

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年4月7日(07.04.2022)



(10) 国際公開番号

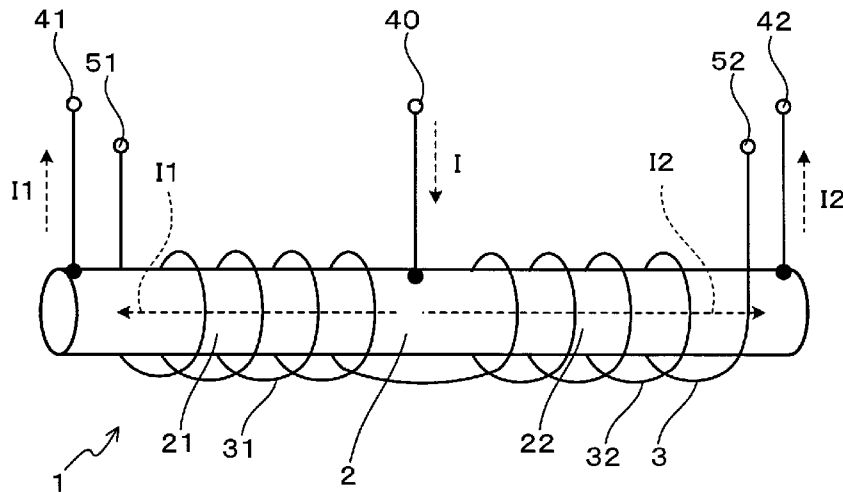
WO 2022/070842 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 43/00 (2006.01) *G01R 33/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/033344
- (22) 国際出願日: 2021年9月10日(10.09.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-165692 2020年9月30日(30.09.2020) JP
- (71) 出願人: 愛知製鋼株式会社 (AICHI STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 山本 道治 (YAMAMOTO Michiharu); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 山下 隆介 (YAMASHITA Ryusuke); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 板淵 史栞 (ITABUCHI Shiori); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 立松 峻一 (TATEMATSU Shunichi); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あいち国際特許事務所 (AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市

(54) Title: MAGNETO-IMPEDANCE SENSOR ELEMENT

(54) 発明の名称: マグネトインピーダンスセンサ素子

(図1)



(57) Abstract: A magneto-impedance sensor element (1) includes: a magneto-sensitive body (2) the electromagnetic characteristics of which change according to a magnetic field acting from the outside; and a detection coil (3) wound around the magneto-sensitive body (2). The magneto-impedance sensor element (1) is configured such that, by passing a pulse current or a high-frequency current through the magneto-sensitive body (2), a voltage corresponding to the strength of the magnetic field acting on the magneto-sensitive body (2) is output from the detection coil (3). The magneto-sensitive

中 村 区 名 駅 3 丁 目 2 6 番 1 9 号 名
駅永田ビル Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

body (2) has a first magneto-sensitive section (21) and a second magneto-sensitive section (22) that are configured such that a pulse current or a high-frequency current flows therethrough in mutually opposite directions.

(57) 要約: マグネトインピーダンスセンサ素子(1)は、外部から作用する磁場により電磁特性が変化する感磁体(2)と、感磁体(2)に巻回された検出コイル(3)と、を有し、感磁体(2)にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、感磁体(2)に作用する磁場の強さに対応した電圧を検出コイル(3)から出力するよう構成されている。感磁体(2)は、互いに逆向きにパルス電流又は高周波電流が流れるよう構成された第1感磁部(21)と第2感磁部(22)とを有する。

明 細 書

発明の名称： マグネトインピーダンスセンサ素子

技術分野

[0001] 本発明は、マグネトインピーダンスセンサ素子に関する。

背景技術

[0002] 高感度、高応答性、低消費電力の磁気センサ素子として、例えば、特許文献1に記載されているように、マグネトインピーダンスセンサ素子（以下において、適宜、MIセンサ素子ともいう。）が種々開発されている。

[0003] かかるMIセンサ素子は、感磁体とその周囲に巻回した検出コイルとを有する。そして、感磁体に外部磁場が作用した状態において、感磁体にパルス電流を流したときに、検出コイルに生じる電圧によって、外部磁場を検出することができる。つまり、作用する磁場の大きさに応じた電圧が検出コイルから出力され、この出力によって感磁方向における磁場の大きさを測定することができる。それゆえ、感磁体に外部磁場が作用していない状態においては、検出コイルに電圧が出力されないことが理想である。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-78198号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、実際には、感磁体に磁場が作用していない状態においても、検出コイルから電圧が出力されることがある。この現象を、原点振動という。そして、原点振動は、MIセンサ素子を用いたマグネトインピーダンスセンサ（以下において、適宜、「MIセンサ」という。）の出力のオフセットの要因と考えられる。それゆえ、MIセンサ素子の原点振動を抑制することにより、MIセンサの性能を向上させることができる。

[0006] 本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、原点振動を抑制する

ことができるマグネトインピーダンスセンサ素子を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の第1の態様は、外部から作用する磁場により電磁特性が変化する感磁体と、該感磁体に巻回された検出コイルと、を有し、上記感磁体にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、上記感磁体に作用する磁場の強さに対応した電圧を上記検出コイルから出力するよう構成されたマグネトインピーダンスセンサ素子であって、

上記感磁体は、互いに逆向きに上記パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成された第1感磁部と第2感磁部とを有する、マグネトインピーダンスセンサ素子にある。

[0008] 本発明の第2の態様は、外部から作用する磁場により電磁特性が変化する感磁体と、

該感磁体と平行に配置された平行導体と、

上記感磁体及び平行導体に巻回された検出コイルと、を有し、

上記感磁体にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、上記感磁体に作用する磁場の強さに対応した電圧を上記検出コイルから出力するよう構成され、

上記平行導体には、上記感磁体に流れる上記パルス電流又は高周波電流と逆向きに、パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成されている、マグネトインピーダンスセンサ素子にある。

発明の効果

[0009] 上記第1の態様のマグネトインピーダンスセンサ素子において、上記感磁体は、互いに逆向きに上記パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成された第1感磁部と第2感磁部とを有する。これにより、原点振動を抑制することができる。

[0010] 上記第2の態様のマグネトインピーダンスセンサ素子は、上記平行導体を有する。そして、平行導体には、感磁体に流れるパルス電流又は高周波電流

と逆向きに、パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成されている。これにより、原点振動を抑制することができる。

[0011] 以上のごとく、上記態様によれば、原点振動を抑制することができるマグネトインピーダンスセンサ素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施形態1における、M I センサ素子の説明図。

[図2]実施形態1における、基板の法線方向から見たM I センサ素子の説明図。

[図3]実施形態1における、M I センサ素子の中央端子をパルス電源に接続した状態の回路説明図。

[図4]実施形態1における、M I センサ素子の第1端子及び第2端子をパルス電源に接続した状態の回路説明図。

[図5]比較形態における、M I センサ素子の説明図。

[図6]比較形態における、オフセットが生じた場合の磁場と出力電圧との関係を示す線図。

[図7]実施形態1における、磁場と出力電圧との関係を示す線図。

[図8]比較形態における、磁場が作用していない状態においてパルス電流を流したときのM I センサ素子の電子スピンの変化を示す説明図。

[図9]比較形態における、磁場が作用している状態においてパルス電流を流したときのM I センサ素子の電子スピンの変化を示す説明図。

[図10]実施形態1における、磁場が作用していない状態においてパルス電流を流したときのM I センサ素子の電子スピンの変化を示す説明図。

[図11]実施形態1における、磁場が作用している状態においてパルス電流を流したときのM I センサ素子の電子スピンの変化を示す説明図。

[図12]実施形態2における、M I センサ素子の説明図。

[図13]実験例における、原点振動の観測結果を示す線図。

[図14]実施形態3における、基板の法線方向から見たM I センサ素子の説明図。

[図15]図 1 4 のXV-XV線矢視断面図。

[図16]実施形態 4 における、M I センサ素子の説明図。

[図17]実施形態 5 における、M I センサ素子の説明図。

[図18]実施形態 6 における、M I センサ素子の説明図。

[図19]実施形態 7 における、M I センサ素子の説明図。

[図20]図 1 9 のXX-XX線矢視断面図。

[図21]図 2 0 のXXI-XXI線矢視断面図。

発明を実施するための形態

[0013] 上記態様のマグネトインピーダンス素子は、例えば、電子コンパス、異物検知センサ、磁気ポジショニングシステム等に、用いることができる。

また、上記感磁体は、例えば、アモルファス磁性体からなる線状部材である、アモルファスワイヤにて構成することができる。そして、感磁体には、その軸方向にパルス電流又は高周波電流が流れるように構成されている。

[0014] 上記第 1 の態様のインピーダンスセンサ素子において、上記検出コイルは、上記第 1 感磁部に巻回された第 1 コイル部と、上記第 2 感磁部に巻回された第 2 コイル部とを有し、上記第 1 コイル部と上記第 2 コイル部とは、互いに電氣的に直列接続されると共に、巻回向きが同じであるものとすることができる。この場合には、容易かつ正確に、M I センサ素子を製造することができる。

[0015] また、上記第 1 感磁部と上記第 2 感磁部とは、一本の感磁ワイヤとして一体的に形成されているものとすることができる。この場合には、容易かつ正確に、M I センサ素子を製造することができる。また、第 1 感磁部と第 2 感磁部との間における電磁特性の差が生じ難いため、より原点振動を抑制しやすい。

[0016] また、上記M I センサ素子は、上記感磁体及び上記検出コイルを搭載した基板を有し、該基板には、接地された接地層が形成されており、上記感磁体の両端部は、上記接地層に電氣的に接続されているものとすることができる。この場合には、M I センサ素子におけるパルス電流又は高周波電流の入出

力端子を少なくすることができると共に、感磁体以外において、パルス電流又は高周波電流の経路が非対称となる部分を少なくすることができる。その結果、M I センサ素子の製造を容易にすることができると共に、原点振動をより効果的に抑制することができる。

[0017] また、上記M I センサ素子は、上記第1感磁部の一端から引き出された第1端子と、上記第2感磁部の一端から引き出された第2端子と、を有し、上記第1端子と上記第2端子とは、互いに電氣的に独立しているものとしてすることができる。この場合には、M I センサ素子に接続される電気回路において、上記第1端子と上記第2端子とにそれぞれ接続される配線のインピーダンスを調整することで、第1端子と上記第2端子とに流すパルス電流又は高周波電流の微調整を行うことが可能となる。

[0018] 上記第2の態様のインピーダンスセンサ素子において、上記平行導体は、上記感磁体と直列接続されているものとしてすることができる。この場合には、平行導体に流れるパルス電流又は高周波電流を、感磁体に流れるパルス電流又は高周波電流と同期させやすくなる。それゆえ、原点振動の抑制を、一層容易に実現することができる。

[0019] また、上記平行導体は、上記感磁体に対して、該感磁体の軸方向に直交する一方向に隣接配置されているものとしてすることができる。この場合には、平行導体内における電流分布の乱れを抑制することができる。それゆえ、原点振動をより効果的に抑制することができる。

[0020] (実施形態1)

M I センサ素子の実施形態につき、図1～図11を参照して説明する。

本形態のM I センサ素子1は、図1に示すごとく、感磁体2と、感磁体2に巻回された検出コイル3と、を有する。そして、M I センサ素子1は、感磁体2にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、感磁体2に作用する磁場の強さに対応した電圧を検出コイル3から出力するよう構成されている。本形態においては、感磁体2にはパルス電流を流す。

[0021] 感磁体2は、外部から作用する磁場により電磁特性が変化する。本形態に

において、感磁体 2 は、アモルファスワイヤにて構成されている。感磁体 2 には、その軸方向にパルス電流が流れるように構成されている。

図 1 に示すごとく、感磁体 2 は、互いに逆向きにパルス電流 I_1 、 I_2 が流れるよう構成された第 1 感磁部 21 と第 2 感磁部 22 とを有する。

[0022] 本形態において、第 1 感磁部 21 と第 2 感磁部 22 とは、一本の感磁ワイヤとして一体的に形成されている。すなわち、感磁体 2 は、一本のアモルファスワイヤによって構成されている。そして、M I センサ素子 1 は、感磁体 2 の軸方向の中央部から引き出された中央端子 40 を有する。

[0023] また、図 1、図 2 に示すごとく、M I センサ素子 1 は、第 1 感磁部 21 の一端から引き出された第 1 端子 41 と、第 2 感磁部 22 の一端から引き出された第 2 端子 42 と、を有する。本形態において、第 1 端子 41 及び第 2 端子 42 は、感磁体 2 における軸方向の両端部からそれぞれ引き出されている。

[0024] 本形態の場合、感磁体 2 のうち、中央端子 40 が引き出された部位から第 1 端子 41 が引き出された部位までが、第 1 感磁部 21 となる。また、感磁体 2 のうち、中央端子 40 が引き出された部位から第 2 端子 42 が引き出された部位までが、第 2 感磁部 22 となる。

[0025] 検出コイル 3 は、第 1 感磁部 21 に巻回された第 1 コイル部 31 と、第 2 感磁部 22 に巻回された第 2 コイル部 32 とを有する。第 1 コイル部 31 と第 2 コイル部 32 とは、互いに電氣的に直列接続されると共に、巻回向きが同じである。

[0026] 検出コイル 3 の両端は、それぞれ出力端子 51、52 に接続されている。本形態において、第 1 コイル部 31 における第 2 コイル部 32 と反対側の端部が、一方の出力端子 51 に接続され、第 2 コイル部 32 における第 1 コイル部 31 と反対側の端部が、他方の出力端子 52 に接続されている。

[0027] 検出コイル 3 において、第 1 コイル部 31 と第 2 コイル部 32 とは、互いに巻き数が略同一である。なお、図 1、図 2 は、あくまでも説明図であり、検出コイル 3 の巻き数は、特に限定されるものではない。また、図 2 に示す

ごとく、軸方向に直交する方向から見て、検出コイル 3 の各部が感磁体 2 の周方向に対して傾斜している。ただし、同図においては、この傾斜角度は実際のものより大きく記載してある。また、図示を省略するが、検出コイル 3 は、感磁体 2 の外周を被覆する絶縁層の外周面に設けてある。検出コイル 3 は、例えば、メッキによって形成することができる。

[0028] 図 2 に示すごとく、M I センサ素子 1 は、感磁体 2 及び検出コイル 3 を搭載した基板 6 を有する。すなわち、上述のように検出コイル 3 が巻回された状態の感磁体 2 が、基板 6 の表面に沿って、基板 6 に固定されている。基板 6 には、第 1 端子 4 1、第 2 端子 4 2、中央端子 4 0、出力端子 5 1、5 2 が、配設されている。これらの端子は、基板 6 の表面に、例えばメッキ等にて形成されたものとすることができる。

[0029] また、第 1 端子 4 1、第 2 端子 4 2、中央端子 4 0 のそれぞれと、感磁体 2 における各部との間を電氣的に繋ぐ接続配線 4 1 1、4 2 1、4 0 1 も、例えばメッキ等にて、基板 6 に形成されている。同じく、出力端子 5 1、5 2 と検出コイル 3 との間を電氣的に繋ぐ接続配線 5 1 1、5 2 1 も、例えばメッキ等にて、基板 6 に形成されている。

[0030] 上記のように構成された M I センサ素子 1 は、図 1 に示すごとく、パルス電流を、中央端子 4 0 から感磁体 2 へ印加することができるよう構成されている。そして、この場合、パルス電流は、感磁体 2 の中央部において、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とに、分岐して流れ、それぞれ第 1 端子 4 1、第 2 端子 4 2 へ向かって流れる。すなわち、第 1 感磁部 2 1 に流れるパルス電流 I 1 と、第 2 感磁部 2 2 に流れるパルス電流 I 2 とは、互いに逆向きに流れる。

[0031] このような感磁体 2 へのパルス電流の流し方は、例えば、図 3 に簡易的に示す周辺回路を接続することで、実現することができる。すなわち、パルス電流を発生させるパルス電源 7 1 を、中央端子 4 0 に接続する。そして、第 1 端子 4 1 と第 2 端子 4 2 とを、それぞれ接地させる。そして、パルス電源 7 1 から、パルス電流を中央端子 4 0 を介して感磁体 2 の中央部に印加する

ことで、感磁体 2 の第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とに、互いに逆向きのパルス電流 I 1、I 2 を流すことができる。

[0032] ここで、第 1 感磁部 2 1 に流れるパルス電流 I 1 と第 2 感磁部 2 2 に流れるパルス電流 I 2 とは、その大きさが略同等となるようにする。また、パルス電流 I 1 とパルス電流 I 2 とは、同期して流れる。

[0033] また、パルス電流 I 1 とパルス電流 I 2 とは、電流の向きが互いに逆向きとなればよい。それゆえ、図 4 に示すごとく、第 1 端子 4 1 及び第 2 端子 4 2 から、中央端子 4 0 に向かうように、感磁体 2 にパルス電流を印加することもできる。この場合、パルス電源 7 1 を、第 1 端子 4 1 と第 2 端子 4 2 とに接続し、中央端子 4 0 を接地する、という、周辺回路の構成とすることができる。

[0034] なお、図 3、図 4 に示す周辺回路は、制御部に接続され、制御部は、パルス電源 7 1 を制御すると共に、検出コイル 3 からの出力信号を処理する。制御部は、例えば、CPU、ROM、RAM等を含むマイコンにて構成することができる。

[0035] 次に、本形態の作用効果につき、説明する。

上記マグネトインピーダンスセンサ素子 1 において、感磁体 2 は、互いに逆向きにパルス電流が流れるよう構成された第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とを有する。これにより、原点振動を抑制することができる。

[0036] 原点振動は、感磁体 2 に流れるパルス電流によって生じる磁場の変化に起因するものと考えられる。すなわち、図 5 に示す比較形態の MI センサ素子 9 のように、感磁体 2 に流れるパルス電流 I の向きが一方向のみである場合、このパルス電流 I に起因する磁場変化が生じる。そうすると、この磁場変化によって、検出コイル 3 に誘起電圧が生じることで、外部磁場が作用していない場合にも、検出コイル 3 に出力が生じてしまう、すなわち、原点振動が生じてしまう、と考えられる。

[0037] そこで、図 1 に示すように、本形態の MI センサ素子 1 は、感磁体 2 における第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とに互いに逆向きのパルス電流 I 1、

I 2が流れるよう構成されている。これにより、上述のパルス電流に起因する磁場変化を抑制することができる。つまり、第1感磁部21のパルス電流I 1に起因する磁場変化と、第2感磁部22のパルス電流I 2に起因する磁場変化とが、互いに打ち消しあう。それゆえ、本形態のM Iセンサ素子1においては、パルス電流に起因する磁場変化が抑制されて、原点振動が抑制される。

[0038] 原点振動が抑制されることで、M Iセンサ素子1のオフセットを抑制することができる。M Iセンサ素子1は、印加される磁場と出力電圧との間に一定の関係（以下において、入出力特性ともいう。）があり、これに基づいて、出力電圧から印加磁場の大きさを検出することができる（図7参照）。

[0039] しかし、入出力特性は、所定の出力電圧の範囲R vでは安定した感度を示すものの、その範囲R vを外れると感度が低下する。つまり、実質的に測定可能な磁場の大きさは、所定の出力電圧の範囲R vに対応する範囲R hに限られる。このようなM Iセンサ素子1において、仮に、図6に示すように、オフセットが大きく生じると、測定可能な磁場の範囲R hが、プラス側又はマイナス側で狭くなってしまう。同図に示す状態の場合は、プラス側の磁場の測定可能な範囲R hが狭くなってしまう。なお、M Iセンサ素子における軸方向において、一方側の磁場の強さがプラス側となり、その逆向きの磁場の強さがマイナス側となる。

[0040] これに対して、本形態のM Iセンサ素子1においては、上述のように原点振動を抑制することで、オフセットを抑制することができる。そして、図7のように、オフセットを抑制することで、測定可能な磁場の範囲R hを、プラス側においてもマイナス側においても広く確保することができる。

[0041] また、本形態のように、感磁体2に互いに逆向きのパルス電流を流した場合でも、外部磁場の測定感度に影響を及ぼすことはない。

そもそも、M Iセンサ素子1は、感磁体2において、検出コイル3に鎖交する磁束（感磁体2の軸方向の磁束）を時間変化させたときに検出コイル3に生じる起電力を利用するものである。分かり易さのために、まず、比較形

態（図5）のM I センサ素子9を用いた測定原理を、図8、図9を参照して説明する。

[0042] 感磁体2は、多数の磁区が、軸方向に並んだ磁区構造を有する。そして、各磁区には、図8（a）のように、電子スピンの周方向に沿う方向に形成されていると共に、隣り合う磁区においては電子スピンの向きが逆向きとなっている。なお、図8において、感磁体2の外周面に沿って描いた矢印が、電子スピンの向きを示す。図9～図11においても同様である。

[0043] そして、外部磁場が印加されていない状態においては、この電子スピンの状態は維持されている。この状態において、図8（b）に示すように、感磁体2にパルス電流Iを流すと、アンペールの法則により、電子スピンの向きが揃う。しかし、検出コイル3に鎖交する方向、すなわち感磁体2の軸方向の電子スピンのベクトル成分には変化が生じない。つまり、軸方向の磁気モーメントは変化しない。それゆえ、外部磁場が存在しないときは、基本的には、検出コイル3に電圧は生じない。

[0044] これに対し、図9（a）に示すように、外部磁場Hが、軸方向（すなわち、M I センサ素子の感磁方向）に作用すると、外部磁場Hによって、電子スピンの向きが傾く。この状態から、図9（b）に示すように、パルス電流を流すと、電子スピンの向きが周方向に揃う。これによって、検出コイル3に鎖交する方向、すなわち感磁体2の軸方向の電子スピンのベクトル成分の大きさが変化する。この磁束の変化によって、検出コイル3に電圧が誘起される。この検出コイル3の出力電圧の大きさによって、磁場の大きさを検出することができる。

[0045] 本形態のM I センサ素子1においても同様に、外部磁場がない状態においては、図10に示すように、パルス電流Iを印加することで、感磁体2における電子スピンの向きが一部反転するものの、軸方向における電子スピンのベクトル成分に変化は生じない。比較形態との差異は、パルス電流の向きが逆向きとなる第1感磁部21と第2感磁部22とでは、パルス電流Iの印加時における電子スピンの向きが逆である点である。

[0046] そして、図 11 (a)、(b) に示すように、外部磁場 H が軸方向に作用している状態において、パルス電流 I を印加したときも、検出コイル 3 に鎖交する方向、すなわち感磁体 2 の軸方向の電子スピンのベクトルの大きさが変化する。比較形態に対しては、パルス電流の印加時における電子スピンの向きが逆である点が異なるものの、パルス電流 I の印加前後における、電子スピンの、軸方向のベクトル成分の変化量は同じである。

したがって、感磁体 2 に、互いに逆向きのパルス電流 I を印加しても、外部磁場 H の検出感度自体に影響を及ぼすことはない。

[0047] また、比較形態の M I センサ素子 9 においては、上述のように、原点振動が生じることがある。すなわち、図 8 (b) のように外部磁場が作用しない状態においては、本来出力電圧が生じないところ、検出コイル 3 に電圧が誘起されてしまうことがある。この原点振動につき、発明者らは、パルス電流の印加によって生じる磁場の変化に起因するものであると考えた。このパルス電流による発生磁場は、図 1 に示すように、パルス電流を互いに逆向きに流すことで、打ち消しあって、抑制され则认为られる。そこで、発明者らは、感磁体 2 に互いに逆向きのパルス電流を流す構成を採用して、原点振動を抑制することに成功した（後述する実験例参照）。

[0048] また、図 1 に示すごとく、検出コイル 3 は、第 1 コイル部 3 1 と第 2 コイル部 3 2 とを有する。そして、第 1 コイル部 3 1 と第 2 コイル部 3 2 とは、互いに電氣的に直列接続されると共に、巻回向きが同じである。これにより、容易かつ正確に、M I センサ素子 1 を製造することができる。

[0049] また、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とは、一本の感磁ワイヤとして一体的に形成されている。それゆえ、容易かつ正確に、M I センサ素子 1 を製造することができる。また、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 との間における電磁特性の差が生じ難いため、より原点振動を抑制しやすい。

[0050] 以上のごとく、本形態によれば、原点振動を抑制することができるマグネトインピーダンスセンサ素子を提供することができる。

[0051] (実施形態 2)

本形態は、図 1 2 に示すごとく、第 1 コイル部 3 1 と第 2 コイル部 3 2 とを、互いに、軸方向の反対側の端部同士において、電氣的に接続した形態である。

第 1 コイル部 3 1 と第 2 コイル部 3 2 とを接続する接続配線 3 3 は、例えば、基板 6 の表面に、メッキ等にて形成されている。そして、第 1 コイル部 3 1 及び第 2 コイル部 3 2 は、軸方向において互いに近い位置の端部において、出力端子 5 1、5 2 のそれぞれに電氣的に接続されている。

[0052] その他は、実施形態 1 と同様である。なお、実施形態 2 以降において用いた符号のうち、既出の実施形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態におけるものと同様の構成要素等を表す。

本形態においても、実施形態 1 と同様の作用効果を有する。

[0053] (実験例)

本例においては、図 1 3 に示すごとく、本開示の M I センサ素子の効果確認試験を行った。

試料としては、実施形態 2 (図 1 2) に示した M I センサ素子 1 を、試料 1、比較形態 (図 5) に示した M I センサ素子 9 を、試料 2、試料 3 として用意した。

試料 2 と試料 3 とは、M I センサ素子 9 としての構造は同じである。また、試料 2 及び試料 3 の具体的な構造は、中央端子 4 0 及びこれと感磁体 2 との接続配線 4 0 1 がない以外は、試料 1 (すなわち、図 1 2 に示す実施形態 2) と同様である。

[0054] これらの試料を、外部磁場が作用しない空間に配置した。そのうえで、感磁体 2 に、所定の大きさのパルス電流を流した。ここで、試料 1 においては、中央端子 4 0 から、第 1 端子 4 1 及び第 2 端子 4 2 に向かう向きに、パルス電流を流した。また、試料 2、試料 3 については、感磁体 2 の一端から他端へ向かう向きに、パルス電流を流した。ただし、試料 2 に流すパルス電流と、試料 3 に流すパルス電流の向きは、互いに逆向きとした。なお、各試料に流すパルス電流は、同じ大きさ、同じパルス波形とした。つまり、試料 1

に関しては、中央端子40に入力する電流値を、試料2、試料3における感磁体2の一端に入力する電流値の2倍とした。

[0055] そして、各試料における検出コイル3に生じる電圧（出力電圧）を、モニタリングした。その結果を、図13に示す。同図からわかるように、試料2、試料3において生じた出力電圧に対して、試料1において生じた出力電圧は、半分以下に抑制されている。すなわち、試料1においては、原点振動が抑制されている。

[0056] なお、試料2の出力電圧と試料3の出力電圧とは、互いに反対符号の電圧となっている。これは、試料2に印加したパルス電流と、試料3に印加したパルス電流の向きとが逆向きのため、これらのパルス電流によって生じる磁場の向きも逆になり、この磁場に起因する原点振動も逆向きとなるためと考えられる。

[0057] 以上のごとく、本例においては、実施形態2のMIセンサ素子1は、原点振動を抑制できていることが確認できた。

[0058] （実施形態3）

本形態は、図14、図15に示すごとく、基板6に接地層61を設けた形態である。

接地層61は、電氣的に接地される。そして、感磁体2の両端部は、接地層61に電氣的に接続されている。なお、図15においては、検出コイル3の記載を省略している。

[0059] 接地層61は、基板6において、二次元的に広がるように、平面状に形成されている。接地層61は、基板6の法線方向から見たとき、感磁体2の全体が内側に配されるように形成されている。本形態において、接地層61は、基板6の法線方向から見たとき、感磁体2及び出力端子51、52、中央端子40、接地端子46が、接地層61の輪郭の内側に配されるように形成されている。

[0060] 接地端子46は、接地層61と電氣的に接続されていると共に、基板6の表面に露出した端子である。この接地端子46が外部の接地配線に接続され

ることで、接地層 6 1 が接地される。

[0061] 感磁体 2 は、その両端部において、接合導体 4 5 を介して、接地層 6 1 に電氣的に接続されている。また、感磁体 2 における両端部以外の部分は、絶縁層 6 2 によって、接地層 6 1 と電氣的に絶縁されている。また、中央端子 4 0 は、感磁体 2 における中央部位に、接続配線 4 0 1 を介して電氣的に接続されている。

その他は、実施形態 2 と同様である。

[0062] 本形態においては、M I センサ素子 1 におけるパルス電流の入力端子を少なくすることができる。それゆえ、M I センサ素子 1 の製造を容易にすることができる。また、感磁体 2 以外において、パルス電流の経路が非対称となる部分を少なくすることができる。これにより、原点振動をより効果的に抑制することができる。

その他、実施形態 1 と同様の作用効果を有する。

[0063] (実施形態 4)

本形態は、図 1 6 に示すごとく、感磁体 2 を複数に分けて配置した M I センサ素子 1 の形態である。

すなわち、本形態においては、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とを、個別の感磁ワイヤにて構成している。そして、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とは、軸方向に並んで配置されている。特に、本形態においては、同一直線上に、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とが配置されている。

[0064] また、第 1 感磁部 2 1 及び第 2 感磁部 2 2 は、それぞれの両端部に、一対の端子を接続している。すなわち、第 1 感磁部 2 1 の両端部には、第 1 端子 4 1 と第 3 端子 4 3 とがそれぞれ接続されている。また、第 2 感磁部 2 2 の両端部には、第 2 端子 4 2 と第 4 端子 4 4 とがそれぞれ接続されている。第 3 端子 4 3 は、第 1 感磁部 2 1 における、第 2 感磁部 2 2 に近い側の端部に接続され、第 4 端子 4 4 は、第 2 感磁部 2 2 における、第 1 感磁部 2 1 に近い側の端部に接続されている。

[0065] 第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とは、素子内においては、互いに電氣的

に独立している。ただし、第1感磁部21と第2感磁部22とを、素子内において電氣的に接続した構成とすることもできる。

[0066] 本形態において、第1感磁部21と第2感磁部22とは、互いに、直径、長さ、電磁特性が実質的に同等の感磁ワイヤとすることができる。例えば、第1感磁部21と第2感磁部22とは、一体的に製造された一本の感磁ワイヤを切断して個別の感磁ワイヤとしたものとすることができる。

[0067] 本形態においては、例えば、第3端子43及び第4端子44から、第1感磁部21と第2感磁部22とにそれぞれパルス電流を流す。あるいは、第1端子41及び第2端子42から、第1感磁部21と第2感磁部22とにそれぞれパルス電流を流す。これにより、第1感磁部21と第2感磁部22とに、互いに反対向きのパルス電流が流れる。第1感磁部21と第2感磁部22とへのパルス電流の印加は、互いに同期させて行う。

その他は、実施形態1と同様である。

[0068] 本形態においては、第1感磁部21と第2感磁部22とに、確実に、逆向きのパルス電流を流すことができる。

その他、実施形態1と同様の作用効果を有する。

[0069] (実施形態5)

本形態は、図17に示すごとく、複数に分割した感磁体2を並列配置したMIセンサ素子1の形態である。

すなわち、第1感磁部21と第2感磁部22とを、並列配置している。また、検出コイル3における、第1コイル部31と第2コイル部32とは、互いに電氣的に直列接続されている。

[0070] 第1感磁部21と第2感磁部22とは、互いに平行に配置されていると共に、軸方向に直交する方向に、並んで配置されている。第1感磁部21と第2感磁部22とは、その両端部の位置を、軸方向における同等の位置に配置している。

その他は、実施形態1と同様である。

[0071] 本形態においても、例えば、第3端子43及び第4端子44から、第1感

磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とにそれぞれパルス電流を流す。あるいは、第 1 端子 4 1 及び第 2 端子 4 2 から、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とにそれぞれパルス電流を流す。これにより、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とに、互いに反対向きのパルス電流が流れる。第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とへのパルス電流の印加は、互いに同期させて行う。

[0072] なお、第 1 コイル部 3 1 と第 2 コイル部 3 2 とを直接接続せずに、それぞれのコイル部から生じた出力信号を、制御部において演算して合成することもできる。

その他は、実施形態 1 と同様である。

[0073] 本形態においては、感磁体 2 の軸方向の長さを短くすることができる。それゆえ、軸方向における M I センサ素子 1 のセンシングの分解能を向上させることができる。また、軸方向における M I センサ素子 1 の小型化も容易となる。

その他、実施形態 4 と同様である。

[0074] (実施形態 6)

本形態は、図 1 8 に示すごとく、並列配置した第 1 感磁部 2 1 及び第 2 感磁部 2 2 の周りに、検出コイル 3 を巻回した M I センサ素子 1 の形態である。

本形態においても、第 1 感磁部 2 1 と第 2 感磁部 2 2 とには、互いに逆向きのパルス電流が流れるようにする。検出コイル 3 の両端に、一对の出力端子 5 1、5 2 が接続されている。

[0075] 本形態においては、検出コイル 3 の両端から、磁場に応じた出力電圧が出力される。つまり、一对の出力端子 5 1、5 2 の間に、出力電圧が出力される。

その他は、実施形態 5 と同様である。

[0076] 本形態においては、軸方向に直交する方向における M I センサ素子 1 の一層の小型化を容易とすることができる。

その他、実施形態 5 と同様の作用効果を有する。

[0077] (実施形態 7)

本形態は、図 19～図 21 に示すごとく、平行導体 8 を有するマグネトインピーダンスセンサ素子 10 の形態である。

本形態の MI センサ素子 10 は、感磁体 2 と平行導体 8 と検出コイル 3 とを有する。感磁体 2 は、外部から作用する磁場により電磁特性が変化する。平行導体 8 は、感磁体 2 と平行に配置された導体である。検出コイル 3 は、感磁体 2 及び平行導体 8 に巻回されている。

[0078] 実施形態 1 と同様に、感磁体 2 にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、感磁体 2 に作用する磁場の強さに対応した電圧を検出コイル 3 から出力するよう構成されている。

[0079] そして、平行導体 8 には、感磁体 2 に流れるパルス電流又は高周波電流と逆向きに、パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成されている。また、本形態においては、感磁体 2 及び平行導体 8 にパルス電流を流す。

[0080] また、本形態においても、感磁体 2 は、感磁ワイヤであり、アモルファスワイヤからなる。また、平行導体 8 は、感磁体 2 と直列接続されている。すなわち、平行導体 8 の一端 84 が、感磁体 2 の一端 24 と、電氣的に接続されている。

[0081] 平行導体 8 は、基板 6 の表面に形成されている。平行導体 8 は、基板 6 の表面に、例えば銅メッキ等にて形成されたものとすることができる。そして、図 20、図 21 に示すごとく、感磁体 2 は、平行導体 8 における基板 6 と反対側の表面に、絶縁層 11 を介して配設されている。本形態においては、平行導体 8 の表面に、樹脂からなる絶縁層 11 が成膜されている。なお、図 20、図 21 においては、検出コイル 3 を省略している。

[0082] 図 19、図 20 に示すごとく、感磁体 2 の長手方向（軸方向）と平行導体 8 の長手方向とが、互いに一致するように、感磁体 2 が平行導体 8 の表面に、絶縁層 11 を介して搭載されている。ただし、感磁体 2 の一端 24 と平行導体 8 の一端 84 とは、端部接続部 12 において接続されている。図 19 に示すごとく、感磁体 2 の他端 25 は、基板 6 に形成された感磁体用端子 41

0に電氣的に接続され、平行導体8の他端85は、基板6に形成された導体用端子420に電氣的に接続されている。すなわち、MIセンサ素子10は、感磁体2における端部接続部12と反対側の端部25から引き出された感磁体用端子410と、平行導体8における端部接続部12と反対側の端部85から引き出された導体用端子420とを有する。

[0083] これにより、例えば、感磁体用端子410からパルス電流を流すと、感磁体2に流れた電流111が、端部接続部12において折り返されて、平行導体8に逆向きの電流112が流れる（図20参照）。なお、パルス電流を、導体用端子420から流すこともできる。この場合も、平行導体8と感磁体2とに、互いに逆向きの電流が流れる。

[0084] なお、平行導体8に流れるパルス電流又は高周波電流の大きさは、感磁体2に流れるパルス電流又は高周波電流の大きさと同等であることが理想である。そのために、例えば、平行導体8の厚み等を調整して、平行導体8の電気抵抗を適切に調整することもできる。

[0085] 本形態においては、感磁体2の一部において、平行導体8が隣接していない箇所があるが、長手方向の略全体（例えば9割以上）にわたり、感磁体2と平行導体8とは、隣接配置されている。なお、感磁体2における平行導体8が隣接していない箇所は、検出コイル3が巻回されていない箇所である。

[0086] 図19に示すごとく、この感磁体2と平行導体8との双方を囲むように、検出コイル3が巻回されている。感磁体2の軸方向において、検出コイル3は2つのコイル部310、320を有する。2つのコイル部310、320は、感磁体2の軸方向の反対側の端部同士において、接続配線330によって、電氣的に接続されている。そして、2つのコイル部310、320は、軸方向において互いに近い位置の端部において、出力端子51、52のそれぞれに電氣的に接続されている。

[0087] 平行導体8は、感磁体2に対して、感磁体2の軸方向に直交する一方向に隣接配置されている。本形態においては、基板6の法線方向に、感磁体2と平行導体8とが隣接配置されている。

- [0088] 本形態のM I センサ素子 10 において、平行導体 8 には、感磁体 2 に流れるパルス電流又は高周波電流と逆向きに、パルス電流又は高周波電流が流れる。これにより、実施形態 1 と同様に、原点振動を抑制することができる。なお、以下において、パルス電流又は高周波電流を、適宜パルス電流等という。
- [0089] すなわち、感磁体 2 に流れるパルス電流等に起因する磁場変化を、平行導体 8 に流れるパルス電流等に起因する磁場変化によって、打ち消すことができる。なお、平行導体 8 に流れるパルス電流等の大きさと、感磁体 2 に流れるパルス電流等の大きさとの間に差がある場合には、上記の磁場変化を完全に打ち消すことはできないが、抑制することはできる。それゆえ、M I センサ素子 10 の出力において、原点振動を抑制することができる。
- [0090] 本形態の場合には、平行導体 8 を設けることによって、上述のように、原点振動を抑制することができる。それゆえ、M I センサ素子 10 の小型化を阻害することなく、原点振動を抑制することができる。すなわち、本形態の場合、原点振動を抑制するために感磁体 2 を追加したり長くしたりする必要がない。
- [0091] また、平行導体 8 は、例えばフォトリソグラフィとメッキとを用いた一般的な配線パターンニング技術にて形成することができる。それゆえ、M I センサ素子 10 の製造方法を特に複雑化することなく、原点振動を抑制することができる。
- [0092] また、平行導体 8 は、感磁体 2 と直列接続されている。これにより、平行導体 8 に流れるパルス電流又は高周波電流感磁体を、感磁体 2 に流れるパルス電流又は高周波電流と同期させやすくなる。それゆえ、原点振動の抑制を、一層容易に実現することができる。
- [0093] また、平行導体 8 は、感磁体 2 に対して、感磁体 2 の軸方向に直交する一方向に隣接配置されている。これにより、平行導体 8 内における電流分布の乱れを抑制することができる。すなわち、流れるパルス電流等の周波数が大きくなると、感磁体 2 と平行導体 8 との間に配設される絶縁層 11 のインピ

ーダンスが低下しやすい。そうすると、仮に感磁体の全周に平行導体が隣接配置されていると、絶縁層のインピーダンス低下の影響が大きくなり、平行導体に流れる電流分布に乱れが生じやすくなる。これに対して、感磁体 2 の軸方向に直交する一方向のみに平行導体 8 が隣接配置されている場合は、絶縁層 11 のインピーダンス低下の影響を抑制することができる。その結果、原点振動の抑制をより効果的に実現することができる。

その他、実施形態 1 と同様の作用効果を有する。

[0094] 上記実施形態 7 の変形形態として、例えば、感磁体 2 と平行導体 8 とを、基板 6 の表面に平行な方向に並ぶように配置することもできる（図示略）。

また、実施形態 7 のさらに他の変形形態として、感磁体 2 と平行導体 8 とを互いに電氣的に接続しない構成とすることもできる（図示略）。そして、この場合、実施形態 4 に準ずる方法にて、感磁体 2 と平行導体 8 とのそれぞれに、パルス電流等の印加を行うよう構成することができる。

なお、平行導体と感磁体とは、完全に平行である必要は必ずしもなく、実質的に平行であれば、互いに若干傾斜していてもよい。

[0095] 本発明は上記各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 外部から作用する磁場により電磁特性が変化する感磁体と、該感磁体に巻回された検出コイルと、を有し、上記感磁体にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、上記感磁体に作用する磁場の強さに対応した電圧を上記検出コイルから出力するよう構成されたマグネトインピーダンスセンサ素子であって、
- 上記感磁体は、互いに逆向きに上記パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成された第1感磁部と第2感磁部とを有する、マグネトインピーダンスセンサ素子。
- [請求項2] 上記検出コイルは、上記第1感磁部に巻回された第1コイル部と、上記第2感磁部に巻回された第2コイル部とを有し、上記第1コイル部と上記第2コイル部とは、互いに電氣的に直列接続されると共に、巻回向きが同じである、請求項1に記載のマグネトインピーダンスセンサ素子。
- [請求項3] 上記第1感磁部と上記第2感磁部とは、一本の感磁ワイヤとして一体的に形成されている、請求項2に記載のマグネトインピーダンスセンサ素子。
- [請求項4] 上記感磁体及び上記検出コイルを搭載した基板を有し、該基板には、接地された接地層が形成されており、上記感磁体の両端部は、上記接地層に電氣的に接続されている、請求項3に記載のマグネトインピーダンスセンサ素子。
- [請求項5] 上記第1感磁部の一端から引き出された第1端子と、上記第2感磁部の一端から引き出された第2端子と、を有し、上記第1端子と上記第2端子とは、互いに電氣的に独立している、請求項1～3のいずれか一項に記載のマグネトインピーダンスセンサ素子。
- [請求項6] 外部から作用する磁場により電磁特性が変化する感磁体と、
該感磁体と平行に配置された平行導体と、
上記感磁体及び平行導体に巻回された検出コイルと、を有し、

上記感磁体にパルス電流又は高周波電流を流すことにより、上記感磁体に作用する磁場の強さに対応した電圧を上記検出コイルから出力するよう構成され、

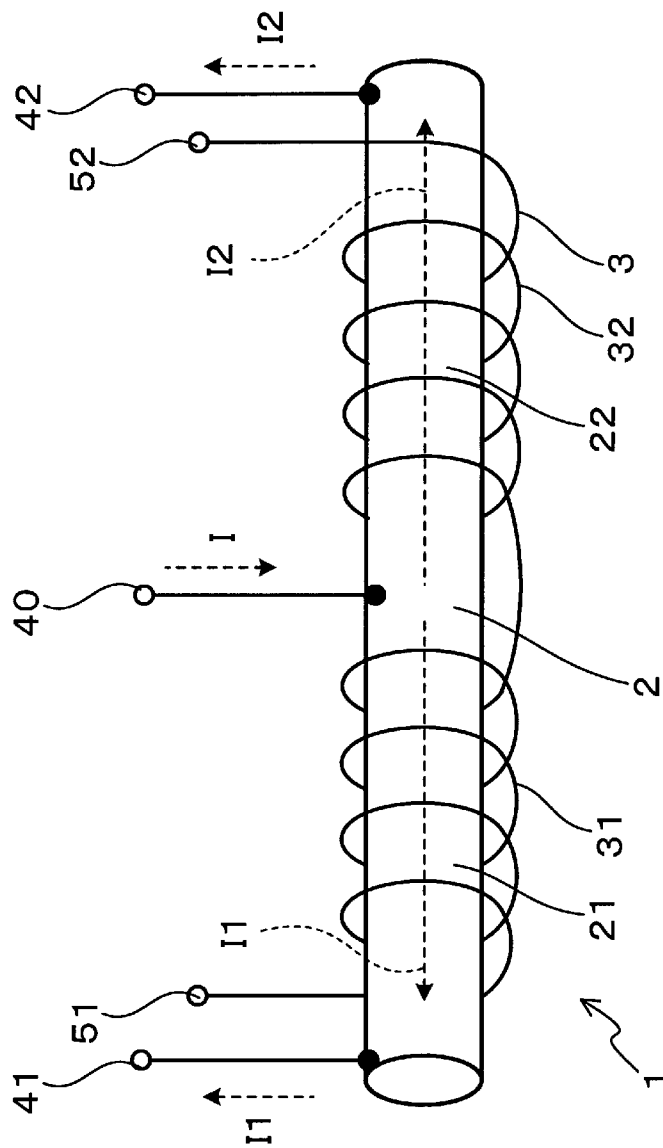
上記平行導体には、上記感磁体に流れる上記パルス電流又は高周波電流と逆向きに、パルス電流又は高周波電流が流れるよう構成されている、マグネトインピーダンスセンサ素子。

[請求項7] 上記平行導体は、上記感磁体と直列接続されている、請求項6に記載のマグネトインピーダンスセンサ素子。

[請求項8] 上記平行導体は、上記感磁体に対して、該感磁体の軸方向に直交する一方向に隣接配置されている、請求項6又は7に記載のマグネトインピーダンスセンサ素子。

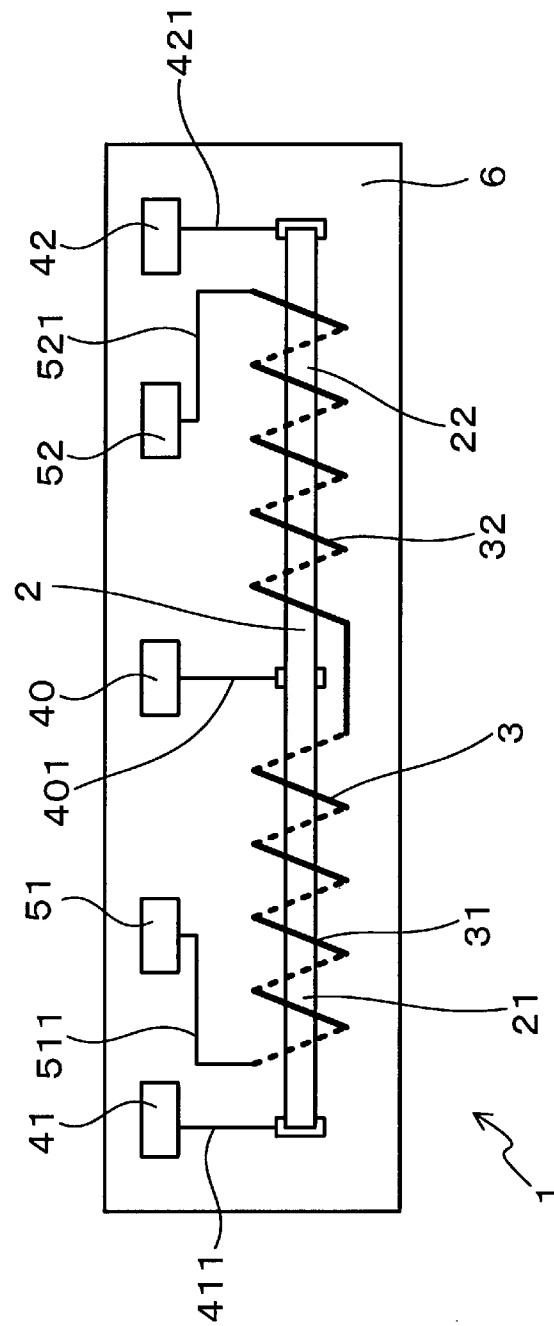
[図1]

(図 1)



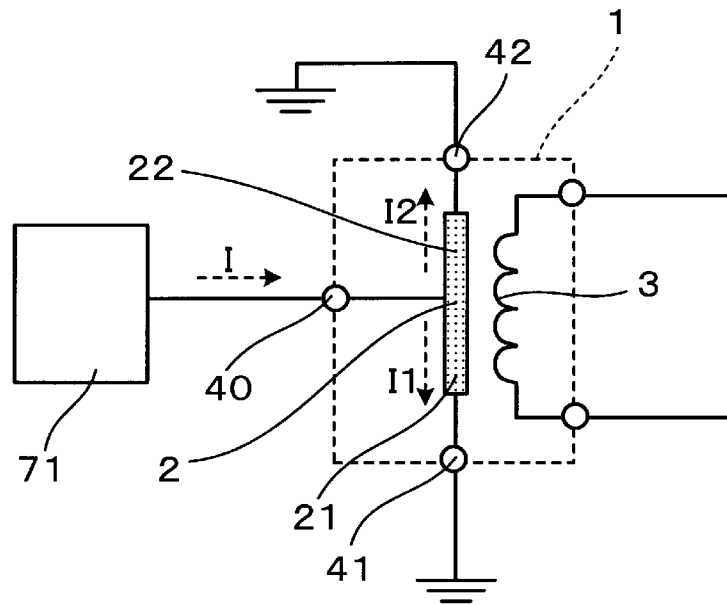
[図2]

(图 2)



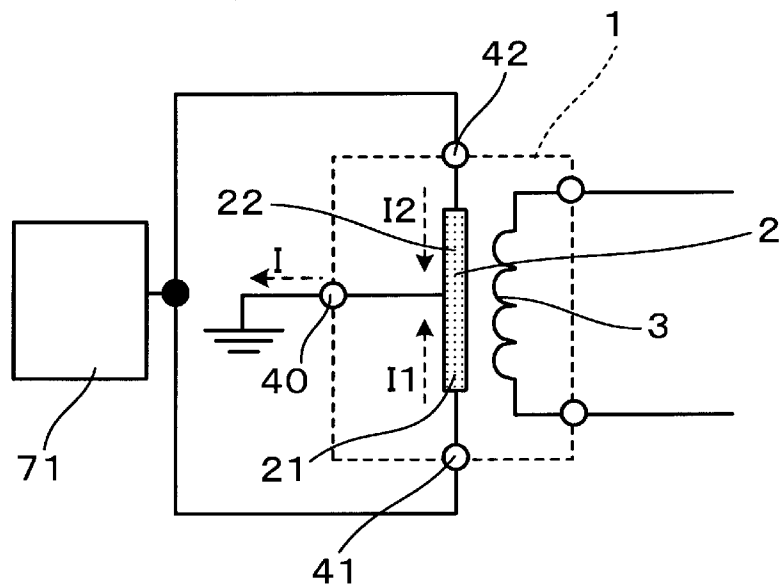
[図3]

(図 3)



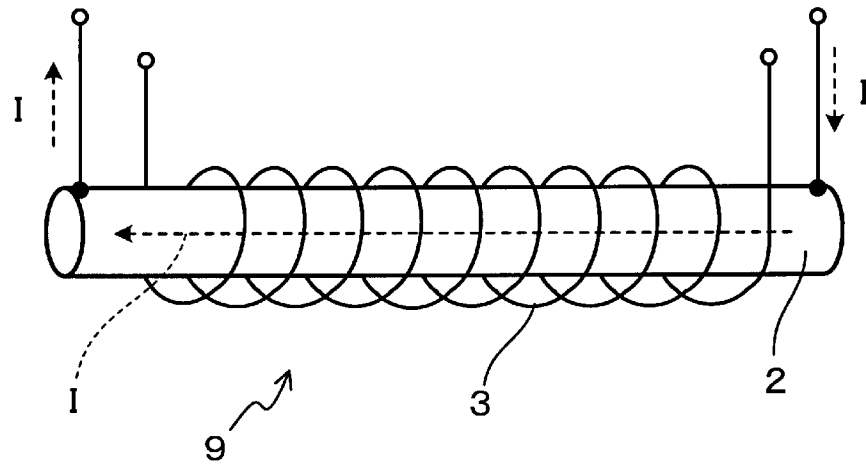
[図4]

(図 4)



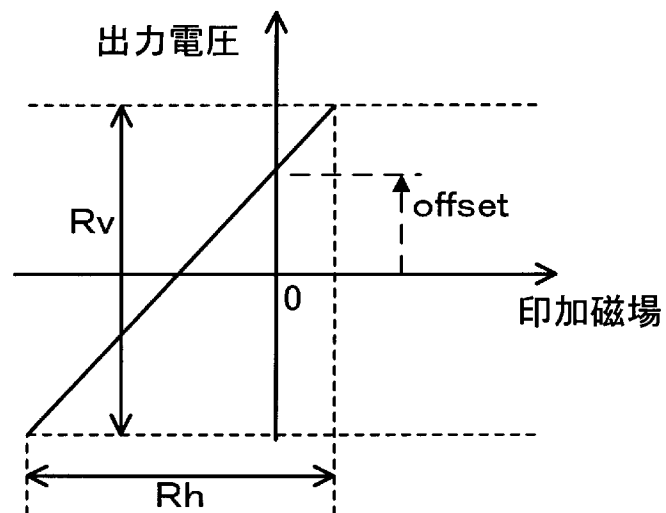
[図5]

(図 5)



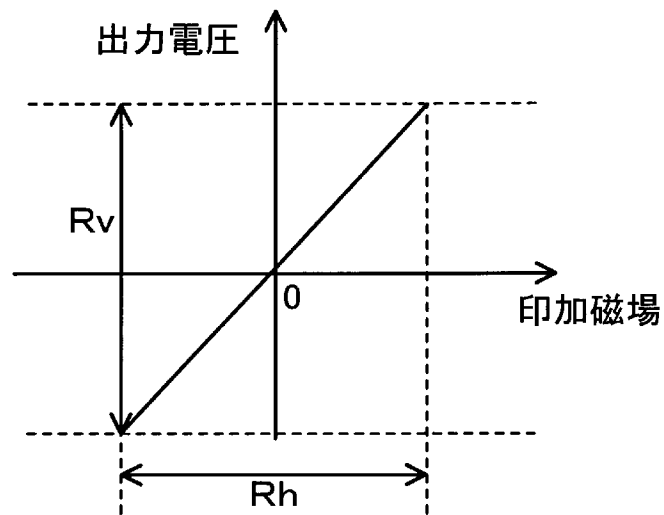
[図6]

(図 6)



[図7]

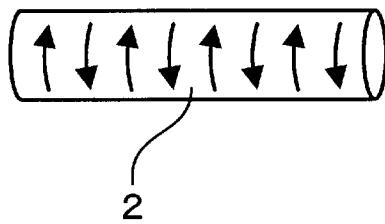
(図 7)



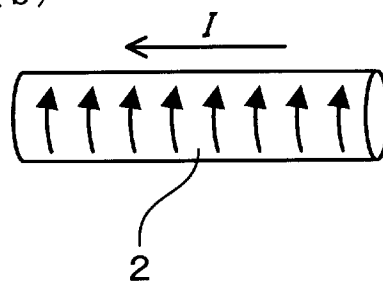
[図8]

(図 8)

(a)



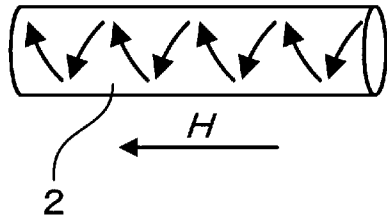
(b)



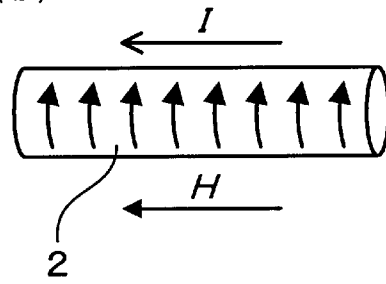
[図9]

(図 9)

(a)



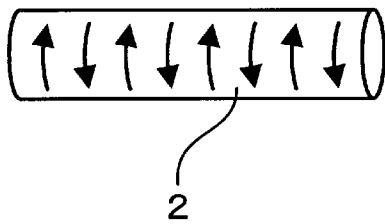
(b)



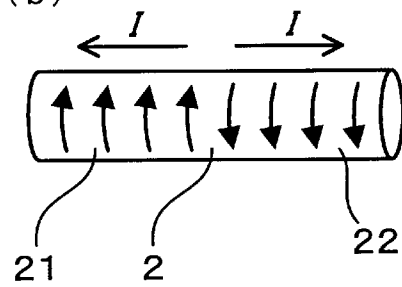
[図10]

(図 10)

(a)



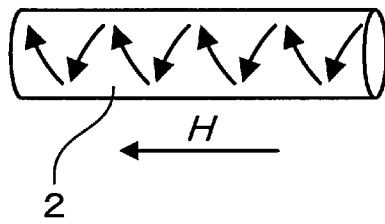
(b)



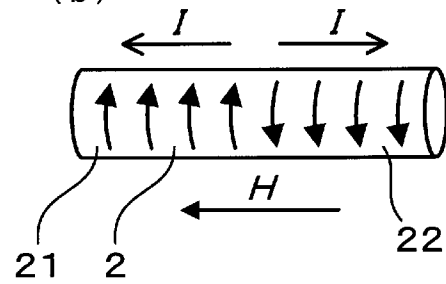
[図11]

(図 1 1)

(a)

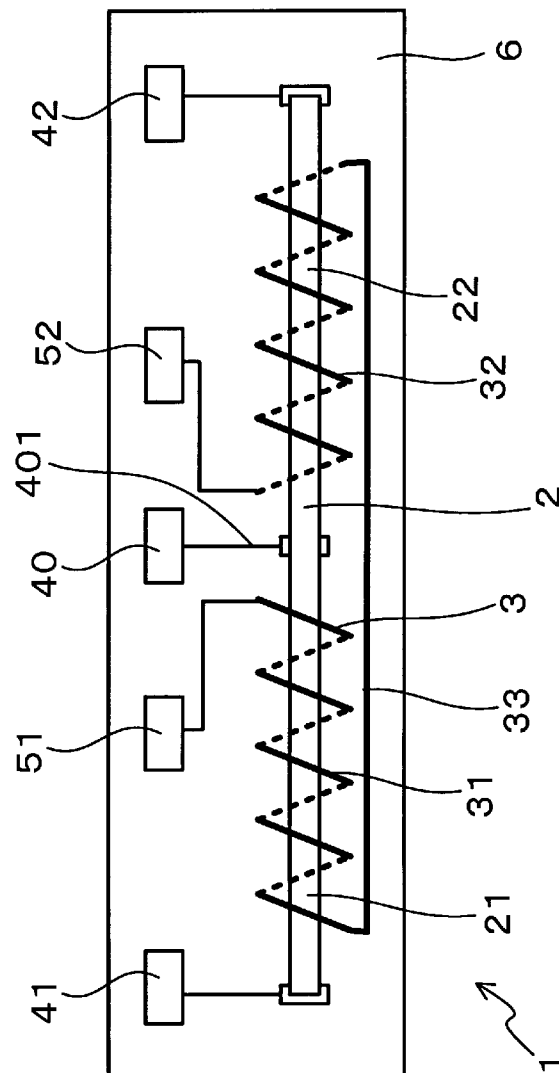


(b)

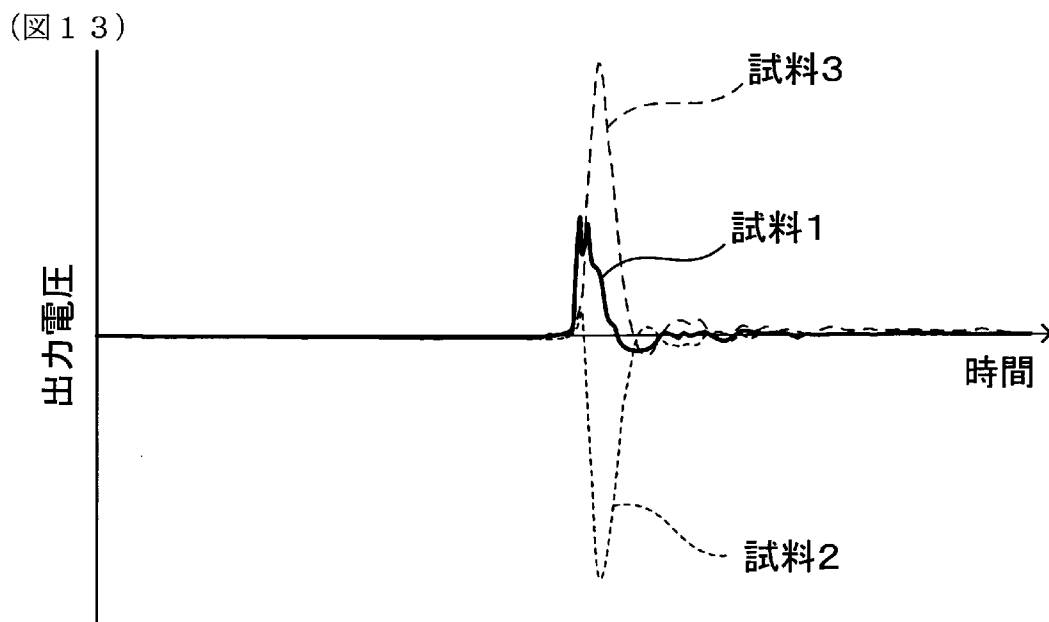


[図12]

(図 1 2)

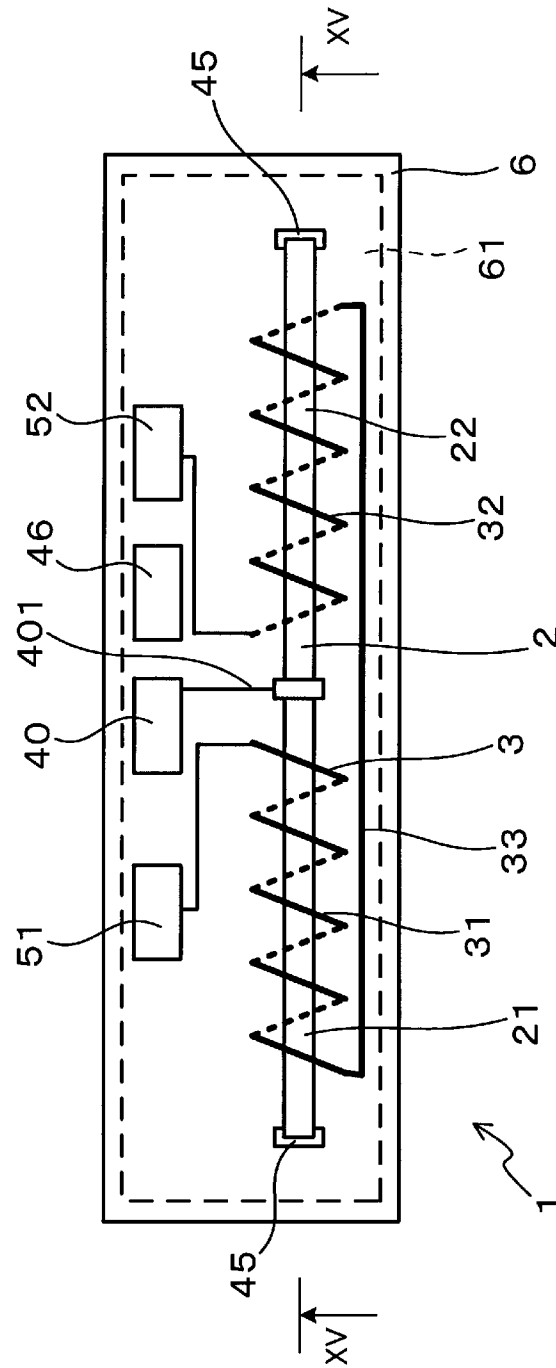


[図13]



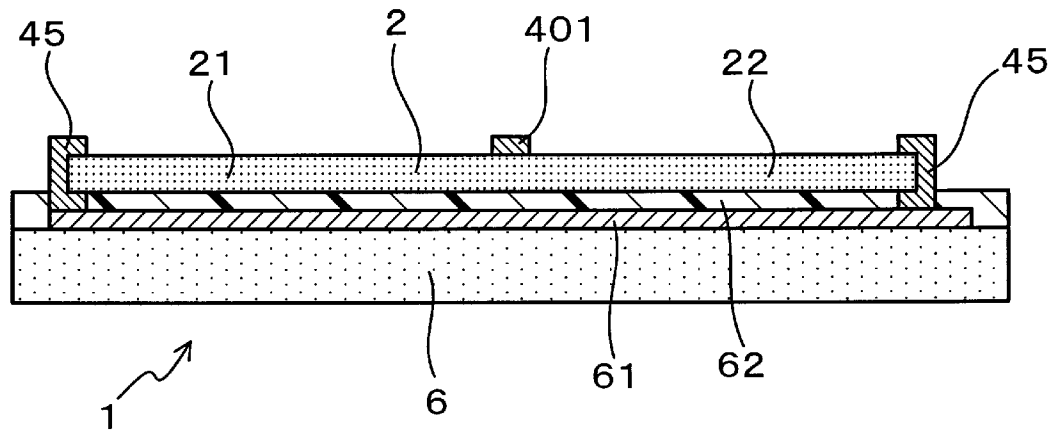
[図14]

(図 14)



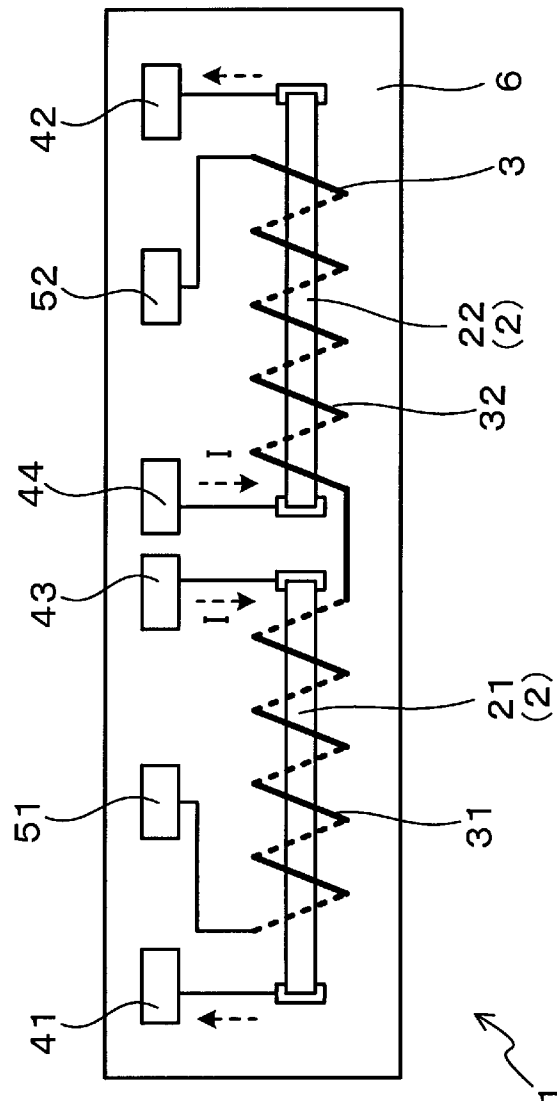
[図15]

(図 15)



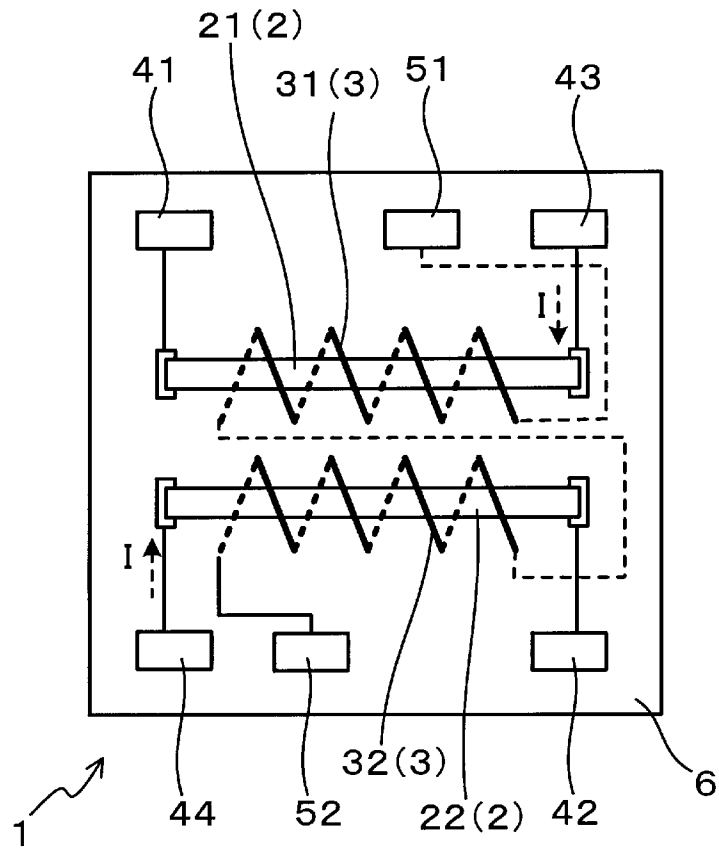
[図16]

(図 16)



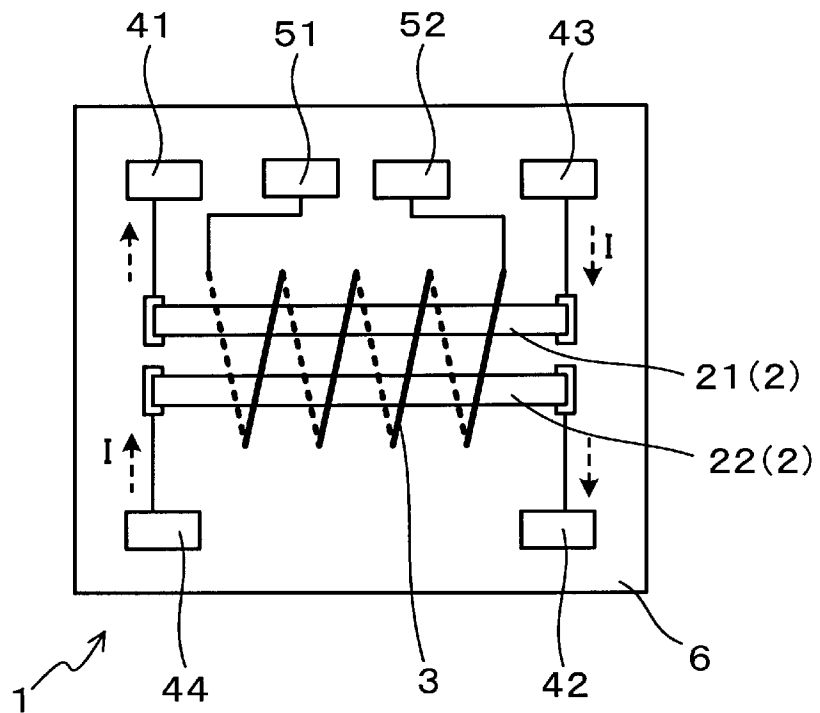
[図17]

(図 17)



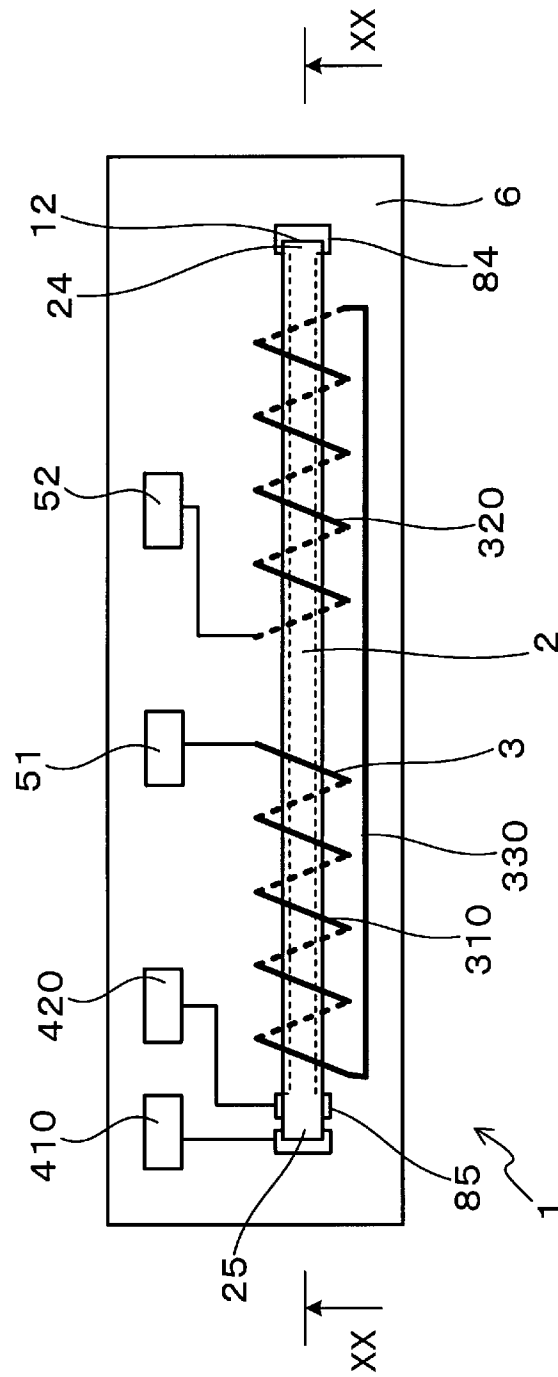
[図18]

(図 18)



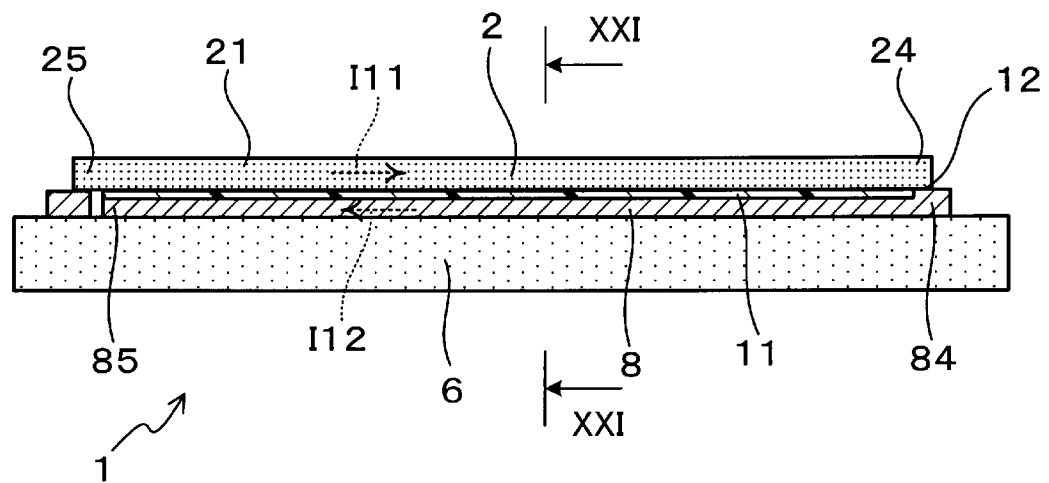
[図19]

(図 19)



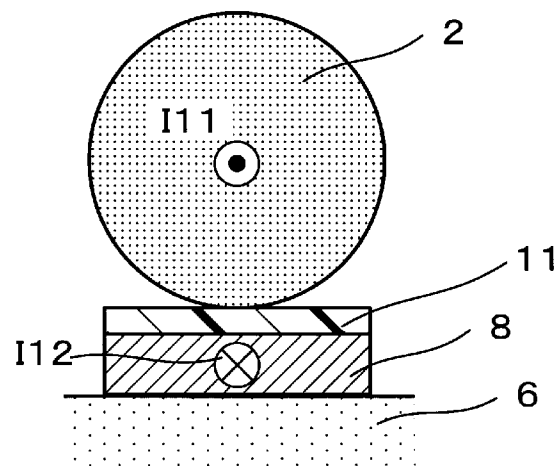
[図20]

(図 20)



[図21]

(図 21)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/033344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 43/00**(2006.01)i; **G01R 33/02**(2006.01)i

FI: G01R33/02 D; H01L43/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L43/00; G01R33/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-284030 A (MINEBEA CO., LTD.) 13 October 2000 (2000-10-13) paragraph [0028], fig. 4	1, 5
A		2-4
X	CN 101738587 A (YU, Wenjie) 16 June 2010 (2010-06-16) paragraphs [0005]-[0020], fig. 2	1
X	WO 2009/044820 A1 (AICHI STEEL CORP.) 09 April 2009 (2009-04-09) paragraphs [0033]-[0035], fig. 1	6-8
P, X	JP 6839399 B1 (MAGNE DESIGN CORP.) 10 March 2021 (2021-03-10) paragraphs [0033]-[0044], fig. 9	1-4
A	JP 2018-148189 A (NANO COIL CO., LTD.) 20 September 2018 (2018-09-20) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2009-236803 A (AICHI STEEL CORP.) 15 October 2009 (2009-10-15) entire text, all drawings	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2021

Date of mailing of the international search report

26 October 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/033344**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/225454 A1 (ASAHI INTECC CO., LTD.) 13 December 2018 (2018-12-13) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2016-151413 A (MAGNE DESIGN CORP.) 22 August 2016 (2016-08-22) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2006-300906 A (AICHI STEEL CORP.) 02 November 2006 (2006-11-02) entire text, all drawings	1-8
A	US 2005/0146326 A1 (LI, Xiaoping) 07 July 2005 (2005-07-07) entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/033344

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2000-284030	A	13 October 2000	US 6472868 B1 column 21, lines 41-60, fig. 29 US 2003/0006763 A1	
CN	101738587	A	16 June 2010	(Family: none)	
WO	2009/044820	A1	09 April 2009	US 2013/0038323 A1 paragraphs [0063]-[0073], fig. 1 JP 2010-281828 A EP 2199814 A1 CN 101815953 A KR 10-2010-0067648 A	
JP	6839399	B1	10 March 2021	(Family: none)	
JP	2018-148189	A	20 September 2018	JP 6302613 B1 entire text, all drawings	
JP	2009-236803	A	15 October 2009	(Family: none)	
WO	2018/225454	A1	13 December 2018	US 2019/0302195 A1 entire text, all drawings JP 2018-205102 A EP 3637122 A1 CN 110073231 A KR 10-2020-0014263 A	
JP	2016-151413	A	22 August 2016	US 2016/0238673 A1 entire text, all drawings JP 5839527 B1	
JP	2006-300906	A	02 November 2006	(Family: none)	
US	2005/0146326	A1	07 July 2005	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 43/00(2006.01)i; G01R 33/02(2006.01)i FI: G01R33/02 D; H01L43/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L43/00; G01R33/02		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2000-284030 A（ミネベア株式会社）13.10.2000（2000-10-13） 段落0028, 図4	1,5 2-4
X	CN 101738587 A (YU,Wenjie) 16.06.2010（2010-06-16） 段落0005-0020, 図2	1
X	WO 2009/044820 A1（愛知製鋼株式会社）09.04.2009（2009-04-09） 段落0033-0035, 図1	6-8
P, X	JP 6839399 B1（マグネデザイン株式会社）10.03.2021（2021-03-10） 段落0033-0044, 図9	1-4
A	JP 2018-148189 A（ナノコイル株式会社）20.09.2018（2018-09-20） 全文, 全図	1-8
A	JP 2009-236803 A（愛知製鋼株式会社）15.10.2009（2009-10-15） 全文, 全図	1-8
A	WO 2018/225454 A1（朝日インテック株式会社）13.12.2018（2018-12-13） 全文, 全図	1-8
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 13.10.2021		国際調査報告の発送日 26.10.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 島▲崎▼ 純一 2S 9107 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-151413 A (マグネデザイン株式会社) 22.08.2016 (2016 - 08 - 22) 全文, 全図	1-8
A	JP 2006-300906 A (愛知製鋼株式会社) 02.11.2006 (2006 - 11 - 02) 全文, 全図	1-8
A	US 2005/0146326 A1 (LI, Xiaoping) 07.07.2005 (2005 - 07 - 07) 全文, 全図	1-8

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/033344

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-284030	A	13.10.2000	US 6472868 B1 第 2 1 欄第 4 1 - 6 0 行 目, F i g . 2 9 US 2003/0006763 A1	
CN	101738587	A	16.06.2010	(ファミリーなし)	
WO	2009/044820	A1	09.04.2009	US 2013/0038323 A1 段落 0 0 6 3 - 0 0 7 3 , F i g . 1 JP 2010-281828 A EP 2199814 A1 CN 101815953 A KR 10-2010-0067648 A	
JP	6839399	B1	10.03.2021	(ファミリーなし)	
JP	2018-148189	A	20.09.2018	JP 6302613 B1 全文, 全図	
JP	2009-236803	A	15.10.2009	(ファミリーなし)	
WO	2018/225454	A1	13.12.2018	US 2019/0302195 A1 全文, 全図 JP 2018-205102 A EP 3637122 A1 CN 110073231 A KR 10-2020-0014263 A	
JP	2016-151413	A	22.08.2016	US 2016/0238673 A1 全文, 全図 JP 5839527 B1	
JP	2006-300906	A	02.11.2006	(ファミリーなし)	
US	2005/0146326	A1	07.07.2005	(ファミリーなし)	