

## 論文内容要旨 (和文)

平成 17 年度入学 大学院博士後期課程

生体センシング機能工学専攻

機能センサー工学講座

学生番号 05522405

氏名 中村 真貴



(英文の場合は、その和訳を ( ) を付して併記すること。)

論文題目 磁性リボンのマイクロ磁気デバイス応用

本論文は磁性リボンのマイクロ磁気デバイス応用について記述する。具体的には、以下に示す 2 種類のマイクロ磁気デバイス応用を試みた。

第 1 のデバイスは磁性リボン被覆低ノイズケーブルである。電子技術が進歩し、電子機器の多機能化やデジタル化が進むと共に、電磁波障害がクローズアップされている。不要電磁波(ノイズ)は主に機器間を接続するケーブルから発生する。電磁波障害の対策としてケーブルにノイズ除去部品(ノイズフィルタ)を装荷する。既存のノイズフィルタとしてフェライトコアが挙げられ、現在の主流である。しかし、フェライトコアはケーブル本体より大きいため、機器の集積化には非常に不向きである。そこで上記課題を解消するため、フレキシブル性に富む磁性リボンをノイズフィルタ材料として検討した。なお、Co 系、および Fe 系の 2 種類の磁性リボンを使用し、ツイストペアケーブル、同軸ケーブル、2 種類のケーブルから放射されるノイズを測定した。

ツイストペアケーブル、同軸ケーブルに、各磁性リボンを被覆した結果、両ケーブル共に、Fe 系磁性リボンは、Co 系磁性リボンより、ノイズを低減可能であることが明らかになった。さらに、Fe 系磁性リボンと既存のノイズフィルタ材料であるフェライトコアのノイズ減衰特性を比較した結果、Fe 系磁性リボンをケーブルに 150 cm 被覆した場合、フェライトコアと同等のノイズ減衰特性を示した。ここで、使用した Fe 系磁性リボンの体積(およそ 0.19 cc)は、フェライトコアの体積(4 cc)の約 1/21 である。従って、Fe 系磁性リボンをノイズフィルタとして利用した場合、1/21 の小型化が可能である。

以上、Fe 系の磁性リボンをノイズフィルタとして使用した場合、極めて小型であるノイズフィルタの指針を得た。

第 2 のデバイスは磁性リボンを用いた高感度リモート温度センサである。磁性リボンの機械的な共振を用いたリモートセンサは小型、安価かつ長時間駆動可能であるため盛んに研究されている。上記リモートセンサを用いて、温度、水素濃度、液体の粘度・密度、応力等種々の環境変数が検出可能である。中でも、リモート温度センサは配線が不必要であるため、低侵襲で生体内温度を測定でき、今後の医療分野への貢献が期待される。しかしながら、磁性リボンの機械的な共振を用いたリモート温度センサの検出感度は 0.05%/°C であり、実用化には不向き

である。故に、磁性リボンを用いた高感度リモート温度センサを検討した。具体的には、磁性リボンと低キュリー温度フェライトチューブを組み合わせ、構成される。磁性リボンをキュリー温度が 40℃、および 47℃のフェライトチューブに挿入し、周囲温度を 26～60℃の範囲で変化させリボンの共振周波数を観測し、以下の結果を得た。

アモルファス磁性リボンを 40℃、47℃のキュリー温度を持つフェライトチューブ内に挿入した場合、それぞれ 6.3%/℃、4.9%/℃の共振周波数変化率を得た。この値は、従来報告された磁性リボンのみを用いたリモート温度センサのおよそ 100 倍の感度である。さらに、5 回の繰り返し実験から、本リモート温度センサは熱ヒステリシスを持たず、高感度のみならず、検出精度、および再現性に優れていることを見出した。加えて、リモート温度センサのメカニズムは外部磁界に依存する  $\Delta E$  効果と温度に依存する低キュリー温度フェライトチューブの磁気シールド効果であることも見出した。

上記 2 種類のデバイスに加え、リモートセンサ用高磁歪磁性リボンの軟磁気特性の改善を試みた。前述の通り、フェライトチューブを用いた場合、リモート温度センサの高感度化が達成である。しかし、他の環境変数（粘度・密度、応力等）に対する高感度化を図るためには、センサ素子（磁性リボン）を検討する必要がある。即ち、磁性リボンを用いたリモートセンサは磁歪という磁気特性を使用しているため、磁歪定数が大きく、且つ軟磁気特性の優れたリボンが必要不可欠である。そこで、 $S_m$  が添加された磁性リボンを高磁歪材料として着目し、熱処理方法を改善し、軟磁気特性を検討した。

$S_m$  が 1.5% 添加された磁性リボンに対し、450℃、10 分間、リボンの幅方向に 100 Oe の磁界を印加、という熱処理条件で、リボンの磁歪定数、軟磁気特性が共に良好であることを明らかとした。さらに、既存のセンサ素子と共振挙動を比較した結果、 $S_m$  が添加された磁性リボンはおおよそ 1.5 倍の振幅を示した。上記結果から、 $S_m$  が添加された磁性リボンを利用したリモートセンサ素子として使用した場合、センサの高感度化が可能である見通しを得た。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成20年2月12日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 石井 修

副査 佐藤 学

副査 神戸 士郎

副査

副査

副査



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 生体センシング機能工学専攻

氏名 中村 真貴

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

磁性リボンのマイクロ磁気デバイス応用

3. 審査年月日

論文審査 平成20年 2月 8日 ~ 平成20年 2月 12日

論文公聴会 平成20年 2月12日

場所 9-300-2

最終試験 平成20年 2月12日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別紙

専攻名	生体センシング機能工学専攻	氏名	中村 真貴
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は磁性リボンのマイクロ磁気デバイス応用について論じている。</p> <p>第1章は序章であり磁性リボンの開発経緯、およびデバイス応用について述べると共に、本研究の目的を記している。</p> <p>第2, 3章では磁性リボン被覆低ノイズケーブルについて記している。既存のノイズフィルタとして用いられているフェライトコアより小型・軽量でフレキシブルなFe系磁性リボンをついストペアケーブル、および同軸ケーブルに被覆した結果、両ケーブル共にフェライトコアの約1/21の体積のFe系磁性リボンで同等のノイズ減衰量が得られることを明らかにした。</p> <p>第4章は磁性リボンを用いた高感度リモート温度センサについて記す。本センサは磁性リボンの機械的な共振挙動をピックアップコイルを用いて励磁および検出するものであり、配線が不要であるため、低侵襲で生体内温度などを測定可能である。しかしながら、従来報告されていたリモート温度センサの検出感度は0.05%/<math>^{\circ}\text{C}</math>であり、高感度化が望まれていた。本研究では、磁性リボンを低キュリー温度(40,47<math>^{\circ}\text{C}</math>)のフェライトチューブに挿入した構造の素子を用いた。磁性リボンを40<math>^{\circ}\text{C}</math>、47<math>^{\circ}\text{C}</math>のキュリー温度を持つフェライトチューブ内に挿入した場合、キュリー温度の近傍ではそれぞれ6.3%/<math>^{\circ}\text{C}</math>、4.9%/<math>^{\circ}\text{C}</math>の共振周波数変化率を得た。この値は、従来報告された磁性リボンのみを用いたリモート温度センサのおよそ100倍の感度である。また、本リモート温度センサは熱ヒステリシスを持たず、再現性も優れていることを見出した。さらに、高感度化のメカニズムは磁性リボンの<math>\Delta E</math>効果と低キュリー温度フェライトチューブの磁気シールド効果の温度特性から解釈可能であることも明らかにした。</p> <p>第5章では、リモートセンサ用高磁歪磁性リボンの軟磁気特性の改善を試みた。磁性リボンを用いたリモートセンサは磁歪現象を利用しているため、磁歪定数が大きく、且つ軟磁気特性の優れたリボンが必要不可欠である。そこで、高磁歪材料として報告されているSm添加Fe系アモルファス磁性リボンの軟磁気特性を改善するための熱処理方法を検討した。その結果、Smを1.5%添加した磁性リボンに対し、450<math>^{\circ}\text{C}</math>、10分間の磁場中熱処理を施すことで高磁歪定数、および優れた軟磁気特性が得られることを見出した。</p> <p>第6章は本論文の総括である。</p> <p>本論文の内容は学術論文10報(内筆頭著者4報)、国際会議3件(内筆頭発表者2件)として公表されている。</p> <p>上記の通り、本論文は実用的および学術的に有用な知見を有しており、博士(工学)の学位論文として、合格と認める。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>最終試験は、公聴会に引き続き学位論文を中心とし、関連する事項について口頭試問することにより行った。その結果、磁気工学を主とした工学に関する基礎、および専門知識を十分に備えていると認められた。したがって、最終試験結果は合格と判定した。</p>			