

第 62 回応用物理学会
春季学術講演会に参加して

西 羅 涼
Ryo NISHIRA
電子情報学科 4 年

1. はじめに

2015 年 3 月 11 日 (水)~3 月 14 日 (土) にかけて東海大学 湘南キャンパスで開催された 2015 年春季 第 62 回応用物理学会学術講演会に参加した。私は、「光デバイスに向けた金属薄膜を用いた ZnO 多層薄膜の研究」と題してポスター発表を行った。

2. 研究内容

2.1 研究背景

酸化亜鉛 (ZnO) は、化合物半導体としてユニークな特性を持つことから、太陽電池やトランジスタなど幅広い応用が期待されている。特に応用が期待されている機能性材料として、透明導電性酸化物 (TCO) 薄膜が挙げられる。ZnO 系透明導電膜を実現するためには、ITO と同等以上の導電性が必要である。そのために、ZnO に金属を添加することによる低抵抗化の研究が進められている。また、ZnO は光デバイスへの応用も期待されている。ZnO は、室温で 3.37 eV の広いバンドギャップを持つ直接遷移型半導体である。また、励起子束縛エネルギーが 60 meV と高く、従来のワイドギャップ半導体である ZnS (18 meV) や GaN (24 meV) と比較して室温で励起子が安定である特徴を持つ。そのことから、室温で励起子発光過程を利用した高効率な発光素子としての応用が期待されている。

ZnO を半導体薄膜デバイスへ用いる際に最もよく用いられる製膜方法は、PLD 法や、RF マグネトロンスパッタリング法などが挙げられる。上記の方法に対して、MOD 法は、有機金属溶液を塗布し、乾燥・焼成処理を施すことで薄膜を形成するシンプルな成膜方法であることから、真空環境を必要とし

ない簡易な成膜装置を用い、基板上に均一に成膜することが可能である成膜方法である。

本研究では、成膜方法に MOD 法を用い、金属を ZnO 中に拡散させることで高透過率かつ低抵抗率を持つ ZnO 系 TCO 薄膜の作製を目的とした。

2.2 実験方法

はじめに、本研究では図 1 のようなパターンの ZnO 多層薄膜を作製した。小文字の a~h は大文字の A~H の ZnO の膜厚を 2 倍にしたものである。成膜を行った金属薄膜は、金属の Al と Au の薄膜である。金属の成膜は抵抗加熱 (RH) 蒸着装置、アークプラズマガン (APG) を用いた。RH 蒸着では Al の質量を 7, 14 mg となるように変化させて行った。APG では放電パルス数：を 100, 500 shot となるように変化させて行った。金属薄膜成膜後、その上に MOD 法を用いて ZnO 薄膜を成膜した。塗布プロセスはスピンコーティングを用いた。スピンコーティングの条件として、1 段階目に 1000 rpm で 10 sec. 行い、2 段階目に 3000 rpm で 20 sec. 行った。その後、電気炉を用いて 300°C で 10 min. 仮焼成し、900°C で 3 時間本焼成を行い、ZnO 薄膜を結晶化させた。

2.3 実験結果

図 1 の作製した ZnO 系薄膜の a, b, c, d, e, f, g, h の評価を行った。導電性評価のために四探針計を用いて抵抗率の測定を行った。その結果を図 2 に示す。図 2 より、Al を拡散させた場合に ZnO 薄膜は Al の膜厚に伴って、低抵抗化することが確認でき

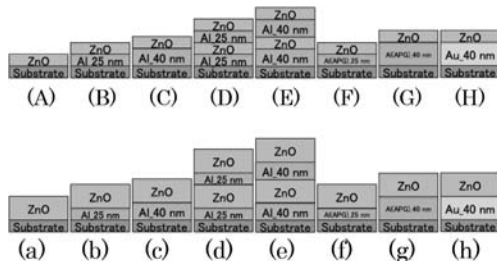


図 1 作製した薄膜の構造

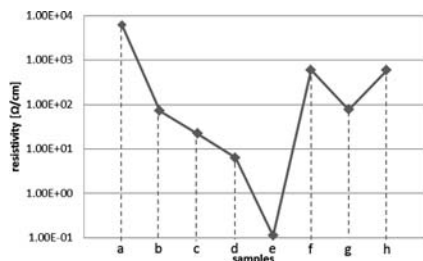


図 2 四探針計による抵抗率測定結果

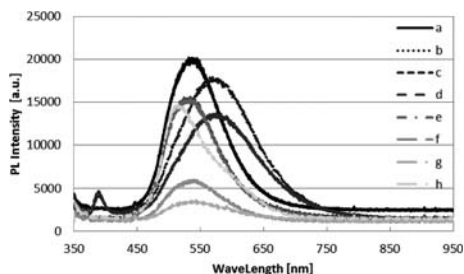


図 4 ZnO 系薄膜の発光特性

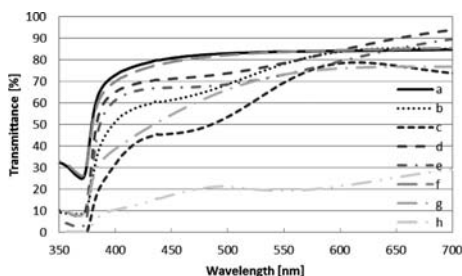


図 3 分光透過率計による透過率測定結果

る。最大で $1.12 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ まで低抵抗化することに成功した。その時の条件は薄膜 e である。しかし、一般的な導電膜の定義は $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ である。よって、あと 2 桁抵抗率を下げる必要がある。

透過率評価のために分光透過率計を用いて透過率の測定を行った。その結果を図 3 に示す。図 3 より ZnO 単膜の透過率は、90% 以上の高い可視光透過率を得た。また、d 薄膜では波長が 600 nm 以上では ZnO 単膜より高い透過率を得た。しかし、平均で 79.3% となった、一般的な透明の定義は 80% 以上である。よって、あと 1% 透過率を上げることが必要である。

次に発光特性評価を行うために He-cd レーザーを用い、PL 測定を行った。その結果を図 4 に示す。

a 薄膜では、波長が 540 nm 付近でピークが発生し、緑色発光をした。また、Al を拡散させることで b 薄膜のように 560 nm 付近にピークがシフト

し、黄色発光に変化した。そして、Au を拡散させることで h 薄膜のように 520 nm 付近にピークがシフトし、青緑色発光に変化した。

3. まとめ

ZnO 薄膜に金属を拡散させることにより抵抗率が $1.12 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ まで低抵抗化することに成功した。また、透過率は ZnO 単膜と比較し、高透過率なものも確認できた。PL 測定では緑色から黄色、青緑色発光に変化した。

今後は Al, Au 以外の金属に変更することで発光特性のさらなる変化や、焼成時間などの成膜プロセスの再検討を行うことにより、更なる特性向上を目指している。

4. おわりに

今回学会に参加し、様々な方々から多くの貴重なご意見を頂き大変勉強になりました。また、他の発表を拝聴することで未熟な点を多々発見できましたので今以上に精進を怠らないように心がけて参ります。最後に、今回の学会に参加する機会を与えてくださり、本研究において多くのご指導頂いた山本伸一教授、また研究室の方々に深くお礼申し上げます。