

色素増感太陽電池の光電極応用のため、新規アニーリング法を用いた ZnO 薄膜からナノ構造への成長制御

Controllable Growth of ZnO Nanostructures from ZnO Thin Films Using Novel Annealing Method Applying for Dye-sensitized Solar Cells

1265039 山下 竜生 (光・エネルギー研究室)

(指導教員 李 朝陽 教授)

1. 研究背景

日本は 2050 年カーボンニュートラルに向けて、温室効果ガス排出量削減の目標を設定している。政府は太陽光発電を主軸として再エネ比率の大幅な向上を目指している[1]。

シリコン太陽電池は製造コストや環境負荷等が課題となっている[2]。そこで、今回は既存の太陽電池よりも製造コストが低く、環境にも優しい色素増感太陽電池に注目した。

現在は色素増感太陽電池の電極として酸化チタンが用いられているが、最高効率は 15%であり結晶シリコン太陽電池に比べて低い[3]。酸化亜鉛は酸化チタンと同様にワイドバンドギャップを有しており、ナノ構造の形成も比較的容易であるため高い配向性による高透過率を実現することが可能である。

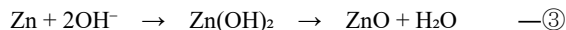
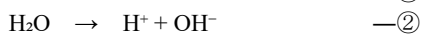
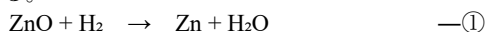
本研究では色素増感太陽電池の光電極応用のために高い配向性と結晶性を有した酸化亜鉛ナノ構造の合成を目指す。

2. 研究方法

RF マグネトロンスパッタリング法を用いてガラス基板上に GZO 導電薄膜を成膜した。その上に RF マグネトロンスパッタリング法を用いて 2 種類の ZnO 薄膜を成膜した。一方はスパッタガスに Ar のみを用い、もう一方は Ar/O₂ 混合ガスを用いて成膜した。

成膜した 2 種類の ZnO/GZO 薄膜に真空中でアニーリングを施した。条件は 500℃で 1 時間の処理である。その後、FG(H₂:1.96%)中で還元アニーリングを行った。条件は 350℃で 2 時間プレアニーリングを行った後 440℃まで昇温させ 5 時間の熱処理である。

FG 中で熱処理を行うことで①式の還元反応、②式のイオン化反応、③式の再結晶(還元)反応が繰り返され酸化亜鉛ナノ構造が合成される。



3. 研究結果

図 1 に ZnO/GZO 薄膜の XRD2 θ パターンを示す。2 種類の薄膜で酸化亜鉛の格子面(002)ピークが確認できた。XRD2 θ パターンのより、ZnO(Ar/O₂)/GZO 薄膜は半値全幅が小さいことから C 軸方向の結晶子サイズが大きく結晶性がよいことが分かった。

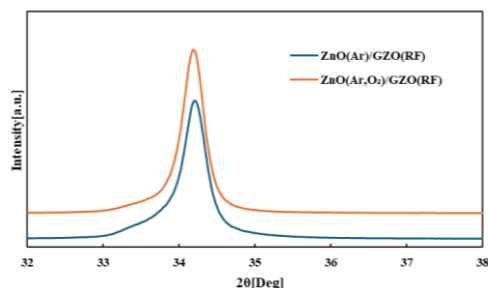


図 1 ZnO/GZO 薄膜の XRD2 θ パターン

図 2 に真空アニーリング処理を施した ZnO(Ar)/GZO 薄膜と施していない薄膜の還元アニーリング後の SEM 像を示す。真空アニーリング処理をした薄膜は未処理の薄膜と比較して長くて密度の大きい酸化亜鉛ナノ構造が確認できた。

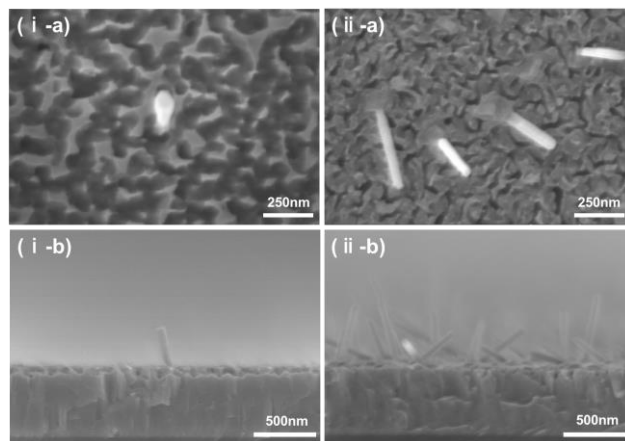


図 2 還元アニーリング後の ZnO(Ar)/GZO 薄膜の SEM 像
(i)真空熱処理なし (ii)真空熱処理あり

(a)表面図 (b)断面図

図 3 に ZnO(Ar)/GZO 薄膜と、それに真空アニーリングを施したもの、その後還元アニーリングを行ったものの XRD2 θ パターンを示す。真空アニーリング処理によってピーク位置の低角側へのシフトが改善されピーク強度も増加した。その後の還元アニーリングによって高い強度の(002)ピークが確認できた。

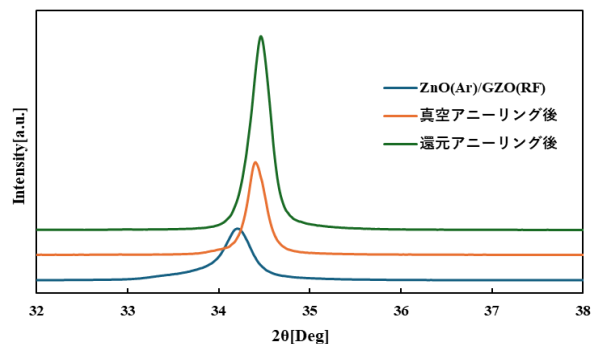


図 3 真空、還元アニーリング後の XRD2 θ パターン

4. まとめ

GZO 薄膜上に結晶性の良い ZnO 薄膜を成膜することができた。また、真空アニーリング処理を施すことでさらに薄膜の結晶性を改善できた。その後に行った還元アニーリングでは真空アニーリング処理を行っていない薄膜に比べて密度、長さが優れている酸化亜鉛ナノ構造を得ることができた。真空アニーリングは薄膜の結晶性改善と酸化亜鉛ナノ構造の合成に有用であると言える。

5. 参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁, “エネルギー白書 2023,”
- [2] 宮坂力, “色素増感太陽電池の開発 ―現状と課題―,” 日本写真学会誌, 74 巻, 6 号, pp260-266, September 2011.
- [3] 日本経済新聞, 変換効率 15%、色素増感太陽電池が実用化に前進, July 2013.