

## 博士論文を要約したもの

### 博士論文題目

分散型人工視覚デバイス実用化に向けた微細気密パッケージと  
低抵抗フレキシブル多層配線基板の開発

(Development of micro-hermetic packages and multilayer flexible circuit boards for  
retinal prostheses)

氏 名

高野 拓郎

(要約)

人工視覚デバイスは失明した患者に対し、失われた光覚情報を補綴する医療機器の総称である。先行研究において、49 個の電極を有するデバイスの患者への有効性が示された。一方で、患者の Quality of Vision (QOV) への要求に対しては十分ではなかった。そこで QOV 向上のために広視野・高解像度を目指したデバイスの検討を行った。広視野・高解像度デバイス設計にあたり、少数の共通配線で複数のチップを制御する技術を用いて多数電極を制御する分散型人工視覚デバイス方式を採用した。分散型人工視覚デバイスの実用化には、チップを生体組織から保護する気密封止パッケージの小型化が必要不可欠である。また、眼球形状に追従可能なフレキシブル性と配線抵抗の抑制を両立した配線基板も必要不可欠である。一方で、これらの要求を十分に満たす技術確立はなされていない。そこで本研究は、生体埋植可能な小型気密封止パッケージの開発と低抵抗フレキシブル配線基板開発を目指した。

生体埋植可能な小型気密封止パッケージは埋植時のハンドリング性を重視したキャビティ構造と小型化を重視した無機封止膜の両面から検討を行った。キャビティ構造はガラスリッドと貫通ビアを有するガラス基板を金粒子により接合することで作製した。また気密性評価の為に、小型パッケージ内部に実装可能な微細な湿度センサーを開発した。湿度センサーによるパッケージ内部の相対湿度評価の結果、生体温度環境下の気密性維持寿命は約 105 日間となった。この結果は、推奨寿命である 5 年以上に対して未達であり、構造の改良が必要であることを示した。

無機封止膜は原子層堆積法 (ALD: Atomic layer deposition) により、実デバイスを想定したサンプルに対して 2 種類の膜を積層し評価した。加速試験による封止性能評価の結果、無機封止積層膜の封止性能寿命は生体温度環境下で約 3.6 年であった。推奨寿命に対する未達原因の一つとしてサンプル構成要素の熱膨張係数差が

考えられた。そこで熱膨張係数差を抑えたサンプルに対して無機封止積層膜を成膜し評価を行った。加速試験による封止性能評価の結果、改良サンプルの封止性能寿命は生体温度環境下で10年以上であった。このことから、デバイスの実装形態に制限があるが、無機封止積層膜による気密封止構造は有効であることを示した。

低抵抗フレキシブル配線基板は、フレキシブル基板上でバルク材料をレーザー加工し配線化する技術と微細抵抗溶接を組み合わせることで最大3層の内層配線接続を持つ基板作製を実施した。作製したフレキシブル配線基板は、分散型人工視覚デバイスの実用化に十分な配線抵抗を実現した。また、フレキシブル配線基板が埋植時の機械的負荷に耐性を持つか検証するために、繰り返し曲げ試験を実施した。その結果、500回の曲げ試験で顕著な変化は観察されず、機械的負荷耐性を有することを示した。

本研究では、分散型人工視覚デバイス実用化に向けた必須技術である、気密封止パッケージの開発と低抵抗フレキシブル配線基板開発を目指し、評価サンプルの作製・評価を行うことで実用化の可能性を示した。これらの知見は分散型人工視覚デバイス実用化だけでなく様々な生体埋植デバイスの実用化に向けた一助となることが期待される。