

RF マグネトロンスパッタ法で成膜した ZnO 膜の極性が ガスセンサ応答特性に与える効果

1210015 板野 竜弥 (機能性薄膜工学研究室)
(指導教員 牧野 久雄 教授)

1. 研究背景・目的

近年、可燃性ガスや有毒ガスなどの環境モニタ、医療分野での呼気ガス分析など、ガスセンサの応用分野が広がっている。感材として ZnO 薄膜のガスセンサへの利用が期待されているが、反応性の制御が課題である[1]。ZnO には Zn が表面に表れる Zn 極性と O が表面に表れる O 極性の2つの極性があり、単結晶薄膜でのガス応答性の違いが報告されている[2]。そこで本研究では、ターゲットガスをエタノールとして、RF マグネトロンスパッタ法でガラス基板上に成膜した ZnO 多結晶薄膜の Zn 極性と O 極性がガスセンサ応答特性に与える効果を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

RF マグネトロンスパッタ法で Ar と同時に酸素を流入し成膜すると Zn 極性の ZnO 膜、Ar のみを流入した ZnO 上に2段階成膜すると O 極性の ZnO 膜ができる[3]。本研究では、同様の方法でこの2つの極性の異なる ZnO 膜を作製した。Au 電極は真空蒸着装置を用いて成膜した。サンプルはセラミックホットプレートで加熱し、サンプル温度を熱電対で測定し、150°C、200°C、250°Cとして測定を行った。エタノールを窒素とバブリングした気体(エタノール濃度 0.5%)をサンプルに吹きかけた時の抵抗の変化をガス応答として評価を行った。データ収集には、データロガー・スイッチ・ユニット(Keysight 34970A)を使用し、サンプル温度と抵抗の時間変化を測定した。

3. 実験結果・考察

設定温度(150°C、200°C、250°C)まで温度を上げ、温度と抵抗が安定するのを待ち測定を開始した。ターゲットガスであるエタノールを10秒間吹きかけ、その間は抵抗がほぼ一定となり、ターゲットガスの吹きかけを止めると、抵抗が増加し元の値に戻っていく。これを10回繰り返し、再現することを確認した。200°Cでの O 極性の温度と抵抗の関係を代表例として図1に示す。

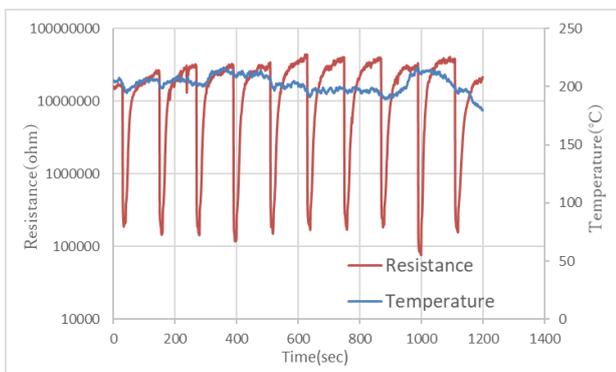


図1. 200°Cでの O 極性の温度と抵抗の関係

今回の測定系ではサンプル温度の安定性に問題があり、応答性がわずかに変化したが、10回の測定でガス応答の波形は

大きく変化することはなく、再現することを確認することができた。この結果から、温度の変動による抵抗変化の影響は無視できる。

センサ応答 S は、空気中でのサンプル抵抗 Ra とターゲットガス中でのサンプル抵抗 Rg によって、次の式で与えられる[2]。

$$S=R_a/R_g \tag{2.1}$$

測定した抵抗値のデータから式(2.1)を用いて、ガスセンサ応答 S を求めた。各温度での Zn 極性と O 極性のセンサ応答の比較を図2に示す。

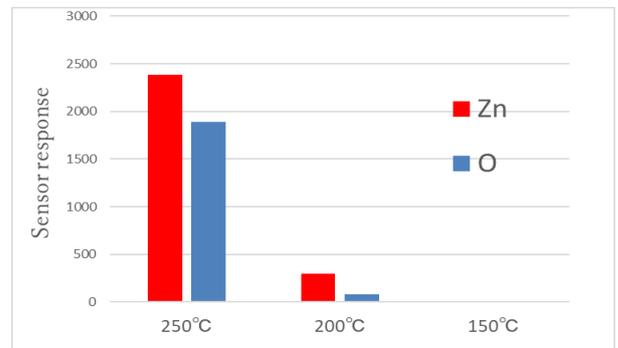


図2. Zn 極性と O 極性のセンサ応答

センサ応答はすべての温度で Zn 極性が大きい値を示した。150°Cでは Zn 極性と O 極性ともに、ほとんど応答していない。200°Cでは Zn 極性と O 極性の値の差は大きく、Zn 極性の応答性が高いことが分かった。250°Cでは Zn 極性と O 極性ともに、応答が大きく増大し、それぞれの差は小さかった。ZnO 単結晶薄膜のエタノールに対するガス応答では、375°C以上の温度では、Zn 極性に比較して O 極性の応答性がより高いことが報告されている[2]。よって、温度上昇によって、Zn 極性と O 極性の差が小さくなり、さらに温度が上昇すると Zn 極性より O 極性の反応特性が向上すると考えられる。

4. まとめ

本研究では、RF マグネトロンスパッタ法でガラス基板上に成膜した ZnO 膜について、Zn 極性と O 極性でのエタノールに対するガスセンサ応答特性を検討した。温度が高いほど応答特性は向上し、250°Cまでは Zn 極性の方が応答特性は高いことがわかった。今後はより高い温度でのガスセンサ応答特性の検討が必要である。

5. 参考文献

[1] N. Saito et al, "Highly sensitive isoprene gas sensor using Au-loaded pyramid-shaped ZnO particles" Sensors and Actuators: B. Chemical. 326, 128999 (2021)
 [2] Y. Adachi et al, "Polarity dependent gas sensing properties of ZnO thin films" Thin Solid Films. 685, pp238-244, (2019)
 [3]片岡隼風, 高知工科大学シス工, 卒業研究報告 H31 年