

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4835868号  
(P4835868)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年10月7日(2011.10.7)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 R 15/20 (2006.01)** GO 1 R 15/02 B

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-115415 (P2007-115415)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成19年4月25日 (2007. 4. 25)		T D K株式会社
(65) 公開番号	特開2008-275321 (P2008-275321A)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号
(43) 公開日	平成20年11月13日 (2008.11.13)	(74) 代理人	100079290
審査請求日	平成21年11月9日 (2009.11.9)		弁理士 村井 隆
		(74) 代理人	100136375
			弁理士 村井 弘実
		(72) 発明者	浦野 高志
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号T D K株式会社内
		(72) 発明者	小谷 勉
			東京都中央区日本橋一丁目13番1号T D K株式会社内
		審査官	関根 洋之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

バスバーと、

前記バスバーに流れる電流によって発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前記バスバーに対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記バスバーに対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第1の磁界を相殺する第2の磁界を発生するコイルと、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体とを備え、

前記第2の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記バスバーと前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも1カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは、直線状の磁気コアに巻線を施したものであり、かつ、前記磁気検出素子の感磁面の片側または両側に設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする電流センサ。

【請求項2】

バスバーと、

前記バスバーに流れる電流によって発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前

10

20

記バスバーに対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記バスバーに対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第 1 の磁界を相殺する第 2 の磁界を発生するコイルと、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体とを備え、

前記第 2 の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記バスバーと前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも 1 カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは前記磁気検出素子の感磁面の一方の側に設けられ、

前記磁気検出素子の感磁面の他方の側には直線状の磁気コアが設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする電流センサ。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の電流センサにおいて、前記磁気検出素子および前記コイルは前記バスバーと一体となるように樹脂でモールドされ、このモールドされた外側を前記磁気シールド体が覆っていることを特徴とする電流センサ。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の電流センサにおいて、前記磁気シールド体は、第 1 および第 2 の磁気シールド部材によって前記バスバーと前記磁気検出素子と前記コイルとを囲むものであり、その囲んでいる状態で前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材間に前記空隙が形成されることを特徴とする電流センサ。

20

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 に記載の電流センサにおいて、

前記磁気検出素子および前記コイルは前記バスバーと一体となるように樹脂でモールドされてモールド体を構成し、

前記磁気シールド体は、第 1 および第 2 の磁気シールド部材によって前記モールド体を覆うものであり、その覆っている状態で前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材間に前記空隙が形成され、

前記モールド体の外側には前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材を取り付けるためのモールド側凹部または凸部が形成され、

30

前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材は、シールド側凸部または凹部もしくは孔部が内面に形成された半筒状ないし半環状であり、前記モールド側凹部または凸部と、前記シールド側凸部または凹部もしくは孔部とが嵌合することで前記モールド体に装着されていることを特徴とする電流センサ。

【請求項 6】

請求項 1 又は 2 に記載の電流センサにおいて、

前記磁気検出素子および前記コイルは前記バスバーと一体となるように樹脂でモールドされてモールド体を構成し、

前記磁気シールド体は、第 1 および第 2 の磁気シールド部材によって前記モールド体を覆うものであり、その覆っている状態で前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材間に前記空隙が形成され、

40

前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材は、前記モールド体に対するギザギザ形状の抜け止め用凹凸部が形成された半筒状ないし半環状であり、前記モールド体の外側に装着されていることを特徴とする電流センサ。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の電流センサにおいて、前記バスバーは平板形状であり、前記磁気検出素子と前記コイルとが前記バスバーの幅広主面上に固定配置されていることを特徴とする電流センサ。

【請求項 8】

50

バスバーを通す貫通孔が形成された樹脂モールド体として構成され、前記樹脂モールド体の内部に、

前記樹脂モールド体の前記貫通孔にバスバーを通して電流を流したときに発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前記貫通孔に対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記貫通孔に対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第1の磁界を相殺する第2の磁界を発生するコイルとを少なくとも備えとともに、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体を備え、

前記第2の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記貫通孔と前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも1カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは、直線状の磁気コアに巻線を施したものであり、かつ、前記磁気検出素子の感磁面の片側または両側に設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする電流センサ。

【請求項9】

バスバーを通す貫通孔が形成された樹脂モールド体として構成され、前記樹脂モールド体の内部に、

前記樹脂モールド体の前記貫通孔にバスバーを通して電流を流したときに発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前記貫通孔に対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記貫通孔に対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第1の磁界を相殺する第2の磁界を発生するコイルとを少なくとも備えとともに、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体を備え、

前記第2の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記貫通孔と前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも1カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは前記磁気検出素子の感磁面の一方の側に設けられ、

前記磁気検出素子の感磁面の他方の側には直線状の磁気コアが設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする電流センサ。

【請求項10】

請求項1から9のいずれかに記載の電流センサにおいて、

前記コイルは内周孔に直線状の磁気コアが配置されたボビンに巻線を施したものであり、前記磁気検出素子の検出出力がゼロとなるように前記コイルに電流を供給する制御回路の基板が前記ボビンに搭載されていることを特徴とする電流センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えばハイブリッドカーや電気自動車のバッテリー電流やモータ駆動電流を測定する電流センサに関し、特に、ホール素子等の磁気検出素子を用いてバスバーに流れる電流を測定する電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

外部磁場を遮断する包囲シールド壁より成る磁気シールド内において被検出電線を流れる電流により生じる磁場の大きさから、被検出電線を流れる電流に対応する電圧信号を出

10

20

30

40

50

力する電流センサが従来から知られている。

【特許文献1】特開2004-170091号公報

【0003】

特許文献1の電流センサは、その請求項1に記載のように、被検出電線を通る電流により生じる磁場に対して出力の線形関係が保持される位置に配設され、周囲の磁場に対応して内部磁場が変化するアモルファス素子と、該アモルファス素子に巻回されアモルファス素子の内部磁場変化を電磁誘導により電圧に変換することによりマグネット-インダクティブ磁気検出器を構成する検出コイルと、前記検出コイルの電圧を前記被検出電線を通る電流に対応した電圧信号に変換する信号変換回路とから成り、外部磁界を遮断する包囲シールド壁に磁気分布を制御するための空隙が形成されている。

10

【0004】

特許文献1の電流センサはマグネット-インダクティブ磁気検出器を用いており、被検出電線に通る電流によって発生する磁場に対してアモルファス素子を貫く内部磁場がリニア(線形)に増加する。ここで、アモルファス素子は高感度のため、2~3ガウス(0.2~0.3mT)程度までの弱磁界の範囲内でしかリニアな特性が得られず、強磁界ではマグネット-インダクティブ磁気検出器の出力が飽和してしまう。これを防止するために、特許文献1では外部磁界を遮断する包囲シールド壁に空隙を設けて磁気分布を制御している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

ところで、ハイブリッドカーのバッテリーやインバータに通る電流は200~300A程度の大電流のため、バスバー(被測定電線)上1mm距離に磁気素子がある場合の磁束密度は40mT程度と大きくなる。特許文献1のように空隙を設けた磁気シールドケースを用いても、40mTの磁場を0.3mTにまで2桁も制御する(減少させる)ことは実際上不可能であり、実現できるのはせいぜい数十(A)の比較的小電流の範囲である。したがって、特許文献1の技術ではマグネット-インダクティブ磁気検出器の出力の飽和のため大電流を検出することは困難と言わざるを得ない。

【0006】

他方、本出願人は特願2007-052190号において、バスバーを磁氣的にクローズする環状磁気コア(磁気検出素子を配置するギャップ以外は閉磁路)を用いた従来の磁気平衡式電流センサの欠点を克服することのできる電流センサを提案している。この電流センサは大電流の検出も可能であるが、外部磁界の影響を大きく受けるため、近接する他のバスバーが発生する外部磁界や、近接するモータ等の発生する電磁ノイズの影響を極力受けたくない構造とすることが求められる。また、磁気平衡式であるため、バスバーに通る電流によって磁気検出素子の感磁面に印加される磁界を相殺するために、磁気検出素子に近接配置されたコイルに電流を供給する必要があるが、例えばハイブリッドカーにおいてバッテリーの駆動時間を延ばそうとするとき、電流検出のための消費電力は幾分でも抑えられることが望ましい。

30

【0007】

本発明はこうした状況を認識してなされたものであり、その目的は、外部磁界や電磁ノイズの影響を極力受けたくない構造であって、しかも大電流の検出が可能で消費電力の少ない電流センサを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の態様は電流センサである。この電流センサは、バスバーと、

前記バスバーに通る電流によって発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前記バスバーに対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記バスバーに対して固定配置され、前記磁気検出素

50

子の感磁面に印加される前記第 1 の磁界を相殺する第 2 の磁界を発生するコイルと、  
前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体とを備え、

前記第 2 の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記バスバーと前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも 1 カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは、直線状の磁気コアに巻線を施したものであり、かつ、前記磁気検出素子の感磁面の片側または両側に設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする。

10

本発明の第 2 の態様も電流センサである。この電流センサは、  
バスバーと、

前記バスバーに流れる電流によって発生する第 1 の磁界が感磁面に印加されるように前記バスバーに対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記バスバーに対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第 1 の磁界を相殺する第 2 の磁界を発生するコイルと、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体とを備え、

前記第 2 の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

20

前記磁気シールド体は前記バスバーと前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも 1 カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは前記磁気検出素子の感磁面の一方の側に設けられ、

前記磁気検出素子の感磁面の他方の側には直線状の磁気コアが設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

第 1 又は第 2 の態様の電流センサにおいて、前記磁気検出素子および前記コイルは前記バスバーと一体となるように樹脂でモールドされ、このモールドされた外側を前記磁気シールド体が覆っていてもよい。

30

【 0 0 1 0 】

また、前記磁気シールド体は、第 1 および第 2 の磁気シールド部材によって前記バスバーと前記磁気検出素子と前記コイルとを囲むものであり、その囲んでいる状態で前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材間に前記空隙が形成されてもよい。

【 0 0 1 1 】

第 1 又は第 2 の態様の電流センサにおいて、

前記磁気検出素子および前記コイルは前記バスバーと一体となるように樹脂でモールドされてモールド体を構成し、

前記磁気シールド体は、第 1 および第 2 の磁気シールド部材によって前記モールド体を覆うものであり、その覆っている状態で前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材間に前記空隙が形成され、

40

前記モールド体の外側には前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材を取り付けるためのモールド側凹部または凸部が形成され、

前記第 1 および第 2 の磁気シールド部材は、シールド側凸部または凹部もしくは孔部が内面に形成された半筒状ないし半環状であり、前記モールド側凹部または凸部と、前記シールド側凸部または凹部もしくは孔部とが嵌合することで前記モールド体に装着されていてもよい。

【 0 0 1 2 】

第 1 又は第 2 の態様の電流センサにおいて、

50

前記磁気検出素子および前記コイルは前記バスバーと一体となるように樹脂でモールドされてモールド体を構成し、

前記磁気シールド体は、第1および第2の磁気シールド部材によって前記モールド体を覆うものであり、その覆っている状態で前記第1および第2の磁気シールド部材間に前記空隙が形成され、

前記第1および第2の磁気シールド部材は、前記モールド体に対するギザギザ形状の抜止め用凹凸部が形成された半筒状ないし半環状であり、前記モールド体の外側に装着されていてもよい。

【0013】

また、前記バスバーは平板形状であり、前記磁気検出素子と前記コイルとが前記バスバーの幅広主面上に固定配置されてもよい。

【0014】

本発明の第3の態様も電流センサである。この電流センサは、バスバーを通す貫通孔が形成された樹脂モールド体として構成され、前記樹脂モールド体の内部に、

前記樹脂モールド体の前記貫通孔にバスバーを通して電流を流したときに発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前記貫通孔に対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記貫通孔に対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第1の磁界を相殺する第2の磁界を発生するコイルとを少なくとも備えとともに、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体を備え、

前記第2の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記貫通孔と前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも1カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは、直線状の磁気コアに巻線を施したものであり、かつ、前記磁気検出素子の感磁面の片側または両側に設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする。

【0016】

本発明の第4の態様も電流センサである。この電流センサは、バスバーを通す貫通孔が形成された樹脂モールド体として構成され、前記樹脂モールド体の内部に、

前記樹脂モールド体の前記貫通孔にバスバーを通して電流を流したときに発生する第1の磁界が感磁面に印加されるように前記貫通孔に対して固定配置された磁気検出素子と、

前記磁気検出素子と近接するよう前記貫通孔に対して固定配置され、前記磁気検出素子の感磁面に印加される前記第1の磁界を相殺する第2の磁界を発生するコイルとを少なくとも備えとともに、

前記磁気検出素子および前記コイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体を備え、

前記第2の磁界を発生するために前記コイルに流れる電流に基づいて前記バスバーに流れる電流を検出する電流センサであり、

前記磁気シールド体は前記貫通孔と前記磁気検出素子と前記コイルとを内側に囲む環状囲み部を有し、前記環状囲み部に少なくとも1カ所の空隙が形成されていて、

前記コイルは前記磁気検出素子の感磁面の一方の側に設けられ、

前記磁気検出素子の感磁面の他方の側には直線状の磁気コアが設けられ、

前記磁気シールド体に形成された前記空隙が前記磁気コアの軸延長上の近傍に位置していることを特徴とする。

【0017】

10

20

30

40

50

前記コイルは内周孔に直線状の磁気コアが配置されたボビンに巻線を施したものであり、前記磁気検出素子の検出出力がゼロとなるように前記コイルに電流を供給する制御回路の基板が前記ボビンに搭載されていてもよい。

【0018】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法やシステムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0019】

本発明の電流センサによれば、バスバーに流れる電流によって磁気検出素子の感磁面に印加される第1の磁界と、磁気検出素子と近接するよう配置されたコイルに電流が流れることにより発生する第2の磁界とが相殺されるので、磁気検出素子の出力は飽和することがなく、大電流の検出が可能である。また、磁気検出素子およびコイルを外部磁界から磁気遮蔽する磁気シールド体に空隙を形成しておくことで、磁気シールド体自体の磁気飽和を防止するとともに、その空隙の位置を調整することで磁気検出素子の感磁面に印加される第1の磁界の強度を制御（弱く）できる。したがって、磁気検出素子の感磁面に印加される第1の磁界を相殺する第2の磁界を発生するためにコイルに流れる電流を少なくすることができ、低消費電力化を図り得る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態を詳述する。なお、各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理等には同一の符号を付し、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は発明を限定するものではなく例示であり、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

【0021】

（第1の実施の形態）

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る電流センサ100の正断面図（図2の1-1'断面図）である。図2は、図1に示される電流センサ100の平面図である。図3は、図2の3-3'断面図である。

【0022】

電流センサ100は、バスバー12と、磁気検出素子としてのホール素子14と、第1フィードバックコイル16と、第2フィードバックコイル17と、制御回路18とを備え、それらは樹脂58でモールドされて一体化される。すなわち電流センサ100はバスバー一体型である。樹脂58の外側は磁気シールド体65で覆われる。なお、樹脂58は非磁性であるものとする。

【0023】

バスバー12は平板形状（例えば銅板）であり、取付穴22および24を介して被測定電流の経路をなすように取り付けられる。ホール素子14は、バスバー12に流れる電流によって発生する磁界（以下「第1の磁界」とも表記）が感磁面に印加されるようにバスバー12の幅広主面上に固定配置される。第1フィードバックコイル16および第2フィードバックコイル17は、ホール素子14と近接するようバスバー12の幅広主面上に固定配置され、ホール素子14の感磁面に印加される第1の磁界を相殺する磁界（以下「第2の磁界」とも表記）を発生する。制御回路18は、ホール素子14の検出出力がゼロとなるように第1フィードバックコイル16および第2フィードバックコイル17に電流を供給する。この供給された電流（以下「FBコイル電流」とも表記）に基づいて、バスバー12に流れる被測定電流（以下「バスバー電流」とも表記）が検出される。磁気シールド体65は、第1磁気シールド部材としての上側磁気シールド部材62および第2の磁気シールド部材としての下側磁気シールド部材63によってバスバー12とホール素子14と第1フィードバックコイル16と第2フィードバックコイル17とを環状に囲む環状囲み部を構成することで外部磁界から磁気遮蔽するものであり、その囲っている状態で上側

磁気シールド部材 6 2 および下側磁気シールド部材 6 3 の間に空隙 6 7、6 8 が形成される。空隙 6 7、6 8 が形成されることにより、空隙 6 7、6 8 が形成されない場合と比較してホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界の強度が減じられる。

【 0 0 2 4 】

第 1 フィードバックコイル 1 6 は、これに限定されないが、巻線 3 2 を施したボビン 2 6 の内周孔に磁気コア（軟磁性体）2 8 を配置して構成される。第 2 フィードバックコイル 1 7 も同様に、巻線 3 3 を施したボビン 2 7 の内側に磁気コア（軟磁性体）2 9 を設けて構成される。ボビン 2 6、2 7 の鏝部は多角形（図では正方形）であり、鏝部外周の一面が制御回路 1 8 を組み立てたプリント基板 3 8 の配置面とされる。制御回路 1 8 はプリント基板 3 8（絶縁基板）上に電子部品 3 9 を実装したものである。プリント基板 3 8 にはボビン 2 6、2 7 の鏝部外周の一面に植設された端子ピン 3 6、3 7 に対応する貫通孔（図示せず）が形成され、この貫通孔に端子ピン 3 6、3 7 を通すことによりプリント基板 3 8 がボビン 2 6、2 7 の鏝部外周の一面を相互に渡すように配置（搭載）される。

【 0 0 2 5 】

第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 は、端面同士が当接するようにバスバー 1 2 の長手方向略中央に固着（例えば接着）され、その軸方向はバスバー 1 2 の長手方向と略垂直かつ幅方向と略平行である。第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 の一方の端面はそれぞれバスバー 1 2 の縁に位置し、他方の端面はそれぞれバスバー 1 2 の幅方向略中央に位置して互いに当接する。この当接した状態で空間が形成され、その空間にホール素子 1 4 が入れられて固定される。これにより第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 の当接している端面上略中央にホール素子 1 4 が位置する。ホール素子 1 4 の感磁面は第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 の端面（すなわち磁気コア 2 8、2 9 端面）に対向し、バスバー 1 2 の幅方向と略垂直である。したがって、バスバー電流によって発生する磁界（第 1 の磁界）とホール素子 1 4 の感磁面は略垂直となり、また、第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 に流れる電流によって発生する磁界（第 2 の磁界）とホール素子 1 4 の感磁面も略垂直となる。ホール素子 1 4 の出力電圧がゼロとなるように制御回路 1 8 により第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 に電流が供給されるため、ホール素子 1 4 の感磁面においては第 1 の磁界と第 2 の磁界とが相殺する。

【 0 0 2 6 】

磁気シールド体 6 5 を構成する上側磁気シールド部材 6 2 および下側磁気シールド部材 6 3 は、コの字型（換言すれば、半四角筒状ないし半方形環状）の例えば高透磁率材である珪素銅板あるいはパーマロイ（低周波の磁氣的干渉に好適）、フェライト（高周波の磁氣的干渉に好適）であり、バスバー 1 2 と、第 1 フィードバックコイル 1 6 と、第 2 フィードバックコイル 1 7 と、ホール素子 1 4 と、制御回路 1 8 とを四角筒状ないし方形環状に囲って外部磁界から磁気遮蔽する。空隙 6 7、6 8 は、それを設けることでホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界の強度が減じられる位置に形成される。図 1 では第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 の磁気コア 2 8、2 9 の軸延長上の近傍に空隙 6 7、6 8 が形成される場合を示している。

【 0 0 2 7 】

図 4 は、図 1 ないし図 3 のホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界の強度が磁気シールド体に形成された空隙の位置に応じて変化する原理の説明図である。なお磁気シールド体 6 9 は分かりやすく円筒ないし円環状のものをを用いているが、角筒状ないし方形環状のものをを用いても結果は同様である。空隙 6 6 の位置を示す角度はホール素子 1 4 の位置を中心に、バスバー 1 2 の幅広主面から垂直にホール素子 1 4 に向かう向きを基準（ $0^\circ$ ）とし、バスバー 1 2 の長さ方向手前から奥を見て時計回りを正にとる。図 4（A）は  $\theta = 0^\circ$  の場合を、（B）は  $\theta = 180^\circ$  の場合を示す。なおバスバー電流  $I_1$  は紙面手前から奥に向かっているものとする。図 4（C）はバスバー電流  $I_1$ （横軸）に対するホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界（縦軸に磁束密度  $B_1$  で示す）の特性図

10

20

30

40

50



である。

【 0 0 2 8 】

$\theta = 0^\circ$  のとき、図 4 ( A ) に示されるようにバスバー電流  $I_1$  によって発生する磁界 ( 第 1 の磁界  $H_1$  ) は、空隙 6 6 の磁気インピーダンスが高いため、空隙 6 6 を含む上側の磁気シールド体 6 9 を通過する磁束が少なくなるため、磁気コア 2 8、2 9 を通過する磁束は空隙位置が他の位置にある場合に比して多くなる。したがって、ホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界の強度は図 4 ( C ) のように  $\theta = 0^\circ$  のときが最も大きい。これとは逆に  $\theta = 180^\circ$  のとき、図 4 ( B ) に示されるようにバスバー電流  $I_1$  によって発生する磁界 ( 第 1 の磁界  $H_1$  ) は磁気コア 2 8、2 9 よりも磁気シールド体 6 9 に集中する。バスバー 1 2 よりも磁気コア 2 8、2 9 側では磁気シールド体 6 9 に空隙がないため磁気シールド体 6 9 を通る磁路の方が磁気コア 2 8、2 9 を通る磁路よりも低磁気インピーダンスとなるからである。したがって、ホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界  $H_1$  の強度は図 4 ( C ) のように  $\theta = 180^\circ$  のときが最も小さい。同じバスバー電流で空隙の位置を角度  $\theta$  を  $0^\circ$  から  $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $180^\circ$  と変化させると、ホール素子 1 4 の感磁面に印加される第 1 の磁界  $H_1$  の強度はその順番に小さくなっていく。つまり、空隙位置によりホール素子 1 4 を貫く磁束密度を制御可能であることを示している。本実施の形態ではバスバー電流  $I_1$  が  $200\text{ A}$  の時に第 1 の磁界の強度を磁束密度で  $50\text{ mT}$  程度に抑えるため、 $\theta = 90^\circ$  近傍としている。

10

【 0 0 2 9 】

図 5 は、図 4 の角度  $\theta = 90^\circ$  の場合に、ホール素子 1 4 の感磁面に印加される磁界の説明図である。バスバー電流  $I_1$  は紙面手前から奥に向かっているものとする。したがって、第 1 の磁界  $H_1$  はホール素子 1 4 の感磁面では紙面左から右に向かう向きである。一方、第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 にはホール素子 1 4 の出力電圧がゼロとなるように電流が供給されるから、第 2 の磁界  $H_2$  はホール素子 1 4 の感磁面近傍で第 1 の磁界  $H_1$  を相殺するように発生する。これによりホール素子 1 4 の感磁面に印加される磁界はゼロとなる。

20

【 0 0 3 0 】

図 6 は、図 5 においてバスバー電流  $I_1$  をゼロとした場合の、FB コイル電流  $I_2$  ( 横軸 ) に対するホール素子 1 4 の感磁面に印加される磁界 ( 縦軸に磁束密度  $B_2$  で示す ) の特性図である。FB コイル電流  $I_2$  の  $-50\text{ mA} \sim +50\text{ mA}$  のレンジに対してホール素子 1 4 の感磁面に印加される磁界の強度は磁束密度では  $-50\text{ mT} \sim +50\text{ mT}$  となり、直線的な特性となっている。なお、図 8 で後述するように、第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 は直列接続されて、同一電流が供給されるものとする。

30

【 0 0 3 1 】

図 7 は、FB コイル電流  $I_2$  をゼロとした場合の、バスバー電流  $I_1$  ( 横軸 ) に対するホール素子 1 4 の感磁面に印加される磁界 ( 縦軸に磁束密度  $B_1$  で示す ) の特性図である。バスバー電流  $I_1$  の  $-200\text{ A} \sim +200\text{ A}$  のレンジに対してホール素子 1 4 の感磁面に印加される磁界の強度は磁束密度で  $-50\text{ mT} \sim +50\text{ mT}$  となり、直線的な特性となっている。したがって、バスバー電流  $200\text{ A}$  に対して FB コイル電流は  $50\text{ mA}$  で足りる ( ホール素子 1 4 の検出出力をゼロにできる ) ことが分かる。

40

【 0 0 3 2 】

図 6 及び図 7 に示される特性は、図 1 のように  $\theta = 90^\circ$  近傍に設けた空隙 6 8 に加えて  $\theta = -90^\circ$  近傍に空隙 6 7 を設けた場合にも同様である。

【 0 0 3 3 】

図 8 は、図 1 ないし図 3 に示される制御回路 1 8 の回路図である。この回路は直列接続された第 1 フィードバックコイル 1 6 および第 2 フィードバックコイル 1 7 に FB コイル電流  $I_2$  を供給し、これによりホール素子 1 4 の検出出力をゼロにする。そして供給した FB コイル電流  $I_2$  に応じたセンサ出力  $V_{out}$  を得る。

【 0 0 3 4 】

50

制御回路 18 は、定電流回路 42 と、誤差増幅回路 48 (オペアンプ) と、検出抵抗  $R_s$  と、差動増幅回路 54 とを含む。ホール素子 14 の端子 a、c 間には定電流回路 42 によって一定量の電流が供給され、ホール素子 14 の感磁面に印加された磁界に比例する電圧が端子 b、d 間に発生する。誤差増幅回路 48 は、出力端子から電流を吸い込む又は吐き出すことにより、端子 b、d 間の電位差が常にゼロとなるように、すなわちホール素子 14 の感磁面において上述の第 1 の磁界と第 2 の磁界とが相殺するように、第 1 フィードバックコイル 16 および第 2 フィードバックコイル 17 に電流を供給する。

【0035】

検出抵抗  $R_s$  は FB コイル電流  $I_2$  を電圧に変換するための微小抵抗であり、その抵抗値は差動増幅回路 54 の入力インピーダンスよりも十分小さいものとする。差動増幅回路 54 は、検出抵抗  $R_s$  の両端の電圧  $V_s$  を増幅し電圧  $V_{out}$  を出力する。差動増幅回路 54 は、オペアンプ 56 と、第 1 抵抗  $R_1$  ~ 第 4 抵抗  $R_4$  と、基準電圧源  $V_{ref}$  とを含む。ここでは基準電圧源  $V_{ref}$  の電圧は電源電圧  $V_{cc}$  の  $1/2$  ( $= 2.5V$ ) としている。第 1 抵抗  $R_1$  ~ 第 4 抵抗  $R_4$  の抵抗値は  $R_1 = R_2$ 、 $R_3 = R_4$  であり、差動増幅回路 54 の増幅度は  $R_3 / R_1$  である。増幅度は例えば 1 近傍とする。差動増幅回路 54 の出力電圧  $V_{out}$  は

$$V_{out} = - (R_3 / R_1) V_s + 2.5 [V]$$

となる。差動増幅回路 54 の出力電圧  $V_{out}$  は電流センサ 100 のセンサ出力となる。

【0036】

図 9 は、バスバー電流  $I_1$  (横軸) に対する図 8 の差動増幅回路 54 の出力電圧  $V_{out}$  (縦軸) の特性図である。バスバー電流  $I_1$  の  $-200A \sim +200A$  のレンジに対して差動増幅回路 54 の出力電圧  $V_{out}$  は  $0.5V \sim 4.5V$  となり、直線的な特性となっている。

【0037】

本実施の形態によれば、以下の効果を奏することができる。

【0038】

(1) バスバー 12 に流れる電流によってホール素子 14 の感磁面に印加される第 1 の磁界と、ホール素子 14 と近接するよう配置された第 1 フィードバックコイル 16 および第 2 フィードバックコイル 17 に電流が流れることにより発生する第 2 の磁界とが相殺するので、磁気コアが飽和することがなく、このため大電流 (例えば  $200 \sim 300A$  程度) を直線性よく高精度 ( $-40 \sim +85$  において精度  $\pm 0.5\%$  程度) で検出可能である。また磁気比例式の場合のようなホール素子 14 の出力飽和の問題もない。

【0039】

(2) バスバー 12 とホール素子 14 と第 1 フィードバックコイル 16 と第 2 フィードバックコイル 17 とが磁気シールド体 65 で囲まれるため、外乱磁気によって生じるセンサ出力への悪影響を実質的に無くすることができる。そして、磁気シールド体 65 に空隙 67、68 が形成されたことにより空隙 67、68 が形成されない場合と比較してホール素子 14 の感磁面に印加される第 1 の磁界の強度が減じられているので、ホール素子 14 の感磁面に印加される第 1 の磁界を相殺する第 2 の磁界を発生するために第 1 フィードバックコイル 16 および第 2 フィードバックコイル 17 に供給する電流が少なく済み、低消費電力である。特に図 1 に示されるように第 1 フィードバックコイル 16 および第 2 フィードバックコイル 17 の磁気コア 28、29 の軸延長上の近傍に空隙 67、68 が形成されている場合、バスバー電流  $200A$  に対して FB コイル電流  $50mA$  で足りる (ホール素子 14 の検出出力をゼロにできる) ため、低消費電力であり、またセンサ精度とのバランスもよい。

【0040】

(3) 制御回路 18 のプリント基板 38 はボビン 26、27 の鍔部外周の一面を渡すように配置されるため、電流センサ 100 の小型化に有利である。

【0041】

(4) 第 1 フィードバックコイル 16 は巻線 32 を施したボビン 26 の内側に磁気コア 28

10

20

30

40

50

を設けて構成され、第2フィードバックコイル17も同様に巻線33を施したボビン27の内側に磁気コア29を設けて構成されており、磁気コア28、29の端面でホール素子14の感磁面を挟み込む構成のため、強力なフィードバック磁界(第2の磁界)を発生できる。また、磁気コア28、29を一直線上に配置しているため、ホール素子14の感磁面に実質的に垂直な磁界を印加できる。

【0042】

(5) ホール素子14と第1フィードバックコイル16と第2フィードバックコイル17とがバスバー12と一体になるように樹脂58でモールドされるため、バスバー12との一体化が確実なものとなり位置ずれを起こしにくい。

【0043】

(6) 特許文献1のように一つの部材で筒状の磁気シールド体を構成すると磁気シールド体にバスバーを通す取付方法しかできないため作業性が良くないところ、本実施の形態の磁気シールド体65は上側磁気シールド部材62および下側磁気シールド部材63を組み合わせるものであるため樹脂58の外側を上側磁気シールド部材62および下側磁気シールド部材63で挟み込むようにして取り付けることができ作業性が良い。

【0044】

(7) バスバーを貫通するリング状の磁気コアを用いる従来の磁気平衡式電流センサと比較して本実施の形態の電流センサ100は巻線数が少なくよいため小型かつ軽量である。すなわち、バスバー12の幅方向主面の幅内にホール素子14と第1フィードバックコイル16と第2フィードバックコイル17とを配置でき、コイル巻数も大幅に低減できる。

(8) 磁気平衡式の原理に基づくため温度ドリフトが磁気比例式電流センサと比較して改善され、高精度である。

【0045】

(第2の実施の形態)

本実施の形態では主として磁気シールド体の取付機構について説明する。図10は、本発明の第2の実施の形態に係る電流センサ200の一部分解斜視図である。樹脂58でモールドされた内部の構成は図1ないし図3に示される第1の実施の形態と同様である。

【0046】

電流センサ200は、図1に示されるバスバー12と、ホール素子14と、第1フィードバックコイル16と、第2フィードバックコイル17と、制御回路18とを樹脂58でモールドして、モールド体としてのモールドユニット580を構成し、このモールドユニット580に磁気シールド体を650を嵌め合わせたものである。

【0047】

磁気シールド体650は、コの字型(換言すれば、半四角筒状ないし半方形環状)の上側磁気シールド部材620および下側磁気シールド部材630とからなり、上側磁気シールド部材620および下側磁気シールド部材630の折曲げ面内側にはシールド側凸部621、631が1対ずつ形成されている。モールドユニット580には、上側磁気シールド部材620および下側磁気シールド部材630に形成されたシールド側凸部621、631と嵌まり合うモールド側凹部622、632が1対ずつ形成されている。

【0048】

モールドユニット580に磁気シールド体650を取り付ける際には、上側磁気シールド部材620および下側磁気シールド部材630のシールド側凸部621および631と、モールドユニット580のモールド側凹部622および632とを嵌合させればよい。したがって本実施の形態によれば磁気シールド体の取付けが容易で作業性がよい。

【0049】

(第3の実施の形態)

図11は、本発明の第3の実施の形態に係る電流センサ300の一部分解斜視図である。本実施の形態では図10に示される第2の実施の形態と比較して嵌合構造が逆になっている。すなわち、上側磁気シールド部材620および下側磁気シールド部材630の折曲げ面内側にはシールド側孔部623、633が1対ずつ形成されている。モールドユニッ

10

20

30

40

50

ト 5 8 0 には、上側磁気シールド部材 6 2 0 および下側磁気シールド部材 6 3 0 に形成されたシールド側孔部 6 2 3、6 3 3 と嵌まり合うモールド側凸部 6 2 4、6 3 4 が 1 対ずつ形成されている。本実施の形態も第 2 の実施の形態と同様に磁気シールド体の取付けが容易で作業性がよい。なお、シールド側孔部 6 2 3、6 3 3 に替えてシールド側凹部としても同様の効果が得られる。

#### 【 0 0 5 0 】

( 第 4 の実施の形態 )

図 1 2 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る電流センサ 4 0 0 の一部分解斜視図である。電流センサ 4 0 0 は三相交流モータ用であり、U 相、V 相、W 相のバスバー 1 2 U、1 2 V、1 2 W の各々に対応して図 1 ないし図 3 に示される電流センサ 1 0 0 と同様の電流センサ 1 0 0 U、1 0 0 V、1 0 0 W が設けられ、それらが樹脂 5 8 で図 1 2 のようにモールド一体化されてモールドユニット 5 8 1 を構成している。また、U 相、V 相、W 相の各々に対応して磁気シールド体 6 5 0 U、6 5 0 V、6 5 0 W が設けられる。磁気シールド体 6 5 0 U、6 5 0 V、6 5 0 W はコの字型（換言すれば、半四角筒状ないし半方形環状）の上側磁気シールド部材 6 2 0 U、6 2 0 V、6 2 0 W および下側磁気シールド部材 6 3 0 U、6 3 0 V、6 3 0 W からなる。

#### 【 0 0 5 1 】

上側磁気シールド部材 6 2 0 U、6 2 0 V、6 2 0 W および下側磁気シールド部材 6 3 0 U、6 3 0 V、6 3 0 W の折曲げ面の縁にはギザギザ形状の抜止め用凹凸部 6 2 7 U、6 2 7 V、6 2 7 W および 6 3 7 U、6 3 7 V、6 3 7 W が形成され、これにより上側磁気シールド部材 6 2 0 U、6 2 0 V、6 2 0 W および下側磁気シールド部材 6 3 0 U、6 3 0 V、6 3 0 W はモールドユニット 5 8 1 に取り付けられた状態で抜け落ちないように装着される。

#### 【 0 0 5 2 】

( 第 5 の実施の形態 )

上記の実施の形態では電流センサをバスバー一体型とする場合を説明した。本実施の形態ではバスバー分離型とする場合について説明する。図 1 3 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る電流センサ 5 0 0 の一部分解斜視図である。電流センサ 5 0 0 は図 1 0 に示される電流センサ 2 0 0 からバスバー 1 2 を抜いたものに相当し、バスバー 1 2 が存在していた部分は貫通孔 1 2 5 となっている。電流センサ 5 0 0 の正断面図は図 1 においてバスバー 1 2 の部分を貫通孔に置き換えたものと同様である。したがって、電流センサ 5 0 0 の貫通孔 1 2 5 にバスバーを通して固定すれば図 1 0 に示される電流センサ 2 0 0 と同様のバスバー一体型の電流センサとなる。なお、バスバーの固定には、例えばバスバー側に雌ねじを形成しておき、モールドユニット 5 8 0 をその雌ねじを利用してビス止めする構造等が採用可能である。

#### 【 0 0 5 3 】

以上、実施の形態を例に本発明を説明したが、実施の形態の各構成要素や各処理プロセスには請求項に記載の範囲で種々の変形が可能であることは当業者に理解されることである。以下、変形例について触れる。

#### 【 0 0 5 4 】

図 1 4 は、変形例に係る電流センサ 1 0 1 の正断面図である。図 1 に示される第 1 の実施の形態と異なるところは、第 2 フィードバックコイル 1 7 をなくして磁気コア 2 9 のみを残している点である。本変形例も、第 1 フィードバックコイル 1 6 の磁気コア 2 8 と磁気コア 2 9 とを一直線上に配置することで、ホール素子の感磁面に対し実質的に垂直な磁界を印加できる。

#### 【 0 0 5 5 】

実施の形態ではバスバー 1 2 を平板形状としたが、これには限定されず、丸棒その他の形状であってもよい。また、ホール素子 1 4 と制御回路 1 8 とは別部品とすることに限定されず、それらを一体集積化した IC ( Integrated Circuit ) を用いてもよい。また、制御回路はセンサ出力として電圧を得たが、電流出力タイプとしてもよい。この場合、図 8

10

20

30

40

50

の検出抵抗  $R_s$  に替えてモニタ用電流計を設け、差動増幅回路 54 を取り除く。また、ホール素子は磁気検出素子の例示であるが、磁気検出素子はこれに限定されず、磁気抵抗効果素子等であってもよい。また、磁気シールド体 65 を構成する上側磁気シールド部材 62 および下側磁気シールド部材 63 は、コの字型に限定されず、モールドユニットの外形に合わせて、半円あるいは半楕円などの半筒型若しくはその他の形状としてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る電流センサの正断面図（図2の1-1'断面図）である。

【図2】図1に示される電流センサの平面図である。

10

【図3】図2の3-3'断面図である。

【図4】図1ないし図3のホール素子14の感磁面に印加される第1の磁界の強度が磁気シールド体に形成された空隙の位置に応じて変化する原理の説明図である。

【図5】図4の角度  $= 90^\circ$  の場合に、ホール素子の感磁面に印加される磁界の説明図である。

【図6】図5においてバスバー電流  $I_1$  をゼロとした場合の、FBコイル電流  $I_2$ （横軸）に対するホール素子の感磁面に印加される磁界（縦軸）の特性図である。

【図7】FBコイル電流  $I_2$  をゼロとした場合の、バスバー電流  $I_1$ （横軸）に対するホール素子の感磁面に印加される磁界（縦軸）の特性図である。

【図8】図1ないし図3に示される制御回路18の回路図である。

20

【図9】図8に示される回路を用いた場合のバスバー電流  $I_1$ （横軸）に対するFBコイル電流  $I_2$ （縦軸）の特性図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態に係る電流センサの一部分解斜視図である。

【図11】本発明の第3の実施の形態に係る電流センサの一部分解斜視図である。

【図12】本発明の第4の実施の形態に係る電流センサの一部分解斜視図である。

【図13】本発明の第5の実施の形態に係る電流センサの一部分解斜視図である。

【図14】変形例に係る電流センサ101の正断面図である。

【符号の説明】

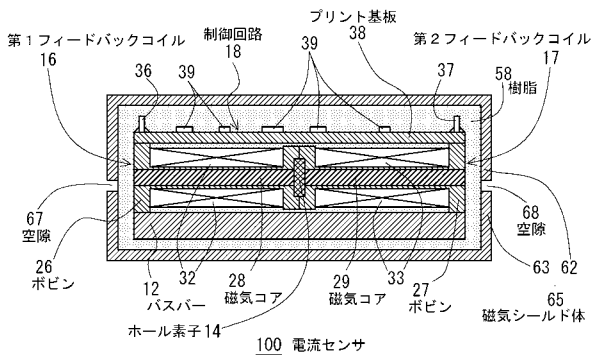
【0057】

- 12 バスバー
- 16 第1フィードバックコイル
- 17 第2フィードバックコイル
- 18 制御回路
- 26、27 ポピン
- 28、29 磁気コア
- 38 プリント基板
- 58 樹脂
- 62 上側磁気シールド部材
- 63 下側磁気シールド部材
- 65 磁気シールド体
- 100 電流センサ

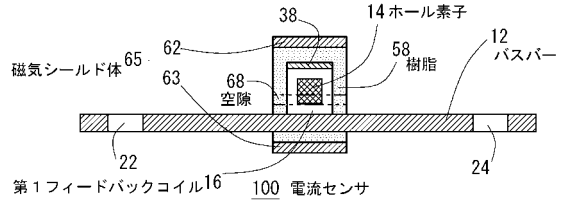
30

40

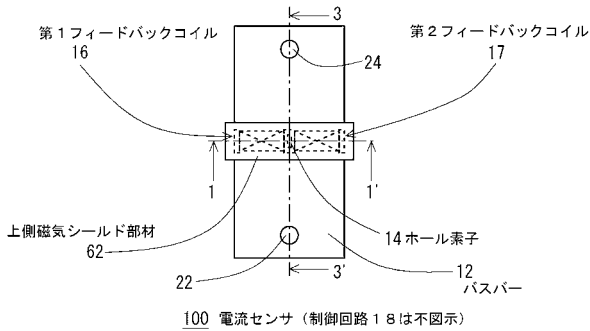
【図1】



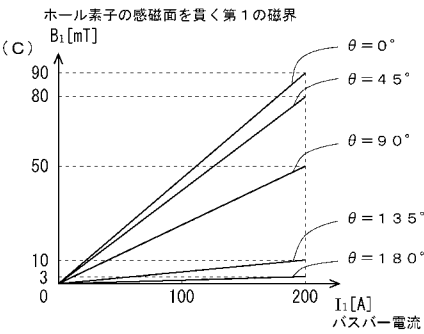
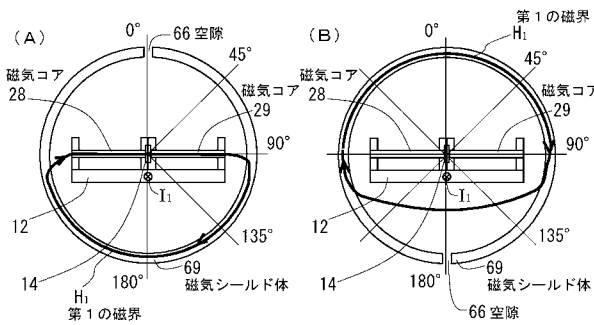
【図3】



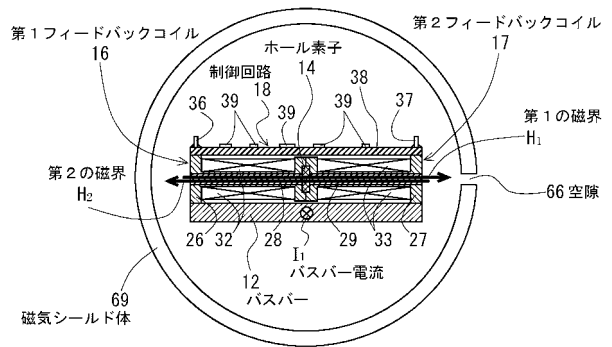
【図2】



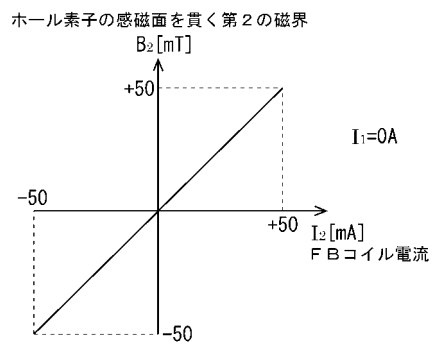
【図4】



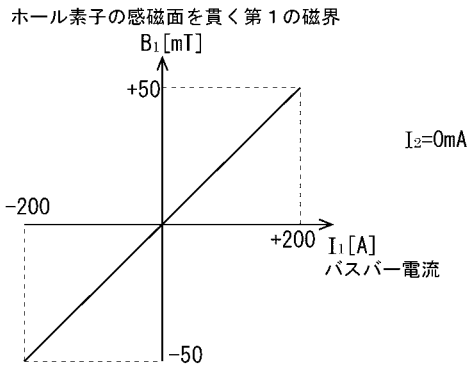
【図5】



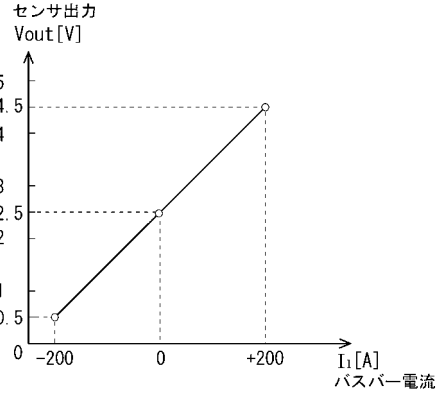
【図6】



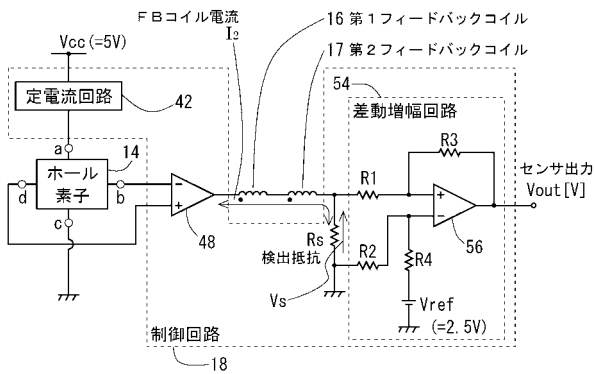
【図7】



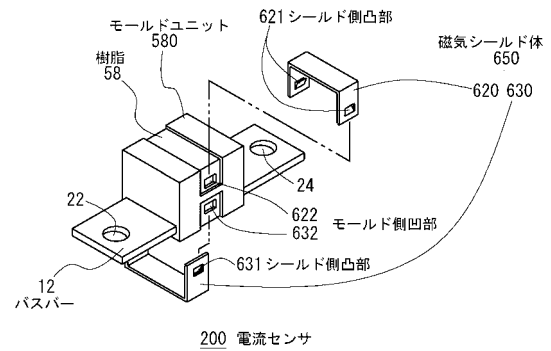
【図9】



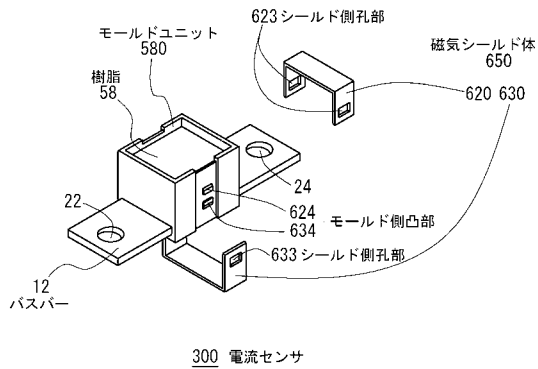
【図8】



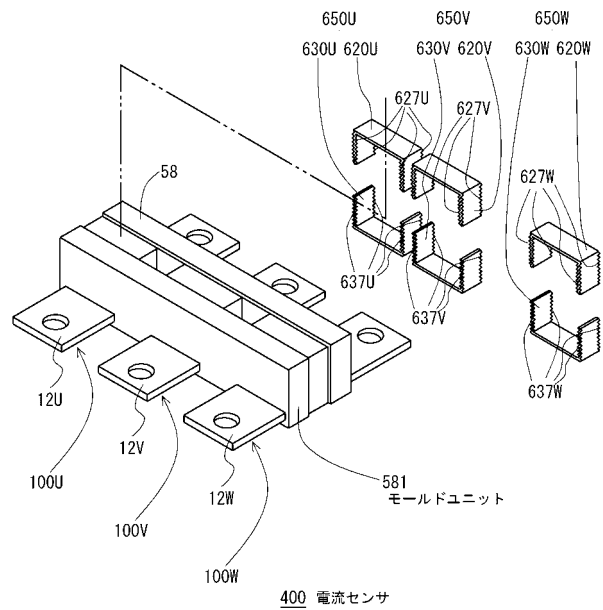
【図10】



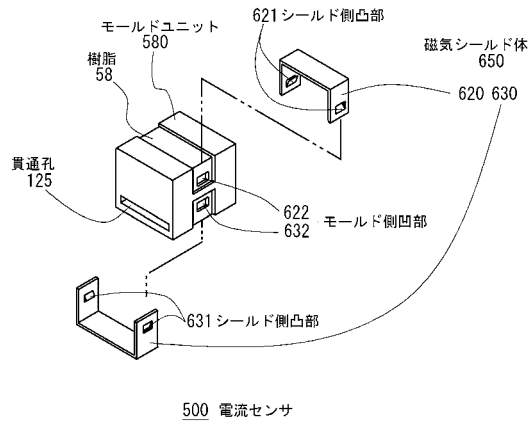
【図11】



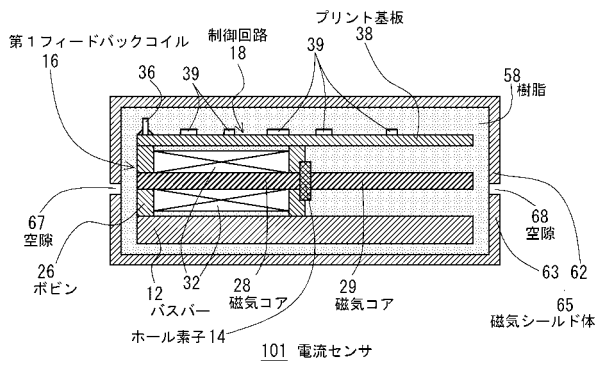
【図12】



【図13】



【図14】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-092199(JP,A)  
特開2001-194391(JP,A)  
特開平04-118561(JP,A)  
実開平02-141868(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01R 15/00-19/32