

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7401180号
(P7401180)

(45)発行日 令和5年12月19日(2023.12.19)

(24)登録日 令和5年12月11日(2023.12.11)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 R 15/20 (2006.01) G 0 1 R 15/20 C

請求項の数 5 (全61頁)

(21)出願番号	特願2018-52964(P2018-52964)	(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	平成30年3月20日(2018.3.20)	(74)代理人	100145595 弁理士 久保 貴則
(65)公開番号	特開2019-164080(P2019-164080 A)	(74)代理人	100106149 弁理士 矢作 和行
(43)公開日	令和1年9月26日(2019.9.26)	(74)代理人	100121991 弁理士 野々部 泰平
審査請求日	令和3年1月20日(2021.1.20)	(72)発明者	酒井 亮輔 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式 会社デンソー内
審査番号	不服2022-15523(P2022-15523/J 1)	(72)発明者	三輪 大晃 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式 会社デンソー内
審査請求日	令和4年9月29日(2022.9.29)		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】

被測定電流の流動する導電部材(30)と、
 前記被測定電流の流動によって生じる被測定磁界を第1極性の電気信号に変換する第1磁電変換部(21, 25)、および、前記被測定磁界を前記第1極性とは異なる第2極性の電気信号に変換する第2磁電変換部(22, 25)の搭載された配線基板(20)と、
 前記第1磁電変換部の前記電気信号と前記第2磁電変換部の前記電気信号との差分を取る差分部(29, 801, 802)と、
 前記配線基板が前記導電部材に対向する態様で、前記導電部材と前記配線基板それぞれを収納するセンサ筐体(50)と、
 前記配線基板の前記導電部材との対向面(20a)を前記センサ筐体に接着する基板接着剤(56e)と、を有し、
 互いに直交の関係にある3方向をx方向、y方向、および、z方向とすると、
 前記導電部材の延長方向である前記y方向に対して直交する一つの平面上に前記導電部材の中心点(CP)と、前記第1磁電変換部及び前記第2磁電変換部とが存在し、前記導電部材の中心点(CP)を介して、前記第1磁電変換部及び前記第2磁電変換部が前記x方向に並ぶように、前記第1磁電変換部と前記第2磁電変換部は前記対向面若しくは前記対向面の裏側の背面に配置されており、
 前記第1磁電変換部および前記第2磁電変換部のそれぞれは、自身を透過する磁界の前記y方向に沿う成分と前記導電部材の横方向である前記x方向に沿う成分に応じて抵抗値

が変動する磁気抵抗効果素子(25a, 25b)を複数有する電流センサ。

【請求項2】

前記磁気抵抗効果素子は、前記透過する磁界の前記z方向に沿う成分によって抵抗値が変化しない請求項1に記載の電流センサ。

【請求項3】

前記第1磁電変換部および前記第2磁電変換部のそれぞれは、前記磁気抵抗効果素子として抵抗値の増減が互いに逆転するように設けられた第1磁気抵抗効果素子(25a)および第2磁気抵抗効果素子(25b)を有し、

前記第1磁気抵抗効果素子と前記第2磁気抵抗効果素子とは、電源電位と基準電位との間で直列接続されてハーフブリッジ回路を構成しており、

前記第1磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路と前記第2磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路とで、前記第1磁気抵抗効果素子と前記第2磁気抵抗効果素子の配置を逆転させることにより、前記第1磁電変換部が出力する前記電気信号の極性と前記第2磁電変換部が出力する前記電気信号の極性が異なっている請求項1または請求項2に記載の電流センサ。

【請求項4】

前記第1磁電変換部および前記第2磁電変換部のそれぞれは、前記磁気抵抗効果素子として抵抗値の増減が互いに逆転するように設けられた第1磁気抵抗効果素子(25a)および第2磁気抵抗効果素子(25b)と、差動アンプ(25c)を有し、

前記第1磁電変換部および前記第2磁電変換部は、前記第1磁気抵抗効果素子と前記第2磁気抵抗効果素子とが電源電位と基準電位との間で直列接続されてなるハーフブリッジ回路をそれぞれ2つ有しており、

前記第1磁電変換部および前記第2磁電変換部のそれぞれにおいて、前記ハーフブリッジ回路のひとつの midpoint 電位が前記差動アンプの入力端子のひとつに入力され、前記ハーフブリッジ回路の他のひとつの midpoint 電位が前記差動アンプの入力端子の他のひとつに入力されており、

前記第1磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路のひとつと前記第2磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路のひとつとで、前記第1磁気抵抗効果素子と前記第2磁気抵抗効果素子の配置が同じであり、前記第1磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路の他のひとつと前記第2磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路の他のひとつとで、前記第1磁気抵抗効果素子と前記第2磁気抵抗効果素子の配置が同じであり、

配置が互いに同じである前記第1磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路と前記第2磁電変換部の前記ハーフブリッジ回路とで、前記差動アンプの入力端子を逆転させることにより、前記第1磁電変換部が出力する前記電気信号の極性と前記第2磁電変換部が出力する前記電気信号の極性が異なっている請求項1または請求項2に記載の電流センサ。

【請求項5】

被測定電流の流動する導電部材(30)と、

前記被測定電流の流動によって生じる被測定磁界を第1極性の電気信号に変換する第1磁電変換部(21, 25)、および、前記被測定磁界を前記第1極性とは異なる第2極性の電気信号に変換する第2磁電変換部(22, 25)の搭載された配線基板(20)と、

前記第1磁電変換部の前記電気信号と前記第2磁電変換部の前記電気信号との差分を取る差分部(29, 801, 802)と、

前記配線基板が前記導電部材に対向する態様で、前記導電部材と前記配線基板それぞれを収納するセンサ筐体(50)と、

前記配線基板の前記導電部材との対向面(20a)を前記センサ筐体に接着する基板接着剤(56e)と、を有し、

互いに直交の関係にある3方向をx方向、y方向、および、z方向とすると、

前記導電部材の延長方向である前記y方向に対して直交する一つの平面上に前記導電部材の中心点(CP)と、前記第1磁電変換部及び前記第2磁電変換部とが存在し、前記導電部材の中心点(CP)を介して、前記第1磁電変換部及び前記第2磁電変換部が前記x

10

20

30

40

50

方向に並ぶように、前記第 1 磁電変換部と前記第 2 磁電変換部は前記対向面若しくは前記対向面の裏側の背面に配置されており、

前記センサ筐体は、前記配線基板を支持する基板支持部 (5 6 a) と、前記基板接着剤の設けられる基板接着部 (5 6 b) と、を備え、

前記基板支持部における前記配線基板の支持面 (5 6 c) よりも、前記基板接着部における前記基板接着剤 (5 6 e) の設けられる搭載面 (5 6 d) が前記配線基板から離間しており、

前記基板支持部の前記支持面に前記配線基板が搭載され、前記基板接着部の前記搭載面と前記配線基板との間に前記基板接着剤が設けられている電流センサ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本明細書に記載の開示は、被測定電流を検出する電流センサに関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

特許文献 1 に示されるように、バスバーを流れる電流によって生じる磁界を電気信号に変換することで電流を検出する電流検出システム (電流センサ) が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

20

【文献】特開 2 0 1 5 - 1 9 4 4 7 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 に記載されているように、電流センサの技術分野では電流 (被測定電流) の検出精度の低下、という課題がある。

【 0 0 0 5 】

そこで本明細書に記載の開示物は、被測定電流の検出精度の低下が抑制された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】

30

【 0 0 0 6 】

開示された 1 つは、被測定電流の流動する導電部材 (3 0) と、
被測定電流の流動によって生じる被測定磁界を第 1 極性の電気信号に変換する第 1 磁電変換部 (2 1 , 2 5) 、および、被測定磁界を第 1 極性とは異なる第 2 極性の電気信号に変換する第 2 磁電変換部 (2 2 , 2 5) の搭載された配線基板 (2 0) と、

第 1 磁電変換部の電気信号と第 2 磁電変換部の電気信号との差分を取る差分部 (2 9 , 8 0 1 , 8 0 2) と、

配線基板が導電部材に対向する態様で、導電部材と配線基板それぞれを収納するセンサ筐体 (5 0) と、

配線基板の導電部材との対向面 (2 0 a) をセンサ筐体に接着する基板接着剤 (5 6 e) と、を有し、

40

互いに直交の関係にある 3 方向を x 方向、y 方向、および、z 方向とすると、

導電部材の延長方向である y 方向に対して直交する一つの平面上に導電部材の中心点 (C P) と、第 1 磁電変換部及び第 2 磁電変換部とが存在し、導電部材の中心点 (C P) を介して、第 1 磁電変換部及び第 2 磁電変換部が x 方向に並ぶように、第 1 磁電変換部と第 2 磁電変換部は対向面若しくは背面に配置されており、

第 1 磁電変換部および第 2 磁電変換部のそれぞれは、自身を透過する磁界の y 方向に沿う成分と導電部材の横方向である x 方向に沿う成分に応じて抵抗値が変動する磁気抵抗効果素子 (2 5 a , 2 5 b) を複数有する。

開示の他の 1 つは、被測定電流の流動する導電部材 (3 0) と、

50

被測定電流の流動によって生じる被測定磁界を第1極性の電気信号に変換する第1磁電変換部(21, 25)、および、被測定磁界を第1極性とは異なる第2極性の電気信号に変換する第2磁電変換部(22, 25)の搭載された配線基板(20)と、

第1磁電変換部の電気信号と第2磁電変換部の電気信号との差分を取る差分部(29, 801, 802)と、

配線基板が導電部材に対向する態様で、導電部材と配線基板それぞれを収納するセンサ筐体(50)と、

配線基板の導電部材との対向面(20a)をセンサ筐体に接着する基板接着剤(56e)と、を有し、

互いに直交の関係にある3方向をx方向、y方向、および、z方向とすると、

導電部材の延長方向であるy方向に対して直交する一つの平面上に導電部材の中心点(CP)と、第1磁電変換部及び第2磁電変換部とが存在し、導電部材の中心点(CP)を介して、第1磁電変換部及び第2磁電変換部がx方向に並ぶように、第1磁電変換部と第2磁電変換部は対向面若しくは背面に配置されており、

センサ筐体は、配線基板を支持する基板支持部(56a)と、基板接着剤の設けられる基板接着部(56b)と、を備え、

基板支持部における配線基板の支持面(56c)よりも、基板接着部における基板接着剤(56e)の設けられる搭載面(56d)が配線基板から離間しており、

基板支持部の支持面に配線基板が搭載され、基板接着部の搭載面と配線基板との間に基板接着剤が設けられている。

【0007】

このように本開示では、導電部材(30)の中心点(CP)を貫く中心線を対称軸(AS)として、第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)が対向面(20a)若しくは背面(20b)で線対称に配置されている。これにより第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)を透過する被測定磁界の絶対値が同等になる。そのために第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)から出力される電気信号の絶対値は同等になる。

【0008】

しかしながらこれら第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)の搭載された配線基板(20)は、基板接着剤(56e)を介してセンサ筐体(50)に固定されている。基板接着剤(56e)は環境温度の変化によって膨張収縮したりクリープなどの経年劣化をしたりする。このために配線基板(20)と導電部材(30)との相対位置が変化する。この結果、第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)を透過する被測定磁界の絶対値が同等ではなくなる。第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)から出力される電気信号の絶対値が同等ではなくなる。

【0009】

ただし、第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)はともに配線基板(20)に搭載されている。そのため、上記したように基板接着剤(56e)の変形によって配線基板(20)と導電部材(30)との相対位置が変化したとしても、配線基板(20)に搭載されている第1磁電変換部(21, 25)と第2磁電変換部(22, 25)との相対距離は変化しない。したがって、基板接着剤(56e)の変形によって配線基板(20)と導電部材(30)との相対位置が変化した場合、第1磁電変換部(21, 25)および第2磁電変換部(22, 25)の一方を透過する被測定磁界が減少し、他方を透過する被測定磁界が増大する。配線基板(20)と導電部材(30)との相対位置の変化が対向面(20a)若しくは背面(20b)に沿う方向の場合、磁電変換部を透過する被測定磁界の減少量と増大量は同等となることが期待される。

【0010】

そこで本開示のように、差分部(29, 801, 802)で互いに極性の異なる第1磁電変換部(21, 25)の電気信号と第2磁電変換部(22, 25)の電気信号の差分をとる。こうすることで、上記の基板接着剤(56e)の変形に起因する配線基板(20)

10

20

30

40

50

と導電部材(30)との相対位置の変化による電気信号の減少と増大がキャンセルされる。これにより被測定電流の検出精度の低下が抑制される。

【0011】

なお、上記の括弧内の参照番号は、後述の実施形態に記載の構成との対応関係を示すものに過ぎず、技術的範囲を何ら制限するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】 車載システムを説明するためのブロック図である。

【図2】 第1電流センサを示す斜視図である。

【図3】 第1電流センサを示す分解斜視図である。

10

【図4】 第1電流センサを示す図表である。

【図5】 第1電流センサを示す図表である。

【図6】 配線基板を示す図表である。

【図7】 センシング部を説明するためのブロック図である。

【図8】 導電バスバーを示す図表である。

【図9】 第1シールドを示す図表である。

【図10】 第2シールドを示す図表である。

【図11】 センサ筐体を示す図表である。

【図12】 基板支持ピンと基板接着ピンを説明するための図表である。

【図13】 図12の(b)欄に示すX I I I - X I I I線に沿う断面図である。

20

【図14】 シールド支持ピンとシールド接着ピンを説明するための図表である。

【図15】 図14の(b)欄に示すX V - X V線に沿う断面図である。

【図16】 2つの個別センサを示す斜視図である。

【図17】 配線ケースを示す斜視図である。

【図18】 配線ケースへの個別センサの組み付けを説明するための斜視図である。

【図19】 第2電流センサを示す斜視図である。

【図20】 配線ケースを示す図表である。

【図21】 配線ケースを示す図表である。

【図22】 第2電流センサを示す図表である。

【図23】 第2電流センサを示す図表である。

30

【図24】 第1シールドの磁気飽和を説明するための図表である。

【図25】 磁気飽和のシミュレーション結果を示す図表である。

【図26】 第2実施形態の第2シールドを説明するための図表である。

【図27】 シールドを透過する磁界を説明するための模式図である。

【図28】 シールドの変形例を示す図表である。

【図29】 シールドの変形例を示す図表である。

【図30】 第3実施形態の第1電流センサを示す斜視図である。

【図31】 図30に示すX X X I - X X X I線に沿う断面図である。

【図32】 第1電流センサの固定形態を説明するための図表である。

【図33】 第4実施形態の磁電変換部と導電バスバーの配置を示す図表である。

40

【図34】 磁電変換部の出力変化を説明するための図表である。

【図35】 第4実施形態のセンシング部を説明するためのブロック図である。

【図36】 差分回路を示すためのブロック図である。

【図37】 第5実施形態のシールドの遮蔽性を説明するための模式図である。

【図38】 シールドの遮蔽性を説明するための模式図である。

【図39】 シールドの変形例を示す図表である。

【図40】 シールドの変形例を示す図表である。

【図41】 第2電流センサの変形例を示す斜視図である。

【図42】 第2電流センサの変形例を示す図表である。

【図43】 第2電流センサの変形例を示す図表である。

50

【図 4 4】個別センサの配線ケースへの組み付け状態を示す斜視図である。

【図 4 5】検出形態の類型を説明するための図表である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、実施形態を図に基づいて説明する。

【0014】

(第1実施形態)

<車載システム>

先ず、電流センサの適用される車載システム100を説明する。この車載システム100はハイブリッドシステムを構成している。図1に示すように車載システム100は、バッテリー200、電力変換装置300、第1モータ400、第2モータ500、エンジン600、および、動力分配機構700を有する。

10

【0015】

また車載システム100は複数のECUを有する。図1ではこれら複数のECUの代表として、電池ECU801とMGECU802を図示している。これら複数のECUはバス配線800を介して相互に信号を送受信し、ハイブリッド自動車を協調制御する。この協調制御により、バッテリー200のSOCに応じた第1モータ400の回生と力行、第2モータ500の発電、および、エンジン600の出力などが制御される。SOCはstate of chargeの略である。ECUはelectronic control unitの略である。

【0016】

20

なお、ECUは、少なくとも1つの演算処理装置(CPU)と、プログラムおよびデータを記憶する記憶媒体としての少なくとも1つのメモリ装置(MMR)と、を有する。ECUはコンピュータによって読み取り可能な記憶媒体を備えるマイクロコンピュータによって提供される。記憶媒体はコンピュータによって読み取り可能なプログラムを非一時的に格納する非遷移的実体的記憶媒体である。記憶媒体は半導体メモリまたは磁気ディスクなどによって提供され得る。以下、車載システム100の構成要素を個別に概説する。

【0017】

バッテリー200は複数の二次電池を有する。これら複数の二次電池は直列接続された電池スタックを構成している。二次電池としてはリチウムイオン二次電池、ニッケル水素二次電池、および、有機ラジカル電池などを採用することができる。

30

【0018】

二次電池は化学反応によって起電圧を生成する。二次電池は充電量が多すぎたり少なすぎたりすると劣化が促進する性質を有する。換言すれば、二次電池はSOCが過充電だったり過放電だったりすると劣化が促進する性質を有する。

【0019】

バッテリー200のSOCは、上記の電池スタックのSOCに相当する。電池スタックのSOCは複数の二次電池のSOCの総和である。電池スタックのSOCの過充電や過放電は上記の協調制御により回避される。これに対して複数の二次電池それぞれのSOCの過充電や過放電は、複数の二次電池それぞれのSOCを均等化する均等化処理によって回避される。

40

【0020】

均等化処理は複数の二次電池を個別に充放電することで成される。バッテリー200には、複数の二次電池を個別に充放電するためのスイッチが含まれている。またバッテリー200には、複数の二次電池それぞれのSOCを検出するための電圧センサや温度センサなどが含まれている。電池ECU801はこれらセンサおよび後述の第1電流センサ11の出力などに基づいてスイッチを開閉制御する。これにより複数の二次電池それぞれのSOCが均等化される。

【0021】

電力変換装置300はバッテリー200と第1モータ400との間の電力変換を行う。また電力変換装置300はバッテリー200と第2モータ500との間の電力変換も行う。電

50

力変換装置 300 はバッテリー 200 の直流電力を第 1 モータ 400 と第 2 モータ 500 の力行に適した電圧レベルの交流電力に変換する。電力変換装置 300 は第 1 モータ 400 と第 2 モータ 500 の発電によって生成された交流電力をバッテリー 200 の充電に適した電圧レベルの直流電力に変換する。電力変換装置 300 については後で詳説する。

【0022】

第 1 モータ 400、第 2 モータ 500、および、エンジン 600 それぞれは動力分配機構 700 に連結されている。第 1 モータ 400 は図示しないハイブリッド自動車の出力軸に直接連結されている。第 1 モータ 400 の回転エネルギーは出力軸を介して走行輪に伝達される。逆に、走行輪の回転エネルギーは出力軸を介して第 1 モータ 400 に伝達される。

10

【0023】

第 1 モータ 400 は電力変換装置 300 から供給される交流電力によって力行する。この力行によって発生した回転エネルギーは、動力分配機構 700 によってエンジン 600 やハイブリッド自動車の出力軸に分配される。これによりクランクシャフトのクランキングや走行輪への推進力の付与が成される。また第 1 モータ 400 は走行輪から伝達される回転エネルギーによって回生する。この回生によって発生した交流電力は、電力変換装置 300 によって直流電力に変換されるとともに降圧される。この直流電力がバッテリー 200 に供給される。また直流電力はハイブリッド自動車に搭載された各種電気負荷にも供給される。

【0024】

第 2 モータ 500 はエンジン 600 から供給される回転エネルギーによって発電する。この発電によって発生した交流電力は、電力変換装置 300 によって直流電力に変換されるとともに降圧される。この直流電力がバッテリー 200 や各種電気負荷に供給される。

20

【0025】

エンジン 600 は燃料を燃焼駆動することで回転エネルギーを発生する。この回転エネルギーが動力分配機構 700 を介して第 2 モータ 500 や出力軸に分配される。これにより第 2 モータ 500 の発電や走行輪への推進力の付与が成される。

【0026】

動力分配機構 700 は遊星歯車機構を有する。動力分配機構 700 はリングギヤ、プラネタリーギヤ、サンギヤ、および、プラネタリーキャリアを有する。

30

【0027】

リングギヤは環状を成す。リングギヤの外周面と内周面それぞれに複数の歯が周方向に並んで形成されている。

【0028】

プラネタリーギヤとサンギヤそれぞれは円盤形状を成す。プラネタリーギヤとサンギヤそれぞれの円周面に複数の歯が周方向に並んで形成されている。

【0029】

プラネタリーキャリアは環状を成す。プラネタリーキャリアの外周面と内周面とを連結する平坦面に複数のプラネタリーギヤが連結されている。プラネタリーキャリアとプラネタリーギヤそれぞれの平坦面は互いに対向している。

40

【0030】

複数のプラネタリーギヤはプラネタリーキャリアの回転中心を中心とする円周上に位置している。これら複数のプラネタリーギヤの隣接間隔は等しくなっている。本実施形態では 3 つのプラネタリーギヤが 120° 間隔で並んでいる。

【0031】

リングギヤの中心にサンギヤが設けられている。リングギヤの内周面とサンギヤの外周面とが互いに対向している。両者の間に 3 つのプラネタリーギヤが設けられている。3 つのプラネタリーギヤそれぞれの歯がリングギヤとサンギヤそれぞれの歯とかみ合わさっている。これにより、リングギヤ、プラネタリーギヤ、サンギヤ、および、プラネタリーキャリアそれぞれの回転が相互に伝達される構成となっている。

50

【 0 0 3 2 】

リングギヤに第 1 モータ 4 0 0 の出力軸が連結されている。プラネタリーキャリアにエンジン 6 0 0 のクランクシャフトが連結されている。サンギヤに第 2 モータ 5 0 0 の出力軸が連結されている。これにより第 1 モータ 4 0 0、エンジン 6 0 0、および、第 2 モータ 5 0 0 の回転数が共線図において直線の関係となっている。

【 0 0 3 3 】

電力変換装置 3 0 0 から第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 に交流電力を供給することでリングギヤとサンギヤにトルクを発生させる。エンジン 6 0 0 の燃焼駆動によってプラネタリーキャリアにトルクを発生させる。こうすることで第 1 モータ 4 0 0 の力行と回生、第 2 モータ 5 0 0 の発電、および、走行輪への推進力の付与それぞれが行われる。

10

【 0 0 3 4 】

第 1 モータ 4 0 0、第 2 モータ 5 0 0、および、エンジン 6 0 0 それぞれの挙動は複数の ECU によって協調制御される。例えば M G E C U 8 0 2 は、ハイブリッド自動車に搭載された各種センサで検出される物理量、および、他の ECU から入力される車両情報などに基づいて、第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 の目標トルクを決定する。そして M G E C U 8 0 2 は第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 それぞれに生成されるトルクが目標トルクになるようにベクトル制御する。

【 0 0 3 5 】

< 電力変換装置 >

次に電力変換装置 3 0 0 を説明する。電力変換装置 3 0 0 はコンバータ 3 1 0、第 1 インバータ 3 2 0、および、第 2 インバータ 3 3 0 を備えている。コンバータ 3 1 0 は直流電力の電圧レベルを昇降圧する機能を果たす。第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 は直流電力を交流電力に変換する機能を果たす。第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 は交流電力を直流電力に変換する機能を果たす。

20

【 0 0 3 6 】

車載システム 1 0 0 において、コンバータ 3 1 0 はバッテリー 2 0 0 の直流電力を第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 の力行に適した電圧レベルに昇圧する。第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 はこの直流電力を交流電力に変換する。この交流電力が第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 に供給される。また第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 は第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 で生成された交流電力を直流電力に変換する。コンバータ 3 1 0 はこの直流電力をバッテリー 2 0 0 の充電に適した電圧レベルに降圧する。

30

【 0 0 3 7 】

図 1 に示すようにコンバータ 3 1 0 は第 1 電力ライン 3 0 1 と第 2 電力ライン 3 0 2 を介してバッテリー 2 0 0 と電氣的に接続されている。コンバータ 3 1 0 は第 3 電力ライン 3 0 3 と第 4 電力ライン 3 0 4 を介して第 1 インバータ 3 2 0 および第 2 インバータ 3 3 0 それぞれと電氣的に接続されている。

【 0 0 3 8 】

第 1 電力ライン 3 0 1 の一端はバッテリー 2 0 0 の正極に電氣的に接続されている。第 2 電力ライン 3 0 2 の一端はバッテリー 2 0 0 の負極に電氣的に接続されている。そして第 1 電力ライン 3 0 1 と第 2 電力ライン 3 0 2 それぞれの他端はコンバータ 3 1 0 に電氣的に接続されている。

40

【 0 0 3 9 】

第 1 電力ライン 3 0 1 と第 2 電力ライン 3 0 2 には第 1 平滑コンデンサ 3 0 5 が接続されている。第 1 平滑コンデンサ 3 0 5 の有する 2 つの電極のうち的一方が第 3 電力ライン 3 0 3 に接続され、他方が第 4 電力ライン 3 0 4 に接続されている。

【 0 0 4 0 】

なお、バッテリー 2 0 0 は図示しないシステムメインリレー (S M R) を有している。このシステムメインリレーの開閉によって、バッテリー 2 0 0 の電池スタックと電力変換装置 3 0 0 との電氣的な接続が制御される。すなわちシステムメインリレーの開閉によって、

50

バッテリー 200 と電力変換装置 300 との間の電力供給の継続と中断が制御される。

【0041】

第3電力ライン303の一端は後述のコンバータ310のハイサイドスイッチ311と電氣的に接続されている。第4電力ライン304の一端は第2電力ライン302の他端と電氣的に接続されている。そして第3電力ライン303と第4電力ライン304それぞれの他端は第1インバータ320と第2インバータ330それぞれと電氣的に接続されている。

【0042】

第3電力ライン303と第4電力ライン304には第2平滑コンデンサ306が接続されている。第2平滑コンデンサ306の有する2つの電極のうち的一方が第3電力ライン303に接続され、他方が第4電力ライン304に接続されている。

10

【0043】

第1インバータ320は第1通電バスバー341～第3通電バスバー343を介して第1モータ400の第1U相ステータコイル401～第1W相ステータコイル403と電氣的に接続されている。第2インバータ330は第4通電バスバー344～第6通電バスバー346を介して第2モータ500の第2U相ステータコイル501～第2W相ステータコイル503と電氣的に接続されている。

【0044】

<コンバータ>

コンバータ310は、ハイサイドスイッチ311、ローサイドスイッチ312、ハイサイドダイオード311a、ローサイドダイオード312a、および、リアクトル313を有する。これらハイサイドスイッチ311とローサイドスイッチ312としてはIGBTやパワーMOSFETなどを採用することができる。本実施形態ではハイサイドスイッチ311およびローサイドスイッチ312としてnチャネル型のIGBTを採用している。

20

【0045】

なお、ハイサイドスイッチ311およびローサイドスイッチ312としてMOSFETを採用する場合、MOSFETにはボディダイオードが形成される。そのためにハイサイドダイオード311aとローサイドダイオード312aはなくともよい。コンバータ310を構成する半導体素子は、Siなどの半導体、若しくは、SiCなどのワイドギャップ半導体によって製造することができる。

30

【0046】

ハイサイドダイオード311aはハイサイドスイッチ311に逆並列接続されている。すなわち、ハイサイドスイッチ311のコレクタ電極にハイサイドダイオード311aのカソード電極が接続されている。ハイサイドスイッチ311のエミッタ電極にハイサイドダイオード311aのアノード電極が接続されている。

【0047】

同様にして、ローサイドダイオード312aはローサイドスイッチ312に逆並列接続されている。ローサイドスイッチ312のコレクタ電極にローサイドダイオード312aのカソード電極が接続されている。ローサイドスイッチ312のエミッタ電極にローサイドダイオード312aのアノード電極が接続されている。

40

【0048】

図1に示すようにハイサイドスイッチ311のコレクタ電極に第3電力ライン303が電氣的に接続されている。そしてハイサイドスイッチ311のエミッタ電極とローサイドスイッチ312のコレクタ電極が接続されている。ローサイドスイッチ312のエミッタ電極に第2電力ライン302と第4電力ライン304が電氣的に接続されている。これにより第3電力ライン303から第2電力ライン302に向かってハイサイドスイッチ311とローサイドスイッチ312が順に直列接続されている。表現を換えれば、第3電力ライン303から第4電力ライン304に向かってハイサイドスイッチ311とローサイドスイッチ312が順に直列接続されている。

【0049】

50

直列接続されたハイサイドスイッチ 3 1 1 とローサイドスイッチ 3 1 2 との間の中点とリアクトル 3 1 3 の一端とが通電バスバー 3 0 7 を介して電氣的に接続されている。そしてリアクトル 3 1 3 の他端が第 1 電力ライン 3 0 1 の他端と電氣的に接続されている。

【 0 0 5 0 】

以上により、直列接続されたハイサイドスイッチ 3 1 1 とローサイドスイッチ 3 1 2 の中点には、リアクトル 3 1 3 と通電バスバー 3 0 7 を介してバッテリー 2 0 0 の直流電力が供給される。ハイサイドスイッチ 3 1 1 のコレクタ電極には、第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 の少なくとも一方により直流電力に変換されたモータの交流電力が供給される。この直流電力に変換されたモータの交流電力は、ハイサイドスイッチ 3 1 1、通電バスバー 3 0 7、および、リアクトル 3 1 3 を介してバッテリー 2 0 0 に供給される。

10

【 0 0 5 1 】

このように通電バスバー 3 0 7 にはバッテリー 2 0 0 を入出力する直流電力が流れる。流れる物理量を限定して言えば、通電バスバー 3 0 7 にはバッテリー 2 0 0 を入出力する直流電流が流れる。

【 0 0 5 2 】

コンバータ 3 1 0 のハイサイドスイッチ 3 1 1 とローサイドスイッチ 3 1 2 は M G E C U 8 0 2 によって開閉制御される。M G E C U 8 0 2 は制御信号を生成し、それをゲートドライバ 8 0 3 に出力する。ゲートドライバ 8 0 3 は制御信号を増幅してスイッチのゲート電極に出力する。これにより M G E C U 8 0 2 はコンバータ 3 1 0 に入力される直流電力の電圧レベルを昇降圧する。

20

【 0 0 5 3 】

M G E C U 8 0 2 は制御信号としてパルス信号を生成している。M G E C U 8 0 2 はこのパルス信号のオンデューティ比と周波数を調整することで直流電力の昇降圧レベルを調整している。昇降圧レベルは上記の目標トルクとバッテリー 2 0 0 の S O C に応じて決定される。

【 0 0 5 4 】

バッテリー 2 0 0 の直流電力を昇圧する場合、M G E C U 8 0 2 はハイサイドスイッチ 3 1 1 とローサイドスイッチ 3 1 2 それぞれを交互に開閉する。そのために M G E C U 8 0 2 はハイサイドスイッチ 3 1 1 とローサイドスイッチ 3 1 2 に出力する制御信号の電圧レベルを反転している。

30

【 0 0 5 5 】

ハイサイドスイッチ 3 1 1 のゲート電極にハイレベルが入力される場合、ローサイドスイッチ 3 1 2 のゲート電極にはローレベルが入力される。この場合、リアクトル 3 1 3 とハイサイドスイッチ 3 1 1 を介してバッテリー 2 0 0 の直流電力が第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 に供給される。この際、電流の流動によってリアクトル 3 1 3 に電気エネルギーが蓄積される。また第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 に電荷が蓄えられる。第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 が充電される。

【 0 0 5 6 】

ハイサイドスイッチ 3 1 1 のゲート電極にローレベルが入力される場合、ローサイドスイッチ 3 1 2 のゲート電極にはハイレベルが入力される。この場合、第 1 平滑コンデンサ 3 0 5、リアクトル 3 1 3、および、ローサイドスイッチ 3 1 2 を通る閉ループが構成される。上記したようにリアクトル 3 1 3 には電気エネルギーが蓄積されている。そのためにリアクトル 3 1 3 は電流を流そうとする。このリアクトル 3 1 3 の電気エネルギーに起因する電流が上記の閉ループを流れる。

40

【 0 0 5 7 】

またこの場合、ハイサイドスイッチ 3 1 1 を介した第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 への直流電力の供給が途絶える。しかしながら第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 は充電されている。そのために第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 から第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 への電力供給が成される。第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 への電力供給が継続される。

50

【 0 0 5 8 】

この後にハイサイドスイッチ 3 1 1 にハイレベル、ローサイドスイッチ 3 1 2 にローレベルが入力される。この際、バッテリー 2 0 0 の直流電力とともにリアクトル 3 1 3 に蓄積された電気エネルギーが直流電力として第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 に供給される。これにより時間平均的に昇圧したバッテリー 2 0 0 の直流電力が第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 に供給される。また第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 の充電が回復するとともに、その充電量が増大する。これにより第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 から第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 に供給される直流電力の電圧レベルも上昇する。

【 0 0 5 9 】

第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 の少なくとも一方から供給された直流電力を降圧する場合、M G E C U 8 0 2 はローサイドスイッチ 3 1 2 に出力する制御信号をローレベルに固定する。それとともに M G E C U 8 0 2 はハイサイドスイッチ 3 1 1 に出力する制御信号をハイレベルとローレベルに順次切り換える。

【 0 0 6 0 】

ハイサイドスイッチ 3 1 1 のゲート電極にハイレベルが入力される場合、ハイサイドスイッチ 3 1 1 とリアクトル 3 1 3 を介して、第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 の少なくとも一方の直流電力がバッテリー 2 0 0 に供給される。

【 0 0 6 1 】

ハイサイドスイッチ 3 1 1 のゲート電極にローレベルが入力される場合、第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 インバータ 3 3 0 の少なくとも一方の直流電力がバッテリー 2 0 0 に供給されなくなる。この結果、時間平均的に降圧された直流電力がバッテリー 2 0 0 に供給される。

【 0 0 6 2 】

なお、厳密に言うと、上記のようにハイサイドスイッチ 3 1 1 のゲート電極にハイレベルが入力されると、第 1 平滑コンデンサ 3 0 5 が充電される。リアクトル 3 1 3 に電気エネルギーが蓄積される。この後にハイサイドスイッチ 3 1 1 のゲート電極にローレベルが入力されると、第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 とバッテリー 2 0 0 の出力電圧と時定数に差異がある場合、第 2 平滑コンデンサ 3 0 6 とバッテリー 2 0 0 との間で充放電が行われる。また図示しないダイオードが第 1 電力ライン 3 0 1 と第 2 電力ライン 3 0 2 を接続している。このダイオードのアノード電極が第 2 電力ライン 3 0 2、カソード電極が第 1 電力ライン 3 0 1 に接続されている。そのため、このダイオード、リアクトル 3 1 3、および、第 1 平滑コンデンサ 3 0 5 を通る閉ループが構成されている。リアクトル 3 1 3 の電気エネルギーに起因する電流はこの閉ループを流れる。

【 0 0 6 3 】

< インバータ >

第 1 インバータ 3 2 0 は第 1 スイッチ 3 2 1 ~ 第 6 スイッチ 3 2 6、および、第 1 ダイオード 3 2 1 a ~ 第 6 ダイオード 3 2 6 a を有する。第 1 スイッチ 3 2 1 ~ 第 6 スイッチ 3 2 6 としては I G B T やパワー M O S F E T などを採用することができる。本実施形態では第 1 スイッチ 3 2 1 ~ 第 6 スイッチ 3 2 6 として n チャネル型の I G B T を採用している。これらスイッチとして M O S F E T を採用する場合、上記のダイオードはなくともよい。第 1 インバータ 3 2 0 を構成する半導体素子は、S i などの半導体、若しくは、S i C などのワイドギャップ半導体によって製造することができる。

【 0 0 6 4 】

第 1 スイッチ 3 2 1 ~ 第 6 スイッチ 3 2 6 に対応する第 1 ダイオード 3 2 1 a ~ 第 6 ダイオード 3 2 6 a が逆並列接続されている。すなわち、k を 1 ~ 6 の自然数とすると、第 k スイッチのコレクタ電極に第 k ダイオードのカソード電極が接続されている。第 k スイッチのエミッタ電極に第 k ダイオードのアノード電極が接続されている。

【 0 0 6 5 】

第 1 スイッチ 3 2 1 と第 2 スイッチ 3 2 2 は第 3 電力ライン 3 0 3 から第 4 電力ライン 3 0 4 へ向かって順に直列接続されている。第 1 スイッチ 3 2 1 と第 2 スイッチ 3 2 2 に

10

20

30

40

50

よって第1 U相レグが構成されている。第1スイッチ321と第2スイッチ322との間の中点に第1通電バスバー341の一端が接続されている。第1通電バスバー341の他端が第1モータ400の第1 U相ステータコイル401と接続されている。

【0066】

第3スイッチ323と第4スイッチ324は第3電力ライン303から第4電力ライン304へ向かって順に直列接続されている。第3スイッチ323と第4スイッチ324によって第1 V相レグが構成されている。第3スイッチ323と第4スイッチ324との間の中点に第2通電バスバー342の一端が接続されている。第2通電バスバー342の他端が第1モータ400の第1 V相ステータコイル402と接続されている。

【0067】

第5スイッチ325と第6スイッチ326は第3電力ライン303から第4電力ライン304へ向かって順に直列接続されている。第5スイッチ325と第6スイッチ326によって第1 W相レグが構成されている。第5スイッチ325と第6スイッチ326との間の中点に第3通電バスバー343の一端が接続されている。第3通電バスバー343の他端が第1モータ400の第1 W相ステータコイル403と接続されている。

【0068】

第2インバータ330は第1インバータ320と同様の構成になっている。第2インバータ330は第7スイッチ331～第12スイッチ336、および、第7ダイオード331a～第12ダイオード336aを有する。

【0069】

第7スイッチ331～第12スイッチ336に対応する第7ダイオード331a～第12ダイオード336aが逆並列接続されている。nを7～12の自然数とすると、第nスイッチのコレクタ電極に第nダイオードのカソード電極が接続されている。第nスイッチのエミッタ電極に第nダイオードのアノード電極が接続されている。

【0070】

第7スイッチ331と第8スイッチ332は第3電力ライン303と第4電力ライン304との間で直列接続されて第2 U相レグを構成している。第7スイッチ331と第8スイッチ332との間の中点に第4通電バスバー344の一端が接続されている。第4通電バスバー344の他端が第2モータ500の第2 U相ステータコイル501と接続されている。

【0071】

第9スイッチ333と第10スイッチ334は第3電力ライン303と第4電力ライン304との間で直列接続されて第2 V相レグを構成している。第9スイッチ333と第10スイッチ334との間の中点に第5通電バスバー345の一端が接続されている。第5通電バスバー345の他端が第2モータ500の第2 V相ステータコイル502と接続されている。

【0072】

第11スイッチ335と第12スイッチ336は第3電力ライン303と第4電力ライン304との間で直列接続されて第2 W相レグを構成している。第11スイッチ335と第12スイッチ336との間の中点に第6通電バスバー346の一端が接続されている。第6通電バスバー346の他端が第2モータ500の第2 W相ステータコイル503と接続されている。

【0073】

以上に示したように第1インバータ320と第2インバータ330それぞれはモータのU相～W相のステータコイルそれぞれに対応する3相のレグを有する。これら3相のレグそれぞれを構成するスイッチのゲート電極に、ゲートドライバ803によって増幅されたMGECU802の制御信号が入力される。

【0074】

モータを力行する場合、MGECU802からの制御信号の出力によって各スイッチがPWM制御される。これによりインバータで3相交流が生成される。モータが発電する場

10

20

30

40

50

合、MGECU802は例えば制御信号の出力を停止する。これによりモータの発電によって生成された交流電力がダイオードを通る。この結果、交流電力が直流電力に変換される。

【0075】

以上に示した第1モータ400を入出力する交流電力は、第1インバータ320と第1モータ400とを接続する第1通電バスバー341～第3通電バスバー343を流れる。同様にして、第2モータ500を入出力する交流電力は、第2インバータ330と第2モータ500とを接続する第4通電バスバー344～第6通電バスバー346を流れる。

【0076】

流れる物理量を限定して言えば、第1モータ400を入出力する交流電流は、第1通電バスバー341～第3通電バスバー343を流れる。第2モータ500を入出力する交流電流は、第4通電バスバー344～第6通電バスバー346を流れる。

10

【0077】

<電流センサ>

次に、これまでに説明した車載システム100に適用される電流センサを説明する。

【0078】

電流センサとしては、第1電流センサ11、第2電流センサ12、および、第3電流センサ13がある。第1電流センサ11はコンバータ310を流れる電流を検出する。第2電流センサ12は第1モータ400を流れる電流を検出する。第3電流センサ13は第2モータ500を流れる電流を検出する。

20

【0079】

第1電流センサ11は通電バスバー307に設けられる。上記したように通電バスバー307にはバッテリー200を入出力する直流電流が流れる。第1電流センサ11はこの直流電流を検出する。

【0080】

第1電流センサ11で検出された直流電流は電池ECU801に入力される。電池ECU801は第1電流センサ11で検出された直流電流や図示しない電圧センサで検出される電池スタックの電圧などに基づいて、バッテリー200のSOCを監視する。

【0081】

第2電流センサ12は第1通電バスバー341～第3通電バスバー343に設けられる。上記したように第1通電バスバー341～第3通電バスバー343には第1モータ400を入出力する交流電流が流れる。第2電流センサ12はこの交流電流を検出する。

30

【0082】

第2電流センサ12で検出された交流電流はMGECU802に入力される。MGECU802は第2電流センサ12で検出された交流電流や図示しない回転角センサで検出される第1モータ400の回転角などに基づいて、第1モータ400をベクトル制御する。

【0083】

第3電流センサ13は第4通電バスバー344～第6通電バスバー346に設けられる。上記したように第4通電バスバー344～第6通電バスバー346には第2モータ500を入出力する交流電流が流れる。第3電流センサ13はこの交流電流を検出する。

40

【0084】

第3電流センサ13で検出された交流電流はMGECU802に入力される。MGECU802は第3電流センサ13で検出された交流電流や図示しない回転角センサで検出される第2モータ500の回転角などに基づいて、第2モータ500をベクトル制御する。

【0085】

なお、第1モータ400の有する第1U相ステータコイル401、第1V相ステータコイル402、および、第1W相ステータコイル403はスター結線されている。同様にして、第2モータ500の有する第2U相ステータコイル501、第2V相ステータコイル502、および、第2W相ステータコイル503はスター結線されている。そのためにこれら3相のステータコイルのうちの2相の電流を検出することで、残り1相の電流を検出

50

することができる。

【 0 0 8 6 】

これら 3 相のステータコイルがデルタ結線された構成を採用することもできる。この構成においても、2 相のステータコイルの電流を検出することで、残り 1 相の電流を検出することができる。

【 0 0 8 7 】

第 2 電流センサ 1 2 は第 1 U 相ステータコイル 4 0 1 ~ 第 1 W 相ステータコイル 4 0 3 に接続される第 1 通電バスバー 3 4 1 ~ 第 3 通電バスバー 3 4 3 のうちの 2 つに設けられる。より具体的に言えば、第 2 電流センサ 1 2 は第 1 通電バスバー 3 4 1 と第 2 通電バスバー 3 4 2 に設けられる。

10

【 0 0 8 8 】

そのために第 2 電流センサ 1 2 は第 1 U 相ステータコイル 4 0 1 に流れる電流と、第 1 V 相ステータコイル 4 0 2 に流れる電流を検出する。MGECU 8 0 2 はこれら第 1 U 相ステータコイル 4 0 1 と第 1 V 相ステータコイル 4 0 2 に流れる電流に基づいて第 1 W 相ステータコイル 4 0 3 に流れる電流を検出する。

【 0 0 8 9 】

同様にして、第 3 電流センサ 1 3 は第 2 U 相ステータコイル 5 0 1 ~ 第 2 W 相ステータコイル 5 0 3 に接続される第 4 通電バスバー 3 4 4 ~ 第 6 通電バスバー 3 4 6 のうちの 2 つに設けられる。より具体的に言えば、第 3 電流センサ 1 3 は第 4 通電バスバー 3 4 4 と第 5 通電バスバー 3 4 5 に設けられる。

20

【 0 0 9 0 】

そのために第 3 電流センサ 1 3 は第 2 U 相ステータコイル 5 0 1 に流れる電流と、第 2 V 相ステータコイル 5 0 2 に流れる電流を検出する。MGECU 8 0 2 はこれら第 2 U 相ステータコイル 5 0 1 と第 2 V 相ステータコイル 5 0 2 に流れる電流に基づいて第 2 W 相ステータコイル 5 0 3 に流れる電流を検出する。

【 0 0 9 1 】

上記したバッテリー 2 0 0 を入出力する直流電流、および、第 1 モータ 4 0 0 と第 2 モータ 5 0 0 を入出力する交流電流それぞれが被測定電流に相当する。そしてこれらの電流の流動によって発生する磁界が被測定磁界に相当する。

【 0 0 9 2 】

< 第 1 電流センサ >

上記したように第 1 電流センサ 1 1 は通電バスバー 3 0 7 に設けられる。通電バスバー 3 0 7 はリアクトル 3 1 3 側とハイサイドスイッチ 3 1 1 (ローサイドスイッチ 3 1 2) 側とで分断されている。第 1 電流センサ 1 1 はこの分断された通電バスバー 3 0 7 のリアクトル 3 1 3 側とハイサイドスイッチ 3 1 1 側とを架橋する態様で通電バスバー 3 0 7 に設けられる。これにより第 1 電流センサ 1 1 には通電バスバー 3 0 7 を流れる電流、すなわち、バッテリー 2 0 0 を入出力する直流電流が流れる。

30

【 0 0 9 3 】

なおもちろんではあるが、通電バスバー 3 0 7 がリアクトル 3 1 3 側とハイサイドスイッチ 3 1 1 側とで分断された構成は一例に過ぎない。例えば、通電バスバー 3 0 7 が分断されずにハイサイドスイッチ 3 1 1 側だけに接続されている場合、第 1 電流センサ 1 1 はリアクトル 3 1 3 と通電バスバー 3 0 7 とを架橋する。

40

【 0 0 9 4 】

図 2 ~ 図 5 に示すように第 1 電流センサ 1 1 は、配線基板 2 0、導電バスバー 3 0、シールド 4 0、および、センサ筐体 5 0 を有する。導電バスバー 3 0 が上記の通電バスバー 3 0 7 を架橋する。そのため、導電バスバー 3 0 に直流電流が流れる。導電バスバー 3 0 が導電部材に相当する。

【 0 0 9 5 】

図 4 の (a) 欄は第 1 電流センサ 1 1 の上面図を示している。図 4 の (b) 欄は第 1 電流センサの正面図を示している。図 4 の (c) 欄は第 1 電流センサの下面図を示している

50

。図5の(a)欄は第1電流センサ11の正面図を示している。図5の(b)欄は第1電流センサの側面図を示している。図5の(c)欄は第1電流センサの背面図を示している。なお、図4の(b)欄と図5の(a)欄には同一の図面を示している。

【0096】

これらの図面に明示されるように、導電バスバー30の一部はセンサ筐体50にインサート成形されている。このセンサ筐体50に配線基板20とシールド40とが設けられる。センサ筐体50は絶縁性の樹脂材料からなる。

【0097】

配線基板20は導電バスバー30のセンサ筐体50にインサート成形された部位と対向する態様でセンサ筐体50に固定される。この配線基板20における導電バスバー30との対向部位に後述の磁電変換部25が搭載されている。この磁電変換部25によって、導電バスバー30を流れる直流電流の発する磁界が電気信号に変換される。

10

【0098】

シールド40は第1シールド41と第2シールド42を有する。第1シールド41と第2シールド42は互いに離間する態様でセンサ筐体50に固定される。この第1シールド41と第2シールド42との間に配線基板20と導電バスバー30それぞれの互いに対向する部位が位置する。

【0099】

第1シールド41と第2シールド42はセンサ筐体50よりも透磁率の高い材料からなる。したがって第1電流センサ11の外部から内部へと透過しようとする電磁ノイズ(外部ノイズ)は、第1シールド41と第2シールド42を積極的に通ろうとする。これにより外部ノイズの磁電変換部25への入力抑制されている。

20

【0100】

なおセンサ筐体50には図4に示す接続端子60がインサート成形されている。この接続端子60ははんだ61によって配線基板20と電気的および機械的に接続される。この接続端子60がワイヤハーネスなどを介して電池ECU801と電気的に接続される。磁電変換部25で変換された電気信号は、接続端子60と図示しないワイヤハーネスなどを介して電池ECU801に入力される。

【0101】

次に、第1電流センサ11の構成要素を個別に詳説する。それに当たって、以下においては互いに直交の関係にある3方向をx方向、y方向、および、z方向とする。x方向が横方向に相当する。y方向が延長方向に相当する。

30

【0102】

<配線基板>

図6に示すように配線基板20は平板形状を成している。配線基板20はz方向の厚さの薄い扁平形状を成している。配線基板20は絶縁性の樹脂層と導電性の金属層がz方向に複数積層されて成る。配線基板20の最も面積の広い対向面20aおよびその裏側の背面20bはz方向に面している。図6の(a)欄は配線基板の上面図を示している。図6の(b)欄は配線基板の下面図を示している。

【0103】

40

配線基板20の対向面20aには、図6の(a)欄および図7に示す第1センシング部21と第2センシング部22が搭載されている。第1センシング部21と第2センシング部22それぞれはASIC23とフィルタ24を有する。ASIC23とフィルタ24は配線基板20の配線パターンを介して電気的に接続されている。この配線パターンに接続端子60が電気的に接続されている。ASICはapplication specific integrated circuitの略である。なお、背面20bに第1センシング部21と第2センシング部22が搭載された構成を採用することもできる。

【0104】

<ASIC>

ASIC23は磁電変換部25、処理回路26、接続ピン27、および、樹脂部28を

50

有する。磁電変換部 25 と処理回路 26 は電氣的に接続されている。接続ピン 27 の一端が処理回路 26 に電氣的に接続されている。接続ピン 27 の他端が配線基板 20 に電氣的および機械的に接続されている。接続ピン 27 の一端側、処理回路 26、および、磁電変換部 25 は樹脂部 28 によって被覆されている。接続ピン 27 の他端側は樹脂部 28 から露出されている。

【0105】

磁電変換部 25 は自身を透過する磁界（透過磁界）に応じて抵抗値が変動する磁気抵抗効果素子を複数有する。この磁気抵抗効果素子は対向面 20 a に沿う透過磁界に応じて抵抗値が変化し、すなわち磁気抵抗効果素子は透過磁界の x 方向に沿う成分と y 方向に沿う成分に応じて抵抗値が変化し、

10

【0106】

その反面、磁気抵抗効果素子は z 方向に沿う透過磁界によって抵抗値が変化しない。したがって z 方向に沿う外部ノイズが磁気抵抗効果素子を透過したとしても、それによって磁気抵抗効果素子の抵抗値は変化しない。

【0107】

磁気抵抗効果素子は磁化方向の固定されたピン層、磁化方向が透過磁界に応じて変化する自由層、および、両者の間に設けられた非磁性の中間層を有する。中間層が非導電性を有する場合、磁気抵抗効果素子は巨大磁気抵抗素子である。中間層が導電性を有する場合、磁気抵抗効果素子はトンネル磁気抵抗素子である。なお、磁気抵抗効果素子は異方性磁気抵抗効果素子（AMR）でもよい。さらに言えば、磁電変換部 25 は磁気抵抗効果素子の代わりにホール素子を有してもよい。

20

【0108】

磁気抵抗効果素子はピン層と自由層それぞれの磁化方向の成す角度によって抵抗値が変化する。ピン層の磁化方向は対向面 20 a に沿っている。自由層の磁化方向は対向面 20 a に沿う透過磁界によって定まる。磁気抵抗効果素子の抵抗値は、自由層と固定層それぞれの磁化方向が平行の場合に最も小さくなる。磁気抵抗効果素子の抵抗値は、自由層と固定層それぞれの磁化方向が反平行の場合に最も大きくなる。

【0109】

磁電変換部 25 は、上記した磁気抵抗効果素子として第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b を有する。第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b はピン層の磁化方向が 90° 異なっている。このために第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b の抵抗値の増減が逆転している。第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b のうちの一方の抵抗値が減少すると、他方の抵抗値はそれと同等分だけ増大する。

30

【0110】

磁電変換部 25 は第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b それぞれを 2 つ有する。電源電位から基準電位に向かって第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b が順に直列接続されて第 1 ハーフブリッジ回路が構成されている。電源電位から基準電位に向かって第 2 磁気抵抗効果素子 25 b と第 1 磁気抵抗効果素子 25 a が順に直列接続されて第 2 ハーフブリッジ回路が構成されている。

40

【0111】

このように 2 つのハーフブリッジ回路では第 1 磁気抵抗効果素子 25 a と第 2 磁気抵抗効果素子 25 b の並びが逆転している。そのために 2 つのハーフブリッジ回路の中間電位は、一方の電位が下がれば他方の電位が上がる構成となっている。磁電変換部 25 ではこれら 2 つのハーフブリッジ回路が組み合わさることでフルブリッジ回路が構成されている。

【0112】

磁電変換部 25 は上記したフルブリッジ回路を構成する磁気抵抗効果素子の他に、差動アンプ 25 c、フィードバックコイル 25 d、および、シャント抵抗 25 e を有する。差動アンプ 25 c の反転入力端子と非反転入力端子に 2 つのハーフブリッジ回路の中間電位が入力される。差動アンプ 25 c の出力端子から基準電位に向かって、フィードバックコ

50

イル 2 5 d とシャント抵抗 2 5 e とが順に直列接続されている。

【 0 1 1 3 】

以上に示した接続構成により、差動アンプ 2 5 c の出力端子からは、フルブリッジ回路を構成する第 1 磁気抵抗効果素子 2 5 a と第 2 磁気抵抗効果素子 2 5 b の抵抗値の変動に応じた出力がなされる。この抵抗値の変化は、磁気抵抗効果素子を対向面 2 0 a に沿う磁界が透過することで生じる。磁気抵抗効果素子には導電バスバー 3 0 を流れる電流から生じる磁界（被測定磁界）が透過する。したがって差動アンプ 2 5 c の入力端子には被測定磁界に応じた電流が流れる。

【 0 1 1 4 】

差動アンプ 2 5 c の入力端子と出力端子は図示しない帰還回路を介して接続されている。そのために差動アンプ 2 5 c はバーチャルショートしている。したがって差動アンプ 2 5 c は反転入力端子と非反転入力端子とが同電位となるように動作する。すなわち差動アンプ 2 5 c は入力端子に流れる電流と出力端子に流れる電流とがゼロとなるように動作する。この結果、差動アンプ 2 5 c の出力端子からは、被測定磁界に応じた電流（フィードバック電流）が流れる。

10

【 0 1 1 5 】

フィードバック電流はフィードバックコイル 2 5 d とシャント抵抗 2 5 e とを介して、差動アンプ 2 5 c の出力端子と基準電位との間で流れる。このフィードバック電流の流動によって、フィードバックコイル 2 5 d に相殺磁界が発生する。この相殺磁界が磁電変換部 2 5 を透過する。これによって磁電変換部 2 5 を透過する被測定磁界が相殺される。以上により磁電変換部 2 5 は、自身を透過する被測定磁界と相殺磁界とが平衡となるように動作する。

20

【 0 1 1 6 】

相殺磁界を発生するフィードバック電流の電流量に応じたフィードバック電圧がフィードバックコイル 2 5 d とシャント抵抗 2 5 e との間の中点に生成される。このフィードバック電圧が、被測定電流を検出した電気信号として、後段の処理回路 2 6 に出力される。

【 0 1 1 7 】

処理回路 2 6 は、調整アンプ 2 6 a と閾値電源 2 6 b を有する。調整アンプ 2 6 a の非反転入力端子にフィードバックコイル 2 5 d とシャント抵抗 2 5 e との間の中点が接続されている。調整アンプ 2 6 a の反転入力端子に閾値電源 2 6 b が接続されている。これにより調整アンプ 2 6 a からは差動増幅されたフィードバック電圧が出力される。

30

【 0 1 1 8 】

フルブリッジ回路を構成する第 1 磁気抵抗効果素子 2 5 a と第 2 磁気抵抗効果素子 2 5 b それぞれの抵抗値は、温度に依存する性質を有する。そのために温度変化によって調整アンプ 2 6 a の出力が変動する。そこで処理回路 2 6 は図示しない温度検出素子や、磁気抵抗効果素子の温度と抵抗値の関係を記憶する不揮発性メモリなどを有する。この不揮発性メモリは電氣的に書き換え可能である。不揮発性メモリに記憶された値を書き換えることで、調整アンプ 2 6 a のゲインやオフセットが調整される。これにより温度変化に起因する調整アンプ 2 6 a の出力の変動がキャンセルされる。

【 0 1 1 9 】

< フィルタ >

フィルタ 2 4 は抵抗 2 4 a とコンデンサ 2 4 b を有する。そして図 7 に示すように配線基板 2 0 には、配線パターンとして電源配線 2 0 c 、第 1 出力配線 2 0 d 、第 2 出力配線 2 0 e 、および、グランド配線 2 0 f が形成されている。

40

【 0 1 2 0 】

第 1 センシング部 2 1 の A S I C 2 3 は電源配線 2 0 c 、第 1 出力配線 2 0 d 、および、グランド配線 2 0 f それぞれと接続されている。第 1 センシング部 2 1 の A S I C 2 3 の調整アンプ 2 6 a の出力端子が第 1 出力配線 2 0 d に接続されている。

【 0 1 2 1 】

第 1 センシング部 2 1 のフィルタ 2 4 の抵抗 2 4 a は第 1 出力配線 2 0 d に設けられて

50

いる。コンデンサ 24 b は第 1 出力配線 20 d とグランド配線 20 f とを接続している。これにより第 1 センシング部 21 のフィルタ 24 は抵抗 24 a とコンデンサ 24 b とによってローパスフィルタを構成している。第 1 センシング部 21 の A S I C 23 の出力はこのローパスフィルタを介して電池 E C U 8 0 1 に出力される。これにより高周波ノイズの除去された第 1 センシング部 21 の出力が電池 E C U 8 0 1 に入力される。

【 0 1 2 2 】

第 2 センシング部 22 の A S I C 23 は電源配線 20 c、第 2 出力配線 20 e、および、グランド配線 20 f それぞれと接続されている。第 1 センシング部 21 の A S I C 23 の調整アンプ 26 a の出力端子が第 2 出力配線 20 e に接続されている。

【 0 1 2 3 】

第 2 センシング部 22 のフィルタ 24 の抵抗 24 a は第 2 出力配線 20 e に設けられている。コンデンサ 24 b は第 2 出力配線 20 e とグランド配線 20 f とを接続している。これにより第 2 センシング部 22 のフィルタ 24 は抵抗 24 a とコンデンサ 24 b とによってローパスフィルタを構成している。第 2 センシング部 22 の A S I C 23 の出力はこのローパスフィルタを介して電池 E C U 8 0 1 に出力される。これにより高周波ノイズの除去された第 2 センシング部 22 の出力が電池 E C U 8 0 1 に入力される。

【 0 1 2 4 】

以上に示したように本実施形態の第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 は同一構成となっている。これら第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 それぞれの磁電変換部 25 は y 方向に並んでいる。後で詳説するように第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 それぞれの磁電変換部 25 を透過する磁界は同一となっている。

【 0 1 2 5 】

したがって、第 1 センシング部 21 から電池 E C U 8 0 1 に入力される電気信号と、第 2 センシング部 22 から電池 E C U 8 0 1 に入力される電気信号は同一になっている。電池 E C U 8 0 1 は入力されるこれら 2 つの電気信号を比較することで、第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 のいずれか一方に異常が生じているか否かを判定する。このように本実施形態にかかる第 1 電流センサ 11 は冗長性を有している。

【 0 1 2 6 】

なお、上記のシャント抵抗 25 e は樹脂部 28 の中に設けられても良いし、その外に設けられてもよい。樹脂部 28 の外に設けられる場合、シャント抵抗 25 e は配線基板 20 に搭載される。そしてシャント抵抗 25 e は A S I C 23 に外付けされる。

【 0 1 2 7 】

また、フルブリッジ回路を構成する 4 つの抵抗それぞれが磁気抵抗効果素子でなくともよい。これら 4 つの抵抗のうち少なくとも 1 つが磁気抵抗効果素子であればよい。フルブリッジ回路ではなく、1 つのハーフブリッジ回路だけを構成してもよい。

【 0 1 2 8 】

上記の冗長性を有さなくともよい場合、第 1 電流センサ 11 は第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 のうちの一方を有する構成を採用することもできる。

【 0 1 2 9 】

< 導電バスバー >

導電バスバー 30 は銅や黄銅およびアルミニウムなどの導電材料から成る。導電バスバー 30 は例えば以下に列挙する方法で製造することができる。導電バスバー 30 は平板をプレス加工することで製造することができる。導電バスバー 30 は複数の平板を一体的に連結することで製造することができる。導電バスバー 30 は複数の平板を溶接することで製造することができる。導電バスバー 30 は鋳型に溶融状態の導電材料を流し込むことで製造することができる。導電バスバー 30 の製造方法としては特に限定されない。

【 0 1 3 0 】

図 8 に示すように導電バスバー 30 は z 方向の厚さの薄い扁平形状を成している。導電バスバー 30 の表面 30 a およびその裏面 30 b それぞれは z 方向に面している。図 8 の (a) 欄は導電バスバーの上面図を示している。図 8 の (b) 欄は導電バスバーの側面図

10

20

30

40

50

を示している。

【0131】

導電バスバー30はy方向に延びている。図8において2つの破線で区切って示すように、導電バスバー30はセンサ筐体50に被覆される被覆部31、および、センサ筐体50から露出される第1露出部32と第2露出部33を有する。第1露出部32と第2露出部33は被覆部31を介してy方向に並んでいる。第1露出部32と第2露出部33は被覆部31を介して一体的に連結されている。

【0132】

図8の(b)欄に示すように被覆部31、第1露出部32、および、第2露出部33それぞれのz方向の長さ(厚さ)は相等しくなっている。すなわち被覆部31、第1露出部32、および、第2露出部33それぞれの表面30aと裏面30bとの間のz方向の離間距離が相等しくなっている。

10

【0133】

第1露出部32と第2露出部33それぞれには、ボルトを通して通電バスバー307と電気的および機械的に接続するためのボルト孔30cが形成されている。このボルト孔30cは表面30aと裏面30bとを貫通している。

【0134】

上記したように通電バスバー307はリアクトル313側とハイサイドスイッチ311側とで分断されている。この通電バスバー307のリアクトル313側、および、ハイサイドスイッチ311側それぞれに、ボルト孔30cに対応する取付孔が形成されている。

20

【0135】

通電バスバー307のリアクトル313側の取付孔と第1露出部32のボルト孔30cとをz方向で並ばせる。通電バスバー307のハイサイドスイッチ311側の取付孔と第2露出部33のボルト孔30cとをz方向で並ばせる。この状態において、ボルト孔30cと取付孔とにボルトの軸部を通す。そしてボルトの軸部の先端から頭部に向かってナットを締結する。ボルトの頭部とナットとによって通電バスバー307と導電バスバー30とを挟持する。これにより通電バスバー307と導電バスバー30とを接触し、両者を電気的および機械的に接続する。以上により、分断された通電バスバー307のリアクトル313側とハイサイドスイッチ311側とが導電バスバー30によって架橋される。通電バスバー307と導電バスバー30とに共通の電流が流れる。

30

【0136】

図8の(a)欄に示すように被覆部31には、x方向の長さの局所的に短い狭窄部31aが形成されている。本実施形態の狭窄部31aはx方向の長さが段階的に短くなっている。狭窄部31aは、y方向において被覆部31の第1露出部32側から被覆部31の中心点CPに向かうにしたがって、二段階にわたってx方向の長さが短くなっている。同様にして狭窄部31aは、y方向において被覆部31の第2露出部33側から被覆部31の中心点CPに向かうにしたがって、二段階にわたってx方向の長さが短くなっている。なお狭窄部31aのx方向の長さはより多段階的に短くなくても良いし、連続的に短くなくてもよい。

【0137】

上記の中心点CPは被覆部31の重心と同等である。被覆部31および狭窄部31aは、中心点CPをz方向に通る中心線を対称軸ASとして、線対称な形状となっている。

40

【0138】

狭窄部31aは第1露出部32および第2露出部33それぞれよりもx方向の長さが短くなっている。このため狭窄部31aを流れる電流の密度は、第1露出部32と第2露出部33を流れる電流の密度よりも濃くなっている。この結果、狭窄部31aを流れる電流から発せられる被測定磁界の強度が高くなっている。

【0139】

図8の(a)欄と(b)欄それぞれに第1センシング部21と第2センシング部22の磁電変換部25を概略的に破線で囲って示すように、第1センシング部21と第2センシ

50

ング部 2 2 は狭窄部 3 1 a と z 方向で離間して対向配置される。したがって第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれには、狭窄部 3 1 a を流れる電流から発せられる、強度の高い被測定磁界が透過する。

【 0 1 4 0 】

上記したように導電バスバー 3 0 は y 方向に延びている。したがって導電バスバー 3 0 では y 方向に電流が流れる。この y 方向への電流の流動によって、y 方向まわりの周方向に、アンペールの法則にしたがう被測定磁界が生成される。被測定磁界は、x 方向と z 方向とによって規定される平面において、導電バスバー 3 0 を中心として環状に流れる。第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 は被測定磁界の x 方向に沿う成分を検出する。

【 0 1 4 1 】

図 8 に破線で示すように第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれの磁電変換部 2 5 は y 方向に並んでいる。これら 2 つの磁電変換部 2 5 は対称軸 A S を介して対称配置されている。2 つの磁電変換部 2 5 の x 方向の位置と対称軸 A S (中心点 C P) の x 方向の位置とが同一になっている。したがって 2 つの磁電変換部 2 5 は中心点 C P を介して y 方向に並んでいる。

【 0 1 4 2 】

また 2 つの磁電変換部 2 5 と被覆部 3 1 との z 方向の離間距離は同一となっている。そして上記したように被覆部 3 1 および狭窄部 3 1 a は対称軸 A S を介して線対称な形状となっている。以上により、2 つの磁電変換部 2 5 には x 方向の成分が同等の被測定磁界が透過する。

【 0 1 4 3 】

なお、本実施形態の導電バスバー 3 0 は導電性の平板をプレス加工することで製造している。このプレス加工は、平板をダイに置き、パンチをダイに近づけて平板に引張り力を加える。こうすることで平板を導電バスバー 3 0 と切りくずとに分離し、導電バスバー 3 0 を製造する。

【 0 1 4 4 】

上記のプレス加工によって導電バスバー 3 0 を製造すると、導電バスバー 3 0 にはせん断面が形成される。導電バスバー 3 0 におけるパンチと始めに接触する面側のせん断面にダレが発生する。これによってせん断面の直角性が損なわれる虞がある。この結果、導電バスバー 3 0 を流動する電流によって発生する被測定磁界の分布が設計からずれる虞がある。

【 0 1 4 5 】

本実施形態の導電バスバー 3 0 は、パンチと始めに接触する面ではなく、パンチによって最後に分離される面を配線基板 2 0 側に設けている。すなわち、パンチと始めに接触する面を裏面 3 0 b、パンチによって最後に分離される面を表面 3 0 a としている。せん断面は表面 3 0 a と裏面 3 0 b との間の側面に相当する。したがって導電バスバー 3 0 の側面における表面 3 0 a 側の直角性が損なわれがたくなっている。この導電バスバー 3 0 の表面 3 0 a が配線基板 2 0 と対向している。そのために配線基板 2 0 に搭載された第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 を透過する被測定磁界の分布が設計からずれることが抑制されている。

【 0 1 4 6 】

なお、上記のように導電バスバー 3 0 をプレス加工で製造した後、側面における表面 3 0 a 側と裏面 3 0 b 側のいずれにダレが発生しているかを見分ける必要がある。これを見分けるための切欠き 3 3 a が、目印として導電バスバー 3 0 の第 2 露出部 3 3 に形成されている。本実施形態の切欠き 3 3 a は半円形状を成している。

【 0 1 4 7 】

< シールド >

上記したようにシールド 4 0 は第 1 シールド 4 1 と第 2 シールド 4 2 を有する。図 9 および図 1 0 に示すように第 1 シールド 4 1 と第 2 シールド 4 2 それぞれは z 方向の厚さの薄い板形状を成している。第 1 シールド 4 1 の最も面積の広い一面 4 1 a とその裏面 4 1

10

20

30

40

50

bそれぞれはz方向に面している。第2シールド42の最も面積の広い一面42aとその裏面42bそれぞれはz方向に面している。

【0148】

図2および図3に示すように一面41aと一面42aとが互いにz方向において対向する態様で、第1シールド41と第2シールド42はセンサ筐体50に設けられる。第1シールド41の裏面41bと第2シールド42の裏面42bそれぞれはセンサ筐体50の外に露出される。これら裏面41bと裏面42bそれぞれは第1電流センサ11の最外表面の一部を構成している。

【0149】

図9の(a)欄は第1シールドの上面図を示している。図9の(b)欄は第1シールドの下面図を示している。図10の(a)欄は第2シールドの上面図を示している。図10の(b)欄は第2シールドの下面図を示している。

10

【0150】

これら第1シールド41と第2シールド42は、パーマロイなどの透磁率の高い軟磁性材料から成る複数の平板を圧着することで製造することができる。若しくは、第1シールド41と第2シールド42は電磁鋼を圧延することで製造することができる。

【0151】

本実施形態の第1シールド41と第2シールド42それぞれは軟磁性材料から成る複数の平板を圧着することで製造している。複数の平板それぞれには、その主面から裏面に向かって突起する4つの凸部が形成されている。これに応じて複数の平板それぞれには、裏面から主面に向かって凹む4つの凹部が形成されている。これら複数の平板それぞれを、主面と裏面とが対向するように配置する。そして対向する2つの平板のうちの一方の凹部に、他方の凸部が入り込むように、複数の平板を積層する。この積層状態で複数の平板を圧着する。これにより第1シールド41と第2シールド42とが製造される。

20

【0152】

なお、電磁鋼を圧延することで第1シールド41と第2シールド42を製造する場合、その圧延によって電磁鋼を延ばす方向を、例えばx方向にする。これにより電磁鋼の原子配列(結晶)がx方向に整列される。この結果、x方向のほうがy方向よりも透磁率が高まる。このように電磁鋼の圧延方向を特定することで、シールドの透磁率に異方性を持たせることができる。

30

【0153】

<第1シールド>

第1シールド41の平面形状は、図9に示すようにx方向を長手方向とする矩形を成している。そして本実施形態の第1シールド41の四隅には切欠き41cが形成されている。図9では、y方向における第1シールド41の中央と両端との境界を明りょうとするため、x方向に延びる2つの破線を第1シールド41に付与している。以下においては第1シールド41のy方向の中央を第1中央部41dと示す。第1シールド41のy方向の両端を第1両端部41eと示す。y方向において第1両端部41eの有する2つの端部の間に第1中央部41dが位置している。

【0154】

この破線の付与によって明示されるように、第1両端部41eは第1中央部41dよりもx方向の長さが短くなっている。そのために第1両端部41eは第1中央部41dよりもx方向の透磁率が低くなっている。第1両端部41eに磁界が侵入しがたくなっている。したがって、第1両端部41eの有する2つの端部の一方から他方へと、第1中央部41dにおける第1両端部41eと直接連結されてy方向で並ぶ部位(並列部位)を介して磁界が透過することが抑制されている。第1中央部41dの並列部位に磁界が透過しがたくなっている。この結果、第1中央部41dの並列部位は磁気飽和しがたくなっている。

40

【0155】

この磁気飽和の抑制された第1中央部41dの並列部位と、配線基板20に搭載された第1センシング部21および第2センシング部22がz方向で並んでいる。第1中央部4

50

1 d と狭窄部 3 1 a との間に第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれの磁電変換部 2 5 が位置している。

【 0 1 5 6 】

< 第 2 シールド >

第 2 シールド 4 2 の平面形状は、図 1 0 に示すように x 方向を長手方向とする矩形を成している。図 1 0 では、y 方向における第 2 シールド 4 2 の中央と両端との境界を明りょうとするために、x 方向に伸びる 2 つの破線を第 2 シールド 4 2 に付与している。以下においては第 2 シールド 4 2 の y 方向の中央を第 2 中央部 4 2 d と示す。第 2 シールド 4 2 の y 方向の両端を第 2 両端部 4 2 e と示す。y 方向において第 2 両端部 4 2 e の有する 2 つの端部の間に第 2 中央部 4 2 d が位置している。

10

【 0 1 5 7 】

第 2 シールド 4 2 は x 方向で並ぶ 2 つの端辺 4 2 f を有する。これら 2 つの端辺 4 2 f の第 2 中央部 4 2 d 側それぞれに、z 方向に伸びる延設部 4 2 c が形成されている。これら 2 つの延設部 4 2 c は z 方向において裏面 4 2 b から一面 4 2 a に向かう方向に伸びている。延設部 4 2 c は y 方向を長手方向とする直方体を成している。延設部 4 2 c は上記したように第 2 シールド 4 2 を製造するにあたって軟磁性材料から成る複数の平板を圧着した後に曲げ加工することで形成される。

【 0 1 5 8 】

上記したように第 1 シールド 4 1 の一面 4 1 a と第 2 シールド 4 2 の一面 4 2 a とが互いに z 方向において対向する態様で、第 1 シールド 4 1 と第 2 シールド 4 2 はセンサ筐体 5 0 に設けられる。このセンサ筐体 5 0 に設けられている状態で、延設部 4 2 c は第 1 シールド 4 1 に向かって伸びている。延設部 4 2 c の端面と第 1 シールド 4 1 の第 1 中央部 4 1 d の一面 4 1 a とが z 方向で対向している。

20

【 0 1 5 9 】

これにより、第 1 シールド 4 1 の一面 4 1 a と第 2 シールド 4 2 の一面 4 2 a との z 方向の離間距離よりも、第 1 シールド 4 1 の第 1 中央部 4 1 d と第 2 シールド 4 2 の延設部 4 2 c との z 方向の離間距離のほうが短くなっている。そのため、第 1 シールド 4 1 に侵入した磁界は、この延設部 4 2 c を介して第 2 シールド 4 2 へと透過しやすくなっている。

【 0 1 6 0 】

上記したように延設部 4 2 c は端辺 4 2 f の第 2 中央部 4 2 d 側から z 方向に伸びている。端辺 4 2 f の第 2 両端部 4 2 e 側に延設部 4 2 c は形成されていない。そのため、第 1 シールド 4 1 に侵入した磁界は、延設部 4 2 c を介して第 2 シールド 4 2 の第 2 中央部 4 2 d へと透過しやすくなっている。

30

【 0 1 6 1 】

この第 2 中央部 4 2 d と、配線基板 2 0 に搭載された第 1 センシング部 2 1 および第 2 センシング部 2 2 が z 方向で対向している。第 1 中央部 4 1 d と第 2 中央部 4 2 d との間に、第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれの磁電変換部 2 5 と狭窄部 3 1 a が位置している。

【 0 1 6 2 】

また、磁電変換部 2 5 の x 方向の位置は、2 つの端辺 4 2 f それぞれに形成された 2 つの延設部 4 2 c の間になっている。そのため、磁電変換部 2 5 の位置する第 1 シールド 4 1 の一面 4 1 a と第 2 シールド 4 2 の一面 4 2 a との間の領域を x 方向に沿う外部ノイズが透過しようとした場合、その外部ノイズは磁電変換部 2 5 ではなく延設部 4 2 c に侵入しようとする。延設部 4 2 c に侵入した外部ノイズは第 2 シールド 4 2 の中を透過するべく、その透過方向が曲げられる。この結果、外部ノイズが磁電変換部 2 5 を透過することが抑制されている。

40

【 0 1 6 3 】

< センサ筐体 >

図 3 および図 1 1 に示すように、センサ筐体 5 0 には導電バスバー 3 0 と接続端子 6 0 がインサート成形されている。そしてセンサ筐体 5 0 には、配線基板 2 0 とシールド 4 0

50

が設けられる。導電バスバー 30、配線基板 20、および、シールド 40 は z 方向で離間して並んでいる。図 11 の (a) 欄はセンサ筐体の上面図を示している。図 11 の (b) 欄はセンサ筐体の下面図を示している。

【0164】

図 5 および図 11 に示すようにセンサ筐体 50 は、基部 51、絶縁部 52、第 1 囲み部 53、第 2 囲み部 54、および、コネクタ部 55 を有する。

【0165】

基部 51 は x 方向を長手方向とする直方体を成している。そのために基部 51 は 6 面を有する。基部 51 は y 方向に面する左面 51a と右面 51b を有する。基部 51 は x 方向に面する上面 51c と下面 51d を有する。基部 51 は z 方向に面する上端面 51e と下端面 51f を有する。

10

【0166】

図 5 の (a) 欄および図 5 の (c) 欄に示すように、絶縁部 52 は基部 51 の左面 51a と右面 51b それぞれの一部に形成されている。これら 2 つの絶縁部 52 は基部 51 から離れるように y 方向に延びている。2 つの絶縁部 52 は基部 51 を介して y 方向に並んでいる。2 つの絶縁部 52 と基部 51 それぞれによって導電バスバー 30 の被覆部 31 が被覆されている。

【0167】

概略的に言えば、2 つの絶縁部 52 によって被覆部 31 の第 1 露出部 32 側と第 2 露出部 33 側が被覆されている。基部 51 によって被覆部 31 の狭窄部 31a が被覆されている。したがって狭窄部 31a は z 方向において基部 51 の上端面 51e と下端面 51f との間に位置する。狭窄部 31a と上端面 51e との間、および、狭窄部 31a と下端面 51f との間それぞれに、基部 51 を構成する絶縁性の樹脂材料が位置している。

20

【0168】

図 11 の (a) 欄に示すように、第 1 囲み部 53 は基部 51 の上端面 51e に形成されている。第 1 囲み部 53 は y 方向に並ぶ左壁 53a と右壁 53b を有する。第 1 囲み部 53 は x 方向に並ぶ上壁 53c と下壁 53d を有する。

【0169】

これら第 1 囲み部 53 を構成する壁は上端面 51e の縁に沿って形成されている。z 方向まわりの周方向において、左壁 53a、上壁 53c、右壁 53b、および、下壁 53d が順に連結されている。これにより第 1 囲み部 53 は z 方向に開口する環状を成している。第 1 囲み部 53 によって上端面 51e が囲まれている。この第 1 囲み部 53 と上端面 51e とによって構成される第 1 収納空間に配線基板 20 と第 1 シールド 41 が設けられる。

30

【0170】

図 11 の (b) 欄に示すように、第 2 囲み部 54 は基部 51 の下端面 51f に形成されている。第 2 囲み部 54 は y 方向に並ぶ左壁 54a と右壁 54b を有する。第 2 囲み部 54 は x 方向に並ぶ上壁 54c と下壁 54d を有する。

【0171】

これら第 2 囲み部 54 を構成する壁は、下端面 51f における上記の基部 51 の狭窄部 31a と z 方向で並ぶ部位の周囲に形成されている。z 方向まわりの周方向において、左壁 54a、上壁 54c、右壁 54b、および、下壁 54d が順に連結されている。これにより第 2 囲み部 54 は z 方向に開口する環状を成している。第 2 囲み部 54 によって下端面 51f の一部が囲まれている。この第 2 囲み部 54 と下端面 51f とによって構成される第 2 収納空間に第 2 シールド 42 が設けられる。

40

【0172】

第 2 収納空間は第 1 収納空間よりも z 方向に直交する平面の大きさが小さくなっている。第 2 収納空間は第 1 収納空間の一部と z 方向で並んでいる。この第 1 収納空間における第 2 収納空間との z 方向で並ばない部位とコネクタ部 55 とが z 方向で並んでいる。

【0173】

図 5 の (b) 欄および図 11 の (b) 欄に示すように、コネクタ部 55 は基部 51 の下

50

端面 5 1 f に形成されている。コネクタ部 5 5 は下端面 5 1 f における第 2 囲み部 5 4 によって囲まれていない部位（非囲み部位）から離れるように z 方向に延びている。コネクタ部 5 5 は下壁 5 4 d の一部を構成している。

【 0 1 7 4 】

コネクタ部 5 5 は下端面 5 1 f から z 方向に延びる柱部 5 5 a と、柱部 5 5 a の先端面 5 5 b を z 方向まわりの周方向で囲む囲み部 5 5 c と、を有する。接続端子 6 0 は z 方向に延びている。接続端子 6 0 は柱部 5 5 a、および、基部 5 1 における柱部 5 5 a と z 方向で並ぶ部位それぞれによって被覆されている。

【 0 1 7 5 】

接続端子 6 0 の一端は先端面 5 5 b から柱部 5 5 a の外に露出されている。この先端面 5 5 b から露出した接続端子 6 0 の一端は上記の囲み部 5 5 c によってその周囲を囲まれている。これにより囲み部 5 5 c と接続端子 6 0 の一端とによってコネクタが構成されている。このコネクタにワイヤハーネスなどのコネクタが接続される。

10

【 0 1 7 6 】

接続端子 6 0 の他端は上端面 5 1 e から基部 5 1 の外に露出されている。接続端子 6 0 の他端は上記の第 1 収納空間に設けられている。接続端子 6 0 は導電バスバー 3 0 における基部 5 1 によって被覆された部位（狭窄部 3 1 a）と x 方向で離れている。x 方向において接続端子 6 0 の他端は下壁 5 3 d 側に位置する。狭窄部 3 1 a は上壁 5 3 c 側に位置する。接続端子 6 0 と狭窄部 3 1 a それぞれのセンサ筐体 5 0 にインサート成形された部位の間に、基部 5 1 を構成する絶縁性の樹脂材料が位置している。

20

【 0 1 7 7 】

上記したように導電バスバー 3 0 にはバッテリー 2 0 0 を入出力する直流電流が流れる。そして接続端子 6 0 には、配線基板 2 0 と電池 ECU 8 0 1 との間で、直流電流よりも電流量の少ない電気信号が流れる。この導電バスバー 3 0 と接続端子 6 0 との沿面距離が近いと、両者が導通してショートする虞がある。

【 0 1 7 8 】

このような不具合が生じることを抑制するためのリブ 5 2 a が絶縁部 5 2 に形成されている。リブ 5 2 a は絶縁部 5 2 から z 方向に突起している。そしてリブ 5 2 a は x 方向に延びている。リブ 5 2 a の x 方向の長さは第 1 露出部 3 2 および第 2 露出部 3 3 それぞれの x 方向の長さよりも長くなっている。

30

【 0 1 7 9 】

リブ 5 2 a は絶縁部 5 2 の外に位置する導電バスバー 3 0 の第 1 露出部 3 2 および第 2 露出部 3 3 と、接続端子 6 0 の上端面 5 1 e から外に露出された他端との間に位置する。このリブ 5 2 a により、センサ筐体 5 0 の表面における導電バスバー 3 0 と接続端子 6 0 との沿面距離が長くなっている。これにより導電バスバー 3 0 と接続端子 6 0 とのショートが抑制されている。

【 0 1 8 0 】

またリブ 5 2 a は第 1 露出部 3 2 および第 2 露出部 3 3 と、第 1 シールド 4 1 および第 2 シールド 4 2 との間に位置する。これにより導電バスバー 3 0 とシールド 4 0 とのショートも抑制されている。

40

【 0 1 8 1 】

リブ 5 2 a による沿面距離の延長によって、絶縁部 5 2 の y 方向の長さを短くすることができる。絶縁部 5 2 の y 方向の長さをおよそ 8 5 % 短くすることができる。これにより第 1 電流センサ 1 1 の体格の増大が抑制される。

【 0 1 8 2 】

< センサ筐体に対する配線基板の固定形態 >

図 1 1 の (a) 欄および図 1 2 の (a) 欄に示すように、基部 5 1 の上端面 5 1 e には、z 方向に局所的に延びる基板支持ピン 5 6 a と基板接着ピン 5 6 b が形成されている。これら基板支持ピン 5 6 a と基板接着ピン 5 6 b は上端面 5 1 e に複数形成されている。図 1 2 の (a) 欄はセンサ筐体の斜視図を示している。図 1 2 の (b) 欄は配線基板の設

50

けられたセンサ筐体の斜視図を示している。図 1 2 ではこれらピンを説明するために、一部の符号の付与を略している。

【 0 1 8 3 】

複数の基板支持ピン 5 6 a それぞれは z 方向に面する先端面 5 6 c を有する。これら複数の先端面 5 6 c の z 方向の位置が相等しくなっている。同様にして、複数の基板接着ピン 5 6 b それぞれは z 方向に面する先端面 5 6 d を有する。これら複数の先端面 5 6 d の z 方向の位置が相等しくなっている。

【 0 1 8 4 】

図 1 3 に示すように基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c と上端面 5 1 e との間の z 方向の長さは L 1 となっている。基板接着ピン 5 6 b の先端面 5 6 d と上端面 5 1 e との間の z 方向の長さは L 2 となっている。図面に明示するように、長さ L 1 は長さ L 2 よりも長くなっている。

10

【 0 1 8 5 】

そのために基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c は、基板接着ピン 5 6 b の先端面 5 6 d よりも上端面 5 1 e から z 方向に離れている。この基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c に対向面 2 0 a が接触する態様で、配線基板 2 0 はセンサ筐体 5 0 に搭載される。基板支持ピン 5 6 a が基板支持部に相当する。先端面 5 6 c が支持面に相当する。

【 0 1 8 6 】

基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c に搭載されている状態において、配線基板 2 0 の対向面 2 0 a と基板接着ピン 5 6 b の先端面 5 6 d は z 方向で離れている。この配線基板 2 0 と基板接着ピン 5 6 b との間に、両者を接着固定する基板接着剤 5 6 e が設けられる。基板接着ピン 5 6 b が基板接着部に相当する。先端面 5 6 d が搭載面に相当する。

20

【 0 1 8 7 】

基板接着剤 5 6 e によって配線基板 2 0 とセンサ筐体 5 0 とを接着固定する際、基板接着剤 5 6 e の温度は第 1 電流センサ 1 1 の設けられる環境温度よりも高めに設定される。この際の基板接着剤 5 6 e の温度は例えば 1 5 0 程度に設定することができる。この温度において基板接着剤 5 6 e は流動性を有している。基板接着剤 5 6 e としてはシリコン系接着剤を採用することができる。

【 0 1 8 8 】

基板接着ピン 5 6 b の先端面 5 6 d に 1 5 0 程度の流動性を有する基板接着剤 5 6 e を塗布する。そして配線基板 2 0 の対向面 2 0 a に基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c と基板接着剤 5 6 e それぞれが接触するように、配線基板 2 0 をセンサ筐体 5 0 に設ける。この後に基板接着剤 5 6 e を室温まで降温して固化する。

30

【 0 1 8 9 】

これにより基板接着剤 5 6 e には、第 1 電流センサ 1 1 の設けられる環境温度において、自身の中心へと凝縮する残留応力が発生する。この残留応力により、配線基板 2 0 と基板接着ピン 5 6 b とが互いに近づく状態となる。配線基板 2 0 の対向面 2 0 a と基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c との接触状態が維持される。

【 0 1 9 0 】

この結果、配線基板 2 0 のセンサ筐体 5 0 に対する位置ずれが、接着固定時に流動性を有する基板接着剤 5 6 e の形状バラツキに依存しなくなる。配線基板 2 0 のセンサ筐体 5 0 に対する位置ずれがセンサ筐体 5 0 の製造誤差になる。さらに言い換えれば、配線基板 2 0 のセンサ筐体 5 0 にインサート成形された導電バスバー 3 0 に対する位置ずれがセンサ筐体 5 0 の製造誤差になる。

40

【 0 1 9 1 】

本実施形態では 3 つの基板支持ピン 5 6 a が上端面 5 1 e に形成されている。これら 3 つの基板支持ピン 5 6 a のうちの 2 つが y 方向に離間して並んでいる。残り 1 つの基板支持ピン 5 6 a が y 方向に並ぶ 2 つの基板支持ピン 5 6 a の間の midpoint から x 方向に離間している。3 つの基板支持ピン 5 6 a の先端面 5 6 c は二等辺三角形の頂点を成している。y 方向に並ぶ 2 つの基板支持ピン 5 6 a と残り 1 つの基板支持ピン 5 6 a との間に導電バス

50

バー 30 の狭窄部 31 a が位置する。

【0192】

本実施形態では3つの基板接着ピン56 bが上端面51 eに形成されている。これら3つの基板接着ピン56 bのうち2つがy方向に離間して並んでいる。残り1つの基板接着ピン56 bがy方向に並ぶ2つの基板支持ピン56 aの間の midpoint からx方向に離間している。3つの基板接着ピン56 bの先端面56 dは二等辺三角形の頂点を成している。

【0193】

y方向に並ぶ2つの基板支持ピン56 aの間で複数の接続端子60の他端が並んでいる。残り1つの基板支持ピン56 aはy方向に並ぶ2つの基板接着ピン56 bの間の midpoint に位置している。したがってこの残り1つの基板支持ピン56 aはx方向において残り1つの基板接着ピン56 bと並んでいる。そして狭窄部31 aの中心点CPはx方向においてこれら残り1つの基板支持ピン56 aと残り1つの基板接着ピン56 bとの間に位置している。

10

【0194】

以上に示した構成により、3つの基板支持ピン56 aの先端面56 cを結んで成る二等辺三角形と、3つの基板接着ピン56 bの先端面56 dを結んで成る二等辺三角形とはz方向で重なっている。そしてこれら2つの二等辺三角形のz方向で重なる領域に狭窄部31 aの中心点CPが位置している。

【0195】

配線基板20は、これら2つの二等辺三角形それぞれとz方向で対向する態様でセンサ筐体50に設けられる。この配線基板20における2つの二等辺三角形と対向する部位は、基板支持ピン56 aとの接触、および、基板接着剤56 eを介した基板接着ピン56 bとの連結のため、2つの二等辺三角形と対向しない部位よりも、センサ筐体50との接続が安定化している。この配線基板20におけるセンサ筐体50との接続が安定化している部位に、第1センシング部21と第2センシング部22が搭載されている。

20

【0196】

配線基板20が基板支持ピン56 aに搭載され、基板接着剤56 eを介して基板接着ピン56 bに固定されている状態において、配線基板20の対向面20 aと基部51の上端面51 eとがz方向に離間して対向している。製造誤差などが全くない場合、対向面20 aと上端面51 eとの離間距離は全面にわたって一定で、両者は平行の関係となっている。

30

【0197】

上記したように基部51には導電バスバー30の狭窄部31 aがインサート成形されている。製造誤差などが全くない場合、狭窄部31 aの表面30 aと基部51の上端面51 eとの間の離間距離も全面にわたって一定で、両者は平行の関係となっている。

【0198】

以上に示した平行の関係により、製造誤差などが全くない場合、配線基板20の対向面20 aと狭窄部31 aの表面30 aとの離間距離も全面にわたって一定で、両者は平行の関係となっている。

【0199】

ところで、上記したように配線基板20は樹脂層と金属層がz方向に複数積層されて成る。そのために配線基板20のz方向の厚みの製造誤差は大きくなっている。配線基板20のz方向の厚みの製造誤差は、導電バスバー30のセンサ筐体50へのインサート成形によるz方向の位置の製造誤差、および、センサ筐体50に対する配線基板20のz方向の配置誤差の2倍程度となっている。

40

【0200】

これに対して、上記したように配線基板20における導電バスバー30との対向面20 aに第1センシング部21と第2センシング部22が設けられている。したがって第1センシング部21と第2センシング部22それぞれの導電バスバー30とのz方向の離間距離が、配線基板20のz方向の厚みに依存しなくなっている。配線基板20のz方向の厚みの製造誤差によって、第1センシング部21と第2センシング部22それぞれと導電バ

50

スパー 30 との z 方向の離間距離が変動することが抑制されている。

【0201】

なお、基板支持ピン 56a と基板接着ピン 56b の数としては 3 つに限定されない。基板支持ピン 56a の数としては 4 つ以上を採用することもできる。基板接着ピン 56b の数としては、1 つ、2 つ、若しくは、4 つ以上を採用することもできる。

【0202】

また、基板支持ピン 56a と基板接着ピン 56b それぞれの数が 3 つ以上の場合、3 つ以上の基板支持ピン 56a の先端面 56c を結んで成る多角形と、3 つ以上の基板接着ピン 56b の先端面 56d を結んで成る多角形とが z 方向で重なる構成がよい。この構成において、配線基板 20 における 2 つの多角形と z 方向で対向する領域に第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 を搭載するとよい。これにより第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 それぞれのセンサ筐体 50 に対する位置ずれが抑制される。

10

【0203】

基板支持ピン 56a、および、基板接着ピン 56b と名称したように、これらが z 方向に延びる柱状である例を示した。しかしながらこれらの形状は柱状に限定されない。基板支持ピン 56a の先端面 56c が基板接着ピン 56b の先端面 56d よりも上端面 51e から離れていればよく、その形状は特に限定されない。

【0204】

<センサ筐体に対する第 1 シールドの固定形態>

図 11 の (a) 欄および図 14 の (a) 欄に示すように、基部 51 の上端面 51e には、z 方向に局所的に延びるシールド支持ピン 57a とシールド接着ピン 57b が形成されている。これらシールド支持ピン 57a とシールド接着ピン 57b は上端面 51e に複数形成されている。図 14 の (a) 欄は配線基板の設けられたセンサ筐体の斜視図を示している。図 14 の (b) 欄は配線基板とシールドの設けられたセンサ筐体の斜視図を示している。図 14 ではこれらピンを説明するために、一部の符号の付与を略している。

20

【0205】

複数のシールド支持ピン 57a それぞれは z 方向に面する先端面 57c を有する。これら複数の先端面 57c の z 方向の位置が相等しくなっている。同様に、複数のシールド接着ピン 57b それぞれは z 方向に面する先端面 57d を有する。これら複数の先端面 57d の z 方向の位置が相等しくなっている。

30

【0206】

図 15 に示すようにシールド支持ピン 57a とシールド接着ピン 57b それぞれは、基板支持ピン 56a よりも z 方向の長さが長くなっている。より詳しく言えば、シールド支持ピン 57a とシールド接着ピン 57b それぞれは、基板支持ピン 56a よりも z 方向の長さが配線基板 20 の z 方向の厚さ以上長くなっている。そのため、上記したようにセンサ筐体 50 に配線基板 20 が搭載された状態において、シールド支持ピン 57a の先端面 57c とシールド接着ピン 57b の先端面 57d それぞれは配線基板 20 の背面 20b よりも上端面 51e から z 方向に離れている。なお、シールド接着ピン 57b と基板支持ピン 56a との z 方向の長さの相違が、配線基板 20 の z 方向の厚さよりも短い構成を採用することもできる。

40

【0207】

図 15 に示すようにシールド支持ピン 57a の先端面 57c と上端面 51e との間の z 方向の長さは L3 となっている。シールド接着ピン 57b の先端面 57d と上端面 51e との間の z 方向の長さは L4 となっている。図面に明示するように、長さ L3 は長さ L4 よりも長くなっている。

【0208】

そのためにシールド支持ピン 57a の先端面 57c は、シールド接着ピン 57b の先端面 57d よりも上端面 51e から z 方向に離れている。このシールド支持ピン 57a の先端面 57c に一面 41a が接触する態様で、第 1 シールド 41 はセンサ筐体 50 に搭載される。シールド支持ピン 57a がシールド支持部に相当する。先端面 57c が接触面に相

50

当する。

【0209】

シールド支持ピン57aの先端面57cに搭載されている状態において、第1シールド41の一面41aとシールド接着ピン57bの先端面57dはz方向で離れている。この第1シールド41とシールド接着ピン57bとの間に、両者を接着固定する基板接着剤56eが設けられる。シールド接着ピン57bがシールド接着部に相当する。先端面57dが設置面に相当する。

【0210】

シールド接着剤57eによって第1シールド41とセンサ筐体50とを接着固定する際、シールド接着剤57eの温度は第1電流センサ11の設けられる環境温度よりも高めに設定される。この際のシールド接着剤57eの温度も例えば150程度に設定することができる。この温度においてシールド接着剤57eは流動性を有している。シールド接着剤57eとしてはシリコン系接着剤を採用することができる。

10

【0211】

シールド接着ピン57bの先端面57dに150程度の流動性を有するシールド接着剤57eを塗布する。そして第1シールド41の一面41aにシールド支持ピン57aの先端面57cとシールド接着剤57eそれぞれが接触するように、第1シールド41をセンサ筐体50に設ける。この後にシールド接着剤57eを室温まで降温して固化する。

【0212】

これによりシールド接着剤57eには、第1電流センサ11の設けられる環境温度において、自身の中心へと凝縮する残留応力が発生する。この残留応力により、第1シールド41とシールド接着ピン57bとが互いに近づく状態となる。第1シールド41の一面41aとシールド支持ピン57aの先端面57cとの接触状態が維持される。

20

【0213】

この結果、第1シールド41のセンサ筐体50に対する位置ずれが、接着固定時に流動性を有するシールド接着剤57eの形状バラツキに依存しなくなる。第1シールド41のセンサ筐体50に対する位置ずれがセンサ筐体50の製造誤差になる。さらに言い換えれば、第1シールド41のセンサ筐体50に固定された配線基板20に対する位置ずれがセンサ筐体50の製造誤差になる。

【0214】

本実施形態では3つのシールド支持ピン57aが上端面51eに形成されている。これら3つのシールド支持ピン57aのうちの1つが左壁53aと一体的に連結されている。残り2つのシールド支持ピン57aのうちの1つが右壁53bと一体的に連結されている。残り1つのシールド支持ピン57aが上壁53cと一体的に連結されている。これにより3つのシールド支持ピン57aの先端面57cは三角形の頂点を成している。

30

【0215】

左壁53aと一体的に連結されたシールド支持ピン57aと、右壁53bと一体的に連結されたシールド支持ピン57aはy方向で並んでいる。これら2つのシールド支持ピン57aの間と、上壁53cと一体的に連結されたシールド支持ピン57aとがx方向で離間している。これら3つのシールド支持ピン57aの先端面57cを結んで成る三角形の領域に配線基板20の第1センシング部21と第2センシング部22が位置している。

40

【0216】

本実施形態では3つのシールド接着ピン57bが上端面51eに形成されている。これら3つのシールド接着ピン57bのうちの1つが左壁53aと一体的に連結されている。残り2つのシールド接着ピン57bのうちの1つが右壁53bと一体的に連結されている。残り1つのシールド接着ピン57bが上壁53cと一体的に連結されている。これにより3つのシールド接着ピン57bの先端面57dは三角形の頂点を成している。

【0217】

左壁53aと一体的に連結されたシールド接着ピン57bと、右壁53bと一体的に連結されたシールド接着ピン57bはy方向で並んでいる。これら2つのシールド接着ピン

50

57bの間と、上壁53cと一体的に連結されたシールド接着ピン57bとがx方向で離間している。これら3つのシールド接着ピン57bの先端面57dを結んで成る三角形の領域と、第1センシング部21と第2センシング部22がz方向で並んでいる。

【0218】

また左壁53aと右壁53bそれぞれにおいて1つのシールド支持ピン57aと1つのシールド接着ピン57bが並んでいる。上壁53cにおいて1つのシールド支持ピン57aと1つのシールド接着ピン57bが並んでいる。3つのシールド支持ピン57aの先端面57cを結んで成る三角形と、3つのシールド接着ピン57bの先端面57dを結んで成る三角形とがz方向で重なっている。そしてこれらz方向で重なる領域と狭窄部31aの中心点CPとがz方向で並んでいる。

10

【0219】

第1シールド41はこれら2つの三角形それぞれとz方向で対向する態様で、センサ筐体50に設けられる。この第1シールド41における2つの三角形と対向する部位は、シールド支持ピン57aとの接触、および、シールド接着剤57eを介したシールド接着ピン57bとの連結のため、2つの三角形と対向しない部位よりもセンサ筐体50との接続が安定化している。

【0220】

この第1シールド41におけるセンサ筐体50との接続が安定化している部位が、配線基板20の第1センシング部21と第2センシング部22それぞれとz方向で並んでいる。具体的に言えば、第1シールド41の第1中央部41dが第1センシング部21と第2センシング部22それぞれとz方向で並んでいる。

20

【0221】

第1シールド41がシールド支持ピン57aに搭載され、シールド接着剤57eを介してシールド接着ピン57bに固定されている状態において、第1シールド41の一面41aと配線基板20の背面20bとがz方向に離間して対向している。製造誤差などが全くない場合、一面41aと背面20bとの離間距離は全面にわたって一定で、両者は平行の関係となっている。したがって配線基板20の対向面20aと、第1シールド41の一面41aとの離間距離も全面にわたって一定で、両者は平行の関係となっている。

【0222】

なお、図6および図14の(a)欄に示すように、配線基板20の端には、上記のシールド支持ピン57aとシールド接着ピン57bそれぞれを配線基板20の上方に通すための切欠き20gが形成されている。そして配線基板20には接続端子60の他端を通すための複数の貫通孔20hが形成されている。

30

【0223】

図6に示すように複数の貫通孔20hはy方向に並んでいる。配線基板20におけるこれら複数の貫通孔20hの形成された部位と、第1センシング部21と第2センシング部22の搭載される部位とは、x方向に並んでいる。配線基板20におけるこれらx方向に並ぶ2つの部位の間には、配線基板20をセンサ筐体50に設ける際に、配線基板20のセンサ筐体50に対するx方向の位置をガイドするための第1切欠き20iが形成されている。また配線基板20における第1センシング部21と第2センシング部22の搭載される部位には、配線基板20をセンサ筐体50に設ける際に、配線基板20のセンサ筐体50に対するy方向の位置をガイドするための第2切欠き20jが形成されている。

40

【0224】

これに対応して、センサ筐体50の左壁53aと右壁53bそれぞれには、図11の(a)欄および図12の(b)欄に示すように、第1切欠き20iに挿入される第1凸部53eが形成されている。左壁53aと右壁53bそれぞれには、第2切欠き20jとy方向で対向配置される第2凸部53fが形成されている。第1切欠き20iと第1凸部53eは相似形状を成してy方向に延びている。第2切欠き20jと第2凸部53fは相似形状を成してx方向に延びている。

【0225】

50

上記したシールド支持ピン 5 7 a とシールド接着ピン 5 7 b の数としては上記例に限定されない。シールド支持ピン 5 7 a の数としては 4 つ以上を採用することができる。シールド接着ピン 5 7 b の数としては、1 つ、2 つ、若しくは、4 つ以上を採用することができる。

【0226】

シールド支持ピン 5 7 a とシールド接着ピン 5 7 b それぞれの数が 3 つ以上の場合、3 つ以上のシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c を結んで成る多角形と、3 つ以上のシールド接着ピン 5 7 b の先端面 5 7 d を結んで成る多角形とが z 方向で重なる構成がよい。この構成において、第 1 シールド 4 1 における 2 つの多角形と z 方向で対向する領域が、配線基板 2 0 の第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれと z 方向で並ぶとよい。これにより第 1 シールド 4 1 の第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれに対する位置ずれが抑制される。

10

【0227】

シールド支持ピン 5 7 a、および、シールド接着ピン 5 7 b と名称したように、これらが z 方向に延びる柱状である例を示した。しかしながらこれらの形状は柱状に限定されない。シールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c がシールド接着ピン 5 7 b の先端面 5 7 d よりも上端面 5 1 e から離れていればよく、その形状は特に限定されない。

【0228】

< センサ筐体に対する第 2 シールドの固定形態 >

図 1 1 の (b) 欄および図 1 5 に示すように、基部 5 1 の下端面 5 1 f にも複数のシールド支持ピン 5 7 a が形成されている。

20

【0229】

第 1 シールド 4 1 とは異なり、センサ筐体 5 0 と第 2 シールド 4 2 との間に配線基板 2 0 が設けられていない。そのために下端面 5 1 f に形成されたシールド支持ピン 5 7 a は、上端面 5 1 e に形成されたシールド支持ピン 5 7 a よりも z 方向の長さが短くなっている。z 方向における複数の基板支持ピン 5 6 a それぞれの先端の位置が相等しくなっている。このシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c に一面 4 2 a が接触する態様で、第 2 シールド 4 2 はセンサ筐体 5 0 に搭載される。

【0230】

シールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c に搭載されている状態において、第 2 シールド 4 2 の一面 4 2 a は下端面 5 1 f と z 方向で離れている。この第 2 シールド 4 2 と下端面 5 1 f との間にシールド接着剤 5 7 e が設けられる。

30

【0231】

シールド接着剤 5 7 e によって第 2 シールド 4 2 とセンサ筐体 5 0 とを接着固定する際、このシールド接着剤 5 7 e の温度も第 1 電流センサ 1 1 の設けられる環境温度よりも高めに設定される。

【0232】

下端面 5 1 f に流動性を有するシールド接着剤 5 7 e を塗布する。そして第 2 シールド 4 2 の一面 4 2 a にシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c とシールド接着剤 5 7 e それぞれが接触するように、第 2 シールド 4 2 をセンサ筐体 5 0 に設ける。この後にシールド接着剤 5 7 e を室温まで降温して固化する。

40

【0233】

これにより下端面 5 1 f に設けられたシールド接着剤 5 7 e にも、第 1 電流センサ 1 1 の設けられる環境温度において、自身の中心へと凝縮する残留応力が発生する。この残留応力により、第 2 シールド 4 2 とシールド接着ピン 5 7 b とが互いに近づく状態となる。第 2 シールド 4 2 の一面 4 2 a とシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c との接触状態が維持される。

【0234】

この結果、第 2 シールド 4 2 のセンサ筐体 5 0 に対する位置ずれが、接着固定時に流動性を有するシールド接着剤 5 7 e の形状バラツキに依存しなくなる。第 2 シールド 4 2 の

50

センサ筐体 5 0 に対する位置ずれがセンサ筐体 5 0 の製造誤差になる。さらに言い換えれば、第 2 シールド 4 2 のセンサ筐体 5 0 に固定された配線基板 2 0 に対する位置ずれがセンサ筐体 5 0 の製造誤差になる。

【 0 2 3 5 】

本実施形態では 4 つのシールド支持ピン 5 7 a が下端面 5 1 f に形成されている。4 つのシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c は四角形の頂点を成している。これら 4 つのシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c を結んで成る四角形と狭窄部 3 1 a の中心点 C P とが z 方向で並んでいる。シールド接着剤 5 7 e は下端面 5 1 f におけるこの四角形と対向する領域に塗布される。

【 0 2 3 6 】

第 2 シールド 4 2 は上記の四角形と z 方向で対向する態様で、センサ筐体 5 0 に設けられる。この第 2 シールド 4 2 における四角形と対向する部位は、シールド支持ピン 5 7 a との接触、および、シールド接着剤 5 7 e を介した下端面 5 1 f との連結のため、四角形と対向しない部位よりも、センサ筐体 5 0 との接続が安定化している。

【 0 2 3 7 】

この第 2 シールド 4 2 におけるセンサ筐体 5 0 との接続が安定化している部位が、配線基板 2 0 の第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれと z 方向で並んでいる。具体的に言えば、第 2 シールド 4 2 の第 2 中央部 4 2 d が第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれと z 方向で並んでいる。

【 0 2 3 8 】

なお、下端面 5 1 f に形成されるシールド支持ピン 5 7 a の数としては 4 つに限定されない。シールド支持ピン 5 7 a の数としては 3 つ以上であれば適宜採用することができる。

【 0 2 3 9 】

シールド支持ピン 5 7 a の数が 3 つ以上の場合、第 2 シールド 4 2 におけるこれら 3 つ以上のシールド支持ピン 5 7 a の先端面 5 7 c を結んで成る多角形と z 方向で対向する領域が、第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれと z 方向で並ぶとよい。これにより第 2 シールド 4 2 の第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれに対する位置ずれが抑制される。

【 0 2 4 0 】

上記したように、第 2 シールド 4 2 の x 方向で並ぶ 2 つの端辺 4 2 f それぞれには、z 方向に延びる延設部 4 2 c が形成されている。下端面 5 1 f には、この延設部 4 2 c を設けるための 2 つの溝部 5 1 g が形成されている。

【 0 2 4 1 】

図 1 1 の (b) 欄、および、図 1 3 に示すように 2 つの溝部 5 1 g は上壁 5 4 c と下壁 5 4 d との間で x 方向に並んでいる。2 つの溝部 5 1 g はそれぞれ下端面 5 1 f から上端面 5 1 e に向かって z 方向に形成されている。2 つの溝部 5 1 g のうちの一方の一部が上壁 5 4 c によって構成されている。残り 1 つの溝部 5 1 g の一部が下壁 5 4 d によって構成されている。これら 2 つの溝部 5 1 g の間に被覆部 3 1 が位置する。したがって第 2 シールド 4 2 の 2 つの延設部 4 2 c の間に被覆部 3 1 が位置する。

【 0 2 4 2 】

< 支持ピンと接着ピンの長さ >

基部 5 1 の上端面 5 1 e は、上記の第 1 凸部 5 3 e を y 方向における境として、x 方向に並ぶ接続端子 6 0 の他端の露出される部位と狭窄部 3 1 a を被覆する部位とに区別することができる。この上端面 5 1 e における接続端子 6 0 の他端の露出される部位は、狭窄部 3 1 a を被覆する部位よりも、z 方向において下端面 5 1 f 側に位置している。したがって上端面 5 1 e における接続端子 6 0 の他端の露出される部位と配線基板 2 0 の対向面 2 0 a との z 方向の離間距離は、上端面 5 1 e における狭窄部 3 1 a を被覆する部位と配線基板 2 0 の対向面 2 0 a との z 方向の離間距離よりも長くなっている。これは、配線基板 2 0 の貫通孔 2 0 h に接続端子 6 0 の他端を挿入するための距離を確保するためである。

10

20

30

40

50

【0243】

このように上端面51eにおける接続端子60の他端の露出される部位と狭窄部31aを被覆する部位のz方向の位置が異なっている。これら2つの部位それぞれに基板支持ピン56aが形成されている。このように形成される上端面51eのz方向の位置が異なるにも関わらず、本実施形態では複数の基板支持ピン56aそれぞれの先端面56cのz方向の位置が同一となっている。そのために複数の基板支持ピン56aのz方向の長さは異なっている。

【0244】

複数の基板支持ピン56aのz方向の長さは、一律に図13に示す長さL1とはなっていない。この長さL1は、上端面51eにおける狭窄部31aを被覆する部位に形成された基板支持ピン56aのz方向の長さを示している。上端面51eにおける接続端子60の他端の露出される部位に形成された基板支持ピン56aのz方向の長さは、長さL1よりも、上記の2つに区分けられる上端面51eのz方向の位置の相違分だけ長くなっている。

10

【0245】

以上に示したように、形成される面のz方向の位置に応じて支持ピンのz方向の長さが相違してもよい。複数の基板支持ピン56aそれぞれの先端面56cのz方向の位置が同一であればよい。これは、複数のシールド支持ピン57aについても同様である。

【0246】

なお、センサ筐体50に配線基板20を搭載する際、基板接着ピン56bの先端面56dに流動性の基板接着剤56eが塗布される。基板接着剤56eはその流動性のためにz方向の形状が可変である。そのために複数の基板接着ピン56bそれぞれの先端面56dのz方向の位置は異なってもよい。これは、複数のシールド接着ピン57bについても同様である。

20

【0247】

<第2電流センサと第3電流センサ>

次に、第2電流センサ12を詳説する。なお第2電流センサ12と第3電流センサ13は実質的に構成が同一である。そのために第3電流センサ13の説明を省略する。

【0248】

また第2電流センサ12は第1電流センサ11と共通の構成要素を有する。したがって以下においては第1電流センサ11と同一の点についてはその説明を省略し、主として異なる点を説明する。

30

【0249】

上記したように第2電流センサ12は第1通電バスバー341と第2通電バスバー342に設けられる。これら第1通電バスバー341と第2通電バスバー342それぞれの電流を検出するために、第2電流センサ12は第1電流センサ11と同等の機能を有する2つの個別センサ71を有する。また第2電流センサ12はこれら2つの個別センサ71を収納する配線ケース72を有する。

【0250】

2つの個別センサ71のうち的一方によって第1通電バスバー341を流れる交流電流から発生される磁界が検出される。2つの個別センサ71のうち他方によって第2通電バスバー342を流れる交流電流から発生される磁界が検出される。

40

【0251】

図16に2つの個別センサ71を示す。このように2つの個別センサ71は同一の形状を成している。この個別センサ71と第1電流センサ11との構造上の相違は、導電バスバー30における通電バスバーとの連結部位、および、接続端子60を被覆するコネクタ部55の形状などである。すなわち、導電バスバー30の第1露出部32と第2露出部33の形状、および、囲み部55cの消失などである。

【0252】

このように個別センサ71と第1電流センサ11とに構造上の相違が生じるのは、両者

50

の接続対象が異なるからである。第1電流センサ11はコンバータ310の通電バスバー307に接続されるからである。第2電流センサ12は第1インバータ320の第1通電バスバー341と第2通電バスバー342に接続されるからである。ただし、個別センサ71と第1電流センサ11の内部構造は同一である。したがって個別センサ71は第1電流センサ11と同等の作用効果を奏するようになっている。

【0253】

複数の個別センサ71は図17に示す配線ケース72に収納される。図18に示すように複数の個別センサが一括して配線ケース72に収納可能となっている。図19に示すように複数の個別センサが配線ケース72に収納されることで第2電流センサ12が構成されている。

10

【0254】

なお、この配置構成の場合、個別センサ71それぞれの第1シールド41と第2シールド42はx方向に交互に並ぶ。個別センサ71の有する磁電変換部25の磁界の検知方向はz方向とy方向になる。

【0255】

また、これまでに示した図17～図19、および、以下に示す図面に示す配線ケース72それぞれには6個の個別センサ71が収納されている。この配線ケース72に収納される個別センサ71の数は一例に過ぎない。配線ケース72は少なくとも2つの個別センサ71を収納可能であればよい。

【0256】

また、第2電流センサ12の有する配線ケース72に、他の車載機器の電流を検出する電流センサが収納されてもよい。さらに言えば、第2電流センサ12と第3電流センサ13とが共通の配線ケース72を有し、この共通の配線ケース72に、第2電流センサ12と第3電流センサ13それぞれの有する個別センサ71が収納される構成を採用することもできる。

20

【0257】

<配線ケース>

図17に示すように配線ケース72は、統合筐体73、端子筐体74、および、通電端子75を有する。統合筐体73と端子筐体74は絶縁性の樹脂材料から成る。統合筐体73と端子筐体74は一体的に連結されている。図18および図19に示すように統合筐体73に複数の個別センサ71が収納される。したがって統合筐体73は個別センサ71のセンサ筐体50よりも体格が大きくなっている。端子筐体74に複数の通電端子75がインサート成形されている。図20～図23に示すように複数の通電端子75それぞれの一端と他端が端子筐体74の外に露出されている。

30

【0258】

図20の(a)欄は配線ケースの背面図を示している。図20の(b)欄は配線ケースの上面図を示している。図20の(c)欄は配線ケースの下面図を示している。図21の(a)欄は配線ケースの左側面図を示している。図21の(b)欄は配線ケースの上面図を示している。図21の(c)欄は配線ケースの右側面図を示している。なお、図20の(b)欄と図21の(b)欄には同一の図面を示している。

40

【0259】

図22の(a)欄は第2電流センサの正面図を示している。図22の(b)欄は第2電流センサの上面図を示している。図22の(c)欄は第2電流センサの下面図を示している。図23の(a)欄は第2電流センサの側面図を示している。図23の(b)欄は第2電流センサの上面図を示している。なお、図22の(b)欄と図23の(b)欄には同一の図面を示している。

【0260】

図20および図22それぞれの(c)欄に示すように配線ケース72は統合配線基板76を有する。この統合配線基板76に個別センサ71の接続端子60の一端が接続される。統合配線基板76に通電端子75の一端が接続される。これにより統合配線基板76の

50

配線パターンを介して個別センサ 7 1 と通電端子 7 5 とが電氣的に接続される。通電端子 7 5 の他端がワイヤハーネスなどを介して M G E C U 8 0 2 と電氣的に接続される。以上により、個別センサ 7 1 の出力が統合配線基板 7 6、通電端子 7 5、および、ワイヤハーネスを介して M G E C U 8 0 2 に入力される。統合配線基板 7 6 と通電端子 7 5 が入出力配線に相当する。

【 0 2 6 1 】

上記したように第 2 電流センサ 1 2 は第 1 通電バスバー 3 4 1 と第 2 通電バスバー 3 4 2 に設けられる。これら通電バスバーは第 1 インバータ 3 2 0 側と第 1 モータ 4 0 0 側とで分断されている。通電バスバーは第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 電流センサ 1 2 とを接続する部位と、第 2 電流センサ 1 2 と第 1 モータ 4 0 0 とを接続する部位と、を有する。

10

【 0 2 6 2 】

本実施形態の通電バスバーにおける第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 電流センサ 1 2 とを接続する部位は金属材料から成る導電プレートである。通電バスバーにおける第 2 電流センサ 1 2 と第 1 モータ 4 0 0 とを接続する部位はワイヤーである。以下においては、通電バスバーにおける第 1 インバータ 3 2 0 と第 2 電流センサ 1 2 とを接続する部位を単に導電プレートと示す。通電バスバーにおける第 2 電流センサ 1 2 と第 1 モータ 4 0 0 とを接続する部位を単にワイヤーと示す。

【 0 2 6 3 】

なお、通電バスバーの形態は、インバータとモータそれぞれの形状、および、これらの車載への搭載形態などに応じて適宜変更可能である。したがって通電バスバーの具体的な形態は上記例に限定されない。これら通電バスバーの形態に応じて、配線ケース 7 2 や個別センサ 7 1 の導電バスバー 3 0 それぞれの形態は適宜変更可能である。特に個別センサ 7 1 の導電バスバー 3 0 の形態に対しては、第 1 露出部 3 2 と第 2 露出部 3 3 それぞれの形状を変えるだけで対応可能である。そのために個別センサ 7 1 の内部形状は変更不要である。これにより個別センサ 7 1 の製造ラインを変更しなくともよくなっている。

20

【 0 2 6 4 】

図 2 0 および図 2 1 に示すように統合筐体 7 3 は底壁 7 7 と周壁 7 8 を有する。底壁 7 7 は z 方向に面している。底壁 7 7 の平面形状は x 方向を長手方向とする矩形を成している。

【 0 2 6 5 】

周壁 7 8 は底壁 7 7 の z 方向に面する内底面 7 7 a から z 方向に起立している。周壁 7 8 は x 方向に並ぶ左壁 7 8 a と右壁 7 8 b を有する。周壁 7 8 は y 方向に並ぶ上壁 7 8 c と下壁 7 8 d を有する。z 方向まわりの周方向で左壁 7 8 a、上壁 7 8 c、右壁 7 8 b、および、下壁 7 8 d が順に連結されている。これにより周壁 7 8 は z 方向に開口する筒形状を成している。底壁 7 7 と周壁 7 8 とによって構成される収納空間に、複数の個別センサ 7 1 が収納可能となっている。

30

【 0 2 6 6 】

図 1 8 に示すように個別センサ 7 1 は統合筐体 7 3 の収納空間に z 方向から挿入される。そして図 1 9 に示すように収納空間において複数の個別センサ 7 1 は x 方向に並んで設けられる。

40

【 0 2 6 7 】

複数の個別センサ 7 1 は第 1 電流センサ 1 1 と同様にして第 1 シールド 4 1 と第 2 シールド 4 2 を有する。これら第 1 シールド 4 1 と第 2 シールド 4 2 それぞれは x 方向で離間して対向している。したがって収納空間において、複数の個別センサの有する第 1 シールド 4 1 と第 2 シールド 4 2 とが交互に並んでいる。

【 0 2 6 8 】

図 1 6 に示すように個別センサ 7 1 のセンサ筐体 5 0 からは、第 1 露出部 3 2 と第 2 露出部 3 3 が y 方向に延びている。統合筐体 7 3 の上壁 7 8 c には、個別センサ 7 1 のセンサ筐体 5 0 を収納空間に収納しつつ、第 1 露出部 3 2 の先端を収納空間の外に配置するためのスリット 7 8 e が形成されている。スリット 7 8 e は上壁 7 8 c の先端面から底壁 7

50

7 に向かって、z 方向に沿って形成されている。

【0269】

個別センサ71が統合筐体73に収納されている状態において、個別センサ71の第1露出部32の先端がスリット78eを介して収納空間の外に位置している。この第1露出部32の先端が上記の導電プレートとレーザ溶接などによって電氣的に接続される。

【0270】

また統合筐体73の底壁77には導電端子79がインサート成形されている。図20および図21それぞれの(b)欄に示すように導電端子79の一部は底壁77の内底面77aから露出されている。

【0271】

個別センサ71が統合筐体73に収納されている状態において、個別センサ71の第2露出部33が導電端子79における内底面77aから露出された部位と対向配置される。この第2露出部33と導電端子79とがレーザ溶接などによって電氣的に接続される。

【0272】

また統合筐体73は複数の導電端子79を支持するための端子台80を有する。端子台80は下壁78dの底壁77側に一体的に形成されている。端子台80はx方向に延びる直方体形状を成している。複数の導電端子79はこの端子台80にもインサート成形されている。複数の導電端子79の一部がこの端子台80から露出されている。導電端子79における端子台80から露出した部位は端子台80から離れるようにz方向に延びている。導電端子79における端子台80から露出した部位は下壁78dとy方向で対向している。複数の導電端子79における端子台80から露出した部位はx方向に離間して並んでいる。

【0273】

この導電端子79における端子台80から露出された部位はy方向の厚さの薄い扁平形状を成している。導電端子79における端子台80から露出された部位はy方向に面する通電面79aとその裏面79bとを有する。導電端子79には通電面79aと裏面79bとをy方向に貫通するボルト孔79cが形成されている。

【0274】

また導電端子79の裏面79bにはy方向に開口するナット81が設けられている。このナット81の開口とボルト孔79cの開口とがy方向に並んでいる。

【0275】

導電端子79の通電面79aにワイヤーの端子が設けられる。このワイヤーの端子にもy方向に貫通するボルト孔が形成されている。導電端子79の通電面79aにワイヤーの端子におけるボルト孔の貫通する面を対向させる。この態様で両者のボルト孔に図示しないボルトの軸部を通す。そしてこのボルトの軸部の先端をナット81に締結する。ボルトの軸部の先端から頭部に向かうように、ナット81にボルトを締結する。ボルトの頭部とナット81とによって導電端子79とワイヤーの端子とを挟持する。これによりワイヤーの端子と導電端子79とを接触し、両者を電氣的および機械的に接続する。以上により、個別センサ71の第2露出部33とワイヤーの端子とが導電端子79を介して電氣的に接続される。

【0276】

個別センサ71のセンサ筐体50からは、接続端子60がz方向に延びている。統合筐体73の底壁77には、接続端子60の一端を収納空間の外に配置するための挿通孔が形成されている。この挿通孔は底壁77の内底面77aとその裏側の外底面77bとを貫通している。接続端子60の一端は挿通孔を介して外底面77bから離れる態様で収納空間の外に突出している。なお挿通孔は微小である。そのために挿通孔は図面に示されていない。

【0277】

端子筐体74は統合筐体73とx方向に並んでいる。端子筐体74は統合筐体73の左壁78aと一体的に連結されている。端子筐体74はz方向に延びている。端子筐体74

10

20

30

40

50

は z 方向に並ぶ上面 7 4 a と下面 7 4 b を有する。

【 0 2 7 8 】

この端子筐体 7 4 にインサート成形される複数の通電端子 7 5 は z 方向に延びている。通電端子 7 5 の一端が端子筐体 7 4 の下面 7 4 b から突出している。通電端子 7 5 の他端が端子筐体 7 4 の上面 7 4 a から突出している。

【 0 2 7 9 】

図 2 0 の (a) 欄および (c) 欄に示すように統合筐体 7 3 の底壁 7 7 の外底面 7 7 b と端子筐体 7 4 の下面 7 4 b は x 方向および y 方向において連続的に連なっている。この連続的に連なる外底面 7 7 b と下面 7 4 b に統合配線基板 7 6 が設けられる。

【 0 2 8 0 】

統合配線基板 7 6 は z 方向の厚さの薄い扁平形状を成している。統合配線基板 7 6 は z 方向に面する載置面 7 6 a と裏面 7 6 b を有する。統合配線基板 7 6 は、載置面 7 6 a が外底面 7 7 b と下面 7 4 b それぞれと z 方向で対向する態様で統合筐体 7 3 と端子筐体 7 4 に固定されている。

【 0 2 8 1 】

上記したように通電端子 7 5 の一端が下面 7 4 b から突出している。接続端子 6 0 の一端が外底面 7 7 b から突出している。これに対して統合配線基板 7 6 には通電端子 7 5 の一端の挿入される第 1 スルーホール 7 6 c が形成されている。統合配線基板 7 6 には接続端子 6 0 の一端の挿入される第 2 スルーホール 7 6 d が形成されている。これら第 1 スルーホール 7 6 c と第 2 スルーホール 7 6 d それぞれは統合配線基板 7 6 の載置面 7 6 a と裏面 7 6 b とを z 方向に貫通している。また統合配線基板 7 6 には第 1 スルーホール 7 6 c と第 2 スルーホール 7 6 d とを電氣的に接続する配線パターンが形成されている。

【 0 2 8 2 】

第 1 スルーホール 7 6 c に通電端子 7 5 の一端が挿入されるように、統合配線基板 7 6 を外底面 7 7 b と下面 7 4 b に設ける。そして第 1 スルーホール 7 6 c と通電端子 7 5 とをはんだなどを介して電氣的に接続する。

【 0 2 8 3 】

接続端子 6 0 の一端が底壁 7 7 の挿通孔と第 2 スルーホール 7 6 d に挿入されるように、個別センサ 7 1 を収納空間に設ける。そして第 2 スルーホール 7 6 d と接続端子 6 0 とをはんだなどを介して電氣的に接続する。以上により、個別センサ 7 1 の接続端子 6 0 は、第 2 スルーホール 7 6 d、統合配線基板 7 6 の配線パターン、および、第 1 スルーホール 7 6 c を介して通電端子 7 5 と電氣的に接続される。

【 0 2 8 4 】

配線ケース 7 2 は車両に搭載するための複数のフランジ 8 2 を有する。これら複数のフランジ 8 2 それぞれには第 2 電流センサ 1 2 を車両にボルト止めするためのボルト孔 8 2 a が形成されている。

【 0 2 8 5 】

本実施形態の配線ケース 7 2 は 3 つのフランジ 8 2 を有する。3 つのフランジ 8 2 のうちの 1 つが底壁 7 7 の右壁 7 8 b 側に形成されている。残り 2 つのフランジ 8 2 のうちの 1 つが端子筐体 7 4 の下壁 7 8 d 側に形成されている。このフランジ 8 2 は端子台 8 0 と一体的に連結されている。残り 1 つのフランジ 8 2 が端子筐体 7 4 における統合筐体 7 3 との連結部位とは反対側に形成されている。

【 0 2 8 6 】

以上により 3 つのフランジ 8 2 のうちの 2 つが統合筐体 7 3 と端子筐体 7 4 とを介して x 方向に並んでいる。残り 1 つのフランジ 8 2 が x 方向に並ぶ 2 つのフランジ 8 2 と y 方向に離間している。このように 3 つのフランジ 8 2 は三角形の頂点を成している。

【 0 2 8 7 】

上記したように接続端子 6 0 の一端が外底面 7 7 b から突出し、通電端子 7 5 の一端が下面 7 4 b から突出している。そして外底面 7 7 b と下面 7 4 b に統合配線基板 7 6 が設けられる。これら接続端子 6 0 の一端、通電端子 7 5 の一端、および、統合配線基板 7 6

10

20

30

40

50

それぞれの車両との接触を避けるために、3つのフランジ82それぞれはz方向に延びる脚部83を有する。この脚部83により、第2電流センサ12が車両に搭載されている状態において、接続端子60の一端、通電端子75の一端、および、統合配線基板76がz方向において車両と離間している。

【0288】

<電流センサの作用効果>

次に、本実施形態にかかる電流センサの作用効果を説明する。上記したように第1電流センサ11と、第2電流センサ12および第3電流センサ13の有する個別センサ71とは同等の構成を有している。そのために同等の作用効果を奏する。したがって、以下においては煩雑となることを避けるために第1電流センサ11と個別センサ71とを区別せずに、これらを単に電流センサと示す。以下に示す各種作用効果によって、被測定電流の検出精度の低下が抑制される。

10

【0289】

<シールドの磁気飽和>

上記したように第1シールド41の第1両端部41eは第1中央部41dよりもx方向の長さが短くなっている。そのために第1両端部41eには磁界が侵入しがたくなっている。第1両端部41eの有する2つの端部の一方から他方へと、第1中央部41dにおける第1両端部41eと直接連結されてy方向で並ぶ部位(並列部位)に磁界が透過することが抑制されている。この結果、第1中央部41dの並列部位の磁気飽和が抑制されている。第1中央部41dから電磁ノイズが漏れることが抑制されている。

20

【0290】

図24に、第1シールド41における磁界の透過によって磁気飽和しやすい領域を模式的にハッチングで示す。図24の(a)欄は比較構成としての切欠きのない第1シールドに生じる磁気飽和を示す模式図である。図24の(b)欄は本実施形態の第1シールド41の磁気飽和する領域を示す模式図である。図24に示す太い実線矢印は導電バスバー30を流れる電流を示す。

【0291】

この模式図に示すように、切欠きのない第1シールドでは均等に磁気飽和しやすくなっている。これに対して切欠き41cの形成された第1シールド41では、第1中央部41dの並列部位以外の領域で磁気飽和が生じたとしても、並列部位で磁気飽和することが抑制されている。

30

【0292】

図25に、シールドを透過する磁界分布のシミュレーション結果を示す。図25の(a)欄は図24に示すXXVa-XXVa線に沿う断面の磁界分布を示している。図25の(b)欄は図24に示すXXVb-XXVb線に沿う断面の磁界分布を示している。

【0293】

ただし、図25の(a)欄は第1シールド41と第2シールド42それぞれが矩形の場合のシミュレーション結果を示している。図25の(b)欄は第1シールド41と第2シールド42それぞれに切欠き41cが形成されている場合のシミュレーション結果を示している。そして磁界の強度をハッチングの粗密で示している。ハッチングが粗いほどに磁界の強度が弱く、ハッチングが密であるほどに磁界の強度が高くなっている。

40

【0294】

このシミュレーション結果からも明らかなように、切欠き41cがない場合、第1シールドと第2シールドそれぞれの磁界分布は一樣になる。そして第1シールドと第2シールドそれぞれの全体の磁界の強度が高くなる。これに対して、切欠き41cが形成されると、第1シールドと第2シールドそれぞれの全体の磁界の強度が低くなる。特に、第1中央部41dと第2中央部42dそれぞれの並列部位の磁界分布の強度が低くなる。このために磁気飽和によって第1中央部41dと第2中央部42dから電磁ノイズが漏れることが抑制されている。

【0295】

50

なお図 25 に示すように第 1 シールド 41 と第 2 シールド 42 それぞれの磁界分布の強度が相違している。この相違は、第 1 シールド 41 と第 2 シールド 42 それぞれの導電バスバー 30 との離間距離の相違に起因している。いずれの磁界分布も、並列部位では強度が低く、並列部位以外の領域では強度が高くなっている。

【0296】

この磁気飽和の抑制された第 1 中央部 41d の並列部位と、配線基板 20 に搭載された第 1 センシング部 21 および第 2 センシング部 22 とが z 方向で並んでいる。したがって、第 1 中央部 41d の磁気飽和によって漏れた電磁ノイズが第 1 センシング部 21 と第 2 センシング部 22 の磁電変換部 25 に入力されることが抑制される。

【0297】

<シールドの位置ずれ>

第 1 シールド 41 はシールド支持ピン 57a に搭載され、シールド接着剤 57e を介してシールド接着ピン 57b に固定されている。第 2 シールド 42 はシールド支持ピン 57a に搭載され、シールド接着剤 57e を介して基部 51 に固定されている。

【0298】

これにより第 1 シールド 41 と第 2 シールド 42 それぞれのセンサ筐体 50 に対する位置ずれが、接着固定時に流動性を有するシールド接着剤 57e の形状バラツキに依存しなくなる。第 1 シールド 41 と第 2 シールド 42 それぞれのセンサ筐体 50 に対する位置ずれがセンサ筐体 50 の製造誤差になる。第 1 シールド 41 と第 2 シールド 42 それぞれのセンサ筐体 50 に固定された配線基板 20 に対する位置ずれの要因を、センサ筐体 50 の製造誤差にすることができる。この結果、第 1 シールド 41 および第 2 シールド 42 による電磁ノイズの磁電変換部 25 への入力抑制の低下が抑制される。

【0299】

第 1 シールド 41 および第 2 シールド 42 それぞれをセンサ筐体 50 に接着固定する際のシールド接着剤 57e の温度は電流センサの設けられる環境温度よりも高めに設定される。このシールド接着剤 57e は室温まで降温されて固化する。そのためにシールド接着剤 57e には電流センサの設けられる環境温度において、自身の中心へと凝縮する残留応力が発生する。この残留応力により、第 1 シールド 41 とシールド支持ピン 57a との接触状態、および、第 2 シールド 42 とシールド支持ピン 57a との接触状態それぞれが維持される。

【0300】

これにより第 1 シールド 41 および第 2 シールド 42 それぞれのセンサ筐体 50 に対する z 方向の変位が抑制される。換言すれば、第 1 シールド 41 と第 2 シールド 42 それぞれのセンサ筐体 50 に固定された配線基板 20 に対する z 方向の変位が抑制される。これにより第 1 シールド 41 および第 2 シールド 42 による電磁ノイズの磁電変換部 25 への入力抑制の低下が抑制される。

【0301】

<配線基板の位置ずれ>

配線基板 20 は基板支持ピン 56a に搭載され、基板接着剤 56e を介して基板接着ピン 56b に固定されている。

【0302】

これにより配線基板 20 のセンサ筐体 50 に対する位置ずれが、接着固定時に流動性を有する基板接着剤 56e の形状バラツキに依存しなくなる。配線基板 20 のセンサ筐体 50 に対する位置ずれがセンサ筐体 50 の製造誤差になる。配線基板 20 のセンサ筐体 50 に固定された導電バスバー 30 に対する位置ずれの要因を、センサ筐体 50 の製造誤差にすることができる。この結果、配線基板 20 に搭載された磁電変換部 25 を透過する被測定磁界が変動することが抑制される。

【0303】

配線基板 20 をセンサ筐体 50 に接着固定する際の基板接着剤 56e の温度は電流センサの設けられる環境温度よりも高めに設定される。基板接着剤 56e は室温まで降温され

10

20

30

40

50

て固化する。そのために基板接着剤 5 6 e には電流センサの設けられる環境温度において、自身の中心へと凝縮する残留応力が発生する。この残留応力により、配線基板 2 0 と基板支持ピン 5 6 a との接触状態が維持される。

【 0 3 0 4 】

これにより配線基板 2 0 のセンサ筐体 5 0 に対する z 方向の変位が抑制される。換言すれば、配線基板 2 0 のセンサ筐体 5 0 に固定された導電バスバー 3 0 に対する z 方向の変位が抑制される。これにより配線基板 2 0 に搭載された磁電変換部 2 5 を透過する被測定磁界が変動することが抑制される。

【 0 3 0 5 】

< 配線基板の製造誤差 >

配線基板 2 0 における導電バスバー 3 0 との対向面 2 0 a に第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 が設けられている。これにより第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれの導電バスバー 3 0 との z 方向の離間距離が、配線基板 2 0 の z 方向の厚みに依存しなくなっている。配線基板 2 0 の z 方向の厚みの製造誤差によって、これらセンシング部と導電バスバー 3 0 との z 方向の離間距離が変動することが抑制されている。

【 0 3 0 6 】

< 配線ケースと個別センサの分離 >

絶縁性の樹脂材料から成る筐体に導電バスバーが固定される場合、筐体の製造誤差やクリープなどの経年劣化によって導電バスバーは筐体に対して位置ずれを起こす。その位置ずれは、筐体の体格が大きいくほどに大きくなる。

【 0 3 0 7 】

これに対して、上記したように第 2 電流センサ 1 2 と第 3 電流センサ 1 3 は、電流センサ (個別センサ 7 1) のセンサ筐体 5 0 よりも体格の大きい統合筐体 7 3 を有する。この統合筐体 7 3 に電流センサが収納される。そしてこの体格の大きい統合筐体 7 3 ではなく、センサ筐体 5 0 に導電バスバー 3 0 が固定されている。この導電バスバー 3 0 を流れる電流を磁電変換部 2 5 が検出する。

【 0 3 0 8 】

これによれば、上記の筐体の製造誤差やクリープなどの経年劣化によって、導電バスバー 3 0 と磁電変換部 2 5 との相対的な位置ズレが生じることが抑制される。

【 0 3 0 9 】

(第 2 実施形態)

次に、第 2 実施形態を図 2 6 および図 2 7 に基づいて説明する。以下に示す各実施形態にかかる電流センサは上記した実施形態によるものと共通点が多い。そのため以下においては共通部分の説明を省略し、異なる部分を重点的に説明する。また以下においては上記した実施形態で示した要素と同一の要素には同一の符号を付与する。

【 0 3 1 0 】

< 両端に延設部 >

第 1 実施形態では、第 2 シールド 4 2 の x 方向で並ぶ 2 つの端辺 4 2 f の第 2 中央部 4 2 d 側それぞれに z 方向に延びる延設部 4 2 c が形成された例を示した。これに対して本実施形態では、図 2 6 に示すように第 2 シールド 4 2 の 2 つの端辺 4 2 f の第 2 両端部 4 2 e 側それぞれに延設部 4 2 c が形成されている。図 2 6 の (a) 欄はシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための斜視図である。図 2 6 の (b) 欄はシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための側面図である。

【 0 3 1 1 】

この構成により、第 2 シールド 4 2 に侵入した磁界は、第 2 両端部 4 2 e 側に形成された延設部 4 2 c を介して第 1 シールド 4 1 へと透過しやすくなっている。この磁界の透過経路は、図 2 7 に模式的に示すように第 1 シールド 4 1 では第 1 両端部 4 1 e 側となる。同様にして、磁界の透過経路は第 2 シールド 4 2 の第 2 両端部 4 2 e 側となる。

【 0 3 1 2 】

なお、図 2 7 に示す太い実線矢印は導電バスバー 3 0 を流れる電流を示す。実線矢印は

10

20

30

40

50

第1シールド41を透過する磁界を示す。破線矢印は第2シールド42を透過する磁界を示す。丸の中心に点の付された記号は、z方向において、第2シールド42から第1シールド41へ向かう磁界を示す。丸の中にバツ印の付された記号は、z方向において、第1シールド41から第2シールド42へ向かう磁界を示す。

【0313】

したがって、第2シールド42に侵入した電磁ノイズは、第2中央部42dを介して第1シールド41へと流れがたくなる。同様にして、第1シールド41に侵入した電磁ノイズは、第1中央部41dを介して第2シールド42へと透過しがたくなる。

【0314】

そのために第2中央部42dと第1中央部41dそれぞれは磁気飽和しがたくなっている。この結果、第2中央部42dと第1中央部41dそれぞれから磁気飽和によって磁界が漏れることが抑制されている。

10

【0315】

また図26の(b)欄に明示するように、第1センシング部21と第2センシング部22それぞれの磁電変換部25はy方向において2つの延設部42cの間に位置する。すなわち、磁電変換部25はz方向において第2中央部42dと第1中央部41dの間に位置する。したがって第2中央部42dと第1中央部41dそれぞれの磁気飽和によって漏れた磁界が磁電変換部25に入力されることが抑制される。この結果、被測定電流の検出精度の低下が抑制される。

【0316】

20

本実施形態では第2シールド42の2つの端辺42fの第2両端部42e側それぞれに延設部42cが形成される例を示した。しかしながら例えば図28の(a)欄に示すように第2シールド42の2つの端辺42fの第2中央部42dにも延設部42cが形成された構成も採用することができる。ただし、この第2中央部42dに形成された延設部42cは、第2両端部42eに形成された延設部42cよりもz方向の長さが短くなっている。これにより、シールド40に侵入した磁界は中央部よりも端部を透過しやすくなる。

【0317】

また図28の(b)欄に示すように、2つの端辺42fのうちの一方の第2両端部42e側に延設部42cが形成され、他方の第2両端部42eと第2中央部42dそれぞれに延設部42cが形成された構成を採用することもできる。ただし、2つの端辺42fのうちの他方の第2両端部42eと第2中央部42dそれぞれに形成された延設部42cのz方向の長さは同一となっている。これによっても、シールド40に侵入した磁界は中央部よりも端部を透過しやすくなる。図28の(a)欄および(b)欄それぞれはシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための斜視図である。

30

【0318】

さらに図29の(a)欄に示すように、2つの端辺42fのうちの一方の第2両端部42eの有する2つの端部の一方側、および、他方の第2両端部42eの有する2つの端部の他方側それぞれに延設部42cが形成された構成を採用することもできる。2つの端辺42fのうちの一方に形成された延設部42cと、他方に形成された延設部42cはy方向およびx方向それぞれに離間している。

40

【0319】

第2シールド42だけでなく第1シールド41に延設部42cが形成された構成を採用することもできる。第1シールド41はx方向で並ぶ2つの対向辺41fを有する。例えば図29の(b)欄に示すように、この第1シールド41の2つの対向辺41fの第1両端部41e側それぞれに延設部42cが形成された構成を採用することができる。図29の(a)欄および(b)欄それぞれはシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための斜視図である。

【0320】

第1シールド41に形成することのできる延設部42cの形態は、これまでに示した第2シールド42に形成された延設部42cと同等の形態を採用することができる。第1シ

50

ールド 4 1 に形成された延設部 4 2 c が延長部に相当する。

【 0 3 2 1 】

なお本実施形態、および、以下に示す実施形態にかかる電流センサには、第 1 実施形態に記載の電流センサと同等の構成要素が含まれている。そのため同等の作用効果を奏することは言うまでもない。

【 0 3 2 2 】

(第 3 実施形態)

次に、第 3 実施形態を図 3 0 ~ 図 3 2 に基づいて説明する。

【 0 3 2 3 】

< 応力緩和部 >

本実施形態では第 1 電流センサ 1 1 の導電バスバー 3 0 に応力緩和部 3 4 が形成されている。この応力緩和部 3 4 は導電バスバー 3 0 の第 1 露出部 3 2 と第 2 露出部 3 3 それぞれに形成されている。

【 0 3 2 4 】

上記したように導電バスバー 3 0 はセンサ筐体 5 0 に被覆された被覆部 3 1 を有する。第 1 露出部 3 2 と第 2 露出部 3 3 それぞれはセンサ筐体 5 0 から露出され、被覆部 3 1 と一体的に連結されている。そして第 1 露出部 3 2 と第 2 露出部 3 3 それぞれにはボルトを通して通電バスバー 3 0 7 と電気的および機械的に接続するためのボルト孔 3 0 c が形成されている。応力緩和部 3 4 はこの第 1 露出部 3 2 および第 2 露出部 3 3 それぞれの被覆部 3 1 との連結部位と、ボルト孔 3 0 c の形成部位との間に形成されている。

【 0 3 2 5 】

図 3 1 に示すように応力緩和部 3 4 は導電バスバー 3 0 の裏面 3 0 b から表面 3 0 a に向かって局所的に湾曲してなる。この湾曲により、導電バスバー 3 0 に付与される z 方向の力に対して、応力緩和部 3 4 は撓んで弾性変形可能となっている。なお、図 3 1 においては応力緩和部 3 4 が一回波打つように湾曲しているが、この波打つ回数、および、その湾曲形態は上記例に限定されない。

【 0 3 2 6 】

上記したように導電バスバー 3 0 は通電バスバー 3 0 7 とボルト止めされる。本実施形態の通電バスバー 3 0 7 は、図 3 2 に示す第 1 端子台 3 0 7 a と第 2 端子台 3 0 7 b に相当する。導電バスバー 3 0 はこれら第 1 端子台 3 0 7 a と第 2 端子台 3 0 7 b にボルト止めされる。これにより第 1 端子台 3 0 7 a と第 2 端子台 3 0 7 b は通電バスバー 3 0 7 により架橋される。通電バスバー 3 0 7 を介して第 1 端子台 3 0 7 a と第 2 端子台 3 0 7 b が電気的に接続される。なお以下においては、図 3 2 に示すように、導電バスバー 3 0 のボルト孔 3 0 c に通されるボルトに 3 0 7 c の符号を付す。第 1 端子台 3 0 7 a と第 2 端子台 3 0 7 b は外部通電部に相当する。

【 0 3 2 7 】

第 1 端子台 3 0 7 a は z 方向に面する第 1 載置面 3 0 7 d を有する。同様にして第 2 端子台 3 0 7 b は z 方向に面する第 2 載置面 3 0 7 e を有する。これら第 1 載置面 3 0 7 d と第 2 載置面 3 0 7 e には、ボルト 3 0 7 c の軸部を締結するための締結孔 3 0 7 f が形成されている。締結孔 3 0 7 f は第 1 載置面 3 0 7 d と第 2 載置面 3 0 7 e に開口している。締結孔 3 0 7 f は z 方向に延びている。図 3 2 の (a) 欄は、第 1 載置面と第 2 載置面の z 方向の位置が一致している場合を示している。図 3 2 の (b) 欄は、第 1 載置面と第 2 載置面の z 方向の位置が一致していない場合を示している。

【 0 3 2 8 】

第 1 載置面 3 0 7 d に第 1 露出部 3 2 の裏面 3 0 b が z 方向で対向する。第 2 載置面 3 0 7 e に第 2 露出部 3 3 の裏面 3 0 b が z 方向で対向する。この態様で、第 1 端子台 3 0 7 a と第 2 端子台 3 0 7 b に第 1 電流センサ 1 1 が設けられる。

【 0 3 2 9 】

図 3 2 の (a) 欄に示すように第 1 載置面 3 0 7 d と第 2 載置面 3 0 7 e の z 方向の位置が一致している場合、第 1 載置面 3 0 7 d に第 1 露出部 3 2 の裏面 3 0 b が接触すると

10

20

30

40

50

ともに、第2載置面307eに第2露出部33の裏面30bが接触する。この接触状態で、導電バスバー30のボルト孔30cと端子台の締結孔307fにボルト307cの軸部の先端がz方向から挿入される。そしてボルト307cの頭部が第1載置面307d(第2載置面307e)に近づくように、ボルト307cが端子台に締結される。ボルト307cの頭部と端子台とによって第1露出部32と第2露出部33が挟持される。これにより第1電流センサ11が端子台に機械的および電氣的に接続される。

【0330】

これに対して、図32の(b)欄に示すように第1載置面307dと第2載置面307eのz方向の位置が一致していない場合、第1載置面307dに第1露出部32の裏面30bが接触する際、第2載置面307eに第2露出部33の裏面30bが接触しない。第2載置面307eと第2露出部33の裏面30bとがz方向で離間し、両者の間に隙間が形成される。

10

【0331】

この離間状態でボルト孔30cと締結孔307fにボルト307cの軸部が通され、ボルト307cの頭部が第2露出部33の表面30aに接触すると、第2露出部33にz方向に向かう力が作用する。

【0332】

上記したように、磁電変換部25を透過する被測定磁界の強度を強めるために、被覆部31には局所的にx方向の長さの短い狭窄部31aが形成されている。狭窄部31aはx方向の長さが短いために他の部位よりも剛性が低くなっている。そのために狭窄部31aは変形しやすくなっている。

20

【0333】

したがって上記のようにボルト307cの締結時のz方向に向かう力が第2露出部33に作用すると、それによって狭窄部31aが変形する虞がある。狭窄部31aのセンサ筐体50内での位置が変位する虞がある。もちろん、被覆部31に狭窄部31aが形成されていなくとも、被覆部31のセンサ筐体50内での位置が変位する虞がある。これによって磁電変換部25を透過する被測定磁界の分布が変化する虞がある。

【0334】

これに対して、上記したように第1露出部32と第2露出部33それぞれには応力緩和部34が形成されている。したがって上記した第1載置面307dと第2載置面307eのz方向の位置の相違により、第2載置面307eと第2露出部33の裏面30bとの間に空隙があったとしても、ボルト307cのz方向に向かう力に応じて応力緩和部34が弾性変形する。これにより狭窄部31aの変形が抑制される。狭窄部31aのセンサ筐体50内での位置の変位が抑制される。この結果、磁電変換部25を透過する被測定磁界の分布の変化が抑制される。被測定電流の検出精度の低下が抑制される。

30

【0335】

なお、応力緩和部34の表面30aと裏面30bとの間の長さ(厚さ)は、被覆部31、第1露出部32、および、第2露出部33それぞれの厚さと相等しくなっている。これにより、例えば応力緩和部の厚さが被覆部や露出部に比べて局所的に薄い構成とは異なり、電流の通電によって、応力緩和部34が局所的に発熱することが抑制される。この結果、導電バスバー30の寿命の低下が抑制される。

40

【0336】

(第4実施形態)

次に、第4実施形態を図33~図35に基づいて説明する。図33の(a)欄は導電バスバーの上面図を示している。図33の(b)欄は導電バスバーの側面図を示している。図34の(a)欄は第1センシング部21と第2センシング部22それぞれの磁電変換部25を搭載する配線基板20と導電バスバー30の位置を示している。図34の(b)欄は配線基板20の導電バスバー30に対する変位を示している。図34の(c)欄は第1センシング部21と第2センシング部22それぞれの磁電変換部25を透過する磁界を示している。

50

【 0 3 3 7 】

< 差分キャンセル >

第 1 実施形態では第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれの磁電変換部 2 5 が y 方向に並ぶ例を示した。これに対して本実施形態では図 3 3 に破線で示すように第 1 センシング部 2 1 と第 2 センシング部 2 2 それぞれの磁電変換部 2 5 は x 方向に並んでいる。第 1 センシング部 2 1 の磁電変換部 2 5 が第 1 磁電変換部に相当する。第 2 センシング部 2 2 の磁電変換部 2 5 が第 2 磁電変換部に相当する。

【 0 3 3 8 】

2 つの磁電変換部 2 5 は対称軸 A S を介して対称配置されている。2 つの磁電変換部 2 5 の y 方向の位置と対称軸 A S (中心点 C P) の y 方向の位置とが同一になっている。したがって 2 つの磁電変換部 2 5 は中心点 C P を介して x 方向に並んでいる。

10

【 0 3 3 9 】

また 2 つの磁電変換部 2 5 と被覆部 3 1 との z 方向の離間距離は同一となっている。そして被覆部 3 1 および狭窄部 3 1 a は対称軸 A S を介して線対称な形状となっている。以上により、2 つの磁電変換部 2 5 には、z 方向の成分は異なるものの、x 方向の成分の同等な被測定磁界が透過する。そのために 2 つの磁電変換部 2 5 から出力される電気信号の絶対値は同等になる。

【 0 3 4 0 】

上記したように被覆部 3 1 はセンサ筐体 5 0 の基部 5 1 に被覆されている。そして 2 つの磁電変換部 2 5 を搭載する配線基板 2 0 はセンサ筐体 5 0 に形成された基板支持ピン 5 6 a に搭載されている。したがって配線基板 2 0 の z 方向の変位が基板支持ピン 5 6 a によって規制されている。

20

【 0 3 4 1 】

しかしながら配線基板 2 0 は基板接着剤 5 6 e を介して基板接着ピン 5 6 b に固定されている。基板接着剤 5 6 e は環境温度の変化によって膨張したりクリーブなどの経年劣化をしたりする。このために配線基板 2 0 は被覆部 3 1 に対して x 方向と y 方向とに相対的に変位する虞がある。

【 0 3 4 2 】

配線基板 2 0 が y 方向に変位した場合、上記の 2 つの磁電変換部 2 5 の x 方向での対称配置により、両者を透過する被測定磁界の x 方向の成分は変化しない。しかしながら図 3 4 に示すように配線基板 2 0 が x 方向に変位すると、両者を透過する被測定磁界の x 方向の成分が変化する。この結果、2 つの磁電変換部 2 5 から出力される電気信号の絶対値が同等ではなくなる。

30

【 0 3 4 3 】

図 3 4 に示す破線は 2 つの磁電変換部 2 5 の導電バスバー 3 0 に対する配置位置を示している。一点鎖線は導電バスバー 3 0 の中心点 C P を通る対称軸 A S を示している。二点鎖線は 2 つの磁電変換部 2 5 が導電バスバー 3 0 に対して変位した位置を示している。白抜き矢印は 2 つの磁電変換部 2 5 を搭載する配線基板 2 0 の基板接着剤 5 6 e による導電バスバー 3 0 に対する変位方向を示している。図 3 4 の (a) 欄と (b) 欄に示す実線矢印は磁電変換部 2 5 を通る磁界を示している。図 3 4 の (c) 欄に示す実線矢印は磁電変換部 2 5 を透過する磁界の変化方向を示している。

40

【 0 3 4 4 】

ただし、上記したように 2 つの磁電変換部 2 5 はともに配線基板 2 0 に搭載されている。そのため、上記したように基板接着剤 5 6 e の変形によって配線基板 2 0 と被覆部 3 1 との x 方向の相対位置が変化したとしても、配線基板 2 0 に搭載されている 2 つの磁電変換部 2 5 の相対距離は変化しない。したがって、基板接着剤 5 6 e の変形によって配線基板 2 0 と被覆部 3 1 との相対位置が x 方向に変化した場合、2 つの磁電変換部 2 5 の一方は対称軸 A S に近づき、他方は対称軸 A S から遠ざかる。その遠近距離は同等である。図 3 4 の (b) 欄ではこの遠近距離を で示している。

【 0 3 4 5 】

50

そのために図34の(c)欄に示すように2つの磁電変換部25の一方を透過する被測定磁界が減少し、他方を透過する被測定磁界が増大する。2つの磁電変換部25を透過する被測定磁界の減少量と増大量は同等となることが期待される。図34の(b)欄ではこの被測定磁界の変化量を B と示している。

【0346】

そこで、本実施形態では2つの磁電変換部25の出力する電気信号の極性を反転している。このように極性を反転するには、例えば図35に示すように第1磁気抵抗効果素子25aと第2磁気抵抗効果素子25bの配置を2つの磁電変換部25で逆転させることで実現される。若しくは、より単純に、図7に示す差動アンプ25cの反転入力端子と非反転入力端子を第1センシング部21と第2センシング部22とで逆転させることで2つの電気信号の極性を反転することができる。

10

【0347】

以上により、2つの磁電変換部25からは、増大量と減少量の絶対値が等しく、なおかつ極性の異なる電気信号が出力される。電池ECU801に第1電流センサ11で生成された2つの電気信号が電池ECU801に入力される。MGECU802に第2電流センサ12および第3電流センサ13それぞれで生成された2つの電気信号が入力される。

【0348】

電池ECU801とMGECU802は2つの電気信号の差分をとる。この差分処理は、変位のない場合に2つの磁電変換部25から出力される電気信号の絶対値を B 、変位による電気信号の変化量の絶対値を B とすると、 $B + B - (- (B - B)) = 2B$ と表すことができる。若しくは、 $B - B - (- (B + B)) = 2B$ と表すことができる。プラスが第1極性と第2極性の一方に相当し、マイナスが第1極性と第2極性の他方に相当する。

20

【0349】

このように差分処理を行うことで、上記の基板接着剤56eの変形に起因する配線基板20と被覆部31との相対位置の変化に起因する電気信号の減少と増大がキャンセルされる。電池ECU801とMGECU802が差分部に相当する。

【0350】

なお、例えば図36に示すように2つの磁電変換部25の出力の差分を取る差分回路29が配線基板20に搭載された構成を採用することもできる。差分回路29の反転入力端子と非反転入力端子に第1出力配線20dと第2出力配線20eが接続される。この場合、差分回路29が差分部に相当する。

30

【0351】

上記した配線基板20と被覆部31とのx方向の相対位置の変化は、上記した基板接着剤56eの変形だけではなく、例えば車両に作用する外部応力やエンジン600などの駆動による振動によっても起こり得る。しかしながら例えこれらによって配線基板20と被覆部31とのx方向の相対位置が変化したとしても、上記したように2つの磁電変換部25から出力される2つの電気信号の差分をとる。こうすることで配線基板20と被覆部31との相対位置の変化による電気信号の減少と増大がキャンセルされる。以上により、被測定磁界の検出精度が低下することが抑制される。

40

【0352】

(第5実施形態)

次に、第5実施形態を図37および図38に基づいて説明する。

【0353】

<透磁率の異方性>

第1実施形態では第1シールド41と第2シールド42それぞれを軟磁性材料から成る複数の平板を圧着することで製造する例を示した。これに対して本実施形態では第1シールド41と第2シールド42それぞれを、電磁鋼を圧延することで製造している。

【0354】

第1実施形態で説明したように電磁鋼の圧延方向を特定することで、シールドの透磁率

50

に異方性を持たせることができる。本実施形態では、第1シールド41と第2シールド42の圧延方向をz方向に沿わせている。これにより第1シールド41と第2シールド42の透磁率に異方性を持たせている。なお、第1シールド41と第2シールド42の製造方法は上記例に限定されず、そもそも透磁率に異方性を有する材料によって製造してもよい。また、第1シールド41と第2シールド42の一方に透磁率の異方性を持たせてもよい。

【0355】

図37に示すように第2電流センサ12および第3電流センサ13それぞれでは、個別センサ71がx方向に並べて配置される。個別センサ71それぞれの第1シールド41と第2シールド42がx方向に交互に並ぶ構成となる。この構成においては、個別センサ71の有する磁電変換部25の磁界の検知方向はz方向とy方向になる。なおこの構成においては、x方向に並ぶ2つの個別センサ71のうち一方の有する第1シールド41と、他方の有する第2シールド42とを一つにまとめた構成を採用することもできる。

10

【0356】

このように複数の個別センサ71がx方向に並ぶ構成においては、ある個別センサ71の導電バスバー30から発せられる被測定磁界が、他の個別センサ71にとっては外部ノイズになる。この外部ノイズは導電バスバー30を中心として、x方向とz方向とによって規定される平面で環状に形成される。したがって外部ノイズはx方向とz方向に沿う成分を有する。このようにx方向とz方向に沿う外部ノイズが個別センサ71を透過しやすい環境になっている。

【0357】

20

図37では2つの個別センサ71を示している。この2つの個別センサ71のうち導電バスバー30に丸の中にバツ印の付されているほうに被測定電流が流れている。ここから被測定磁界が発せられている。隣の個別センサ71にとっては、この丸の中にバツ印の付されている導電バスバー30から発せられる被測定磁界が電磁ノイズになっている。図37では磁界を矢印で示している。

【0358】

上記したように第1シールド41と第2シールド42それぞれはz方向に異方性を有する。したがって第1シールド41と第2シールド42それぞれには外部ノイズのz方向に沿う成分が侵入しようとする。これに対して、外部ノイズのx方向に沿う成分は第1シールド41と第2シールド42の異方性に依存しなくなる。そのためにこのx方向に沿う成分は磁電変換部25を透過しようとする。

30

【0359】

例えば図37において破線矢印で示す磁界が磁電変換部25を通ろうとする場合、この磁界のz方向に沿う成分が第1シールド41と第2シールド42それぞれを積極的に通ろうとする。しかしながらこの磁界のx方向の成分は多少残る。そのためにこの磁界のx方向の成分は磁電変換部25を透過しようとする。

【0360】

これに対して磁電変換部25の被測定磁界の検知方向はz方向とy方向である。磁電変換部25はx方向の磁界を検知しない。したがって上記した電磁ノイズのx方向の成分が磁電変換部25を透過したとしても、それによって被測定磁界の検出精度が低下することが抑制される。

40

【0361】

個別センサ71の並び構成としては上記例に限定されない。例えば図38に示すように個別センサ71がx方向に並べて配置される構成も考えられる。この構成においては、個別センサ71の第1シールド41同士、第2シールド42同士、および、磁電変換部25同士がx方向に並ぶ。個別センサ71の有する磁電変換部25の磁界の検知方向はx方向とy方向になる。この構成においては、x方向に並ぶ複数の個別センサ71それぞれの有する第1シールド41を一つにまとめた構成を採用することもできる。同様にして、複数の個別センサ71それぞれの有する第2シールド42を一つにまとめた構成を採用することもできる。

50

【0362】

図38においても2つの個別センサ71を示している。2つの個別センサ71のうちの導電バスバー30に丸の中にバツ印の付されているほうに被測定電流が流れている。図38においても磁界を矢印で示している。磁界はx方向とz方向に沿う成分を有する。そのためにx方向とz方向に沿う外部ノイズが個別センサ71を透過しやすい環境になっている。

【0363】

この構成においては、第1シールド41と第2シールド42の透磁率をy方向よりもx方向に高めている。したがって第1シールド41と第2シールド42それぞれには外部ノイズのx方向に沿う成分が侵入しようとする。これに対して、外部ノイズのz方向に沿う成分は第1シールド41と第2シールド42の異方性に依存しなくなる。そのためにこのz方向に沿う成分は磁電変換部25を透過しようとする。

10

【0364】

例えば図38において破線矢印で示す磁界が磁電変換部25を通ろうとする場合、この磁界のx方向に沿う成分が第1シールド41と第2シールド42それぞれを積極的に通ろうとする。しかしながらこの磁界のz方向の成分は多少残る。そのためにこの磁界のz方向の成分は磁電変換部25を透過しようとする。

【0365】

これに対して磁電変換部25の被測定磁界の検知方向はx方向とy方向である。磁電変換部25はz方向の磁界を検知しない。したがって上記した電磁ノイズのz方向の成分が磁電変換部25を透過したとしても、それによって被測定磁界の検出精度が低下することが抑制される。

20

【0366】

以上、本開示物の好ましい実施形態について説明したが、本開示物は上記した実施形態になんら制限されることなく、本開示物の主旨を逸脱しない範囲において、種々変形して実施することが可能である。

【0367】

(第1の変形例)

第1実施形態では第1シールド41の四隅に切欠き41cが形成された例を示した。これにより第1シールド41の第1両端部41eは第1中央部41dよりもx方向の長さが短い例を示した。そして第2シールド42に延設部42cが形成された例を示した。

30

【0368】

これに対して図39に示すように第1シールド41と第2シールド42それぞれの四隅に切欠き41cの形成された構成を採用することもできる。これにより第2両端部42eは第2中央部42dよりもx方向の長さが短くなっている。図39の(b)欄に示すように第1中央部41dと第2中央部42dとの間に、配線基板20に搭載された第1センシング部21および第2センシング部22の磁電変換部25が位置している。図39の(a)欄はシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための斜視図である。図39の(b)欄はシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための側面図である。

40

【0369】

また図40の(a)欄に示すように第2シールド42に延設部42cおよび切欠き41cが形成されなくともよい。図40の(b)欄に示すように、第1シールド41の四隅のうち2つに切欠き41cが形成された構成を採用することもできる。なお図40の(b)欄では2つの切欠き41cがx方向に並んでいる。図40の(a)欄および(b)欄それぞれはシールド、磁電変換部、および、導電バスバーの配置を説明するための斜視図である。以上に示したように、第1シールド41の第1両端部41eが第1中央部41dよりもx方向の長さが短ければよく、切欠き41cの形成位置は特に限定されない。

【0370】

(第2の変形例)

50

第1実施形態では統合筐体73が底壁77と周壁78を有し、これらによって構成される収納空間に複数の個別センサ71が収納される例を示した。しかしながら図41～図43に示すように統合筐体73は周壁78を有さなくともよい。この場合、個別センサ71は底壁77に対して90°回転して設けられる。それによって、個別センサ71の導電バスバー30の表面30aと裏面30bそれぞれはz方向に面する。第1シールド41の一面41aと裏面41bそれぞれはz方向に面する。同様に第2シールド42の一面42aと裏面42bそれぞれもz方向に面する。個別センサ71の磁電変換部25の検知方向はx方向とy方向になる。

【0371】

これにより、図38に示したように複数の個別センサ71それぞれの第1シールド41がx方向に並ぶ構成となる。複数の個別センサ71それぞれの第2シールド42がx方向に並ぶ構成となる。複数の個別センサ71それぞれの磁電変換部25がx方向に並ぶ構成となる。

10

【0372】

なお図42の(a)欄は第2電流センサの上面図を示している。図42の(b)欄は第2電流センサの正面図を示している。図42の(c)欄は第2電流センサの下面図を示している。図43の(a)欄は第2電流センサの側面図を示している。図43の(b)欄は第2電流センサの正面図を示している。図42の(b)欄と図43の(b)欄には同一の図面を示している。

【0373】

本変形例では、端子台80に個別センサ71と同数のz方向に沿うボルト孔が形成されている。個別センサ71の第2露出部33にボルト孔30cが形成されている。この端子台80のボルト孔と第2露出部33のボルト孔30c、および、ワイヤーの端子に形成されたボルト孔にボルトが通される。そしてそのボルトの先端にナットが締結される。ボルトの軸部の先端から頭部に向かうように、ナットをボルトに締結する。ボルトの頭部と端子台80とによって第2露出部33とワイヤーの端子とを挟持する。これにより第2露出部33とワイヤーの端子とが接触し、両者が電気的および機械的に接続される。

20

【0374】

(第3の変形例)

第1実施形態で示したように第1電流センサ11のセンサ筐体50にリブ52aが形成されている。これと同様に、図44に示すように個別センサ71のセンサ筐体50にリブ52aを形成してもよい。そして統合筐体73の底壁77に、個別センサ71を配線ケース72に挿入する際のガイド部72aが形成されてもよい。ガイド部72aはリブ52aと相似形状の中空を有する溝を構成している。ガイド部72aはz方向に開口している。この開口を介して、ガイド部72aの中空へとリブ52aを通す。これにより個別センサ71の統合筐体73への組み付けが容易となる。なお図44に示す変形例では、個別センサ71における接続端子60の先端の突出する端部を設けるための溝77cが底壁77に形成されている。

30

【0375】

(第4の変形例)

図45の(a)欄に模式的に示すように、各実施形態ではモータのU相ステータコイルとV相ステータコイルに個別センサ71が設けられる例を示した。これら個別センサ71が第1センシング部21と第2センシング部22を有する例を示した。

40

【0376】

しかしながら図45の(b)欄に模式的に示すように、モータのU相ステータコイル、V相ステータコイル、および、W相ステータコイルそれぞれに個別センサ71が設けられた構成を採用することもできる。これら個別センサ71は第1センシング部21だけを有する構成を採用することができる。

【0377】

上記したように3相のステータコイルのうちの2つに流れる電流に基づいて残り1つの

50

電流を検出することができる。したがって3相のステータコイルに設けられた3つの個別センサ71の第1センシング部21のうちの2つの出力に基づいて残り1つのステータコイルの電流を検出することができる。また、この残り1つのステータコイルに設けられた個別センサ71の第1センシング部21によって、残り1つのステータコイルの電流を検出することができる。これら2つの検出した電流を比較することで、いずれか一方に異常が生じているか否かを判定することができる。

【0378】

(その他の変形例)

各実施形態では、ハイブリッドシステムを構成する車載システム100に電流センサが適用される例を示した。しかしながら電流センサの適用される車載システムは上記例に限定されない。例えば電流センサは電気自動車やエンジン自動車の車載システムに適用されてもよい。電流センサの適用されるシステムに関しては特に限定されない。

【符号の説明】

【0379】

11...第1電流センサ、12...第2電流センサ、13...第3電流センサ、20...配線基板、20a...対向面、20b...背面、21...第1センシング部、22...第2センシング部、25...磁電変換部、29...差分回路、30...導電バスバー、30a...表面、30b...裏面、30c...ボルト孔、31...被覆部、31a...狭窄部、32...第1露出部、33...第2露出部、34...応力緩和部、40...シールド、41...第1シールド、41a...一面、41c...切欠き、41d...第1中央部、41e...第1両端部、41f...対向辺、42...第2シールド、42a...一面、42c...延設部、42d...第2中央部、42e...第2両端部、42f...端辺、50...センサ筐体、51...基部、51f...下端面、56a...基板支持ピン、56b...基板接着ピン、56c...先端面、56d...先端面、56e...基板接着剤、57a...シールド支持ピン、57b...シールド接着ピン、57c...先端面、57d...先端面、57e...シールド接着剤、71...個別センサ、72...配線ケース、73...統合筐体、75...通電端子、76...統合配線基板、100...車載システム、307...通電バスバー、307a...第1端子台、307b...第2端子台、341...第1通電バスバー、342...第2通電バスバー、343...第3通電バスバー、344...第4通電バスバー、345...第5通電バスバー、346...第6通電バスバー、801...電池ECU、802...MGECU、AS...対称軸、CP...中心点

10

20

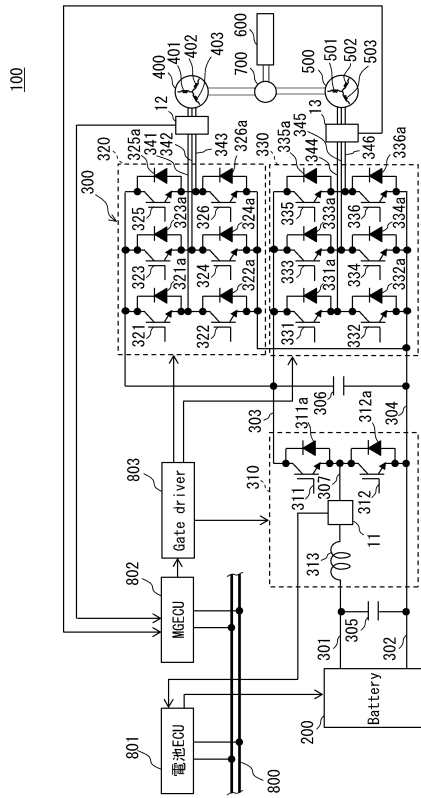
30

40

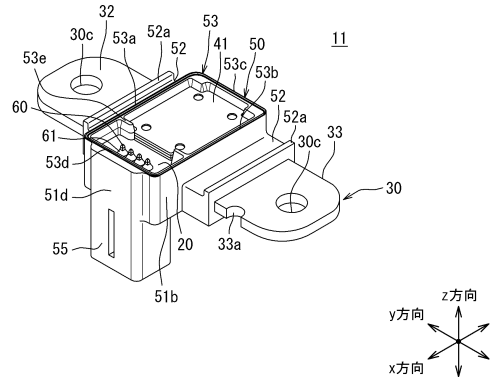
50

【図面】

【図 1】



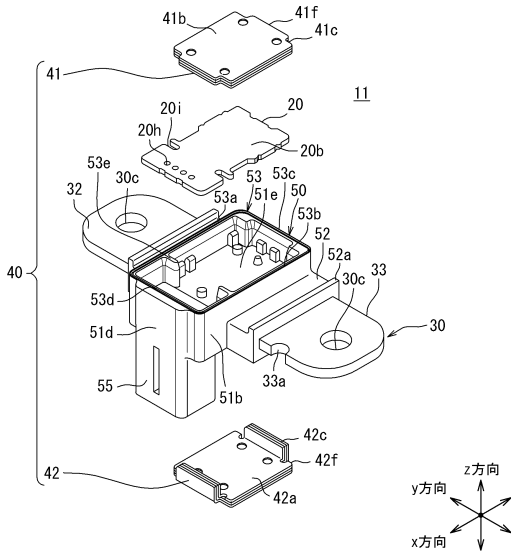
【図 2】



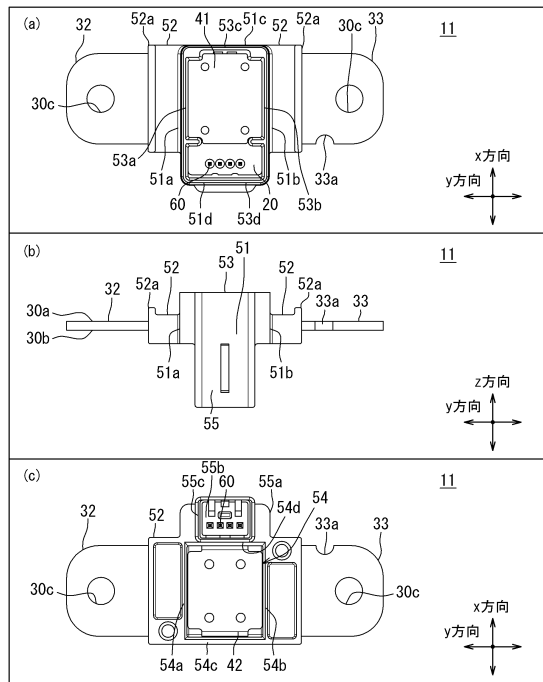
10

20

【図 3】



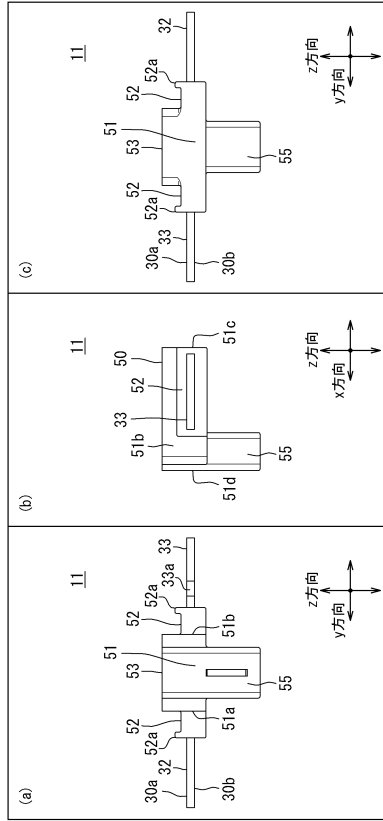
【図 4】



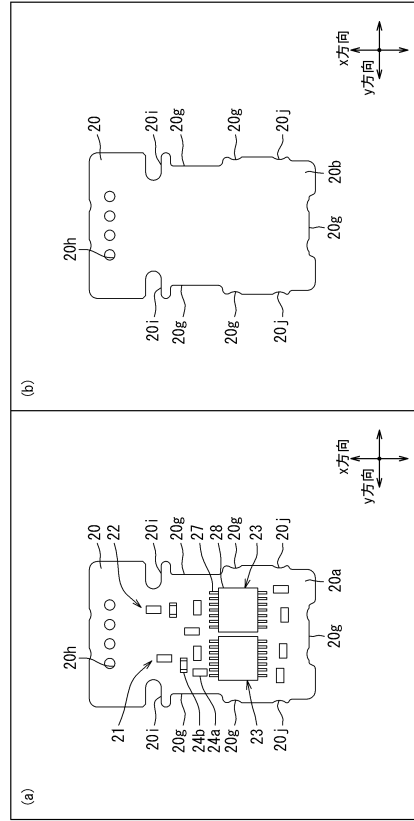
30

40

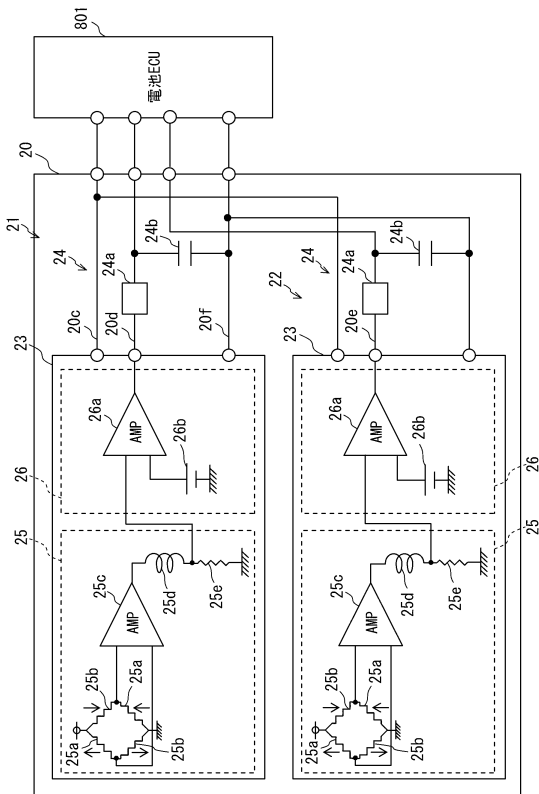
【図 5】



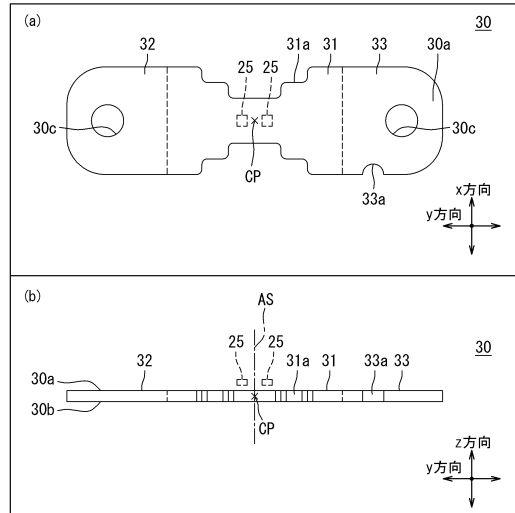
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

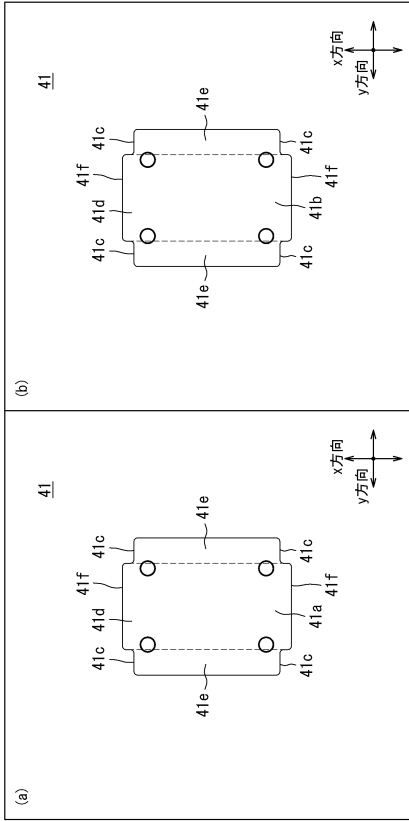
20

30

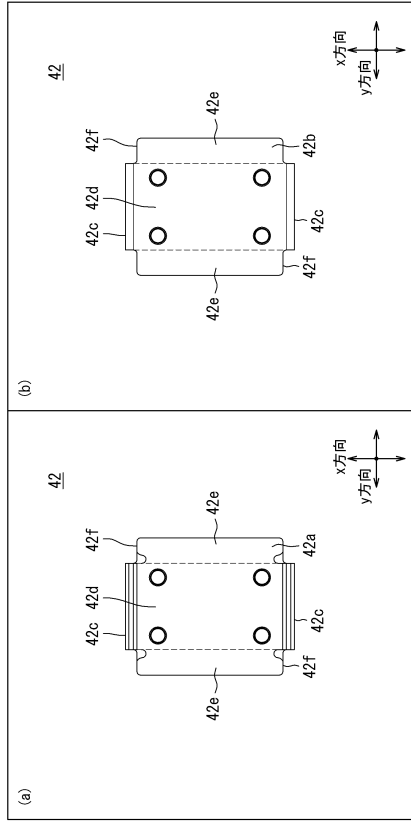
40

50

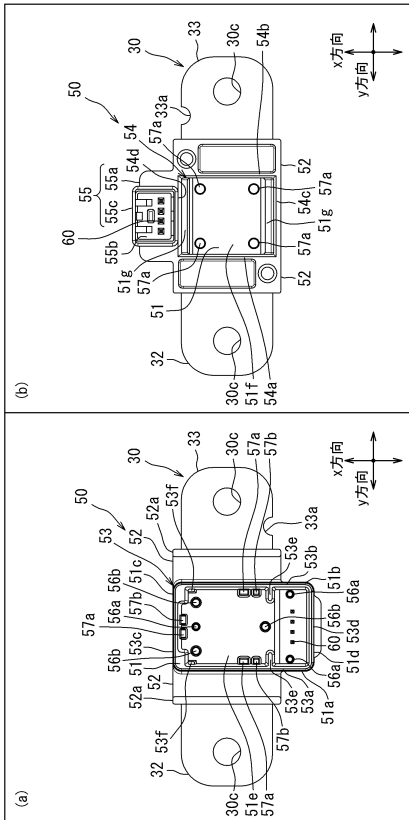
【図 9】



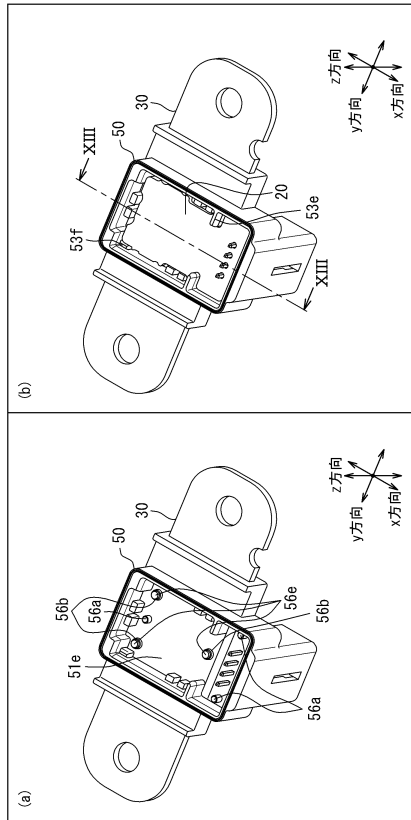
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

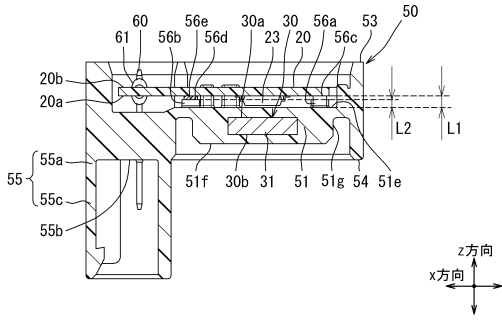
20

30

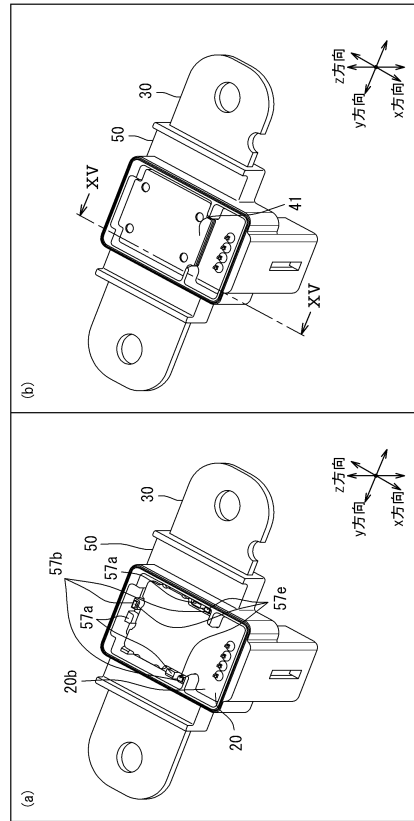
40

50

【 図 1 3 】



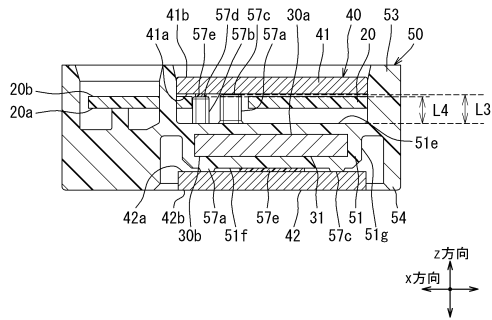
【 図 1 4 】



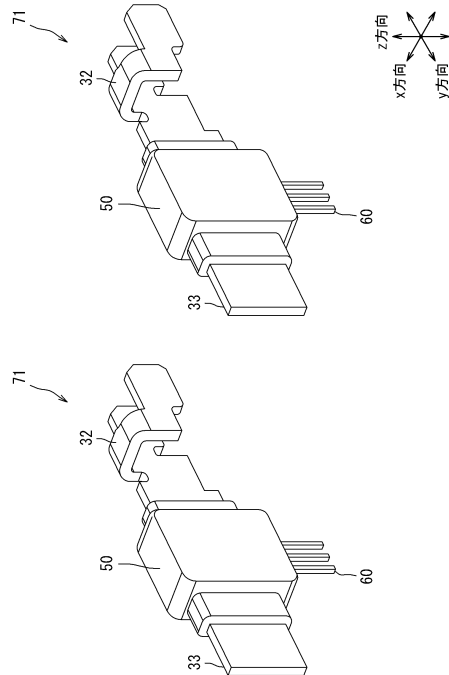
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

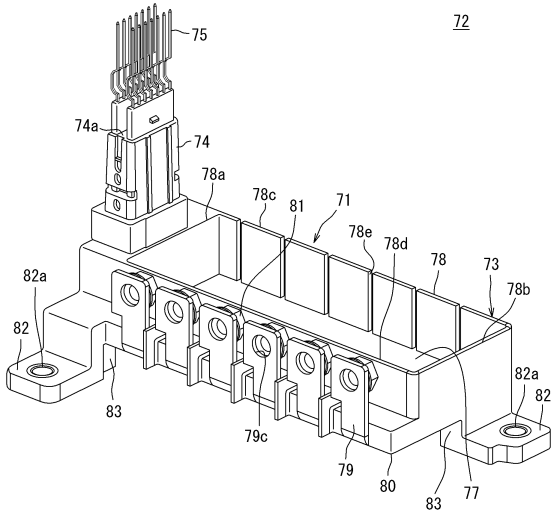


30

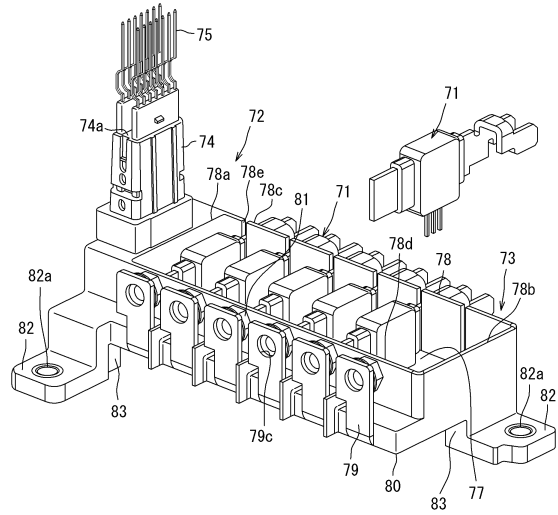
40

50

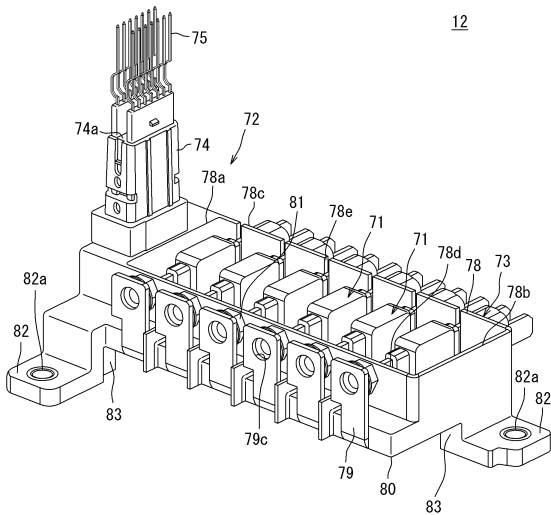
【 図 1 7 】



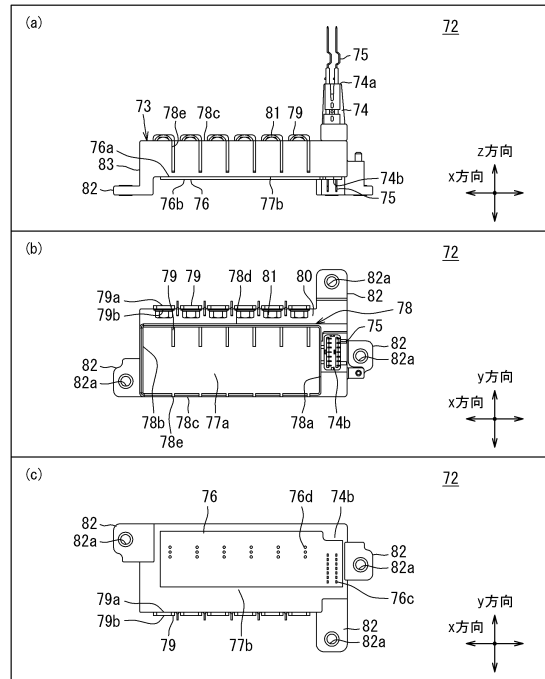
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



10

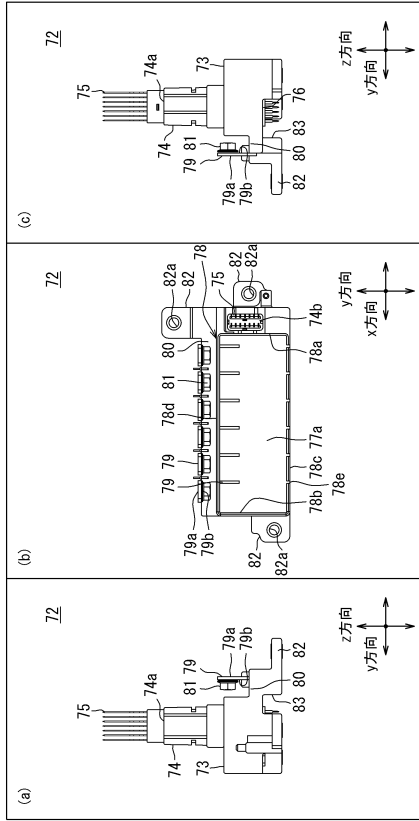
20

30

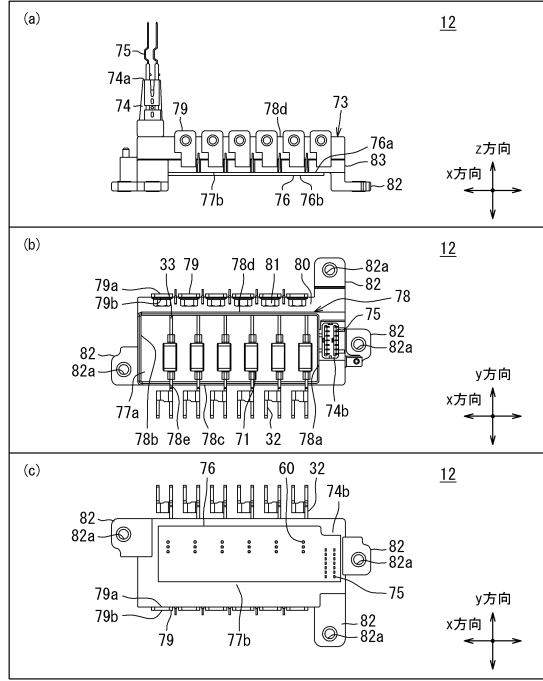
40

50

【 2 1 】



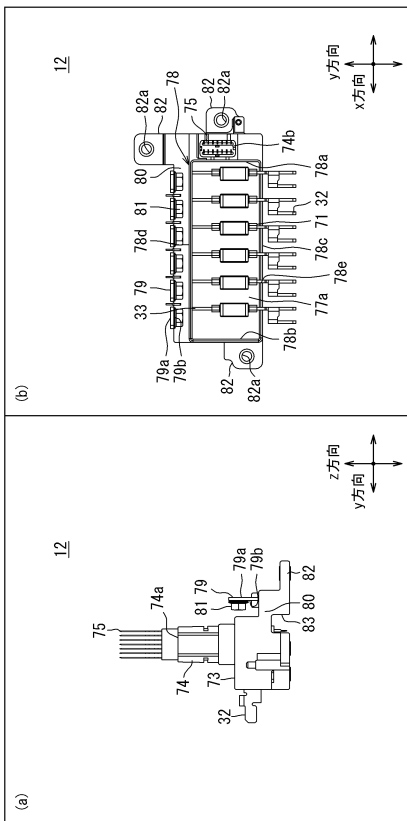
【 2 2 】



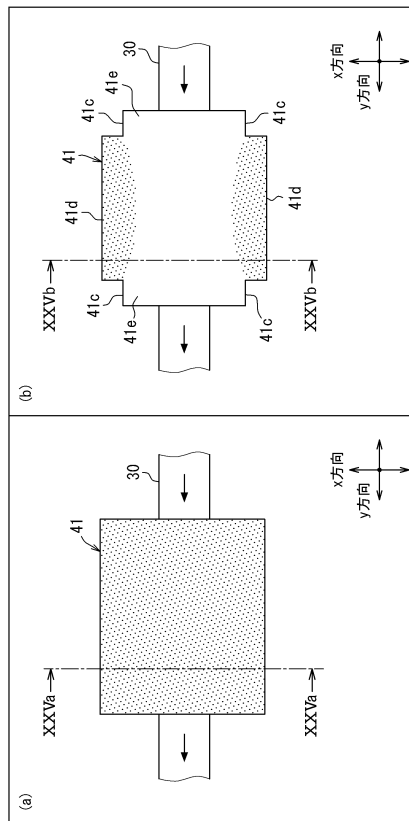
10

20

【 2 3 】



【 2 4 】

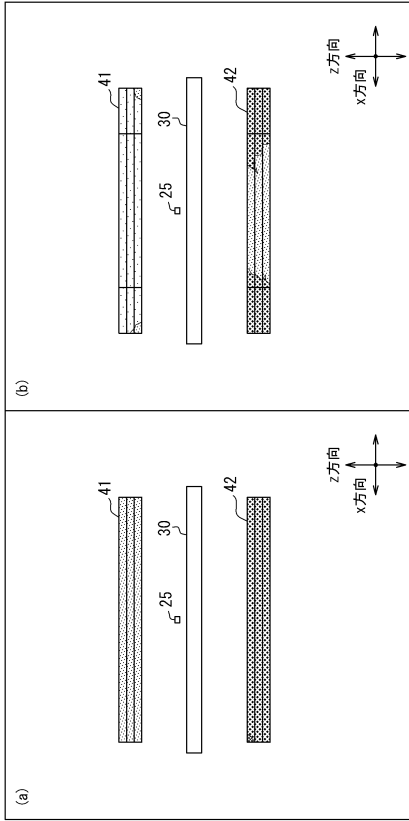


30

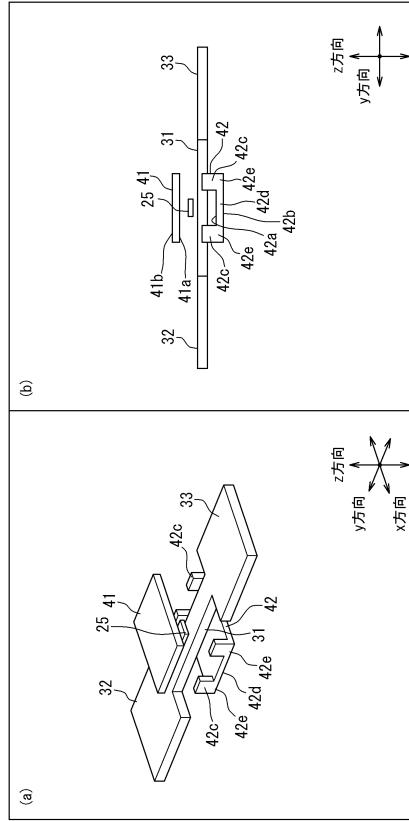
40

50

【 25 】



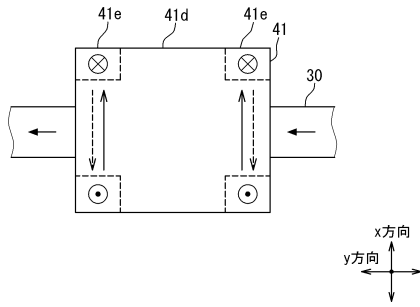
【 26 】



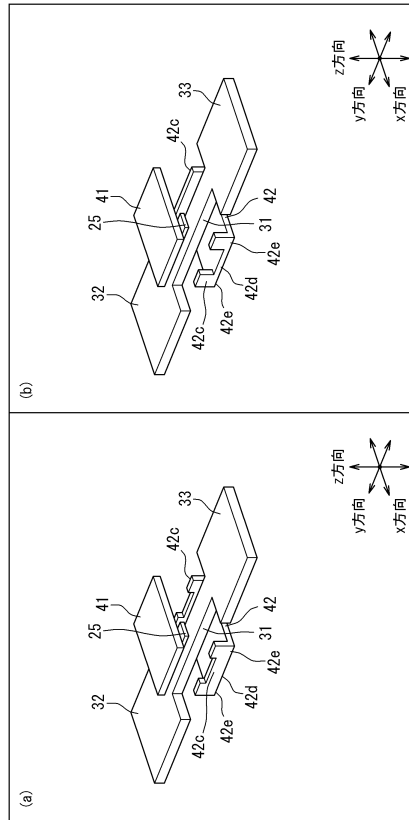
10

20

【 27 】



【 28 】

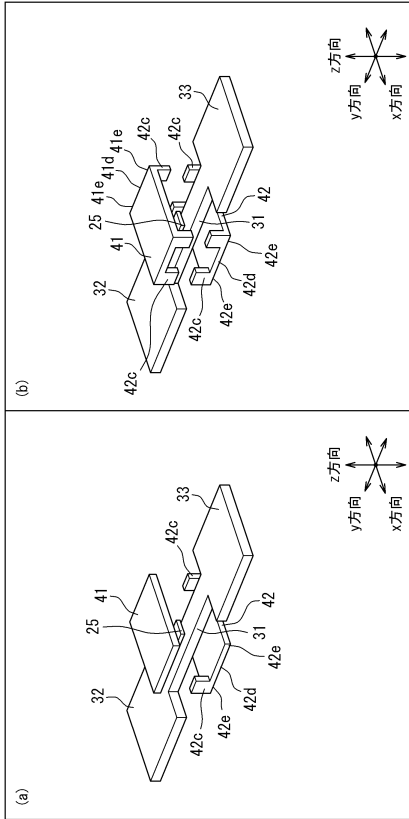


30

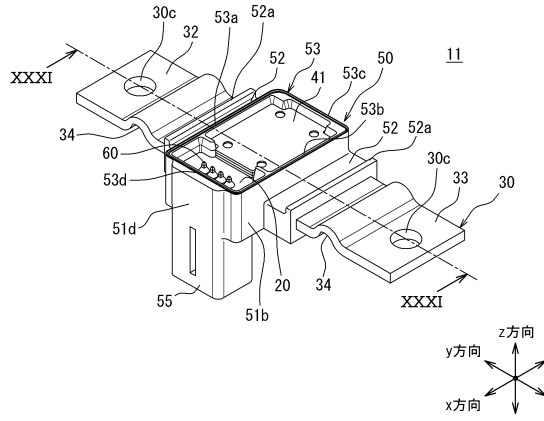
40

50

【 図 2 9 】



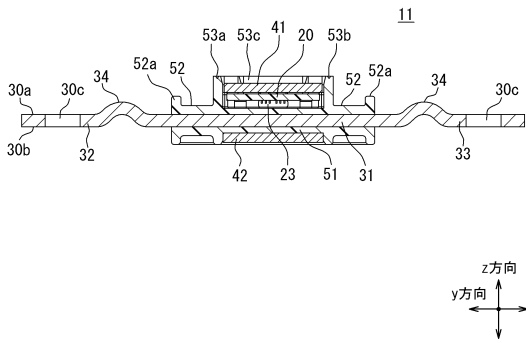
【 図 3 0 】



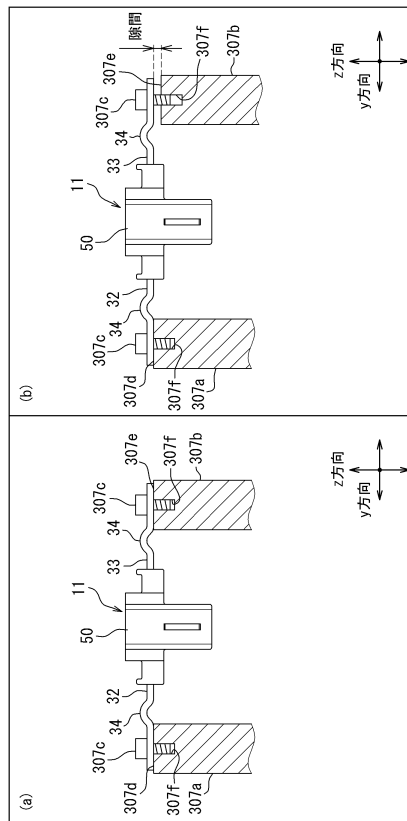
10

20

【 図 3 1 】



【 図 3 2 】

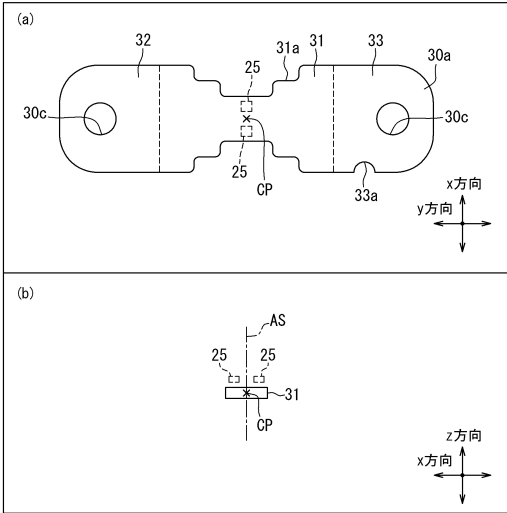


30

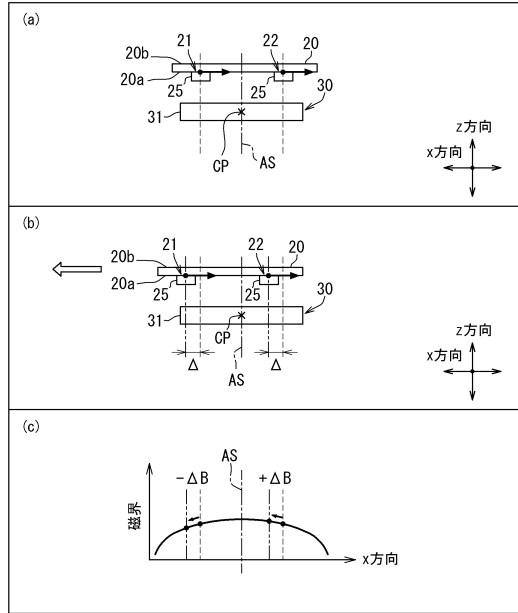
40

50

【図 3 3】



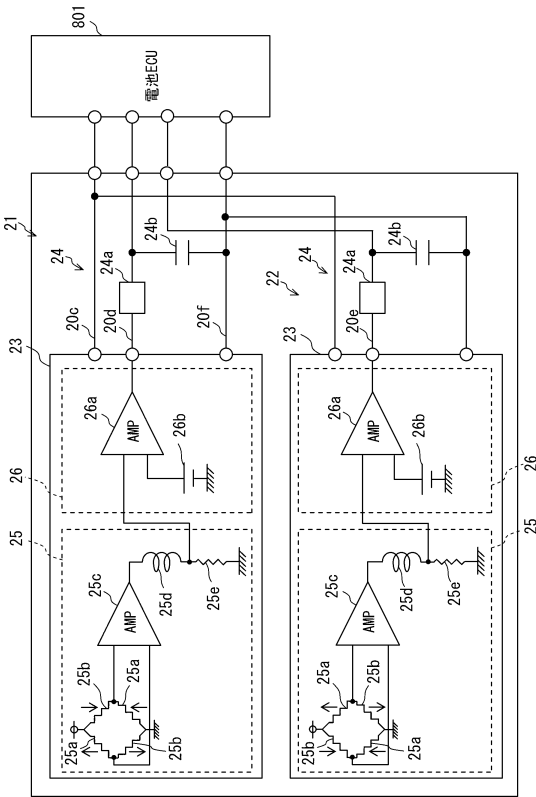
【図 3 4】



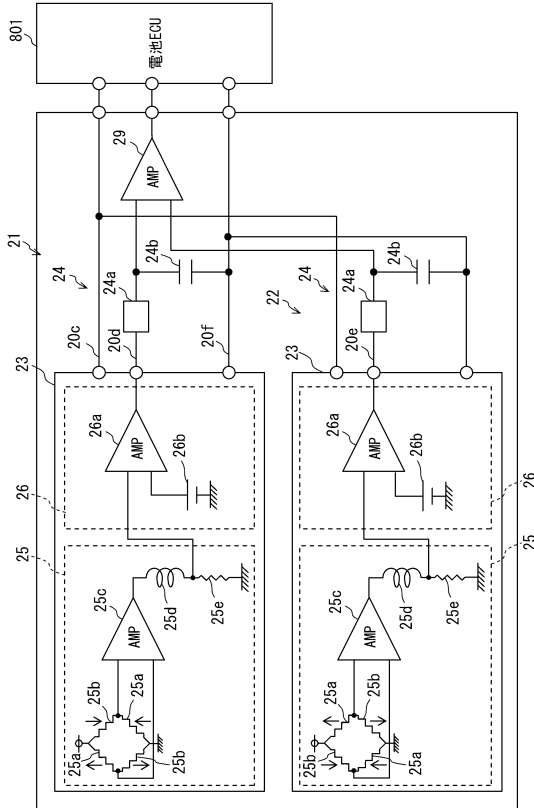
10

20

【図 3 5】



【図 3 6】

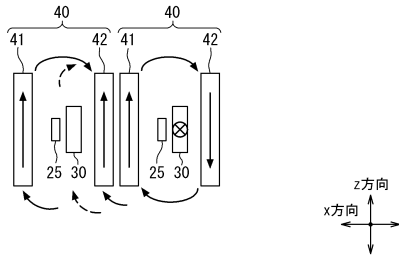


30

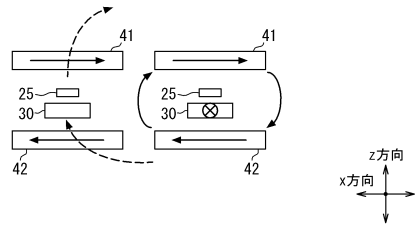
40

50

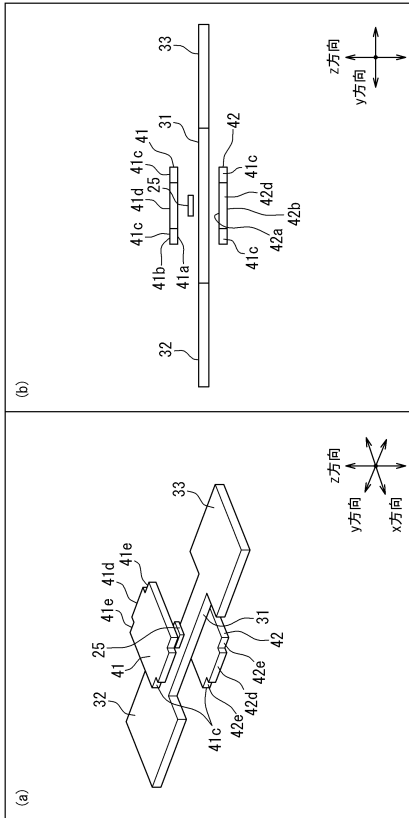
【 3 7 】



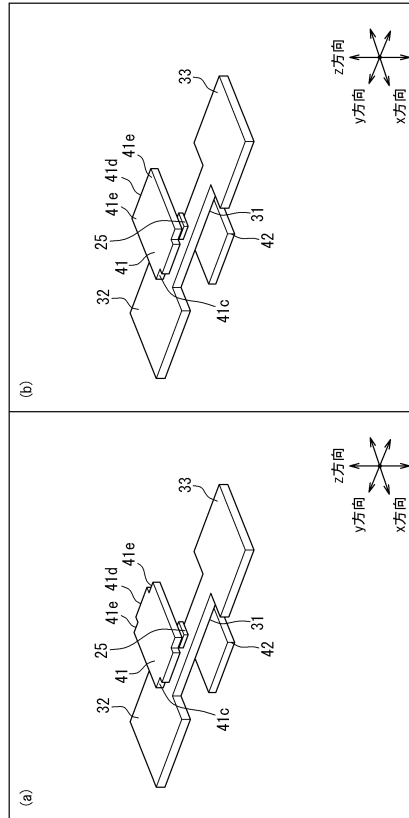
【 3 8 】



【 3 9 】



【 4 0 】



10

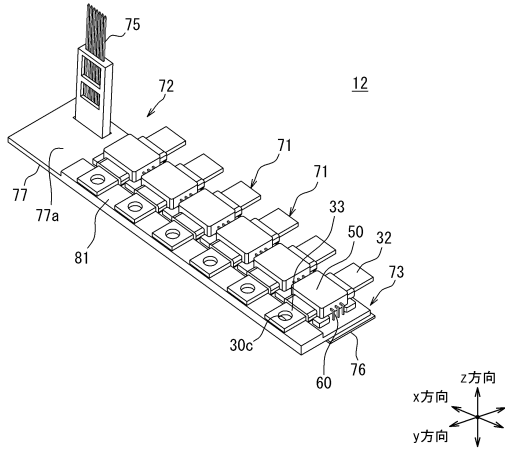
20

30

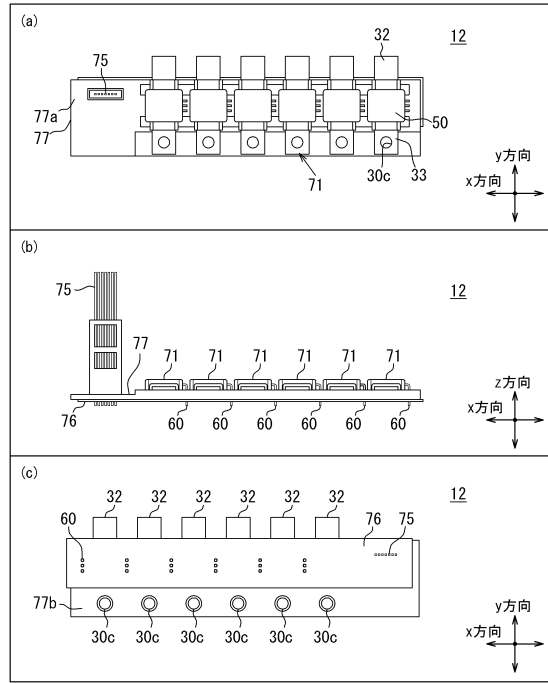
40

50

【 4 1 】



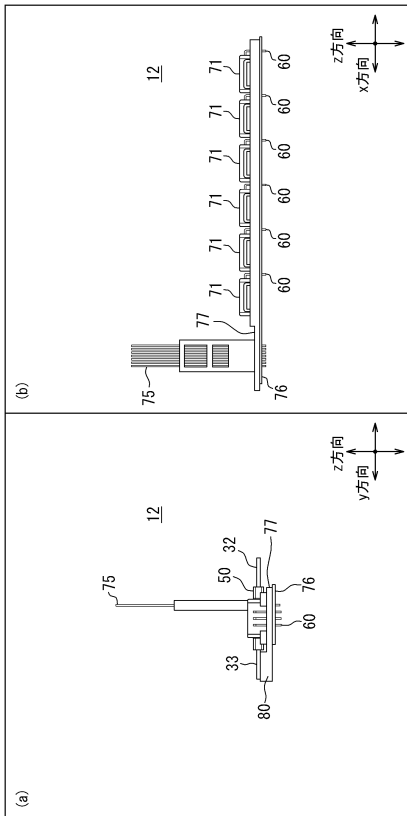
【 4 2 】



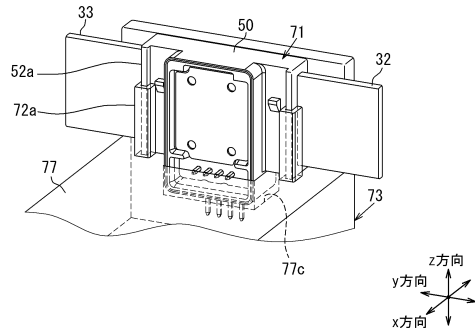
10

20

【 4 3 】



【 4 4 】

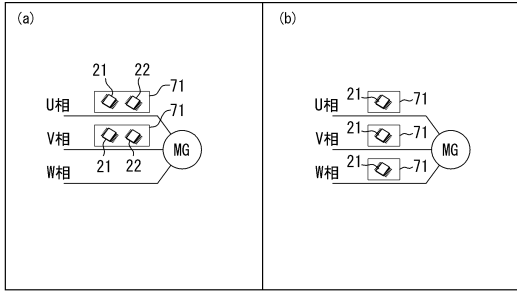


30

40

50

【 図 4 5 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 江坂 卓馬
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 杉戸 達明
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

合議体

審判長 濱野 隆

審判官 中塚 直樹

審判官 九鬼 一慶

(56)参考文献 特開2015-194349(JP,A)
特開2013-205387(JP,A)
特開2002-107382(JP,A)
特開2010-286415(JP,A)
米国特許第5041780(US,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01R 15/00-15/26