

GaAs 3重構造 on Si スマートスタック 4接合太陽電池の作製

中元 嵩^{1,2}・牧田 紀久夫¹・太野垣 健¹・大島 隆治¹・相原 健人¹・岡野 好伸²・菅谷 武芳¹

- 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
- 東京都市大学 総合理工学研究科 情報専攻

研究の目的

Siボトムセルへの適用 ⇒ **低電流型のトップセル**

現状：2接合太陽電池の薄膜化で光を透過

課題：トップセルの効率を意図的に下げている



解決策：低電流かつ効率低下させない**3接合太陽電池の開発**

実験例

InGaP/AlGaAs/GaAs ⇒ MBEの場合AlGaAsの特性が悪い [1]

InGaP/InGaAsP/GaAs ⇒ InGaAsPの組成制御が困難 [2]

InGaP/GaAs/GaAs ⇒ 良好な結果 [3]

GaAsを多重化すると更なる有用性がある

GaAs多重化構造

多接合太陽電池の新たなトップセルとして提案

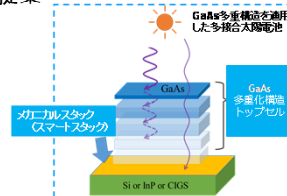
特徴：

・積層構造が単純で**結晶成長が容易**
⇒H-VPE法に適用が可能

・多重数により**電圧・電流値の制御**が可能
⇒様々なケースに対応可能
ex. 太陽電池, 光電力伝送 [4], 太陽光水分解

課題：

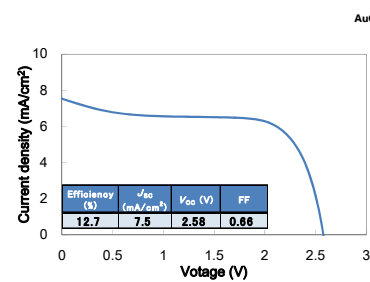
・電流整合条件を満たさないと高効率化が困難



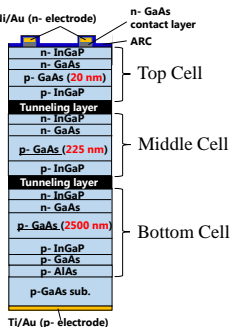
実験

GaAs系トップセルを比較する

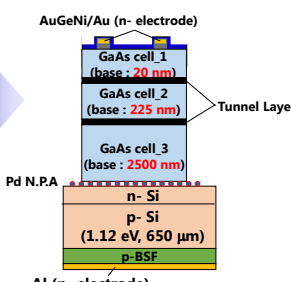
⇒GaAs 3重構造をSiボトムセルに適用 (スマートスタック)



GaAs 3重構造太陽電池のJ-V特性 (トップセル)



GaAs 3重構造太陽電池の構造図

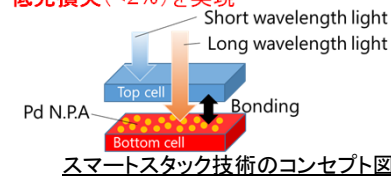


今回作製した GaAs 3重構造 on Siの構造図

スマートスタック技術 [5]

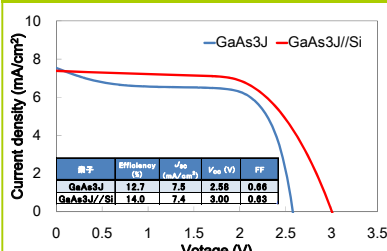
・接合界面に金属ナノ粒子 (Pd.N.P.A) を介在させたセル接合技術
・金属ナノ粒子はブロック共重合体を使用

**接合面での低抵抗 (<1 Ωcm²)
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

結果と考察

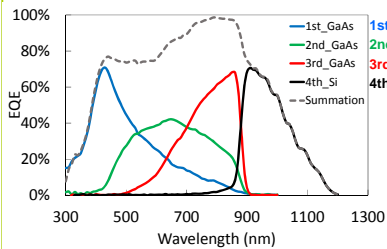


GaAs 3重構造 on SiのJ-V特性

V_{oc} : 2.6 V ⇒ 3.0 V

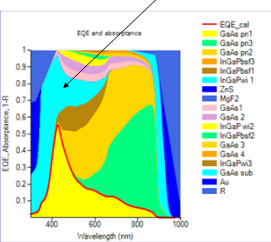
スマートスタックによる
多接合化の成功を確認

η : 12.7% ⇒ 14.0%

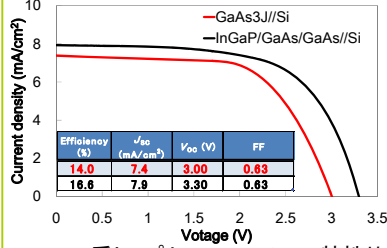


GaAs 3重構造 on SiのEQE特性

J_{sc}
1st_GaAs: 8.0 mA/cm²
2nd_GaAs: 9.4 mA/cm²
3rd_GaAs: 9.0 mA/cm²
4th_Si: 6.2 mA/cm²
短波長側のロスはWindow層の吸収



GaAs 3J//Si ⇒14.0%
InGaP/GaAs/GaAs//Si ⇒16.6%
GaAs薄膜 (20 nm) による
トンネル層の劣化か



GaAs系トップセル on SiのJ-V特性比較

結論

多接合太陽電池の新たなトップセルとしてGaAs多重化構造を提案

- Siボトムセルに適用を目指した**GaAs 3重構造の作製に世界初の成功**
 V_{oc} : 2.58 V η : 12.7%
- スマートスタックによる**GaAs 3重構造 on Siの作製に成功**
 J_{sc} : 7.4 mA/cm² V_{oc} : 3.00 V FF: 0.63 η : 14.0%
- GaAs 3重構造のEQEにおける**短波長領域の劣化要因**の追求
⇒InGaPを用いたWindow層の吸収
- GaAs系トップセルの比較を実行
GaAs 3J//Si: 14.0% InGaP/GaAs/GaAs//Si: 16.6%

今後の予定：

トンネル層の劣化要因の検証

謝辞

本研究は、国立研究開発法人 NEDO「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」の委託の下で行われた。

参考文献

- [1] T. Sugaya *et al.*, Japanese Journal of Applied Physics, 54, 8S1, 08KE02 (2015).
- [2] T. Sugaya *et al.*, Journal of Vacuum Science & Technology B, 35, 2, 02B103 (2017).
- [3] T. Sugaya *et al.*, Applied Physics Express, 11, 5, 052301 (2018).
- [4] T. Nakamoto *et al.*, Applied Physics Express, 12, 10, 102015 (2019).
- [5] H. Mizuno *et al.*, Japanese Journal of Applied Physics, 55, 2, 025001 (2016).