

HVPE法におけるInGaP/GaAs タンデム太陽電池の高効率化

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 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 イノベーションユニット

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

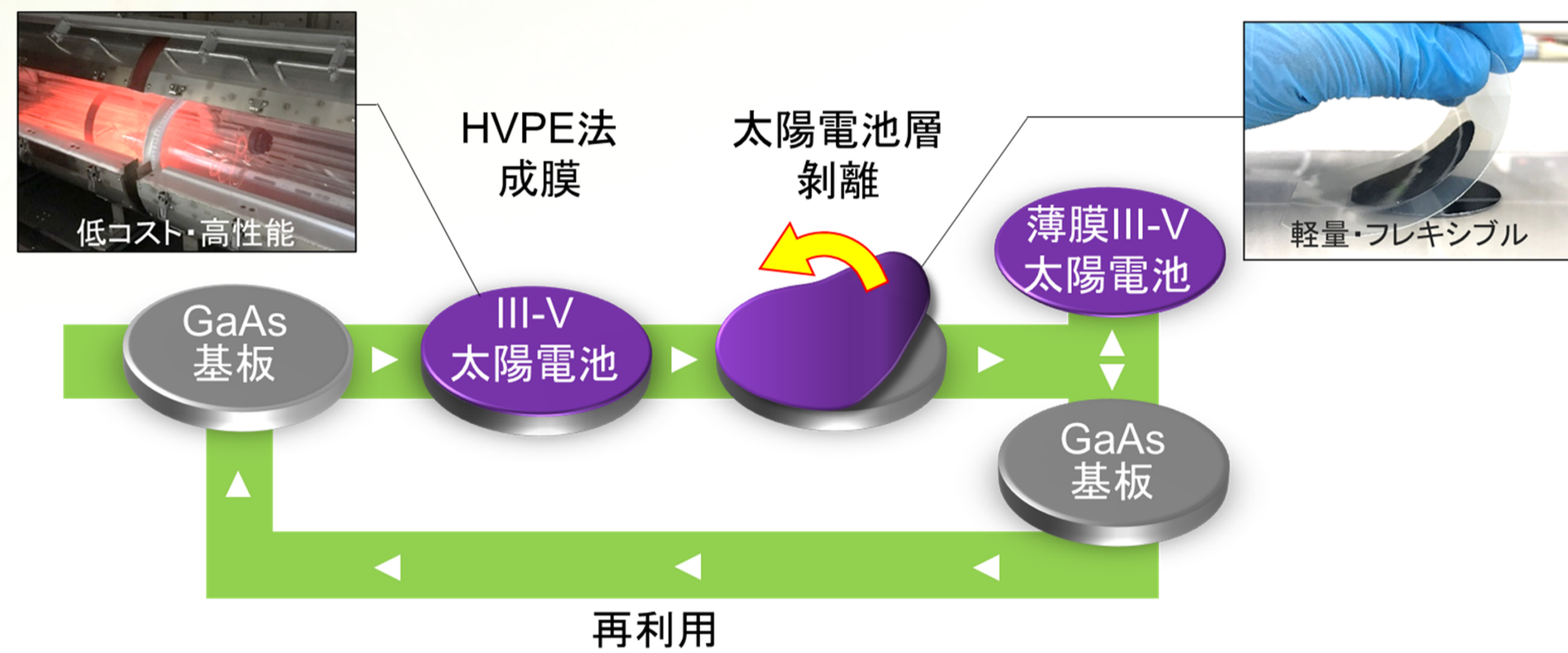


電気自動車

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

■ 我々が提案する低コストIII-V族化合物太陽電池作製のアプローチ ■

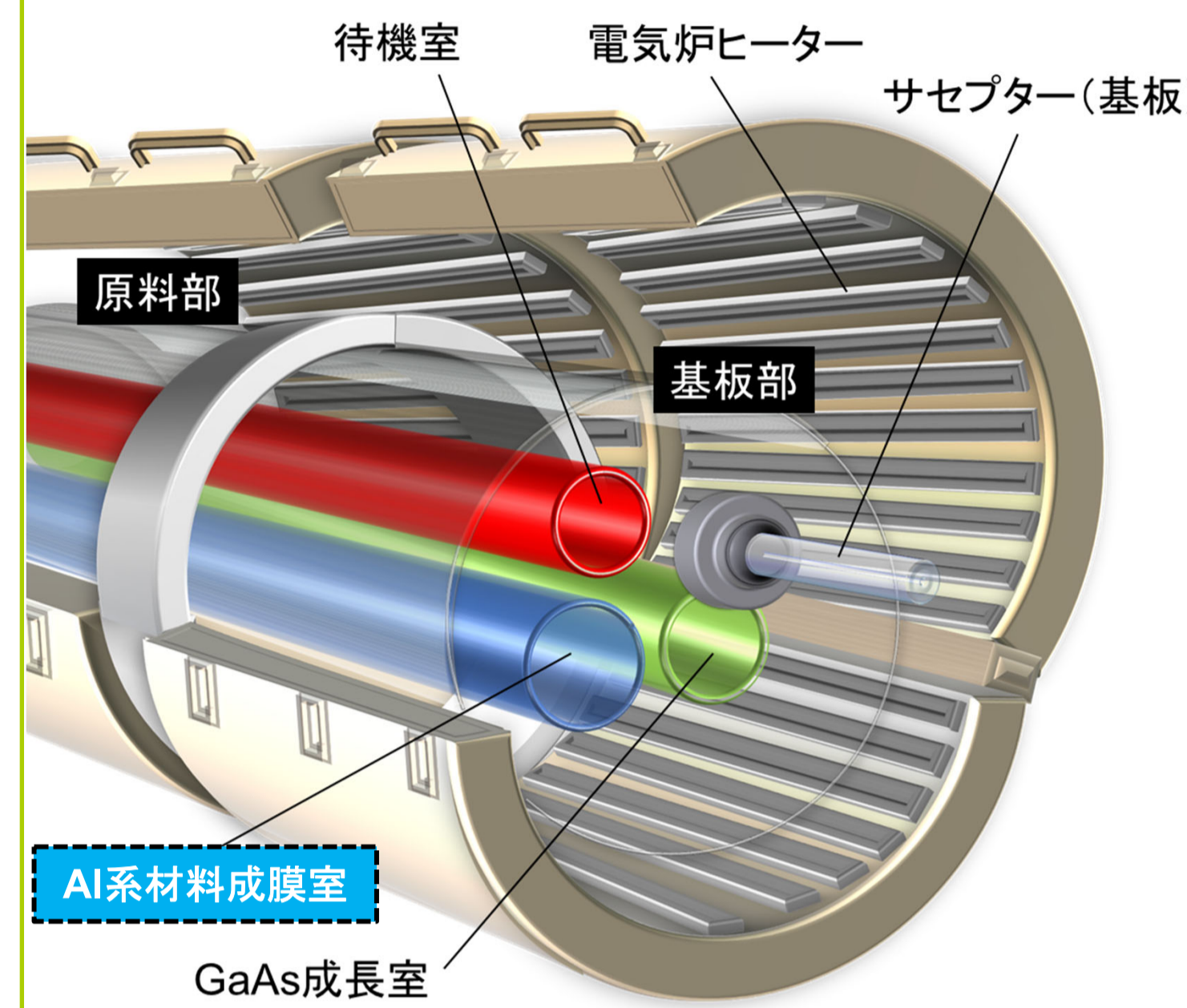


- ① 安価な原料のハイドライド気相成長(HVPE)法による成膜^[1-3] → 成膜コストの低減
- ② 太陽電池層剥離技術による基板再利用^[4,5] → 基板コストの低減、
軽量・フレキシブルセルの作製

問題点: HVPE法における高効率太陽電池の作製
 → AI系パッシベーション層の導入に課題あり^[6]

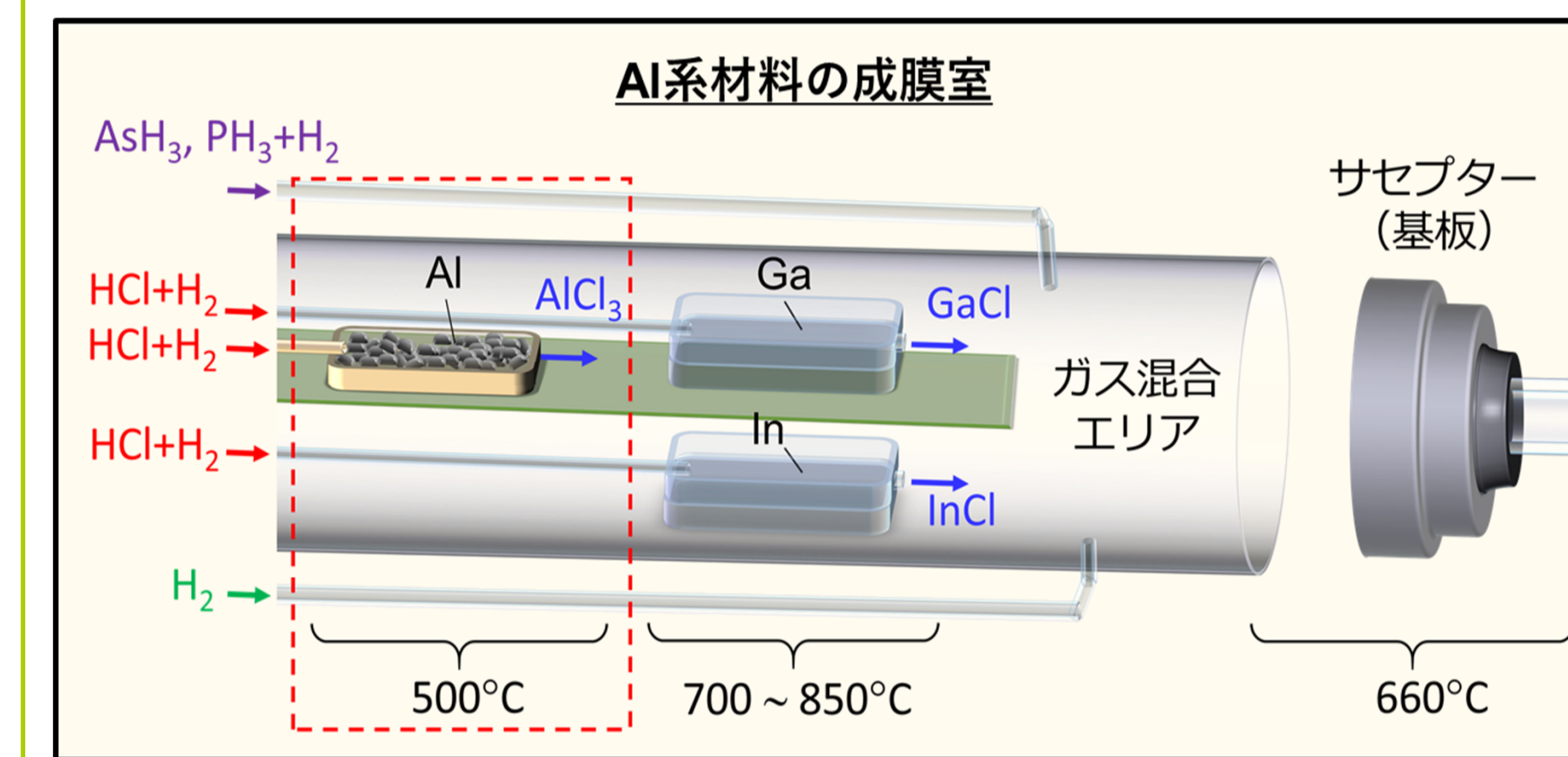
本研究: HVPE法でのAlInGaPパッシベーション層の成膜と太陽電池の高効率化

本研究で用いたAI系材料成膜用HVPE装置

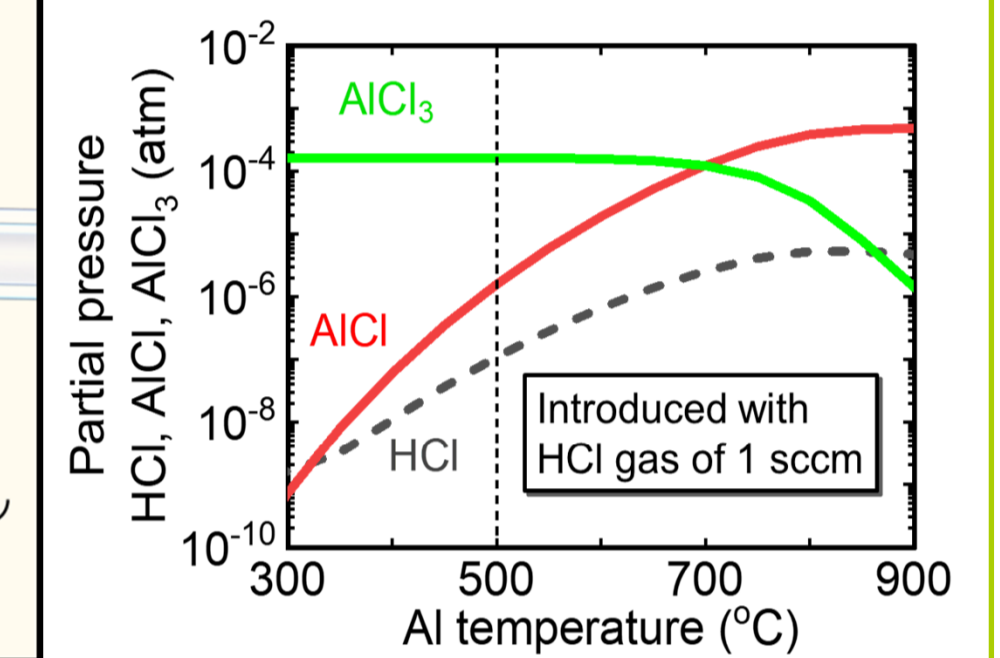


HVPE法のメリット/デメリット

- 😊 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^[7]
 - ・AlCl₃が石英反応炉を損傷
 - ・AlCl₃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AlCl₃の発生を抑制



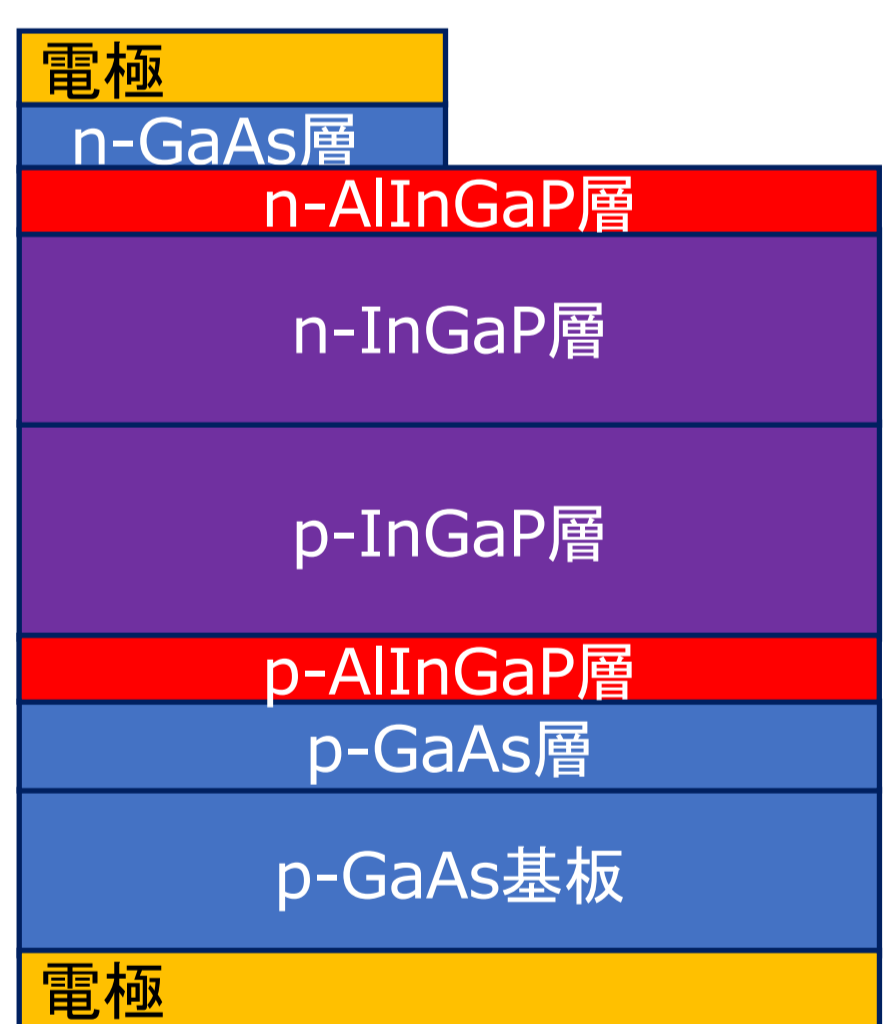
Al温度に対する塩化物ガス種の平衡分圧に関する計算結果



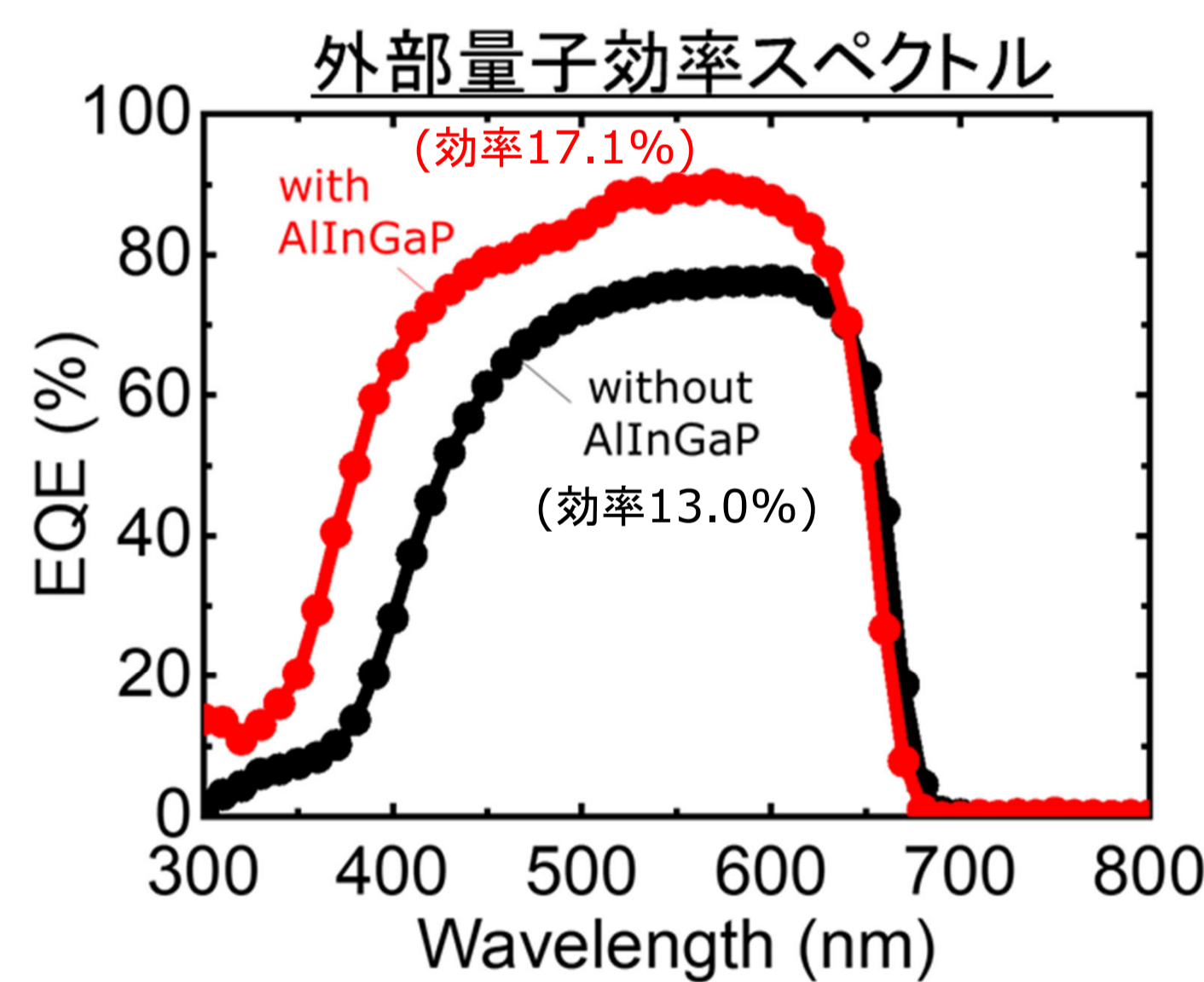
AlCl₃を前駆体として生成・利用することでHVPEの石英炉の損傷を防止^[8-10]

AlInGaPパッシベーション層導入による太陽電池の高効率化

InGaPトップセルの高効率化

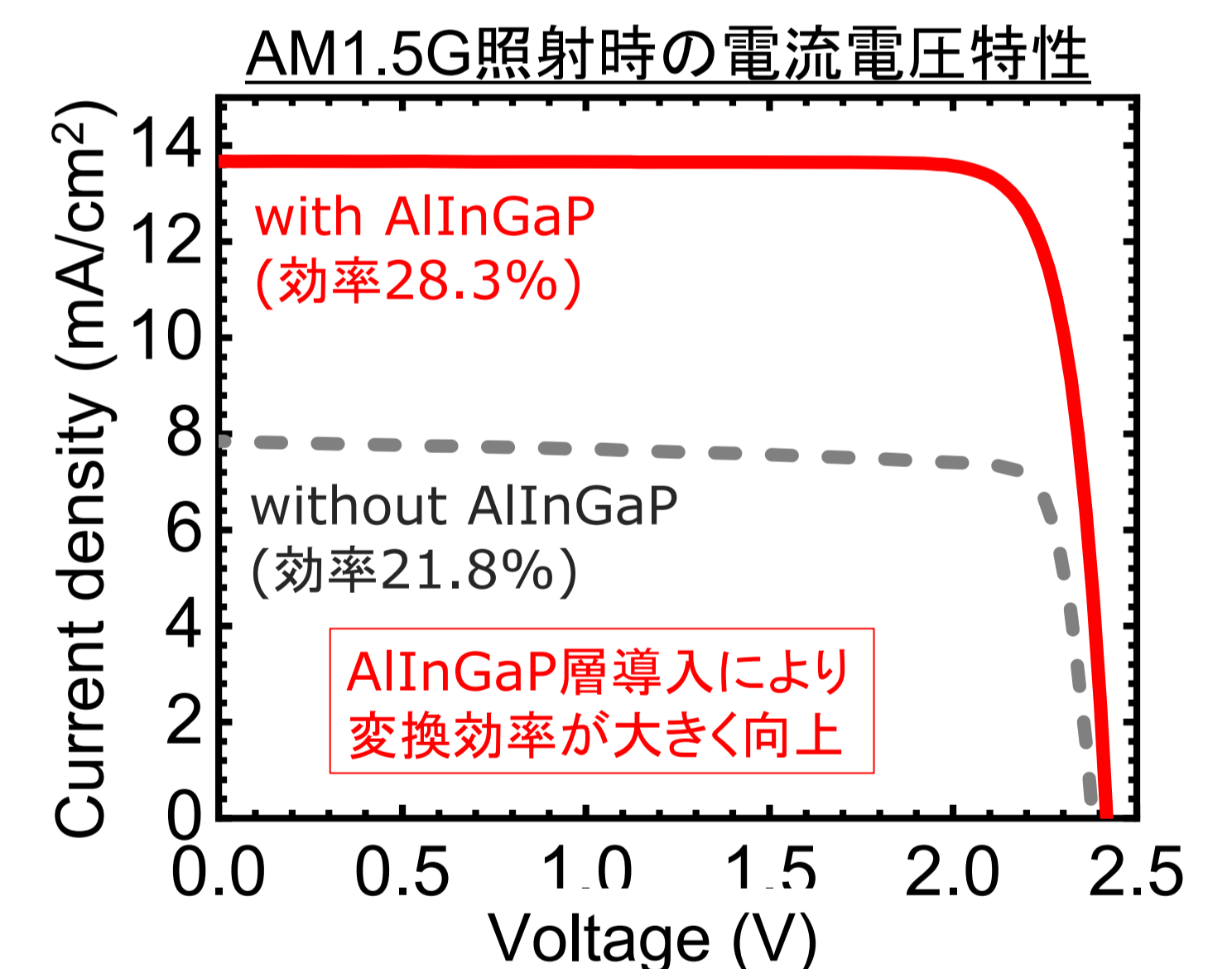


表面/界面での再結合損失を減少させる



AlInGaP層の導入によりInGaP層吸収波長域の外部量子効率が改善
 → InGaPトップセルの変換効率を13.0%から17.1%に向上

InGaP/GaAsタンデムセルの高効率化



【参考】これまでのHVPE太陽電池の最高効率
 米国 NREL GaAs太陽電池: 25.5%^[11]
 米国 NREL InGaP/GaAs太陽電池: 24.9%^[12]

本研究ではHVPE法の太陽電池として世界最高効率(28.3%)を達成^[13]

結論

- 高性能III-V族太陽電池の作製が可能なHVPE装置を太陽日酸株式会社と共同で開発した。
- Al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(AlCl₃)を生成し、結晶成長に利用した。
- AlInGaP層を太陽電池に導入し、HVPE法の太陽電池として世界最高効率(28.3%)を達成した。

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(NEDO)の委託業務(JPNP20015)によって得られた成果である。

参考文献

- [1] C. O. Bozler et al., Appl. Phys. Lett. vol. 31, 629 (1977).
- [2] J. Simon, et al., IEEE J. Photovolt. vol. 6, 191 (2016).
- [3] R. Oshima et al, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 57, 08RD06 (2018).
- [4] M. Konagai et al., J. Cryst. Grow. vol. 45, 277 (1978).
- [5] Y. Shoji et al., IEEE J. Photovolt. vol. 11, 93 (2021).
- [6] W. Metafelia et al., Proc. 47th IEEE PVSC, 0672 (2020).
- [7] J. S. Yuan et al., J. Appl. Phys. vol. 57, 1380 (1985).
- [8] Y. Kumagai et al., Phys. Stat. Sol. (C) vol. 0, 2498 (2003).
- [9] Y. Shoji et al., 29th PVSEC, no. 5ThP.13/707, Xi'an (2019).
- [10] K. L. Schulte et al, ACS Appl. Energy Mater. vol. 2, 8405 (2019).
- [11] Y. Shoji et al., IEEE J. Photovolt. vol. 11, 93 (2021).
- [12] J. Simon et al, Proc. 48th IEEE PVSC, 1545 (2021).
- [13] Y. Shoji et al, Solar RRL, 2100948 (DOI: 10.1002/solr.202100948)