

審査の結果の要旨

氏名 李 愿世

本論文は「Development of a micropump for integrated microfluidic systems and pneumatic microactuator systems」（一体型マイクロ流体デバイスシステムと空気圧マイクロアクチュエータシステムの為のマイクロポンプの開発）と題し英文で書かれており，スクリュウ駆動の蠕動式ポンプとその応用技術に関する一連の研究・開発で得られた成果をまとめたものである。

本論文は，全8章から構成されている。

第1章「序論」では，本研究の背景と目的を記述し，本論文の構成について簡潔に述べている．既存のポンプとマイクロポンプをその駆動原理によって分類し，各種類のポンプの特徴について調べ，一体型マイクロ流体デバイスとマイクロ空気圧アクチュエータの駆動，両方に利用できるポンプに必要な条件を定め，その条件を満たすために，新しい方式のポンプが求められていることを明らかにしている．そのなかで，本博士論文ではその新しいポンプの開発と関連技術の確立を研究目的とすることを述べている．

第2章「原理と設計」では，本研究で提案する新しいマイクロポンプの駆動原理と設計指針について述べている．具体的には第1章で挙げられたポンプの条件を満たすために，駆動方式としては蠕動式ポンプを選び，新しい構造を提案することにより諸課題の解決を試みている．具体的には，6から8本のチューブを円筒の内面に配したものを螺旋状の突起のついた軸を回転させることにより，各チューブが蠕動式ポンプとして機能するものである．各チューブの流量に位相差を作れることにより，これらを結合することにより，蠕動式ポンプで発生が避けられない脈動を劇的に低減することができる特徴を有する．

第3章「作製」では，ポンプの各構成要素の具体的な作製方法および組み立て方法について述べている．本研究で用いた作製方法に加え，大量生産に向けての作製法についても簡潔に述べている．

第4章「マイクロ流体デバイスとしての性能評価」では，試作したポンプをマイクロ流体デバイスへの応用に関する性能の評価を順序立てて行い第2章で示した諸条件を満たしていることを実験的に明らかにした．そして，更なる脈動の軽減のため，新しいフローレギュレータを設計し，その効果を実験により

明らかにしている。

第5章「マイクロ流体デバイス用のポンプの比較検討」では、作製したポンプの優れた特性を他の方式のポンプとの比較で強調して見せている。比較対象のポンプを別途作製しその実験結果と比較考察について簡潔に述べている。

第6章「空気圧マイクロアクチュエータ用ポンプとしての性能評価」では、試作したマイクロポンプを空気圧マイクロアクチュエータへの応用を想定し、その諸性能の評価のための実験を順序立てて行い、空気圧マイクロアクチュエータの駆動用ポンプとしての応用の可能性を実験によって明らかにしている。この空気圧マイクロアクチュエータは岡山大学で開発されたものであり、PDMSで構成され、液圧あるいは空気圧を調整することにより、大きな曲げ変形を制御できるものである。このアクチュエータに適したマイクロポンプが求められており、本研究で開発したマイクロポンプと組み合わせることにより、実用化に向けたマイクロ流体アクチュエータシステムを実現している。また、空気圧供給のチューブ内の空気がアクチュエータの駆動の高速化妨げていることを解決する方法として、液圧と空気圧を併用する駆動方式を考案し、その有効性を実験により明らかにしている。

第7章「検査デバイスとの接続と一体化」では、開発したマイクロポンプの材質と形状の特徴と、制御の為の周辺機器が要らない長所を活かし、検査用デバイスを円筒に巻きつける構造にすることにより、接続部品を用いる接続ではなくポンプを含めた検査デバイスを統合成形することで一体化することを提案している。そして、それに必要な新しい成形方法を提案し、構想の有効性を示すために2種類のシステムを試作している。また、マイクロポンプとマイクロ空気圧アクチュエータと一体化し、両者をつなぐ空気圧チューブを無くしたものを試作し、応答性の向上が得られたことなどについて述べている。

第8章「結論」では、本研究で得られた成果をまとめ、開発したマイクロポンプに関連した技術の将来を展望し、取り組むべき課題を述べている。

このように本論文では、革新的な構造のマイクロポンプを考案し、その有効性を実証している。本論文での研究成果は精密工学の発展に貢献するものであり、実装しやすいマイクロポンプとして種々の産業機器や医療機器への応用が期待できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。