

太陽能電池之專利分析與發展趨勢

陳宥杉

國立雲林科技大學

企業管理系教授

dr.chen.ys@gmail.com

鄭欣宜

國立雲林科技大學

企業管理系碩士生

g9422718@yuntech.edu.tw

摘要

目前能源儲存量越來越少，人們想利用太陽來擁有取之不盡用之不竭的能源，提高其發電量、儲存量跟效率，本研究想利用patent guider 2.0分析軟體來進行分析，藉此分析太陽能電池的專利與其發展的趨勢，藉由專利分析根專利佈局來了解在這個專業領域中，各個國家的發展趨勢；搜尋字串為，solar cell、singlecrystal 跟 polycrystal。探討太陽能這個能源的技術發展。發現雖然在太陽能這個產業中，美國為早期開發者，也擁有早期的專利權，可是日本的技術卻是後來居上，不僅在專利數上有大幅領先，其專利技術也具有其技術獨特性，也朝全方位發展，在太陽能這個專利技術中取得領先。且以公司來細看，也發現領先公司的特性，不僅擁有強大的研發團隊也有技術獨特性跟全方位發展。

關鍵詞：專利分析、專利佈局、太陽能電池、研發創新

1. 前言

由於地球人口爆炸，能源用量越來越多，可用的能源儲存量越來越少，急需發展可替代能源。目前太陽能是種運用很廣泛的能源，例如太陽能的計算機、手錶與發電機等。另外，利用太陽能來驅動的熱水器和太陽屋，在外國亦可見到不少。而太陽能的交通工具（如太陽能汽車），在一些先進國家亦進行積極研究發展。

太陽能光電池簡稱為太陽能電池或太陽電池，又稱為太陽能晶片；在中國大陸稱為硅晶片；在物理學上稱為光生伏打（Photovoltaic），簡稱PV（photo voltaics）。太陽能電池是利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，其將高純度的半導體材料加入一些不純物使之呈現不同的性質，如，加入硼可形成P型半導體，加入磷可形成N型半導體，PN兩型半導體相結合後，當太陽光入射時，產生電子與電洞，有電流通過時，則產生電力。

由於單一太陽能電池所輸出的電力有限，為提高其發電量，將許多太陽能電池經串並聯組合封裝程序後，做成模板，成為太陽能電池模板（Solar Module）。太陽能電池的發電能源來自於光的波長。太陽光是一種全域波長。此外白熾燈的波長與日光燈的波長不同。而太陽能電池以陽光或白熾燈之波長為較適用。而且太陽能電池有三種，其中太陽能電子計算機上的太陽能電池是屬於「室內型的非晶」，如果長期拿到戶外曝曬，且串並聯為較大電壓及電流時，將導致其內部連結組織燒斷而損壞。

2. 研究方法

本研究主要以 solar cell、singlecrystal 跟 polycrystal 為搜尋字串，並利用 patent guider 2.0 分析軟體來進行分析，搜尋方式為(solar cell) and (singlecrystal or polycrystal)。由於美國是全世界最主要的市場之一，因此本研究以美國專利資料庫（USPTO）作為分析資料庫。

3. 專利分析結果

本研究的專利分析結果如下所示：

3.1 專利數

表 3.1 歷年專利件數比較表一

年份 (公告日)	專利件數
1973	1
1974	1
1975	2
1976	2
1977	0
1978	4
1979	2
1980	1
1981	3
1982	3
1983	0

表 3.2 歷年專利件數比較表二

年份 (公告日)	專利件數
1984	1
1985	2
1986	4
1987	4
1988	2
1989	6
1990	3
1991	9
1992	6
1993	8
1994	9
1995	14
1996	14
1997	10
1998	16

1999	10
2000	30
2001	32
2002	29
2003	24
2004	21
2005	14

由表 3.1 可以看出，以專利公告日來看，太陽能研發從 1973 年開始有專利公告出來，發展了三十幾年了。在 1983 年以前，每年的申請件數都是個位數，而且申請數也很平穩，沒有太大的變動，其申請的數量為 19 件，在當時因為主要的研發都在美國，可見美國的研發人員是很有前瞻性的，在當時才會為第一個進入這個領域。從近來的能源趨勢發展可知，由於石油逐漸枯竭以及近來油價逐漸上漲的影響，替代石油的能源越來越受到重視。從專利取得之公告日來看，近幾年太陽能電池的發展呈現成長趨勢，發現，1983 年後專利的數量逐年增多，可見在 1983 年前的美國投入後，有越來越多的人發現，這個技術未來發展的重要性跟延續性，從 1995 年開始，每年公告的專利數量又有一波增加，可見因為石油的消耗，有促使研發能量的效果。

3.2 技術生命週期

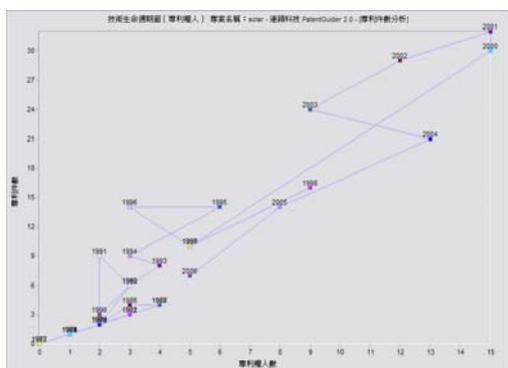


圖 3.1 技術生命週期(專利權人、公告日)

從技術生命週期的觀點來看，一個完整生命週期是如圖五所示的樣子。很明顯可以看出，太陽

能電池的技術生命週期出現了很多個完整生命週期，可以知道已經歷經很多個技術階段了，每個技術階段的成熟都造就下一個技術階段的成長。在此，因為在專利申請上有時間延遲的關係，我們先忽略 2005 年與 2006 年，可以知道，太陽能電池技術在近幾年，現在這個技術階段也進入了他的成熟期，在 2000 年到 2003 年可以看出已經進入成熟期到達衰退期，現階段要注重的是，如何讓現有的技術更有效率，更節省成本，甚至再創此技術領域另一個階段的生命週期。延長此技術的生命。



圖 3.2 技術生命週期示意圖

3.3 各國在太陽能電池的表現

表 3.3 國家申請專利件數

國家別	太陽能電池專利
日本	258
美國	26
加拿大	4
巴拿馬	1
摩洛哥	1
瑞士	1
Kanagawa-ken	1
JA	1

在國家別的專利件數資料中，可以很明顯的看到，日本的專利數以 258 件遠遠超過第二位的美國的 26 件，可見日本在太陽能電池方面是專利技術的大宗。再從所屬國專利件數來分析，美國可說是這專利技術的開始者，以公告日期來看，在當時美

國還是這個專利技術最主要的國家，從歷年專利件數跟所屬國專利件數綜合比較，可以知道 1983 年以前所公告的專利，大部分都是美國所申請的，在 1983 年前總共有 19 件的專利，美國申請了 13 件；而在 1983 年到 2006 年的專利件數也是 13 件。

表 3.4 日美兩國的歷年專利件數圖公告日

年份 (公告日)	日本專利件數	美國專利件數
1973	0	1
1974	0	1
1975	0	1
1976	0	1
1977	0	0
1978	0	4
1979	1	1
1980	0	1
1981	1	1
1982	1	1
1983	0	0
1984	1	0
1985	2	0
1986	3	0
1987	3	0
1988	2	0
1989	5	1
1990	2	1
1991	7	2
1992	6	0
1993	7	1
1994	8	0
1995	13	1
1996	13	1
1997	9	0
1998	16	0
1999	10	0
2000	27	1
2001	30	2
2002	26	3
2003	23	0
2004	20	0
2005	14	0

反過來看日本，在 1983 年之前總共是 4 件，而 1983 年到 2006 年則累積了 254 件，雖然 2004 年、2005 年跟 2006 年的資料可能還不準確，不過由此可

知，後期日本的研發能量是很強大的。這是否與日本本身不是一個出產原料的國家有關，而美國本身有生產石油能源，日本相對於美國可能對於替代能源的需求更高，所以可能因此投入更多的資源在研發上。

3.4 公司的研發能力

表 3.5 研發能力詳細數據一

公司名稱	專利件數	活動年期	發明人數
Canon Kabushiki Kaisha	122	17	108
SemiconductorEnergy Laboratory Co., Ltd.	34	11	13
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha	8	3	6
Sharp Kabushiki Kaisha	8	7	16
Fuji Xerox Co., Ltd.	7	4	9
Plasma Physics Corp.	6	6	1
Sony Corporation	6	6	14
Hitachi, Ltd.	5	4	12
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	5	4	16
Sanyo Electric Co., Ltd.	4	4	9
Seiko Instruments Inc.	4	4	11
Mega Chips Corporation (Osaka, JP)Crystal Device Corporation	3	2	7
Nakata; Josuke	3	2	1
Tsuya; Noboru	3	3	2
Ball Semiconductor, Inc.	2	2	4
Bell Telephone Laboratories, Incorporated	2	2	6
Ebara Corporation	2	2	4
Fuji Photo Film Co., Ltd.	2	1	2
Hitachi, Ltd. (Tokyo, JP)Hitachi Chemical Co., Ltd.	2	2	6
Muller; Hermann-Frank	2	1	1
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	2	1	6
NGK Insulators, Ltd.	2	2	3
Plasma Physics Corporation	2	2	2
Shin-Etsu Handotai Co., Ltd. (Tokyo, JP)Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.	2	2	6
Agency of Industrial Science & Technology, Ministry of International(Tokyo, JP)Taiyo Yuden Co.,Ltd.	1	1	1
Japan Science & Technology Corporation	1	1	1
Kanegafuchi Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha	1	1	1

表 3.6 研發能力詳細數據二

公司名稱	平均專利年齡	引證率	技術獨立性
Canon Kabushiki Kaisha	10	0.5	0.902
Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.	7	0.029	1
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha	8	0.25	0
Sharp Kabushiki Kaisha	10	0.25	1
Fuji Xerox Co., Ltd.	7	0	0
Plasma Physics Corp.	17	0	0
Sony Corporation	7	0.833	0.2
Hitachi, Ltd.	27	0	0
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	17	0.4	1
Sanyo Electric Co., Ltd.	10	0.25	0
Seiko Instruments Inc.	11	0.25	0
Mega Chips Corporation (Osaka, JP)Crystal Device Corporation	8	0	0
Nakata; Josuke	8	0.333	1
Tsuya; Noboru	23	1	0.333
Ball Semiconductor, Inc.	7	0.5	0
Bell Telephone Laboratories, Incorporated	29	0	0
Ebara Corporation	9	0	0
Fuji Photo Film Co., Ltd.	5	0	0
Hitachi, Ltd. (Tokyo, JP)Hitachi Chemical Co., Ltd.	3	0	0
Muller; Hermann-Frank	6	0	0
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	5	0	0
NGK Insulators, Ltd.	8	0	0
Plasma Physics Corporation	20	0	0
Shin-Etsu Handotai Co., Ltd. (Tokyo, JP)Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.	4	0	0
Agency of Industrial Science & Technology, Ministry of International(Tokyo, JP)Taiyo Yuden Co.,Ltd.	20	2	0
Japan Science & Technology Corporation	3	0	0
Kanegafuchi Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha	19	0	0

表 3.7 引證率詳細數據

公司名稱	自我引證次數	被其他專利權人引證次數	總引證次數
Canon Kabushiki Kaisha	55	6	61
Sharp Kabushiki Kaisha	2	0	2
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	2	0	2
Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.	1	0	1
Nakata; Josuke	1	0	1
Tsuya; Noboru	1	2	3
Sony Corporation	1	4	5

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

(1). 活動年期

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

(2). 發明人

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

(3). 平均專利年齡

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

(4). 自我引證次數

本分析專案內公司引證自己公司之專利次數。

(5). 被其他人引證次數

本分析專案內公司之專利被其他公司引證之次數。

(6). 總引證次數

本分析專案內公司所擁有之專利自我引證次數加被其他人引證次數。

(7). 引證率

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

(8). 技術獨立性

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

從公司研發能力比較可以發現，研發能力最強的是日本的 Canon Kabushiki Kaisha，其專利件數就有 122 件，佔日本總專利數的接近一半(47%)，而 Canon Kabushiki Kaisha 的技術獨立性也有 0.902，可見，Canon Kabushiki Kaisha 的表現在技術獨立性這也是很優秀。延伸來看，Canon Kabushiki Kaisha 所發展的技術，是建立在自己的已有的技術之下發展的，其所擁有的專利都是有其效用。引證率最高的是一家 Agency of Industrial Science & Technology, Ministry of International 的日本公司，而自我引證率為 1 的有 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.、Sharp Kabushiki Kaisha、Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.跟 Nakata; Josuke，可以想見，Canon Kabushiki Kaisha 的技術獨特性很高，與其他公司的技術內容相似程度較低。

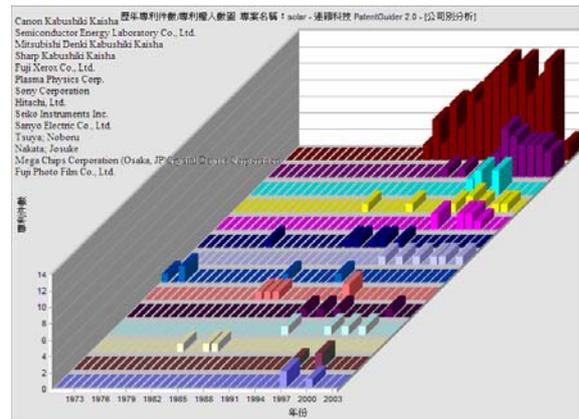


圖 3.3 競爭公司歷年專利件數圖

可以看到，Canon Kabushiki Kaisha 每年的研發能量可說是遠遠高於其他的公司，在這個領域為龍頭。不過這 3、4 年，Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. 有漸漸趕上的趨勢，從每年專利件數上可以發現，雖然 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. 的專利件數沒有 Canon Kabushiki Kaisha 那麼的多，不過 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. 維持著一定數量的研發，可見其有心在這方面發展。

3.5 研發人員

研發人員的研發數量第一名的是屬於 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 的 Yamazaki; Shunpei，接下來第二、三、四名都是 Canon Kabushiki Kaisha，在接下來可以發現，Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 的技術比較集中在某些研發人員身上，而 Canon Kabushiki Kaisha 的技術則比較分散，雖然相較起來，2 家公司的研發人員所擁有的專利數雖然相差不多，可是因為 Canon Kabushiki Kaisha 總專利數非常多，再加上，由表上發現專利數量比較多的研發人員，其大部分都是 Canon Kabushiki Kaisha，所以比較下來會發現，Canon Kabushiki Kaisha 的研發團隊非常的大，這應該是支撐 Canon Kabushiki Kaisha 專利研發的重要核心。

表 3.8 發明人分析表

發明人	所屬公司	專利件數
Yamazaki; Shunpei	Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.	25
Murakami; Tsutomu	Canon Kabushiki Kaisha	21
Kanai; Masahiro	Canon Kabushiki Kaisha	17
Nakagawa; Katsumi	Canon Kabushiki Kaisha、Canon Kabushiki Kaisha	16
Ohtani; Hisashi	Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.	13
Nishida; Shoji	Canon Kabushiki Kaisha	12
Matsuyama; Jinsho	Canon Kabushiki Kaisha	12
Fujioka; Yasushi	Canon Kabushiki Kaisha	12
Arao; Kozo	Canon Kabushiki Kaisha、Canon Kabushiki Kaisha	11
Yonehara; Takao	Canon Kabushiki Kaisha	11
Yamada; Satoru	Canon Kabushiki Kaisha	11
Kataoka; Ichiro	Canon Kabushiki Kaisha	11
Fujioka; Yasushi	Canon Kabushiki Kaisha	12
Arao; Kozo	Canon Kabushiki Kaisha、Canon Kabushiki Kaisha	11
Yonehara; Takao	Canon Kabushiki Kaisha	11
Yamada; Satoru	Canon Kabushiki Kaisha	11
Kataoka; Ichiro	Canon Kabushiki Kaisha	11
Tsuzuki; Koji	Canon Kabushiki Kaisha	8
Shiotsuka; Hidenori	Canon Kabushiki Kaisha	8
Shimizu; Koichi	Canon Kabushiki Kaisha	8
Kawakami; Soichiro	Canon Kabushiki Kaisha	8

3.6 專利分類

表 3.9 UPC 專利分類分析表

UPC 專利分類碼	專利件數
257	792
136	366
438	335
427	85
117	83

- (1). 257 動態固體物理學設備
- (2). 136 電熱跟光電的電池
- (3). 438 半導體設備製程

- (4). 427 包覆過程
- (5). 117 單矽晶片與磊晶發展過程，未包覆外層的儀器

在太陽能電池這個專利技術中，以 257(動態固體物理學設備)這個專利分類號中為最多，接下來是 136(電熱跟光電的電池)的 366 件跟 438(半導體設備製程)的 335 件，可見 257 是一個很重要的技術領域。



圖 3.4 UPC 專利技術歷年活動圖

這是 UPC 專利技術歷年活動圖，由 UPC 專利分類分析圖中我們發現，專利分類 257 是專利數最多的一個領域，應該要先忽略較接近的時間點，所以我們先不管 2005 年到 2006 年，而在 UPC 專利技術歷年活動圖中發現，這個專利分類 257 在 1980 年到 1982 年有一個成長的高峰，而在 1988 年到 1994 年，又是另一個成長的高峰，最近的一個成長是從 1999 年開始，而分居數量第一名跟第二名的專利分類 136 跟專利分類 438 的成長也約是這個態勢，只是可以看出，近年來專利分類 257 的成長遠遠超越其他的。

表 3.10 競爭國家 UPC 專利件數表

UPC 專利分類碼	日本專利件數	美國專利件數
257	720	42
136	325	24
438	287	34

在太陽能電池這個專利技術中最多數量的專利分

類前三名，其技術最多的擁有國家都是日本，可見日本在太陽能電池這個專利技術中是全能發展的，並沒有只在某一個技術領域發展。在太陽能電池專利數目中可以發現，日本的專利數目總數為

258 件，不過在 UPC 專利分類碼下，日本在 UPC 257 有 720 件，早已遠遠超過前面分析所得到的 258 件，這是因為，同一個專利技術，會因為其特性，同時可以歸類至多個 UPC 碼，所以在此才會發現到，UPC 專利分類碼分析下的專利數總和高於專利數總和。

表 3.11 競爭公司 UPC 專利件數表

UPC 專利分類碼	Canon Kabushiki Kaisha	Semiconductor Energy Laboratory Co.
257	272	18
136	192	4
438	138	40

在 Canon Kabushiki Kaisha 的專利技術發展中，我們與專利分類交叉分析，發現，專利分類前三多的分類中，Canon Kabushiki Kaisha 這家公司都是技術分類中的大宗，可見 Canon Kabushiki Kaisha 的在這領域的發展是很平均的，並沒有偏重哪一個分類；再來看看第二名的 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 就很明顯的偏重在專利分類 257 中，與引證次數一起分析可以發現，雖然 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 的專利數是第二多的，可是，僅僅只有自我引證一次而被其他專利權人引證次數為 0，是否是因為，其專利非核心技術，所以雖然有不少的專利數，可是並沒有提升其專利的重要性。

4. 結論

對於石油能源的消耗，從 30 多年前就已經很憂慮了，在 1973 年就開始太陽能的研究了，太陽能電池技術，從 1973 年到現在，其研發能量，雖然有多有少，不過依照技術生命週期來看，已經經

歷很多個生命週期了，顯示太陽能電池的技術一直不斷的發展中，透過每一個階段的技術成熟，再邁入，下一個階段的開始來持續不斷的進步。

在太陽能電池這個領域中，美國可說是一個開創者，不過在 1983 年後，日本反而遙遙領先了，不論在引證數，專利分類中，日本的表現都是很突出的。太陽能電池在 257(動態固體物理學設備)這個專利分類中為最多，再加上專利技術歷年活動，可以發現，257(動態固體物理學設備)是一個很重要的類別且專利技術在此類別的數量遠超過其他的，在專利技術中最多數量的專利分類前三名，其技術最多的擁有國家都是日本，可見日本在太陽能電池這個專利技術中並沒有只在某一個技術領域發展，而是朝全方位發展。

再往公司細看，Canon Kabushiki Kaisha 這間此技術領域的大宗，也是在各個方面的表現都很棒。而在專利中很重要的引證數中，Agency of Industrial Science & Technology, Ministry of International 在引證率這項目中的表現很突出，是此項目的第一名；不過 Canon Kabushiki Kaisha 在技術獨立性上有 0.902，與其他競爭公司的技術差異性較高，可以想見，Canon Kabushiki Kaisha 的技術獨特性很高，與其他公司的技術內容相似程度較低。而其每年的研發能量可說是遠遠高於其他的公司，在未來的技術研發發展上，是不是以技術作擴大研發，來申請專利，以利未來公司在之後的太陽能電池技術的發展，可做技術交換的籌碼。不過這 3、4 年，Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd. 有漸漸趕上的趨勢。從發明人分析表中 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 的技術比較集中在某些研發人員身上，其技術團隊是 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 的珍貴資產，應好好珍惜，避免有心想在太陽能電池這個領域發展的公司挖角，而 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 或許可以再多延攬一些技術人才，以利 Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd 增加其在太陽能電池這個技術領域上的深度與廣度。而 Canon Kabushiki Kaisha 的技術則比較分散，雖是這麼說，不過其研發人員的研發數量也都很龐大，

可見，Canon Kabushiki Kaisha 的研發團隊非常的大，這應該是 Canon Kabushiki Kaisha 在太陽能電池這領域專利研發的重要核心。在專利分類中，可以發現 Canon Kabushiki Kaisha 在前三名的專利類別中也都取得多數，Canon Kabushiki Kaisha 的發展也是全方位的。

未來在太陽能電池這個技術領域發展，從 Canon Kabushiki Kaisha 在專利分類中的發展來看，新的進入者，可能無法找到 Canon Kabushiki Kaisha 比較不專精的領域專心發展，不過可以了解其發展的技術層級，再加以發展。

現在油價一直攀升，替代能源的普及是遲早的事，是不是太陽能我們不知道，但是在做這個報告時，發現到，其實人們憂心主要的能源(石油)枯竭，是很早以前就開始了，所以太陽能在很早就開始研究了。而美國跟日本在後面的表現會有這麼大的落差，可能是因為自身條件的差異，造成不一樣的研發驅動，因為美國的原料豐富，所以不像日本會憂心若是有一天現在的能源短缺，那日本的民生、工業都會受到影響，所以要未雨綢繆。

參考文獻

- [1] 聯穎科技
<http://www.learningtech.com.tw/about/company2.aspx>
- [2] 經濟部智慧財產局 <http://www.tipo.gov.tw/>
- [3] 工業技術研究院 <http://solar.erl.itri.org.tw/>
- [4] 蕭灌修，2005，“美國太陽能發電科技發展與政府相關獎勵政策及措施”，LA Times & The wall Street Journal。
- [5] 經濟部能源局，“太陽光電發電示範系統推廣計畫”，<http://www.pvproject.com.tw/>
- [6] Benner J.R,1999,“Photovoltaic” ,IEEE Spectrum
- [7] Carlson D.E,1995,“Recent Advances in the Photovoltaic”Proceedings of the Intersociety Conference on Energy Conversion.
- [8] 呂錫民，邱錦松，唐震宸，200，台灣再生能源發展狀況與潛力，工程月刊，第七十三卷，第二期，pp.22-31。
- [9] 呂錫民等，1999，邁向 21 世紀新能源利用展覽會報導，太陽能學刊，第四卷，第一期，pp.42-43。
- [10] 包濬璋，2003，太陽光發電系統運轉性能評，私立中原大學碩士論文。
- [11] 許志義，1997，論全球溫室效應題與因應對策，經濟情勢暨評論季刊，第二卷第四期。
- [12] Walraven.R,1978, “Calculating the position of the sun”,Solar Energy,20,pp393-397.
- [13] Balenzategui J.L. and Chenlo F., 2004, “Measurement and analysis of bar and encapsulated silicon solar cells”, Solar Energy Materials & Solar Cells 86 ,pp53-83.
- [14] 張國平，張銘峰，1986，光電工程導論，新科技書局。
- [15] 熊谷秀，2004，再生能源，科學發展，383 期 36-41。
- [16] 莊嘉深，1997，太陽能工程 -太陽電池篇，全華圖書。
- [17] 羅光旭，蔡中，1987，太陽電池技術-現況與展望，經濟部能源局。
國立科學工藝博物館，2004，太陽能光電發電示範系統技術手冊，高雄