

高効率（～30%）GaAs//CIGSeタンデム太陽電池の開発

研究の背景

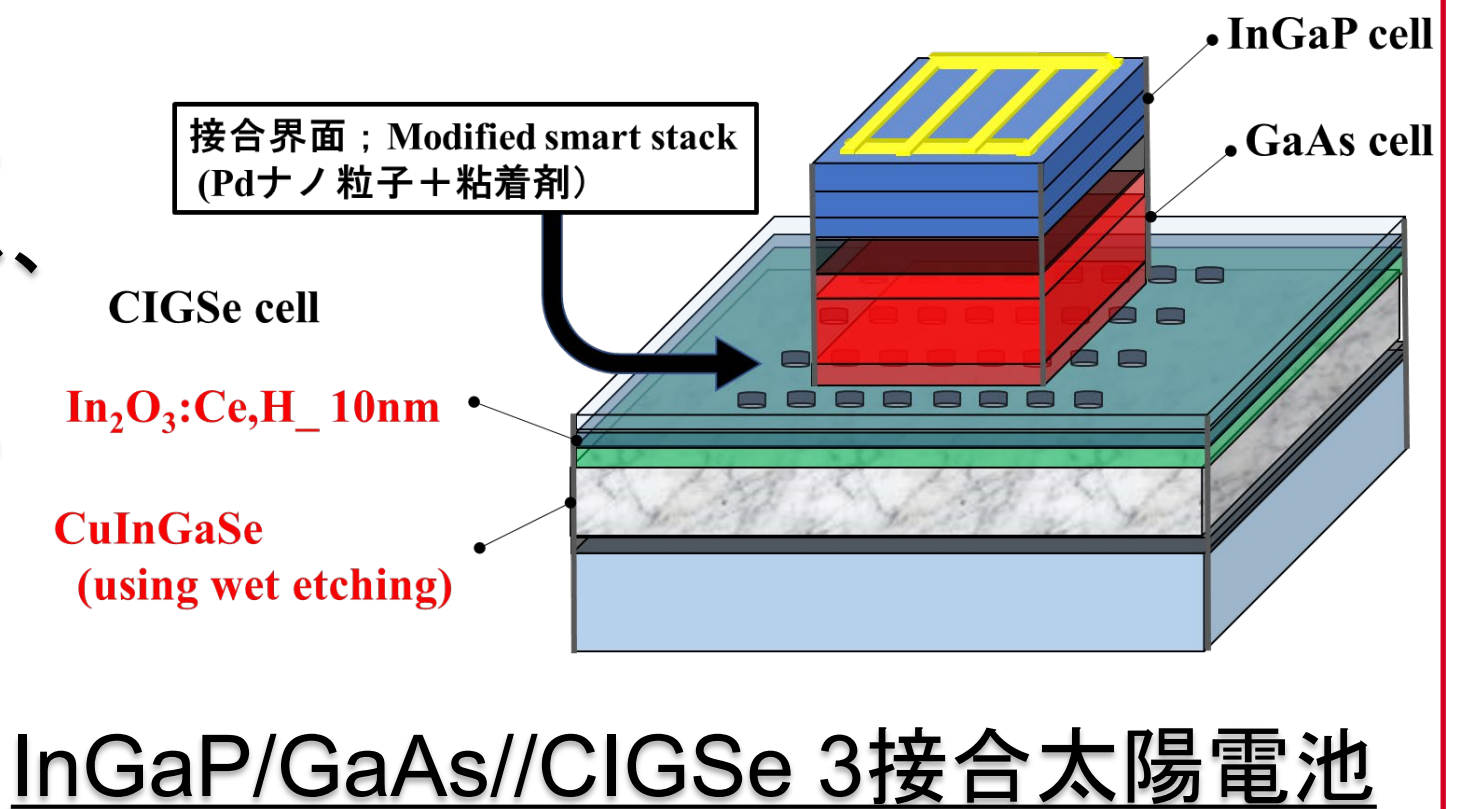
CO₂削減に向けて再生エネルギーの開発が進められており、特に次世代移動体等への太陽電池搭載を目指しNEDOプロジェクトが遂行されている。自動車の自立走行のためには発電効率30%、1kW以上が必要となり、該プロジェクトでの開発目標は2024年度までに発電効率33%かつ量産時のモジュールコスト200円/W以下の曲面モジュールを開発することが示されている。

本研究では、独自のスマートスタック(Smart stack)技術を用いたGaAs系タンデム太陽電池の開発を行ってきた。今回、接合技術の改善および構造最適化によりInGaP/GaAs//CIGSe 3接合太陽電池において、**効率～31%**(世界最高性能:in-house測定)を達成した。

素子構造

Modified smart stack(製造法参照)を適用し、InGaP/GaAsトップセル、CIGSeボトムセルからなる3接合構造を試作した。特に、高効率化のために、**タンデム用として適化した高性能CIGSeセル¹⁾**を適用した。

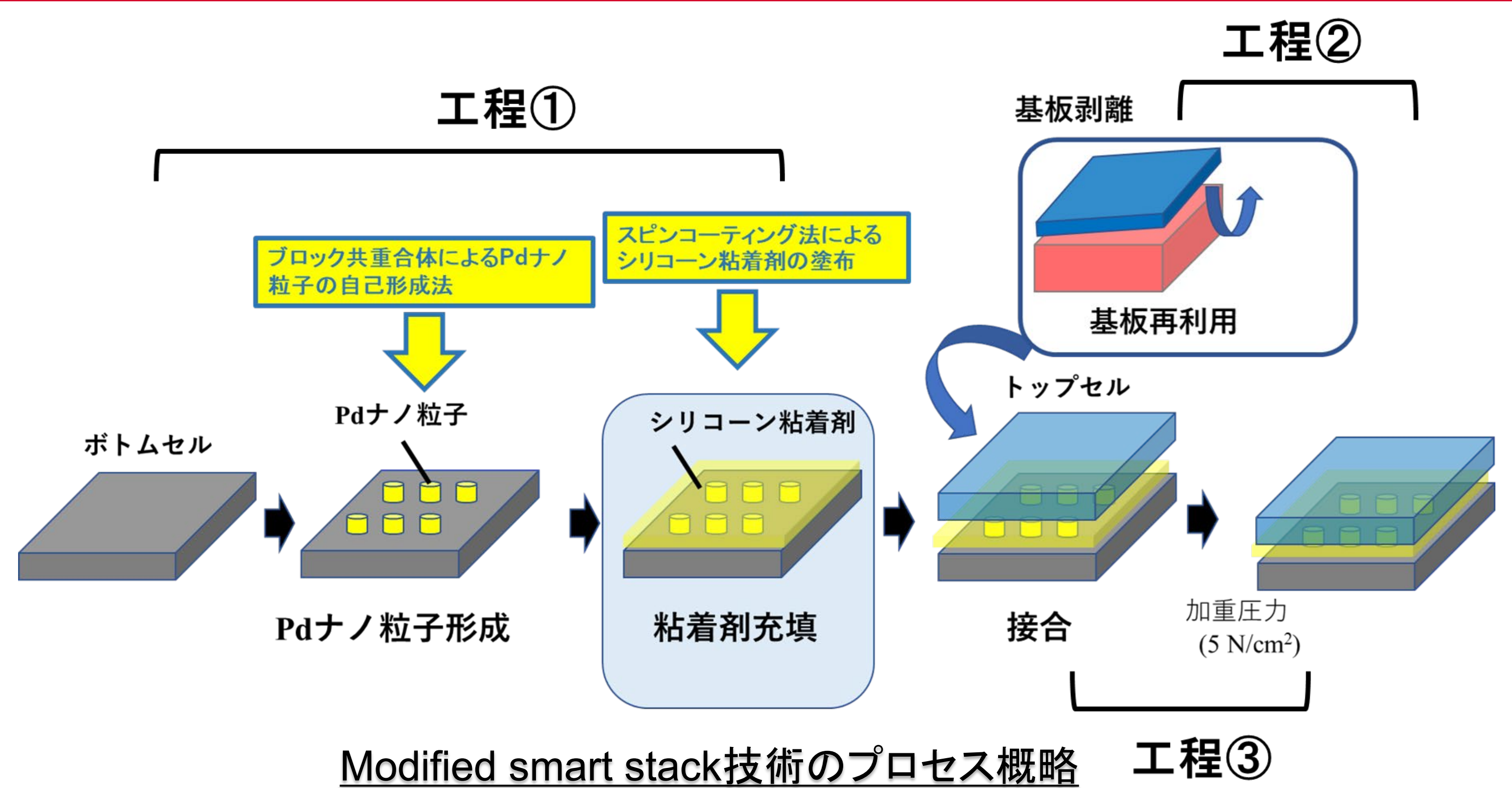
- 1) CIGSeセルは、以下の改善をした。
- ① Gaの分布(Ga-grading)を適化し、吸収層のEg～1.0eVを実現
 - ② 接合界面の反射損失低減のため下記の技術を適用、
 - ・エッチングによるCIGSe平滑化
 - ・TCO層の薄膜化(In₂O₃:Ce,H)



製造法

本研究では、Smart stack²⁾を改良し、Pdナノ粒子と粘着剤³⁾を接合界面に適用して、接合強度の改善を実現した(Modified smart stack技術)。工程は、①ボトムセル上へのPdナノ粒子配列および粘着剤塗布、②GaAsトップセルのエピタキシャルリフトオフ剥離(ELO)⁴⁾、③加重接合、からなる。

- 2) 産総研独自のPdナノ粒子を介在した半導体接合技術。
- 3) 粘着剤は、シリコン系粘着剤。信越シリコン(株)製X-40-3306。高温高湿耐性に優れる。
- 4) ELO法は、HF溶液等を用いて、GaAs基板からGaAsエピを剥離する技術。

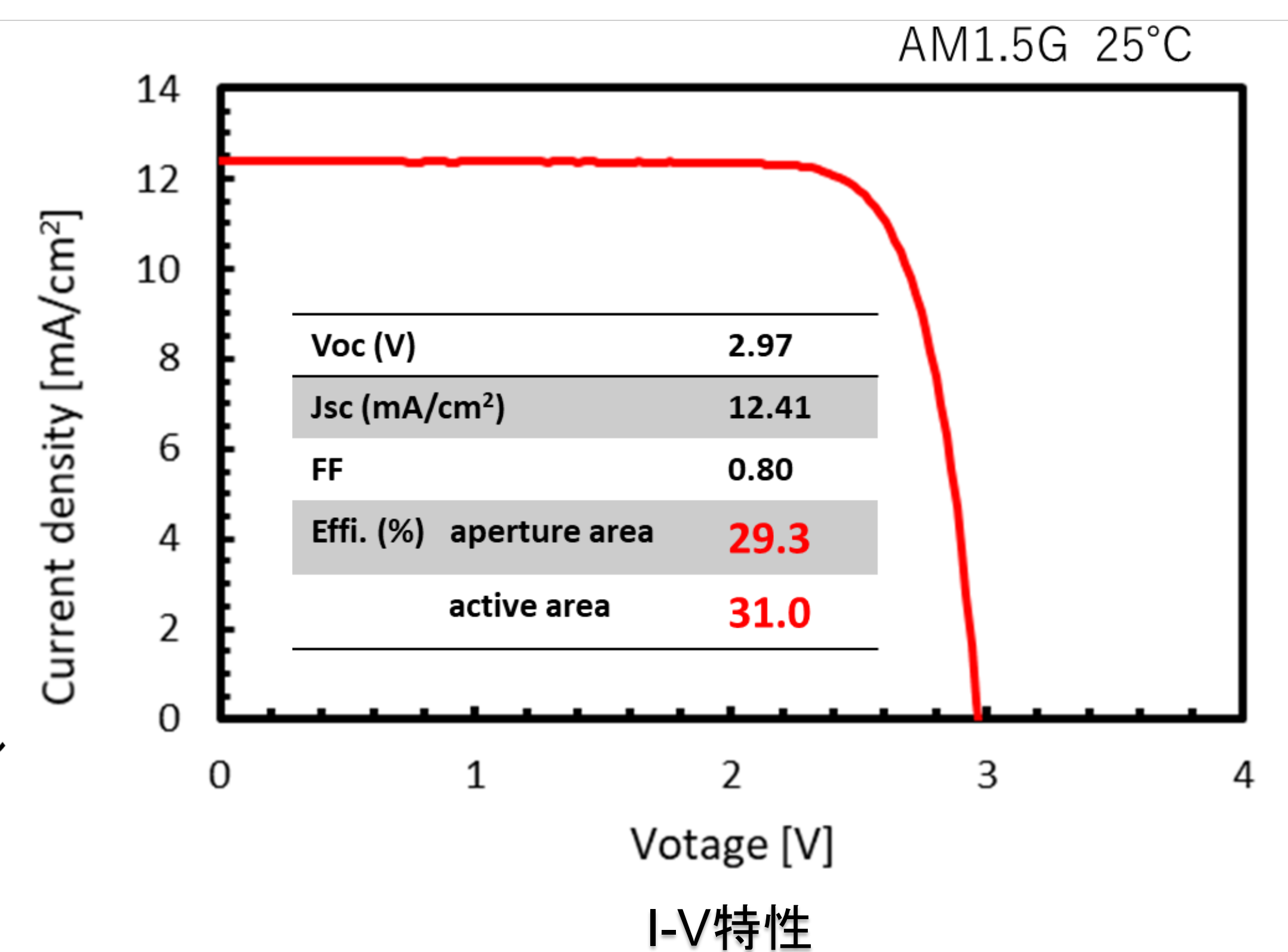
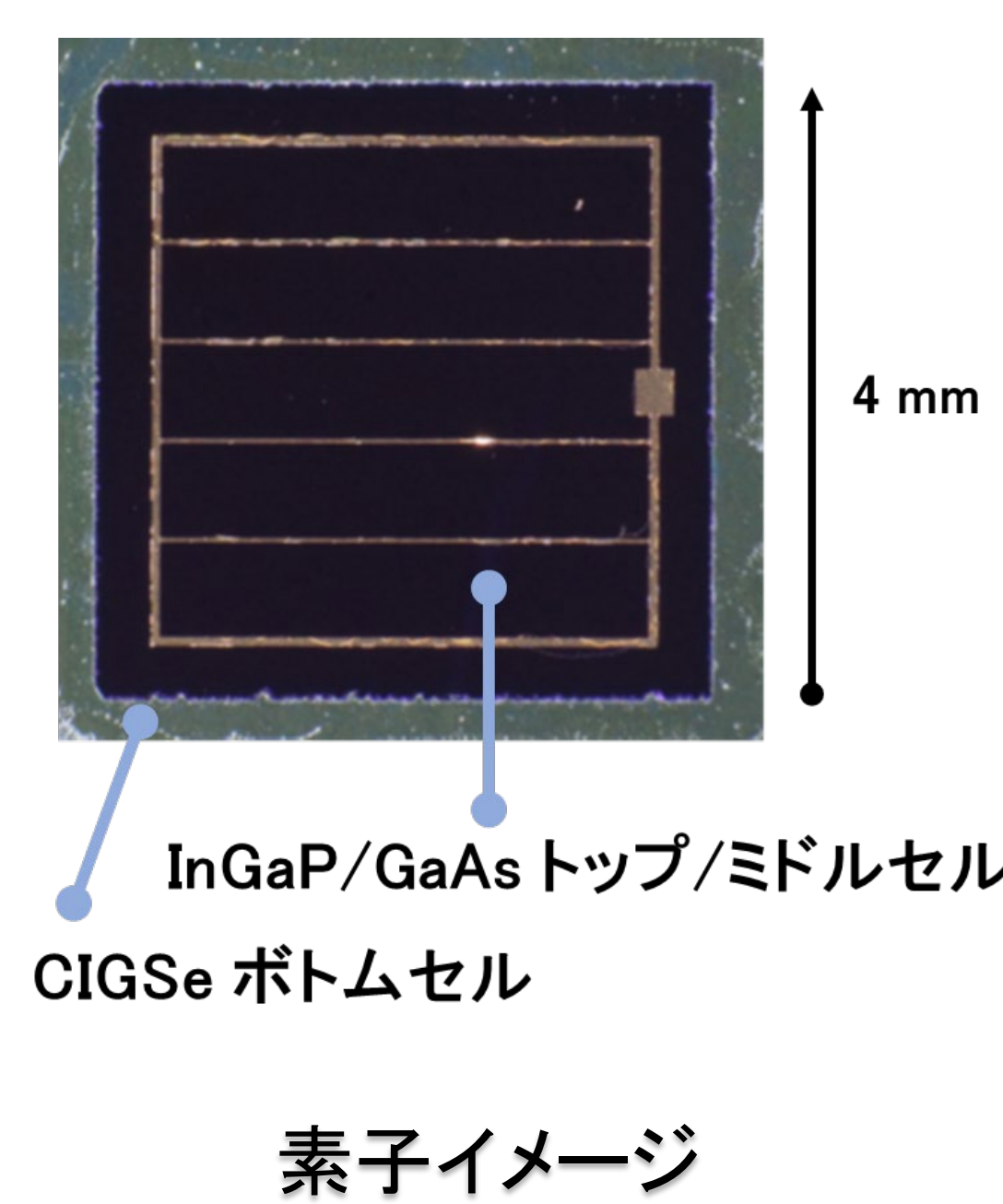


結果

InGaP/GaAs//CIGSe 3接合構造で、**発電効率～31.0%**を達成。2端子型GaAs//CIGSe系タンデムセルとして**世界最高性能**。

- ・ Modified smart stackにより、GaAs系セルとCIGSeセルとの安定接合を実現。
- ・ 高性能CIGSeセルにより、光電流を増大。
- ・ 面積電流整合法⁵⁾を適用し、効率を最大化。
- ・ 構造最適化等によりさらなる高効率化可能、予測最大効率～35%である。

- 5) 面積電流整合法(area current matching)は、電流不足しているセルの面積を拡大して電流補充をする方法。層構造制御による電流整合法に比較して、簡便に整合が得られる。本実験では、電流不足のCIGSeセルの面積を1.1倍に拡大したセル構成とした。



InGaP/GaAs//CIGSe 3接合太陽電池の特性

結論

- ・ Pdナノ粒子と粘着剤を介在したModified smart stack技術を開発。
- ・ InGaP/GaAs//CIGSe 3接合太陽電池で、**発電効率～31.0%**を達成(世界最高性能)。
- ・ 現在、実用化を目指し大面積化(4インチ化)⁶⁾に着手。
- 6) 現NEDOプロジェクトでは、接合セルの大面積化が目標(2024年度4インチ化)。現在、Modified smart stackと新たに開発した転写技術により大面積化が進展、実用化を加速させている。

謝辞: この成果は、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)の委託業務(JPN20015)の結果得られたものである。

参考文献等

- (参考文献)
- H. Mizuno *et al.*, Appl. Phys. Lett., 55, 025001 (2016).
 - Y. Kamikawa *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces, 12, 45485 (2020).
 - K. Makita *et al.*, Progress in Photovoltaics, 29, 887 (2021).
 - K. Makita *et al.*, IEEE Journal of Photovoltaics, 12, 639 (2022).
 - K. Makita *et al.*, Progress in Photovoltaics, 31, 71 (2023).
- (関連特許)
- 水野等、特許5875124、「半導体素子の接合方法および接合構造」
 - 上川等、特許7272561、「太陽電池およびその製造方法」
 - 牧田等、特願2019-216602、「半導体素子の接合方法および接合構造」