

平成 11 年度入学(学生番号 99522413)大学院博士後期課程 生体センシング機能工学専攻(生体機械情報学講座)

学位論文公聴会(平成 14 年 8 月 1 日実施, 会場:山形大学工学部中示 C 教室)

論文審査委員(主査: 富川義朗, 副査: 広瀬精二, 小沢田 正, 丹野直弘)

氏 名 浅野 勝吾(ASANO Shogo )

論文題目 支持方法や信号線接続問題を考慮した自動車用圧電振動センサの開発並びにその評価装置の研究

英訳題目 Development of Automotive-Use Piezoelectric Sensors Focusing on Supporting Structure and Signal Wiring of Transducer and Study of Acceleration evaluation System

- **Abstract**

This study undertook to investigate sensors used in automobiles with respect to the stabilization of characteristics over a wide temperature and dynamic range, including velocity, acceleration and yaw rate, and high toughness in various kinds of durability tests. Piezoelectric sensors and gyro-sensors were subjected to a wide range of investigations and evaluations, in the course of which clarification was obtained with regard to the structure of the transducer and detecting mechanism. The investigations showed that the main factors influencing the stabilization of characteristics are the supporting structure and the signal wiring of the piezo-transducer.

Measures to improve the stabilization of characteristics and the robustness in durability tests were studied focusing on the supporting mechanism and signal wiring of the piezo-transducer. After subjecting the supporting structure and signal wiring to various kinds of experimental trials and theoretical analysis, we succeeded in establishing, for the first time in industry, ideal structures and ideal signal wiring by aluminum wire bonding for piezo-transducers. These were applied to the following newly developed piezo-type sensors for automotive use.

1) Knock sensor having a structure where the transducer is supported in the disk center

2) Acceleration sensor having a structure where the transducer is supported in the center of a bimorph-type disk and an aluminum wire bonding method is used for the silver rich electrode of the piezo-transducer

3) Shear type acceleration sensor having a structure where the sensor is supported on a surface mount

4) Gyro sensor having a structure where a monolithic piezo-type tuning fork resonator is supported on a V-groove edge and an aluminum wire bonding method is used for the chemical nickel electrode of the piezo-transducer

We also succeeded in developing an acceleration measurement system capable of generating sine wave motion down to as little as 0.0002G (0.2gal) at an ultra low frequency of 0.015Hz. The system can evaluate the thermal characteristics of acceleration sensors at low, room, and high temperatures.

Measurements conducted with the system proved that the newly developed piezo-type acceleration sensor is capable of sensing acceleration down to a minimum of 0.03Hz and 0.0009G.

In order to contribute to progress in engineering, the author thus proposed new automotive-use piezoelectric sensors incorporating new supporting structures and signal wiring as well as a new evaluation system.

---

## 論文内容要旨(和文)

圧電センサを自動車用として応用する場合の、広い温度範囲・広いダイナミックレンジでの特性の安定化、耐久試験での高ロバスト化の方策を、特性に影響を及ぼす最大要因である圧電トランスデューサの支持法とトランスデューサからの信号線接続に焦点を当てて解析し、新しい構造と接続方式を提案すると共に、その成果をノックセンサ・加速度センサ・振動ジャイロなどの力学量センサの形で具現化し、社会に提供した。

又、自動車に特有な0.1Hz、0.1G以下の超低周波数・超低Gの加速度を測定する評価システムも合わせて提案・実用化することによって、自動車用圧電センサ構造と特性評価システムをトータルで提案し、工学へ寄与した。

論文の要旨は以下の通りである。

1) 自動車用圧電センサとして、ノックセンサ、加速度センサ及び振動ジャイロについて広く調査し、方式、構造、検出メカニズムを明らかにすると共に、共通課題としてトランスデューサの支持構造と信号線取出し法とが、特性の安定化と耐久試験に対するロバスト性に最も影響する要因であることを明らかにした。

2) 各種の支持方式について、理論解析と試作・評価の両面から検討し、特性の安定化と耐久試験でのロバスト性を満足する複数の支持方式を確立すると共に、それらの支持方式を踏まえた下記圧電応用センサの開発・研究を実施した。

・ノックセンサ: テンション・コンプレッション型圧電応用として、高感度化と特性の安定化及び耐久試験に対する高ロバスト性を同時に満足するディスク中心固定支持方式と片持梁支持方式の支持構造を確立した。

・加速度センサ: テンション・コンプレッション型圧電応用として、ノックセンサ支持方式を進化させたバイモルフ型ディスク中心固定支持方式を、シエア型圧電応用として、表面実装型支持方式の支持構造を確立した。

・振動ジャイロ: V溝エッジ固定支持方式の支持構造を確立した。

面内・面垂直分極を併用した圧電一体音叉型振動子を確立した。

3) 振動体である圧電トランスデューサからの信号線取出し法として、特性への影響を最小限にとどめ、かつ接続の高信頼性を確保できる、業界初の圧電セラミックへのアルミワイヤボンディング工法を確立し、自動車用圧電センサとして具現化した。

- ・加速度センサ: アルミワイヤボンディングを可能にする Ag-Pt 系印刷電極材料を開発・実用化した。

- ・振動ジャイロ: アルミワイヤボンディングとフォトリソパターニングの両立を可能にするパターニング電極材 (Ni メッキ系) を開発・実用化した。

- ・信号線接続のマイクロ化、高信頼性化により、半導体センサに匹敵する超小型圧電センサを実現できたばかりでなく、セラミックフィルタ、発振子、SAW フィルタなどの圧電部品の応用範囲拡大に貢献した。

4) 自動車に特有な 0.1Hz、0.1G 以下の超低周波数・超低G加速度の測定を可能にする加速度評価システムの提案及び実用化を実施した。

- ・0.015Hz までの、温度特性を含めたDCに極めて近い超低周波数・超低G加速度を測定できる高精度評価システムを実用化した。

- ・この評価システムでは  $2 \times 10^{-4}$ G 程度と、ほぼサーボ型加速度ピックアップの限界近くの低Gまで測定可能であることを実証した。

- ・開発された圧電型加速度センサは、0.05Hz、0.0025G までの、DCに極めて近い超低周波数・超低Gの加速度まで検出できることを実証した。