

AM-FPD22 参加について

山本 佑平

Yuhei YAMAMOTO

電子情報学専攻修士課程 2022 年度修了

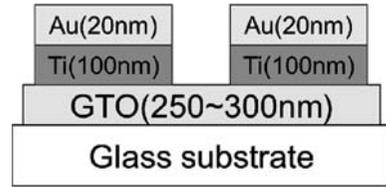


図 1 GTO 熱電変換素子概略図

1. はじめに

7月5日～8日に龍谷大学響都ホール校友会館にて開催された AM-FPD'22 に参加し「GTO thin film thermoelectric conversion device annealed in vacuum and in air」という題目で発表を行った。

2. 研究内容

2.1 緒 論

工場や自動車、PC などから発生する排熱の多くは未利用の状態である、熱電変換素子はその熱エネルギーを電気エネルギーに変換することが可能であり、クリーンな発電方法として注目されている。そのなかで透明性やフレキシブル性を持つ熱電材料は窓ガラスを利用した発電や IoT センサなどへの応用が可能である。そこで我々は透明性とフレキシブル性を持つレアメタルフリー酸化物半導体の GTO 薄膜を用いて薄膜熱電変換素子の特性評価を行う。

2.2 実験方法

熱電変換素子の作製方法を以下に示す。まず、RF マグネトロンスパッタリング法を用いて GTO 薄膜を石英ガラス基板上に成膜した。スパッタターゲットには酸化ガリウムと酸化スズを Ga : Sn = 1 : 3 で混合したセラミックターゲットを用いた。スパッタリングの際に GTO 薄膜の成膜圧力を 0.3~1.0 Pa と変化させた。次に真空蒸着法を用いて Au/Ti 電極を成膜した。作製した熱電変換素子の概略図を図 1 に示す。その後、作製したサンプルを大気中と真空中にてそれぞれ 100~250℃ で 1 時間熱アニール処理を行った。

作製した熱電変換素子の抵抗値を測定しその値から導電率を算出した。最後にサンプルの両端に温度差を与えた際の電圧値を測定し、その値からゼーベック係数を算出した。熱電変換素子の性能を示すパワーファクタは導電率 σ とゼーベック係数 S を用いて以下の関係で表される。

$$PF = \sigma S^2 \text{ [W/mk}^2\text{]} \dots (1)$$

2.3 結果と考察

作製した熱電変換素子の導電率を図 2 に示す。図 2 (a) の大気中でアニールしたサンプルでは、アニール温度が 200℃ を超えると導電率が減少し始めた。図 2 (b) の真空中でアニールしたサンプルでは、アニール温度が 200℃ を超えても導電率は増加し続けた。200℃ 以上の大気アニールでは、薄膜中に存在する導電キャリアの酸素空孔が、大気中の酸素と結合し、導電率が減少したと考えられる。それに対して真空中でのアニールは酸素空孔が失われることがなかったため、導電率が増加し続けたと考えられる。導電率は成膜圧力 0.3Pa で成膜され真空アニールを 250℃ で施されたサンプルで最大値をとった。

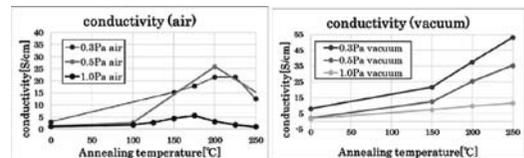


図 2 GTO 熱電変換素子の導電率 (a) 大気アニール (b) 真空アニール

作製した熱電変換素子のゼーベック係数を図3に示す。大気アニールと真空アニールの両方で導電率が増加するとゼーベック係数は減少し、導電率が減少するとゼーベック係数は増加した。これは導電率とゼーベック係数が共にキャリア濃度を関数とするトレードオフの関係にあるからである。

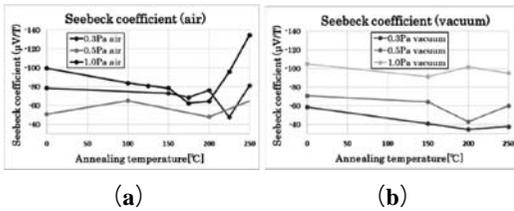


図3 GTO熱電変換素子のゼーベック係数
(a) 大気アニール (b) 真空アニール

作製した熱電変換素子のパワーファクタを図4に示す。図4(a)の大気中でアニールしたサンプルでは、アニール温度が200°Cを超えると導電率の減少と共にパワーファクタも減少した。これに対して、図4(b)の真空中でアニールしたサンプルでは、200°Cを超えてもパワーファクタは増加し続けた。パワーファクタは、成膜圧力0.5Paで成膜され真空アニールを250°Cで施されたサンプルで最大値をとった。真空中でアニールの温度を250°Cよりも高い温度で行うことでさらにパワーファクタが増加する可能性がある。

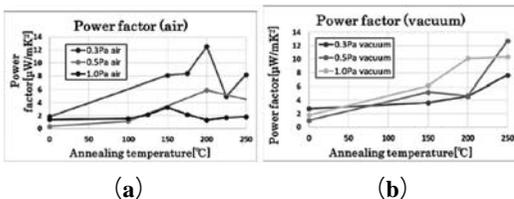


図4 GTO熱電変換素子のパワーファクタ
(a) 大気アニール (b) 真空アニール

2.4 結論

本研究ではレアメタルフリー酸化物半導体のGTO薄膜を使用した熱電変換素子の熱電特性を測定した。アニールを行うと導電率が増加するが大気アニールではアニール温度が200°Cを超えると導電率が減少した。それに対して真空アニールではアニール温度が200°Cを超えても導電率が増加し続けた。導電率は成膜圧力0.3Pa・真空アニール250°Cにおいて、パワーファクタは成膜圧力0.5Pa・真空アニール250°Cで最大値をとった。今後さらに高い温度での真空アニールを施すことにより、導電率とパワーファクタがさらに増加する可能性がある。

3. おわりに

本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)16K06733, 東京工業大学フロンティア材料研究所共同利用研究, JFE21世紀財団, 関西エネジー・リサイクル科学研究振興財団, 三菱財団, 進工業株式会社の助成及び支援を受けて行われたものであり、深く感謝申し上げます。