

# HVPE法を用いた 超高速GaAs太陽電池の開発

大島 隆治<sup>1</sup>、小倉 暁雄<sup>2</sup>、庄司 靖<sup>1</sup>、牧田 紀久夫<sup>1</sup>、生方 映徳<sup>3</sup>、今泉 充<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 宇宙航空研究開発機構(JAXA) 3 大陽日酸株式会社

## 研究の目的

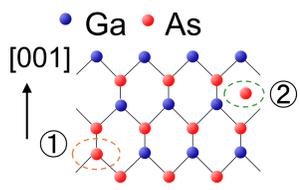
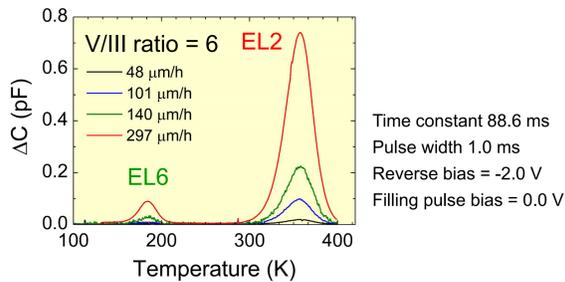
- ・ **ハイドライド気相成長(HVPE)法**はIII-V族化合物太陽電池の**低コスト成長技術**として期待されている。
- ・ これまでに我々は、3室構造のHVPE装置を開発し、高速成長[1]、界面制御[2]、アルミ系材料の導入[3]に取り組み、GaInP/GaAs 2接合セルにおいて変換効率28.3%を得た。
- ・ 高性能III-Vセルの量産技術の構築には、**高速成長時に太陽電池性能の低下を伴わない高品質な結晶**を得ることが課題である。
- ・ 今回、GaAsセルの性能に影響を与える深い電子トラップ、および成長速度と太陽電池性能との相関を調べた。

## DLTS法を用いた電子トラップ解析

### DLTS試料

p<sup>+</sup>-GaAs, 0.2 μm  
 p<sup>+</sup>-GaAs, 0.1 μm  
 n-GaAs, 2 μm,  
 4~8 × 10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>  
 n<sup>+</sup>-GaAs, 0.2 μm  
 n<sup>+</sup>-GaAs(001) 4° to (111)B

### DLTSスペクトル

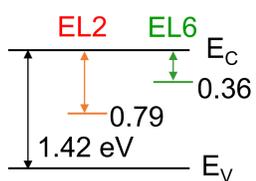


・ **形成される欠陥種は成長速度に依存しない**

・ GaAs結晶中の結晶欠陥に関する文献[4]と比較して各ピークを同定;

EL2 ⇒ ① Asアンチサイト(As<sub>Ga</sub>)を含む複合欠陥

EL6 ⇒ ② 格子間As(As<sub>i</sub>)を含む複合欠陥



・ 高速化に従ってEL2欠陥密度は増大

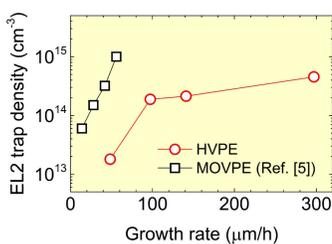
・ **MOVPE法[5]と比較して顕著に小さい** (HVPE法での他の報告値と同等[6])

⇒高温、低V/IIIのHVPE成長は、吸着原子の表面マイグレーションが促進されることで欠陥形成が抑制された可能性

**HVPE: V/III = 6, T<sub>sub</sub> = 660 °C**

MOVPE [5]: V/III = 9, T<sub>sub</sub> = 640 °C

### EL2トラップ密度



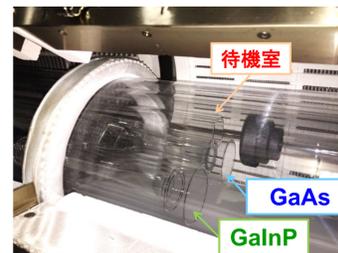
## 結論

- ・ HVPE法を用いた超高速GaAs結晶の深い電子トラップをDLTS法により評価し、**EL2トラップ密度がMOVPE法を用いた高速GaAs成長と比較して顕著に小さい**ことを明らかにした。
- ・ 超高速GaAsセルにおいて、**200 μm/h (ベース層成膜時間: 36秒)までの範囲においてセル特性の低下は見られなかった。**
- ・ 今後は同様に超高速化したGaInPセルを開発し、超高速2接合セルを実現する。

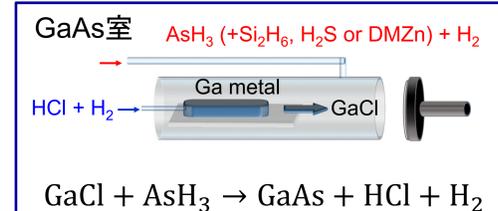
本研究は、国立研究開発法人NEDOの委託の下で行われた。

## ハイドライド気相成長(HVPE)法

大陽日酸 H260

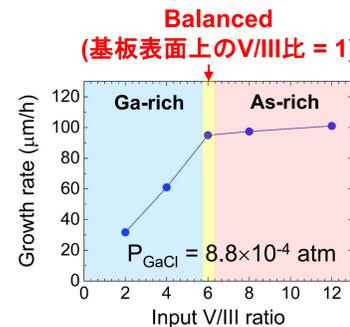


- ・ ホットウォール型反応炉 (原料部~700°C, 基板部~660°C)
- ・ 常圧プロセス
- ・ 3室構造によるヘテロ成長

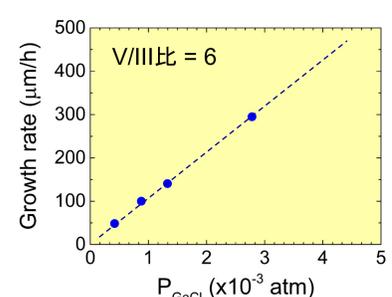


## 高速GaAs成長

### V/III比依存性



### GaCl分圧依存性



供給原料V/III比 = 6において、

- ・ 成長に寄与するGa種, As種がバランス (成長表面上のV/III比 = 1)
- ・ 成長速度がP<sub>GaCl</sub>に対して線形に増大 (最大**297 μm/h**まで確認)

## 超高速GaAs太陽電池

### GaAs太陽電池 (Rear Heterojunction)

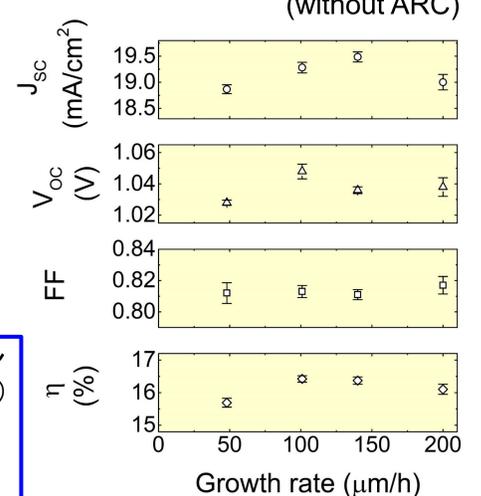
n<sup>+</sup> GaInP window, 50nm  
 n GaAs base, 2 μm  
 3~5 × 10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>  
 p<sup>+</sup> GaInP emitter, 100 nm  
 p<sup>+</sup> GaAs  
 p<sup>+</sup> GaAs(001) 4° to (111)B

n GaAs base層のみの成長速度を48 ~ 200 μm/hの範囲で変化

- ・ 開放電圧(1.04 V ± 0.01V)とバンドギャップ(1.42 eV)との差(W<sub>oc</sub>)は**0.38 V**であり、高品質なGaAs結晶が得られている
- ・ 48 ~ 200 μm/hの範囲において、**セル特性の低下は見られない**

⇒ 本研究の範囲内の成長速度では、EL2トラップによるセル特性への影響は小さいと考えられる。

### セルパラメータ (without ARC)



## 参考文献

- [1] R. Oshima et al., *J. Cryst. Growth* 2020, **537**, 125600.
- [2] R. Oshima et al., *IEEE J. Photovolt.* 2019, **9**, 154.
- [3] Y. Shoji et al., *Sol. RRL* 2022, **6**, 2100948.
- [4] C. V. Reddy et al., *Phys. Rev. B* 1996, **54**, 11290.
- [5] K. J. Schmieder et al., *IEEE J. Photovolt.* 2017, **7**, 340.
- [6] W. Metaferia et al., *Nat. Commun.* 2019, **10** 3361.