

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7334485号  
(P7334485)

(45)発行日 令和5年8月29日(2023.8.29)

(24)登録日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 23/12 (2006.01)  
H 0 1 L 25/07 (2006.01)  
H 0 1 L 25/18 (2023.01)  
H 0 1 R 4/58 (2006.01)  
H 0 1 R 43/16 (2006.01)

H 0 1 L 23/12 K  
H 0 1 L 25/04 C  
H 0 1 R 4/58 C  
H 0 1 R 43/16

請求項の数 12 (全16頁)

(21)出願番号 特願2019-106886(P2019-106886)  
(22)出願日 令和1年6月7日(2019.6.7)  
(65)公開番号 特開2020-202239(P2020-202239  
A)  
(43)公開日 令和2年12月17日(2020.12.17)  
審査請求日 令和4年5月16日(2022.5.16)

(73)特許権者 000005234  
富士電機株式会社  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
(74)代理人 110000877  
弁理士法人 R Y U K A 国際特許事務所  
(72)発明者 仲野 逸人  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内  
(72)発明者 酒井 俊  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内  
審査官 高橋 優斗

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体モジュールの外部接続部、半導体モジュールの外部接続部の製造方法、半導体モジュール、車両、及び外部接続部とバスバーとの接続方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

外部接続端子と、  
前記外部接続端子の下面側に設けられたナットと  
を備える半導体モジュールの外部接続部であって、  
前記外部接続端子は、  
導体と、  
前記導体の上面上に設けられた第1金属層と、  
前記第1金属層上に設けられた第2金属層と、  
前記導体の下面上に設けられた下面金属層と  
を有し、

前記第1金属層は、前記第2金属層より高い硬度を有し、

前記第1金属層は、前記下面金属層と同じ材料から形成され、

前記下面金属層は、前記ナットと直接接触する、外部接続部。

【請求項2】

前記導体は、1.0mm以上7.0mm以下の厚さを有し、

前記第1金属層は、0.1μm以上10μm以下の厚さを有し、

前記第2金属層は、0.1μm以上10μm以下の厚さを有し、

前記下面金属層は、前記第1金属層と同じである又はそれより大きい厚さを有する、請求項1に記載の外部接続部。

## 【請求項 3】

前記導体は、銅又は銅合金から形成され、

前記第 1 金属層及び前記下面金属層は、光沢ニッケル層であり、

前記第 2 金属層は、金属、無光沢ニッケル層、銅スズ合金層又は銀層である、請求項 1 又は 2 に記載の外部接続部。

## 【請求項 4】

前記第 2 金属層は、前記第 1 金属層の一部を覆うように設けられる、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の外部接続部。

## 【請求項 5】

前記ナットの外径は、前記ナットに対応するネジの最大径と同じである又はそれより小さい、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の外部接続部。

10

## 【請求項 6】

前記ナットは、前記半導体モジュールの筐体と一体化されている、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の外部接続部。

## 【請求項 7】

前記ナットは、前記外部接続端子側にフランジを有するフランジ形ナットである、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の外部接続部。

## 【請求項 8】

外部接続端子を提供する段階と、

前記外部接続端子の下面側にナットを設ける段階と

を備える半導体モジュールの外部接続部の製造方法であって、

前記外部接続端子を提供する段階は、

導体を設ける段階と、

前記導体の上面上に第 1 金属層を設ける段階と、

前記第 1 金属層上に第 2 金属層を設ける段階と、

前記導体の下面上に下面金属層を設ける段階と

を含み、

前記第 1 金属層は、前記第 2 金属層より高い硬度を有し、

前記第 1 金属層は、前記下面金属層と同じ材料から形成され、

前記下面金属層は、前記ナットと直接接触する、製造方法。

20

30

## 【請求項 9】

前記外部接続端子を提供する段階は、上面側に向かって凸形状を有する外部接続端子を形成する段階を含む、請求項 8 に記載の製造方法。

## 【請求項 10】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の外部接続部を備える半導体モジュール。

## 【請求項 11】

請求項 10 に記載の半導体モジュールを備える車両。

## 【請求項 12】

請求項 1 に記載の外部接続部とバスバーとの接続方法であって、

前記バスバーを前記外部接続端子の上面側に配置する段階と、

前記バスバーの穴及び前記外部接続端子のネジ穴にネジのネジ部を挿入する段階と、

前記ネジの締め込みにより、前記ナットの端部を前記下面金属層に食い込ませる段階とを備える接続方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体モジュールの外部接続部、半導体モジュールの外部接続部の製造方法、半導体モジュール、車両、及び外部接続部とバスバーとの接続方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

50

従来、半導体モジュールは、外部接続端子を通して外部と接続され、主電力を入力又は出力することが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

[ 先行技術文献 ]

[ 特許文献 ]

[ 特許文献 1 ] 特開 2010 - 098036 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の実施形態により、外部接続の確実性を向上させた半導体モジュールの外部接続部を提供する。

10

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の態様においては、半導体モジュールの外部接続部を提供する。外部接続部は、外部接続端子と、外部接続端子の下面側に設けられたナットとを備える半導体モジュールの外部接続部であって、外部接続端子は、導体と、導体の上面上に設けられた第 1 金属層と、第 1 金属層上に設けられた第 2 金属層と、導体の下面上に設けられた下面金属層とを有する。

【0005】

第 1 金属層は、第 2 金属層より高い硬度を有してよい。

【0006】

第 1 金属層は、下面金属層と同じ材料から形成されてよい。

20

【0007】

導体は、1.0 mm 以上 7.0 mm 以下の厚さを有し、第 1 金属層は、0.1 μm 以上 10 μm 以下の厚さを有し、第 2 金属層は、0.1 μm 以上 10 μm 以下の厚さを有し、下面金属層は、第 1 金属層と同じである又はそれより大きい厚さを有してよい。

【0008】

導体は、銅又は銅合金から形成され、第 1 金属層及び下面金属層は、光沢ニッケル層であり、第 2 金属層は、金層、無光沢ニッケル層、銅スズ合金層又は銀層である。

【0009】

第 2 金属層は、第 1 金属層の一部を覆うように設けられてよい。

30

【0010】

ナットの外径は、ナットに対応するネジの最大径と同じである又はそれより小さくてよい。

【0011】

ナットは、半導体モジュールの筐体と一体化されてよい。

【0012】

ナットは、外部接続端子側にフランジを有するフランジ形ナットであってよい。

【0013】

本発明の第 2 の態様においては、半導体モジュールの外部接続部の製造方法を提供する。製造方法は、外部接続端子を提供する段階と、外部接続端子の下面側にナットを設ける段階とを備える半導体モジュールの外部接続部の製造方法であって、外部接続端子を提供する段階は、導体を設ける段階と、導体の上面上に第 1 金属層を設ける段階と、第 1 金属層上に第 2 金属層を設ける段階と、導体の下面上に下面金属層を設ける段階とを含む。

40

【0014】

外部接続端子を提供する段階は、上面側に向かって凸形状を有する外部接続端子を形成する段階を含んでよい。

【0015】

本発明の第 3 の態様においては、半導体モジュールを提供する。半導体モジュールは、本発明の第 1 の態様に係る外部接続部を備える。

【0016】

50

本発明の第４の態様においては、車両を提供する。車両は、本発明の第３の態様に係る半導体モジュールを備える。

【００１７】

本発明の第５の態様においては、外部接続部とバスバーとの接続方法を提供する。接続方法は、バスバーを外部接続端子の上面側に配置する段階と、バスバーの穴及び外部接続端子のネジ穴にネジのネジ部を挿入する段階と、ネジの締め込みにより、ナットの端部を下面金属層に食い込ませる段階と、を備える。

【００１８】

なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

10

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１Ａ】本発明の実施形態に係る半導体モジュール１００の上面の概略図である。

【図１Ｂ】本発明の実施形態に係る外部接続部２０の拡大上面図である。

【図１Ｃ】本発明の実施形態に係る外部接続部２０の分解断面図である。

【図１Ｄ】本発明の実施形態に係る外部接続部２０の断面図である。

【図２】参考例に係る外部接続部３２０の断面図である。

【図３】本発明の実施形態に係る外部接続部２０の別の例を示す上面図である。

【図４】本発明の実施形態に係る外部接続部２０のさらに別の例を示す分解断面図である。

【図５】本発明の実施形態に係る外部接続部２０の製造方法を示す説明図である。

20

【図６】本発明の実施形態に係る車両２００の概略図である。

【図７】本発明の実施形態に係る半導体モジュール１００の主回路図である。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【００２１】

本明細書においては半導体モジュールの深さ方向と平行な方向における一方の側を「上」、他方の側を「下」と称する。基板、層又はその他の部材の２つの主面のうち、一方の面を上面、他方の面を下面と称する。「上」、「下」の方向は重力方向、又は、半導体チップの実装時における基板等への取り付け方向に限定されない。

30

【００２２】

図１Ａは、本発明の実施形態に係る半導体モジュール１００の上面の概略図を示す。半導体モジュール１００は、筐体５０、筐体５０内に収容された半導体セル１０、及び外部接続部２０を有する。本明細書において、図１Ａの上面視における矩形状の筐体５０の長辺方向をＸ軸とし、短辺方向をＹ軸とする。例えば、半導体モジュール１００は、インテリジェントパワーモジュール（ＩＰＭ）である。また、Ｘ軸方向とＹ軸方向に対し、右手系をなす方向であって、半導体モジュール１００において、半導体セル１０を有する側の方向をＺ軸方向とする。また、上面視とは、Ｚ軸の正の方向から半導体モジュール１００を見ることを意味する。

40

【００２３】

半導体セル１０は、絶縁基板と、絶縁基板の上方に配置された複数個の半導体チップ１２を含む組立品（アSEMBリ）である。絶縁基板は、絶縁板９２及び回路層９４を含んでよい。半導体セル１０は、さらに導電部材９３を有してよい。導電部材９３は、例えばワイヤ、リボンやクリップなどである。絶縁板９２、回路層９４及び半導体チップ１２はＺ軸方向に順に配置されてよい。半導体チップ１２は、金属酸化物電界効果トランジスタ（ＭＯＳ－ＦＥＴ）、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）、逆導通ＩＧＢＴ（ＲＣ－ＩＧＢＴ：Reverse-conducting IGBT）等のスイッチング素子を有する。ＲＣ－ＩＧＢＴは、ＩＧＢＴ及び還流ダイオード（ＦＷＤ：Free W

50

heel Diode)を同一のチップに含む素子である。また、半導体モジュール100は、U相、V相、及びW相を有する三相インバータモジュールであってもよい。半導体セル10における、回路層94、半導体チップ12及び導電部材93は電氣的に接続され、ハーフブリッジ回路を構成してよい。回路層94は、外部接続部20と電氣的に接続されてよい。

#### 【0024】

外部接続部20は、半導体モジュール100の主電流が入力又は出力される。外部接続部20は、半導体チップ12と電氣的に接続される。外部接続部20に、電流が出力されるか入力されるかは、対応する半導体モジュール100の使用目的に応じて設定され、いずれかに限定されるものではない。半導体モジュール100が三相インバータモジュールである場合、外部接続部20には、U相、V相、及びW相をそれぞれ駆動するための電流が入出力される。外部接続部20は、電源端子あるいは負荷端子として機能してよい。電源端子としての外部接続部20と、負荷端子としての外部接続部20とは大きさや形状が異なってもよい。

10

#### 【0025】

筐体50は、射出成形により形成可能な熱硬化型樹脂、又は、UV成形により形成可能な紫外線硬化型樹脂等の樹脂、等の樹脂により形成される。筐体50を成形する樹脂は、例えばポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂、ポリブチレンテレフタレート(PBT)樹脂、ポリアミド(PA)樹脂、アクリロニトリルブタジエンスチレン(ABS)樹脂及びアクリル樹脂等から選択される1又は複数の高分子材料を含む。

20

#### 【0026】

底板90は、半導体チップ12が設置される絶縁基板の下方に設けられる。底板90は、XY面と平行な平面を有する板状の金属板であってよい。一例として、底板90は、アルミニウム、銅などを含む金属で形成される。

#### 【0027】

絶縁基板は、一例として、上面と下面を有する絶縁板92と、絶縁板92の上面に設けられた回路層94と、下面に設けられた金属層(図示せず)とを順に含む積層基板であってよい。絶縁基板は、例えば、DCB(Direct Copper Bonding)基板やAMB(Active Metal Brazing)基板であってよい。絶縁板92は、アルミナ( $Al_2O_3$ )、窒化アルミニウム( $AlN$ )、窒化ケイ素( $Si_3N_4$ )等のセラミックス材料を用いて形成されてよい。回路層94及び金属層は、銅あるいは銅合金などの導電材料を含む板材であってよい。

30

#### 【0028】

図1Bは、本発明の実施形態に係る外部接続部20の拡大上面図である。具体的には、図1Bは、外部接続時における外部接続部20を示す。外部接続部20は、バスバー30により外部接続され、外部との間で電流を入出力する。外部接続時とは、外部接続部20と、外部接続部20上に重ねられたバスバー30とが、ネジ32で共締めされている状態を指す。外部接続部20の周囲は筐体50で囲まれている。

#### 【0029】

バスバー30は、板状の導体である。バスバー30は、導電性を有する、銅あるいは銅合金などの金属からなる板状部材であってよい。本例のバスバー30は、上面視において外部接続部20の全体を覆うようなサイズに形成される。バスバー30の上面視におけるサイズは、ネジ32により共締めできるものであればこれに限定されない。

40

#### 【0030】

一例として、バスバー30は、5mm以上の厚さを有する。このような厚さを有するバスバー30は、半導体モジュール100が1200A以上の大電流を使用するパワーモジュールである場合にも電力を供給できる。

#### 【0031】

ネジ32は、外部接続部20とバスバー30とを共締めする。ネジ32は、ネジ頭34及びネジ部36を有する。一例として、ネジ頭34は、上面視において円形の形状を有す

50

る。但し、ネジ頭 3 4 の形状は円形に限定されるものでなく、六角形などの多角形構造であってよい。ネジ頭 3 4 には、十字穴が設けられている。ネジ頭 3 4 に設けられる穴の種類は十字穴に限定されない。一例として、ネジ 3 2 は、M 4 ネジから M 6 ネジであってよい。ネジ 3 2 は、鉄、銅、アルミニウムなどの合金から選択される金属により形成されるほか、強化プラスチックから形成されてもよい。

#### 【 0 0 3 2 】

図 1 C は、本発明の実施形態に係る外部接続部 2 0 の分解断面図である。図 1 C は、外部接続部 2 0 と併せて、バスバー 3 0 及びネジ 3 2 も示す。

#### 【 0 0 3 3 】

外部接続部 2 0 は、外部接続端子 2 5 と、外部接続端子 2 5 の下面側に設けられたナット 4 0 とを有する。外部接続端子 2 5 は、導体 6 0 と、導体 6 0 の上面 6 2 上に設けられた第 1 金属層 7 1 と、第 1 金属層 7 1 上に設けられた第 2 金属層 7 2 と、導体 6 0 の下面 6 4 上に設けられた下面金属層 7 3 とを有する。換言すると、外部接続端子 2 5 において、第 2 金属層 7 2 の外面がバスバー 3 0 との締結面に相当し、下面金属層 7 3 の外面がナット面に相当する。また、外部接続端子 2 5 は、外部接続端子 2 5 を貫通して設けられたネジ穴 2 8 を有する。

10

#### 【 0 0 3 4 】

本例の外部接続端子 2 5 は、X - Y 平面において、平坦であってもよく、また外部接続端子 2 5 の上面側に向かって凸形状を有してもよい。外部接続端子 2 5 が凸形状であると、バスバー 3 0 は、外部接続時に、ネジ穴 2 8 周辺領域において第 2 金属層 7 2 と接触し、ナット 4 0 は、後述する端部 4 4 において下面金属層 7 3 に接触する。例えば凸形状の外部接続端子 2 5 は、最大で 2 0 0  $\mu$ m の曲率半径を有する。

20

#### 【 0 0 3 5 】

導体 6 0 は、導電性の材料で形成される。例えば、導体 6 0 は、銅あるいは銅合金を含む。導体 6 0 は、銅あるいは銅合金を含む板材から形成されてよい。

#### 【 0 0 3 6 】

導体 6 0 は、ナット 4 0 及びネジ頭 3 4 からの締め付けトルクによる座屈に対し、十分な耐性を有する厚さに設定される。また、導体 6 0 は、外部接続端子 2 5 から半導体モジュール 1 0 0 への電流が十分に送電可能な厚さに設定される。一例として、導体 6 0 の上面 6 2 から下面 6 4 までの厚さは、1 . 0 mm 以上 7 . 0 mm 以下である。

30

#### 【 0 0 3 7 】

以上のように、導体 6 0 の厚さは、導体 6 0 として選択される材料の剛性及び導電性等に応じて設定される。導体 6 0 に別の材料が使用される場合には、導体 6 0 は、使用される材料の物性に応じて、異なる厚さに設定されてよい。

#### 【 0 0 3 8 】

第 1 金属層 7 1 は、硬度の高い材料で形成される。第 1 金属層 7 1 は、第 2 金属層 7 2 より高い硬度を有する。一例として、第 1 金属層 7 1 は、主にニッケルから形成される光沢ニッケルメッキ層である。ニッケルメッキを用いる場合、汚れに強く、元素的に安定で腐食にも強く、硬度が高く傷が付きにくいメッキを、低廉なコストで提供できる。本例の第 1 金属層 7 1 は、導体 6 0 の上面 6 2 を全体的に覆っている。一例として、第 1 金属層 7 1 は、0 . 1  $\mu$ m 以上 1 0  $\mu$ m 以下の厚さを有する。

40

#### 【 0 0 3 9 】

第 2 金属層 7 2 は、外部接続端子 2 5 の上面側でバスバー 3 0 との締結面を構成する。本例の第 2 金属層 7 2 は、第 1 金属層 7 1 より硬度の低い材料で形成される。一例として、第 2 金属層 7 2 は、金属、無光沢ニッケル層、銅スズ合金層又は銀層である。これにより、外部接続時に、外部接続端子 2 5 とバスバー 3 0 との間の接触抵抗を低くすることができる。本例の第 2 金属層 7 2 は、第 1 金属層 7 1 の上面を全体的に覆っている。一例として、第 2 金属層 7 2 は、0 . 1  $\mu$ m 以上 1 0  $\mu$ m 以下の厚さを有する。

#### 【 0 0 4 0 】

下面金属層 7 3 は、外部接続端子 2 5 の下面側でナット面を構成する。下面金属層 7 3

50

は、第1金属層71と同じ材料から形成される。従って、下面金属層73は、第2金属層72より高い硬度を有する。本例の下面金属層73は、導体60の下面64を全体的に覆っている。一例として、下面金属層73は、主にニッケルから形成される光沢ニッケルメッキ層である。

#### 【0041】

下面金属層73は、外部接続時に、ナット40の食い込みを受容できる厚さに設定される。下面金属層73は、第1金属層と同じである又はそれより大きい厚さを有する。一例として、下面金属層73は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下の厚さを有する。好ましくは、下面金属層73は、 $1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下の厚さを有する。

#### 【0042】

以下、第1金属層71、第2金属層72及び下面金属層73に適用可能な金属層について説明する。各金属層は公知のメッキ法により成膜することができる。各金属層は、後述する添加剤のほか、不可避免的な不純物を含んでいてもよい。

#### 【0043】

##### (1) 光沢ニッケル層

本例の光沢ニッケル層は、光沢ニッケルメッキ層であってよい。例えば光沢ニッケルメッキ層は、電解メッキで形成される。電解メッキは、洗浄工程、膜厚 $0.5\mu\text{m}$ 以下の下地メッキ工程、メッキ工程、及び洗浄工程を順に含む。

#### 【0044】

一例として、メッキ液は、主成分として硫酸ニッケル、塩化ニッケル、ホウ酸を含み、添加剤として、サッカリン、ナフタレンジスルホン酸ナトリウムなどの硫黄系成分を含む1次光沢剤、及びブチンジオール、プロパルギルアルコール、クマリンなどの不飽和アルコール成分を含む2次光沢剤を含む。膜の硬さは光沢剤によって調整でき、HV(ピッカース硬さ)値400~600である。

#### 【0045】

##### (2) 無光沢ニッケル層

本例の無光沢ニッケル層は、無光沢ニッケルメッキ層であってよい。一般的に、無光沢ニッケルメッキ層は、光沢剤を含まないメッキ液で成膜される点で光沢ニッケルメッキ層と相違する。なお、一般的な無光沢ニッケル層に代えて、少量の光沢剤を含むメッキ液で成膜される半光沢ニッケルメッキ層が適用されてもよい。この場合、膜の硬さは光沢剤によってHV(ピッカース硬さ)値200~300に調整できる。

#### 【0046】

##### (3) 銅スズ合金層

本例の銅スズ合金層は、積層された銅層及びスズ層の加熱処理により形成されてよい。銅層及びスズ層は、母材側から順に、無光沢ニッケルメッキ層の上に形成されてよい。下地の無光沢ニッケルメッキ層は、上述の通りに形成される。銅メッキ層は、シアン化銅、硫酸銅又はピロリン酸銅のメッキ層である。スズメッキ層は、アルカリ性浴、メタンスルホン酸浴、硫酸浴、中性浴(カルボン酸浴)で形成される。

#### 【0047】

メッキ後、150~200 で1時間の加熱処理を行い、銅スズ合金メッキ層を形成する。膜の硬さは、HV値300~600であり、最大膜厚は無光沢ニッケル/銅/スズ= $2\mu\text{m}/0.3\mu\text{m}/0.5\mu\text{m}$ である。

#### 【0048】

##### (4) 金層

本例の金層は、金メッキ層であってよい。例えば金メッキ層は、無電解メッキで形成される。メッキ液は、金イオンの供給源としてシアン化金カリウムを主成分としたアルカリ性浴である。あるいは、メッキ液は、クエン酸又はリン酸を主成分とした酸性浴であってよい。メッキ液には、被膜調整添加剤として微量のコバルトが添加される。金メッキ層の下地として、光沢ニッケルメッキ層が用いられてもよい。

#### 【0049】

10

20

30

40

50

膜の硬さは、HV値70～200であり、最大膜厚は光沢ニッケル/金 = 3.0 μm / 0.1 μmである。

【0050】

(5) 銀層

本例の銀層は、銀メッキ層であってよい。例えば銀メッキ層は、無電解メッキで形成される。メッキ液は、シアン化銀カリウム  $KAg(CN)_2$  を主成分とし、他に遊離シアン化カリウム  $KCN$  又はシアン化ナトリウム  $NaCN$ 、炭酸カリウム  $K_2CO_3$ 、水酸化カリウム  $KOH$ 、光沢剤及び硬化剤を含む。

【0051】

成膜工程は、アルカリ脱脂、水洗、化学研磨、水洗、酸洗、水洗、中和、水洗、銅ストライク、水洗、銀ストライク、水洗(省略される場合あり)、銀メッキ、水洗、変色防止(省略される場合あり)、熱風乾燥の工程を順に含む。

10

【0052】

膜の硬さは、HV値70～200であり、最大膜厚は光沢Ni/銀 = 3.0 μm / 2.0 μmである。

【0053】

なお、本例の金属層の硬度(ピッカース硬さ)は、各金属層を銅板の導体60に成膜した後(Cu-Sn合金層は熱処理後)、JIS Z 2244に規定される測定条件により測定される。

【0054】

第1金属層71(下面金属層73)と第2金属層72との好適な組み合わせの例は以下のとおりである。

20

- ・光沢ニッケル層及び無光沢ニッケル層
- ・光沢ニッケル層及び金層
- ・光沢ニッケル層及び銀層
- ・光沢ニッケル層及びスズ層(スズ層のHV値 = 約10)

【0055】

ナット40は、外部接続端子25の下面側に設けられている。ナット40は、ナット穴42を有する。ナット40は、筐体50に設けられた開口を有する収容部51内に予め收容されている。ナット40は、鉄、銅、アルミニウムなどの合金から選択される金属により形成されるほか、強化プラスチックから形成されてもよい。

30

【0056】

またナット40は、外部接続端子25側の上面に、端部44を有する。ナット40は、端部44において外部接続端子25の下面金属層73と接触する。ナット40と下面金属層73との間に他の金属層が設けられることなく、ナット40と下面金属層73とは直接接触することが好ましい。

【0057】

ナット40の外径  $D_n$  は、ネジ32の最大径  $D_s$  と同じである又はそれより小さい。例えばナット40の外径  $D_n$  は、外部接続時に外部接続端子25と接触する上面における外径である。例えばナット40の外径  $D_n$  は、ネジ頭34の外径と同じである又はそれより小さい。換言すると、外部接続時に、上面視において、ナット40は、ネジ32によって全体的に覆われている。

40

【0058】

図1Dは、本発明の実施形態に係る外部接続部20の断面図である。図1Cは、図1BのA-A'断面図(Y-Z平面断面図)の一例である。

【0059】

外部接続時、外部接続端子25がナット40の上面側に配置され、次に、バスバー30が外部接続端子25の上面側に配置される。ここで、外部接続端子25及びバスバー30は、バスバー30の穴と外部接続端子25のネジ穴28とナット40のナット穴42とが上面視で同心円状となるように配置される。

50

## 【 0 0 6 0 】

なお、本例のナット 4 0 は、樹脂 5 5 により樹脂封止され、筐体 5 0 の收容部 5 1 に固定される。樹脂 5 5 は、常温で固化しナット 4 0 の位置を固定可能な材料であれば、材料は限定されない。ナット 4 0 は、樹脂 5 5 を設けることなく、ナット 4 0 が回転しないように收容部 5 1 に嵌合又は埋設されてもよい。

## 【 0 0 6 1 】

また、ナット 4 0 は、筐体 5 0 と一体化されていてよい。一例として、ナット 4 0 は、筐体 5 0 と一体成形（インサート成形）される。ナット 4 0 の固定位置の深さは、ネジ 3 2 の長さ等、半導体モジュール 1 0 0 全体の設計に応じて決定される。

## 【 0 0 6 2 】

ネジ 3 2 のネジ部 3 6 がバスバー 3 0 及び外部接続端子 2 5 のネジ穴 2 8 を貫通し、ナット 4 0 のナット穴 4 2 に締め込まれることにより、ネジ 3 2 がバスバー 3 0 と外部接続部 2 0 とを共締めする。

## 【 0 0 6 3 】

外部接続端子 2 5 及びバスバー 3 0 の配置後、ネジ 3 2 が締め込まれて、バスバー 3 0 と外部接続部 2 0 とが共締めされる。ネジ 3 2 が締め込まれると、バスバー 3 0 と第 2 金属層 7 2 とが接触する。本例の第 2 金属層 7 2 は、無光沢ニッケルのような硬度の低い材料で形成されている。そのため、外部接続端子 2 5 のバスバー 3 0 締結面は接触抵抗が低く、ネジ 3 2 の締め込み時にバスバー 3 0 との間に隙間が生じない。その結果、外部接続時に、バスバー 3 0 と外部接続端子 2 5 とを十分に密着させることができる。

## 【 0 0 6 4 】

一方、ネジ 3 2 が締め込まれると、ナット 4 0 に締めトルクがかかる。ここで、下面金属層が柔らかいと、ナット 4 0 の端部 4 4 は下面金属層上を滑って外部接続端子 2 5 に十分に支持されず、ナット 4 0 による締めトルクの負担が大きくなる。その結果、ナット 4 0 を保持する樹脂 5 5 にかかる締めトルクも大きくなり、亀裂を生じさせることがある。

## 【 0 0 6 5 】

本例の下面金属層 7 3 は、ニッケルのような硬度の高い材料で形成されている。そのため、ネジ 3 2 の締め込み時にナット 4 0 の端部 4 4 が下面金属層 7 3 に食い込み、ナット 4 0 及び外部接続端子 2 5 によって締めトルクを受けることができるので、ナット 4 0 の回転を防止することができる。

## 【 0 0 6 6 】

また、上述したように、本例の外部接続端子 2 5 は、外部接続端子 2 5 の上面側に向かって凸形状を有してもよく、凸形状の外部接続端子 2 5 に対し、ナット 4 0 の端部 4 4 は下面金属層 7 3 に接触しやすい。さらに、ナット 4 0 の外径  $D_n$  は、ネジ 3 2 の最大径  $D_s$  と同じである又はそれより小さい。そのため、ネジ 3 2 の締め込み時に、ナット 4 0 の上面全体がネジ頭 3 4 によって押圧され、ナット 4 0 の端部 4 4 を確実に下面金属層 7 3 に食い込ませることができる。

## 【 0 0 6 7 】

図 2 は、参考例に係る外部接続部 3 2 0 の分解断面図である。なお、図 2 において、図 1 A から図 1 D で説明した外部接続部 2 0 と共通する構成要素には、同じである又は類似の符号が付されている。

## 【 0 0 6 8 】

図 2 において、外部接続端子 3 2 5 は、X - Y 平面において、外部接続端子 3 2 5 の上面側に向かって凹形状を有する。そのため、外部接続時に、バスバー 3 0 は、上面側に突出する第 2 金属層 7 2 の外延と接触し、ナット 4 0 は、ネジ穴 2 8 周辺領域において下面金属層 7 3 に接触する。従って、ナット 4 0 の端部 4 4 は、外部接続端子 3 2 5 と十分に接触していない又は外部接続端子 3 2 5 から離間していることがある。

## 【 0 0 6 9 】

上述のように、下面金属層 7 3 は、硬度の高い材料で形成されている。そのため、ナット 4 0 の端部 4 4 と下面金属層 7 3 との接触が不十分であると、ネジ 3 2 の締め込み時に

10

20

30

40

50

、ナット40の端部44は下面金属層73に十分に食い込み難い。その結果、ナット40を保持する樹脂55に締めトルクがかかり、亀裂を生じさせることがある。

【0070】

以上のように、参考例に係る外部接続部320は、本発明の実施形態に係る外部接続部20のようにバスター30と外部接続端子25とを密着させることができず、十分に外部接続をすることができない。

【0071】

図3は、本発明の実施形態に係る外部接続部20の別の例を示す上面図である。具体的には、図3は、外部接続部25の上面図である。なお、図3において、図1Aから図1Dで説明した外部接続部20と共通する構成要素には、同じである又は類似の符号が付されている。

10

【0072】

図3において、第1金属層71は、導体60の上面62を全体的に覆うように設けられているが、第2金属層72は、第1金属層71の一部を覆うように設けられている。本例の第2金属層72は、第1金属層71のネジ穴28周辺領域を、ネジ穴28と同心円状に覆っている。

【0073】

第2金属層72を設ける領域は、外部接続時にバスター30と外部接続部25とが十分に密着するように、第2金属層72に使用される材料の剛性等に応じて設定される。一例として、第2金属層72は、外部接続時に、上面視においてネジ頭34が占める範囲に対応する領域に設けられてよい。

20

【0074】

第2金属層72を第1金属層71の一部のみを覆うように設けることにより、第1金属層71を全体的に覆う場合と比較して、コストを抑制することができる。

【0075】

図4は、本発明の実施形態に係る外部接続部20のさらに別の例を示す分解断面図である。なお、図4において、図1Aから図1Dで説明した外部接続部20と共通する構成要素には、同じである又は類似の符号が付されている。

【0076】

図4に示すように、本例のナット40は、外部接続端子25側にフランジを有するフランジ形ナットである。この場合、ナット40の外径Dnはフランジの外径に相当し、フランジの外径は、ネジ頭34の外径と同じである又はそれより小さい。ナット40としてフランジ形ナットを用いることにより、ネジ32の締め込み時に、ナット40にトルクをかけやすくなる。そのため、ナット40の回転を確実に防止することができる。

30

【0077】

図5は、本発明の実施形態に係る外部接続部20の製造方法を示す説明図である。本例の製造方法は、S102からS110までの段階を有する。

【0078】

S102で、上面62及び下面64を有する導体60が提供される。一例として、導体60は、銅から形成される。

40

【0079】

S104において、導体60の上面62上に第1金属層71が設けられる。また、導体60の下面64に下面金属層73が設けられる。例えば、導体60をメッキ液に浸漬することにより、第1金属層71及び下面金属層73が同時に設けられる。第1金属層71及び下面金属層73は、ニッケルメッキであってよい。

【0080】

S106において、第1金属層71上に第2金属層72が設けられる。例えば、導体60の下面64をマスクし、導体60をメッキ液に浸漬することにより、第1金属層71上に第2金属層72が設けられる。第2金属層72は、金、無光沢ニッケル、銅スズ合金メッキ、又は銀のいずれかのメッキであってよい。

50

## 【 0 0 8 1 】

S 1 0 2 ~ S 1 0 6 により、外部接続端子 2 5 が提供される。

## 【 0 0 8 2 】

S 1 0 8 において、外部接続端子 2 5 は、上面側に向かって凸形状に加工される。本例の外部接続端子 2 5 は、金型に配置され、図 5 において黒矢印で示す方向、すなわち X - Y 平面における外延を上方から下方へ、中心を下方から上方へとプレスされることにより、凸形状に加工される。さらに S 1 1 0 において、外部接続端子 2 5 に穴抜き及び外形抜きを同時に行うことにより、ネジ穴 2 8 が形成される。

## 【 0 0 8 3 】

S 1 1 0 において、外部接続端子 2 5 の下面側にナット 4 0 が設けられる。例えば外部接続端子 2 5 は、予め筐体 5 0 の収容部 5 1 に収容されたナット 4 0 の上に、ネジ穴 2 8 とナット穴 4 2 とが同心円状になるように配置される。

10

## 【 0 0 8 4 】

図 6 は、本発明の実施形態に係る車両 2 0 0 の概略図である。車両 2 0 0 は、少なくとも一部の推進力を、電力を用いて発生する車両である。一例として車両 2 0 0 は、全ての推進力をモーター等の電力駆動機器で発生させる電気自動車、又は、モーター等の電力駆動機器と、ガソリン等の燃料で駆動する内燃機関とを併用するハイブリッド車である。

## 【 0 0 8 5 】

車両 2 0 0 は、モーター等の電力駆動機器を制御する制御装置 2 1 0 (外部装置)を備える。制御装置 2 1 0 には、半導体モジュール 1 0 0 が設けられている。半導体モジュール 1 0 0 は、電力駆動機器に供給する電力を制御してよい。

20

## 【 0 0 8 6 】

図 7 は、本発明の実施形態に係る半導体モジュール 1 0 0 の主回路図である。半導体モジュール 1 0 0 は、車両のモーターを駆動する車載用ユニットの一部であってよい。半導体モジュール 1 0 0 は、入力端子 P 及び N、出力端子 U、V 及び W を有する三相交流インバータ回路として機能してよい。

## 【 0 0 8 7 】

第 1 半導体チップ 7 8 と第 2 半導体チップ 7 9 とが並列に接続された半導体チップを、半導体チップ 8 0 とする。半導体チップ 8 0 - 1、半導体チップ 8 0 - 2 及び半導体チップ 8 0 - 3 は、半導体モジュール 1 0 0 における下アームを構成してよい。半導体チップ 8 0 - 4、半導体チップ 8 0 - 5 及び半導体チップ 8 0 - 6 は、半導体モジュール 1 0 0 における上アームを構成してよい。一組の半導体チップ 8 0 - 1 及び半導体チップ 8 0 - 4 は、レグを構成してよい。一組の半導体チップ 8 0 - 2 及び半導体チップ 8 0 - 5 は、レグを構成してよい。一組の半導体チップ 8 0 - 3 及び半導体チップ 8 0 - 6 は、レグを構成してよい。

30

## 【 0 0 8 8 】

半導体チップ 8 0 - 1 においては、第 1 半導体チップ 7 8 - 2 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 2 のエミッタ電極が入力端子 N 1 に、第 1 半導体チップ 7 8 - 2 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 2 のコレクタ電極が出力端子 U に、それぞれ電氣的に接続されてよい。半導体チップ 8 0 - 4 においては、第 1 半導体チップ 7 8 - 1 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 1 のエミッタ電極が出力端子 U に、第 1 半導体チップ 7 8 - 1 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 1 のコレクタ電極が入力端子 P 1 に、それぞれ電氣的に接続されてよい。

40

## 【 0 0 8 9 】

半導体チップ 8 0 - 2 においては、第 1 半導体チップ 7 8 - 2 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 2 のエミッタ電極が入力端子 N 2 に、第 1 半導体チップ 7 8 - 2 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 2 のコレクタ電極が出力端子 V に、それぞれ電氣的に接続されてよい。半導体チップ 8 0 - 5 においては、第 1 半導体チップ 7 8 - 1 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 1 のエミッタ電極が出力端子 V に、第 1 半導体チップ 7 8 - 1 及び第 2 半導体チップ 7 9 - 1 のコレクタ電極が入力端子 P 2 に、それぞれ電氣的に接続されてよい。

## 【 0 0 9 0 】

50

半導体チップ 80 - 3 においては、第 1 半導体チップ 78 - 2 及び第 2 半導体チップ 79 - 2 のエミッタ電極が入力端子 N 3 に、第 1 半導体チップ 78 - 2 及び第 2 半導体チップ 79 - 2 のコレクタ電極が出力端子 W に、それぞれ電氣的に接続されてよい。半導体チップ 80 - 6 においては、第 1 半導体チップ 78 - 1 及び第 2 半導体チップ 79 - 1 のエミッタ電極が出力端子 W に、第 1 半導体チップ 78 - 1 及び第 2 半導体チップ 79 - 1 のコレクタ電極が入力端子 P 3 に、それぞれ電氣的に接続されてよい。

【 0 0 9 1 】

半導体チップ 80 - 1 から半導体チップ 80 - 6 は、第 1 半導体チップ 78 及び第 2 半導体チップ 79 の制御電極パッドに入力される信号により、交互にスイッチングされてよい。本例において、第 1 半導体チップ 78 及び第 2 半導体チップ 79 は、スイッチング時に発熱してよい。

10

【 0 0 9 2 】

入力端子 P 1、P 2 及び P 3 は、外部電源の正極にバスバー 30 を介して接続されてよい。入力端子 N 1、N 2 及び N 3 は、外部電源の負極にバスバー 30 を介して接続されてよい。入力端子 P 1、P 2 及び P 3 は、互いに電氣的に接続されてよい。入力端子 N 1、N 2 及び N 3 は、互いに電氣的に接続されてよい。出力端子 U、V 及び W は、それぞれ負荷にバスバー 30 を介して接続されてよい。

【 0 0 9 3 】

半導体モジュール 100 において、第 1 半導体チップ 78 及び第 2 半導体チップ 79 は、それぞれ R C I G B T (逆導通 I G B T) 半導体チップであってよい。R C I G B T 半導体チップにおいて、I G B T 及び F W D は、逆並列に接続されてよい。第 1 半導体チップ 78 及び第 2 半導体チップ 79 は、それぞれ M O S F E T や I G B T 等のトランジスタとダイオードとの組み合わせを含んでよい。

20

【 0 0 9 4 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【 0 0 9 5 】

特許請求の範囲、明細書、及び図面中において示した装置、システム、プログラム、及び方法における動作、手順、ステップ、及び段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのではない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、及び図面中の動作フローに関して、便宜上「まず」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

30

【符号の説明】

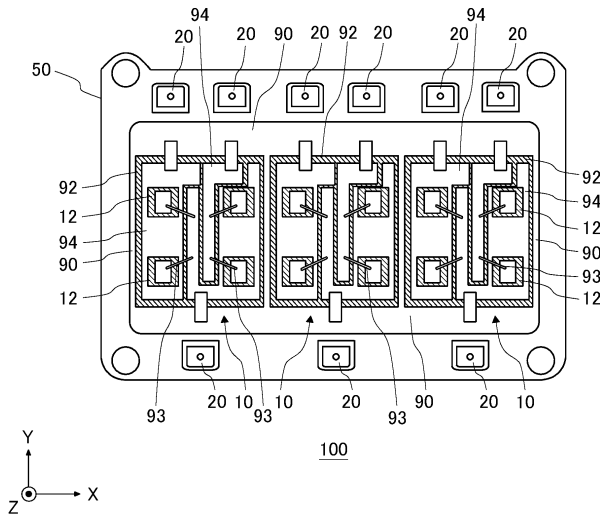
【 0 0 9 6 】

10・・・半導体セル、12・・・半導体チップ、20・・・外部接続部、25・・・外部接続端子、28・・・ネジ穴、30・・・バスバー、32・・・ネジ、34・・・ネジ頭、36・・・ネジ部、40・・・ナット、42・・・ナット穴、44・・・端部、50・・・筐体、51・・・収容部、55・・・樹脂、60・・・導体、62・・・上面、64・・・下面、71・・・第 1 金属層、72・・・第 2 金属層、73・・・下面金属層、78・・・第 1 半導体チップ、79・・・第 2 半導体チップ、80・・・半導体チップ、90・・・底板、92・・・絶縁板、94・・・回路層、93・・・導電部材、100・・・半導体モジュール、200・・・車両、210・・・制御装置、320・・・外部接続部、325・・・外部接続端子

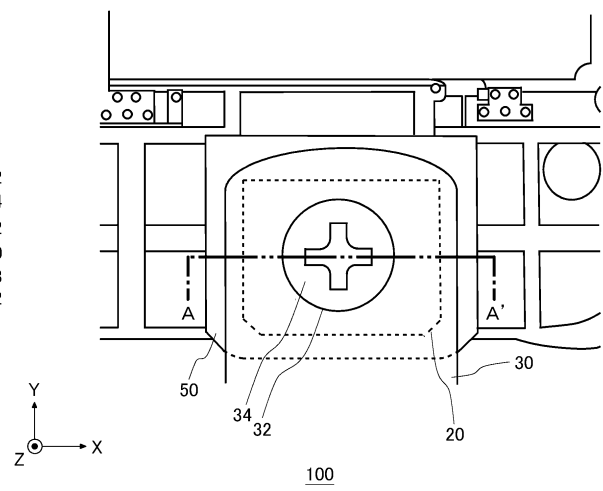
40

【図面】

【図 1 A】

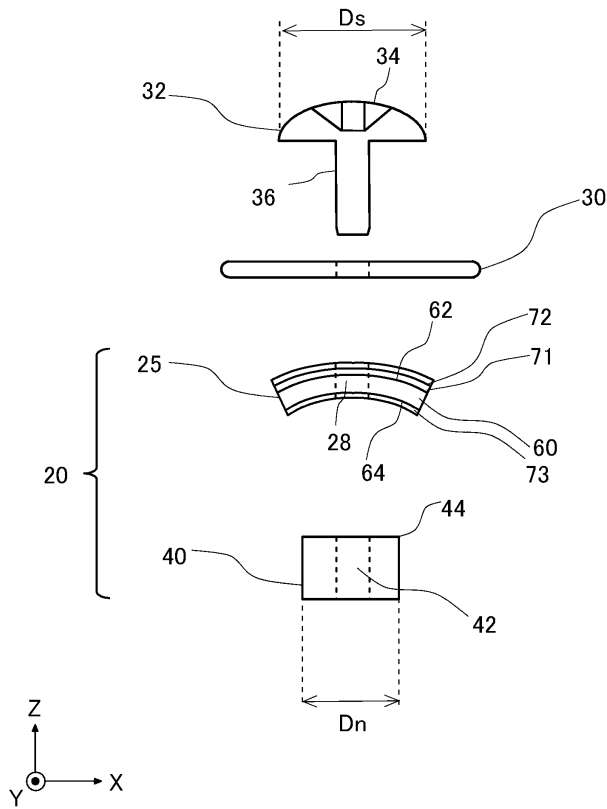


【図 1 B】

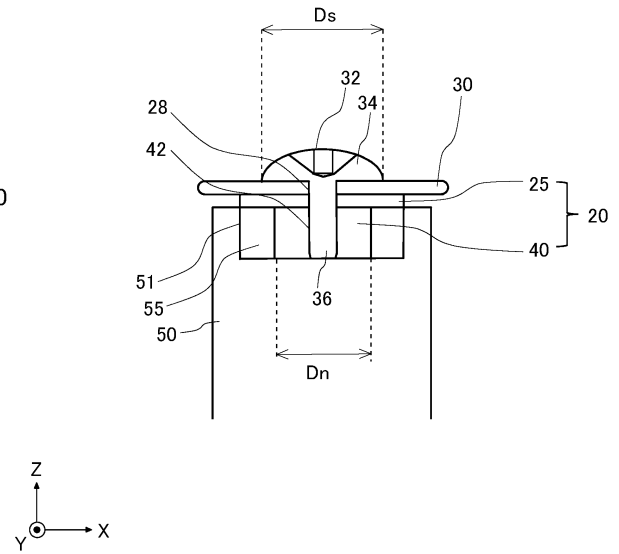


10

【図 1 C】



【図 1 D】



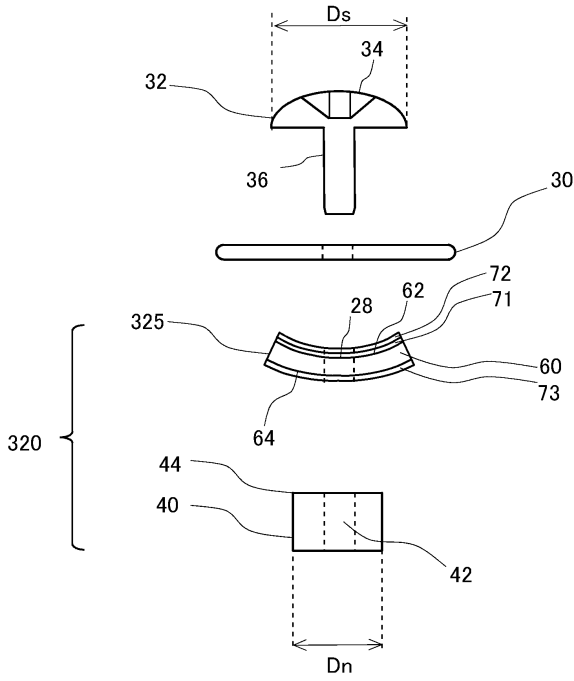
20

30

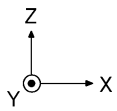
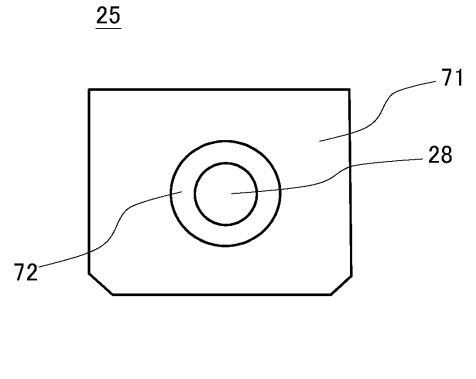
40

50

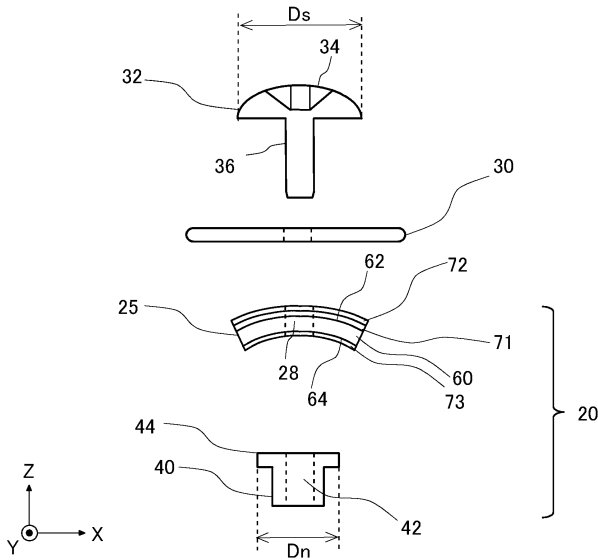
【 図 2 】



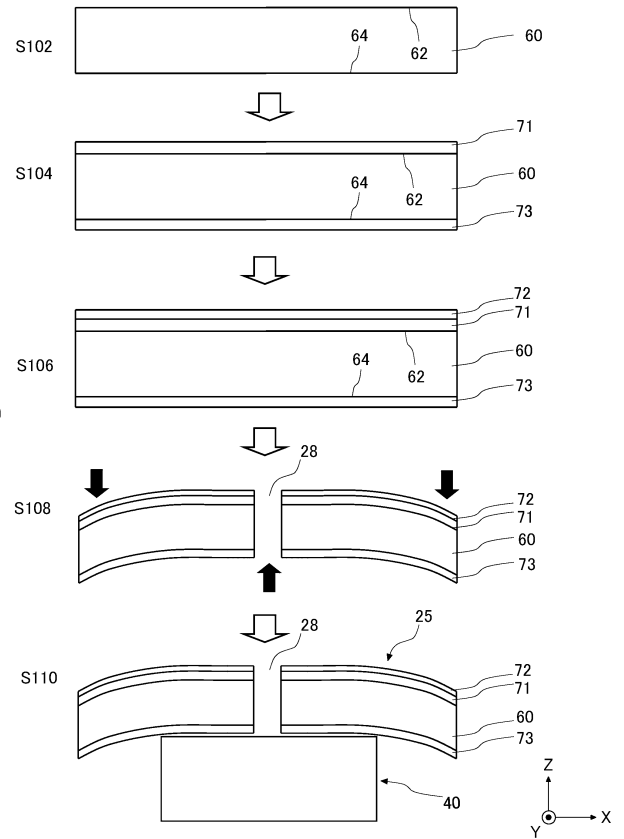
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



10

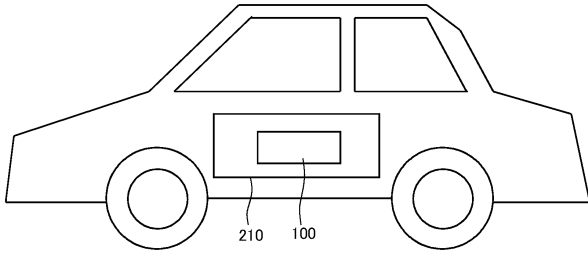
20

30

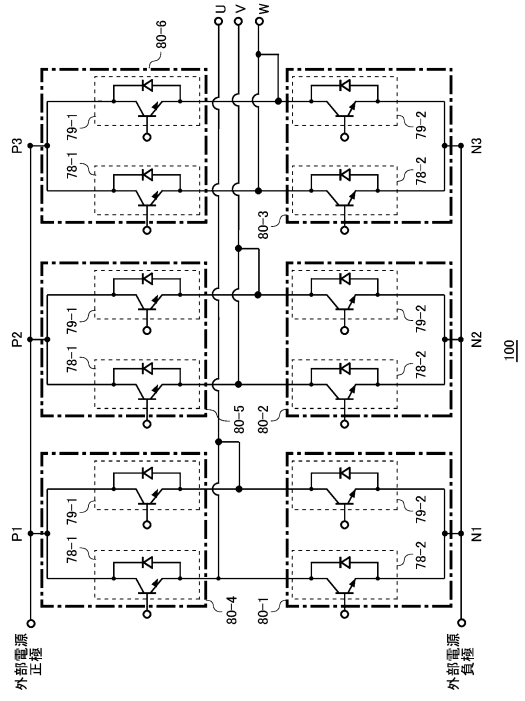
40

50

【 6 】  
200



【 7 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-098036(JP,A)  
国際公開第2018/221087(WO,A1)  
特開2009-266872(JP,A)  
特開2017-188386(JP,A)  
特開2002-076255(JP,A)  
特開2011-009707(JP,A)  
国際公開第2018/173586(WO,A1)  
米国特許出願公開第2019/0296309(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L23/12-23/15  
H01L23/28-23/31  
H01L23/48  
H01L23/50  
H01L25/00-25/07  
H01L25/10-25/11  
H01L25/16-25/18  
H01M50/20-50/298  
H01M50/50-50/598  
H01R43/027-43/28  
H02M1/00-3/44  
H02M7/42-7/98