

低コストHVPE法により作製したInGaP太陽電池

庄司 靖¹、大島 隆治¹、牧田 紀久夫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

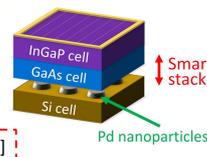
研究の目的

【背景】

III-V族化合物太陽電池は多接合型において、40%を超える高い変換効率が得られているが、製造コストの高さが課題となっている。NEDO太陽光発電ロードマップ(PV2030+)では、変換効率30%、発電コスト7円/kWhを目標としており、低コスト化技術の開発が急務である。

低コスト化に向けた取り組み

- ① 基板再利用
⇒ エピタキシャルリフトオフ[1]
- ② 低コスト材料との接合
⇒ スマートスタックなど[2]
- ③ 成膜コストの低減
⇒ ハイドライド気相成長(HVPE)法[3]

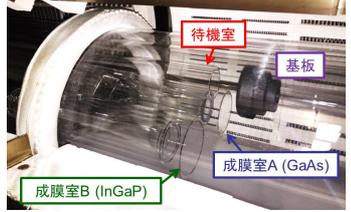


【本研究】HVPE法を用いた低コストInGaPセルの開発

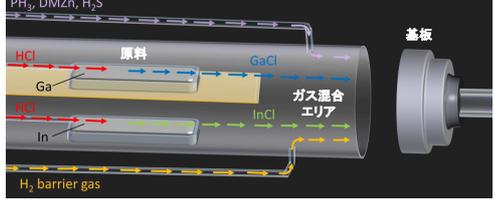
- ① 成長温度の影響
- ② 成長速度の高速化

HVPE装置の概要

太陽日酸 H260 system



成膜室Bの構成

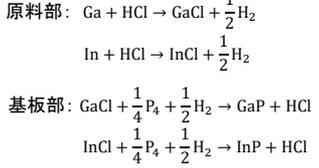


MOVPEとHVPEの比較

成膜方式	III族原料	V族原料	V/III比	成膜圧力
MOVPE	有機金属	水素化合物	10~100	減圧
HVPE	純金属(塩化物)	水素化合物	~2	常圧

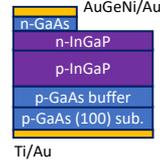
- 【特徴】
- 😊 原料コストが低い → 低コストで成膜可能
 - 😊 成長速度が速い → 高スループットを実現可能
 - 😞 ガス切り替えに時間を要する → 3室構造の導入により、影響を縮小[4]

InGaPの成長メカニズム



実験と結果

試料構造: 単接合型InGaPセル

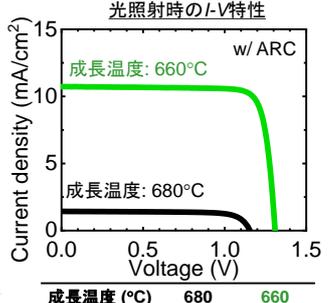
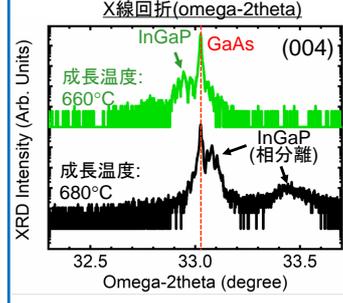


【InGaP成長条件】

成長温度: 660°C, 680°C
 PH₃流量: 50 sccm
 HCl[Ga]流量: 1 ~ 4 sccm
 HCl[In]流量: 5.4 ~ 16.2 sccm

- ① 成長温度の影響を評価
- ② 成長速度の高速化およびその影響を評価

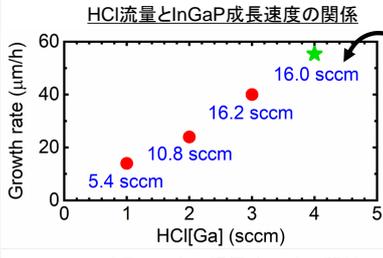
① 成長温度の影響



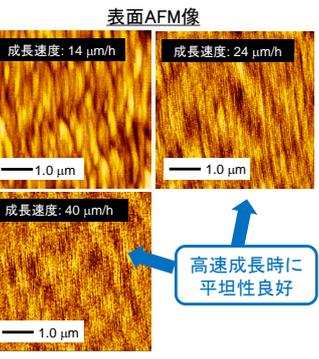
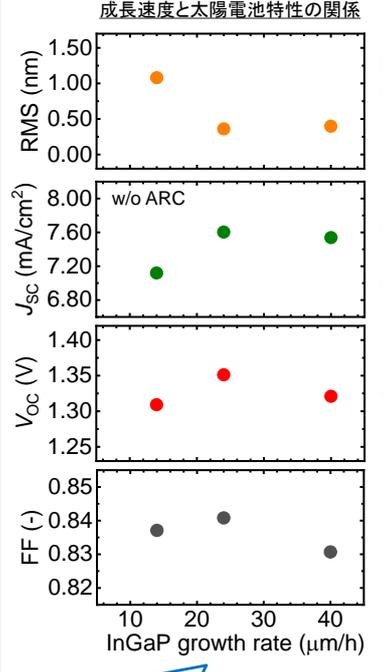
成長温度 (°C)	680	660
J _{sc} (mA/cm ²)	1.43	10.73
V _{oc} (V)	1.154	1.309
FF (-)	0.762	0.837
Eff. (%)	1.26	11.76

660°Cで成長することにより、InGaPの相分離を抑制
 ↓
 太陽電池特性の改善に成功

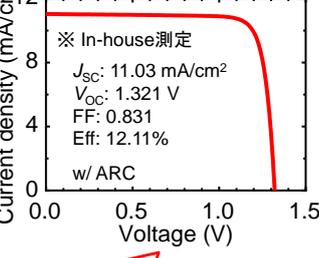
② 成長速度の高速化



※ HCl[In]流量をプロット下に記載
 Ga原料およびIn原料へ流すHCl量を増加することで成長速度が上昇
 ↓
 54 μm/hの成長速度を達成 (世界最高値)



成長速度40 μm/hで作製したInGaPセルのI-V特性



24 μm/hで成長したセルにおいて最も高いJ_{sc}, V_{oc}, FFが得られた

40 μm/hの高速成長時でも高い性能が得られた

まとめ

実施内容: HVPE法を用いたInGaPセルの高効率化および成長速度の高速化

- 660°Cで成膜することによりInGaPの相分離を抑制し、太陽電池特性を改善
- HCl流量の制御により、54 μm/hのInGaP成長速度を実現(世界最高値)
- InGaP成長速度40 μm/hにおいて、高性能な太陽電池の作製に成功

参考文献

- [1] G. J. Bauhuis et al., Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 93, 1488 (2009).
- [2] H. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys., 55, 025001 (2016).
- [3] J. Simon et al., IEEE J. Photovolt., 6, 191 (2016).
- [4] 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。