

齋 均

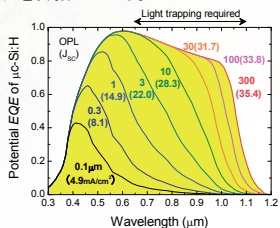
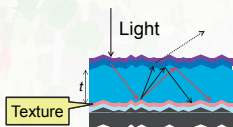
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 先進プロセスチーム

光閉じ込め構造と薄膜シリコン太陽電池

薄膜シリコン太陽電池(アモルファスシリコンa-Si:H、微結晶シリコン $\mu\text{c-Si:H}$)は、その発電層の薄さから光閉じ込め構造の良否が発電特性に大きな影響を及ぼす。また、これらは、薄型の結晶シリコン太陽電池の光閉じ込め技術開発の場としても活用できる。本研究では光閉じ込め構造の高度化を目指している。

<光閉じ込め構造>

- 光路長(OPL) >> 発電層厚(t)とする技術
- テクスチャ構造の活用が一般的



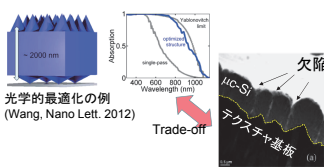
テクスチャ開発における課題

光学的最適解 ≠ デバイス最適解

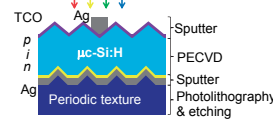
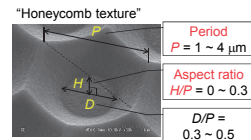
光吸収 × 電荷輸送(膜質)

$$Eff. = J_{SC} \times V_{OC} \times FF$$

膜質 × 内蔵電界 膜質 × 抵抗



ハニカムテクスチャによる系統的検討



微結晶シリコン($\mu\text{c-Si:H}$)太陽電池 - 光閉じ込め技術の実証

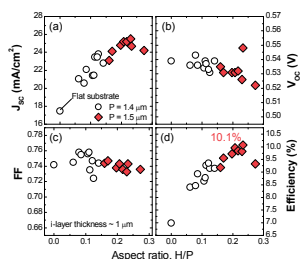
微結晶シリコン太陽電池における高性能化指針:

- 光閉じ込め効果の最大化
- テクスチャ誘起欠陥の抑制

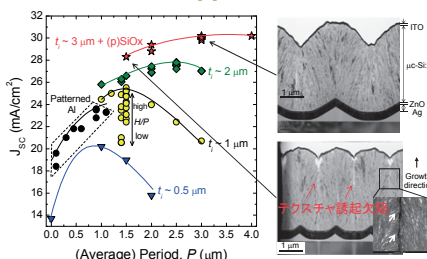
P (テクスチャ周期) ~ t (セル膜厚)

H/P (アスペクト比) ~ 0.25

<アスペクト比依存性[1]>



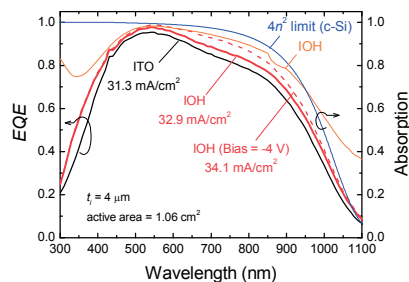
<周期依存性[2]>



高電流密度化

- 左記、高性能化指針の適用 $P = t = 4 \mu\text{m}$
- 高透明性透明導電膜 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{H}$ (IOH) の適用 [3]

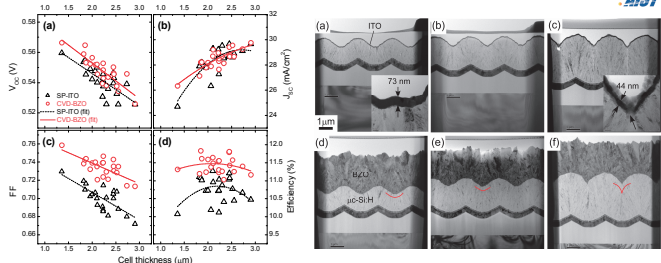
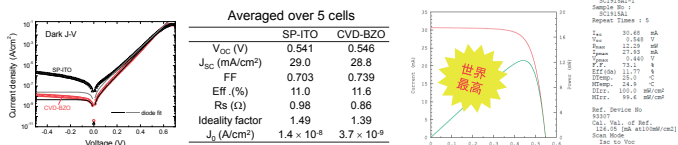
- $J_{SC} = 32.9 \text{ mA/cm}^2$, $J_{QE} = 34.1 \text{ mA/cm}^2$ @ $t = 4 \mu\text{m}$
- $4n^2$ limit (36.9 mA/cm^2) に対する到達度92% [4]



高効率薄膜微結晶シリコン太陽電池

- MOCVD-ZnO:B(BZO)を $\mu\text{c-Si:H}$ セルに適用[5]

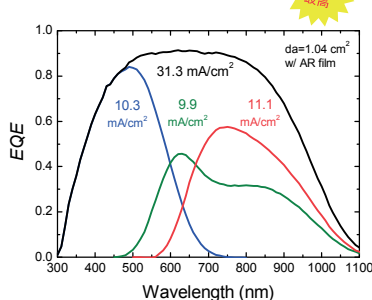
→ V_{OC} ・FF改善、効率**11.8%**



多接合太陽電池への展開

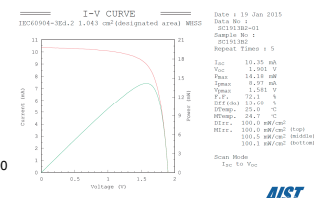
- a-Si/ $\mu\text{c-Si}$ / $\mu\text{c-Si}$ 三接合構造[4]

→ 安定化効率**13.6%** **世界最高**



	V_{OC} (V)	J_{SC} (mA/cm^2)	FF	Eff. (%)	
Ini	1.907	9.7	0.780	14.5	In-house
LS	1.904	9.8	0.745	13.8	In-house
$\Delta\%$	-0.18	+0.23	-4.47	-4.42	
LS	1.901	9.92	0.721	13.6	Certified

LS: Light soaked under 1 Sun, 50°C for 1000 h



結論

- 高度光閉じ込め構造としてハニカムテクスチャ基板を開発
- 膜厚4 μm の $\mu\text{c-Si:H}$ 太陽電池にて $J_{SC} = 32.9 \text{ mA/cm}^2$, $J_{QE} = 34.1 \text{ mA/cm}^2$
- MOCVD-BZO膜を適用した単接合 $\mu\text{c-Si:H}$ 太陽電池にて世界最高の発電効率11.8%(da, 高精度評価)を達成
- ハニカムテクスチャ基板を利用した三接合a-Si/ $\mu\text{c-Si}$ / $\mu\text{c-Si}$ 太陽電池にて、世界最高の光安定化後効率13.6%(da, 高精度評価)を達成

謝辞



PVTEC 吉田様他、関係各位、シャープ(株)杉山様、パナソニック(株)片山様、三菱重工(株)竹内様、標準チーム 菱川様、志村様、佐々木様、PVTECスタッフ各位、AIST-NPPの関係者各位

文献

- [1] H. Sai et al., Appl. Phys. Lett. **101**, 173901 (2012); doi: 10.1063/1.4761956
- [2] H. Sai et al., Appl. Phys. Lett. **102**, 053509 (2013); doi: 10.1063/1.4790642
- [3] H. Sai et al., Appl. Phys. Express **6**, 104101 (2013); http://dx.doi.org/10.7567/APEX.6.104101
- [4] H. Sai et al., submitted.
- [5] H. Sai et al., Jpn. J. Appl. Phys., in press.