

R.F. マグネトロンスパッタリングにより成膜した 銅コンスタンタン接合膜の熱電特性評価

Thermoelectric properties of Cu and Constantan film prepared by R.F. magnetron sputtering

瀧田佑哉¹⁾

指導教員 黒木雄一郎¹⁾, 研究協力者 井上裕之²⁾

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 セラミック研究室

2) 株式会社テックスイジー

キーワード： 热電効果, スパッタリング, エナジーハーベスティング

1. はじめに

近年の農業向け IT センサーの電源としてソーラーパネルを用いた太陽光発電が普及している。屋外でも使用することができ、環境にも優しいことなどが理由として考えられる。しかしデメリットとして設置費用などが掛かり、高価であることがあげられる。そこで同じエナジーハーベスティングに分類される熱電材料を用いた発電に着目した。

エナジーハーベスティングとは、太陽光や機械振動、熱、電磁波などからエネルギーを採取する技術である。これらの発電は得られる電力が小さいため、センサー等の電源として実用化するにあたって複数個の接続や、充電池と組み合わせるといった工夫が必要である。

私の所属する研究室ではこれまで廃棄熱に着目し、種々の熱電材料の作製と熱電特性の評価を行ってきた[1][2]。本研究では、熱起電力が安定している銅とコンスタンタン(CTT)の組み合わせに注目した。また、熱電材料の作製方法として、スパッタリング法を用いる。薄膜化によって、銅とコンスタンタン(CTT)のコストを抑えるとともに、パターンニングにより複数素子を接続した構造を効率的に作製することが可能である。

2. 実験方法

(1) スパッタリング

図1にスパッタリングの手順を図示する。熱電

材料を成膜するための基板にはプレパラートガラスを用いた。

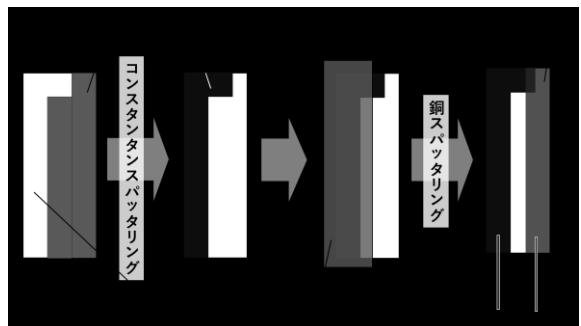


図1 薄膜型熱電デバイスの製作手順

表1 成膜条件 1, 2

基板	プレパラートガラス	
ターゲット	銅/コンスタンタン(CTT)	
背圧 [Pa]	6.4~6.5×10 ⁻⁴	
ガス圧 [Pa]	4/1	1
電力 [W]	70	70
スパッタ時間 [min]	20	30

まず洗浄したプレパラートガラス板の一部をカプトンテープで被覆し、CTT を成膜した。成膜条件を表1に示す。次に試料のカプトンテープをはがし、CTT 膜の一部をアルミニウム製マスクで覆って銅を成膜した。製作した試料の一端2箇所に超音波はんだで電極を取り付けた。なお、比較の

ために CTT と銅の接触面積が異なる 2 種類の試料を作製した。

(2) 電圧測定方法

直流電圧電流源モニターの低抵抗測定機能を用いて試料の内部抵抗を測定した。試料の薄膜同士が接触している箇所をホットプレートで加熱し、室温より 10°C 高温となるように設定した。試料の内部抵抗に近い 10~180 Ω の負荷抵抗を順に接続し、発生する電圧を測定した。図 2 に測定回路の概略図を示す。負荷抵抗と電圧より電流および電力を算出した。

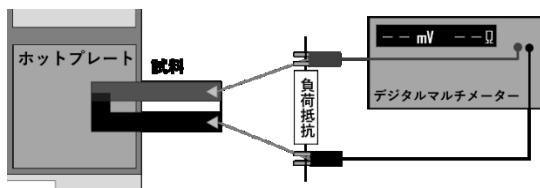


図 2 測定回路の概略図

3. 結果

試料 1 (接触面積 6 × 4 mm) の内部抵抗は 83 Ω、試料 2 (接触面積 30 × 4 mm) の内部抵抗は 36 Ω であった。次に負荷抵抗を様々に変化させた場合の電流電圧特性を図 3 に、電流電力特性を図 4 に示す。

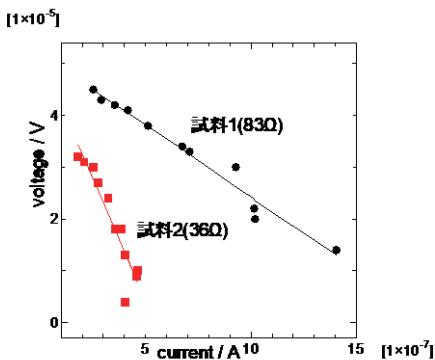


図 3 電流と電圧の関係

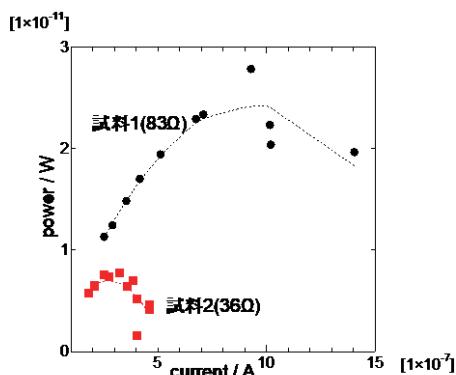


図 4 電流と電力の関係

試料 1 および 2 のどちらも、負荷抵抗の増加に伴い電流が減少し、電圧は増加した。また、試料 1 では 75 Ω、2 では 33 Ω のとき最大の発電量を示した。それぞれ最大発電量は $2.784 \times 10^{-11} \text{ W}$ および $7.747 \times 10^{-12} \text{ W}$ であった。一般に、農業向け IT センサーでは 20 mA~60 mW 程度 [4] の電力が必要となることから、実用化には直列接続による電圧の増加および並列接続による電流量の増加が必要である。薄膜化により、曲面への設置や小型、軽量化が可能であることから場所を問わず設置することが期待できる。

4. 今後の展望

より正確な測定値を算出するため、図 2 の負荷抵抗を可変抵抗とし、詳細なデータを取得する。

試料複数個による直並列接続や充放電回路等を組み合わせ、実用的なシステムを構築する。

参考文献

- [1] 伏見章吾, R. F. マグネトロンスパッタリングと熱処理により作製した FeSi_2 膜の熱電特性評価, 卒業論文, サレジオ工業高等専門学校 (2016)
- [2] 鹿毛涼太, R. F. マグネトロンスパッタリングにより成膜した Mg_2Si 膜の熱電特性評価, 第 10 回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集 (2018) p. 166
- [3] 日本工業規格 JIS C 1602 (1995)
- [4] ラピスセミコンダクタ株式会社、土壤センサユニット「MJ1011」、諸元より