

薄膜熱センサの応用に関する研究(2)

評価技術課 奈須野雅明*1 加工技術課 小幡勤*2 電子技術課 本保栄治

1. 緒言

測温センサとして広い分野で活用されている熱電対を薄膜化にすることにより、熱容量の減少による高感度化とフレキシブル化が期待され、様々な用途が見込める。本研究では、カッティングプロッターによって作製したマスクを用いてEB蒸着等により薄膜熱電対を試作した。高温領域の熱起電力特性評価は、小型セラミックヒータを用いて行った。また、薄膜を直列構造に設計し、常温におけるフレキシブルな熱電発電モジュールの試作検討を行った。

2. 実験方法および実験結果

2.1 薄膜熱電対の試作と熱起電力特性の評価

カッティングプロッターを用いて、微粘着性のポリイミドフィルムをマスクとしてパターンニングし、アルミナ基板(25mm角、厚さ：約0.6mm)に、K型熱電対の組み合わせ材料であるクロメル(Ni90%、Cr10%)を0.2 μ m、アルメル(Ni95%、Mn他5%)を0.2 μ mの厚みでEB蒸着し作製した。薄膜熱電対の測温部分には、保護膜として、Al₂O₃をスパッタリングで約80nm成膜した。

試作した薄膜熱電対の熱起電力測定の様式図を図1に示す。薄膜熱電対の測温部を小型セラミックヒータ(以下ヒータ)の下面を接触固定した。基準とするシース熱電対(ϕ 1.0mmのK型クラス2)は、ヒータの上面を、無機接着剤で固定し、加熱時のヒータ表面温度及び熱起電力を測定した。薄膜熱電対は、K型の補償導線でデータローガーを接続した。ヒータはスライダックの印加電圧を変更して、約40 $^{\circ}$ C毎に上昇させ、定温時にサンプリングし、最大約400 $^{\circ}$ Cまで行った。

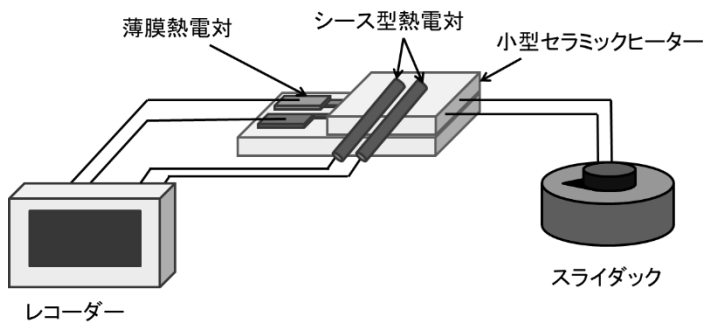


図1 熱起電力測定の様式図

測定結果を図2に示す。横軸は基準K型熱電対で計測したヒータ表面の温度、縦軸は加熱による温度差によって発生した熱起電力を示す。熱起電力は、冷接点部を0 $^{\circ}$ Cに保つ温度補償を行っていないため、室温分の熱起電力が低くなり、原点は通っていない。(測定時の室温は20 \pm 2 $^{\circ}$ C)。薄膜熱電対は、低温時は、基準熱電対とほぼ同じ熱起電力であるが、温度の上昇に伴い熱起電力の差が大きくなる傾向となった(400 $^{\circ}$ Cで約1.6mV差)。その原因を調べるため、EB蒸着で成膜したクロメル膜及びアルメル膜のグロー放電分析結果を図3に示す。横軸は、薄膜の表面側からの放電によるエッチングの経過時間を示し、縦軸は、検出された元素の発光強度を示す。組成が偏在しない場合、表面側から基板側(表面からの深さ方向)に均一な強度比になる。図3-1クロメル(Ni90%、Cr10%)膜は、Crの強度はやや上昇傾向にあるが、強度比は大きく変わらないが、図3-2アルメル(Ni95%、Mn他5%)膜は、横軸0~1.2secまで、Mnの強度が0で推移し、約1.2-6.8secかけてMn強度が増減している。先に堆積した基板側にMn成分が多く存在し、後に堆積された表面側はMn成分が減少し、堆積されていない。これらのことより、アルメル膜中のMn成分が偏在した化学組成となっており、このことにより、基準熱電対との差が生じた主要因と思われる。現状でも校正により、測温は可能であるが、通常のK型熱電対と同等の熱起電力特性で使用するためには、アルメル膜の偏在を小さくすることが課題となる。

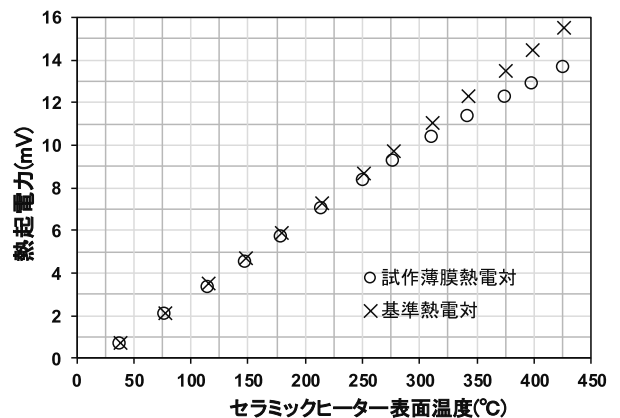


図2 薄膜熱電対の熱起電力特性

*1 現 企画情報課、*2 現 商工企画課

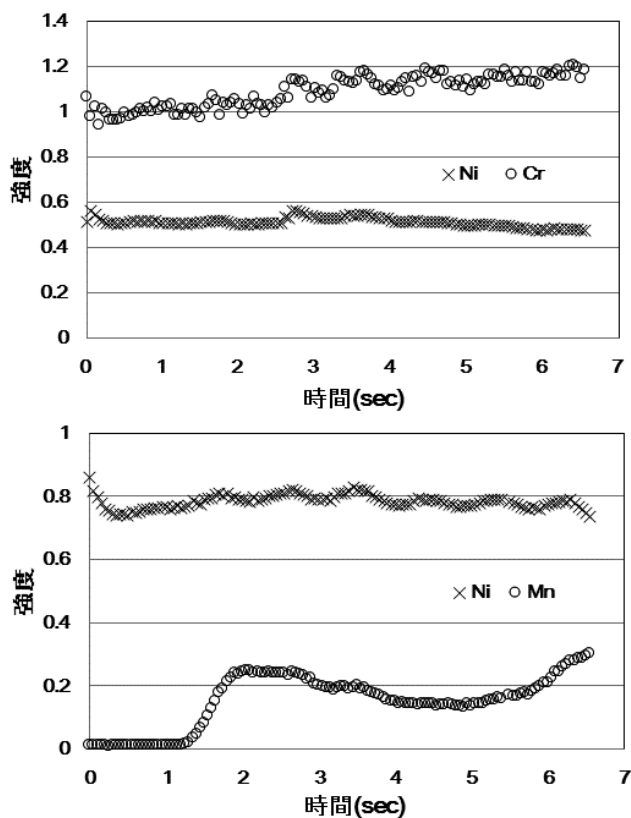


図3 グロー放電分析によるEB蒸着膜の深さ方向組成
(上: 図3-1クロメル膜、下: 図3-2アルメル膜)

2.2 フレキシブル熱電モジュールの試作評価

50mm×70mm(厚さ 75μm)のポリイミドフィルムを基板として、2.1と同手法で成膜とパターニングを行った。温接点部分に熱を加えることで起電力を発生する熱電モジュールを設計試作した(図4参照)。材料の組み合わせは、①Cu-CuNi合金と、高い熱起電力が見込める②クロメル-CuNi合金(E型熱電対)や③Cu₂O(亜酸化銅)-CuNi合金にて試作検討した。図5に①Cu-CuNi合金の熱電モジュールの電圧特性を示す。電圧の測定は、試作したモジュールを、アルミニウムプレート上に置き、冷接点部をポリイミドマスクで覆い、温接点部に手の平で加温する前後を示す。温接点部に触れた瞬時に最大約7mVの電圧が発生した。その後、時間の経過とともに、温接点部と冷接点部の温度差の縮小に伴い、電圧の下降する傾向が見受けられた。②、③については、薄膜間の接触抵抗が高く、直列

接続を重ねることにより、抵抗値が非常に高くなったため測定できなかった。環境発電モジュールとして活用するためには、微小昇圧回路を用いる場合20mVは必要であり、今後電圧の向上には、ゼーベック係数の大きい半導体材料、低抵抗化を測るための多層膜構造を検討し、電圧の上昇を図りたい。

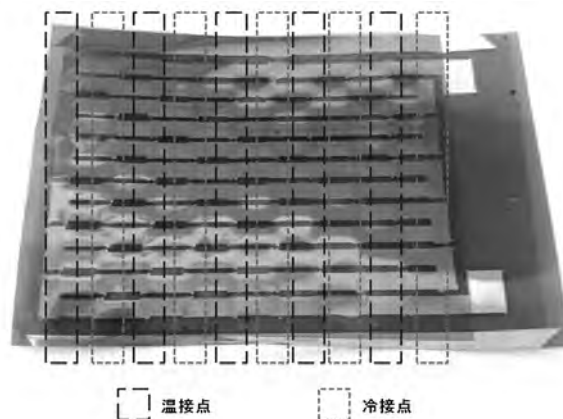


図4 試作した熱電モジュール(①Cu-CuNi合金)例

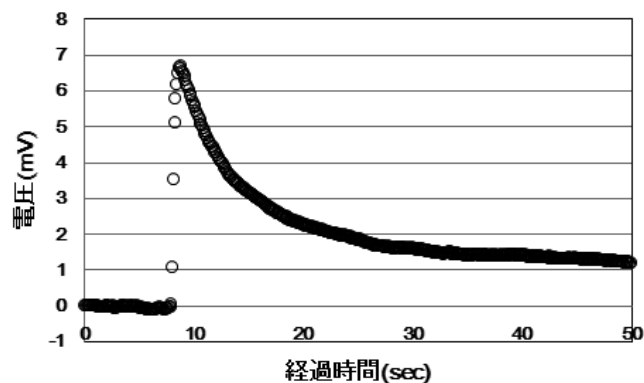


図5 熱電モジュール(①Cu-CuNi合金)の電圧特性

3. 結言

EB蒸着によりK型薄膜熱電対を試作し、室温から約400℃までの熱起電力等の特性評価を調べた。今後、測定方法変更やアルメル膜の成膜手法を変更し、より高温の特性評価及び応用事例の検討を試みたい。また、環境発電モジュールの試作では、見込みより電圧は得られなかったが、材料や設計の変更を検討し、実用に耐え得る特性向上の検討を試みたい。

参考文献

富山県工業技術センター研究報告, No.30 (2016) pp.46-47

キーワード: 薄膜熱電対、EB蒸着、熱電発電

Study on Application of Thin Film Thermo-couples

Evaluate Technology Section; Masaaki NASUNO, Tsutomu OBATA, Eiji HONBO

We have been tried to produce Type K film thermocouples for high sensitivity and versatility. The thermoelectromotive power of the sample was measured in the range for 20℃ to 400℃. As a result, the accuracy of the sensor was confirmed in the millimeter-scale. And, we tried to develop thermoelectric power generation device using the same structure for energy harvesting.