

# 多接合太陽電池における GaAs 多重化構造の検討

中元 嵩<sup>1,2</sup>, 牧田 紀久夫<sup>2</sup>, 太野垣 健<sup>2</sup>, 大島 隆治<sup>2</sup>, 相原 健人<sup>2</sup>, 岡野 好伸<sup>1</sup>, 菅谷 武芳<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京都市大学 大学院 <sup>2</sup>産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター

## 研究の目的

**多接合太陽電池:** バンドギャップの異なる太陽電池を積層  
 ⇒ 太陽光スペクトルの有効利用 : 変換効率 ( $\eta$ ) >40%  
 製法: ①緻密な格子定数の制御により一貫結晶成長する方法 (モノリシック型多接合太陽電池) ⇒ SHARP 等  
 ②接合技術により構成セルを接合する方法 (メカニカルスタック型多接合太陽電池) ⇒ NREL, Fraunhofer ISE, Spectrolab 等

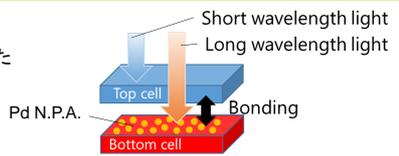
**目的:** スマートスタック技術による新たな高効率・低コスト多接合太陽電池の開発

### GaAs 多重化構造についての検討

スマートスタック技術を用いて GaAs / GaAs // InGaAsP 3接合太陽電池の試作および評価

### スマートスタック技術とは

- 接合界面に金属ナノ粒子 (Pd N.P.A.) を介させたセル接合技術
- 金属ナノ粒子はブロック共重合体を用いて配列

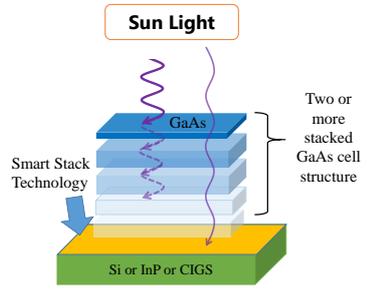


接合面での低抵抗 (<1  $\Omega\text{cm}^2$ ) 低光損失 (<2%) を実現 スマートスタック技術のコンセプト図

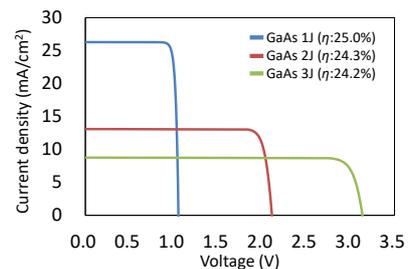
## GaAs 多重化構造

**基本構造:**  
**GaAs 多重化構造を有した多接合太陽電池**  
 ⇒ 比較的容易な技術で成長可能  
 ⇒ ボトムセル材料に合わせて最適な多重数を設定可能

**理論計算:**  
 計算によると3接合構造まで変換効率約25%を維持



GaAs 多重化構造を用いた多接合太陽電池のコンセプト図



GaAs 多重数に対する理論 J-V 特性と予測変換効率

### 計算方法:

$$I = I_S \left( \exp\left(\frac{q(V-I R_S)}{k_B T}\right) - 1 \right) + I_R \left( \exp\left(\frac{q(V-I R_S)}{2k_B T}\right) - 1 \right) + \frac{V-I R_S}{R_{SH}} - I_L$$

- $I_S$ : 飽和電流  $I_L$ : 定電流源  $I_R$ : 再結合電流
- $R_S$ : シリーズ抵抗 ( $R_S = 1 \Omega$ )
- $R_{SH}$ : シヤント抵抗 ( $R_{SH} = 10^4 \Omega$ )

※多接合太陽電池の J-V 特性はキルヒホッフの電流則に従い合成

## 結論と今後の方針

**(結論)**  
 ・GaAs 多重化構造をトップセルとする多接合太陽電池を提案、実証  
 ・スマートスタック技術による GaAs/GaAs//InGaAsP3 接合太陽電池を試作、  
 変換効率 20.2% を実現  
 ・GaAs 多重化構造の有用性を確認

**(今後の方針)**  
 ・GaAs 多重化構造の最適化及び Si ボトムセル等との多接合化

## 参考文献

- H. Mizuno et al., Japanese Journal of Applied Physics. 55, 2016, pp.025001.
- T. Sugaya et al., 27th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, 2017, 3ThPo.127.

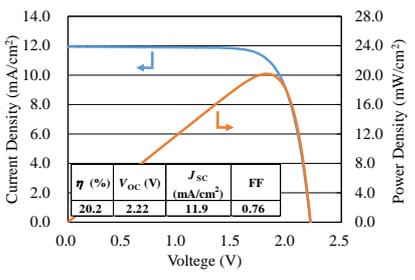
## 謝辞

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) の支援を受けて行われた。

## 実験と考察

**作製した多接合太陽電池:**  
 ・スマートスタック技術を用いて GaAs / GaAs // InGaAsP 3接合太陽電池を作製  
 吸収層厚; 200 nm / 1500 nm // 2500 nm  
 バンドギャップエネルギー; 1.42 / 1.42 // 1.15 eV

**発電特性 (1sun AM1.5G):**  
 ・変換効率 ( $\eta$ ): 20.2%  
 $V_{OC}$ : 2.22 V,  $J_{SC}$ : 11.9 mA/cm<sup>2</sup>, FF: 0.76



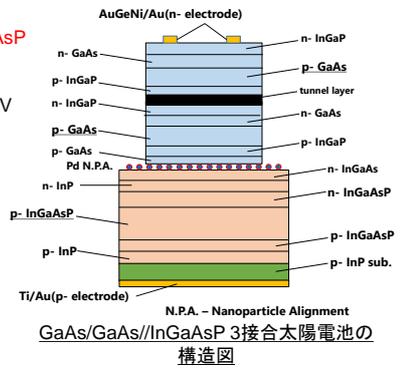
GaAs/GaAs//InGaAsP 3接合太陽電池の J-V, P-V 特性 (1sun AM1.5G)

**考察:**  
 予測変換効率 ~30% 以上  
 ⇒ 実験変換効率 ~20.2%

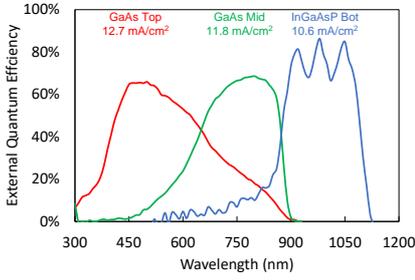
- $V_{OC}$  縮小が顕著  
 ⇒ 予測  $V_{OC}$  ~2.76 V → 実験  $V_{OC}$  ~2.22 V  
 ・GaAs 単セルの  $V_{OC}$  不十分 ( $V_{OC}$  ~0.9 V)  
 ・結晶品質、セル構造等の最適化要

- 電流不整合による  $J_{SC}$  縮小 (EQE 特性)  
 ⇒ GaAs 2重トップセル間での電流不整合  
 ・GaAs Top / Middle ~12.7 / 11.8 mA/cm<sup>2</sup>  
 ・多重化構造の設計高度化要  
 ⇒ InGaAsP ボトムセルが電流律速要因  
 ・InGaAsP Bottom ~10.6 mA/cm<sup>2</sup>  
 ・GaAs//InP 接合界面に起因した干渉出現  
 ・接合界面での反射による電流損失発生  
 ・接合品質改善要

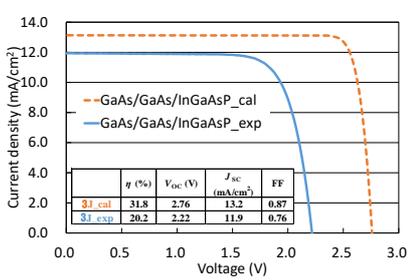
個別セルの性能向上およびセル構造最適化、  
 接合プロセス改善により、高効率化を目指す



GaAs/GaAs//InGaAsP 3接合太陽電池の構造図



GaAs/GaAs//InGaAsP 3接合太陽電池の外部量子効率 (EQE)



理論予測および実験 J-V 特性の比較