

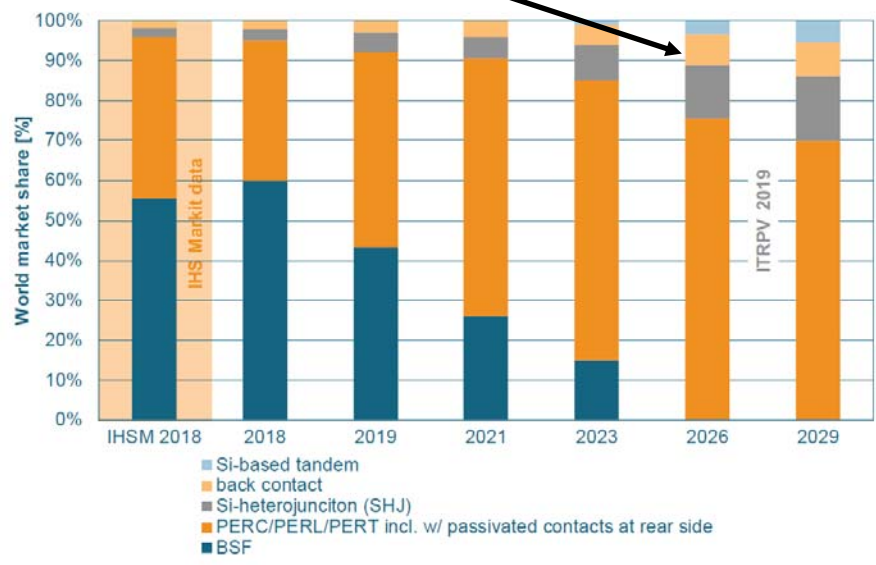
# 両面受光-裏面電極型 結晶シリコン太陽電池の作製と評価

国立研究開発法人産業技術総合研究所  
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、棚橋 克人、望月 敏光、  
白澤 勝彦、高遠 秀尚

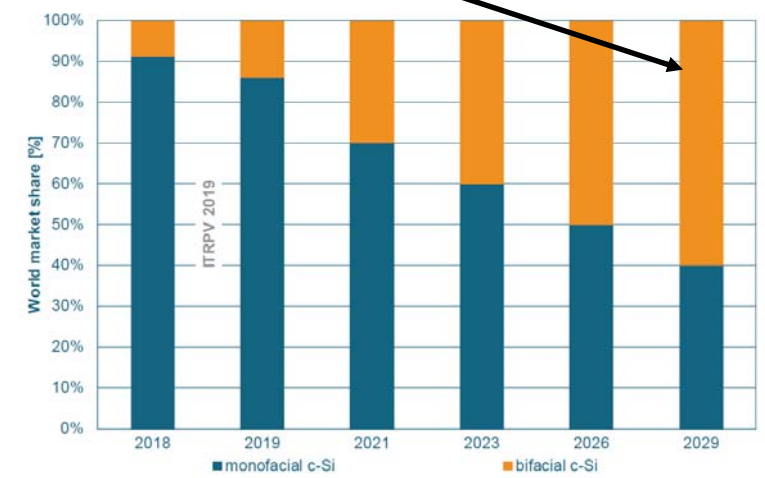
# 裏面電極型太陽電池と両面受光型太陽電池の市場予測

Back contact solar cell



~10% market share in 2029

Bifacial cells



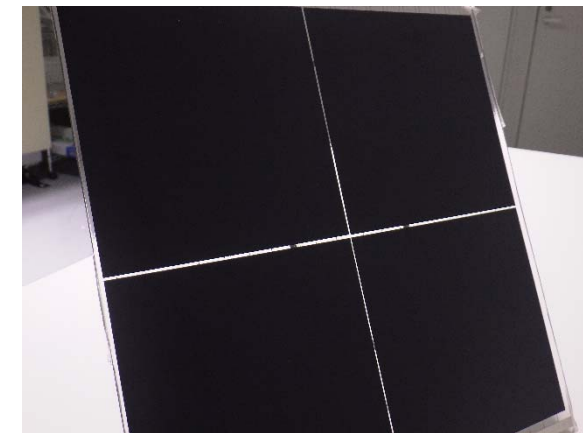
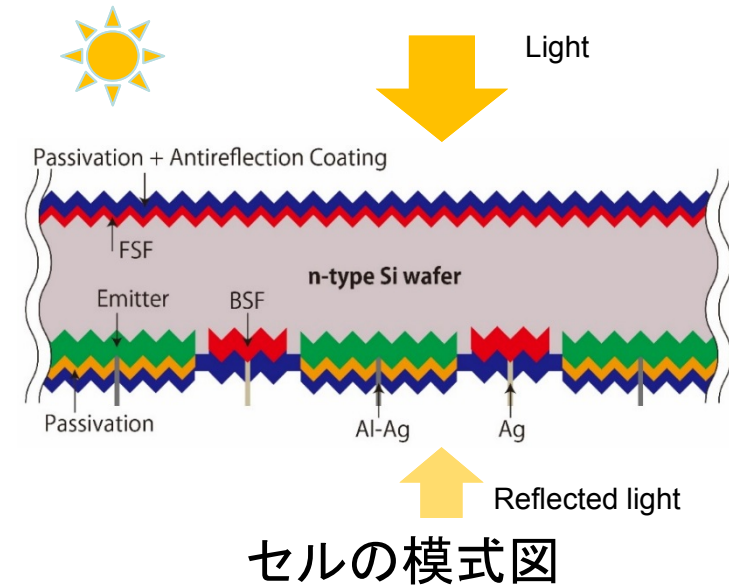
~60% market share in 2029

**両面受光-裏面電極型結晶シリコン太陽電池**

Data from ITRPV roadmap, March 2019

## 両面受光-裏面電極型結晶シリコン太陽電池の特徴

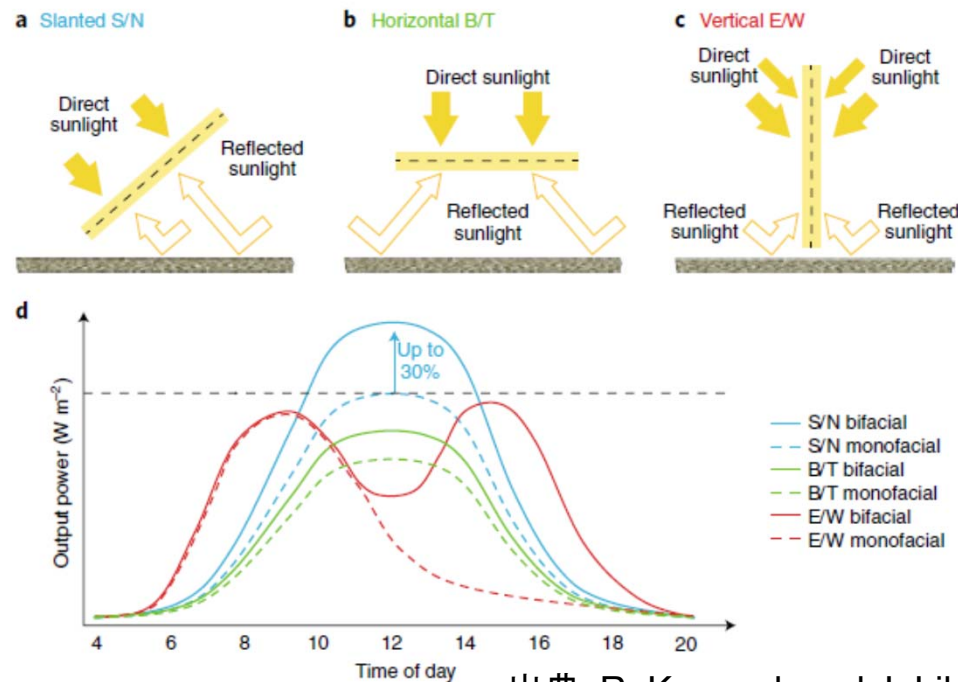
- ☺ 受光面側に電極がない(裏面電極型)
- ☺ 高い変換効率が期待できる
- ☺ 高い実発電量が期待できる(両面受光型)
- ☺ 縦置き設置でも高い発電量が見込める
- ☹ 裏面にp-n構造および電極構造を形成するため、製造工程が複雑



実際に作製した4直モジュール

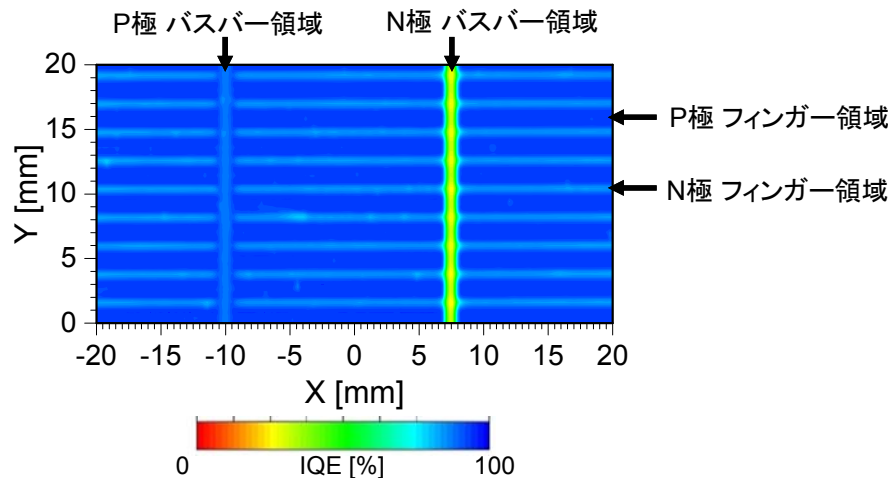
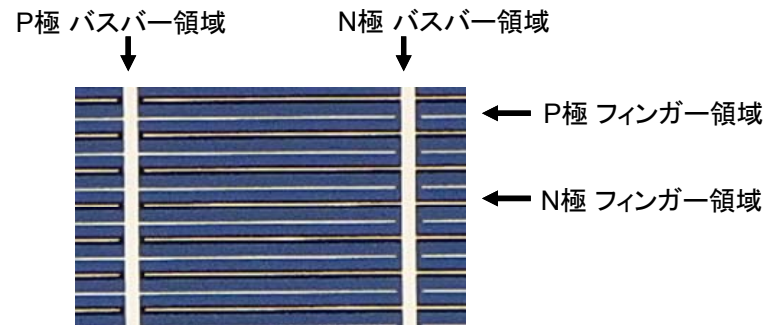
## 片面受光一両面受光の実発電量の比較

- ✓ 片面受光型に比べて両面受光型は年間で約30%の発電量の向上が見込める(下図)。
- ✓ 設置位置(高さ、影の影響、地面の反射率等)の影響は考慮が必要である。
- ✓ 新たに導入可能な場所の増加に繋がる。

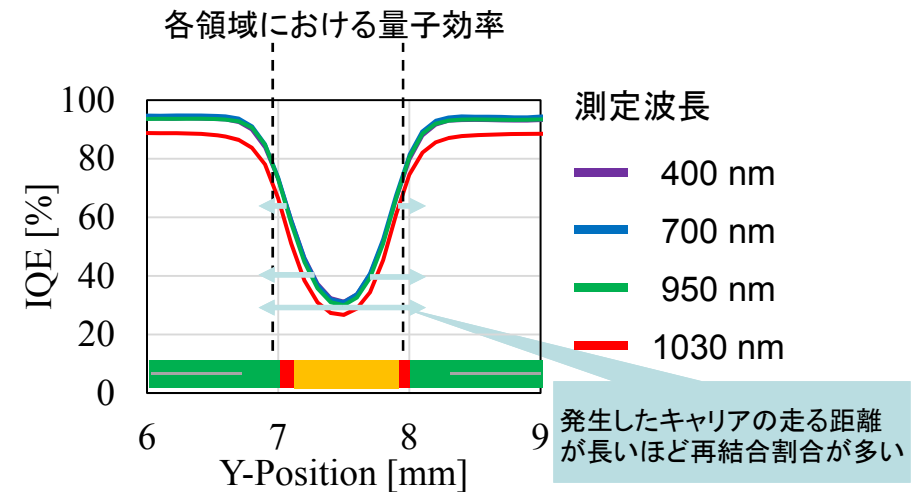
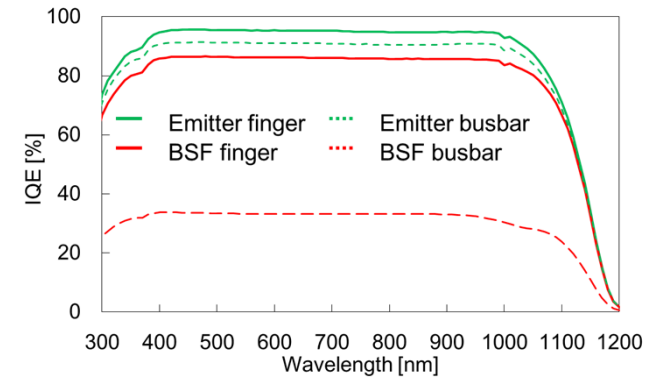


出典: R. Kopecek and J. Libal, nature energy 3 (2018) 443.

# 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( $\lambda = 950 \text{ nm}$ )

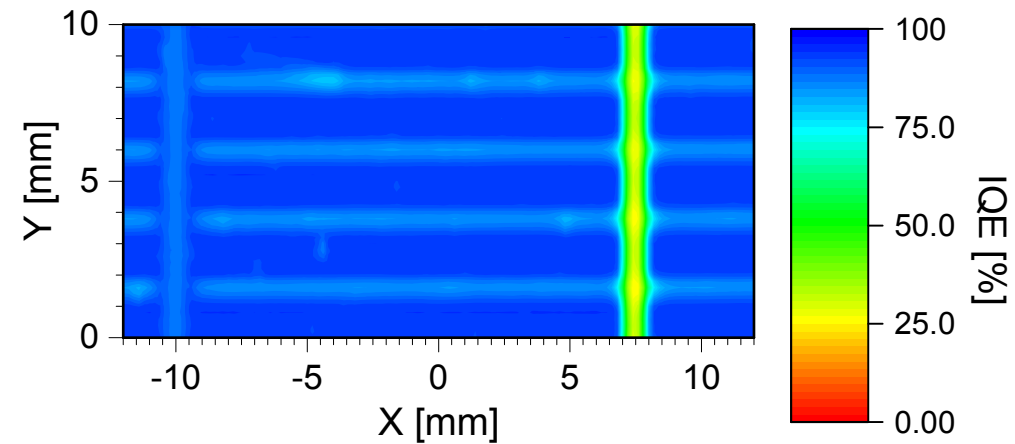
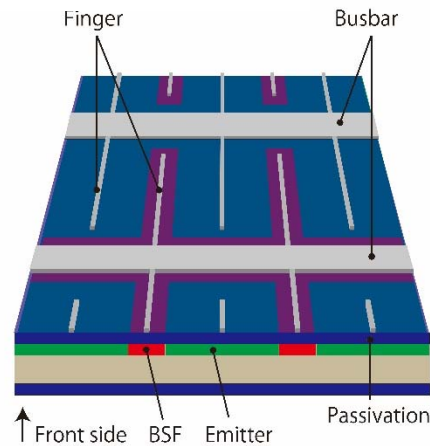


N極バスバー領域の内部量子効率分布評価

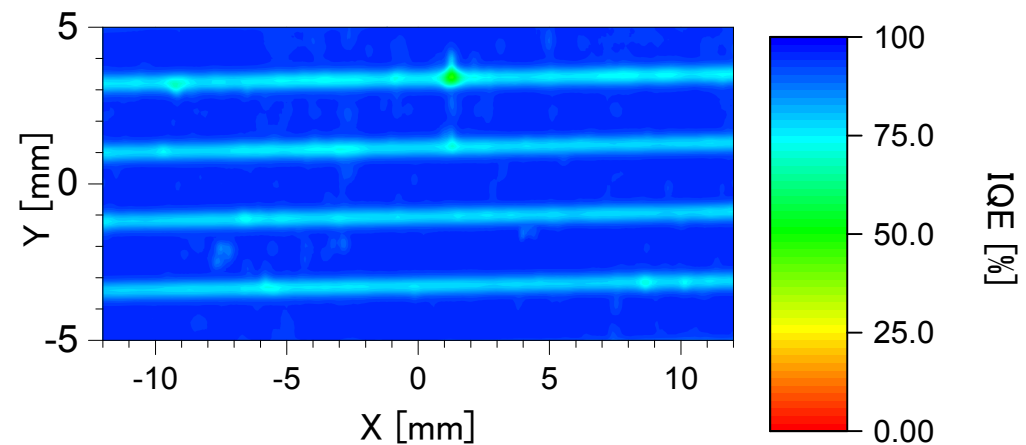
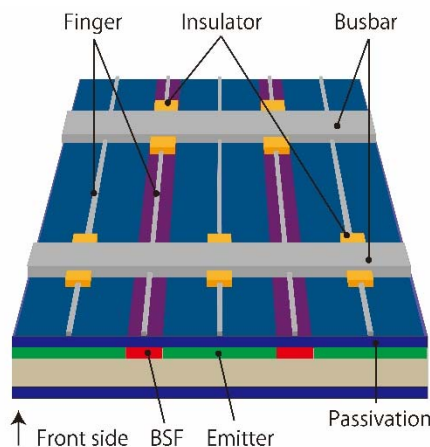
✓ 基板と同極領域での再結合損失がセル特性を大きく低下させる。  
(Electrical shading lossと呼ばれる損失)

# 拡散層および電極形成の変更による特性劣化の抑制

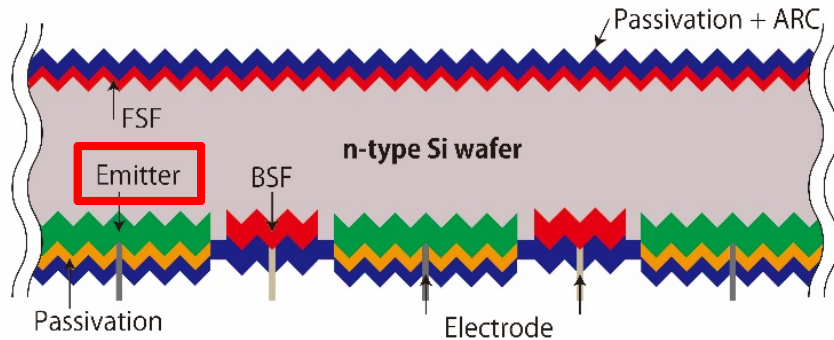
## 一層印刷構造



## 多層印刷構造



# Emitter領域の改善



シート抵抗

$\sim 55 \Omega/\square \Rightarrow 80 \Omega/\square$

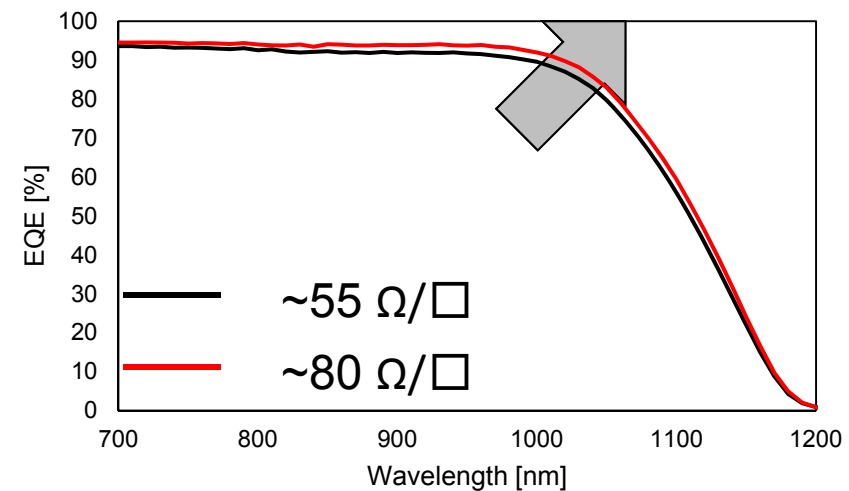
パッシベーション膜

$\text{AlO}_x/\text{SiN}_x$  積層膜

エミッタ領域の表面濃度を低下させることでパッシベーション特性を改善

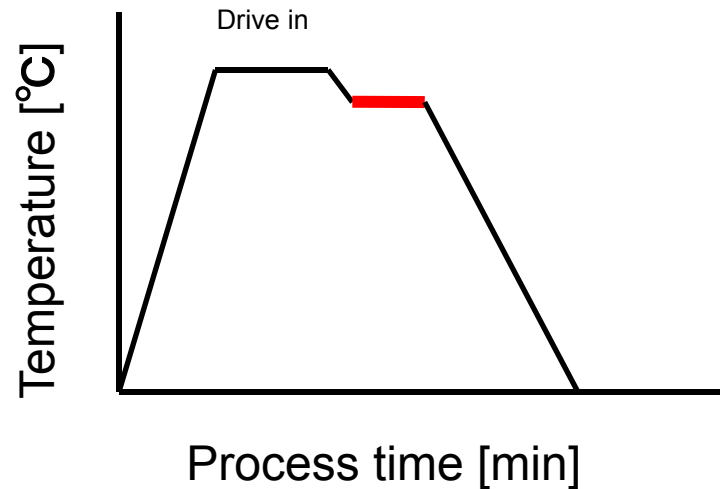
⇒ 長波長領域のEQEが改善

⇒  $J_{sc}$  換算で1%増加に相当

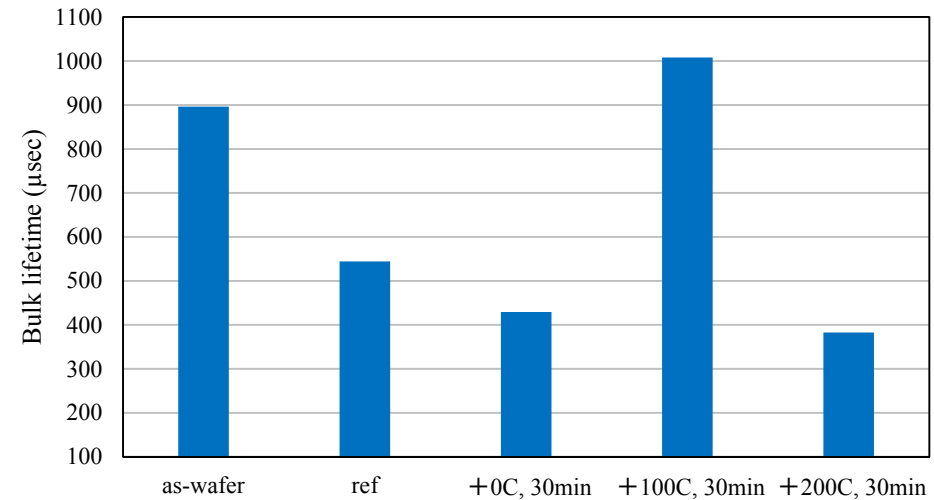


エミッタ領域の異なるシート抵抗のセルとEQEの関係

## BSF, FSF領域の改善



P拡散時の温度と時間の関係



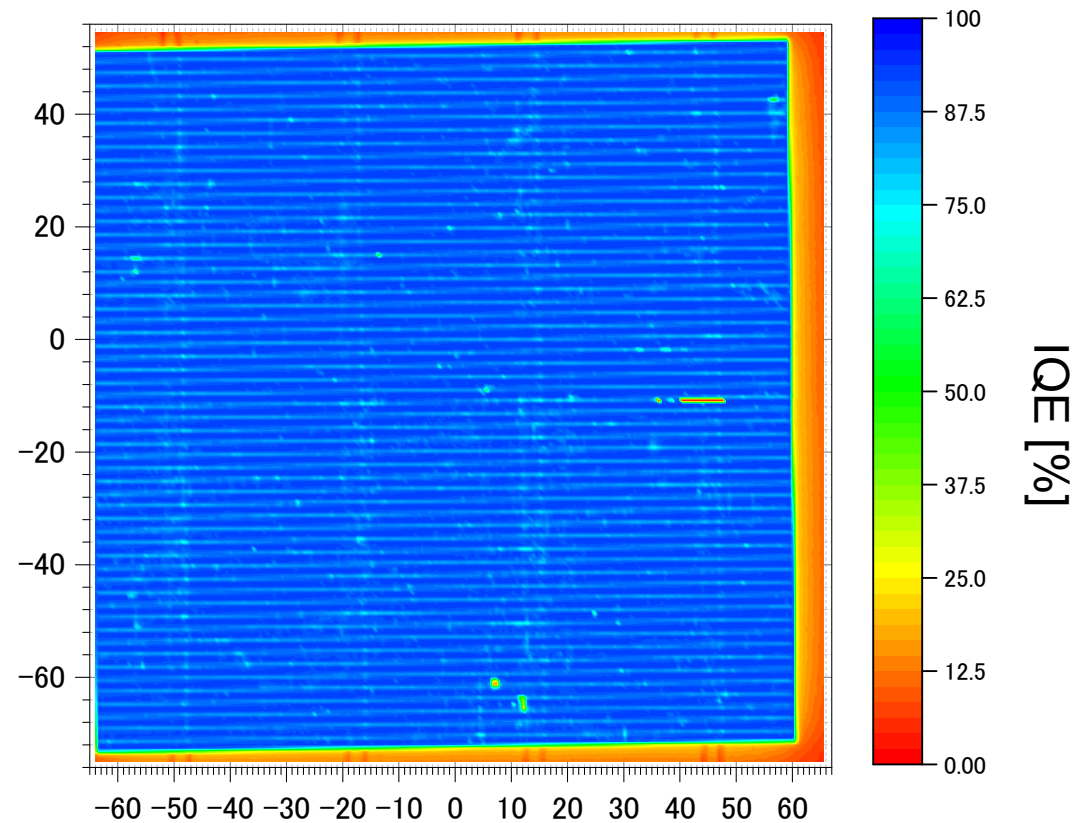
BSF, FSF形成時のP拡散の安定化温度、時間を変化させた。

⇒拡散プロセス中の熱履歴の最適化

⇒バルク劣化を抑制

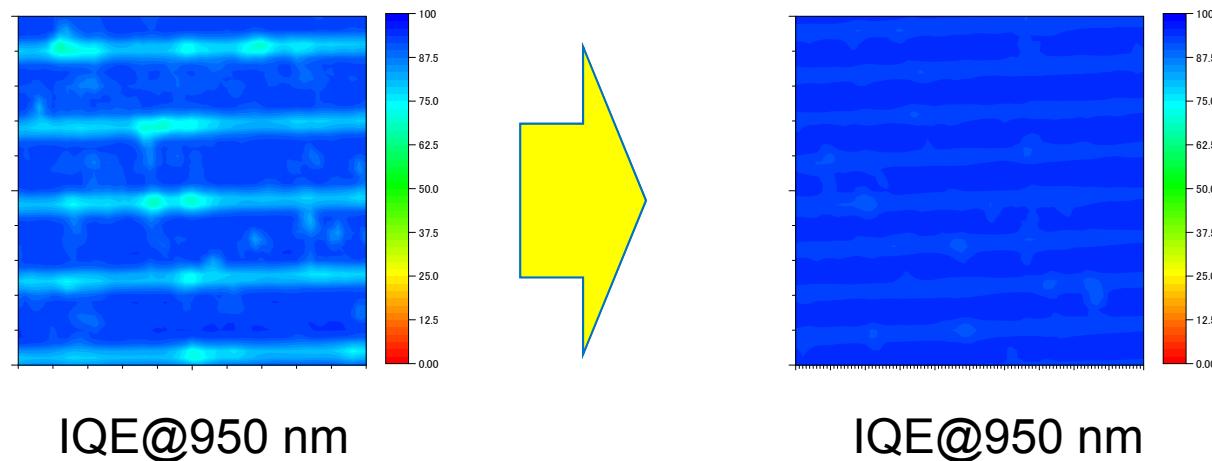


## 内部量子効率測定結果



試料全体で高いIQEを示すが、拡散パターンに沿ったIQEの低下が存在する  
⇒BSF領域(フィンガー)での電氣的遮蔽損失によるもの

## エミッタ領域-BSF領域のピッチ/比率の変更



- ✓ エミッタ領域およびBSF領域のピッチおよび比率を変更することでBSF領域で発生していた電氣的遮蔽損失を大幅に抑制

⇒  $J_{sc}$ を改善

- ✓ 各領域の狭小化によって直列抵抗が低下

⇒ FFを改善

## 両面特性

裏面照射時の遮蔽領域=

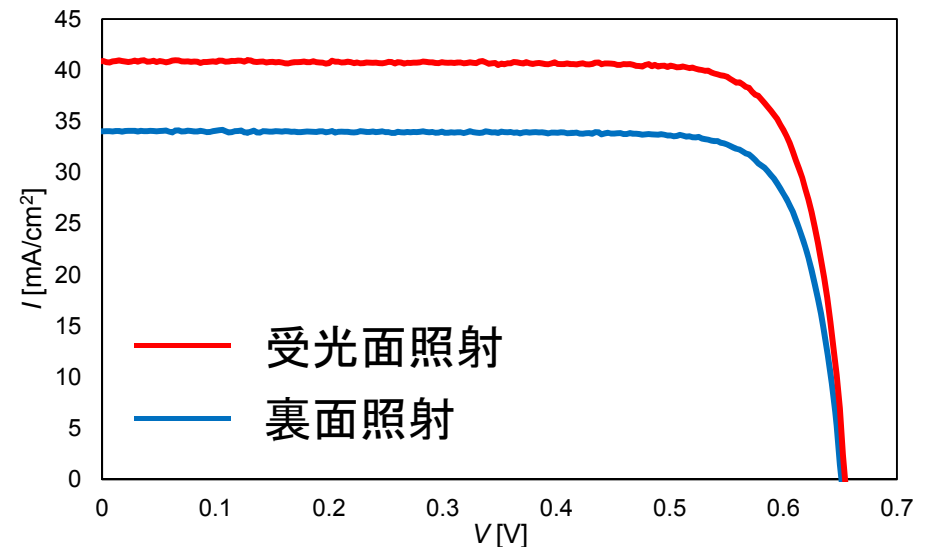
フィンガー電極+絶縁層+バスバー電極

裏面の遮蔽領域: ~14%

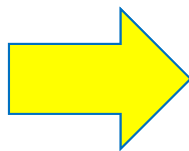
両面特性( $J_{sc}$  rear/  $J_{sc}$  front)= ~0.84

裏面の遮蔽領域: ~22%

両面特性( $J_{sc}$  rear/  $J_{sc}$  front)= ~0.74



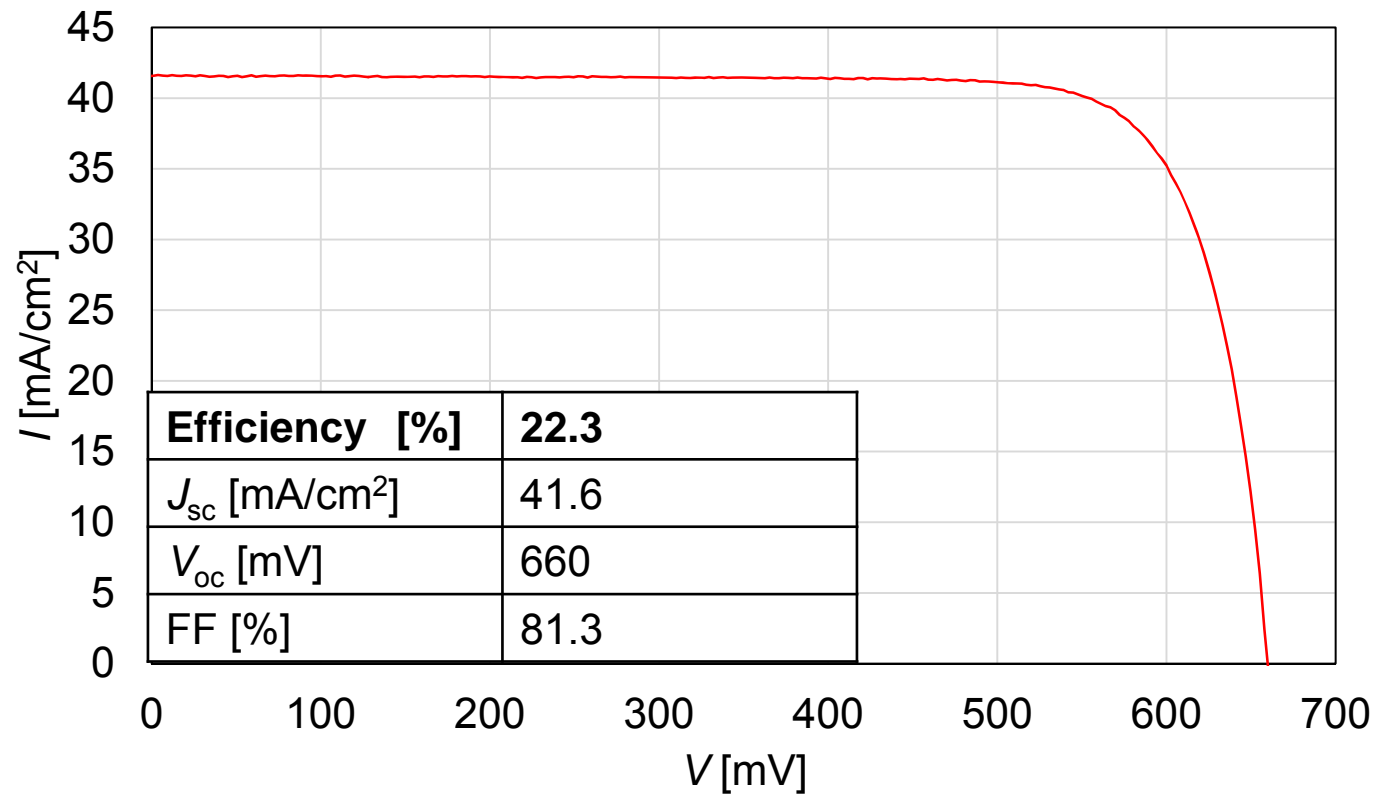
受光面および裏面から光照射した際のIV測定結果例



遮蔽領域とBSF領域でのキャリア再結合が裏面特性を決定している\*

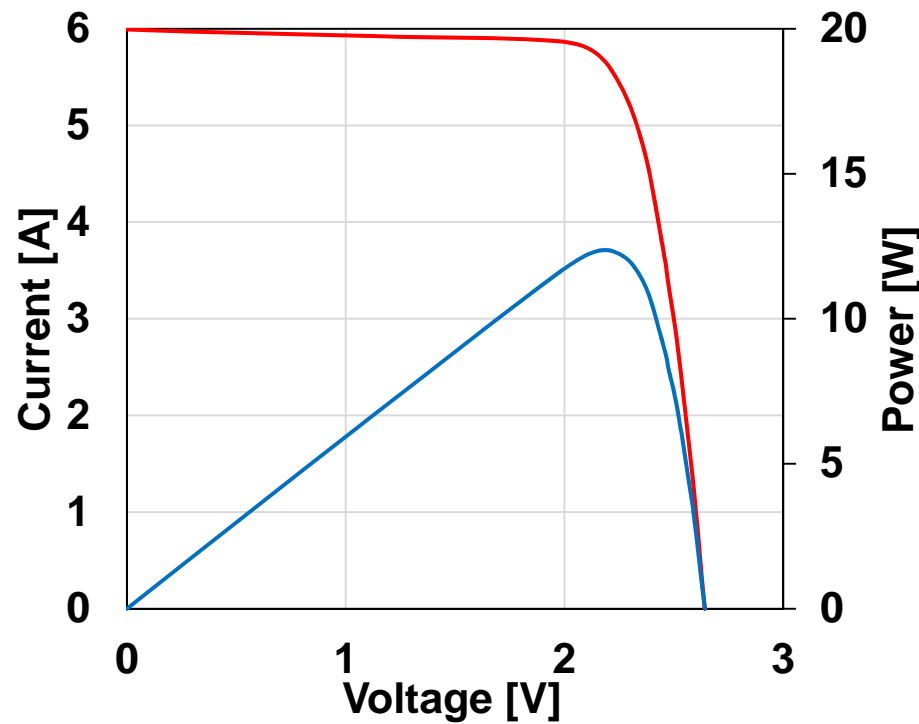
\*T. Tachibana et al., IEEE J-PV 9, 1526-1531 (2019).

## IV特性結果

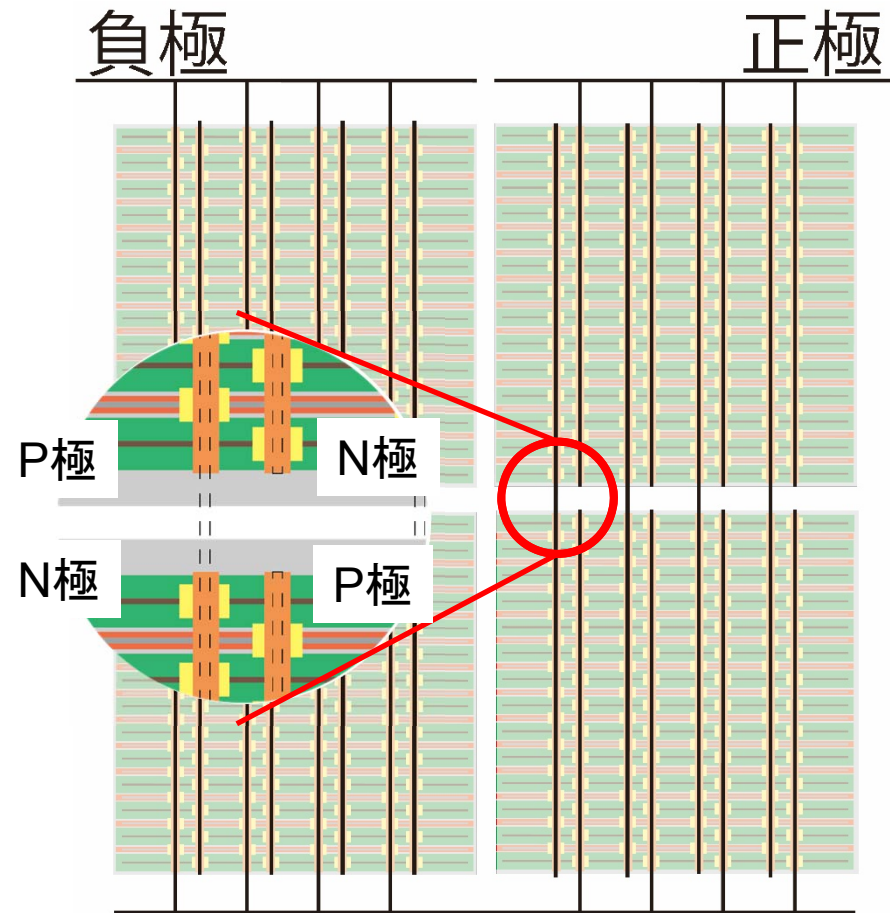


# モジュール作製

モジュール効率: 19.4%  
(セル特性22%前後のセルを使用)



4直モジュール特性結果



モジュール化時の配線イメージ

## 今後の予定

- ✓セル : 拡散領域のパターン改善、各工程のプロセス条件の改善などから、開放電圧 ( $V_{oc}$ )の更なる向上を図る。
- ✓モジュール : モジュール特性の向上に加え、加速試験等の評価を開始する。
- ✓展開 : タンデム型太陽電池のボトムセル基板として使用する。  
⇒3端子型スマートスタック多接合太陽電池(太野垣、他(P46))

## 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22.3%(セル面積: 156.25 cm<sup>2</sup>)を得た。
- ✓ 拡散領域パターンの変更・多層印刷構造の組み合わせにより、バスバー領域における特性劣化(Electrical shading loss)を抑制した。
- ✓ 4直モジュールを作製し、効率19.4%を得た。
- ✓ 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)  
木田康博、森谷正昭、宇都宮智  
浅尾秀一、伊野祐司

