

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 ランガレディガリ ランガレディ

本論文は、**A multiple threshold MEMS shock sensor for ultra-low power surveillance**（邦題：極超低消費電力監視のための多段しきい値 MEMS ショックセンサ）と題する。印加される加速度の最大値を、印加された機械的エネルギーだけを直接用いて無電力で抽出・値を離散値化して記録保持することができ、かつ制御電気信号によって記録値を消去することで繰り返し測定を可能とする機構が集積化された、最大加速度の長期間にわたる連続監視を極低消費電力で行う微小電気機械素子（**Microelectromechanical Systems device**、**MEMS device**）を論じている。センサ構造を提案、動作理論を構築し、実験と解析を行った。英語で執筆され全 6 章および付録からなる。

第 1 章は「**Introduction**（序論）」である。**MEMS** の歴史、最大加速度監視を行う電子情報機器に必要な電力量、離散値化（しきい値による値の分別）機能を持った加速度センサ素子について調査を行っている。特に、測定対象系に印加される加速度履歴を長期間に監視するための手法として、通常の **MEMS** 加速度センサに電力を供給し続けてデータを連続的に取得することで測定する手法に加え、印加された加速度範囲を二値ないし多値に分解して機械的に保持する **MEMS** 素子に関する先行研究の調査を行い、本論文の構成を議論している。

第 2 章は「**Design and Modelling of Shock Sensor**（ショックセンサの設計とモデル解析）」である。本論文で論ずる **MEMS** 素子の構造を提案し、物理モデルを議論し、性能解析を行っている。提案する **MEMS** 素子は、加速度を受ける **MEMS** 構造体（錘）、加速度を変位に変換する支持ばね構造体、変位を保持するラッチ（掛け金）機構ならびにラッチをリセットするための静電引力アクチュエータから構成される。本章において、構成要素の設計指針が定量的に議論されている。

第 3 章は「**Zero Power Shock Sensor**」であり、前章で設計したセンサを半導体微細加工技術によって試作し、ハイスピードカメラと参照加速度センサからなる測定系を考案して実験を行い、実際に $250g$ （ g は重力加速度、 $9.8N/m^2$ ）

までの加速度を印加し、10段階のラッチ機構によって印加された加速度の値が離散値化されて保持されることを実験的に明らかにした。シミュレーションモデルを構築し、実験結果を精密にコンピュータ上で再現した。

第4章は「**Frictional Test Structures**」であり、本デバイスの測定誤差を与える主要因となる「深掘りエッチングによって作製されたシリコン垂直壁の摩擦係数」を実験的に測定抽出するためのテスト構造を提案している。提案デバイスを微細加工で作製、測定を行い、摩擦係数を抽出することに成功した。抽出された摩擦係数は3章における実験結果を説明する際に利用され、妥当性が検証されている。また、集積化マイクロアクチュエータによって壁面同士をこすり合わせる実験を行い、一定回数を越えたところで摩擦係数が一定値に集束することを実験的に示すことができた。

第5章は「**Sensor Deployment towards Monitoring Applications**」である。提案したセンサがモニタリング用の電子情報機器として利用されるために必要な読み出し機構を、静電容量変化による読み出しとして提案実装し、実験的に10段階の離散値加速度を読み出すことに実験的に成功した。さらに、系に加わるエネルギーの履歴を、加速度エネルギー、弾性エネルギー、摩擦による損失という個別要素に分解して解析し、本実験においては加速度により数ナノジュールのエネルギーがMEMS素子に与えられ、そのうちの約半分が弾性エネルギーとして蓄積されることを明らかにした。

第6章は「**Conclusions**」であり、本論文で示した研究成果を総括し、将来の展望を議論している。

以上これを要するに本論文は、印加される加速度から直接運動エネルギーを受けて支持ばねを変形し、ラッチ機構によって最大加速度を離散値化して保持する再利用可能な無電力最大加速度センサを提案、素子の試作実験、材料パラメータの抽出とモデル解析、電子情報機器応用のためのインターフェース回路の試作試験を行い、将来展望を論じたものであり、電気電子工学に対する貢献が少なくない。

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。