

ZnO ナノ構造の合成及びフォトルミネッセンス特性の評価

1220023 岩崎 大地 (光・エネルギー研究室)

(指導教員 李 朝陽 教授)

1. はじめに

蛍光体は、物質の電子状態が外部から何らかのエネルギーを与えられることによって励起され、励起エネルギーが光として放出される現象(ルミネッセンス)を示す物質である。ZnO 蛍光体の発光スペクトルは極めて幅広く、導電性があり蛍光表示管用として重要である。[1]しかし、薄膜蛍光体の実用化のためには輝度不足や大面積化といった問題が存在する。そのため、格子欠陥による発光強度を強くする必要があり、ZnO ナノロッドに含まれる格子欠陥の量を制御する方法の確立が求められている。

RF(高周波)スパッタリング法で酸化亜鉛薄膜を GZO、AZO 上に成膜し、成膜した酸化亜鉛薄膜の特性評価(構造特性、光学特性)を行う。その後アニーリングを行い、ナノ構造合成および欠陥制御方法を調べ大面積の薄膜蛍光体の作成と輝度の向上を目指す。

2. 研究内容・方法

RF(高周波)スパッタリング法を用いて Glass 基板上に GZO 薄膜、AZO 薄膜を 300nm 成膜し、さらにその上に ZnO 薄膜を 500nm 成膜した。成膜条件は、GZO、AZO が Ar ガス 30sccm、圧力 1Pa、温度 200℃、パワー80W で ZnO が Ar ガス 30sccm、圧力 7Pa、温度 150℃、パワー180W である。その後、フォーミングガス ($H_2:N_2=1:96\%$) 中で熱処理を行い、基板依存性分析、温度依存性分析、酸素効果分析を行った。温度依存性分析に関しては、熱処理温度を 200℃、300℃、400℃でそれぞれ 2 時間、450℃で 5 時間の合計 7 時間の熱処理による ZnO ナノロッド合成を行い、構造特性分析、光学特性分析を行った。

3. 研究結果

図 1 に GZO、ZnO/GZO の SEM 像と XRD のパターンを示す。

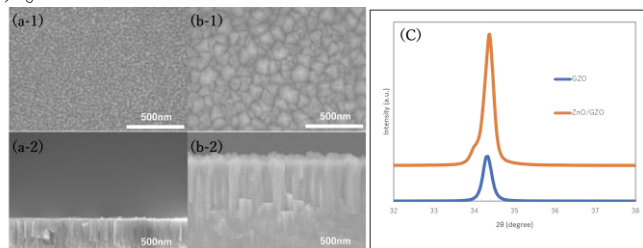


図 1. GZO 薄膜 SEM 像 表面図 (a-1) 断面図 (a-2)
ZnO/GZO 薄膜 SEM 像 表面図 (b-1) 断面図 (b-2)
GZO、ZnO/GZO 薄膜の XRD 2θ パターン (c)

図 1 の SEM 表面図より、各粒子サイズに均一性があること、GZO 薄膜の粒子サイズは 40nm、GZO 基板上に ZnO 薄膜の平均粒子サイズは 121nm であった。断面図より GZO 薄膜で 290nm の膜厚を確認した。断面図より Glass 基板、GZO 導電薄膜に対して垂直方向への柱状成長が確認された。膜厚は GZO が 290nm、ZnO が 490nm であった。また、XRD 2θ パターンから各サンプルで格子面 (002) のピークだけが確認でき、(002)面に強く配向した結晶であることが確認できた。GZO よりも ZnO/GZO のピーク強度が高く、結晶性が良いことが分かる。

図 2 に熱処理温度依存性に関する SEM 図を示す。表面図より、200℃、300℃、400℃の三つの基板上に六角形ウルツ鉱構造の六角形が観測できた。200℃の基板上のナノロッド直径は 372 [nm]、ナノロッド密度は 44 [個/100 μm^2]。300℃の基板上のナノロッド直径は 1421 [nm]、ナノロッド密度は 37 [個/ μm^2]。400℃の基板上のナノロッド直径は 412 [nm]、ナノロッド密度は 20 [個/100 μm^2]。断面図より、200℃の基板に

ナノロッド長さは 1233 [nm] であった。300℃の基板上にナノロッド長さは 703 [nm] であった。400℃の基板上にナノロッド長さは 1425 [nm] であった。また、各 ZnO ナノロッドサイズに均一性があること、導電薄膜上に垂直に合成されていることから C 軸に配向性があること、300℃の熱処理条件で結晶構造が良いことが分かる。

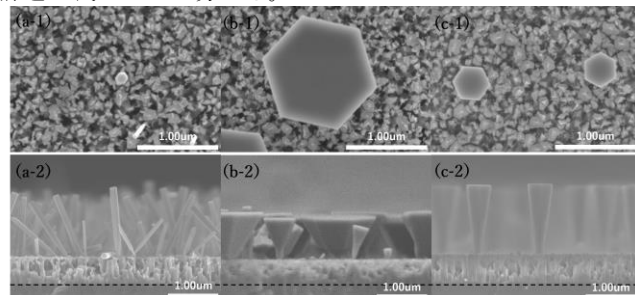


図 2. ZnO/GZO 薄膜 SEM 像 表面図 (a-1) 断面図 (a-2) 200℃
ZnO/GZO 薄膜 SEM 像 表面図 (b-1) 断面図 (b-2) 300℃
ZnO/GZO 薄膜 SEM 像 表面図 (c-1) 断面図 (c-2) 400℃

図 3 にフォトルミネッセンス結果を示す。

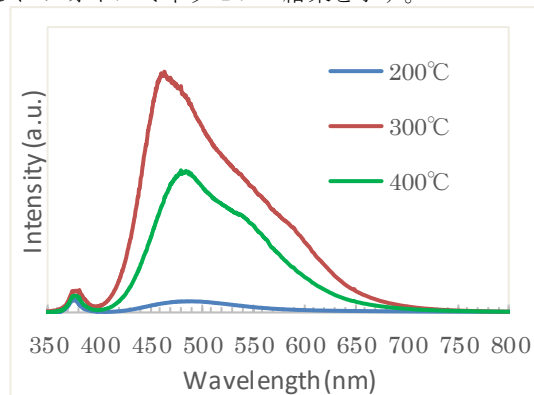


図 3 フォトルミネッセンス

図 3 から波長が 370nm 付近と可視光範囲でピークが確認できた。370nm 付近のピークは ZnO の励起子による紫外線発光である。また、200℃で 487nm、300℃で 464nm、500℃で 480nm のピークを観測できる。これは ZnO の酸素欠陥によるものであり、青緑色の発光が確認できた。ピーク強度に関しては、300℃が最も高い。これは図 2 の構造特性評価の SEM 像から、ZnO ナノロッドの体積が大きくなったことにより、ナノロッド内に含まれる酸素欠陥が増加したことが原因であると考えられる。

XRD 2θ パターンからは、各サンプルで格子面 (002) のピークだけが確認でき、(002)面に強く配向した結晶であることが確認できた。このピークに関して、300℃のピーク強度が最も高く結晶性が良い。

4. 結論

本研究から、導電薄膜の結晶性は GZO よりも ZnO/GZO のほうが良いことが分かる。また、熱処理温度依存性分析より、300℃の条件が最も結晶性が良く、酸素欠陥による発光強度が強いことが分かる。従って、300℃の熱処理条件が薄膜蛍光体としての応用に最も適した条件である。

5. 参考文献

[1] 蛍光体同学会:「蛍光体ハンドブック」株式会社オーム社 (2008)