

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6200871号
(P6200871)

(45) 発行日 平成29年9月20日 (2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日 (2017.9.1)

(51) Int.Cl.

F I

H O 2 M 7/48 (2007.01)

H O 2 M 7/48 Z

H O 1 L 25/07 (2006.01)

H O 1 L 25/04 C

H O 1 L 25/18 (2006.01)

H O 1 L 23/36 D

H O 1 L 23/36 (2006.01)

請求項の数 14 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2014-182843 (P2014-182843)
 (22) 出願日 平成26年9月9日 (2014.9.9)
 (65) 公開番号 特開2016-59147 (P2016-59147A)
 (43) 公開日 平成28年4月21日 (2016.4.21)
 審査請求日 平成29年2月1日 (2017.2.1)

(73) 特許権者 509186579
 日立オートモティブシステムズ株式会社
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 露野 円丈
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 内
 (72) 発明者 楠川 順平
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーモジュール及び電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流電流を交流電流に変換するインバータ回路を構成する上アーム側の第1パワー半導体素子と、

前記インバータ回路を構成する下アーム側の第2パワー半導体素子と、

前記第1パワー半導体素子と電気的に接続されるとともに前記直流電流を伝達する第1導体部と、

前記第2パワー半導体素子と電気的に接続されるとともに前記交流電流を伝達する第2導体部と、

前記第2導体部を挟んで前記第2パワー半導体素子とは反対側に配置される導電性の第1放熱部と、

前記第1放熱部と前記第2導体部との間に配置される中間導体層と、を備え、

前記中間導体層と前記第2導体部の間及び前記中間導体層と前記第1放熱部の間には、絶縁層が配置されるパワーモジュール。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のパワーモジュールであって、

前記第1導体部は、前記第1パワー半導体素子と前記第1放熱部との間に配置され、

前記第2導体部と前記中間導体層の配列方向に沿って投影した場合、前記中間導体層は、当該中間導体層の射影部が前記第1導体部の射影部と重ならないように、配置されるパワーモジュール。

10

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載のパワーモジュールであって、
前記第 1 導体部は、前記第 1 パワー半導体素子と前記第 1 放熱部との間に配置され、
前記中間導体層は、前記第 1 放熱部と前記第 1 導体部との間に配置される第 1 中間導体層と、前記第 1 放熱部と前記第 2 導体部との間に配置される第 2 中間導体層と、を含み、
前記第 2 中間導体層は、前記第 1 中間導体層と分離して構成されるパワーモジュール。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のパワーモジュールであって、
前記第 2 導体部と電氣的に接続される第 3 導体部を備え、
前記中間導体層はさらに、前記第 1 放熱部と前記第 3 導体部との間に配置される第 3 中間導体層を含み、
前記第 3 中間導体層と前記第 3 導体部の間及び前記第 3 中間導体層と前記第 1 放熱部の間には、絶縁層が配置され、
前記第 3 中間導体層は、前記第 1 中間導体層と分離して構成されるパワーモジュール。

【請求項 5】

請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記第 2 導体部と前記中間導体層の配列方向に沿って投影した場合、前記中間導体層は、前記第 2 導体部の射影部が当該中間導体層の射影部に包含されるように設けられるパワーモジュール。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記中間導体層は、前記第 2 導体部と前記中間導体層の配列方向に沿って複数設けられるパワーモジュール。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記第 1 パワー半導体素子を挟んで前記第 1 導体部とは反対側に配置されるとともに前記第 1 パワー半導体素子と電氣的に接続される第 3 導体部と、
前記第 2 パワー半導体素子を挟んで前記第 2 導体部とは反対側に配置されるとともに前記第 2 パワー半導体素子と電氣的に接続される第 4 導体部と、
前記第 3 導体部を挟んで前記第 1 パワー半導体素子とは反対側に配置される導電性の第 2 放熱部と、
前記第 2 放熱部と前記第 3 導体部との間に配置される第 3 中間導体層と、を備え、
前記第 3 導体部は、前記第 2 導体部と電氣的に接続され、
前記第 3 中間導体層と前記第 3 導体部の間及び前記第 3 中間導体層と前記第 2 放熱部の間には、絶縁層が配置されるパワーモジュール。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のパワーモジュールであって、
前記第 4 導体部は、前記第 2 パワー半導体素子と前記第 2 放熱部との間に配置され、
前記第 2 放熱部と前記第 4 導体部との間には、第 4 中間導体層が配置され、
前記第 3 中間導体層は、前記第 4 中間導体層と分離して構成されるパワーモジュール。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のパワーモジュールであって、
前記第 3 導体部と前記第 3 中間導体層の配列方向に沿って投影した場合、前記第 3 中間導体層は、前記第 3 導体部の射影部が当該第 3 中間導体層の射影部に包含されるように設けられるパワーモジュール。

【請求項 10】

請求項 7 乃至 9 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記第 3 中間導体層は、前記第 3 導体部と前記第 3 中間導体層の配列方向に沿って複数設けられるパワーモジュール。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記中間導体層は、前記絶縁層上に形成された金属箔であるパワーモジュール。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記中間導体層は、前記絶縁層上に形成された導電性材料の蒸着物であるパワーモジュール。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 0 のいずれかに記載のパワーモジュールであって、
前記中間導体層は、前記絶縁層上に形成された導電性材料の印刷物であるパワーモジュール。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 3 のいずれかに記載のパワーモジュールを備えた電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はパワー半導体素子をモジュール化したパワーモジュールに関し、特に車両搭載用のパワーモジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

パワー半導体素子のスイッチングによる電力変換装置は、変換効率が高いため、民生用、車載用、鉄道用、変電設備等に幅広く利用されている。このパワー半導体素子は通電により発熱するため、高い放熱性が求められる。通常、放熱には、フィンを有する金属製の放熱構造を用い、電位の安定化や、感電防止を目的としてグラウンド（GND）に接地する。このため、パワー半導体素子と放熱構造との間に配置される絶縁材は、優れた熱伝導性が必要とされる。しかしながら、変換する電圧が高い場合、絶縁性を向上するため絶縁材を厚く構成する必要が生じ、放熱性が悪化してしまう。

20

【0003】

放熱性を向上する手法としては、例えば特許文献 1 に示されるような、絶縁層と絶縁層の間に高熱伝導性材料である導体を挟む手法が知られている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2 0 1 2 - 2 4 4 7 5 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載されたパワーモジュールは、第 1 の絶縁材と第 2 の絶縁材の間に金属製のプレート設ける事で、放熱性を向上させることはできるが、第 1 の絶縁材と第 2 の絶縁材とを合わせた絶縁材の総厚を低減できるものではない。

【0006】

40

本発明の課題は、高い絶縁性を満足しつつ、絶縁層の総厚を低減する事で放熱性にすぐれたパワーモジュールを提供する点である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係るパワーモジュールは、直流電流を交流電流に変換するインバータ回路を構成する上アーム側の第 1 パワー半導体素子と、前記インバータ回路を構成する下アーム側の第 2 パワー半導体素子と、前記第 1 パワー半導体素子と電気的に接続されるとともに前記交流電流を伝達する第 1 導体部と、前記第 2 パワー半導体素子と電気的に接続されるとともに前記直流電流を伝達する第 2 導体部と、前記第 1 導体部及び前記第 2 導体部を挟んで前記第 1 パワー半導体素子及び前記第 2 パワー半導体素子とは反対側に配置される導電

50

性の放熱部と、前記第 1 導体部と前記放熱部との間に絶縁層を介して配置される第 1 中間導体層と、前記第 2 導体部と前記放熱部との間に絶縁層を介して配置される第 2 中間導体層と、を備え、前記第 2 中間導体層は、前記第 1 中間導体層と分離して構成され、前記第 1 中間導体層は、前記第 1 導体部と前記放熱部との間の電圧を分担する容量回路を形成する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、絶縁層の総厚を低減でき、パワーモジュールを高放熱化できるため、電力変換装置を小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0009】

【図 1】実施例 1 のパワーモジュールの回路図

【図 2】実施例 1 のパワーモジュールの平面図

【図 3】図 2 のパワーモジュールを A - B 断面で切断した断面図

【図 4】絶縁層と電極間に空気層がある場合の電圧分担のモデル

【図 5】パッシェンの法則による部分放電発生電圧と気圧 p ・電極間距離 d の関係

【図 6】最小部分放電電圧と絶縁層厚さの関係

【図 7】標高による気圧の変化を考慮した最小部分放電電圧と絶縁層厚さの関係

【図 8】温度による粒子密度の変化を考慮した最小部分放電電圧と絶縁層厚さの関係

【図 9】最小部分放電電圧と絶縁層厚さの関係

20

【図 10】パワーモジュールの交流電圧が加わる絶縁層部分からなる実験系の模式図

【図 11】電圧分担率と周波数の関係

【図 12】パワーモジュールの絶縁層部分からなる実験系の模式図

【図 13】電圧分担率と周波数の関係

【図 14】実施例 2 のパワーモジュールの平面図

【図 15】図 14 のパワーモジュールを C - D 断面で切断した断面図

【図 16 (a)】実施例 3 のパワーモジュールの斜視図

【図 16 (b)】図 16 (a) のパワーモジュールを E - F 断面で切断した断面図

【図 17】図 16 (a) の G - H 断面で切断したときの断面の模式図

【図 18】実施例 3 のパワーモジュールにおける中間導体の配置を示す展開図

30

【図 19】パワーモジュール及びその周辺の回路図

【図 20 (a)】低インダクタンス化の説明図を示す回路図

【図 20 (b)】低インダクタンス化の説明図を示すパワーモジュールの展開図

【図 21】実施例 4 のパワーモジュールの断面図

【図 22】中間導体を有する絶縁層の作製方法

【図 23】中間導体を有する絶縁層の作製方法の変形例

【図 24】電力変換装置の回路図

【図 25】電力変換装置の外観を示す斜視図

【図 26】ハイブリッド自動車の制御ブロック図

【発明を実施するための形態】

40

【0010】

以下、図面を参照して、本発明に係るパワーモジュールの実施の形態について説明する。なお、各図において同一要素については同一の符号を記し、重複する説明は省略する。

【0011】

まず、図 1 から図 3 を用いて、第 1 の実施形態に係るパワーモジュールの構成について説明する。

【0012】

図 1 は、本実施例のパワーモジュール 300 の回路構成図である。パワーモジュール 300 は、上アーム回路を構成する IGBT 328 及びダイオード 156 と、下アーム回路を構成する IGBT 330 及びダイオード 166 と、から構成される。ここで IGBT と

50

は、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタの略称である。バッテリーの正極側に接続し、パワー半導体素子のスイッチングで交流波形を作成する回路が上アーム回路であり、バッテリーの負極側又はGND側に接続し、交流波形を作成する回路が下アーム回路である。中性点接地をする場合は、下アーム回路は、GNDでなくコンデンサの負極側に接続する。

【0013】

パワーモジュール300は、導体板315、318、320及び319を備える。導体板315は、上アーム側のIGBT328のコレクタ側に接続される。導体板318は、上アーム側のIGBT328のエミッタ側に接続される。導体板320は、下アーム側のIGBT330のコレクタ側に接続される。導体板319は、下アーム側のIGBT330のエミッタ側に接続される。

10

【0014】

パワーモジュール300は、端子315B、319B、320B、325U及び325Lを備える。端子315Bは、導体板315に接続される。端子315Bは、直流バッテリー又は平滑コンデンサの正極側に接続される。端子319Bは、導体板319に接続される。端子319Bは、直流バッテリー若しくは平滑コンデンサの負極側又はグラウンド(GND)に接続される。端子320Bは、導体板320に接続される。端子320Bは、モータに接続される。端子325Uは、上アーム側のIGBT328の制御端子である。端子325Lは、下アーム側のIGBT325の制御端子である。

【0015】

20

端子315Bに接続される導体板315は、直流電流を伝達する。端子319Bに接続される導体板319は、直流電流を伝達する。端子320Bに接続される導体板320は、交流電流を伝達する。

【0016】

図2は、本実施例のパワーモジュール300の構造を示す平面図である。IGBT328及びIGBT330は、各々のエミッタ面が同じ方向を向くように配置されている。

【0017】

図3は、図2のパワーモジュール300を、A-B断面で切断したときの断面図である。パワーモジュール300は、放熱のためのフィンが形成された放熱面307を有する。放熱面307は、導体板320及び導体板315を挟んで、IGBT328、330、ダイオード156、166とは反対側に配置される。放熱面307は、導電性の部材より形成され、電圧の安定化のためGNDに接地される。

30

【0018】

また、パワーモジュール300は、中間導体910及び中間導体911を有する。中間導体910は、導体板320と放熱面307との間に配置される。中間導体911は、導体板315と放熱面307との間に配置される。中間導体910と導体板320の間、中間導体910と放熱面307の間、中間導体911と導体板315の間、及び中間導体911と放熱面307の間には、絶縁層900が形成される。

【0019】

本実施例のパワーモジュールにおいては、導体板320と中間導体910の配列方向に沿って投影した場合、中間導体910は、導体板320の射影部が当該中間導体910の射影部を包含するように、形成される。また、導体板315と中間導体911の配列方向に沿って投影した場合、中間導体911は、導体板319の射影部が当該中間導体911の射影部を包含するように、形成される。

40

【0020】

本実施例のパワーモジュールのように、上アーム回路と下アーム回路の2つのアーム回路を一体にモジュール化した構造を2in1構造という。2in1構造は、1つのアーム回路ごとにモジュール化する1in1構造に比べ、出力端子の数を低減することができる。本実施例では、2in1構造の例を示したが、3in1構造、4in1構造又は6in1構造等により、さらに端子数を低減することができる。2in1構造のパワ

50

ーモジュールでは、上アーム回路と下アーム回路を並べ、絶縁層を介して金属平板と対向して配置することにより、磁界相殺効果で回路のインダクタンスを低減することができる。

【 0 0 2 1 】

本実施例のパワーモジュールは、中間導体 9 1 0 を設けることにより、導体板 3 2 0 と放熱面 3 0 7 の間の電圧を、導体板 3 2 0 と中間導体 9 1 0 の間と中間導体 9 1 0 と放熱面 3 0 7 の間とに分担させる。これにより、本実施例のパワーモジュールは、絶縁性を満足しつつ、絶縁層厚を低減させることができる。その原理について、以下、図 4 から図 1 3 を用いて説明をする。

【 0 0 2 2 】

図 4 は、絶縁層と電極間に空気層がある場合の電圧分担のモデルを示す図である。電極間には、空気層 8 5 0 と、絶縁層 8 5 1 とが形成されている。電極間の全体に印加する交流電圧を V とし、そのうち空気層に加わる電圧を V_1 とすると、電圧 V は、次式で表される。ただし、 C_e は空気層の容量を、 C_f は絶縁層の容量を、 ε_0 は真空の誘電率を、 ε は絶縁層の比誘電率を、 S は電極面積を、 d_e は空気層の厚さを、 d_f は絶縁層の厚さを、それぞれ表す。

$$(数1) \quad V = V_1 \cdot (C_e + C_f) / C_f = V_1 \cdot (d_f / (\varepsilon \cdot d_e) + 1)$$

$$(数2) \quad C_e = \varepsilon_0 \cdot S / d_e$$

$$(数3) \quad C_f = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S / d_f$$

電極と絶縁層の間や、絶縁層内部において、ボイドや剥離による空気層が発生すると、電極に高電圧が印加されたときに部分放電が発生する。絶縁層は、常時部分放電する環境に晒されると、放電による火花で侵食され、耐久時間が著しく低下する。特に、樹脂製の絶縁体では、セラミックスに比べ耐熱性が低く、その影響が顕著となる。絶縁性を向上させるには、部分放電しない条件で使用をすることが有効である。

【 0 0 2 3 】

また、放電現象は、直流電圧と交流電圧とで異なる。直流電圧下で、電極間に絶縁層がある場合、部分放電が発生する条件でも、1 回放電した後は、絶縁層が帯電して空間の電界が低くなるため、放電は停止する。したがって、電圧を 1 回だけ放電するだけであるので、放電による絶縁層の劣化への影響は少ない。一方、交流電圧下では、絶縁層に加わる電圧は時間の経過で反転するため、放電が繰り返される。そのため、放電による絶縁層の劣化への影響が大きい。さらに、パワー半導体素子のスイッチングで交流波形を作る場合、サージ電圧が交流波形に重畳されるため、定格電圧よりも高い電圧が絶縁層に加わる。

【 0 0 2 4 】

そのため、交流電圧に加わる絶縁層は、特に、部分放電が発生する環境に晒さないようにすることが重要である。部分放電を抑えるためには、電極間に空気層が存在しないよう絶縁体で完全に満たされるように製造し、かつ温度変化が加わる使用環境であってもその状態を維持できるようにするか、または、剥離等によって空気層が発生しても部分放電しないような絶縁層の厚さを設けるか、いずれかの手法が考えられる。本実施形態のパワーモジュールは、後者のアプローチを採るものである。

【 0 0 2 5 】

図 5 を用いて、部分放電が発生する電圧について説明する。電極間に空隙がある場合、部分放電が開始する電圧は、気圧と電極間の空隙長の関数で示される事が、パッセンによって示され、その後多くの研究者によって理論的、実験的に確認されている。図 5 は、気圧 p において、電極間距離 d の電極に電圧を印加した際に、部分放電が発生する電圧を、気圧 p と電極間距離 d の積との関係で示したグラフである。図 5 は、20 において測定したものである。部分放電発生電圧は、図 5 に示されるように、気圧と電極間距離の積 $p \cdot d$ がある値のときに最小値を持つ。つまり、部分放電発生電圧の最小値であるその電圧を超える電圧が電極間の空隙に印加されたとき、 $p \cdot d$ 積の値によっては部分放電が発生することになる。

【 0 0 2 6 】

パッシェンの法則による圧力は気体の粒子密度に換算できるため、気体の状態方程式を用いて、任意の温度、圧力での部分放電開始電圧を求めることができる。このようにして求めた部分放電開始電圧を式(1)中の V_1 に代入すると、気圧 p と空気層の厚さ d_0 との関係で、放電が発生する電極間電圧 V の最小値を算出することができる。そのようにして算出した最小部分放電電圧の値を絶縁層の厚さ d_f に対してプロットしたグラフを図6から図8に示す。

【0027】

図6は、25、1atmでの最小部分放電電圧と絶縁層厚さ d_f の関係を示す。絶縁層厚さ d_f が厚くなると、電圧 V に対して絶縁層851が分担する電圧が高くなるため、空気層850が分担する電圧 V_1 が小さくなる。よって、絶縁層厚さ d_f が大きくなるほど、最小部分放電開始電圧が高くなる。

10

【0028】

ここで注目すべき点は、絶縁層厚さ d_f に対する最小部分放電電圧の関係が、比例ではない点である。すなわち、絶縁層厚さ d_f が小さい領域におけるグラフの傾きが、絶縁層厚さ d_f が大きい領域におけるグラフの傾きに比べて大きい。この特徴を利用することで、後述するように、絶縁性を確保しつつ、絶縁層厚の低減を実現することができる。また、図6からは、同じ最小部分放電電圧においては、絶縁層851の誘電率が低いほど、その厚さ d_f を小さくすることができることがわかる。

【0029】

図7は、25、絶縁層の比誘電率6での最小部分放電電圧と絶縁層厚さ d_f の関係を示す。図7からは、同じ最小部分放電電圧にするには、標高が高いほど、すなわち気圧が低いほど、絶縁層厚さを厚くする必要がある事がわかる。特に4000mを越えたあたりからこの影響が顕著となった。

20

【0030】

図8は、1atm、絶縁層の比誘電率6での最小部分放電電圧と絶縁層厚さ d_f の関係を示す。図8より、同じ最小部分放電電圧にするには、温度が高いほど、絶縁層厚さ d_f を厚くする必要がある事がわかる。特に50を越えたあたりからこの影響が顕著となった。

【0031】

図9は、25、1atm、比誘電率6での最小部分放電電圧と絶縁層厚さ d_f の関係を示す。図9を用いて、部分放電を抑制しつつ、絶縁層851の総厚 d_f を低減する原理について説明する。

30

【0032】

例えば、電極間に最大1.6kVpの電圧が加わる場合を考える。図9より、絶縁層厚さ d_f が330 μ mのときの最小部分放電電圧が1.6kVpであるため、剥離等により空隙が生じて、絶縁層が330 μ mより厚く形成されていれば、部分放電は発生しない。

【0033】

一方、電極間に加わる電圧が0.8kVpであるときは、絶縁層は80 μ mより厚ければ、部分放電は発生しない。これは、前述のように、最小部分放電電圧と絶縁層厚さ d_f の関係は、比例関係ではなく、絶縁層厚 d_f が小さい領域での傾きが大きく、絶縁層厚さ d_f が大きくなるにつれて傾きが小さくなっていることによる。

40

【0034】

そこで、1.6kVpの電圧であっても、その電圧を0.8kVpと0.8kVpに2分割することで、それぞれ80 μ mより厚い絶縁層を設ければ放電を抑制することができる。これにより、1層だけだと330 μ m必要な絶縁層の総厚を、160 μ mに低減することができる。ここでは、2層の例を示したが、3層以上にすることでより薄肉化できる事は明らかである。絶縁層を薄肉化できれば、その分だけ熱抵抗が低減するため放熱性が向上する。さらに絶縁層が薄肉化する分、材料コストが低減できる効果がある。そこで続いて、パワーモジュールの絶縁層に加わる電圧を分割するための構造についてのモデルを、

50

図 10 から図 13 を用いて説明をする。

【 0 0 3 5 】

図 10 は、中間導体を有する絶縁層部分に交流電圧を加える実験系の模式図である。上述したように、図 3 のパワーモジュールにおいて、導体板 319 には直流電流が流れるが、導体板 320 には交流電流が流れる。図 10 は、交流電圧が加わるパワーモジュールの絶縁層における電圧分担モデルを表している。図 10 の電極 800 は図 3 の導体板 320 に、図 10 の中間導体 801 は図 3 の中間導体 910 に、図 10 の電極 802 は図 3 の放熱面 307 に、図 10 の絶縁層 810 及び 811 は図 3 の絶縁層 900 に、それぞれ対応する。

【 0 0 3 6 】

発信器 1001 には、電極 800 及び 801 が接続される。中間導体 801 は、電極 800 と電極 801 の間に配置される。絶縁層 810 は、電極 800 と中間導体 801 の間に配置される。絶縁層 811 は、電極 802 と中間導体 801 の間に配置される。電極 802 は、GND に接地される。中間導体 801 と電極 802 の間の電圧を V_2 とし、電極 800 と電極 802 の間の電圧を V_3 とすると、交流電圧を印加した場合の容量回路の電圧分担は以下の式で算出することができる。

$$(数 4) \quad V_2 = V_3 \cdot C_a / (C_a + C_b)$$

$$(数 5) \quad C_a = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_a \cdot S_a / d_a$$

$$(数 6) \quad C_b = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_b \cdot S_b / d_b$$

ただし、 C_a は電極 800 と中間導体 801 の間の容量を、 C_b は中間導体 801 と電極 802 の間の容量を、 ε_0 は真空の誘電率を、 ε_a は絶縁層 810 の比誘電率を、 ε_b は絶縁層 811 の比誘電率を、 S_a は電極 800 と中間導体 801 の配置方向における投影面が重なり合う面積を、 S_b は中間導体 801 と電極 802 の配置方向における投影面が重なり合う面積を、 d_a は絶縁層 810 の厚さを、 d_b は絶縁層 811 の厚さを、それぞれ表す。

【 0 0 3 7 】

ここで、電圧分担モデルの構造と絶縁層の材質を調整し、 $\varepsilon_a = \varepsilon_b$ 、 $d_a = d_b$ 、 $S_a = S_b$ とすることで、 $C_a = C_b$ となる。このとき、式 (4) より、 V_2 を V_3 で除した電圧分担率は、50% となる。本モデルでは、 $C_a = C_b$ となるようにした。

$$(数 7) \quad V_2 / V_3 = 50\%$$

図 11 は、図 10 の発信器 1001 の周波数を変化させたときの電圧分担率 V_2 / V_3 を示すグラフである。電圧分担率は、中間導体 801 及び電極 802 間の電圧 V_1 と、電極 800 及び電極 802 間の電圧 V_2 とを、カーブトレサ 1000 により測定することで、求めた。

【 0 0 3 8 】

図 11 より、電極 800 及び電極 802 間に加わる電圧の周波数が高くなるにつれ、電圧分担率が 50% に近づく傾向が見られる。電圧分担率は、周波数が 100 Hz を超えると、ほぼ 50% となる。このような傾向は、正弦波及び矩形波でも同様であった。

【 0 0 3 9 】

本モデルの結果からは、100 Hz 以上の交流電圧が加わる電極間の絶縁層中に、中間導体を設けることで、容量に応じて絶縁層に加わる電圧を分担することができることが分かる。

【 0 0 4 0 】

なお、ここではモデル評価のため、中間導体 801 から電流を出力したが、実際のパワーモジュールにおいては、中間導体から電流を取り出す必要がない。そのため、中間導体を絶縁層内に埋設することができる。中間導体を絶縁層に埋設すると、中間導体の端面が電極と近接するのを防止でき、端面からの放電を防止することができる。

【 0 0 4 1 】

中間導体を絶縁層に埋設する場合、中間導体の上下層に同じ材質の絶縁層を用い、中間導体の外形寸法を対向するいずれかの電極にサイズを合わせると、他方の電極とはサイズ

10

20

30

40

50

が異なっても、中間導体の両側の容量を同等することができる。この場合、完全に同等に合わせる事は実質困難なので、位置合わせや寸法交差を考慮して、中間導体の方が、面積が小さい側の電極より若干大きい事が望ましい。これは、中間導体の方が小さいと、電圧が分担されない部分が生じ、剥離により部分放電する場合があるためである。本実施形態のパワーモジュールでは、導体板 3 2 0 及び 3 1 5 の面積よりわずかに面積が大きい中間導体 9 1 0 及び 9 1 1 を有する。

【 0 0 4 2 】

なお、直流側の中間導体 9 1 0 は、後述する理由で、導体板 3 1 5 のサイズに制約されず、導体板より大きくしても、小さくしても良い。また、省略する事もできる。

【 0 0 4 3 】

上下アーム回路をモジュール化した 2 i n 1 モジュール構造を有する本実施形態のパワーモジュールでは、直流電流を伝達する導体板と、交流電流を伝達する導体板とを有する。そのため、導電性の放熱面と導体板の間に配置される絶縁層には、直流電圧が加わる部分と、交流電圧が加わる部分とが存在する。図 3 のパワーモジュールでは、導体板 3 2 0 と放熱面 3 0 7 の間には交流電圧が加わり、導体板 3 1 5 と放熱面 3 0 7 の間には直流電圧が加わる。

【 0 0 4 4 】

本実施例のパワーモジュールは、交流電圧が加わる側の絶縁層中に中間導体 9 1 0 を設け、直流電圧が加わる側の絶縁層中に中間導体 9 1 1 を設けている。そして、中間導体 9 1 0 と中間導体 9 1 1 とは、電氣的に独立して配置される。このとき、交流電圧が加わる導体板 3 2 0 と放熱面 3 0 7 との間には、中間導体 9 1 0 が配置されることにより、各導体間に形成される容量に応じた電圧分担が生じる。その結果、図 9 で示した原理により、所定の耐圧を得る絶縁層の厚さを低減することができる。

【 0 0 4 5 】

一方、直流電圧が加わる導体板 3 1 5 と放熱面 3 0 7 との間には、中間導体を配置しても、電圧分担は生じない。これは、直流電圧の周波数が 0 であるためである。

【 0 0 4 6 】

続いて、比較例として、図 1 2 及び図 1 3 を用いて、中間導体 9 1 0 と中間導体 9 1 1 とが電氣的に接続している場合の電圧分担について説明する。

【 0 0 4 7 】

図 1 2 は、直流導体を有する絶縁層部分に直流電圧及び交流電圧を加える実験系の模式図である。図 1 2 の電極 8 0 2 は図 3 の放熱面 3 0 7 に、図 1 2 の電極 8 0 3 は図 3 の導体板 3 2 0 に、図 1 2 の電極 8 0 4 は図 3 の導体板 3 1 5 に、図 1 2 の絶縁層 8 1 0 及び 8 1 1 は図 3 の絶縁層 9 0 0 に、それぞれ対応する。図 1 2 の中間導体 8 0 1 は、図 3 の中間導体 9 1 0 及び 9 1 1 を電氣的に接続したものに相当する。

【 0 0 4 8 】

発信器 1 0 0 1 には、電極 8 0 3 及び電極 8 0 2 が接続される。直流電源 1 0 0 2 には、電極 8 0 4 及び電極 8 0 2 が接続される。中間導体 8 0 1 は、絶縁層 8 1 0 を挟んで電極 8 0 3 と対向するとともに、同じく絶縁層 8 1 0 を挟んで電極 8 0 4 と対向するように、配置される。また、中間導体 8 0 1 は、絶縁層 8 1 1 を挟んで電極 8 0 2 と対向して、配置される。電極 8 0 2 は、G N D に接地される。中間導体 8 0 1 と電極 8 0 2 の間の電圧を V_4 とし、電極 8 0 3 と電極 8 0 2 の間の電圧を V_5 とする。電源回路 1 0 0 2 を介して電極 8 0 4 と中間導体 8 0 1 の間の容量が、中間導体 8 0 1 と電極 8 0 2 の間の容量に並列に加わるため、交流電圧を印加した場合の容量回路の電圧分担は以下の式で表される。

$$(数 8) \quad V_4 = V_5 \cdot C_c / (C_c + C_d + C_e)$$

$$(数 9) \quad C_c = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_c \cdot S_c / d_c$$

$$(数 10) \quad C_d = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_d \cdot S_d / d_d$$

$$(数 11) \quad C_e = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_e \cdot S_e / d_e$$

ただし、 C_c は交流側電極 8 0 3 と中間導体 8 0 1 の間の容量を、 C_d は直流側電極 8 0

10

20

30

40

50

4と中間導体801の間の容量を、 C_e は中間導体801と電極802の間の容量を、 ϵ_0 は真空の誘電率を、 ϵ_c は交流側電極803と中間導体801の間の絶縁層の比誘電率を、 ϵ_d は直流側電極804と中間導体801の間の絶縁層の比誘電率を、 ϵ_e は中間導体801と電極802の間の絶縁層の比誘電率を、 S_c は交流側電極803と中間導体801の配置方向における投影面が重なり合う面積を、 S_d は直流側電極804と中間導体801の配置方向における投影面が重なり合う面積を、 S_e は中間導体801と電極802の配置方向における投影面が重なり合う面積を、 d_c は交流側電極803と中間導体801の間の絶縁層の厚さ、 d_d は直流側電極804と中間導体801の間の絶縁層の厚さを、 d_e は中間導体801と電極802の間の絶縁層の厚さを、それぞれ表す。

【0049】

10

ここで、容量が $2.1C_c = 2.1C_d = C_e$ となるよう作製し、 V_4 を V_5 で除した電圧分担率(%)を算出すると下記となる。

(数12) $V_4 / V_5 = 24.4\%$

図13は、図12の発信器1001の周波数を変化させたときの電圧分担率 V_4 / V_5 を示すグラフである。電圧分担率は、中間導体801及び電極802間の電圧 V_4 と、電極803及び電極802間の電圧 V_5 とを、カーブトレーサ1000により測定することで、求めた。

【0050】

図13より、電極803及び電極802間に加わる電圧の周波数が高くなるにつれ、電圧分担率が24.4%に近づく傾向が見られる。電圧分担率は、周波数が100Hzを超えると、計算値と等しいほぼ24.4%となる。このような傾向は、正弦波及び矩形波でも同様であった。

20

【0051】

本モデルの結果から、交流側と直流側の中間導体が連結していると、交流電圧を電圧分担した際、電極803と中間導体801間に高い電圧が加わることが分かる。これは、中間導体801と電極802間の容量 C_e に、電源経路を介して、電極804と中間導体801間の容量 C_d が並列で加わるためである。

【0052】

このとき、電圧分担率が高い電極803と中間導体801の間において、部分放電が発生しないように、絶縁層厚を大きくしなければならない。図9からは、1.6kVpの75%の電圧である1.2kVpの電圧が加わる場合には、絶縁層を190 μ mより厚くしなければならないことが分かる。前述の通り、1.6kVpの電圧を0.8kVpと0.8kVpに均等に分担した場合には、放電を抑制するのに必要な絶縁層厚は160 μ mであるので、電圧分担する片側だけでこの厚さを超えてしまう。

30

【0053】

また、絶縁層に加わる交流電圧を均等に分担させるようにする場合は、絶縁層の比誘電率や中間導体の上下層の絶縁層厚さを調整し次式を満足する必要がある。

(数13) $C_c / (C_c + C_d + C_e) = 0.5$

すなわち、次式を満足する必要がある。

(数14) $C_c = C_d + C_e$

40

S_d や S_e を小さくする場合、放熱性が低下する弊害がある。また、比誘電率で対応する場合、比誘電率は材料起因であり、大幅に変更する事が難しいため対応できる幅が制限される。このため、絶縁層厚さで対応する事が望ましい。しかし、 C_c を構成する絶縁層の厚さを0.8kVpの電圧で部分放電しない80 μ mより大きくし、かつ上式を満足するようにするためには、絶縁層の総厚は、160 μ mより小さくすることはできない。

【0054】

また、パワーモジュールと電源までの経路には、平滑コンデンサや、バスバーと筐体の寄生容量が存在する。これらの容量も重畳するため、パワーモジュール単独では絶縁層の設計が困難となる。

【0055】

50

したがって、2 in 1 構造のパワーモジュールでは、中間導体を直流側と交流側で電氣的に分離して配置することで、絶縁層の薄層化を達成することができる。

【0056】

また、直流電圧が加わる側の中間導体は省略しても絶縁層に印加される電圧に変化は生じないため、直流側の中間導体を省略することも有効である。しかし、直流側にも中間導体を設けると絶縁層に対して熱伝導率が高い中間導体の層を有する事で熱を拡散し放熱性が向上することができる。

【0057】

また、絶縁層が絶縁シート等の接着性の材料の場合、直流側と交流側に同じ厚さの中間導体を設ける事で、圧着時の荷重を均等化し均一な圧着面を形成することができる。

10

【0058】

図14及び図15を用いて、第2の実施形態に係るパワーモジュールについて説明する。実施例2のパワーモジュールは、実施例1のパワーモジュールの変形例を示す。図14は平面図であり、図15は、図14のC-D断面で切断した断面図である。

【0059】

本実施形態では、パワー半導体素子のエミッタ側の電極をワイヤで接続している。そして、下アーム側IGBT330のコレクタ側に接続される導体板320と、上アーム側IGBT328のエミッタ面とは、中間電極390を介して接続される。中間電極390は、導体板320及び315と同様に、絶縁層900を介して放熱面307と対向するように、配置される。中間電極390と放熱面307の間には、中間導体912が配置される。中間導体912は、中間導体910及び911と同様に、絶縁層900中に埋設される。

20

【0060】

中間電極390は、導体板320と同様に、交流電圧が加わるため、中間導体912により電圧分担することができる。

【0061】

図16ないし図20を用いて、第3の実施形態に係るパワーモジュールについて説明する。

【0062】

図16(a)は、本実施形態のパワーモジュールの斜視図であり、図16(b)は、図16(a)におけるE-F断面で切断したときの断面図である。本実施形態のパワーモジュール300は、CAN型冷却器である冷却体304にパワー半導体素子を収納した両面冷却構造である。冷却体304は、放熱フィン305が形成される第一放熱面307A及び第二放熱面307B、放熱面と枠体を接続する薄肉部304A、フランジ部304Bを有する。有底筒型形状に形成される冷却体304の挿入口306からパワー半導体素子や導体板からなる回路体を挿入し、封止材351で封止してパワーモジュール300を形成する。本実施形態のパワーモジュールは、パワー半導体素子が第一放熱面307A及び第二放熱面307Bの両面から冷却されるため、放熱性に優れる。

30

【0063】

図17は、図16(a)のG-H断面で切断したときの断面の模式図である。本実施形態のパワーモジュール300は、パワー半導体素子の一方側に配置される絶縁層において中間導体910及び911を有する。そして、パワーモジュール300は、パワー半導体素子の前記一方側とは反対側の他方側に配置される絶縁層において中間導体913及び914を有する。中間導体910は、交流電圧が加わる導体板320と放熱面307Aの間に配置される。中間導体911は、直流電圧が加わる導体板315と放熱面307Aの間に配置される。中間導体913は、交流電圧が加わる導体板318と放熱面307Bの間に配置される。中間導体914は、直流電圧が加わる導体板319と放熱面307Bの間に配置される。

40

【0064】

そして、各中間導体は、容量回路C1ないしC8を形成する。容量C1は、導体板31

50

5と中間導体911の間の容量である。容量C2は、中間導体911と放熱面307Aの間の容量である。容量C3は、導体板318と中間導体913の間の容量である。容量C4は、中間導体913と放熱面307Bの間の容量である。容量C5は、導体板320と中間導体910の間の容量である。容量C6は、中間導体910と放熱面307Aの間の容量である。容量C7は、導体板319と中間導体914の間の容量である。容量C8は、中間導体914と放熱面307Bの間の容量である。ただし、直流電圧が加わる導体板315と放熱面307Aの間の容量C1、C2及び導体板319と放熱面307Bの間のC8、C9は、直流電圧が変化したときのみ容量回路が形成される。

【0065】

図18は、本実施形態のパワーモジュールにおける中間導体の配置を説明するための展開図である。説明のため、一部の構成のみを図中に示している。

10

【0066】

図19は、容量C1ないしC8をパワーモジュールの回路図に示した図である。容量C1、C2、C8及びC7は直流電圧が加わる部分である。よって、当該部分の中間導体911及び914は、省略する事ができる。容量C3、C4、C5及びC6は交流電圧が加わる部分である。よって、当該部分の中間導体910及び913は、絶縁層に加わる電圧を分担することができる。

【0067】

本実施形態のパワーモジュールは、冷却性に優れた両面冷却構造のパワーモジュールにおいて、絶縁層に中間導体構造を設けることで、絶縁層が薄肉化でき、より放熱性に優れた高耐圧のパワーモジュールを得る事ができる。

20

【0068】

図20(a)及び図20(b)を用いて、本実施形態のパワーモジュールにおけるインダクタンス低減について説明する。図20(a)は、本実施形態のパワーモジュール300の回路図である。図20(b)は、パワーモジュール300の展開図である。

【0069】

下アーム側のダイオード166が順方向バイアス状態で導通している状態とする。この状態で、上アーム側のIGBT328がON状態になると、下アーム側のダイオード166が逆方向バイアスとなりキャリア移動に起因するリカバリ電流が上下アームを貫通する。このとき、各導体板315、3318、320及び319には、図20(b)に示されるリカバリ電流360が流れる。リカバリ電流360は、直流負極端子319Bと対向して配置された直流正極端子315Bを流れる。続いて、各導体板315、318、320、319により形成されるループ形状の経路を流れる。そして、直流負極端子319Bを流れる。

30

【0070】

ループ形状経路を電流が流れることによって、冷却器304の第1放熱面307A及び第2放熱面307Bに渦電流361が流れる。この渦電流361の電流経路に等価回路362が発生する磁界相殺効果によって、ループ形状経路における配線インダクタンス363が低減する。なお、リカバリ電流360の電流経路がループ形状に近いほど、インダクタンス低減作用が増大する。このように上アーム回路と下アーム回路を1セットでモジュール化した2in1構造とする事で磁界相殺効果によってインダクタンスを低減することができる。これは、4in1、6in1と増やしても同じ効果を持たせることができる。

40

【0071】

図21を用いて、第4の実施形態に係るパワーモジュールについて説明する。

【0072】

図21は、本実施形態のパワーモジュールの断面図である。実施例3のパワーモジュールについての図17に相当する。実施例3からの変更点は、中間導体の数を増やした点である。

【0073】

中間導体910aおよび910bは、交流電圧が加わる導体板320と放熱面307A

50

の間に配置される。中間導体 9 1 1 a 及び 9 1 1 b は、直流電圧が加わる導体板 3 1 5 と放熱面 3 0 7 A の間に配置される。中間導体 9 1 3 a 及び 9 1 3 b は、交流電圧が加わる導体板 3 1 8 と放熱面 3 0 7 B の間に配置される。中間導体 9 1 4 a 及び 9 1 4 b は、直流電圧が加わる導体板 3 1 9 と放熱面 3 0 7 B の間に配置される。

【 0 0 7 4 】

そして、各中間導体は、容量回路 C 1 ないし C 1 2 を形成する。容量 C 1 は、導体板 3 1 5 と中間導体 9 1 1 a の間の容量である。容量 C 2 は、中間導体 9 1 1 a と中間導体 9 1 1 b の間の容量である。容量 C 3 は、中間導体 9 1 1 b と放熱面 3 0 7 A の間の容量である。容量 C 4 は、導体板 3 1 8 と中間導体 9 1 3 a の間の容量である。容量 C 5 は、中間導体 9 1 3 a と中間導体 9 1 3 b の間の容量である。容量 C 6 は、中間導体 9 1 3 b と放熱面 3 0 7 B の間の容量である。容量 C 7 は、導体板 3 2 0 と中間導体 9 1 0 a の間の容量である。容量 C 8 は、中間導体 9 1 0 a と中間導体 9 1 0 b の間の容量である。容量 C 9 は、中間導体 9 1 0 b と放熱面 3 0 7 A の間の容量である。容量 C 1 0 は、導体板 3 1 9 と中間導体 9 1 4 a の間の容量である。容量 C 1 1 は、中間導体 9 1 4 a と中間導体 9 1 4 b の間の容量である。容量 C 1 2 は、中間導体 9 1 4 b と放熱面 3 0 7 B の間の容量である。ただし、直流電圧が加わる導体板 3 1 5 と放熱面 3 0 7 A の間の容量 C 1、C 2、C 3 及び導体板 3 1 9 と放熱面 3 0 7 B の間の C 1 0、C 1 1、C 1 2 は、直流電圧が変化したときのみ容量回路が形成される。

【 0 0 7 5 】

本実施例のパワーモジュールでは、絶縁層に加わる電圧を 3 つに分担することができるため、より絶縁層の総厚を薄くすることができる。

【 0 0 7 6 】

図 2 2 は、中間導体を有する絶縁層を作製する手順を示す図である。(1) 銅箔をプレスで打ち抜く。銅箔の厚さは、例えば 6 μm のものを用いることができる。また、ここでは銅箔の例を示しているが、金属箔であれば銅箔でなくてもよい。(2) 銅箔の表裏面に絶縁シートをプレスで圧着する。(3) 金型で打ち抜く位置を設定する。(4) 金型で打ち抜く。

【 0 0 7 7 】

このように作製する事で、複数のシートを一括して作製する事ができる。この場合、複数の中間導体をサポートしている導体の切断面は、絶縁シートから露出することになる。この端面が電極と近接しないように導体が露出する切断面は、圧着する電極に対してシート長に余裕を持たせておくことで、中間導体端面からの放電を防止する事ができる。

【 0 0 7 8 】

図 2 3 は、中間導体を有する絶縁層を作成する手順の変形例を示す図である。(1) 絶縁シートを用意する。(2) 中間導体形成部をくり抜いたマスキングを通して、アルミ蒸着でアルミ皮膜を絶縁シートに形成する。蒸着で形成したアルミ皮膜が内部になるように、パターン形成していない絶縁シートをプレスする。アルミ皮膜の厚さは、例えば 0 . 1 μm とすることができる。また、ここではアルミ蒸着の例を示したが、導電性材料であればアルミ皮膜でなくてもよい。また、ここでは蒸着の例を示したが、マスキングして導電材料を形成できる形成方法であれば、印刷等による方法でも良い。(3) 金型で打ち抜く位置を設定する。(4) 金型で打ち抜く。

【 0 0 7 9 】

このように作製する事で、薄い中間導体を形成する事ができる。薄い中間導体層を有する絶縁シートとすることで、絶縁シートを圧着する時に中間導体の段差による圧着圧力の不均一が生じるのを低減し、均一な圧着面を形成することができる。

【 0 0 8 0 】

図 2 4 ないし図 2 6 を用いて、本発明のパワーモジュールを組み込んだ電力変換装置及び車両システムの構成例を説明する。図 2 4 は、電力変換装置の回路図を示す。

【 0 0 8 1 】

電力変換装置 2 0 0 は、インバータ回路部 1 4 0、1 4 2 と、補機用のインバータ回路

10

20

30

40

50

部４３と、コンデンサモジュール５００と、を備えている。インバータ回路部１４０及び１４２は、パワーモジュール３００を複数備えており、それらを接続することにより３相ブリッジ回路を構成している。電流容量が大きい場合には、更にパワーモジュール３００を並列接続し、これら並列接続を３相インバータ回路の各相に対応して行うことにより、電流容量の増大に対応できる。また、パワーモジュール３００に内蔵しているパワー半導体素子を並列接続することでも電流容量の増大に対応できる。

【００８２】

インバータ回路部１４０とインバータ回路部１４２とは、基本的な回路構成は同じであり、制御方法や動作も基本的には同じである。ここでは代表してインバータ回路部１４０を例に説明する。インバータ回路部１４０は、３相ブリッジ回路を基本構成として備えている。具体的には、Ｕ相（符号Ｕ１で示す）やＶ相（符号Ｖ１で示す）やＷ相（符号Ｗ１で示す）として動作するそれぞれのアーム回路が、直流電力を送電する正極側および負極側の導体にそれぞれ並列に接続されている。なお、インバータ回路部１４２のＵ相、Ｖ相およびＷ相として動作するそれぞれのアーム回路を、インバータ回路部１４０の場合と同様に、符号Ｕ２、Ｖ２およびＷ２で示す。

10

【００８３】

各相のアーム回路は、上アーム回路と下アーム回路とが直列に接続した上下アーム直列回路で構成されている。各相の上アーム回路は正極側の導体にそれぞれ接続され、各相の下アーム回路は負極側の導体にそれぞれ接続されている。上アーム回路と下アーム回路の接続部には、それぞれ交流電力が発生する。各上下アーム直列回路の上アーム回路と下アーム回路の接続部は、各パワーモジュール３００の交流端子３２０Ｂに接続されている。各パワーモジュール３００の交流端子３２０Ｂはそれぞれ電力変換装置２００の交流出力端子に接続され、発生した交流電力はモータジェネレータ１９２あるいは１９４の固定子巻線に供給される。各相の各パワーモジュール３００は基本的に同じ構造であり、動作も基本的に同じであるので、代表してパワーモジュール３００のＵ相（Ｕ１）について説明する。

20

【００８４】

上アーム回路は、スイッチング用のパワー半導体素子として上アーム用ＩＧＢＴ３２８と上アーム用ダイオード１５６とを備えている。また、下アーム回路は、スイッチング用のパワー半導体素子として下アーム用ＩＧＢＴ３３０と下アーム用ダイオード１６６とを備えている。各上下アーム直列回路の直流正極端子３１５Ｂおよび直流負極端子３１９Ｂは、コンデンサモジュール５００のコンデンサ接続用直流端子にそれぞれ接続される。交流端子３２０Ｂから出力される交流電力は、モータジェネレータ１９２、１９４に供給される。

30

【００８５】

ＩＧＢＴ３２８、３３０は、ドライバ回路１７４を構成する２つのドライバ回路の一方あるいは他方から出力された駆動信号を受けてスイッチング動作し、バッテリー１３６から供給された直流電力を三相交流電力に変換する。変換された電力は、モータジェネレータ１９２の固定子巻線に供給される。なお、Ｖ相およびＷ相については、Ｕ相と略同じ回路構成となるので、符号３２８、３３０、１５６、１６６の表示を省略している。インバータ回路部１４２のパワーモジュール３００は、インバータ回路部１４０の場合と同様の構成であり、また、補機用のインバータ回路部４３はインバータ回路部１４２と同様の構成を有しており、ここでは説明を省略する。

40

【００８６】

スイッチング用のパワー半導体素子について、上アーム用ＩＧＢＴ３２８および下アーム用ＩＧＢＴ３３０を用いて説明する。上アーム用ＩＧＢＴ３２８や下アーム用ＩＧＢＴ３３０は、コレクタ電極、エミッタ電極（信号用エミッタ電極端子）、ゲート電極（ゲート電極端子）を備えている。上アーム用ＩＧＢＴ３２８や下アーム用ＩＧＢＴ３３０のコレクタ電極とエミッタ電極との間には、上アーム用ダイオード１５６や下アーム用ダイオード１６６が図示のように電氣的に接続されている。

50

【 0 0 8 7 】

上アーム用ダイオード 1 5 6 や下アーム用ダイオード 1 6 6 は、カソード電極およびアノード電極の 2 つの電極を備えている。上アーム用 I G B T 3 2 8 や下アーム用 I G B T 3 3 0 のエミッタ電極からコレクタ電極に向かう方向が順方向となるように、ダイオード 1 5 6、1 6 6 のカソード電極が I G B T 3 2 8、3 3 0 のコレクタ電極に、アノード電極が I G B T 3 2 8、3 3 0 のエミッタ電極にそれぞれ電氣的に接続されている。なお、パワー半導体素子としては M O S F E T (金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ) を用いても良く、この場合は上アーム用ダイオード 1 5 6、下アーム用ダイオード 1 6 6 は不要となる。

【 0 0 8 8 】

10

上下アーム直列回路に設けられた温度センサ (不図示) からは、上下アーム直列回路の温度情報がマイコンに入力される。また、マイコンには上下アーム直列回路の直流正極側の電圧情報が入力される。マイコンは、それらの情報に基づいて過温度検知および過電圧検知を行い、過温度或いは過電圧が検知された場合には全ての上アーム用 I G B T 3 2 8、下アーム用 I G B T 3 3 0 のスイッチング動作を停止させ、上下アーム直列回路を過温度或いは過電圧から保護する。

【 0 0 8 9 】

図 2 5 は電力変換装置 2 0 0 の外観を示す斜視図である。本実施の形態に係る電力変換装置 2 0 0 の外観は、上面あるいは底面が略長方形の筐体 1 2 と、筐体 1 2 の短辺側の外周の一つに設けられた上部ケース 1 0 と、筐体 1 2 の下部開口を塞ぐための下部ケース 1 6 とを固定して形成されたものである。筐体 1 2 の底面図あるいは上面図の形状を略長方形としたことで、車両への取付けが容易となり、また生産しやすい。

20

【 0 0 9 0 】

図 2 6 は、電力変換装置を搭載したハイブリッド自動車の制御ブロック図を示す。ハイブリッド自動車 (H E V) 1 1 0 は 2 つの車両駆動用システムを備えている。1 つはエンジン 1 2 0 を動力源としたエンジン駆動システムで、もう 1 つはモータジェネレータ 1 9 2、1 9 4 を動力源とする回転電機駆動システムである。本発明の電力変換装置 2 0 0 は、バッテリー 1 3 6、モータジェネレータ 1 9 2、1 9 4、補機用モータ 1 9 5 間で、直流、交流の電力変換を行い車両の走行状態に応じて、モータへの駆動電力の供給や、モータからの電力回生を最適に制御し燃費の向上に貢献している。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

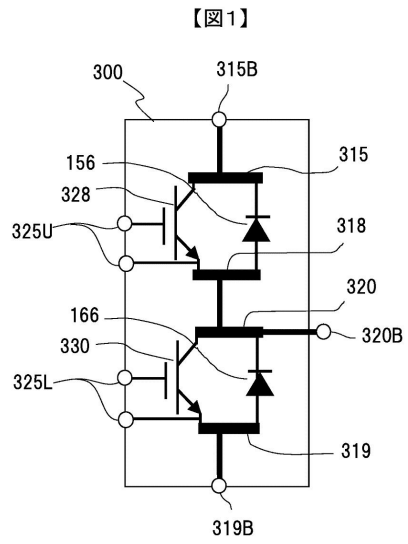
- 1 0 上部ケース
- 1 2 筐体
- 1 6 下部ケース
- 1 8 交流ターミナル
- 2 2 駆動回路基板
- 4 3 インバータ回路
- 1 1 0 ハイブリッド自動車
- 1 1 2 前輪
- 1 1 4 前輪車軸
- 1 1 6 デファレンシャルギア
- 1 1 8 変速機
- 1 2 0 エンジン
- 1 2 2 動力配分機構
- 1 3 6 バッテリ
- 1 3 8 直流コネクタ
- 1 4 0 インバータ回路
- 1 4 2 インバータ回路
- 1 5 6 ダイオード

40

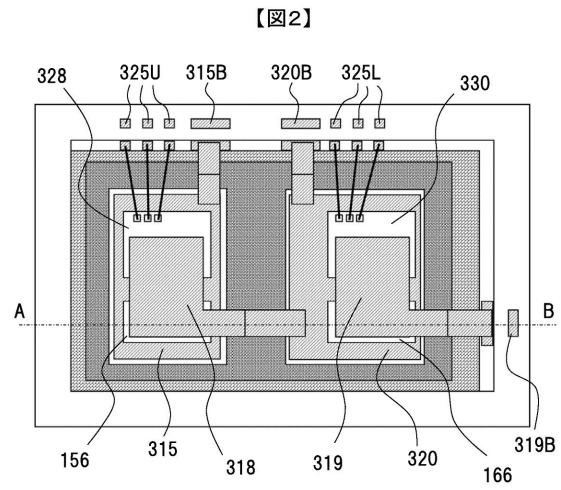
50

1 6 6	ダイオード	
1 7 2	制御回路	
1 7 4	ドライバ回路	
1 8 0	電流センサ	
1 9 2	モータジェネレータ	
1 9 4	モータジェネレータ	
1 9 5	モータ	
2 0 0	電力変換装置	
2 3 0	入力積層配線板	
3 0 0	パワーモジュール	10
3 0 4	冷却体	
3 0 4 A	冷却体の薄肉部	
3 0 4 B	フランジ	
3 0 5	放熱フィン	
3 0 6	挿入口	
3 0 7	放熱面	
3 0 7 A	第一放熱面	
3 0 7 B	第二放熱面	
3 1 5	直流正極導体板	
3 1 5 B	直流正極端子	20
3 1 9	直流負極導体板	
3 1 9 B	直流負極端子	
3 1 8	導体板	
3 2 0 B	交流端子	
3 2 8	I G B T	
3 3 0	I G B T	
3 3 3	絶縁シート	
3 4 8	第一封止材	
3 5 0	冷却体の厚肉部	
3 5 1	第二封止材	30
3 7 0	接続部	
5 0 0	コンデンサモジュール	
8 0 0	電極	
8 0 1	中間導体	
8 0 2	電極	
8 0 3	電極	
8 0 4	電極	
8 1 0	絶縁層	
8 1 1	絶縁層	
8 5 0	空気層	40
8 5 1	絶縁層	
9 0 0	絶縁層	
9 1 0	交流側中間導体	
9 1 1	直流側中間導体	
9 1 2	交流側中間導体	
9 1 3	交流側中間導体	
9 1 4	直流側中間導体	
1 0 0 0	カーブトレーサ	
1 0 0 1	発信器	
1 0 0 2	直流電源	50

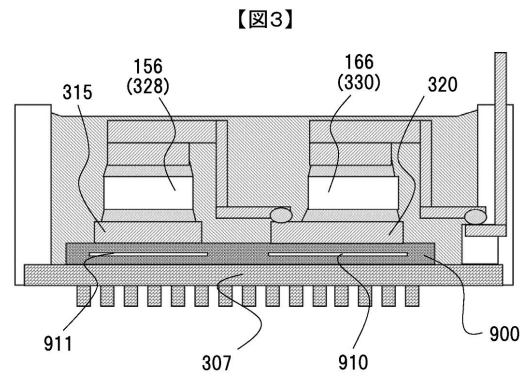
【図1】



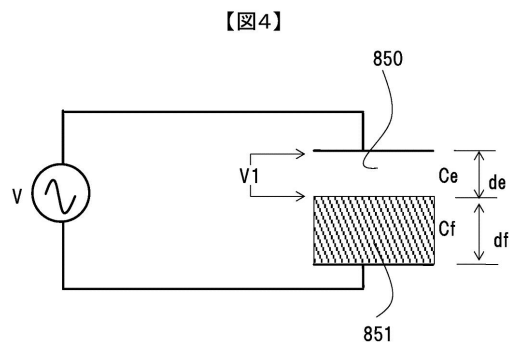
【図2】



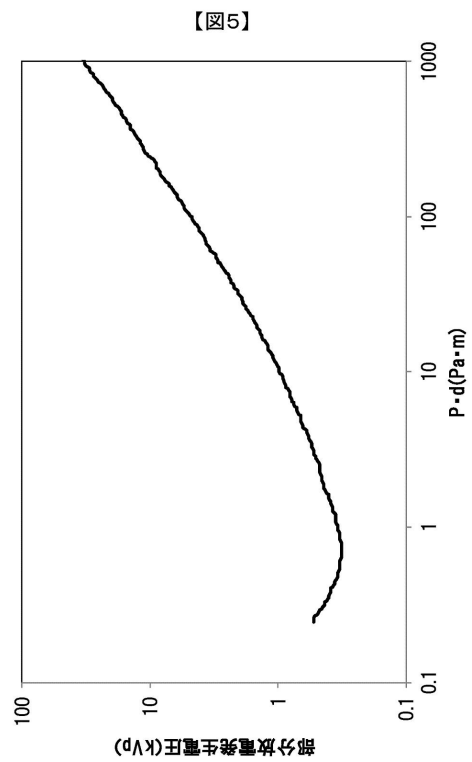
【図3】



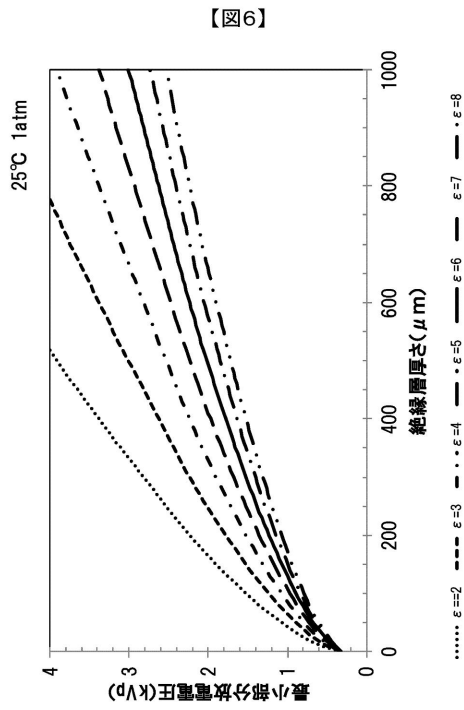
【図4】



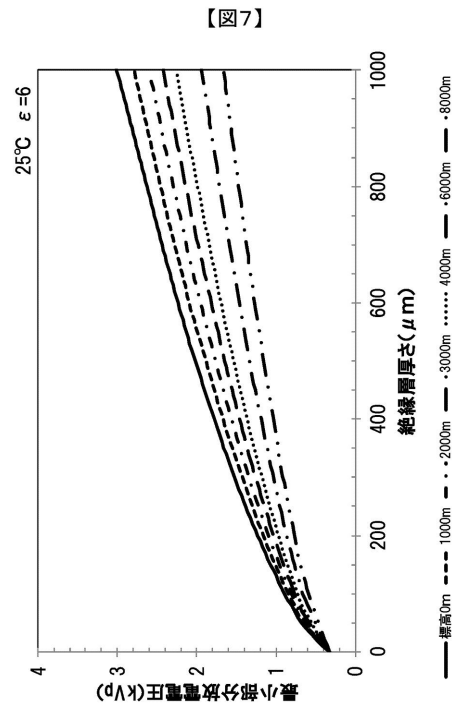
【図5】



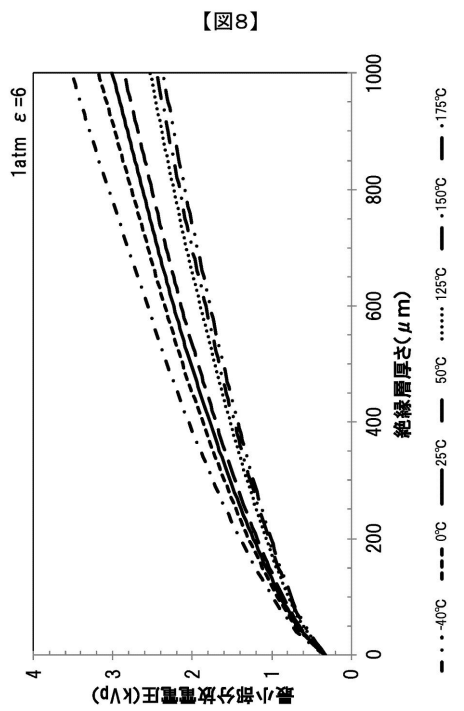
【図6】



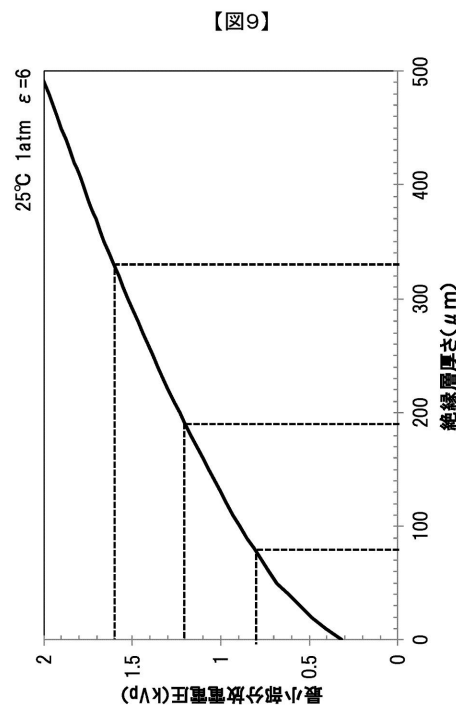
【図7】



【図8】

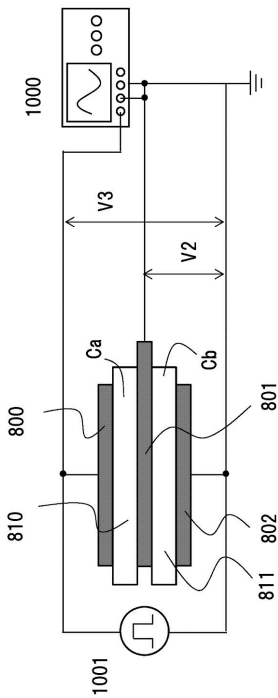


【図9】



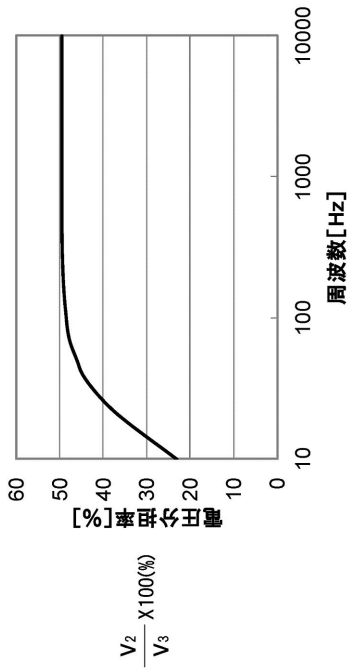
【図 1 0】

【図10】



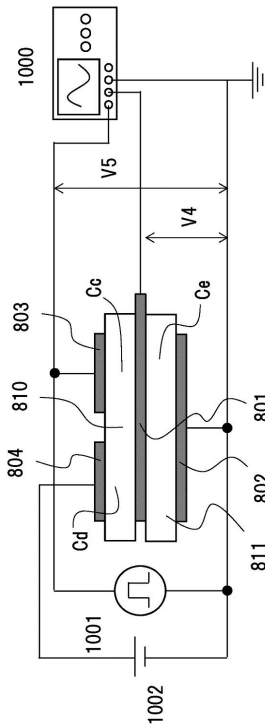
【図 1 1】

【図11】



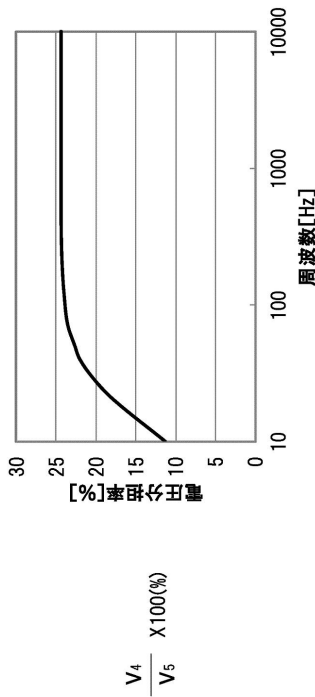
【図 1 2】

【図12】

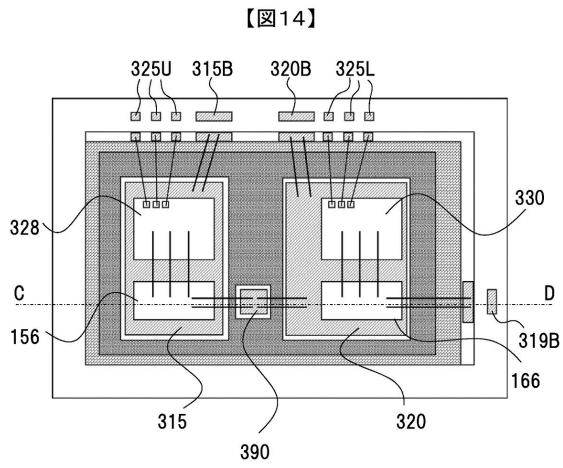


【図 1 3】

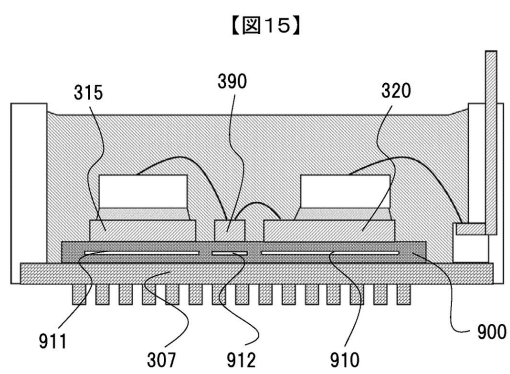
【図13】



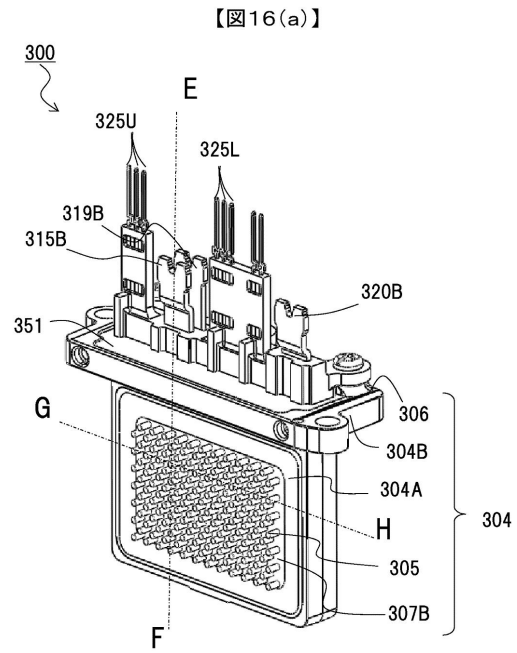
【図14】



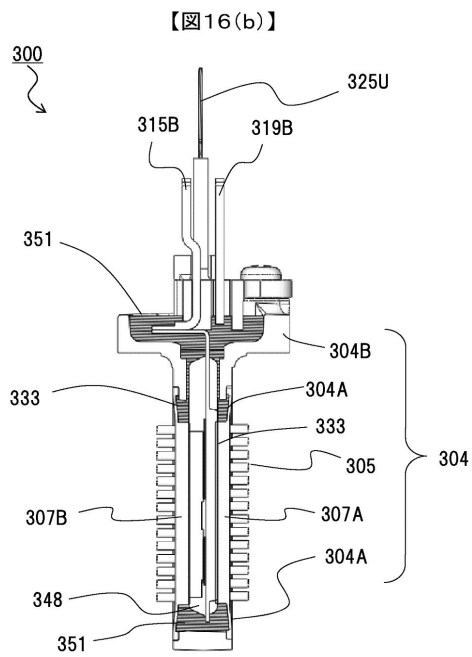
【図15】



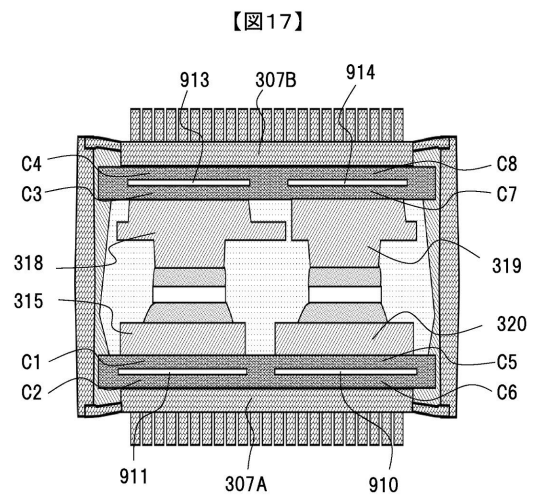
【図16(a)】



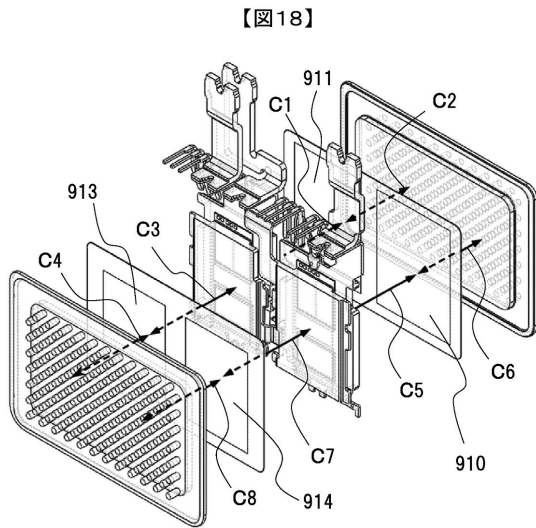
【図16(b)】



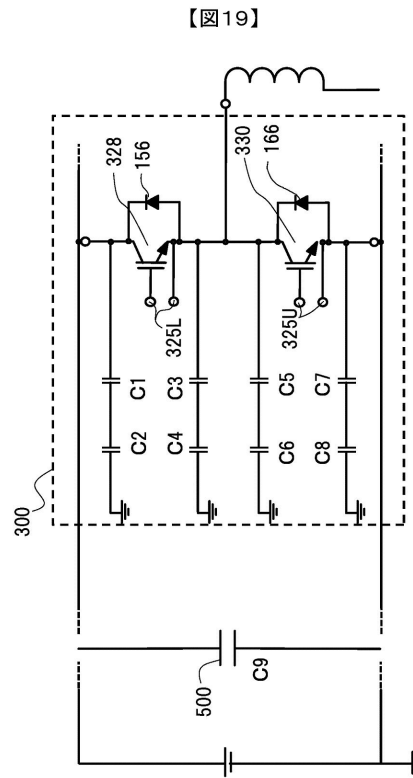
【図17】



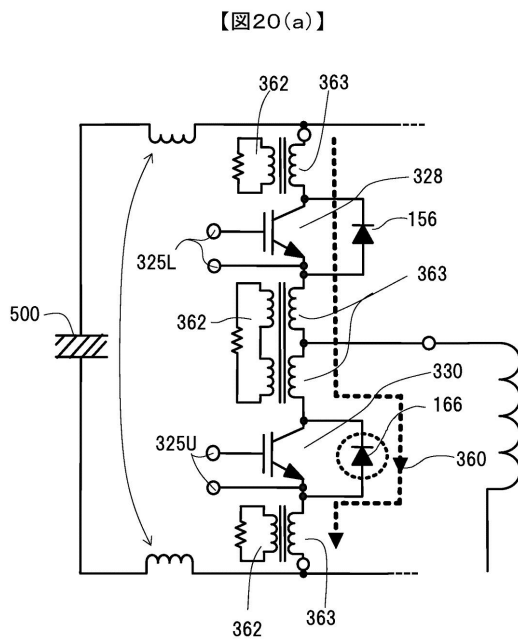
【図18】



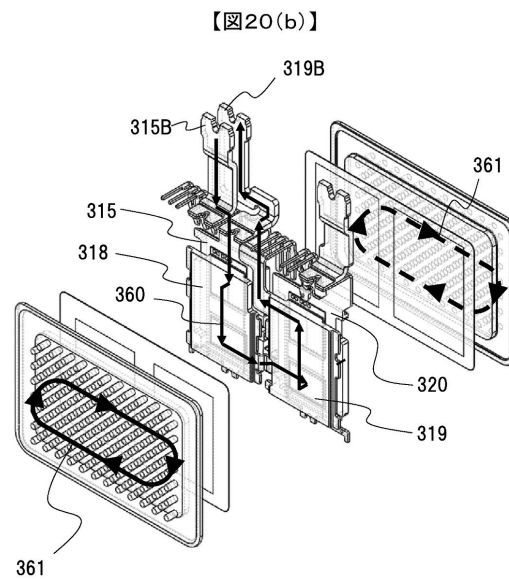
【図19】



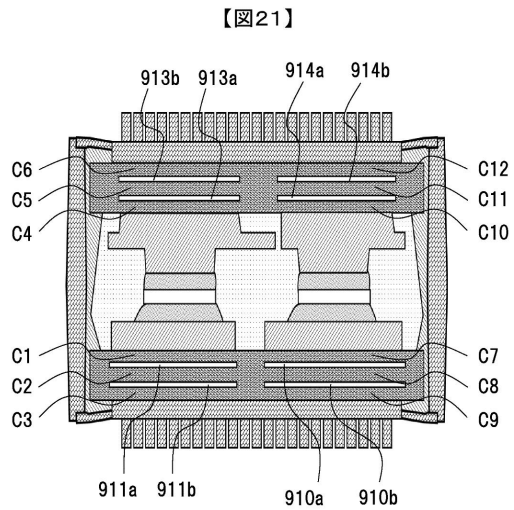
【図20(a)】



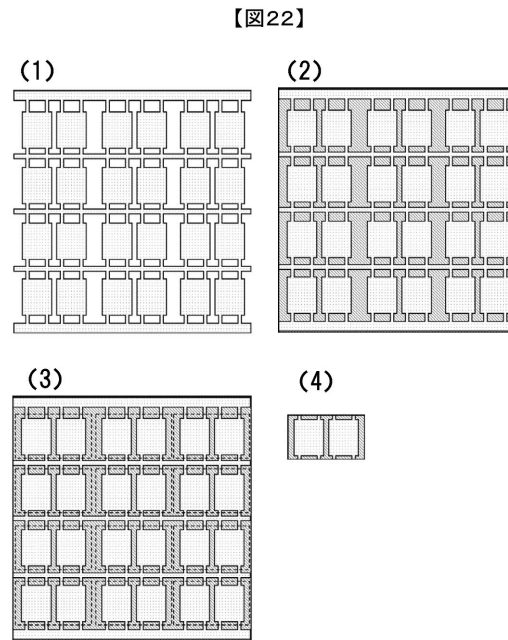
【図20(b)】



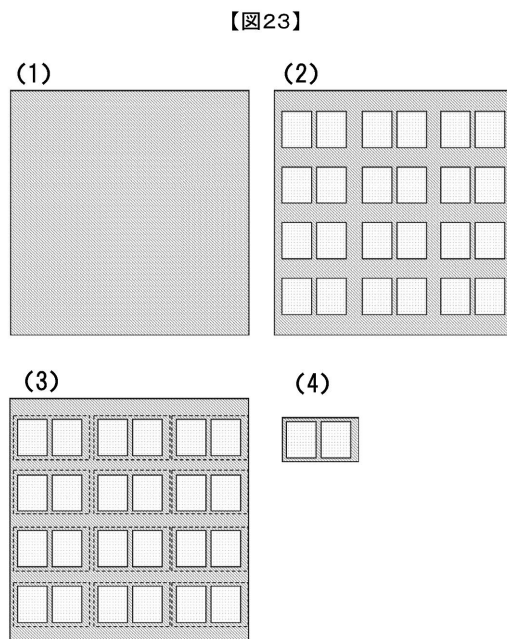
【 図 2 1 】



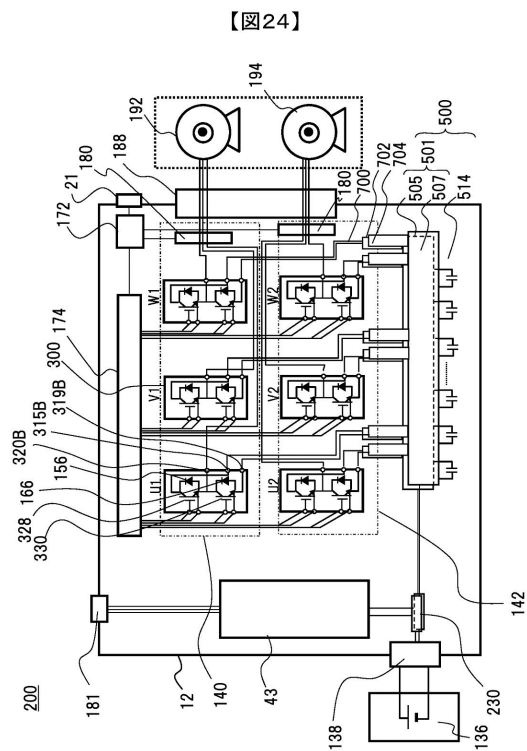
【 図 2 2 】



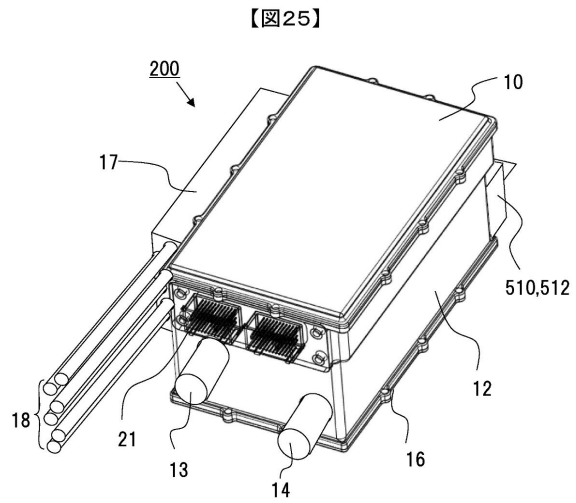
【 図 2 3 】



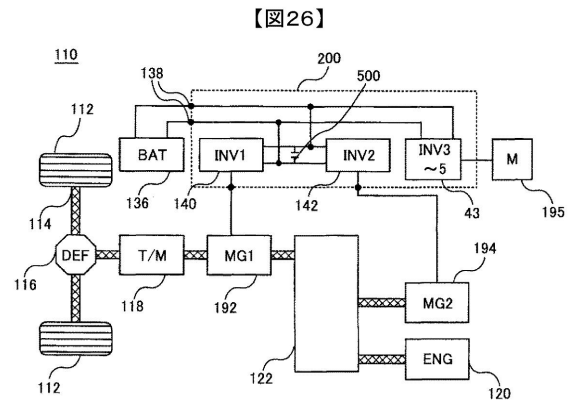
【 図 2 4 】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

(72)発明者 徳山 健

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

株式会社日立製作所内

(72)発明者 諏訪 時人

茨城県ひたちなか市高場2520番地
式会社内

日立オートモティブシステムズ株

審査官 佐藤 匡

(56)参考文献 特開2007-49810(JP,A)

特開2000-31325(JP,A)

特開2012-138409(JP,A)

特開2012-244750(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/48, 1/00

H01L 23/36, 25/07, 25/18