

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6631562号
(P6631562)

(45) 発行日 令和2年1月15日(2020.1.15)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int.CI.

H02M 7/48 (2007.01)

F 1

H02M 7/48 Z H V Z

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2017-42063 (P2017-42063)
 (22) 出願日 平成29年3月6日 (2017.3.6)
 (65) 公開番号 特開2018-68096 (P2018-68096A)
 (43) 公開日 平成30年4月26日 (2018.4.26)
 審査請求日 平成30年9月5日 (2018.9.5)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-202788 (P2016-202788)
 (32) 優先日 平成28年10月14日 (2016.10.14)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)

(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
 (74) 代理人 100106149
 弁理士 矢作 和行
 (74) 代理人 100121991
 弁理士 野々部 泰平
 (74) 代理人 100145595
 弁理士 久保 貴則
 (72) 発明者 野村 江介
 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 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電流センサ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スイッチング素子 (T11, T12, T21 ~ T26, T31 ~ T36) 及び該スイッ
 チング素子と電気的に接続された板状の端子 (25) を備えた半導体装置 (21) に対し
 て配置される電流センサ装置であって、

前記端子の厚み方向において前記端子に接続されるバスバー (31) と、

前記バスバーに流れる電流を検出する磁電変換素子 (14) と、

前記磁電変換素子及び前記バスバーを一体的に保持する樹脂部 (32) と、を備え、

前記バスバーは、前記樹脂部から突出する一端 (310) に、壁面 (315) によって
 区画され、前記バスバーの板厚方向において前記バスバーを貫通する貫通部と、前記壁面
 として、互いに対向する一対の対向壁面 (315a, 315b) と、を有し、

一対の前記対向壁面の少なくとも一方が前記端子に接続され、

前記貫通部は、前記バスバーの外周面 (314) に開口する切り欠き (313) であり

、

前記対向壁面は、前記外周面に連なっており、

前記切り欠きは、前記対向壁面に前記端子が接続される狭幅部 (313a) と、一対の
前記対向壁面間の幅の方向及び前記板厚方向の両方向に直交する方向において前記外周面
 への開口側の端部とは反対の底側の端部に設けられ、前記狭幅部よりも幅の広い底側拡幅
 部 (313c) と、を有する電流センサ装置。

【請求項 2】

10

20

前記切り欠きは、前記直交する方向において前記外周面への開口側の端部に設けられた開口側拡幅部（313b）を有し、

前記開口側拡幅部において、前記外周面に近いほど一対の前記対向壁面間の対向距離が長くなるように、一対の前記対向壁面の少なくとも一方がテープ形状をなしている請求項1に記載の電流センサ装置。

【請求項3】

スイッチング素子（T11, T12, T21～T26, T31～T36）及び該スイッチング素子と電気的に接続された板状の端子（25）を備えた半導体装置（21）に対して配置される電流センサ装置であって、

前記端子の厚み方向において前記端子に接続されるバスバー（31）と、

10

前記バスバーに流れる電流を検出する磁電変換素子（14）と、

前記磁電変換素子及び前記バスバーを一体的に保持する樹脂部（32）と、を備え、

前記バスバーは、前記樹脂部から突出する一端（310）に、壁面（315）によって区画され、前記バスバーの板厚方向において前記バスバーを貫通する貫通部と、前記壁面として、互いに対向する一対の対向壁面（315a, 315b）と、を有し、

一対の前記対向壁面の少なくとも一方が前記端子に接続され、

前記貫通部は、貫通孔（316）であり、

前記貫通孔は、前記対向壁面に前記端子が接続される狭幅部（316a）と、一对の前記対向壁面間の幅の方向及び前記板厚方向の両方向に直交する方向において少なくとも一方の端部に設けられ、前記狭幅部よりも幅の広い拡幅部（316b, 316c）と、を有する電流センサ装置。

20

【請求項4】

前記バスバーは、前記一端から前記一端とは反対の他端（311）まで前記板厚方向を同じとして延設されている請求項1～3いずれか1項に記載の電流センサ装置。

【請求項5】

一対の前記対向壁面は、互いに平行な部分を有し、

前記対向壁面の平行部分に、前記端子が接続される請求項1～4いずれか1項に記載の電流センサ装置。

【請求項6】

互いに並設された複数の前記半導体装置に対して配置される請求項1～5いずれか1項に記載の電流センサ装置であって、

30

各半導体装置の前記端子に対応して設けられた複数の前記バスバーと、

複数の前記バスバーそれぞれに流れる電流を検出する複数の前記磁電変換素子と、

複数の前記バスバー及び複数の前記磁電変換素子を一体的に保持する前記樹脂部と、を備え、

各バスバーに前記貫通部が形成されている電流センサ装置。

【請求項7】

複数の前記バスバーは、板厚方向が互いに同じ方向となり、且つ、前記板厚方向に直交する板幅方向に並ぶように、前記樹脂部に保持され、

各バスバーは、隣りに位置する前記バスバーとの対向面に切断痕（317）を有する請求項6に記載の電流センサ装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この明細書における開示は、電流センサ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、スイッチング素子及び板状の端子を備えた半導体装置に対して配置される電流センサ装置（バスバモジュール）が開示されている。この電流センサ装置は、一端が半導体装置（パワーカード）の端子に接続され、他端がモータへ電力を供給するパワ

50

一ケーブルに接続されたバスバーと、バスバーに流れる電流を検出する電流センサと、バスバー及び電流センサを一体的に保持する樹脂部と、を備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2015-33201号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

端子の厚み方向において、端子とバスバーが接続（たとえば溶接）される。従来の電流センサ装置では、端子の厚み方向とバスバーの板厚方向とが同じ向きとなるように配置し、端子とバスバーを接続する。しかしながら、端子の位置は、端子の厚み方向においてばらつく。このため、クランプなどの位置決め部材を用いて電流センサ装置のバスバーの一端と半導体装置の端子とを押さえ、この位置決め状態で、接続しなければならない。

【0005】

また、バスバーは、金属板をプレス（打ち抜き）して形成されるため、板厚方向において一方の面側にバリが生じる。したがって、バスバーの一端と半導体装置の端子を接続する際、バリが生じていない側の面に端子を接続しなければならない。

【0006】

以上のように、従来の電流センサ装置は、板状の端子との組み付け性が低いという問題がある。

【0007】

本開示はこのような課題に鑑みてなされたものであり、半導体装置における板状の端子との組み付け性に優れた電流センサ装置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】

【0008】

本開示は、上記目的を達成するために以下の技術的手段を採用する。なお、括弧内の符号は、ひとつの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、技術的範囲を限定するものではない。

【0009】

本開示のひとつである電流センサ装置は、スイッチング素子（T11, T12, T21 ~ T26, T31 ~ T36）及び該スイッチング素子と電気的に接続された板状の端子（25）を備えた半導体装置（21）に対して配置される電流センサ装置であって、

端子の厚み方向において端子に接続されるバスバー（31）と、

バスバーに流れる電流を検出する磁電変換素子（14）と、

磁電変換素子及びバスバーを一体的に保持する樹脂部（32）と、を備え、

バスバーは、樹脂部から突出する一端（310）に、壁面（315）によって区画され、バスバーの板厚方向においてバスバーを貫通する貫通部と、壁面として、互いに対向する一対の対向壁面（315a, 315b）と、を有し、

一対の対向壁面の少なくとも一方が端子に接続され、

貫通部は、バスバーの外周面（314）に開口する切り欠き（313）であり、

対向壁面は、外周面に連なっており、

切り欠きは、対向壁面に端子が接続される狭幅部（313a）と、一対の対向壁面間の幅の方向及び板厚方向の両方向に直交する方向において外周面への開口側の端部とは反対の底側の端部に設けられ、狭幅部よりも幅の広い底側拡幅部（313c）と、を有する。

【0010】

この電流センサ装置によれば、バスバーに貫通部が形成されており、端子の厚み方向において端子の位置がばらついても、貫通部を区画する一対の対向壁面の少なくとも一方に端子を接触させることができる。したがって、クランプ等の位置決め部材を用いなくとも、半導体装置の端子に対してバスバーを位置決めすることができる。

10

20

30

40

50

【0011】

また、貫通部の壁面（対向壁面）を端子との接続面とするため、バスバーにバリが生じても、バリの影響を受けずに接続することができる。

【0012】

以上により、この電流センサ装置は、半導体装置における板状の端子との組み付け性に優れている。

【0013】

本開示の他のひとつである電流センサ装置において、バスバーは、一端から一端とは反対の他端（311）まで板厚方向と同じとして延設されている。

【0014】

この電流センサ装置によれば、バスバーに板厚方向の屈曲部分を設けていない。このため、曲げに起因する端子（一端）の位置のばらつきを抑制することができる。すなわち、板状の端子との組み付け性を、さらに優れたものにすることができます。

【図面の簡単な説明】**【0015】**

【図1】第1実施形態に係る電流センサ装置が適用される電力変換装置の概略構成を示す図である。

【図2】半導体装置及び電流センサ装置の接続構造を示すZ方向から見た平面図である。

【図3】半導体装置及び電流センサ装置の接続構造を示すY方向から見た平面図である。

【図4】電流センサ装置を示す斜視図である。

【図5】図2のV-V線に沿う断面図である。

【図6】第2実施形態に係る電流センサ装置を示す平面図である。

【図7】第3実施形態に係る電流センサ装置を示す平面図である。

【図8】第4実施形態に係る電流センサ装置を示す平面図である。

【図9】電流センサ装置の製造工程を示す平面図である。

【図10】第5実施形態に係る電流センサ装置を示す斜視図である。

【図11】電流センサ装置を示す平面図である。

【図12】半導体装置及び電流センサ装置の接続構造を示すZ方向から見た平面図である。

【図13】変形例に係る電流センサ装置と半導体装置との接続構造を示すZ方向から見た平面図である。

【図14】第6実施形態に係る電流センサ装置と半導体装置との接続構造を示すZ方向から見た平面図である。

【図15】第7実施形態に係る電流センサ装置と半導体装置との接続構造を示すZ方向から見た平面図である。

【発明を実施するための形態】**【0016】**

図面を参照しながら、実施形態を説明する。複数の実施形態において、機能的に及び／又は構造的に対応する部分には同一の参照符号を付与する。以下において、バスバーの一端の板厚方向をZ方向とし、Z方向に直交し、複数のバスバーの並び方向をX方向とする。Z方向及びX方向の両方向に直交する方向をY方向とする。

【0017】

（第1実施形態）

先ず、図1に基づき、電力変換装置について説明する。

【0018】

図1に示す電力変換装置10は、たとえばハイブリッド自動車（HV）に搭載される。電力変換装置10は、バッテリ2（高圧バッテリ）の直流電力を、モータMG1, MG2の駆動に適した交流電力に変換する。また、電力変換装置10は、モータMG1, MG2により発電された交流電力を、バッテリ2を充電可能な直流電力に変換する。

【0019】

10

20

30

40

50

モータ MG 1 は、図示しないエンジンとともに、ハイブリッド自動車の駆動源として機能する。すなわち、主に電動機として機能する。モータ MG 1 は、たとえば減速時や制動時に、発電機として機能する。モータ MG 2 は、主に発電機として機能する。モータ MG 2 は、たとえばエンジン始動時に交流電力の供給を受けて電動機として機能する。このように、電力変換装置 10 は、双方向の電力変換が可能とされている。

【 0 0 2 0 】

電力変換装置 10 は、昇圧コンバータ 11 及びインバータ 12, 13 を備えている。昇圧コンバータ 11 の入力端は、バッテリ 2 側の低電圧系電力ライン 3 に接続され、昇圧コンバータ 11 の出力端は、インバータ 12, 13 側の高電圧系電力ライン 4 に接続されている。低電圧系電力ライン 3 は、バッテリ 2 と昇圧コンバータ 11 とを電気的に接続する電力ラインであり、高電圧系電力ライン 4 は、昇圧コンバータ 11 と各インバータ 12, 13 とを電気的に接続する電力ラインである。10

【 0 0 2 1 】

低電圧系電力ライン 3 の高電位側（正極側）と低電位側（負極側）との間には、平滑用のコンデンサ 5 が接続されている。高電圧系電力ライン 4 の高電位側（正極側）と低電位側（負極側）との間には、平滑用のコンデンサ 6 が接続されている。低電圧系電力ライン 3 であって、コンデンサ 5 との接続点とバッテリ 2 との間には、図示しないシステムメイシリレー（SMR）が設けられている。

【 0 0 2 2 】

昇圧コンバータ 11 は、バッテリ 2 の出力電圧をモータ駆動に適した電圧まで昇圧する。すなわち、昇圧コンバータ 11 は、低電圧系電力ライン 3 の電力を昇圧して、高電圧系電力ライン 4 に供給する。また、昇圧コンバータ 11 は、インバータ 12, 13 により変換された直流電力を、バッテリ 2 に充電可能な電力まで降圧する。すなわち、昇圧コンバータ 11 は、高電圧系電力ライン 4 の電力を降圧して、低電圧系電力ライン 3 に供給する。バッテリ 2 の出力電圧は、たとえば 300 ボルト程度であり、昇圧コンバータ 11 の出力は、たとえば 600 ボルト程度である。20

【 0 0 2 3 】

本実施形態の昇圧コンバータ 11 は、リアクトル L、2 つのスイッチング素子 T 11, T 12、及び 2 つのダイオード D 11, D 12 を有している。スイッチング素子 T 11, T 12 は、スイッチング素子 T 11 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続されている。スイッチング素子 T 11, T 12 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、n チャネル型の IGBT を採用している。30

【 0 0 2 4 】

ダイオード D 11, D 12 は、対応するスイッチング素子 T 11, T 12 に対して逆並列に接続されている。ダイオード D 11, D 12 のアノードが、対応するスイッチング素子 T 11, T 12 のエミッタ電極に接続されている。

【 0 0 2 5 】

リアクトル L の一端は、低電圧系電力ライン 3 の高電位側、すなわちコンデンサ 5 の正極側の端子に接続されている。リアクトル L の他端は、スイッチング素子 T 11, T 12 の接続点に接続されている。40

【 0 0 2 6 】

インバータ 12, 13 は、入力された直流電力を所定周波数の三相交流に変換し、対応するモータ MG 1, MG 2 に出力する。また、インバータ 12, 13 は、対応するモータ MG 1, MG 2 により発電された電力（交流電力）を、直流電力に変換する。モータ MG 2 により発電された電力は、ハイブリッド自動車の走行状態やバッテリ 2 の SOC（State Of Charge）に応じて使い分けられる。

【 0 0 2 7 】

たとえば通常走行時では、モータ MG 2 により発電された電力は、そのままモータ MG 1 を駆動させる電力となる。一方、バッテリ 2 の SOC が予め定められた値よりも低い場50

合、モータ MG 2 により発電された電力は、インバータ 1 3 により交流から直流に変換された後、昇圧コンバータ 1 1 により電圧が調整されて、バッテリ 2 に蓄積される。モータ MG 1 により発電された電力は、インバータ 1 2 により交流から直流に変換された後、昇圧コンバータ 1 1 により電圧が調整されて、バッテリ 2 に蓄えられる。

【0028】

インバータ 1 2 は、高電圧系電力ライン 4 に接続されている。インバータ 1 2 は、6つのスイッチング素子 T 2 1 ~ T 2 6、及び、6つのダイオード D 2 1 ~ D 2 6 を有している。スイッチング素子 T 2 1 , T 2 2 は、スイッチング素子 T 2 1 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続され、U 相上下アームを構成している。スイッチング素子 T 2 1 , T 2 2 の接続点は、モータ MG 1 の図示しない U 相コイルに電気的に接続されている。スイッチング素子 T 2 3 , T 2 4 は、スイッチング素子 T 2 3 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続され、V 相上下アームを構成している。スイッチング素子 T 2 3 , T 2 4 の接続点は、モータ MG 1 の図示しない V 相コイルに電気的に接続されている。スイッチング素子 T 2 5 , T 2 6 は、スイッチング素子 T 2 5 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続され、W 相上下アームを構成している。スイッチング素子 T 2 5 , T 2 6 の接続点は、モータ MG 1 の図示しない W 相コイルに電気的に接続されている。10

【0029】

スイッチング素子 T 2 1 ~ T 2 6 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、n チャネル型の IGBT を採用している。ダイオード D 2 1 ~ D 2 6 は、対応するスイッチング素子 T 2 1 ~ T 2 6 に対して逆並列に接続されている。ダイオード D 2 1 ~ D 2 6 のアノードが、対応するスイッチング素子 T 2 1 ~ T 2 6 のエミッタ電極に接続されている。20

【0030】

インバータ 1 3 も、インバータ 1 2 同様の構成とされている。インバータ 1 3 は、6つのスイッチング素子 T 3 1 ~ T 3 6、及び、対応するスイッチング素子 T 3 1 ~ T 3 6 に対して逆並列に接続された 6 つのダイオード D 3 1 ~ D 3 6 を有している。スイッチング素子 T 3 1 , T 3 2 は、スイッチング素子 T 3 1 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続され、その接続点は、モータ MG 2 の図示しない U 相コイルに電気的に接続されている。スイッチング素子 T 3 3 , T 3 4 は、スイッチング素子 T 3 3 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続され、その接続点は、モータ MG 2 の図示しない V 相コイルに電気的に接続されている。スイッチング素子 T 3 5 , T 3 6 は、スイッチング素子 T 3 5 を高電位側として、高電圧系電力ライン 4 の高電位側と低電位側との間で直列接続され、その接続点は、モータ MG 2 の図示しない W 相コイルに電気的に接続されている。30

【0031】

電力変換装置 1 0 は、さらに複数の磁電変換素子 1 4 を備えている。磁電変換素子 1 4 は、昇圧コンバータ 1 1 の接続ライン 1 1 a、及び、インバータ 1 2 , 1 3 の接続ライン 1 2 a , 1 3 a それぞれに流れる電流を検出するために設けられている。接続ライン 1 1 a は、リアクトル L と、スイッチング素子 T 1 1 , T 1 2 の接続点を電気的に接続している。接続ライン 1 2 a は、インバータ 1 2 の各相上下アームの接続点を、モータ MG 1 の対応する相のコイルに接続するための接続ラインである。接続ライン 1 3 a は、インバータ 1 3 の各相上下アームの接続点を、モータ MG 2 の対応する相のコイルに接続するための接続ラインである。40

【0032】

次に、図 2 ~ 図 5 に基づき、上記した電力変換装置 1 0 を構成する半導体装置及び電流センサ装置の概略構成について説明する。なお、図 2 , 図 3 に記載の U , V , W は、三相インバータの相を示している。図 3 では、主端子 2 5 とバスバー 3 1 (切り欠き 3 1 3)との位置関係を明らかとするために、便宜上、主端子 2 3 , 2 4 を省略して図示している50

。

【0033】

図2及び図3に示す半導体モジュール20は、上記した昇圧コンバータ11及びインバータ12, 13を構成している。半導体モジュール20は、7つの半導体装置21を備えており、各半導体装置21には上下アームがそれぞれ形成されている。昇圧コンバータ11は、1つの半導体装置21により構成されている。インバータ12, 13は、それぞれ3つの半導体装置21により構成されている。7つの半導体装置21は、X方向に所定ピッチ(間隔)を有して並んで配置されている。半導体装置21は、パワーカードとも称される。

【0034】

半導体モジュール20は、上記した複数の半導体装置21に加えて、図示しない複数の冷却器を有している。そして、冷却器と半導体装置21がX方向に交互に積層されて、半導体モジュール20が構成されている。両面放熱構造の半導体装置21を、冷却器とともに積層配置してなる半導体モジュール20の詳細構造については、本出願人による先の出願に開示された構成(たとえば特開2012-212776号公報)を援用することができる。

10

【0035】

昇圧コンバータ11を構成する半導体装置21は、スイッチング素子T11, T12及びダイオードD11, D12を有している。インバータ12を構成するU相の半導体装置21は、スイッチング素子T21, T22及びダイオードD21, D22を有し、V相の半導体装置21は、スイッチング素子T23, T24及びダイオードD23, D24を有している。インバータ12を構成するW相の半導体装置21は、スイッチング素子T25, T26及びダイオードD25, D26を有している。

20

【0036】

インバータ13を構成するU相の半導体装置21は、スイッチング素子T31, T32及びダイオードD31, D32を有し、V相の半導体装置21は、スイッチング素子T33, T34及びダイオードD33, D34を有している。インバータ12を構成するW相の半導体装置21は、スイッチング素子T35, T36及びダイオードD35, D36を有している。本実施形態では、各半導体装置21において、対応するスイッチング素子及びダイオードが、RC-IGBTとして同じ半導体チップに形成されている。

30

【0037】

各半導体装置21は、周知の両面放熱構造をなしている。たとえばインバータ12を構成するU相の半導体装置21の場合、スイッチング素子T21及びダイオードD21が形成された半導体チップ、及び、スイッチング素子T22及びダイオードD22が形成された半導体チップが、チップの板厚方向をX方向としつつY方向に並んで配置されている。各半導体チップのX方向両側には、ヒートシンクがそれぞれ配置されており、ヒートシンクは、対応する半導体チップと電気的且つ熱的に接続されている。これら半導体チップ及びヒートシンクは、モールド樹脂22によって封止されている。図示を省略するが、各ヒートシンクにおける半導体チップと反対側の面は、モールド樹脂22から露出されている。なお、インバータ13を構成するU相の半導体装置21以外の半導体装置21についても、同様の構成とされている。

40

【0038】

半導体装置21は、外部接続用の端子として、主端子23~25及び信号端子26をそれぞれ有している。たとえばインバータ12を構成するU相の半導体装置21の場合、主端子23は、ヒートシンクを介して、スイッチング素子T21のコレクタ電極と電気的に接続されている。主端子23は、高電圧系電力ライン4の高電位側(正極側)に接続されるため、高電位電源端子、P端子とも称される。

【0039】

主端子24は、ヒートシンクを介して、スイッチング素子T22のエミッタ電極と電気的に接続されている。主端子24は、高電圧系電力ライン4の低電位側(負極側)に接続

50

されるため、低電位電源端子、N端子とも称される。主端子25は、ヒートシンクを介して、スイッチング素子T21, T22の接続点と電気的に接続されている。主端子25は、接続ライン12aの一部を構成している。主端子25は、出力端子、O端子とも称される。この主端子25が、後述するバスバー31の接続対象である端子に相当する。

【0040】

主端子23～25は、銅などの金属材料を用いて形成された平板である。主端子23～25は、銅などの金属板を厚み方向にプレス（打ち抜き）して形成されている。平板状の主端子23～25は、いずれも厚み方向をX方向とし、Z方向に延設されている。同じ半導体装置21の主端子23～25は、Y方向に並んで配置されている。主端子23, 24は互いに隣りに位置し、主端子25は並び方向であるY方向の一端に配置されている。本実施形態では、Y方向において電流センサ装置30側から、主端子25（O端子）、主端子24（N端子）、主端子23（P端子）の順で配置されている。主端子23～25は、平面略矩形状をなすモールド樹脂22の4つの側面のうち、同じ側面から外部に突出している。10

【0041】

信号端子26は、スイッチング素子T21及びダイオードD21が形成された半導体チップのパッド、及び、スイッチング素子T22及びダイオードD22が形成された半導体チップのパッドに、図示しないボンディングワイヤ等を介して電気的に接続されている。信号端子26は、Y方向に延設されており、モールド樹脂22の側面のうち、主端子23～25が突出する側面と反対の側面から外部に突出している。なお、インバータ13を構成するU相の半導体装置21以外の半導体装置21についても、同様の構成とされている。20

【0042】

X方向に並んで配置された7つの半導体装置21において、主端子23同士、主端子24同士、主端子25同士が、それぞれX方向に並んで配置されている。換言すれば、X方向からの投影視において、主端子23同士、主端子24同士、主端子25同士が、それぞれ重なるように配置されている。

【0043】

図2～図5に示すように、電流センサ装置30は、バスバー31、樹脂部32、及び電流センサ33を備えている。電流センサ装置30は、バスバー31付きの電流センサ33である。電流センサ装置30は、電流センサ33を備えたバスバーユニットである。この電流センサ装置30は、昇圧コンバータ11及びインバータ12, 13に対応している。30

【0044】

バスバー31は、導電経路として機能すべく、導電部材を用いて形成されている。バスバー31は、銅などの金属板を板厚方向にプレス（打ち抜き）して形成されている。本実施形態では、全長において、板厚がほぼ等しくされている。バスバー31は、1本の主端子24につき、1本設けられている。電流センサ装置30は、7本のバスバー31を有している。詳しくは、昇圧コンバータ11に対応してバスバー31を1本、インバータ12の各相に対応してバスバー31を3本、インバータ13の各相に対応してバスバーを3本有している。40

【0045】

昇圧コンバータ11において、バスバー31は、スイッチング素子T11, T12の接続点とリアクトルLとを電気的に中継する。すなわち、接続ライン11aの一部を構成する。インバータ12において、たとえばU相のバスバー31は、スイッチング素子T21, T22の接続点とモータMG1のU相コイルとを電気的に中継する。すなわち、接続ライン12aの一部を構成する。インバータ13において、たとえばU相のバスバー31は、スイッチング素子T31, T32の接続点とモータMG2のU相コイルとを電気的に中継する。すなわち、接続ライン13aの一部を構成する。

【0046】

本実施形態において、各バスバー31は、一端310から一端310とは反対の他端350

11まで、その延設方向の全長において板厚方向が同じ方向(Z方向)とされている。すなわち、一端310から他端311までの間に、板厚方向の屈曲部を有していない。

【0047】

詳しくは、各バスバー31がY方向に延設されており、延設方向における中間部分が樹脂部32により被覆されている。一端310及び他端311は、樹脂部32から露出されている。バスバー31の一端310には、主端子25が接続される。他端311には、対応するモータMG1, MG2やリアクトルL側の接続線の端子が接続される。このために、他端311には、図2及び図4に示すように、貫通孔312が形成されている。なお、一端310及び他端311とは、それぞれバスバー31の端部(縁部)のみを示すのではなく、縁部分を含む所定の領域を示すものである。一端310とは、一方の端部を含む一方の端部側の領域を示し、他端311とは、他方の端部を含む他方の端部側の領域を示す。

【0048】

樹脂部32は、バスバー31及び電流センサ33(磁電変換素子14)を一体的に保持している。本実施形態において、樹脂部32は、昇圧コンバータ11及びインバータ12, 13に対応する複数のバスバー31及び電流センサ(磁電変換素子14)を一体的に保持している。樹脂部32は、複数のバスバー31が、板厚方向をZ方向としつつ、幅方向であるX方向に所定ピッチで並んで配置されるように、各バスバー31を保持している。

【0049】

本実施形態では、樹脂部32が、図5に示すように、ケース320, 321を有している。すなわち、樹脂部32が、Z方向に二分割構造とされている。そして、ケース320, 321を組み付けた状態で形成される樹脂部32(すなわち筐体)の内部空間に、磁電変換素子14などが配置されている。なお、樹脂部32として、たとえばモールド樹脂を採用することもできる。

【0050】

樹脂部32は、図4に示すように、収容部322及び支持部323を有している。収容部322には、電流センサ33を構成する磁電変換素子14などが収容されている。収容部322は、ケース320, 321により構成されている。支持部323は、ケース321によって構成されている。

【0051】

各バスバー31の他端311は、支持部323によって支持されている。すなわち、支持部323の表面に、他端311が配置されている。支持部323には、他端311に形成された貫通孔312に対応して、凹部が形成されている。なお、凹部に代えて、貫通孔が形成されてもよい。締結などにより、バスバー31の他端311と、対応するモータMG1, MG2やリアクトルL側の接続線の端子とが、電気的に接続される。一方、各バスバー31の一端310は、樹脂部32から突出している。

【0052】

電流センサ33は、対応するバスバー31に流れる電流を検出し、スイッチング素子T11, T12, T21~T26, T31~T36の駆動を制御する制御回路に対して、検出信号を出力する。電流センサ33は、磁電変換素子14が形成されたセンサチップ330を有している。本実施形態の電流センサ33は、図5に示すように、セラミックパッケージ331、処理回路チップ332、ボンディングワイヤ333、バイアス磁石334、スペーサ335、回路基板336、はんだ337、及び磁気シールド338, 339をさらに有している。このように、電流センサ33は、コアを必要としないコアレス電流センサとされている。

【0053】

センサチップ330には、インバータ12に対応する磁電変換素子14が形成されている。磁電変換素子14は、対応するバスバー31に電流が流れたときに生じる磁界の磁束密度を検知して電気信号に変換する。センサチップ330(磁電変換素子14)は、バスバー31の板厚方向であるZ方向において、バスバー31上にそれぞれ配置されている。

10

20

30

40

50

磁電変換素子 14 としては、巨大磁気抵抗効果素子（GMR）、異方性磁気抵抗効果素子（AMR）、トンネル磁気抵抗効果素子（TMR）、ホール素子などを採用することができる。本実施形態では、センサチップ 330 に、GMR や TMR などの磁気ベクトルの向きによって電気信号が変化する磁電変換素子 14 が形成されている。

【0054】

セラミックパッケージ 331 は、センサチップ 330 を収容するための空間を提供する容器である。セラミックパッケージ 331 は、複数のセラミック板が積層されてなる。セラミックパッケージ 331 は、環状に設けられた側壁部と、側壁部の開口の一方を閉塞する底部を有している。セラミックパッケージ 331 には、図示しない配線が形成されている。セラミックパッケージ 331 は、底部における内面 331a（以下、底部内面 331a と示す）とは反対側の面で、バスバー 31 に固定されている。セラミックパッケージ 331 は、Z 方向においてバスバー 31 上に配置されている。10

【0055】

処理回路チップ 332 は、センサチップ 330 から入力される信号を用いて所定の演算処理を実行し、演算結果を回路基板 336 に対して出力する。処理回路チップ 332 も、セラミックパッケージの収容空間に配置されている。処理回路チップ 332 には、接着材などを介してセンサチップ 330 が実装されている。処理回路チップ 332 は、セラミックパッケージ 331 の底部内面 331a に固定されている。センサチップ 330 は、処理回路チップ 332 を介して、底部内面 331a に固定されている。20

【0056】

センサチップ 330 は、ボンディングワイヤ 333 を介して、処理回路チップ 332 と電気的に接続されている。処理回路チップ 332 は、ボンディングワイヤ 333 を介して、セラミックパッケージ 331 の配線と電気的に接続されている。20

【0057】

バイアス磁石 334 は、センサチップ 330 に対して電気信号の基準となる磁気ベクトルを付与する。バイアス磁石 334 としては、永久磁石でも良いし、電磁石でも良い。バイアス磁石 334 は、Z 方向からの投影視において、センサチップ 330（磁電変換素子 14）と重なるように、センサチップ 330 に対してバスバー 31 と反対側に配置されている。すなわち、Z 方向において、バイアス磁石 334 とバスバー 31との間に、センサチップ 330 が位置している。本実施形態では、Z 方向において、バイアス磁石 334 の一部がセラミックパッケージ 331 の収容空間に配置され、残りの部分が収容空間から外部に突出している。30

【0058】

スペーサ 335 には、接着材などを介して、バイアス磁石 334 が固定されている。スペーサ 335 は、Z 方向において、センサチップ 330 とバイアス磁石 334 との間に位置している。スペーサ 335 は、センサチップ 330 とバイアス磁石 334 との間に、所定の間隔を確保するための部材である。スペーサ 335 は、たとえば樹脂材料を用いて形成されている。セラミックパッケージ 331 は、Z 方向において底部内面 331a と上部開口端 331b との間に設けられた段部 331c を、収容空間側に有している。段部 331c は、環状をなしている。スペーサ 335 は、接着材などを介して、段部 331c に固定されている。40

【0059】

回路基板 336 は、ボンディングワイヤ 333 及びセラミックパッケージ 331 の配線を介して、処理回路チップ 332 と電気的に接続されている。回路基板 336 の図示しない配線は、はんだ 337 を介して、セラミックパッケージ 331 の配線と電気的に接続されている。回路基板 336 は、複数のバスバー 31、換言すれば複数の電流センサ 33 で共通とされている。回路基板 336 は、X 方向において、複数のバスバー 31 を跨ぐように配置されている。回路基板 336 は、セラミックパッケージ 331 の上部開口端 331b 上に配置されている。回路基板 336 は、セラミックパッケージ 331 の上部開口を塞ぐように配置されている。50

【0060】

回路基板336には、貫通孔336aが形成されており、貫通孔336a内にバイアス磁石334の一部が配置されている。貫通孔336aに代えて、回路基板336のセンサチップ330側の面のみに開口する凹部（未貫通孔）を採用することもできる。

【0061】

磁気シールド338, 339は、磁性材料を用いて形成されている。磁気シールド338, 339は、電流センサ装置30に対する外部磁界が磁電変換素子14を透過することを抑制するものである。すなわち、磁気シールド338, 339は、磁電変換素子14に対する外部磁界を遮蔽するものである。磁気シールド338, 339は、各バスバー31に配置された磁電変換素子14（センサチップ330）に共通に設けられている。磁気シールド338, 339は、回路基板336同様、複数のバスバー31で共通とされている。磁気シールド338, 339は、図2に示すように、X方向において、複数のバスバー31を跨ぐように配置されている。10

【0062】

図5に示すように、磁気シールド338, 339は、板状部材である。磁気シールド338, 339は、板厚方向がZ方向となるように配置されている。磁気シールド338, 339は、Z方向において、間隔をあけて対向配置されている。磁気シールド338, 339は、Z方向において、バスバー31、センサチップ330（磁電変換素子14）、及びバイアス磁石334を挟むように対向配置されている。20

【0063】

このように、バスバー31、電流センサ33を構成するセンサチップ330（磁電変換素子14）、セラミックパッケージ331、処理回路チップ332、バイアス磁石334、及びスペーサ335は、電力変換装置10を構成する7つの上下アームごとに設けられている。一方、樹脂部32、電流センサ33を構成する回路基板336、及び磁気シールド338, 339は、7つの上下アームで共通とされている。30

【0064】

次に、主端子25及びバスバー31の接続構造について説明する。

【0065】

主端子25の突出部分は、略直方体形状をなしている。図2に示すように、主端子25は、当該主端子25の厚み方向（X方向）において表面25a, 25bを有し、延設方向（Z方向）及び厚み方向に直交する幅方向（Y方向）において、側面25c, 25dを有している。30

【0066】

バスバー31は、図2～図4に示すように、一端310に切り欠き313を有している。切り欠き313は、板厚方向であるZ方向においてバスバー31を貫通している。バスバー31は、表面として、板厚方向であるZ方向における一面、一面と反対の裏面、及び外周面314（外側面）を有している。切り欠き313は、外周面314に開口している。切り欠き313は、外周面314のうち、延設方向であるY方向の端面に開口している。切り欠き313は、バスバー31をZ方向に貫通しつつ、主端子25の幅方向であるY方向に延設されている。切り欠き313が、貫通部に相当する。40

【0067】

切り欠き313は、バスバー31の内側面である壁面315によって区画されている。壁面315は、X方向において互いに対向する第1壁面315a及び第2壁面315bと、Y方向において切り欠き313の開口とは反対に位置し、底をなす第3壁面315cを有している。Y方向において、第1壁面315a及び第2壁面315bの一端が外周面314に連なり、他端が第3壁面315cに連なっている。第1壁面315a及び第2壁面315bが、一対の対向壁面に相当する。

【0068】

第1壁面315a及び第2壁面315bは、互いに平行な部分を有している。第1壁面315aと第2壁面315bとの対向距離は、主端子25の厚み方向における位置のばら50

つきを考慮して、主端子 25 が切り欠き 313 に収容されるように設定されている。切り欠き 313 の深さは特に限定されない。主端子 25 とバスバー 31 の接続面積を増やすためには、深さがより深い方が好ましく、主端子 25 の幅以上の深さを有するとよい。

【0069】

本実施形態では、第1壁面 315a 及び第2壁面 315b が、全面でほぼ平行とされている。すなわち、切り欠き 313 の幅が、深さ方向 (Y 方向) でほぼ一定とされている。第1壁面 315a 及び第2壁面 315b は、X 方向に直交する面とされている。また、切り欠き 313 の深さが、主端子 25 の幅よりも長い深さを有している。そして、図 2 に示すように、各主端子 25 の表面 25a が、対応するバスバー 31 の第1壁面 315a に接触している。さらには、各主端子 25 の側面 25c が、対応するバスバー 31 の第3壁面 315c に接触している。そして、この位置決め状態で、主端子 25 とバスバー 31 が溶接されている。10

【0070】

次に、本実施形態の電流センサ装置 30、ひいては電力変換装置 10 の効果について説明する。

【0071】

半導体装置と電流センサ装置との接続においては、半導体装置側の要因、たとえば半導体装置の製造ばらつきや半導体装置と冷却器との組み付けばらつきなどにより、主端子の厚み方向において、主端子がバスバーに対して遠ざかる方向に傾くことも考えられる。すなわち、主端子におけるバスバーとの接続部分の位置が、厚み方向においてばらつく。このため、クランプなどの位置決め部材を用いて主端子とバスバーとを押さえ、この位置決め状態で、溶接しなければならない。20

【0072】

これに対して本実施形態では、バスバー 31 に、貫通部としての切り欠き 313 が形成されている。また、切り欠き 313 を区画する壁面 315 として、互いに対向する第1壁面 315a 及び第2壁面 315b を有している。したがって、半導体装置 21 側の要因により、主端子 25 の位置、詳しくは、バスバー 31 との接続位置が、主端子 25 の厚み方向においてばらついても、第1壁面 315a 及び第2壁面 315b の少なくとも一方に主端子 25 を接触させることができる。このように、位置決め部材を用いなくとも、主端子 25 に対してバスバー 31 を位置決めすることができる。すなわち、位置決め部材を用いなくとも、主端子 25 とバスバー 31 を接続（溶接）することができる。30

【0073】

また、切り欠き 313 の壁面 315、すなわちバスバー 31 のプレスによるせん断面を主端子 25 との接続面とする。図示を省略するが、プレスによるバリは、板厚方向においてバスバー 31 の一方の面に生じ、せん断面には生じない。バリは、Z 方向に延びている。したがって、バスバー 31 にバリが生じっていても、バリの影響を受けずに主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。

【0074】

以上により、本実施形態の電流センサ装置 30 は、半導体装置 21 が備える板状の主端子 25 との組み付け性に優れている。40

【0075】

加えて本実施形態では、バスバー 31 の一端 310 から他端 311 まで、バスバー 31 の板厚方向が同じとされている。すなわち、バスバー 31 が、板厚方向の屈曲部分を有していない。したがって、曲げに起因する一端 310 の位置のばらつきを抑制することができる。これにより、板状の主端子 25 との組み付け性を、さらに優れたものにすることができる。

【0076】

また、本実施形態では、貫通部として、バスバー 31 の外周面 314 に開口する切り欠き 313 を採用している。このため、主端子 25 の幅方向 (Y 方向) において主端子 25 の位置にばらつきが生じても、第1壁面 315a 及び第2壁面 315b の少なくとも一方

10

20

30

40

50

に対して、主端子 25 を接触させやすい。また、並設された複数の主端子 25 と対応するバスバー 31 を、一括で位置決めしやすい。さらには、第 3 壁面 315c に主端子 25 を接触させることができるために、主端子 25 とバスバー 31 との接続面積を増やすことができる。

【0077】

また、本実施形態では、主端子 25 の表面 25a, 25b に対向する第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b が、互いに平行な部分を有しており、互いに平行な部分で主端子 25 に接触する。これによっても、主端子 25 とバスバー 31 との接続面積を増やすことができる。特に本実施形態では、切り欠き 313 の深さが、主端子 25 の幅よりも長い深さとなっており、Y 方向における第 1 壁面 315a の全長で、第 1 壁面 315a と主端子 25 が接触する。これによっても、主端子 25 とバスバー 31 との接続面積を増やすことができる。10

【0078】

(第 2 実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態に示した電力変換装置 10、半導体モジュール 20（半導体装置 21）、及び電流センサ装置 30 と共に通する部分についての説明は省略する。

【0079】

本実施形態では、図 6 に示すように、切り欠き 313 が、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b の間の幅が狭くされた狭幅部 313a と、狭幅部 313a よりも幅の広い拡幅部 313b と、を有している。ここで、切り欠き 313 の幅とは、深さ方向である Y 方向に直交する方向（X 方向）の長さである。20

【0080】

主端子 25 は、狭幅部 313a において、たとえば第 1 壁面 315a に接続される。拡幅部 313b は、切り欠き 313 の深さ方向において、外周面 314 への開口側の端部に設けられている。拡幅部 313b は、外周面 314 への開口側において狭幅部 313a に連なっている。狭幅部 313a が切り欠き 313 の底側に設けられている。

【0081】

さらに本実施形態では、拡幅部 313b における第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b が、テーパ形状をなしている。具体的には、外周面 314（Y 方向の端面）に近いほど、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b の対向距離が長くなるように、拡幅部 313b における第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b がテーパ形状をなしている。30

【0082】

これによれば、主端子 25 の厚み方向（X 方向）において主端子 25 の位置がばらついても、テーパ形状の部分に沿って主端子 25 を切り欠き 313 の底側に導くことができるので、切り欠き 313 内に主端子 25 を配置させやすい。すなわち、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b の少なくとも一方に、主端子 25 を接触させやすい。特に、並設された複数の主端子 25 で位置のばらつきが異なっても、対応するバスバー 31 に対して一括で位置決めしやすい。

【0083】

また、プレスによる主端子 25 のバリは、厚み方向において主端子 25 の一方の面に生じる。バリは、厚み方向である X 方向に延びている。本実施形態では、切り欠き 313 が狭幅部 313a 及び拡幅部 313b を有しており、主端子 25 は、狭幅部 313a における第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b の少なくとも一方に接触する。主端子 25 が、切り欠き 313 の開口側の端部にプレスによるバリを有していても、バリは拡幅部 313b に収容され、壁面 315 に接触しない。したがって、主端子 25 のバリの影響を受けずに、主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。すなわち、主端子 25 とバスバー 31 との組み付け性をさらに向上することができる。40

【0084】

なお、本実施形態では、拡幅部 313b において、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 3150

5 b の両方がテーパ形状をなす例を示したが、これに限定されない。拡幅部 3 1 3 b において、外周面 3 1 4 (Y 方向の端面) に近いほど、第 1 壁面 3 1 5 a 及び第 2 壁面 3 1 5 b の対向距離が長くなるように、第 1 壁面 3 1 5 a 及び第 2 壁面 3 1 5 b の少なくとも一方がテーパ形状をなしていればよい。たとえば第 1 壁面 3 1 5 a のみテーパ形状の部分を有し、第 2 壁面 3 1 5 b の全面を X 方向に略直交する面としてもよい。また、拡幅部 3 1 3 b において、外周面 3 1 4 から所定の範囲のみをテーパ形状とし、それよりも切り欠き 3 1 3 の底側の部分を幅一定としてもよい。

【 0 0 8 5 】

(第 3 実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態に示した電力変換装置 1 0 、半導体モジュール 2 0 (半導体装置 2 1) 、及び電流センサ装置 3 0 と共に通する部分についての説明は省略する。 10

【 0 0 8 6 】

本実施形態では、図 7 に示すように、バスバー 3 1 が、貫通部として貫通孔 3 1 6 を有している。貫通孔 3 1 6 は、外周面 3 1 4 に開口しておらず、壁面 3 1 5 により周りを囲まれて、閉じた空間とされている。

【 0 0 8 7 】

貫通孔 3 1 6 は、 X Y 平面に沿う形状が、主端子 2 5 に対応して平面略矩形状をなしている。バスバー 3 1 は、壁面 3 1 5 として、上記した第 1 壁面 3 1 5 a 、第 2 壁面 3 1 5 b 、及び第 3 壁面 3 1 5 c に加えて、第 4 壁面 3 1 5 d を有している。第 3 壁面 3 1 5 c 及び第 4 壁面 3 1 5 d は、主端子 2 5 の幅方向である Y 方向において、互いに対向している。第 3 壁面 3 1 5 c 及び第 4 壁面 3 1 5 d の対向距離は、主端子 2 5 の幅よりも若干長くされている。 20

【 0 0 8 8 】

これによれば、貫通孔 3 1 6 に対して主端子 2 5 が挿入され、この状態で溶接されることとなる。主端子 2 5 の位置が幅方向 (Y 方向) でばらついても、幅方向両側に第 3 壁面 3 1 5 c 及び第 4 壁面 3 1 5 d が存在するため、幅方向においても接触面積を確保しやすい。

【 0 0 8 9 】

なお、壁面 3 1 5 のうち、 Z 方向において半導体装置 2 1 側の開口付近をテーパ形状の部分としてもよい。これによれば、貫通孔 3 1 6 に対して主端子 2 5 を挿入しやすくなる。 30

【 0 0 9 0 】

(第 4 実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態に示した電力変換装置 1 0 、半導体モジュール 2 0 (半導体装置 2 1) 、及び電流センサ装置 3 0 と共に通する部分についての説明は省略する。

【 0 0 9 1 】

本実施形態では、図 8 に示すように、各バスバー 3 1 が、外周面 3 1 4 のうちの隣りにバスバー 3 1 が位置する面、すなわちバスバー 3 1 との対向面に、切断痕 3 1 7 を有している。具体的には、 X 方向において、両端に位置するバスバー 3 1 は、 X 方向内側の面のみに切断痕 3 1 7 を有し、それ以外のバスバー 3 1 は、 X 方向両面に切断痕 3 1 7 を有している。この切断痕 3 1 7 は、後述するタイバー 3 1 8 を切断した痕跡である。本実施形態では、切断痕 3 1 7 が、当該切断痕 3 1 7 が設けられている面の他の部分に対して、 X 方向に突出している。それ以外の構成は、第 2 実施形態 (図 6 参照) と同じとされている。 40

【 0 0 9 2 】

図 9 は、タイバー 3 1 8 を切断する前の状態を示している。複数のバスバー 3 1 は、タイバー 3 1 8 によって連結されている。複数のバスバー 3 1 は、リードフレームの一部として構成されている。樹脂部 3 2 にバスバー 3 1 を配置した後、タイバー 3 1 8 を切断す 50

ることで、図8に示した電流センサ装置30を得ることができる。

【0093】

これによれば、タイバー318によって連結されたリードフレームの状態で、複数のバスバー31が、共通の樹脂部32に対して位置決め配置される。したがって、バスバー31同士の位置の精度を向上することができる。このため、並設された複数の主端子25と対応するバスバー31を、さらに一括で位置決めしやすくなる。

【0094】

(第5実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態に示した電力変換装置10、半導体モジュール20(半導体装置21)、及び電流センサ装置30と共に通する部分についての説明は省略する。10

【0095】

本実施形態では、図10及び図11に示すように、バスバー31が、貫通部として切り欠き313を有している。そして、切り欠き313が、狭幅部313a及び拡幅部313bに加えて、拡幅部313cをさらに有している。

【0096】

切り欠き313の深さは、主端子25の幅と略等しくされている。拡幅部313cの幅も、拡幅部313b同様、狭幅部313aより広くされている。拡幅部313cは、切り欠き313の底側において、狭幅部313aに連なっている。このように、図10及び図11に示す電流センサ装置30では、狭幅部313aを挟むように、深さ方向の両端に拡幅部313b, 313cが設けられている。20

【0097】

第2実施形態同様、外周面314への開口側の拡幅部313bにおいて、第1壁面315a及び第2壁面315bはテーパ形状をなしている。一方、切り欠き313の底側の拡幅部313cにおいて、第1壁面315a及び第2壁面315bは全長でほぼ平行とされている。すなわち、拡幅部313cの幅は、深さ方向でほぼ一定とされている。拡幅部313cの幅は、拡幅部313bにおける外周面314への開口部分の幅とほぼ等しくされている。

【0098】

なお、先行実施形態とは異なり、電流センサ装置30は、3つの半導体装置21に対応して、3つのバスバー31を一体的に備えている。3つの半導体装置21を備える半導体モジュール20は、たとえばインバータ12を構成する。30

【0099】

また、バスバー31は、一端310と他端311との間に、屈曲部分を有している。この屈曲部分により、一端310における板厚方向と他端311における板厚方向が、互いに直交する位置関係にある。なお、一端310の板厚方向はZ方向、他端311の板厚方向はY方向とされている。

【0100】

図12は、バスバー31に主端子25を接続(溶接)した状態を示している。図12では、便宜上、半導体装置21(半導体モジュール20)のうち、主端子25のみを図示している。図12に示すU, V, Wは、インバータ12の相を示している。各主端子25は、対応する狭幅部313aにおいて、第1壁面315aに接続されている。主端子25における幅方向の一端は拡幅部313bに配置され、他端は拡幅部313cに配置されている。主端子25の幅方向両端において、両面側に空間が存在している。40

【0101】

本実施形態でも、バスバー31に、貫通部としての切り欠き313が形成されている。したがって、主端子25の位置がばらついても、位置決め部材を用いずに主端子25とバスバー31を接続(溶接)することができる。バスバー31が屈曲部分を有していても、位置決め部材を用いずに主端子25とバスバー31を接続することができる。

【0102】

50

また、切り欠き 313 の壁面 315 を主端子 25 との接続面とするため、バスバー 31 にバリが生じていても、バリの影響を受けずに主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。

【0103】

ところで、プレスによる主端子 25 のバリは、厚み方向における一方の面であって、外周端近傍に生じる。すなわち、バリは、幅方向において主端子 25 の両端に生じる虞がある。これに対し、本実施形態では、切り欠き 313 が狭幅部 313a の両側に拡幅部 313b, 313c をそれぞれ有している。これにより、主端子 25 の幅方向両端にバリが生じていても、バリが拡幅部 313b, 313c に収容され、壁面 315 に接触しない。したがって、主端子 25 のバリの影響を受けずに、主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。すなわち、主端子 25 とバスバー 31 との組み付け性をさらに向上することができる。10

【0104】

なお、本実施形態では、主端子 25 が切り欠き 313 を貫通し、半導体装置 21 側の面と反対の面上に突出している（図 3 参照）。これにより、主端子 25 の延設方向、すなわち Z 方向の端部にバリが生じていても、壁面 315 に接触しない。したがって、主端子 25 のバリの影響を受けずに、主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。

【0105】

拡幅部 313b において、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b がテーパ形状をなす例を示したがこれに限定されるものではない。また、拡幅部 313c も幅一定に限定されるものではない。たとえば図 13 に示す変形例では、拡幅部 313b の幅が一定とされている。このような拡幅部 313b を採用しても、主端子 25 の両面側に空間が存在することになるので、主端子 25 のバリの影響を受けずに、主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。図 13 は、図 12 に対応している。20

【0106】

なお、切り欠き 313 を有し、屈曲部分を有さないバスバー 31 を備える電流センサ装置 30 についても、上記構成を採用することができる。たとえば第 2 実施形態（図 6 参照）に対し、拡幅部 313c をさらに追加した構成としてもよい。

【0107】

（第 6 実施形態）

30

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態に示した電力変換装置 10、半導体モジュール 20（半導体装置 21）、及び電流センサ装置 30 と共に通する部分についての説明は省略する。

【0108】

本実施形態では、図 14 に示すように、切り欠き 313 が狭幅部 313a 及び拡幅部 313c を有しており、拡幅部 313b を有していない。拡幅部 313c の幅は、第 5 実施形態同様、深さ方向においてほぼ一定とされている。図 14 は、図 12 に対応している。

【0109】

各主端子 25 は、対応する狭幅部 313a において、第 1 壁面 315a に接続されている。切り欠き 313 の深さは、主端子 25 の幅よりも短くされている。このため、主端子 25 の幅方向の一端を第 3 壁面 315c に接触させた状態で、他端が切り欠き 313 の外部に突出する。40

【0110】

本実施形態では、主端子 25 の幅方向の一端、具体的には切り欠き 313 の底側の一端にバリが生じても、バリが拡幅部 313c に収容され、壁面 315 に接触しない。また、主端子 25 の幅方向の他端にバリが生じても、切り欠き 313 から突出しているため、壁面 315 に接触しない。したがって、主端子 25 のバリの影響を受けずに、主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。すなわち、主端子 25 とバスバー 31 との組み付け性をさらに向上することができる。

【0111】

50

なお、本実施形態では、拡幅部 313c として幅一定の例を示したが、これに限定されるものではない。また、なお、切り欠き 313 を有し、屈曲部分を有さないバスバー 31 を備える電流センサ装置 30 についても、上記構成を採用することができる。

【0112】

(第7実施形態)

本実施形態は、先行実施形態を参照できる。このため、先行実施形態に示した電力変換装置 10、半導体モジュール 20（半導体装置 21）、及び電流センサ装置 30 と共に通する部分についての説明は省略する。

【0113】

本実施形態では、図 15 に示すように、バスバー 31 が、貫通部として貫通孔 316 を有している。そして、貫通孔 316 が、狭幅部 316a 及び拡幅部 316b, 316c を有している。10

【0114】

狭幅部 316a は、狭幅部 313a 同様、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b の間の幅が狭い部分である。本実施形態でも、狭幅部 316a において、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b が略平行とされている。貫通孔 316 は、X 方向よりも Y 方向に長い長孔とされている。拡幅部 316c は、バスバー 31 の一端 310 において、樹脂部 32 側の端部に設けられている。拡幅部 316b は、貫通孔 316 において、拡幅部 316c とは反対の端部に設けられている。狭幅部 316a を挟むように、貫通孔 316 の長手方向（Y 方向）の両端に拡幅部 316b, 316c が設けられている。20

【0115】

拡幅部 316b, 316c において、第 1 壁面 315a 及び第 2 壁面 315b は、全面でほぼ平行とされている。すなわち、拡幅部 316b の幅は、長手方向でほぼ一定とされている。また、拡幅部 316c の幅も、長手方向でほぼ一定とされている。また、拡幅部 316b, 316c の幅は、互いにほぼ等しくされている。

【0116】

主端子 25 は、狭幅部 316a において、第 1 壁面 315a に接続されている。主端子 25 における幅方向の一端が拡幅部 316b に配置され、他端は拡幅部 316c に配置されている。すなわち、主端子 25 の幅方向両端において、両面側に空間が存在している。30

【0117】

このように本実施形態では、貫通孔 316 が拡幅部 316b, 316c を有している。これにより、主端子 25 の幅方向両端にバリが生じていても、バリが拡幅部 316b, 316c に収容され、壁面 315 に接触しない。したがって、主端子 25 のバリの影響を受けずに、主端子 25 とバスバー 31 を接続することができる。すなわち、主端子 25 とバスバー 31 との組み付け性をさらに向上することができる。

【0118】

なお、貫通孔 316 が、長手方向両端に拡幅部 316b, 316c を有する例を示したがこれに限定されない。貫通孔 316 が、狭幅部 316a とともに、拡幅部 316b, 316c のいずれか一方を有してもよい。拡幅部 316b, 316c も、幅一定のものに限定されない。40

【0119】

また、貫通孔 316 を有し、屈曲部分を有さないバスバー 31 を備える電流センサ装置 30 についても、上記構成を採用することができる。たとえば第 3 実施形態（図 7 参照）に対し、拡幅部 316b, 316c の少なくとも一方を追加した構成としてもよい。

【0120】

この明細書の開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。たとえば、開示は、実施形態において示された要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の50

記載と均等の意味及び範囲内でのすべての変更を含むものと解されるべきである。

【0121】

電力変換装置10の構成は、上記例に限定されない。

【0122】

電流センサ装置30が、昇圧コンバータ11及びインバータ12, 13を構成する7つの半導体装置21に対応して設けられる例を示したが、これに限定されない。たとえば昇圧コンバータ11、インバータ12、及びインバータ13に対して、個別に電流センサ装置30を設けてもよい。電流センサ装置30は、少なくとも1本のバスバー31と、バスバー31に対応して設けられる磁電変換素子14(センサチップ330)と、バスバー31及び磁電変換素子14(センサチップ330)を一体的に保持する樹脂部32と、を備えればよい。本実施形態に示した昇圧コンバータ11に対応する電流センサ装置30とする場合、電流センサ装置30は、昇圧コンバータ11を構成する半導体装置21の主端子25に接続される1本のバスバー31を備えることとなる。
10

【0123】

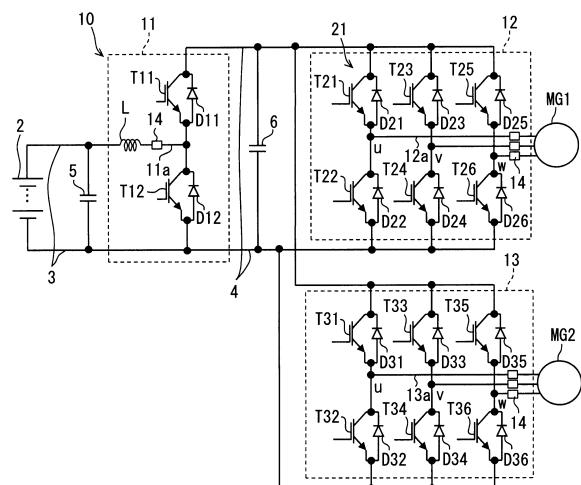
複数の主端子25が、いずれも第1壁面315aに接続される例を示したがこれに限定されない。各主端子25が第2壁面315bに接続された構成としてもよい。また、主端子25の一部が第1壁面315aに接続され、残りが第2壁面315bに接続された構成としてもよい。

【符号の説明】

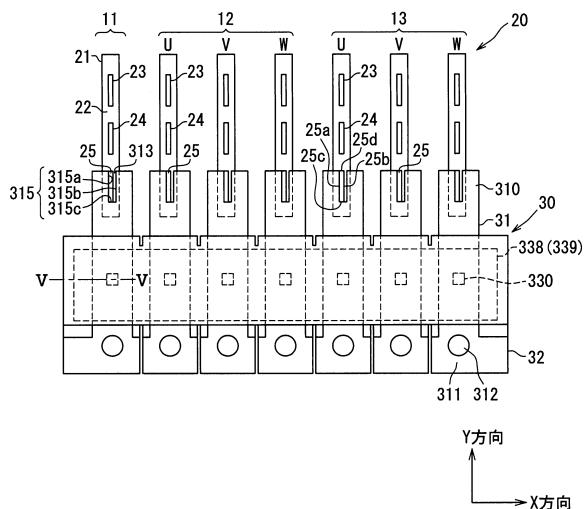
【0124】

2...バッテリ、3...低電圧系電力ライン、4...高電圧系電力ライン、5, 6...コンデンサ、10...電力変換装置、11...昇圧コンバータ、12, 13...インバータ、11a, 12a, 13a...接続ライン、14...磁電変換素子、20...半導体モジュール、21...半導体装置、22...モールド樹脂、23, 24, 25...主端子、25a, 25...表面、25c, 25d...側面、26...信号端子、30...電流センサ装置、31...バスバー、310...一端、311...他端、312...貫通孔、313...切り欠き、313a...狭幅部、313b, 313c...拡幅部、314...外周面、315...壁面、315a...第1壁面、315b...第2壁面、315c...第3壁面、315d...第4壁面、316...貫通孔、316a...狭幅部、316b, 316c...拡幅部、317...切斷痕、318...タイバー、32...樹脂部、320, 321...ケース、322...収容部、323...支持部、33...電流センサ、330...センサチップ、331...セラミックパッケージ、331a...底部内面、331b...上部開口端、331c...段部、332...処理回路チップ、333...ボンディングワイヤ、334...バイアス磁石、335...スペーサ、336...回路基板、336a...貫通孔、337...はんだ、338, 339...磁気シールド、MG1, MG2...モータ
20
30

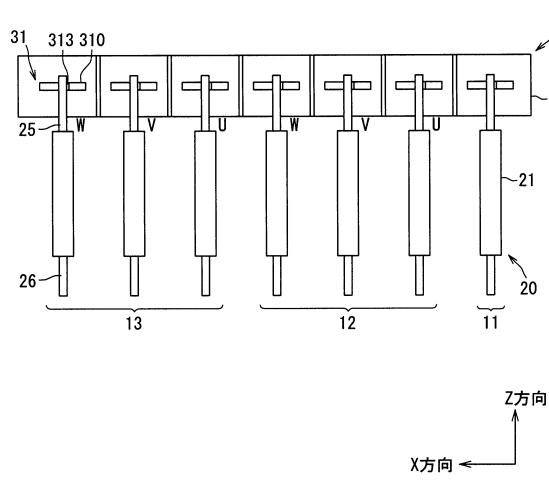
【 図 1 】



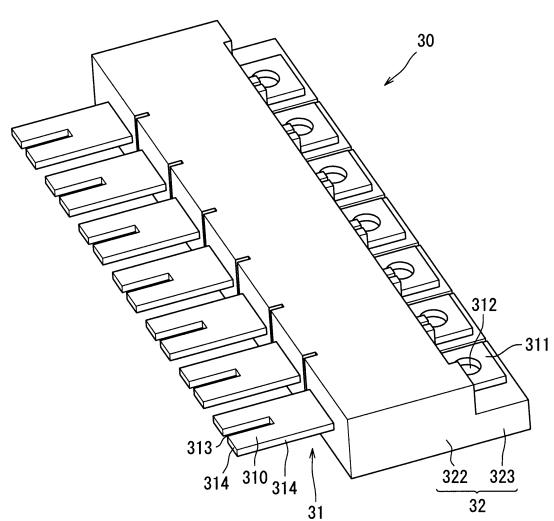
【 四 2 】



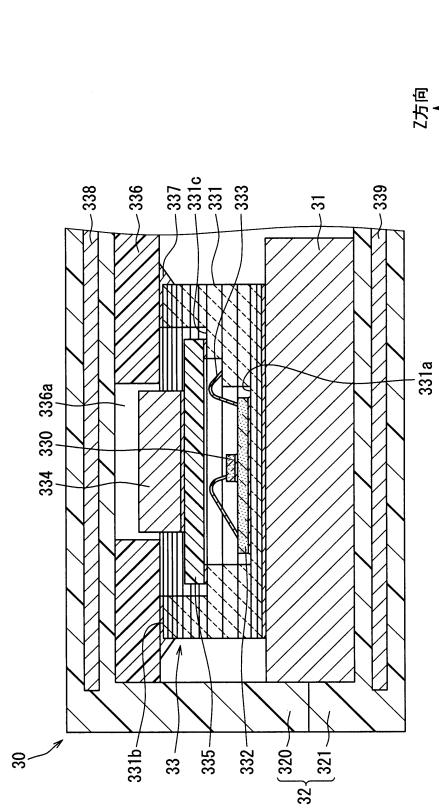
【 図 3 】



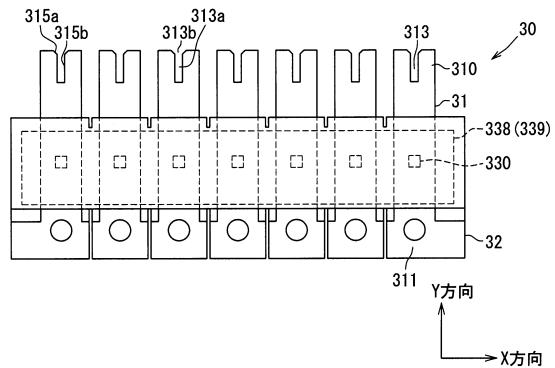
【 四 4 】



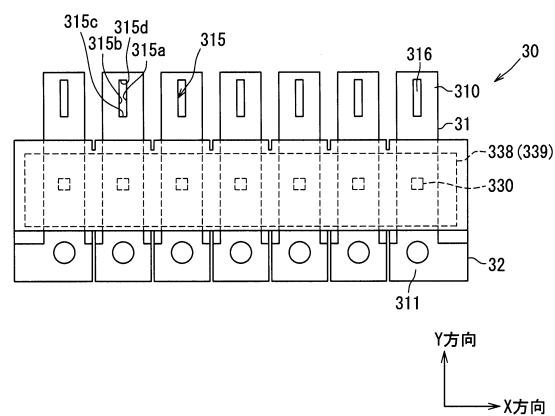
【図5】



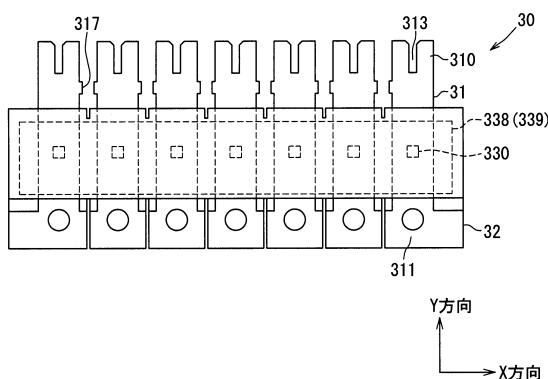
【図6】



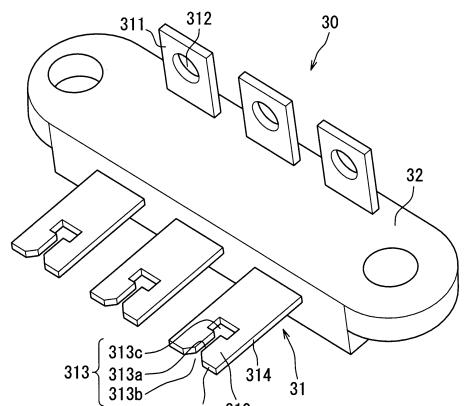
【図7】



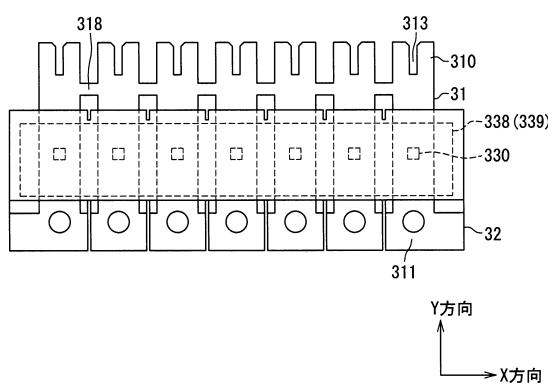
【図8】



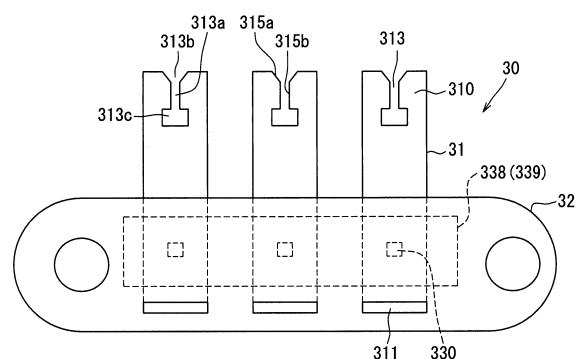
【図10】



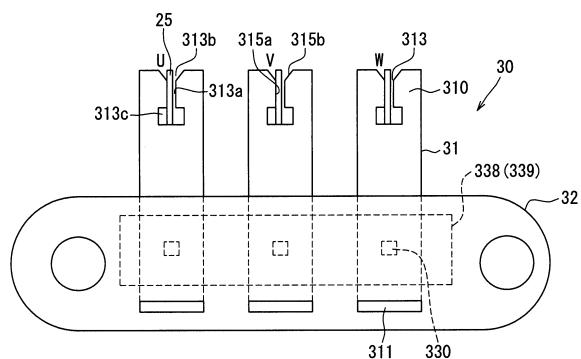
【図9】



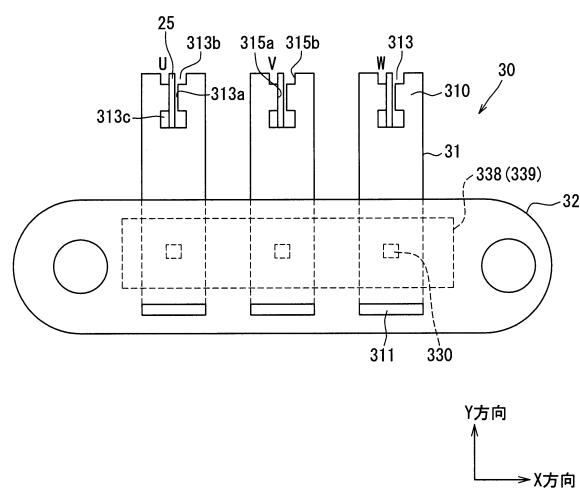
【図11】



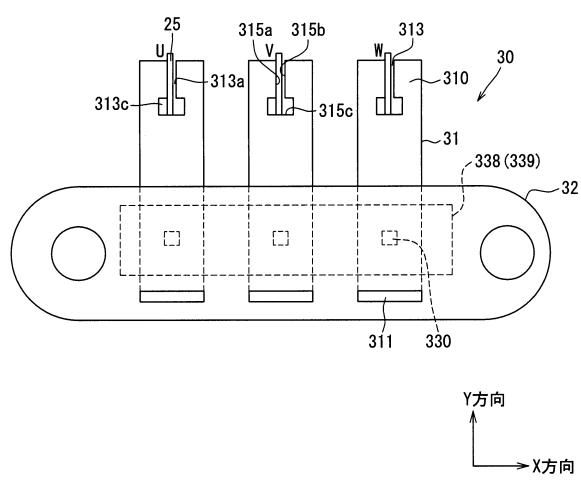
【図12】



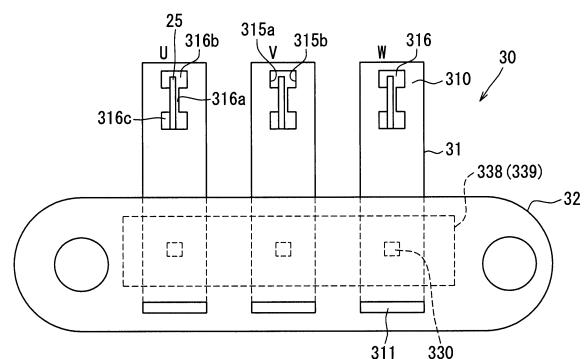
【図13】



【図14】



【図15】



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

審査官 麻生 哲朗

(56)参考文献 特開2015-033201(JP, A)
特開2011-172469(JP, A)
特開2011-010496(JP, A)
特開2011-114966(JP, A)
国際公開第2015/087433(WO, A1)
特開2000-209739(JP, A)
特開平04-109579(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 1/00 - 3/44
H02M 7/00 - 7/98