

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-90120

(P2024-90120A)

(43)公開日 令和6年7月4日(2024.7.4)

(51)国際特許分類

G 0 1 R 15/20 (2006.01)

F I

G 0 1 R 15/20

テーマコード(参考)

2 G 0 2 5

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全39頁)

(21)出願番号 特願2022-205795(P2022-205795)

(22)出願日 令和4年12月22日(2022.12.22)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(74)代理人 110001128

弁理士法人ゆうあい特許事務所

(72)発明者 宮本 稜

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

(72)発明者 佐々木 章人

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

F ターム(参考) 2G025 AA00 AA02 AA04 AB01

AC01

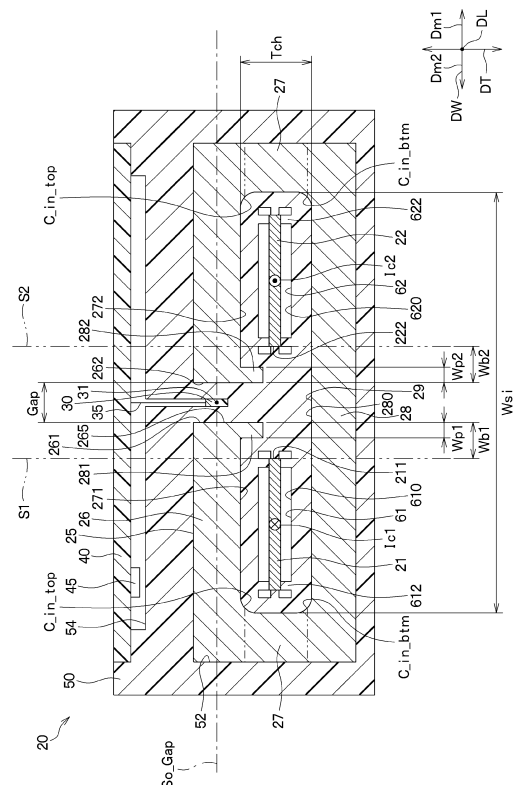
(54)【発明の名称】 電流センサ

(57)【要約】

【課題】電流検出精度の低下を抑制する電流センサを提供する。

【解決手段】電流センサ20は、第1バスバ21と、第2バスバ22と、コア25と、検出素子31と、を備え、コア25のギャップ265を形成するギャップ形成部26の第1端面261および第2端面262は、幅方向DWにおいて、第1バスバ21の第1対向面211および第2バスバ22の第2対向面222の間に位置しており、ギャップ形成部26は、コア内面271、272と、コア突起281、282と、を含み、コア内面271、272は、ギャップ形成部26のうち厚み方向DT内側を向いている面であって、コア突起281、282は、コア内面271、272のうち、第1面S1および第2面S2の間の範囲から厚み方向DTに突出している。

【選択図】図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電流センサであって、

板状に形成されているとともに、長手方向 (DL) のうち一方向の電流 (Ic1) が流れる第 1 バスバ (21) と、

前記第 1 バスバと間隔を空けて前記第 1 バスバの幅方向 (DW) に並んで板状に形成されているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流 (Ic2) が流れる第 2 バスバ (22) と、

前記第 1 バスバおよび前記第 2 バスバが挿入されているコア穴 (29) と、前記幅方向を向いている第 1 端面 (261)、前記第 1 端面と前記幅方向に対向している第 2 端面 (262)、および、前記第 1 端面と前記第 2 端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ (265) を含むギャップ形成部 (26) と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第 1 バスバの厚み方向 (DT) に延びているコア横部 (27) と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部 (28) と、を有するコア (25) と、

前記ギャップに配置されているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第 1 端面から前記第 2 端面に向かう方向 (Dm1) の磁界と、前記第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第 2 端面から前記第 1 端面に向かう方向 (Dm2) の磁界とが合わされた磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する検出素子 (31) と、

を備え、

前記第 1 バスバは、前記第 2 バスバと前記幅方向に対向する第 1 対向面 (211) を有し、

前記第 2 バスバは、前記第 1 バスバと前記幅方向に対向する第 2 対向面 (222) を有し、

前記第 1 端面および前記第 2 端面は、前記幅方向において、前記第 1 対向面および前記第 2 対向面の間に位置しており、

前記ギャップ形成部は、コア内面 (271、272) と、コア突起 (281、282) と、を含み、

前記コア内面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって

、前記コア突起は、前記コア内面のうち、前記第 1 対向面および前記ギャップ形成部を通るとともに前記幅方向と直交する面 (S1) ならびに前記第 2 対向面および前記ギャップ形成部を通るとともに前記幅方向と直交する面 (S2) の間の範囲から前記厚み方向に突出している電流センサ。

## 【請求項 2】

前記コア突起は、前記厚み方向において前記コア底部と離れている請求項 1 に記載の電流センサ。

## 【請求項 3】

前記幅方向における前記コア突起の長さ (Wp1、Wp2) は、前記幅方向における前記第 1 対向面から前記第 1 端面までの距離 (Wb1、Wb2) 以下とされている請求項 1 または 2 に記載の電流センサ。

## 【請求項 4】

前記検出素子は、前記厚み方向における前記第 1 端面の中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面 (So\_Gap) 上に配置されている請求項 1 または 2 に記載の電流センサ。

## 【請求項 5】

前記検出素子は、前記厚み方向における前記第 1 端面の中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面 (So\_Gap) よりも前記コア穴とは反対側に配置されている請求項 1

10

20

30

40

50

または 2 に記載の電流センサ。

【請求項 6】

前記コア突起は、前記幅方向を向いている突起面（2810、2820）を含み、  
前記検出素子は、前記突起面および前記第 1 端面を合わせた面の前記厚み方向における中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面（Sop）上に配置されている請求項 1 または 2 に記載の電流センサ。

【請求項 7】

前記コア突起は、前記幅方向を向いている突起面（2810、2820）を含み、  
前記検出素子は、前記突起面および前記第 1 端面を合わせた面の前記厚み方向における中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面（Sop）よりも前記コア穴とは反対側に配置されている請求項 1 または 2 に記載の電流センサ。

10

【請求項 8】

前記第 1 バスバは、電源の一端および負荷の一端と接続されており、  
前記第 2 バスバは、前記電源の他端および前記負荷の他端と接続されており、  
前記電流センサは、前記検出素子から出力された信号に基づいて、前記電源および前記負荷の間において異常があるか否かを判定する判定部（45）をさらに備える請求項 1 または 2 に記載の電流センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電流センサに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来、特許文献 1 の記載のように、電流が流れるバスバと、バスバが挿入されているとともにバスバを流れる電流によって発生する磁界が通過するコアと、コアのギャップに配置された検出素子としてのセンサチップとを備える電流センサが知られている。この電流センサでは、ギャップを通過する磁界の強さがセンサチップにて検出されることにより、バスバに流れる電流が検出される。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0003】

【特許文献 1】特開 2018 - 51704 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載された電流センサにおいて、電流検出のために、コアに挿入されるバスバが 2 つ備えられることがある。この場合、例えば、電流方向が互いに異なる 2 つのバスバに流れる電流によって発生する磁界の強さがセンサチップにて検出されることにより、バスバに流れる電流が検出される。このとき、ギャップ内において、2 つのバスバに流れる電流によって発生する磁界の方向が互いに逆方向となる箇所が生じることから、2 つの磁界が互いに打ち消し合う箇所が生じる。また、ギャップ内において、2 つのバスバに流れる電流によって発生する磁界の方向がギャップからギャップとは反対側に位置するコアの底部に向かう方向となる箇所が生じることから、2 つの磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所が生じる。これらのため、ギャップ内の磁界の勾配が大きくなる。これにより、センサチップの位置がずれることで、センサチップによる磁界の強さの検出精度が低下する。したがって、このとき、電流検出精度が低下する。

40

【0005】

本開示は、電流検出精度の低下を抑制する電流センサを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

50

請求項 1 に記載の発明は、電流センサであって、板状に形成されているとともに、長手方向 (DL) のうち一方向の電流 (Ic1) が流れる第 1 バスバ (21) と、第 1 バスバと間隔を空けて第 1 バスバの幅方向 (DW) に並んで板状に形成されているとともに、第 1 バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流 (Ic2) が流れる第 2 バスバ (22) と、第 1 バスバおよび第 2 バスバが挿入されているコア穴 (29) と、幅方向を向いている第 1 端面 (261)、第 1 端面と幅方向に対向している第 2 端面 (262)、および、第 1 端面と第 2 端面とによって形成されているとともにコア穴と外部とに連通するギャップ (265) を含むギャップ形成部 (26) と、ギャップ形成部に接続されているとともに第 1 バスバの厚み方向 (DT) に延びているコア横部 (27) と、コア横部に接続されて幅方向に延びているとともにギャップ形成部およびコア横部とでコア穴を形成するコア底部 (28) と、を有するコア (25) と、ギャップに配置されているとともに、第 1 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち第 1 端面から第 2 端面に向かう方向 (Dm1) の磁界と、第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち第 2 端面から第 1 端面に向かう方向 (Dm2) の磁界とが合わされた磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する検出素子 (31) と、を備え、第 1 バスバは、第 2 バスバと幅方向に対向する第 1 対向面 (211) を有し、第 2 バスバは、第 1 バスバと幅方向に対向する第 2 対向面 (222) を有し、第 1 端面および第 2 端面は、幅方向において、第 1 対向面および第 2 対向面の間に位置しており、ギャップ形成部は、コア内面 (271、272) と、コア突起 (281、282) と、を含み、コア内面は、ギャップ形成部のうち厚み方向内側を向いている面であって、コア突起は、コア内面のうち、第 1 対向面およびギャップ形成部を通るとともに幅方向と直交する面 (S1) ならびに第 2 対向面およびギャップ形成部を通るとともに幅方向と直交する面 (S2) の間の範囲から厚み方向に突出している電流センサである。

#### 【0007】

これにより、第 1 バスバおよび第 2 バスバによって発生する磁界の磁力線は、コア突起を通過する。このため、コア突起周辺が、第 1 バスバおよび第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所となる。また、コア突起がコア内面から厚み方向に突出しているため、検出素子は、コア突起が形成されていない場合と比較して、第 1 バスバおよび第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所から離れやすい。したがって、検出素子の位置のずれによって生じる検出素子の信号値の変化が、コア突起が形成されていない場合と比較して小さくなる。よって、検出素子による磁界の強さの検出精度が低下することが抑制されるため、電流検出精度の低下が抑制される。

#### 【0008】

なお、各構成要素等に付された括弧付きの参照符号は、その構成要素等と後述する実施形態に記載の具体的な構成要素等との対応関係の一例を示すものである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0009】

【図 1】第 1 実施形態の電流センサが用いられるオンボードチャージャの構成図。

【図 2】電流センサの斜視図。

【図 3】図 2 の III-III 線断面図。

【図 4】比較例の電流センサの断面図。

【図 5】第 1 実施形態の電流センサの断面図。

【図 6】検出素子の基準位置からのずれ量と、基準位置における検出素子の信号値に対する基準位置からのずれによる信号値の変化の割合との関係図。

【図 7】検出素子の基準位置からのずれ量と、基準位置における検出素子の信号値に対する基準位置からのずれによる信号値の変化の割合との関係図。

【図 8】第 2 実施形態の電流センサの断面図。

【図 9】第 3 実施形態の電流センサの断面図。

【図 10】第 4 実施形態の電流センサの断面図。

10

20

30

40

50

- 【図 1 1】第 5 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 2】第 6 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 3】第 7 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 4】第 8 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 5】検出素子の基準位置からのずれ量と、基準位置における検出素子の信号値に対する基準位置からのずれによる信号値の変化の割合との関係図。
- 【図 1 6】第 9 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 7】第 10 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 8】第 11 実施形態の電流センサの断面図。
- 【図 1 9】第 12 実施形態の電流センサの斜視図。 10
- 【図 20】図 19 の X X - X X 線断面図。
- 【図 21】図 20 の X X I - X X I 線断面図。
- 【図 22】第 12 実施形態の変形例における電流センサの断面図。
- 【図 23】第 12 実施形態の変形例における電流センサの断面図。
- 【図 24】第 12 実施形態の変形例における電流センサの断面図。
- 【図 25】第 12 実施形態の変形例における電流センサの断面図。
- 【図 26】第 12 実施形態の変形例における電流センサの断面図。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0010】
- 以下、実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付し、その説明を省略する。 20
- 【0011】
- (第 1 実施形態)
- 本実施形態の電流センサは、例えば、図 1 に示すようなオンボードチャージャ 10 に用いられる。まず、このオンボードチャージャ 10 について説明する。
- 【0012】
- オンボードチャージャ 10 は、バッテリー 12、充電器 14 および電流センサ 20 を備える。
- 【0013】
- バッテリー 12 は、充放電可能な二次電池であって、例えば、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池である。また、バッテリー 12 は、ここでは、負荷に相当する。 30
- 【0014】
- 充電器 14 は、ACDC コンバータ等を備えていることにより、系統電力源からの交流電力を直流電力に変換する。さらに、充電器 14 は、この変換した直流電力をバッテリー 12 に供給することにより、バッテリー 12 を充電させる。また、充電器 14 は、ここでは、電源に相当する。
- 【0015】
- 電流センサ 20 は、バッテリー 12 および充電器 14 の間に流れる電流を検出する。また、電流センサ 20 は、この検出した電流に基づいて、例えば、バッテリー 12 および充電器 14 の間において漏電異常があるか否かを判定する。この電流センサ 20 の詳細については、後述する。 40
- 【0016】
- 以上のように、オンボードチャージャ 10 は、構成されている。次に、電流センサ 20 について説明する。
- 【0017】
- 電流センサ 20 は、図 2 および図 3 に示すように、第 1 バスバ 21、第 2 バスバ 22、コア 25、検出部 30、リード線 35、基板 40、判定部 45 およびケース 50 等を備える。
- 【0018】
- 第 1 バスバ 21 は、板状に形成されている。また、第 1 バスバ 21 は、銅等で形成され 50

ていることにより、導電性を有する。さらに、第1バスバ21の表面には、必要に応じて表面の酸化を防ぐためのメッキが施されている。また、第1バスバ21の一端は、充電器14の一端に接続されている。さらに、第1バスバ21の他端は、バッテリー12の一端に接続されている。また、第1バスバ21には、後述するように、第1バスバ21の長手方向DLのうち一方向の電流が流れる。

【0019】

ここで、以下では、便宜的に、第1バスバ21の長手方向DLを、単に長手方向DLと記載する。さらに、第1バスバ21の幅方向DWを、単に幅方向DWと記載する。また、第1バスバ21の厚み方向DTを、単に厚み方向DTと記載する。

【0020】

さらに、第1バスバ21は、第1対向面211を含む。第1対向面211は、後述の第2バスバ22と幅方向DWに対向している。また、第1対向面211は、幅方向DWと直交する面であって、幅方向DWと交差する面に対応する。

【0021】

第2バスバ22は、第1バスバ21と間隔を空けて幅方向DWに並んでいる。また、第2バスバ22は、第1バスバ21と同様に、板状に形成されている。さらに、第2バスバ22は、銅等で形成されていることにより、導電性を有する。また、第2バスバ22の表面には、必要に応じて表面の酸化を防ぐためのメッキが施されている。さらに、第2バスバ22の一端は、バッテリー12の他端に接続されている。また、第2バスバ22の他端は、充電器14の他端に接続されている。したがって、バッテリー12、充電器14および電流センサ20によって直列回路が形成されている。さらに、第2バスバ22には、後述するように、第1バスバ21に流れる電流の方向とは逆方向の電流が流れる。

【0022】

また、第2バスバ22は、第2対向面222を含む。第2対向面222は、第1バスバ21の第1対向面211と幅方向DWに対向している。さらに、第2対向面222は、幅方向DWと直交する面であって、幅方向DWと交差する面に対応する。

【0023】

コア25は、パーマロイや方向性電磁鋼板等の軟磁性材料でC字状に形成されている。また、コア25は、例えば、板状の軟磁性材料がC字状に曲げ加工されることにより形成されている。さらに、コア25は、ギャップ形成部26、コア横部27、コア底部28およびコア穴29を有する。

【0024】

ギャップ形成部26は、幅方向DWに延びる板状に形成されている。また、ギャップ形成部26は、厚み方向DTにおいて第1バスバ21および第2バスバ22と離れている。さらに、ギャップ形成部26は、第1端面261、第2端面262、ギャップ265、第1コア内面271、第1コア突起281、第2コア内面272および第2コア突起282を含む。

【0025】

第1端面261は、幅方向DWを向いている。第2端面262は、幅方向DWを向いているとともに、第1端面261と幅方向DWに対向している。また、第2端面262は、第1端面261を幅方向DWに投影したとき、投影した第1端面261と重なる。ギャップ265は、第1端面261および第2端面262によって区画形成されている空間である。さらに、ギャップ265は、後述のコア穴29およびコア25の外部に連通している。また、第1端面261、第2端面262およびギャップ265は、幅方向DWにおいて、第1対向面211および第2対向面222の間に位置している。

【0026】

第1コア内面271は、ギャップ形成部26のうち、厚み方向DT内側を向いているとともに第1バスバ21と厚み方向DTに対向している面である。さらに、第1コア内面271は、第1バスバ21を厚み方向DTに投影したとき、投影した第1バスバ21と重なる。

10

20

30

40

50

## 【0027】

ここで、第1対向面211およびギャップ形成部26を通るとともに幅方向DWと直交する面を第1面S1とする。また、第2対向面222およびギャップ形成部26を通るとともに幅方向DWと直交する面を第2面S2とする。

## 【0028】

そして、第1コア突起281は、第1コア内面271のうち、第1面S1および第2面S2の間の範囲、ここでは、第1面S1および第1端面261の間の範囲から厚み方向DTに突出している。さらに、第1コア突起281は、例えば、四角柱状に形成されている。なお、第1コア突起281は、四角柱状に形成されていることに限定されないで、例えば、多角柱状、円柱状、楕円柱状、半球状、半楕円球状等に形成されてもよい。

10

## 【0029】

また、ここで、幅方向DWにおける第1コア突起281の最大長さを第1突起幅Wp1とする。さらに、幅方向DWにおける第1対向面211から第1端面261までの距離を第1距離Wb1とする。そして、第1突起幅Wp1は、第1距離Wb1以下とされている、すなわち、 $Wp1 \leq Wb1$ とされている。

## 【0030】

第2コア内面272は、ギャップ形成部26のうち、厚み方向DT内側を向いているとともに第2バスバ22と厚み方向DTに対向している面である。さらに、第2コア内面272は、第2バスバ22を厚み方向DTに投影したとき、投影した第2バスバ22と重なる。

20

## 【0031】

第2コア突起282は、第2コア内面272のうち、第1面S1および第2面S2の間の範囲、ここでは、第2面S2および第2端面262の間の範囲から厚み方向DTに突出している。さらに、第2コア突起282は、例えば、四角柱状に形成されている。なお、第2コア突起282は、四角柱状に形成されていることに限定されないで、例えば、多角柱状、円柱状、楕円柱状、半球状、半楕円球状等に形成されてもよい。

## 【0032】

また、ここで、幅方向DWにおける第2コア突起282の最大長さを第2突起幅Wp2とする。さらに、幅方向DWにおける第2対向面222から第2端面262までの距離を第2距離Wb2とする。そして、第2突起幅Wp2は、第2距離Wb2以下とされている、すなわち、 $Wp2 \leq Wb2$ とされている。

30

## 【0033】

コア横部27は、ギャップ形成部26に接続されている。また、コア横部27は、コア横部27とギャップ形成部26との境界部から厚み方向DTに延びている。さらに、コア横部27とギャップ形成部26との境界部における内側の角部である横内側角部C<sub>in</sub>\_\_topがR形状になっている。また、コア横部27は、幅方向DWにおいて第1バスバ21および第2バスバ22と離れている。

## 【0034】

コア底部28は、コア横部27に接続されている。さらに、コア底部28は、幅方向DWに延びていることにより、第1面S1および第2面S2を通る。また、コア底部28とコア横部27との境界部における内側の角部である底内側角部C<sub>in</sub>\_\_btmがR形状になっている。さらに、コア底部28の透磁率は、コア横部27の透磁率よりも小さくなっている、すなわち、コア横部27の透磁率がコア底部28の透磁率よりも大きくなっている。これにより、磁界の強さに対するコア横部27の磁束密度の線形領域は、磁界の強さに対するコア底部28の磁束密度の線形領域よりも大きくなる。このため、コア横部27の磁気飽和が抑制されやすくなっている。なお、透磁率とは、例えば、磁界の強さに対する磁束密度の変化量の最大値である最大透磁率をいう。

40

## 【0035】

また、コア底部28は、底部内面280を含む。底部内面280は、厚み方向DT内側を向いている。さらに、底部内面280は、第1バスバ21および第2バスバ22と厚み

50

方向 D T に対向している。

【 0 0 3 6 】

コア穴 2 9 は、ギャップ形成部 2 6、コア横部 2 7 およびコア底部 2 8 によって形成されている空間である。また、コア穴 2 9 には、第 1 バスバ 2 1 および第 2 バスバ 2 2 の一部が挿入されている。

【 0 0 3 7 】

ここで、幅方向 D W における第 1 端面 2 6 1 から第 2 端面 2 6 2 までの最小距離をギャップ距離 G a p とする。さらに、厚み方向 D T におけるギャップ形成部 2 6 の内面からコア底部 2 8 の内面までの最大距離を内面間距離 T c h とする。また、幅方向 D W に互いに対向しているコア横部 2 7 の内面同士の間最大距離を横部間距離 W s i とする。

10

【 0 0 3 8 】

そして、内面間距離 T c h は、ギャップ距離 G a p よりも大きくなっている、すなわち、 $T c h > G a p$  とされている。さらに、横部間距離 W s i は、内面間距離 T c h よりも大きくなっている、すなわち、 $W s i > T c h$  とされている。したがって、 $W s i > T c h > G a p$  とされている。

【 0 0 3 9 】

検出部 3 0 は、ギャップ 2 6 5 に配置されている。このため、検出部 3 0 は、第 1 端面 2 6 1 を幅方向 D W に投影したとき、投影した第 1 端面 2 6 1 と重なる。また、検出部 3 0 は、第 2 端面 2 6 2 を幅方向 D W に投影したとき、投影した第 2 端面 2 6 2 と重なる。さらに、検出部 3 0 は、検出素子 3 1 および図示しない I C 等を含む。なお、I C は、I

20

n t e g r a t e d C i r c u i t の略である。

【 0 0 4 0 】

検出素子 3 1 は、ホール素子、T M R 素子、G M R 素子および A M R 素子等である。また、検出素子 3 1 は、幅方向 D W の磁界の強さ、ここでは、後述するように、第 1 方向 D m 1 の磁界と第 2 方向 D m 2 の磁界とが合わされた磁界の強さを検出する。さらに、検出素子 3 1 は、この検出した磁界の強さに応じた信号、例えば、この検出した磁界の強さに応じた電圧を外部に出力する。なお、T M R は、T u n n e l M a g n e t o R e s i s t i v e の略である。G M R は、G i a n t M a g n e t o R e s i s t i v e の略である。A M R は、A n i s o t r o p i c M a g n e t o R e s i s t i v e の略である。第 1 方向 D m 1 は、第 1 端面 2 6 1 から第 2 端面 2 6 2 に向かう方向である。第 2 方向 D m 2 は、第 2 端面 2 6 2 から第 1 端面 2 6 1 に向かう

30

方向である。

【 0 0 4 1 】

ここで、厚み方向 D T における第 1 端面 2 6 1 の中心を通るとともに厚み方向 D T と直交する面をギャップ中心面 S o \_ G a p とする。そして、検出素子 3 1 は、ギャップ中心面 S o \_ G a p 上に配置されている。なお、ギャップ中心面 S o \_ G a p は、厚み方向 D T における第 2 端面 2 6 2 の中心を通るとともに厚み方向 D T と直交する面であってもよい。

【 0 0 4 2 】

リード線 3 5 は、検出部 3 0 と接続されている。基板 4 0 は、プリント基板である。また、基板 4 0 は、はんだ付け等によりリード線 3 5 と接続されている。

40

【 0 0 4 3 】

判定部 4 5 は、I C およびマイコン等を主体として構成されており、C P U、R O M、フラッシュメモリ、R A M、I / O、駆動回路、A D コンバータ、ローパスフィルタ、通信回路およびこれらの構成を接続するバスライン等を備えている。また、判定部 4 5 は、基板 4 0 に配置されている。さらに、判定部 4 5 は、判定部 4 5 の R O M に記憶されたプログラムを実行することにより、リード線 3 5 および基板 4 0 を介して、検出素子 3 1 からの信号を取得する。また、判定部 4 5 は、この取得した信号に基づいて、バッテリー 1 2 および充電器 1 4 の間にて生じた漏電量 M \_ l e a k を算出するとともに、漏電異常があるか否かを判定する。さらに、判定部 4 5 は、この判定結果に応じた信号を、図示しないターミナル等を介して、図示しない警報装置等の外部装置に出力する。

50

## 【 0 0 4 4 】

ケース 5 0 は、例えば、ポリブチレンテレフタレート等の熱可塑性樹脂で射出成形されることにより形成されている。また、ケース 5 0 には、図示しないカラーが形成されている。このカラーに外部のシャフト等が挿入されることによって、ケース 5 0 と外部とが接続される。これにより、電流センサ 2 0 と外部とが固定される。

## 【 0 0 4 5 】

さらに、ケース 5 0 は、コア収容室 5 2、基板収容室 5 4、第 1 開口部 6 1 および第 2 開口部 6 2 を有する。

## 【 0 0 4 6 】

コア収容室 5 2 には、コア 2 5 が収容されている。また、ケース 5 0 の内面とコア 2 5 の表面との間には、図示しないウレタン等の樹脂が、インサート成形等されることによりコア収容室 5 2 に充填されている。これにより、コア収容室 5 2 が封止されることから、コア 2 5 等の各部品が保護される。

## 【 0 0 4 7 】

基板収容室 5 4 では、検出部 3 0、リード線 3 5、基板 4 0 および判定部 4 5 が収容されている。また、検出部 3 0 がギャップ 2 6 5 に配置されるため、基板収容室 5 4 は、ケース 5 0 のうちギャップ 2 6 5 側に形成されている。

## 【 0 0 4 8 】

第 1 開口部 6 1 の一部は、コア穴 2 9 のうち第 1 バスバ 2 1 側に挿入されている。また、第 1 開口部 6 1 の空間には、第 1 バスバ 2 1 の一部が挿入されている。さらに、第 1 開口部 6 1 は、第 1 開口部面 6 1 0 および第 1 開口部突起 6 1 2 を含む。

## 【 0 0 4 9 】

第 1 開口部面 6 1 0 は、幅方向 DW および厚み方向 DT に第 1 バスバ 2 1 と対向している。第 1 開口部突起 6 1 2 は、第 1 開口部面 6 1 0 から第 1 バスバ 2 1 に向かって突出している。これにより、第 1 開口部突起 6 1 2 は、第 1 バスバ 2 1 と接触している。このため、ケース 5 0 と第 1 バスバ 2 1 との位置決めがされる。さらに、第 1 開口部面 6 1 0 および第 1 バスバ 2 1 の間に空間が形成されている。

## 【 0 0 5 0 】

第 2 開口部 6 2 の一部は、コア穴 2 9 のうち第 2 バスバ 2 2 側に挿入されている。また、第 2 開口部 6 2 の空間には、第 2 バスバ 2 2 の一部が挿入されている。さらに、第 2 開口部 6 2 は、第 2 開口部面 6 2 0 および第 2 開口部突起 6 2 2 を含む。

## 【 0 0 5 1 】

第 2 開口部面 6 2 0 は、幅方向 DW および厚み方向 DT に第 2 バスバ 2 2 と対向している。第 2 開口部突起 6 2 2 は、第 2 開口部面 6 2 0 から第 2 バスバ 2 2 に向かって突出している。これにより、第 2 開口部突起 6 2 2 は、第 2 バスバ 2 2 と接触している。このため、ケース 5 0 と第 2 バスバ 2 2 との位置決めがされる。さらに、第 2 開口部面 6 2 0 および第 2 バスバ 2 2 の間に空間が形成されている。

## 【 0 0 5 2 】

以上のように、第 1 実施形態の電流センサ 2 0 は、構成されている。次に、電流センサ 2 0 による電流検出および漏電異常判定について説明する。

## 【 0 0 5 3 】

図 1 に示すように、第 1 バスバ 2 1 の一端は、充電器 1 4 の一端に接続されている。また、第 1 バスバ 2 1 の他端は、バッテリー 1 2 の一端に接続されている。さらに、第 2 バスバ 2 2 の一端は、バッテリー 1 2 の他端に接続されている。また、第 2 バスバ 2 2 の他端は、充電器 1 4 の他端に接続されている。このため、バッテリー 1 2 が充電器 1 4 により充電されるとき、図 1 および図 3 に示すように、充電器 1 4 から第 1 バスバ 2 1 を経由してバッテリー 1 2 に第 1 電流  $I_{c1}$  が流れる。また、バッテリー 1 2 から第 2 バスバ 2 2 を経由して充電器 1 4 に第 2 電流  $I_{c2}$  が流れる。

## 【 0 0 5 4 】

このとき、第 1 バスバ 2 1 を流れる第 1 電流  $I_{c1}$  により、第 1 バスバ 2 1 を通るとと

10

20

30

40

50

もに長手方向DLに延びる軸を中心とする周方向の磁界が発生する。この発生した磁界により、磁力線がギャップ形成部26のうち第1バスバ21側を通過する。このギャップ形成部26を通過した磁力線の一部は、第1コア突起281およびコア穴29を經由してコア底部28のうち第1バスバ21側を通過する。また、このギャップ形成部26を通過した磁力線の一部は、第1端面261からギャップ265および検出素子31を經由して第2端面262を通過する。

【0055】

また、このとき、第2バスバ22を流れる第2電流Ic2により、第2バスバ22を通過するとともに長手方向DLに延びる軸を中心とする周方向の磁界が発生する。この発生した磁界により、磁力線がギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過する。このギャップ形成部26を通過した磁力線の一部は、第2コア突起282およびコア穴29を經由してコア底部28の第2バスバ22側を通過する。また、このギャップ形成部26を通過した磁力線の一部は、第2端面262からギャップ265および検出素子31を經由して第1端面261を通過する。

10

【0056】

したがって、このとき、第1方向Dm1の磁力線と第2方向Dm2の磁力線とが検出素子31を通過するため、検出素子31は、第1方向Dm1の磁界と第2方向Dm2の磁界とが合わされた磁界の強さを検出する。これにより、検出素子31は、第1電流Ic1および第2電流Ic2を検出する。また、検出素子31は、この検出した磁界の強さに応じた信号を、リード線35および基板40を介して判定部45に出力する。

20

【0057】

ここで、バッテリー12および充電器14の間における電流の流れが正常である場合、例えば、漏電等が生じていない場合、バッテリー12、充電器14および電流センサ20が直列に接続されていることから、第1電流Ic1と第2電流Ic2とは同じである。このため、検出素子31にかかる第1方向Dm1の磁界の強さと第2方向Dm2の磁界の強さとが同じになる。さらに、第1方向Dm1は、第2方向Dm2と逆方向である。したがって、この場合、検出素子31にかかる第1方向Dm1の磁界と第2方向Dm2の磁界とが合わされた磁界の強さは、ゼロになる。

【0058】

また、バッテリー12および充電器14の間において漏電が生じた場合、第1電流Ic1と第2電流Ic2とが異なる。このため、検出素子31にかかる第1方向Dm1の磁界の強さと第2方向Dm2の磁界の強さとが異なる。よって、検出素子31にかかる第1方向Dm1の磁界と第2方向Dm2の磁界とが合わされた磁界の強さの絶対値がゼロよりも大きくなる。

30

【0059】

したがって、判定部45は、検出素子31からの信号に基づいて漏電量M<sub>leak</sub>を算出するとともに、この算出した漏電量M<sub>leak</sub>と閾値M<sub>leak\_th</sub>とを比較する。これにより、判定部45は、バッテリー12および充電器14の間において漏電異常があるか否かを判定する。なお、閾値M<sub>leak\_th</sub>は、漏電異常が判定されるように、実験やシミュレーション等により設定される。

40

【0060】

具体的には、判定部45は、検出素子31の信号とマップとから、漏電量M<sub>leak</sub>を算出する。なお、漏電量M<sub>leak</sub>を算出するためのマップは、実験やシミュレーション等により設定されている。例えば、このマップにより、上記絶対値が大きくなることに伴って、算出される漏電量M<sub>leak</sub>は、大きくなる。

【0061】

そして、判定部45は、この算出した漏電量M<sub>leak</sub>が閾値M<sub>leak\_th</sub>未満であるとき、漏電異常がない、すなわち、バッテリー12および充電器14の間における電流の流れが正常であると判定する。また、判定部45は、この算出した漏電量M<sub>leak</sub>が閾値M<sub>leak\_th</sub>以上であるとき、バッテリー12および充電器14の間にお

50

いて漏電異常があると判定する。さらに、判定部 45 は、この判定結果に応じた信号を、図示しないターミナル等を介して、図示しない警報装置等の外部装置に出力する。

【0062】

以上のように、電流センサ 20 は、電流検出および漏電異常判定を行う。次に、電流センサ 20 により、電流検出精度の低下が抑制されることについて説明する。

【0063】

ここで、図 4 に示すように、比較例として、第 1 コア突起 281 および第 2 コア突起 282 が形成されていないとする。この場合、ギャップ 265 内において、第 1 電流  $I_{c1}$  および第 2 電流  $I_{c2}$  によって発生する磁界の方向が互いに逆方向となる箇所が生じることから、2つの磁界が互いに打ち消し合う箇所が生じる。また、ギャップ 265 内において、第 1 バスバ 21 および第 2 バスバ 22 に流れる電流によって発生する磁界の方向がギャップ 265 からコア底部 28 に向かう方向となる箇所が生じることから、2つの磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所が生じる。ここでは、第 1 端面 261 および第 2 端面 262 のコア穴 29 側の端周辺の磁界密度が比較的大きくなる。これらのため、ギャップ 265 内の磁界の勾配が大きくなる。これにより、検出素子 31 の位置がずれることで、検出素子 31 による磁界の強さの検出精度が低下する。したがって、このとき、電流検出精度が低下する。なお、図 4 において、2つの磁界が互いに打ち消し合う箇所および打ち消し合いにくい箇所を示すため、磁界密度が比較的大きい箇所がドット柄で示されている。

10

【0064】

これに対して、本実施形態の電流センサ 20 では、ギャップ形成部 26 は、第 1 コア内面 271、第 1 コア突起 281、第 2 コア内面 272 および第 2 コア突起 282 を含む。第 1 コア内面 271 および第 2 コア内面 272 は、厚み方向 DT 内側を向いている面である。第 1 コア突起 281 は、第 1 コア内面 271 のうち、第 1 面 S1 および第 2 面 S2 の間の範囲から厚み方向 DT に突出している。第 2 コア突起 282 は、第 2 コア内面 272、第 1 面 S1 および第 2 面 S2 の間の範囲から厚み方向 DT に突出している。

20

【0065】

これにより、ギャップ形成部 26 のうち第 1 バスバ 21 側を通過した磁力線の一部は、第 1 コア突起 281 を通過する。第 1 コア突起 281 を通過した磁力線は、コア穴 29 およびコア底部 28 の第 1 バスバ 21 側を通過する。このため、第 1 電流  $I_{c1}$  および第 2 電流  $I_{c2}$  によって発生する磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所が、図 5 に示すように、第 1 コア突起 281 周辺となる。なお、図 5 において、2つの磁界が互いに打ち消し合う箇所および打ち消し合いにくい箇所を示すため、磁界密度が比較的大きい箇所がドット柄で示されている。

30

【0066】

また、ギャップ形成部 26 のうち第 2 バスバ 22 側を通過した磁力線の一部は、第 2 コア突起 282 を通過する。第 2 コア突起 282 を通過した磁力線は、コア穴 29 およびコア底部 28 の第 2 バスバ 22 側を通過する。このため、第 1 電流  $I_{c1}$  および第 2 電流  $I_{c2}$  によって発生する磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所が、第 2 コア突起 282 周辺となる。

【0067】

さらに、第 1 コア突起 281 は、第 1 コア内面 271 から厚み方向 DT に突出しているとともに、第 2 コア突起 282 が第 2 コア内面 272 から厚み方向 DT に突出している。このため、検出素子 31 は、第 1 コア突起 281 および第 2 コア突起 282 が形成されていない場合と比較して、第 1 電流  $I_{c1}$  および第 2 電流  $I_{c2}$  によって発生する磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所から離れやすい。

40

【0068】

したがって、図 6 に示すように、幅方向 DW における検出素子 31 の位置が基準位置からずれることによって生じる検出素子 31 の信号値の変化が、第 1 コア突起 281 および第 2 コア突起 282 が形成されていない場合と比較して小さい。よって、検出素子 31 による磁界の強さの検出精度が低下することが抑制されるため、電流検出精度の低下が抑制

50

される。なお、図6において、 $X$ は、幅方向DWにおける検出素子31の基準位置からのずれ量である。また、ここでは、第1方向Dm1のずれ量が、 $X$ の正方向のずれ量とされている。さらに、検出素子31の基準位置は、例えば、ギャップ265の中心である。Sは、検出素子31の信号値である。Sbは、基準位置における検出素子31の信号値である。Sは、基準位置における検出素子31の信号値に対する基準位置からのずれによって生じる信号値の変化の割合であって、 $(S - S_b) / S_b$ で表される。第1コア突起281および第2コア突起282が形成されていない場合の $X$ に対するSがREFと破線とで示されている。第1コア突起281および第2コア突起282が形成されている場合の $X$ に対するSが実線で示されている。

【0069】

また、電流センサ20では、下記に記載する効果も奏する。

【0070】

[1-1]第1コア突起281は、厚み方向DTにおいてコア底部28と離れている。また、第2コア突起282は、厚み方向DTにおいてコア底部28と離れている。

【0071】

これにより、第1コア突起281とコア底部28とが接触している場合と比較して、第1コア突起281およびコア底部28の間の磁気抵抗が大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第1バスバ21側を通過した磁力線は、第1コア突起281を通過するだけでなく、第1端面261からギャップ265および検出素子31を経由して第2端面262を通過しやすくなる。また、第2コア突起282とコア底部28とが接触している場合と比較して、第2コア突起282およびコア底部28の間の磁気抵抗が大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過した磁力線は、第2コア突起282を通過するだけでなく、第2端面262からギャップ265および検出素子31を経由して第1端面261を通過しやすくなる。したがって、検出素子31を通過する磁力線の数が多くなることから、検出素子31の感度が大きくなる。このため、SNRが大きくなる。よって、検出素子31による磁界の強さの検出精度の低下が抑制されることから、電流検出精度の低下が抑制される。なお、SNRは、Signal Noise Ratioの略である。

【0072】

[1-2]第1突起幅Wp1は、第1距離Wb1以下とされている、すなわち、 $W_p1 \leq W_b1$ とされている。また、第2突起幅Wp2は、第2距離Wb2以下とされている、すなわち、 $W_p2 \leq W_b2$ とされている。

【0073】

これにより、第1コア突起281の磁気抵抗が、 $W_p1 > W_b1$ である場合と比較して大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第1バスバ21側を通過した磁力線は、第1コア突起281を通過するだけでなく、第1端面261からギャップ265および検出素子31を経由して第2端面262を通過しやすくなる。また、第2コア突起282の磁気抵抗が、 $W_p2 > W_b2$ である場合と比較して大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過した磁力線は、第2コア突起282を通過するだけでなく、第2端面262からギャップ265および検出素子31を経由して第1端面261を通過しやすくなる。したがって、検出素子31を通過する磁力線の数が多くなることから、検出素子31の感度が大きくなる。このため、SNRが大きくなる。よって、検出素子31による磁界の強さの検出精度の低下が抑制されることから、電流検出精度の低下が抑制される。

【0074】

[1-3]検出素子31は、ギャップ中心面So\_Gap上に配置されている。これにより、検出素子31は、ギャップ中心面So\_Gapよりもコア穴29側に配置されている場合と比較して、第1コア突起281および第2コア突起282と離れやすい。このため、検出素子31は、第1電流Ic1および第2電流Ic2によって発生する磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所から離れやすい。したがって、検出素子31による磁界の強さ

10

20

30

40

50

の検出精度が低下することが抑制されるため、電流検出精度の低下が抑制される。

【0075】

[1-4] 判定部45は、検出素子31から出力された信号に基づいて、バッテリー12および充電器14の間において異常があるか否かを判定する。これにより、バッテリー12および充電器14の間において異常が検出される。

【0076】

[1-5] 内面間距離Tchは、ギャップ距離Gapよりも大きくなっている、すなわち、 $Tch > Gap$ とされている。

【0077】

これにより、内面間距離Tchがギャップ距離Gap以下である場合と比較して、コア穴29の磁気抵抗が大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第1バスバ21側を通過した磁力線は、コア穴29を通過するだけでなく、第1端面261からギャップ265および検出素子31を経由して第2端面262を通過しやすくなる。また、ギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過した磁力線は、コア穴29を通過するだけでなく、第2端面262からギャップ265および検出素子31を経由して第1端面261を通過しやすくなる。

10

【0078】

したがって、検出素子31を通過する磁力線の数が多くなることから、検出素子31の感度が大きくなるため、SNRが大きくなる。よって、図7に示すように、幅方向DWにおける検出素子31の位置が基準位置からずれることによって生じる検出素子31の信号値の変化が、内面間距離Tchがギャップ距離Gap以下である場合と比較して小さい。したがって、検出素子31による磁界の強さの検出精度が低下することが抑制されるため、電流検出精度の低下が抑制される。なお、図7において、X、S、Sb、Sは、上記と同様である。また、内面間距離Tchがギャップ距離Gap以下である場合、すなわち、 $Tch < Gap$ である場合のXに対するSがREFと破線とで示されている。さらに、内面間距離Tchがギャップ距離Gapよりも大きい場合、すなわち、 $Tch > Gap$ である場合のXに対するSが実線で示されている。

20

【0079】

[1-6] 横部間距離Wsiは、内面間距離Tchよりも大きくなっている、すなわち、 $Wsi > Tch$ とされている。

30

【0080】

これにより、横部間距離Wsiが内面間距離Tch以下である場合と比較して、ギャップ形成部26における磁界の幅方向DWの成分が大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第1バスバ21側を通過した磁力線は、第1端面261からギャップ265および検出素子31を経由して第2端面262を通過しやすくなる。また、ギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過した磁力線は、第2端面262からギャップ265および検出素子31を経由して第1端面261を通過しやすくなる。したがって、検出素子31を通過する磁力線の数が多くなることから、検出素子31の感度が大きくなる。このため、SNRが大きくなる。よって、検出素子31による磁界の強さの検出精度の低下が抑制されることから、電流検出精度の低下が抑制される。

40

【0081】

[1-7] 横内側角部C\_\_in\_\_topは、R形状になっている。また、底内側角部C\_\_in\_\_btmは、R形状になっている。

【0082】

これにより、コア25の内部の磁路長が短くなることから、コア25の内部の反磁界の強さが大きくなる。このため、コア25の磁束密度が抑制される。したがって、コア25の磁気飽和が抑制される。

【0083】

[1-8] ケース50は、第1開口部61および第2開口部62を有する。第1開口部61は、第1開口部面610および第1開口部突起612を含む。第1開口部突起612

50

が第1バスバ21と接触していることにより、ケース50と第1バスバ21との位置決めがされているとともに、第1開口部面610および第1バスバ21の間に空間が形成されている。第2開口部62は、第2開口部面620および第2開口部突起622を含む。第2開口部突起622が第2バスバ22と接触していることにより、ケース50と第2バスバ22との位置決めがされているとともに、第2開口部面620および第2バスバ22の間に空間が形成されている。これらの空間により、第1バスバ21および第2バスバ22に電流が流れることによって発生した熱がケース50に伝わりにくくなる。このため、ケース50から検出素子31に熱が伝わりにくくなる。したがって、検出素子31の特性変化および故障が抑制される。

【0084】

(第2実施形態)

第2実施形態では、検出素子31の配置が第1実施形態と異なる。これ以外は、第1実施形態と同様である。

【0085】

検出素子31は、図8に示すように、ギャップ中心面So\_Gapよりもコア穴29とは反対側に配置されている。

【0086】

以上のように、第2実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第2実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0087】

(第3実施形態)

第3実施形態では、検出素子31の配置が第1実施形態と異なる。これ以外は、第1実施形態と同様である。

【0088】

ここで、図9に示すように、第1コア突起281は、第1突起面2810を含む。第1突起面2810は、幅方向DWを向いている。また、第1突起面2810は、幅方向DWと直交する面であって、幅方向DWと交差する面に対応する。さらに、ここでは、第1突起面2810は、第1端面261と同一面上に位置している。なお、第1突起面2810は、第1端面261と同一面上に位置していることに限定されなくてよい。

【0089】

また、第2コア突起282は、第2突起面2820を含む。第2突起面2820は、幅方向DWを向いている。さらに、第2突起面2820は、幅方向DWと直交する面であって、幅方向DWと交差する面に対応する。また、第2突起面2820は、第1端面261および第1突起面2810と幅方向DWに対向している。さらに、ここでは、第2突起面2820は、第2端面262と同一面上に位置している。なお、第2突起面2820は、第2端面262と同一面上に位置していることに限定されなくてよい。

【0090】

また、ここで、第1突起面2810および第1端面261を合わせた面の厚み方向DTにおける中心を通るとともに厚み方向DTと直交する面を中心面Sopとする。そして、検出素子31は、中心面Sop上に配置されている。なお、中心面Sopは、第2突起面2820および第2端面262を合わせた面の厚み方向DTにおける中心を通るとともに厚み方向DTと直交する面であってもよい。

【0091】

以上のように、第3実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第3実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0092】

(第4実施形態)

第4実施形態では、検出素子31の配置が第3実施形態と異なる。これ以外は、第3実

10

20

30

40

50

施形態と同様である。

【0093】

検出素子31は、図10に示すように、中心面Sopよりもコア穴29とは反対側に配置されている。

【0094】

以上のように、第4実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第4実施形態においても、第3実施形態と同様の効果を奏する。

【0095】

(第5実施形態)

第5実施形態では、コア25の形態が第1実施形態と異なる。これ以外は、第1実施形態と同様である。 10

【0096】

具体的には、図11に示すように、ギャップ形成部26は、第1コア突起281および第2コア突起282を含まない。また、コア底部28は、底部内面280に加えて、凹部605を含む。

【0097】

ここで、幅方向DWにおける第1バスバ21の中心を通るとともに幅方向DWと直交する面を第1中心面Sob1とする。さらに、幅方向DWにおける第2バスバ22の中心を通るとともに幅方向DWと直交する面を第2中心面Sob2とする。

【0098】

そして、凹部605は、底部内面280のうち第1中心面Sob1および第2中心面Sob2の間の範囲から厚み方向DTに凹んでいる。 20

【0099】

また、ここで、幅方向DWにおける凹部605の最大長さを凹部幅Wcrとする。さらに、幅方向DWにおける第1中心面Sob1から第2中心面Sob2までの距離を中心間距離Wobとする。また、厚み方向DTにおけるギャップ形成部26の内面から凹部605の底面606までの最大距離を凹部距離Tcbとする。

【0100】

そして、凹部幅Wcrは、中心間距離Wob以下とされている、すなわち、 $Wcr < Wob$ とされている。さらに、凹部距離Tcbは、ギャップ距離Gapよりも大きくなっている、すなわち、 $Tcb > Gap$ とされている。 30

【0101】

以上のように、第5実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第5実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を奏する。また、第5実施形態では、下記に記載する効果も奏する。

【0102】

[2] コア底部28は、底部内面280と、凹部605と、を含む。底部内面280は、厚み方向DTを向いている面である。凹部605は、底部内面280のうち、第1中心面Sob1および第2中心面Sob2の間の範囲から厚み方向DTに凹んでいる。また、凹部幅Wcrは、中心間距離Wob以下とされている。さらに、凹部距離Tcbは、ギャップ距離Gapよりも大きくなっている。 40

【0103】

これにより、コア穴29の磁気抵抗が、凹部605が形成されていない場合と比較して大きくなる。このため、ギャップ形成部26のうち第1バスバ21側を通過した磁力線は、コア穴29を通過するだけでなく、第1端面261からギャップ265および検出素子31を経由して第2端面262を通過しやすくなる。また、ギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過した磁力線は、コア穴29を通過するだけでなく、第2端面262からギャップ265および検出素子31を経由して第1端面261を通過しやすくなる。したがって、検出素子31を通過する磁力線の数が多くなることから、検出素子31の感度が大きくなる。このため、SNRが大きくなる。よって、検出素子31による磁界の強 50

さの検出精度の低下が抑制されることから、電流検出精度の低下が抑制される。

【0104】

(第6実施形態)

第6実施形態では、凹部605の形態が第5実施形態と異なる。これ以外は、第5実施形態と同様である。

【0105】

具体的には、図12に示すように、凹部605は、底部内面280のうち第1面S1および第2面S2の間の範囲から厚み方向DTに凹んでいる。

【0106】

ここで、幅方向DWにおける第1対向面211から第2対向面222までの最大距離をバスバ間距離Wbbとする。そして、凹部幅Wcrは、バスバ間距離Wbb以下とされている、すなわち、 $Wcr \leq Wbb$ とされている。

10

【0107】

以上のように、第6実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第6実施形態においても、第5実施形態と同様の効果を奏する。

【0108】

(第7実施形態)

第7実施形態では、凹部605の形態が第5実施形態と異なる。これ以外は、第5実施形態と同様である。

【0109】

ここで、図13に示すように、第1端面261およびコア底部28を通るとともに幅方向DWと直交する面を第1通過面Si1とする。また、第2端面262およびコア底部28を通るとともに幅方向DWと直交する面を第2通過面Si2とする。

20

【0110】

そして、凹部605は、底部内面280のうち第1通過面Si1および第2通過面Si2の間の範囲から厚み方向DTに凹んでいる。さらに、凹部幅Wcrは、ギャップ距離Gap以下とされている、すなわち、 $Wcr \leq Gap$ とされている。

【0111】

以上のように、第7実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第7実施形態においても、第5実施形態と同様の効果を奏する。

30

【0112】

(第8実施形態)

第8実施形態では、第1コア突起281および第2コア突起282の形態が第1実施形態と異なる。これ以外は、第1実施形態と同様である。

【0113】

具体的には、図14に示すように、第1コア突起281は、第1コア内面271から突出していることに代えて、第1コア外面291から厚み方向DTに突出している。また、第1コア突起281は、第1コア外面291のうち、第1面S1および第2面S2の間の範囲、ここでは、第1面S1および第1端面261の間の範囲から厚み方向DTに突出している。なお、第1コア外面291は、ギャップ形成部26の第1バスバ21側の外面であって、ギャップ形成部26のうち厚み方向DT外側を向いている面である。

40

【0114】

第2コア突起282は、第2コア内面272から突出していることに代えて、第2コア外面292から厚み方向DTに突出している。また、第2コア突起282は、第2コア外面292のうち、第1面S1および第2面S2の間の範囲、ここでは、第2面S2および第2端面262の間の範囲から厚み方向DTに突出している。なお、第2コア外面292は、ギャップ形成部26の第2バスバ22側の外面であって、ギャップ形成部26のうち厚み方向DT外側を向いている面である。

【0115】

以上のように、第8実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第8実施形態

50

においても、第 1 実施形態と同様の効果を奏する。また、第 8 実施形態では、下記に記載する効果も奏する。

【 0 1 1 6 】

[ 3 ] ギャップ形成部 2 6 は、第 1 コア外面 2 9 1、第 1 コア突起 2 8 1、第 2 コア外面 2 9 2 および第 2 コア突起 2 8 2 を含む。第 1 コア外面 2 9 1 および第 2 コア外面 2 9 2 は、厚み方向 D T 外側を向いている面である。第 1 コア突起 2 8 1 は、第 1 コア外面 2 9 1 のうち、第 1 面 S 1 および第 2 面 S 2 の間の範囲から厚み方向 D T に突出している。第 2 コア突起 2 8 2 は、第 2 コア外面 2 9 2 のうち、第 1 面 S 1 および第 2 面 S 2 の間の範囲から厚み方向 D T に突出している。

【 0 1 1 7 】

これにより、ギャップ形成部 2 6 のうち第 1 バスバ 2 1 側を通過した磁力線の一部は、第 1 コア突起 2 8 1 を通過する。第 1 コア突起 2 8 1 を通過した磁力線は、ギャップ 2 6 5 を経由して第 2 端面 2 6 2 を通過する。このとき、第 1 コア突起 2 8 1 を通過した磁力線は、検出素子 3 1 を通過する。このため、検出素子 3 1 には、第 1 端面 2 6 1 からの磁力線に加えて、第 1 コア突起 2 8 1 からの磁力線が通過する。また、ギャップ形成部 2 6 のうち第 2 バスバ 2 2 側を通過した磁力線の一部は、第 2 コア突起 2 8 2 を通過する。第 2 コア突起 2 8 2 を通過した磁力線は、ギャップ 2 6 5 を経由して第 1 端面 2 6 1 を通過する。このとき、第 2 コア突起 2 8 2 を通過した磁力線は、検出素子 3 1 を通過する。このため、検出素子 3 1 には、第 2 端面 2 6 2 からの磁力線に加えて、第 2 コア突起 2 8 2 からの磁力線が通過する。したがって、検出素子 3 1 を通過する磁力線の数が多くなることから、検出素子 3 1 の感度が大きくなる。このため、S N R が大きくなる。

【 0 1 1 8 】

よって、図 1 5 に示すように、幅方向 D W における検出素子 3 1 の位置が基準位置からずれることによって生じる検出素子 3 1 の信号値の変化が、第 1 コア突起 2 8 1 および第 2 コア突起 2 8 2 が形成されていない場合と比較して小さい。したがって、検出素子 3 1 による磁界の強さの検出精度が低下することが抑制されるため、電流検出精度の低下が抑制される。なお、図 1 5 において、X、S、S b、S は、上記と同様である。また、第 1 コア突起 2 8 1 および第 2 コア突起 2 8 2 が形成されていない場合の X に対する S が R E F と破線とで示されている。さらに、第 1 コア突起 2 8 1 および第 2 コア突起 2 8 2 が形成されている場合の X に対する S が実線で示されている。

【 0 1 1 9 】

( 第 9 実施形態 )

第 9 実施形態では、検出素子 3 1 の配置が第 8 実施形態と異なる。これ以外は、第 8 実施形態と同様である。

【 0 1 2 0 】

検出素子 3 1 は、図 1 6 に示すように、ギャップ中心面 S o \_ \_ G a p よりもコア穴 2 9 とは反対側に配置されている。

【 0 1 2 1 】

以上のように、第 9 実施形態の電流センサ 2 0 は、構成されている。この第 9 実施形態においても、第 8 実施形態と同様の効果を奏する。

【 0 1 2 2 】

( 第 1 0 実施形態 )

第 1 0 実施形態では、検出素子 3 1 の配置が第 8 実施形態と異なる。これ以外は、第 8 実施形態と同様である。

【 0 1 2 3 】

検出素子 3 1 は、図 1 7 に示すように、中心面 S o p 上に配置されている。なお、上記したように、中心面 S o p は、第 1 突起面 2 8 1 0 および第 1 端面 2 6 1 を合わせた面の厚み方向 D T における中心を通るとともに厚み方向 D T と直交する面である。また、第 1 突起面 2 8 1 0 は、第 1 コア突起 2 8 1 のうち幅方向 D W を向いている面である。

【 0 1 2 4 】

10

20

30

40

50

以上のように、第10実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第10実施形態においても、第8実施形態と同様の効果を奏する。

【0125】

(第11実施形態)

第11実施形態では、検出素子31の配置が第10実施形態と異なる。これ以外は、第10実施形態と同様である。

【0126】

検出素子31は、図18に示すように、中心面Sopよりもコア穴29とは反対側に配置されている。

【0127】

以上のように、第11実施形態の電流センサ20は、構成されている。この第11実施形態においても、第10実施形態と同様の効果を奏する。

【0128】

(第12実施形態)

第12実施形態では、コア25の形態が第1実施形態と異なる。さらに、検出部30の形態が第1実施形態と異なる。また、電流センサ20は、リード線35に代えて、第1リード線351および第2リード線352を備える。さらに、基板40の配置および基板収容室54の形態が第1実施形態と異なる。また、電流センサ20による電流検出および漏電異常判定が第1実施形態と異なる。これら以外は、第1実施形態と同様である。

【0129】

具体的には、図19～図21に示すように、コア底部28は、底部内面280に加えて、第1底部突起601、第2底部突起602および凹部605を含む。

【0130】

第1底部突起601は、底部内面280のうち第1面S1および第1通過面Si1の間の範囲から厚み方向DTに突出している。さらに、第1底部突起601は、第1コア突起281を厚み方向DTに投影したとき、投影した第1コア突起281と重なる。

【0131】

また、ここで、幅方向DWにおける第1底部突起601の最大長さを第1幅 $W \times 1$ とする。そして、第1幅 $W \times 1$ は、第1距離 $W b 1$ 以下とされている、すなわち、 $W \times 1 \leq W b 1$ とされている。さらに、第1幅 $W \times 1$ は、第1突起幅 $W p 1$ と同じとされている。なお、ここでは、「同じ」は、製造誤差範囲を含む。また、第1幅 $W \times 1$ は、第1突起幅 $W p 1$ と同じであることに限定されないで、第1突起幅 $W p 1$ と異なってもよい。

【0132】

第2底部突起602は、底部内面280のうち第2面S2および第2通過面Si2の間の範囲から厚み方向DTに突出している。さらに、第2底部突起602は、第2コア突起282を厚み方向DTに投影したとき、投影した第2コア突起282と重なる。

【0133】

また、ここで、幅方向DWにおける第2底部突起602の最大長さを第2幅 $W \times 2$ とする。そして、第2幅 $W \times 2$ は、第2距離 $W b 2$ 以下とされている、すなわち、 $W \times 2 \leq W b 2$ とされている。さらに、第2幅 $W \times 2$ は、第2突起幅 $W p 2$ と同じとされている。なお、第2幅 $W \times 2$ は、第2突起幅 $W p 2$ と同じであることに限定されないで、第2突起幅 $W p 2$ と異なってもよい。

【0134】

凹部605は、底部内面280のうち第1底部突起601および第2底部突起602の間の範囲から厚み方向DTに凹んでいる。

【0135】

ここで、幅方向DWにおける第1底部突起601から第2底部突起602までの最小距離を突起間距離 $W p b$ とする。そして、凹部幅 $W c r$ は、突起間距離 $W p b$ 以下とされている、すなわち、 $W c r \leq W p b$ とされている。

【0136】

10

20

30

40

50

検出部 30 は、ここでは、コア穴 29 に配置されている。さらに、検出部 30 は、検出素子 31 に代えて、第 1 検出素子 311 および第 2 検出素子 312 を含む。第 1 検出素子 311 および第 2 検出素子 312 は、検出素子 31 と同様に、ホール素子、TMR 素子、GMR 素子および AMR 素子等である。

【0137】

また、第 1 検出素子 311 は、第 1 コア突起 281 および第 1 底部突起 601 の間に配置されている。さらに、第 1 検出素子 311 は、厚み方向 DT の磁界の強さ、ここでは、後述するように、第 1 コア突起 281 から第 1 底部突起 601 に向かう方向の磁界の強さを検出する。また、第 1 検出素子 311 は、この検出した磁界の強さに応じた信号、例えば、この検出した磁界の強さに応じた電圧を外部に出力する。

10

【0138】

第 2 検出素子 312 は、第 2 コア突起 282 および第 2 底部突起 602 の間に配置されている。さらに、第 2 検出素子 312 は、厚み方向 DT の磁界の強さ、ここでは、後述するように、第 2 コア突起 282 から第 2 底部突起 602 に向かう方向の磁界の強さを検出する。また、第 2 検出素子 312 は、この検出した磁界の強さに応じた信号、例えば、この検出した磁界の強さに応じた電圧を外部に出力する。

【0139】

第 1 リード線 351 は、図 21 に示すように、第 1 検出素子 311 と接続されている。第 2 リード線 352 は、第 2 検出素子 312 と接続されている。さらに、第 1 リード線 351 および第 2 リード線 352 は、はんだ付け等により基板 40 と接続されている。

20

【0140】

判定部 45 は、判定部 45 の ROM に記憶されたプログラムを実行することにより、第 1 リード線 351 および基板 40 を介して、第 1 検出素子 311 からの信号を取得する。また、判定部 45 は、第 2 リード線 352 および基板 40 を介して、第 2 検出素子 312 からの信号を取得する。さらに、判定部 45 は、これらの取得した信号に基づいて、バッテリー 12 および充電器 14 の間に生じた漏電量  $M\_leak$  を算出するとともに、漏電異常があるか否かを判定する。また、判定部 45 は、この判定結果に応じた信号を、図示しないターミナル等を介して、図示しない警報装置等の外部装置に出力する。

【0141】

基板收容室 54 では、検出部 30、第 1 リード線 351、第 2 リード線 352 および基板 40 が收容されている。また、検出部 30 がコア穴 29 の中央付近に配置されるため、基板收容室 54 は、ケース 50 のうち長手方向 DL 側に形成されている。

30

【0142】

以上のように、第 1 2 実施形態の電流センサ 20 は、構成されている。次に、電流センサ 20 による電流検出および漏電異常判定について説明する。

【0143】

バッテリー 12 が充電器 14 により充電されるとき、図 20 に示すように、第 1 バスバ 21 を流れる第 1 電流  $I_{c1}$  により、第 1 バスバ 21 を通るとともに長手方向 DL に延びる軸を中心とする周方向の磁界が発生する。この発生した磁界により、磁力線がギャップ形成部 26 のうち第 1 バスバ 21 側を通過する。このギャップ形成部 26 を通過した磁力線の一部は、第 1 コア突起 281、コア穴 29、第 1 検出素子 311 および第 1 底部突起 601 を経由して、コア底部 28 のうち第 1 バスバ 21 側を通過する。

40

【0144】

したがって、このとき、第 1 コア突起 281 から第 1 底部突起 601 に向かう方向の磁力線が第 1 検出素子 311 を通過するため、第 1 検出素子 311 は、第 1 電流  $I_{c1}$  によって発生する磁界のうち厚み方向 DT の磁界の強さを検出する。これにより、第 1 検出素子 311 は、第 1 電流  $I_{c1}$  を検出する。また、第 1 検出素子 311 は、この検出した磁界の強さに応じた信号を、第 1 リード線 351 および基板 40 を介して判定部 45 に出力する。

【0145】

50

また、このとき、第2バスバ22を流れる第2電流 $I_{c2}$ により、第2バスバ22を通るとともに長手方向DLに延びる軸を中心とする周方向の磁界が発生する。この発生した磁界により、磁力線がギャップ形成部26のうち第2バスバ22側を通過する。このギャップ形成部26を通過した磁力線の一部は、第2コア突起282、コア穴29、第2検出素子312および第2底部突起602を経由して、コア底部28のうち第2バスバ22側を通過する。

【0146】

よって、このとき、第2コア突起282から第2底部突起602に向かう方向の磁力線が第2検出素子312を通過するため、第2検出素子312は、第2電流 $I_{c2}$ によって発生する磁界のうち厚み方向DTの磁界の強さを検出する。これにより、第2検出素子312は、第2電流 $I_{c2}$ を検出する。また、第2検出素子312は、この検出した磁界の強さに応じた信号を、第2リード線352および基板40を介して判定部45に出力する。

10

【0147】

ここで、バッテリー12および充電器14の間における電流の流れが正常である場合、例えば、漏電等が生じていない場合、バッテリー12、充電器14および電流センサ20が直列に接続されていることから、第1電流 $I_{c1}$ と第2電流 $I_{c2}$ とは同じである。このため、第1検出素子311にかかる厚み方向DTの磁界の強さと、第2検出素子312にかかる厚み方向DTの磁界の強さとが同じになる。また、第1コア突起281から第1底部突起601に向かう方向は、第2コア突起282から第2底部突起602に向かう方向と同じである。したがって、この場合、第1検出素子311の信号値から第2検出素子312の信号値を減算した値は、ゼロになる。

20

【0148】

また、バッテリー12および充電器14の間において漏電が生じた場合、第1電流 $I_{c1}$ と第2電流 $I_{c2}$ とが異なる。このため、第1検出素子311の信号値と第2検出素子312の信号値が異なる。よって、第1検出素子311の信号値から第2検出素子312の信号値を減算した値の絶対値がゼロよりも大きくなる。

【0149】

よって、判定部45は、第1検出素子311の信号に関する値から第2検出素子312の信号に関する値を減算した値を算出する。また、判定部45は、この減算した値に基づいて漏電量 $M_{leak}$ を算出するとともに、この算出した漏電量 $M_{leak}$ と閾値 $M_{leak\_th}$ とを比較する。これにより、判定部45は、バッテリー12および充電器14の間において漏電異常があるか否かを判定する。

30

【0150】

具体的には、判定部45は、この減算した値の絶対値とマップとから、漏電量 $M_{leak}$ を算出する。なお、漏電量 $M_{leak}$ を算出するためのマップは、実験やシミュレーション等により設定されている。例えば、このマップにより、上記減算した値の絶対値が大きくなることに伴って、算出される漏電量 $M_{leak}$ は、大きくなる。

【0151】

そして、判定部45は、この算出した漏電量 $M_{leak}$ が閾値 $M_{leak\_th}$ 未満であるとき、漏電異常がない、すなわち、バッテリー12および充電器14の間における電流の流れが正常であると判定する。また、判定部45は、この算出した漏電量 $M_{leak}$ が閾値 $M_{leak\_th}$ 以上であるとき、バッテリー12および充電器14の間において漏電異常があると判定する。さらに、判定部45は、この判定結果に応じた信号を、図示しないターミナル等を介して、図示しない警報装置等の外部装置に出力する。

40

【0152】

以上のように、第12実施形態の電流センサ20は、電流検出および漏電異常判定を行う。この第12実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を奏する。また、第12実施形態では、下記に記載する効果も奏する。

【0153】

50

[ 4 - 1 ] ここで、第 1 検出素子 3 1 1 は、第 1 バスバ 2 1 に流れる電流によって発生する磁界の強さを検出するところ、第 1 バスバ 2 1 に流れる電流によって発生する磁界は、第 2 バスバ 2 2 に流れる電流によって発生する磁界の影響を受ける。このため、第 1 検出素子 3 1 1 から出力される信号には、第 2 バスバ 2 2 に流れる電流によって発生する磁界ノイズが含まれる。また、第 2 検出素子 3 1 2 は、第 2 バスバ 2 2 に流れる電流によって発生する磁界の強さを検出するところ、第 2 バスバ 2 2 に流れる電流によって発生する磁界は、第 1 バスバ 2 1 に流れる電流によって発生する磁界の影響を受ける。このため、第 2 検出素子 3 1 2 から出力される信号には、第 1 バスバ 2 1 に流れる電流によって発生する磁界ノイズが含まれる。したがって、これらの磁界ノイズにより、第 1 検出素子 3 1 1 および第 2 検出素子 3 1 2 による磁界の強さの検出精度が低下するため、電流検出精度が低下する。 10

【 0 1 5 4 】

これに対して、第 1 2 実施形態の電流センサ 2 0 では、判定部 4 5 は、第 1 検出素子 3 1 1 の信号に関する値から第 2 検出素子 3 1 2 の信号に関する値を減算する。これにより、判定部 4 5 は、第 1 バスバ 2 1 および第 2 バスバ 2 2 に流れる電流に関する値、ここでは、漏電量  $M_{leak}$  に関する値を算出する算出部としての役割を果たす。

【 0 1 5 5 】

上記減算により、第 1 バスバ 2 1 に流れる電流によって発生する磁界ノイズと、第 2 バスバ 2 2 に流れる電流によって発生する磁界ノイズとが互いに打ち消し合う。このため、第 1 バスバ 2 1 および第 2 バスバ 2 2 に流れる電流に関する値に含まれるノイズが減少することから、SNR が大きくなる。よって、電流検出精度の低下が抑制される。 20

【 0 1 5 6 】

[ 4 - 2 ] 判定部 4 5 は、第 1 検出素子 3 1 1 の信号に関する値から第 2 検出素子 3 1 2 の信号に関する値を減算した値に基づいて、バッテリー 1 2 および充電器 1 4 の間における異常があると判定する。これにより、バッテリー 1 2 および充電器 1 4 の間において異常が検出される。

【 0 1 5 7 】

[ 4 - 3 ] ギャップ形成部 2 6 は、第 1 コア内面 2 7 1、第 1 コア突起 2 8 1、第 2 コア内面 2 7 2 および第 2 コア突起 2 8 2 を含む。また、第 1 検出素子 3 1 1 は、第 1 コア突起 2 8 1 およびコア底部 2 8 の間に配置されている。さらに、第 2 検出素子 3 1 2 は、第 2 コア突起 2 8 2 およびコア底部 2 8 の間に配置されている。 30

【 0 1 5 8 】

これにより、ギャップ形成部 2 6 のうち第 1 バスバ 2 1 側を通過した磁力線の一部は、第 1 コア突起 2 8 1 を通過する。また、第 1 コア突起 2 8 1 およびコア底部 2 8 の間の磁気抵抗は、第 1 コア突起 2 8 1 が形成されていない場合と比較して小さくなる。このため、第 1 コア突起 2 8 1 を通過した磁力線は、コア穴 2 9 および第 1 検出素子 3 1 1 を経由して、コア底部 2 8 を通過しやすくなる。したがって、第 1 検出素子 3 1 1 を通過する磁力線の数が多くなることから、第 1 検出素子 3 1 1 の感度が大きくなる。さらに、ギャップ形成部 2 6 のうち第 2 バスバ 2 2 側を通過した磁力線の一部は、第 2 コア突起 2 8 2 を通過する。また、第 2 コア突起 2 8 2 およびコア底部 2 8 の間の磁気抵抗は、第 2 コア突起 2 8 2 が形成されていない場合と比較して小さくなる。このため、第 2 コア突起 2 8 2 を通過した磁力線は、コア穴 2 9 および第 2 検出素子 3 1 2 を経由して、コア底部 2 8 を通過しやすくなる。よって、第 2 検出素子 3 1 2 を通過する磁力線の数が多くなることから、第 2 検出素子 3 1 2 の感度が大きくなる。これらのため、判定部 4 5 によって減算される値の SNR が大きくなる。したがって、電流検出精度の低下が抑制される。 40

【 0 1 5 9 】

[ 4 - 4 ] コア底部 2 8 は、底部内面 2 8 0 と、第 1 底部突起 6 0 1 と、第 2 底部突起 6 0 2 と、を含む。また、第 1 検出素子 3 1 1 は、第 1 コア突起 2 8 1 および第 1 底部突起 6 0 1 の間に配置されている。さらに、第 2 検出素子 3 1 2 は、第 2 コア突起 2 8 2 および第 2 底部突起 6 0 2 の間に配置されている。 50

## 【 0 1 6 0 】

第 1 コア突起 2 8 1 およびコア底部 2 8 の間の磁気抵抗は、第 1 底部突起 6 0 1 が形成されていない場合と比較して小さくなる。このため、第 1 コア突起 2 8 1 を通過した磁力線は、コア穴 2 9 および第 1 検出素子 3 1 1 を経由して、第 1 底部突起 6 0 1 を通過しやすくなる。したがって、第 1 検出素子 3 1 1 を通過する磁力線の数が多くなることから、第 1 検出素子 3 1 1 の感度が大きくなる。また、第 2 コア突起 2 8 2 およびコア底部 2 8 の間の磁気抵抗は、第 2 底部突起 6 0 2 が形成されていない場合と比較して小さくなる。このため、第 2 コア突起 2 8 2 を通過した磁力線は、コア穴 2 9 および第 2 検出素子 3 1 2 を経由して、第 2 底部突起 6 0 2 を通過しやすくなる。よって、第 2 検出素子 3 1 2 を通過する磁力線の数が多くなることから、第 2 検出素子 3 1 2 の感度が大きくなる。これらのため、判定部 4 5 によって減算される値の S N R が大きくなる。したがって、電流検出精度の低下が抑制される。

10

## 【 0 1 6 1 】

[ 4 - 5 ] コア底部 2 8 は、凹部 6 0 5 を含む。凹部 6 0 5 は、底部内面 2 8 0 のうち、第 1 底部突起 6 0 1 および第 2 底部突起 6 0 2 の間の範囲から厚み方向 D T に凹んでいる。

## 【 0 1 6 2 】

これにより、第 1 底部突起 6 0 1 および第 2 底部突起 6 0 2 の間の磁気抵抗は、凹部 6 0 5 が形成されていない場合と比較して大きくなる。このため、第 1 コア突起 2 8 1 を通過した磁力線は、コア穴 2 9 を経由して第 2 底部突起 6 0 2 を通過しにくくなることから、コア穴 2 9 および第 1 検出素子 3 1 1 を経由して、第 1 底部突起 6 0 1 を通過しやすくなる。したがって、第 1 検出素子 3 1 1 を通過する磁力線の数が多くなることから、第 1 検出素子 3 1 1 の感度が大きくなる。また、第 2 コア突起 2 8 2 を通過した磁力線は、コア穴 2 9 を経由して第 1 底部突起 6 0 1 を通過しにくくなることから、コア穴 2 9 および第 2 検出素子 3 1 2 を経由して、第 2 底部突起 6 0 2 を通過しやすくなる。よって、第 2 検出素子 3 1 2 を通過する磁力線の数が多くなることから、第 2 検出素子 3 1 2 の感度が大きくなる。これらのため、判定部 4 5 によって減算される値の S N R が大きくなる。したがって、電流検出精度の低下が抑制される。

20

## 【 0 1 6 3 】

( 第 1 2 実施形態の変形例 )

第 1 2 実施形態において、凹部 6 0 5 は、底部内面 2 8 0 から凹んでいることに代えて、例えば、図 2 2 に示すように、底部外面 2 8 5 から厚み方向 D T に凹んでいてもよい。また、この場合、凹部 6 0 5 は、底部外面 2 8 5 のうち第 1 底部突起 6 0 1 および第 2 底部突起 6 0 2 の間の範囲から厚み方向 D T に凹んでいる。このような形態であっても、第 1 2 実施形態と同様の効果を奏する。なお、底部外面 2 8 5 は、コア底部 2 8 のうち厚み方向 D T 外側を向いている面である。

30

## 【 0 1 6 4 】

また、図 2 3 に示すように、コア底部 2 8 は、凹部 6 0 5 に代えて、穴 2 8 7 を有してもよい。穴 2 8 7 は、コア底部 2 8 のうち第 1 底部突起 6 0 1 および第 2 底部突起 6 0 2 の間の範囲に形成されるとともに、長手方向 D L に延びている有底穴または貫通穴である。このような形態であっても、第 1 2 実施形態と同様の効果を奏する。

40

## 【 0 1 6 5 】

また、図 2 4 に示すように、コア底部 2 8 は、第 1 底部突起 6 0 1、第 2 底部突起 6 0 2 および凹部 6 0 5 を有していなくてもよい。この場合、第 1 検出素子 3 1 1 は、コア穴 2 9 のうち第 1 コア突起 2 8 1 およびコア底部 2 8 の間の範囲に配置される。さらに、第 2 検出素子 3 1 2 は、コア穴 2 9 のうち第 2 コア突起 2 8 2 およびコア底部 2 8 の間の範囲に配置される。このような形態であっても、第 1 2 実施形態と同様の効果を奏する。

## 【 0 1 6 6 】

また、図 2 5 に示すように、ギャップ形成部 2 6 は、第 1 コア突起 2 8 1 および第 2 コア突起 2 8 2 を有していなくてもよい。この場合、第 1 検出素子 3 1 1 は、コア穴 2 9 の

50

うちギャップ形成部 2 6 および第 1 底部突起 6 0 1 の間の範囲に配置される。さらに、第 2 検出素子 3 1 2 は、コア穴 2 9 のうちギャップ形成部 2 6 および第 2 底部突起 6 0 2 の間の範囲に配置される。このような形態であっても、第 1 2 実施形態と同様の効果を奏する。

#### 【 0 1 6 7 】

また、図 2 6 に示すように、ギャップ形成部 2 6 は、第 1 コア突起 2 8 1 および第 2 コア突起 2 8 2 を有していない、かつ、コア底部 2 8 が第 1 底部突起 6 0 1、第 2 底部突起 6 0 2 および凹部 6 0 5 を有していなくてもよい。この場合、第 1 検出素子 3 1 1 は、コア穴 2 9 のうち、第 1 面 S 1 および第 1 通過面 S i 1 の間の範囲に配置される。さらに、第 2 検出素子 3 1 2 は、コア穴 2 9 のうち、第 2 面 S 2 および第 2 通過面 S i 2 の間の範囲に配置される。このような形態であっても、第 1 2 実施形態と同様の効果を奏する。なお、上記したように、第 1 面 S 1 は、第 1 対向面 2 1 1 を通るとともに幅方向 D W と直交する面である。また、第 2 面 S 2 は、第 2 対向面 2 2 2 を通るとともに幅方向 D W と直交する面である。さらに、第 1 通過面 S i 1 は、第 1 端面 2 6 1 を通るとともに幅方向 D W と直交する面である。また、第 2 通過面 S i 2 は、第 2 端面 2 6 2 を通るとともに幅方向 D W と直交する面である。

#### 【 0 1 6 8 】

(他の実施形態)

本開示は、上記実施形態に限定されるものではなく、上記実施形態に対して、適宜変更が可能である。また、上記各実施形態において、実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

#### 【 0 1 6 9 】

本開示に記載の判定部、算出部およびその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサおよびメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の判定部、算出部およびその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の判定部、算出部およびその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサおよびメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

#### 【 0 1 7 0 】

上記各実施形態では、電流センサ 2 0 は、オンボードチャージャ 1 0 に用いられている。これに対して、電流センサ 2 0 は、オンボードチャージャ 1 0 に用いられることに限定されない。例えば、電流センサ 2 0 は、電源から製造設備等の負荷に流れる電流を検出することにより、電源および製造設備等の負荷の間において漏電異常があるか否かを判定してもよい。また、例えば、電流センサ 2 0 は、住宅等の建物に用いられてもよく、建物の電源から電気機器等の負荷に流れる電流を検出することにより、電源および電気機器等の負荷の間において漏電異常があるか否かを判定してもよい。

#### 【 0 1 7 1 】

上記各実施形態では、コア 2 5 は、板状の軟磁性材料が C 字状に曲げ加工されることにより形成されているところ、これに限定されない。例えば、コア 2 5 は、板状の軟磁性材料がワイヤカットされることにより形成されてもよい。また、コア 2 5 は、シート状の軟磁性材料が巻き付けられることにより形成されてもよい。この場合、軟磁性材料間の剥離を防ぐために接着材料が用いられる。さらに、コア 2 5 は、シート状の軟磁性材料が重ね合わされて積層されることにより形成されてもよい。この場合、複数の軟磁性材料がプレス加工されることによりシート状に形成され、シート状の軟磁性材料がダボカシメされる

ことにより、積層される。

【0172】

また、コア25が板状のパーマロイで積層されたとする。このとき、コア25が板状の方向性電磁鋼板で積層されるときと比較して、コア25のヒステリシス特性が向上する。さらに、コア25が板状の方向性電磁鋼板で形成されたとする。このとき、コア25がパーマロイで形成されるときと比較して、材料費が削減されるため、電流センサ20のコストを削減することができる。

【0173】

上記各実施形態では、判定部45は、基板40に配置されているところ、これに限定されない。判定部45は、例えば、電流センサ20の外部に配置されるECU等の外部装置に備えられてもよい。なお、ECUは、Electronic Control Unitの略である。

10

【0174】

上記実施形態において、コア突起および底部突起は、それぞれ2つ形成されているところ、コア突起および底部突起の数は、2つであることに限定されない。コア突起および底部突起の数は、少なくとも1つあればよい。また、凹部605の数は、1つであるところ、これに限定されないで、2つ以上であってもよい。

【0175】

上記各実施形態では、充電器14から第1バスバ21、バッテリー12、第2バスバ22の順に電流が流れる。これに対して、充電器14から第2バスバ22、バッテリー12、第1バスバ21の順に電流が流れてもよい。この場合、第1バスバ21および第2バスバ22に流れる電流の方向が上記各実施形態とは逆方向となることから、第1バスバ21および第2バスバ22によって発生する磁界の向きは、上記各実施形態とは逆方向となる。この場合であっても、上記各実施形態と同様の効果を奏する。

20

【0176】

上記各実施形態では、第1バスバ21および第2バスバ22は、板状に形成されているところ、これに限定されないで、棒状や柱状等に形成されてもよい。したがって、ここでは、第1バスバ21および第2バスバ22が板状に形成されていることは、第1バスバ21および第2バスバ22が棒状や柱状等に形成されていることの意味も含むものとする。

【0177】

上記各実施形態は、適宜組み合わせられてもよい。

30

【0178】

(本開示の観点)

上記の通りの実施形態および変形例についての説明から明らかなように、本明細書による開示は、少なくとも、以下の観点を含む。

【0179】

(課題)

特許文献1に記載された電流センサにおいて、電流検出のために、コアに挿入されるバスバが2つ備えられることがある。この場合、例えば、電流方向が互いに異なる2つのバスバに流れる電流によって発生する磁界の強さがセンサチップにて検出されることにより、バスバに流れる電流が検出される。このとき、ギャップ内において、2つのバスバに流れる電流によって発生する磁界の方向が互いに逆方向となる箇所が生じることから、2つの磁界が互いに打ち消し合う箇所が生じる。また、ギャップ内において、2つのバスバに流れる電流によって発生する磁界の方向がギャップからギャップとは反対側に位置するコアの底部に向かう方向となる箇所が生じることから、2つの磁界が互いに打ち消し合いにくい箇所が生じる。これらのため、ギャップ内の磁界の勾配が大きくなる。これにより、センサチップの位置がずれることで、センサチップによる磁界の強さの検出精度が低下する。したがって、このとき、電流検出精度が低下する。

40

本開示は、電流検出精度の低下を抑制する電流センサを提供することを目的とする。

【0180】

[観点1-1]

50

電流センサであって、

板状に形成されているとともに、長手方向（DL）のうち一方向の電流（Ic1）が流れる第1バスバ（21）と、

前記第1バスバと間隔を空けて前記第1バスバの幅方向（DW）に並んで板状に形成されているとともに、前記第1バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流（Ic2）が流れる第2バスバ（22）と、

前記第1バスバおよび前記第2バスバが挿入されているコア穴（29）と、前記幅方向を向いている第1端面（261）、前記第1端面と前記幅方向に対向している第2端面（262）、および、前記第1端面と前記第2端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ（265）を含むギャップ形成部（26）と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第1バスバの厚み方向（DT）に延びているコア横部（27）と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部（28）と、を有するコア（25）と、

前記ギャップに配置されているとともに、前記第1バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第1端面から前記第2端面に向かう方向（Dm1）の磁界と、前記第2バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第2端面から前記第1端面に向かう方向（Dm2）の磁界とが合わされた磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する検出素子（31）と、

を備え、

前記第1バスバは、前記第2バスバと前記幅方向に対向する第1対向面（211）を有し、

前記第2バスバは、前記第1バスバと前記幅方向に対向する第2対向面（222）を有し、

前記第1端面および前記第2端面は、前記幅方向において、前記第1対向面および前記第2対向面の間に位置しており、

前記ギャップ形成部は、コア内面（271、272）と、コア突起（281、282）と、を含み、

前記コア内面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、

前記コア突起は、前記コア内面のうち、前記第1対向面および前記ギャップ形成部を通るとともに前記幅方向と直交する面（S1）ならびに前記第2対向面および前記ギャップ形成部を通るとともに前記幅方向と直交する面（S2）の間の範囲から前記厚み方向に突出している電流センサ。

[観点1-2]

前記コア突起は、前記厚み方向において前記コア底部と離れている観点1-1に記載の電流センサ。

[観点1-3]

前記幅方向における前記コア突起の長さ（Wp1、Wp2）は、前記幅方向における前記第1対向面から前記第1端面までの距離（Wb1、Wb2）以下とされている観点1-1または1-2に記載の電流センサ。

[観点1-4]

前記検出素子は、前記厚み方向における前記第1端面の中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面（So\_\_Gap）上に配置されている観点1-1ないし1-3のいずれか1つに記載の電流センサ。

[観点1-5]

前記検出素子は、前記厚み方向における前記第1端面の中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面（So\_\_Gap）よりも前記コア穴とは反対側に配置されている観点1-1ないし1-3のいずれか1つに記載の電流センサ。

[観点1-6]

10

20

30

40

50

前記コア突起は、前記幅方向を向いている突起面（2810、2820）を含み、  
前記検出素子は、前記突起面および前記第1端面を合わせた面の前記厚み方向における中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面（Sop）上に配置されている観点1-1ないし1-3のいずれか1つに記載の電流センサ。

[観点1-7]

前記コア突起は、前記幅方向を向いている突起面（2810、2820）を含み、  
前記検出素子は、前記突起面および前記第1端面を合わせた面の前記厚み方向における中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面（Sop）よりも前記コア穴とは反対側に配置されている観点1-1ないし1-3のいずれか1つに記載の電流センサ。

[観点1-8]

前記第1バスバは、電源の一端および負荷の一端と接続されており、  
前記第2バスバは、前記電源の他端および前記負荷の他端と接続されており、  
前記電流センサは、前記検出素子から出力された信号に基づいて、前記電源および前記負荷の間において異常があるか否かを判定する判定部（45）をさらに備える観点1-1ないし1-7のいずれか1つに記載の電流センサ。

【0181】

[観点2-1]

電流センサであって、  
板状に形成されているとともに、長手方向（DL）のうち一方向の電流（Ic1）が流れる第1バスバ（21）と、

前記第1バスバと間隔を空けて前記第1バスバの幅方向（DW）に並んで板状に形成されているとともに、前記第1バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流（Ic2）が流れる第2バスバ（22）と、

前記第1バスバおよび前記第2バスバが挿入されているコア穴（29）と、前記幅方向を向いている第1端面（261）、前記第1端面と前記幅方向に対向している第2端面（262）、および、前記第1端面と前記第2端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ（265）を含むギャップ形成部（26）と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第1バスバの厚み方向（DT）に延びているコア横部（27）と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部（28）と、を有するコア（25）と、

前記ギャップに配置されているとともに、前記第1バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第1端面から前記第2端面に向かう方向（Dm1）の磁界と、前記第2バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第2端面から前記第1端面に向かう方向（Dm2）の磁界とが合わされた磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する検出素子（31）と、

を備え、

前記厚み方向における前記ギャップ形成部の内面から前記コア底部の内面までの距離である内面間距離（Tch）は、前記幅方向における前記第1端面から前記第2端面までの距離（Gap）よりも大きくなっている電流センサ。

[観点2-2]

前記幅方向に互に対向している前記コア横部の内面同士の間距離（Wsi）は、前記内面間距離よりも大きくなっている観点2-1に記載の電流センサ。

[観点2-3]

前記ギャップ形成部と前記コア横部との境界部における内側の角部である横内側角部（C\_\_in\_\_top）は、R形状になっている観点2-1または2-2に記載の電流センサ。

[観点2-4]

前記コア横部と前記コア底部との境界部における内側の角部である底内側角部（C\_\_in\_\_btm）は、R形状になっている観点2-1ないし2-3のいずれか1つに記載の電

10

20

30

40

50

流センサ。

[ 観点 2 - 5 ]

前記第 1 バスバは、電源の一端および負荷の一端と接続されており、

前記第 2 バスバは、前記電源の他端および前記負荷の他端と接続されており、

前記電流センサは、前記検出素子から出力された信号に基づいて、前記電源および前記負荷の間において異常があるか否かを判定する判定部 ( 4 5 ) をさらに備える観点 2 - 1 ないし 2 - 4 のいずれか 1 つに記載の電流センサ。

【 0 1 8 2 】

[ 観点 3 - 1 ]

電流センサであって、

板状に形成されているとともに、長手方向 ( D L ) のうち一方向の電流 ( I c 1 ) が流れる第 1 バスバ ( 2 1 ) と、

前記第 1 バスバと間隔を空けて前記第 1 バスバの幅方向 ( D W ) に並んで板状に形成されているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流 ( I c 2 ) が流れる第 2 バスバ ( 2 2 ) と、

前記第 1 バスバおよび前記第 2 バスバが挿入されているコア穴 ( 2 9 ) と、前記幅方向を向いている第 1 端面 ( 2 6 1 )、前記第 1 端面と前記幅方向に対向している第 2 端面 ( 2 6 2 )、および、前記第 1 端面と前記第 2 端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ ( 2 6 5 ) を含むギャップ形成部 ( 2 6 ) と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第 1 バスバの厚み方向 ( D T ) に延びているコア横部 ( 2 7 ) と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部 ( 2 8 ) と、を有するコア ( 2 5 ) と、

前記ギャップに配置されているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第 1 端面から前記第 2 端面に向かう方向 ( D m 1 ) の磁界と、前記第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第 2 端面から前記第 1 端面に向かう方向 ( D m 2 ) の磁界とが合わされた磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する検出素子 ( 3 1 ) と、

を備え、

前記第 1 バスバは、前記第 2 バスバと前記幅方向に対向する第 1 対向面 ( 2 1 1 ) を有し、

前記第 2 バスバは、前記第 1 バスバと前記幅方向に対向する第 2 対向面 ( 2 2 2 ) を有し、

前記第 1 端面および前記第 2 端面は、前記幅方向において、前記第 1 対向面および前記第 2 対向面の間に位置しており、

前記コア底部は、底部内面 ( 2 8 0 ) と、凹部 ( 6 0 5 ) と、を含み、

前記底部内面は、前記厚み方向内側を向いている面であって、

前記凹部は、前記底部内面のうち、前記幅方向における前記第 1 バスバの中心を通るとともに前記幅方向と直交する面である第 1 中心面 ( S o b 1 ) および前記幅方向における前記第 2 バスバの中心を通るとともに前記幅方向と直交する面である第 2 中心面 ( S o b 2 ) の間の範囲から前記厚み方向に凹んでおり、

前記幅方向における前記凹部の長さである凹部幅 ( W c r ) は、前記幅方向における前記第 1 中心面から前記第 2 中心面までの距離 ( W o b ) 以下とされており、

前記厚み方向における前記ギャップ形成部の内面から前記凹部の底面 ( 6 0 6 ) までの距離 ( T c b ) は、前記幅方向における前記第 1 端面から前記第 2 端面までの距離であるギャップ距離 ( G a p ) よりも大きくなっている電流センサ。

[ 観点 3 - 2 ]

前記凹部は、前記底部内面のうち、前記第 1 対向面および前記コア底部を通るとともに前記幅方向と直交する面 ( S 1 ) ならびに前記第 2 対向面および前記コア底部を通るとともに前記幅方向と直交する面 ( S 2 ) の間の範囲から前記厚み方向に凹んでおり、

10

20

30

40

50

前記凹部幅は、前記幅方向における前記第 1 対向面から前記第 2 対向面までの距離 ( W b b ) 以下とされている観点 3 - 1 に記載の電流センサ。

[ 観点 3 - 3 ]

前記凹部は、前記底部内面のうち、前記第 1 端面および前記コア底部を通るとともに前記幅方向と直交する面 ( S i 1 ) ならびに前記第 2 端面および前記コア底部を通るとともに前記幅方向と直交する面 ( S i 2 ) の間の範囲から前記厚み方向に凹んでおり、

前記凹部幅は、前記ギャップ距離以下とされている観点 3 - 1 に記載の電流センサ。

[ 観点 3 - 4 ]

前記第 1 バスバは、電源の一端および負荷の一端と接続されており、

前記第 2 バスバは、前記電源の他端および前記負荷の他端と接続されており、

前記電流センサは、前記検出素子から出力された信号に基づいて、前記電源および前記負荷の間において異常があるか否かを判定する判定部 ( 4 5 ) をさらに備える観点 3 - 1 ないし 3 - 3 のいずれか 1 つに記載の電流センサ。

【 0 1 8 3 】

[ 観点 4 - 1 ]

電流センサであって、

板状に形成されているとともに、長手方向 ( D L ) のうち一方向の電流 ( I c 1 ) が流れる第 1 バスバ ( 2 1 ) と、

前記第 1 バスバと間隔を空けて前記第 1 バスバの幅方向 ( D W ) に並んで板状に形成されているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流 ( I c 2 ) が流れる第 2 バスバ ( 2 2 ) と、

前記第 1 バスバおよび前記第 2 バスバが挿入されているコア穴 ( 2 9 ) と、前記幅方向を向いている第 1 端面 ( 2 6 1 )、前記第 1 端面と前記幅方向に対向している第 2 端面 ( 2 6 2 )、および、前記第 1 端面と前記第 2 端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ ( 2 6 5 ) を含むギャップ形成部 ( 2 6 ) と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第 1 バスバの厚み方向 ( D T ) に延びているコア横部 ( 2 7 ) と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部 ( 2 8 ) と、を有するコア ( 2 5 ) と、

前記ギャップに配置されているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第 1 端面から前記第 2 端面に向かう方向 ( D m 1 ) の磁界と、前記第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記第 2 端面から前記第 1 端面に向かう方向 ( D m 2 ) の磁界とが合わされた磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する検出素子 ( 3 1 ) と、

を備え、

前記第 1 バスバは、前記第 2 バスバと前記幅方向に対向する第 1 対向面 ( 2 1 1 ) を有し、

前記第 2 バスバは、前記第 1 バスバと前記幅方向に対向する第 2 対向面 ( 2 2 2 ) を有し、

前記第 1 端面および前記第 2 端面は、前記幅方向において、前記第 1 対向面および前記第 2 対向面の間に位置しており、

前記ギャップ形成部は、コア外面 ( 2 9 1、2 9 2 ) と、コア突起 ( 2 7 2、2 8 2 ) と、を含み、

前記コア外面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向外側を向いている面であって、

前記コア突起は、前記コア外面のうち、前記第 1 対向面および前記ギャップ形成部を通るとともに前記幅方向と直交する面 ( S 1 ) ならびに前記第 2 対向面および前記ギャップ形成部を通るとともに前記幅方向と直交する面 ( S 2 ) の間の範囲から前記厚み方向に突出している電流センサ。

[ 観点 4 - 2 ]

10

20

30

40

50

前記幅方向における前記コア突起の長さ ( $Wp1$ 、 $Wp2$ ) は、前記幅方向における前記第1対向面から前記第1端面までの距離 ( $Wb1$ 、 $Wb2$ ) 以下とされている観点4-1に記載の電流センサ。

[ 観点4-3 ]

前記検出素子は、前記厚み方向における前記第1端面の中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面 ( $So\_Gap$ ) 上に配置されている観点4-1または4-2に記載の電流センサ。

[ 観点4-4 ]

前記検出素子は、前記厚み方向における前記第1端面の中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面 ( $So\_Gap$ ) よりも前記コア穴とは反対側に配置されている観点4-1または4-2に記載の電流センサ。 10

[ 観点4-5 ]

前記コア突起は、前記幅方向を向いている突起面 ( $2810$ 、 $2820$ ) を含み、前記検出素子は、前記突起面および前記第1端面を合わせた面の前記厚み方向における中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面 ( $SoP$ ) 上に配置されている観点4-1または4-2に記載の電流センサ。

[ 観点4-6 ]

前記コア突起は、前記幅方向を向いている突起面 ( $2810$ 、 $2820$ ) を含み、前記検出素子は、前記突起面および前記第1端面を合わせた面の前記厚み方向における中心を通るとともに前記厚み方向と直交する面 ( $SoP$ ) よりも前記コア穴とは反対側に配置されている観点4-1または4-2に記載の電流センサ。 20

[ 観点4-7 ]

前記第1バスバは、電源の一端および負荷の一端と接続されており、前記第2バスバは、前記電源の他端および前記負荷の他端と接続されており、前記電流センサは、前記検出素子から出力された信号に基づいて、前記電源および前記負荷の間において異常があるか否かを判定する判定部 ( $45$ ) をさらに備える観点4-1ないし4-6のいずれか1つに記載の電流センサ。

【0184】

( 課題 )

特許文献1に記載された電流センサにおいて、電流検出のために、コアに挿入されるバスバとセンサチップとがそれぞれ2つ備えられることがある。この場合、例えば、2つのバスバに流れる電流の方向は、互いに異なる。また、第1のセンサチップは、第1のバスバに流れる電流によって発生する磁界の強さを検出し、第2のセンサチップが第2のバスバに流れる電流によって発生する磁界の強さを検出する。これにより、第1のバスバおよび第2のバスバに流れる電流が検出される。しかし、第1のセンサチップは、第1のバスバに流れる電流によって発生する磁界の強さを検出するところ、第1のバスバに流れる電流によって発生する磁界は、第2のバスバに流れる電流によって発生する磁界の影響を受ける。このため、第1のセンサチップから出力される信号には、第2のバスバに流れる電流によって発生する磁界ノイズが含まれる。また、第2のセンサチップは、第2のバスバに流れる電流によって発生する磁界の強さを検出するところ、第2のバスバに流れる電流によって発生する磁界は、第1のバスバに流れる電流によって発生する磁界の影響を受ける。このため、第2のセンサチップから出力される信号には、第1のバスバに流れる電流によって発生する磁界ノイズが含まれる。したがって、これらの磁界ノイズにより、第1のセンサチップおよび第2のセンサチップによる磁界の強さの検出精度が低下するため、電流検出精度が低下する。 30 40

本開示は、電流検出精度の低下を抑制する電流センサを提供することを目的とする。

【0185】

[ 観点5-1 ]

電流センサであって、板状に形成されているとともに、長手方向 ( $DL$ ) のうち一方向の電流 ( $Ic1$ ) が流 50

れる第1バスバ(21)と、

前記第1バスバと間隔を空けて前記第1バスバの幅方向(DW)に並んで板状に形成されているとともに、前記第1バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流(Ic2)が流れる第2バスバ(22)と、

前記第1バスバおよび前記第2バスバが挿入されているコア穴(29)と、前記幅方向を向いている第1端面(261)、前記第1端面と前記幅方向に対向している第2端面(262)、および、前記第1端面と前記第2端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ(265)を含むギャップ形成部(26)と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第1バスバの厚み方向(DT)に延びているコア横部(27)と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部(28)と、を有するコア(25)と、

10

前記第1バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記厚み方向の磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する第1検出素子(311)と、

前記第2バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記厚み方向の磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する第2検出素子(312)と、

前記第1検出素子および前記第2検出素子からの信号に基づいて、前記第1バスバおよび前記第2バスバに流れる電流に関する値を算出する算出部(45)と、

を備え、

前記第1バスバは、前記第2バスバと前記幅方向に対向する第1対向面(211)を有し、

20

前記第2バスバは、前記第1バスバと前記幅方向に対向する第2対向面(222)を有し、

前記第1端面および前記第2端面は、前記幅方向において、前記第1対向面および前記第2対向面の間に位置しており、

前記第1検出素子は、前記コア穴のうち、前記第1対向面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第1面(S1)および前記第1端面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第1通過面(Si1)の間の範囲に配置されており、

前記第2検出素子は、前記コア穴のうち、前記第2対向面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第2面(S2)および前記第2端面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第2通過面(Si2)の間の範囲に配置されており、

30

前記算出部は、前記第1検出素子の信号に関する値から前記第2検出素子の信号に関する値を減算することにより、前記第1バスバおよび前記第2バスバに流れる電流に関する値を算出する電流センサ。

[観点5-2]

前記第1バスバは、電源の一端および負荷の一端と接続されており、

前記第2バスバは、前記電源の他端および前記負荷の他端と接続されており、

前記算出部は、前記第1検出素子の信号に関する値から前記第2検出素子の信号に関する値を減算した値に基づいて、前記電源および前記負荷の間において異常があるか否かを判定する観点5-1に記載の電流センサ。

40

[観点5-3]

前記ギャップ形成部は、第1コア内面(271)と、第1コア突起(281)と、第2コア内面(272)と、第2コア突起(282)と、を含み、

前記第1コア内面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、前記第1バスバを前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第1バスバと重なり、

前記第1コア突起は、前記第1コア内面のうち前記第1面および前記第1端面の間の範囲から前記厚み方向に突出しており、

前記第1検出素子は、前記第1コア突起および前記コア底部の間に配置されており、

前記第2コア内面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向内側を向いている面であ

50

って、前記第 2 バスバを前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 2 バスバと重なり、

前記第 2 コア突起は、前記第 2 コア内面のうち前記第 2 面および前記第 2 端面の間の範囲から前記厚み方向に突出しており、

前記第 2 検出素子は、前記第 2 コア突起および前記コア底部の間に配置されている観点 5 - 1 または 5 - 2 に記載の電流センサ。

[ 観点 5 - 4 ]

前記コア底部は、底部内面 ( 2 8 0 ) と、第 1 底部突起 ( 6 0 1 ) と、第 2 底部突起 ( 6 0 2 ) と、を含み、

前記底部内面は、前記コア底部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、

前記第 1 底部突起は、前記底部内面から前記厚み方向に突出しているとともに、前記第 1 コア突起を前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 1 コア突起と重なり、

前記第 2 底部突起は、前記底部内面から前記厚み方向に突出しているとともに、前記第 2 コア突起を前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 2 コア突起と重なり、

前記第 1 検出素子は、前記第 1 コア突起および前記第 1 底部突起の間に配置されており、

前記第 2 検出素子は、前記第 2 コア突起および前記第 2 底部突起の間に配置されている観点 5 - 3 に記載の電流センサ。

[ 観点 5 - 5 ]

前記第 1 通過面および前記第 2 通過面は、前記コア底部を通り、

前記コア底部は、底部内面 ( 2 8 0 ) と、第 1 底部突起 ( 6 0 1 ) と、第 2 底部突起 ( 6 0 2 ) と、を含み、

前記底部内面は、前記コア底部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、

前記第 1 底部突起は、前記底部内面のうち前記第 1 面および前記第 1 通過面の間の範囲から前記厚み方向に突出しており、

前記第 2 底部突起は、前記底部内面のうち前記第 2 面および前記第 2 通過面の間の範囲から前記厚み方向に突出しており、

前記第 1 検出素子は、前記ギャップ形成部および前記第 1 底部突起の間に配置されており、

前記第 2 検出素子は、前記ギャップ形成部および前記第 2 底部突起の間に配置されている観点 5 - 1 または 5 - 2 に記載の電流センサ。

[ 観点 5 - 6 ]

前記コア底部は、凹部 ( 6 0 5 ) を含み、

前記凹部は、前記底部内面のうち前記第 1 底部突起および前記第 2 底部突起の間の範囲から前記厚み方向に凹んでいる観点 5 - 4 または 5 - 5 に記載の電流センサ。

[ 観点 5 - 7 ]

前記コア底部は、底部外面 ( 2 8 5 ) と、凹部 ( 6 0 5 ) と、を含み、

前記底部外面は、前記コア底部のうち前記厚み方向外側を向いている面であって、

前記凹部は、前記底部外面のうち前記第 1 底部突起および前記第 2 底部突起の間の範囲から前記厚み方向に凹んでいる観点 5 - 4 または 5 - 5 に記載の電流センサ。

[ 観点 5 - 8 ]

前記コア底部は、穴 ( 2 8 7 ) を含み、

前記穴は、前記コア底部のうち前記第 1 底部突起および前記第 2 底部突起の間の範囲に形成されているとともに前記長手方向に延びている観点 5 - 4 または 5 - 5 に記載の電流センサ。

[ 観点 5 - 9 ]

電流センサであって、

板状に形成されているとともに、長手方向 ( D L ) のうち一方向の電流 ( I c 1 ) が流れる第 1 バスバ ( 2 1 ) と、

前記第 1 バスバと間隔を空けて前記第 1 バスバの幅方向 ( D W ) に並んで板状に形成さ

10

20

30

40

50

れているとともに、前記第 1 バスバに流れる電流の方向とは逆方向の電流 ( I c 2 ) が流れる第 2 バスバ ( 2 2 ) と、

前記第 1 バスバおよび前記第 2 バスバが挿入されているコア穴 ( 2 9 ) と、前記幅方向を向いている第 1 端面 ( 2 6 1 )、前記第 1 端面と前記幅方向に対向している第 2 端面 ( 2 6 2 )、および、前記第 1 端面と前記第 2 端面とによって形成されているとともに前記コア穴と外部とに連通するギャップ ( 2 6 5 ) を含むギャップ形成部 ( 2 6 ) と、前記ギャップ形成部に接続されているとともに前記第 1 バスバの厚み方向 ( D T ) に延びているコア横部 ( 2 7 ) と、前記コア横部に接続されて前記幅方向に延びているとともに前記ギャップ形成部および前記コア横部とで前記コア穴を形成するコア底部 ( 2 8 ) と、を有するコア ( 2 5 ) と、

10

前記第 1 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記厚み方向の磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する第 1 検出素子 ( 3 1 1 ) と、

前記第 2 バスバに流れる電流によって発生する磁界のうち前記厚み方向の磁界の強さを検出し、検出した磁界の強さに応じた信号を出力する第 2 検出素子 ( 3 1 2 ) と、

前記第 1 検出素子および前記第 2 検出素子からの信号に基づいて、前記第 1 バスバおよび前記第 2 バスバに流れる電流に関する値を算出する算出部 ( 4 5 ) と、

を備え、

前記第 1 バスバは、前記第 2 バスバと前記幅方向に対向する第 1 対向面 ( 2 1 1 ) を有し、

前記第 2 バスバは、前記第 1 バスバと前記幅方向に対向する第 2 対向面 ( 2 2 2 ) を有し、

20

前記第 1 端面および前記第 2 端面は、前記幅方向において、前記第 1 対向面および前記第 2 対向面の間に位置しており、

前記第 1 検出素子は、前記コア穴のうち、前記第 1 対向面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第 1 面 ( S 1 ) および前記第 1 端面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第 1 通過面 ( S i 1 ) の間の範囲に配置されており、

前記第 2 検出素子は、前記コア穴のうち、前記第 2 対向面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第 2 面 ( S 2 ) および前記第 2 端面を通るとともに前記幅方向と直交する面である第 2 通過面 ( S i 2 ) の間の範囲に配置されており、

前記算出部は、前記第 1 検出素子の信号に関する値から前記第 2 検出素子の信号に関する値を減算することにより、前記第 1 バスバおよび前記第 2 バスバに流れる電流に関する値を算出し、

30

前記ギャップ形成部は、第 1 コア内面 ( 2 7 1 ) と、第 1 コア突起 ( 2 8 1 ) と、第 2 コア内面 ( 2 7 2 ) と、第 2 コア突起 ( 2 8 2 ) と、を含み、

前記第 1 コア内面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、前記第 1 バスバを前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 1 バスバと重なり、

前記第 1 コア突起は、前記第 1 コア内面のうち前記第 1 面および前記第 1 端面の間の範囲から前記厚み方向に突出しており、

前記第 2 コア内面は、前記ギャップ形成部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、前記第 2 バスバを前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 2 バスバと重なり、

40

前記第 2 コア突起は、前記第 2 コア内面のうち前記第 2 面および前記第 2 端面の間の範囲から前記厚み方向に突出しており、

前記コア底部は、底部内面 ( 2 8 0 ) と、第 1 底部突起 ( 6 0 1 ) と、第 2 底部突起 ( 6 0 2 ) と、を含み、

前記底部内面は、前記コア底部のうち前記厚み方向内側を向いている面であって、

前記第 1 底部突起は、前記底部内面から前記厚み方向に突出しているとともに、前記第 1 コア突起を前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 1 コア突起と重なり、

前記第 2 底部突起は、前記底部内面から前記厚み方向に突出しているとともに、前記第

50

2 コア突起を前記厚み方向に投影したとき、投影した前記第 2 コア突起と重なり、  
前記第 1 検出素子は、前記第 1 コア突起および前記第 1 底部突起の間に配置されており

、  
前記第 2 検出素子は、前記第 2 コア突起および前記第 2 底部突起の間に配置されている  
電流センサ。

[ 観点 5 - 1 0 ]

前記コア底部は、凹部 ( 6 0 5 ) を含み、

前記凹部は、前記底部内面のうち前記第 1 底部突起および前記第 2 底部突起の間の範囲  
から前記厚み方向に凹んでいる観点 5 - 9 に記載の電流センサ。

【 符号の説明 】

10

【 0 1 8 6 】

2 1 第 1 バスバ

2 2 第 2 バスバ

2 5 コア

2 6 ギャップ形成部

2 7 コア横部

2 8 コア底部

3 1 検出素子

4 0 基板

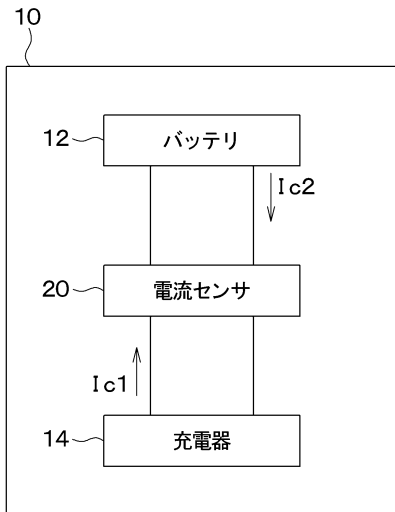
4 5 判定部

20

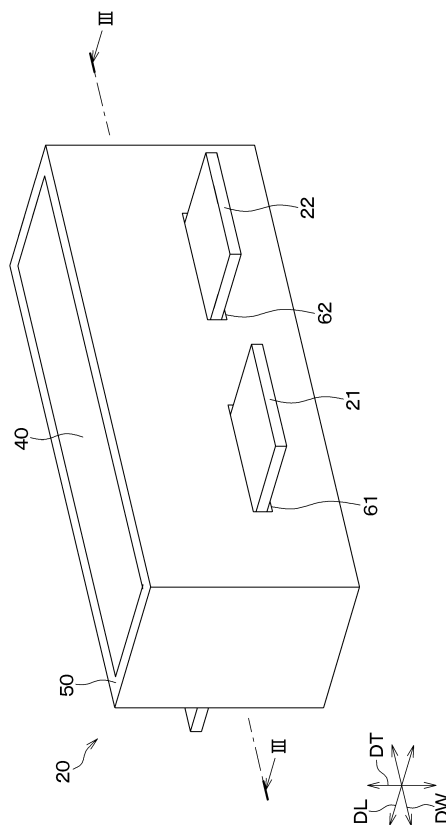
5 0 ケース

【 図面 】

【 図 1 】



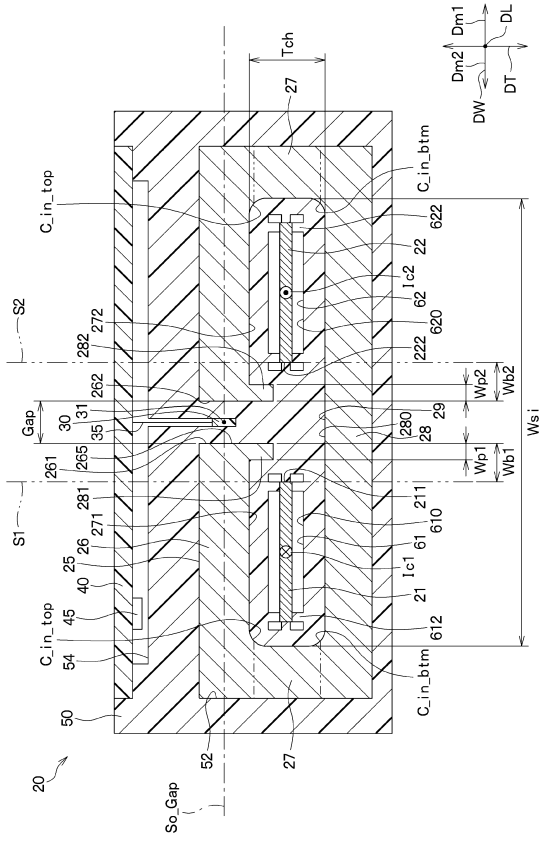
【 図 2 】



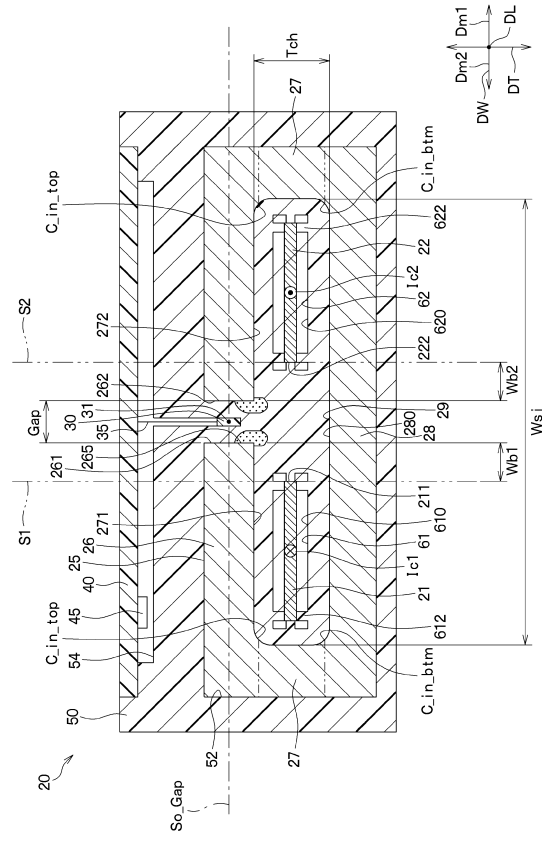
30

40

【 図 3 】



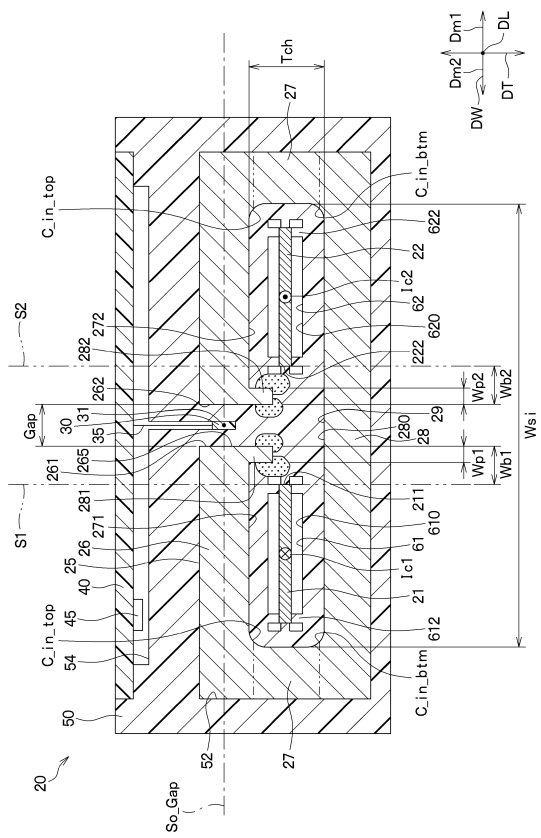
【 図 4 】



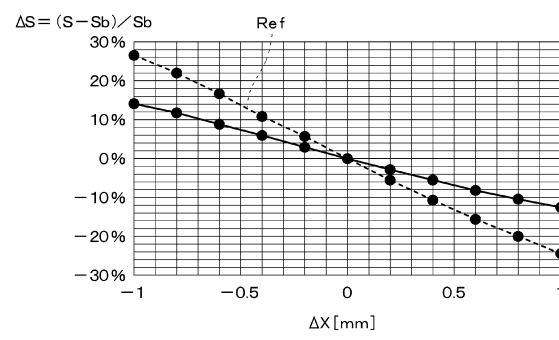
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】



30

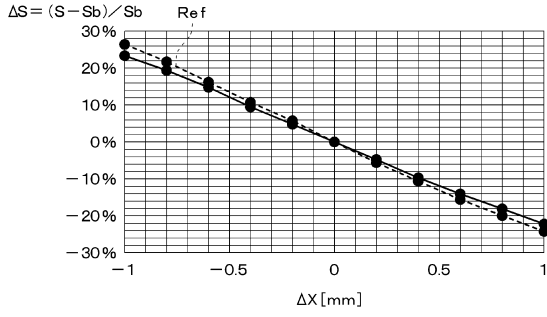
40

50

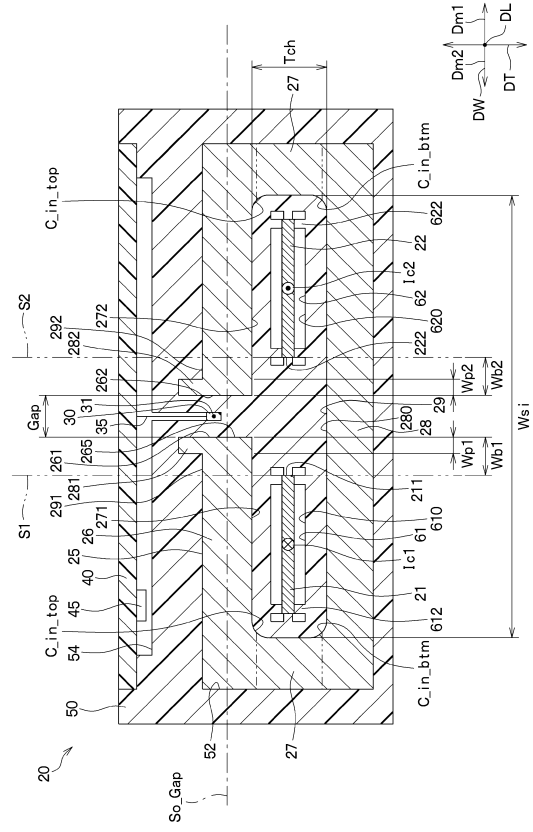




【 15 】



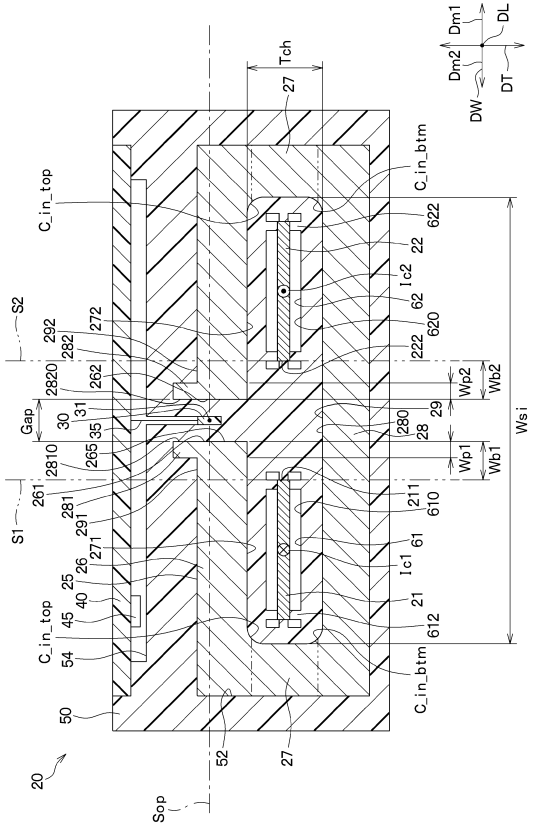
【 16 】



10

20

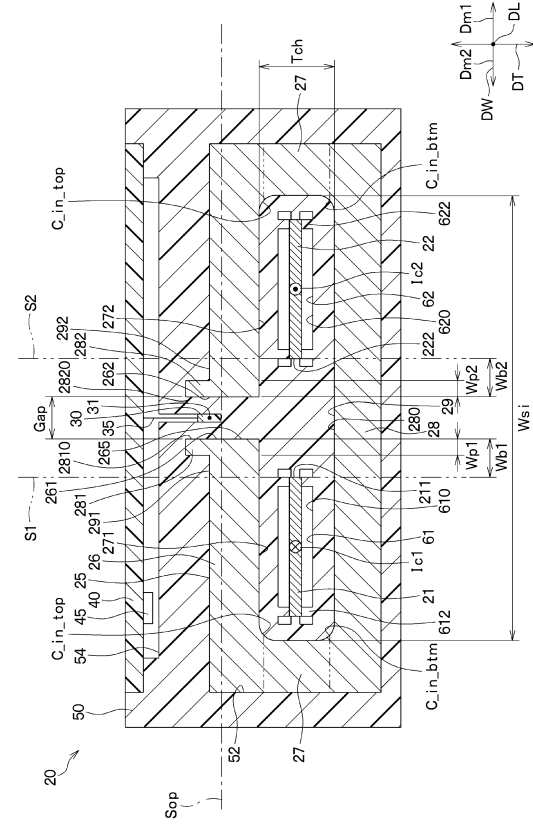
【 17 】



30

40

【 18 】



50



