

スマートスタック技術を用いた III-V//Cu(InGa)Se₂ タンデム型太陽電池の開発

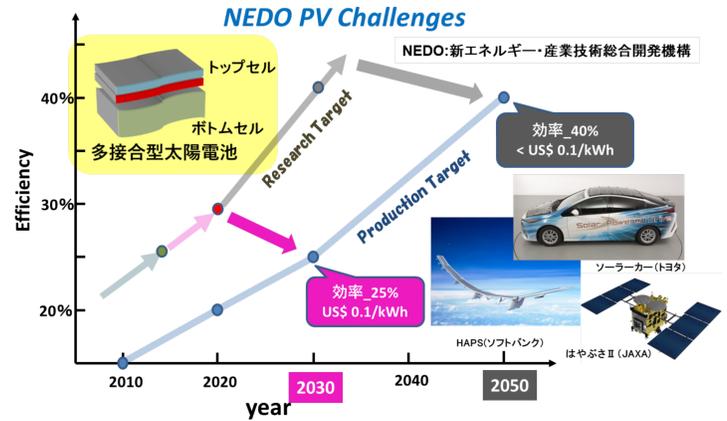
牧田紀久夫¹、上川由紀子²、水野英範³、大島隆治¹、庄司靖¹、
石塚 尚吾²、菅谷 武芳¹、Ralph Müller⁴、Frank Dimroth⁴

産業技術総合研究所 1 ゼロエミッション国際共同研究センター、2 省エネルギー研究部門、
3 再生可能エネルギー研究センター、
4 Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (独)

研究の目的

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、特に次世代自動車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31%、1kWh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。

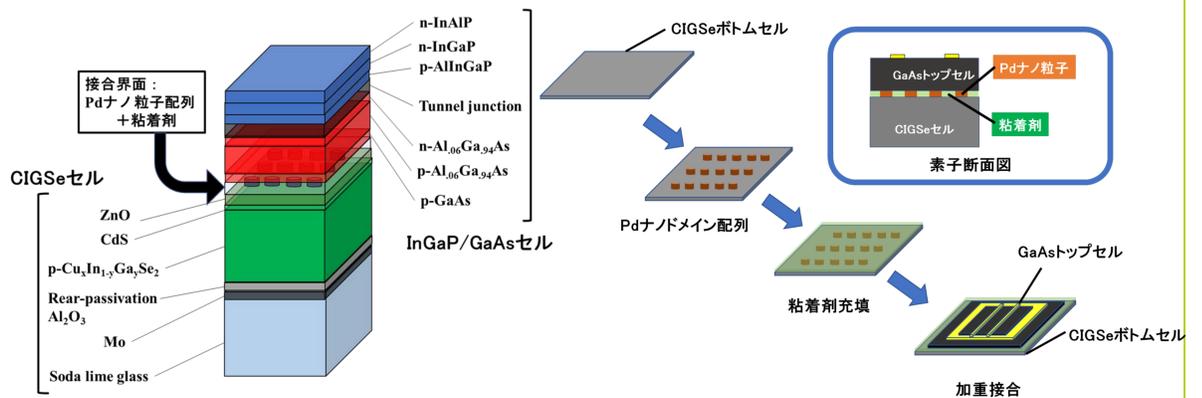
本研究では、高効率かつ曲面形状が可能なIII-V//Cu(InGa)Se₂ (以下CIGSe) 多接合太陽電池の開発を行っており、今回Fraunhofer研究所 (以下FhISE、独) と連携のもと、GaAs//CIGSe 3接合太陽電池を試作し、**発電効率~27.2%**を達成した。



多接合太陽電池の開発ロードマップ

実験

- 従来スマートスタック接合技術¹⁾では、CIGSeの表面ラフネス/撥水性により接合が困難
- Pdナノ粒子に粘着剤²⁾を介在したスマートスタック技術を新たに開発 (右図参照)
- 上記技術によりInGaP/AlGaAs//CIGSe 3接合太陽電池を試作
 - GaAs系トップセル: FhISE研究所が開発
 - CIGSeボトムセル: 産総研が開発
 - 独自の平滑処理/素子構造³⁾で性能適化



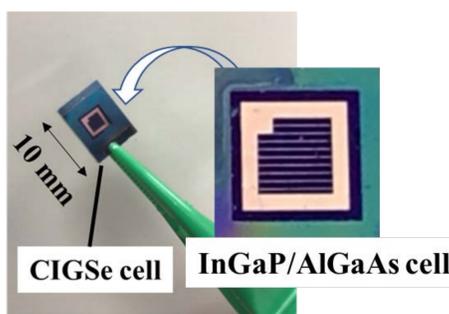
InGaP/AlGaAs//CIGSe 3接合太陽電池の構造

新たに開発された粘着剤を介在したスマートスタック技術

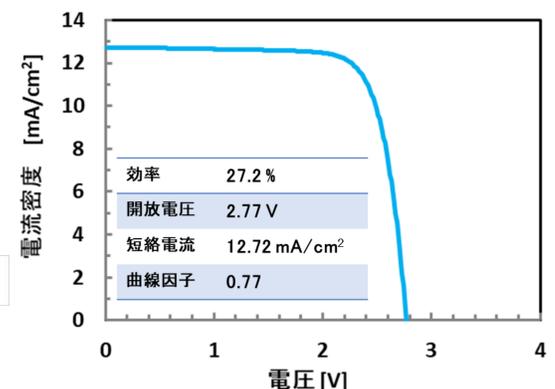
- 産総研独自のPdナノ粒子を介在した半導体接合技術。
- 粘着剤は、シリコン系粘着剤。信越シリコン(株)製X-40-3306。高温高湿耐性に優れる。
- CIGSeはBr₂系エッチング、CMP研磨 (Chemical Mechanical Polishing) により平滑化を行った。また、CIGSe吸収層もGaの分布を適化しEg-1.05eVを実現、ボトムセルとしてのスペックを改善した。

結果1 (素子特性)

- 発電効率~27.2%達成 (従来: 24.2% at 産総研_2014)
- 2端子GaAs//CIGSe系素子として**最高性能**
 - CIGSeセルの平滑化および粘着剤介在によるスマートスタック技術適用で**安定接合を実現**
 - AlGaAsミドルセルの適用およびCIGSeセルの長波長化により**電流整合条件が改善**



InGaP/AlGaAs//CIGSe 3接合太陽電池の外観

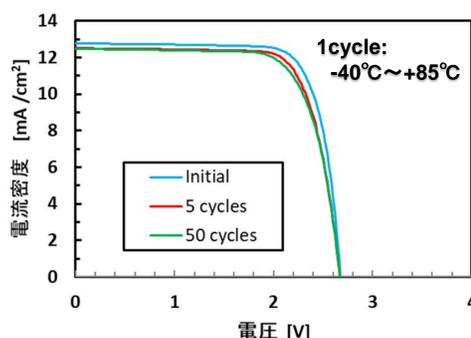


発電特性

- シミュレーションによる**予測発電効率~35%**
 - CIGSe性能向上 (ボトムセルとしての特性最適化)
 - 接合界面の反射損失改善 (ZnO層薄膜化等)

結果2 (信頼性試験)

- 信頼性初期検証として**温度サイクル試験**を実施 (50サイクル (-40°C~+85°C))



温度サイクル試験

- 剥離等の外観損傷無し
- 発電効率の劣化率10%以下
- 初期的な素子耐性を確認**

まとめ

- Pdナノ粒子に粘着剤を介在した新スマートスタック技術開発
- InGaP/AlGaAs//CIGSe 3接合セルで発電効率~27.2%達成
- 温度サイクル試験により良好な初期信頼性を確認
- 今後は、高効率化(35%)およびCMPフリー/大面積化等が目標 (主要論文)

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, 28, 16 (2020)

(主要特許)

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、特願2019-056782「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」