

低コストHVPE法により作製したGaAs太陽電池

大島 隆治¹, 牧田 紀久夫¹, 庄司 靖¹, 生方 映徳², 菅谷 武芳¹

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

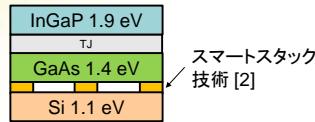
²太陽日酸株式会社

背景

高効率III-V族化合物太陽電池の地上、一般応用にに向けた低コスト化

III-V/Si タンデムセル [1]

- 変換効率 > 30%
- 安価なSiセルとのタンデム

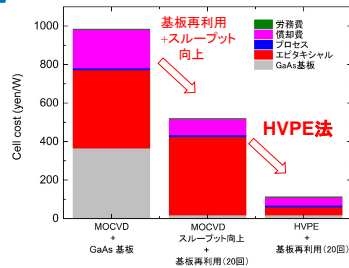


スマートスタック技術 [2]

III-Vセルの低コスト化が課題

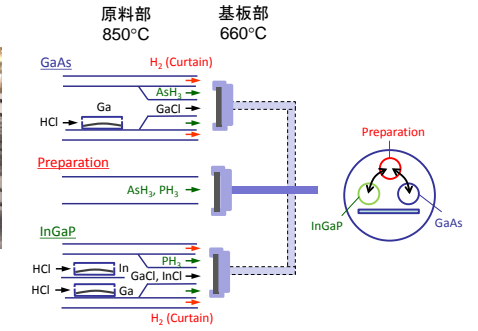
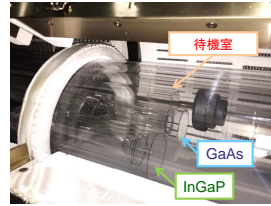
InGaP/GaAs セルコスト試算

ハイドライド気相成長法 (Hydride Vapor Phase Epitaxy: HVPE) [4,5]により、成膜コストが~1/10



ハイドライド気相成長 (HVPE) 法

大陽日酸 H260型

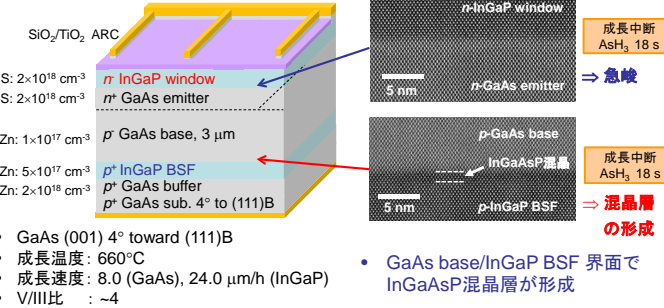


- ホットウォール型反応炉
- 常圧の非真空プロセス、H₂キャリアによる原料輸送
- 各室は予め成膜雰囲気を用意
- 基板が各室間を移動することでヘテロ成長 (2秒以内に移動可能)

	MOCVD	HVPE	
III族原料	有機金属	金属(塩化物)	原料コスト ↓
V/III比	10~100	~2	
成長速度	~5 μm/h	~100 μm/h	装置コスト ↓
成長圧力	減圧	常圧	

InGaP/GaAsヘテロ界面品質の改善

順積みGaAsセル構造

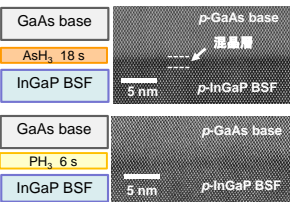


- GaAs (001) 4° toward (111)B
- 成長温度: 660°C
- 成長速度: 8.0 (GaAs), 24.0 μm/h (InGaP)
- V/III比: ~4

GaAs base/InGaP BSF 界面で InGaAsP混晶層が形成

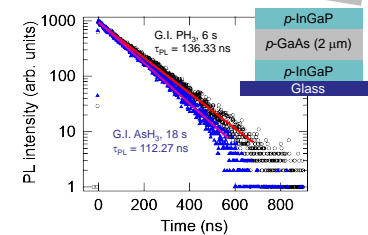
成長シーケンスの最適化

断面STEM



- PH₃供給の短い成長中断により良好な界面
- P原子とAs原子の交換反応の抑制
- InGaP表面のIn偏析の抑制

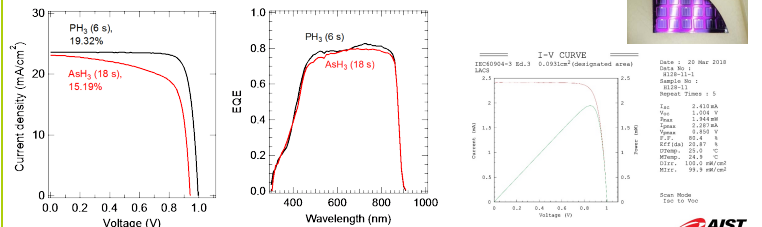
室温時間分解PL



- 混晶層の抑制により長寿命化
- ⇒ 混晶層での再結合が抑制

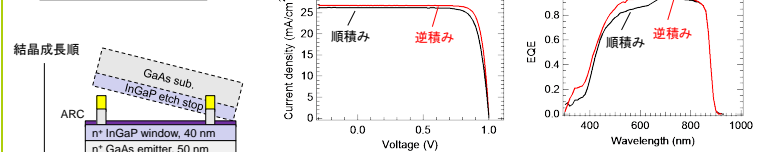
GaAsセル特性

順積みGaAsセル



- PH₃供給下で短い成長中断を行うことにより、変換効率が15.19%から19.32%に向上
- 表面グリッドの改善により η = 20.87% (AIST 評価・標準チームにより測定)

逆積みGaAsセル



- 裏面反射を利用することで薄膜化してもJ_{SC}が向上

構造	シーケンス	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF (%)	η (%)
順積み	AsH ₃ , 18 s	23.10	0.94	0.70	15.19
順積み	PH ₃ , 6 s	23.56	1.00	0.82	19.32
順積み	PH ₃ , 6 s	25.85	1.004	0.804	20.87
逆積み	PH ₃ , 6 s	26.70	1.00	0.83	22.10

(AIST 評価・標準チームにて測定)

結論

低コストHVPE法を用いたGaAsセルの開発

- p-InGaP BSF/p-GaAs baseのヘテロ界面のHVPE成長において、AsH₃供給下で成長中断した場合にInGaAsP混晶層が形成され、再結合の増大によりGaAsセル特性の低下が生じた。
- PH₃供給下で短時間の成長中断により混晶層の形成が抑制され、良好なヘテロ界面が形成された。
- 成長シーケンスの改善により、順積み薄膜セルで20.87%、逆積み薄膜セルで22.1%に変換効率が向上した。

参考文献

- [1] S. Essig *et al.*, Nature Energy, **2**, 17144 (2017).
- [2] H. Mizuno *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **55**, 025001 (2016).
- [3] B. Gai *et al.*, ACS Nano, **11**, 992 (2017).
- [4] J. Simon *et al.*, IEEE J. Photovolt., **7**, 157 (2017).
- [5] R. Oshima *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **57**, 08RD06 (2018).

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「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。