

酸化亜鉛ナノ構造の基板依存性とバイアス効果

1190020 上野友大 (光・エネルギー研究室)

(指導教員 李 朝陽 教授)

1. 背景と目的

現在、光源や表示デバイスに利用されている蛍光体は、一般的に粉末蛍光体であり、保持の問題やマイクロサイズでのムラ、環境耐性などに問題があると言われている。これらの問題を解決できる薄膜蛍光体が注目され、研究開発が盛んに行われている。酸化亜鉛(ZnO)薄膜は、一般的な金属酸化物同様、酸素空孔(V_o)や格子間亜鉛(Zn_i)の欠陥が発生し、強い発光が起こる。2009年に本大学で、ラジオ周波数マグネトロンスパッタリング(RFM-SPT)法を用いて作成したZnO薄膜は10KV, 1mA/cm²の電子励起で18100cd/m²もの発光強度を示す青緑色の薄膜蛍光体を開発した。それ以降、ZnO薄膜について研究を重ねてきたが、実用化するためには輝度不足や大面積化といった問題が多く存在する。[1]

4種類の基板上にRFマグネトロンスパッタリング法を用いて酸化亜鉛薄膜を成膜し、基板依存性について調査を行う。その後、低温還元熱処理技術によるガラス基板の耐熱温度以下での薄膜蛍光体の直接形成し、ナノ構造を成長させ、ナノ構造の薄膜依存性について調査を行う。高輝度の薄膜蛍光体実現の為に、成膜条件やアニリング条件を調節し、薄膜蛍光体の実用化を目指す。

2. 研究内容・方法

本研究では、RFM-SPT法で4種類の基板上にZnOを500nm成膜し、結晶構造について解析評価を行った。次に熱処理を行い、構造特性、光学特性について解析評価を行った。基板サイズはΦ100mmとし、基板は酸化インジウムスズ(ITO)、シリコン(Si)、石英ガラス(Qz)、アルミニウムドープ酸化亜鉛(AZO)の4種類を使用した。その後、基板バイアス効果について調査し熱処理条件の調整を行なった。

RFM-SPT法及び熱処理の実験条件については以下に示す。

- RFM-SPT.....基板温度 150°C, Ar (30sccm), 180W, 7Pa
- 熱処理.....基板温度 450°C, N₂:O₂ (98:2), 50kPa 等

基板バイアスを印加した酸化亜鉛薄膜の作成ではRFM-SPTの条件に基板側のバイアスを20Wから60Wまで10Wずつ変化させ成膜した。条件調整後の熱処理の条件を以下に示す。

- 熱処理.....基板温度430°C, N₂:H₂ (98:2), 50kPa等

3. 研究結果

酸化亜鉛薄膜を4種類の基板上に成膜した結果、基板依存性があることが分かった。基板の結晶性により堆積される酸化亜鉛粒子が異なり、AZO, Si 基板では基板に対して柱状構造を垂直に配向した状態で形成されていることが分かった。

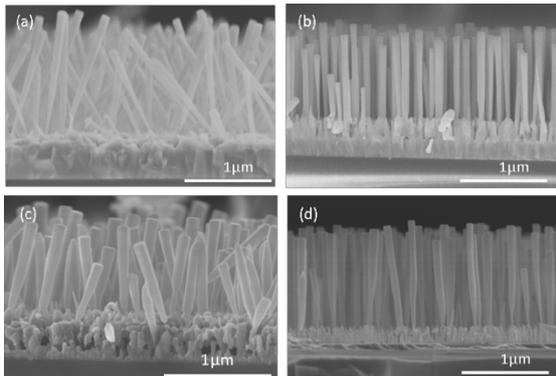


図1. 熱処理後の酸化亜鉛ナノロッド SEM像(断面)
(a)ITO基板上 (b)AZO基板上 (c)Qz基板上 (d)Si基板上

図 1-(a)~(d)は熱処理後の酸化亜鉛ナノロッドの断面のSEM像である。図 3-(b), (d)のAZO, Si 基板上に垂直方向の酸化亜鉛ナノ構造が成長していることが確認できる。AZO, Si 基板では薄膜の結晶性が良く、C 軸配向性があった為、酸化亜鉛ナノロッドの成長の方向を制御したからであると考えられる。

XRD 測定では ZnO (002) 面の回折位置である 34.42° に近い値が得られた。また、AZO 基板では熱処理をすることで回折強度が大きくなり、結晶性が向上したことが分かった

PL 測定結果では 370nm 付近の UV ピークは酸化亜鉛バンドギャップのピーク、500nm 付近の可視光ピークは酸素欠陥であり、青緑色の発光が確認できた。Qz 基板の発光強度が一番高いという結果になった。これは図 1-(c)で酸化亜鉛ナノ構造の密度が高く、そしてナノ構造が太いため酸素空孔が一番多いからではないかと考える。

基板バイアス印加した酸化亜鉛薄膜では導電率測定の結果からバイアスが増加するにつれ導電率が向上しているという結果が得られた。また、XRD 測定ではバイアスが増加するにつれ酸化亜鉛薄膜の格子面(002)ピークは減少傾向にあり、半値全幅は増加傾向にあることが分かった

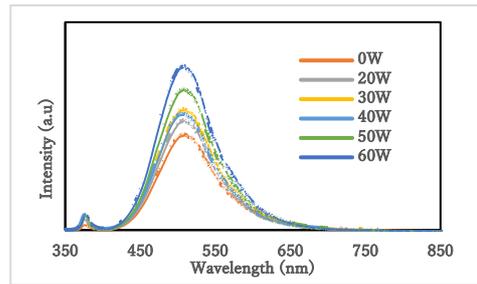


図2 熱処理した基板バイアス印加した酸化亜鉛 PL 測定結果

図 2 は熱処理後の基板バイアス印加した酸化亜鉛薄膜の PL 測定結果である。370nm 付近の UV ピークは酸化亜鉛バンドギャップのピーク、500nm 付近の可視光ピークは酸素欠陥であり、青緑色の発光が確認できた。基板バイアスが大きくなるにつれ発光強度が強くなっていることが分かる。

熱処理後の XRD 測定では熱処理前と比べて全てのバイアスで結晶性を向上が確認できたが、酸化亜鉛ナノロッドの結晶性はバイアスが小さいほど良いという結果となった。

4. 結論

熱処理した AZO 基板上の酸化亜鉛ナノロッドは垂直配向で発光強度が高いという結果が得られた。また熱処理した基板バイアス印加した酸化亜鉛ナノロッドでは 60W の発光強度が高く、酸化亜鉛ナノロッドの密度が高いという結果が得られた。

以上の結果から本研究では酸化亜鉛薄膜の基板依存性、薄膜依存性、そしてバイアス効果による酸化亜鉛ナノロッドの結晶性の変化などが得られた。本研究結果から高輝度、大面積の酸化亜鉛薄膜蛍光体の実現に有用であると考えられる。

5. 参考文献

[1] C Li, T. Kawaharamura T. Matsuda, H. Furuta, T. Hiramatsu, M. Furuta and T. Hirao:” Intense Green Cathodoluminescence from Low-Temperature-Deposited ZnO Film with Fluted Hexagonal Cone Nanostructures”, Appl. Phys. Express, Vol.2 pp.091901-1-3 (2009)