

機関番号：73905
研究種目：基盤（C）一般
研究期間：2008～2010
課題番号：20560409
研究課題名（和文） MI 磁気センサと PRML 信号処理による記録磁気情報の非接触検出方法の開発研究
研究課題名（英文） Development of non-contact detection method for recorded magnetic information using MI micro magnetic sensors and PRML signal processing
研究代表者 毛利 佳年雄 (MOHRI KANEKO)
(財)名古屋産業科学研究所、上席研究員
研究者番号：10037814

研究成果の概要（和文）：

従来広く普及している磁気記録読み取り方式の公共サービス自動機である自動改札機や ATM、自動販売機などでは、読み取り磁気ヘッドである磁気抵抗効果素子（MR 素子）の低感度のために密着接触読み取り方式が採用されており、そのためにヘッド磨耗による定期保全作業や、紙幣づまりによる故障復旧作業が必要であり、自動化技術を不完全なものにしている。そこで、本研究では研究代表者の発明である高感度マイクロ磁気センサ（MI センサ）を用いて、これらの記録磁気情報の非接触読み出し方法を開発し、上記の問題を軽減化することを目的とした。実験では、対象を自動改札機（ハンドラー）に絞込み、アモルファスワイヤ CMOS 方式の高密度実装形 MI センサを数種類設計して愛知製鋼（株）で試作し、ハンドラーの磁気センサ設置空間の制限の条件で非接触磁気情報検出実験を実施し、以下の興味深い成果を得た。

（1）エドモンソン型地下鉄磁気切符の磁気記録面から約 0.3 mm 離して、長さ 2 mm、直径 20 μ m のアモルファスワイヤヘッドを 45 度の角度で設置した結果、100 μ m ピッチ、128 ビットの記録磁気波形が明確に検出された。エドモンソン型 128 ビットの記録磁気情報のアナログ波形の非接触検出は、MI センサを用いることにより高信頼性で容易に実現される。

（2）このアナログ検出波形は、幾何学的三角波となる。200 μ m ピッチ域、100 μ m ピッチ域のいずれの場合でも、この三角波の勾配は同一である。すなわち、三角波の高さは、100 μ m ピッチ域では、200 μ m ピッチ域での高さ（振幅）の 2 分の 1 である。

（3）したがって、MI センサの出力段に、受動 RC の簡単な微分回路を追加するだけで、100 μ m ピッチ域、200 μ m ピッチ域ともにほぼ同一高さの方形波波形が得られる。すなわち、デジタル信号変換なしで、高安定で正確なデジタル信号列が得られた。このため、検出感度不足に備えていた PRML 信号処理技術は不要であった。

（4）240 ビット記録の地下鉄定期券カードの読み取り実験では、MI センサヘッドの機械的設定の問題で、場所的な MI センサ出力の変動が生じたが、微分回路後段に増幅器を設置して、増幅器の飽和特性を利用して変動を補償した。

（5）MI センサのアナログ検出波形の幾何学的三角波形のメカニズムに関して、磁気双極子モデルで解析を行ったが、MI センサヘッドの長さに関する平均化、設置角度パラメータの設定などで三角波の発生傾向は把握できたが、幾何学的三角波の発生解析は不十分であった。新たなミニ課題として残った。

実験では、十分高感度の高密度実装形 MI センサを試作できたため、PRML 信号処理技術は不要であった。

以上のように、自動改札機に絞った非接触検出に関して、所期の目的を基本的に達成できた。この成果は、他の種類の自動機である ATM や自動販売機が MR 素子を使用しているため、MI センサによる非接触検出は基本的に実現できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：

Conventional public service automatic machines such as the automatic ticket gate, the automated telling machine (ATM) and the automatic vending machine suffer from some

troubles of regular replacement of worn magnetic heads (MR head) due to its close contact reading of the recorded magnetic information in the ticket and the bank note, and removing scrunpled bank note at the head position. Therefore, we have tried to introduce a sensitive micro magnetic sensor (MI sensor) for realization of non-contact reading method for recorded magnetic information in these tickets and bank notes for decrease of troubles. The MI sensor has been invented by the chief researcher and commercially produced by the Aichi Steel Co. with the financial support by the JST. In the experiment, we have focused to the automatic ticket gate (the handler made by Omron Co.) and used some amorphous wire CMOS IC type high density fabricated MI sensors made by Aichi Steel Co..

Obtained results are as follows :

- (1) A stable non-contact reading was successfully carried out by setting a MI sensor head edge point of an amorphous wire with 20 μm diameter and 2 mm length at around 0.3 mm apart from an Edmonson type magnetic ticket surface recorded by 128 bits digital pattern with 100 μm pitch area and 200 μm pitch area. Angle of the amorphous wire axis for the ticket surface was 45 degree.
 - (2) Waveform of the MI sensor output is geometric (piecewise linear) triangle shape with identical gradient both in the 100 μm pitch area and 200 μm pitch area. Therefore, the amplitude of the triangle shape ac wave at the 100 μm pitch area is just half of that at the 200 μm pitch area.
 - (3) Rectangular waveform with almost identical amplitude both in the 100 μm pitch area and 200 μm pitch area was obtained by adding a passive RC differential circuit to the output terminal of the MI sensor. That is, the digital output was obtained using the MI sensor without any digital processing circuit.
 - (4) A variation of the amplitude of the MI sensor output pulse train was occurred for non-contact reading of a commuter pass with 240 bit recorded pattern, which was compensated by adding a saturable amplifier to the RC differential circuit.
 - (5) The origin of detected triangle waveform of the MI sensor output was analyzed using a magnetic dipole model for the magnetic ticket considering the size and the angle of the amorphous wire sensor head, in which a rough tendency of triangle shape generation was resulted but not sharp triangle waveform. This is a remaining problem.
- The PRML method was not necessary due to preparation of sufficiently sensitive MI sensor.

The purpose of realization of a non-contact detection method for recorded digital pattern of the magnetic ticket was basically succeeded using a sensitive micro magnetic sensor (amorphous wire CMOS IC MI sensor). The developed non-contact detection method would successfully be applied to the ATM and the automatic vending machines.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成20年度	2,200,000	660,000	2,860,000
平成21年度	900,000	270,000	1,170,000
平成22年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野： 工学

科研費の分科・細目： 電気電子工学・計測工学

キーワード：(1) MI センサ、(2) PRML 信号処理、(3) 記録磁気情報、(4) 自動改札機
(5) アモルファス合金ワイヤ、(6) 非接触検出、(7) 磁気インピーダンス効果

科学研究費補助金研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

研究分担者の三田誠一教授と研究の進め方を打ち合わせ、研究期間が短いこと、研究費が限定されていることから、実験対象を自動改札機に絞り、明確な成果を得ることとした。

2. 研究の目的

社会サービス情報技術は、地下鉄、列車等の公共交通の自動改札機や、ATM、自動販売機などが社会に広く普及しているが、日本のように先進国化するとともに、サービスのための人件費の割合が高まると、その故障保全費用を軽減する技術が重要度を増してくる。具体的には、自動改札機では、磁気切符の接触読み取りによる磁気ヘッドの磨耗のための磁気ヘッドの定期取替え作業、ATM や自動販売機の接触式紙幣（磁気信号）読み取りにおける磁気ヘッド部での古い紙幣の紙詰まり事故の復旧作業などの人件費である。

このため、本研究では、研究代表者の発明による新規な高感度マイクロ磁気センサである MI センサを用いた磁気記録媒体の非接触読み取り方法によって、上記のトラブル作業の軽減化を図る技術の開発を目的とした。この場合、非接触検出磁気信号の解像度が不足することも予想して、検出信号の PRML 信号処理で復元処理する体制も用意した。

3. 研究の方法

研究の目的に対し、研究期間の制限および研究費の制限を考慮して、実験対象を自動改札機に絞り、数種類の磁気切符の非接触読み取りが可能かどうかの明確な結論を得る方法を選択した。ATM や自動販売機への応用は、自動改札機での明確な結論と技術の確立の成否にかかっていると認識している。

自動改札機への非接触磁気情報読み取り実験のための MI センサの設置では、空間的制約が厳しいため、アモルファスワイヤヘッド MI センサを特別に愛知製鋼（株）に依頼して、高密度実装形 MI センサとして試作を行った。ヘッド形状およびセンサ応答周波数帯域を数種類設計して試作し、非接触読み出し実験を実施した結果、結論として、明確な非接触読み取りに成功した。さらに、この非接触読み取り過程で、検出アナログ磁気波形が特殊な三角波となり、微分回路を通すだけで、デジタル読み出し波形と等価になる興味ある現象を見出した。

4. 研究成果

3. 研究の方法でも記載したが、研究方法を自動改札機実験に適切に絞ったことが幸いし、非接触読み出し用のアモルファスワイヤ CMOS 高密度実装形 MI センサを数種類設計して愛知製鋼（株）に試作を依頼し、結論と

して明確な非接触読み出しができることを研究成果として得た。

さらに、実験過程において、MI センサヘッド設置の空間的制約が逆に幸いし、センサヘッドを磁気切符面に対して 4 5 度に設置した際、MI センサのアナログ検出磁気波形が幾何学的三角波となり、簡単な微分回路を通すだけで、デジタル処理波形と等価な波形になるという新現象を発見した。

この新現象は、技術的には実用性が高いが、基礎研究としての、波形解析は解決したとは言えず、計測現象として興味ある課題として残った。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 7 件）

1) K. Mohri, F.B. Humphrey, L.V. Panina, Y. Honkura, J. Yamasaki, T. Uchiyama and M. Hiram, Advances of amorphous wire magnetism over 27 years, Phys. Status Solidi A, 206, No.4, pp.601-607 (2009).

2) T. Uchiyama, S. Nakayama and K. Mohri, Biomagnetic field detection using very high sensitivity magneto-impedance sensors for medical applications, Phys. Status Solidi A, 206, No.4, pp.639-643 (2009).

3) K. Mohri, M. Fukushima, Y. Mohri, Yu. Mohri, Detection of Magnetization of 6Hz, 10 uT Magnetic Field Applied Water Using pT-MI Sensor, PIERs Online, Vol.6, No.2, pp.145-148 (2010).

4) K. Mohri, Y. Nakamura, T. Uchiyama, Y. Mohri, Yu. Mohri and Y. Inden, Detection of Human Micro-vibration Transmitted Along Solid Using Pico-Tesla Magneto-Impedance Sensor, PIERs Online, Vol.6, No.2, pp.161-164 (2010).

5) K. Mohri and T. Uchiyama, Detection of Human Micro-vibration Transmitted along Solid Using Pico-Tesla Magneto-Impedance Sensor, IEEE Trans. Electric and Electronic Eng., Vol.5, 378-379 (2010).

6) K. Mohri, T. Uchiyama, M. Yamada, T. Watanabe, T. Kato and S. Iwata, Arousal Effect of Physiological Magnetic Stimulation on Elder Person's Spine for Prevention of Drowsiness during Car Driving, IEEE Trans. Magn., Vol.47, Intermag Issue (2011) in press

7) T. Uchiyama, K. Mohri and S. Nakayama, Measurement of Spontaneous Oscillatory Magnetic Field of Guinea-pig

Smooth Muscle Preparation Using Pico-Tesla Resolution Amorphous Wire Magneto-Impedance Sensor, IEEE Trans. Magn., Vol.47, Intermag Issue (2011) in press

〔学会発表〕 (計 6件)

〔図書〕 (計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計◇件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

www.nisri.jp

(財)名古屋産業科学研究所ホームページ;
研究部研究年報2008年度版巻頭論文:毛利佳年雄「高感度マイクロ磁気センサとセンシング研究の新展開」

6. 研究組織

(1)研究代表者 毛利 佳年雄(MOHRI KANEO)

(財)名古屋産業科学研究所 上席研究員

研究者番号:10037814

(2)研究分担者 三田 誠一(MITA SEIITI)

豊田工業大学情報工学科 教授

研究者番号:50319373

(3)連携研究者 なし

()