

低温プロセスで酸化亜鉛薄膜とナノロッドの合成と特性評価

Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Thin Films and Nanorods
with Low Temperature Process1230092 田口瑞基 (光・エネルギー研究室)
(指導教員 李 朝陽 教授)

1. 背景と目的

クリーンなエネルギーとして世界的にも注目を集めている太陽光発電は再生可能エネルギーの一種として期待されている。しかし、太陽光発電の材料となる太陽電池は設置する地域に制限がなく、太陽光が照射されることで安易に発電が出来るが、導入コストが高いというデメリットがあり、更なる普及化にはより低コストで太陽電池を開発する必要がある。[1]この問題を解決するために、本研究ではシリコン型太陽電池よりも低コストで製造かつ幅広い応用が可能な色素増感太陽電池の研究を行っています。[2]本研究の目的は室温で透明で導電性の高いGZOを成膜し、低温なCBD法でGZO上にZnOナノロッドを合成して特性評価(構造特性、光学特性、電気特性)を行うことでフレキシブルな電極材料の製作を目指す。

2. 実験方法

本研究では、DCスパッタリングでGlass基板上にGZO(Ga-5wt%)を室温で成膜し、成膜時に出力は50W、圧力は1Pa、Arガスは30sccm、温度は室温(26°C)に設定し、GZO導電薄膜の膜厚を100nm、200nm、300nm、400nm、500nmと変化させて、構造特性、電気特性、光学特性を評価する。また化学溶液析出法(Chemical Bath Deposition: CBD)を用いて、温度は95°C、溶液を溶かす超純水は200ml、mol比は2:1で、HMTAは0.015[mol/L]、硝酸亜鉛六水和物は0.015[mol/L]の割合とし、合成時間は5時間でGZO導電膜上にZnOナノロッドを合成し、特性評価を行うことで色素増感太陽電池の電極への応用を目指す。

3. 実験結果

①GZO導電膜の膜厚依存性

図1にGlass基板上に成膜したGZO薄膜のAFM像(走査幅500nm×500nm)測定によって薄膜を100nm~500nmに変化させたRMS(表面粗さ)を示す。図1より、膜厚の増加に伴いRMSが増加する傾向を示したが、RMSは500nmが最大で約7.3nm程度で平坦薄膜表面だった。400nmのGZO導電薄膜の抵抗率が $1.63 \times 10^{-3} [\Omega \cdot \text{cm}]$ と5つの条件の中で最も低い値となった。透過率は、5つの条件全てが75%以上の高透過率を持つことが確認された。

②CBD法によってZnOナノロッドを成長させる

図2には膜厚を100nm~500nmに変化させて成膜したGZO導電膜上にCBD法によって成長させたZnOナノロッドのSEM像を示す。断面図から基板に対して垂直方向に成長しているZnOナノロッドも見られた。表面図からは酸化亜鉛の六方晶ウルツ型構造を確認することができ、500nmのGZO導電膜上に成長させたZnOナノロッドの直径は75.06nmと最も大きな値となった。

図3には、ZnOナノロッドのX線回析パターンから、全てのナノロッドで酸化亜鉛の(002)格子面に強い回析ピークを確認することが出来た。C軸に高配向な結晶が成長していることを示す。GZO膜厚の増加に伴い、ナノロッドの結晶性が改善傾向を示した。透過率は、5つの条件全てが60%以上の透過率を有していることが確認できた。

4. 結論

室温でDCスパッタリング法によってGZO薄膜の成膜を行った。GZO導電薄膜の膜厚が増加することで表面の粗さが増加することが確認できた。5つの条件の中で最も低い抵抗率が $1.63 \times 10^{-3} [\Omega \cdot \text{cm}]$ となり、全ての条件で75%以上の高透過率を持つことが確認された。

GZO導電膜上に成長させたZnOナノロッドからは六方晶ウルツ型構造を確認することができ、各条件でc軸方向への高配向な成長が確認できた。GZOの膜厚増加に伴い、ナノロッドの結晶性が改善傾向を示した。

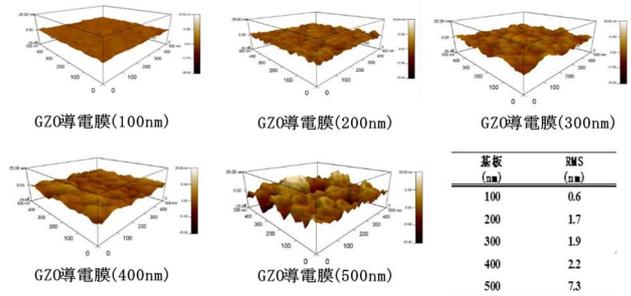


図1. AFM像解析結果(100nm~500nm)

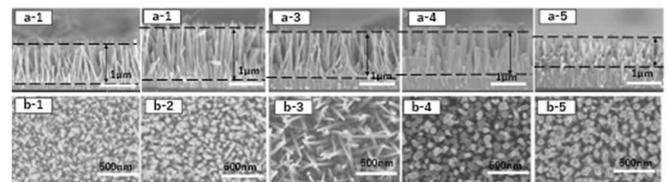


図2. ZnOナノロッドのSEM像測定結果

(a) 断面図 (b) 表面図

(1) 100nm (2) 200nm (3) 300nm (4) 400nm (5) 500nm

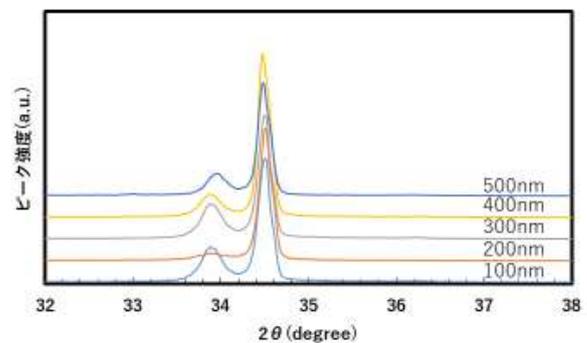


図3. X線回析パターン(100nm~500nm)

5. 参考文献

- [1] 年間の太陽光発電導入量の推移 | 国際エネルギー機関
[2] 光・エネルギー研究室 “フレキシブルな色素増感太陽電池に應用するZnOナノロッド電極の作成と評価” 2021年2月