

# 薄膜シリコン太陽電池用高度光閉じ込め構造の開発

齋 均

先端産業プロセス・低コスト化チーム

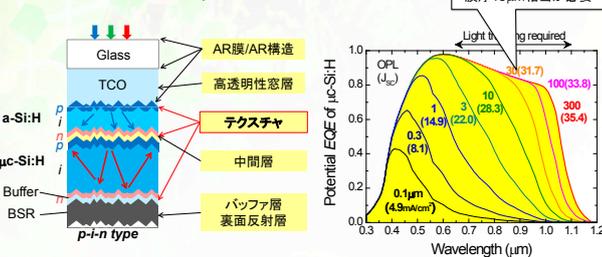
## 研究背景

発電効率15% (2接合)

⇒  $J_{SC} = 15 \text{ mA/cm}^2$

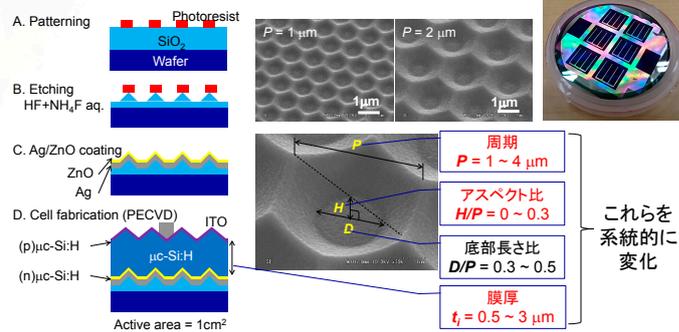
⇒  $\mu\text{-Si:H}$ 単接合 (膜厚 $\sim 2\mu\text{m}$ ) で  **$30 \text{ mA/cm}^2$**

⇒ **光閉じ込めによる $\mu\text{-Si:H}$ の高電流化が必要**



微結晶シリコン( $\mu\text{-Si:H}$ )太陽電池の高電流化に向けた  
光閉じ込めテクスチャ構造の系統的検討

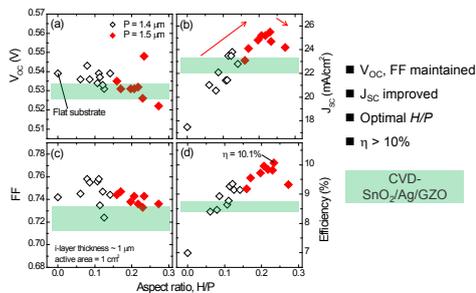
## 実験手法



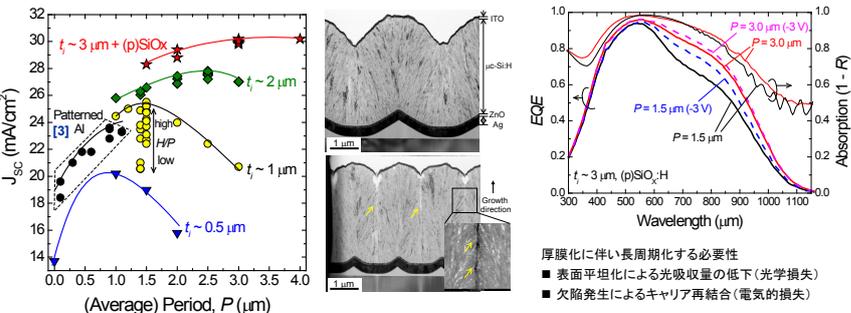
ハンカムテクスチャの開発 (フォトリソ・エッチング) → サブストレート(nip)型  $\mu\text{-Si:H}$ 電池 (PECVD・スパッタリング) → 光閉じ込めの系統的検討 (I-V特性・EQE)

## 太陽電池特性

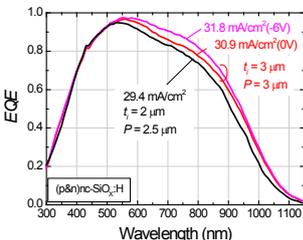
### アスペクト比依存性 (膜厚 $1\mu\text{m}$ ) [1]



### 周期とセル膜厚の関係 [2]



### 高電流化・高効率化 - 膜厚に応じたテクスチャ設計



Sub	$t_f$ $\mu\text{m}$	p	n	$V_{OC}$ V	$J_{SC}$ $\text{mA/cm}^2$	FF	Eff. %	Note
P = 1.5 $\mu\text{m}$	1	$\mu\text{-Si}$	$\mu\text{-Si}$	0.562	24.6	0.754	10.4	
P = 2.5 $\mu\text{m}$	2	$\text{SiO}_x$	$\text{SiO}_x$	0.523	<b>28.6</b>	0.741	<b>11.1</b>	
P = 3 $\mu\text{m}$	3	$\text{SiO}_x$	$\text{SiO}_x$	0.505	30.8	0.692	10.7	$\text{In}_2\text{O}_3\text{:H}$
KANEKA [5]	2	-	-	0.539	25.8	0.766	10.7	
[6]					24.4(ap)[6]		10.1(ap)[6]	

[1] Sai et al., APL 101 (2012) 173901.  
 [2] Sai et al., APL 102 (2013) 053509  
 [3] Sai & Kondo, JAP 105 (2009) 094511.  
 [4] Koida et al., JJAP 46 (2007) L685.  
 [5] Yamamoto, IEEE Trans. Electron Devices 46 (1999) 2041  
 [6] Efficiency table ver.40, PIP 20 (2012) 606

## 結論

- サイズ・形状が制御可能な周期構造からなるハンカムテクスチャ基板を開発して  $\mu\text{-Si:H}$ 太陽電池に適用  
 最適アスペクト比: 0.2 - 0.25 最適周期:  $1 < \text{周期/膜厚} < 1.5$
- 適正化したハンカムテクスチャと吸収損失低減により  $J_{SC} > 30 \text{ mA/cm}^2$ 、発電効率 11.1% (アクティブエリア)、10.5% (da, AIST評価チーム測定) を達成
- 今後の展開
  - ・ キャリア収集ロス、 $V_{OC}$ 、FFの改善
  - ・ スーパーストレート型・タンデム構造
  - ・ インプリント法等による大面積化・低コスト化

## 謝辞

本研究開発はNEDO「太陽エネルギー技術開発 太陽光発電システム次世代高性能技術の開発 次世代多接合薄膜シリコン太陽電池の産学官協力体制による研究開発」の中で太陽光発電技術研究組合(PVTEC)との共同で実施された。また、本研究開発の一部は産総研ナノプロセッシングセンター(NPP)の支援を受けて実施された。関係各位に感謝致します。

