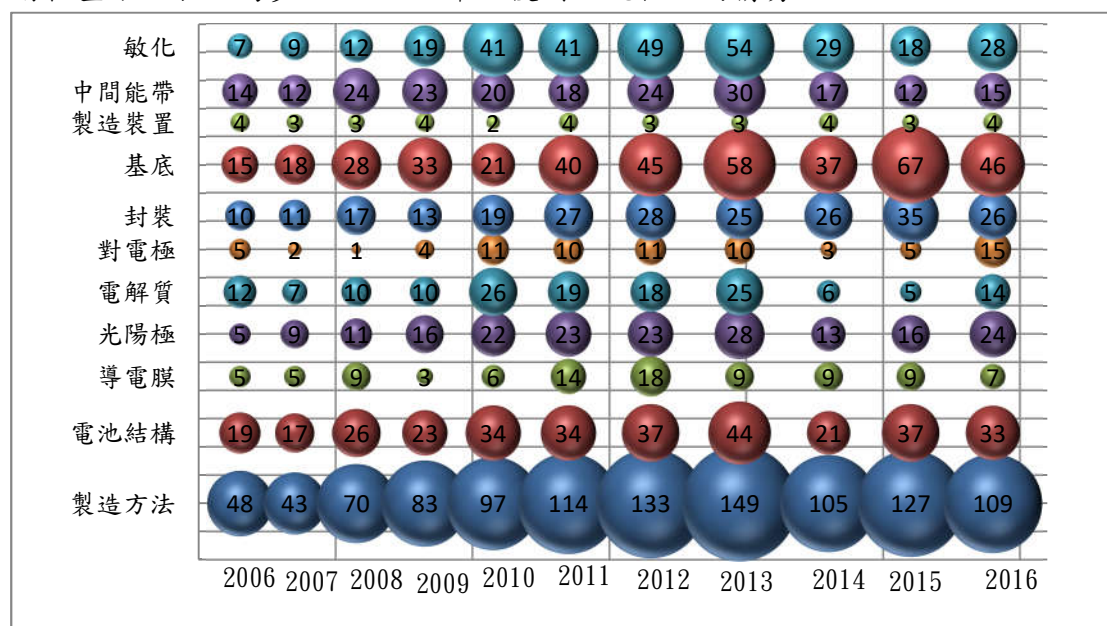


圖 4.6-2、量子點太陽能電池(全球)歷年主要技術申請族數(優先權年)

主要達成功效

圖 4.6-3 為量子點太陽能電池相關專利整體達成功效各年度申請趨勢，若依各功效來分析，大致而言，整體專利申請族數上下跳動，申請高峰分別落在 2011 年(提高效率)、2013 年(降低成本、提高產量)及 2015 年(提升性能、擴大用途、環境友善)；就提升性能而言，在 2013 年之後似乎較之前申請較為踴躍。

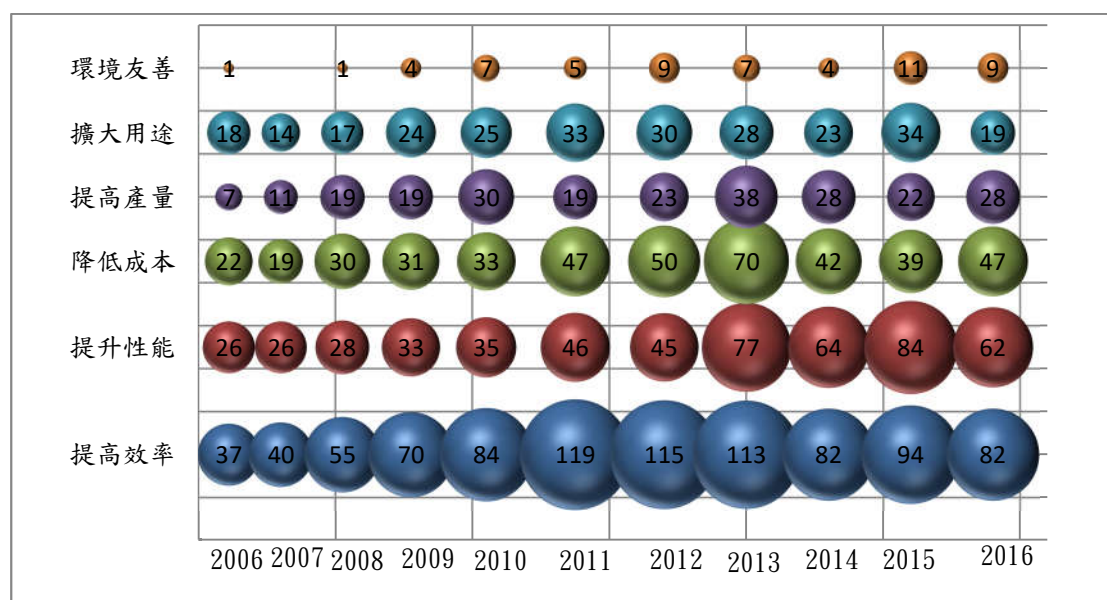


圖 4.6-3、量子點太陽能電池(全球)達成功效歷年申請族數(優先權年)

若依各年份來分析，主要關注功效為提高效率；二到三名則為提升性能與降低成本互有領先，其中 2008、2011 及 2012 年為降低成本較多；而四到五名則為提高產能及擴大用途互有領先。

圖 4.6-4 所示為技術功效矩陣分析，探討各種技術所達到功效之數量統計，大致而言，各技術所達到的功效大多依序為提高效率、提升性能、降低成本、擴大用途、提高產量、環境友善，除了製造方法及中間能帶中擴大用途與提高產量對調，製造裝置及中間能帶提升性能與降低成本對調；製造方法、基底、電池結構似乎可以獲得較佳的整體功效；由圖可以發現量子點敏化較中間能帶的 p-i-n 電池多；封裝申請量比光陽極、電解質、導電膜、對電極的改良多；同樣製造裝置似乎較少，這應該與量子點太陽能電池多屬實驗室階段有關。

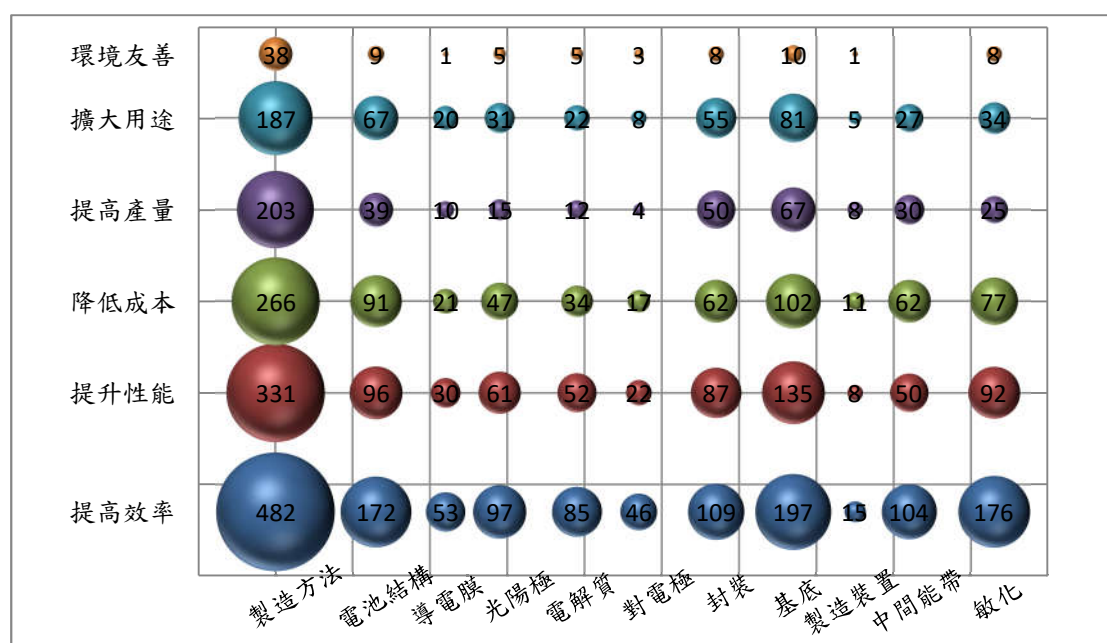


圖 4.6-4、量子點太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析

(2)全球主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.6-5 為各國申請量對應時間(申請日/優先權日)之趨勢圖，大致可以看到整體專利申請族數上下跳動，最高點多在 2010~2011 年，除了日本在 2013 年、中國大陸在 2016 年以外；中國大陸除了在 2014 年稍微減少之外，馬上反彈並持續增加，2016 年還創下新高；其餘各國雖然呈現上下震盪的情況，但整體看來大致上還是先升後降的格局；美國在 2011 年之前保有領先的地位，2012 年被中國大陸超車，2013 年更掉到中國大陸與日本之後，在 2014 年之後申請量似乎大幅縮水，跌出前三；而中國大陸與南韓在 2010 年申請量呈現倍數成長，2012 年更衝到第一，2016 年再創新高。

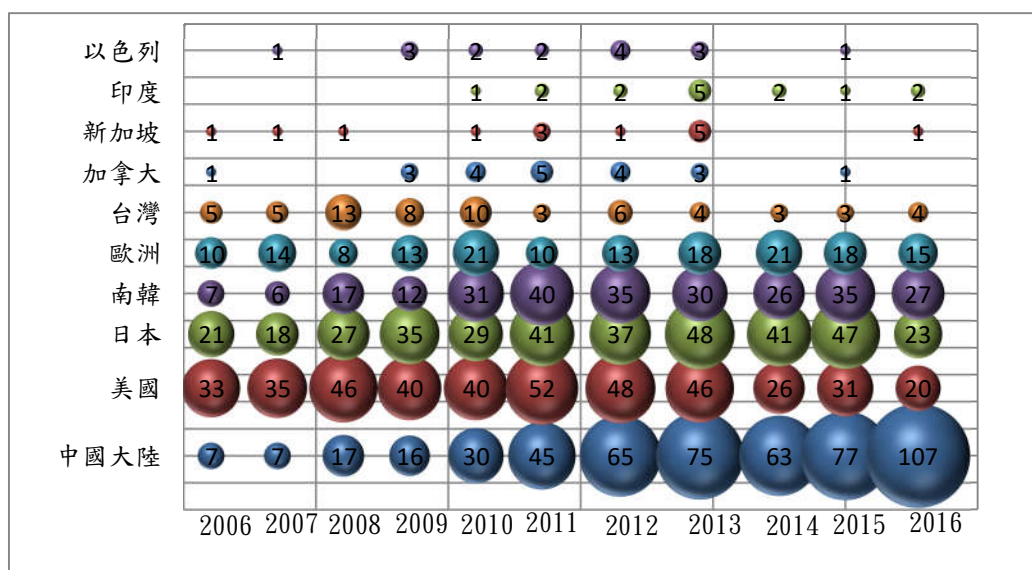


圖 4.6-5、量子點太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

圖 4.6-6 為主要申請國各年份專利件數與家族族數比例統計，即平均一族專利家族包含專利件數，由於有些專利可能尚未公開，所以 2015 跟 2016 年不予以探討；大致而言，歐洲平均專利家族數最為龐大，除了 2011 年當年及 2007 年以前平均為 4 件以下，其餘一族專利家族至少包含 4 件專利案件，2008 及 2012 年更是來到 5 件以上；其次為美國，除了 2008 年僅 1.96 件之外，平均都有 2 件以上，2011 年更是來到 3.38 件；接著為日本及南韓，日本除了 2007 年以前平均為 1.5 件以下，2008~2011 年一族專利家族至少包含 1.5 件以上專利案件，2008 及 2014 年更是達到 2.5 件左右；而南韓在 2008 年之前較日本多，每年多有 2.5 件以上，2009 年之後大約僅剩 2 件以下，2013 年更是只有 1.37 件；台灣跳動較大，在 2006~2008 及 2011~2013 年不到兩件，但 2014 年可以達到 3.67 件；中國大陸似乎較熱衷在本地申請，因此，一族專利家族大約不到 1.1 件專利。

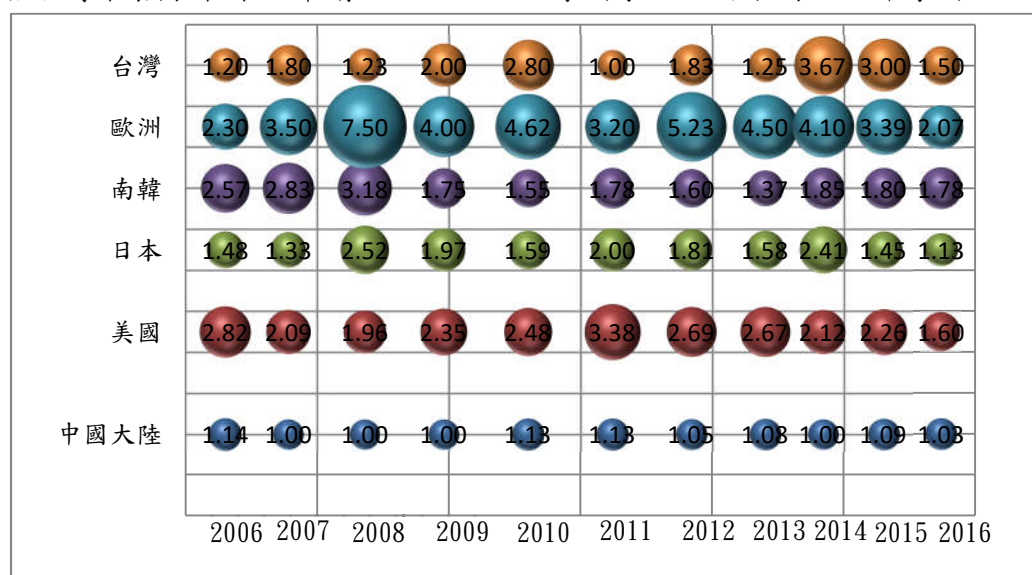


圖 4.6-6、量子點太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年專利件數及家族族數比例(優先權年)

各國主要發展技術特徵

若將技術特徵以申請人國籍來分析如圖 4.6-7 所示，由圖可以發現除了美國、日本以外，主要申請國家以量子點敏化為主，然歐洲及台灣兩者數量上差異不大；大致而言，各國主要發展的技術似乎依序為製造方法、基底、電池結構，封裝、光陽極、電解質、導電膜及對電極各國關注順序不同，中國大陸及南韓為光陽極，美國及日本為封裝，歐洲及台灣為電解質；相關製造裝置較少，似乎也跟此類電池多屬實驗室階段有關。

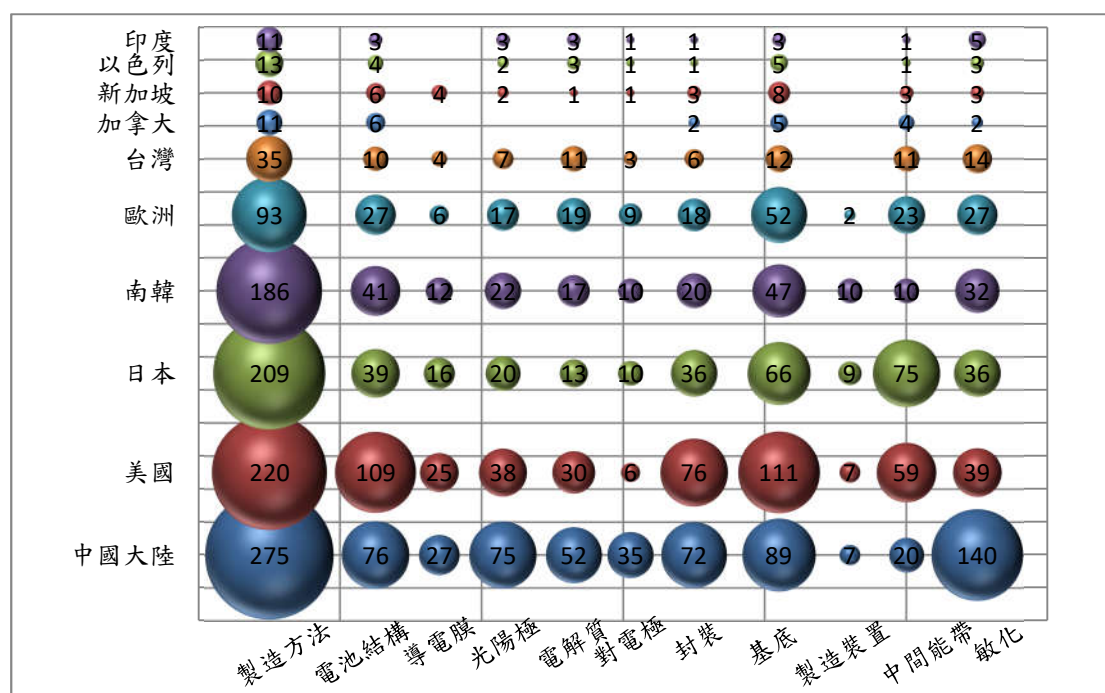


圖 4.6-7、量子點太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術(IPC)申請族數

各國主要達成功效

若將功效以申請人國籍來分析如圖 4.6-8 所示，就國家來分析，除了台灣降低成本較提升性能多，主要關注功效依序為提高效率、提升性能及降低成本；接著為擴大用途與提高產量，各有一半國家支持，其中中國大陸、南韓及歐洲在提高產量較擴大用途多。

就功效來分析，各功效申請數量排名大致上依序為中國大陸、美國、日本、南韓、歐洲、台灣，但在提升性能、提高產量、擴大用途上，美國則取代中國大陸成為第一，尤其在擴大用途中國大陸更是掉到第三。

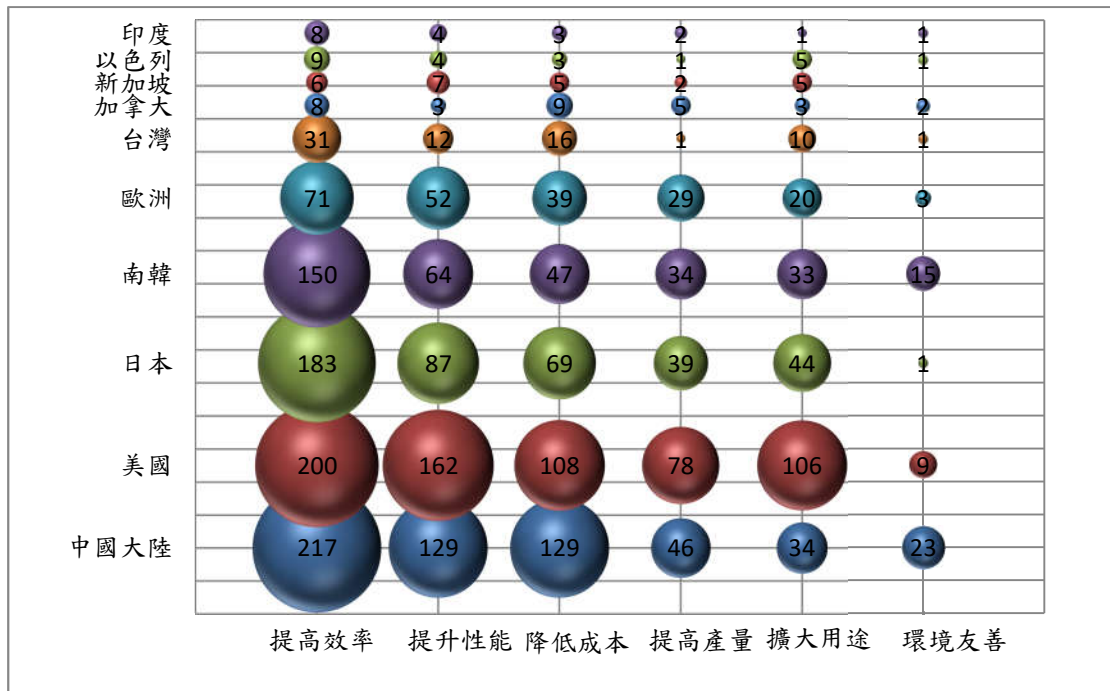


圖 4.6-8、量子點太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

第一大申請人國家(中國大陸)

圖 4.6-9 為第一大申請國中國大陸相關技術各年度申請趨勢，量子點敏化明顯多於中間能帶，關注技術與所有國家相似，大致上依序為製造方法、基底、電池結構；大致而言，2009 年之前，申請量似乎較為稀疏，整體專利申請族數雖然上下起伏，但仍呈現持續斷加趨勢。

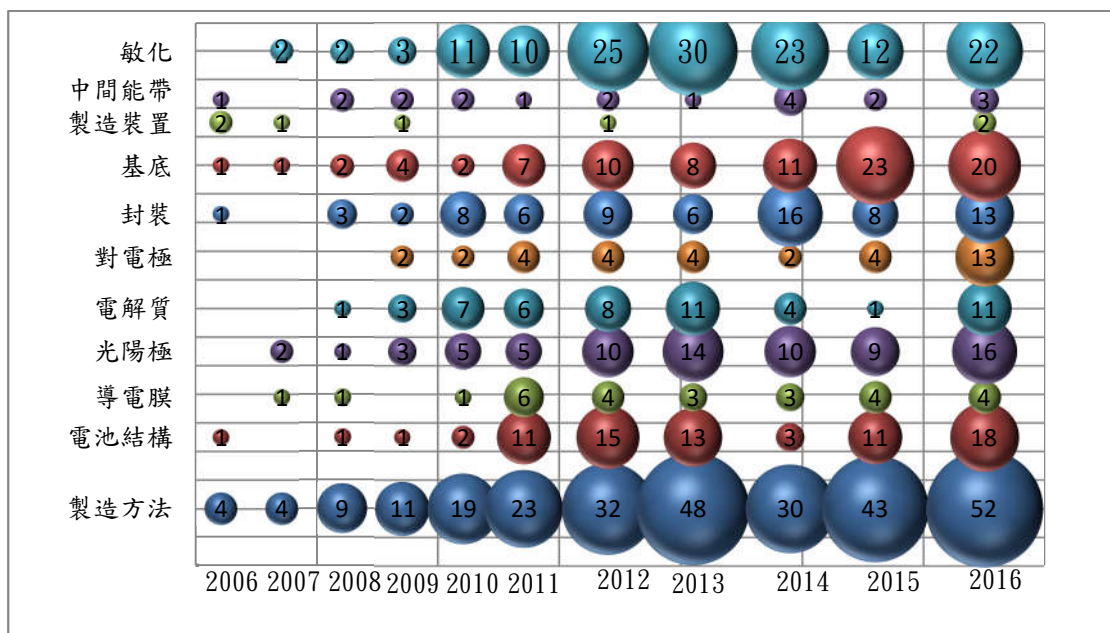


圖 4.6-9、量子點太陽能電池(全球)中國大陸主要技術歷年申請族數(優先權年)

圖 4.6-10 為第一大申請國中國大陸相關功效各年度申請趨勢，大致而言，整體專利申請族數不斷加，然而其上升或下降並非很平穩，而是局部呈現跳動情況，除了在 2016 年明顯創新高以外，在 2010 年及 2013 年前後都有局部高點出現。

2009 年之前主要關注功效並不明確，2010 年之後提高效率才從此獨占鰲頭；而二到三名則為提升性能與降低成本互有領先，2014 年之後才由提升性能持續占據，該年之後，前五名也才比較明朗，依序為提高效率、提升性能、降低成本、提高產量及擴大用途。

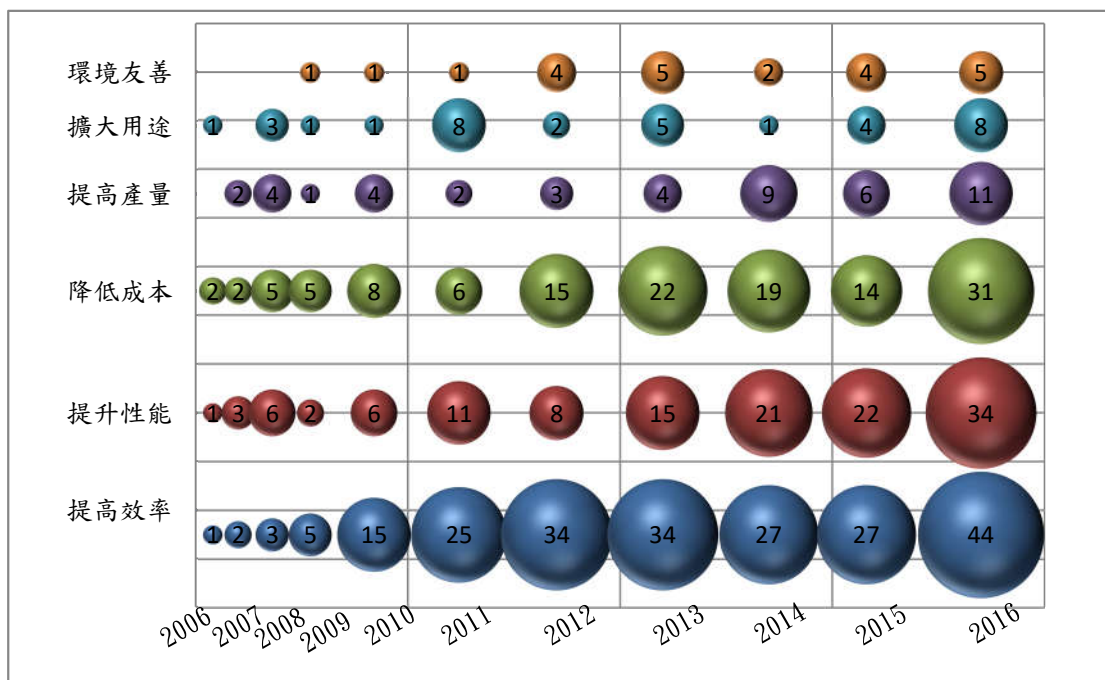


圖 4.6-10、量子點太陽能電池(全球)中國大陸達成功效歷年申請族數(優先權年)

(3)全球申請流向及主要公開專利局分析

圖 4.6-11 為各國申請人於各專利局申請量統計，大致上可發現各國申請人主要還是在該國專利局申請居多，中國大陸此一現象更是明顯，中國大陸申請人在本地專利局申請了 493 件，而在其他各專利局中申請最多為在美國專利局的 11 件，甚至沒在日本申請；各國申請人除了在各國專利局申請外，海外申請局主要首選為美國專利局，可見申請人認為在本領域，美國還是主要市場。

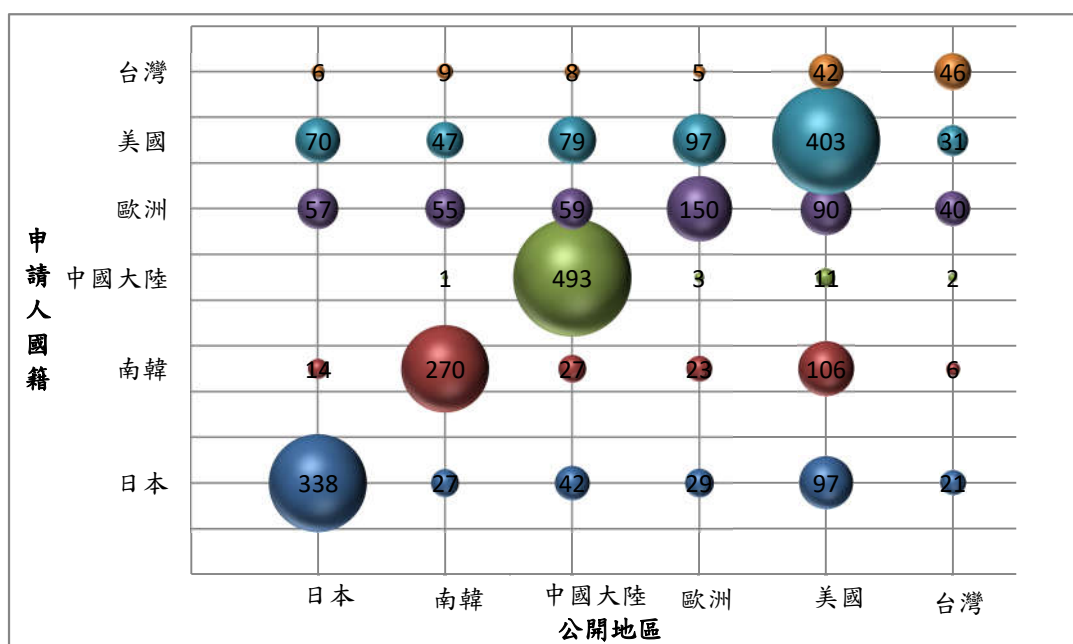


圖 4.6-11、量子點太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

圖 4.6-12 為各國申請人於主要專利局申請流向圖，由此圖可以發現公開數量最多的依序為美國、中國大陸及日本，其中中國大陸、日本、南韓及美國，公開的專利案中本地申請人申請量超過一半。

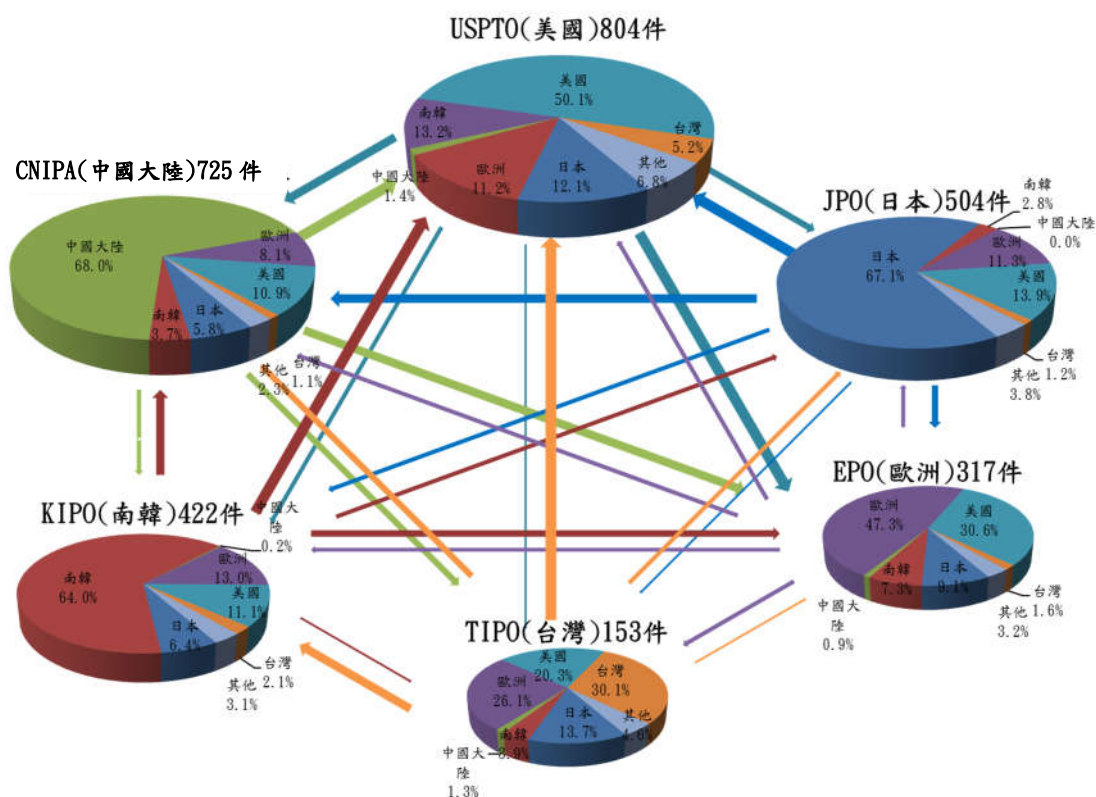


圖 4.6-12、量子點太陽能電池(全球)申請流向圖

圖 4.6-13 為各年份於各專利局公開狀況統計，除了中國專利局之外，大致而言，於各專利局公開件數先增後減，公開高峰大致落在 2010~2014 年間，其中南韓在 2011 年，美國在 2012 年，日本、歐洲在 2013 年，台灣在 2008、2014 年皆存在相對高點，南韓在 2011~2013 年間差異量不到 2 件，在高峰過後各局收案量即逐年減少；而中國大陸在 2007 年以前並不特別突出，2010 年和日本並列第二，之後即取代日本位居第二，收案高峰落在 2013 年，該年更取代美國獨占鰲頭，在 2014、2015 年收案量雖然也稍微逐年減少，但是在 2016 年再創新高。

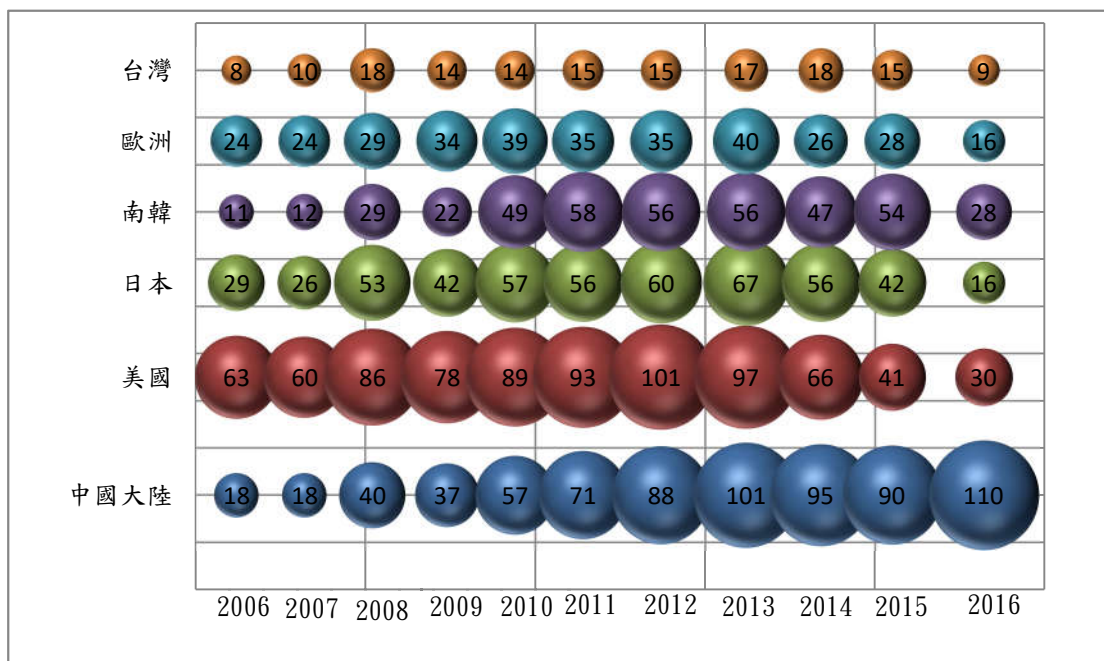


圖 4.6-13、量子點太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開件數(優先權年)

(4)全球主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

圖 4.6-14 為十大申請人各年度申請量，其中日本有五家，南韓及美國各二家，中國大陸一家，台灣並沒有申請人進入前十大，申請最多為工研院；前兩大申請人依序為南韓的三星、日本的富士通，也是少數每年都有申請的申請人，後者主要申請集中在 2007 年之前；接著為日本的京瓷及美國的霍尼韋爾，前者 2011 年才開始申請，後者集中在 2007~2011 年間。

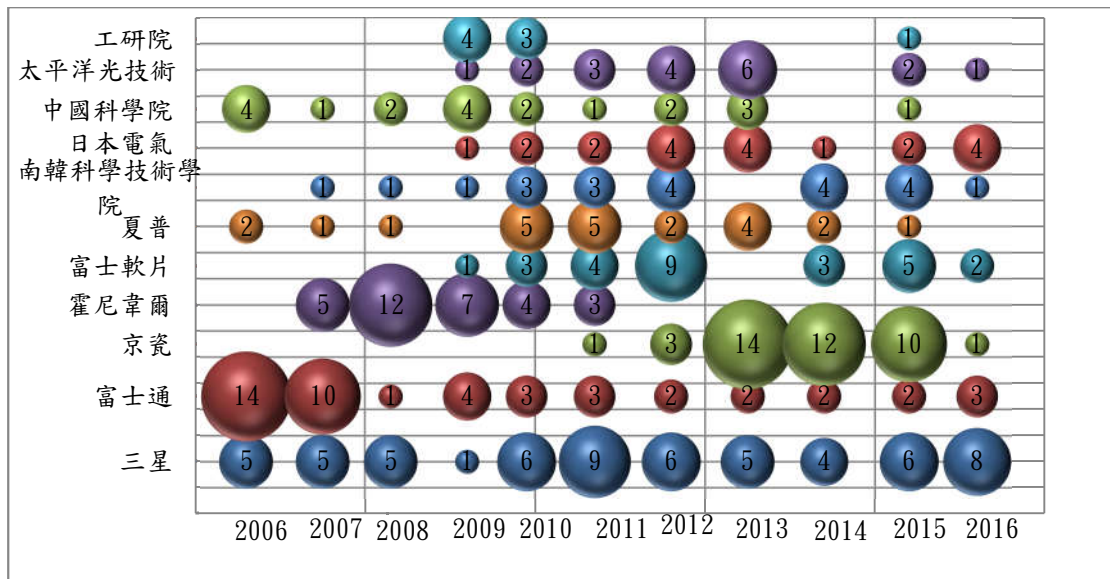


圖 4.6-14、量子點太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數(優先權年)

主要申請人主要發展技術特徵

若將技術特徵以十大申請人來分析如圖 4.6-15 所示，主要關注技術與所有國家相似，主要發展的技術似乎依序為製造方法、基底、電池結構，而在導電膜布局不多；三星是唯一各技術領域都有布局的申請人；相較於其他申請人，京瓷在導電膜布局較多，而霍尼韋爾並未在導電膜布局。

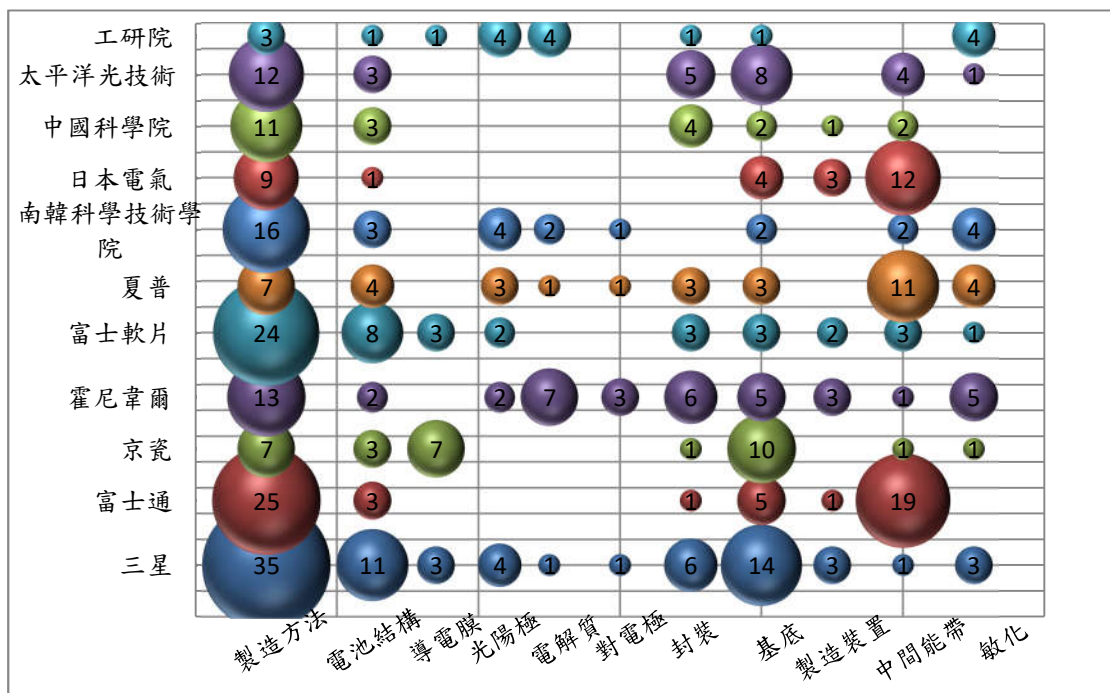


圖 4.6-15、量子點太陽能電池(全球)主要申請人主要技術申請族數

富士通、富士軟片、夏普、日本電氣、中國科學院、太平洋光技術等申請人在中間能帶申請量較敏化多，其中富士通、日本電氣、中國科學院等更是完全未

在敏化、光陽極、電解質及對電極等布局，可合理推論該申請人主要發展量子點作為中間能帶的 p-i-n 結構電池，而京瓷、太平洋光技術等也完全未在光陽極、電解質及對電極等布局，敏化方面的技術僅一件，因此似乎也是主要發展量子點作為中間能帶的 p-i-n 結構電池。

若將功效以申請人來分析如圖 4.6-16 所示，主要關注功效依序為提高效率、提升性能，接著為降低成本及擴大用途，兩者互有領先，其中京瓷、霍尼韋爾及中國科學院在擴大用途領先；而在提高產量中，京瓷、夏普、日本電器及工研院並未布局，相較之下太平洋光技術申請較積極；環境友善更是只有三星、南韓科學技術學院布局。

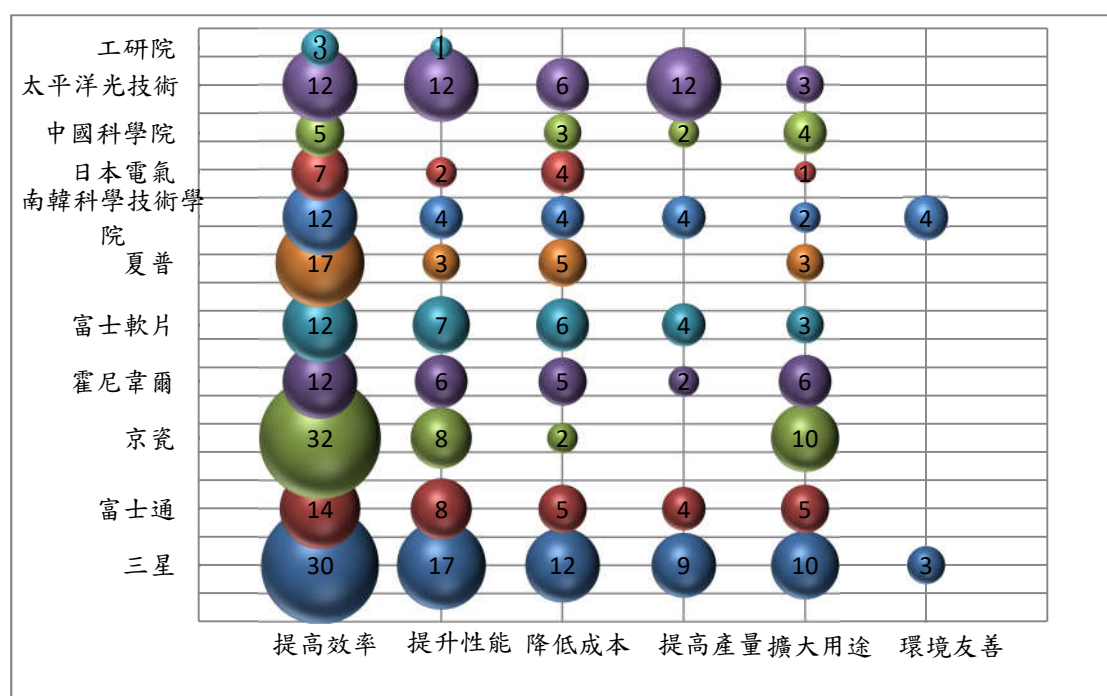


圖 4.6-16、量子點太陽能電池(全球)主要申請人達成功效申請族數

第一大申請人(三星)

對於本領域第一大申請人為南韓三星，圖 4.6-17 為其對於各技術特徵於各年份申請狀況統計，申請量較為平均的是製造方法，這也是唯一每年都有布局的，其次為電池結構和基底；其餘申請狀況則較為分散，對電極與電解質的申請更是僅出現在 2006 年。

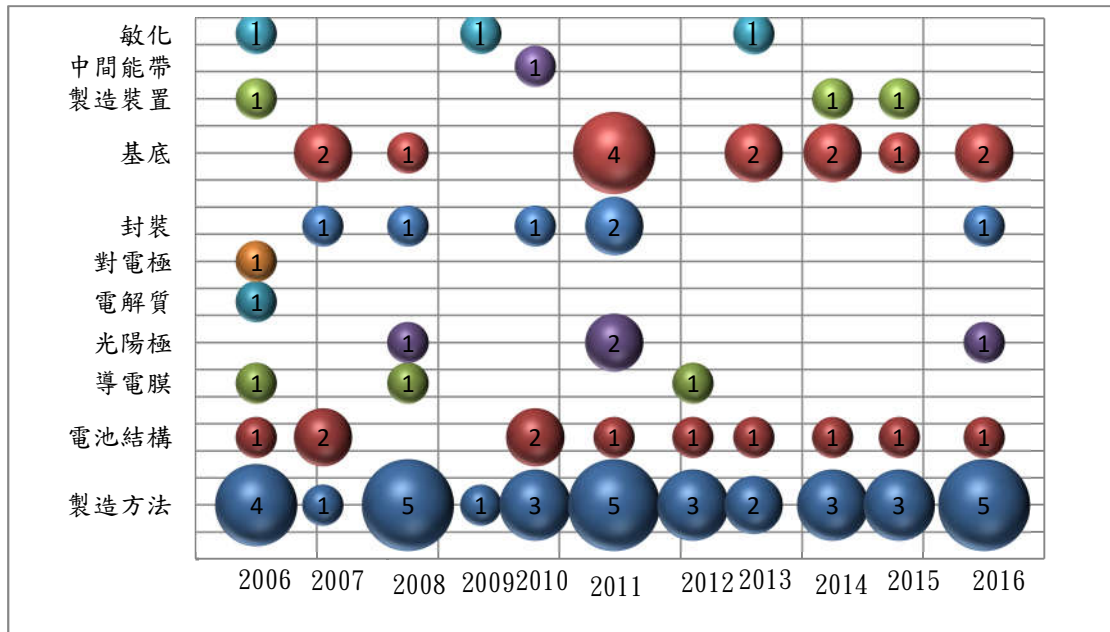


圖 4.6-17、量子點太陽能電池(全球)三星主要技術歷年申請族數(優先權年)

圖 4.6-18 為三星於量子點太陽能領域關注相關功效歷年申請趨勢，主要著重在提高效率，其次為提升性能及降低成本，其餘各功效的申請似乎較為分散；其中 2013 年只有提高效率，而 2009 年只有提高產能及環境友善。

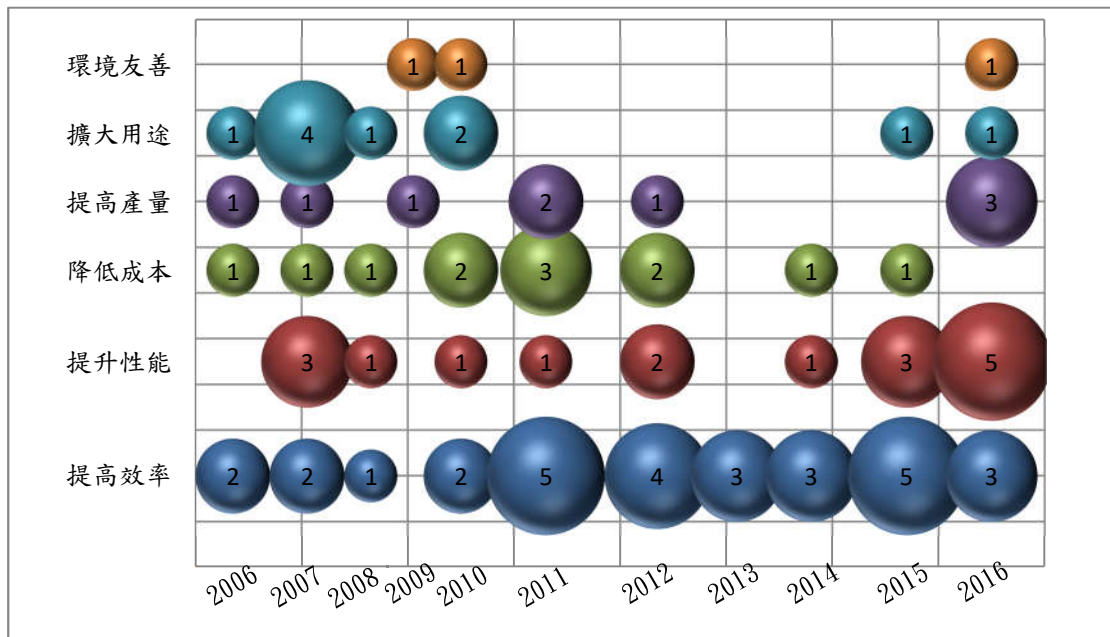


圖 4.6-18、太陽能電池(全球)三星達成功效歷年申請族數(優先權年)

圖 4.6-19 為三星於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以韓國及美國為主，除了 2007 及 2010 以外，兩地申請量幾乎相同；其次為中國大陸、歐洲，

2007 年之前並未在歐洲布局，2008 年之後，兩地申請量幾乎相同，除了 2009 及 2010 年並未在兩地申請；而在台灣的布局僅在 2011 年出現 1 件。

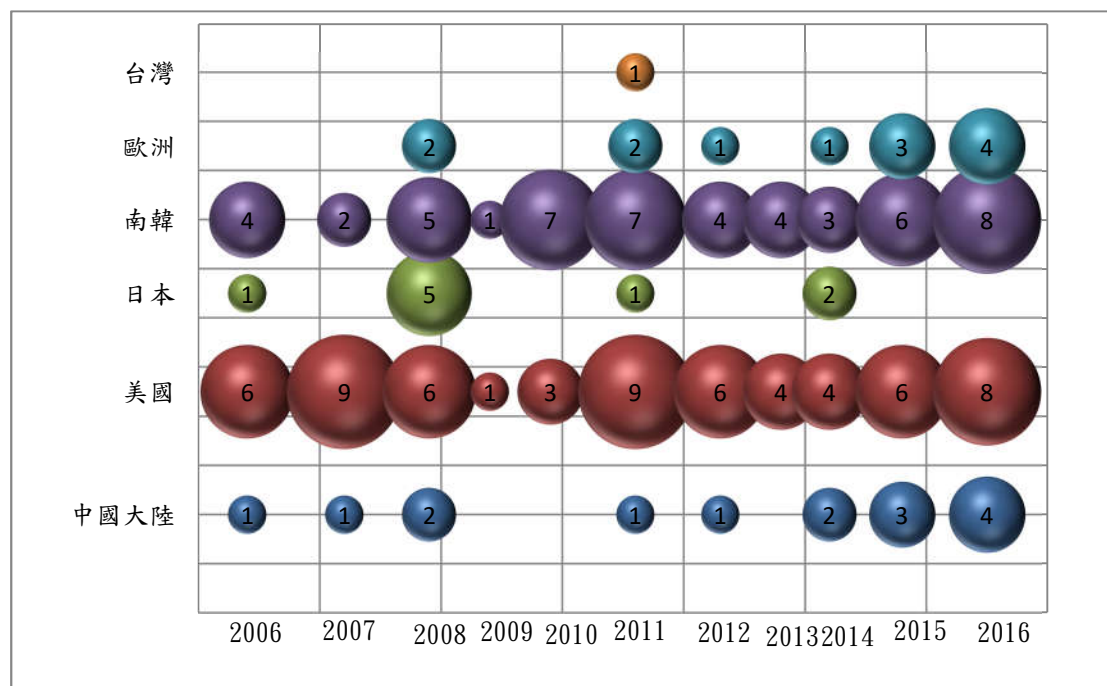


圖 4.6-19、量子點太陽能電池(全球)三星歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

4.6.2、量子點太陽光電在台相關專利趨勢分析

如前所述利用全域統計 2007 至 2017 年之間各國在台申請專利，總共有 109 件申請案。

(1)在台申請概況分析

整體申請概況

圖 4.6-20 為此一期間各國申請量的比例分布，前三大申請國籍為台灣 (41.3%)、美國(28.4%)、歐洲(14.7%)，接下來為日本(7.3%)，中國大陸(2.8%)、南韓(1.8%)，而歐洲同樣以德國(9.2%)申請量最多，其次為荷蘭(3.7%)。

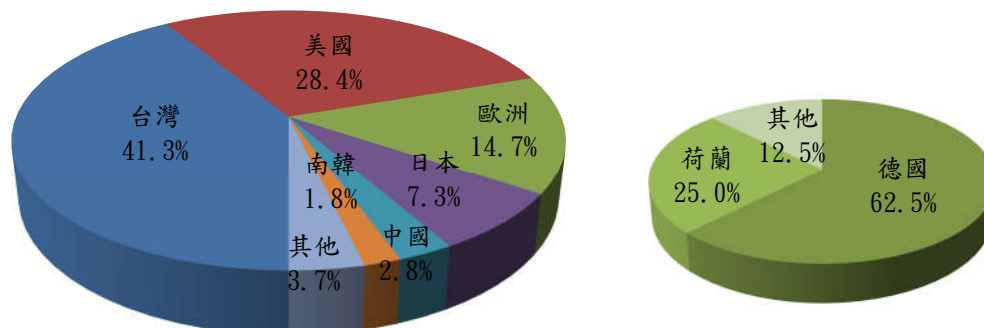


圖 4.6-20、量子點太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

如圖 4.6-21 所示，申請人大致可分為三類：公司、學術研究單位及個人，於台灣申請的專利案件中，所占的比例大致為公司申請人 57.8%、學術機構申請人 33.9%、個人申請人 8.3%；然而若是針對台灣籍的申請人分析，所占比例大致為學術機構申請人 66.7%、公司申請人 24.4%、個人申請人 8.9%，可發現台灣籍的申請人當中，反而以學術機構申請人為大宗，疑似台灣廠商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。

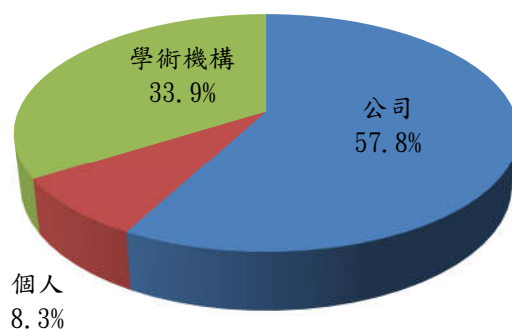


圖 4.6-21、量子點太陽能電池(在台)申請人類型比例

主要發展技術特徵

圖 4.6-13 揭示各國於台灣申請相關專利之 IPC 四階及五階分布。

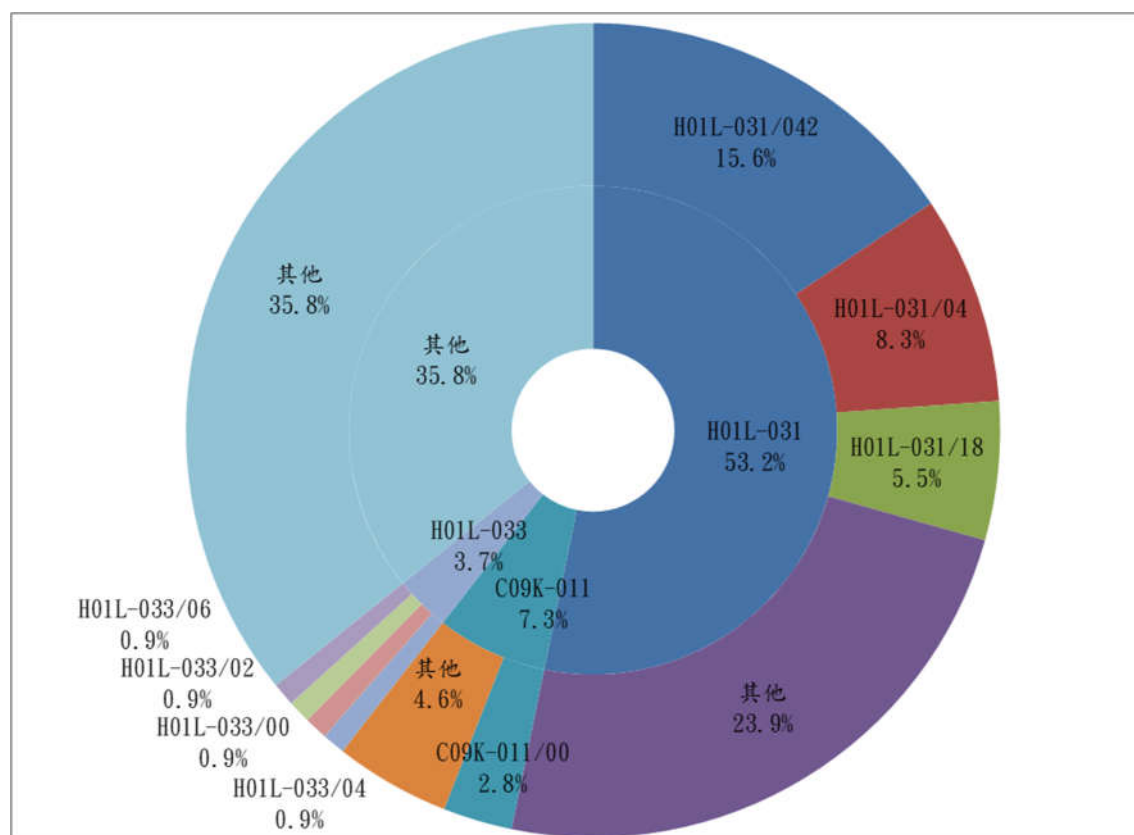


圖 4.6-22、量子點太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例

四階前三大分別為 H01L-31(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置；此等半導體裝置之零部件)、C09K-011(發光材料，例如電致發光材料、化學發光材料)、H01L-033(至少有一個電位能障或表面能障之適用於光發射，如紅外線發射之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有之方法或設備；此等光導體裝置之零部件)，這三者約占了 65%。

圖 4.6-23 為相關專利整體四階 IPC 各年度申請趨勢，對於 H01L-31，在 2008-2014 年間都有 5 件以上，最高位於 2010 年的 13 件，其餘申請數量較少，且高峰分布則較為分歧。

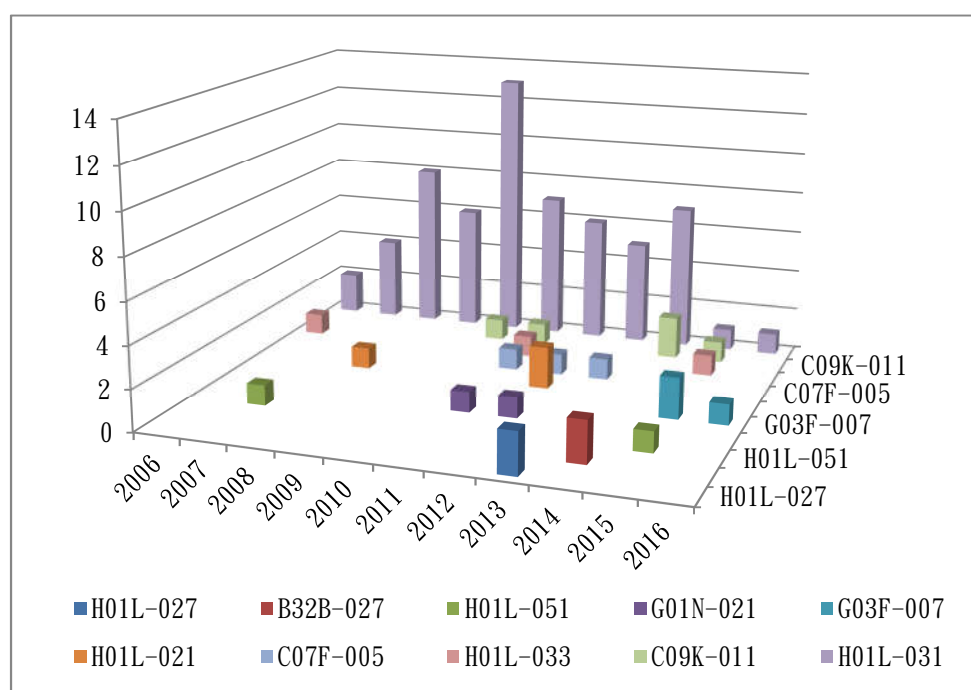


圖 4.6-23、量子點太陽能電池(在台)歷年主要技術(四階 IPC)申請件數(優先權年)

(2)在台主要申請人國籍申請統計分析

各國申請概況

圖 4.6-24 為各國之申請人各年於台灣申請之趨勢，台灣在 2008 與 2009 年達到高峰，之後逐年減少，2014 年更出現 0 件的情況，美國則在 2006、2012 及 2013 年出現 5 件以上的申請量，其餘各年皆為 1、2 件，歐洲申請量集中在 2009-2013 年間，日本則出現在 2010-2014 年間。

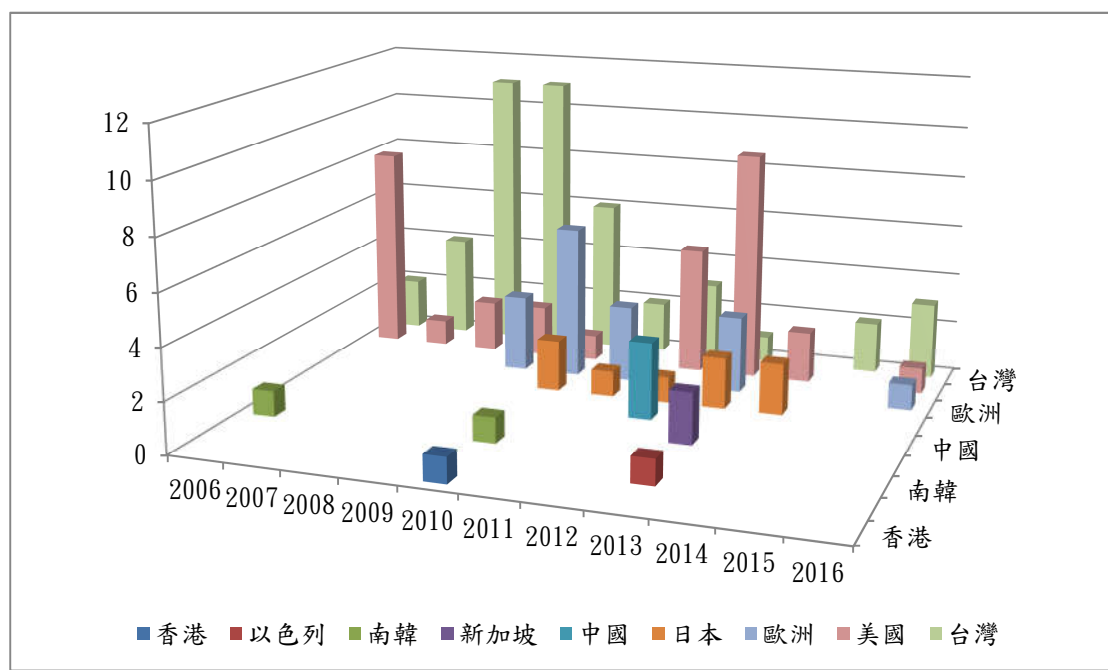


圖 4.6-24、量子點太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數(優先權年)

各國主要發展技術特徵

若將四階 IPC 以申請人國籍來分析如圖 4.6-25 所示，大致而言，台灣、美國主要在於 H01L-31，歐洲則在於 C09K-011，日本在 H01L-31 及 G03F-007 這兩個類位的申請量相近，中國大陸及南韓則在台申請量不多。

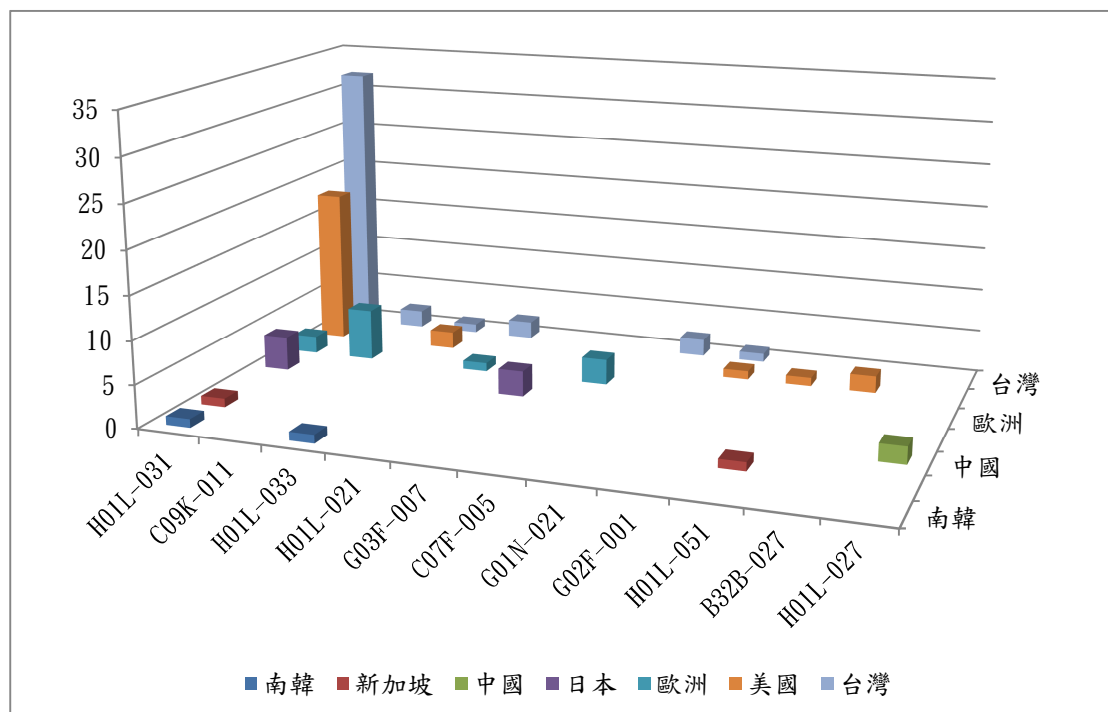


圖 4.6-25、量子點太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(四階 IPC)歷年申請件數(優先權年)

(3)在台主要申請人申請統計分析

主要申請人申請概況

圖 4.6-26 為十大申請人各年度申請量，最大申請人為台灣工研院，其次為德國馬克專利，第三則是台灣核能研究所，大致而言，各申請人並未在各年分中均有申請。

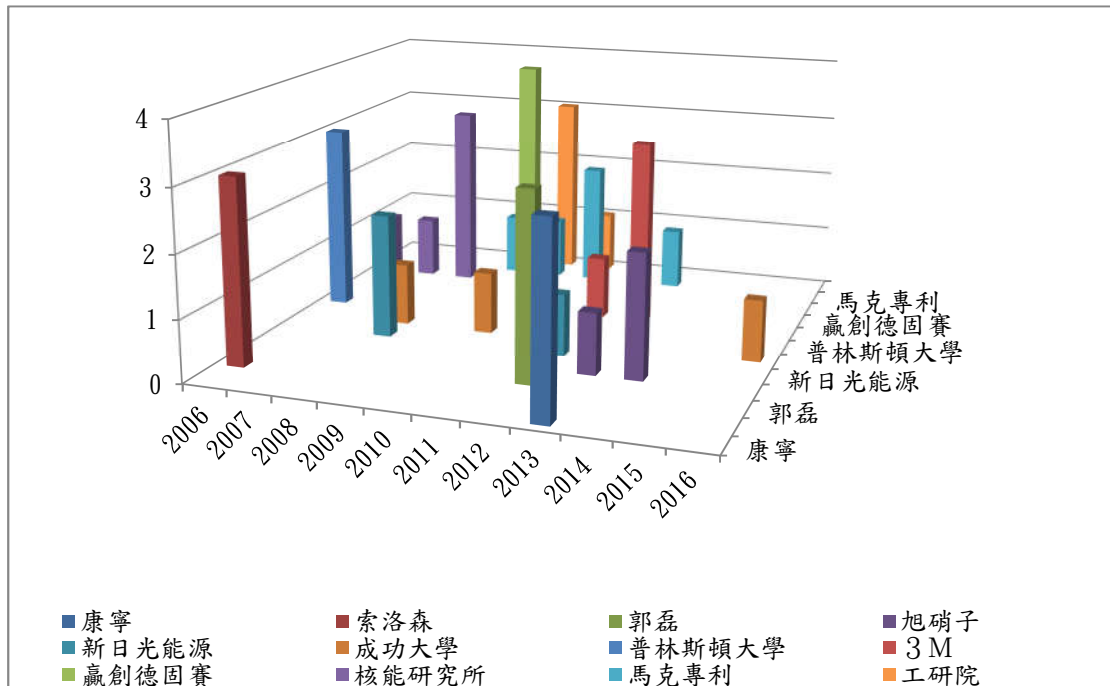


圖 4.6-26、量子點太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請件數(優先權年)

主要申請人主要發展技術特徵

若將四階 IPC 以十大申請人來分析如圖 4.6-27 所示，大致而言，主要著重於 H01L-031。

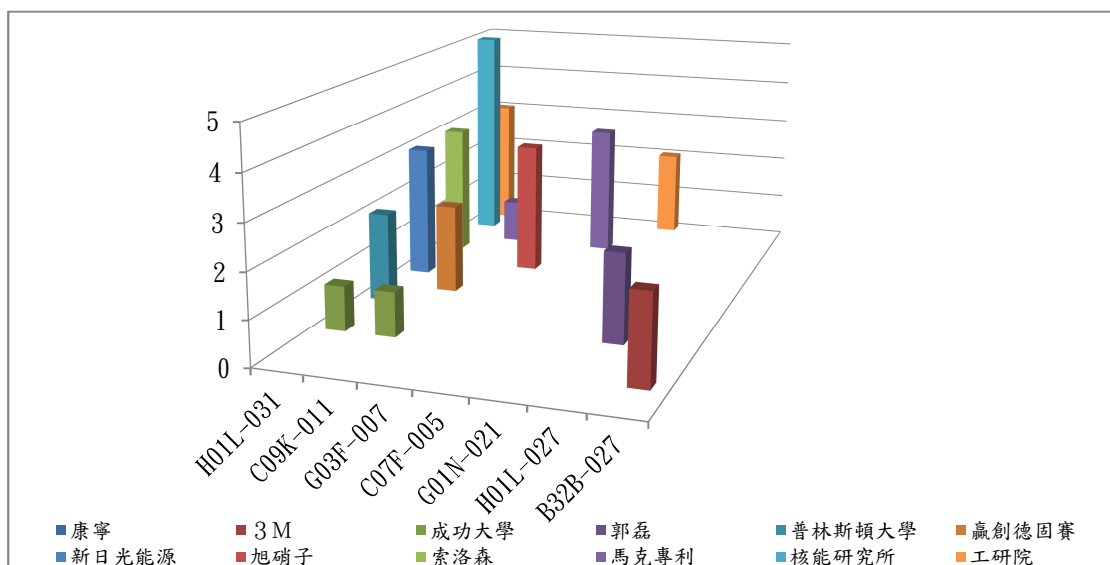


圖 4.6-27、量子點太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(四階 IPC)申請件數

4.7、鈣鈦礦太陽光電相關專利趨勢分析

4.7.1、鈣鈦礦太陽光電全球相關專利趨勢分析

本部分主要是利用 Derwent Innovation 資料庫¹³³，統計 2007 至 2017 年之間各國所公開專利之鈣鈦礦太陽光電相關發展趨勢並作一分析，鈣鈦礦太陽光電相關專利共具有 2645 件(1573 族)。

(1)專利基本分析

本部分以鈣鈦礦太陽光電相關的專利文獻的專利權國籍、申請專利標的區域(國家)、申請日(優先權日)進行分析討論，藉此以了解鈣鈦礦太陽光電相關技術產業的技術流動趨勢與市場前景為何。

整體申請概況

經統計並分析，鈣鈦礦太陽光電相關的專利文獻專利權人國籍排名分別為：中國大陸 49.9%(785 族)、日本 17.9%(281 族)、南韓 11.5%(181 族)、美國 8.8%(138 族)、台灣 1.4%(22 族)、歐洲 7.9%(125 族)及其他國家 2.6%(41 族)。即表示中國大陸於鈣鈦礦太陽光電技術的技術的研發較活絡，亦有可能與當地對於太陽能產業的市場規模、政府政策有所關聯。

根據專利申請優先權年度分析，可更了解鈣鈦礦太陽光電相關技術歷年所研發的程度與市場趨勢，圖 4.7-1 可以觀察到鈣鈦礦的專利申請量。經分析，於 2013 年開始，鈣鈦礦的專利申請量係具有逐年增加的顯著趨勢。鈣鈦礦的專利申請量趨勢，似乎不受限於國際綠色能源大環境、油價波動之影響，其原因為鈣鈦礦太陽光電為目前太陽光電技術中，較新穎的技術，鈣鈦礦電池為目前被認為是繼傳統矽電池之後最有前途的接班材料，其中亦有文獻依據高被引頻率來量化研究影響力進行分析，鈣鈦礦太陽能電池與癌症基因體學均被認為目前所被聚焦的科學新趨勢¹³⁴。

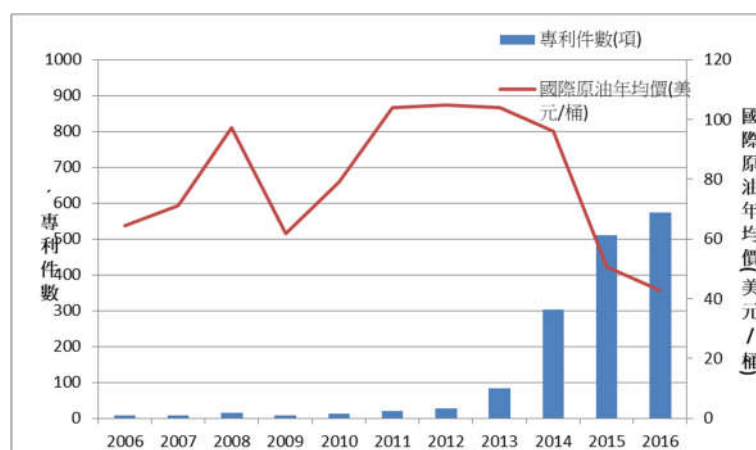


圖 4.7-1、鈣鈦礦太陽能電池(全球)歷年申請族數(優先權年)

¹³³ Derwent Innovation 資料庫，2018 年 6 月 20 日資料。

¹³⁴ 仰望最耀眼的學術明星——2017 高被引學者 - 科睿唯安，2017.12.15。

主要發展技術與功效特徵

關於鈣鈦礦太陽能電池，在技術上大致以光吸收層材料、抗反射層、電極、基底、透明導電層、電子(洞)傳輸層、電池結構、前段電池製程技術、後段模組製程技術、非平面結構光吸收層(敏化染料電池為基礎)、薄膜平面結構光吸收層等作為分析重點。如圖 4.7-2 表示，以結構技術分析，最多專利文獻討論電極(44.0%)；以製程技術分析，最多專利文獻討論電池結構(44.7%)與前段製程技術(41.6%)；以光吸收層形態技術分析，最多專利討論為薄膜平面結構(64.4%)。目前鈣鈦礦太陽能電池於後段模組製程技術之專利申請量比率，相較少(僅占製程技術分析之 13.7%)，又鈣鈦礦太陽能電池因材料性質(外界水氣、成分含鉛)之影響，需十分重視該封裝模組的重要性，因此對於鈣鈦礦太陽能電池中封裝模組的研究與專利布局，值得我國國內產學界進行討論。

關於鈣鈦礦太陽能電池，在功效上大致分為提高效能、提升性能、降低成本、提高產量、擴大用途及環境友善。以功效分析，最多專利討論提高光效率(36.9%)與提升性能(28.3%)。

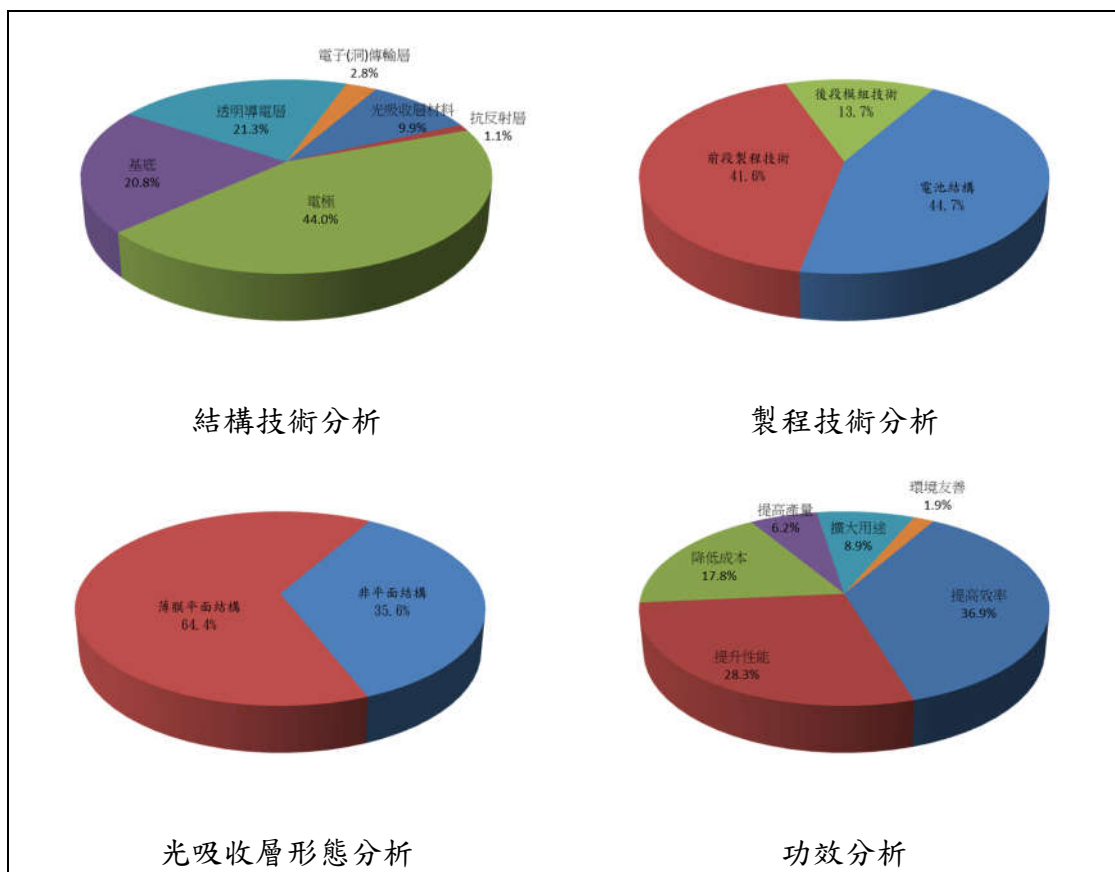


圖 4.7-2、鈣鈦礦太陽能電池(全球)技術與達成功效比例比較

進一步以主要發展技術與功效特徵進行分析，下圖 4.7-3 與圖 4.7-4 為鈣鈦礦太陽能電池的專利技術-功效矩陣圖，橫坐標分別為結構技術、製程技術與鈣鈦礦光吸收材料技術，縱坐標為技術功效。圓圈之大小與其數字之相對關係可代

表其分別技術功效點的專利申請量是否集中或量少，抑或沒有提出專利申請。由圖可觀察出，環境友善方面，主要與電極與基底有所關聯；擴大用途、提高性能與提高產量方面，主要與電極與透明導電層有所關聯；降低成本方面，主要係以電極與基底有所關聯；提高光效率方面，係以電極關聯性最大。另以技術的角度觀察，整體元件技術均主要以提升光效率為主，其次為降低成本。

至於製程技術分析之討論，可觀察出電池結構、前段製程技術與後段模組技術均與提高光效率之關聯性最大，其中另以各功效技術進行分析，可觀察後段模組技術之專利申請量顯少外，於擴大用途方面，為電池結構與前段製程技術一併均被重視；於降低成本、提高效率方面，為與電池結構較有關連；於環境友善、提高產量與提升性能方面，為與前段製程技術較有關連。

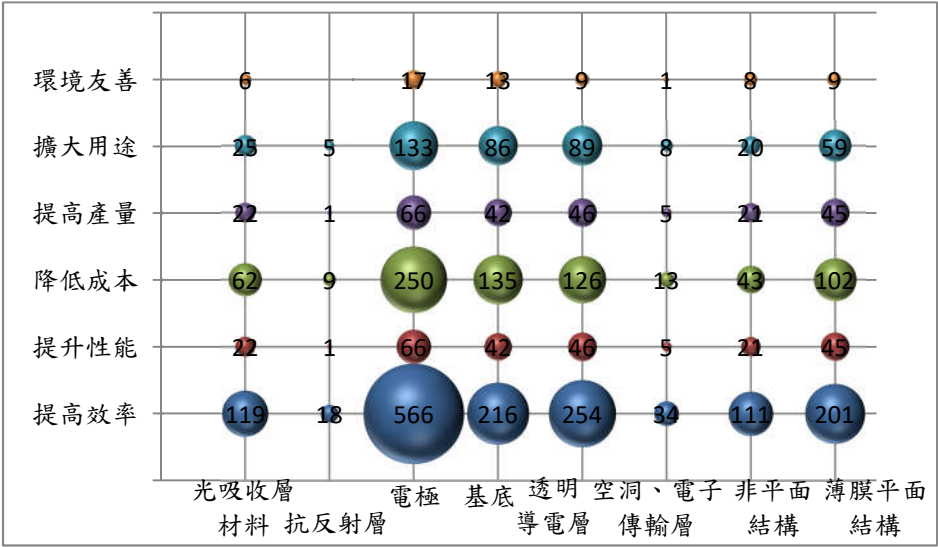


圖 4.7-3、鈣鈦礦太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析(結構與光吸收層形態技術)

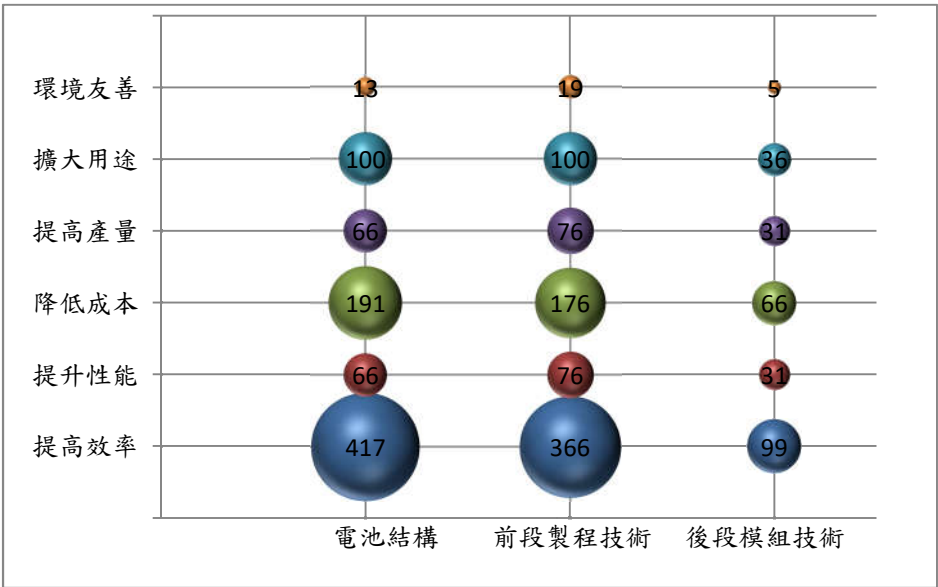


圖 4.7-4、鈣鈦礦太陽能電池(全球)技術與達成功效矩陣分析(製程技術)

主要發展技術與功效特徵歷年申請狀況

下圖 4.7-5 表示各技術特徵的各年度申請趨勢，係以專利申請優先權年進行分析，大致與鈣鈦礦太陽能電池整體專利申請族數的趨勢一致，均為逐年增加。進一步以個別技術進行討論，可觀察各技術開始有顯著增加趨勢之年分為：光吸收層材料(2014 年)、抗反射層(2015 年)、電極(2013 年)、基底(2014 年)、透明導電層(2014 年)、電(洞)子傳輸層(2015 年)、電池結構(2014 年)、前段製程技術(2014 年)、後段模組技術(2014 年)、非平面結構光吸收層(2013 年)、薄膜平面結構光吸收層(2014 年)。其中鈣鈦礦太陽能電池中各技術相較於 2013 年，近年對於基底、電(洞)子傳輸層及薄膜平面結構之專利申請量增加的趨勢較為顯著；其次為後段模組技術、前段製程技術與光吸收層材料。

下圖圖 4.7-6 表示各功效特徵的各年度申請趨勢，係以專利申請優先權年進行分析，可觀察出整體功效技術專利申請族數的趨勢均為逐年增加外，進一步以個別功效技術進行討論，可觀察各技術開始有顯著增加趨勢之年分為：提高效率(2014 年)、提升性能(2014 年)、提高產量(2014 年)、擴大用途(2014 年)、環境友善(2016 年)。即表示鈣鈦礦太陽能電池中環境友善的專利申請量雖然不多，但有增加之趨勢，鈣鈦礦太陽能電池中環境友善係存在有開發研究的需求。

	光吸收層材料	抗反射層	電極	基底	透明導電層	空穴、電子傳輸層	電池結構	前段製程技術	後段模組技術	非平面結構	薄膜平面結構
2006			6	3	5		5	3	1	2	1
2007			6	2	3		5	5	1	4	1
2008	1		4	2	4		9	7	2	5	4
2009		1	6	3	3		6	3	1	2	2
2010			5	1	4		6	4	1	2	4
2011		1	10	11	9		10	11	3	6	5
2012	3	1	19	7	11		20	13	6	12	6
2013	11	2	60	20	32	1	52	39	13	31	19
2014	54		195	70	86	9	140	111	44	32	60
2015	71	7	315	131	128	22	242	213	60	49	116
2016	73	12	319	198	174	29	224	261	89	56	145

圖 4.7-5、鈣鈦礦太陽能電池(全球)歷年主要技術申請族數(優先權年)

	提高效率	提升性能	降低成本	提高產量	擴大用途	環境友善
2006	6	2	3			
2007	5	4	2		1	
2008	7	5	4	2	2	
2009	3	3	1		3	
2010	5	6	4	2	3	1
2011	8	4	4	2	2	
2012	20	21	9	2	5	
2013	38	38	28	9	9	3
2014	181	99	80	25	36	6
2015	278	227	126	45	67	9
2016	303	245	150	56	79	25

圖 4.7-6、鈣鈦礦太陽能電池(全球)達成功效歷年申請族數(優先權年)

(2)申請流向及各專利局分析

根據專利五大局(美國、日本、歐洲、中國大陸及韓國)與台灣相互之間的專利申請分佈，製作了申請流向圖，依據下圖 4.7-7、圖 4.7-8 可以觀察出，鈣鈦礦太陽光電相關的專利申請中，以向中國大陸所提出的專利申請的數量最多，占整理專利申請量總和的一半。然而各國籍專利申請人除了於本國國家提出專利申請外，以美國為異地(國)申請專利的比例最高(美國籍專利申請人除了本國提出專利外，以歐洲為第二大申請國)，其中台灣專利申請人於國內與美國所申請的專利申請量相同 1:1，其餘各國籍申請人中以美國專利申請除以於各自國家所申請的比率為歐洲(0.44)、日本(0.32)、南韓(0.21)及中國大陸(0.01)，即表示中國大陸籍申請人所申請的專利以中國專利局為主要，鮮少於國外申請；而相較下本國籍台灣申請人，鈣鈦礦太陽能電池技術向國外申請專利的比例較高。

進一步以專利公開地區的專利申請人國籍進行分析：於美國所申請的專利中，共 37.4%為美國籍申請人、24.0%為日本籍專利申請人；於日本所申請的專利中，共 79.6%為日本籍申請人、9.4%為歐洲籍專利申請人；於歐洲所申請的專利中，共 53.3%為歐洲籍申請人、22.9%為日本籍專利申請人；於中國大陸所申請的專利中，共 82.5%為中國大陸籍申請人、6.0%為日本籍專利申請人；於南韓所申請的專利中，共 73.1%為南韓籍申請人、13.1%為歐洲籍專利申請人；於本國台灣所申請的專利中，共 31.5%為歐洲籍申請人、29.6%為台灣籍專利申請人。即表示對於美國、歐洲而言，日本為主要技術輸出國；對於日本、南韓與台灣而言，歐洲為主要技術輸出國，其中值得注意的為經統計中國大陸籍專利申請人，對於鈣鈦礦技術並無於本國台灣申請專利。因此經由上述之分析，可得知日本及歐洲為鈣鈦礦太陽光電技術領域中的主要專利輸出國，且除了日本之外，中國大陸與美國均具有市場性，因此才會有除了本國籍的申請人會去申請專利。至於台灣籍申請人，除了於本國申請專利外，美國亦是申請專利的地區，因此本國籍申請人也同樣相當注重美國市場的布局。

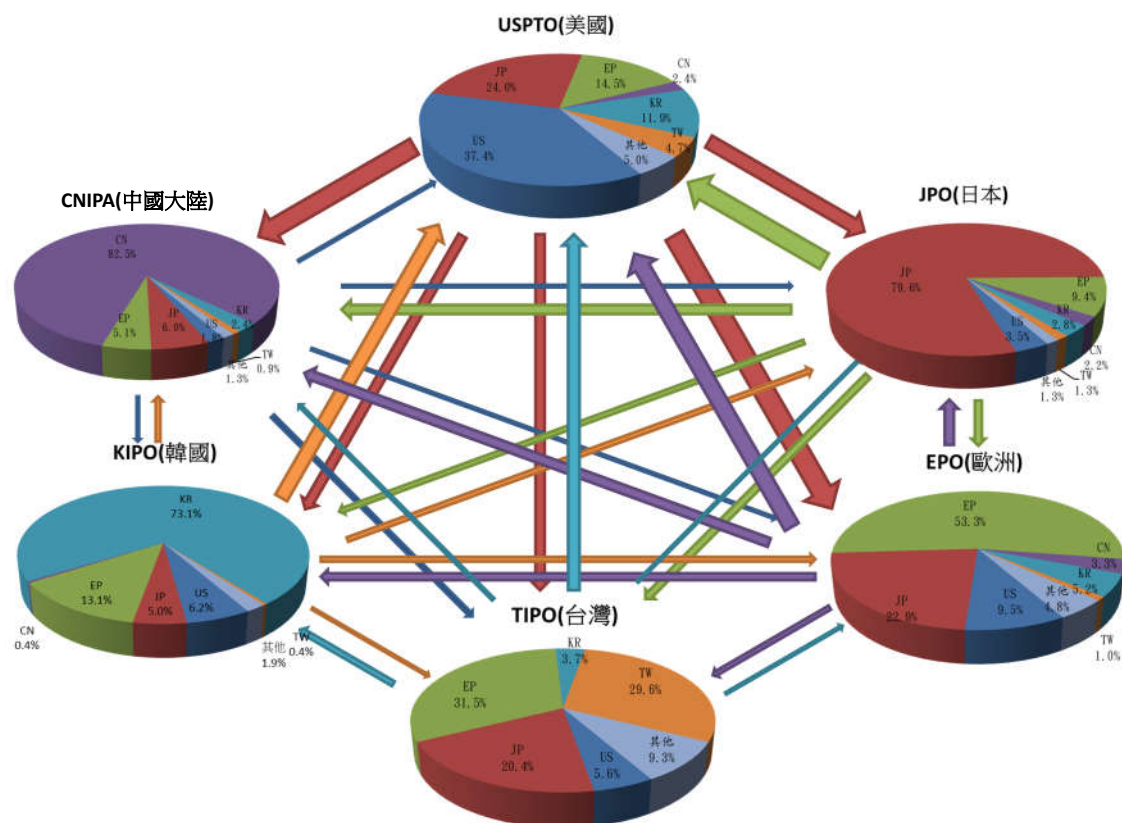


圖 4.7-7、鈣鈦礦太陽能電池(全球)申請流向圖

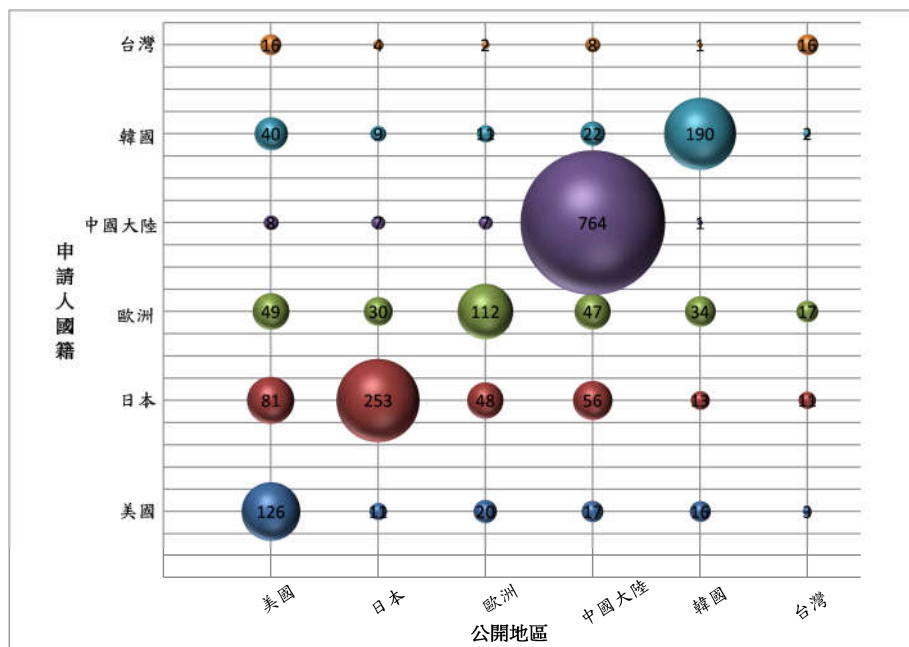


圖 4.7-8、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍與公開專利局矩陣分析

各國專利申請概況

由圖 4.7-9 專利五大局申請量表示鈣鈦礦太陽能電池於 2006-2016 年間於各國專利申請量(件)的分布情況，可發現鈣鈦礦太陽能電池各國專利公開量均於 2013 年有顯著的增加，但中國大陸所公開(公告)的專利申請件數自 2014 年開始一直居於首位，且趨勢為大幅增加。以趨勢分析，美國與歐洲專利公開(告)件數於 2013-2014 為增加的趨勢，至 2014 年達到高峰後，至今為逐漸減少；南韓與日本專利公開(告)件數於 2013-2015 為增加的趨勢，至 2015 年達到高峰後，至今為逐漸趨緩。值得注意的為 2015 年以前美國專利公開(告)件數均大於日本，但於 2015 年後日本專利公開(告)件數為大於美國，且南韓於 2015 年的專利公開(告)件數也與美國相近。此等趨勢即表示中國大陸、日本、韓國為近幾年專利布局的國家。至於中國大陸專利公開(告)量等趨勢或許與中國大陸對於太陽能電池的整體產業、市場與國家專利政策，有所關聯。

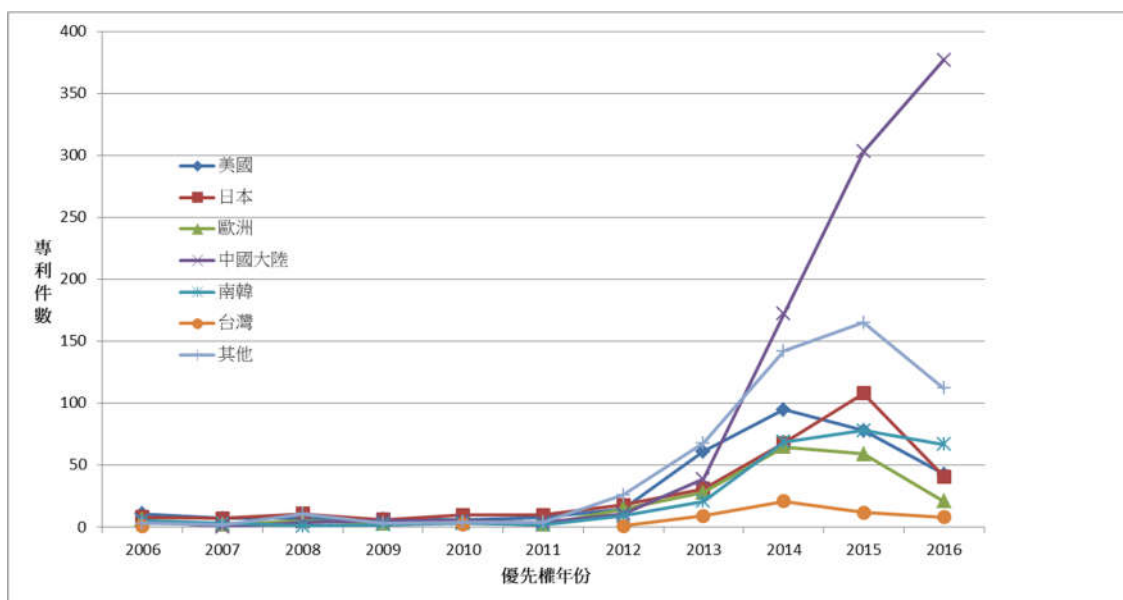


圖 4.7-9、鈣鈦礦太陽能電池(全球)於主要專利局歷年公開件數(優先權年)

各國籍專利申請人與申請件數概況

由圖 4.7-10 表示各國籍專利申請人與申請件數的歷年比值，此數值可表示各國籍專利申請人於各國布局之多寡關聯性，其中以整體平均進行分析，由多至少依序為：歐洲(3.58)、美國(2.23)、台灣(2.18)、日本(2.11)、南韓(1.78)及中國大陸(1.04)。此數值比率代表美國、歐洲為鈣鈦礦太陽能電池的技術專利輸出國，而中國大陸專利申請人僅於中國大陸申請專利外，到其餘國家進行布局比率顯少。其中台灣對於鈣鈦礦太陽能電池技術到其他國家的比率平均高達 2.18 之數值趨勢係與台灣學術界專利申請人(大專院校、工研院)於美國申請專利，有所關係。

由歷年的比值趨勢分析：本國台灣為增加的趨勢，表示台灣關於鈣鈦礦太陽能電池技術逐漸布局各國；至於美國、歐洲與南韓為下降的趨勢；日本為呈現 W 字型大幅度振盪趨勢；中國大陸則呈現相較平穩維持之趨勢。

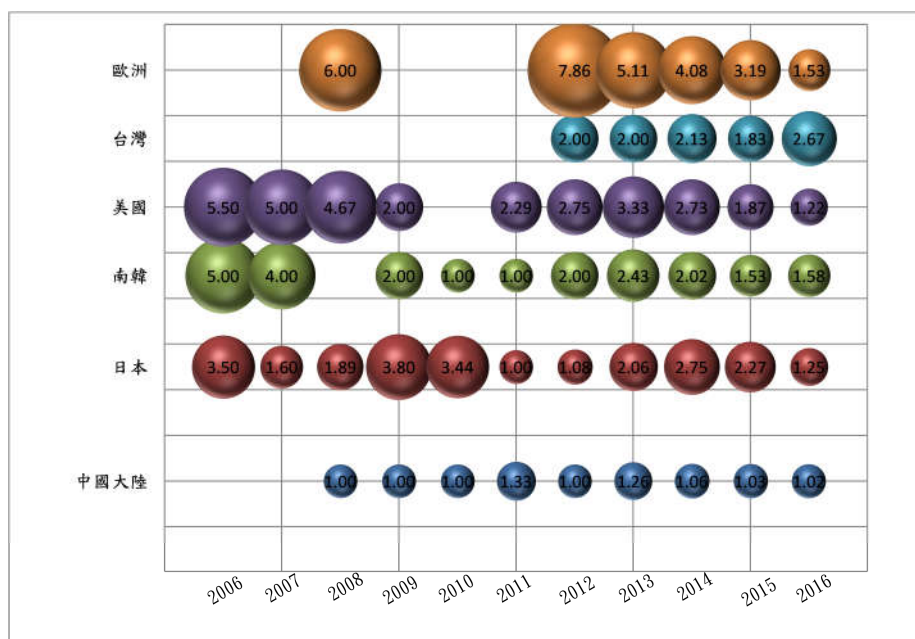


圖 4.7-10、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年專利件數及家族族數比例(優先權年)

(3)主要申請人國家分析

各國籍申請人概況

由圖 4.7-11 表示鈣鈦礦太陽能電池技術領域主要申請人國籍的歷年申請狀況，可觀察出各國專利權人對於鈣鈦礦太陽能電池的研發布局趨勢，可發現圖中所列各國籍申請人對於鈣鈦礦太陽能電池的專利佈申請均有增加的趨勢，以各國國籍申請人進行分析，中國大陸自 2008 年開始即具有相關專利的申請，其中開始有顯著增加趨勢之年分為 2013 年；日本與南韓均自 2006 年開始即具有相關專利的申請，其中開始有顯著增加趨勢之年分為 2014 年；美國自 2006 年開始即具有相關專利的申請，其中開始有顯著增加趨勢之年分為 2013 年；歐洲自 2008 年開始即具有相關專利的申請，其中開始有顯著增加趨勢之年分為 2012 年；至於本國台灣至 2012 年才開始具有相關專利的申請，其中開始有顯著增加趨勢之年分為 2014 年。此等趨勢與各國家地區廠商、學術單位對於鈣鈦礦太陽能電池技術或整體太陽能產業前景的觀點，有所關聯。其中可觀察近年來台灣籍專利申請人的件數仍排名五大局之後(第 6 名)，申請量並無明顯增加。

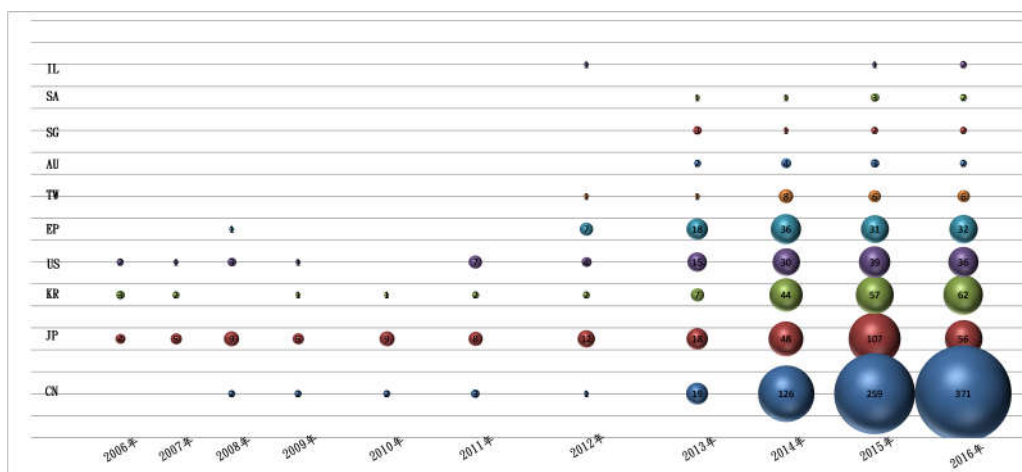


圖 4.7-11、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍歷年申請族數(優先權年)

各國主要發展技術特徵與功效特徵

由下圖 4.7-12 至 4.7-14 表示鈣鈦礦太陽能電池主要發展技術特徵的各國籍申請狀況，可觀察出各國專利權人對於鈣鈦礦太陽能電池的主要技術特徵發展趨勢。

以製程技術方面，不論電池結構、前段製程技術或後段模組技術均為以中國大陸的專利量為多數。以技術特徵角度分析，其中國大陸、日本、美國與歐洲均以電池結構的專利申請為主；而南韓與台灣係以電池結構與前段製程技術專利的申請一併注重。

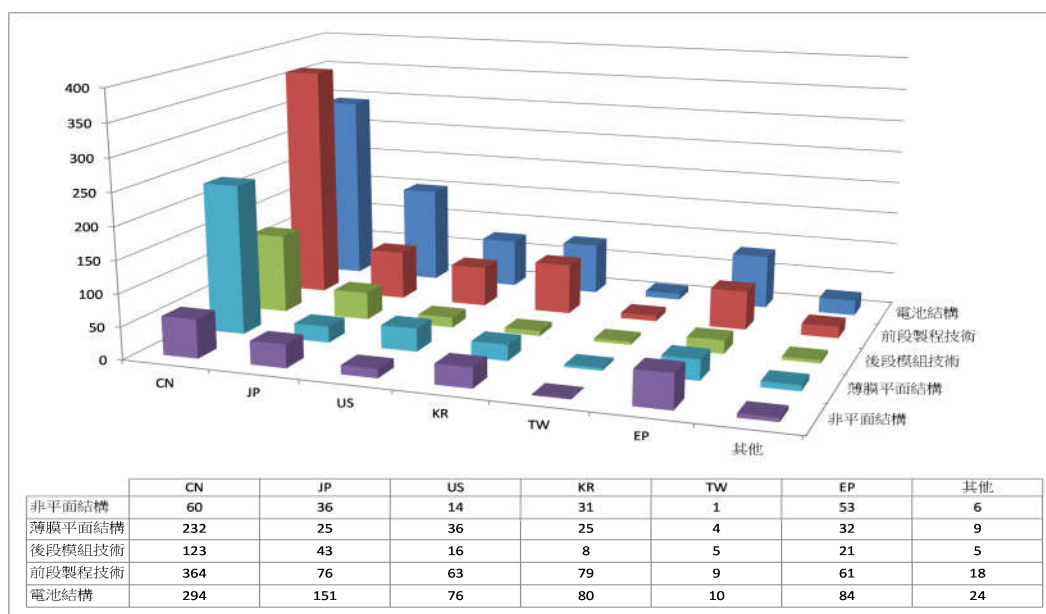


圖 4.7-12、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數(製程技術)

以光吸收層形態技術方面，均為以中國大陸的專利量為多數。以技術特徵角度分析，其中國大陸、美國與台灣係以薄膜平面結構光吸收材料層為主；而日本、南韓與歐洲則以非平面結構光吸收層材料為主。

以結構技術方面主要以中國大陸為多數，然而進一步分析，抗反射層技術日本申請量趨近於中國大陸的申請量。以技術特徵角度分析，其各國均與電極技術最有關聯，其次才為基底(中國大陸)與透明導電層(日本、歐洲、美國、南韓與台灣)。

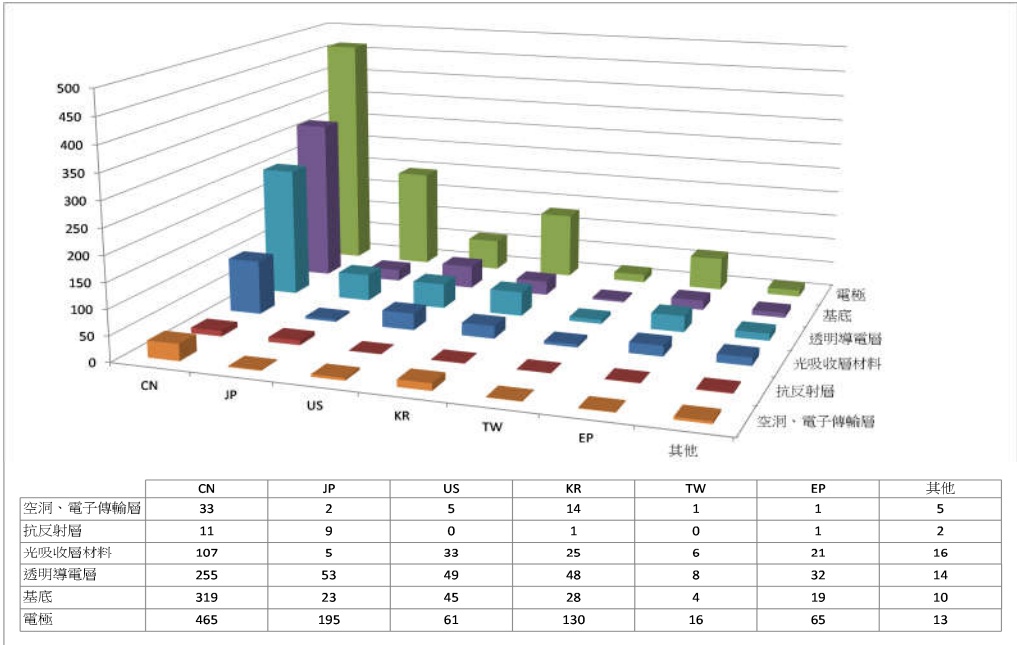


圖 4.7-13、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數(結構與光吸收層形態)

以功效技術方面主要也以中國大陸為多數，其中值得關注的為南韓與美國均有申請「環境友善」的功效技術專利。以技術特徵角度分析，其中中國大陸、日本、南韓、台灣及歐洲各國均與「提升效率」最有關聯，而美國係與「提升性能」最有關聯。

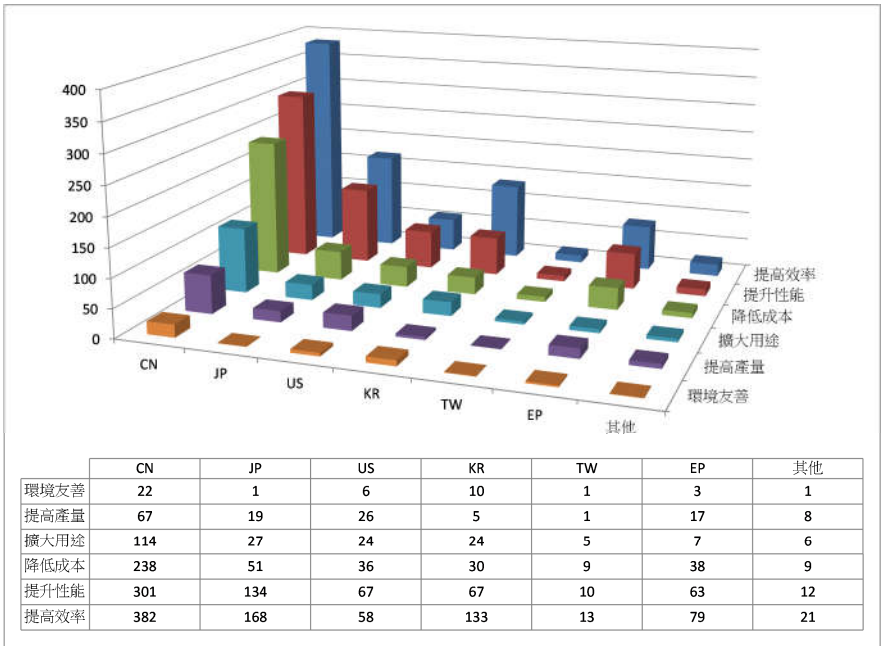


圖 4.7-14、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

(3)主要申請人分析

主要申請人申請概況

下圖為 4.7-15 為表示大申請人各年度申請族數，申請族數最多的申請人為積水化學工業株式會社(積水化學)，其次為富士軟片股份有限公司(富士軟片)，其中值得關注的為：九大申請人中，中國大陸僅占 3 席(排名第 5、8、9)，且均為大專院校；前兩名為日本籍、其次為南韓籍 2 席(第 3、6 名)、歐洲籍 2 席(第 4、7 名)。前九大申請人並沒有台灣的申請人，台灣申請最多為工研院，僅為於 2014 與 2015 年，共申請 3 件(族)。其中九大申請人的申請趨勢與鈣鈦礦太陽能整體專利申請趨勢相同，均為逐年增加，且大致上為自 2013、2014 年開始大幅增加，除了排名第 8、9 的中國東吳大學與寧波大學，為自 2015 年才開始申請專利。

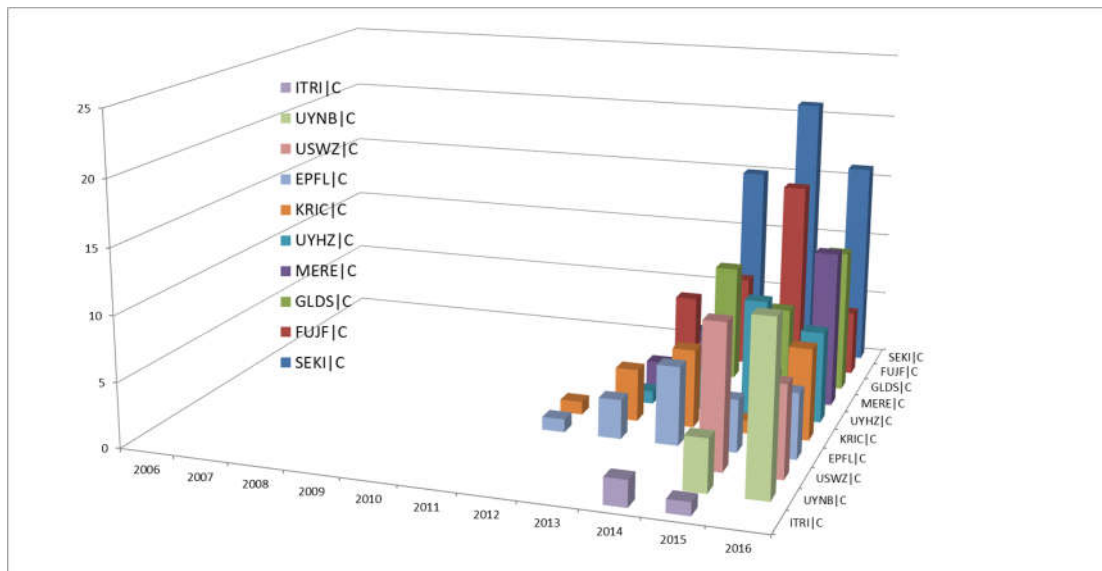


圖 4.7-15、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人歷年申請族數(優先權年)

排名	DI 分類	英文名稱	中文名稱
Taiwan no 1	ITRI C	IND TECHNOLOGY RES INST	台灣工研院 (工研院)
no 1	SEKI C	SEKISUI CHEM CO LTD	積水化學工業株式會社 (積水化學)
no 2	FUJF C	FUJI FILM CORP	富士軟片股份有限公司 (富士軟片)
no 3	GLDS C	LG CHEM CO LTD	樂金化學股份有限公司 (LG)
no 4	MERE C	MERCK PATENT GMBH	馬克專利
no 5	UYHZ C	UNIV HUAZHONG SCI & TECHNOLOGY	武漢華中科技大學 (華中科技大學)
no 6	KRIC C	KOREA RES INST CHEM TECHNOLOGY	韓國化學研究所
no 7	EPFL C	ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE LAUSANNE	洛桑聯邦理工學院
no 8	USWZ C	USWZ C UNIV SOOCHOW	中國東吳大學
no 9	UYNB C	Ningbo University	中國寧波大學 (寧波大學)

圖 4.7-16、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人名稱

主要申請人主要發展技術與功效特徵

若將技術特徵與功效特徵，將前九大申請人與台灣第一申請人進行分析，如下圖 4.7-17 與圖 4.7-18 所示，以整體而言，各主要申請人(前九大申請人與台灣第一申請人)所發展的結構技術與電極最有關聯；製程技術中係以電池整體結構與前段製程技術最有關聯；光吸收層形態技術中的非平面結構與薄膜平面結構，各主要申請人均有分別涉及申請專利。至於功效技術中，各主要申請人均注重於提高光效率。

以技術進行分析，可發現：光吸收層材料以華中科技大學的專利申請量為大宗、抗反射層的專利申請主要申請人中僅有積水化學與寧波大學涉及、電極以積水化學的專利申請量為大宗、基底以寧波大學專利申請量為大宗、透明導電層為以中國東吳大學與華中科技大學的專利申請量為大宗、電子(洞)傳輸層由 LG 的專利申請量為大宗、電池結構以富士軟片的專利申請量為大宗、前段製程技術以馬克專利的專利申請量為大宗、後段模組技術專利以積水化學的專利申請量為大宗、非平面之光吸收層結構係以馬克專利的專利申請量為大宗、薄膜平面之光吸收層結構係以中國東吳大學、華中科技大學及 LG 的專利申請量為大宗。

以鈣鈦礦光吸收層結構形態進行分析，可觀察：積水化學、富士軟片、馬克專利以及洛桑聯邦理工學院注重於非平面結構；華中科技大學、中國東吳大學及寧波大學注重於薄膜平面結構；韓國化學研究所以及 LG 對於鈣鈦礦光吸收層結構形態中的非平面結構與薄膜平面結構，一併注重。

以功效技術進行分析，可發現：提高效率、提升性能以及擴大用途均以積水化學的專利申請量為大宗；降低成本為華中科技大學、洛桑聯邦理工學院與寧波大學的專利申請量為大宗(均為大專院校)；提高產量為馬克專利的專利申請量為大宗；環境友善為韓國化學研究所的專利申請量為大宗。

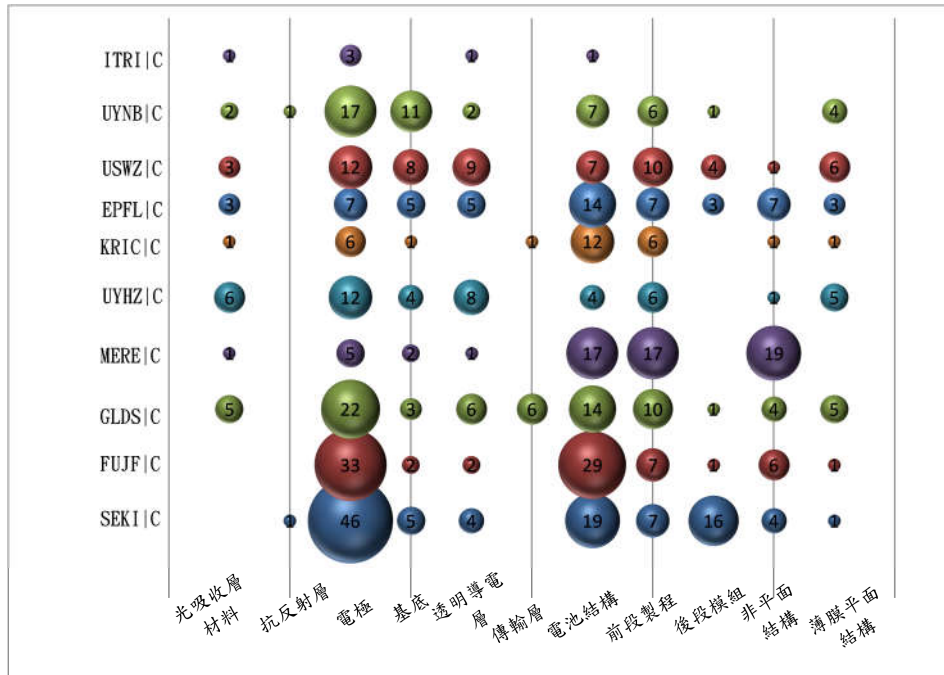


圖 4.7-17、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍主要技術申請族數

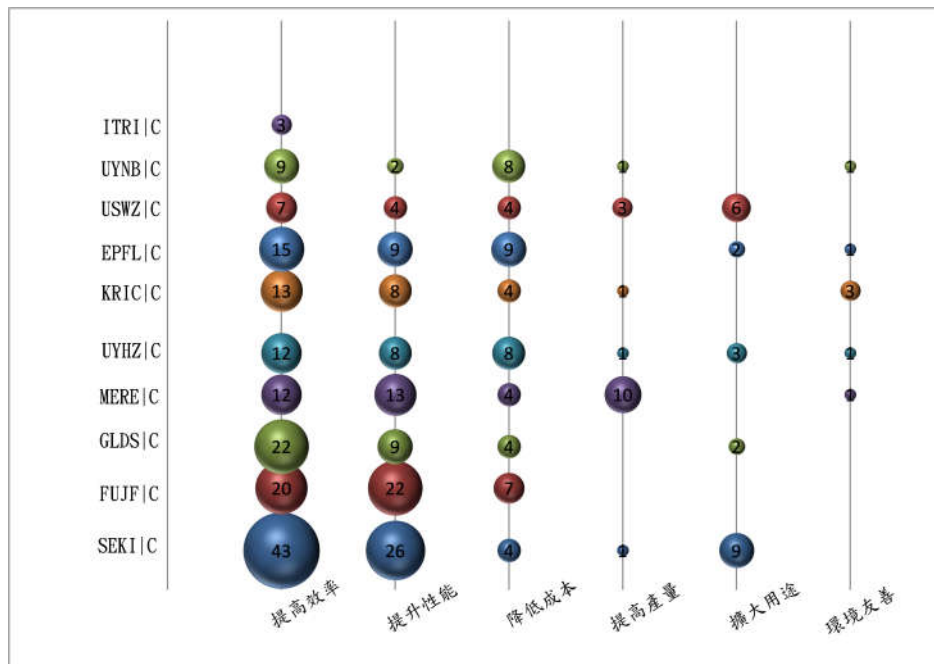


圖 4.7-18、鈣鈦礦太陽能電池(全球)主要申請人國籍達成功效申請族數

主要申請人(積水化學 SEKI|C)

對於本領域第一大申請人為積水化學，圖 4.7-19 為其對於各技術特徵之分析並於各年份申請狀況進行統計，可發現積水化學係以電極、電池結構技術與後段模組技術的專利申請為主；功效係以提高光效率與提升性能之專利申請為主。



圖 4.7-19、積水化學技術特徵與達成功效特徵分析

於各年份申請狀況進行統計分析，圖 4.7-20 與圖 4.7-21 表示：積水化學於 2013 年開始申請專利，以結構技術分析與電極最有關聯，近幾年開始包括抗反射層、基底與透明導電層的專利申請；以製程技術進行分析與電池結構與後段模組技術最有關聯，其中近年仍以電池結構與後段模組技術的專利申請為主；至於光吸收層結構分析，積水化學與非平面結構最有關聯；以功效技術方面進行分析，與提高光效率與提升性能最有關聯，其中近年除了提高光效率外，擴大用途、提高產量以及降低成本開始有專利申請。

	光吸收層材料	抗反射層	電極	基底	透明導電層	電子(洞)傳輸層	電池結構	前段製程技術	後段模組技術	非平面結構	薄膜平面結構
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	14	1	1	0	4	4	9	3	1
2015	0	0	18	3	3	0	10	0	4	0	0
2016	0	1	13	1	0	0	5	3	3	1	0

圖 4.7-20、鈣鈦礦太陽能電池(全球)積水化學主要技術歷年申請族數(優先權年)

	提高效率	提升性能	降低成本	提高產量	擴大用途	環境友善
2006	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0
2013	1	0	0	0	0	0
2014	14	11	0	0	1	0
2015	14	10	1	0	3	0
2016	14	5	3	1	5	0

圖 4.7-21、鈣鈦礦太陽能電池(全球)積水化學達成功效歷年申請族數(優先權年)

下圖 4.7-22 為積水化學於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以本國(日本)為主，其中值得關注的為積水化學除了本國外，並於中國大陸、歐洲、美國與台灣申請專利。

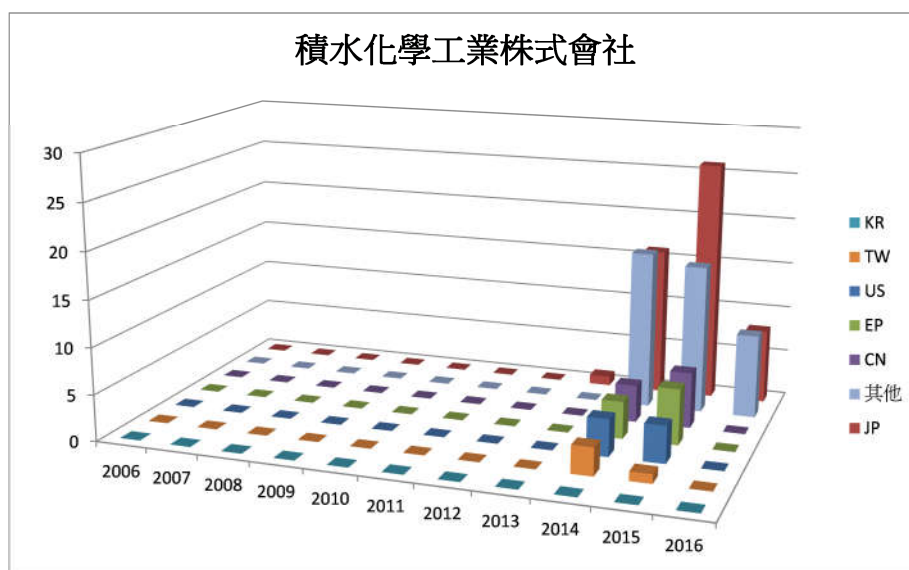


圖 4.7-22、鈣鈦礦太陽能電池(全球)積水化學歷年於主要專利局公開件數(優先權年)

4.7.2、鈣鈦礦太陽光電在台相關專利趨勢分析

以優先權年度觀察申請數量變化

本部分在台太陽光電專利趨勢分析係利用經濟部智慧財產局全域專利資料檢索系統資料庫¹³⁵，統計 2007 年至 2017 年之間各國於我國公開專利之相關發展趨勢並作一分析，圖 4.7-23 為鈣鈦礦太陽能電池(在台)歷年申請數量(優先權年)趨勢圖，為了將專利趨勢以更接近當時政治、經濟及產業的事實情況，以下以優先權 2006 至 2016 年表示。由此圖可觀察：鈣鈦礦太陽能電池專利申請量並不多，最高峰於 2014 年的 27 件後，至今的專利申請量仍穩定 9 件；其中在台申請數量較全球專利的申請量之差異，為全球為自 2013 年開始專利申請量逐年增加的顯著趨勢，而在台申請僅於 2014 年達到高峰，其中 2015、2016 年專利的申請量並無顯著成長，值得關注。

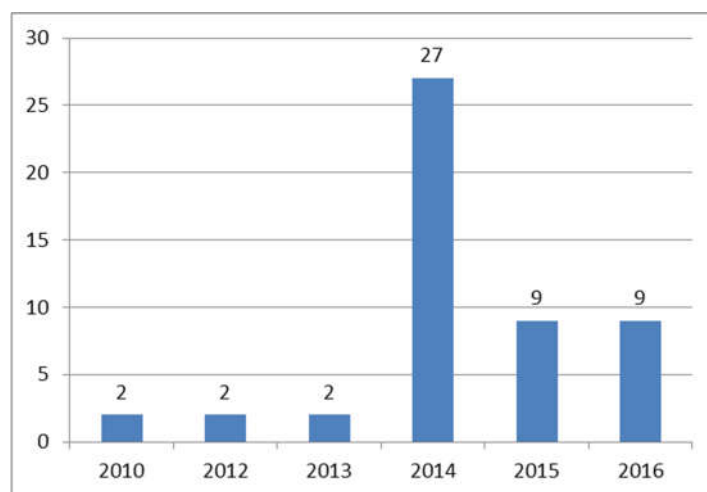


圖 4.7-23、鈣鈦礦太陽能電池(在台)歷年申請件數(優先權年)

¹³⁵ 智慧財產局全域資料檢索系統為局內審查官專用之檢索系統。

申請人類型之數量比例

本部分為將所篩選的 51 件與鈣鈦礦太陽能電池關技術相關的專利進行申請人類型之分析，其中申請人的類型大致可分為三大類：公司、學術機構及個人。經分析公司類的申請人為最多(56.86%)、其次為學術機構(39.22%)，個人申請則占 3.92%。縱然鈣鈦礦太陽能電池專利中，申請人類型以公司的比率為最多，但學術機構也到達近 40%，顯示各大學、法人、研究機構為主願意在該等領域從事研發、布局。

以優先權年度觀察申請人類型之變化

將申請人類型的件數依優先權年進行時間軸分析，如圖 4.7-24 所表示，其中以公司類型申請人的申請量最高峰為 2014 年，然而 2015、2016 年為逐年減少；學術機構類型申請人的申請量最高峰為 2014 年，2015 年有減少之趨勢，但隔年 2016 年專利申請量有回復提升之趨勢；至於個人類型的申請人僅 2 件的專利申請量。

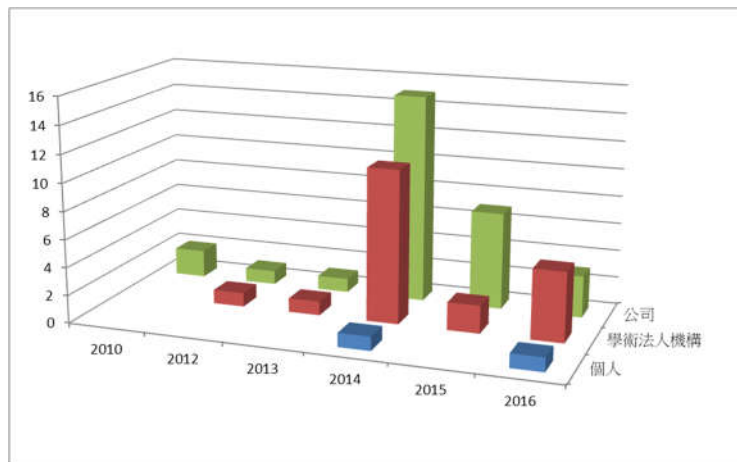


圖 4.7-24、鈣鈦礦太陽能電池(在台)歷年申請人類型(優先權年)

各國申請人之數量比例

圖 4.7-25 為鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，其中以台灣申請人占 45.1%為最多、其次為歐洲(27.5%)、日本(13.7%)、南韓(5.9%)，此趨勢顯示鈣鈦礦太陽能電池領域主要布局於台的國外申請人以日本與歐洲等先進綠色能源國家的產業、學術機構為主，值得關注的為並無中國大陸籍專利申請人來台申請鈣鈦礦太陽能電池專利。

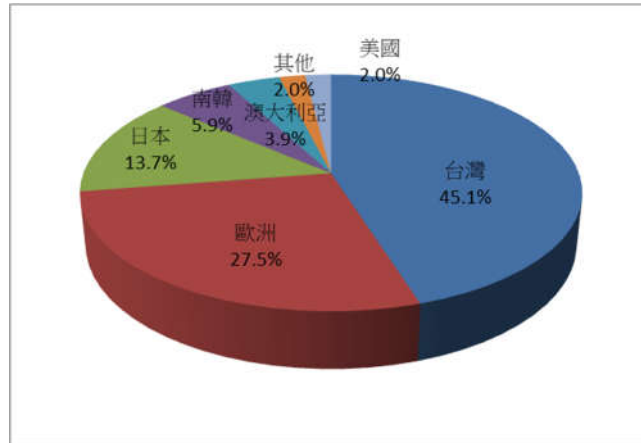


圖 4.7-25、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例

IPC(技術特徵)之數量比例

本部分於台灣申請專利案之申請發展重點的分析方式，為利用國際專利分類號(以下皆簡稱 IPC)作為分析基準，其中鈣鈦礦太陽能電池主要技術(三階 IPC)申請趨勢主要於 H01L(半導體裝置；其他類目未包括的電固體裝置)，此一領域之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號；其次 C04B(石灰、氧化鎂、礦渣、水泥、其組合物)，係屬該鈣鈦礦材料的 IPC 類位。

其中鈣鈦礦太陽能電池主要技術(四階 IPC)申請趨勢主要於 H01L-031(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置；此等半導體裝置之零部件)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係亦屬於太陽能電池的專有技術分類號；其次為 H01L-051(使用有機材料或其與其他材料的組合物作為主動部分的固態裝置；專門適用於處理這些元件或其部件的技術方法或設備)，係屬有機材料與其他材料與電學半導體相關的分類號類位、C04B-035(以成分為特徵之陶瓷成型製品、陶瓷組合物、用於製備陶瓷製品之無機化合物加工粉末)，係屬該鈣鈦礦材料的 IPC 類位、C08G-061(由高分子主鏈上形成碳-碳鍵合之反應而得的高分子化合物)，係屬包括導電高分子種類之 IPC 類位。進一步以圖 4.7-26 表示鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例，鈣鈦礦太陽能電池主要技術(五階 IPC)申請趨勢主要於 H01L-031/042(光伏模組或單一光伏電池陣列用作光伏(PV)轉換裝置)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，為太陽能電池的專有技術分類號。

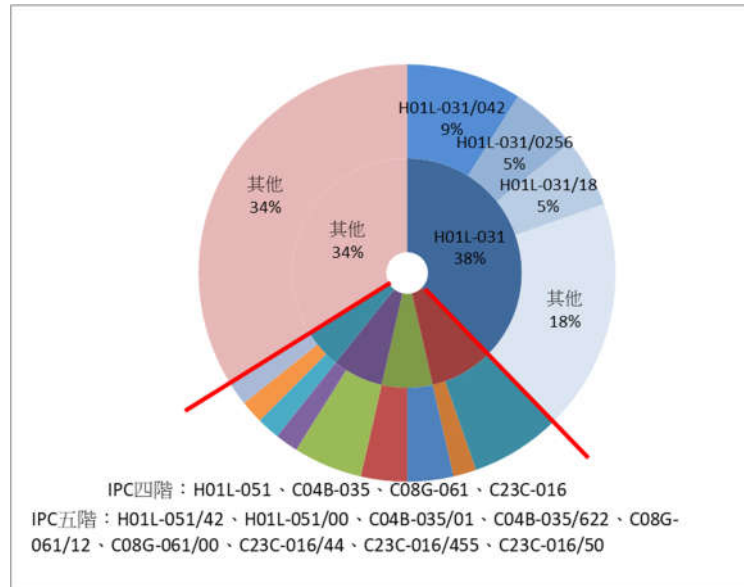


圖 4.7-26、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要技術(IPC)比例

以優先權年度觀察 IPC(技術特徵)之數量變化

圖 4.7-27 所表示分別為鈣鈦礦太陽能電池(在台)歷年主要技術(四階 IPC)申請數量(優先權年)，其可發現，於 2014、2016 年 H01L/031 之分類號，相較於鈣鈦礦太陽能電池歷年申請狀況，有顯著申請量多之趨勢；且 H01L/031 之分類號的專利申請量最高峰為於 2014 年。其進一步可觀察出自 2014 至 2016 年包括 C08G-061 分類號之專利，經逐案分析，均為德國籍專利申請人，惟鈣鈦礦與高分子材料技術之結合是否為未來趨勢，值得持續觀察。

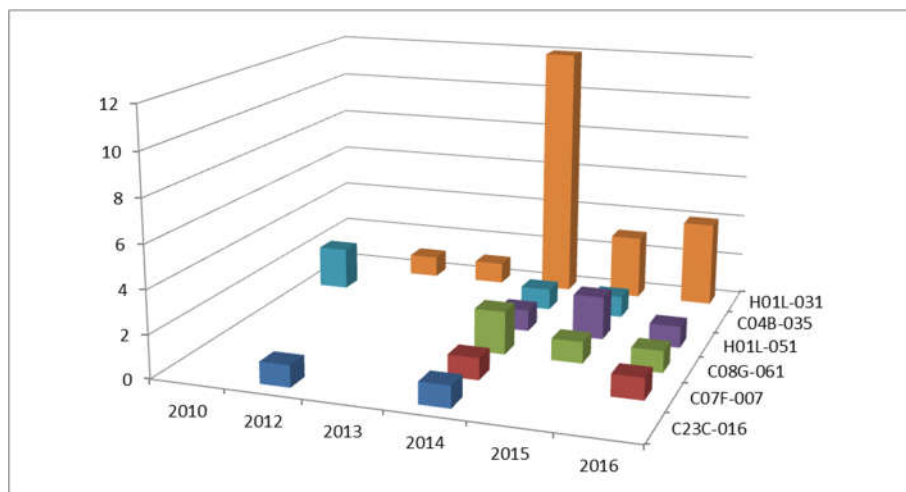


圖 4.7-27、鈣鈦礦太陽能電池(在台)歷年主要技術(四階 IPC)申請件數(優先權年)

主要申請國家分析

圖 4.7-28 表示鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，其中本國台灣籍專利申請人共 23 件、德國 8 件、日本 7 件、荷蘭 5 件、……。其中值得關

注的為：除了本國台灣籍專利申請人外，國外申請人係以德國、日本等綠色能源與材料技術先進國家為主，再者，歐洲地區的國家係以德國的專利申請人來台布局專利為主。

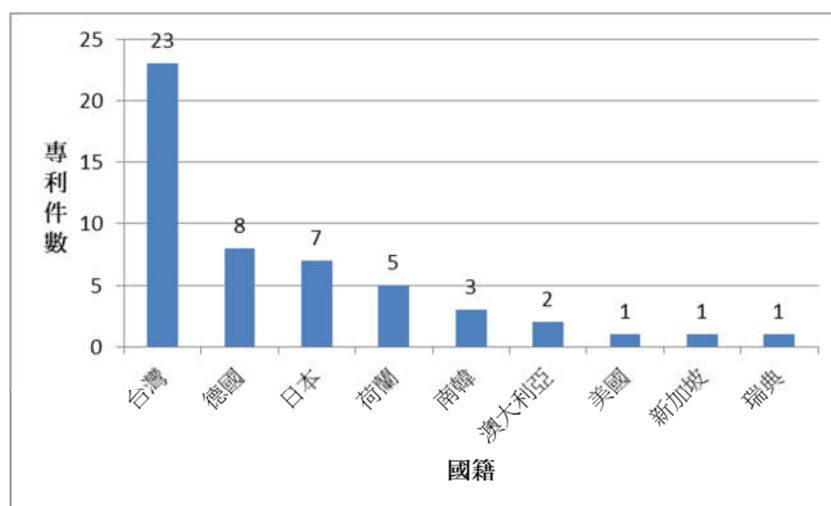


圖 4.7-28、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍申請件數

申請人類型及其國籍之數量比例

圖 4.7-29 表示鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍，其中申請人為公司類型為以歐洲籍專利申請人為多數，其次才為本國台灣籍專利申請人；個人申請人僅台灣籍申請人 2 名；至於學術機構類型專利申請人以本國台灣籍專利申請人的申請量為大宗，其次為歐洲。

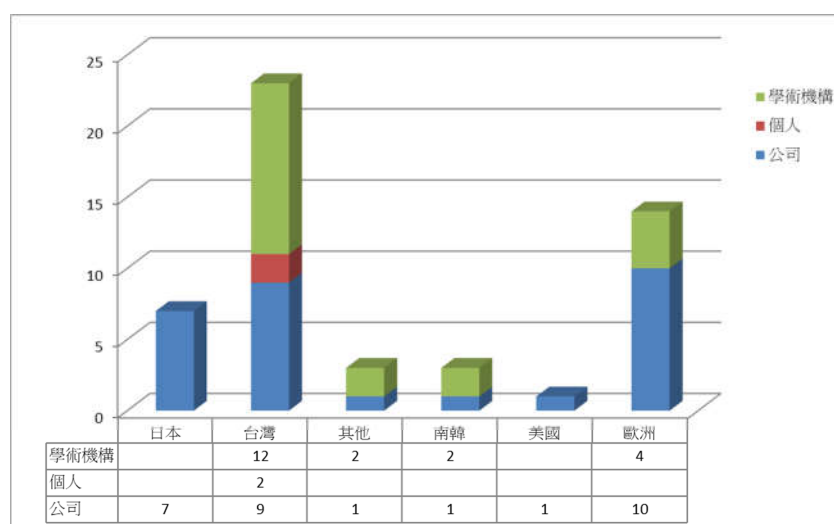


圖 4.7-29、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人類型及其國籍

以優先權年度觀察各國申請人在台申請數量變化

圖 4.7-30 表示鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請數量，可

發現各國在台專利申請趨勢均為以 2014 年為申請量高峰，台灣籍專利申請量 2015 年下降後，2016 年有上升之趨勢；至於歐洲、日本等國外申請人於 2015、2016 年之專利申請量均為下降的趨勢或無申請專利。

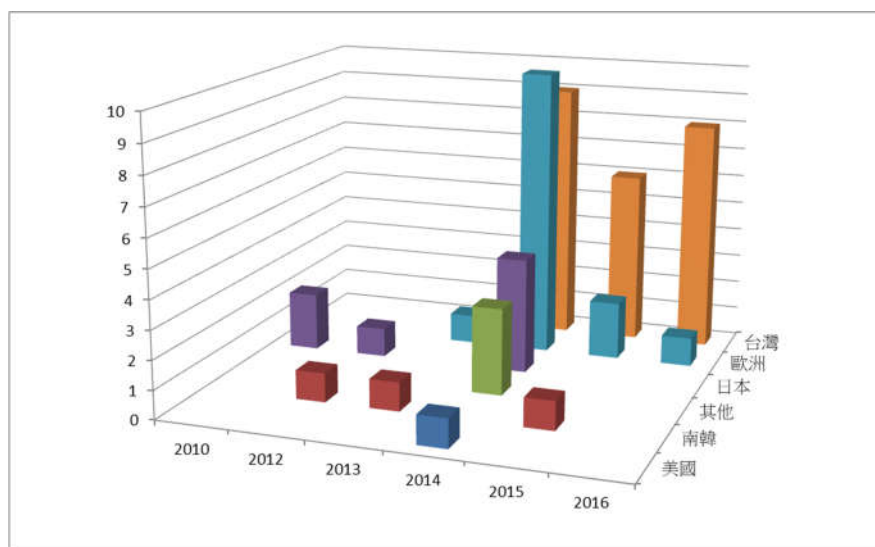


圖 4.7-30、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍歷年申請件數(優先權年)

各國申請人 IPC(技術特徵)分布

鈣鈦礦太陽能電池(在台)各申請人國籍進行主要技術(三階 IPC)的分析：第一大均為 H01L，其次為 C04B、C08G、……等材料分類號類位。圖 4.7-31 所表示為鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(四階 IPC)申請數量，其中台灣籍、日本籍、歐洲籍與南韓籍的第一大為 H01L-031，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號；進一步發現台灣籍與日本籍所申請專利的第二大分類號為 C04B-035(以成分為特徵之陶瓷成型製品、陶瓷組合物、用於製備陶瓷製品之無機化合物加工粉末)，係屬該鈣鈦礦材料的 IPC 類位，即表示台灣籍與日本籍專利申請人具涉及鈣鈦礦材料之研發與專利布局。

國際分類號(四階)						
	台灣	歐洲	日本	南韓	其他	美國
第1大	H01L-031 10	H01L-031 4	H01L-031 2	H01L-031 2	H01L-031 3	H01L-031 0
第2大	C04B-035 2	C04B-035 0	C04B-035 2	C04B-035 0	C04B-035 0	C04B-035 0
第3大	H01L-051 2	H01L-051 0	H01L-051 1	H01L-051 1	H01L-051 0	H01L-051 0
第4大	C08G-061 1	C08G-061 3	C08G-061 0	C08G-061 0	C08G-061 0	C08G-061 0
第5大	C07F-007 2	C07F-007 0	C07F-007 0	C07F-007 0	C07F-007 0	C07F-007 0

圖 4.7-31、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍主要技術(四階 IPC)申請件數

主要申請人分析

將鈣鈦礦太陽能電池領域的全域專利案件 51 件以第一申請人進行分析，取申請數量前十者為主要申請人進行分析，其排名依序為：德商馬克專利公司(7 件)、荷蘭史迪克汀艾能吉翁德卓克中心(4 件)、積水化學工業股份有限公司(3 件)、國立成功大學(3 件)、王立義(2 件)、富士軟片股份有限公司(2 件)、台灣中油股份有限公司(2 件)、韓國化學研究院(2 件)、財團法人工業技術研究院(2 件)、國立中央大學(2 件)。可發現前十大主要申請人具包括 5 個國內外學術機構，表示鈣鈦礦專利之布局主要仍為學術機構為主。

以優先權年度觀察主要申請人在台申請數量變化

圖 4.7-32 表示鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請數量(優先權年)，其中以各種太陽能電池進行逐一歷年申請分析：馬克專利自 2013 年開始申請專利後 2014 年到達專利申請量高峰，隔年 2015 年僅申請 2 件專利；其他十大主要專利申請人於 2012 至 2016 年專利申請均每年 1 至 2 件。值得關注的為十大主要申請人於 2015、2016 年的專利申請並無顯著增加，與全球之專利申請趨勢有所不同。

	馬克專利	荷蘭史迪克汀艾能吉翁德卓克中心	成功大學	積水化學	台灣中油	富士軟片	工研院	韓國化學研究院	王立義	中央大學
2010										
2012								1		
2013	1							1		
2014	4	2	2	2		2	1		1	1
2015	2	1			2					
2016		1	1	1			1		1	1
2017										
總計	7	4	3	3	2	2	2	2	2	2

圖 4.7-32、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人歷年申請件數(優先權年)

主要申請人 IPC(技術特徵)分布

本部分為利用國際專利分類號(以下皆簡稱 IPC)作為分析基準，進一步分析台灣申請專利案之申請發展重點，圖 4.7-33 所表示為鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(四階 IPC)申請數量。可發現主要專利申請人的第一大主要技術領域均為 H01L-031(對紅外輻射，光，較短波長之電磁輻射，或微粒輻射敏感者，且適用於將此種輻射能轉換為電能者，或適用於通過此種輻射進行電能控制之半導體裝置；製造或處理此等半導體裝置或其部件所特有的方法或裝置；此等半導體裝置之零物件)，此一領域之分類號之申請量大幅領先其他技術領域，係屬於太陽能電池的專有技術分類號。

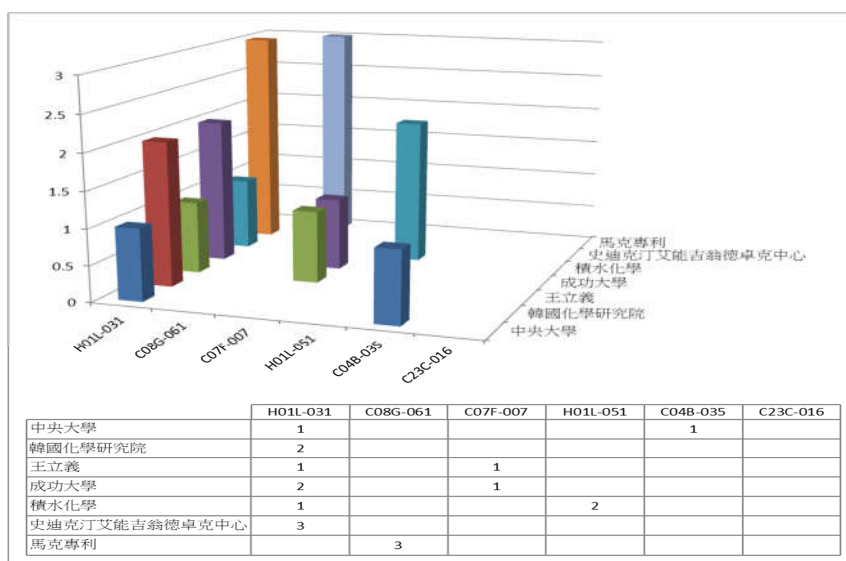


圖 4.7-33、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人主要技術(四階 IPC)申請件數

4.8、小結

矽晶圓

- 1、矽晶(Crystalline Si, 單晶矽或多晶矽作成之矽晶圓或矽晶片)太陽能電池, 相對薄膜(thin film)或新興(emerging)材料等類型之太陽能電池, 矽晶因光電轉換效率較高(圖 1.1-10), 且量產技術成熟, 故現今量產之太陽能電池以矽晶為大宗, 台灣之益通、昱晶、昇陽科、新日光、茂迪等太陽能電池廠商亦以矽晶(單晶矽或多晶矽作成之矽晶圓或矽晶片)為主(表 1.1-6)。
- 2、近年矽晶種類之太陽能電池之光電轉換效率成長已趨緩, 有技術上之瓶頸; 為了提升光電轉換效率, 技術趨勢走向為多接面電池(multi junction cells)類型, 其為堆疊結構, 利用不同材質接面吸收不同波長範圍之光譜, 故整體光電轉換效率可提升(圖 1.1-10)。
- 3、矽晶圓太陽能電池(在台)歷年申請件數, 2007~2009 年 YoY(year-on-year percentage)連續年成長, 呈現上升趨勢, 2010~2013 年 YoY 連續年衰退, 呈現下降趨勢, 轉折年之最大量為 2009 年 151 件(圖 4.1-16)。主要申請人國籍比例, 依序為台灣 35.0%、日本 23.1%、美國 22.1%、歐洲 11.4%、南韓 4.1%、中國大陸 1.7%。太陽能模組價格趨勢長期下跌(圖 1.1-19), 影響獲利, 例如台灣有關矽晶類型太陽能電池公司(益通、昱晶、昇陽科、新日光、茂迪)稅後每股盈餘(Earnings Per Share, 簡稱 EPS), 2006~2008 年幾乎為盈餘狀態, 2009~2010 年呈現盈虧互見, 2011 年後大致呈現虧損狀態(表 1.1-23)。
- 4、矽晶圓太陽能電池(全球)歷年申請族數, 2007~2011 年 YoY 連續年成長, 呈上升趨勢, 2012~2015 年 YoY 連續年衰退, 呈下降趨勢, 轉折年之最大量為 2011 年 1629 族(圖 4.1-1)。主要申請人國籍比例, 依序為中國大陸 48.8%、日本 23.6%、美國 10.7%, 前三大占 83.1%, 代表申請量高度集中於該等國家(圖 4.1-2)。因中國大陸近年新增容量需求大(圖 1.1-17), 專利申請量 2006~2011 年連續成長(圖 4.1-7), 使得全球專利申請量轉折年為 2011 年, 相較在台為 2009 年, 延後了兩年趨勢才反轉。

矽薄膜

- 1、矽薄膜太陽能電池之發展, 係於 1960 年代末, 英國標準通訊實驗室使用輝光放電法製備了氫化非晶矽薄膜, 矽薄膜太陽能電池的優點為輕薄、可撓曲、應用多種外觀設計、生產快、無須過度封裝, 目前可產業化之薄膜太陽能電池中, 矽薄膜太陽能電池雖光電轉換效率不高, 但整體製程之溫度低且未使用稀有金屬、重金屬等原料, 然而目前因矽薄膜低光電轉換效率低之困境, 仍需更多技術之開發以改良克服。(前言)
- 2、專利權人國籍排名分別為: 中國大陸 38.1%、日本 37.7%、南韓 8.4%、美國 8.0%、台灣 3.4%、歐洲 2.9%及其他國家 1.6%, 即表示中國大陸與日本於矽

薄膜太陽光電技術的研發較活絡，亦有可能與當地市場規模、政府政策有所關聯。專利申請量可分為兩個區塊，分別為 2006~2011 年專利申請量為成正向之成長，到達 2011 年最高量後，2012~2016 年專利申請量逐步減少，其中又以 2013~2014 年之間降了 4 成之多，最為顯著。(全球分析)

- 3、關於矽薄膜太陽能電池，以結構技術分析，最多專利文獻討論電極(29.6%)與光吸收層(29.0%)；以製程技術分析，最多專利文獻討論電池結構(45.8%)與前段製程技術(37.3%)；以矽薄膜光吸收材料技術分析，最多專利討論非晶矽(78.8%)。以主要發展技術與功效特徵進行分析，環境友善方面，主要與電極、光吸收層、電池結構與基底有所關聯；擴大用途方面，主要與電極、光吸收層與電池結構有所關聯；提高產量方面，主要與光吸收層、電極與前段製程技術有所關聯；降低成本方面，主要係以電極之改良為主，其次為光吸收層、電池結構及前段電池製程技術；提高性能方面，係以光吸收層之改良為主；提高光效率方面，係以光吸收層、電極與電池結構的改良關聯性最大。(全球分析)
- 4、矽薄膜太陽光電相關的專利申請中，以向中國大陸與日本專利局所提出的專利申請的數量最多，占整理專利申請量總和的一半。其中日本為矽薄膜太陽光電技術領域中的主要專利輸出國，且除了日本之外，中國大陸與美國均具有市場性，因此才會有除了本國籍的申請人會去申請專利。至於台灣籍申請人，除了於本國申請專利外，美國與中國大陸亦是申請專本國籍申請人也同樣相當注重中國大陸與美國市場的布局。(全球分析)
- 5、中國大陸專利申請人僅於中國大陸申請專利外，到其餘國家進行布局比率顯少。由歷年的比值趨勢分析：本國台灣為增加的趨勢，表示台灣關於矽薄膜太陽能電池技術逐漸布局各國；至於歐洲為下降的趨勢、美國為呈現 W 字型大幅度振盪趨勢，南韓、日本及中國大陸則呈現相較平穩維持之趨勢。(全球分析)
- 6、各國主要發展技術特徵與功效特徵分析：製程技術方面係主要以日本與中國為主導者，後段模組製程係以日本申請量為多數、前段製程技術以中國為多數。以結構技術方面主要以日本與中國為主導者，電極技術以日本申請量為多數、其餘抗反射層、基底、透明導電層及光吸收層以中國為多數。以矽薄膜光吸收材料技術方面主要也以日本與中國為主導者；以功效方面主要也以日本與中國大陸為主導者。(全球分析)
- 7、主要申請人分析：最大申請人為同春新能源，其次為夏普，前十大申請人並沒有台灣的申請人，台灣申請最多為工研院。同春新能源僅於中國大陸申請專利；夏普主要以日本專利申請為主，其中於 2006 至 2013 年間具有申請美國專利，2008 年具有申請台灣專利；工研院於各年度於各地專利局申請狀況，主要還是以本國為主，其中值得關注的為工研院於 200 至 2015 年間具有申請美國專利，2009 至 2013 年具有申請日本與歐洲專利，2007 至 2015 年具有申請中國大陸專利外，並無申請南韓專利，相較於同春新能源與夏普，工

研院除了本國外，對於國外申請專利的意願較大。(全球分析)

- 8、於台申請專利的申請人類型之數量比例中，公司類的申請人為最多(72.3%)、其次為學術機構(22.5%)，個人申請則占 5.2%，申請人類型以公司的比率為最多，其中以公司類型申請人的申請量最高峰為 2009 年、學術機構類型申請人的申請量最高峰為 2007、2009 年；至於個人類型申請人每年僅 1~4 件的專利申請量。(在台分析)
- 9、矽薄膜太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，其中以台灣申請人占 60.3% 為最多、其次為美國(18.3%)、日本(7.9%)、歐洲(6.2%)、南韓(3.3%)，中國大陸及其他國籍各占 1.2%及 2.7%，此趨勢顯示矽薄膜太陽能電池領域主要布局於台的國外申請人以美國、日本與歐洲等銷售相關太陽能電池模組的廠商或進行相關技術移轉的學術機構為主。(在台分析)
- 10、矽薄膜太陽能電池主要技術(四階 IPC)申請趨勢主要於 H01L-031，此一領域之分類號係屬於太陽能電池的專有技術分類號；其次 H01L-021(適用於製造或處理半導體或固體裝置或部件之方法或設備)，係屬薄膜製程技術與設備的 IPC 分類位。(在台分析)
- 11、主要申請人分析：申請數量前十者排名依序為：聯相光電(41 件)、宇通光能(40 件)、應用材料(28 件)、核能所(22 件)、工研院(21 件)、友達光電(12 件)、安慶新能源(11 件)、歐瑞康太陽(9 件)、康寧(8 件)及太陽電子(7 件)。(在台分析)

無機化合物

- 1、無機化合物太陽能電池相關的專利申請中，分為全球及在台自優先權年 2006 至 2016 間進行分析，就各國各自申請族數來看，前三大申請國籍為中國大陸(28.0%)、美國(23.5%)及日本(19.0%)，以專利局收件數來看，美國以 7564 件位居第一、中國大陸(5979 件)及日本(4462 件)分居二、三，可觀察出相關專利之國外布局仍以美國為第一優先，總體年趨勢來看，申請件數高峰位於 2011 年，此後總申請量則逐年年減，而中國大陸則在 2012 年申請件數稍微降低後即維持穩定的年申請件數，顯示中國大陸相較他國投注大量的資源在無機化合物太陽能電池的技術研發及專利布局上，其餘各國則因無法與低價及大量搶入市場的中國大陸廠商競爭，逐漸退出相關的技術研發及模組生產。
- 2、在台灣方面，利用關鍵字及 DI 的手工代碼(DWPI Manual Codes)於 DI 搜尋得 1366 件台灣專利，利用關鍵字及 IPC 分類號於全域檢索系統搜尋得 1135 件專利，兩者差異不大，其年趨勢亦有類似的變化，如申請量的高點在 2009 年，其後則逐年下降，而 DI 搜尋得的件數較多的原因在於 DI 的手工代碼對無機化合物太陽能電池有明確的代碼可以進行搜索，如 u12-a02a2a 代表 II-VI 族作為吸收層的太陽能電池相關技術、u12-a02a2b 代表 III-V 族及 u12-a02a2e 代表多元化合物，搭配關鍵字使用下較 IPC 可更為準確的找出所

需的專利案。

- 3、以技術進行分析，就結構、製法及模組封裝來看，最多專利文獻討論仍以結構單元(78.4%)為主、結構單元中則以吸收層為主(31.5%)、其次為基板(27.3%)，而探討吸收層材質之部分則約略為三等分，以申請人國籍來看，中國大陸的申請人對於電極、透明導電層方面之技術較他國為多；南韓偏重研究複合及多接面型的無機化合物太陽能電池，其餘趨勢則與總體差異不大。
- 4、就功效面進行分析，無機化合物太陽能電池之優勢在於高光電轉換效率，其提高效率的占比亦為最高(35.44%)，而各優先權年度及各國申請案於功效面亦具有相似的趨勢。
- 5、主要申請人之分析中，全球以 LG 申請案為最多(295 族)、在台以工研院為最多(44 件)、全球專利中台灣申請人以台積電為最多(120 族)，分析各申請人集中之技術領域，LG 以基板、電極方面的結構單元較多，吸收層技術則著重於複合與多接面型太陽能電池、台積電則以吸收層技術為最多、並集中在複合與多接面型太陽能電池技術，故複合與多接面型太陽能電池為全球主要研發廠商開發及專利布局的主要目標。

有機

- 1、就各國各自申請族數，前三大申請國籍為中國大陸(27.2%)、日本(21.7%)、南韓(18.3%)。
- 2、主要技術特徵、達成功效以及各國申請族數申請高峰多落在 2012 年，之後均呈現往下降的趨勢；歐美在 2013 之後對於有機太陽能電池似乎沒有亞洲國家熱衷，在 2009 年之前中國大陸與其他各國相較申請數量並不特別突出，2012 年一舉衝上第一大，2015 年雖然稍微往下掉，但是隨後又持續增加，2016 年更是創新高，受惠於政策扶持及廣大內需市場，是唯一呈現正成長的國家。
- 3、各國主要發展的技術似乎在於製造方法、電極及電池結構，相關製造裝置似乎較少；相較於各國，日本對於封裝似乎投入較多的研究，而南韓則對於吸收層及介面層較為關注，對於封裝則較不熱衷，中國大陸相較之下則在受體布局稍多；各國主要關注功效為提升性能及提高效率，兩者數量差異不大。
- 4、歐洲平均專利家族件數最為龐大，接著依序為美國及日本，然而在 2012~2013 年間以上三國都有稍微減少的趨勢；中國大陸雖然申請量最多，但主要在該國布局，一族專利家族大約僅包含 1.1 件專利；歐洲為本領域主要技術輸出國，其在各地的申請量皆大於各國到歐洲的申請量；各國海外申請局主要首選為美國專利局。
- 5、各國公開件數高峰多落在 2012~2013 年，之後各國均呈現往下降的趨勢，歐美在 2013 之後對於有機太陽能電池似乎沒有亞洲國家熱衷，在 2008 年之前中國大陸與其他各國相較申請數量並不特別突出，2011 年一舉衝上第一大，

2014~2015 年雖然稍微往下掉，但是隨後又持續增加，2016 年更是創新高，是唯一呈現正成長的國家。

- 6、十大申請人中，南韓四家，日本有三家，歐洲兩家都是德國，中國大陸一家，台灣並沒有申請人進入前十大，申請最多為工研院；各主要申請人發展的技術與各國類似，主要似乎在於製造方法、電極、電池結構及基底；第一大申請人為南韓 LG，2013 年以前在美國布局較中國大陸多，但在 2014 年之後在美國申請量明顯較中國大陸少。
- 7、各國在台申請量前三大申請國籍為歐洲(29.7%)、台灣(25.9%)、日本(18.3%)，而歐洲同樣以德國(24.4%)申請量最多，占有歐洲申請件數比高達八成，疑似因為有機太陽能所使用之導電材料與 OLED 差不多，其物理原理也類似，只是方向不同，因此一些歐洲德國材料大廠，在申請時常會兩者並列，所以歐洲德國在有機太陽能布局上較為突出。
- 8、各國在台申請人大致可分為三類：公司、學術機構及個人，所占的比例大致為公司 75.27%、學術機構 21.5%、個人 3.23%；若是針對台灣籍的申請人分析，所占比例大致為學術機構 58.7%、公司 33.25%、個人 8.05%，可發現台灣籍的申請人當中，反而以學術機構申請人為大宗，疑似台灣廠商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。

染料敏化

- 1、就各國各自申請族數，前三大申請國籍為日本(39.1%)、中國大陸(24.1%)、南韓(22.0%)。
- 2、主要技術特徵及達成功效申請族數高峰多落在 2011 年，而各國申請族數高峰則較為分散，之後大致呈現往下降的趨勢；歐美對於染料敏化太陽能電池似乎沒有亞洲國家熱衷，在 2011 年之前中國大陸排行第三，申請數量並不特別突出，2012 年一舉衝上第一大，2016 年更是創新高，受惠於政策扶持及廣大內需市場，是唯一呈現正成長的國家。
- 3、各國主要發展的技術似乎在於製造方法、電解質、光陽極及對電極，相關製造裝置似乎較少；中國大陸及南韓對於對電極關注情況完全相反，前者較不熱衷，後者則是投入較多心力；主要關注功效依序為提高效率及提升性能，除了日本兩者差異不大外，其餘各國均有明顯落差。
- 4、歐洲平均專利家族件數最為龐大，接著依序為美國及日本，然而南韓在 2007 年之前較日本多；中國大陸主要在該國布局，一族專利家族大約僅包含 1.1 件專利；歐洲為本領域主要技術輸出國，其在各地的申請量皆大於各國到歐洲的申請量；各國海外申請局主要首選為美國專利局。
- 5、各國公開件數高峰多落在 2010~2012 年，之後各國均呈現往下降的趨勢，中國大陸在 2009 年躍上第 3，在此之前與其他各國相較申請數量並不特別突出，2013 年一舉衝上第一大，2014~2015 年雖然稍微往下掉，但是隨後又持續增加，2016 年更是呈現局部高點，是唯一呈現正成長的國家。

- 6、十大申請人中，日本有六家，南韓三家，歐洲一家，台灣並沒有申請人進入前十大，申請最多為工研院；整體申請量呈現先升後降，只是中間多有起伏，高峰也較為凌亂；部份申請人(如日本的柯尼卡美能達、新力、大日本印刷，南韓的三星、東進世美肯，台灣工研院)在 2014 年之後申請量大幅減少，甚至完全沒申請，推論可能轉為研究電池構造相近而轉化效率更高的鈣鈦礦；各主要申請人發展的技術與各國類似，主要似乎在於製造方法、電解質、光陽極及對電極；主要關注功效依序為提高效率及提升性能；第一大申請人為日本藤倉，在歐洲、中國大陸與美國，每年於三地申請量幾乎相同，在 2010 年之後幾乎都沒有在台灣與南韓申請。
- 7、各國在台申請量前三大申請國籍為台灣(45.2%)、日本(34.1%)、歐洲(10.0%)，而歐洲同樣以德國(7.1%)申請量最多，占有所有歐洲申請件數比高達七成。
- 8、各國在台申請人大致可分為三類：公司、學術機構及個人，所占的比例大致為公司 63.0%、學術機構 34.9%、個人 2.1%；然而若是針對台灣籍的申請人分析，所占比例大致為學術機構 67.3%、公司 28.2%、個人 4.4%，可發現台灣籍的申請人當中，反而以學術機構申請人為大宗，疑似台灣廠商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。

量子點

- 1、就各國各自申請族數，前三大申請國籍為中國大陸(27.2%)、美國(22.3%)、日本(19.6%)。
- 2、主要技術特徵、達成功效以及各國申請族數申請高峰分布較為分散，各年之間上下起伏較多，然大致而言多為先升再降的格局；美國在 2011 年之前保有領先的地位，2012 年被中國大陸超車，2013 年更掉到中國大陸與日本之後，在 2014 年之後申請量似乎大幅縮水，跌出前三；而中國大陸與南韓在 2010 年申請量呈現倍數成長，2012 年更衝到第一，2016 年再創新高。
- 3、量子點除了可作為有機/無機太陽能電池之外，還有以量子點為本質層的 p-i-n 電池以及量子點敏化太陽能電池，量子點於 p-i-n 的本質層，可於原背景材料的價電帶與傳導帶之間生成一個新的中間能帶，量子點敏化較量子點作為中間能帶的 p-i-n 電池多；除了美國、日本以外，主要申請國家以量子點敏化為主；大致而言，各國主要發展的技術似乎依序為製造方法、基底、電池結構；主要關注功效依序為提高效率。
- 4、歐洲平均專利家族件數最為龐大，接著依序為美國及日本；然而 2008 年以前南韓僅次於歐洲，2009 年以後才掉到第四；中國大陸雖然申請量最多，但主要在該國布局，一族專利家族大約不到 1.1 件專利；各國海外申請局主要首選為美國專利局。
- 5、各國公開件數高峰多落在 2012~2013 年，之後各國均呈現往下降的趨勢，中國大陸在 2007 年以前並不特別突出，2010 年和日本並列第二，之後即取代日本位居第二，收案高峰落在 2013 年，該年更取代美國獨占鰲頭，在 2014、

2015 年收案量雖然也稍微逐年減少，但是在 2016 年再創新高。

- 6、十大申請人中，日本有五家，南韓及美國各二家，中國大陸一家，台灣並沒有申請人進入前十大，申請最多為工研院；前兩大申請人依序為南韓的三星、日本的富士通，也是少數每年都有申請的申請人；富士通、富士軟片、夏普、日本電氣、中國科學院、太平洋光技術等申請人在中間能帶申請量較敏化多，甚至完全未布局，可合理推論該申請人主要發展量子點作為中間能帶的 p-i-n 結構電池。
- 7、各國在台申請量前三大申請國籍為台灣(41.3%)、美國(28.4%)、歐洲(14.7%)，而歐洲同樣以德國(9.2%)申請量最多，占有歐洲申請件數比高達六成。
- 8、各國在台申請人大致可分為三類：公司、學術機構及個人，所占的比例大致為公司 57.8%、學術機構 33.9%、個人 8.3%；然而若是針對台灣籍的申請人分析，所占比例大致為學術機構 66.7%、公司 24.4%、個人 8.9%，可發現台灣籍的申請人當中，反而以學術機構申請人為大宗，疑似台灣廠商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。

鈣鈦礦

- 1、鈣鈦礦電池自 2009 年首次出現報導至今，短短數年就已被證明具有高達 20% 左右的轉換效率，鈣鈦礦電池目前被認為是繼傳統可商業化矽晶電池之後，最有前途的太陽能電池種類(吸收光效率)。然而鈣鈦礦太陽能電池仍在實驗室階段，目前市場上可商業化量產，還需要通過大面積工業化，以及耐用性、環境穩定性等技術改良(前言)
- 2、專利權人國籍排名分別為：中國大陸 49.9%、日本 17.9%、南韓 11.5%、美國 8.8%、台灣 1.4%、歐洲 7.9%及其他國家 2.6%。即表示中國大陸於鈣鈦礦太陽光電技術的研發較活絡。於 2013 年開始，鈣鈦礦的專利申請量係具有逐年增加的顯著趨勢。鈣鈦礦的專利申請量趨勢，似乎不受限於國際綠色能源大環境、油價波動之影響，其原因為鈣鈦礦太陽光電為目前太陽光電技術中，較新穎的技術。(全球分析)
- 3、關於鈣鈦礦太陽能電池，以結構技術分析，最多專利文獻討論電極(44.0%)；以製程技術分析，最多專利文獻討論電池結構(44.7%)與前段製程技術(41.6%)；以光吸收層形態技術分析，最多專利討論為薄膜平面結構(64.4%)。目前鈣鈦礦太陽能電池於後段模組製程技術之專利申請量比率，相較少(僅占製程技術分析之 13.7%)，又鈣鈦礦太陽能電池因材料性質(外界水氣、成分含鉛)之影響，需十分重視該封裝模組的重要性，因此對於鈣鈦礦太陽能電池中封裝模組的研究與專利布局，值得我國國內產學界進行討論。(全球分析)
- 4、關於鈣鈦礦太陽能電池，以功效分析，最多專利討論提高光效率(36.9%)與提升性能(28.3%)，環境友善方面，主要與電極與基底有所關聯；擴大用途、提高性能與提高產量方面，主要與電極與透明導電層有所關聯；降低成本方

面，主要係以電極與基底有所關聯；提高光效率方面，係以電極關聯性最大。另以技術的角度觀察，整體元件技術均主要以提升光效率為主，其次為降低成本。(全球分析)

- 5、鈣鈦礦太陽光電相關的專利申請中，以向中國大陸所提出的專利申請的數量最多，占整理專利申請量總和的一半。然而各國籍專利申請人除了於本國國家提出專利申請外，以美國為異地(國)申請專利的比例最高(美國籍專利申請人除了本國提出專利外，以歐洲為第二大申請國)，其中台灣專利申請人於國內與美國所申請的專利申請量相同 1:1，其餘各國籍申請人中以美國專利申請除以於各自國家所申請的比率為歐洲(0.44)、日本(0.32)、南韓(0.21)及中國大陸(0.01)，即表示中國大陸籍申請人所申請的專利以中國專利局為主要，鮮少於國外申請；而相較下本國籍台灣申請人，鈣鈦礦太陽能電池技術向國外申請專利的比例較高。(全球分析)
- 6、美國、歐洲為鈣鈦礦太陽能電池的技術專利輸出國，而中國大陸專利申請人僅於中國大陸申請專利外，到其餘國家進行布局比率顯少。其中台灣對於鈣鈦礦太陽能電池技術到其他國家的比率平均高達 2.18 之數值趨勢係與台灣學術界專利申請人(大專院校、工研院)於美國申請專利，有所關係。(全球分析)
- 7、各國主要發展技術特徵與功效特徵分析：以製程、光吸收層形態技術方面，均為以中國大陸的專利量為多數；以技術特徵角度分析，中國大陸、日本、美國與歐洲均以電池結構的專利申請為主；而南韓與台灣係以電池結構與前段製程技術專利的申請一併注重。以功效技術方面主要也以中國大陸為多數，其中值得關注的為南韓與美國均有申請「環境友善」的功效技術專利，其中中國大陸、日本、南韓、台灣及歐洲各國均與「提升效率」最有關聯，而美國係與「提升性能」最有關聯。(全球分析)
- 8、主要申請人分析：最大申請人為積水化學，其次為富士軟片，其中值得關注的為：九大申請人中，中國大陸僅占 3 席(且均為大專院校)；前兩名為日本籍、其次為南韓籍 2 席、歐洲籍 2 席。前九大申請人並沒有台灣的申請人，台灣申請最多為工研院，僅為於 2014 與 2015 年，共申請 3 族數(數量)。積水化學於 2013 年開始申請鈣鈦礦太陽光電相關專利，申請專利區域主要還是以日本為主，並於中國大陸、歐洲、美國與台灣申請專利。(全球分析)
- 9、於台申請專利的申請人類型之數量比例中，公司類的申請人為最多(56.86%)、其次為學術機構(39.22%)，個人申請則占 3.92%。縱然鈣鈦礦太陽能電池專利中，申請人類型以公司的比率為最多，但學術機構也到達近 40%，顯示各大學、法人、研究機構為主願意在該等領域從事研發、布局。(在台分析)
- 10、鈣鈦礦太陽能電池(在台)主要申請人國籍比例，其中以台灣申請人占 45.1% 為最多、其次為歐洲(27.5%)、日本(13.7%)、南韓(5.9%)，此趨勢顯示鈣鈦礦太陽能電池領域主要布局於台的國外申請人以日本與歐洲等先進綠色能源國家的產業、學術機構為主，值得關注的為並無中國大陸籍專利申請人來

台申請鈣鈦礦太陽能電池專利。(在台分析)

- 11、鈣鈦礦太陽能電池主要技術(四階 IPC)申請趨勢主要於 H01L-031，此一領域之分類號係屬於太陽能電池的專有技術分類號；其次為 H01L-051，係屬有機材料與其他材料與電學半導體相關的分類號類位、C04B-035，係屬該鈣鈦礦材料的 IPC 類位、C08G-061，係屬包括導電高分子種類之 IPC 類位。(在台分析)
- 12、主要申請人分析：申請數量前十者排名依序為：馬克專利(7 件)、史迪克汀艾能吉翁德卓克中心(4 件)、積水化學(3 件)、成功大學(3 件)、王立義(2 件)、富士軟片(2 件)、中油(2 件)、韓國化學研究院(2 件)、工研院(2 件)、中央大學(2 件)。可發現前十大主要申請人具包括 5 個國內外學術機構，表示鈣鈦礦專利之布局主要仍為學術機構為主。(在台分析)