

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第8条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

フリガナ 氏名(姓、名)	シマムラ トシゲ 島村 俊重	授与番号 乙592号
学位の種類	博士(工学)	授与年月日 2024年 3月 1日
学位授与の要件	本学学位規程第18条第2項該当者 [学位規則第4条第2項]	
博士論文の題名	IoTシステムに向けた集積化CMOS-MEMSデバイスにおける容量センシングの高感度化に関する研究	
審査委員	(主査) 山根 大輔 (立命館大学理工学部准教授)	小西 聡 (立命館大学理工学部教授)
	熊木 武志 (立命館大学理工学部教授)	
論文内容の要旨	<p>【論文の構成】</p> <p>本論文は全八章から成る。第一章は序論であり、研究の背景、目的、意義、論文構成と概要を述べている。第二章では、本研究の基盤技術として、寄生素子補償回路技術、未知パラメータ抽出モデリング技術、異種センサ一体化レイアウト技術を概説した。第三章では、寄生素子補償回路技術の一つ目の手法として、寄生容量を伴う可動体容量のリアルタイム検出手法を提案・実証している。第四章では、寄生素子補償回路技術の二つ目の手法として、寄生直列抵抗を伴う被検体容量による表面形状認識手法を提案・実証している。第五章では、寄生素子補償回路技術の三つ目の手法として、寄生並列抵抗を伴う被検体容量の周波数特性計測手法を提案・実証している。第六章では、未知パラメータ抽出モデリング技術に関して、複合構造を有するセンサと電荷非破壊センサ回路の設計統合手法を提案・実証している。第七章では、異種センサ一体化レイアウト技術として、インピーダンス検出回路と容量センサ回路の信号線共通化手法を提案・実証している。第八章は結論であり、今後の課題と展望も述べている。</p> <p>【論文内容の要旨】</p> <p>本論文では、IoTシステムに向けた集積化CMOS-MEMSデバイスにおける容量センシングの高感度化に対し、CMOS-MEMSインターフェースを伴う容量センサ回路において、寄生素子補償、未知パラメータ抽出モデリング、異種センサ一体化レイアウトの課題解決のための技術概要を第二章で説明し、第三章から第七章までにおいて、各技術における具体的な提案手法を示し、実デバイスの試作と評価により、実験的に提案手法の有効性を示した。さらに、要素技術開発に留まらず、すべての提案手法を有機的に融合することで、表面形状認識センサの一種である指紋センサをCMOS-MEMSデバイスとして開発し、鮮明な指紋画像取得や実用に足るESD耐性、偽造指等の不正検出機能などを実現した。本研究成果は、アーキテクチャ・設計技術が真に融合する次世代のCMOS-MEMSデバイス開発へ先導的役割を果たすと考えられる。</p>	

論文審査の結果の要旨	<p>本論文の審査に先立ち、公聴会を開催した。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員による口頭試問を行った。</p> <p>本論文の特徴は、集積化CMOS-MEMSデバイスにおける容量センシングの高感度化に対し、寄生素子補償、未知パラメータ抽出モデリング、異種センサー一体化レイアウトといった様々な技術アプローチを駆使し、機械的要素と電氣的要素を同時に考慮しつつ、課題解決に取り組んだ点にある。半導体製造工程から機械構造・電子回路・センサの設計技術など、材料-デバイス-システムの各技術レイヤーの深い知識と経験が必要であり、極めて高度な研究であることがまず高く評価された。さらに、提案手法を有機的に融合し、世界初のインピーダンス検出機能を備えた指紋センサLSIを実用化した点は、特筆すべき成果であると評価された。</p> <p>一方で、開発した寄生素子補償技術の指紋センサ以外の応用可能性、開発した未知パラメータ抽出技術の回路設計へ貢献度、従来の指紋認証技術との比較および優位性、などの点について質問があった。これらの指摘に対して、寄生素子モデルが同じであれば他のセンサにも応用可能であること、複雑な構造を有するセンサに対して抽出した未知パラメータが回路設計に不可欠であること、従来技術に対して小型化可能であること、などが学位申請者より適切な回答としてなされた。</p> <p>全体として、非常に高度な研究内容および成果であり、第三章から第七章までの各章の成果が査読付国際論文誌にそれぞれ掲載されていること、提案手法を用いて実用デバイスを開発していることにより、学位申請者が理論と実験の両面で高い実力を有することを示している。</p> <p>以上の通り、公聴会での口頭試問結果および論文審査を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。</p>
試験または学力確認の結果の要旨	<p>審査委員会は、内見会、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、本学大学院博士後期課程修了者と同等以上の学力を有することを確認した。英語学力の証左として、英語副論文5件と国際会議発表7件（筆頭）の実績がある。数学と物理の学力判断として、論文内容の審査に加え、内見会では、主査と副査より口頭で解析学や力学に関する諮問を行い、学位申請者より適切な回答があった。したがって、学位申請者は本学学位規程第25条第1項該当者であることから、筆記試験による学力確認を免除した。</p> <p>また、本論文の公聴会は、2024年1月24日（水）14時00分～15時00分、びわこ・くさつキャンパスのイーストウィング4階の第一演習室において、学位申請者および主査、副査、および、その他の参加者による対面形式、一部の聴講者はビデオ会議システム（Zoom）によるオンライン形式で行われた。各審査委員および公聴会参加者より、開発技術の更なる応用可能性や、従来技術に対する本研究の優位性などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。</p> <p>審査委員会は、以上の学力の確認、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい能力を有することを確認した。</p> <p>以上の諸点を総合し、審査委員会は、本学学位規程第18条第2項に基づき、学位申請者に対し、博士（工学 立命館大学）の学位を授与することが適当であると判断する。</p>