

## AM-FPD 21 参加について

山本 佑平

Yuhei YAMAMOTO

電子情報学専攻修士課程 1年

### 1. はじめに

6月29日～7月2日にオンラインで開催されたAM-FPD'21に参加し「GTO thin film thermoelectric conversion device manufactured by RF magnetron sputtering method」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チャンバー内の酸素流量比を20:0, 20:0.5, 20:1 [sccm]と変化させ非晶質サンプルを作製した。さらに、成膜時に基板表面温度を150℃, 170℃, 190℃と変化させ多結晶サンプルを作製した。その後、アニールを大気中で100℃～400℃の範囲で行った。次に真空蒸着法を用いてAu/Ti電極を成膜した。図1にGTO熱電変換素子の概略図を示す。

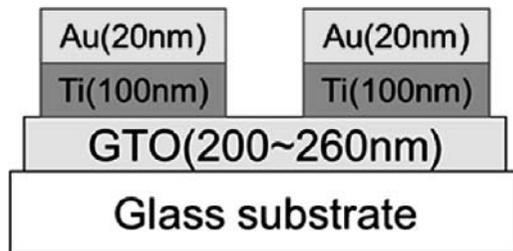


図1 作製したGa-Sn-O薄膜熱電変換素子

作製した熱電変換素子の結晶性をXRD装置で測定した。また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 $\sigma$ とゼーベック係数 $S$ を用いて以下の関係で表される。

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

#### 2.3 結果と考察

図2より、基板加熱を行ったサンプルは全て結晶化が確認された。また図3に熱電特性を示す。図3(a)より導電率は200℃までの低温アニールにより向上し、アニール温度が300℃を超えると導電率が減少した。図3(b)より、ゼーベック係数は導電率が増加すると減少し、導電率が減少すると増加した。図3(c)より、パワーファクタはアニール温度200℃において最大値をとった。

200℃以下の低温アニールは導電率を向上させ

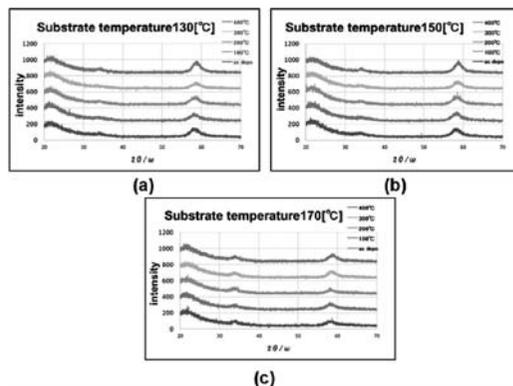
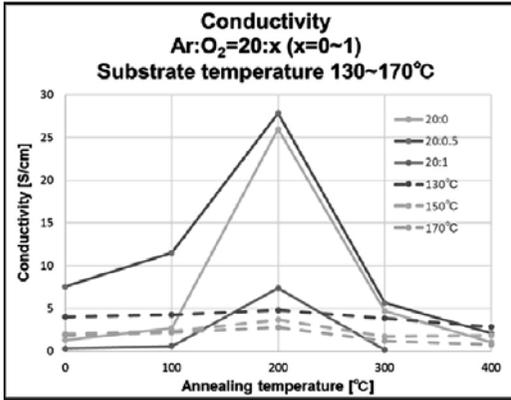
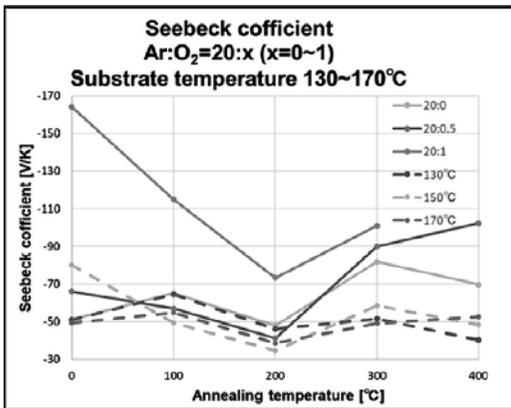


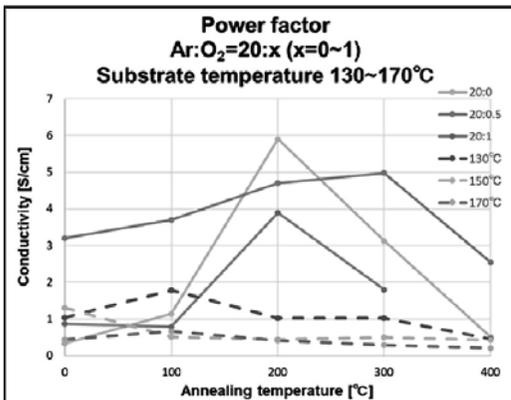
図2 多結晶サンプルの結晶性



(a) 導電率



(b) ゼーベック係数



(c) パワーファクタ

図3 熱電特性

た. これは GTO 薄膜内の弱結合酸素といった欠陥が熱アニールによって減少したためであると考えられる. その後 300°C のアニールを行うことによって導電率が減少したが, これは薄膜内の酸素欠陥が大気中の酸素を取り込んだことにより薄膜内の酸素空孔の数が減少したためであると考えられる.

パワーファクタはアニール温度 200°C において最大値をとった. これはアニールによる酸素空孔の減少などや導電率の増減によりキャリア濃度が最適化された可能性がある. 今後キャリア濃度の最適化によりパワーファクタの向上が見込める.

## 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. 200°C の比較的低温なポストアニールを施すことにより導電率が大きく向上することが確認された. 今後は結晶構造の制御やキャリア濃度の最適化などを行うことによりパワーファクタの大きな熱電変換素子が作製できると考えられる.

## 3. おわりに

本研究は科学研究費補助金基盤研究 (C) 16 K 06733, 東京工業大学フロンティア材料研究所共同利用研究, JFE 21 世紀財団, 関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団, 三菱財団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.