

論文の内容の要旨

論文題目 MEMS型全光給電・制御システムと
その光ファイバ内視鏡応用に関する研究

氏名 中田 宗樹

本論文では、微小電気機械システム (MEMS = Micro Electro Mechanical Systems)への電力・信号の伝送方法として光を利用し、光ファイバ一本のみでシステムのエネルギー給電、および、制御を行う技術の研究開発を行い、また、その応用検討として光給電型のMEMS光ファイバ内視鏡の試作と評価を行った。

MEMSとは、半導体微細加工技術を応用して微小な機械・電気構造を作製する技術、および、その応用デバイスの総称であり、MEMSによる微小機械は、集積化した電子回路を用いて電氣的に制御することを理想としている。近年では、半導体電子回路を集積化したMEMSセンサ・アクチュエータが実用化され、次世代の More than Moore 的付加価値技術として半導体技術分野における存在価値を高めつつある。しかしながら、MEMSへのエネルギーの供給と制御には、依然として外界との電気配線が用いられている。MEMSが小型化し、ユビキタス・センサやネットワークセンシングの要素デバイスとしての応用が検討されつつある現在では、分散したMEMS素子へのエネルギー供給と制御を、電気配線以外の方法で効率よく行う方法の研究開発が課題となっている。

この課題の解決策として、本論文では光ファイバを用いて光エネルギーを給電し、かつ光によって信号を取り出す全光給電・制御システムを提案した。近年の情報通信網の発展にともない、光ファイバ通信分野では波長分割多重通信(WDM = Wavelength Division Multiplexing)による高密度情報伝送が実用化されている。本研究では、従来は光通信技術に限定されていた光ファイバ技術体系を水平展開して、光ファイバによるMEMSデバイスへのエネルギー・情報伝送を実現する手法を検討した。具体的には、赤外波長 $1.5\mu\text{m}$ をエネルギー伝送に用い、また、波長 $1.3\mu\text{m}$ を光センシングに利用するものであり、これに基づいた光エネルギー伝送・制御型の医療応用光ファイバ内視鏡を試作と評価を行った。

本論文の第1章では、代表的なMEMSデバイスの電源供給および信号取り出し方法を概観し、本論文のテーマであるMEMSを用いた光給電・制御システムの目的を示した。

次に、第2章では、MEMS型の全光給電・制御システムの応用例として、光干渉断層計測装置(OCT = Optical Coherence Tomography)を用いた光ファイバ内視鏡を取り上げた。従来の電気給電型MEMSを用いたシステムを改良し、全光給電・制御が可能となる光ファイバ内視鏡システムを構築する手法を述べた。

第3章では、光ファイバ内視鏡で使用するためのMEMS光スキャナの設計・製作を行った。光ファイバ内視鏡用の要求仕様を満たすために、静電駆動櫛歯型アクチュエータを用いた光スキャナを選択し、設計・製作方法について述べた。さらに、作製したMEMS光スキャナの特性を評価し、光給電によって動作可能であることを示した。

第4章では光ファイバ内視鏡の予備実験として、2本の光ファイバによるエネルギー供給・測定システムを

構築した。波長 $1.3\ \mu\text{m}$ の赤外光を生体観察光として、また、波長 $1.5\ \mu\text{m}$ の赤外光をエネルギー供給光として用い、OCT 測定システムを構築した。このシステムにより生体画像を取得することで、光給電による測定システムが実現可能であることを示した。

第5章では、システムを内視鏡として利用可能にするために、光ファイバ先端に MEMS 光スキャナおよび光電変換素子を直径 6mm 内の透明な管の中に実装する技術について述べた。これにより、光ファイバ一本でエネルギーを供給して動作する光ファイバ内視鏡システムが可能となり、また、本研究が提唱する光給電・制御型の MEMS システムの実証可能性を示した。

第6章では考察として、MEMS 光スキャナとそれを用いた内視鏡システム特性の最適化について述べた。特に、内視鏡の特性を向上させるために、より大きな変向角度で光スキャナを励振する方法と、MEMS 型光スキャナの特性を生かすための内視鏡システムの改良について考察した。

第7章では本研究を総括し、本研究の結論を述べた。