

## 審査の結果の要旨

氏名 土肥 徹次

本論文は「マイクロファブリペロー干渉計による血液生体情報の取得」と題し、5章からなっている。医療用デバイスにおいて、MEMS技術は小型・低侵襲化可能、局所計測可能、高機能化可能といった長所から、光学計測は非侵襲・低侵襲化可能、微小化学量変化を測定可能といった長所から注目を集めている。本論文では、このMEMS技術の長所と光学計測の長所を組み合わせたデバイスとして、 $2 \times 2 \text{mm}$ の大きさのマイクロファブリペロー干渉計を用いたマイクロスケールの分光器を実現し、このマイクロ分光器によって血液の生体情報を取得することを目的としている。また、医療用MEMS デバイスによる生体情報の取得方法として、このマイクロファブリペロー干渉計によってスペクトルを解析するという方法が有効であることを示している。

第1章は「序論」であり、研究の背景と目的、論文の構成について述べている。

第2章「理論」では、まずファブリペロー干渉計の分光原理について述べ、ファブリペロー干渉計をマイクロスケールで試作する際に重要となってくるパラメータを明らかにしている。次に、マイクロ分光器の要求仕様を決定し、この要求仕様を達成できるようにファブリペロー干渉計の光学特性を理論的に計算し、ファブリペロー干渉計で利用する光学材料の仕様を決定した。さらに、試作するマイクロファブリペロー干渉計でこの光学特性を実現できるように、ファブリペロー干渉計の構造設計を行っている。最後に、ファブリペロー干渉計とフォトダイオードを組み合わせたマイクロ分光器において、測定されたデータのデコンボリューションを行うことでデータ精度および波長分解能を向上させることが可能であることを示している。

第3章「プロトタイプによる検証」では、マイクロファブリペロー干渉計のプロトタイプを試作し、第2章で行った理論の検証を行っている。プロトタイプを試作するにあたり、ファブリペロー干渉計を構成する部分の材料及び薄膜の光学特性を計測し、ファブリペロー干渉計に与える影響を調べている。特にマイクロファブリペロー干渉計のミラー部分となるシリコンの薄膜について厚さが40から60nmの範囲であれば可視光から近赤外光の領域で薄膜干渉と光の吸収の影響を最小限に抑えることで、高い反射率が得られることを確認している。最後にプロトタイプの光学特性を計測している。プロトタイプでは2次の干渉光を利用した分光を実現しており、0から200Vの電圧印可により干渉光の波長を830から560nmの範囲で変化させ、ミラー間隔を計算により830から560nmの範囲で制御していたことを求めている。

第4章「マイクロファブリペロー干渉計」では、第3章で試作したプロトタイプの結果を反映したファブリペロー干渉計を、MEMS技術を利用して試作している。この際に、ガラス基板を利用し、SOIウェハと陽極接合をすることによって、可視光から近赤外光の範囲でファブリペロー干渉計を利用可能としている。試作したマイクロファブリペロー干渉計に0から300Vの電圧を印可することで、3次から5次の干渉光での分光により、透過波長を950から550nmの範囲で変化させることを実現している。次にフォトダイオードと組合せ、マイクロ分光器としての評価を行っている。フォトダイオード信号をデコンボリューションすることによって、多数の干渉光が混入してしまっている問題を解決し、また原理的に分解能の向上が容易であることを示している。最後にブタの静脈血と動脈血のスペクトルを計測し、波長600nmから900nmの範囲において吸光度0.1から1.2の範囲で吸光度計測が可能であることを示した。さらに、波長680nmから780nmの範囲の測定結果を利用することによって、静脈血の酸素飽和度が50%であることを誤差10%程度で計測可能であるといっている。

第5章「結論」では、本研究によって得られた成果とその結論を述べ、さらに今後の展望についてまとめている。

以上のように、本論文では可視光から近赤外光領域で利用可能なマイクロファブリペロー干渉計を試作し、フォトダイオードと組み合わせることでマイクロ分光器を実現している。このマイクロ分光器で血液の酸素飽和度の計測に用いる場合の特性を検討することによって、医療用デバイスとしての有効性を示している。本論文中で実現したマイクロ分光器は、微小化・高機能化が容易であり、また非侵襲・低侵襲な生体情報計測が可能という特徴を合わせ持っており、医療用埋込型デバイスやポイントオブケアデバイスなど、医療分野で期待が高まっている分野で非常に有効であると考えられ、知能機械情報学の発展に貢献するものである。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。