

# プラズモニック光閉じ込め構造の開発

革新デバイスチーム 水野 英範

## 研究目的

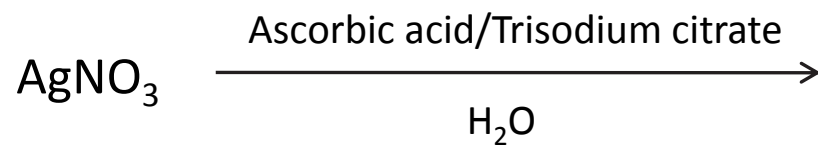
太陽電池における既存の光閉じ込め技術(テクスチャ化)  
と共存可能な新手法の探索



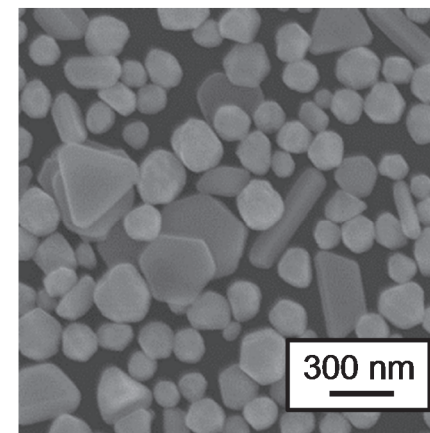
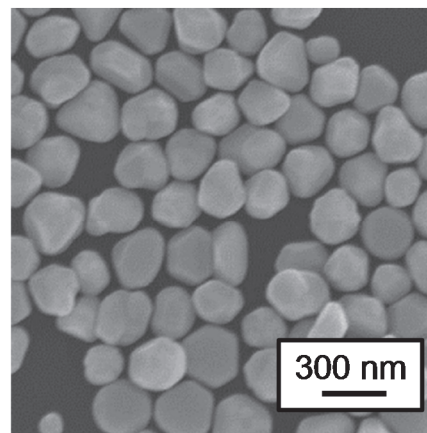
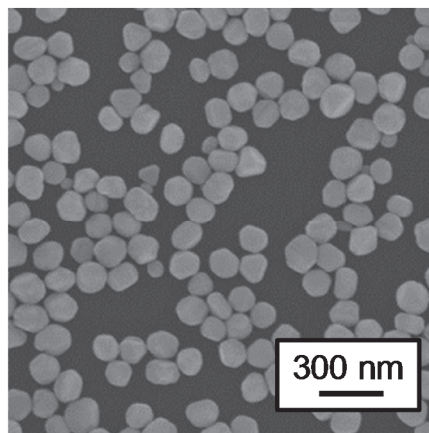
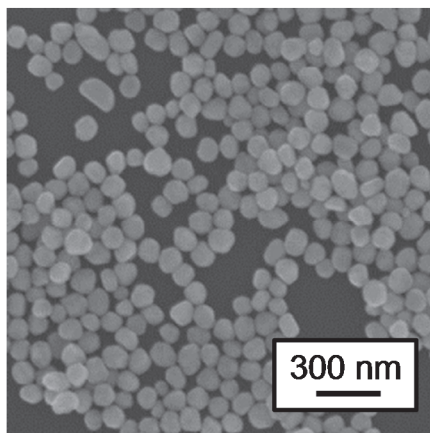
金属ナノ粒子の強い光散乱作用を利用する  
プラズモニック光閉じ込め構造を検討

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて実施されたものであり、関係各位に感謝します。

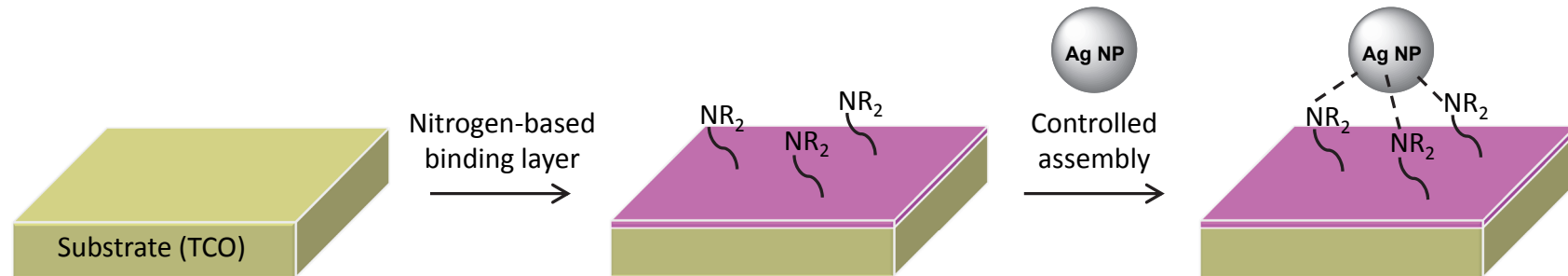
銀ナノ粒子の合成



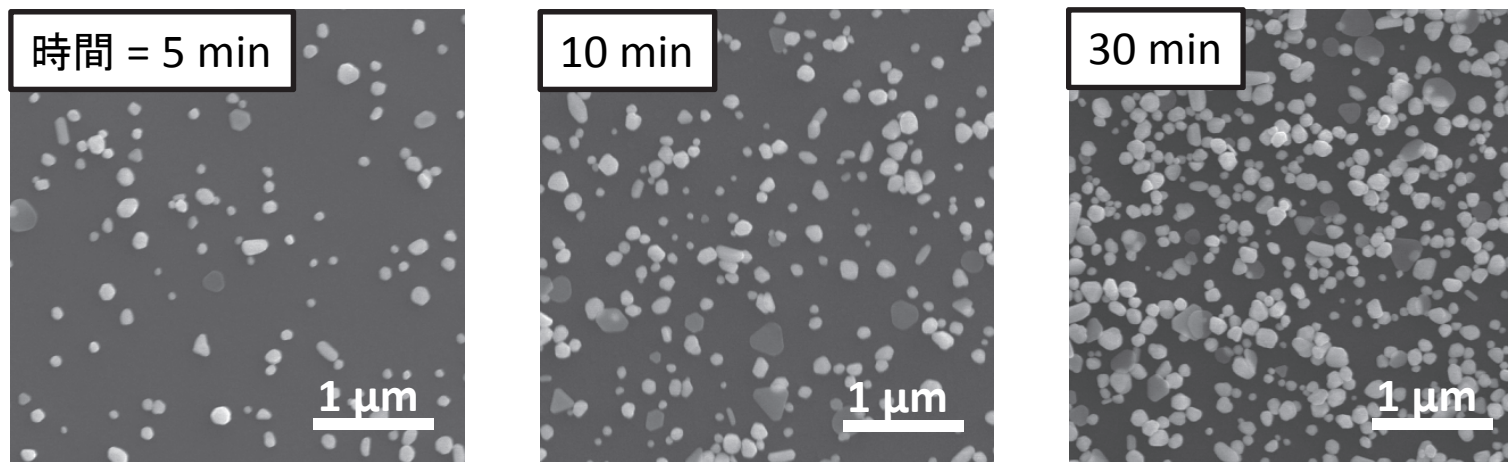
合成条件による粒子形状・サイズの制御



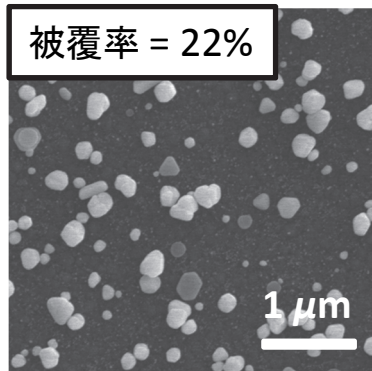
銀ナノ粒子のケミカルアセンブリー



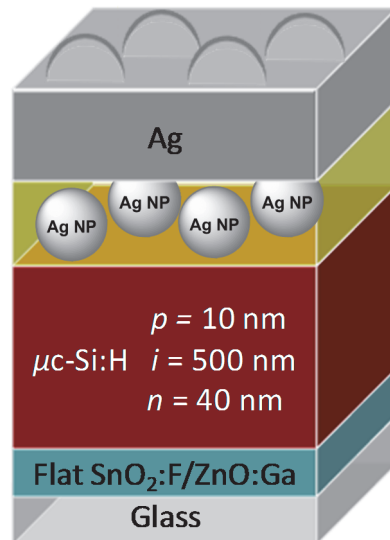
条件による粒子導入量(密度)・配列の制御



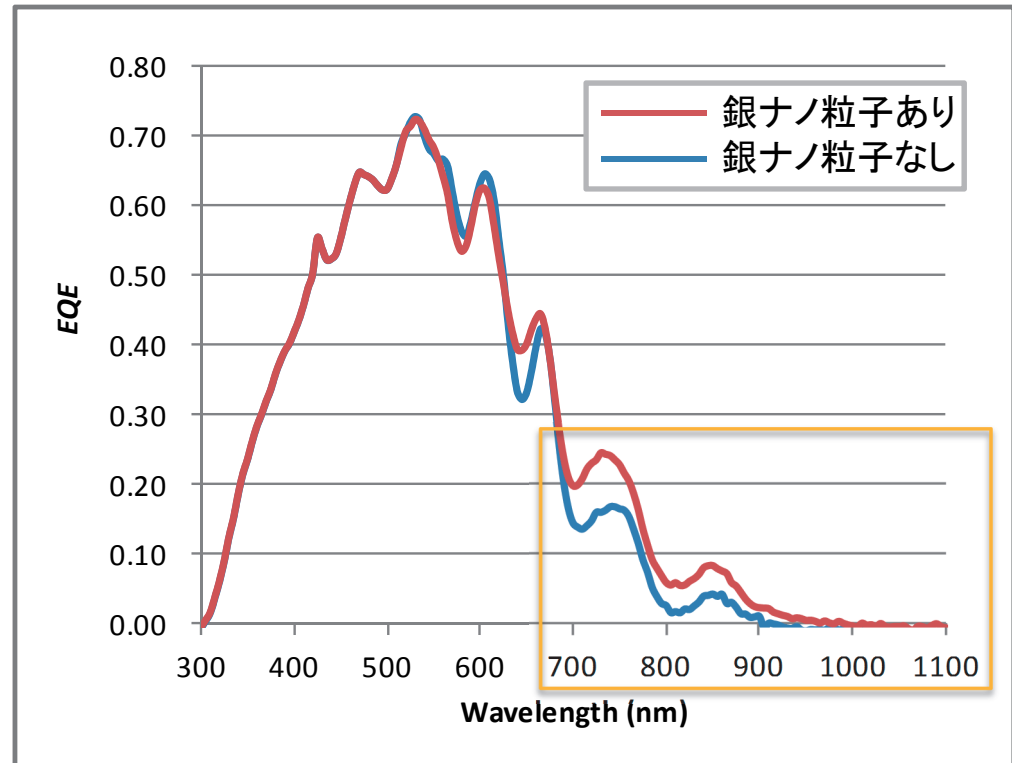
銀ナノ粒子導入微結晶Si太陽電池



銀ナノ粒子  
(サイズ: 100-300 nm)



スーパーストレート型  
微結晶Si太陽電池



裏面TCO層への銀ナノ粒子導入  
(被覆率・ポジション最適化)

近赤外領域(700-1100 nm)  
+75%の光電流生成向上を確認

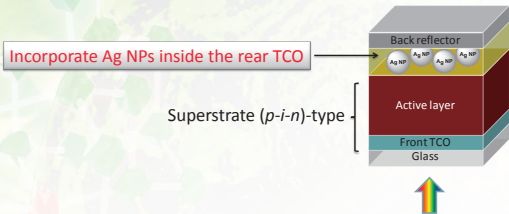
# プラズモニック光閉じ込め構造の開発

水野 英範

革新デバイスチーム

## 研究背景

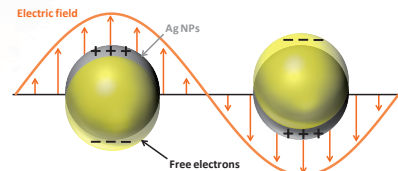
太陽電池における既存の光閉じ込め技術（表面テクスチャ化）と共存可能な新手法の探索



金属と光の相互作用を利用するプラズモニック光閉じ込め構造を検討

## プラズモニック光閉じ込め

金属ナノ粒子における局在表面プラズモンを利用<sup>[1]</sup>

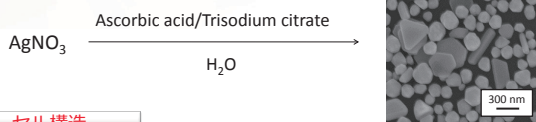


局在表面プラズモン =  
光吸収 + 光散乱

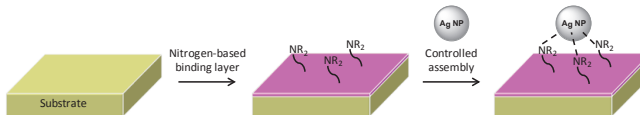
- 光散乱の比率を粒子サイズで調整可能<sup>[2]</sup>
- 大きな散乱断面積（粒子サイズの~10倍）→少ない表面被覆率<sup>[3]</sup>

## 銀ナノ粒子導入微結晶シリコン太陽電池

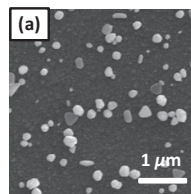
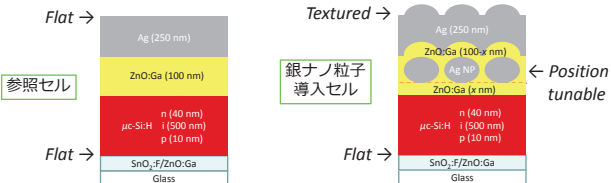
**銀ナノ粒子の合成** ランダムなサイズ・形状  
→ 幅広い太陽光スペクトルとの相互作用



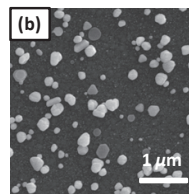
**ケミカルアセンブリー** 集積時間をコントロールし、表面被覆率を制御



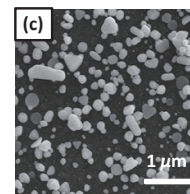
### セル構造



被覆率 = 12%



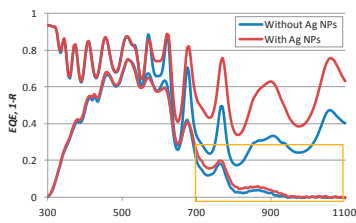
被覆率 = 22%



被覆率 = 41%

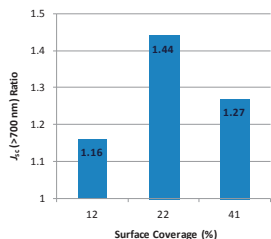
## セル特性

### 吸収およびEQEスペクトル



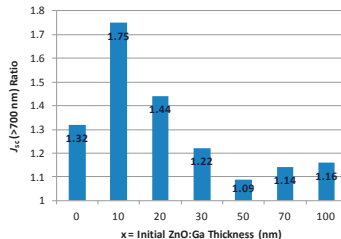
- 近赤外域(700-1100 nm)において吸収増加
- EQE積分値も増加(+44%)

### EQE増加率：表面被覆率およびZnO:Ga膜厚依存性

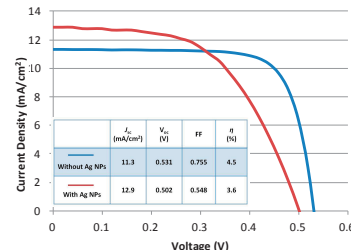


- 最適表面被覆率 → 22% (EQE増加率44%)

### J-V 特性



- 最適ZnO:Gaインシヤル層膜厚 (x) → 10 nm (EQE増加率75%)



- $J_{sc}$ 増加 ただし  $V_{oc}$  および FF は低下 → 変換効率も低下

## 結論

- ・ ウェットケミカルアプローチによる銀ナノ粒子構造導入法を開発
- ・ 平坦 $\mu\text{c-Si:H}$ 太陽電池において75%の $J_{sc}$ 向上を確認（近赤外域）
- ・ 詳細について：Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 042302.

今後の展開：

- ・ ナノ粒子サイズ、配列の制御（パターニング）
  - $J_{sc}$ 最大化 → セル最適化
- ・ 他の光閉じ込め技術との併用
  - テクスチャ基板、フォトニック基板

## 参考文献

- [1] H. A. Atwater and A. Polman, "Plasmonics for improved photovoltaic devices", *Nat. Mater.* **9**, 205 (2010).
- [2] K. Tanabe, "Optical radiation efficiencies of metal nanoparticles for optoelectronic applications", *Mater. Lett.* **61**, 4573 (2007).
- [3] K. R. Catchpole and A. Polman, "Design principles for particle plasmon enhanced solar cells", *Appl. Phys. Lett.* **93**, 191113 (2008).

## 謝辞

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託を受けて実施されたものであり、関係各位に感謝します。