



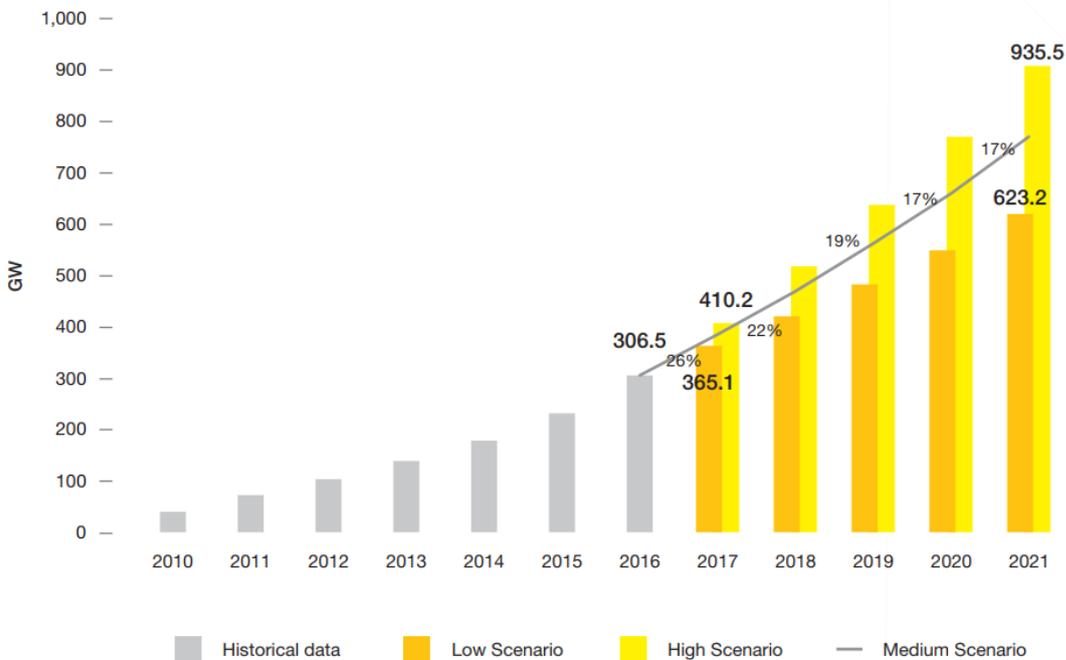
# 矽晶鈍化射極與背面太陽電池技術介紹與展望

陳松裕博士 / 工研院 綠能所 太陽光電技術組, 研究員

目前矽晶材料佔了整個太陽能市場的90%，主要類型為P型矽晶太陽電池，而鈍化射極與背面太陽電池為P型太陽電池所衍生的高效率電池技術。近幾年由於廠商的大量投入與研發，從2014年量產至今，效率日益提升，最高效率記錄屢屢創新高。其市占率每年都比研調機構ITRPV預測的更高，在今年已大幅成長至接近5成，已逐漸取代市場上傳統的全背鋁電池，成為新一代的標準電池。內文將著重於矽晶太陽電池-鈍化射極與背面電池的技術發展與現況進行介紹。

## 一、前言

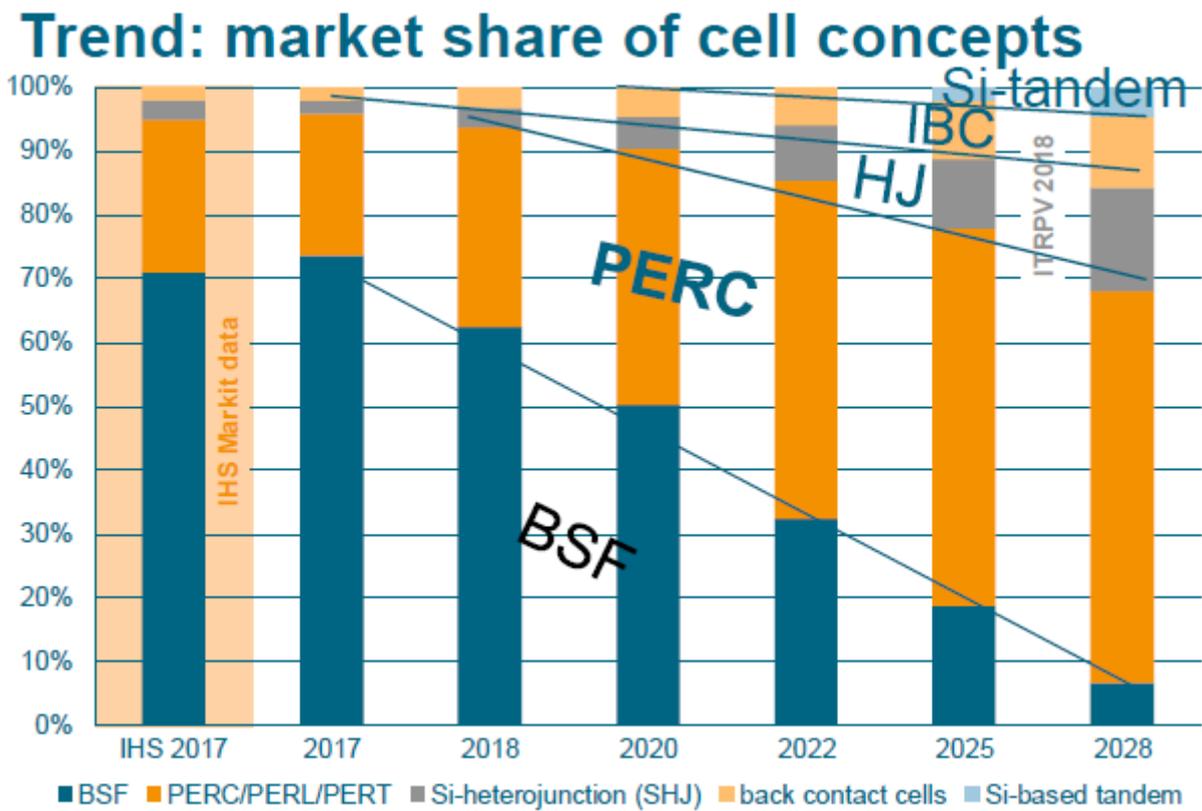
由於傳統能源蘊藏量有限加上全球暖化嚴重以及環保等議題的情勢下，全球能源的使用種類與方式正邁向轉型的時代，安全、綠色無污染的能源是目前積極發展的新能源趨勢，其中尤以太陽能最為重要。根據歐洲太陽能產業協會在「Global Market Outlook 2017 - 2021」的研究預測，2017年的全球太陽光電安裝量約為130 GW，到2021年全球太陽能總安裝量可達623 GW至936 GW(如圖1所示)，顯示太陽能市場仍持續蓬勃發展中。



資料來源：SolarPower Europe, Global Market Outlook 2017 - 2021

圖1、全球裝置容量預測

目前超過90%的太陽能電池仍是採用矽晶材料，且未來10年內不會有太大變動；而矽晶太陽電池除了傳統的全背鋁太陽電池外，還包括了鈍化射極與背面電池、異質接面電池、交指式背電極電池與疊層電池等技術，皆在未來矽晶太陽電池技術中佔有一席之地。其中 PERC 因為效率日益增高，加上近幾年各大電池廠商相繼刷新最高效率，預期 PERC 電池最有可能會取代傳統電池成為新一代的標準電池。根據今年市調機構 ITRPV 針對不同矽晶電池技術的全球市佔率預測結果(如圖2所示)，2017年其市佔率不到20%，預估2028年時，其市佔率達到驚人的60%以上，顯見其技術將成為市場主流，擁有的優勢是其他電池技術無法比擬的。



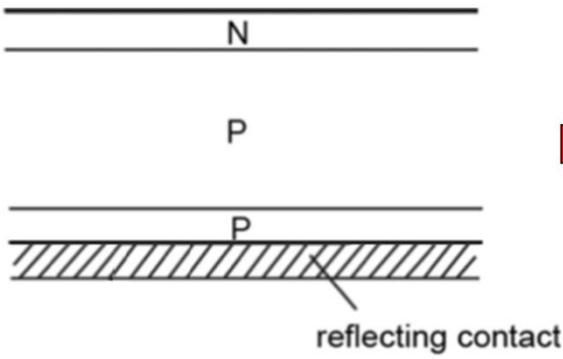
資料來源：ITRPV, 2018

圖2、太陽電池技術市佔率預估

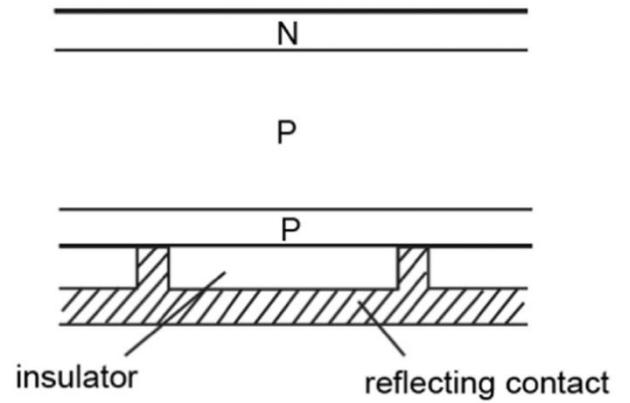
## 二、 技術介紹

PERC，全名為鈍化射極與背面太陽電池 (Passivated Emitter and Rear Cells)，其概念最早是由澳洲新南威爾斯大學 M.A. Green 等人於1983年提出(如圖3所示)，主要特徵是在傳統電池的矽晶背表面增加一層介電層進行鈍化，並將原本的整面電極改為局部電極，除了可將背表面載子飽和電流密度降到 $200 \text{ fA/cm}^2$ 以下之外，亦可將原本光線到達背面的反射率從60%~70%提升到80%~85%，增加光子吸收進而提升電池效率。

傳統電池



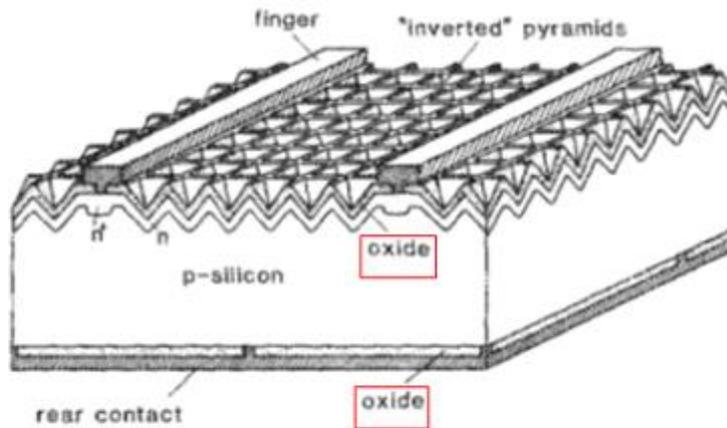
PERC電池



資料來源：Solar Energy Materials & Solar Cells 143 P.190-197

圖3、傳統電池與 PERC 電池示意圖

該團隊所發表的2 cm × 2 cm PERC 電池採用 P-type FZ 矽單晶片，其厚度為280 μm、電阻率為0.2 Ω-cm，光電轉換效率達到了22.8%，比傳統電池增加了1.4%，主要增益來自於开路電壓( $V_{oc}$ )與短路電流密度( $J_{sc}$ )的大幅提升，其結果如圖4所示。

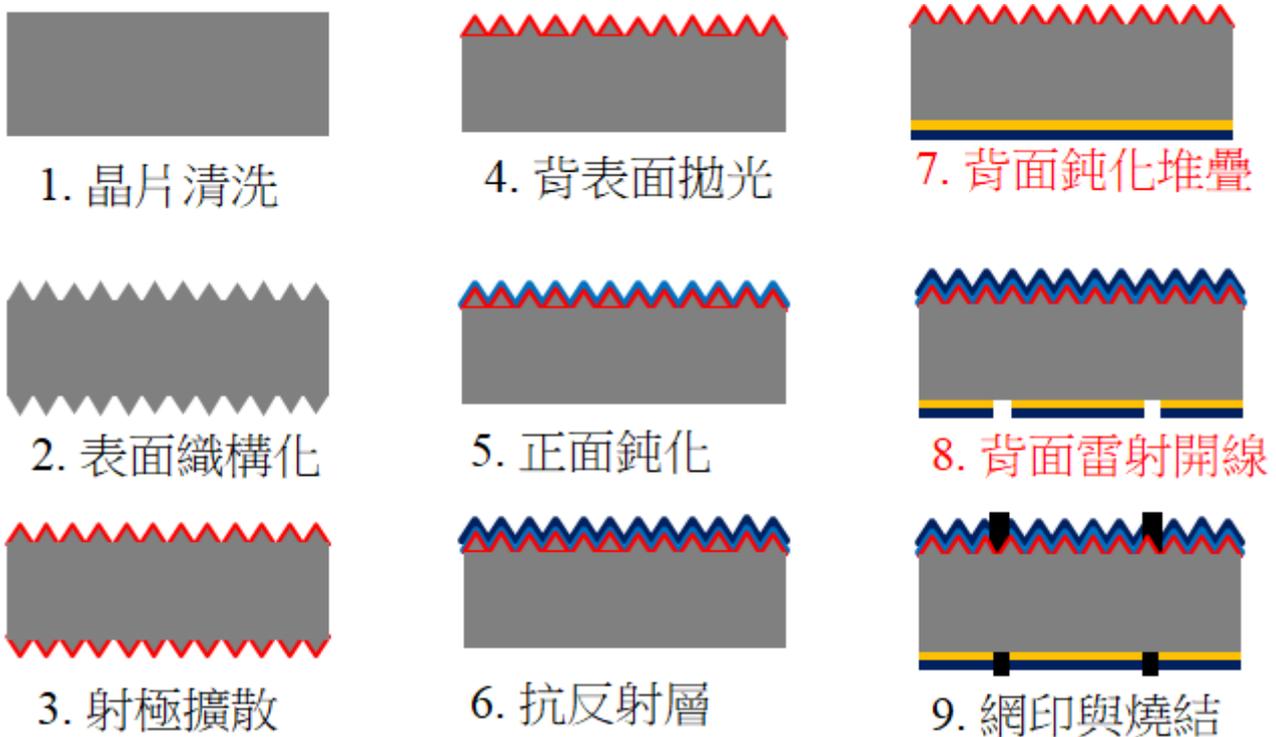


Cell type	$V_{oc}$ (mV)	$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	FF (%)	Eff. (%)
0.2 Ω cm, p type PESC <sup>a</sup>	669	38.6	82.9	21.4
0.2 Ω cm, p type PERC <sup>c</sup>	696 ↑	40.3 ↑	81.4	22.8 ↑

資料來源：Applied Physics Letter, 1989

圖4、PERC 電池結構與效率表現

目前各家廠商量產的 PERC 電池在細節上有些微差異，但主要步驟仍如圖5所示，使用6吋 156.75 mm × 156.75 mm 的 P 型矽晶片，厚度約為 180 μm，電阻率 0.5~3Ω-cm；表面進行晶片切割時造成的損傷層清洗後，經由蝕刻溶液形成雙面織構化結構；接著藉由高溫擴散製程在表面形成射極層。背面使用酸蝕刻溶液進行拋光，除了移除溢鍍的射極層可達成絕緣效果之外，還能進行平坦化處理，以利後續的鈍化製程，接著在電池正面鍍上鈍化層與抗反射層，背面則是鍍上鈍化層與鈍化保護層。為了可在電池背面形成電極接觸，需先行使用雷射開孔技術，以移除背面鈍化堆疊層，形成電極圖案。最後網印正背面電極進行高溫燒結即完成金屬化製程。

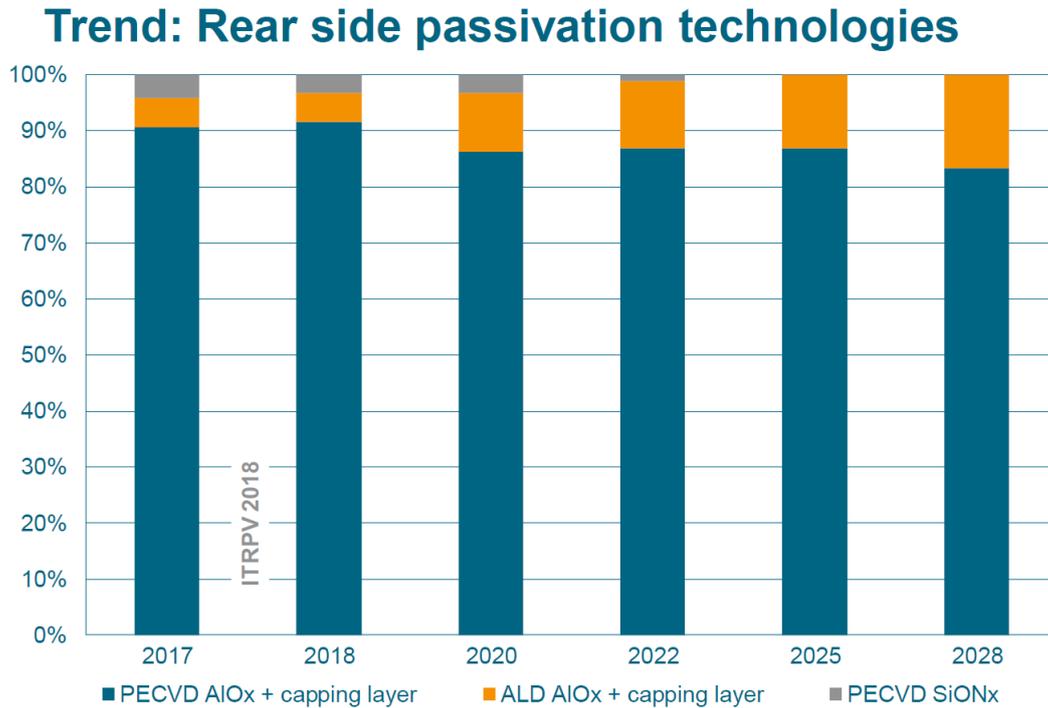


資料來源：ITRI, 2108

圖5、PERC 電池製造流程

與傳統製程相比，雖然多出了背面鈍化堆疊與背面雷射開線兩道步驟，使得生產上需要增加兩個額外設備，但由於不須更動現有的設備且效率提升亦是相當可觀，導致越來越多廠商投入 PERC 電池技術。目前市場上的鈍化技術包含 PECVD AlO<sub>x</sub>、ALD AlO<sub>x</sub>、PECVD SiON<sub>x</sub> 與鈍化膠，然而以 ITRPV 今年預測的鈍化技術來說(如圖6所示)，PECVD AlO<sub>x</sub> + capping layer 仍有高達9成的市占率，且到達2028年無太大變動，主要是因為其具備較佳的量產能力與較低的成本，而 ALD AlO<sub>x</sub> + capping layer 由於具備較佳的鈍化效果，因此市占率仍能緩步爬升，預估至2028年將從5%攀升至15%，至於 PECVD SiON<sub>x</sub> 由於效率相對不佳，將

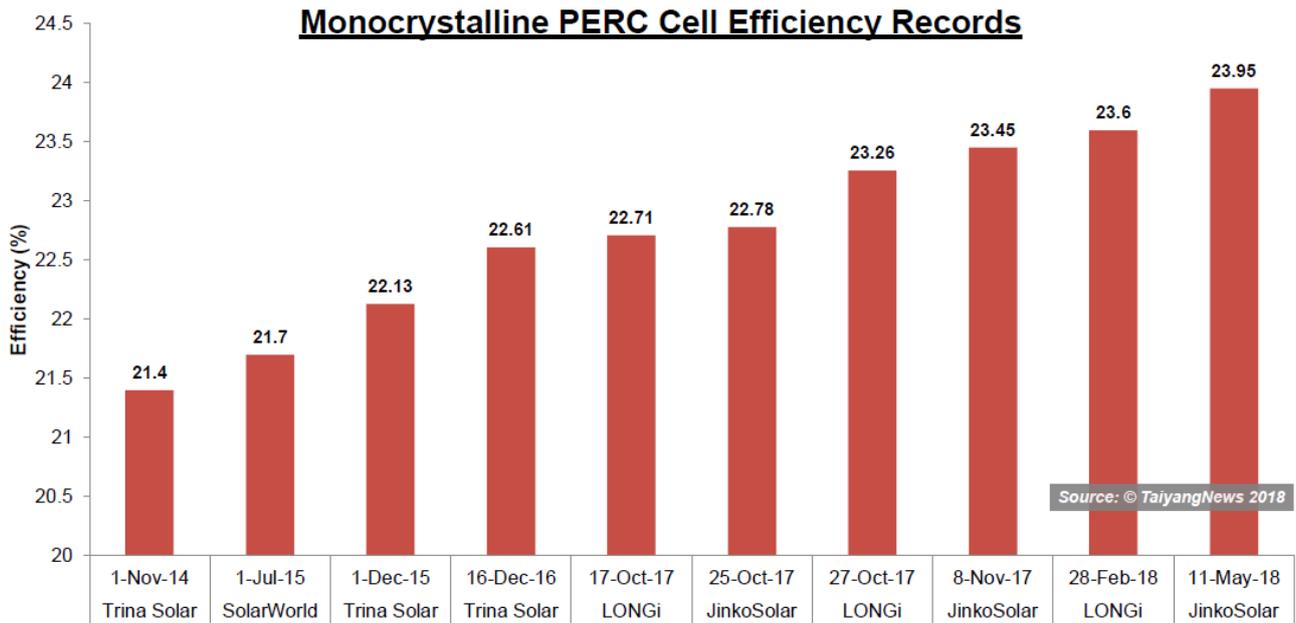
完全消失。除此之外，由於 PERC 電池的火熱，較先進的鈍化材料市場亦已納入評估。



資料來源: ITRPV, 2018

圖6、全球矽晶太陽電池背面鈍化技術

PERC 電池從2014年德國電池大廠 SolarWorld 開始量產至今，具備可量產潛力的最高效率紀錄就不停地被刷新；尤其是近一年來，紀錄已被打破了6次(如下圖所示)，主要是大陸隆基與晶科兩家廠商各別有3次紀錄，其中隆基的單晶最高效率記錄達到了23.6%，晶科則是在2018年5月11日發表了目前的單晶 PERC 最高效率紀錄23.95%；值得一提的是目前這些紀錄不僅是單純的 PERC，也結合了鈍化電極、選擇性射極、2次網印、先進電極圖案等技術。晶科同時也是多晶 PERC 的最高紀錄保持者，其多晶達到了22.04%。

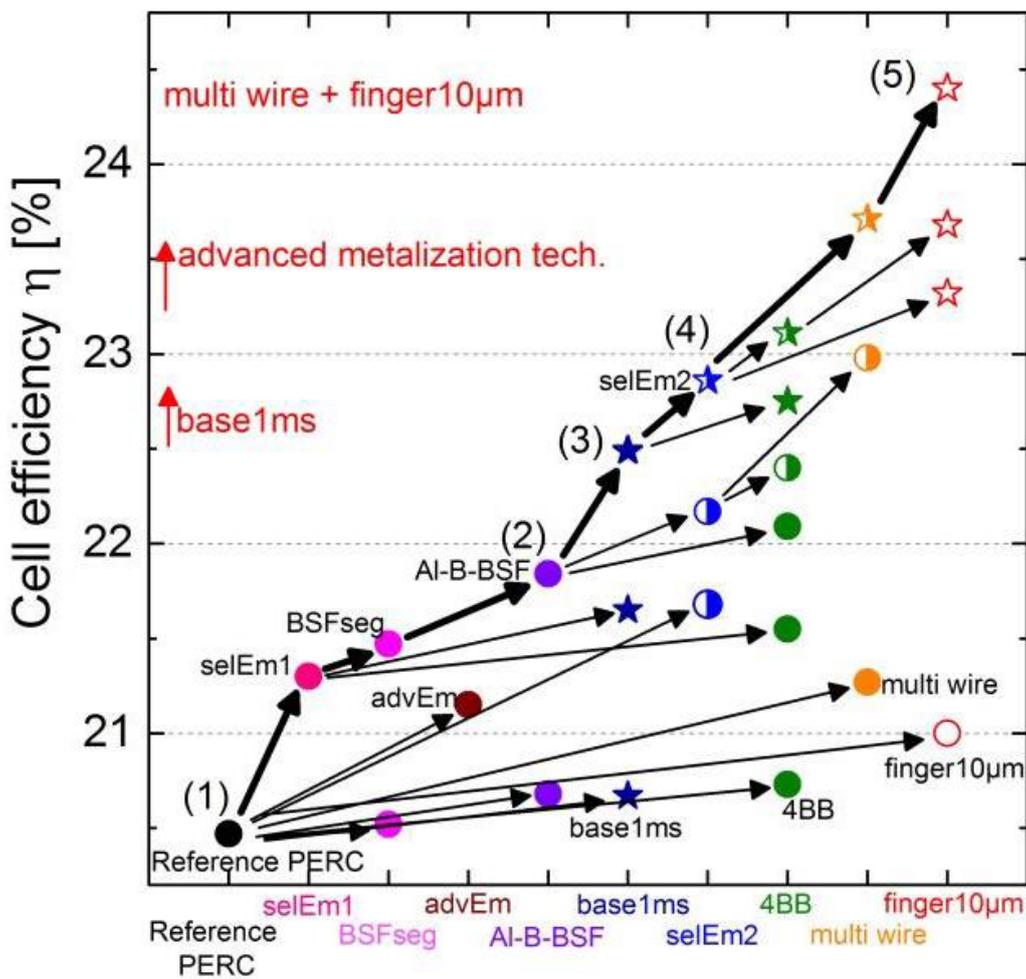


資料來源：TaiyangNews, 2018

圖7、單晶 PERC 電池最高效率紀錄

受益於 PERC 電池效率的不斷提升，模組最高瓦數也達到了新的高度。目前60片電池模組最高紀錄達到了340W，其中大陸東方日升公司在今年5月中發表的340W 模組，使用了5條匯流排與半切電池技術，Hanwha Q Cells 則是採用6條細匯流排與半切電池技術；72片電池模組方面，東方日升採用了同樣的技術達到了400W。

德國 SolarWorld 與 ISFH 在2015年提出了一個 PERC 改進的路線圖，經由適當的技術整合順序，其電池效率可以達到24%以上的水準(如圖8所示)，這個路徑目前看來仍是相當正確的。首先，電池正面採用先進的射極結構，如選擇性射極，背面則是使用較好的背鋁以形成較佳的背表面場可使效率達到22%的水準；接著結合改良過的高品質晶片與接近30微米的電極寬度，使效率提升到23%的水準；最後，多條細匯流排取代傳統細匯流排並使電極寬度縮減至10微米以下，可以將效率拉高至24.4%。



資料來源：31<sup>st</sup> EU PVSEC, 2015

圖8、PERC 電池技術藍圖規劃

### 三、 結論

本篇文章我們介紹了鈍化射極與背面太陽電池的技術與發展，由於製程上僅比現有的傳統電池多兩道步驟，但絕對效率至少有1%以上的提升，產生的優勢就是不需改變現有的產線，僅需增加鈍化層沉積與雷射開線兩台額外設備，即可量產出更具競爭優勢的電池產品，使得許多廠商競相投入。從2014年量產至今，在以矽基為主的電池技術中，從2017年不到20%的市佔率攀升到今年接近驚人的50%，也代表PERC電池成為了新一代的標準電池，其最高效率的紀錄近一年來已更新了6次，目前單晶PERC電池最高效率紀錄為大陸晶科的23.95%，顯示以PERC電池技術為主並整合其他技術確實是高效率矽晶太陽電池的主要趨勢。