

バイオメディカル応用のためのSR光リソグラフィーによるマイクロニードルの開発

Khumpuang Sommawan

本論文はPCT (Plain-pattern to Cross-section Transfer, 平面パターン→断面転写) 法を用いたシンクロトロン放射光ディープX線リソグラフィーによるマイクロニードルの製作技術開発をまとめたものである。

第1章では、これまでの開発されたマイクロニードルの動向と、無痛針の要件を皮膚の神経系との関係で示し、これからの技術課題をまとめ、本研究の導入章とした。

第2章では、PCT法によるシンクロトロン放射光X線リソグラフィーを用いて製作するマイクロニードルの設計概念を示し、その中で材料としてPMMAを用い本研究で取り組んだ単一先端形、4点先端形、および孔開き型の3つのタイプのそれぞれの構造上の特徴を検討し示した。

第3章では本研究で開発した、 1cm^2 のチップ内に1024本の直径 $100\mu\text{m}$ 、高さ $300\mu\text{m}$ のマイクロニードルアレイの製造プロセスについて詳細に述べた。その中で、利用施設、装置、必要材料、X線マスクの要件および課題についてまとめた。

第4章では、本研究で開発したマイクロニードルの製作結果についてまとめた。その中で単一先端形、4点先端形、および孔開き型のそれぞれの製作法の特徴と課題について示した。

第5章では特に4点先端形の採血機能に注目し、毛細管現象を利用した構造とその機能特性の関係をモデル化し採取できる血量の予測を行い、このタイプの有用性を議論した。

第6章では、本研究で開発したマイクロニードルの評価実験およびその結果に関してまとめた。刺針試験、採液試験、毛細管上昇試験、強度試験を行ない、本研究マイクロニードルの性能とその限界を示した。刺針試験結果として動物皮膚中への液体浸透の広がり、採液試験結果として4点先端形ニードルの溝部分に抽出された液体残留状態を、毛細管上昇試験結果として血液が毛細管現象により最大 8.6mm 上昇したことを、また強度試験結果として圧縮荷重においてマイクロニードルが 0.4N の負荷に耐えられることを示した。

第7章では、本研究開発のマイクロニードルの応用について述べた。本研究で取り組んだ3つのタイプのそれぞれの特徴を活かした応用としてドラッグデリバリー、血液検査など医療応用に関して検討し、さらに血液中の電解質測定に関してその展望を議論した。

第8章では、本研究開発のマイクロニードルの研究成果をまとめ、経済的側面を含め研究課題を整理し実用化の指針を示した。