

# ハイドライド気相成長法で作製した GaAs太陽電池のエピタキシャルリフトオフ

庄司靖<sup>1</sup>、大島隆治<sup>1</sup>、牧田紀久夫<sup>1</sup>、生方映徳<sup>2</sup>、菅谷武芳<sup>1</sup>  
 1産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター  
 2太陽日酸株式会社

## 研究の目的

発電効率の高いIII-V族化合物太陽電池の移動体応用を検討

現在の主な応用先



人工衛星



無人航空機

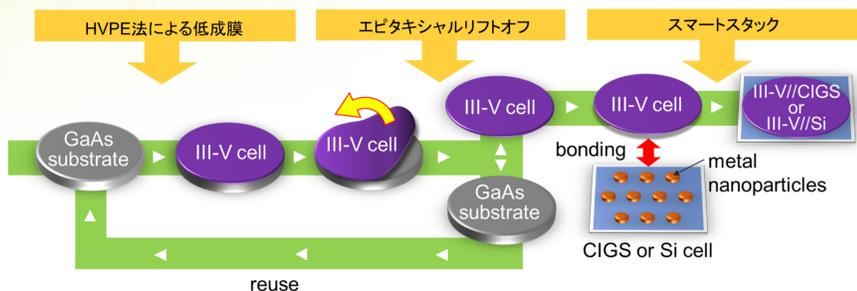


電気自動車

今後期待される応用先

- ・発電コストが高いため、用途に限られる
- ・移動体応用には高い効率と低コストの両立が必要

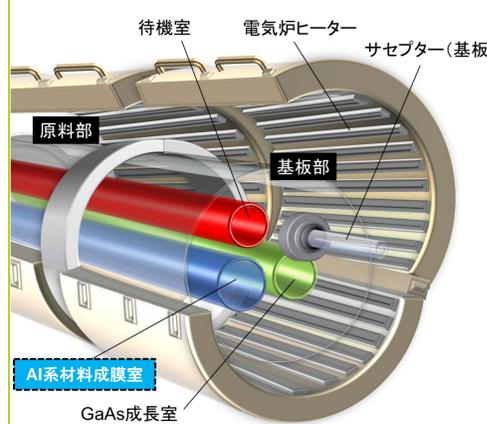
### ■ 我々が提案する高効率・低コスト太陽電池作製のアプローチ ■



- ① 安価な原料のハイドライド気相成長(HVPE)法による成膜<sup>[1,2]</sup> → 成膜コストの低減
- ② エピタキシャルリフトオフ技術による基板再利用<sup>[3,4]</sup> → 基板コストの低減
- ③ 金属ナノ粒子を用いたスマートスタックによる異種材料接合<sup>[5]</sup> → 安価に高効率化

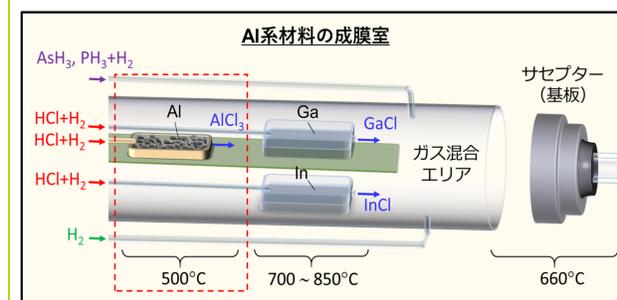
問題点: 基板再利用(エピタキシャルリフトオフ)を行うにはAIAsの成膜が必要  
 HVPE法ではAI系材料の成膜に課題あり<sup>[6]</sup>

## 本研究で用いたAI系材料成膜用HVPE装置

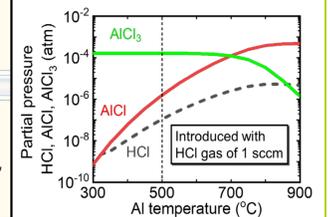


### HVPE法のメリット/デメリット

- 😊 純金属を使用するため原料費が安い
  - 😊 成長速度が速い
  - 😞 AI系材料の成膜が困難
    - ・AlCl<sub>3</sub>が石英反応炉を損傷
    - ・AlCl<sub>3</sub>の分配係数が大きく制御が困難
- 対策: AI原料の温度を低温(500°C)にすることでAlCl<sub>3</sub>の発生を抑制



AI温度に対する塩化物ガス種の平衡分圧に関する計算結果



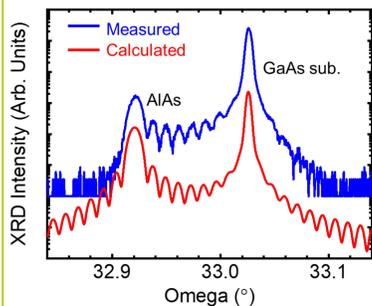
AlCl<sub>3</sub>を前駆体として生成・利用することでHVPEの石英炉の損傷を防止

## 実験結果

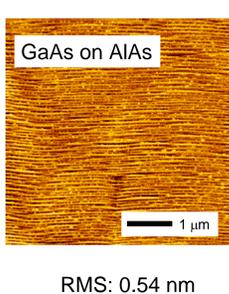
### HVPE法で成膜したAIAs層の評価

GaAs膜	HCl[Al]流量	6 sccm
AIAs層	AsH <sub>3</sub> 流量	10 sccm
GaAs基板	基板温度	660°C
	AI温度	500°C

### X線回折

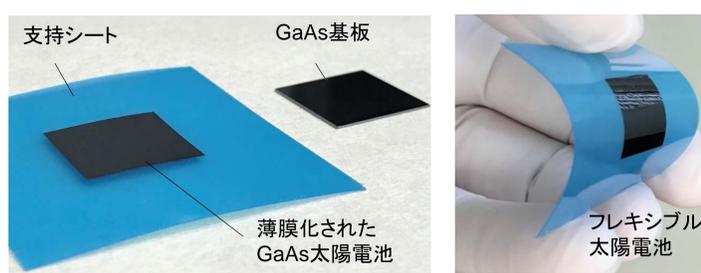
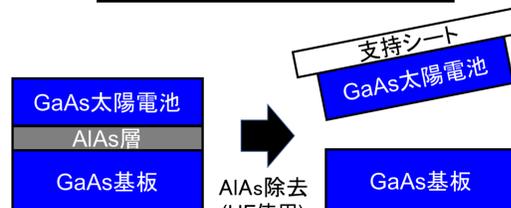


### 最表面AFM像



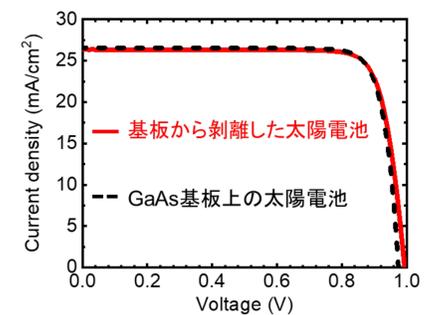
- HVPE法で高品質なAIAs結晶が成膜できることを実証
- AIAs層上でも平坦なGaAs膜が得られることを確認

### エピタキシャルリフトオフ試験



- エピタキシャルリフトオフによる太陽電池層と基板の分離に成功
- 基板から剥離することで軽量かつフレキシブルな太陽電池

### 電流電圧特性の比較



	基板から剥離したセル	GaAs基板上
J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	26.36	26.57
V <sub>oc</sub> (V)	0.994	0.974
FF (-)	0.826	0.838
Efficiency (%)	21.63	21.69

- 基板から剥離しても性能を維持
- HVPE法で太陽電池の剥離は世界初

## 結論

- III-V族太陽電池のコスト低減を目的として、AIAsの結晶成長が可能な太陽電池成膜用HVPE装置を太陽日酸株式会社と共同で開発した。
- AIとHClガスを温度500°Cで反応させることで、HVPE装置の石英反応炉を還元しない三塩化アルミニウム(AlCl<sub>3</sub>)を生成し、結晶成長に利用した。
- HVPE法でも高品質なAIAs結晶が得られ、AIAs層上にも平坦なGaAs結晶が成長できることを実証した。
- AIAs層をHFで除去することによってHVPE法で作製した太陽電池を基板から剥離することに成功した。
- 剥離した太陽電池は基板上との太陽電池と同等の性能を示した。(HVPEで作製した太陽電池の剥離は世界初)

## 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。

## 参考文献

- [1] R. Oshima et al, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 57, 08RD06 (2018).
- [2] Y. Shoji et al., Appl. Phys. Express, vol. 12, 052004 (2019).
- [3] M. Konagai et al., J. Cryst. Grow. vol. 45, 277 (1978).
- [4] E. Yablonovitch et al., Appl. Phys. Lett., vol. 51, 2222 (1987).
- [5] H. Mizuno et al., Jpn. J. Appl. Phys. vol. 55, 025001 (2016).
- [6] J. S. Yuan et al., J. Appl. Phys. vol. 57, 1380 (1985).