

## 審査の結果の要旨

氏名 丸山 智史

本論文は、「MEMS 静電アクチュエータの時分割駆動・変位計測インターフェース回路に関する研究」と題し、MEMS 技術 (Micro Electro Mechanical Systems Technology) で製作した静電駆動型マイクロアクチュエータを電氣的二端子素子として捉え、その電氣的駆動のために一定波高のパルス幅変調電圧を時分割で間歇的に印加し、かつ、マイクロアクチュエータの機械的応答よりも極めて短い時間で静電容量変化を検出することで、アクチュエータ駆動変位に極力影響を与えずに変位を測定するインターフェース回路に関して理論的、実験的に検証したものであり、全6章から構成されている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景技術について述べている。特に、MEMS 分野におけるマイクロアクチュエータの原理と応用先について述べた後に、その駆動・制御のためにアクチュエータと回路を融合した集積化MEMS の重要性について説明している。また、その実現のためには、集積回路設計者から見てMEMS デバイスを扱いやすくするための回路とMEMS の統合設計法、および、汎用インターフェース回路が必要であることを指摘し、本論文の目的と研究の意義、位置づけ、論文構成について述べている。

第2章は「MEMS 静電アクチュエータの駆動・変位検出に関する理論」であり、本研究の制御対象である静電駆動アクチュエータを電氣的二端子素子としてとらえ、電気回路シミュレータ上で等価回路モデル化する手法について述べている。特に、静電アクチュエータに特有のプルイン現象、負のバネ定数効果、チャージアップ等の非線形現象を説明し、これらの特長を利用したアクチュエータ制御方法として、その駆動端子を駆動電源と変位検出回路の間に高速で切り替えることで、駆動と変位検出を時分割方式で行う新たな方法を提案している。また、一定波高値電圧の電圧を用いてアクチュエータのアナログ変位出力を制御する手法として、駆動電圧をパルス幅変調する方法を提案し、実際に光ファイバ通信用の可変減衰器に実用化されている静電駆動マイクロミラーを用いて、ミラー角度のアナログ制御が可能であることを実験的に示している。

第3章は「静電マイクロアクチュエータのための駆動・変位検出」であり、パルス幅変調したバースト電圧を静電駆動アクチュエータに印加し、その充放電現象を高速でモニタするための回路を設計・製作・評価した結果について述べている。特に、静電駆動型マイクロアクチュエータの静電容量変化分はフェムト・ファラド程度と非常に小さいことから、MEMSチップと測定回路の浮遊容量の影響を受けやすいことを指摘し、集積化MEMS型の検出回路の必要性について述べている。

第4章は「時分割静電アクチュエータの駆動・容量検出に関する実験的検証」であり、第3章の結果を受けて静電駆動マイクロアクチュエータの駆動と変位検出を行うためのインターフェース回路を0.35ミクロン、および、0.6ミクロン・ルールのCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 回路として設計する手法と、予想される回路特性について述べるとともに、実際に試作した回路の電気的特性と、この回路を用いて静電駆動マイクロミラーを駆動した実験結果について述べている。

第5章は「考察」であり、本論文が提案した時分割駆動・変位計測インターフェース回路に関して、駆動電圧範囲、応答速度、MEMSアクチュエータの静電容量性負荷の観点から、本方式の適用可能領域に関して理論的な考察を深めるとともに、回路の浮遊容量の影響、ノイズやチャージ・メモリ効果の影響、消費電力等に関する定量的な検証を行っている。

第6章は「結論」であり、本論文で示した成果を総括している。

以上これを要するに、本論文はMEMS静電駆動アクチュエータを電氣的二端子素子としてとらえ、駆動電圧の印加と変位の測定を同一端子を用いて時分割で行う汎用性のある新たなインターフェース回路を提案し、電子回路シミュレータ上の等価回路モデルを用いてその実現可能性と有効性を理論的に示すとともに、実際にCMOS技術を用いて設計・製作した回路を静電駆動マイクロミラーに応用して実証しており、集積化MEMSアクチュエータの新たな制御方式を提示した点において電気工学に貢献するところが少なくない。

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。