

形状記憶合金薄膜を用いた過電流センサスイッチの作製に関する共同研究

秋本恭喜・岡田正孝¹⁾
生産技術部, 島田電子工業(有)¹⁾

Joint research about production of the over-current sensor switch using the shape memory alloy thin film

Yasuki AKIMOTO・Masataka OKADA¹⁾
Production Engineering Division, Shimada Denshi Kogyo Limited Company.

要旨

TiNi 形状記憶合金薄膜を用いた過電流センサスイッチについて, スイッチ動作の構成・構造を検討し, センサスイッチを試作, 直流電流によるセンサスイッチ駆動を確認した. 10mm×5mm サイズ約 8 μ m 厚の薄膜で, スイッチのオン抵抗が 1.1 Ω , かつ 0.3A~1.5A の範囲の電流が制御可能であることが判った. また, 手動復帰による再駆動についても確認した.

1. はじめに

当センターでは, 1996 年から TiNi 形状記憶合金薄膜を用いたマイクロアクチュエータ(微小駆動源)の研究開発に取り組んできた. 形状記憶合金は大きな動作量と発生力を有し, 単純な機構であるので, 形状記憶合金をマイクロ化できれば, 他のアクチュエータと比較しても将来有望なマイクロアクチュエータとなる可能性がある.

共同研究先である島田電子工業(有)は, マイクロスイッチの市場において新規参入を行うため, 製品化へ向けた技術開発に取り組んできた. 過去の研究結果より, 形状記憶合金薄膜の駆動特性・応答性・発生力などの物性を調査, 保護素子の駆動部に適した材料であることが分かっている.

本共同研究では, ①スイッチの構成・駆動機構の検討 ②TiNi 形状記憶合金(Shape Memory Alloy: SMA) 薄膜を用いたスイッチ回路の作製 ③電気特性の把握について取り組みを行ったので報告する.

2. 実験方法

2.1 形状記憶合金薄膜の作製

スパッタ法を使用, 基板には銅ホイルを使用, Table. 1 の成膜条件により形状記憶合金薄膜を作製した.

スパッタ法	マグネトロンスパッタリング法	
使用装置	HSR-311	isputter
ターゲット	Ti:Ni=50:50 at%	
ターゲット-基板間距離	55 mm	
成膜室圧力	0.6 Pa	
基板温度	300 °C	
成膜時間	360 min	
印加電力	RF 200W	DC 100W

Table.1 成膜条件

成膜後 10mm×5mm サイズにハサミでカットし, 銅ホイルを酸でエッチングすることにより, TiNi-SMA 単体の薄膜を作製した. なお, この膜の厚さは, 約 8 μ m である.

2.2 形状記憶処理

作製した TiNi-SMA 薄膜を, 中心で角度 30° に形状記憶させるため, 金型で挟み込み固定, 真空熱処理炉を使用し, Table. 2 の熱処理条件で形状記憶処理を行った. Fig. 1 に記憶処理後の SMA 薄膜の外観を示す.

処理前圧力	1×10 ⁻⁴ Pa 以下
溶体化処理	700°C 30min
時効処理	500°C 240min
冷却方法	自然冷却 200min

Table2.形状記憶処理条件

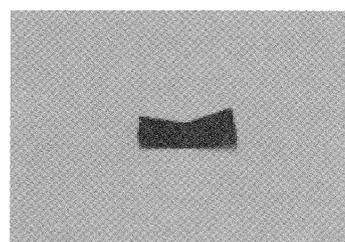


Fig.1 角度 30° で記憶処理後の SMA

2.3 スイッチの構成・駆動機構

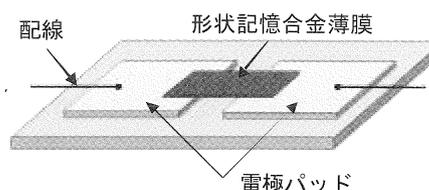


Fig.2 スイッチのイメージ

センサスイッチの機構イメージを Fig.2 に示す. 形状記憶熱処理後の TiNi-SMA は、くの字に曲がった状態で、まっすぐに伸びないため、スイッチを固定するベースについては、平面ではなく約 10mm φ の円柱の曲面を利用し、強制的に伸びる構造とした. このため、復帰動作については、手で SMA をカールさせる形で押さえることにより、対向電極パッドへのコンタクトのための圧力が得られる様にした.

また、電極パッドには、金メッキを施したシール基板を円柱曲面にあわせて貼り付けた. このときの、電極間距離は 2mm とした. また、一方の電極パッドに導電性ペースト：ドータイトにより、形状記憶合金薄膜をやはり円柱曲面にあわせて貼り付けた. 各電極パッドからは、ハンダ付けによりリード線を取り出し、電源ラインへ引き回した. センサスイッチの実装外観を Fig.3 に示す.

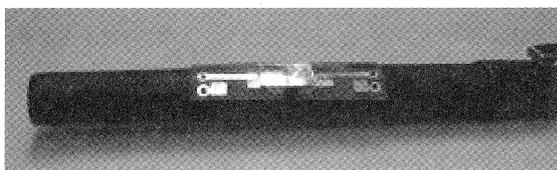


Fig.3 センサスイッチの実装外観

3. 実験結果及び考察

3.1 センサスイッチの駆動実験

センサスイッチの駆動評価のための、スイッチ回路を Fig.4 に示す. 本回路は、センサスイッチに直列に直流定電流源を接続した構成である.

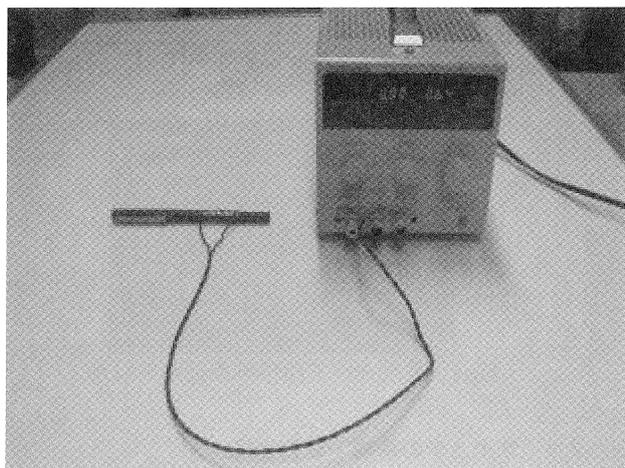


Fig.4 スイッチ回路

センサスイッチに 0.3A の電流を流した時点でのスイッチのオン抵抗は、1.2Ω であった. また、電流を 0.4A で保持した場合に、約 50 秒後にセンサスイッチが Fig.5 の通常状態から、Fig.6 の駆動状態へ移行した. 駆動までの時間は、周囲の環境条件によりバラツキが見られた. これは、

膜の温度上昇と周囲の温度の関係、ベース部への放熱量、薄膜の電極へ押さえられる圧力と接点抵抗などの要因が絡んでいると考えられる. さらに、電流を 0.9A で数秒、1.2A 以上では、電源のスイッチオンとほぼ同時に駆動することを目視にて確認した.

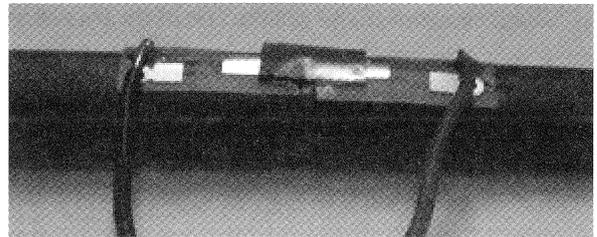


Fig.5 通常・復帰状態

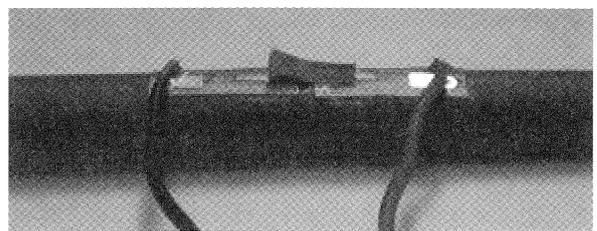


Fig.6 駆動状態

3.2 センサスイッチの復帰

センサスイッチの復帰動作は、手動により SMA 薄膜がカールするように押しつけることで復帰状態とし、オン抵抗が約 1Ω 前後で安定して得られているため、十分な接触圧が得られていると考えられる.

4. むすび

以上、TiNi 形状記憶合金薄膜を用いた過電流センサスイッチについて、スイッチ動作の構成・構造を検討、スイッチ回路を試作、直流電流によるセンサスイッチ駆動を確認した. 10mm×5mm サイズ約 8μm 厚の薄膜で、スイッチのオン抵抗が 1.1Ω、かつ 0.3A~1.5A の範囲の電流が制御可能であることが判った. また、手動復帰による再駆動についても確認した.

今後は、詳細な電気特性の把握、構造パラメータによる特性評価など、実用化へ向けた研究を進めてく予定である.

追記

本実験に使用したスパッタリング装置 (isputter) は、日本自転車振興会の補助金を受けて設置したものである.