

2003年8月28日

電子情報工学専攻	学籍番号	009301
申請者氏名	LEE KYUNG-IL	

指導教官氏名	澤田和明
	石田誠

論文要旨 (博士)

論文題目	A Study on High Accuracy Accelerometers for High Temperature Environments Using SOI Structure and MEMS Technology (SOI 構造と MEMS 技術による高温環境用高精度マイクロ加速度センサに関する研究)
------	---

(要旨 1,200 字程度)

マイクロマシニング技術は三次元構造体を持つ加速度、圧力センサやアクチュエータなどの微小機械構造を形成する技術として注目されている。このマイクロマシニングを用いた圧力センサは古くから実用化され、現在は多くの工業計測分野で高いシェアを占めるに至っており、加速度センサも実用化されている。一方で、従来の半導体を用いたセンサは宇宙、原子炉等の高温、放射線下における各種計測、高熱のエンジン部における分散的な計測制御、地熱開発等の厳しい環境下における用途について想定されていない。そのため安定性、信頼性の低下などの問題が発生する。加速度センサの耐環境性を高めることがシリコンセンサの応用分野を広げ、悪環境下における信頼性を向上させるために必要である。現在、高温用センサとして、SOI 技術を用いたセンサが実現されている。しかしながら、高温下での周囲温度変動に対して、センサ特性は大きな変動を示すという問題点がある。しかも、その特性の変動は、温度に対して非線形性をもつため、センサの高精度化が困難である。耐高温用センサを実現するにあたり、センサの温度ドリフト特性を補償する技術が必要である。

本研究では、センサ動作中におけるセンサ素子の温度を一定に保つことで、周囲温度変動に対し、感度、オフセット共に温度依存性をもたないセンサの開発結果を示す。

SOI 基板を用いることで、低温から 300°C 付近の高温までの特性の安定化を可能とし、高温用センサの温度特性変動を低減することが可能である。これまで我々は、SOI 基板を用いて、温度センサとマイクロヒーターを集積化した放射線用圧力センサや高温用三軸加速度センサを製作し、温度特性や様々デバイス特性を評価した。このデバイスの特徴は、集積化されている温度センサとマイクロヒーターを用いてピエゾ抵抗の温度を周囲環境によらず 300°C に維持することにより、室温から 300°C 付近の広い温度範囲において感度特性の温度依存性を低減することである。

SOI 技術を用いて製作する定温度制御型の高温用三軸加速度センサは、感度に関しては定温度制御を行った場合、感度温度係数 (TCS) を  $-1051\text{ppm}/^\circ\text{C}$  から  $-298\text{ppm}/^\circ\text{C}$  まで低減できた。しかしながら、周囲温度の変化に対する加速度センサオフセット電圧の温度依存性測定結果、定温度制御をしていない場合と比較して、定温度制御をした場合、オフセット温度係数 (TCO) が約 14 倍程度に増加した。定温度制御を行うことにより感度の温度依存性を大幅低減できたが、TCO が 14 倍程度増加する問題点があった。原因と考えられるのは定温度制御によって発生する熱応力によるビームの歪であった。

次に、前述した問題点 (残っている  $-298\text{ppm}/^\circ\text{C}$  の TCS、14 倍程度に増加した TCO) を分析し、解決するために FEM (Finite Element Method) 解析プログラム (ANSYS) を用いて、定温度制御を行う際のデバイスの温度特性について解析し、熱分布によって発生する歪がデバイスに与える影響を考察した。この結果よりデバイス設計を最適化することで広い温度範囲における加速度センサの特性安定を大幅に改善することが可能と考えられた。

次に、周囲温度変化に対して温度依存性を持たない SOI 技術を用いた放射線用圧力センサに関して検討した。宇宙及び放射線下における各種計測分野への応用が期待できる結果を得た。

本研究の結果として、定温度制御を行う場合、TCS は  $-126\text{ppm}/^\circ\text{C}$  まで抑えられ、TCO は 1.5 倍しか増加しない良い結果が得られた。本結果より、放射線下や高温環境下において信頼性がある耐環境用高精度デバイスを実現できると思われる。