

補助事業番号 2024M- 547

補助事業名 2024年度 液体封止構造を有する金属ナノ粒子分散液による自己修復型金属配線に関する補助事業

補助事業者名 早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 岩瀬研究室 教授 岩瀬英治

1 研究の概要

本研究では、金属ナノ粒子分散液を用いた自己修復型金属配線について、低揮発性分散媒を用いた自己修復条件および実装条件の検討を行った。自己修復型金属配線とは、断線部に生じる電界によって金属ナノ粒子を断線箇所へ引き寄せ、再導通を実現する技術であり、配線断線時にも機能を維持可能な高信頼電子配線として期待されている。一方で、従来用いられてきた分散媒では揮発や気泡発生、粒子沈殿などの課題があり、長期間の安定動作や真空環境下での利用が困難であった。そこで本研究では、低蒸気圧で真空環境下でも揮発しにくい分散媒を用い自己修復型金属配線を作製した。断線部への交流電圧印加による修復挙動を評価するとともに、液体封止構造を有する実装技術について検討した。また、修復形態の分類、時間変化する印加電圧による修復状態評価、気泡発生要因の分析および抑制方法、配線インピーダンス計測などを通じて、自己修復現象の理解および高信頼化に向けた基礎検討を行った。さらに、宇宙環境など保守・修理が困難な環境への応用を見据え、低重力環境下における自己修復可能性についても検討を行った。

2 研究の目的と背景

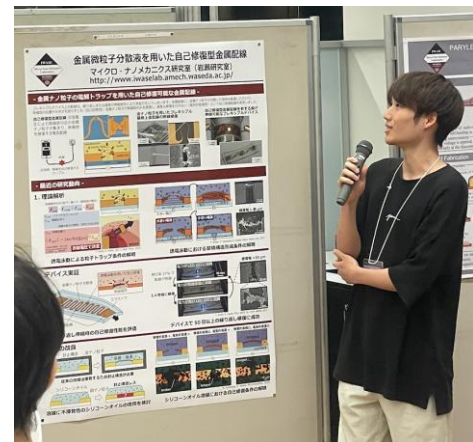
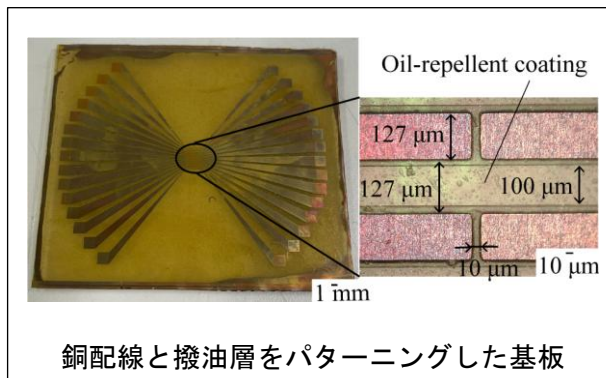
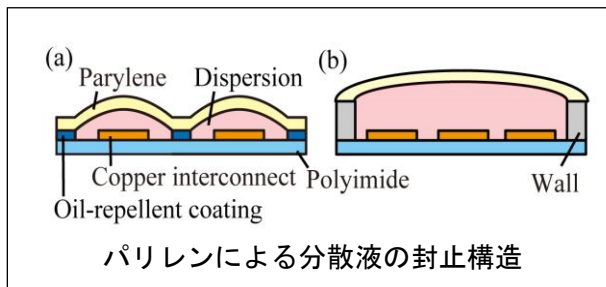
近年、フレキシブルデバイスや宇宙機器など、保守・修理が困難な環境で使用される電子機器の需要が高まっている。一方、従来の電子配線は断線時に機能を失う課題がある。自己修復型金属配線は、断線部に生じる電界によって金属ナノ粒子を引き寄せ、再導通させる技術であり、高信頼電子配線技術として期待されている。しかし、従来用いられる分散媒では揮発や気泡発生、粒子沈殿などの課題が存在する。本研究では、低揮発性分散媒を用いた自己修復条件の最適化に加え、実環境に適用可能な液体封止構造や高信頼化技術の確立を目的とした。

3 研究内容

(1)配線自己修復機能の実現する低揮発性分散媒の探索

(<https://www.iwaselab.amech.waseda.ac.jp/>)

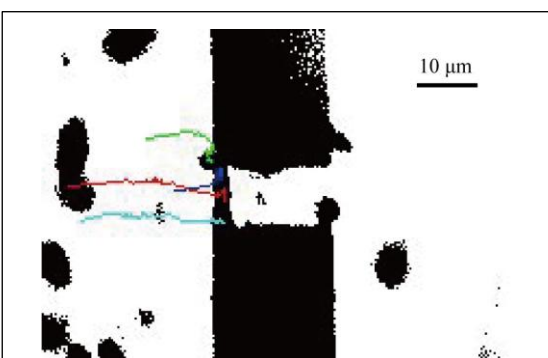
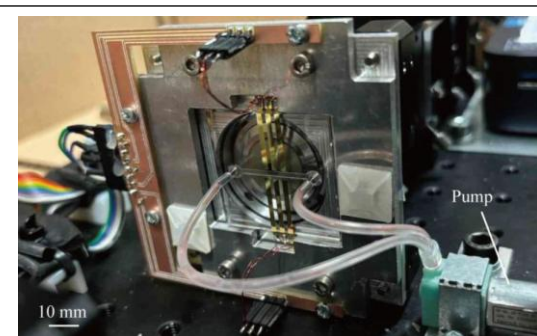
自己修復型金属配線では、金属ナノ粒子を含む液体を配線上に安定して保持する必要がある。本研究では、シリコンオイルを用いた自己修復型金属配線を作製し、撥油層、パリレン膜による封止構造を用いて、液体を配線上に保持する方法を検討した。



(2) 自己修復型金属配線を有する電子デバイスの検討

(<https://www.iwaselab.amech.waseda.ac.jp/>)

自己修復型金属配線を電子デバイスへ応用するため、印加電圧および周波数による自己修復特性の評価を行った。また、微小重力環境下における自己修復実験を実施するとともに、分散液中の金属粒子沈殿を防ぐため、ポンプとチューブを用いて分散液を循環させる構造を検討した。



4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究成果により、宇宙環境やウェアラブルデバイスなど、保守や修理が困難な環境においても自己修復可能な高信頼電子配線の実現が期待される。また、低電圧駆動による小型修復システムへの展開により、ポータブル電子機器やフレキシブルデバイスへの応用が期待される。さらに、将来的には長寿命電子機器や自律保守型電子システムへの応用が期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者はこれまで、MEMS、フレキシブルデバイス、および自己修復型電子配線に関する研究を進めてきた。本研究は、これまでの自己修復型金属配線研究を発展させ、低揮発性分散媒を用いた実環境適用および高信頼化を目指す研究として位置づけられる。