

スマートスタック実用化に向けて -GaAs/Si多接合太陽電池の開発-

牧田紀久夫・水野英範*・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多接合型太陽電池**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族水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

- 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で行う
- 多接合太陽電池に適う接合品質を実現(接合抵抗 $<1\ \Omega\text{cm}^2$ 、光損失 $\sim 2\%$)

スマートスタック技術のコンセプト

スマートスタックによるGaAs/Si接合例

GaAs//Si多接合太陽電池の構造

- スマートスタック技術により**InGaP/GaAs//Si 3接合太陽電池**を試作
- InGaP/GaAs//Si 3接合セルでの**予測発電効率 $\sim 30\%$ 以上**
- SiボトムセルのQE効率向上が鍵、高効率Siセル(PERC, HIT等)の適用も視野

InGaP/GaAs//Si 3接合電池

スマートスタック接合部は(//)で表示

InGaP/GaAs//Si多接合太陽電池の予測効率

実験I: 素子性能

- 1 sunでの発電効率 $\sim 25.12\%$ (昨年度 $\sim 23.08\%$)
- 低倍集光での発電効率 $\sim 23.74\%$ (at 8.0 suns)
- 電流整合調整および構成セルの開放電圧改善により更なる性能向上が可能

1 sun発電特性

低倍集光発電特性

1 sunで最高性能を記録した素子とは異なる

実験2: 信頼性検証

- 稼働30年を保証する信頼性試験法の検討
- 高温通電試験、温度サイクル試験からなる試験仕様を提案
- 初期検証として、GaAs//Si 3J素子の加速劣化試験(150°C/100 h)、温度サイクル試験(-40°C \sim +85°C/200サイクル)を実施、1 sun性能での劣化が無いことを確認
- 活性化エネルギー $E_a=1\text{eV}$ を想定すると、**推定素子寿命 $>15 \times 10^4\text{h}$ (60°C)が推測**(照射稼働時間に換算し >30 年相当)
- 投入サンプル数を増やし、本格的な試験を実施予定(H29年度以降)

GaAs//Si系多接合太陽電池の信頼性試験法

信頼性試験前後の発電特性比較例(InGaP/GaAs//Si 3J太陽電池)

モジュール化およびコスト試算

- 非集光、低倍集光モジュール2形態を検討開始
- 非集光モジュールは、Si技術と整合した形態
- 低倍集光モジュールは、トラッキングフリーなレンズを搭載し、 <10 倍集光での稼働を想定
- 量産実装技術として、PDMSシートを用いた一括転写法および超臨界洗浄乾燥を用いた搬送法を開発、セルアレー化に成功
- GaAs/Si系太陽電池のモジュールコスト試算
- 非集光モジュール0.9 \$/W、低倍集光モジュール <0.4 \$/W at 6sunsが試算

スマートスタックGaAs//Si系太陽電池のモジュールコスト計算

まとめ

- 次世代の高効率、低コストGaAs//Si系多接合太陽電池を開発
- InGaP/GaAs//Si 3接合素子で非集光効率25.12%、低倍集光効率23.74% (at 8 suns)まで進捗
- GaAs//Si系多接合太陽電池の信頼性試験法を提案(高温通電試験、温度サイクル試験)
- InGaP/GaAs//Si 3接合素子で初期的な信頼性試験を行い、長期信頼性を確認
- モジュールとして非集光および低倍集光の2形態を提案
- モジュール形態想定のもと、転写法および搬送法の量産実装技術開発(参考文献)

*H. Mizuno *et al.*, Proc. 43rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1923-1925 (2016).
*K. Makita *et al.*, Proc. 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1390-1392 (2016).