

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来  
2021 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

佐藤 峻

早稲田大学 大学院基幹理工学研究科  
大学院生

液体金属実装による強靱なストレッチャブル電子デバイスの創製

## 研究成果の概要

本研究の目的は、伸縮基板上の配線に電子素子を実装する際に液体金属を用いることで、強靱な伸縮電子デバイスの創製を行うことである。液体金属は液体のため伸縮性が高い一方、接触抵抗が高い問題がある。そこで本研究では、接触抵抗要因の解明および低接触抵抗条件の探索により、高伸縮・高機能な電子デバイスの創製を行う。

2022 年度は、主に液体金属の接触抵抗の高精度計測方法の提案を行い、さらに液体金属実装の伸縮耐性を評価した。接触抵抗計測に関しては、従来教科書的な接触抵抗の計測方法として Transfer Length Method (TLM) が非常によく知られている。従来の接触抵抗計測は半導体と金属電極間の接触抵抗を主としていたため、TLM では金属電極のシート抵抗は対象物(半導体)のシート抵抗と比べて無視できると仮定されていた。しかしながら、実際に TLM 計測および有限要素法(FEM)による電流密度分布解析の結果、液体金属は金属電極とシート抵抗が同程度であるため、上記仮定が成立せず、教科書的な TLM では接触抵抗の計測はできないことを発見した。さらに、教科書的な TLM を改良して計測電極毎への電流印加の提案・実証まで行った。

伸縮耐性に関しては、まず、実装部の引張試験と FEM による応力分布解析を行った。その結果、液体金属実装によってハンダや導電性ペーストの 12 倍以上の伸縮耐性が得た一方で、素子と基板間が応力集中により剥離することを発見した。これに対し、素子下部の基板を硬くして実装部の応力集中を緩和することを考え、基板の剛性分布に対する応力分布を解析した。その結果、基板の高剛性部のヤング率や面積を増加させることで応力集中を 10%以下に低減可能であることが明らかになった。

これらの結果、マイクロマシン・MEMS 分野における世界最上位の国際会議である IEEE MEMS 2023 をはじめ、査読付き国際論文誌 1 件(共著)、国際会議 3 件、国内学会 6 件の成果を上げ、2 件の受賞を受けた。

### 【代表的な原著論文情報】

1) T. Sato and E. Iwase, "Highly Accurate measurement of contact resistance between galinstan and copper using transfer length method," Proceedings of the 36th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2023), pp. 339-342, Munich, Germany, Jan. 2023.