

CBD 法による酸化亜鉛ナノロッドの合成と濃度依存分析

1210010 池田 大喜 (光・エネルギー研究室)

(指導教員 李 朝陽 教授)

1. 背景と目的

既存の太陽電池に比べ低コストでリサイクル可能で環境にやさしい色素増感太陽電池に注目した。色素増感太陽電池の電極は酸化チタンが主流である。しかし、酸化チタンを用いた色素増感太陽電池の変換効率は約15%と低い性能である[1]。これは酸化チタンの電子移動度が低く、ナノ粒子であるためナノ構造の形成が難しく電極の透過率が低くなっていくことが原因の1つとなっている。

そこで、本研究では酸化チタンに比べ電子移動度が高くナノ構造が形成しやすい酸化亜鉛を電極に用いて太陽電池の試作をした。その際の太陽電池の変換効率の向上のため、CBDにおける酸化亜鉛ナノロッドの溶液濃度依存を調べ、最適な合成条件を目指す。色素増感太陽電池の試作も行う。

2. 実験方法

ガラス基板に AZO 薄膜をスパッタリングした後、CBD法を用いて ZnO ナノロッドを成長させた。硝酸亜鉛六水和物 ($\text{ZnO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) とヘキサメチレンテトラミン ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4 \cdot \text{HMTA}$) をモル比 2:1 で混合した水溶液と AZO 基板をフラスコに入れ、ヒーターで 95 度に保った、シリコンオイルの中にフラスコを置いた。本研究では CBD 法において、用いる溶液濃度を 20%、40%、60%、80%、100% と変化させ、その構造特性と光学特性の濃度依存を確認した。また、溶液濃度 20% で 5 時間、10 時間、15 時間で CBD を行い酸化亜鉛ナノロッドの成長をさせ、その構造特性と光学特性の時間依存を確認した。

CBD 溶液濃度 80%-5 時間の条件で成長させた酸化亜鉛ナノロッド電極を用いて、色素増感太陽電池の作製を行った。

3. 実験結果

CBD 法を用いて低温で ZnO ナノロッドを溶液濃度 20%~100% で合成することが確認出来た。

CBD の濃度依存分析の構造特性では、CBD 溶液濃度 20%~100% で ZnO ナノロッドの直径は濃度が高くなるにつれ、大きくなることを確認できた。図 1 に CBD 溶液濃度 60% と 80% の酸化亜鉛ナノロッドの SEM 像を示す。溶液濃度が高くなると、よりきれいな六方晶ウルツ型構造の成長が確認できた。また、ナノロッドの配向性も垂直なものも多く確認できた。光学特性においては、溶液濃度 60% で 29.1%、80% で 18.0% となった。構造特性、光学特性から、60%、80% で良いサンプルの合成が確認できた。

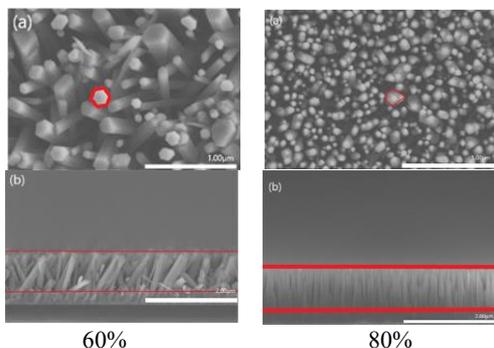


図 1. CBD 溶液濃度 60%、80% の SEM 像
(a) 表面図 (b) 断面図

低濃度 20% での CBD の時間依存分析においては、CBD 堆積時間 5~15 時間で ZnO ナノロッドの直径は 147~216nm 成長

させることができた。XRD 結果より、ZnO ナノロッドの格子面(002)のピークが確認できた。また CBD 堆積時間 15 時間において、ピーク強度が一番強く、FWHM が最も狭いことから、堆積時間が長くなるほど、結晶性が良くなることを確認できた。次に光学特性において、図 2 ような結果が得られた。CBD 堆積時間 15 時間が最も低い透過率となった。これは、ZnO ナノロッドの直径や長さが大きく長く成長することで透過率の低下につながったと考えられる。

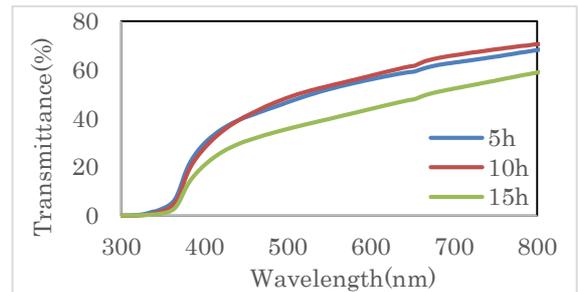


図 2. 溶解濃度 20% における CBD 堆積時間変化による透過率の変化

表 1 に試作した色素増感太陽電池の性能評価を示す。色素増感太陽電池の試作において、CBD 溶液濃度 80% で 5 時間合成した ZnO ナノロッドを用いた。変換効率 0.001% で Fill Factor 0.334 という結果が得られた。変換効率が低い結果となったのは、CBD 溶液濃度 80% の電極の透過率は 43.0% と低透過率であったことが原因の一つだと考えられる。これは、ナノロッドの直径が 194nm と大きく、密度が 76 本/ μm^2 と高密度であるためである。また、変換効率が低い原因として、ZnO ナノロッドの長さが 836nm と短かったことも原因だと考えられる。ZnO ナノロッドが短いことで、表面積が小さくなり、色素の吸着率が低くなったためだと考えられる。

表 1. 太陽電池の性能パラメータ

サンプル	変換効率 [%]	曲線因子	開放電圧 [V]	短絡電流 [A]
ZnO/AZO	0.001	0.334	0.698	0.006

4. まとめ

CBD の濃度依存分析において、ZnO ナノロッドの濃度依存が確認された。濃度が高くなることでより大きな直径になり、六方晶ウルツ型構造が確認できた。

CBD 時間依存分析において、ZnO ナノロッドの時間依存が確認できた。CBD 堆積時間 15h で良い結晶性が得られた。

CBD 溶液濃度 80% を電極を使用した色素増感太陽電池の変換効率は 0.001% となった。これは、ZnO ナノロッドの構造特性、光学特性において、透過率が低く、結晶構造の長さは約 836nm と短かく色素の吸収率が低いことが原因だと考えられる。

5. 参考文献

[1] 日本経済新聞 | 色素増感型太陽電池が実用化に前進
https://www.nikkei.com/article/DGXNASFK1601J_W3A710C100000/