

## 審査の結果の要旨

氏名 小西 敏文

本論文は「集積回路設計環境を用いた CMOS-MEMS デバイスのための統合設計技術とその加速度計応用に関する研究」と題し、集積電子回路分野では世界標準の設計ツールを用いて微小電気機械システム (MEMS = Micro Electro Mechanical Systems) 素子と CMOS (相補型金属-酸化膜-半導体素子) 駆動回路・検出回路を同時に設計・解析する独自の手法を理論かつ実験により示したものであり、研究分野の背景、本論文独自の設計方法、MEMS 素子の解析モデル、MEMS 素子の等価回路モデル、解析モデルの大規模化、CMOS-MEMS 加速度センサへの応用、考察、結論に関して全 8 章の和文で構成されている。

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、集積化 MEMS 分野における従来の設計手法を調査研究した結果、機構部品である MEMS と集積回路を同一プラットフォーム上で同時解析手法が存在しないこととその理由を述べるとともに、本研究の統合設計手法の特色と研究の目的、意義、論文構成について説明している。

第 2 章は「CMOS-MEMS デバイスのための統合設計構成法」であり、CMOS-MEMS 統合設計に要求される機能について述べるとともに、集積回路設計環境を用いた CMOS-MEMS デバイスの同時解析、レイアウト、回路検証を実施するための方策について述べている。

第 3 章は「CMOS-MEMS 加速度センサの機能モデル」であり、集積回路上に金メッキなどでポストプロセス集積化した CMOS-MEMS の電気機械的な伝達関数を数式で表現するための解析手法について述べている。特に、静電アクチュエータ、弾性バネ、機械的アンカー、および、外力から加速度、速度、変

位を計算する運動方程式の四つの基本モデルの構築法を説明している。

第4章は「CMOS-MEMS デバイスのための統合設計技術を用いた MEMS 機構部品のモデル化」であり、第3章で説明した要素機能を、集積回路設計環境を用いて等価回路に変換する手法を説明するとともに、実際に半導体集積回路分野でひろく使われている設計ツール上に解析環境を構築する手法を述べている。

第5章は「CMOS-MEMS デバイスのための統合設計技術のアレイ型加速度センサへの適用」であり、従来の有限要素法等に基づいた解析手法では取り扱いえない設計対象として、MEMS 要素数が100を超えるような大規模な電気機械連成システムの過渡応答を第4章で説明した手法を用いて実際に解析し、本研究の解析手法の拡張性を示している。

第6章は「CMOS-MEMS デバイスのための統合設計技術 CMOS-MEMS 加速度センサへの応用」であり、前章までに説明した手法で CMOS-MEMS 型の加速度センサを設計し、実際に試作した素子の特性を実験により評価して、解析結果との一致を確認している。

第7章は「考察」であり、従来の解析手法との比較、理論解析と本研究による数値解析との精度比較等について定性的、定量的に検討することで、本研究の手法の特徴をまとめている。

第8章は「結論」であり、本論文で示した研究成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は CMOS-MEMS 素子を統合的に解析・設計する手法として、集積回路分野で標準的に用いられている設計環境上に MEMS 素子の等価回路モデルを構築する手法を提案し、統合設計環境を構築して素子レイアウト、回路検証が可能であることを示すとともに、実際に本手法を用いて加速度センサを設計製作し、その特性を評価することで本手法の有効性を示したものであり、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。