

# 産総研およびFraunhofer ISE連携による GaAs//Si多接合太陽電池の検討について

○ 牧田 紀久夫<sup>1</sup>, 水野 英範<sup>1</sup>, 太野垣 健<sup>1</sup>, 高遠 秀尚<sup>1</sup>, 菅谷 武芳<sup>1</sup>,  
R. Muller<sup>2</sup>, F. Dimroth<sup>2</sup>

1)産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター, 再生可能エネルギー研究センター  
2)Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, Germany

## 背景

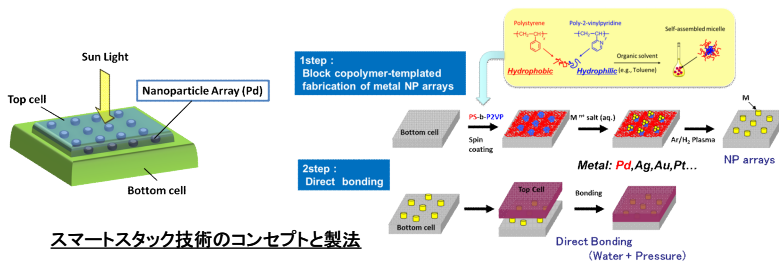
NEDOプロジェクトにおいて、2030年までに発電効率30%、発電コスト7円/kWhを実現することが目標とされている。中でも、III-V//Si 多接合太陽電池は最も可能性のあるデバイスで、当チームではその開発に注力している。本研究では、Fraunhofer研究所との連携のもと、産総研独自のスマートスタック技術を用いてInGaP/ AlGaAs// TOPCon Si 3接合太陽電池を試作し、発電効率~30.8%を達成した内容に関する。

**目標(2030年実用化)**  
モジュール効率>30%  
発電コスト<7円/kWh (US\$ 0.1/kWh)

**産総研の戦略**  
・異種材料接合型太陽電池 GaAs//Si (CIGS)  
・GaAsセルのコスト削減 Hydride VPE 低倍集光技術

## スマートスタック技術

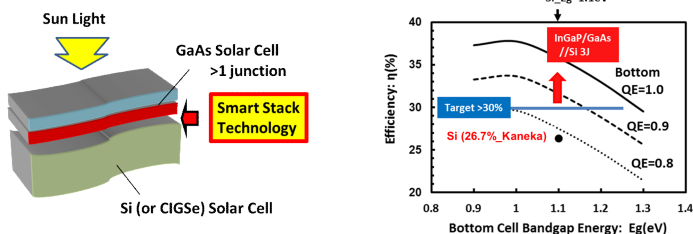
- ・接合界面に導電性であるPdナノ粒子アレーを介し接合する技術。
- ・Pdナノ粒子アレーは、ブロック共重合体を用いてセルフアラインで形成。
- ・接合界面での接合抵抗~1Ωcm<sup>2</sup>以下、光損失~3%以下であることが実験的に検証。



## デバイス概念

### GaAs//Si (CIGS) 多接合太陽電池の特長

- ・高効率GaAs系トップセルと低コストSiあるいはCuInGaSe (CIGSe)ボトムセルの組み合わせ。
- ・トップおよびボトムセルは、我々のキーテクノロジーであるスマートスタック技術を用いたタンデム。
- ・InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池の予測効率は30%を超える。
- ・さらに低倍集光技術の導入により、高価なGaAsセルのコスト削減が可能。

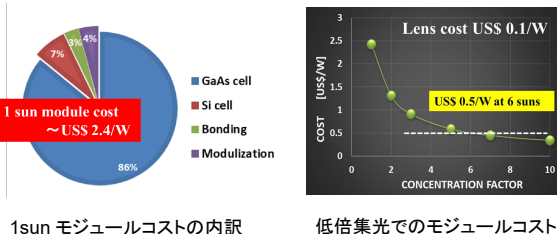


InGaP/GaAs//Si (CuInGaSe) 多接合太陽電池の構造と予測効率

## コスト試算

### GaAs//Si スマートスタックモジュールのコスト計算

- ・計算モデルは、InGaP/GaAs//Si 3接合スマートスタックモジュールモジュール効率\_30%、GaAs基板再利用回数\_10回 GaAs成長技術\_Hydride-VPE\*
- ・1sunでの基本モジュールコストは、US\$ 2.4/W。
- ・集光下においてはモジュールコスト削減、US\$ 0.5/W 以下が可能。

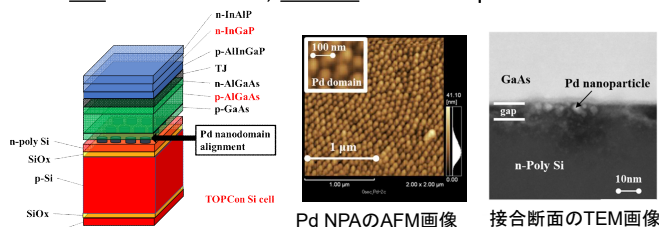


## 実験と考察

### GaAs//TOPCon Si 3接合太陽電池の性能

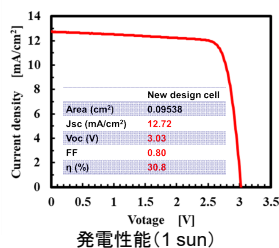
- スマートスタック技術を用いてInGaP/AlGaAs//TOPCon Si 3接合セルを試作。
- 1 sun (AM1.5G) 下で、発電効率~30.8% (産総研での最高性能) 達成。
- 高効率化は、デバイス構造の最適化による。
  - ・ミドルセルをGaAsからワイドギャップAlGaAsに変更
  - ・ボトムセルをAl BSF構造から低損失であるTOPCon構造に変更。

BSF: Back surface field, TOPCon: Tunnel oxide passivated contact

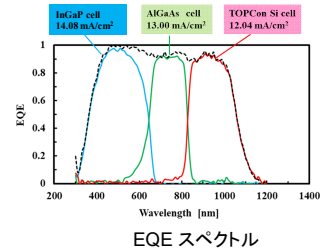


デバイス構造

接合界面の分析

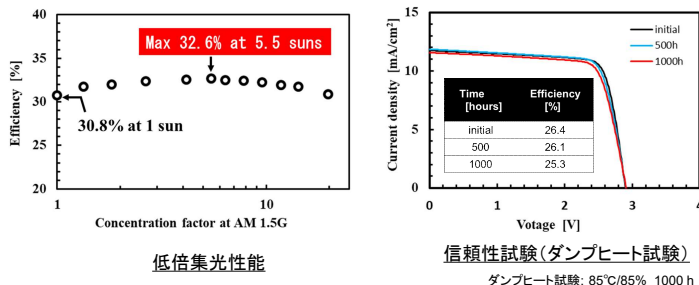


発電性能(1 sun)



EQE スペクトル

- 低倍集光下において最大発電効率~32.6% (5.5倍集光)を達成。
- 低倍集光域(<10倍)において30%以上の実用発電効率を維持。
- 初期信頼性試験(ダンプヒート試験)において、顕著な劣化は観測されず。
- スマートスタックによるGaAs//TOPCon Siの接合界面は、長期的な安定性が確認。



低倍集光性能

信頼性試験(ダンプヒート試験)

ダンプヒート試験: 85°C/85%\_1000 h

## 結論

産総研とFraunhofer研究所の連携により、スマートスタックGaAs//TOPCon Si 3接合太陽電池において、非集光下において発電効率~30.8%、また低倍集光下においても最大発電効率~32.6% (5.5倍集光)を達成した。これらの結果は、GaAs//Si 3接合太陽電池が、2030年のNEDO目標に向け有望なデバイスであることを示唆するものである。本研究は、国立研究開発法人NEDO「超高効率・低コストIII-V化合物太陽電池モジュールの研究開発」の委託の下で行われた。

Ref.

- 1) H. Mizuno *et al.*, Appl. Phys. Lett., 101, 191111 (2012).
- 2) K. Makita *et al.*, 29th European Photovoltaic Solar Energy Conf., 3A0.4.1, p. 1427 (2014).
- 3) H. Mizuno *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 55, 025001 (2016).
- 4) H. Mizuno *et al.*, Appl. Phys. Express, 10, 072301 (2017).
- 5) K. Makita *et al.*, Progress in Photovoltaics, to be published.