(19)日本国特許庁(JP)

# (12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7330421号
(P7330421)

(45)発行日　令和5年8月21日(2023.8.21)

(24)登録日　令和5年8月10日(2023.8.10)

(51)国際特許分類

| | | FI | | |
|---|---|---|---|---|
| *H01L 23/473 (2006.01)* | | H01L | 23/46 | Z |
| *H01L 23/29 (2006.01)* | | H01L | 23/36 | A |
| *H01L 25/07 (2006.01)* | | H01L | 25/04 | C |
| *H01L 25/18 (2023.01)* | | | | |

請求項の数　8　（全24頁）

(21)出願番号　特願2023-519571(P2023-519571)
(86)(22)出願日　令和4年3月29日(2022.3.29)
(86)国際出願番号　PCT/JP2022/015589
審査請求日　令和5年3月28日(2023.3.28)
早期審査対象出願

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　110001195
弁理士法人深見特許事務所
(72)発明者　横山 吉典
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
三菱電機株式会社内
(72)発明者　出尾 晋一
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
三菱電機株式会社内
審査官　庄司 一隆

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　半導体モジュールおよび電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１回路部を備え、

前記第１回路部は、第１半導体素子を含み、

前記第１半導体素子は、第１主面と、前記第１主面と反対側に位置する第２主面とを含み、さらに、

第１端子を備え、

前記第１端子は、前記第１主面側から前記第１半導体素子と電気的に接続され、

前記第１端子は、前記第１回路部の外側に位置する第１延在部を含み、さらに、

第１冷却部を備え、

前記第１冷却部は、前記第１回路部において前記第１半導体素子の前記第２主面が面する表面に接続され、

前記第１端子の前記第１延在部は、前記第１冷却部と第１絶縁部材を介して接続されており、

前記第１回路部から見て前記第１冷却部と反対側に配置された第２回路部をさらに備え、

前記第２回路部は、第２半導体素子を含み、

前記第２半導体素子は、前記第１回路部に面する第３主面と、前記第３主面と反対側に位置する第４主面とを含み、

前記第１端子は、前記第３主面側から前記第２半導体素子と電気的に接続され、さらに、

第２冷却部を備え、

前記第２冷却部は、前記第２回路部において前記第２半導体素子の前記第４主面が面する表面に接続されており、
前記第１冷却部は、第１端部と、前記第１端部と反対側に位置する第２端部とを含み、
前記第１冷却部には、前記第１端部から前記第２端部にまで延びる第１冷却材流路が形成され、
前記第１端部では、前記第１冷却材流路の一方端である第１開口が形成され、
前記第２端部では、前記第１冷却材流路の他方端である第２開口が形成され、
前記第２冷却部は、第３端部と、前記第３端部と反対側に位置する第４端部とを含み、
前記第２冷却部には、前記第３端部から前記第４端部にまで延びる第２冷却材流路が形成され、
前記第３端部は、前記第１冷却部の前記第１端部と同じ側に位置し、
前記第３端部では、前記第２冷却材流路の一方端である第３開口が形成され、
前記第４端部では、前記第２冷却材流路の他方端である第４開口が形成され、さらに、
前記第１端部と前記第３端部との間に配置されるとともに、前記第１回路部と前記第２回路部とに接続された第１側面冷却部を備え、
前記第１側面冷却部において前記第１回路部および前記第２回路部が位置する側と反対側の表面には凹部が形成されている、半導体モジュール。
【請求項２】
前記第１回路部は、前記第１半導体素子を内部に埋設した回路基板である、請求項１に記載の半導体モジュール。
【請求項３】
前記第１回路部は、前記第１半導体素子を封止する樹脂をさらに含む、請求項１に記載の半導体モジュール。
【請求項４】
前記第１回路部は、第３半導体素子を含み、
前記第２回路部は、第４半導体素子を含む、請求項１に記載の半導体モジュール。
【請求項５】
前記第２端部と前記第４端部との間に配置されるとともに、前記第１回路部と前記第２回路部とに接続された第２側面冷却部を備える、請求項１に記載の半導体モジュール。
【請求項６】
前記第１冷却部、前記第２冷却部、前記第１側面冷却部、前記第２側面冷却部、前記第１回路部、および前記第２回路部が接続された底面冷却部を備える、請求項５に記載の半導体モジュール。
【請求項７】
第２端子をさらに備え、
前記第２端子は、前記第１主面側から前記第１半導体素子と電気的に接続され、
前記第２端子は、前記第１回路部から見て前記第１延在部が位置する方向と異なる方向に位置する第２延在部を含み、
前記第２端子の前記第２延在部は、前記第１冷却部と第２絶縁部材を介して接続されている、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の半導体モジュール。
【請求項８】
請求項１記載の半導体モジュールを有し、入力される電力を変換して出力する主変換回路と、
前記主変換回路を制御する制御信号を前記主変換回路に出力する制御回路と、
を備えた電力変換装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、半導体モジュールおよび電力変換装置に関する。
【背景技術】

【０００２】
従来、パワー半導体モジュールなどの高い冷却効率が求められる半導体モジュールでは、たとえば特開２０１８－２０７０４４号公報に示されるように、半導体素子の両面に冷却器を設置する構成が提案されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１８－２０７０４４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
上記のような半導体モジュールでは、半導体素子の両面を冷却器により冷却するため、高い冷却効率を得ることができる。しかし、冷却器を半導体素子の両面に配置するため、半導体モジュールの小型化が困難である。
【０００５】
本開示は、上記のような課題を解決するために成されたものであり、高い冷却効率と小型化とを両立することが可能な半導体モジュールおよび電力変換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】
【０００６】
本開示に従った半導体モジュールは、第１回路部と、第１端子と、第１冷却部とを備える。第１回路部は、第１半導体素子を含む。第１半導体素子は、第１主面と第２主面とを含む。第２主面は、第１主面と反対側に位置する。第１端子は、第１主面側から第１半導体素子と電気的に接続される。第１端子は、第１回路部の外側に位置する延在部を含む。第１冷却部は、第１回路部において第１半導体素子の第２主面が面する表面に接続される。第１端子の延在部は、第１冷却部と第１絶縁部材を介して接続されている。
【０００７】
本開示に従った電力変換装置は、主変換回路と、制御回路とを備える。主変換回路は、上記半導体モジュールを有する。主変換回路は、入力される電力を変換して出力する。制御回路は、主変換回路を制御する制御信号を主変換回路に出力する。
【発明の効果】
【０００８】
上記によれば、高い冷却効率と小型化とを両立することが可能な半導体モジュールおよび電力変換装置が得られる。
【図面の簡単な説明】
【０００９】
【図１】実施の形態１に係る半導体モジュールの斜視模式図である。
【図２】図１に示された半導体モジュールの構成を説明するための模式図である。
【図３】図１に示された半導体モジュールの構成を説明するための部分断面模式図である。
【図４】図１に示された半導体モジュールの変形例１の構成を説明するための部分断面模式図である。
【図５】図１に示された半導体モジュールの変形例２の構成を説明するための斜視模式図である。
【図６】図１に示された半導体モジュールの変形例３の構成を説明するための部分断面模式図である。
【図７】図１に示された半導体モジュールの変形例４の構成を説明するための斜視模式図である。
【図８】図１に示された半導体モジュールの変形例５の構成を説明するための斜視模式図である。
【図９】実施の形態２に係る半導体モジュールの側面模式図である。

【図１０】図９に示された半導体モジュールの構成を説明するための部分断面模式図である。
【図１１】図９に示された半導体モジュールの構成を説明するための模式図である。
【図１２】図９に示された半導体モジュールの変形例１の構成を説明するための部分断面模式図である。
【図１３】図９に示された半導体モジュールの変形例２の構成を説明するための部分断面模式図である。
【図１４】実施の形態３に係る半導体モジュールの側面模式図である。
【図１５】図１３に示された半導体モジュールの変形例の構成を説明するための部分側面模式図である。
【図１６】実施の形態４に係る半導体モジュールの構成を説明するための要部斜視模式図である。
【図１７】実施の形態４に係る半導体モジュールの構成を説明するための要部側面模式図である。
【図１８】図１７に示された半導体モジュールの構成を説明するための模式図である。
【図１９】図１７に示された半導体モジュールの構成を説明するための模式図である。
【図２０】実施の形態５に係る電力変換システムの構成を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１０】
以下、本開示の実施の形態を説明する。なお、同一の構成には同一の参照番号を付し、その説明は繰り返さない。また、以下の図は模式的なものであり、図示された構成要素の正確な大きさを反映していない場合がある。
【００１１】
実施の形態１．
＜半導体モジュールの構成＞
図１は、実施の形態１に係る半導体モジュール１００の斜視模式図である。図２は、図１に示された半導体モジュール１００の構成を説明するための模式図である。図３は、図１に示された半導体モジュール１００の構成を説明するための部分断面模式図である。
【００１２】
図１から図３に示されるように、本開示に従った半導体モジュール１００は、第１回路部１ｂと、第２回路部１ａと、第３回路部１ｃと、第４回路部１ｄと、第１端子３としての主端子３ａ、３ｂ、３ｃと、第１冷却部２ｂと、第２冷却部２ａと、第３冷却部２ｃと第４冷却部２ｄと、天板５と、第１絶縁部材４ａと、絶縁シート６ａ、６ｂ、６ｃ、６ｄとを主に備える。
【００１３】
第１回路部１ｂと、第２回路部１ａと、第３回路部１ｃと、第４回路部１ｄとは、半導体素子を内蔵した回路基板（部品内蔵基板）であって、互いに同様の構成を備え、それぞれ２つの半導体素子を含む。具体的には、図２に示されるように、第１回路部１ｂは、第１半導体素子７ａと第３半導体素子７ｃとを含む。第２回路部１ａは第２半導体素子７ｂと第４半導体素子７ｄとを含む。なお、図２では、半導体モジュール１００の第２回路部１ａおよび第２冷却部２ａを取り外し、第１回路部１ｂの封止樹脂である樹脂４３（図３参照）を仮想的に除去した第１回路部１ｂを示している。
【００１４】
第１回路部１ｂと、第２回路部１ａと、第３回路部１ｃと、第４回路部１ｄとは、それぞれインバータ回路の正極側の素子（上アーム）と負極側の素子（下アーム）とが直列に接続された、いわゆる２ｉｎ１構造となっている。図１に示された半導体モジュール１００は、第１回路部１ｂと、第２回路部１ａと、第３回路部１ｃと、第４回路部１ｄとを並列に接続しており、いわゆる４パラ２ｉｎ１構造となっている。
【００１５】
第１回路部１ｂと第２回路部１ａとは対向して配置されている。第１回路部１ｂと第２

回路部１ａとは、第１方向ＤＲ１において並ぶように配置されている。このように第１回路部１ｂと第２回路部１ａとが対向して配置されることで、主回路のインダクタンスを低減できる。

【００１６】

第１回路部１ｂにおいて、第２回路部１ａに面する表面１ｂａと反対側に位置する表面１ｂｂ（図３参照）には、第１冷却部２ｂが絶縁シート６ｂを挟んで接続されている。第２回路部１ａにおいて、第１回路部１ｂに面する表面と反対側に位置する表面１ａｂ（図３参照）には、第２冷却部２ａが絶縁シート６ａを挟んで接続されている。つまり、第１冷却部２ｂと第２冷却部２ａとは間隔を隔てて対向するように配置されている。第１回路部１ｂと第２回路部１ａとは、第１冷却部２ｂと第２冷却部２ａとの間に配置されている。

【００１７】

第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａに含まれる第１半導体素子７ａ、第２半導体素子７ｂ、第３半導体素子７ｃ、第４半導体素子７ｄには第１端子３としての主端子３ａ、３ｂ、３ｃが接続されている。主端子３ａ、３ｂ、３ｃは、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとの間に配置された接続部３ｆにおいて第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａと接続されている。主端子３ａ、３ｂは、たとえば図示しないコンデンサに接続するＮ端子およびＰ端子である。主端子３ｃは、たとえばモータに接続するＡＣ端子である。なお、ここでは第２回路部１ａから第１回路部１ｂに向かう方向を第１方向ＤＲ１とする。第１方向ＤＲ１に垂直であって、上記接続部３ｆが延びる方向を第２方向ＤＲ２とする。第１方向ＤＲ１と第２方向ＤＲ２とに垂直な方向を第３方向ＤＲ３とする。

【００１８】

半導体モジュール１００において、第１冷却部２ｂから見て第１回路部１ｂと反対側には第３冷却部２ｃが配置されている。第３冷却部２ｃは第１冷却部２ｂから間隔を隔てて配置されている。第１冷却部２ｂと第３冷却部２ｃとの上端部は天板５に接続されている。第１方向ＤＲ１において、第３冷却部２ｃから見て第１冷却部２ｂと反対側には第４冷却部２ｄが配置されている。第４冷却部２ｄは第３冷却部２ｃと間隔を隔てて配置されている。第３回路部１ｃと第４回路部１ｄとは、第３冷却部２ｃと第４冷却部２ｄとの間に配置される。

【００１９】

第３回路部１ｃと第４回路部１ｄとは対向して配置されている。第３回路部１ｃと第４回路部１ｄとは、第１方向ＤＲ１において並ぶように配置されている。このように第３回路部１ｃと第４回路部１ｄとが対向して配置されることで、主回路のインダクタンスを低減できる。第３回路部１ｃにおいて、第４回路部１ｄに面する表面と反対側に位置する表面には、第３冷却部２ｃが絶縁シート６ｃを挟んで接続されている。第４回路部１ｄにおいて、第３回路部１ｃに面する表面と反対側に位置する表面には、第４冷却部２ｄが絶縁シート６ｄを挟んで接続されている。

【００２０】

第３回路部１ｃは２つの半導体素子を含む。第４回路部１ｄは２つの半導体素子を含む。第３回路部１ｃおよび第４回路部１ｄに含まれる半導体素子には、第１端子３としての主端子３ａ、３ｂ、３ｃが接続される。主端子３ａ、３ｂ、３ｃは、第３回路部１ｃと第４回路部１ｄとの間に配置された接続部において、第３回路部１ｃおよび第４回路部１ｄと接続される。

【００２１】

第１端子３である主端子３ａ、３ｂ、３ｃにおける第１延在部３ｅは、第１冷却部２ｂおよび第３冷却部２ｃと接続された天板５と、第１絶縁部材４ａを介して接続されている。なお、図１および図２では、主回路用の導体である主端子３ａ、３ｂ、３ｃは図示されているが、制御用の端子は図示されていない。当該制御用の端子においては、主端子３ａ、３ｂ、３ｃのような大電流は流れない。そのため、制御用の端子を冷却する必要性は低い。しかし、当該制御用の端子についても、主端子３ａ、３ｂ、３ｃ同様に絶縁シートを介して天板５と接続してもよい。半導体モジュール１００は、第１方向ＤＲ１において天

板５を挟んで左右対称な構造を有している。天板５の材料および第１端子３である主端子３ａ、３ｂ、３ｃの材料としては、たとえばアルミニウムまたは銅などの熱伝導性に優れた金属を用いることができる。

【００２２】

図３に示されるように、第１回路部１ｂにおいて、パワー半導体素子である第１半導体素子７ａは、第１主面７ａａと第２主面７ａｂとを含む。第２主面７ａｂは、第１主面７ａａと反対側に位置する。第１端子３（図１参照）は、第１主面７ａａ側から第１半導体素子７ａと電気的に接続される。第１回路部１ｂは、第１半導体素子７ａを内部に埋設した回路基板である。

【００２３】

具体的には、第１半導体素子７ａの第１主面７ａａと対向するように回路配線４６ａ、４６ｃが配置されている。回路配線４６ａ、４６ｃは、それぞれ第１半導体素子７ａの第１主面７ａａに形成された電極（図示せず）と接続導体４０ａ、４０ｃを介して電気的に接続されている。第１半導体素子７ａの第２主面７ａｂと対向するように回路配線４６ｂが配置されている。回路配線４６ｂは、第１半導体素子７ａの第２主面７ａｂに形成された電極（図示せず）と接続導体４０ｂを介して電気的に接続されている。

【００２４】

接続導体４０ａ、４０ｂ、４０ｃは、たとえば銅めっき膜である。接続導体４０ａ、４０ｂ、４０ｃを構成する材料としては、電気伝導性の良好な材料であれば任意の材料を用いることができる。たとえば、当該材料として、銅ペースト、銀ペーストを用いてもよい。あるいは、接続導体４０ａ、４０ｂ、４０ｃとして、銅などの金属柱を配置するとともに導電性材料のペースト、はんだ、あるいは銅めっき膜などを当該金属柱の表面に形成して得られる、当該金属柱とペーストなどとの複合体を用いてもよい。

【００２５】

回路配線４６ａは第１端子３と電気的に接続されている。回路配線４６ｂは、第１半導体素子７ａと対向する位置から第１半導体素子７ａと重ならない位置にまで延在している。回路配線４６ｂは第１半導体素子７ａと重ならない位置において第１端子３を構成する主端子３ｃと接続されている。回路配線４６ｃは制御端子４１と接続されている。

【００２６】

回路配線４６ａ、４６ｂ、４６ｃとしては、電気伝導性の良好な材料であれば任意の部材を用いることができる。当該部材は、たとえば銅めっき膜、銅箔、銅板などである。

【００２７】

第１半導体素子７ａと第３半導体素子７ｃ（図２参照）と接続導体４０ａ、４０ｂ、４０ｃと回路配線４６ａ、４６ｂ、４６ｃとは樹脂４３に埋め込まれている。樹脂４３は絶縁性の樹脂であり、第１半導体素子７ａなど上記第１回路部１ｂを構成する部材間を絶縁している。

【００２８】

第１半導体素子７ａとしては、たとえば珪素（Ｓｉ）、化合物半導体である炭化珪素（ＳｉＣ）、窒化ガリウム（ＧａＮ）などを用いたパワーデバイスを用いることができる。具体的には、第１半導体素子７ａとして、ＩＧＢＴ（Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ Ｇａｔｅ Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）、ＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ Ｏｘｉｄｅ Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）、ＦＷＤ（Ｆｒｅｅ Ｗｈｅｅｌｉｎｇ Ｄｉｏｄｅ）、ＲＣ－ＩＧＢＴ（Ｒｅｖｅｒｓｅ Ｃｏｎｄｕｃｔｉｎｇ Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ Ｇａｔｅ Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）などを用いることができる。

【００２９】

第１冷却部２ｂは、第１回路部１ｂにおいて第１半導体素子７ａの第２主面７ａｂが面する表面１ｂｂに接続される。具体的には、第１回路部１ｂの表面１ｂｂと第１冷却部２ｂとの間に、絶縁シート６ｂと銅箔４４と接合材４５とが配置されている。第１回路部１ｂの表面１ｂｂに絶縁シート６ｂが固定されている。絶縁シート６ｂにおいて第１回路部

１ｂの表面１ｂｂに面する表面と反対側の面に銅箔４４が固定されている。銅箔４４において絶縁シート６ｂに面する表面と反対側の面は接合材４５により第１冷却部２ｂに接合されている。なお、図３において、第１冷却部２ｂについて断面ではなく外観が示されている。

【００３０】

第２回路部１ａは、図３に示された第１回路部１ｂと同様の構成を備える。第２回路部１ａは、第１回路部１ｂから見て第１冷却部２ｂと反対側に配置されている。第２回路部１ａは、第２半導体素子７ｂと第４半導体素子７ｄとを含む。第２半導体素子７ｂは第１半導体素子７ａと第１方向ＤＲ１において対向するように配置される。第４半導体素子７ｄは第３半導体素子７ｃと第１方向ＤＲ１において対向するように配置される。第２半導体素子７ｂは、第３主面７ｂａと第４主面７ｂｂとを含む。第３主面７ｂａは第１回路部１ｂに面する。第４主面７ｂｂは第３主面７ｂａと反対側に位置する。第１端子３は、第３主面７ｂａ側から第２半導体素子７ｂと電気的に接続される。第２半導体素子７ｂと第１端子３との接続部の構成は、第１半導体素子７ａと第１端子３との接続部の構成と同様である。第２冷却部２ａは、第２回路部１ａにおいて第２半導体素子７ｂの第４主面７ｂｂが面する表面に接続される。第３回路部１ｃおよび第４回路部１ｄも、基本的に第１回路部１ｂと同様の構成を備える。

【００３１】

上述した第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄは、プリント基板技術を用いて形成された半導体素子などの部品を内蔵した回路基板である。このような回路基板では、半導体素子と端子との接続には、たとえば銅めっき配線が用いられる。また、当該回路基板中の同一層間での配線部材としてたとえば銅板を用いる。このような配線部材を用いることで、ワイヤーボンディングによって配線を形成する場合より配線経路長を短縮できる。このため、回路基板におけるインダクタンスを低減できる。

【００３２】

第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄの構成は、それぞれ隣接する回路部を冷却することができれば、任意の構成を採用し得る。たとえば、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄとして、アルミニウムなどの熱伝導性が高い金属材料からなるフィン構造と、当該フィン構造の周囲に冷却水などの冷媒を流通させる冷媒流路とを含む冷却装置を用いてもよい。あるいは、第１半導体素子７ａなどからの発熱量が少ない場合には、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄとして、水などの冷媒を流通させる流路が形成された金属体（いわゆるウォータージャケット）を用いてもよい。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄにおいて用いられる冷媒は、水などの液体でもよいし、空気などの気体であってもよい。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄを構成する上記金属材料は、上述したアルミニウム以外の金属、たとえば銅などであってもよい。

【００３３】

第１絶縁部材４ａおよび絶縁シート６ａ、６ｂ、６ｃ、６ｄの材料としては、半導体モジュール１００において求められる絶縁耐圧を有する電気絶縁体であって、熱伝導性が良好な材料であれば任意の材料を用いることができる。第１絶縁部材４ａとしては、シート状の電気絶縁部材、ペースト状の電気絶縁部材などを用いることができる。

【００３４】

絶縁シート６ａ、６ｂ、６ｃ、６ｄは、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄを製造するときに、プリント基板製造技術を利用して各回路部に貼り合わせてもよい。また、各回路部に対して、ペースト状の電気絶縁部材を印刷または塗布して焼成などの硬化処理を行うことで、絶縁シート６ａ、６ｂ、６ｃ、６ｄを形成してもよい。

【００３５】

＜作用＞

本開示に従った半導体モジュール１００は、第１回路部１ｂと、第１端子３と、第１冷却部２ｂとを備える。第１回路部１ｂは、第１半導体素子７ａを含む。第１半導体素子７ａは、第１主面７ａａと第２主面７ａｂとを含む。第２主面７ａｂは、第１主面７ａａと反対側に位置する。第１端子３は、第１主面７ａａ側から第１半導体素子７ａと電気的に接続される。第１端子３は、第１回路部１ｂの外側に位置する第１延在部３ｅを含む。第１冷却部２ｂは、第１回路部１ｂにおいて第１半導体素子７ａの第２主面７ａｂが面する表面１ｂｂに接続される。第１端子３の第１延在部３ｅは、第１冷却部２ｂと第１絶縁部材４ａを介して接続されている。

【００３６】

このようにすれば、第１半導体素子７ａが第２主面７ａｂ側から第１冷却部２ｂにより冷却される。さらに、第１端子３が第１絶縁部材４ａを介して第１冷却部２ｂにより冷却されることで、結果的に第１端子３が接続された第１主面７ａａ側からも第１半導体素子７ａを冷却できる。このため、第１半導体素子７ａの第１主面７ａａおよび第２主面７ａｂの両面側に個別に冷却部を配置する場合より、半導体モジュール１００の小型化、高密度化を図りつつ、第１半導体素子７ａを十分に冷却できる。

【００３７】

上記半導体モジュール１００において、第１回路部１ｂは、第１半導体素子７ａを内部に埋設した回路基板であってもよい。この場合、当該回路基板を用いた半導体モジュール１００において、回路基板に含まれる第１半導体素子７ａなどの半導体素子を十分に冷却できるとともに小型化を図ることができる。

【００３８】

上記半導体モジュール１００は、第２回路部１ａと、第２冷却部２ａとをさらに備えてもよい。第２回路部１ａは、第１回路部１ｂから見て第１冷却部２ｂと反対側に配置されてもよい。第２回路部１ａは、第２半導体素子７ｂを含んでもよい。第２半導体素子７ｂは、第３主面７ｂａと第４主面７ｂｂとを含んでもよい。第３主面７ｂａは第１回路部１ｂに面してもよい。第４主面７ｂｂは第３主面７ｂａと反対側に位置してもよい。第１端子３は、第３主面７ｂａ側から第２半導体素子７ｂと電気的に接続されてもよい。第２冷却部２ａは、第２回路部１ａにおいて第２半導体素子７ｂの第４主面７ｂｂが面する表面に接続されてもよい。

【００３９】

この場合、第２半導体素子７ｂについても、第３主面７ｂａ側からは第１端子３を介して第１冷却部２ｂにより冷却できる。さらに、第４主面７ｂｂ側からも第２冷却部２ａにより第２半導体素子７ｂを冷却できる。このため、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとが並ぶ方向（第１方向ＤＲ１）から第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａを挟むように配置された第１冷却部２ｂおよび第２冷却部２ａによって、第１半導体素子７ａと第２半導体素子７ｂとの両方を、それぞれ両面から冷却できる。このため、第１半導体素子７ａと第２半導体素子７ｂとのそれぞれを個別に挟むように合計４つの冷却部を配置する場合より、半導体モジュール１００の小型化を図ることができる。

【００４０】

上記半導体モジュール１００において、第１回路部１ｂは、第３半導体素子７ｃを含んでもよい。第２回路部１ａは、第４半導体素子７ｄを含んでもよい。この場合、第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａはそれぞれ２つの半導体素子を含む２ｉｎ１構造とすることができる。このような２ｉｎ１構造の回路部を備えた半導体モジュール１００において、サイズの小型化と十分な冷却性能の両立を図ることができる。

【００４１】

＜変形例＞

図４は、図１に示された半導体モジュールの変形例１の構成を説明するための部分断面模式図である。図４は図３に対応し、第１回路部１ｂの断面形状を模式的に示している。図４に示された第１回路部１ｂを含む半導体モジュールは、基本的には図１から図３に示された半導体モジュール１００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、

第１回路部１ｂの内部構造が図１から図３に示された半導体モジュール１００と異なっている。すなわち、図４に示された半導体モジュールでは、第１回路部１ｂに含まれる第１半導体素子７ａおよび第３半導体素子７ｃが、接続導体４０ｂ（図３参照）ではなくダイボンド材４２を介して回路配線４６ｂと電気的に接続されている。このような構成は、第２回路部１ａ（図１参照）、第３回路部１ｃ（図１参照）、第４回路部１ｄ（図１参照）においても適用される。図３または図４に示されるような第１回路部１ｂの構成では、第１半導体素子７ａおよび第３半導体素子７ｃの電極に接続された導体部を、第１回路部１ｂにおいて第２回路部１ａに面する表面１ｂａ側に引き出しやすい。このため、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとを図１に示すように第１方向ＤＲ１において対向配置した場合に、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとの間に第１端子３を容易に配置できる。また、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとが同じ構成であるため、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとが全く異なる構成である場合よりも第１端子３との接続構造を簡略化できる。このため、半導体モジュールのインダクタンスを低減し易い。

【００４２】

なお、図３または図４に示された第１回路部１ｂにおいて、第１半導体素子７ａの第１主面７ａａに形成された電極（図示せず）と回路配線４６ａ、４６ｃとをダイボンド材により接続してもよい。図４に示されたダイボンド材４２および上述した回路配線４６ａ、４６ｃと接続されるダイボンド材としては、たとえば焼結性の銀ペースト、銅ペースト、はんだなどを用いることができる。

【００４３】

図５は、図１に示された半導体モジュールの変形例２の構成を説明するための斜視模式図である。図５に示された半導体モジュール１００は、基本的には図１から図３に示された半導体モジュール１００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第１回路部１ｂと第３回路部１ｃとの間に配置された冷却部の構成が図１から図３に示された半導体モジュール１００と異なっている。すなわち、図５に示された半導体モジュール１００では、図１に示された第１冷却部２ｂと第３冷却部２ｃと天板５とが一体化した第５冷却部２ｅが第１回路部１ｂと第３回路部１ｃとの間に配置されている。第１回路部１ｂは第５冷却部２ｅと絶縁シート６ｂを介して接続されている。第３回路部１ｃは第５冷却部２ｅと絶縁シート６ｃを介して接続されている。第１端子３の第１延在部３ｅは、第５冷却部２ｅと第１絶縁部材４ａを介して接続されている。この場合、半導体モジュール１００の構成部材の数を低減できるので、半導体モジュール１００の製造プロセスを簡略化できるとともに製造コストを低減できる。

【００４４】

図６は、図１に示された半導体モジュールの変形例３の構成を説明するための部分断面模式図である。図６は図５に示された半導体モジュール１００における第１回路部１ｂと第５冷却部２ｅとの接続部を示している。図６に示された半導体モジュールは、基本的には図５に示された半導体モジュール１００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第５冷却部２ｅと第１回路部１ｂとの接続部の構造が図５に示された半導体モジュール１００と異なっている。すなわち、図６に示された半導体モジュールでは、絶縁シート６ｂと対向する第５冷却部２ｅの表面に複数の凸部であるフィン２ｅａが形成されている。フィン２ｅａが形成された第５冷却部２ｅの表面と絶縁シート６ｂとの間には接合材４５が配置されている。なお、図３に示されたように絶縁シート６ｂと接合材４５との間に銅箔４４を配置してもよい。当該フィン２ｅａは、第５冷却部２ｅにおいて絶縁シート６ｃ（図５参照）に面する表面にも形成されている。また、当該フィン２ｅａは、第５冷却部２ｅにおいて第１端子３の第１延在部３ｅに面する表面に形成されてもよい。フィン２ｅａを構成する材料としては、たとえばアルミニウムまたは銅といった金属など、熱伝導性に優れた材料を用いることができる。

【００４５】

図７は、図１に示された半導体モジュールの変形例４の構成を説明するための斜視模式図である。図７は、図１に示された半導体モジュール１００を３つ組み合わせたモジュー

ルを示している。図７に示されたモジュールは、モータ駆動を想定してＵＶＷの３相に対応するように構成されている。図７では、３つの半導体モジュール１００が第１方向ＤＲ１に並ぶように配置されている。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄ（図１参照）に供給される冷媒を、第１方向ＤＲ１に沿って並ぶ半導体モジュール１００に対し順番に供給する場合、冷媒を３つの半導体モジュール１００に対して並列的に供給するため当該冷媒を分配する必要が無いため、冷媒の供給流路の構成を簡略化できる。しかし、冷媒の温度上昇により、当該冷媒の流通方向における上流側に位置する半導体モジュール１００と比べて、流通方向の下流側に位置する半導体モジュール１００での冷却効率は低下する恐れがある。

【００４６】

図８は、図１に示された半導体モジュールの変形例５の構成を説明するための斜視模式図である。図８も、図１に示されたに半導体モジュール１００を３つ組み合わせたモジュールを示している。図８では、３つの半導体モジュール１００が第３方向ＤＲ３に並ぶように配置されている。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第４冷却部２ｄ（図１参照）に供給される冷媒を、第３方向ＤＲ３に沿って並ぶ半導体モジュール１００に対し並列的に供給する場合、図７に示したモジュールと比べて、冷媒を３つの半導体モジュール１００に対して並列的に供給するための配管構成が複雑化、大型化する可能性が有る。一方、３つの半導体モジュール１００に対して均等に冷媒が供給されるため、図７に示したモジュールのように、冷媒の流通方向における上流側に位置する半導体モジュール１００と比べて、流通方向の下流側に位置する半導体モジュール１００での冷却効率が低下するといった問題は発生し難い。図７および図８に示したモジュールの構成のうちいずれを採用するかは、半導体モジュール１００の動作条件などを考慮して適宜決定される。

【００４７】

実施の形態２．

＜半導体モジュールの構成＞

図９は、実施の形態２に係る半導体モジュール２００の側面模式図である。図１０は、図９に示された半導体モジュール２００の構成を説明するための部分断面模式図である。図１０では、半導体モジュール２００を構成する第１回路部１ｂの断面が示されている。図１１は、図９に示された半導体モジュールの構成を説明するための模式図である。図１１では、半導体モジュール２００における第１回路部１ｂと第１冷却部２ｂとの接続部の部分的な断面が示されている。

【００４８】

図９から図１１に示された半導体モジュール２００は、基本的には図５に示された半導体モジュール１００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの構成が図５に示された半導体モジュール１００と異なっている。すなわち、図９から図１１に示された半導体モジュール２００では、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄが、半導体素子などを樹脂２３（図１０参照）により封止した構造を有している。当該樹脂２３による封止は、たとえばトランスファーモールド法により実施される。第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄは互いに同様の構成を備えるため、以下第１回路部１ｂを例にその構造を説明する。

【００４９】

図１０に示されるように、第１回路部１ｂは、第１半導体素子７ａ、第３半導体素子７ｃ、ダイボンド材１５ａ、１５ｂ、銅回路１８、絶縁シート１６，銅箔１９および樹脂２３を主に備える。第１半導体素子７ａは、ダイボンド材１５ａを用いて導電体である銅回路１８の上面に接続されている。第３半導体素子７ｃは、ダイボンド材１５ｂを用いて銅回路１８の上面に接続されている。ダイボンド材１５ａ、１５ｂとしては、はんだ、銀焼結体、銅焼結体などを用いることができる。

【００５０】

銅回路１８の上面と反対側に位置する裏面には絶縁シート１６が接続されている。絶縁シート１６において銅回路１８と接続された面と反対側の裏面には銅箔１９が接続されている。銅回路１８、絶縁シート１６および銅箔１９の間の接続には、たとえば接着剤などの接合材を用いる方法など、任意の方法を用いることができる。

【００５１】

第１半導体素子７ａの側方には、銅回路１８から間隔を隔てて導電体からなる端子としての制御回路２１が配置されている。第３半導体素子７ｃの側方には、銅回路１８から間隔を隔てて導電体からなる端子としての主回路２０が配置されている。制御回路２１、第１半導体素子７ａ、第３半導体素子７ｃ、主回路２０は配線２２により電気的に接続されている。配線２２としては、たとえばアルミニウムワイヤを用いることができるが、他の任意の導体線を用いることができる。たとえば、配線２２として銅線、アルミ被覆銅線などの良導体からなる線材を配線２２として用いてもよい。

【００５２】

第１半導体素子７ａ、第３半導体素子７ｃ、配線２２、主回路２０の一部（配線２２が接続された部分）、制御回路２１の一部（配線２２が接続された部分）、銅回路１８、絶縁シート１６および銅箔１９を埋め込むように封止材としての樹脂２３が配置されている。なお、樹脂２３の表面では、銅箔１９の裏面（絶縁シート１６と接続された表面と反対側の面）が露出している。主回路２０において配線２２が接続されていない先端部が樹脂２３の外部に位置している。制御回路２１において配線２２が接続されていない先端部が樹脂２３の外部に位置している。

【００５３】

図１１に示されるように、第１回路部１ｂにおける銅箔１９の裏面と第５冷却部２ｅとは接合材２８で接続される。接合材２８としては、たとえば熱伝導性グリース、はんだなどを用いることができる。図９に示されるように、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとが対向するように配置される。第３回路部１ｃと第４回路部１ｄとが対向するように配置される。第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃおよび第４回路部１ｄのそれぞれの主回路２０が第１端子３としての主端子３ｃに接続される。なお、図９においては、各回路部における制御回路２１は図示されていない。

【００５４】

このような構成の半導体モジュール２００においても、図５に示された半導体モジュール１００と同様に第１半導体素子７ａなどを両面から冷却できる。たとえば、第１半導体素子７ａの裏面については、ダイボンド材１５ａ、銅回路１８、絶縁シート１６、銅箔１９および接合材２８を介して第５冷却部２ｅにより冷却される。また、第１半導体素子７ａの表面については、配線２２、主回路２０、主端子３ｃ、第１絶縁部材４ａを介して第５冷却部２ｅにより冷却される。

【００５５】

＜作用＞

上記半導体モジュール２００において、第１回路部１ｂは、第１半導体素子７ａを封止する樹脂２３をさらに含んでもよい。この場合、樹脂２３により半導体素子などを封止した回路部を用いた半導体モジュール２００において、当該回路部に含まれる第１半導体素子７ａなどの半導体素子を十分に冷却できるとともに小型化を図ることができる。

【００５６】

＜変形例＞

図１２は、図９に示された半導体モジュールの変形例１の構成を説明するための部分断面模式図である。

【００５７】

図１２に示された第１回路部１ｂを用いた半導体モジュール２００は、基本的には図９に示された半導体モジュール２００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの構成が図９に示された半導体モジュール２００と異なっている。すなわち、図１３に示された半導体モ

ジュール２００では、主回路２０が銅板からなり、当該主回路２０が樹脂２３の外部から第１半導体素子７ａおよび第３半導体素子７ｃの上にまで延びている。主回路２０と第１半導体素子７ａの上面に形成された電極（図示せず）とは接合材２４ａにより接続されている。主回路２０と第３半導体素子７ｃの上面に形成された電極（図示せず）とは接合材２４ｂにより接続されている。接合材２４ａ、２４ｂとしては、はんだ、銀焼結体、銅焼結体など、任意の導電性の接合部材を用いることができる。このような構成の半導体モジュール２００においても、図９から図１１に示された半導体モジュール２００と同様の効果を得ることができる。

【００５８】

図１３は、図９に示された半導体モジュールの変形例２の構成を説明するための部分断面模式図である。図１３は図１２に対応する。

【００５９】

図１３に示された第１回路部１ｂを用いた半導体モジュール２００は、基本的には図１２に示された半導体モジュール２００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの構成が図１２に示された半導体モジュール２００と異なっている。すなわち、図１３に示された半導体モジュール２００では、第１半導体素子７ａと第３半導体素子７ｃとが絶縁基板に搭載されている。

【００６０】

絶縁基板は、絶縁板２６と、当該絶縁板２６の第１面に接続された銅回路２５と、絶縁板２６の第１面と反対側の第２面に接続された銅板２７とを含む。第１半導体素子７ａと第３半導体素子７ｃとは、ダイボンド材１５ａ、１５ｂにより銅回路２５に接続されている。第１回路部１ｂの底面において、銅板２７の表面が露出している。第１回路部１ｂにおける銅板２７の表面（裏面）と第５冷却部２ｅ（図９参照）とは接合材２８（図１１参照）により接続される。このような構成の半導体モジュール２００においても、図９から図１１に示された半導体モジュール２００と同様の効果を得ることができる。

【００６１】

実施の形態３．

＜半導体モジュールの構成＞

図１４は、実施の形態３に係る半導体モジュール３００の側面模式図である。図１４は図９に対応する。

【００６２】

図１４に示された半導体モジュール３００は、基本的には図９から図１１に示された半導体モジュール２００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの構成および第２端子８を備える点が図９から図１１に示された半導体モジュール２００と異なっている。すなわち、図１４に示された半導体モジュール３００では、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄが、主回路２０として第１主回路２０ａと第２主回路２０ｂとを含む。第１主回路２０ａと第２主回路２０ｂとは互いに異なる方向に延びている。具体的には、第１主回路２０ａは、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの第１面（上面）から突出するように配置されている。第２主回路２０ｂは、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの第２面（第１面と反対側の下面）から突出するように配置されている。

【００６３】

第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの第１主回路２０ａは、それぞれ主端子３ｃに接続される。主端子３ｃの第１延在部３ｅは第１絶縁部材４ａを介して第５冷却部２ｅに接続される。第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄの第２主回路２０ｂは、それぞれ主端子である第２端子８に接続される。第２端子８は、第２延在部８ｅを含む。第２延在部８ｅは第５冷却部２ｅに隣接する領域に配置される。第２延在部８ｅは、第１回路部１ｂから見て第１端子３の第１延在

部３ｅが位置する方向と異なる方向に位置する。第２端子８の第２延在部８ｅは第２絶縁部材４ｂを介して第５冷却部２ｅに接続される。

【００６４】

第１回路部１ｂの第２主回路２０ｂおよび第１主回路２０ａは、図１０などに示された主回路２０と同様に、第１主面７ａａ側から第１半導体素子７ａと電気的に接続されている。このため、第１端子３である主端子３ｃおよび第２端子８も、第１主面７ａａ側から第１半導体素子７ａと電気的に接続されることになる。

【００６５】

上記のような構成の半導体モジュール３００では、たとえば第１主回路２０ａがＮ端子およびＰ端子であり、第２主回路２０ｂがＡＣ端子である。半導体モジュール３００が適用される装置において、たとえばＮ端子およびＰ端子である第１主回路２０ａはコンデンサ（図示せず）に接続される。ＡＣ端子である第２主回路２０ｂは、たとえばモータ（図示せず）に接続される。

【００６６】

＜作用＞

上記半導体モジュール３００は、第２端子８をさらに備えてもよい。第２端子８は、第１主面７ａａ側から第１半導体素子７ａと電気的に接続されてもよい。第２端子８は、第２延在部８ｅを含んでもよい。第２延在部８ｅは、第１回路部１ｂから見て第１延在部３ｅが位置する方向と異なる方向に位置してもよい。第２端子８の第２延在部８ｅは、第１冷却部２ｂと第２絶縁部材４ｂを介して接続されてもよい。

【００６７】

この場合、接続される機器が異なる端子（第１主回路２０ａおよび第２主回路２０ｂ）を、それぞれ異なる方向に配置できる。このため、各端子から接続先の機器までの配線経路長を短くできる。この結果、半導体モジュール３００を含む回路のインダクタンスを低減できる。

【００６８】

＜変形例＞

図１５は、図１４に示された半導体モジュール３００の変形例の構成を説明するための部分側面模式図である。図１５は、半導体モジュール３００を構成する第１回路部１ｂと第２回路部１ａとの一部を示している。

【００６９】

図１５に示された第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａを含む半導体モジュールは、基本的には図１４に示された半導体モジュール３００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ（図１４参照）、第４回路部１ｄ（図１４参照）の構成が図１４に示された半導体モジュール３００と異なっている。すなわち、図１５に示された第１回路部１ｂと第２回路部１ａとは、第１主回路２０ａを共有している。また、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとは、図示しない第２主回路２０ｂを共有してもよい。

【００７０】

この場合、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとのそれぞれの内部において、第１主回路２０ａに接続される回路の分流設計に応じた配線構造を形成できる。このため、回路設計の自由度を大きくすることができ、結果的に回路の低インダクタンス化を図ることができる。なお、上述した第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａの構成は、第３回路部１ｃおよび第４回路部１ｄにも適用される。

【００７１】

実施の形態４．

＜半導体モジュールの構成＞

図１６は、実施の形態４に係る半導体モジュール５００の構成を説明するための要部斜視模式図である。図１６は、半導体モジュール５００を構成する冷却器モジュール４００を示している。図１７は、実施の形態４に係る半導体モジュール５００の構成を説明する

ための要部側面模式図である。図１８は、図１７に示された半導体モジュール５００の構成を説明するための模式図である。図１９は、図１７に示された半導体モジュール５００の構成を説明するための模式図である。図１９は、半導体モジュール５００に供給される冷却材の流れを示している。

【００７２】

図１６から図１９に示された半導体モジュール５００は、基本的には図９から図１１に示された半導体モジュール２００と同様の構成を備え、同様の効果を得ることができるが、第２冷却部２ａ、第５冷却部２ｅおよび第４冷却部２ｄに代えて、図１６に示される冷却器モジュール４００を備える点が図９から図１１に示された半導体モジュール２００と異なっている。すなわち、図１６から図１９に示された半導体モジュール５００は、冷却器モジュール４００と、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄ、第１端子３としての主端子３ｃを主に備える。冷却器モジュール４００は、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、封止板３４、第１側面冷却部３１ａ、第２側面冷却部３１ｂ、第３側面冷却部３１ｃ、第４側面冷却部３１ｄ、底面冷却部３５を主に備える。

【００７３】

底面冷却部３５は板状の部材である。底面冷却部３５上に、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、封止板３４、第１側面冷却部３１ａ、第２側面冷却部３１ｂ、第３側面冷却部３１ｃ、第４側面冷却部３１ｄが固定されている。図１７に示されるように、第２冷却部２ａ、第１冷却部２ｂ、第３冷却部２ｃは、第１方向ＤＲ１に沿ってこの順番で間隔を隔てて配置されている。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃは互いに同様の構成を有する。

【００７４】

第１冷却部２ｂは、第１端部２ｂａと、第２端部２ｂｂとを含む。第２端部２ｂｂは、第１端部２ｂａと反対側に位置する。第１冷却部２ｂには、第１端部２ｂａから第２端部２ｂｂにまで延びる第１冷却材流路３３ｂが形成されている。第１端部２ｂａでは、第１冷却材流路３３ｂの一方端である第１開口３３ｂａが形成されている。第２端部２ｂｂでは、第１冷却材流路３３ｂの他方端である第２開口３３ｂｂが形成されている。

【００７５】

第２冷却部２ａは、第３端部２ａａと、第４端部２ａｂとを含む。第４端部２ａｂは、第３端部２ａａと反対側に位置する。第２冷却部２ａには、第３端部２ａａから第４端部２ａｂにまで延びる第２冷却材流路３３ａが形成されている。第３端部２ａａは、第１冷却部２ｂの第１端部２ｂａと同じ側に位置している。第３端部２ａａでは、第２冷却材流路３３ａの一方端である第３開口３３ａａが形成されている。第４端部２ａｂでは、第２冷却材流路３３ａの他方端である第４開口３３ａｂが形成されている。

【００７６】

第３冷却部２ｃは、第５端部２ｃａと、第６端部２ｃｂとを含む。第６端部２ｃｂは、第５端部２ｃａと反対側に位置する。第３冷却部２ｃには、第５端部２ｃａから第６端部２ｃｂにまで延びる第３冷却材流路３３ｃが形成されている。第５端部２ｃａは、第１冷却部２ｂの第１端部２ｂａと同じ側に位置している。第５端部２ｃａでは、第３冷却材流路３３ｃの一方端である第５開口３３ｃａが形成されている。第６端部２ｃｂでは、第３冷却材流路３３ｃの他方端である第６開口３３ｃｂが形成されている。

【００７７】

第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃの頂面および底面に接するように封止板３４が配置されている。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃは底面側の封止板３４を介して底面冷却部３５に接続されている。

【００７８】

第１側面冷却部３１ａは、第１端部２ｂａと第３端部２ａａとを接続するように配置される。第１側面冷却部３１ａにおいて第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａが位置する側と反対側の表面には凹部３１ａａが形成されている。第２側面冷却部３１ｂ、第３側面冷

却部３１ｃ、第４側面冷却部３１ｄは、第１側面冷却部３１ａと同様の構成を備える。
【００７９】
第２側面冷却部３１ｂは、第２端部２ｂｂと第４端部２ａｂとを接続するように配置される。第３側面冷却部３１ｃは、第１端部２ｂａと第５端部２ｃａとを接続するように配置される。第４側面冷却部３１ｄは、第２端部２ｂｂと第６端部２ｃｂとを接続するように配置される。
【００８０】
第１冷却部２ｂと第２冷却部２ａと第１側面冷却部３１ａと第２側面冷却部３１ｂと底面冷却部３５とにより囲まれた領域に、第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａが配置される。第１冷却部２ｂと第３冷却部２ｃと第３側面冷却部３１ｃと第４側面冷却部３１ｄと底面冷却部３５とにより囲まれた領域に、第３回路部１ｃおよび第４回路部１ｄが配置される。第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄのそれぞれの主回路２０が第１端子３としての主端子３ｃに接続される。主端子３ｃの第１延在部３ｅが第１絶縁部材４ａおよび封止板３４を介して第１冷却部２ｂに接続されている。また、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄのそれぞれの底面（底面冷却部３５に面する表面）が、底面冷却部３５に接続されている。また、第１側面冷却部３１ａ、第２側面冷却部３１ｂ、第３側面冷却部３１ｃ、第４側面冷却部３１ｄにも、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄのそれぞれの側面が接続されている。
【００８１】
第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃでは、図１６および図１８などに示すように、第１冷却材流路３３ｂ、第２冷却材流路３３ａ、第３冷却材流路３３ｃの内部に複数のフィンが形成されている。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃを構成する材料は、たとえばアルミニウムである。図１９に示されるように、第１冷却材流路３３ｂ、第２冷却材流路３３ａ、第３冷却材流路３３ｃには冷却材が導入される。冷却材としてはたとえば水などの液体、あるいは空気等の気体を用いる事ができる。
【００８２】
第１冷却材流路３３ｂ、第２冷却材流路３３ａ、第３冷却材流路３３ｃのそれぞれに個別に冷却材を導入するための個別の配管を形成してもよいが、図１９に示されるように、第２冷却部２ａから第３冷却部２ｃまでの領域全体に冷却材を流す導入部３６を設置してもよい。導入部３６では、冷却材の流入部から矢印３７ａに示すように冷却材が供給される。導入部の下流側に分岐器３８が設置されている。流入部から供給された冷却材は、分岐器３８に衝突する。その後、矢印３７ｂ、３７ｃに示されるように冷却材は分岐して流れる。
【００８３】
その後、冷却材は第１側面冷却部３１ａおよび第３側面冷却部３１ｃに接触する。第１側面冷却部３１ａおよび第３側面冷却部３１ｃの表面には凹部３１ａａ、３１ｃａが形成されている。当該凹部３１ａａ、３１ｃａに冷却材が一端貯留され、その後矢印３７ｄ、３７ｅ、３７ｆ、３７ｇに示されるように、冷却材は第１冷却材流路３３ｂ、第２冷却材流路３３ａおよび第３冷却材流路３３ｃに対して均等に流入する。凹部３１ａａ、３１ｃａは冷却材の流れを均一化する冷却材拡散部として機能する。
【００８４】
また、第２側面冷却部３１ｂおよび第４側面冷却部３１ｄは第１側面冷却部３１ａと同様の構成を備える。このため、第２側面冷却部３１ｂおよび第４側面冷却部３１ｄにも凹部が形成されている。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃにおいて冷却材の流れ方向における下流側（第２端部２ｂｂ側）では、第１冷却部２ｂなどから排出される冷却材が当該凹部に一端貯留されることで、半導体モジュール５００から排出される冷却材の流れを均質化することができる。
【００８５】
なお、上述した第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃの構成は、上述

したような冷却材流路を備えるものであってもよいが、他の構成であってもよい。たとえば、半導体素子の発熱量が比較的少ない場合は、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａおよび第３冷却部２ｃとして、金属などの部材の内部に冷却材を流通させる配管経路を蛇行するように形成した、いわゆるウォータージャケットを用いてもよい。第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第１側面冷却部３１ａ、第２側面冷却部３１ｂ、第３側面冷却部３１ｃ、第４側面冷却部３１ｄ、底面冷却部３５、封止板３４の材料としては、アルミニウム、銅など熱伝導性に優れた金属を用いることができる。上述した半導体モジュール５００では、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄを、第１端子３が配置された側の方向を除く５つの方向から冷却できる。

【００８６】

なお、底面冷却部３５に開口部を形成する等の対応を行うことで、図１４に示したように主回路２０を２つの異なる方向に配置することもできる。また、底面冷却部３５を配置しない構成としてもよい。

【００８７】

なお、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第３冷却部２ｃ、第１側面冷却部３１ａ、第２側面冷却部３１ｂ、第３側面冷却部３１ｃ、第４側面冷却部３１ｄ、底面冷却部３５と、第１回路部１ｂ、第２回路部１ａ、第３回路部１ｃ、第４回路部１ｄとの接続部には熱伝導性のグリースまたは熱伝導性のシート部材などを配置することで、冷却性能を向上させてもよい。

【００８８】

＜作用＞

上記半導体モジュール５００において、第１冷却部２ｂは、第１端部２ｂａと、第２端部２ｂｂとを含んでもよい。第２端部２ｂｂは、第１端部２ｂａと反対側に位置してもよい。第１冷却部２ｂには、第１端部２ｂａから第２端部２ｂｂにまで延びる第１冷却材流路３３ｂが形成されてもよい。第１端部２ｂａでは、第１冷却材流路３３ｂの一方端である第１開口３３ｂａが形成されてもよい。第２端部２ｂｂでは、第１冷却材流路３３ｂの他方端である第２開口３３ｂｂが形成されてもよい。第２冷却部２ａは、第３端部２ａａと、第４端部２ａｂとを含んでもよい。第４端部２ａｂは、第３端部２ａａと反対側に位置してもよい。第２冷却部２ａには、第３端部２ａａから第４端部２ａｂにまで延びる第２冷却材流路３３ａが形成されてもよい。第３端部２ａａは、第１冷却部２ｂの第１端部２ｂａと同じ側に位置してもよい。第３端部２ａａでは、第２冷却材流路３３ａの一方端である第３開口３３ａａが形成されてもよい。第４端部２ａｂでは、第２冷却材流路３３ａの他方端である第４開口３３ａｂが形成されてもよい。上記半導体モジュール５００は、第１側面冷却部３１ａを備えてもよい。第１側面冷却部３１ａは、第１端部２ｂａと第３端部２ａａとの間に配置されてもよい。第１側面冷却部３１ａは第１回路部１ｂと第２回路部１ａとに接続されてもよい。第１側面冷却部３１ａにおいて第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａが位置する側と反対側の表面には凹部３１ａａが形成されてもよい。

【００８９】

この場合、第１冷却材流路３３ｂおよび第２冷却材流路３３ａに対して、第１側面冷却部３１ａ側から冷却材を流入させるときに、凹部３１ａａにおいて冷却材を一端貯留したあと、第１冷却材流路３３ｂおよび第２冷却材流路３３ａに対して均等に冷却材を供給できる。また、第１側面冷却部３１ａを第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａに接触させることで、第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａを効果的に冷却できる。

【００９０】

上記半導体モジュール５００は、第２側面冷却部３１ｂを備えてもよい。第２側面冷却部３１ｂは、第２端部２ｂｂと第４端部２ａｂとの間に配置されてもよい。第２側面冷却部３１ｂは、第１回路部１ｂと第２回路部１ａとに接続されてもよい。

【００９１】

この場合、第２側面冷却部３１ｂを第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａに接触させることで、第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａを効果的に冷却できる。

【００９２】
上記半導体モジュール５００は、底面冷却部３５を備えてもよい。底面冷却部３５には、第１冷却部２ｂ、第２冷却部２ａ、第１側面冷却部３１ａ、第２側面冷却部３１ｂ、第１回路部１ｂ、および第２回路部１ａが接続されてもよい。
【００９３】
この場合、底面冷却部３５を第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａに接触させることで、第１回路部１ｂおよび第２回路部１ａを効果的に冷却できる。
【００９４】
実施の形態５．
本実施の形態は、上述した実施の形態５に係る半導体装置を電力変換装置に適用したものである。本開示は特定の電力変換装置に限定されるものではないが、以下、実施の形態５として、三相のインバータに本開示を適用した場合について説明する。
【００９５】
図２０は、本実施の形態に係る電力変換装置を適用した電力変換システムの構成を示すブロック図である。
【００９６】
図２０に示す電力変換システムは、電源１１００、電力変換装置１２００、負荷１３００から構成される。電源１１００は、直流電源であり、電力変換装置１２００に直流電力を供給する。電源１１００は種々のもので構成することが可能であり、例えば、直流系統、太陽電池、蓄電池で構成することができるし、交流系統に接続された整流回路やＡＣ／ＤＣコンバータで構成することとしてもよい。また、電源１１００を、直流系統から出力される直流電力を所定の電力に変換するＤＣ／ＤＣコンバータによって構成することとしてもよい。
【００９７】
電力変換装置１２００は、電源１１００と負荷１３００の間に接続された三相のインバータであり、電源１１００から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷１３００に交流電力を供給する。電力変換装置１２００は、図２０に示すように、直流電力を交流電力に変換して出力する主変換回路１２０１と、主変換回路１２０１を制御する制御信号を主変換回路１２０１に出力する制御回路１２０３とを備えている。
【００９８】
負荷１３００は、電力変換装置１２００から供給された交流電力によって駆動される三相の電動機である。なお、負荷１３００は特定の用途に限られるものではなく、各種電気機器に搭載された電動機であり、例えば、ハイブリッド自動車や電気自動車、鉄道車両、エレベーター、もしくは、空調機器向けの電動機として用いられる。
【００９９】
以下、電力変換装置１２００の詳細を説明する。主変換回路１２０１は、スイッチング素子と還流ダイオードを備えており（図示せず）、スイッチング素子がスイッチングすることによって、電源１１００から供給される直流電力を交流電力に変換し、負荷１３００に供給する。主変換回路１２０１の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態にかかる主変換回路１２０１は２レベルの三相フルブリッジ回路であり、６つのスイッチング素子とそれぞれのスイッチング素子に逆並列された６つの還流ダイオードから構成することができる。主変換回路１２０１の各スイッチング素子および各還流ダイオードの少なくともいずれかは、上述した実施の形態１から実施の形態４のいずれかの半導体モジュールに相当する半導体装置１２０２が有するスイッチング素子又は還流ダイオードである。６つのスイッチング素子は２つのスイッチング素子ごとに直列接続され上下アームを構成し、各上下アームはフルブリッジ回路の各相（Ｕ相、Ｖ相、Ｗ相）を構成する。そして、各上下アームの出力端子、すなわち主変換回路１２０１の３つの出力端子は、負荷１３００に接続される。
【０１００】
また、主変換回路１２０１は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示なし）を

備えているが、駆動回路は半導体装置１２０２に内蔵されていてもよいし、半導体装置１２０２とは別に駆動回路を備える構成であってもよい。駆動回路は、主変換回路１２０１のスイッチング素子を駆動する駆動信号を生成し、主変換回路１２０１のスイッチング素子の制御電極に供給する。具体的には、後述する制御回路１２０３からの制御信号に従い、スイッチング素子をオン状態にする駆動信号とスイッチング素子をオフ状態にする駆動信号とを各スイッチング素子の制御電極に出力する。スイッチング素子をオン状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以上の電圧信号（オン信号）であり、スイッチング素子をオフ状態に維持する場合、駆動信号はスイッチング素子の閾値電圧以下の電圧信号（オフ信号）となる。

【０１０１】

制御回路１２０３は、負荷１３００に所望の電力が供給されるよう主変換回路１２０１のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷１３００に供給すべき電力に基づいて主変換回路１２０１の各スイッチング素子がオン状態となるべき時間（オン時間）を算出する。例えば、出力すべき電圧に応じてスイッチング素子のオン時間を変調するＰＷＭ制御によって主変換回路１２０１を制御することができる。そして、各時点においてオン状態となるべきスイッチング素子にはオン信号を、オフ状態となるべきスイッチング素子にはオフ信号が出力されるよう、主変換回路１２０１が備える駆動回路に制御指令（制御信号）を出力する。駆動回路は、この制御信号に従い、各スイッチング素子の制御電極にオン信号又はオフ信号を駆動信号として出力する。

【０１０２】

本実施の形態に係る電力変換装置では、主変換回路１２０１を構成する半導体装置１２０２として実施の形態１から実施の形態４に係る半導体装置を適用するため、高い冷却効率と小型化とを両立することが可能な電力変換装置を実現することができる。

【０１０３】

本実施の形態では、２レベルの三相インバータに本開示を適用する例を説明したが、本開示は、これに限られるものではなく、種々の電力変換装置に適用することができる。本実施の形態では、２レベルの電力変換装置としたが３レベルやマルチレベルの電力変換装置であっても構わないし、単相負荷に電力を供給する場合には単相のインバータに本開示を適用しても構わない。また、直流負荷等に電力を供給する場合にはＤＣ／ＤＣコンバータやＡＣ／ＤＣコンバータに本開示を適用することも可能である。

【０１０４】

また、本開示を適用した電力変換装置は、上述した負荷が電動機の場合に限定されるものではなく、例えば、放電加工機やレーザー加工機、又は誘導加熱調理器や非接触給電システムの電源装置として用いることもでき、さらには太陽光発電システムや蓄電システム等のパワーコンディショナーとして用いることも可能である。

【０１０５】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。矛盾のない限り、今回開示された実施の形態の少なくとも２つを組み合わせてもよい。本開示の基本的な範囲は、上記した説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることを意図される。

【符号の説明】

【０１０６】

１ａ　第２回路部、１ａｂ，１ｂａ，１ｂｂ　表面、１ｂ　第１回路部、１ｃ　第３回路部、１ｄ　第４回路部、２ａ　第２冷却部、２ａａ　第３端部、２ａｂ　第４端部、２ｂ　第１冷却部、２ｂａ　第１端部、２ｂｂ　第２端部、２ｃ　第３冷却部、２ｃａ　第５端部、２ｃｂ　第６端部、２ｄ　第４冷却部、２ｅ　第５冷却部、２ｅａ　フィン、３　第１端子、３ａ，３ｃ　主端子、３ｅ　第１延在部、３ｆ　接続部、４ａ　第１絶縁部材、４ｂ　第２絶縁部材、５　天板、６ａ，６ｂ，６ｃ，６ｄ，１６　絶縁シート、７ａ　第１半導体素子、７ａａ　第１主面、７ａｂ　第２主面、７ｂ　第２半導体素子、７ｂａ　第３主面、７ｂｂ　第４主面、７ｃ　第３半導体素子、７ｄ　第４半導体素子、８　第２端子、８ｅ

第２延在部、１５ａ，１５ｂ，４２　ダイボンド材、１８，２５　銅回路、１９，４４　銅箔、２０　主回路、２０ａ　第１主回路、２０ｂ　第２主回路、２１，１２０３　制御回路、２２　配線、２３，４３　樹脂、２４ａ，２４ｂ，２８，４５　接合材、２６　絶縁板、２７　銅板、３１ａ　第１側面冷却部、３１ａａ　凹部、３１ｂ　第２側面冷却部、３１ｃ　第３側面冷却部、３１ｄ　第４側面冷却部、３３ａ　第２冷却材流路、３３ａａ　第３開口、３３ａｂ　第４開口、３３ｂ　第１冷却材流路、３３ｂａ　第１開口、３３ｂｂ　第２開口、３３ｃ　第３冷却材流路、３３ｃａ　第５開口、３３ｃｂ　第６開口、３４　封止板、３５　底面冷却部、３６　導入部、３７ａ，３７ｂ，３７ｄ　矢印、３８　分岐器、４０ａ，４０ｂ　接続導体、４１　制御端子、４６ａ，４６ｂ，４６ｃ　回路配線、１００，２００，３００，５００　半導体モジュール、４００　冷却器モジュール、１１００　電源、１２００　電力変換装置、１２０１　主変換回路、１２０２　半導体装置、１３００　負荷。

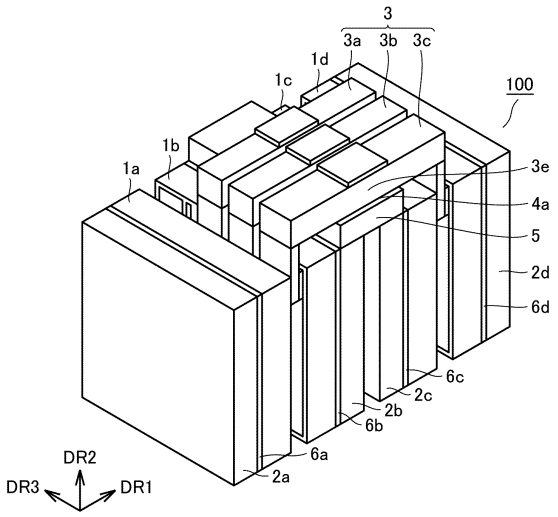
【要約】

高い冷却効率と小型化とを両立することが可能な半導体モジュールおよび電力変換装置が得られる。半導体モジュール（１００）は、第１回路部（１ｂ）と、第１端子（３）と、第１冷却部（２ｂ）とを備える。第１回路部（１ｂ）は、第１半導体素子を含む。第１半導体素子は、第１主面と第２主面とを含む。第２主面は、第１主面と反対側に位置する。第１端子（３）は、第１主面側から第１半導体素子と電気的に接続される。第１端子（３）は、第１回路部（１ｂ）の外側に位置する第１延在部（３ｅ）を含む。第１冷却部（２ｂ）は、第１回路部（１ｂ）において第１半導体素子の第２主面が面する表面に接続される。第１端子（３）の第１延在部（３ｅ）は、第１冷却部（２ｂ）と第１絶縁部材（４ａ）を介して接続されている。

【図面】

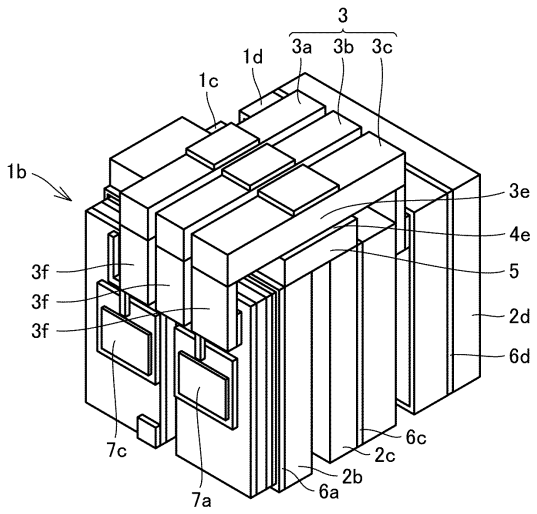
【図１】

図1



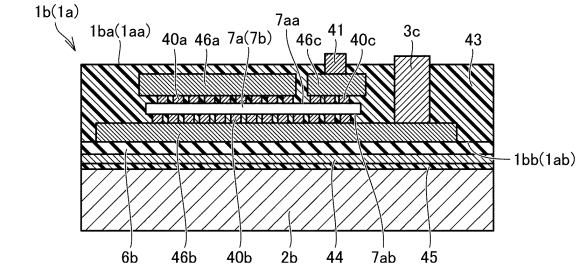

【図２】

図2



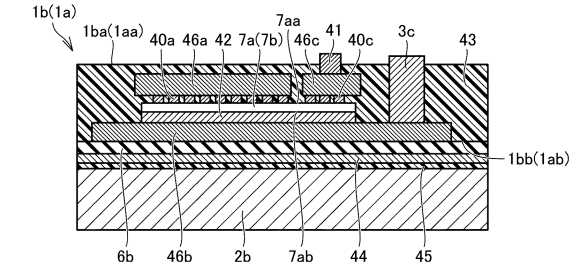
【図３】

図3



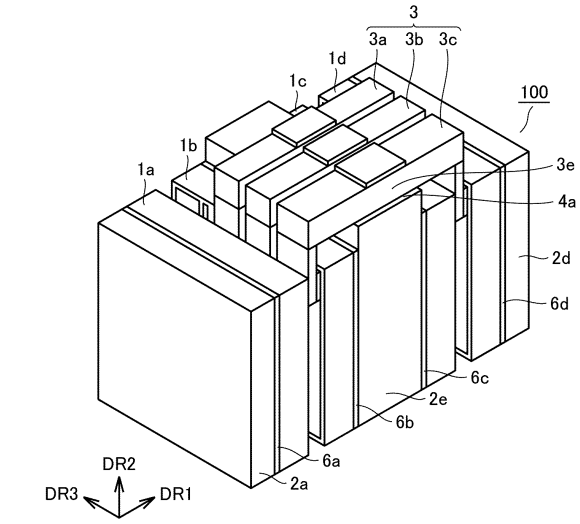

【図４】

図4



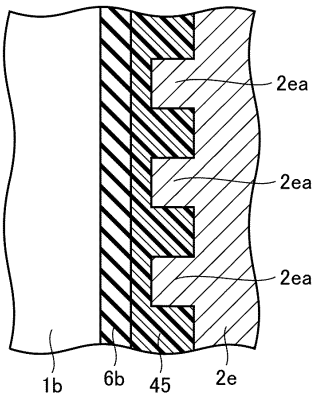

【図５】

図5



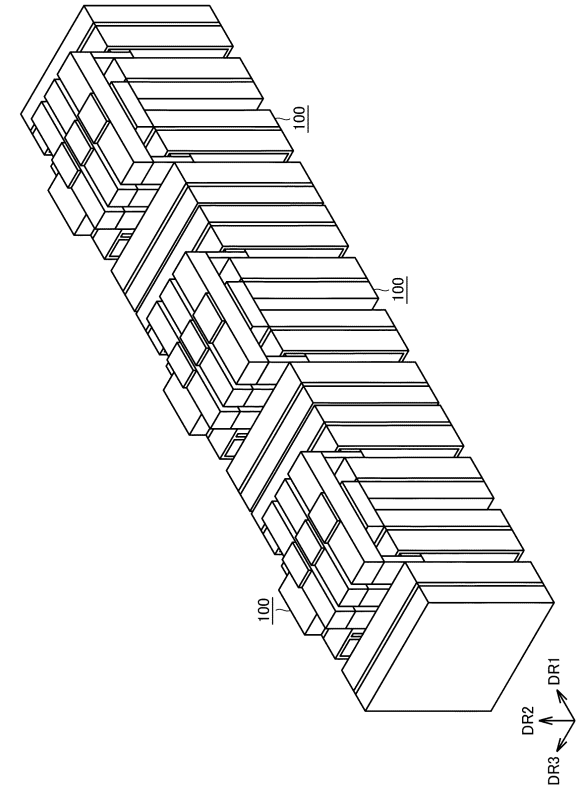

【図６】

図6



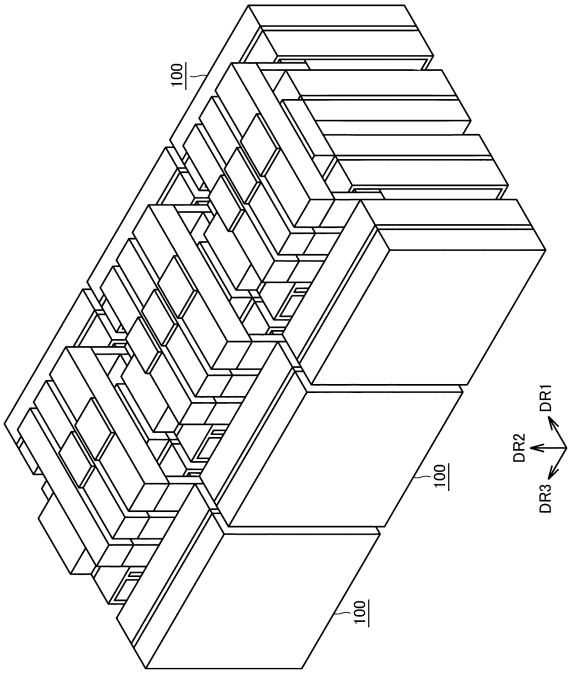
【図７】

図7



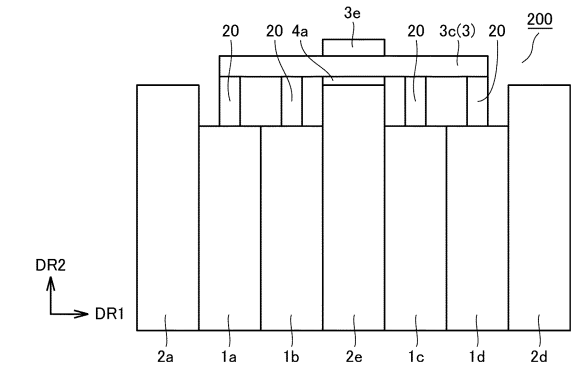

【図８】

図8



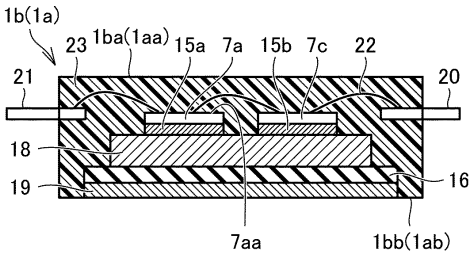

【図９】

図9



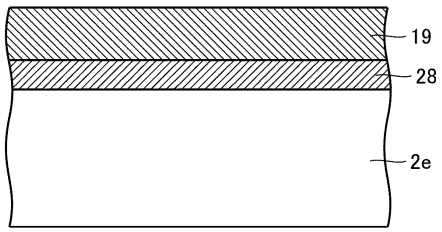

【図１０】

図10



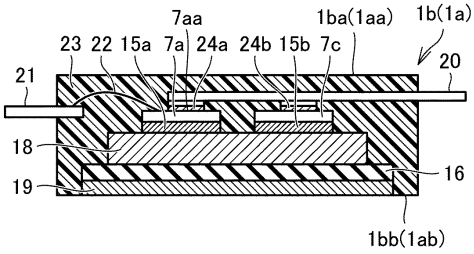
【図１１】

図11



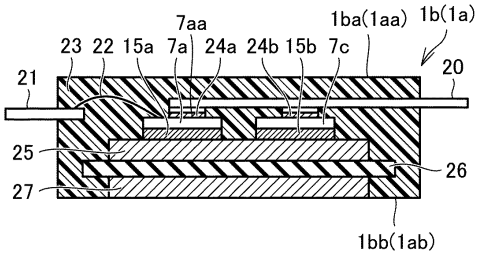

【図１２】

図12



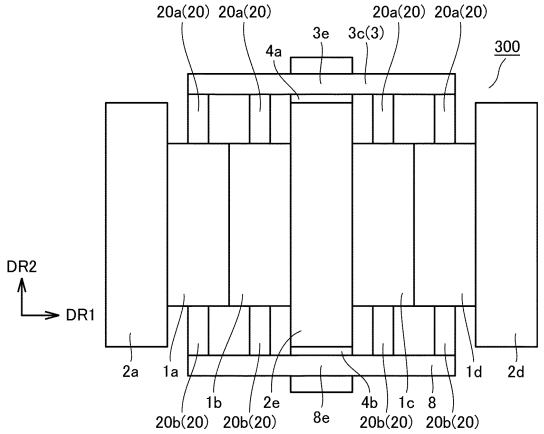

【図１３】

図13



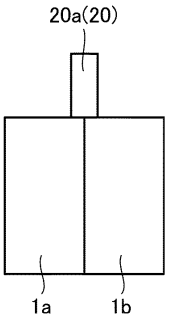

【図１４】

図14



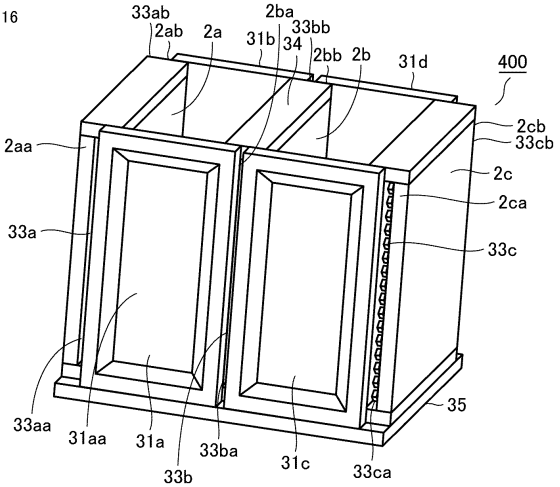

【図１５】

図15



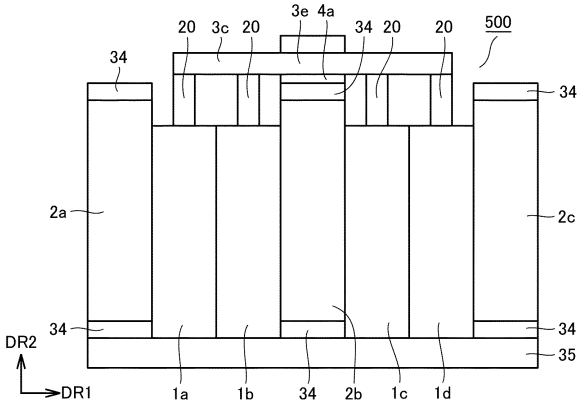

【図１６】

図16



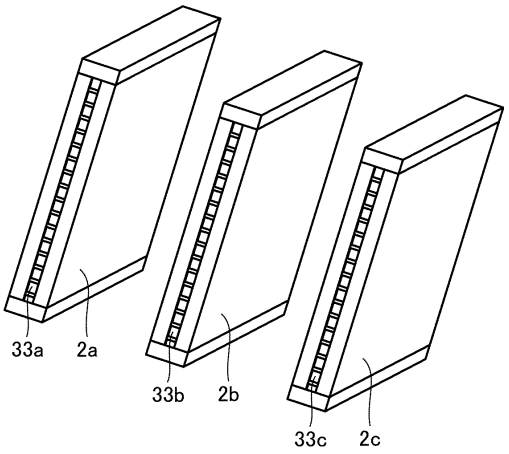
【図１７】

図17



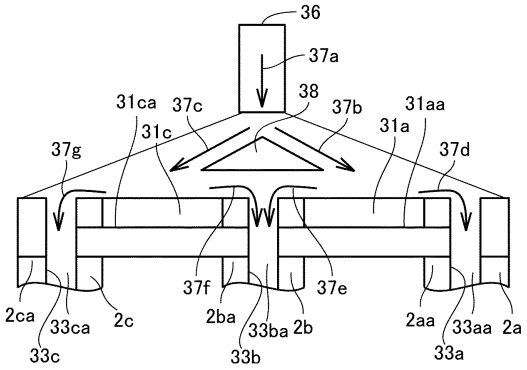

【図１８】

図18



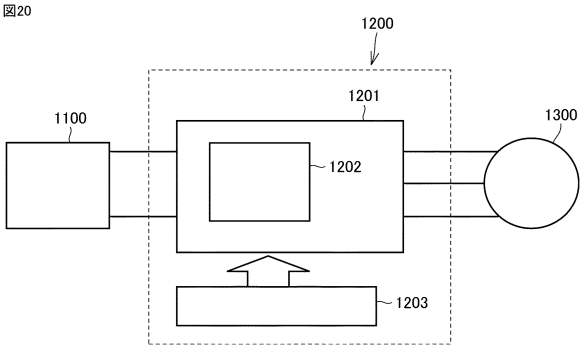

【図１９】

図19




【図２０】

図20



フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１１－２２２５６３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－１３０８９４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１２／０４３０８８（WO，Ａ１）
国際公開第２０２０／２４５８８０（WO，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２３／４７３
Ｈ０１Ｌ　２３／２９
Ｈ０１Ｌ　２５／０７