

# 低コストHVPE法により作製した InGaP太陽電池

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>太陽日酸株式会社

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>

# 発表のアウトライン

- 研究背景
- HVPE装置の概要
- HVPE法によるInGaPセルの開発
  - 成長温度の影響
  - 成膜速度の高速化
- まとめ

# 研究背景: III-V太陽電池の現状と課題

- Soitec/CEA/FhG-ISEが貼り合わせ4接合セルで変換効率46.0%を達成

Press release, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 1 December 2014

- SHARPが逆積み3接合セルで変換効率44.4%を達成

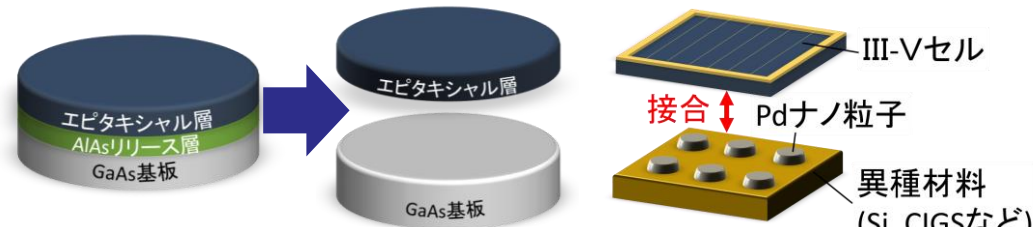
Press Release, Sharp Corporation, 14 June 2013



**課題: 発電コストの低減 (NEDO PV2030+目標値: 7円/kWh)**

## 低コスト化に向けた取り組み

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



# HVPE装置

## 太陽日酸 H260 system

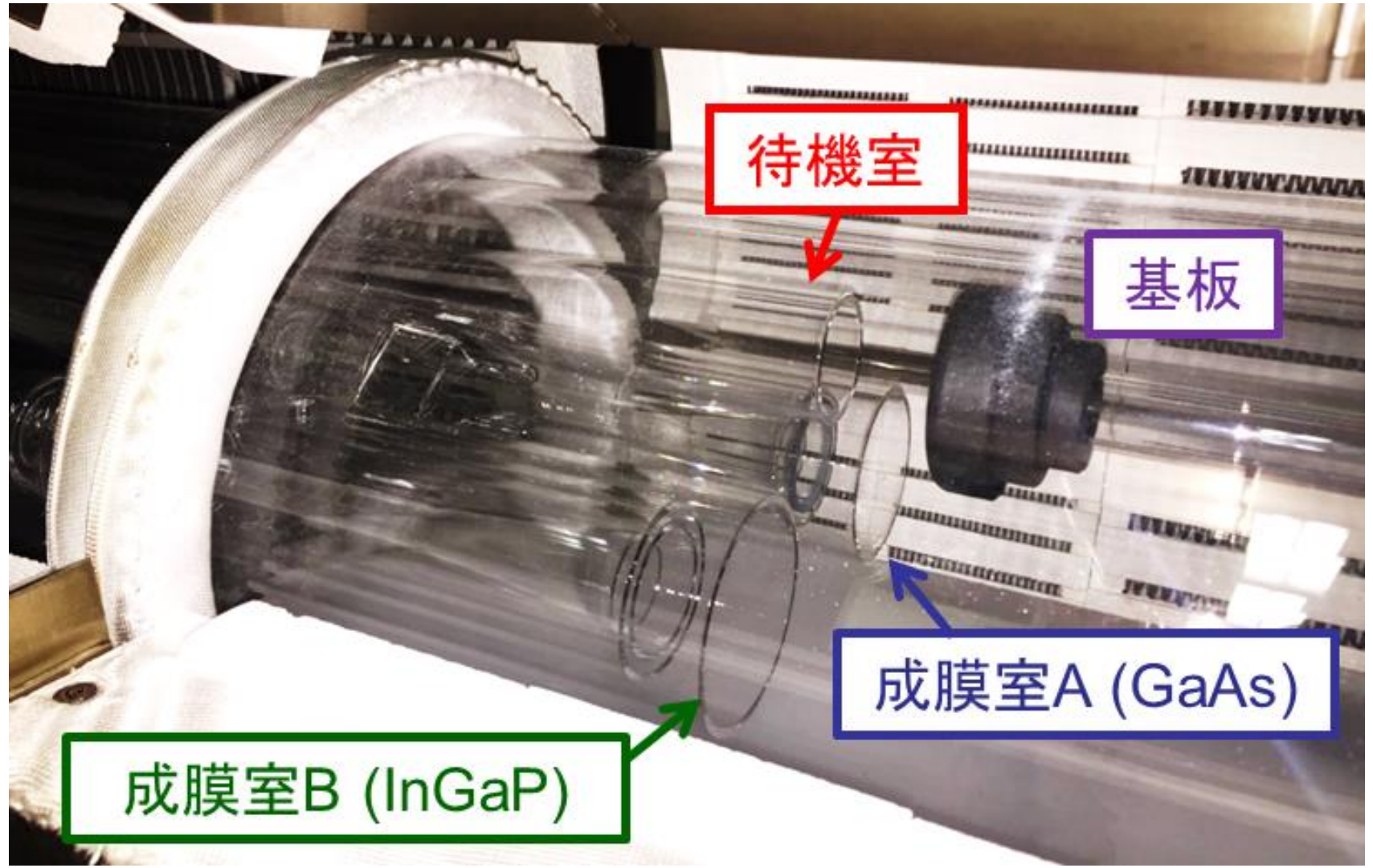


	MOVPE	HVPE
III族原料	有機金属	金属 (塩化物)
V族原料	水素化物	水素化物
V/III比	10~100	~2
成膜圧力	減圧	常圧

### HVPEの特徴

- ☺ 原料コストが低い
- ☺ 成長速度が速い
- ☹ ガス切り替えに時間を要する

# リアクター



待機室

基板

成膜室A (GaAs)

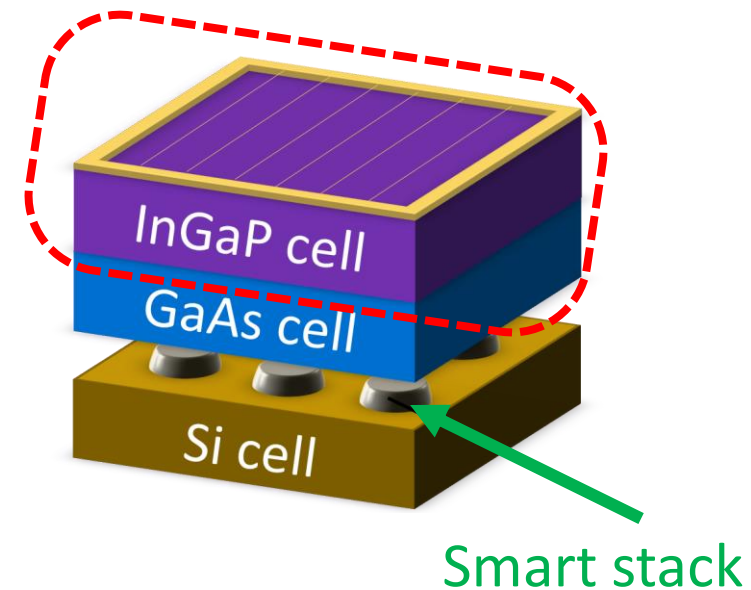
成膜室B (InGaP)

# 研究目的

低コスト多接合太陽電池に向けた  
InGaPトップセルの開発

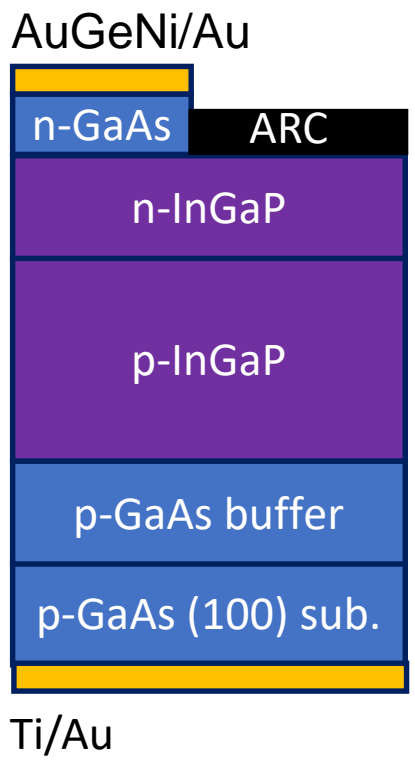
作製方法：HVPE法

研究内容：①成長温度の影響  
②高速成長

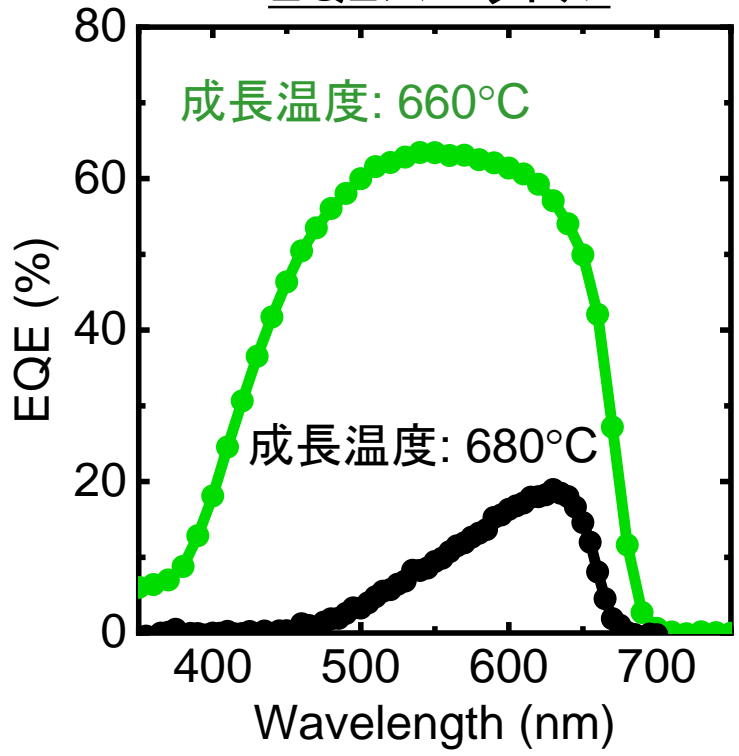


# 成長温度の影響

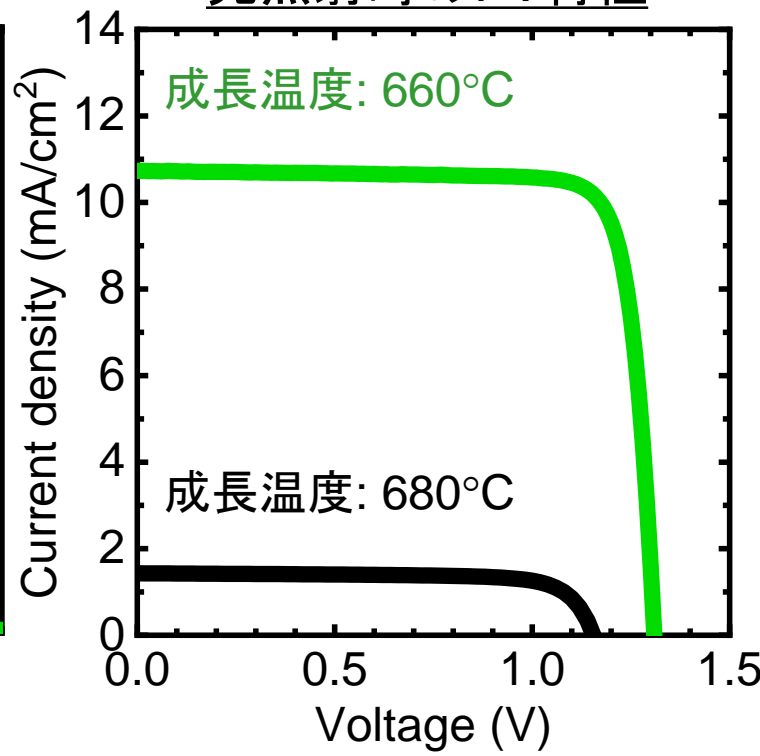
## 試料構造



## EQEスペクトル



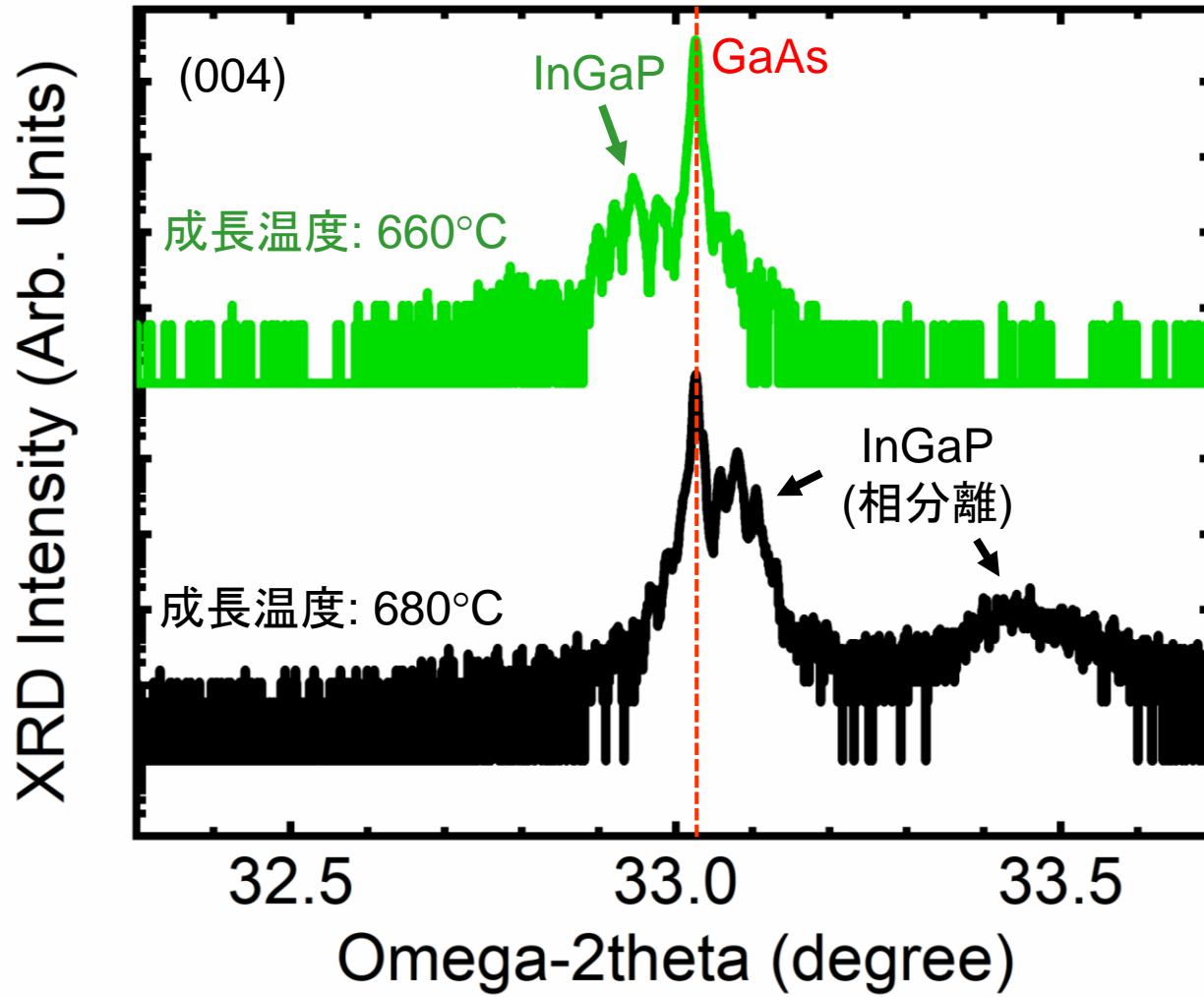
## 光照射時のI-V特性



- 成長温度を下げることで全吸収波長域のEQE改善
- 変換効率11.76%に改善

成長温度 (°C)	680	660
$J_{SC}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	1.43	10.73
$V_{OC}$ (V)	1.154	1.309
FF (-)	0.762	0.837
Eff. (%)	1.26	11.76

# X線回折(omega-2theta)

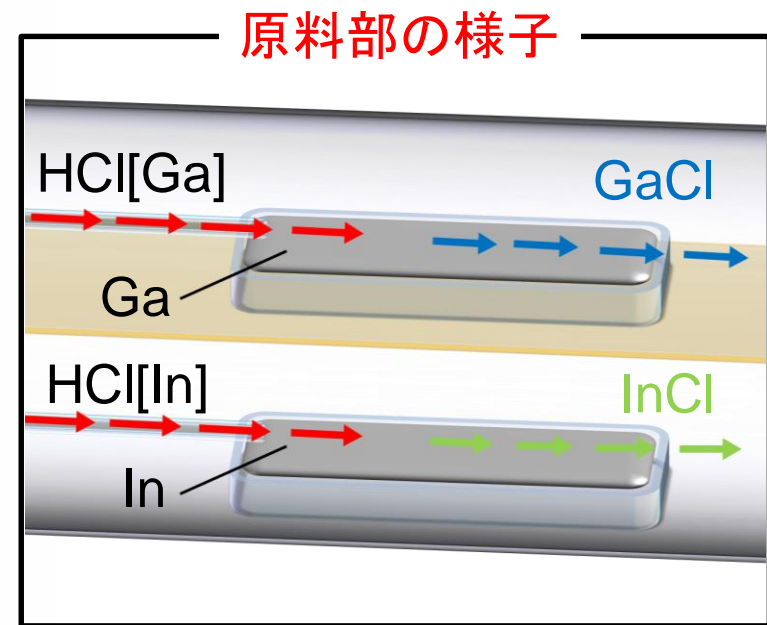
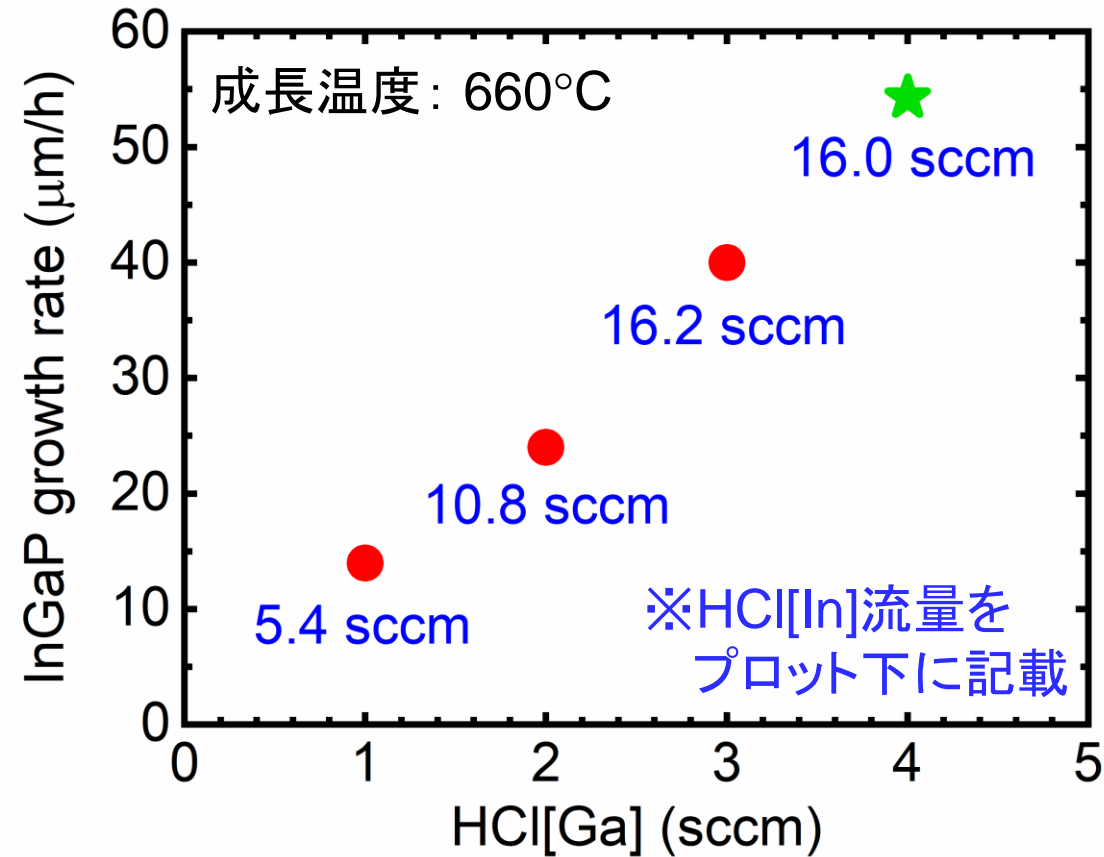


660°Cで成長させることによりInGaPの相分離を抑制



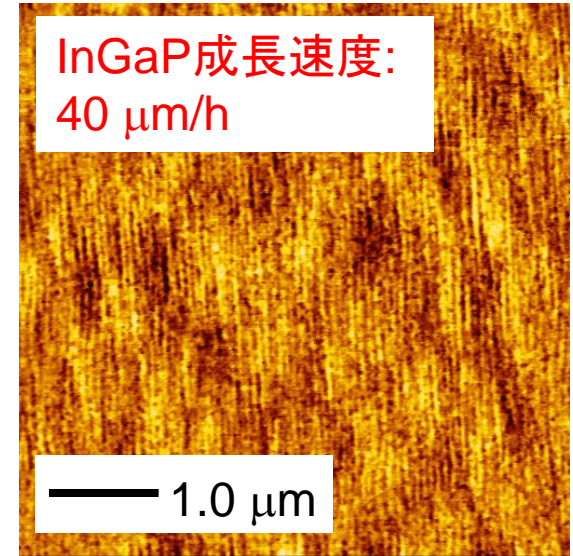
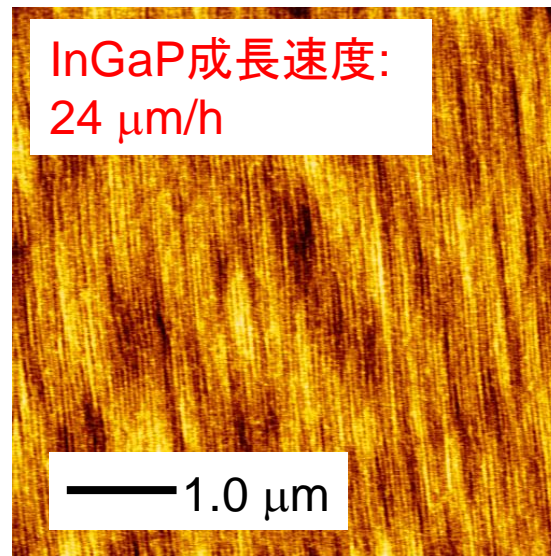
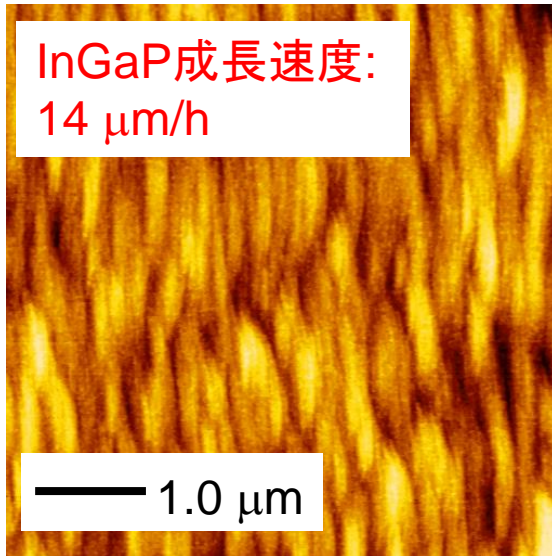
# HVPE法によるInGaPの高速成長

## HCl流量とInGaP成長速度の関係

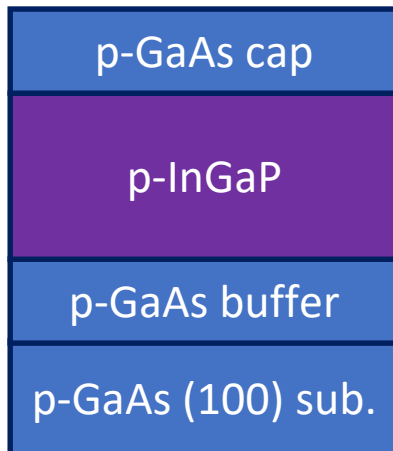


HCl流量の増加に従い成長速度が高速化 ➡ 54 μm/hの成長速度を達成

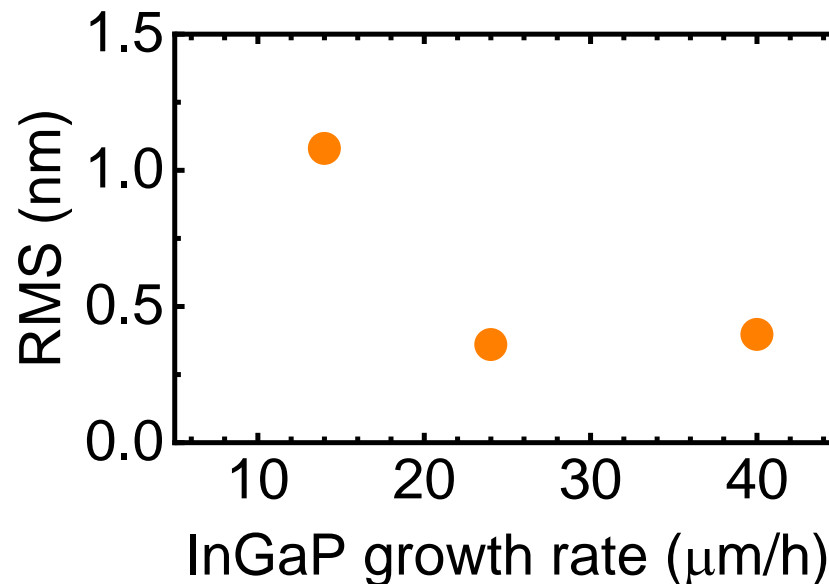
# InGaP成長速度の影響: 表面平坦性



## 試料構造

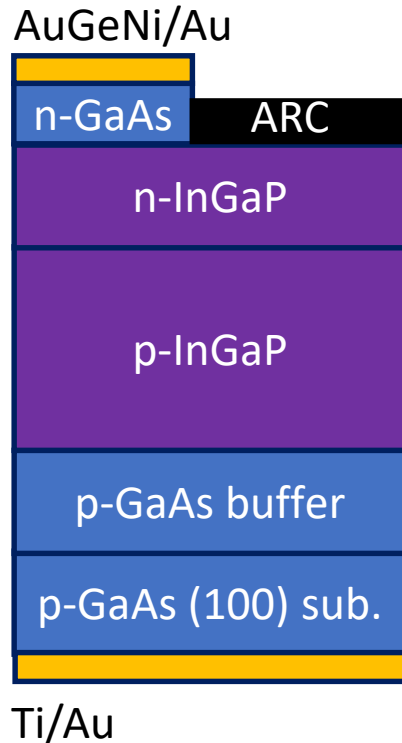


成長温度: 660°C



# InGaP成長速度の影響: 太陽電池特性

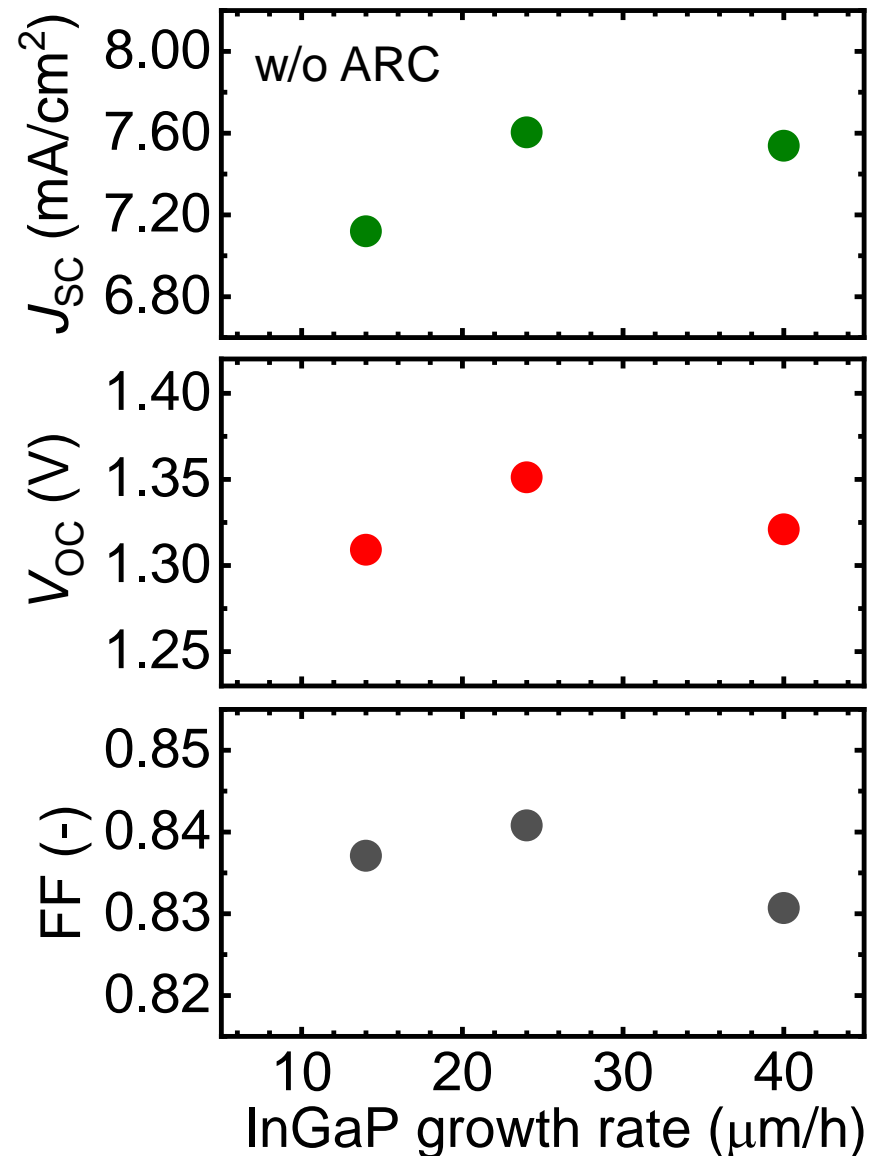
## 試料構造



成長速度:  
14, 24, 40  $\mu\text{m/h}$

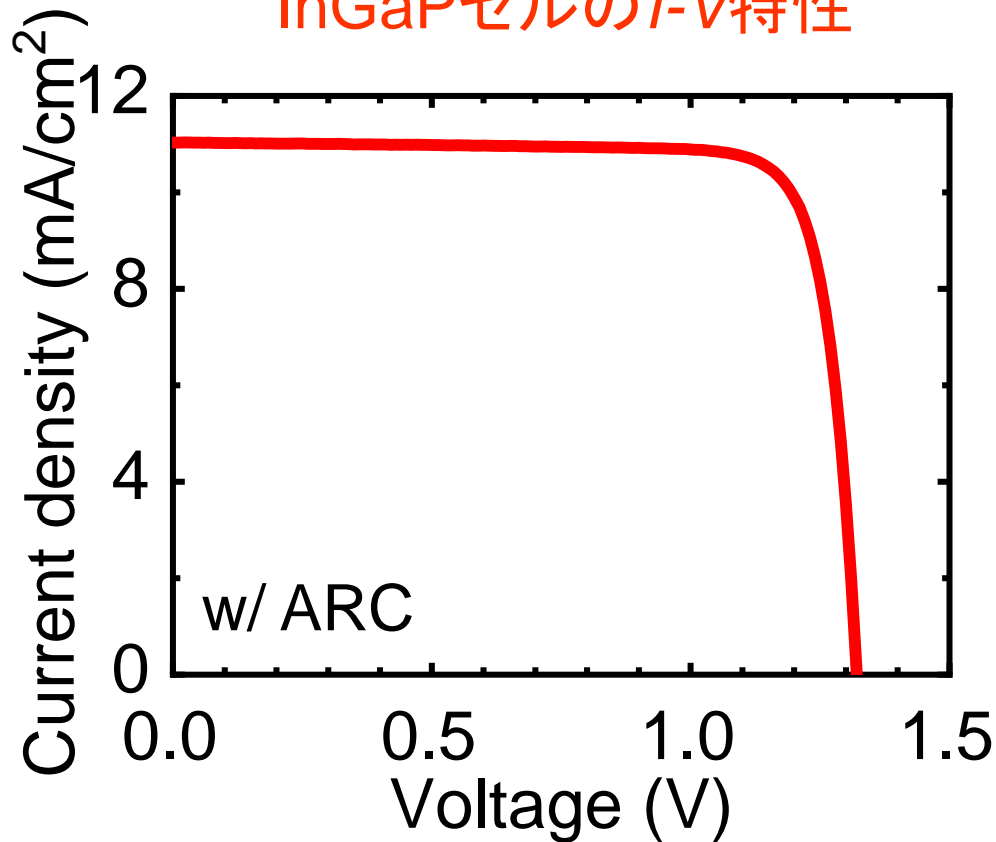
成長温度:  
660°C

成長速度24  $\mu\text{m/h}$ で作製したときに  
最も良い太陽電池特性を示した



# 高速成長InGaP単接合セルの性能

成長速度40  $\mu\text{m}/\text{h}$ で作製した  
InGaPセルのI-V特性



$J_{SC}$ : 11.03 mA/cm<sup>2</sup>

$V_{OC}$ : 1.321 V

FF: 0.831

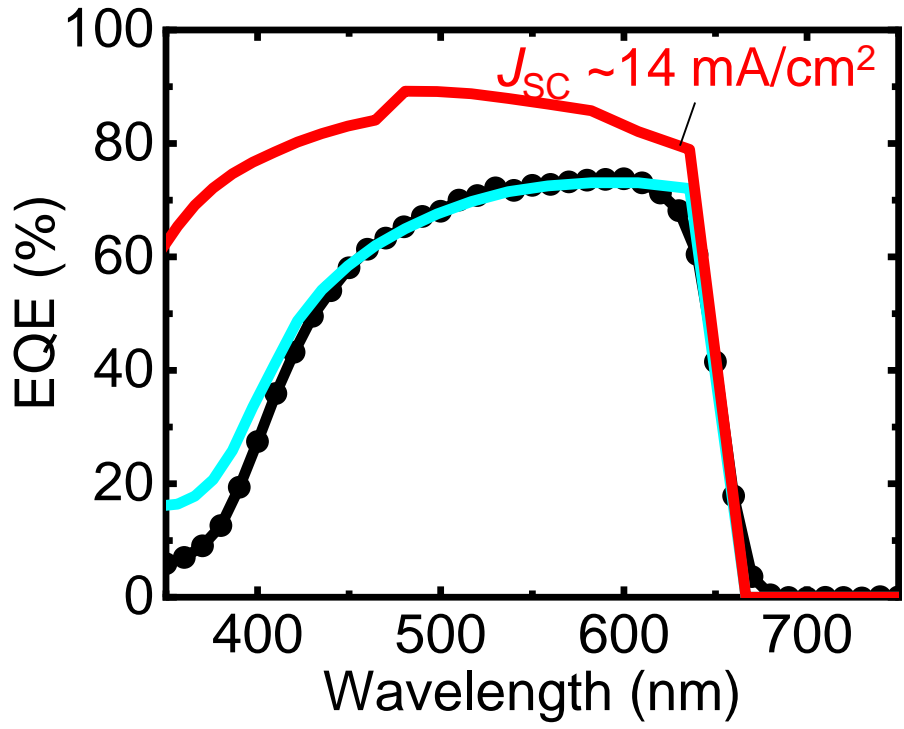
Eff: 12.11%

※ In-house測定

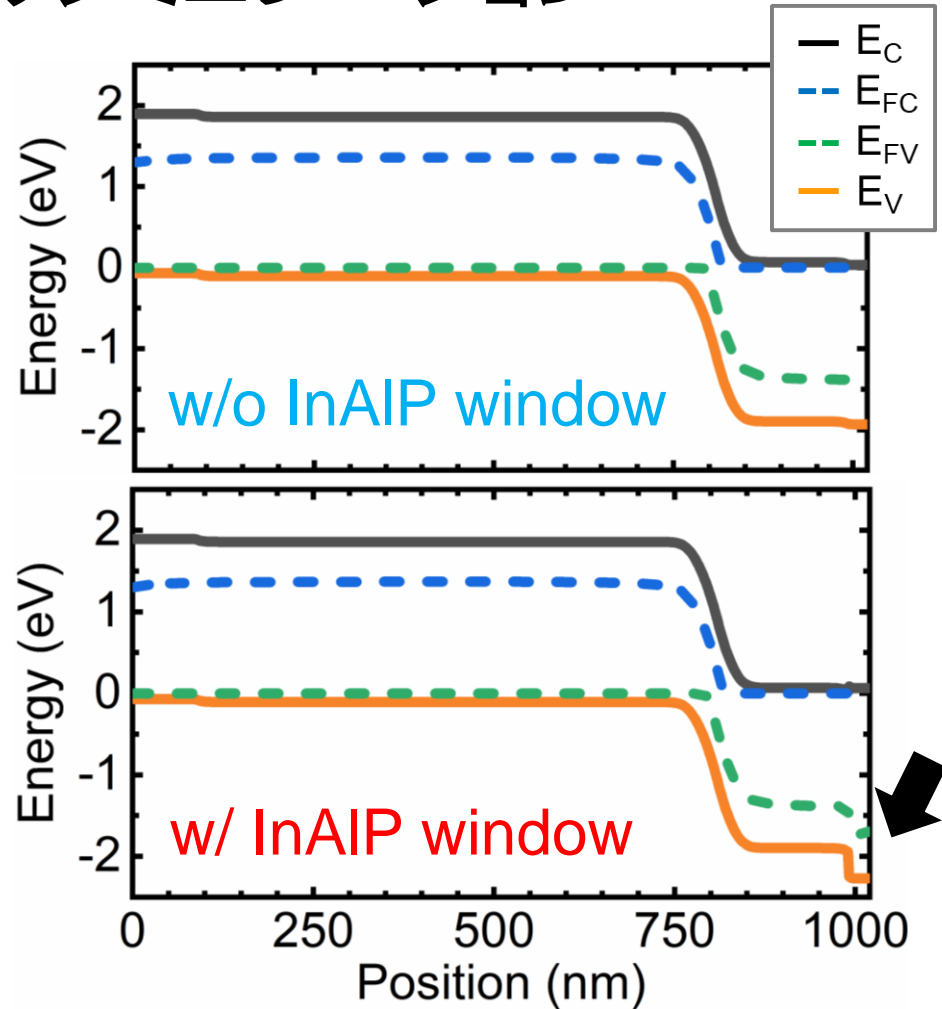
高速成長時でも、  
高い性能が得られた

# 外部量子効率のシミュレーション

(STR社のPVcellにより計算)



- 40 μm/hで作製時の実測値
- 現構造の計算値
- InAlP窓層導入時の計算値



現構造にInAlP窓層を導入することで電流値の大幅な改善が期待できる

## まとめ

低コスト多接合太陽電池の実現に向けて、  
InGaP単接合セルをHVPE法により作製

- 660°Cで成膜することによりInGaPの相分離を抑制  
→ 太陽電池特性が大幅に改善
- 54  $\mu\text{m}/\text{h}$ のInGaP成長速度を実現  
→ 気相成長としては世界最高速度を達成
- 40  $\mu\text{m}/\text{h}$ でInGaP太陽電池を作製  
→ 高速成長時でも高い性能を示唆

【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。