

III-V族化合物太陽電池の低コスト化検討

生方映徳¹、小関修一¹、Hassanet Sodabanlu²、大島隆治³、庄司靖³、相原健人³、
 牧田紀久夫³、渡辺健太郎²、菅谷武芳³、中野義昭²、杉山正和²

¹大陽日酸株式会社、²東京大学、

³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

研究の目的

UAV・車載応用にセル効率>30%の高効率PVが求められている。社会実装のためには、大幅な大量生産技術に加えて、既存技術とは一線を画した低コストにより実現される

本研究の目的

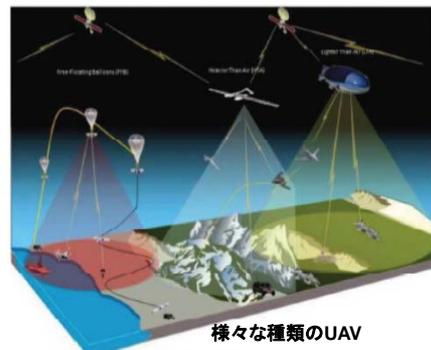
- 成長方法別のコスト分析
- MOCVDならびにHVPEによるスループット改善実証

PVウェハコスト = 装置コスト + 材料コスト + 基板コスト (エピコスト)

スループットによる低コスト化
 プロセス時間の短縮 (高速成長)
 ダウンタイムの短縮

成長機構による低コスト化
 低V/III供給比
 非有機金属原料による原料利用効率

基板再生技術
 ヘテロエピ技術



様々な種類のUAV

ref.: S. H. Alsamhi and N. S. Rajput, Int. J. Electron. & Electr. Eng., Vol. 3 (2015) 134.

成長方法と成膜コスト試算

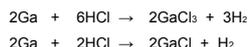
III-V族化合物太陽電池の成長方法比較

	MOCVD	HVPE	MBE
Growth speed	○	◎	×
Material	△ (precursor, AsH ₃ , PH ₃)	○ (metal, HCl, AsH ₃ , PH ₃)	◎ (metal)
V/III	10~50	2~5	2~5
Interface stiffness	◎	?	◎
Easy maintenance	◎	○	×
Mass production	○	?	△

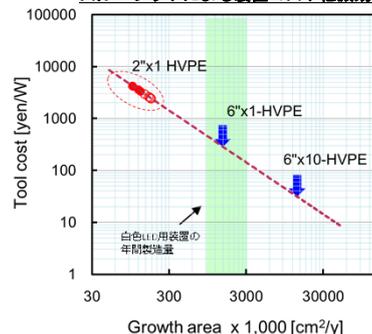
III族原料のコスト試算

	MOCVD	HVPE
Ga material	App. ¥57,000/mol	TMGa x 1/3
In material	App. ¥240,000/mol	TMIIn x 1/10
Al material	App. ¥110,000/mol	TMAI x 1/10

HVPE原料の反応は以下を想定している

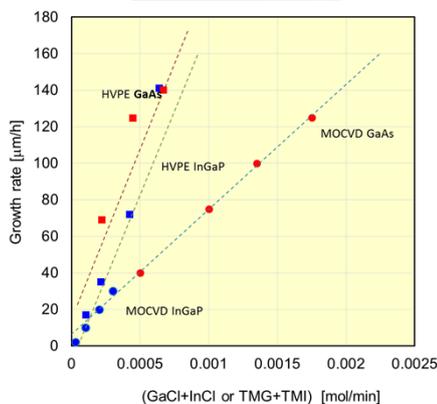


スループットによる装置コスト低減効果

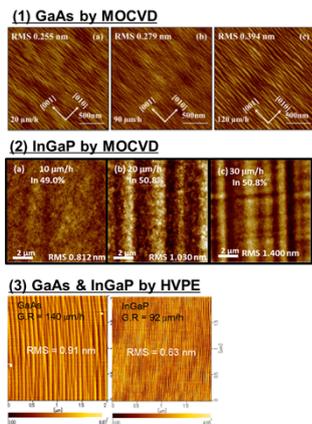


高速成長の検討

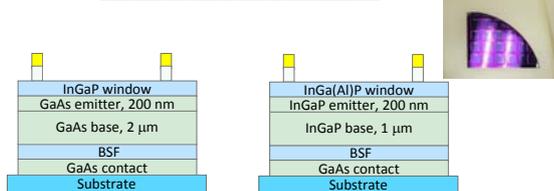
GaAs・InGaPの成長速度



高速成長GaAs・InGaP表面モロロジーの比較



単セル構造による成長方法の比較



GaAs 1-J セル特性の結果

	GaAs w AR	HVPE	MOCVD
Growth rate	120 µm/h	120 µm/h	
J _c	25.0 mA/cm ²	28.1 mA/cm ²	
V _{oc}	1.00 V	1.05 V	
FF	0.83	0.83	
Cell Efficiency	20.1%	24.5%	

InGaP 1-J セル特性の結果

	InGaP w/o AR	HVPE	MOCVD
Growth rate	40 µm/h	30 µm/h	
J _c	11.0 mA/cm ²	10.2 mA/cm ²	
V _{oc}	1.32 V	1.31 V	
FF	0.83	0.84	
Cell Efficiency	12.1%	11.1%	

結論

- HVPEのIII族原料コストはMOCVDに比べて数分の一。V族原料は低V/III供給比のHVPEなら1/2~1/5で成長できる。
- 小型HVPEでの試験を通じて、スループットの改善により、MOCVDの1/5程度のコスト改善が見込める見通しである。
- HVPEによる高速成長(120 µm/h)の成膜条件下における成長膜の表面状態・PV特性はMOCVDと遜色ない結果を示している。

参考文献

- [1] R. Oshima et al., IEEE J. Photovolt. **9**, 154 (2019).
- [2] Y. Shoji et al., Appl. Phys. Exp. **12**, 052004 (2019).
- [3] R. Oshima et al., IEEE PVSC-46, Chicago, USA, 2019.
- [4] H. Sodabanlu et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **52**, 105501 (2019).

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。