

# スマートスタックGaAs//Si低倍集光太陽電池における接合抵抗削減の検討

牧田 紀久夫・水野 英範\*・大島 隆治・太野 垣 健・高遠 秀尚\*・菅谷 武芳  
 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 先進多接合デバイスチーム  
 \*再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム

## 研究の目的

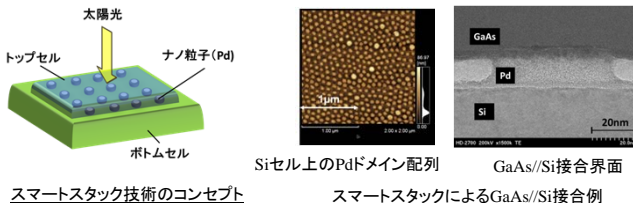
- 目標: モジュール効率30%以上、発電コスト7円/kWhを有する革新的太陽電池の実現
- 戦略: **GaAs/Si**あるいは**GaAs/CuInGaSe**多接合太陽電池の開発  
 産総研独自の**スマートスタック技術**の適用
- GaAsセル低コスト化技術の開発  
 ハイドライド(H-VPE)技術\*の適用
  - 非集光あるいは低コストに優位な**低倍集光(<10倍)**を開発

\*H-VPE技術: III族塩化物とV族元素化合物ガスを原料とした成膜技術。原料コスト低減によりGaAsセルの成膜コスト低減が期待。太陽日酸(株)と開発中(本報告会発表)。

本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)プロジェクト「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」の支援による。

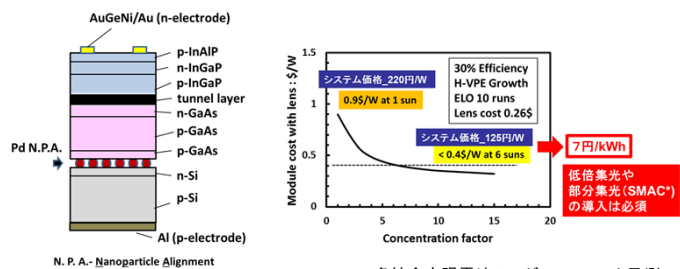
## スマートスタック技術とは?

- パラジウム(Pd)ナノ粒子を接合界面に配した接合化技術
- ブロック共重合体(ポリマー)をテンプレートとしたPd配列技術(量産性に優位)
- セル接合は $\sim 5 \text{ N/cm}^2$ 程度の軽い加重かつ室温下で行う
- 多接合太陽電池に適う低抵抗・低光損失の接合品質を実現



## GaAs//Si多接合太陽電池の開発状況

- スマートスタック技術により**InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池**を開発継続中
- 非集光性能として**発電効率27.7%**(昨年度実績25.1%)を実証
- SiボトムセルのQE効率向上により、発電効率30%以上が可能
- 低倍集光導入**により発電コスト7円/kWh以下が期待

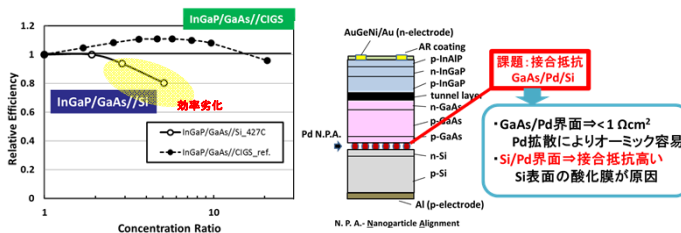


InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池  
 スマートスタック接合部は//で表示

GaAs//Si多接合太陽電池のモジュールコスト予測  
 SMAC: Smart stacking with Areal current matching and Concentration. 部分集光を用いたモジュール技術(本報告会発表)。

## 本研究の課題

- InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池における**低倍集光時の効率劣化**が顕在
- 高いデバイス抵抗**が原因と予測され、スマートスタックによるGaAs//Si接合部、特に**Pd/Si接合界面**が主要因と推測
- Siセル表面のプロセス由来の強固な酸化膜が関与

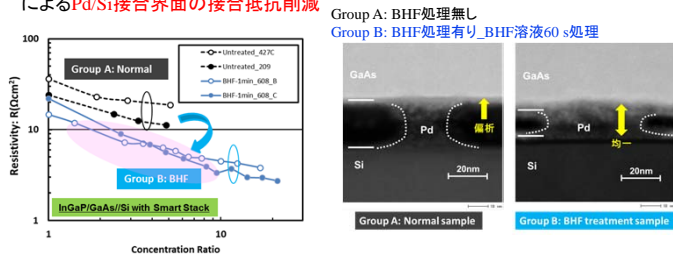


GaAs//Si系およびGaAs//CIGS系の低倍集光性能比較

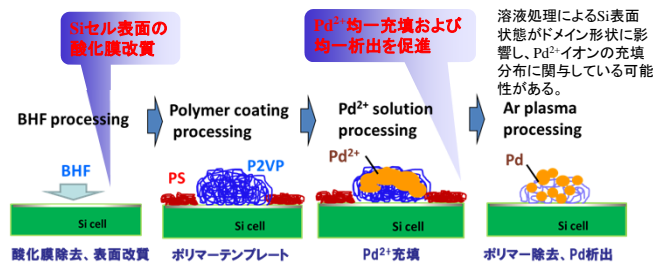
スマートスタックGaAs//Si系太陽電池における接合抵抗の課題

## 実験結果1: 接合抵抗削減

- バッファードHF(BHF)溶液**によるSiセルの表面処理法を検討
- BHF溶液処理により、集光時のデバイス抵抗は顕著に削減
- BHF溶液処理の効果は、**Si表面酸化膜の改質およびドメイン中のPd析出均一化**による**Pd/Si接合界面の接合抵抗削減**

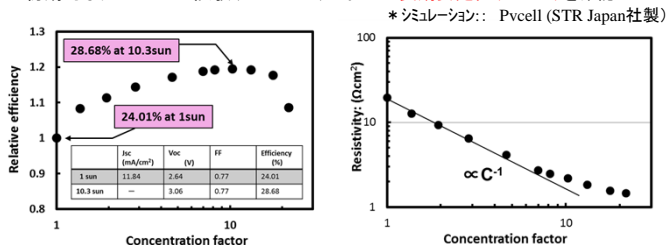


BHF溶液処理の有無によるGaAs//Si多接合太陽電池のデバイス抵抗および接合界面比較



## 実験結果2: 低倍集光性能

- BHF溶液処理を適用したInGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池において**低倍集光時の最大効率28.68% @ 10.3倍集光**を実現(昨年度実績23.74% @ 8.0倍集光)
- シミュレーション\*との整合により、**接合抵抗削減は1/10**であることを推測
- 初期的なダンプヒート試験(85°C/85%)において**長期安定性(1000 h)**を確認



BHF溶液処理を適用したInGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池の低倍集光性能およびデバイス抵抗

## まとめ

- InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池における**低倍集光時の効率劣化**を検討
- スマートスタック特有の**Pd/Si接合界面の接合抵抗**が主要因
- BHF溶液によるSi表面処理により、**接合抵抗は1/10程度**に削減
- BHF溶液処理したInGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池において、**低倍集光時の最大効率28.68% @ 10.3倍集光**を実現

Ref. [1] H. Mizuno et al., Appl. Phys. Lett., 101, 191111 (2012).  
 [2] K. Makita et al., Proc. 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 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., Proc. 33rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, p. 27 (2017).