

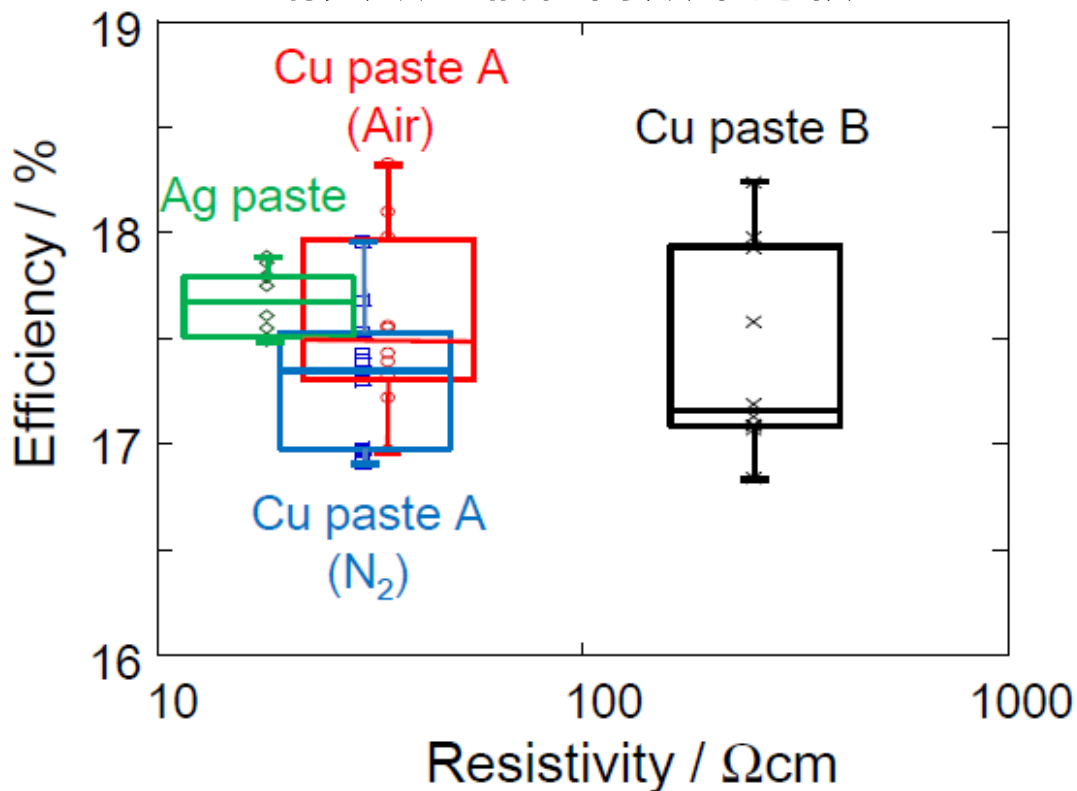
三、改善轉換效率與降低 成本的技術

各類矽晶太陽電池技術

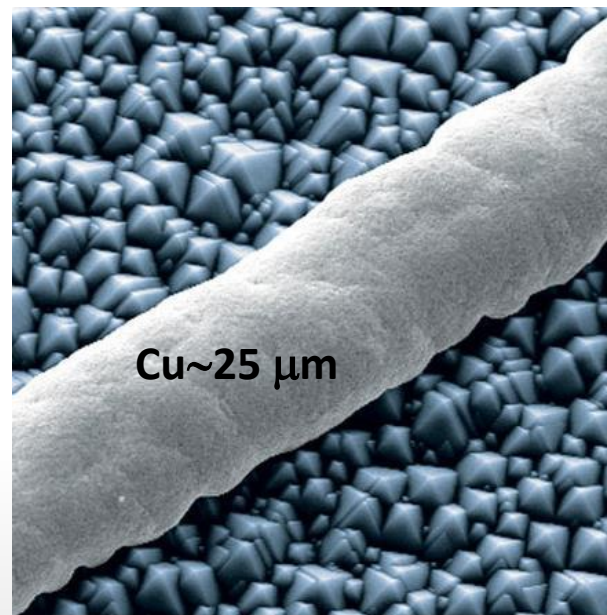
Conductivity type	Crystal type	Contact geometry	Junction geometry	Junction type	Light collection	Identity
P-type	Multi	Front & rear	Front	Homo	Front	Today's workhorse: monofacial
					Front & rear	Today's workhorse: bifacial version
				Hetero	Front	HJT / HIT (<i>today's high end</i>)
					Front & rear	
N-type	Quasi-mono	Rear	Rear		-	
			Front	Homo	Front	Metal Wrap-Through (MWT) (<i>emerging</i>)
	Front & rear					
	Mono	Rear	Front	Hetero	Front	HJ-MWT (<i>novel</i>)
					Front & rear	
			Rear	Homo	Front	Interdigitated Back Contact (IBC) (<i>today's high end</i>)
					Front & rear	
	Hetero	Hetero	Front	HJ-IBC (<i>novel</i>)		
Front & rear			-			

銅電極材料取代銀膠 降低太陽電池成本

銅與銀主柵極的效率比較



在矽晶片電鍍銅電極



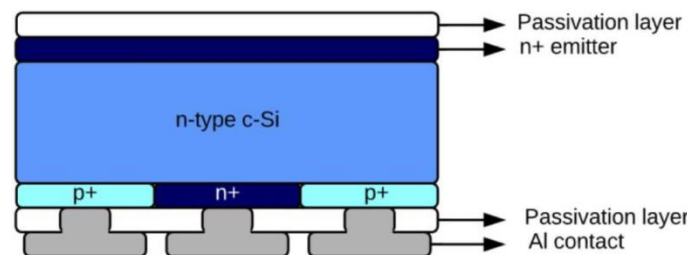
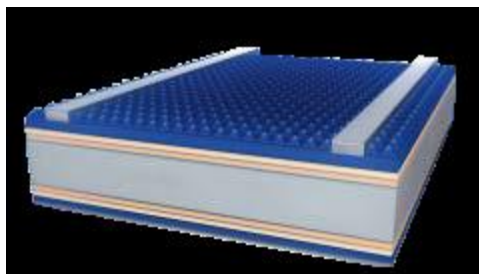
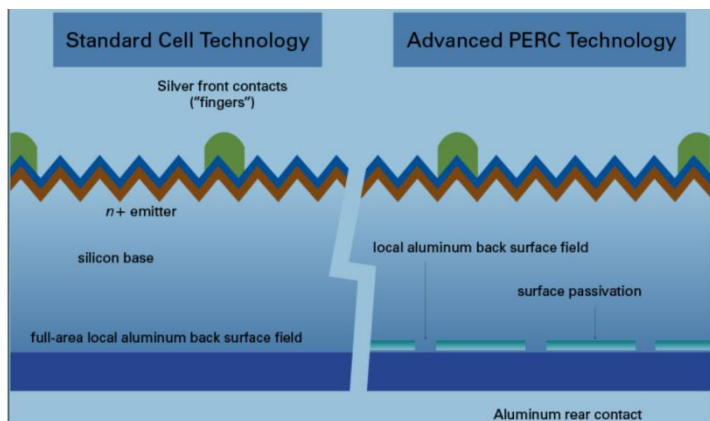
- 做為主柵極的應用，銅膠與銀膠的性能表現已經相當
- 銅電極的線寬度已經可以控制在 $<30 \mu\text{m}$
- 工研院目前正在研發銅電極電鍍技術平台，協助業者突破技術瓶頸

太陽電池技術創新 提高效率與降低成本

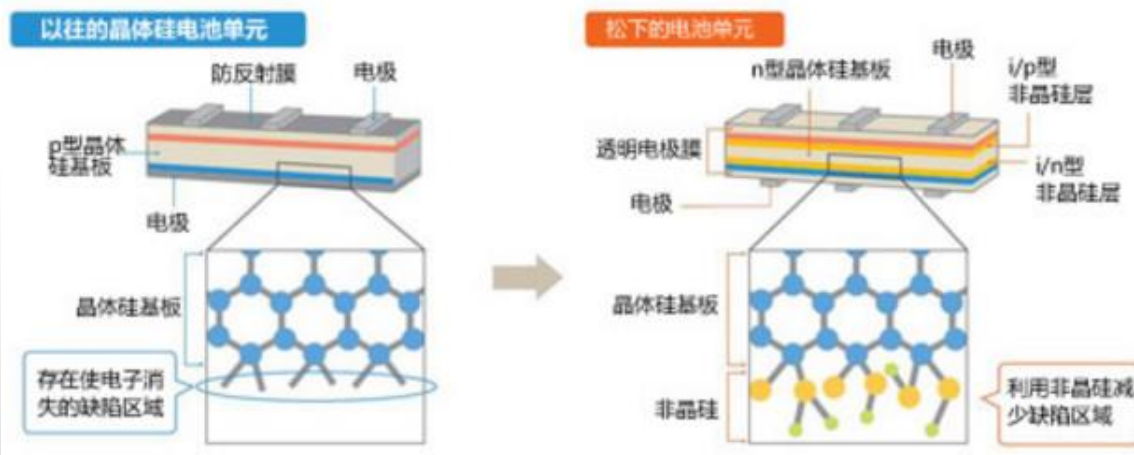
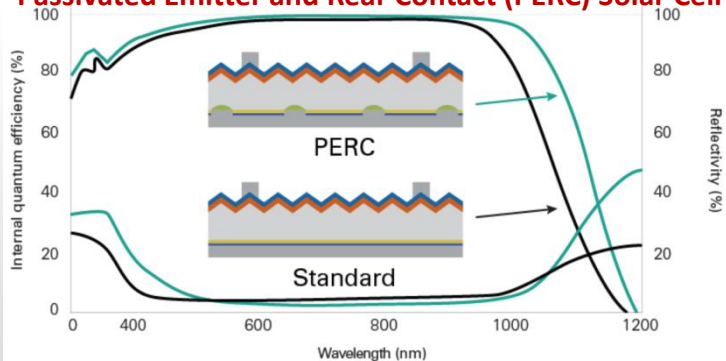
標準

現今PERC

未來：HJT、IBC、HJT-IBC、HJT-MWT



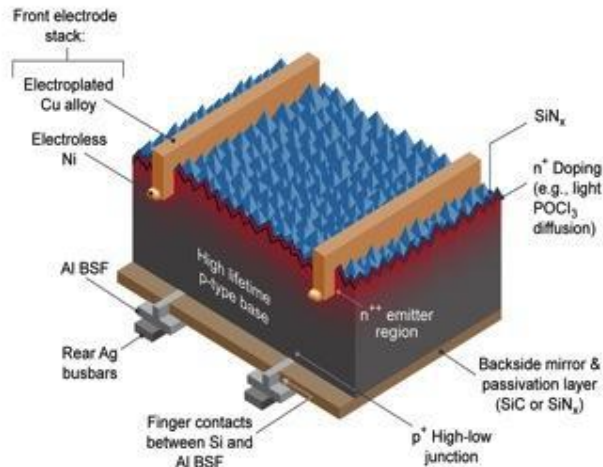
Passivated Emitter and Rear Contact (PERC) Solar Cell



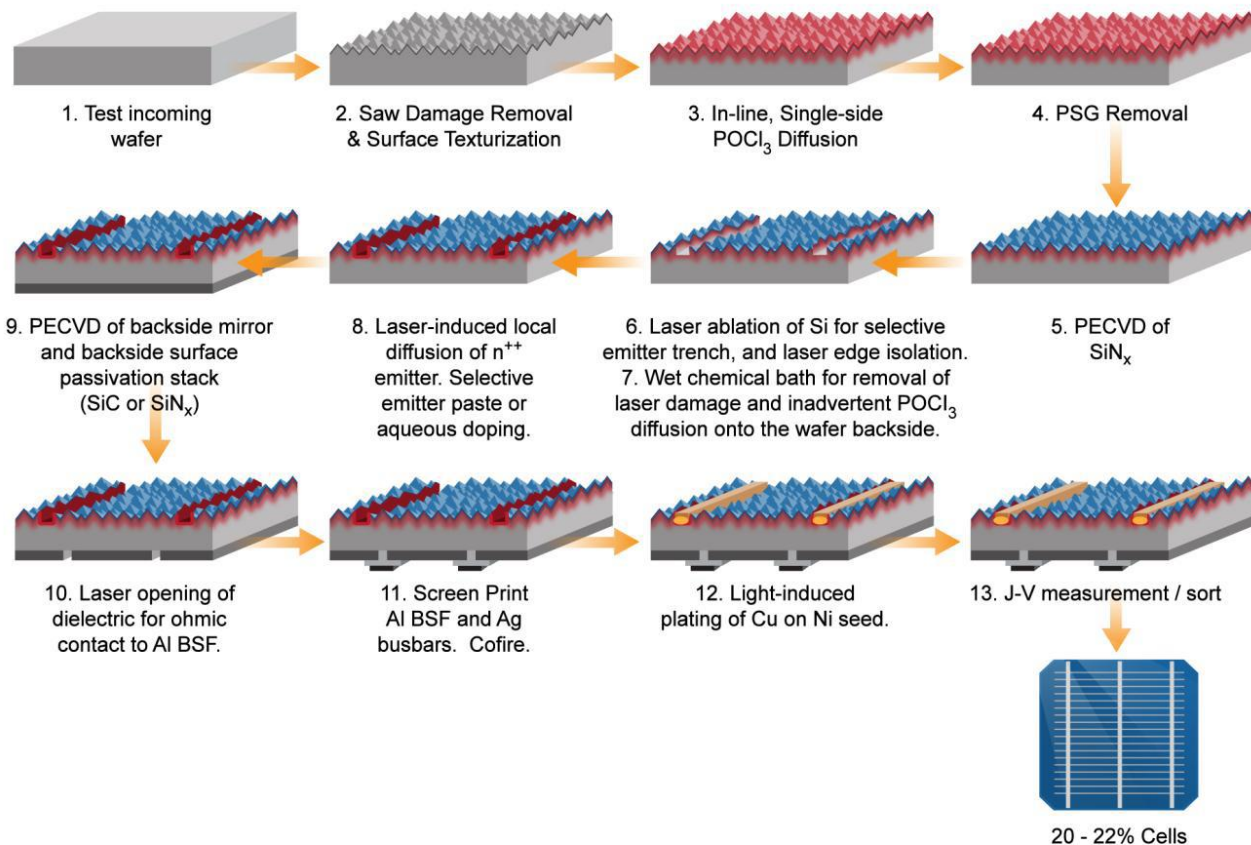
- PERC單晶矽太陽電池量產最高效率是天合(Trina)22.5%。
- 標準單晶太陽電池效率約18.4% – 19.0%。

- 美國SunPower: IBC ;
- 日本Panasonic : HJT ;
- 瑞士Meyer Burger: HJT整線生產設備
- 台灣精曜: HJT生產設備

鈍化發射極和背面太陽電池 (PERC)

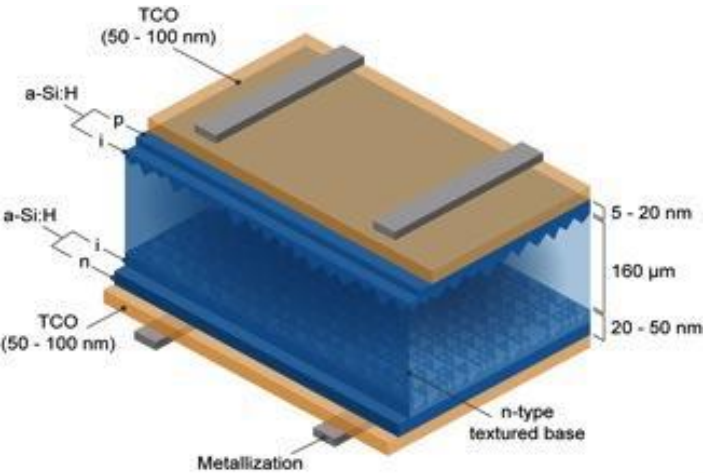


PERC and Selective Emitter Solar Cells (20 – 22% Efficiency)

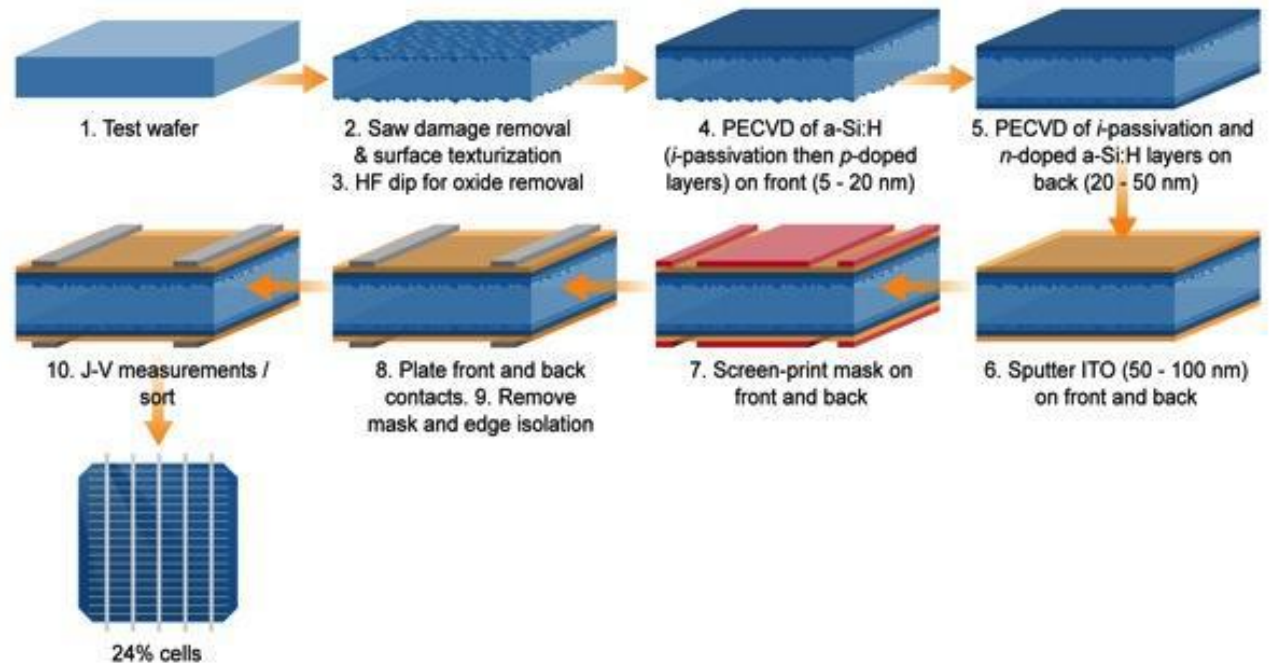


- 鈍化發射極和背面 (Passivated Emitter and Rear Cell, PERC) 技術可提高太陽電池效率。
- 一般太陽電池生產線只需增加鈍化、雷射、背部拋光等設備，即可用較低的產線改造投資，就能將單晶和多晶電池轉換效率分別提升1%和0.5%左右。

異質接面太陽電池 (HJT)

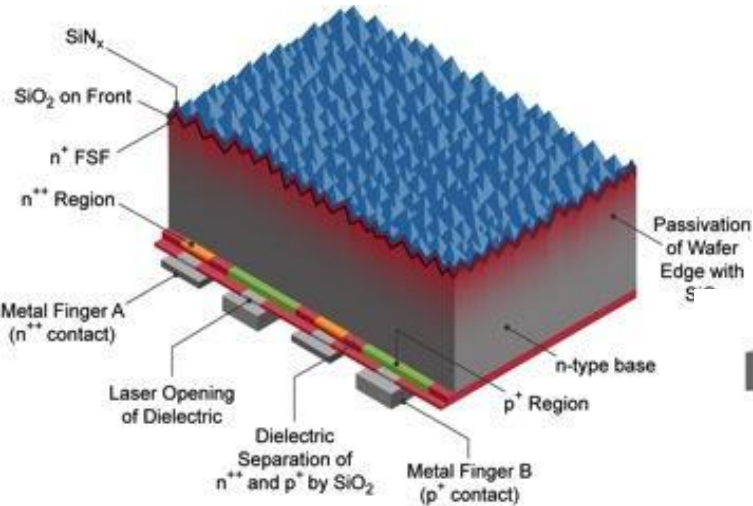


Heterojunction Intrinsic Thin Layer, or HIT, Solar Cells (>24% Efficiency)



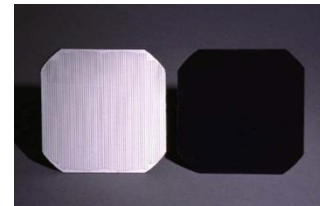
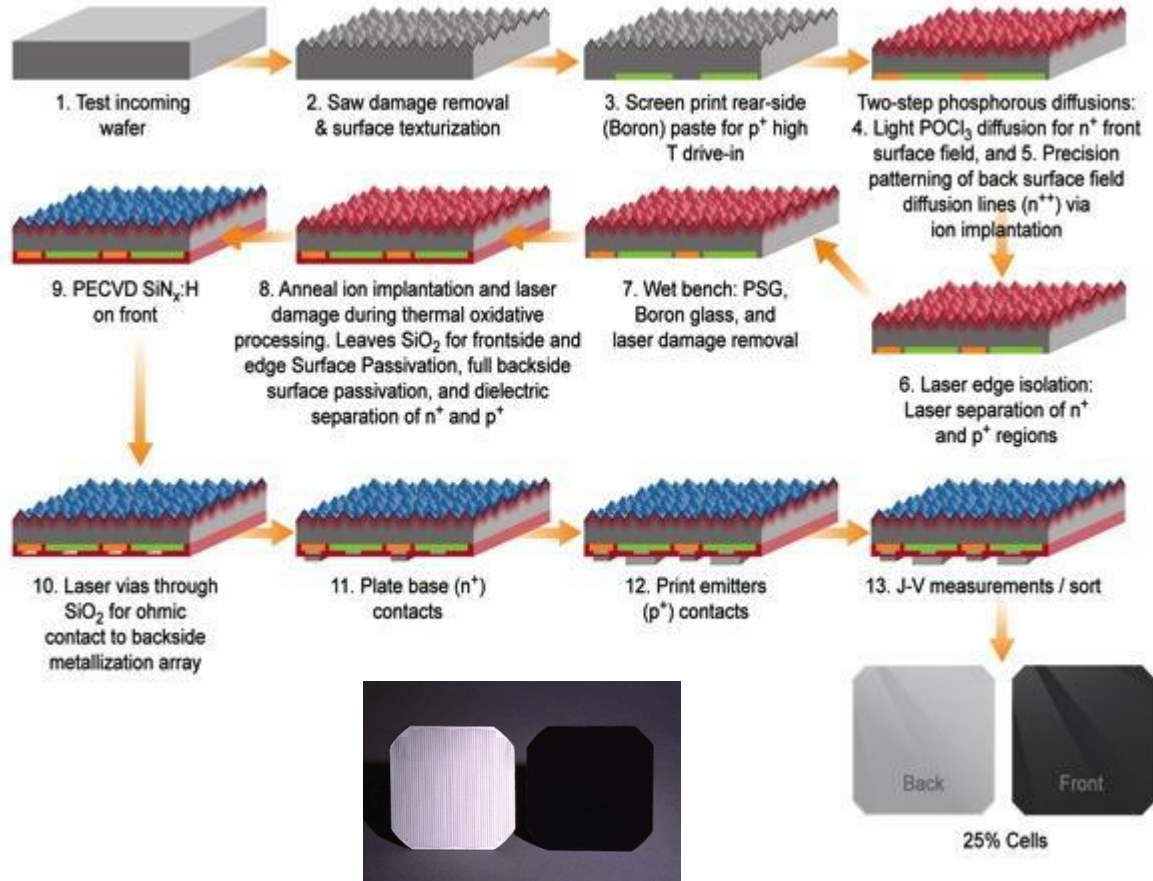
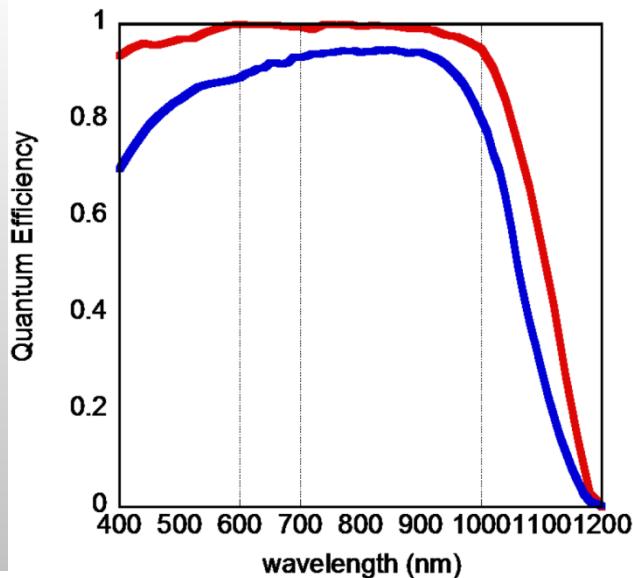
指叉狀背面電極太陽電池 (IBC)

IBC, Interdigitated Back Contact Cells (≈25% Efficiency)



— IBC-HJ cell, eff=25%, $J_{sc}=42 \text{ mA/cm}^2$

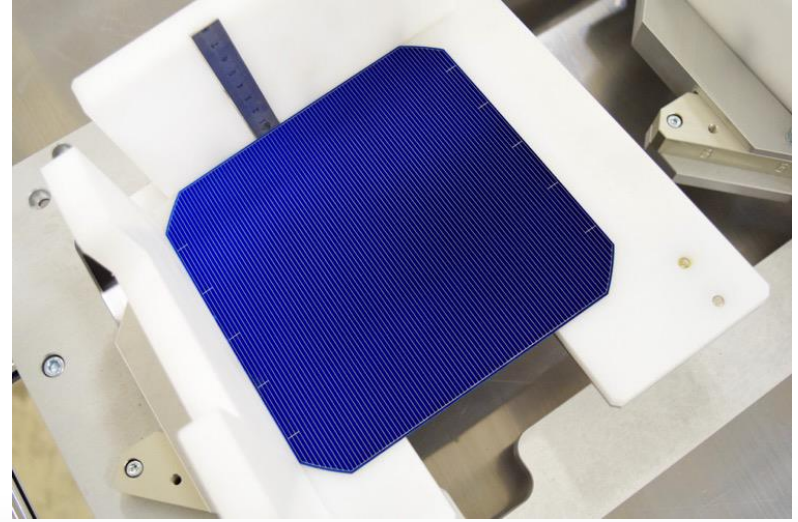
— Std multi-Si cell, eff=18%, $J_{sc}=38 \text{ mA/cm}^2$



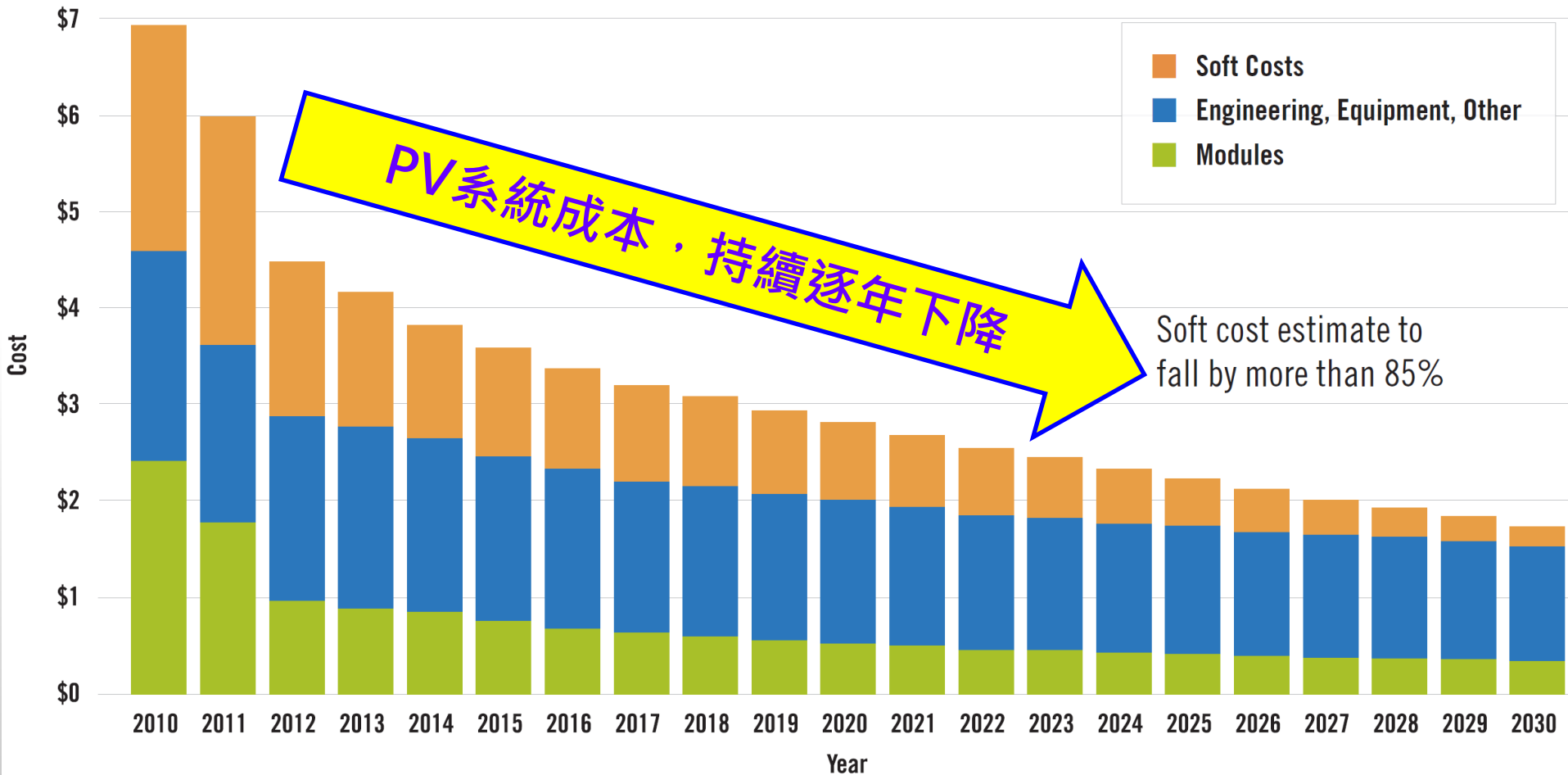
25% Cells

新型無主柵極太陽電池串焊技術

- 以銅線替代主柵極，可減少遮光面積，增加透到p-n接面的光線量。
- 銅線與矽晶有2,660點接觸，可降低電子/電洞對的再復合。
- 2,660點接觸可以增加電子的導出，提高輸出功率。

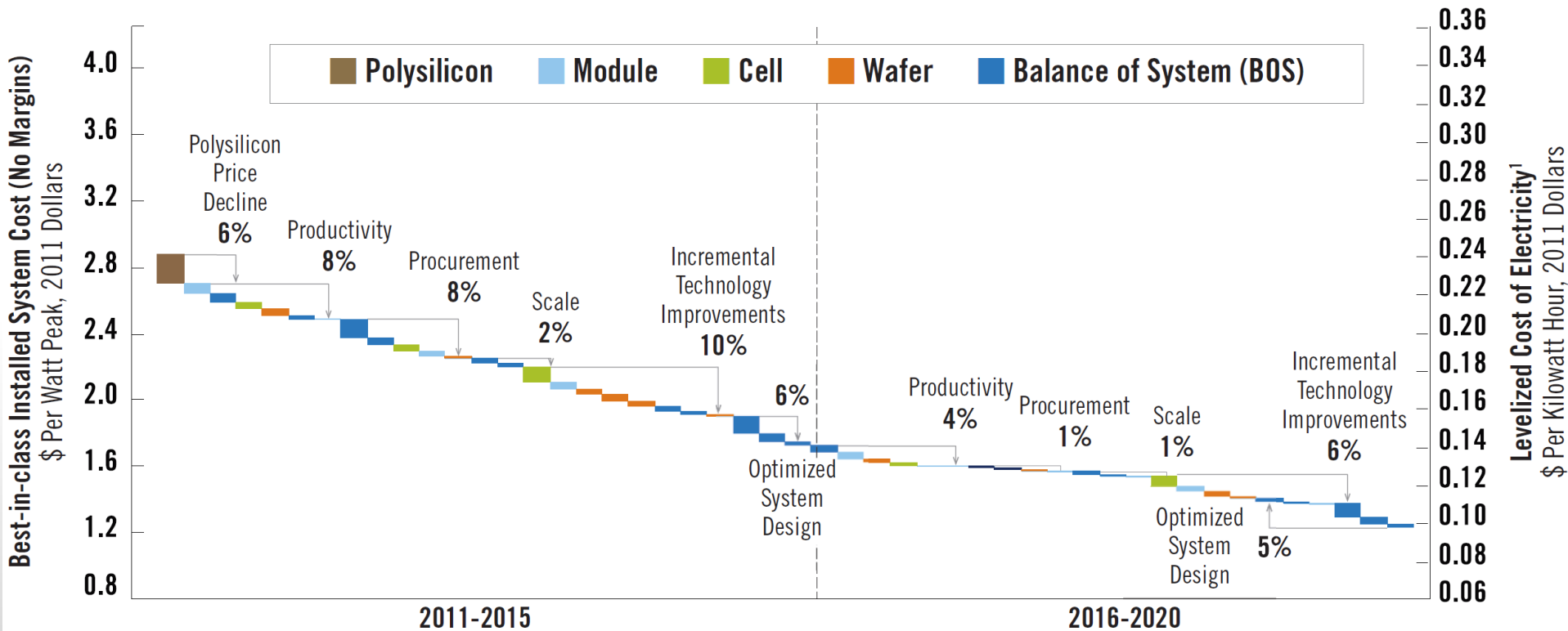


美國新建置太陽光電系統成本



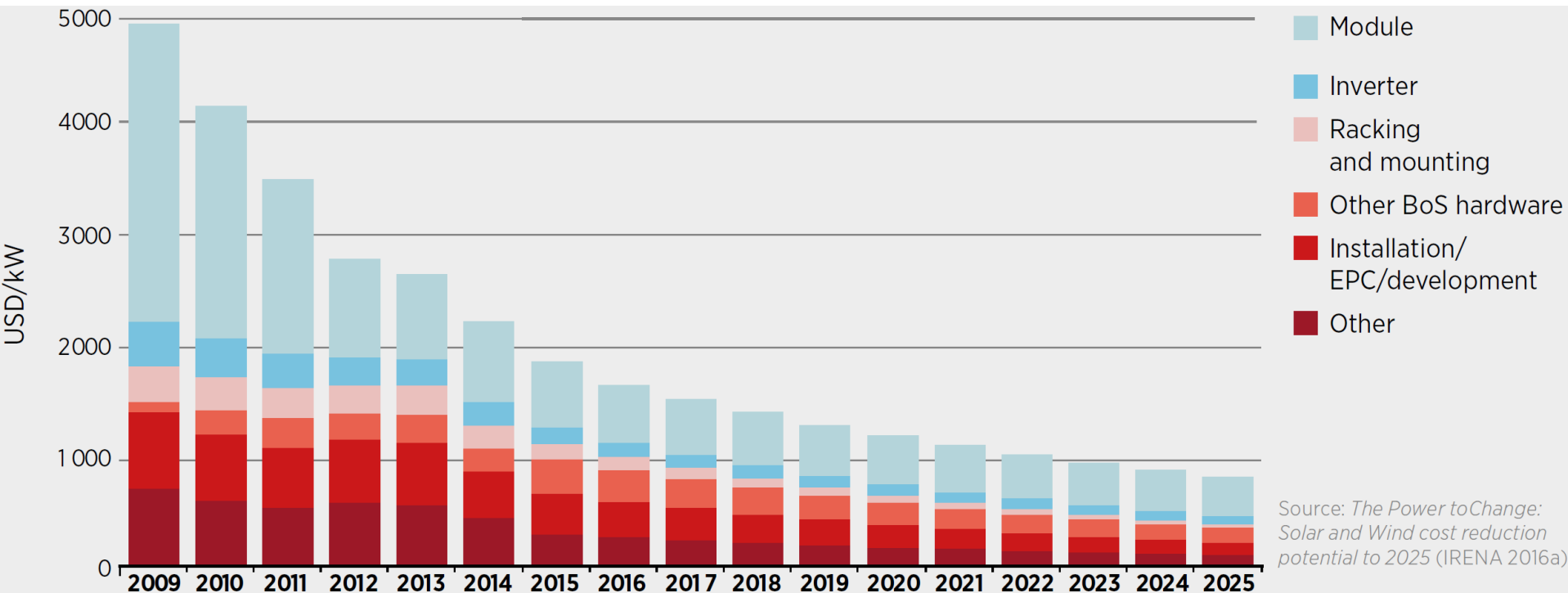
四、矽晶太陽光電產業 技術發展趨勢

太陽光電成本降低—創新與規模驅動機會



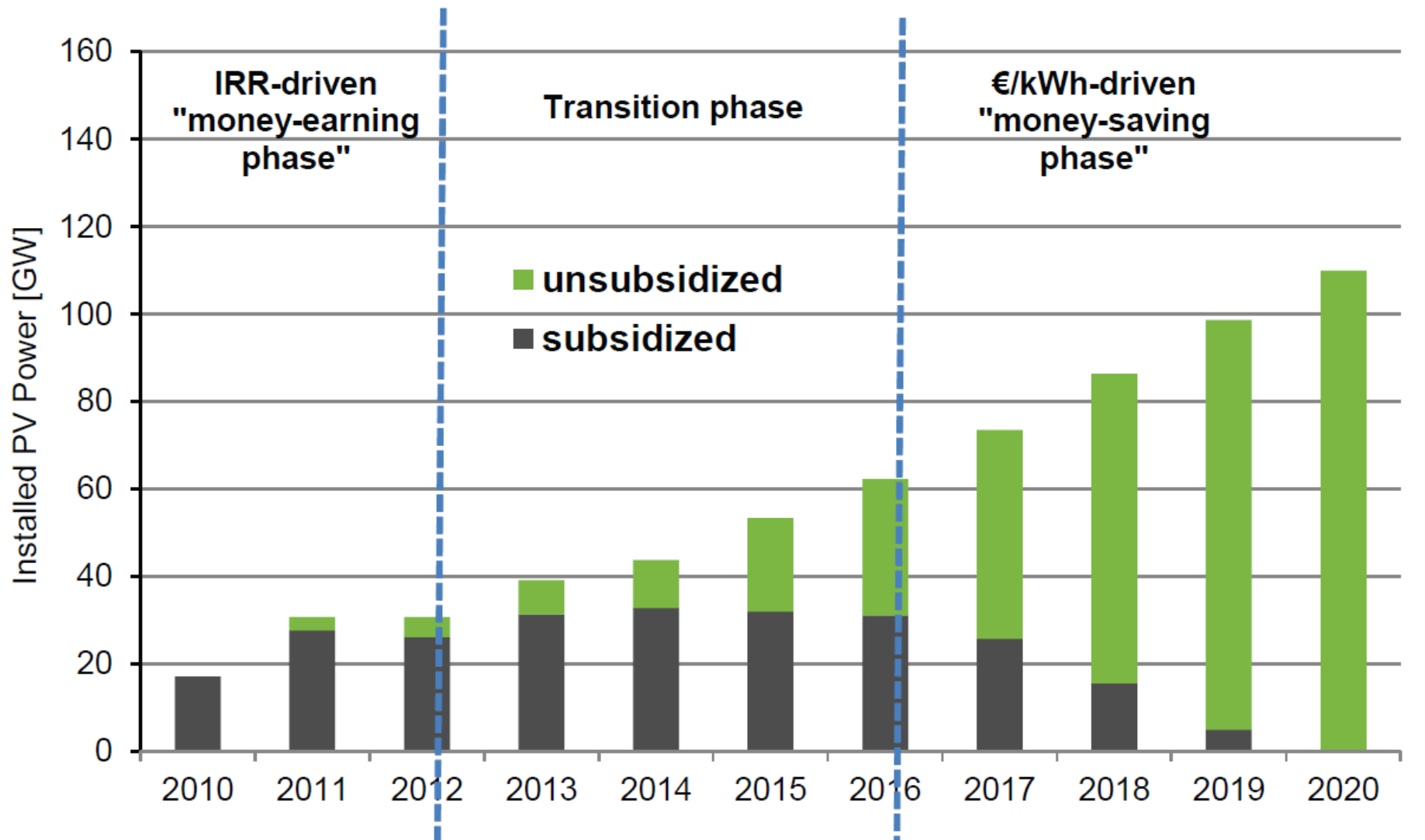
¹ Levelized cost of energy; assumptions: 7% weighted average cost of capital, annual operations and maintenance equivalent to 1% of system cost, 0.9% degradation per year, constant 2011 dollars, 15% margin at module level (engineering, procurement, and construction margin included in BOS costs).

2015至2025年公共事業規模PV系統的 全球加權平均安裝成本可能下降57%



CNBC新聞網分析，在美國建置大型太陽能電廠的每瓦發電成本，已由2016年首季的1.3美元，降至第二季的1.17美元，大幅低於住宅屋頂太陽能系統的3.14美元，其中65%的成本差距來自人工成本、客戶收購和其他非硬體成本。

全球太陽光電正進入過渡期



日本PV2030+ 到2050年太陽電池 與模組效率發展藍圖

material	2010		2017		2025				2050
	module (%)	cell (%)	module (%)	cell (%)	module (%)	cell (%)	cost (yen/W)	life (y)	module
c-Si	16	20	20	25	25	30	50	30(40)	Efficiency target of 40 %
Thin-film Si	12	15	14	18	18	20	40	30(40)	
CIGS	15	20	18	25	25	30	50	30(40)	
III-V	28	40	35	45	40	50	50	30(40)	
dye	8	12	10	15	15	18	<40		
organic		7	10	12	15	15	<40		

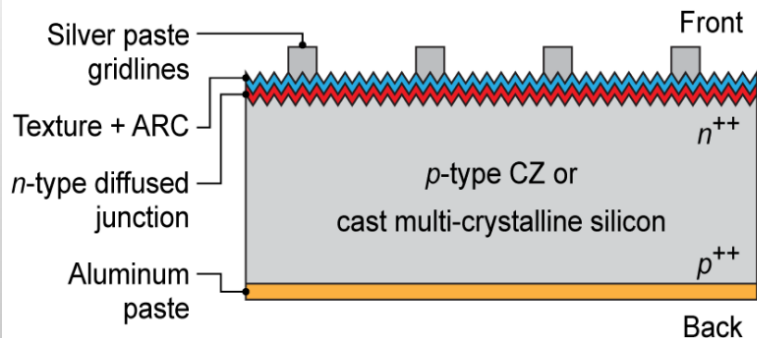
美國再生能源實驗室(NREL)矽晶PV研發項目

矽晶材料與元件R&D：

- Cz矽晶塊材氧析出物科學與遷移研究；
- 接觸面鈍化、摻雜物圖案結構、先進的金屬化技術；
- 與n-型Cz矽晶片商業化相連結的「指叉狀背面電極太陽電池」
(Interdigitated Back Passivated Contact, IBPC)

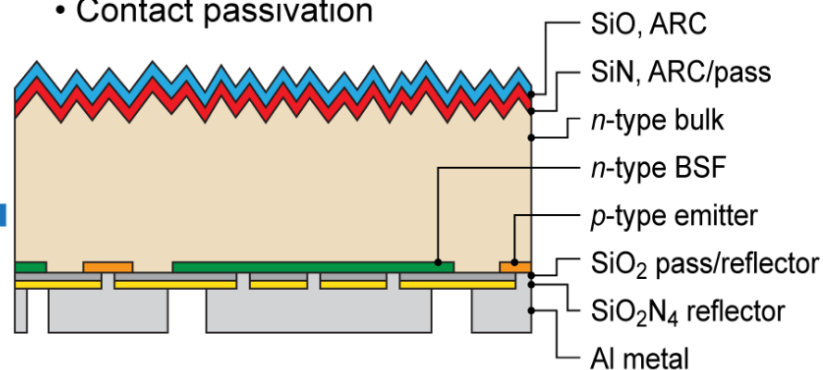
Mainstream Si PV

- 19% mono cells
- *p*-Cz Si, bulk < 1 ms
- Screen print metal
- Simple architectures
- ~0.50/W modules



High-Efficiency Si PV

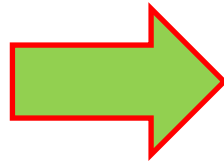
- >23% cells with industrial methods
- Complex metallization
- Advanced architectures
- Many expensive steps
- *n*-type Si, bulk > 3 ms
- Contact passivation



次世代矽晶高效率太陽電池 > 23% (NREL)

矽晶太陽電池

高效率矽晶太陽電池

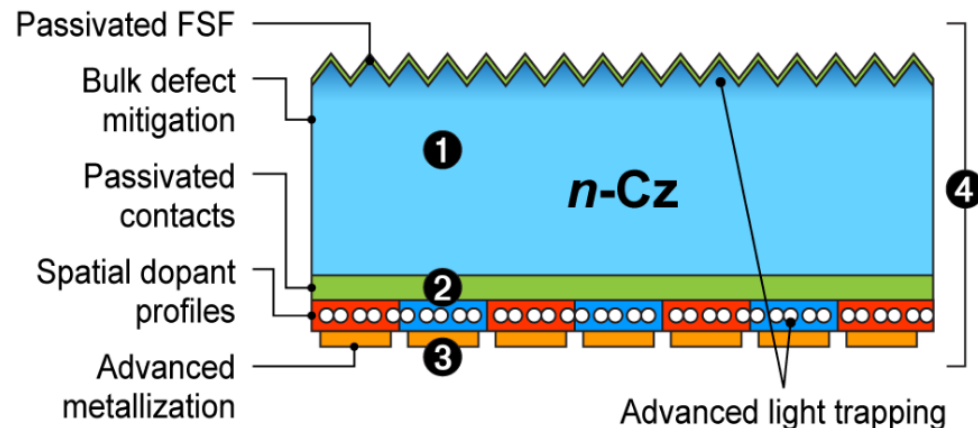


超高效率 > 23% 背面鈍化
指叉狀電極太陽電池
(Interdigitated Back
Passivated Contact)
(IBPC)

Next-Generation Si PV (Industrially relevant 23% IBPC cell)

Steps to lowering costs:

- 1 Sustain/improve high lifetimes (> 3 ms) in *n*-Cz wafers throughout processing steps
- 2 Form low-cost passivated contacts by novel patterned doping techniques (ion implantation, inks, nanoparticles)
- 3 Use low-cost metallization techniques
- 4 State-of-the-art passivation of all surfaces



國際能源總署規劃太陽光電技術發展藍圖

2015

單晶矽模組24%，多晶矽、CdTe、CIGS模組為19%；HCPV模組效率為40%，其他為12%

提高PV系統PR值；降低劣化速率

減少矽至3 g/W；降低銀的使用量

開發低成本、高效率、高輸出供功率雙面發電的堆疊電池 (1-太陽)

為特定應用，開發特定的太陽光電材料

為不同環境應用需求，開發多樣化模組規格

2020

單晶矽模組28%，多晶矽、CdTe、CIGS模組為22%；HCPV模組效率為50%，其他為16%

2030

五、結論與建議

我國太陽光電產業具有足夠競爭力嗎？

- COP21巴黎氣候協定通過後，未來再生能源，尤其是太陽光電的商機更是可觀。而可自主安全供應、環保與PV產業的茁壯，對極度缺乏能源的我國，其戰略價值更是不言可諭。
- 歐盟xGWp、美國Sunshot計畫、中國大陸十三五計畫、日本福島再生能源展示計畫，都是為提高其PV技術與產品競爭力；而我國技術研發投資仍然不足，亦缺乏高度與宏觀的企圖心。
- 中國大陸太陽光電紅色供應鏈，早已將我國拋開，未來1~2年更是關鍵，再生能源相關政策制訂，必須由國家來主導，政府必須更重視，並加碼投資。

我國的太陽光電發展需要排除障礙

- 我國矽晶太陽電池製造規模與能量優勢，正逐漸喪失中
- 我國太陽光電技術研發資源過於分散，缺乏聚焦
- 產業矽晶太陽電池/模組製造的材料、設備、自動化支持力道不足
- 政府應加速排除我國PV系統裝置的主要障礙
- 強化一般民眾對於PV應用的認知，加速我國PV系統市場的規模擴大

能源政策強力支持
再生能源的使用

加速提昇矽晶技術
布局全球領先地位

整合產學研能量
強化研發與生產

確立我國PV產業發展藍圖
與綠色能源應用技術創新

加強教育與民眾宣導
加速PV系統的建置

政策支持、
土地取得、
行政程序、
融資成本、
人工短缺、
併入電網、
儲電裝置、
智慧電網、

結論與建議

- 目前政府的太陽能政策，是擴大PV系統的內需，帶動產業的投資，但是對於矽晶太陽電池產業製造廠家而言，提供實質的幫助有限，外銷出海口問題仍難解決。
- 太陽光電產品的需求因政策的變化過快，產業經營的壓力愈來愈大。全球未來的市場仍有大量需求，我國宜加強技術的研發投資，提昇整體PV產業的競爭力，才能在世界上有立足之地。
- 投資提高太陽電池/模組效率，並降低成本，與競爭對手區隔，仍然是我國必須面臨的挑戰。廠家自主研發的速度與時效是關鍵，政府應加以協助，加速國外技術引進或國際合作，才能突破困境。

謝謝聆聽
敬請指教！

