

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7187992号
(P7187992)

(45)発行日 令和4年12月13日(2022.12.13)

(24)登録日 令和4年12月5日(2022.12.5)

| | |
|--------------------------|-----------------|
| (51)国際特許分類 | F I |
| H 0 1 L 25/18 (2006.01) | H 0 1 L 25/04 Z |
| H 0 1 L 25/04 (2014.01) | H 0 1 L 23/46 Z |
| H 0 1 L 23/473 (2006.01) | H 0 5 K 7/20 N |
| H 0 5 K 7/20 (2006.01) | |

請求項の数 11 (全22頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|---|
| (21)出願番号 | 特願2018-208541(P2018-208541) | (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 |
| (22)出願日 | 平成30年11月6日(2018.11.6) | (74)代理人 | 110000877 弁理士法人R Y U K A国際特許事務所 |
| (65)公開番号 | 特開2020-77679(P2020-77679A) | (72)発明者 | 新井 伸英 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 |
| (43)公開日 | 令和2年5月21日(2020.5.21) | 審査官 | 庄司 一隆 |
| 審査請求日 | 令和3年10月14日(2021.10.14) | | |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体モジュールおよび車両

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体装置および冷却装置を備える半導体モジュールであって、
前記半導体装置は、
入力端子と、
第1端部および第2端部を有し、一の方向に延伸し、前記第1端部が前記入力端子に接続される配線部と、
上面および下面を有し、前記上面側に前記一の方向に沿って第1回路板および第2回路板が設けられ、前記下面が前記冷却装置の上面に配置される回路基板と、
前記配線部と前記第1回路板の上面との間に接続される金属体と、
上面電極および下面電極を有し、前記上面電極が前記第2端部に接続され、前記下面電極が前記第2回路板の上面に接続される半導体チップと、
を含み、
前記入力端子はN端子であり、
前記回路基板はさらに第3回路板が設けられ、
前記半導体装置は、
P端子と、
第3端部および第4端部を有し、前記一の方向に延伸し、前記第3端部が前記P端子に接続される第2配線部と、
前記第2配線部と前記第3回路板の上面との間に接続される第2金属体と、

10

20

上面電極および下面電極を有し、前記下面電極が前記第3回路板の上面に接続される第2半導体チップと

を更に有する、

半導体モジュール。

【請求項2】

前記金属体は、前記配線部において、前記半導体チップよりも前記入力端子の側に接続される、

請求項1に記載の半導体モジュール。

【請求項3】

前記第1回路板は、平面視において、前記金属体との接触面積よりも大きな面積を有する、

10

請求項1または2に記載の半導体モジュール。

【請求項4】

前記第2回路板および前記第3回路板はそれぞれ、平面視において、長手部および短手部を含むL字形のパターンを有し、

前記長手部はそれぞれ前記一方向に延伸し、

前記第2回路板の長手部と前記第3回路板の短手部が、互いに向かい合い、前記一方向に延伸する隙間を空けて配置され、且つ、前記第2回路板の短手部と前記第3回路板の長手部が、互いに向かい合い、前記一方向に延伸する隙間を空けて配置され、

前記半導体チップおよび前記第2半導体チップは、それぞれ前記第2回路板の短手部および前記第3回路板の短手部に接続され、前記一方向から見た場合に、互いに一部のみが重なっている、

20

請求項1から3の何れか一項に記載の半導体モジュール。

【請求項5】

前記第2金属体は、前記第3回路板の前記長手部上に位置し、前記第2半導体チップよりも前記P端子の側に位置する、

請求項4に記載の半導体モジュール。

【請求項6】

平面視において、

前記第2回路板は、前記半導体チップとの接触面積よりも大きな面積を有し、

30

前記第3回路板は、前記第2半導体チップおよび前記第2金属体との接触面積よりも大きな面積を有する、

請求項5に記載の半導体モジュール。

【請求項7】

前記金属体および前記第2金属体はそれぞれ、実質的に直方体であり、

前記金属体の底面積が前記第2金属体の底面積より小さい、

請求項6に記載の半導体モジュール。

【請求項8】

前記金属体の底面の長辺が前記第2金属体の底面の長辺より短く、

前記金属体の底面の長辺が前記一方向と直交し、前記第2金属体の底面の長辺が前記一方向と平行である、

40

請求項7に記載の半導体モジュール。

【請求項9】

前記冷却装置は、

おもて面および裏面を有する天板と、

前記天板の裏面側に配置された冷媒流通部と、

前記裏面から前記冷媒流通部に向かって設けられた冷却フィンと、

冷媒を導入するための、前記冷媒流通部と連通する導入口と、

冷媒を導出するための、前記冷媒流通部と連通する導出口と、

を有し、

50

前記金属体および前記第2金属体は、平面視において、前記冷却フィンが設けられたフィン領域に対応する位置に配置される、
請求項1から8の何れか一項に記載の半導体モジュール。

【請求項10】

平面視において、

前記回路基板は前記入力端子側の第1端および前記第1端の反対側の第2端を有し、

前記フィン領域は前記入力端子側の第1境界および前記第1境界の反対側の第2境界を有し、

前記第1端と前記第1境界との間の距離が前記第2端と前記第2境界との間の距離より大きい、

請求項9に記載の半導体モジュール。

10

【請求項11】

請求項1から10の何れか一項に記載の半導体モジュールを備える車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体モジュールおよび車両に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、パワー半導体チップ等の半導体素子を含む半導体モジュールが知られている（例えば、特許文献1-5参照）。

20

特許文献1 特開2014-67902号公報

特許文献2 特開2010-103222号公報

特許文献3 特開2017-17195号公報

特許文献4 特開2011-160519号公報

特許文献5 WO2016/204257

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

半導体モジュールの入力端子にコンデンサが接続される場合、コンデンサが熱を発するため、全体の冷却効率が低かった。

30

【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、半導体装置および冷却装置を備える半導体モジュールを提供する。半導体装置は、入力端子を含んでもよい。半導体装置は、第1端部および第2端部を有し、一の方向に延伸し、第1端部が入力端子に接続される配線部を含んでもよい。半導体装置は、上面および下面を有し、上面側に一の方向に沿って第1回路板および第2回路板が設けられ、下面が冷却装置の上面に配置される回路基板を含んでもよい。半導体装置は、配線部と第1回路板の上面との間に接続される金属体を含んでもよい。半導体装置は、上面電極および下面電極を有し、上面電極が第2端部に接続され、下面電極が第2回路板の上面に接続される半導体チップを含んでもよい。

40

【0005】

金属体は、配線部において、半導体チップよりも入力端子の側に接続されてもよい。

【0006】

第1回路板は、平面視において、金属体との接触面積よりも大きな面積を有してもよい。

【0007】

入力端子はN端子であってもよい。回路基板はさらに第3回路板が設けられてもよい。半導体装置は、P端子を有してもよい。半導体装置は、第3端部および第4端部を有し、一の方向に延伸し、第3端部がP端子に接続される第2配線部を有してもよい。半導体装置は、第2配線部と第3回路板の上面との間に接続される第2金属体を有してもよい。半

50

導体装置は、上面電極および下面電極を有し、下面電極が第3回路板の上面に接続される第2半導体チップを有してもよい。

【0008】

第2回路板および第3回路板はそれぞれ、平面視において、長手部および短手部を含むL字形のパターンを有してもよい。長手部はそれぞれ一の方向に延伸してもよい。第2回路板の長手部と第3回路板の短手部が、互いに向かい合い、一の方向に延伸する隙間を空けて配置され、且つ、第2回路板の短手部と第3回路板の長手部が、互いに向かい合い、一の方向に延伸する隙間を空けて配置されてもよい。半導体チップおよび第2半導体チップは、それぞれ第2回路板の短手部および第3回路板の短手部に接続され、一の方向から見た場合に、互いに重なっていてもよい。

10

【0009】

第2金属体は、第3回路板の長手部上に位置し、第2半導体チップよりもP端子の側に位置してもよい。

【0010】

平面視において、第2回路板は、半導体チップとの接触面積よりも大きな面積を有してもよい。第3回路板は、第2半導体チップおよび第2金属体との接触面積よりも大きな面積を有してもよい。

【0011】

金属体および第2金属体はそれぞれ、実質的に直方体であってもよい。金属体の底面積が第2金属体の底面積より小さくてもよい。

20

【0012】

金属体の底面の長辺が第2金属体の底面の長辺より短くてもよい。金属体の底面の長辺が一の方向と直交し、第2金属体の底面の長辺が一の方向と平行であってもよい。

【0013】

冷却装置は、おもて面および裏面を有する天板を有してもよい。冷却装置は、天板の裏面側に配置された冷媒流通部を有してもよい。冷却装置は、裏面から冷媒流通部に向かって設けられた冷却フィンも有してもよい。冷却装置は、冷媒を導入するための、冷媒流通部と連通する導入口を有してもよい。冷却装置は、冷媒を導出するための、冷媒流通部と連通する導出口を有してもよい。金属体は、平面視において、冷却フィンが設けられたフィン領域に対応する位置に配置されてもよい。

30

【0014】

冷却装置は、おもて面および裏面を有する天板を有してもよい。冷却装置は、天板の裏面側に配置された冷媒流通部を有してもよい。冷却装置は、裏面から冷媒流通部に向かって設けられた冷却フィンも有してもよい。冷却装置は、冷媒を導入するための、冷媒流通部と連通する導入口を有してもよい。冷却装置は、冷媒を導出するための、冷媒流通部と連通する導出口を有してもよい。金属体および第2金属体は、平面視において、冷却フィンが設けられたフィン領域に対応する位置に配置されてもよい。

【0015】

平面視において、回路基板は入力端子側の第1端および第1端の反対側の第2端を有してもよい。平面視において、フィン領域は入力端子側の第1境界および第1境界の反対側の第2境界を有してもよい。平面視において、第1端と第1境界との間の距離が第2端と第2境界との間の距離より大きくてもよい。

40

【0016】

本発明の第2の態様においては、第1の態様に係る半導体モジュールを備える車両を提供する。

【0017】

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。

【図面の簡単な説明】

【0018】

50

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係るインバータ 1 の一例を示す模式的な斜視図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態に係る半導体モジュール 100 の一例を示す模式的な斜視図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る半導体モジュール 100 の一例を示す模式的な断面図である。

【図 4】半導体装置 70 の回路基板 76 に設けられた回路要素等の配置例と冷媒の流れ方向とを示す図である。

【図 5】フィン領域 95 と半導体装置 70 との配置例を示す図である。

【図 6】冷却装置 10 におけるフィン領域 95 の配置例、冷却フィン 94 の形状および冷媒の流れ方向を示す図である。

10

【図 7】冷却装置 10 におけるフィン領域 95 および半導体装置 70 の配置例ならびに冷媒の流れ方向を示す図である。

【図 8】本発明の第 2 実施形態に係るインバータ 2 の一例を示す模式的な斜視図である。

【図 9】本発明の第 2 実施形態に係る半導体モジュール 101 の一例を示す模式的な断面図である。

【図 10】冷却フィン 94、第 1 の冷媒流路 30 - 1 および第 2 の冷媒流路 30 - 2 の x y 面における配置例を示す図である。

【図 11】冷媒流通部 92 の概要を示す斜視図である。

【図 12】本発明の第 3 実施形態に係る車両 200 の概要を示す図である。

【図 13】本発明の第 4 実施形態に係るインバータ 1 (2) の主回路図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

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。

【0020】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るインバータ 1 の一例を示す模式的な斜視図である。インバータ 1 は、半導体モジュール 100 およびコンデンサ装置 150 を含んでよい。半導体モジュール 100 は、半導体装置 70 および冷却装置 10 を備える。本例の半導体モジュール 100 は、3 組の入力端子 (P 端子 82、N 端子 81) と、出力端子 83 U、83 V、83 W とを有する半導体装置 70 を備え、三相交流インバータを構成する装置として機能する。本例の半導体装置 70 は、冷却装置 10 に載置されている。本明細書では、半導体装置 70 が載置されている冷却装置 10 の面を x y 面とし、x y 面と垂直な面を z 軸とする。x y z 軸は右手系をなす。本明細書では、z 軸方向において冷却装置 10 から半導体装置 70 に向かう方向を上、逆の方向を下と称するが、上および下の方向は、重力方向に限定されない。また本明細書では、各部材の面のうち、上側の面を上面、下側の面を下面、上面および下面の間の面を側面と称する。本明細書において、平面視は、z 軸正方向から半導体モジュール 100 を見た場合を意味する。

30

【0021】

半導体モジュール 100 は、外部のコンデンサ装置 150 に接続されてよい。コンデンサ装置 150 は 3 組の端子 (153 - 1、153 - 2)、内部コンデンサおよび電源端子 155 を備える。半導体モジュール 100 の N 端子 81 および P 端子 82 は、端子 153 を介してコンデンサ装置 150 の内部コンデンサに電氣的に並列に接続される。なお、半導体装置 70 における出力端子 83 U、83 V、83 W は、負荷、例えば、車両などのモーターに電氣的に接続されてもよい。

40

【0022】

半導体モジュール 100 の冷却装置 10 は、2 本のパイプ 90 により外部の冷媒供給源に接続され得る。冷却装置 10 は一方のパイプ 90 から冷媒を搬入され、冷媒は、冷却装置 10 の内部を循環した後に、冷却装置 10 から他方のパイプ 90 へと搬出される。

【0023】

50

コンデンサ装置 150 は、内部コンデンサなどの回路要素を収容する筐体 151 と、それぞれが筐体 151 から外に突出する、3組の端子 153 - 1、153 - 2 と、外部電源の負極に電氣的に接続される負の電源端子 155 1 と、外部電源の正極に電氣的に接続される正の電源端子 155 2 とを有する。端子 153 - 1、153 - 2 と電源端子 155 1、155 2 とはそれぞれ、コンデンサ装置 150 において互いに電氣的に接続される。負の電源端子 155 1 と正の電源端子 155 2 とは、外部電源、例えばバッテリーなどの電極に接続されてよい。

【0024】

3つの端子 153 - 1 はそれぞれ半導体モジュール 100 の3つのN端子 81 に電氣的に接続されてよい。また、3つの端子 153 - 2 はそれぞれ半導体モジュール 100 のP端子 82 に電氣的に接続されてよい。

10

【0025】

インバータ 1 において、コンデンサ装置 150 の内部コンデンサはインバータ 1 の動作により発熱し、コンデンサが発した熱は半導体モジュール 100 へと伝導する。本実施形態のインバータ 1 の半導体モジュール 100 は、コンデンサの熱を、半導体装置 70 を経由して冷却装置 10 に放熱することにより、インバータ 1 全体を冷却できる。

【0026】

図 2 および図 3 は、本発明の第 1 実施形態に係る半導体モジュール 100 の一例を示す模式的な斜視図および断面図である。図 1 を用いて説明したインバータ 1 は、図 2 および図 3 で示す半導体モジュール 100 の1つの用途例であってもよい。

20

【0027】

図示されるように、半導体モジュール 100 は、半導体装置 70 (70 - 1、70 - 2、70 - 3) と冷却装置 10 とを備える。半導体装置 70 は、冷却装置 10 の上面に載置されている。半導体装置 70 は、入力端子 (N端子 81、P端子 82) と、出力端子 (83U、83V、83W) と、リードフレーム (配線部) 73 (73 - 1、73 - 2、73 - 3、73 - 4) と、回路基板 76 と、金属体 77 と、半導体チップ 78 と、を有する。

【0028】

半導体装置 70 は、3枚の回路基板 76 を含んでもよい。回路基板 76 には回路板 75 が設けられてもよい。回路板 75 には2つの半導体チップ 78 が搭載されてもよい。回路基板 76、半導体チップ 78、リードフレーム 73 および金属体 77 は収容部 72 に収容されてもよい。入力端子 (N端子 81、P端子 82) および出力端子 (83U、83V、83W) は収容部 72 に一体的に設けられてもよい。

30

【0029】

入力端子 (N端子 81、P端子 82) はそれぞれ、コンデンサ装置 150 の端子 153 - 1 および端子 153 - 2 に電氣的に接続され、これにより、コンデンサ装置 150 の内部コンデンサ、および、外部電源の負極および正極に電氣的に接続されてよい。出力端子 83U、83V、83W はそれぞれ、例えば外部のモーターに電氣的に接続されてよい。

【0030】

リードフレーム 73 は、銅、銅合金またはアルミニウム等の導電材料で形成された板状の配線である。リードフレーム 73 は表面にメッキ膜が形成されてもよい。リードフレーム 73 - 1 およびリードフレーム 73 - 2 は、一方の端部 (第 1 端部、第 3 端部) および他方の端部 (第 2 端部、第 4 端部) を有し、一方向に延伸し、一方の端部が入力端子 (N端子 81、P端子 82) に接続される。リードフレーム 73 は、はんだ等の接合材あるいはレーザ溶接、ティグ溶接や抵抗溶接などの溶接により、半導体チップ 78 の上面、金属体 77、回路板 75、N端子 81、P端子 82 および出力端子 83U、83V、83W のそれぞれに接合されてよい。これにより、リードフレーム 73 は、回路基板 76 上の各回路要素間を接続し、また、回路基板 76 上の各回路要素とN端子 81、P端子 82 および出力端子 83U、83V、83W のそれぞれとを接続する。

40

【0031】

回路基板 76 は、一例として、上面と下面を有する絶縁板と、絶縁板の上面に設けられ

50

た回路層と、下面に設けられた金属層とを順に含む積層基板である。回路基板 76 は、上面および下面を有し、下面が冷却装置 10 の上面に配置される。図 3 に示すように、回路基板 76 は、コンデンサ装置 150 から離れる方向に寄って、冷却装置 10 の上面に配置されてもよい。回路基板 76 は、一例として、金属層を介してはんだ等によって冷却装置 10 の上面に固定されている。また、回路基板 76 の上面側には、リードフレーム 73 - 1 およびリードフレーム 73 - 2 が延伸する一方向に沿って、回路層の一例である回路板 75 (第 1 回路板、第 2 回路板、第 3 回路板) が設けられ、回路板 75 を介して 2 つの半導体チップ 78 が固定されている。回路層は複数の回路板 75 を含んでよい。

【0032】

回路基板 76 は、例えば、DCB (Direct Copper Bonding) 基板や AMB (Active Metal Brazing) 基板であってよい。絶縁板は、アルミナ (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN)、窒化珪素 (Si_3N_4) 等のセラミックス材料を用いて形成されてよい。回路層および金属層は、銅あるいは銅合金などの金属を含む板材であってよい。

10

【0033】

回路板 75 は、銅等の導電材料で形成されている。回路板 75 は、はんだやろう等によって回路基板 76 の上面側に固定されている。回路板 75 の上面には、各半導体チップ 78 および金属体 77 がはんだ等によって電氣的、機械的に接続され、すなわち電気回路的に直接接続されている。なお、回路板 75 は、ワイヤー等により、他の導電部材と電氣的に接続されてもよい。

20

【0034】

金属体 77 は、熱伝導率が樹脂よりも高い金属、例えば銅、銀、金、および、アルミニウムなどの少なくとも何れかの金属、好ましくは銅または銅合金で形成された、ブロック状の部材である。金属体 77 は、実質的に直方体であってよい。金属体 77 は、一端をリードフレーム 73 に接続され、他端を、回路板 75 を介して回路基板 76 の上面に接続される。換言すると、金属体 77 は、リードフレーム 73 - 1 およびリードフレーム 73 - 2 と回路板 75 の上面との間に接続される。金属体 77 は、一例として、はんだ等によって回路板 75 の上面に固定されている。コンデンサ装置 150 で発生する熱は、端子 153 - 1、N 端子 81、リードフレーム 73 - 1、金属体 77 - 1 および回路基板 76 を介して、冷却装置 10 へ移動できる。また、コンデンサ装置 150 で発生する熱は、端子 153 - 2、P 端子 82、リードフレーム 73 - 2、金属体 77 - 3 および回路基板 76 を介して、冷却装置 10 へ移動することもできる。また半導体チップ 78 で発生する熱は、リードフレーム 73、金属体 77 および回路基板 76 を含む経路を介して冷却装置 10 へ移動することもできる。

30

【0035】

2 つの半導体チップ 78 は縦型の半導体素子であり、上面電極および下面電極を有する。半導体チップ 78 はそれぞれ、一例として、シリコン等の半導体基板に形成された絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (IGBT)、MOS 電界効果トランジスタ (MOSFET) および還流ダイオード (FWD) 等の素子を含む。各半導体チップ 78 は、IGBT および FWD が一枚の半導体基板に形成された逆導通 IGBT (RC-IGBT) であってよい。RC-IGBT において IGBT と FWD は逆並列に接続されてよい。

40

【0036】

各半導体チップ 78 (半導体チップ、第 2 半導体チップ) は、上面電極および下面電極を有し、下面電極が回路板 75 (第 2 回路板、第 3 回路板) の上面に接続されている。一方の半導体チップ 78 (半導体チップ) の上面電極は、リードフレーム 73 - 1 の他方の端部 (第 2 端部) に接続される。他方の半導体チップ 78 (第 2 半導体チップ) の上面電極は、リードフレーム 73 - 3 およびリードフレーム 73 - 4 を介して出力端子に接続される。各半導体チップ 78 の上面電極はエミッタ、ソースあるいはアノード電極であってよく、下面電極はコレクタあるいはカソード電極であってよい。各半導体チップ 78 における半導体基板は、炭化ケイ素や窒化ガリウムであってよい。

50

【 0 0 3 7 】

I G B T や M O S F E T などのスイッチング素子を含む半導体チップ 7 8 は制御電極を有する。半導体モジュール 1 0 0 は半導体チップ 7 8 の制御電極に接続される制御端子を有してもよい。スイッチング素子は、制御端子を介し、外部の制御回路により制御され得る。

【 0 0 3 8 】

收容部 7 2 は、例えば熱硬化型樹脂、紫外線硬化型樹脂等の絶縁材料で形成された枠体であり、半導体装置 7 0 の各構成要素を收容する。收容部 7 2 は、半導体チップ 7 8、回路基板 7 6、回路板 7 5、リードフレーム 7 3、金属体 7 7 およびその他の回路要素を收容する内部空間を有する。收容部 7 2 の内部空間には、半導体チップ 7 8、回路基板 7 6、回路板 7 5、リードフレーム 7 3、金属体 7 7 およびその他の回路要素を封止する封止部 7 4 が充填されてよい。封止部 7 4 は、例えばシリコーンゲルまたはエポキシ樹脂等の樹脂を含む絶縁部材である。なお、図 1 においては、説明の簡略化を目的として、收容部 7 2 および封止部 7 4 の図示を省略してある。

10

【 0 0 3 9 】

冷却装置 1 0 は、天板 2 0 およびジャケット 4 0 を有する。天板 2 0 は、x y 面と平行な上面（おもて面）2 2 および下面（裏面）2 4 を有する板状の金属板であってよい。天板 2 0 は、対向する 2 つの短辺 2 6 および対向する 2 つの長辺 2 8 を有してよい。短辺 2 6 は x 軸方向に平行であり、長辺は y 軸方向に平行であってよい。一例として天板 2 0 は、アルミニウムを含む金属で形成されている。天板 2 0 の上面 2 2 には、半導体装置 7 0 が載置される。天板 2 0 には、各半導体チップ 7 8 およびコンデンサ装置 1 5 0 において発生した熱が伝達される。天板 2 0、回路基板 7 6 および半導体チップ 7 8 はこの順に配置される。天板 2 0 および回路基板 7 6 の間、ならびに、回路基板 7 6 および半導体チップ 7 8 の間にはんだ等の部材により熱的に接続されてよい。天板 2 0 および内部コンデンサの間は、端子 1 5 3、N 端子 8 1、P 端子 8 2、リードフレーム 7 3 および金属体 7 7 などの部材により熱的に接続されてもよい。回路基板 7 6 は、はんだ等により天板 2 0 の上面 2 2 に直接固定されてよい。收容部 7 2 は、天板 2 0 の上面 2 2 において回路基板 7 6 等が配置された領域を囲んで設けられてよい。收容部 7 2 は天板 2 0 の上面 2 2 に接着されてよい。他の例では、半導体装置 7 0 は收容部 7 2 の下面に露出するベース板を有しており、当該ベース板の上面に回路基板 7 6 が固定され、当該ベース板が天板 2 0 の上面 2 2 に固定されていてもよい。

20

30

【 0 0 4 0 】

ジャケット 4 0 は枠部 6 2 および本体部 6 4 を有する。枠部 6 2 は、x y 面において、本体部 6 4 および冷媒流通部 9 2 を囲んで配置されている。冷媒流通部 9 2 は本体部 6 4 の内面および天板 2 0 の下面により画定される。冷媒流通部 9 2 は、天板 2 0 の下面 2 4 側に配置されている。冷媒流通部 9 2 は、冷却装置 1 0 に導入された L L C や水等の冷媒が流通する領域である。冷媒は、回路基板 7 6 が配置される天板 2 0 の下面 2 4 に接触し、半導体装置 7 0 を冷却できる。冷媒流通部 9 2 は、天板 2 0 の下面 2 4 に接する密閉空間であってよい。ジャケット 4 0 は、枠部 6 2 において、天板 2 0 の下面 2 4 に直接または間接に密着して配置されている。これにより、冷媒流通部 9 2 を密閉している。なお、間接に密着とは、天板 2 0 の下面 2 4 とジャケット 4 0 との間に設けられた、シール材、接着剤、口ウ材、または、その他の部材を介して、天板 2 0 の下面 2 4 とジャケット 4 0 とが密着している状態を指す。密着は、冷媒流通部 9 2 の内部の冷媒が、当該密着部分から漏れ出ない状態を指す。天板 2 0 およびジャケット 4 0 は、好ましくは口ウ付けされる。天板 2 0 およびジャケット 4 0 は同一組成の金属で形成され、口ウ材は天板 2 0 等よりも融点の低い金属で形成されてよい。金属としてアルミニウムを含む金属が用いられてよい。

40

【 0 0 4 1 】

冷媒流通部 9 2 の内部に冷却フィン 9 4 が配置されている。冷却フィン 9 4 は z 軸方向に延在し、2 つの端部を有する。冷却フィン 9 4 は、上端が天板 2 0 の下面 2 4 に熱的お

50

よび機械的に接続され、下面 24 から冷媒流通部 92 に向かって延在する。冷却フィン 94 の下端 98 は、本体部 64 と接していてもよく、離れていてもよい。両者間に隙間があれば、本体部 64 に反り等が生じてても、冷却フィン 94 と本体部 64 との間で応力が生じ難い。各半導体チップ 78 が発した熱、および、コンデンサ装置 150 の内部コンデンサが発した熱は、冷却フィン 94 の近傍を通過する冷媒に移動できる。これにより、各半導体チップ 78 およびコンデンサ装置 150 の内部コンデンサを冷却できる。

【0042】

冷却フィン 94 は、 x y 面に対してほぼ垂直に設けられた柱状または板状の複数の要素を含んでよい。複数の要素は、 x y 面において、所定のパターンで配置されてよい。柱状の要素は x y 断面が円、長円あるいは多角形のピンであってよい。板状の要素はストレート板あるいは波形（ジグザグ）板であってよい。冷却フィン 94 の要素の別の例は、冷媒の流路となる複数の孔を有する板を z 軸方向に積層したものであってもよい。図 3 に示すように、冷却フィン 94 は、コンデンサ装置 150 から離れる方向に寄って、ジャケット 40 内に配置されてもよい。なお、冷却フィン 94 の構造は、上記の例に限定されない。

10

【0043】

本明細書では、冷却フィン 94 が設けられた領域をフィン領域 95 と称する。平面視（本例では x y 面と垂直な z 軸方向から見た図）において、フィン領域 95 は矩形であってよく、 x 軸方向に平行な対向する 2 つの短辺および y 軸方向に平行な対向する 2 つの長辺（第 1 境界および第 2 境界）を有してよい。フィン領域 95 は、冷却フィン 94 の要素が設けられた領域と、冷却フィン 94 の要素間の流路とが含まれる。

20

【0044】

冷媒流通部 92 には、平面視において、冷却フィン 94 を挟んで配置された第 1 の冷媒流路 30 - 1 および第 2 の冷媒流路 30 - 2 が設けられている。本例の第 1 の冷媒流路 30 - 1 および第 2 の冷媒流路 30 - 2 は、 x 軸方向において冷却フィン 94 を挟んでいる。また、それぞれの冷媒流路 30 は、冷却フィン 94 に沿って y 軸方向（長手方向）に延伸して設けられている。入力端子（N 端子 81、P 端子 82）側から第 1 の冷媒流路 30 - 1、冷却フィン 94 および第 2 の冷媒流路 30 - 2 が順に配置されている。

【0045】

本体部 64 には、第 1 の冷媒流路 30 - 1 および第 2 の冷媒流路 30 - 2 のそれぞれに対応する位置に開口部 42 が設けられている。第 1 の冷媒流路 30 - 1 へ連通する開口部 42 - 1 は冷媒を導入するための導入口として、第 2 の冷媒流路 30 - 2 へ連通する開口部 42 - 2 は冷媒を導出するための導出口として機能し得る。開口部 42 - 1 を導出口とし、開口部 42 - 2 を導入口として、冷却装置 10 を外部の冷却システムに接続してもよい。それぞれの開口部 42 には、冷媒を搬送するパイプ 90 が任意に接続されてよい。

30

【0046】

冷媒流路 30 は、冷媒流通部 92 において、所定の高さ（ z 軸方向の長さ）以上の高さを有する空間を指す。所定の高さとは、天板 20 および本体部 64 の間の距離であってよい。

【0047】

天板 20 の下面 24 と平行で、且つ、長手方向（ y 軸方向）とは垂直な方向（ x 軸方向）を冷媒流路 30 の幅方向とする。

40

【0048】

図 4 は、半導体装置 70 の回路基板 76 に設けられた回路要素等の配置例と冷媒の流れ方向とを示す平面図であり、図 5 は、フィン領域 95 と半導体装置 70 との配置例を示す平面図である。図 4 は、半導体装置 70 に含まれる U 相ユニット 70 - 1 のみを図示し、図 5 は、U 相ユニット 70 - 1、V 相ユニット 70 - 2、W 相ユニット 70 - 3 を図示している。U 相ユニット 70 - 1、V 相ユニット 70 - 2、W 相ユニット 70 - 3 は互いに同じ構成を備えてよい。以下では U 相ユニット 70 - 1 について説明する。

【0049】

U 相ユニット 70 - 1 は、略長方形の回路基板 76 および金属体 77 を含む。回路基板

50

76は、上面側に、互いに所定間隔で離間する3つの回路板75-1、75-2、75-3が設けられている。回路板75-1、75-2、75-3は、上面に、金属体77-1、77-2、77-3がそれぞれ設けられている。U相ユニット70-1は更に、回路板75-2に配置された半導体チップ78-4、回路板75-3に配置された半導体チップ78-1を含む。

【0050】

回路板75-1は、金属体77-1に物理的に接続され、すなわち直接的に又ははんだ等を介して間接的に金属体77-1に接触しており、これにより、熱的にも金属体77-1に接続されている。回路板75-1は、平面視において、金属体77-1との接触面積よりも大きな面積を有する。換言すると、回路板75-1は、回路基板76の上面の側から見た場合に、金属体77-1よりも大きな面積を有する。また、回路板75-1は、一例として略長方形を有する。

10

【0051】

回路板75-2は、金属体77-2および半導体チップ78-4のそれぞれに物理的、電氣的且つ熱的に接続され、平面視において、金属体77-2および半導体チップ78-4との接触面積よりも大きな面積を有する。換言すると、回路板75-2は、回路基板76の上面の側から見た場合に、金属体77-2および半導体チップ78-4の合計面積よりも大きな面積を有する。回路板75-2は、長手部(L2)および短手部(S2)を含んでよい。回路板75-2は、長手部および短手部が合体したもので、その外縁が平面視において略L字形のパターンを有してよい。長手部は略長方形を有し、短手部は略正方形を有してよい。回路板75-2の長手部は、リードフレーム73-1およびリードフレーム73-2が延伸する一方向(x軸方向)に延伸してよい。

20

【0052】

回路板75-3は、金属体77-3および半導体チップ78-1のそれぞれに物理的、電氣的且つ熱的に接続され、平面視において、金属体77-3および半導体チップ78-1との接触面積よりも大きな面積を有する。換言すると、回路板75-3は、回路基板76の上面の側から見た場合に、金属体77-3および半導体チップ78-1の合計面積よりも大きな面積を有する。回路板75-3も、長手部(L3)および短手部(S3)を含んでよい。回路板75-3も、長手部および短手部が合体したもので、その外縁が平面視において略L字形のパターンを有してよい。長手部は略長方形を有し、短手部は略正方形を有してよい。回路板75-3の長手部も、リードフレーム73-1およびリードフレーム73-2が延伸する一方向(x軸方向)に延伸してよい。

30

【0053】

回路板75-2は、その長手部が回路板75-3の短手部と向かい合うように、回路基板76の上面に配置されてよい。回路板75-2の長手部と回路板75-3の短手部は、x軸方向に延伸する所定幅の間隙(g)を空けて、配置されてよい。回路板75-3は、その長手部が回路板75-2の短手部と向かい合うように、回路基板76の上面に配置されてよい。回路板75-3の長手部と回路板75-3の短手部は、x軸方向に延伸する所定幅の間隙を空けて、配置されてよい。回路板75-2および回路板75-3は、任意の点に関して時計回りに移動したときに、それらのパターンが実質的に重なってよい。回路板75-1の短手方向の長さ、回路板75-2の長手部の短手方向の長さ、および、回路板75-3の長手部の短手方向の長さは、一例として、互いに略等しい。また、一例として、当該長さの略6分の1の一定幅で、回路板75-1、回路板75-2および回路板75-3は互いに離間してよい。

40

【0054】

金属体77(金属体、第2金属体)は直方体形状の金属ブロックでもよい。金属体77は、少なくともx-y面に平行な底面と、z軸方向の高さ(厚み)を有してよい。所定の体積を有する金属体77をリードフレーム73および回路板75の間に設けることにより、リードフレーム73および回路板75が電氣的、機械的、さらに熱的に結合され得る。金属体77が所定の高さを有することにより、封止部74がリードフレーム73および回路

50

板 75 の間に隙間なく、充填され得る。

【 0 0 5 5 】

金属体 77 - 1 は、平面視において略長方形を有し、回路板 75 - 1 の上面の略中央に位置し、長手方向が回路板 75 - 1 の長手方向 (y 軸方向) と略一致する。回路基板 76 の上面の側から見た場合に、金属体 77 - 1 の縦横の寸法は、回路板 75 - 1 の縦横の寸法の何れよりも小さく、一例として、金属体 77 - 1 の周囲には、回路板 75 - 1 における金属体 77 - 1 と接触していない領域が存在する。

【 0 0 5 6 】

金属体 77 - 2 は、平面視において略長方形を有し、回路板 75 - 2 の長手部における上面の略中央に位置し、長手方向が回路板 75 - 2 の長手部の長手方向 (x 軸方向) と略一致する。回路基板 76 の上面の側から見た場合に、金属体 77 - 2 の縦横の寸法は、回路板 75 - 2 の長手部の縦横の寸法の何れよりも小さく、一例として、金属体 77 - 2 の周囲には、回路板 75 - 2 における金属体 77 - 2 と接触していない領域が存在する。

10

【 0 0 5 7 】

金属体 77 - 3 は、平面視において略長方形を有し、回路板 75 - 3 の長手部における上面の略中央に位置し、長手方向が回路板 75 - 3 の長手部の長手方向 (x 軸方向) と略一致する。回路基板 76 の上面の側から見た場合に、金属体 77 - 3 の縦横の寸法は、回路板 75 - 3 の長手部の縦横の寸法の何れよりも小さく、一例として、金属体 77 - 3 の周囲には、回路板 75 - 3 における金属体 77 - 3 と接触していない領域が存在する。

【 0 0 5 8 】

半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 はそれぞれ、回路板 75 - 3 および回路板 75 - 2 の短手部に接続される。半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 は何れも、その外形が例えば略矩形や略正方形であり、回路基板 76 の上面の側から見た場合に、半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 のそれぞれの縦横の寸法は、回路板 75 - 3 および回路板 75 - 2 のそれぞれの短手部の縦横の寸法の何れよりも小さい。一例として、半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 のそれぞれの周囲には、回路板 75 - 3 および回路板 75 - 2 のそれぞれにおける半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 のそれぞれと接触していない領域が存在する。

20

【 0 0 5 9 】

また、半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 は、回路板 75 - 2 および回路板 75 - 3 のそれぞれの長手部の延在方向 (x 軸方向) から見た場合に、互いに一部のみが重なっている。換言すると、半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 は、図 4 に示す回路基板 76 の長手方向に延びる回路基板 76 の中心線に対して、反対方向 (y 軸方向) にシフトするように千鳥配置されている。なお、半導体チップ 78 - 1 および半導体チップ 78 - 4 は、 x 軸方向から見た場合に、互いに完全に重なっている、すなわち一致していてもよい。

30

【 0 0 6 0 】

半導体モジュール 100 の小型化を図ろうとすると、回路基板 76 も必然的に小さくなり、回路基板 76 上の各半導体チップも互いに密に配置され、その結果、半導体チップ間の熱干渉が発生してしまう。これに対し、本実施形態による半導体モジュール 100 において、上記の通り、半導体チップ 78 - 1、78 - 4 が配置される回路板 75 - 3、75 - 2 は共に、略 L 字形のパターンを有し、それぞれの長手部が y 軸方向において互いに向かい合い、且つ、それぞれの短手部が x 軸方向において互いに向かい合うように、互いに離間した状態で回路基板 76 の上面に配置されている。この配置によって小さな回路基板 76 上の面積を無駄なく使用している。更に、図 4 に示すように、半導体チップ 78 - 1、78 - 4 は、回路基板 76 の長手方向に延びる回路基板 76 の中心線に対して千鳥配置され、また、半導体装置 70 の下部の冷却装置 10 内において回路基板 76 の長手方向と同方向に冷媒が流れるので、一方の半導体チップ等において発生した熱の影響を比較的受けていない冷媒が他方の半導体チップの下部に到達し易い。

40

【 0 0 6 1 】

50

金属体 77-3 は、図 4 に示すようにコンデンサ装置 150 側に配置され、且つ、半導体チップ 78-1 と同じ金属パッド 75-2 上に配置されている。この配置により金属体 77-3 はコンデンサ装置 150 および半導体チップ 78-1 の両方の発熱の影響を受ける。一方で、金属体 77-1 は、図 4 に示すようにコンデンサ装置 150 側に配置されているが、半導体チップ 78-4 が配置されている金属パッド 75-2 とは分離された金属パッド 75-1 上に配置されている。この配置により金属体 77-1 はコンデンサ装置 150 の発熱の影響は受けるものの、半導体チップ 78-4 の発熱の影響は受け難い。後述する図 5 に示すように、金属体 77-3 は導電性部材を介して P 端子 82 に接続され、金属体 77-1 は他の導電性部材を介して N 端子 81 に接続されるが、上述の通り、金属体 77-3 および金属体 77-1 は外部から受ける熱量に差がある。

10

【0062】

そこで、金属体 77-3 および金属体 77-1 において、金属体 77-3 の底面の面積は、金属体 77-1 の底面の面積よりも大きくてよく、換言すると、金属体 77-1 の底面積は、金属体 77-3 の底面積より小さくてよい。好ましくは、金属体 77-1 に比べて、金属体 77-3 の底面の短辺は相対的に短く、かつ長辺は相対的に長くてよい。このような形状の採用により金属体 77-3 の放熱効率を相対的に高めることができる。

【0063】

半導体装置 70 において、金属体 77-1 の底面の長辺は金属体 77-3 の底面の長辺より短く、金属体 77-1 の底面の長辺は x 軸方向と直交し、金属体 77-3 の底面の長辺は x 軸方向と平行であるとよい。このように金属体 77-1, 77-3 を設けることにより、装置を小型にできる。

20

【0064】

金属体 77-3 および金属体 77-1 は同じ高さを有してもよく、上記の場合には、金属体 77-3 の体積も相対的に大きくなり、よって金属体 77-3 の熱容量も相対的に大きくなる。このように、本実施形態により半導体モジュール 100 は、P 端子 82 および N 端子 81 のそれぞれに接続される金属体 77-3 と金属体 77-1 とが外部から受ける熱量の差に応じて、金属体 77-3 および金属体 77-1 の構成を異ならせることにより、P 端子 82 および N 端子 81 を略同等に冷却することができる。

【0065】

図 5 では、U 相ユニット 70-1、V 相ユニット 70-2、W 相ユニット 70-3 のそれぞれにおいて、4 つのリードフレーム 73-1、73-2、73-3、73-4 を図示している。また、上述した、冷却装置 10 の天板 20 の下面 24 における冷却フィン 94 が設けられたフィン領域 95 を破線で示し、U 相ユニット 70-1、V 相ユニット 70-2、W 相ユニット 70-3 の何れもがフィン領域 95 の内側に配されている。フィン領域 95 は、入力端子 (N 端子 81、P 端子 82) 側 (x 軸正側) に第 1 境界 95 a を、第 1 境界 95 a の反対側である出力端子 83 側 (x 軸負側) に第 2 境界 95 b をそれぞれ有する。回路基板 76 は、入力端子 (N 端子 81、P 端子 82) 側に第 1 端 76 a を、第 1 端の反対側である出力端子 83 側に第 2 端 76 b をそれぞれ有する。

30

【0066】

U 相ユニット 70-1、V 相ユニット 70-2、W 相ユニット 70-3 は、同一の構成を有してよい。以下では主に U 相ユニット 70-1 の構成を説明し、V 相ユニット 70-2、W 相ユニット 70-3 の重複する説明を省略する。

40

【0067】

リードフレーム 73-1 は、例えば略一定幅の帯形状を有し、略長方形を有する U 相ユニット 70-1 の長手方向 (x 軸方向) に延在する。リードフレーム 73-1 は、配線部の一例であって、一端 73-1 a および他端 73-1 b を有し、一端 73-1 a が N 端子 81 に、他端 73-1 b が半導体チップ 78-4 の上面に、それぞれ物理的、電氣的且つ熱的に接続される。一端 73-1 a および他端 73-1 b の y 軸方向の幅は同じでも異なってもよい。リードフレーム 73-1 は、一端 73-1 a および他端 73-1 b の間、延在方向の略中央において、金属体 77-1 に物理的且つ熱的に接続される。換言すると、

50

金属体 77 - 1 は、リードフレーム 73 - 1 において、半導体チップ 78 - 4 よりも N 端子 81 の側に接続される。金属体 77 - 1 は、リードフレーム 73 - 1 と回路基板 76 の上面とに接続される。また、金属体 77 - 1 は、平面視において、回路基板 76 の上面における、フィン領域 95 に対応する位置に配される。このような構成によって、半導体チップ 78 - 4 およびコンデンサ装置 150 の内部コンデンサのそれぞれが発した熱は、少なくともリードフレーム 73 - 1 および金属体 77 - 1 を介して効率的に冷却装置 10 の冷却フィン 94 へ移動する。半導体チップ 78 - 4 およびコンデンサ装置 150 の内部コンデンサは効率的に冷却され得る。なお、半導体チップ 78 - 4 が発した熱は、回路板 75 - 2 および回路基板 76 を介する経路においても冷却装置 10 へ放出される。

【0068】

リードフレーム 73 - 2 は、略一定幅の帯形状を有し、略長方形を有する U 相ユニット 70 - 1 の長手方向 (x 軸方向) に延在する。リードフレーム 73 - 2 は、第 2 配線部の一例であって、一端 73 - 2 a および他端 73 - 2 b を有し、一端 73 - 2 a が P 端子 82 に、他端 73 - 2 b が金属体 77 - 3 に、それぞれ物理的、電氣的且つ熱的に接続される。一端 73 - 2 a および他端 73 - 2 b の y 軸方向の幅は同じでも異なってもよい。金属体 77 - 3 は、金属回路板 75 - 3 の長手部上に位置し、半導体チップ 78 - 1 よりも P 端子 82 の側に位置する。金属体 77 - 3 は、リードフレーム 73 - 2 と回路基板 76 の上面とに接続される。また、金属体 77 - 3 は、平面視において、回路基板 76 の上面における、フィン領域 95 に対応する位置に配される。このような配置は、コンデンサ装置 150 の内部コンデンサが発した熱の、リードフレーム 73 - 2 および金属体 77 - 3 を介する冷却装置 10 への移動を可能にする。リードフレーム 73 - 1、73 - 2 および金属体 77 - 1、77 - 3 の配置は、コンデンサ装置 150 の内部コンデンサを効率的に冷却できる。

【0069】

リードフレーム 73 - 3 は、略一定幅の帯形状を有し、略長方形を有する U 相ユニット 70 - 1 の短手方向 (y 軸方向) に延在する。リードフレーム 73 - 3 は、一端 73 - 3 a を半導体チップ 78 - 1 の上面に、他端 73 - 3 b を金属体 77 - 2 に、それぞれ物理的、電氣的且つ熱的に接続される。このような構成は、半導体チップ 78 - 1 が発した熱の、リードフレーム 73 - 3 および金属体 77 - 2 を介する冷却装置 10 への移動を可能にし、半導体チップ 78 - 1 を効率的に冷却できる。なお、半導体チップ 78 - 1 が発した熱は、回路板 75 - 3 および回路基板 76 を介する経路においても冷却装置 10 へ放出される。

【0070】

リードフレーム 73 - 4 は、略一定幅の帯形状を有し、略長方形を有する U 相ユニット 70 - 1 の長手方向 (x 軸方向) に延在する。リードフレーム 73 - 4 は、一端をリードフレーム 73 - 3 の上面に、他端を出力端子 83 (83 U、83 V、83 W) に、それぞれ物理的、電氣的且つ熱的に接続される。

【0071】

図 5 に示すように、本実施形態における半導体モジュール 100 において、金属体 77 - 3 は金属体 77 - 1 よりも回路基板 76 の第 1 端 76 a から離れて配置される。金属体 77 - 3 はその長辺がリードフレーム 73 - 2 の延伸方向と平行になるよう配置される。リードフレーム 73 - 2 の幅は平面視においてリードフレーム 73 - 1 より小さくてよい。このような構成は、リードフレーム 73 - 2 を比較的撓み易くし、結果としてリードフレーム 73 - 2、金属体 77 - 3 および P 端子 82 の接続を容易にする。リードフレーム 73 - 2、金属体 77 - 3 および P 端子 82 は、はんだ付けや、レーザ溶接、ティグ溶接や抵抗溶接などの溶接により接合されてよい。

【0072】

なお、図 1 に示した通り、リードフレーム 73 - 1、リードフレーム 73 - 2、リードフレーム 73 - 3 およびリードフレーム 73 - 4 はそれぞれ、z 軸方向において多段的に屈曲した形状を有してもよい。なお、リードフレーム 73 - 3 およびリードフレーム 73

10

20

30

40

50

- 4 は、互いに別体であって、一部が重なり、物理的、電氣的且つ熱的に接続されるが、一体であってよい。

【 0 0 7 3 】

図 6 は、冷却装置 1 0 におけるフィン領域 9 5 の配置例、冷却フィン 9 4 の形状および冷媒の流れ方向を示す図であり、図 7 は、冷却装置 1 0 におけるフィン領域 9 5 および半導体装置 7 0 の配置例ならびに冷媒の流れ方向を示す図である。各図において、図面に向かって左側に示すパイプ 9 0 を冷媒の導入口とし、右側に示すパイプ 9 0 を冷媒の導出口とする。また、導入口から流入した冷媒が、第 1 の冷媒流路 3 0 - 1 を通過し、冷却フィン 9 4 内を通過し、第 2 の冷媒流路 3 0 - 2 を通過して導出口から流出する様子を、模式的に白抜きの矢印で示している。

10

【 0 0 7 4 】

図 6 に示すように、本実施形態における冷却装置 1 0 の冷却フィン 9 4 は、x y 面に対してほぼ垂直に設けられた板状の複数の構造物が、波形パターンで x y 面に配置されている。図 6 において、図面に向かって左側に位置する第 1 の冷媒流路 3 0 - 1 の側壁からフィン領域 9 5 の第 1 境界 9 5 a までの x 方向距離を W_{in} で示し、図面に向かって右側に位置する第 2 の冷媒流路 3 0 - 2 の側壁からフィン領域 9 5 の第 2 境界 9 5 b までの x 方向距離を W_{out} で示す。また同様に、図 7 において、図面に向かって左側に位置するフィン領域 9 5 の長辺（第 1 境界 9 5 a）から U 相ユニット 7 0 - 1、V 相ユニット 7 0 - 2、W 相ユニット 7 0 - 3 の第 1 端 7 6 a までの x 方向距離を D_{in} で示し、図面に向かって右側に位置するフィン領域 9 5 の長辺（第 2 境界 9 5 b）から U 相ユニット 7 0 - 1、V 相ユニット 7 0 - 2、W 相ユニット 7 0 - 3 の第 2 端 7 6 b までの x 方向距離を D_{out} で示す。

20

【 0 0 7 5 】

半導体モジュール 1 0 0 は、(1) 第 1 の関係「 $D_{out} > D_{in}$ 」を満たすこと、すなわち、回路基板 7 6 に対して、冷却フィン 9 4 がコンデンサ装置 1 5 0（半導体モジュール 1 0 0 の P 端子 8 2、N 端子 8 1）寄りに配置されていることが好ましい。換言すると、図 7 に示すように、回路基板 7 6 が、図面に向かってフィン領域 9 5 上の x 方向の左側、すなわち、コンデンサ装置 1 5 0 から離れる方向に配置されていることが好ましい。半導体モジュール 1 0 0 は、第 1 の関係を満たすことによって、金属体 7 7 - 1、7 7 - 3 の全体が冷却フィン 9 4 の上に配置され、両者の熱的な接続面積が大きくなるので、コンデンサ装置 1 5 0 から冷却装置 1 0 への経路が十分に確保され、コンデンサ装置 1 5 0 の端子 1 5 3 の温度を下げるができる。

30

【 0 0 7 6 】

また半導体モジュール 1 0 0 は、(2) 冷媒入口と冷媒出口との中心線に対して、回路基板 7 6 がコンデンサ装置 1 5 0（半導体モジュール 1 0 0 の P 端子 8 2、N 端子 8 1）から遠くに配置されることが好ましい。半導体モジュール 1 0 0 は、当該配置によって、上記の同一な効果を得ることができる。

【 0 0 7 7 】

また半導体モジュール 1 0 0 は、(3) 第 2 の関係「 $W_{out} > W_{in}$ 」を満たすこと、すなわち、冷媒入口側の第 1 の冷媒流路 3 0 - 1 の断面積を相対的に小さくすることで、複数の回路基板 7 6 の下部における冷媒の流れを均一化できる。

40

【 0 0 7 8 】

半導体モジュール 1 0 0 は、上記 (1)、(2)、(3) の順に各条件を満たすことが好ましく、本実施形態における半導体モジュール 1 0 0 は、一例として、上記 (1)、(2) および (3) の何れも満たす。

【 0 0 7 9 】

以上の第 1 実施形態によるインバータ 1 によれば、インバータ 1 の動作にともなう半導体装置 7 0 およびコンデンサ装置 1 5 0 の熱は、冷却装置 1 0 へと効率的に移動できるので、コンデンサを含むインバータ 1 全体の冷却効率が向上し得る。

【 0 0 8 0 】

50

以上の第1実施形態のインバータ1において、半導体装置70はN端子81と半導体チップ78-4、78-5、78-6との間にそれぞれ金属体77-1を備える。このインバータ1に対して、半導体装置が当該金属体77-1を備えない、比較例のインバータを用意し、内部コンデンサでの温度上昇をシミュレーションした。その結果、比較例のインバータでは内部コンデンサの温度上昇が13.6であり、一方で、第1実施形態によるインバータ1では内部コンデンサの温度上昇が1.9 低い11.7であり、内部コンデンサの発熱を15%低減できたことが確認された。

【0081】

このように、インバータ1は、内部コンデンサの冷却効率を高めることができるので、内部コンデンサの静電容量を小さく設計することができ、これにより、内部コンデンサのスケールを小さくすることができ、内部コンデンサを低コスト化することができる。

10

【0082】

図8は、本発明の第2実施形態に係るインバータ2の一例を示す模式的な斜視図である。第2実施形態に係るインバータ2では、第1実施形態に係るインバータ1との主な異なる点として、図9にも示すように、半導体モジュール101の冷却装置11がx軸方向の両端でz軸負方向に延在する傾斜部32を有し、冷却装置11に冷媒を導出入する2本のパイプ91が、傾斜部32の下方に接続されている。第2実施形態のインバータ2では、第1実施形態に係るインバータ1と同様の構成に対して同様の参照番号を用い、以降では第1実施形態と重複する説明を省略する。

【0083】

20

図9は、本発明の第2実施形態に係る半導体モジュール101の一例を示す模式的な断面図である。半導体モジュール101における冷却装置11における第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2のそれぞれは、流路底面を有する。流路底面とは、冷媒と接する面であって、上方を向いている面である。本例の流路底面は、傾斜部32(32-1、32-2)と、底部34(34-1、34-2)とを有する。傾斜部32は、x軸方向において、フィン領域95の中央位置96との距離が近づくほど、z軸方向における冷却フィン94の下端98との距離D1が小さくなっている。例えば、冷却フィン94に対してx軸負側且つz軸負側に配置された傾斜部32-1は、x軸における位置が正方向に大きくなるほど、z軸における位置が正方向に大きくなっている。また、冷却フィン94に対してx軸正側且つz軸負側に配置された傾斜部32-2は、x軸における位置が負方向に大きくなるほど、z軸における位置が正方向に大きくなっている。

30

【0084】

また、第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2のそれぞれにおいて、傾斜部32の少なくとも一部が冷却フィン94の下方に設けられている。第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2の少なくとも一方では、傾斜部32の全体が冷却フィン94の下方に設けられていてもよい。また、それぞれの開口部42は、傾斜部32のz軸方向の下端の近傍に配置されている。

【0085】

このような傾斜部32を設けることで、いずれかの開口部42から導入された冷媒を、冷却フィン94の下端98に向けて流すことができる。このため、冷却フィン94において天板20に近い領域まで冷媒を効率よく流通させることができ、各半導体チップ78およびコンデンサ装置150の内部コンデンサを効率よく冷却できる。

40

【0086】

特に、図9に示したように、冷却フィン94の下端98と、本体部64との間に空間が設けられていると、当該空間に冷媒が流れて、半導体装置70およびコンデンサ装置150の内部コンデンサの冷却効率が低下してしまうが、本例によれば、天板20に近い領域まで冷媒を流通させて、各半導体チップ78およびコンデンサ装置150の内部コンデンサを効率よく冷却できる。

【0087】

なおxz断面において、各傾斜部32を延長した直線71のそれぞれが、半導体チップ

50

78 および金属体77のそれぞれと交差してよい。これにより、各半導体チップ78および金属体77に向けて冷媒を流しやすくなり、各半導体チップ78およびコンデンサ装置150の内部コンデンサを効率よく冷却できる。

【0088】

底部34は、傾斜部32と接続された面である。底部34は、x軸に対して、傾斜部32とは逆向きに傾斜してよく、x軸と平行であってもよい。また、本体部64は、側壁36(36-1、36-2)を有してよい。側壁36は、底部34と枠部62とを接続する。側壁36は、xz面において、傾斜部32と平行に設けられてよい。これにより、開口部42から導入された冷媒を、冷却フィン94の下端98に向けて更に流しやすくなる。ただし側壁36は、xz面において、傾斜部32と非平行に設けられてもよい。

10

【0089】

図10は、冷却フィン94、第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2のxy面における配置例を示す図である。図10においては、冷却フィン94の下端98と平行な面(図9におけるA-A面)に、第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2を投影した図を示している。図10においては、当該面における傾斜部32および底部34の位置を破線で示している。また、当該面における側壁36の位置を実線で示している。図10に示す冷却フィン94は、xy面において離散的に配置された棒状の構造物を有するが、冷却フィン94の構造はこれに限定されない。

【0090】

それぞれの冷媒流路30は、y軸方向に2つの端部44を有する。図10においては、第1の冷媒流路30-1は第1の端部44-1および第3の端部44-3を有し、第2の冷媒流路30-2は第2の端部44-2および第4の端部44-4を有する。第1の端部44-1および第2の端部44-2は同じ側の端部であり、第3の端部44-3および第4の端部44-4は同じ側の端部である。同じ側とは、同一の冷媒流路における2つの端部44のy軸における相対的な位置を指す。例えば第1の端部44-1は、第3の端部44-3に対してy軸正方向側に配置されており、第2の端部44-2は、第4の端部44-4に対してy軸正方向側に配置されている。つまり、第1の端部44-1および第2の端部44-2は、ともにy軸正方向側に配置されている。平面視において、第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2の長手方向は、互いにy軸方向に平行であってよく、さらにフィン領域95の長辺および天板20の長辺と平行であってよい。

20

30

【0091】

第1の開口部42-1は、第1の冷媒流路30-1の第1の端部44-1側に設けられる。また、第2の開口部42-2は、第2の冷媒流路30-2の第2の端部44-2側に設けられる。つまり、2つの開口部42は、ジャケット40において、冷媒流路30の同じ側に設けられている。それぞれの開口部42には、冷媒を搬送するパイプ91が接続されている。

【0092】

図9において説明したように、それぞれの冷媒流路30は冷却フィン94と重なって配置されている。より具体的には、それぞれの冷媒流路30は、図10において破線で示すフィン領域95のy軸方向の全長にわたって、フィン領域95とx軸方向において所定の重なり幅Wを有して配置されている。重なり幅Wは、y軸における位置によらず一定であってよく、異なってもよい。また、重なり幅Wは、第1の冷媒流路30-1および第2の冷媒流路30-2で同一であってよく、異なってもよい。

40

【0093】

図11は、冷媒流通部92の概要を示す斜視図である。図9および図10において説明したように、冷媒流通部92は、x軸方向における両端に、y軸方向に伸びる冷媒流路30を有する。それぞれの冷媒流路30は、x軸方向における外側から内側に向かって、z軸方向における位置が徐々に大きくなるような傾斜部32を有している。x軸方向における外側とは、x軸方向における冷媒流通部92の中央からより遠い側を指し、内側とは、冷媒流通部92の中央により近い側を指す。図11の例では、それぞれの傾斜部32は、

50

冷媒流通部 9 2 の y 軸方向の全長にわたって設けられている。

【 0 0 9 4 】

以上の第 2 実施形態におけるインバータ 2 によっても、第 1 実施形態におけるインバータ 1 と同様の効果を奏する。

【 0 0 9 5 】

図 1 2 は、本発明の第 3 実施形態に係る車両 2 0 0 の概要を示す図である。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、または、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 9 6 】

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 (1 0 1) が設けられている。半導体モジュール 1 0 0 (1 0 1) は、電力駆動機器に供給する電力を制御してよい。

【 0 0 9 7 】

図 1 3 は、本発明の第 4 実施形態に係るインバータ 1 (2) の主回路図である。上述の通り、インバータ 1 (2) の半導体モジュール 1 0 0 (1 0 1) は、出力端子 8 3 U、8 3 V および 8 3 W を有する三相交流インバータ回路として機能し、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。

【 0 0 9 8 】

半導体モジュール 1 0 0 (1 0 1) において、半導体チップ 7 8 - 1、7 8 - 2 および 7 8 - 3 は上アームを、半導体チップ 7 8 - 4、7 8 - 5 および 7 8 - 6 は下アームを構成してよい。一組の半導体チップ 7 8 - 1、7 8 - 4 は leg (U 相) を構成してよい。一組の半導体チップ 7 8 - 2、7 8 - 5、一組の半導体チップ 7 8 - 3、7 8 - 6 も同様に leg (V 相、W 相) を構成してよい。半導体チップ 7 8 - 4 において、エミッタ電極が入力端子 N 1 (N 端子 8 1) に、コレクタ電極が出力端子 8 3 U に、それぞれ電氣的に接続してよい。半導体チップ 7 8 - 1 において、エミッタ電極が出力端子 8 3 U に、コレクタ電極が入力端子 P 1 (P 端子 8 2) に、それぞれ電氣的に接続してよい。同様に、半導体チップ 7 8 - 5、7 8 - 6 において、エミッタ電極がそれぞれ入力端子 N 2 (N 端子 8 1)、N 3 (N 端子 8 1) に、コレクタ電極がそれぞれ出力端子 8 3 V、8 3 W に、電氣的に接続してよい。さらに、半導体チップ 7 8 - 2、7 8 - 3 において、エミッタ電極がそれぞれ出力端子 8 3 V、8 3 W に、コレクタ電極がそれぞれ入力端子 P 2 (P 端子 8 2)、P 3 (P 端子 8 2) に、電氣的に接続してよい。

【 0 0 9 9 】

各半導体チップ 7 8 - 1 から 7 8 - 6 は、対応する制御端子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、各半導体チップ 7 8 はスイッチング時に発熱してよい。入力端子 P 1、P 2、P 3 は外部電源の正極に、入力端子 N 1、N 2、N 3 は外部電源の負極に、出力端子 8 3 U、8 3 V、8 3 W は負荷にそれぞれ接続してよい。また、各半導体チップ 7 8 - 1 から 7 8 - 6 は、コンデンサ装置 1 5 0 の内部コンデンサ 1 5 6 に並列に接続されてもよい。入力端子 P 1、P 2、P 3 は互いに電氣的に接続されてよく、また、他の入力端子 N 1、N 2、N 3 も互いに電氣的に接続されてよい。

【 0 1 0 0 】

半導体モジュール 1 0 0 (1 0 1) において、複数の半導体チップ 7 8 - 1 から 7 8 - 6 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。また、半導体チップ 7 8 - 1 から 7 8 - 6 は、それぞれ M O S F E T や I G B T など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。

【 0 1 0 1 】

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、多様な変更また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。その様な変更または改良を加えた形態も本発

10

20

30

40

50

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。

【0102】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、およ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、およ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。

【符号の説明】

【0103】

1、2 インバータ、10、11 冷却装置、20 天板、22 上面、24 下面、26 短辺、28 長辺、30 冷媒流路、32 傾斜部、34 底部、36 側壁、40 ジャケット、42 開口部、44 端部、62 枠部、64 本体部、70 半導体装置、70-1 U相ユニット、70-2 V相ユニット、70-3 W相ユニット、71 直線、72 収容部、73 リードフレーム、74 封止部、75 回路板、76 回路基板、76a 第1端、76b 第2端、77 金属体、78 半導体チップ、79 貫通孔、81 N端子、82 P端子、83、83U、83V、83W 出力端子、90、91 パイプ、92 冷媒流通部、94 冷却フィン、95 フィン領域、95a 第1境界、95b 第2境界、96 中央位置、98 下端、100、101 半導体モジュール、150 コンデンサ装置、151 筐体、153 端子、155 電源端子、156 内部コンデンサ、200 車両、210 制御装置

10

20

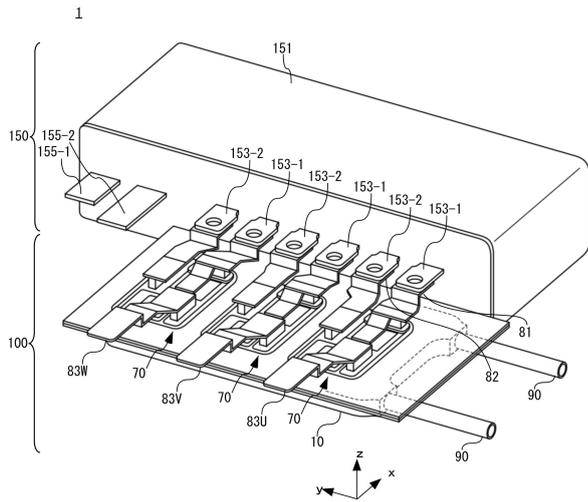
30

40

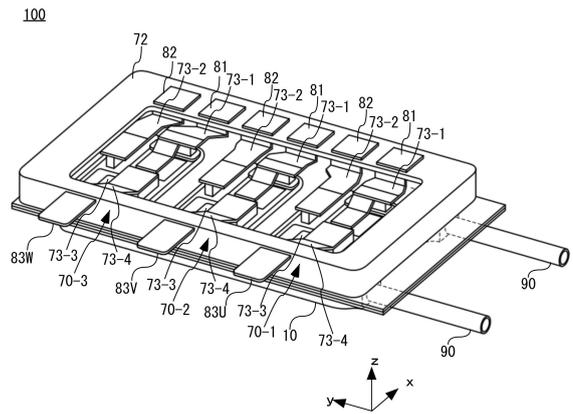
50

【図面】

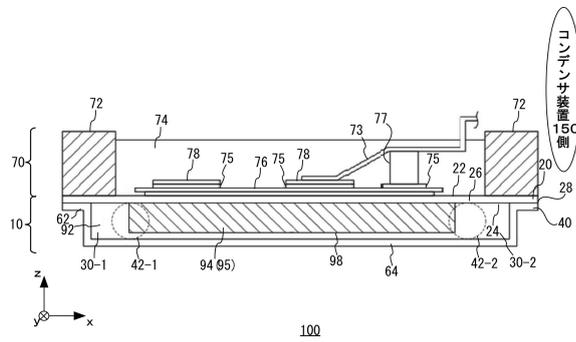
【図 1】



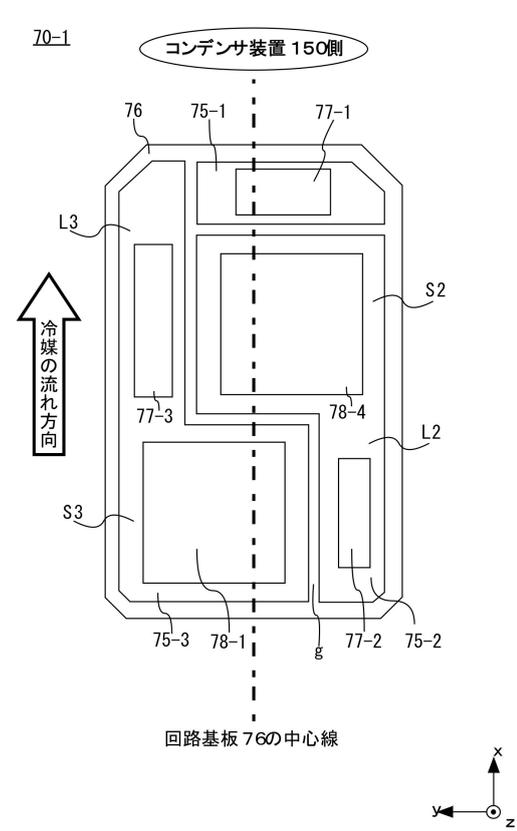
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

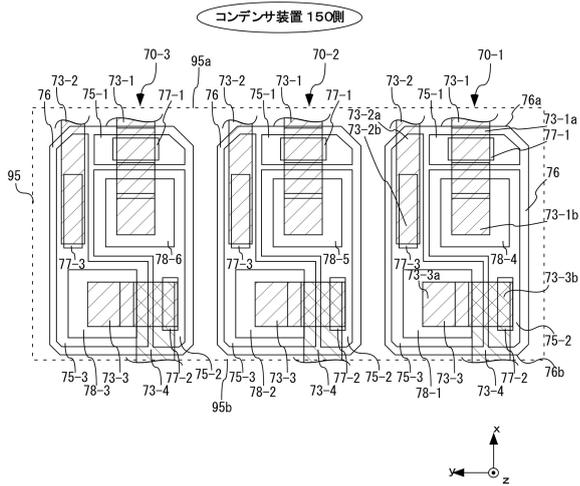
20

30

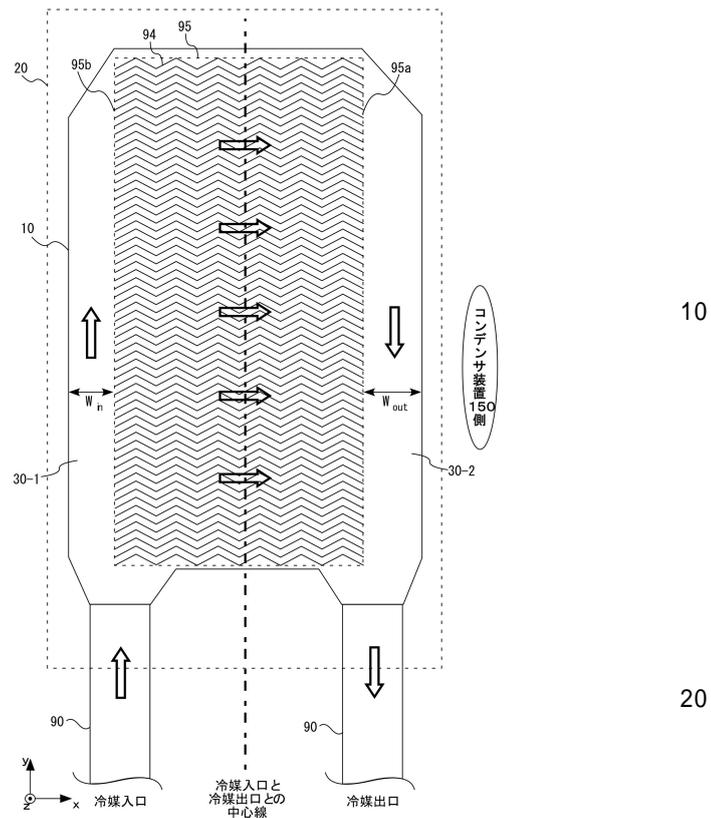
40

50

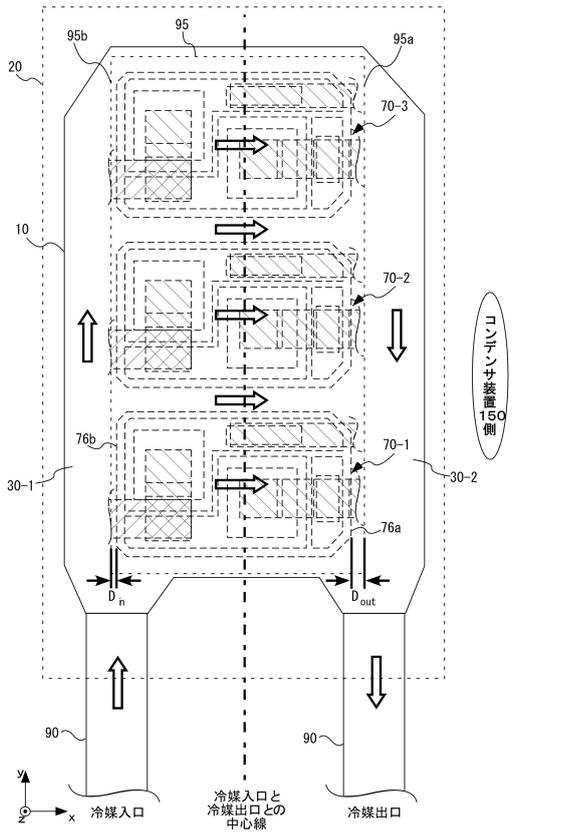
【図5】



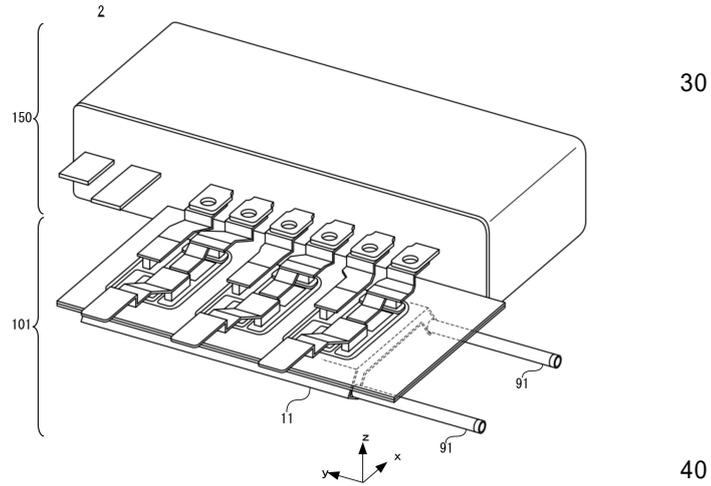
【図6】



【図7】



【図8】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2016 - 158358 (JP, A)
国際公開第 2017 / 168756 (WO, A1)
国際公開第 2012 / 147544 (WO, A1)
米国特許出願公開第 2019 / 0067159 (US, A1)
特開 2002 - 076256 (JP, A)
米国特許出願公開第 2014 / 0043765 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 25 / 18
H01L 23 / 473
H05K 7 / 20