

色素増感太陽電池用 ZnO ナノロッド電極に向けた 高透過率 AZO 薄膜の合成最適化

Optimization of synthesis of high transmittance AZO thin films for synthesizing ZnO nanorods applying for dye-sensitized solar cells

1250174 山中颯太 (光・エネルギー研究室)

(指導教員 李 朝陽 教授)

1. 背景と目的

地球温暖化対策として再生可能エネルギーの一種に分類される太陽光発電は石油、石炭などの有限なエネルギーの代替材料として期待されている。[1]特に、Si 太陽電池に比べてリサイクル性が高く、低コストで多様な用途に応用可能な色素増感太陽電池の研究に注目している。本研究目的では色素増感太陽電池への応用のため、1) AZO 導電膜の膜厚依存性の評価を行う。2) 高配向性酸化亜鉛ナノロッドの成長と膜厚依存性の評価を行う。3) 高透過率のため、パターン化された透明導電薄膜(TCO)上に酸化亜鉛ナノロッドを合成し、特性評価を行う。

2. 実験方法

1) 本実験では RF マグネトロンスパッタリング法を用いて Glass 基板上に AZO(Al:5at%)を成膜し、成膜時に出力は 60W、圧力は 1Pa、Ar ガスは 30sccm、温度は 150℃に設定し、AZO 導電薄膜の膜厚を 100nm、300nm、500nm と変化させて構造特性、電気特性、光学特性について評価する。

2) 化学浴析出法(CBD 法)を用いて、AZO 導電膜上に ZnO ナノロッドを合成し、合成温度は 95℃、溶液は硝酸亜鉛六水和物を 0.015mol/L、HMTA を 0.0075mol/L の mol 比 2:1 の溶質を超純水 200ml と混ぜた溶液で行った。特性評価を行うことで、ZnO ナノロッド (ZnONRs) の AZO 薄膜の膜厚依存性を調べる。

3) ガラス基板上に ITO、AZO、AZO/ITO、Patterned AZO/ITO の 4 種類の TCO 薄膜を用いて、特性評価を行う。その後、2) と同じ条件で CBD 法を用いて ZnO ナノロッドを合成し、特性評価を行う。

3. 実験結果

1) AZO 導電膜の膜厚依存性

図 1 は異なる Glass 基板上の AZO 薄膜の XRD 測定の結果を示す。回折ピーク位置は ZnO(002)ピーク位置である 34.42°に近い値であることから各膜厚で C 軸方向に成膜されていることが確認できた。薄膜の増加に依存して(002)ピーク位置は右シフトになっており、半値全幅は減少し、ピーク強度は増加し、C 軸の結晶子サイズは増加し、残留応力は減少することが確認できた。

2) CBD 法による AZO 薄膜上の酸化亜鉛ナノロッドの膜厚依存性

図 2 は ZnO NRs/AZO の SEM 像を示す。表面図より膜厚の増加に依存してナノロッドの直径が増加し、密度が減少することが確認できた。図 3 は ZnO ナノロッドの透過率測定結果を示す。AZO 導電膜の膜厚が 100nm、500nm の場合の ZnO NRs/AZO の透過率が 80%以上の高透過率であることが確認できた。ZnO NRs/AZO の抵抗率は膜厚 100nm の場合に $3.611 \times 10^{-3} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 、300nm の場合に $6.933 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 、500nm の場合に $8.133 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ となることが確認できた。膜厚 300nm、500nm の場合の ZnO NRs/AZO の抵抗率が 10^{-4} と低抵抗であることから、膜厚の増加によって抵抗率は減少することが確認できた。

4. 結論

1) AZO 導電膜の膜厚依存性について特性評価を行った。膜厚の増加に依存して結晶性が増加し、抵抗率は減少することが確認できた。透過率は全ての導電膜で透過率 80%以上であ

り、最も低い抵抗率は膜厚 500nm の時の $7.780 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ であることが確認できた。以上の結果より、膜厚の増加に依存して AZO 導電膜の結晶性は良くなることが確認できた。

2) ZnO NRs/AZO の膜厚依存性について特性評価を行った。

ZnO NRs/AZO は (002)ピークを持つ高配向性な ZnO ナノロッドの合成を確認できた。また、AZO 薄膜の膜厚を増加させることで ZnO ナノロッドの透過率、導電率は上昇傾向にあることが確認できた。以上の結果より、膜厚が高いほど高透過率なナノロッド持って導電膜を合成できることが確認できた。

3) パターン化された AZO/ITO について特性評価を行った。Patterned AZO/ITO 上に合成した酸化亜鉛ナノロッドは No-patterned AZO/ITO に比べて透過率が上昇することが確認できた。

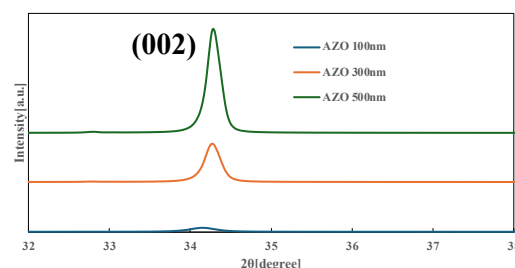


図 2. 異なる AZO 薄膜の XRD パターン

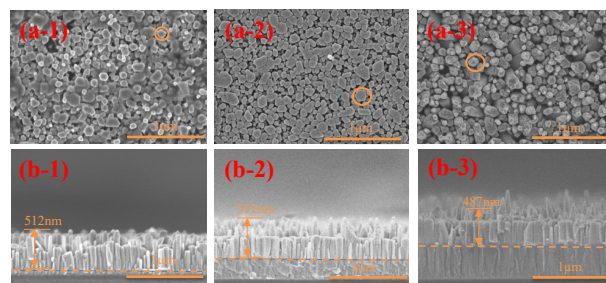


図 2.異なる AZO 薄膜上に ZnO ナノロッドの SEM 像
(1)100nm (2)300nm (3)500nm (a)表面図 (b)断面図

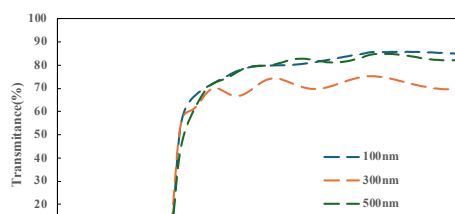


図 4. CBD 法によって成長させた
ZnO ナノロッドの透過率測定結果

参考文献

[1]ストックマークス株式会社、太陽電池の仕組み・原理とは、
2024 年 4 月 16 日