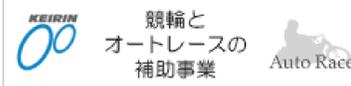


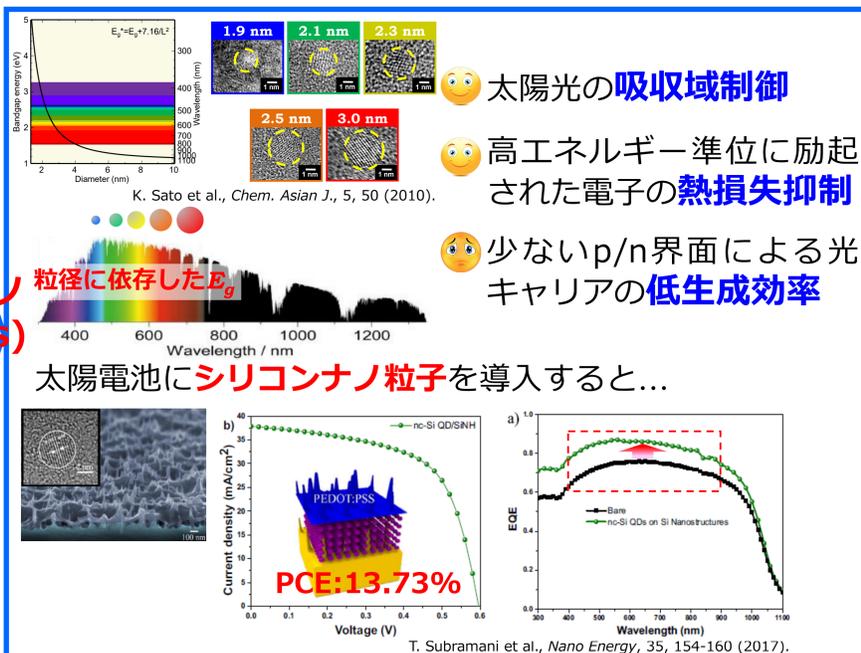
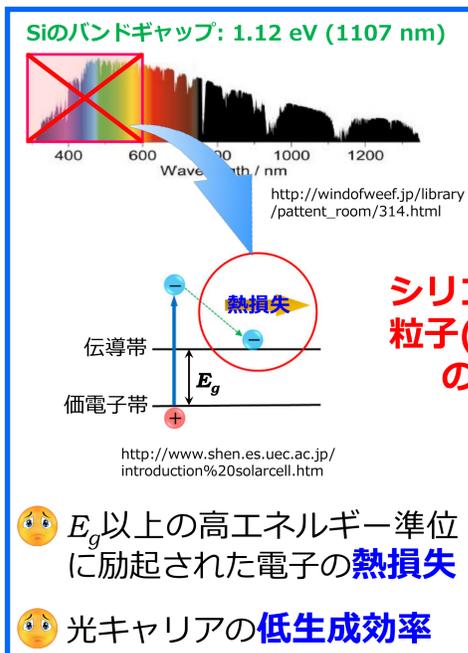
量子ドット太陽電池の高効率化を実現する機能性ナノ粒子への微細孔構造創製技術の開発 【2018-2019年度 2018M-168 JKA補助事業の紹介】

東京電機大学 工学部 電気電子工学科 ナノエネルギー研究室 佐藤慶介



発電に必要なキーマテリアルの現状と課題

シリコンナノ粒子と導電性ポリマーを複合化した安価な太陽電池



本研究アプローチ

シリコンナノ粒子表面へのナノデザイン設計

- ナノ粒子への比表面積拡張と細孔サイズ制御
- ナノ粒子内への不純物添加による抵抗率制御
- 多孔質構造と太陽電池性能の相関性

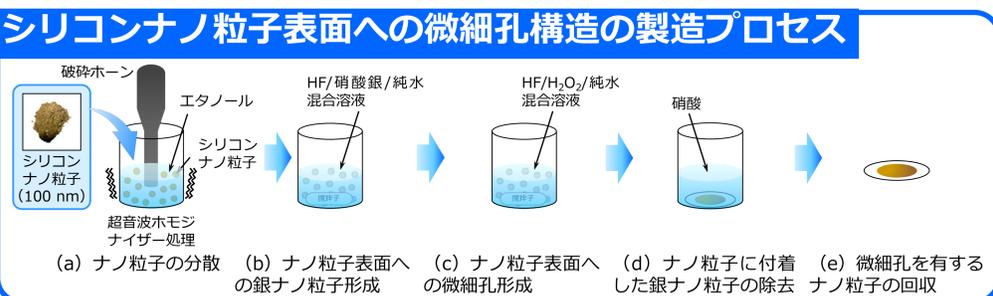
細孔サイズ: 30nm以下

比表面積: 40m²/g以上

50-200 nm

微細孔構造を有するシリコンナノ粒子 (シリコンナノ多孔粒子)

成果 1: シリコンナノ多孔粒子の合成技術とn型/p型化技術



細孔サイズと比表面積はHF/H₂O₂のモル濃度比率で調整

抵抗率は不純物添加時の加熱温度と加熱時間で調整

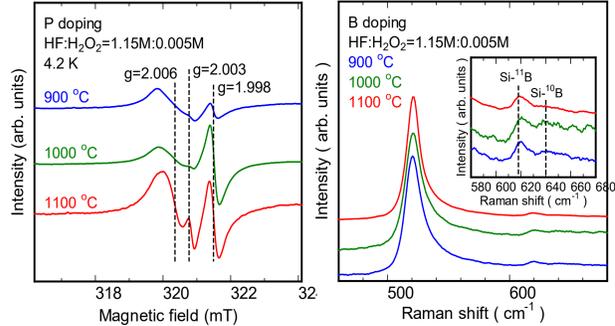
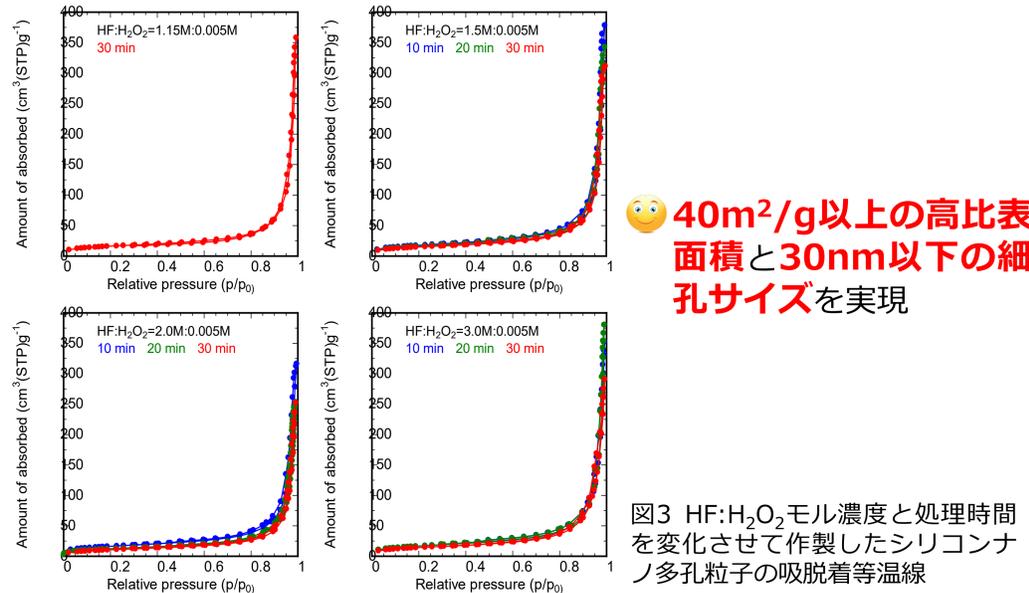
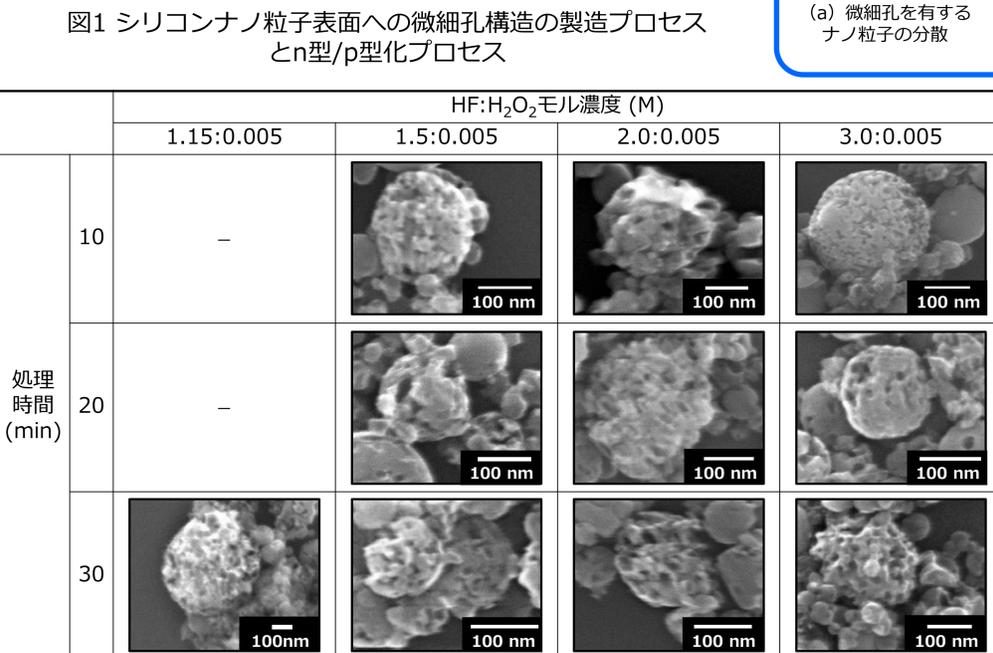


表1 HF:H₂O₂モル濃度と処理時間を変化させて作製したシリコンナノ多孔粒子の比表面積と平均細孔サイズ

HF:H ₂ O ₂ モル濃度 (M)	1.15:0.005			1.5:0.005			2.0:0.005			3.0:0.005			
処理時間 (min)	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
比表面積 (m ² /g)	57.8	63.1	59.4	53.5	58.6	45.0	45.9	60.5	59.4	51.6			
平均細孔サイズ (nm)	33.5	39.2	29.4	31.5	31.4	25.0	30.1	28.3	32.3	28.8			

成果 2: n型/p型シリコンナノ多孔粒子の抵抗率と太陽電池性能

表2 HF:H₂O₂モル濃度と処理時間を変化させて作製したn型/p型シリコンナノ多孔粒子の抵抗率

HF:H ₂ O ₂ モル濃度 (M)	1.5:0.005			2.0:0.005			3.0:0.005		
処理時間 (min)	10	20	30	10	20	30	10	20	30
不純物原子	リン								
加熱温度 (°C)	1100								
抵抗率 (Ωcm)	1.0×10 ⁵	9.0×10 ⁷	2.9×10 ⁷	5.4×10 ⁷	2.9×10 ⁸	4.4×10 ⁷	9.0×10 ⁶	5.5×10 ⁷	2.3×10 ⁷
不純物原子	ボロン								
加熱温度 (°C)	1100								
抵抗率 (Ωcm)	6.1×10 ⁴	4.7×10 ⁵	1.9×10 ⁵	2.7×10 ⁴	5.8×10 ⁶	2.8×10 ⁵	5.1×10 ⁵	5.9×10 ⁴	5.9×10 ⁴

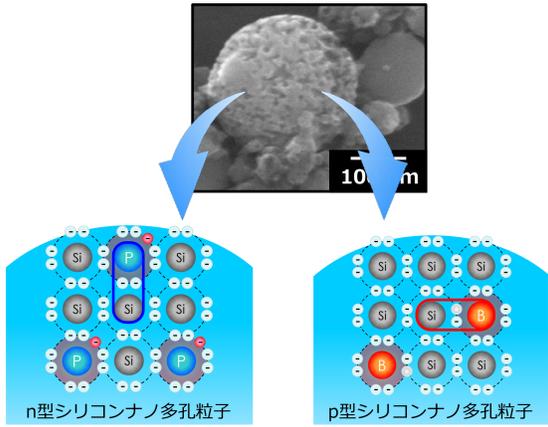


図5 n型/p型シリコンナノ多孔粒子内のリンドナーとボロンアクセプタの添加状態図

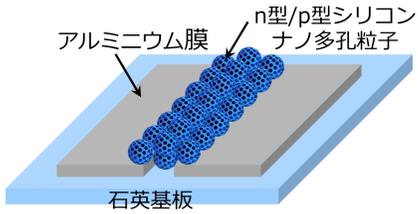


図6 n型/p型シリコンナノ多孔粒子の抵抗率測定

😊 シリコンナノ多孔粒子内へのリンドナー/ボロンアクセプタ添加による**低抵抗率**の実現



図7 太陽電池の作製に使用した材料と装置

表3 HF:H₂O₂モル濃度を変化させて作製したn型/p型シリコンナノ多孔粒子の基板加熱後の抵抗率

HF:H ₂ O ₂ モル濃度 (M)	1.5:0.005			2.0:0.005			3.0:0.005		
処理時間 (min)	10								
不純物原子	リン								
加熱温度 (°C)	1100								
基板加熱温度 (°C)	400	500	600	400	500	600	400	500	600
抵抗率 (Ωcm)	6.5×10 ⁵	2.3×10 ⁵	2.0×10 ³	5.1×10 ⁵	2.1×10 ⁵	1.1×10 ³	1.6×10 ⁶	8.5×10 ⁵	4.0×10 ³
不純物原子	ボロン								
加熱温度 (°C)	1100								
基板加熱温度 (°C)	400	500	600	400	500	600	400	500	600
抵抗率 (Ωcm)	2.7×10 ⁴	8.9×10 ³	3.3×10 ³						

抵抗率を低下させるために...

リン含有添加剤に含まれる**2次生成物の攪拌処理による除去**
ナノ粒子を塗布した基板を**加熱処理**

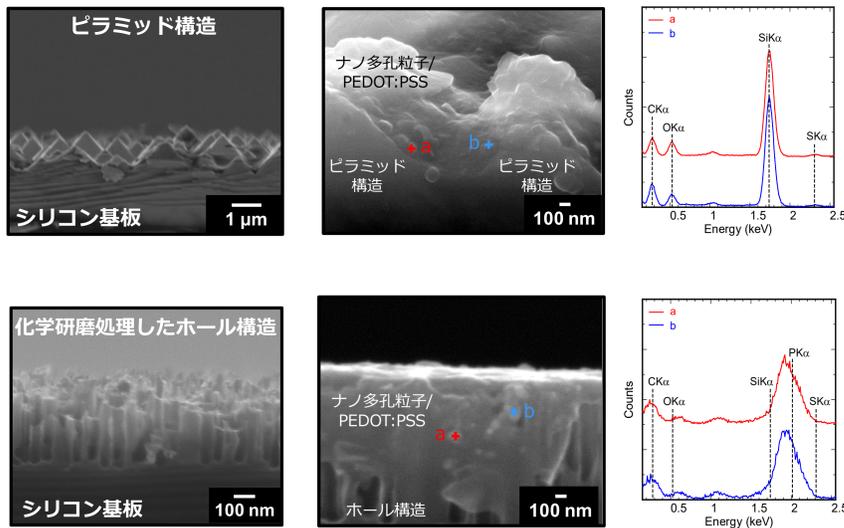


図8 ピラミッド構造とホール構造を有した下地基板のSEM像とその下地基板に塗布したシリコンナノ多孔粒子/導電性ポリマーの断面SEM像とEDS信号

😊 極小の細孔を有したホール構造内への粒子配列を可能にするために...

シリコンナノ多孔粒子の**平均粒子サイズの縮小と生成率の向上**

😊 下地基板とナノ粒子表面の微細孔構造の最適化による**高発電効率**の達成

得られた成果

- ナノ粒子表面への**微細孔構造の創製技術**を確立
- ナノ多孔粒子内への不純物添加による**低抵抗率**を実現
- 微細孔構造の導入による**高発電効率**を実現

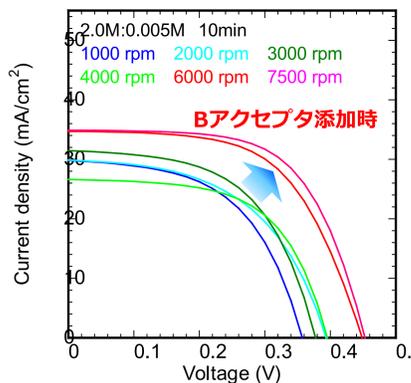


図9 ピラミッド構造を有した下地基板に対してシリコンナノ多孔粒子/導電性ポリマーを用いた太陽電池のJ-V特性

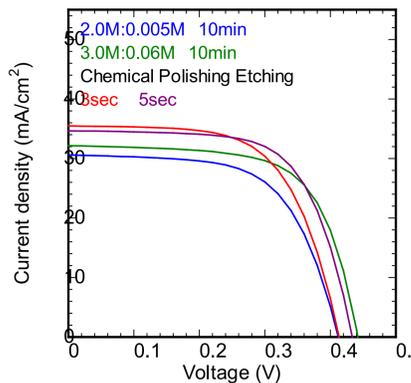


図10 ホール構造を有した下地基板に対してシリコンナノ多孔粒子/導電性ポリマーを用いた太陽電池のJ-V特性

表4 ピラミッド構造を有した下地基板に対してシリコンナノ多孔粒子/導電性ポリマーを用いた太陽電池のJ-V特性性能評価

下地基板	回転数 (rpm)	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF	PCE (%)
ピラミッド	1000	29.8	0.36	0.53	5.69
	2000	29.9	0.39	0.52	6.10
	3000	31.5	0.38	0.55	6.57
	4000	26.6	0.40	0.59	6.22
	6000	34.7	0.45	0.58	9.10
	7500	34.9	0.45	0.62	9.74

ボロン添加による**光キャリアの輸送効率の向上**の実現

粒子塗布時の回転数の増加による**一様な粒子配列**の実現

表5 ホール構造を有した下地基板に対してシリコンナノ多孔粒子/導電性ポリマーを用いた太陽電池のJ-V特性性能評価

下地基板	材料	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (V)	FF	PCE (%)
ホール	2.0:0.0005	30.6	0.41	0.62	7.82
	3.0:0.06	32.2	0.44	0.66	9.36
	3 sec	35.5	0.41	0.62	9.11
	5 sec	34.6	0.43	0.66	9.84

化学研磨処理による**ホール構造内部への粒子の充填率の向上**と**光キャリアの生成効率の向上**の実現

お問い合わせ先

〒120-8551
東京都足立区千住旭町5番
東京電機大学 工学部 電気電子工学科 ナノエネルギー研究室
佐藤 慶介
E-mail: satok@mail.dendai.ac.jp
Web site: <http://www.eee.dendai.ac.jp/eee/lab/sato/sato.html>