

フレキシブルエレクトロニクスを志向した低接圧電気接続機構の開発

Development of Low-pressure Electrical Interconnection Technology

toward Flexible Electronics

日本航空電子工業 (株) [○]松尾 幸祐¹, 大西 賢¹, 稲吉 真一¹, 吉良 敦史¹, 中島 伸一郎¹Japan Aviation Electronics Ind. Ltd.¹, [○]Kousuke Matsuo¹, Ken Onishi¹, Shinichi Inayoshi¹, Atsushi Kira¹,Shin-ichiro Nakajima¹

E-mail: matsuoks@jae.co.jp

1. 序論

フレキシブルエレクトロニクスは、その柔軟性によりエレクトロニクスの適応範囲を広げることが期待されており、その中では、既存の半導体や MEMS デバイスと組み合わせることで、回路の集積化や高精度なセンシングを実現しようとする Flexible Hybrid Electronics といったコンセプトも提案されている⁽¹⁾。フレキシブルデバイスの電気接続を担うコネクタを想定した場合、小型かつ柔軟性が要求されるはずである。一般的な金属ばねによるコネクタでは、接点にかかる接圧を大きくすることで、実効的な接触面積が大きくなり、安定した接続を実現しており、小型化と柔軟性の両立には限界がある。一方、電気接点として粘弾性体と金属薄膜から構成される電気接続機構を用いた場合、低接圧においても界面の微小な凹凸に追従することで実効的な接触面積が大きくなるため、安定した電気接続が知られている⁽²⁾。そこで本発表では、より低接圧での安定した電気接続を目的とし、微細構造を有する粘弾性体を用いた電気接続機構の検討を行った。

2. 微細構造を有する電気接続機構の設計指針

まず、粘弾性体を用いた電気接続機構において、微細構造体が接圧にどのように寄与するのかをシミュレーションにより検討を行った。シリコーンゴム (Poly(dimethylsiloxane)、以下 PDMS) 上に高さ 1.0 mm、長さ 1.0 mm の金属凸構造が形成されているモデルにおいて、剛体を 0.5 mm 押し込んだ場合における凸部における反発力を計算した結果、金属体の凸構造を有するモデルでは、多少の分布は生じているものの、凸部全体に反力が生じることが分かった [Fig.1 (a)]。これに対し、PDMS の凸構造体上に厚さ 0.1 mm の金属膜が覆われているモデルにおいては、側面にある金属の剛性により、端部において大きな応力集中が生じることが示された [Fig.1 (b)]。この結果は、弾性体の凸構造上に金属薄膜を成膜することで、より少ない変位量にて安定した電気接続機構が実現出来ることを示唆している。

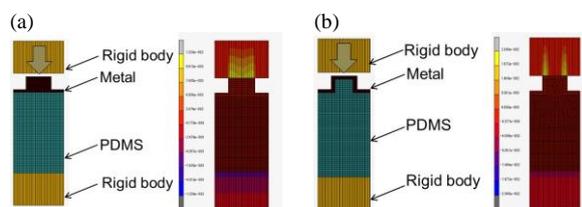


Fig.1 Simulated results of the contact force of (a) the metal-bump model and (b) the metal on PDMS-bump model

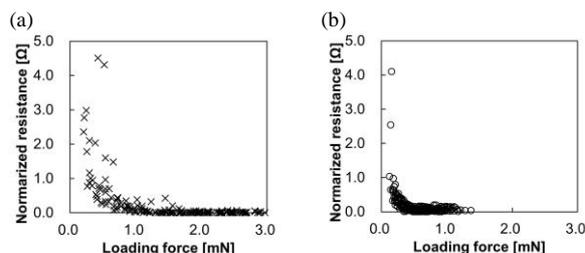


Fig. 2 The contact resistance corresponding to the loading force of fabricated electrodes with (a) $d=1000 \mu\text{m}$ and (b) $d=500 \mu\text{m}$

3. 微細構造を有する電気接続機構の評価

前記したシミュレーション結果を基に、円柱凸構造を有する縦 6.0 mm、横 6.0 mm、高さ 3.0 mm の四角柱の電気接続機構を、PDMS を成形した後、めっきにて金属薄膜を成膜することで作製し、その評価を行った。円柱凸構造は直径 (d) が 500 μm と 1000 μm で、高さ 94 μm であり、円柱凸構造の数を調整することで、直径 (d) に関わらず接触する面積は同じになっている。自動ステージと電子天秤を用いて印加荷重を制御し、四端子法にてその電気抵抗を測定することで、作製した電気接続機構の W-R 試験を行った (Fig. 2)。その結果、 $d=1000 \mu\text{m}$ の円柱凸構造を有する接続機構では 1.0 mN 程度の印加荷重で接触抵抗が安定するのに対し、 $d=500 \mu\text{m}$ の円柱凸構造を有する接続機構では 0.3 mN 程度の印加荷重で接触抵抗が安定することが示された。シミュレーションで示した通り、凸構造を有する接続機構の場合、その側面金属の剛性により、局所的に応力が集中する。本結果は、多数の微細構造により、低荷重領域で実効的な接触面積が大きくなることから、より安定した電気接続が実現できることを示している。

4. まとめ

微細構造を有する粘弾性体を電極とすることで、低接圧で安定した電気接続が可能な機構を開発した。また、本接続機構を用いた、フレキシブルな防水コネクタの開発を進めており、ウェアラブルを始めとするフレキシブルデバイスへの適応に関する検証を進めていく予定である。

参考文献

- (1) Y. Khan, *et al.*, Adv. Funct. Mater. 26, 47 (2016)
- (2) R. Mitsui, *et al.*, Electronics 4, 827 (2015)