

# 両面受光一裏面電極型 結晶シリコン太陽電池の開発

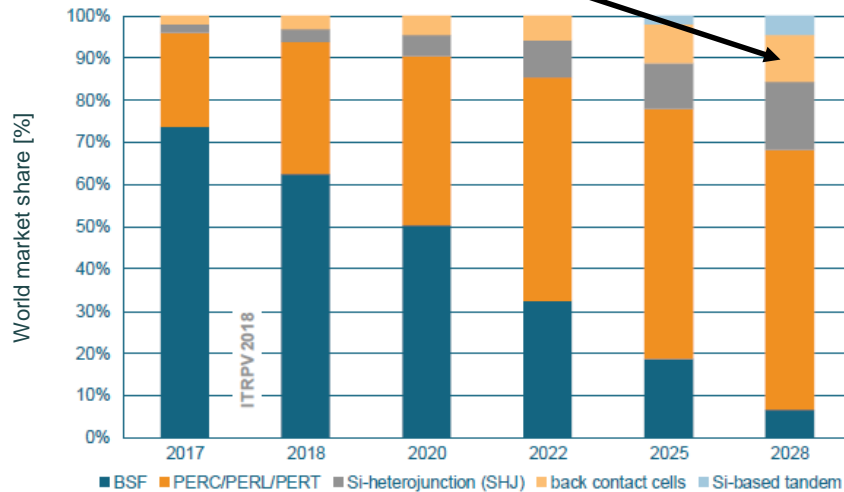
再生可能エネルギー研究センター

太陽光チーム

立花 福久

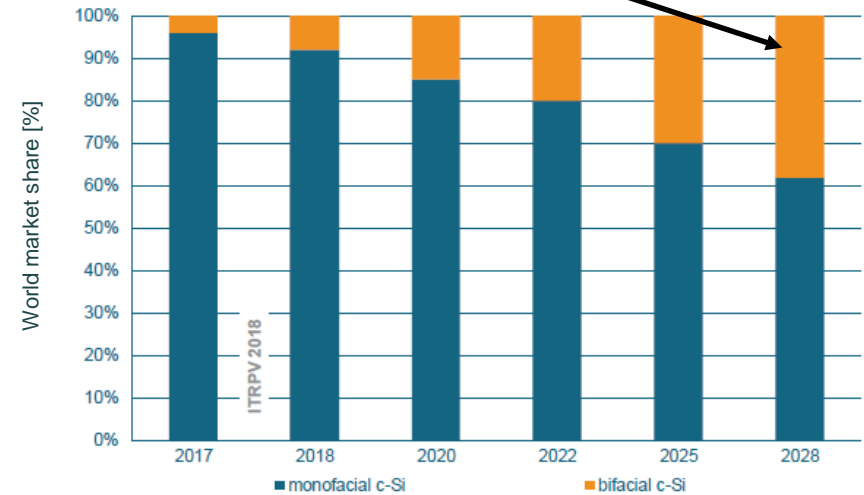
# 裏面電極型太陽電池と両面受光型太陽電池の市場予測

## Back contact solar cell

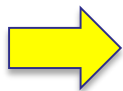


~10% market share in 2028

## Bifacial cells



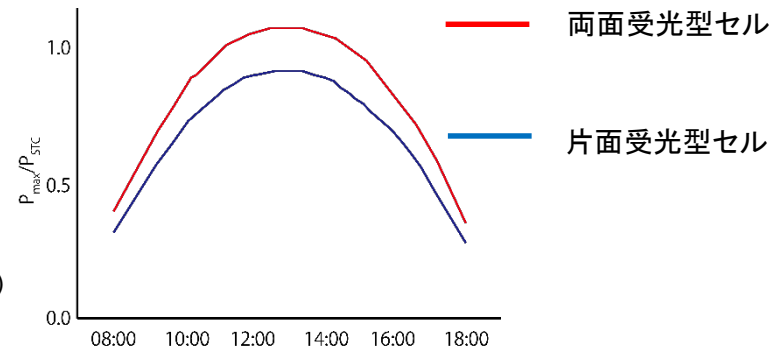
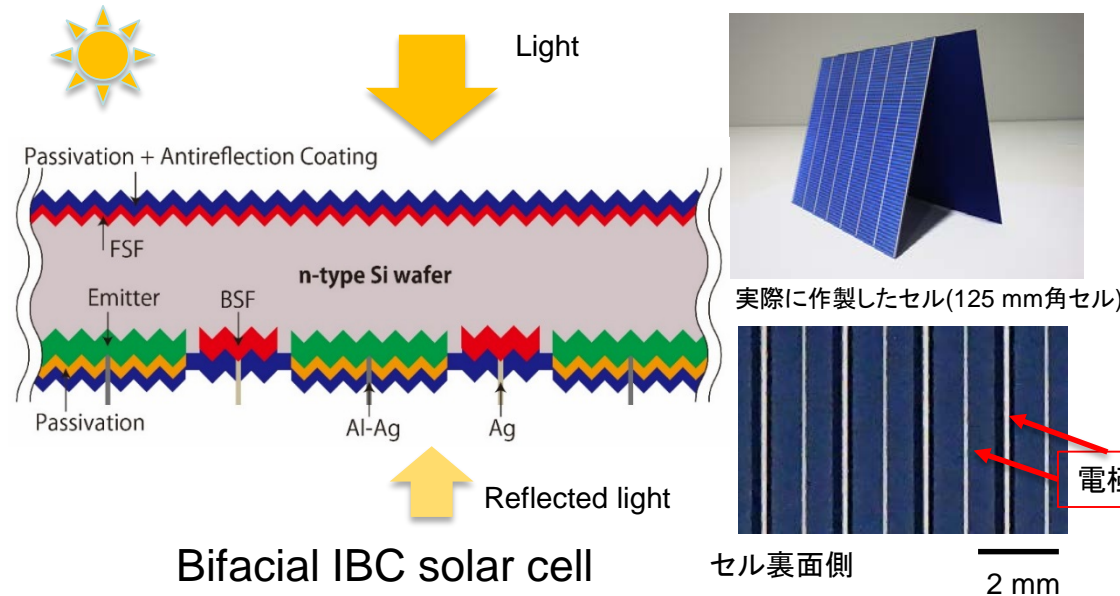
~40% market share in 2028



**両面受光-裏面電極型結晶シリコン太陽電池**

Data from ITRPV roadmap, March 2018

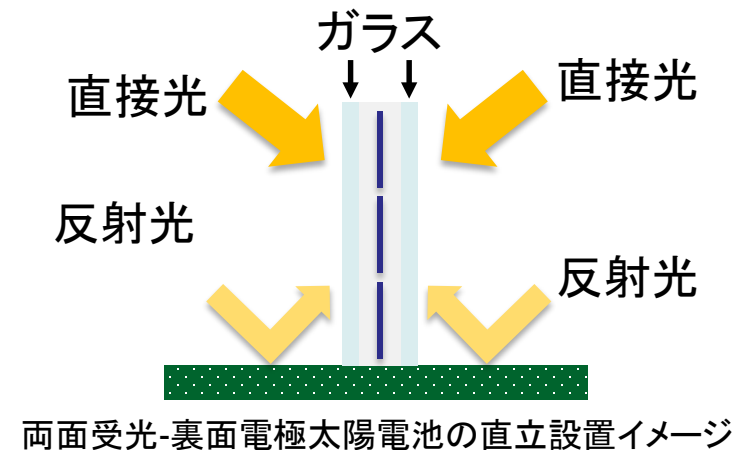
# 両面受光-裏面電極型結晶シリコン太陽電池の特徴



野外設置時の発電量の変化\*

\*V.D. Mihailetschi et al., Energy Procedia 77 534-539 (2015).

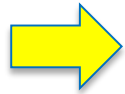
- ☺ 受光面側に電極がない
- ☺ 高い変換効率が期待できる
- ☺ 高い実発電量が期待できる(裏面からも受光可能)
- ☺ 縦置き設置でも高い発電量が見込める
- ☹ 裏面にp-n構造および電極構造を形成するため、製造工程が複雑・高コスト



# 電極形成技術(スクリーン印刷法)

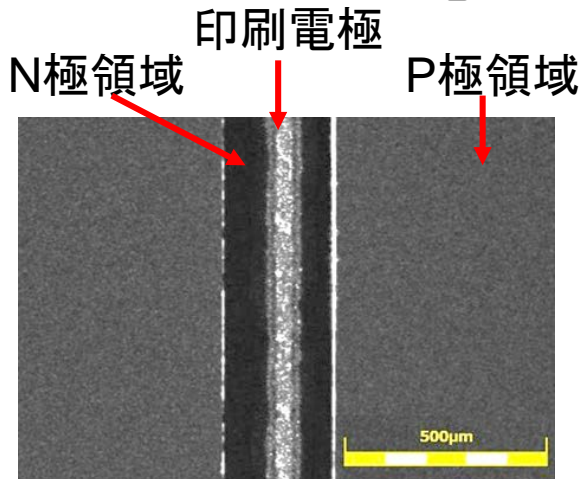
蒸着+メッキ法:裏面電極太陽電池の開発に使用

- ☺ 電極/基板界面の特性が良い
- ☹ 低生産性、高コストに繋がる

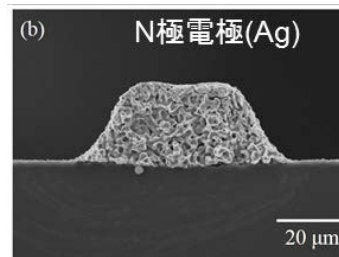


## スクリーン印刷法

- ☺ プロセス数、使用装置が少ない
- ☺ 細線化が可能→両面受光化
- ☹ 電極/基板界面の特性が悪い



電極形成例



電極幅: 60 µm

電極部断面画像

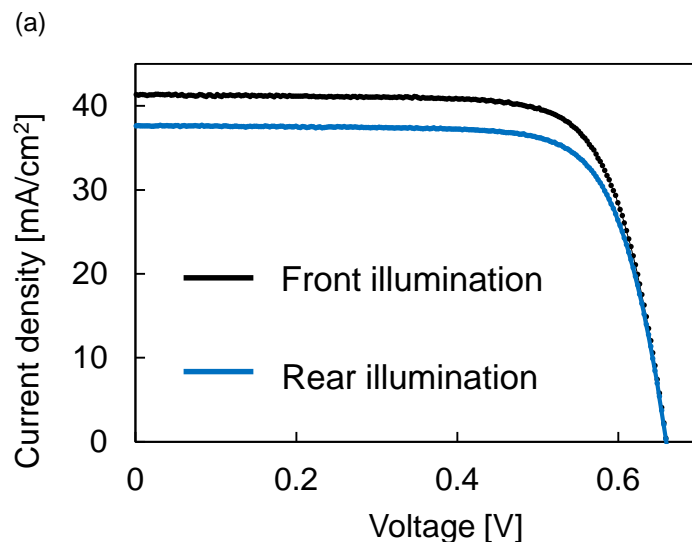
蒸着+メッキ法	スクリーン印刷法
電極接合部の開口	N+電極印刷
洗浄	乾燥
パターニング	P+電極印刷
洗浄	乾燥
電極蒸着	焼成
リフトオフ	
洗浄	
活性加熱処理	
メッキ	
セル特性評価	

## 電極形成方法の比較

- ✓ 工程数の減少による低コスト化
- ✓ 両面受光構造による高効率化

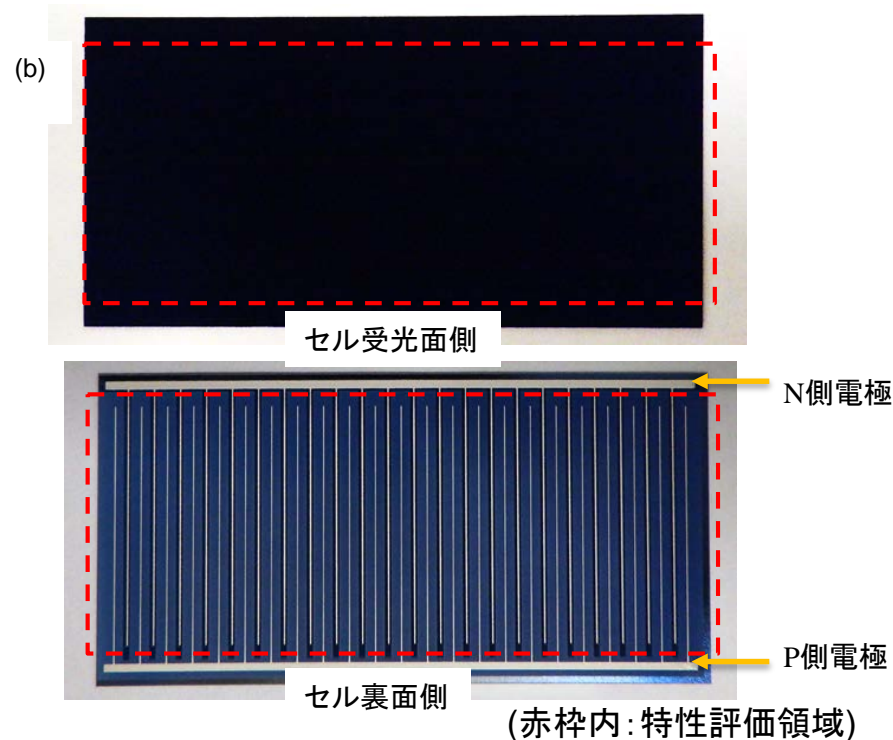
## 小面積セルによる作製工程の確立

- ✓ スクリーン印刷電極を用いた裏面電極型結晶シリコン太陽電池を作製した。
- ✓ 変換効率20%を超える値を得た。  
(セルサイズ:2 cmx5 cm)



(受光面効率:20.5%、裏面効率:18.7%)

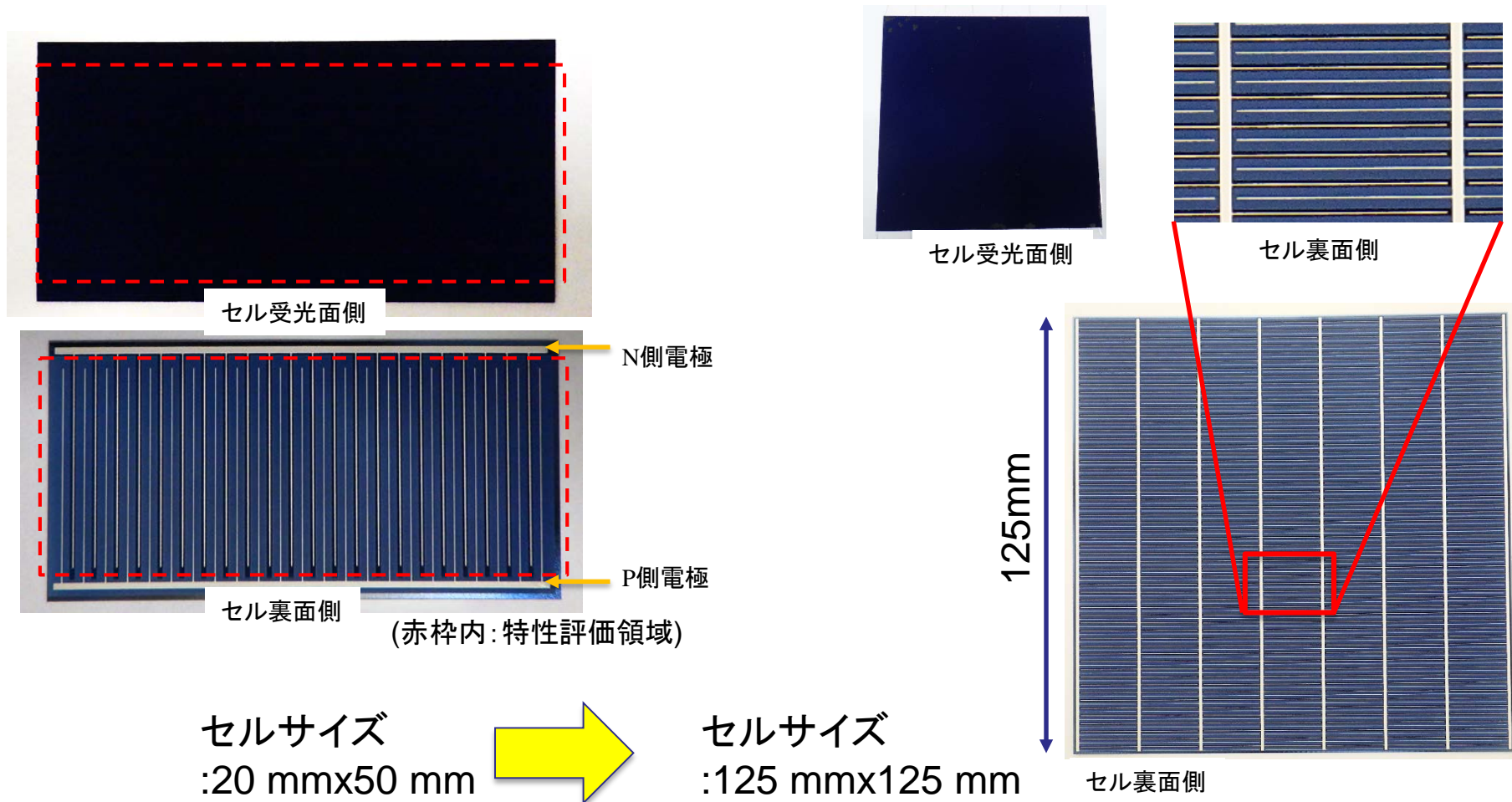
- (a) 作製した小型セルのセル特性  
(b) 受光面および裏面写真



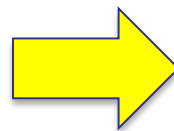
- ✓ スクリーン印刷電極による裏面電極型結晶シリコン太陽電池のベースとなるセル作製プロセスの確立

T. Tachibana et al., Jpn. J. Appl. Phys. **57** 040315 (2018).

# セルの大型化

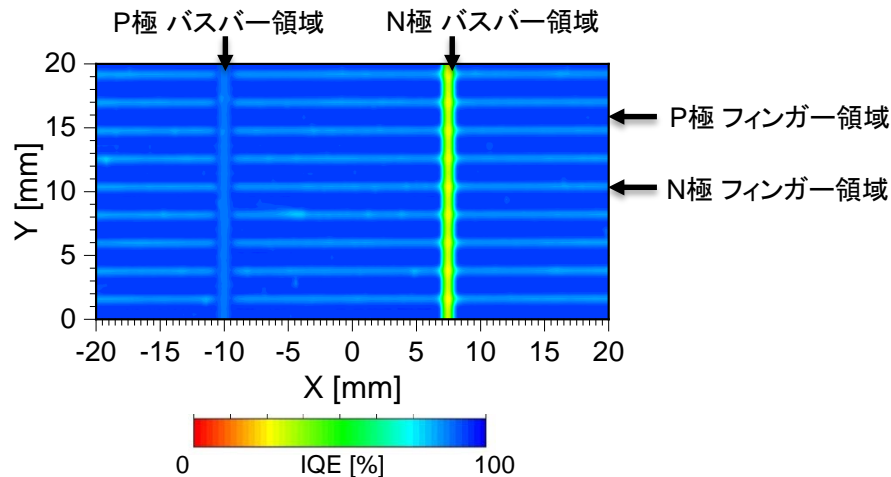
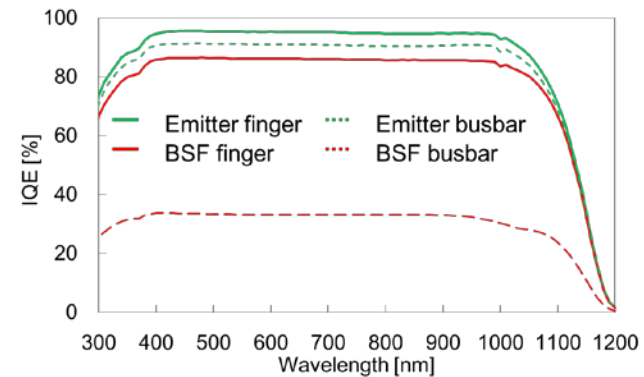
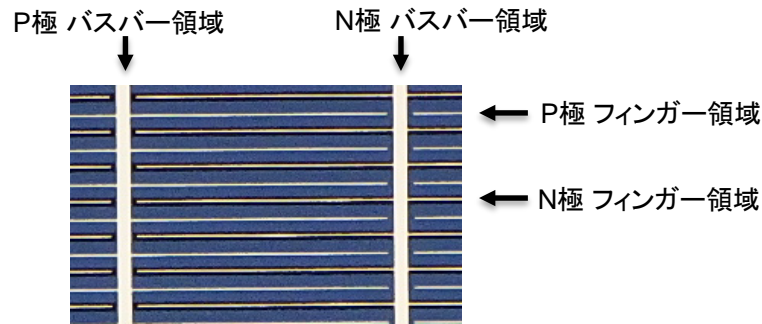


セルサイズ  
:20 mmx50 mm

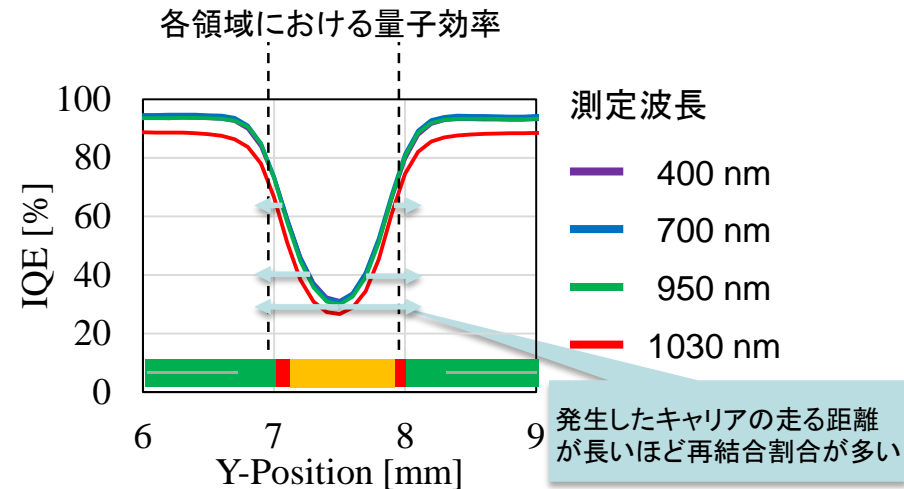


セルサイズ  
:125 mmx125 mm

# セル特性低下領域と裏面構造の関係



内部量子効率マッピング( $\lambda = 950 \text{ nm}$ )



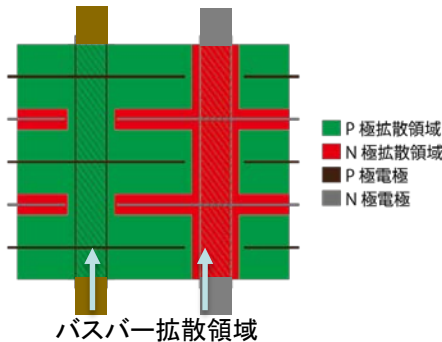
N極バスバー領域の内部量子効率分布評価

✓ 電極ではなく、基板と同極領域での再結合損失がセル特性を低下させる。  
 (Electrical shading lossと呼ばれる損失)

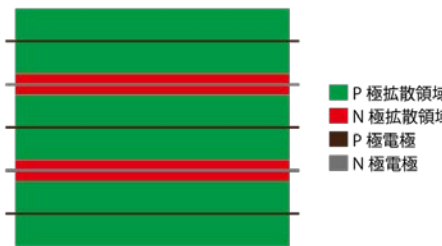
# セル特性低下の少ないセルの考案、作製

- ✓ セル特性を低下させている要因の一つの**バスバー拡散領域を不形成**。
- ✓ 絶縁層、低温ペースト電極の組み合わせ技術を考案、適用。

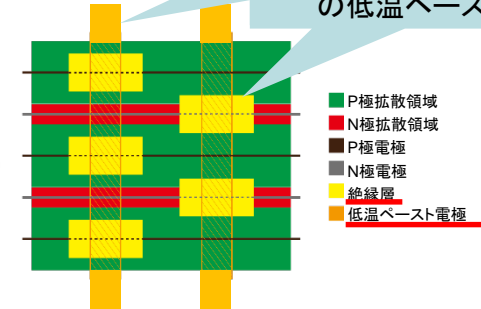
- ◆ 短絡させないための絶縁層
- ◆ 同極同士を繋ぐための低温ペースト電極



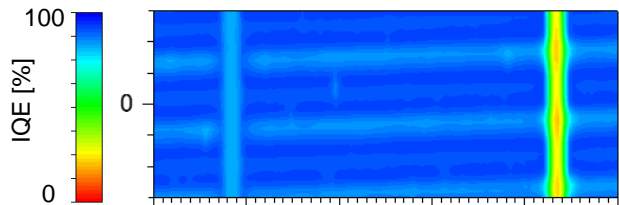
(a) バスバー拡散領域有り



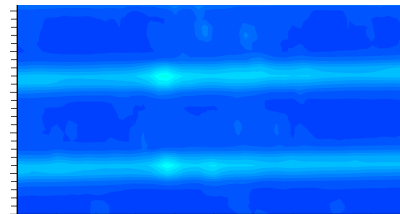
(b) バスバー拡散領域無し



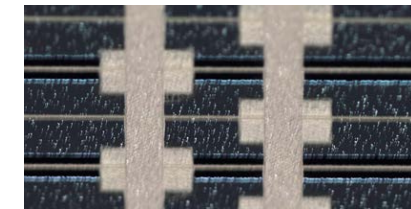
(c) 印刷ペーストの組合せ



5 mm



1 mm



1 mm

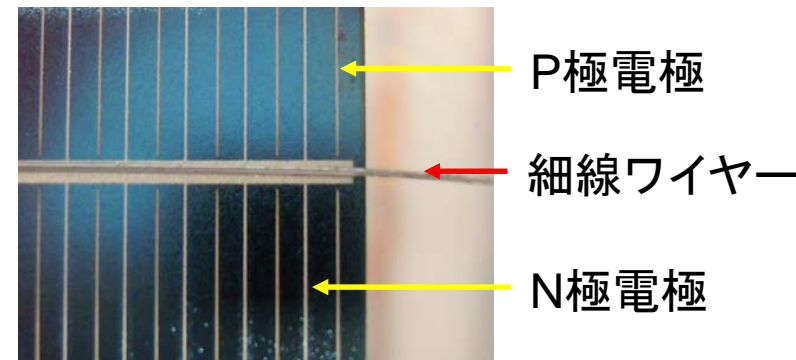
実際に作製したセルの電極部

- ✓ セル特性の大きな低下の無いセルの作製に成功した。
- ✓ 印刷ペースト組み合わせ技術のベースを確立した。

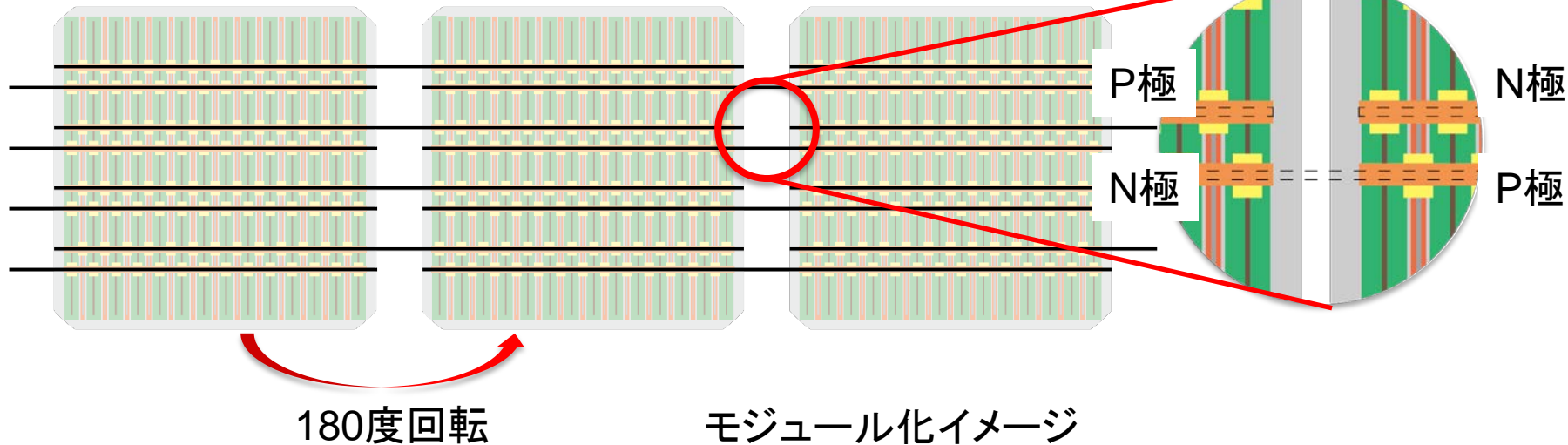


## 細線ワイヤー技術

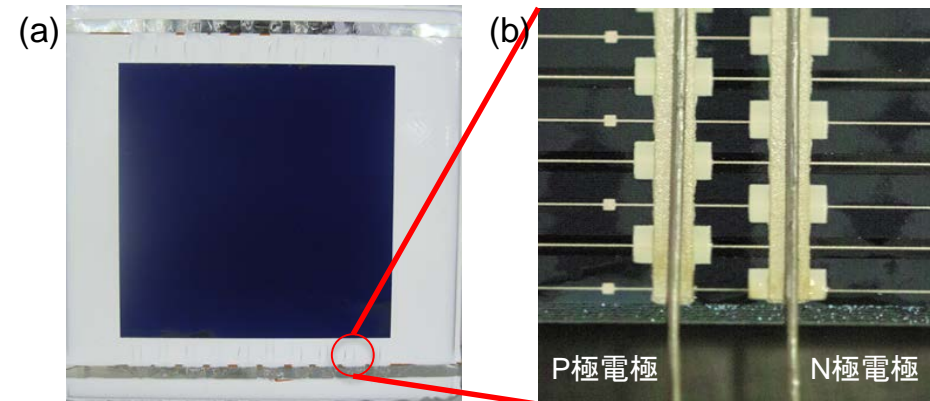
- ✓ 射影損失を増やすことなくセル同士を繋げられる。
- ✓ セルを180度回転することで、モジュール化が可能なセルデザインを設計。



細線ワイヤー使用例

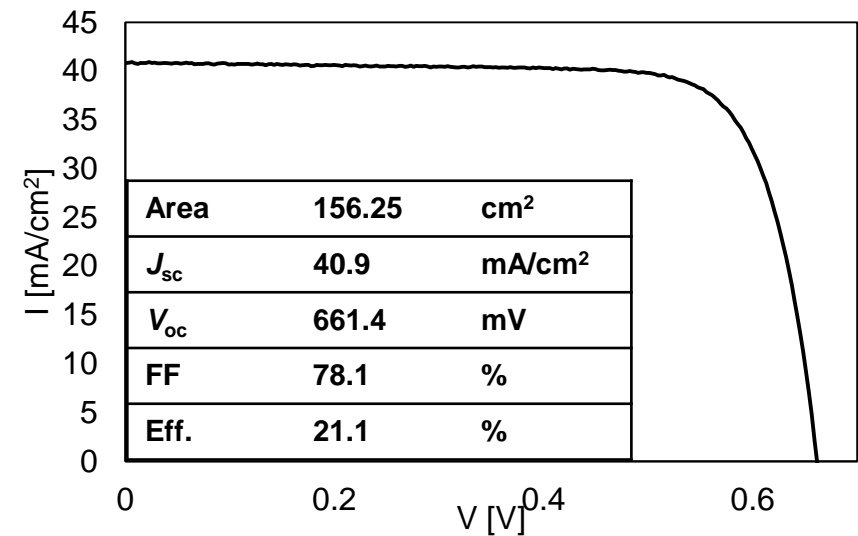


# セル特性結果



(a) 作製したセルの受光面側, (b) 裏面電極部分

- ✓ スクリーン印刷による電極形成
- ✓ 両面受光構造
- ✓ バスバー拡散領域の不形成
- ✓ 印刷ペースト組み合わせ技術
- ✓ 細線ワイヤー技術

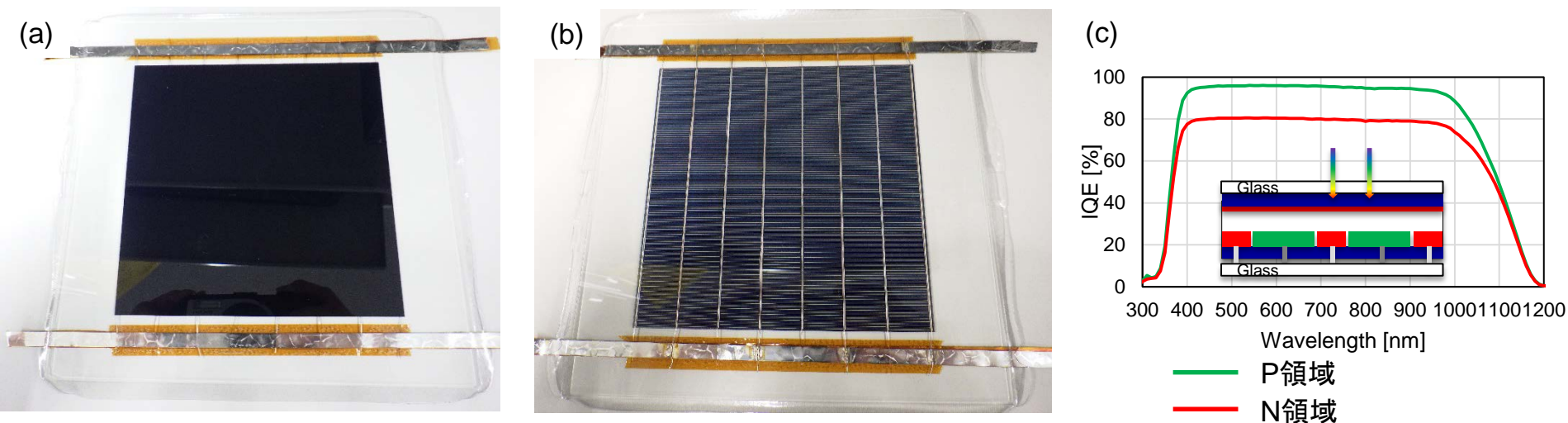


左記の全ての技術を合わせたことで、**最大変換効率、21.1%**を得た。

## 他機関との比較

	AIST	ISC Konstanz	Yingli solar	ECN(2017)
$J_{sc}$ [mA/cm <sup>2</sup> ]	40.9	41.68	41.6	41.2
$V_{oc}$ [mV]	661.4	683.6	664	653
FF [%]	78.1	81.4	78.21	78.4
Eff. [%]	21.1	23.2	21.6	21.1

# モジュール作製の実証例



(a) 1セルモジュール受光面側、(b) 裏面側、(c) 1セルモジュール時の量子効率スペクトル測定結果

- ✓ 1枚セルでのモジュール化の実証済み
- ✓ モジュール化後の評価も一部開始 (IV, 量子効率マッピング、量子効率スペクトル等)
- ✓ モジュール化時の問題点などを精査し、次段階 (4枚モジュール) の準備中

## まとめ

- ✓ 両面受光-裏面電極型結晶シリコン太陽電池の開発を進め、現在、変換効率21.1%(セル面積:156.25cm<sup>2</sup>)を得た。
- ✓ 量子効率マッピング装置を用いて、裏面構造とセル特性の関係について詳細に評価を行った。
- ✓ モジュール化まで含めたセル設計を行ない、現在、1枚セルでのモジュール化、特性評価を行った。
- ✓ 今後、更なる高効率化のためのセル設計の変更やイオン注入技術の適用を進めていく予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、経済産業省のもと、NEDOから委託され、実施したもので、関係各位に感謝する



協力者一覧(順不同、敬称略)  
棚橋克人、望月敏光、白澤勝彦、高遠秀尚  
木田康博、森谷正昭、宇都宮智、浅尾秀一

