

ZnO/Cu₂O 薄膜温度センサの特性評価

Characterization of ZnO/Cu₂O thin film temperature sensor

阿部慎之丞

指導教員 鷹野一朗 教授

工学院大学 工学部 電気電子工学科 電気電子機能材料研究室

電子部品等で用いられる多くの温度センサはチップ型が一般的だが、電子機器の小型化や温度変化への応答性を高めるために微小体積の薄膜型の温度センサの需要が高まっている。本研究では n 型の TiO₂ 層の代わりに同じ n 型の ZnO 層を配置して、温度センサの感度(B 定数)に与える影響を調査した。

キーワード:温度センサ, 積層薄膜, 感度, 電子機器

1. はじめに

電子部品等で用いられる多くの温度センサは、接触式と非接触式に大別できる。非接触式の代表は、コロナ禍で利用された赤外線センサが知られている。接触式は、電気式が主流であり熱電対とサーミスタに分けられる。熱電対は、異なる 2 種類の金属の一端を接触させ、一端と他端の温度差によって熱起電力が生じる現象を利用している。一方サーミスタは、温度変化によって抵抗値が変化する電子部品で、温度が上がると抵抗値も上がるタイプを PTC (Positive Temperature Coefficient) サーミスタ、温度が上がると抵抗値が下がるタイプを NTC (Negative Temperature Coefficient) サーミスタと呼ぶ。これらのサーミスタは焼結体(ニッケル, マンガン, コバルト, 鉄などの酸化物)のセラミックス材料を用いたチップ型が一般的だが、電子機器の小型化や温度変化への応答性を高めるために微小体積の薄膜型の温度センサの需要が高まっている。

本研究室では、これまでに n 型と p 型を積層した TiO₂/Cu₂O 薄膜が NTC サーミスタ特有の温度特性を示すことを確認した。本研究では n 型の TiO₂ 層の代わりに同じ n 型の ZnO 層を配置して、温度センサの感度(B 定数)に与える影響を調査した。ZnO は TiO₂ よりも抵抗率が低いものの、キャリア密度と移動度が大きいいため高い感度が得られることを期待した。

2. 実験方法

2.1 成膜方法

試料基板にはエタノールによって 10 分間超音波洗浄を行ったガラス(Eagle XG)を用いた。試料基板をマルチプロセスコーティング装置(BC5146, ULVAC, Corp.)の試料導入室に設置し、真空排気後中間室にて基板表面を Ar スパッタクリーニングした。さらに成膜室に移動後、O₂ を導入した反応性スパッタリングによって、Cu ターゲットを用いて Cu₂O を成膜、成膜室内の温度が室温近くに下がるのを待ってから Zn ターゲットを用いて ZnO を成膜した。成膜条件を表 1 に示す。

表 1 成膜条件

試料	ZnO	Cu ₂ O
試料基板	Glass(Eagle XG)	
O ₂ 流量[sccm]	10	
Ar 流量[sccm]	15	5.0
入力電力[W]	15,20,25, 30,35,40	20
成膜温度[°C]	25.5(室温)	20
膜厚[nm]	100	370

3. 実験結果

3.1 温度特性

図1に Zn の入力電力を変えて成膜した ZnO/Cu₂O 薄膜の二端子法による温度特性を示す。Zn の入力電力を上げることで、Zn のスパッタ速度は上昇することがわかっている。従って、入力電力の低い方が O₂ の取り込み量が増え、高くなると金属の Zn が増すことに

なる。図1では何れの試料も NTC サーミスタの特性を示していると言える。15W と 20W では室温での抵抗値は高く、入力電力が上昇すると、抵抗値が下がることから、ゼ円述したように金属 Zn が増えていることが推測できる。これらの B 定数を求めると、最も高い試料は、入力電力 20W で成膜された試料であった。

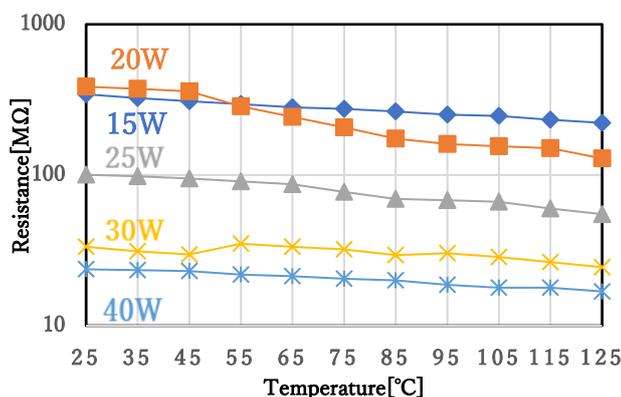


図1 ZnO/Cu₂O 積層薄膜の温度特性

3. 2 深さ方向元素分析

図2(a)(b)にオージェ電子分光分析による ZnO/Cu₂O 薄膜の深さ方向組成を示す。ZnO を 15W と 20W で

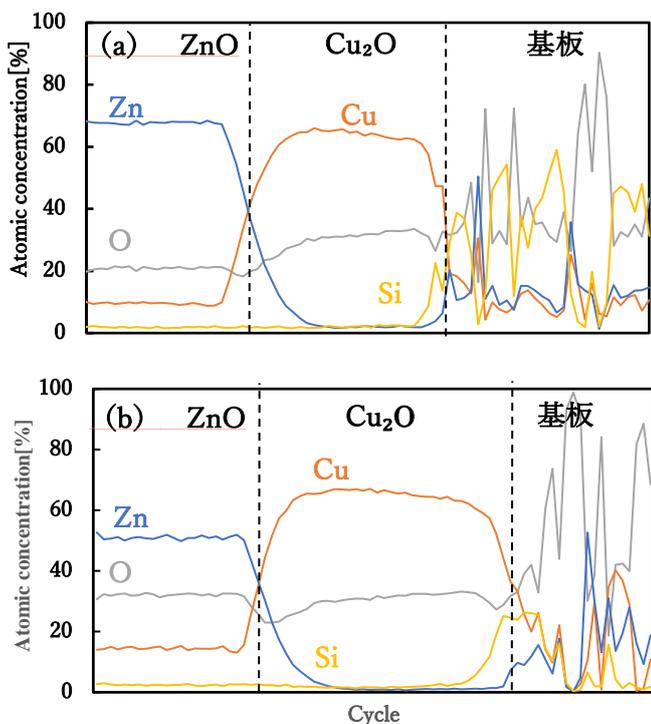


図2 ZnO を 15W(a)と 20W(b)で作製した ZnO/Cu₂O 積層薄膜の深さ方向元素分析

作製した試料は、20W の方が膜厚が若干厚くなっているが、分析時のスパッタリング電流量の違いによるものである。20W の試料の ZnO 層の比が化学量論に近くなっており、これが B 定数の上昇につながったと考えられる。

3. 3 結晶構造測定

図4に ZnO/Cu₂O 薄膜の X 線回折による結晶構造を示す。X 線の入射角を 0.4°とし極表面層の構造を測定している。この結果からは、若干の Cu₂O が確認できるものの、金属の Zn は確認できず ZnO が支配的であった。2.2 の深さ方向の元素分析とは異なる結果となったことから、今後の検討課題としたい。

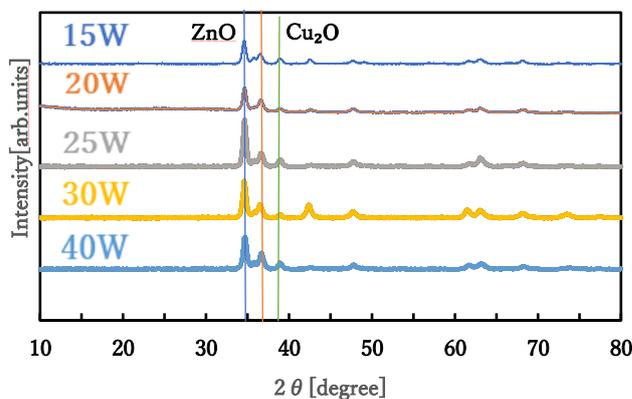


図4 ZnO/Cu₂O 積層薄膜の結晶構造

4. 考察とまとめ

ZnO 薄膜を Cu₂O 薄膜の上に積層することで、TiO₂ と同様に NTC サーミスタの温度特性を示すことが分かった。また、B 定数が最も高い試料は Zn 入力電力 20W であった。しかし、TiO₂ の B 定数より小さく、その原因は ZnO の低抵抗によるものと考えられた。ZnO 層の厚さを小さくするなどして、B 定数を改善したい。

参考文献

1)Reika Miyajima and Ichiro Takano; “Investigation of the thermos sensitive mechanism in the interface of TiO₂/Cu₂O thin-film temperature sensors, “The 22nd International Symposium on Advanced Technology, Sothern Taiwan University (October 19th, 2023)
 2)門 駿多, 鷹野一朗「ZnO/Cu₂O 薄膜温度センサの特性評価」令和 5 年度電気学会東京支部カンファレンス学生研究発表会、東京工業大学大岡山キャンパス(2023 年 8 月 25 日)