

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7597268号
(P7597268)

(45)発行日 令和6年12月10日(2024.12.10)

(24)登録日 令和6年12月2日(2024.12.2)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 2 M 7/48 (2007.01)	H 0 2 M 7/48	Z		
H 0 2 K 9/02 (2006.01)	H 0 2 K 9/02	B		
H 0 2 K 9/06 (2006.01)	H 0 2 K 9/06	C		

請求項の数 7 (全20頁)

(21)出願番号 特願2024-168449(P2024-168449)	(73)特許権者 000000099
(22)出願日 令和6年9月27日(2024.9.27)	株式会社 I H I
審査請求日 令和6年9月27日(2024.9.27)	東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号
早期審査対象出願	(74)代理人 100088155
	弁理士 長谷川 芳樹
	(74)代理人 100113435
	弁理士 黒木 義樹
	(74)代理人 100170818
	弁理士 小松 秀輝
	(74)代理人 100224546
	弁理士 小松 龍
	(72)発明者 富田 和真
	東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式
	会社 I H I 内
	(72)発明者 山田 達郎
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インバータ装置および回転機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却風が流入または流出可能な第一インバータ開口、前記第一インバータ開口とは異なる位置に形成されて前記冷却風が流入または流出可能な第二インバータ開口、および、前記第一インバータ開口に繋がる第一内部空間と前記第二インバータ開口に繋がる第二内部空間とを隔てる隔壁を含むインバータ筐体と、

前記第一内部空間に配置され、機能素子、前記機能素子に接続された基板、および前記基板に接続された電力ケーブルを含む回路モジュールと、

前記第二内部空間に配置され、前記隔壁を介して前記機能素子と熱的に接続され、前記機能素子が有する熱を放出可能な放熱部材と、

を備え、

前記隔壁は、前記第一内部空間と前記第二内部空間とを繋ぐ貫通穴を含み、
前記貫通穴は、前記隔壁に沿った第一方向において、前記機能素子を挟んで、前記第一インバータ開口および前記第二インバータ開口が配置される領域とは反対側の領域に配置され、前記第一内部空間と前記第二内部空間との間で前記冷却風を受け渡し可能であり、
前記電力ケーブルは、前記貫通穴を通して前記第一内部空間から前記第二内部空間に引き出されている、インバータ装置。

【請求項 2】

前記電力ケーブルは、
前記基板から前記第一方向に沿って延びる第一延在部と、

前記第一方向に交差する第二方向に沿って延び、前記貫通穴を通過して前記第一内部空間から前記第二内部空間に引き出される第二延在部と、

前記第一延在部と前記第二延在部との間に配置され、前記第一延在部と前記第二延在部とを繋ぐように屈曲する屈曲部と、を含む、
請求項 1 に記載のインバータ装置。

【請求項 3】

前記インバータ筐体は、前記貫通穴から前記第二内部空間に引き出された前記電力ケーブルが通過するケーブル挿入口を含み、

前記ケーブル挿入口は、前記第二インバータ開口とは異なる位置に形成されている、
請求項 1 または 2 に記載のインバータ装置。

10

【請求項 4】

前記第二内部空間は、前記隔壁と、前記隔壁に交差する第二方向において前記隔壁に対して隙間を空けて対向する側壁と、に囲まれた空間であり、

前記側壁は、

前記第二インバータ開口が開口する第一側壁部と、

前記ケーブル挿入口が開口する第二側壁部と、を含み、

前記第一側壁部は、前記第二側壁部に対して、前記隔壁から離れる方向に窪む段差を形成している、

請求項 3 に記載のインバータ装置。

【請求項 5】

前記第二インバータ開口の断面積は、前記ケーブル挿入口の断面積よりも大きい、
請求項 4 に記載のインバータ装置。

20

【請求項 6】

請求項 1 または 2 に記載のインバータ装置と、

前記インバータ装置から駆動電力が供給されるモータ装置と、
を備え、

前記モータ装置は、

前記電力ケーブルと電氣的に接続され、前記電力ケーブルから供給される前記駆動電力を受けてシャフトを回転可能なモータと、

前記シャフトに取り付けられた冷却ファンと、

前記モータおよび前記冷却ファンを収容するモータ筐体と、を含み、

前記モータ筐体の内部は、前記第二インバータ開口を通じて前記第二内部空間に繋がり、
前記冷却ファンは、前記シャフトとともに回転することによって、前記第一インバータ開口または前記第二インバータ開口に前記冷却風を流入させる、
回転機械。

30

【請求項 7】

前記インバータ筐体は、前記モータ筐体に対して、前記第一方向に交差する第二方向に接続され、前記シャフトは、前記第一方向に沿って延びており、

前記モータ筐体は、

前記冷却風とは異なる別の冷却風が流入または流出可能な第一モータ開口と、

前記別の冷却風が流入または流出可能な第二モータ開口と、を更に含み、

前記第二方向に沿って見た場合に、前記第二インバータ開口は、前記第一モータ開口と前記第二モータ開口との前記第一方向の間に配置され、前記モータの少なくとも一部は、前記第一モータ開口と前記第二インバータ開口との前記第一方向の間に配置されている、
請求項 6 に記載の回転機械。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、インバータ装置および回転機械に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

近年、大電流の電力を扱う、いわゆるパワー半導体素子に注目が集まっている。パワー半導体素子は、扱う電流の大きさに起因して発熱量が大きい。従って、発生する熱をパワー半導体素子から排出することは、パワー半導体素子を扱う上で重要な課題である。例えば、特許文献 1 ～ 4 は、パワー半導体素子等の発熱源の冷却に関する技術を開示する。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 文献 】特開 2 0 0 5 - 0 4 4 9 5 3 号公報

【 文献 】特開 2 0 0 0 - 2 2 3 8 7 6 号公報

【 文献 】特開 2 0 0 4 - 2 9 6 7 4 8 号公報

【 文献 】特表 2 0 1 2 - 5 0 1 0 4 5 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

上述したようなパワー半導体素子は、例えば、基板および電力ケーブル等の他の部材とともに、インバータ筐体の内部空間に收容される。インバータ筐体の内部空間は、パワー半導体素子、基板および電力ケーブル等が收容されるインバータ空間と、パワー半導体素子の熱を放出するためのヒートシンクが收容される放熱空間とに仕切られる。この構成において、放熱空間に冷却風を送る冷却ファンが設置されることがある。この場合、冷却風がヒートシンクに接触することによって、ヒートシンクを介してパワー半導体素子を冷却できる。

【 0 0 0 5 】

しかし、この構成では、大電力が流れて大きな発熱を生じ得る基板および電力ケーブル等の他の部材を十分に冷却することは難しい。これに対し、放熱空間に冷却風を送る冷却ファンに加えて、インバータ空間に冷却風を送る別の冷却ファンが更に設置されることがある。この場合、パワー半導体素子を含めて、基板および電力ケーブル等の他の部材を直接的に冷却できる。しかし、このように複数の冷却ファンを設置すると、装置全体が大型化するおそれがある。

【 0 0 0 6 】

本開示は、冷却性能の向上と小型化とを両立できるインバータ装置および回転機械を説明する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本開示の一形態に係るインバータ装置は、冷却風が流入または流出可能な第一インバータ開口、第一インバータ開口とは異なる位置に形成されて冷却風が流入または流出可能な第二インバータ開口、および、第一インバータ開口に繋がる第一内部空間と第二インバータ開口に繋がる第二内部空間とを隔てる隔壁を含むインバータ筐体と、第一内部空間に配置され、機能素子、機能素子に接続された基板、および基板に接続された電力ケーブルを含む回路モジュールと、第二内部空間に配置され、隔壁を介して機能素子と熱的に接続され、機能素子が有する熱を放出可能な放熱部材と、を備え、隔壁は、第一内部空間と第二内部空間とを繋ぐ貫通穴を含み、貫通穴は、隔壁に沿った第一方向において、機能素子を挟んで、第一インバータ開口および第二インバータ開口が配置される領域とは反対側の領域に配置され、第一内部空間と第二内部空間との間で冷却風を受け渡し可能であり、電力ケーブルは、貫通穴を通して第一内部空間から第二内部空間に引き出されている。

【 0 0 0 8 】

上記のインバータ装置では、第一インバータ開口に繋がる第一内部空間と、第二インバータ開口に繋がる第二内部空間とを隔てる隔壁が、第一内部空間と第二内部空間とを繋ぐ貫通穴を含む。貫通穴は、隔壁に沿う第一方向において、機能素子の位置を挟んで、第一インバータ開口および第二インバータ開口が配置される領域とは反対側の領域に配置され

10

20

30

40

50

ている。そのため、第一インバータ開口から第一内部空間に流入した冷却風は、貫通穴で折り返して第二内部空間に渡され、第二インバータ開口から流出する。あるいは、第二インバータ開口から第二内部空間に流入した冷却風は、貫通穴で折り返して第一内部空間に渡され、第一インバータ開口から流出する。このように、第一内部空間、貫通穴、および第二内部空間は、第一インバータ開口から貫通穴を経由して第二インバータ開口へと折り返す冷却風の流路を形成する。このような折り返し流路が形成される場合、一つの送風源を用いて第一内部空間および第二内部空間の両方に冷却風を送ることができる。従って、上記のインバータ装置では、第一内部空間および第二内部空間の両方に冷却風を送るために複数の送風源を用意しなくても、第一内部空間に配置された回路モジュール、および第二内部空間に配置された放熱部材の両方を十分に冷却できるので、十分な冷却性能を発揮しつつ、装置全体を小型にできる。さらに、上記のインバータ装置では、回路モジュールに含まれる電力ケーブルが、貫通穴を通して第一内部空間から第二内部空間に引き出されている。この場合、インバータ筐体の内部の発熱源の一つである電力ケーブルを冷却風によって効果的に冷却できるので、冷却性能をさらに向上できる。このように、上記のインバータ装置によれば、冷却性能の向上と小型化とを両立できる。

10

【 0 0 0 9 】

いくつかの態様において、電力ケーブルは、基板から第一方向に沿って延びる第一延在部と、第一方向に交差する第二方向に沿って延び、貫通穴を通過して第一内部空間から第二内部空間に引き出される第二延在部と、第一延在部と第二延在部との間に配置され、第一延在部と第二延在部とを繋ぐように屈曲する屈曲部と、を含んでもよい。この場合、冷却風が流れる流路に沿うように電力ケーブルを配置できるので、冷却風によって電力ケーブルをより効果的にこれにより、冷却性能をさらに向上できる。

20

【 0 0 1 0 】

いくつかの態様において、インバータ筐体は、貫通穴から第二内部空間に引き出された電力ケーブルが通過するケーブル挿入口を含み、ケーブル挿入口は、第二インバータ開口とは異なる位置に形成されていてもよい。この場合、電力ケーブルが接続される接続対象物に対して、極力最短経路を辿るように電力ケーブルを這わせることができるので、電力ケーブルが第二インバータ開口から引き出される場合と比べて、電力ケーブルが必要以上に長くなることを回避できる。

【 0 0 1 1 】

30

いくつかの態様において、第二内部空間は、隔壁と、隔壁に交差する第二方向において隔壁に対して隙間を空けて対向する側壁と、に囲まれた空間であり、側壁は、第二インバータ開口が開く第一側壁部と、ケーブル挿入口が開く第二側壁部と、を含み、第一側壁部は、第二側壁部に対して、隔壁から離れる方向に窪む段差を形成していてもよい。この場合、隔壁と第一側壁部との間に冷却風の流動スペースを確保して、そのスペースに放熱部材を配置できるので、冷却性能を向上できる。

【 0 0 1 2 】

いくつかの態様において、第二インバータ開口の断面積は、ケーブル挿入口の断面積よりも大きくてもよい。この場合、第二インバータ開口を流れる冷却風の流量を十分に確保して、冷却性能の向上を図ることができる。

40

【 0 0 1 3 】

本開示の一形態に係る回転機械は、上述したいずれかのインバータ装置と、インバータ装置から駆動電力が供給されるモータ装置と、を備え、モータ装置は、電力ケーブルと電氣的に接続され、電力ケーブルから供給される駆動電力を受けてシャフトを回転可能なモータと、シャフトに取り付けられた冷却ファンと、モータおよび冷却ファンを収容するモータ筐体と、を含み、モータ筐体の内部は、第二インバータ開口を通じて第二内部空間に繋がっており、冷却ファンは、シャフトとともに回転することによって、第一インバータ開口または第二インバータ開口に冷却風を流入させる。

【 0 0 1 4 】

この回転機械は、上述したいずれかのインバータ装置を備えるので、上述した効果を得

50

ることができる。さらに、この回転機械では、モータ筐体に収容された冷却ファンが、第一インバータ開口または第二インバータ開口に冷却風を流入させる送風源として用いられている。つまり、モータ筐体の内部のモータを冷却するための送風源と、インバータ筐体の内部の回路モジュールを冷却するための送風源と、が共通化されている。この場合、モータを冷却するための送風源と、回路モジュールを冷却するための送風源と、が個別に設けられる場合と比べて、装置全体をより小型にできる。

【0015】

いくつかの態様において、インバータ筐体は、モータ筐体に対して、第一方向に交差する第二方向に接続され、シャフトは、第一方向に沿って延びており、モータ筐体は、冷却風とは異なる別の冷却風が流入または流出可能な第一モータ開口と、別の冷却風が流入または流出可能な第二モータ開口と、を更に含み、第二方向に沿って見た場合に、第二インバータ開口は、第一モータ開口と第二モータ開口との第一方向の間に配置され、モータの少なくとも一部は、第一モータ開口と第二インバータ開口との第一方向の間に配置されていてもよい。この場合、冷却ファンの回転に伴って、第一インバータ開口から流入した冷却風は、回路モジュールおよび放熱部材を通して第二インバータ開口からモータ筐体の内部に流れる。また、冷却ファンの回転に伴って、第一モータ開口から流入した別の冷却風は、モータを通った後に、第二インバータ開口においてインバータ筐体からの冷却風に合流し、その冷却風とともに第二モータ開口からモータ筐体の外部に排出される。あるいは、冷却ファンの回転に伴って、第二モータ開口から流入した冷却風は、第二インバータ開口において、モータ筐体の内部のモータを通る冷却風と、インバータ筐体の内部の回路モジュールおよび放熱部材を通る冷却風とに分岐し、それぞれの冷却風が第一モータ開口および第一インバータ開口から流出する。このように、第二インバータ開口において冷却風が合流または分岐する構成とすれば、回転機械の内部の主な発熱源と熱交換する前の低温の冷却風によって、インバータ筐体の内部の主な発熱源と、モータ筐体の内部の主な発熱源と、を効率良く冷却できる。この場合、例えば、インバータ筐体の内部の発熱源と熱交換した後の冷却風を、そのままモータ筐体の内部の発熱源の冷却に用いる場合と比べて、回転機械の内部の発熱源をより効率的に冷却できる。従って、上記の構成によれば、冷却性能のさらなる向上を図ることができる。

【発明の効果】

【0016】

本開示のいくつかの態様によれば、冷却性能の向上と小型化とを両立できるインバータ装置および回転機械が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、一実施形態に係る回転機械を示す断面図である。

【図2】図2は、図1の回転機械が備えるインバータ装置を示す断面図である。

【図3】図3は、変形例に係る回転機械を示す断面図である。

【図4】図4(a)は、比較例1に係る回転機械を示す断面図である。図4(b)は、比較例2に係る回転機械を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら説明する。図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【0019】

本実施形態では、回転機械の一例として、遠心送風機1を説明する。遠心送風機1は、例えば、空気を吸い込み所定の圧力で送り出す空冷式の電動ブロアである。遠心送風機1は、インペラが取り付けられたシャフト2を回転させるモータ装置10と、モータ装置10に駆動電力を供給するインバータ装置30と、を備える。モータ装置10とインバータ装置30とは一体化されており、互いに電氣的に接続されている。

【0020】

[モータ装置]

モータ装置 10 は、モータ 11 と、冷却ファン 13 と、モータ 11 および冷却ファン 13 を収容するモータ筐体 15 と、を備える。

【 0021 】

[モータ]

モータ 11 は、例えばブラシレスの交流モータである。モータ 11 は、シャフト 2 に固定されたロータ 11a と、ロータ 11a を取り囲むステータ 11b と、を含む。ロータ 11a は、一または複数のマグネットを含む。ロータ 11a は、シャフト 2 と共に回転軸線 C の周りに回転可能である。回転軸線 C は、シャフト 2 の回転中心を結ぶ軸線である。ステータ 11b は、複数のコイルおよび鉄心を有する。ステータ 11b は、ロータ 11a に対して隙間を空けて対面している。ステータ 11b は、シャフト 2 の周りに磁場を生じさせることによって、ロータ 11a を回転させる。

10

【 0022 】

[冷却ファン]

冷却ファン 13 は、回転軸線 C が延びる軸方向 D1（第一方向）におけるシャフト 2 の第一端部 2a に取り付けられており、シャフト 2 とともに回転軸線 C の周りに回転する。冷却ファン 13 は、例えば、その中心部から吸入した空気を、回転軸線 C から離れる方向に排気する遠心ファンである。第一端部 2a とは反対側に位置するシャフト 2 の第二端部 2b は、軸受 14 によって回転可能に支持されている。冷却ファン 13 と軸受 14 との間のシャフト 2 の中央部に、モータ 11 が配置されている。冷却ファン 13 は、モータ 11 に対して隙間を空けて軸方向 D1 に隣り合っている。軸受 14 は、モータ 11 を挟んで冷却ファン 13 とは反対側の位置に配置され、モータ 11 に対して隙間を空けて軸方向 D1 に隣り合っている。

20

【 0023 】

[モータ筐体]

モータ筐体 15 は、回転軸線 C を中心として軸方向 D1 に沿って延びる円筒状の側壁 16 と、軸方向 D1 における側壁 16 の第一端を塞ぐ第一端壁 17 と、軸方向 D1 における側壁 16 の第二端を塞ぐ第二端壁 18 と、を含む。側壁 16、第一端壁 17、および第二端壁 18 は、モータ 11 および冷却ファン 13 を収容する内部空間を形成する。モータ筐体 15 の内部空間は、モータ 11 が収容されるモータ空間 V11 と、冷却ファン 13 が収容されるファン空間 V13 と、を有する。

30

【 0024 】

モータ空間 V11 とファン空間 V13 とは、モータ筐体 15 の内部において軸方向 D1 に垂直な垂直方向 D2（第二方向）に沿って延びる仕切壁 19 によって仕切られており、仕切壁 19 を挟んで軸方向 D1 に隣り合っている。仕切壁 19 は、モータ空間 V11 とファン空間 V13 とを繋ぐ挿入穴 19a を含む。挿入穴 19a には、シャフト 2 が挿入されている。挿入穴 19a の内径は、シャフト 2 よりも大きい。挿入穴 19a は、シャフト 2 が挿入された状態において、モータ空間 V11 とファン空間 V13 との間で空気を通過させる。挿入穴 19a は、冷却ファン 13 と軸方向 D1 に対向している。

【 0025 】

40

第一端壁 17 は、冷却ファン 13 と軸方向 D1 に対向する位置に配置されている。第一端壁 17 は、シャフト 2 の第一端部 2a が通過する挿入穴 19a を含む。挿入穴 19a からモータ筐体 15 の外部に延び出すシャフト 2 の第一端の近くには、図示しないインペラが取り付けられている。第二端壁 18 は、軸受 14 と軸方向 D1 に対向する位置に配置されている。第二端壁 18 は、外部の空気を冷却風として取り込む吸気口 A11（第一モータ開口）を含む。吸気口 A11 は、例えば、第二端壁 18 の全体にわたって形成されている。吸気口 A11 には、防塵用のエアフィルタ 18a が設けられている。エアフィルタ 18a は、例えば、吸気口 A11 の全体を覆っている。エアフィルタ 18a は、塵埃を捕捉しながら外部の空気を吸気口 A11 に通過させる。第二端壁 18 には、エアフィルタ 18a を保持する保持部が設けられてもよい。

50

【 0 0 2 6 】

側壁 1 6 は、側壁部 1 6 a と、側壁部 1 6 b (第一側壁部) と、側壁部 1 6 c (第二側壁部) と、を含む。側壁部 1 6 a は、側壁 1 6 のうち、軸方向 D 1 における第一端壁 1 7 と仕切壁 1 9 との間に位置する部分である。側壁部 1 6 b は、側壁 1 6 のうち、軸方向 D 1 における仕切壁 1 9 と軸受 1 4 との間に位置する部分である。側壁部 1 6 c は、側壁 1 6 のうち、軸方向 D 1 における軸受 1 4 と第二端壁 1 8 との間に位置する部分である。側壁部 1 6 b、側壁部 1 6 c、第二端壁 1 8、および仕切壁 1 9 は、モータ空間 V 1 1 を形成する。側壁部 1 6 a、第一端壁 1 7、および仕切壁 1 9 は、ファン空間 V 1 3 を形成する。

【 0 0 2 7 】

側壁部 1 6 a は、側壁部 1 6 b に対して回転軸線 C から離れる方向に突出しており、側壁部 1 6 a に対して段差を形成している。側壁部 1 6 b に対する側壁部 1 6 a の段差部には、排気口 A 1 2 (第二モータ開口) が形成されている。排気口 A 1 2 は、吸気口 A 1 1 から流入した冷却風を排出する。排気口 A 1 2 には、上述したエアフィルタ 1 6 d と同様の機能を有するエアフィルタ 1 6 d が設けられている。側壁部 1 6 b は、インバータ装置 3 0 の内部に繋がる排気口 A 2 2 (第二インバータ開口) を含む。側壁部 1 6 c は、側壁部 1 6 b に対して回転軸線 C から離れる方向に突出する段差を形成している。側壁部 1 6 c は、後述する電力ケーブル 4 9 が通過可能なケーブル挿入口 1 6 e を含む。

【 0 0 2 8 】

排気口 A 2 2 は、吸気口 A 1 1 と排気口 A 1 2 との間の冷却風 G 1 の流路の途中に接続されている。垂直方向 D 2 に沿って見たときに、排気口 A 2 2 は、吸気口 A 1 1 と排気口 A 1 2 との軸方向 D 1 の間に配置されている。モータ 1 1 および軸受 1 4 は、吸気口 A 1 1 と排気口 A 1 2 との間の冷却風 G 1 の流路に配置されている。より具体的には、モータ 1 1 および軸受 1 4 は、排気口 A 2 2 と排気口 A 1 2 との間の冷却風 G 1 の流路に配置されている。垂直方向 D 2 に沿って見たときに、モータ 1 1 および軸受 1 4 は、排気口 A 2 2 と排気口 A 1 2 との軸方向 D 1 の間に配置されている。本実施形態では、モータ 1 1 の全体が排気口 A 2 2 と排気口 A 1 2 との間に配置されているが、モータ 1 1 の一部のみが排気口 A 2 2 と排気口 A 1 2 との間に配置されていてもよい。

【 0 0 2 9 】

[インバータ装置]

インバータ装置 3 0 は、モータ装置 1 0 と垂直方向 D 2 に並んでいる。インバータ装置 3 0 は、回路モジュール 3 1 と、回路モジュール 3 1 を冷却するための放熱部材 3 3 と、回路モジュール 3 1 および放熱部材 3 3 を収容するインバータ筐体 3 5 と、を備える。

【 0 0 3 0 】

[回路モジュール]

回路モジュール 3 1 は、パワー半導体素子 4 1 (機能素子) と、主回路基板 4 3 (基板) と、接続基板 4 5 と、電力ケーブル 4 7 と、電力ケーブル 4 9 と、を含む。回路モジュール 3 1 は、複数のパワー半導体素子 4 1 を含んでもよい。

【 0 0 3 1 】

パワー半導体素子 4 1 は、外部からの電気信号を受けて所望の電気的な機能を発揮する。パワー半導体素子 4 1 は、インバータ筐体 3 5 の内部の隔壁 5 1 の表面 5 1 a に設置され、所望の機能を発揮する電気回路を形成するように主回路基板 4 3 の裏面 4 3 b に接続されている。パワー半導体素子 4 1 は、隔壁 5 1 の表面 5 1 a に接している。パワー半導体素子 4 1 は、例えば、トランジスタまたはダイオードである。図 1 に示されるパワー半導体素子 4 1 は、電界効果トランジスタに金属酸化膜半導体を組み合わせた、いわゆる M O S F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) である。M O S F E T は、ゲートとソースとの間の電圧を制御することによって、ソースとドレインとの間を流れる電流を制御する。つまり、M O S F E T は、スイッチング素子である。パワー半導体素子 4 1 は、遠心送風機 1 の運転中において大きな熱を発生する主な発熱源である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

主回路基板 4 3 は、例えば、大電流が流されるパワー基板である。主回路基板 4 3 は、隔壁 5 1 の表面に対して垂直方向 D 2 に隙間を空けた状態で、ボルト等によって隔壁 5 1 の表面 5 1 a に固定されている。主回路基板 4 3 の裏面 4 3 b は、パワー半導体素子 4 1 を挟んで隔壁 5 1 の表面 5 1 a と垂直方向 D 2 に対面している。従って、パワー半導体素子 4 1 は、主回路基板 4 3 の裏面 4 3 b と隔壁 5 1 の表面 5 1 a との間に配置されている。パワー半導体素子 4 1 は、例えば、隔壁 5 1 の表面 5 1 a に接しており、主回路基板 4 3 の裏面 4 3 b からは離れている。パワー半導体素子 4 1 は、放熱シート等の伝熱部材を介して、隔壁 5 1 の表面 5 1 a に接していてもよい。主回路基板 4 3 は、接続線 4 2 を介してパワー半導体素子 4 1 と電気的に接続されている。接続基板 4 5 は、主回路基板 4 3 の表面 4 3 a に対して垂直方向 D 2 に隙間を空けた状態で、インバータ筐体 3 5 に固定されている。接続基板 4 5 は、主回路基板 4 3 と電気的に接続されている。

10

【 0 0 3 3 】

電力ケーブル 4 7 は、接続基板 4 5 に接続されている。電力ケーブル 4 7 は、接続基板 4 5 および主回路基板 4 3 を介してパワー半導体素子 4 1 に電気的に接続されている。電力ケーブル 4 7 は、接続基板 4 5 から軸方向 D 1 に延びてインバータ筐体 3 5 の外部に引き出され、外部の電源に接続されている。電力ケーブル 4 7 は、外部の電源から供給される電力を、接続基板 4 5 および主回路基板 4 3 を介してパワー半導体素子 4 1 に供給する。電力ケーブル 4 9 は、主回路基板 4 3 の表面 4 3 a に接続されている。電力ケーブル 4 9 は、主回路基板 4 3 を介してパワー半導体素子 4 1 に電気的に接続されている。電力ケーブル 4 9 は、パワー半導体素子 4 1 から供給される電力を伝送する。電力ケーブル 4 9 は、主回路基板 4 3 から延びてインバータ筐体 3 5 の外部に引き出され、モータ装置 1 0 に接続されている。電力ケーブル 4 9 は、パワー半導体素子 4 1 からの電力をモータ装置 1 0 に供給する。

20

【 0 0 3 4 】

このように、電力ケーブル 4 7、接続基板 4 5、主回路基板 4 3、および電力ケーブル 4 9 は、パワー半導体素子 4 1 と直接的または間接的に接続され、大電力を伝送する経路を形成する。そのため、電力ケーブル 4 7、接続基板 4 5、主回路基板 4 3、および電力ケーブル 4 9 も、遠心送風機 1 の運転中において大きな熱を発生する主な発熱源である。

【 0 0 3 5 】

[放熱部材]

放熱部材 3 3 は、パワー半導体素子 4 1 が発生した熱を放出する。放熱部材 3 3 は、例えば、複数のフィンを有するヒートシンクである。放熱部材 3 3 は、放熱機能を有する他の部材であってもよい。放熱部材 3 3 は、インバータ筐体 3 5 の内部の隔壁 5 1 の裏面 5 1 b に設置されている。放熱部材 3 3 は、隔壁 5 1 の裏面 5 1 b に接している。放熱部材 3 3 は、放熱シート等の伝熱部材を介して、隔壁 5 1 の裏面 5 1 b に接していてもよい。放熱部材 3 3 は、隔壁 5 1 を挟んでパワー半導体素子 4 1 と垂直方向 D 2 に対向する位置に配置されている。つまり、放熱部材 3 3 は、パワー半導体素子 4 1 と垂直方向 D 2 に重なる位置に配置されている。放熱部材 3 3 は、隔壁 5 1 を介してパワー半導体素子 4 1 と熱的に接続されている。

30

40

【 0 0 3 6 】

[インバータ筐体]

インバータ筐体 3 5 は、モータ筐体 1 5 と垂直方向 D 2 に隣り合っており、モータ筐体 1 5 に対して垂直方向 D 2 に接続されている。インバータ筐体 3 5 は、垂直方向 D 2 において側壁 1 6 に対してモータ装置 1 0 とは反対側に配置される天壁 3 6 と、軸方向 D 1 における天壁 3 6 の第一端に配置される第一端壁 3 7 と、軸方向 D 1 における天壁 3 6 の第二端に配置される第二端壁 3 8 と、を含む。さらに、インバータ筐体 3 5 は、モータ筐体 1 5 の側壁 1 6 を共有する。側壁 1 6 は、インバータ筐体 3 5 の底壁として機能する。側壁 1 6 は、天壁 3 6、第一端壁 3 7、および第二端壁 3 8 とともに、インバータ筐体 3 5 を構成する。

50

【 0 0 3 7 】

側壁 1 6、天壁 3 6、第一端壁 3 7、および第二端壁 3 8 は、回路モジュール 3 1 および放熱部材 3 3 を収容する内部空間を形成する。インバータ筐体 3 5 の内部空間は、回路モジュール 3 1 を収容するインバータ空間 V 3 1 (第 1 内部空間)と、放熱部材 3 3 を収容する放熱空間 V 3 3 (第 2 内部空間)と、を有する。インバータ空間 V 3 1 と放熱空間 V 3 3 とは、モータ筐体 1 5 の内部において軸方向 D 1 に沿って延びる隔壁 5 1 によって隔てられており、隔壁 5 1 を挟んで垂直方向 D 2 に隣り合っている。隔壁 5 1 は、側壁 1 6 と天壁 3 6 との間に配置されている。隔壁 5 1 は、側壁 1 6 と垂直方向 D 2 に対面する裏面 5 1 b と、側壁 1 6 とは反対側を向く表面 5 1 a と、を含む。さらに、隔壁 5 1 は、表面 5 1 a から裏面 5 1 b まで垂直方向 D 2 に貫通する貫通穴 A 2 3 を含む。貫通穴 A 2 3 は、インバータ空間 V 3 1 と放熱空間 V 3 3 とを繋いでいる。

10

【 0 0 3 8 】

第一端壁 3 7 は、第一端壁部 3 7 a と、第二端壁部 3 7 b と、を含む。第一端壁部 3 7 a は、第一端壁 3 7 のうち、垂直方向 D 2 における天壁 3 6 と隔壁 5 1 との間に位置する部分である。第二端壁部 3 7 b は、第一端壁 3 7 のうち、垂直方向 D 2 における隔壁 5 1 と側壁 1 6 との間に位置する部分である。第二端壁部 3 7 b は、第一端壁部 3 7 a に対して軸方向 D 1 の第二端壁 3 8 側に窪む段差を形成している。第二端壁部 3 7 b は、第一端壁部 3 7 a から垂直方向 D 2 に延びて、側壁 1 6 の側壁部 1 6 b に接続されている。第二端壁部 3 7 b は、モータ筐体 1 5 の排気口 A 1 2 に対して隙間を空けて軸方向 D 1 に対向している。第二端壁 3 8 は、天壁 3 6 から垂直方向 D 2 に延びて側壁 1 6 の側壁部 1 6 c

20

【 0 0 3 9 】

天壁 3 6、第一端壁部 3 7 a、第二端壁 3 8、および隔壁 5 1 は、インバータ空間 V 3 1 を形成する。側壁 1 6、第二端壁部 3 7 b、第二端壁 3 8、および隔壁 5 1 は、放熱空間 V 3 3 を形成する。電力ケーブル 4 7 は、軸方向 D 1 において第二端壁 3 8 よりも第一端壁 3 7 に近い位置に配置され、電力ケーブル 4 9 は、軸方向 D 1 において第一端壁 3 7 よりも第二端壁 3 8 に近い位置に配置されている。パワー半導体素子 4 1 は、軸方向 D 1 において第一端壁 3 7 と第二端壁 3 8 との間の中央部に配置されている。

【 0 0 4 0 】

第一端壁部 3 7 a は、外部の空気を冷却風 G 2 として取り込む吸気口 A 2 1 (第一インバータ開口)を含む。吸気口 A 2 1 は、例えば、第一端壁部 3 7 a の一部に形成されている。吸気口 A 2 1 には、防塵用のエアフィルタ 3 7 c が設けられている。エアフィルタ 3 7 c は、例えば、吸気口 A 2 1 の少なくとも一部を覆っている。エアフィルタ 3 7 c は、上述したエアフィルタ 1 8 b と同様の機能を有する。吸気口 A 2 1 からは、電力ケーブル 4 7 が引き出されている。そのため、エアフィルタ 3 7 c は、吸気口 A 2 1 のうち電力ケーブル 4 7 が通過する部分を除く他の部分を覆っている。吸気口 A 2 1 からインバータ筐体 3 5 の外側へ引き出された電力ケーブル 4 7 は、外部の電源に接続されている。側壁 1 6 の側壁部 1 6 b は、上述したように、排気口 A 2 2 を含む。排気口 A 2 2 は、吸気口 A 2 1 から吸入された冷却風 G 2 を排出する。排気口 A 2 2 は、例えば、第二端壁部 3 7 b と軸方向 D 1 に隣り合う位置に形成されている。

30

40

【 0 0 4 1 】

図 2 に示されるように、インバータ空間 V 3 1 と放熱空間 V 3 3 とを繋ぐ貫通穴 A 2 3 は、軸方向 D 1 におけるパワー半導体素子 4 1 の位置 P を基準にして、吸気口 A 2 1 および排気口 A 2 2 が位置する領域 R 1 とは反対側の領域 R 2 に位置している。パワー半導体素子 4 1 の位置 P とは、例えば、軸方向 D 1 におけるパワー半導体素子 4 1 の中心の位置である。領域 R 1 は、インバータ筐体 3 5 のうち、軸方向 D 1 における第一端壁 3 7 から位置 P までの領域である。領域 R 2 は、インバータ筐体 3 5 のうち、軸方向 D 1 における第二端壁 3 8 から位置 P までのインバータ筐体 3 5 の領域である。貫通穴 A 2 3 は、例えば、領域 R 2 において主回路基板 4 3 から軸方向 D 1 に離れた位置に形成されている。一例では、貫通穴 A 2 3 は、第二端壁 3 8 に隣り合う位置に形成されている。貫通穴 A 2 3

50

は、垂直方向 D 2 に沿って見た場合に、軸方向 D 1 における主回路基板 4 3 と第二端壁 3 8 との間に配置されている。

【 0 0 4 2 】

貫通穴 A 2 3 は、例えば、隔壁 5 1 を垂直方向 D 2 に貫通する円形の穴である。貫通穴 A 2 3 には、主回路基板 4 3 から延びる電力ケーブル 4 9 が挿入されている。貫通穴 A 2 3 の内径は、電力ケーブル 4 9 の外径よりも大きい。つまり、貫通穴 A 2 3 の断面積は、電力ケーブル 4 9 の断面積よりも大きい。貫通穴 A 2 3 は、電力ケーブル 4 9 が挿入された状態において、インバータ空間 V 3 1 と放熱空間 V 3 3 との間に空気（冷却風 G 2 ）を通過させる。貫通穴 A 2 3 の断面積は、貫通穴 A 2 3 が延びる垂直方向 D 2 に直交する平面での貫通穴 A 2 3 の面積を意味する。電力ケーブル 4 9 の断面積は、垂直方向 D 2 に直交する平面での電力ケーブル 4 9 の面積を意味する。

10

【 0 0 4 3 】

電力ケーブル 4 9 は、主回路基板 4 3 に接続された第一延在部 4 9 a と、貫通穴 A 2 3 を通る第二延在部 4 9 b と、第一延在部 4 9 a と第二延在部 4 9 b との間に配置された屈曲部 4 9 c と、を含む。第一延在部 4 9 a は、主回路基板 4 3 から第二端壁 3 8 に向かって軸方向 D 1 に沿って延びている。第二延在部 4 9 b は、主回路基板 4 3 から第二端壁 3 8 側へ軸方向 D 1 に離れた位置において垂直方向 D 2 に沿って延びている。屈曲部 4 9 c は、屈曲しながら第一延在部 4 9 a と第二延在部 4 9 b とを接続している。

【 0 0 4 4 】

貫通穴 A 2 3 から放熱空間 V 3 3 に引き出された電力ケーブル 4 9 は、側壁部 1 6 c に形成されたケーブル挿入口 1 6 e から、インバータ筐体 3 5 の外部に引き出されている。ケーブル挿入口 1 6 e は、パワー半導体素子 4 1 の位置 P を挟んで、排気口 A 2 2 が位置する領域 R 1 とは反対側の領域 R 2 に位置している。ケーブル挿入口 1 6 e は、例えば、貫通穴 A 2 3 と垂直方向 D 2 に対向する位置に形成されている。つまり、ケーブル挿入口 1 6 e は、貫通穴 A 2 3 と垂直方向 D 2 に重なるように配置されている。ケーブル挿入口 1 6 e が貫通穴 A 2 3 と垂直方向 D 2 に重なるとは、垂直方向 D 2 に沿って見たときに、ケーブル挿入口 1 6 e の少なくとも一部が、貫通穴 A 2 3 の少なくとも一部と重複していることを意味する。

20

【 0 0 4 5 】

ケーブル挿入口 1 6 e は、例えば、電力ケーブル 4 9 が通過可能な円形の穴である。ケーブル挿入口 1 6 e の断面積は、電力ケーブル 4 9 の断面積と同一である。ケーブル挿入口 1 6 e の断面積は、電力ケーブル 4 9 と冷却風 G 2 とが通過する貫通穴 A 2 3 の断面積よりも小さい。また、ケーブル挿入口 1 6 e の断面積は、例えば、排気口 A 2 2 の断面積よりも小さい。ケーブル挿入口 1 6 e が形成される側壁部 1 6 c は、上述したように、排気口 A 2 2 が形成される側壁部 1 6 b に対して、隔壁 5 1 に近づく方向に突出する段差を形成している。言い換えると、側壁部 1 6 b は、側壁部 1 6 c に対して、隔壁 5 1 から離れる方向に窪む段差を形成している。従って、側壁部 1 6 b と隔壁 5 1 の裏面 5 1 b との垂直方向 D 2 の幅 W 1 は、側壁部 1 6 c と隔壁 5 1 の裏面 5 1 b との垂直方向 D 2 の幅 W 2 よりも大きい。

30

【 0 0 4 6 】

貫通穴 A 2 3 から垂直方向 D 2 に延び出す電力ケーブル 4 9 は、そのまま垂直方向 D 2 に延びてケーブル挿入口 1 6 e を通過する。ケーブル挿入口 1 6 e を通過した電力ケーブル 4 9 は、モータ筐体 1 5 のモータ空間 V 1 1 に引き出され、ステータ 1 1 b に接続される（図 1 参照）。例えば、ケーブル挿入口 1 6 e を通過した電力ケーブル 4 9 は、モータ空間 V 1 1 において軸受 1 4 と吸気口 A 2 1 との間に引き出された後、軸受 1 4 と側壁部 1 6 b の間を通過してステータ 1 1 b に接続される。このように、パワー半導体素子 4 1 は、主回路基板 4 3 および電力ケーブル 4 9 を介して、モータ 1 1 に電氣的に接続されている。モータ 1 1 は、電力ケーブル 4 9 によって伝送された電力を受けて回転軸線 C の周りにシャフト 2 を回転させる。

40

【 0 0 4 7 】

50

〔動作〕

続いて、図 1 を参照して、遠心送風機 1 の動作を説明する。

【0048】

電力ケーブル 4 9 を通じてパワー半導体素子 4 1 からステータ 1 1 b に電力が供給されると、ステータ 1 1 b とロータ 1 1 a との間に回転磁界が生じ、シャフト 2 が回転する。シャフト 2 の回転に伴いインペラが回転すると、インペラを収容するインペラ筐体に主流が吸入される。遠心送風機 1 が吸引のために用いられる場合には、所定の吸引対象物から、空気が吸引される。遠心送風機 1 が送風のために用いられる場合には、インペラ筐体に吸入された主流は、ディフューザおよびスクロールを経て所定の送風対象物に対して送風される。

10

【0049】

遠心送風機 1 の運転中には、シャフト 2 と一緒に冷却ファン 1 3 も回転する。冷却ファン 1 3 が回転すると、排気口 A 1 2 よりモータ筐体 1 5 およびインバータ筐体 3 5 が吸引される。その結果、モータ筐体 1 5 およびインバータ筐体 3 5 が負圧となるので、吸気口 A 1 1 を通じてモータ筐体 1 5 に外気が冷却風 G 1 として吸入され、吸気口 A 2 1 を通じてインバータ筐体 3 5 に外気が冷却風 G 2 として吸入される。

【0050】

吸気口 A 2 1 からインバータ筐体 3 5 のインバータ空間 V 3 1 に吸入された冷却風 G 2 は、電力ケーブル 4 7、主回路基板 4 3、接続基板 4 5、パワー半導体素子 4 1、および電力ケーブル 4 9 に接触する。これにより、回路モジュール 3 1 が冷却される。その後、冷却風 G 2 は、貫通穴 A 2 3 を通って放熱空間 V 3 3 に流れる。これにより、電力ケーブル 4 9 は、貫通穴 A 2 3 においても冷却風 G 2 によって冷却される。放熱空間 V 3 3 に流れた冷却風 G 2 は、放熱部材 3 3 に接触する。これにより、パワー半導体素子 4 1 が放熱部材 3 3 を介して更に冷却される。放熱部材 3 3 を通過した冷却風 G 2 は、排気口 A 2 2 からモータ筐体 1 5 の内部に吸入される。

20

【0051】

インバータ空間 V 3 1 は、吸気口 A 2 1 から貫通穴 A 2 3 まで軸方向 D 1 に沿って延びる空間である。インバータ空間 V 3 1 は、吸気口 A 2 1 から吸入した冷却風 G 2 を貫通穴 A 2 3 に通過させる第一冷却流路として機能する。貫通穴 A 2 3 は、インバータ空間 V 3 1 と放熱空間 V 3 3 との間を垂直方向 D 2 に沿って延びる空間である。貫通穴 A 2 3 は、インバータ空間 V 3 1 を流れる冷却風 G 2 を放熱空間 V 3 3 に受け渡す第二冷却流路として機能する。放熱空間 V 3 3 は、貫通穴 A 2 3 から排気口 A 2 2 まで軸方向 D 1 に沿って延びる空間である。貫通穴 A 2 3 は、貫通穴 A 2 3 を通過した冷却風 G 2 を排気口 A 2 2 から排出させる第三冷却流路として機能する。インバータ空間 V 3 1、貫通穴 A 2 3、および放熱空間 V 3 3 は、吸気口 A 2 1 から貫通穴 A 2 3 を経由して排気口 A 2 2 へと折り返す流路を形成する。

30

【0052】

吸気口 A 1 1 からモータ筐体 1 5 のモータ空間 V 1 1 に吸入された冷却風 G 1 は、電力ケーブル 4 9、軸受 1 4、およびモータ 1 1 に接触する。これにより、電力ケーブル 4 9、軸受 1 4、およびモータ 1 1 が冷却される。軸受 1 4 を通過した冷却風 G 1 は、ステータ 1 1 b とロータ 1 1 a との間を流れて、インバータ筐体 3 5 の内部に繋がる排気口 A 2 2 に到達する。冷却風 G 1 は、排気口 A 2 2 において、インバータ筐体 3 5 から排出される冷却風 G 2 と合流する。合流した冷却風 G 3 は、冷却ファン 1 3 が取り付けられるシャフト 2 に向かって流れ、仕切壁 1 9 に形成された挿入穴 1 9 a を通ってファン空間 V 1 3 に流れる。ファン空間 V 1 3 に流れた冷却風 G 3 は、冷却ファン 1 3 によって回転軸線 C から離れる方向に流され、排気口 A 1 2 を通じてモータ筐体 1 5 の外部に排出される。

40

【0053】

モータ空間 V 1 1 は、吸気口 A 1 1 から仕切壁 1 9 まで軸方向 D 1 に沿って延びる空間である。モータ空間 V 1 1 は、吸気口 A 1 1 から吸入した冷却風 G 1 を排気口 A 2 2 に到達させる第四冷却流路として機能する。さらに、モータ空間 V 1 1 は、吸気口 A 1 1 から

50

吸入した冷却風 G 1 を、排気口 A 2 2 においてインバータ筐体 3 5 からの冷却風 G 2 と合流させて、冷却ファン 1 3 を通過させる第五冷却流路として機能する。ファン空間 V 1 3 は、冷却ファン 1 3 を通過した冷却風 G 3 を排気口 A 1 2 から排出させる第六冷却流路として機能する。

【 0 0 5 4 】

遠心送風機 1 の運用中には、モータ 1 1 および軸受 1 4 等も発熱源として発熱するが、モータ 1 1 および軸受 1 4 は、モータ空間 V 1 1 を流れる冷却風 G 1 によって冷却される。また、上述したように、インバータ装置 3 0 では、パワー半導体素子 4 1、電力ケーブル 4 7、接続基板 4 5、主回路基板 4 3、および電力ケーブル 4 9 が発熱源となるが、これらは冷却風 G 2 によって冷却される。また、パワー半導体素子 4 1 は、放熱部材 3 3 を介して冷却風 G 2 によってさらに冷却される。従って、本実施形態では、上述した発熱源のすべてが、直接または間接的に冷却されている。

【 0 0 5 5 】

< 効果 >

以上に説明したインバータ装置 3 0 および遠心送風機 1 によって得られる効果を、比較例が有する課題と共に説明する。

【 0 0 5 6 】

図 4 (a) に示されるインバータ装置 1 3 0 は、パワー半導体素子 1 4 1、基板 1 4 3、電力ケーブル 1 4 7、および電力ケーブル 1 4 9 を含む回路モジュール 1 3 1 と、パワー半導体素子 1 4 1 と熱的に接続された放熱部材 1 3 3 と、回路モジュール 1 3 1 および放熱部材 1 3 3 を収容するインバータ筐体 1 3 5 と、を備える。インバータ筐体 1 3 5 の内部空間は、回路モジュール 1 3 1 が収容されるインバータ空間 V 1 3 1 と、放熱部材 1 3 3 が収容される放熱空間 V 1 3 3 とに仕切られている。インバータ筐体 1 3 5 は、放熱空間 V 1 3 3 に繋がる吸気口 A 1 2 1 と、吸気口 A 1 2 1 とは反対側において放熱空間 V 1 3 3 に繋がる排気口 A 1 2 2 と、を含む。吸気口 A 1 2 1 には、放熱空間 V 1 3 3 に冷却風 G 1 0 1 を送る冷却ファン 1 1 3 が設置されている。この場合、冷却風 G 1 0 1 が放熱部材 1 3 3 に接触することによって、放熱部材 1 3 3 を介してパワー半導体素子 1 4 1 を冷却できる。しかし、インバータ装置 1 3 0 では、パワー半導体素子 1 4 1 の発熱に応じて大きな発熱を生じ得る基板 1 4 3 および電力ケーブル 1 4 7、1 4 9 等の他の部材を十分に冷却することは難しい。

【 0 0 5 7 】

図 4 (b) に示されるインバータ装置 2 3 0 は、インバータ装置 1 3 0 のインバータ筐体 1 3 5 に代えて、インバータ筐体 2 3 5 を備える。インバータ筐体 2 3 5 は、吸気口 A 1 2 1 および排気口 A 1 2 2 に加えて、インバータ空間 V 1 3 1 に繋がる吸気口 A 2 2 1 と、吸気口 A 2 2 1 とは反対側においてインバータ空間 V 1 3 1 に繋がる排気口 S 2 2 2 と、を含む。さらに、吸気口 A 2 2 1 には、インバータ空間 V 1 3 1 に冷却風 G 2 0 1 を送る冷却ファン 2 1 3 が設置されている。つまり、インバータ装置 2 3 0 では、放熱空間 V 1 3 3 に冷却風 G 1 0 1 を送る冷却ファン 1 1 3 に加えて、インバータ空間 V 1 3 1 に冷却風 G 2 0 1 を送る別の冷却ファン 2 1 3 が更に設置されている。この場合、パワー半導体素子 1 4 1 を含めて、基板 1 4 3 および電力ケーブル 1 4 7、1 4 9 等の他の部材を直接的に冷却できる。しかし、このように複数の冷却ファン 1 1 3、2 1 3 を設置すると、装置全体が大型化するおそれがある。

【 0 0 5 8 】

これに対し、本実施形態に係るインバータ装置 3 0 では、吸気口 A 2 1 に繋がるインバータ空間 V 3 1 と、排気口 A 2 2 に繋がる放熱空間 V 3 3 とを隔てる隔壁 5 1 が、インバータ空間 V 3 1 と放熱空間 V 3 3 とを繋ぐ貫通穴 A 2 3 を含む。貫通穴 A 2 3 は、軸方向 D 1 におけるパワー半導体素子 4 1 を挟んで、吸気口 A 2 1 および排気口 A 2 2 が配置される領域 R 1 とは反対側の領域 R 2 に配置されている。そのため、吸気口 A 2 1 からインバータ空間 V 3 1 に流入した冷却風 G 2 は、貫通穴 A 2 3 で折り返して放熱空間 V 3 3 に渡され、排気口 A 2 2 から流出する。このように、インバータ空間 V 3 1、貫通穴 A 2 3

、および放熱空間V 3 3は、吸気口A 2 1から貫通穴A 2 3を経由して排気口A 2 2へと折り返す冷却風G 2の流路を形成する。このような折り返し流路が形成される場合、一つの送風源を用いて、インバータ空間V 3 1および放熱空間V 3 3の両方に冷却風G 2を送ることができる。従って、インバータ装置3 0では、インバータ空間V 3 1および放熱空間V 3 3の両方に冷却風G 2を送るために複数の冷却ファンを用意しなくても、インバータ空間V 3 1に配置された回路モジュール3 1、および放熱空間V 3 3に配置された放熱部材3 3の両方を十分に冷却できるので、十分な冷却性能を発揮しつつ、装置全体を小型にできる。さらに、インバータ装置3 0では、回路モジュール3 1に含まれる電力ケーブル4 9が、貫通穴A 2 3を通してインバータ空間V 3 1から放熱空間V 3 3に引き出されている。この場合、発熱源の一つである電力ケーブル4 9を効果的に冷却できるので、冷却性能をさらに向上できる。このように、本実施形態に係るインバータ装置3 0によれば、冷却性能の向上と小型化とを両立できる。

10

【0059】

本実施形態のように、電力ケーブル4 9は、主回路基板4 3から軸方向D 1に沿って延びる第一延在部4 9 aと、軸方向D 1に交差する垂直方向D 2に沿って延び、貫通穴A 2 3を通過してインバータ空間V 3 1から放熱空間V 3 3に引き出される第二延在部4 9 bと、第一延在部4 9 aと第二延在部4 9 bとの間に配置され、第一延在部4 9 aと第二延在部4 9 bとを繋ぐように屈曲する屈曲部4 9 cと、を含んでもよい。この場合、冷却風G 2が流れる流路に沿うように電力ケーブル4 9を配置できるので、冷却風G 2によって電力ケーブル4 9をより効果的に冷却できる。これにより、冷却性能をさらに向上できる。

20

【0060】

本実施形態のように、インバータ筐体3 5は、貫通穴A 2 3から放熱空間V 3 3に引き出された電力ケーブル4 9が通過するケーブル挿入口1 6 eを含み、ケーブル挿入口1 6 eは、排気口A 2 2とは異なる位置に形成されていてもよい。この場合、電力ケーブル4 9が接続される接続対象物に対して、極力最短経路を辿るように電力ケーブル4 9を這わせることができるので、電力ケーブル4 9が排気口A 2 2から引き出される場合と比べて、電力ケーブル4 9が必要以上に長くなることを回避できる。

【0061】

本実施形態のように、側壁1 6は、排気口A 2 2が開く側壁部1 6 bと、ケーブル挿入口1 6 eが開く側壁部1 6 cと、を含み、側壁部1 6 bは、側壁部1 6 cに対して、隔壁5 1から離れる方向に窪む段差を形成していてもよい。この場合、隔壁5 1と側壁部1 6 bとの間に冷却風G 2の流動スペースを確保して、そのスペースに放熱部材3 3を配置できるので、冷却性能を向上できる。

30

【0062】

本実施形態のように、排気口A 2 2の断面積は、ケーブル挿入口1 6 eの断面積よりも大きくてもよい。この場合、排気口A 2 2を流れる冷却風G 2の流量を十分に確保して、冷却性能の向上を図ることができる。

【0063】

本実施形態に係る遠心送風機1は、インバータ装置3 0と、インバータ装置3 0から駆動電力が供給されるモータ装置1 0と、を備え、モータ装置1 0は、電力ケーブル4 9と電氣的に接続され、電力ケーブル4 9から供給される駆動電力を受けてシャフト2を回転可能なモータ1 1と、シャフト2に取り付けられた冷却ファン1 3と、モータ1 1および冷却ファン1 3を収容するモータ筐体1 5と、を含み、モータ筐体1 5の内部は、排気口A 2 2を通じて放熱空間V 3 3に繋がり、冷却ファン1 3は、シャフト2とともに回転することによって、排気口A 2 2を通じて吸気口A 2 1に冷却風G 2を流入させる。遠心送風機1では、モータ筐体1 5に収容された冷却ファン1 3が、吸気口A 2 1に冷却風G 2を流入させる送風源として用いられている。つまり、モータ筐体1 5の内部のモータ1 1および軸受1 4を冷却するための送風源と、インバータ筐体3 5の内部の回路モジュール3 1および放熱部材3 3を冷却するための送風源と、が共通化されている。この場合、モータ1 1および軸受1 4を冷却するための送風源と、回路モジュール3 1および放熱部材

40

50

３３を冷却するための送風源と、が個別に設けられる場合と比べて、装置全体をより小型にできる。

【００６４】

本実施形態のように、インバータ筐体３５は、モータ筐体１５に対して垂直方向Ｄ２に接続され、シャフト２は、軸方向Ｄ１に沿って延びており、モータ筐体１５は、冷却風Ｇ２とは異なる別の冷却風Ｇ１が流入する吸気口Ａ１１と、冷却風Ｇ１が流出する排気口Ａ１２と、を含み、垂直方向Ｄ２に沿って見た場合に、排気口Ａ２２は、吸気口Ａ１１と排気口Ａ１２との軸方向Ｄ１の間に配置され、モータ１１の少なくとも一部は、吸気口Ａ１１と排気口Ａ１２との軸方向Ｄ１の間に配置されていてもよい。この場合、冷却ファン１３の回転に伴って、吸気口Ａ２１から流入した冷却風Ｇ２は、回路モジュール３１および放熱部材３３を通して排気口Ａ２２からモータ筐体１５の内部に流れる。また、冷却ファン１３の回転に伴って、吸気口Ａ１１から流入した冷却風Ｇ１は、モータ１１を通った後に、排気口Ａ２２においてインバータ筐体３５からの冷却風Ｇ２に合流し、その冷却風Ｇ２とともに排気口Ａ１２からモータ筐体１５の外部に排出される。このように、排気口Ａ２２において冷却風Ｇ１，Ｇ２が合流する構成とすれば、遠心送風機１の内部の発熱源と熱交換する前の低温の冷却風Ｇ１，Ｇ２によって、インバータ筐体３５の内部の主な発熱源と、モータ筐体１５の内部の主な発熱源と、を効率良く冷却できる。この場合、例えば、インバータ筐体の内部の発熱源と熱交換した後の冷却風を、そのままモータ筐体の内部の発熱源の冷却に用いる場合と比べて、遠心送風機１の内部の発熱源をより効率的に冷却できる。従って、上記の構成によれば、冷却性能のさらなる向上を図ることができる。

10

20

【００６５】

本開示は、上述した実施形態を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した様々な形態で実施することができる。上述した実施形態に記載されている技術的事項を利用して、実施形態の変形例を構成できる。

【００６６】

<変形例>

例えば、図３に示す遠心送風機１Ａの内部を流れる冷却風Ｇ１，Ｇ２，Ｇ３の流れ方向は、上述した実施形態に係る遠心送風機１の内部を流れる冷却風Ｇ１，Ｇ２，Ｇ３の流れ方向とは逆向きであってもよい。遠心送風機１Ａでは、モータ装置１０Ａが備えるモータ筐体１５Ａは、上述したモータ筐体１５の排気口Ａ１２に代えて、冷却風Ｇ３を吸入する吸気口Ａ３２（第二モータ開口）を含む。モータ筐体１５Ａは、上述したモータ筐体１５の吸気口Ａ１１に代えて、冷却風Ｇ１を排出する排気口Ａ３１（第一モータ開口）を含む。インバータ装置３０Ａが備えるインバータ筐体３５Ａは、上述したインバータ筐体３５の排気口Ａ２２に代えて、冷却風Ｇ２を吸入する吸気口Ａ４２（第二インバータ開口）を含む。インバータ筐体３５Ａは、上述したインバータ筐体３５の吸気口Ａ２１に代えて、冷却風Ｇ１を排出する排気口Ａ４１（第一インバータ開口）を含む。モータ筐体１５Ａの内部に配置された冷却ファン１３Ａは、例えば、その外周部から吸入した空気を中心部に排気するように構成されている。

30

【００６７】

遠心送風機１Ａでは、冷却ファン１３Ａの回転に伴って、吸気口Ａ３２から流入した冷却風Ｇ３は、吸気口Ａ４２において、モータ筐体１５Ａの内部のモータ１１および軸受１４を通る冷却風Ｇ１と、インバータ筐体３５の内部の回路モジュール３１および放熱部材３３を通る冷却風Ｇ２とに分岐し、それぞれの冷却風Ｇ１，Ｇ２が排気口Ａ４１および排気口Ａ３１から排出される。このように、排気口Ａ２２において冷却風Ｇ１，Ｇ２が分岐する構成であっても、上述した実施形態と同様、遠心送風機１Ａの内部の発熱源と熱交換する前の低温の冷却風Ｇ１，Ｇ２によって、インバータ筐体３５の内部の主な発熱源と、モータ筐体１５の内部の主な発熱源と、を効率良く冷却できる。これにより、冷却性能のさらなる向上を図ることができる。

40

【００６８】

上述した実施形態では、本開示の「回転機械」の例として遠心送風機を説明したが、本

50

開示の「回転機械」は、遠心圧縮機であってもよいし、軸流タイプの送風機または圧縮機であってもよい。上述した実施形態では、本開示の「冷却ファン」の例として、遠心ファンを説明したが、「冷却ファン」は、例えば、軸流ファン等の他の形式のファンであってもよい。上述した実施形態では、本開示の「機能素子」の例としてパワー半導体素子を例示したが、本開示の「機能素子」は、ダイオード、抵抗素子、またはコンデンサ等であってもよい。本開示の「放熱部材」は、「機能素子」の熱を放出可能であれば、ヒートシンク以外の部材であってもよい。本開示の「回路モジュール」は、「機能素子」、「基板」、および「電力ケーブル」以外の要素を更に含んでいてもよい。

【 0 0 6 9 】

< 付記 >

本開示は、[1] 「冷却風が流入または流出可能な第一インバータ開口、前記第一インバータ開口とは異なる位置に形成されて前記冷却風が流入または流出可能な第二インバータ開口、および、前記第一インバータ開口に繋がる第一内部空間と前記第二インバータ開口に繋がる第二内部空間とを隔てる隔壁を含むインバータ筐体と、

前記第一内部空間に配置され、機能素子、前記機能素子に接続された基板、および前記基板に接続された電力ケーブルを含む回路モジュールと、

前記第二内部空間に配置され、前記隔壁を介して前記機能素子と熱的に接続され、前記機能素子が有する熱を放出可能な放熱部材と、

を備え、

前記隔壁は、前記第一内部空間と前記第二内部空間とを繋ぐ貫通穴を含み、

前記貫通穴は、前記隔壁に沿った第一方向において、前記機能素子を挟んで、前記第一インバータ開口および前記第二インバータ開口が配置される領域とは反対側の領域に配置され、前記第一内部空間と前記第二内部空間との間で前記冷却風を受け渡し可能であり、

前記電力ケーブルは、前記貫通穴を通して前記第一内部空間から前記第二内部空間に引き出されている、インバータ装置。」である。

【 0 0 7 0 】

本開示は、[2] 「前記電力ケーブルは、

前記基板から前記第一方向に沿って延びる第一延在部と、

前記第一方向に交差する第二方向に沿って延び、前記貫通穴を通過して前記第一内部空間から前記第二内部空間に引き出される第二延在部と、

前記第一延在部と前記第二延在部との間に配置され、前記第一延在部と前記第二延在部とを繋ぐように屈曲する屈曲部と、を含む、

[1] に記載のインバータ装置。」である。

【 0 0 7 1 】

本開示は、[3] 「前記インバータ筐体は、前記貫通穴から前記第二内部空間に引き出された前記電力ケーブルが通過するケーブル挿入口を含み、

前記ケーブル挿入口は、前記第二インバータ開口とは異なる位置に形成されている、

[1] または [2] に記載のインバータ装置。」である。

【 0 0 7 2 】

本開示は、[4] 「前記第二内部空間は、前記隔壁と、前記隔壁に交差する第二方向において前記隔壁に対して隙間を空けて対向する側壁と、に囲まれた空間であり、

前記側壁は、

前記第二インバータ開口が開口する第一側壁部と、

前記ケーブル挿入口が開口する第二側壁部と、を含み、

前記第一側壁部は、前記第二側壁部に対して、前記隔壁から離れる方向に窪む段差を形成している、

[3] に記載のインバータ装置。」である。

【 0 0 7 3 】

本開示は、[5] 「前記第二インバータ開口の面積は、前記ケーブル挿入口の面積よりも大きい、

10

20

30

40

50

[4] に記載のインバータ装置。」である。

【 0 0 7 4 】

本開示は、[6] 「[1] ~ [5] のいずれかに記載のインバータ装置と、
前記インバータ装置から駆動電力が供給されるモータ装置と、
を備え、

前記モータ装置は、

前記電力ケーブルと電氣的に接続され、前記電力ケーブルから供給される前記駆動電力
を受けてシャフトを回転可能なモータと、

前記シャフトに取り付けられた冷却ファンと、

前記モータおよび前記冷却ファンを収容するモータ筐体と、を含み、

前記モータ筐体の内部は、前記第二インバータ開口を通じて前記第二内部空間に繋がり、

前記冷却ファンは、前記シャフトとともに回転することによって、前記第一インバータ
開口または前記第二インバータ開口に前記冷却風を流入させる、

回転機械。」である。

【 0 0 7 5 】

本開示は、[7] 「前記インバータ筐体は、前記モータ筐体に対して、前記第一方向に
交差する第二方向に接続され、前記シャフトは、前記第一方向に沿って延びており、

前記モータ筐体は、

前記冷却風とは異なる別の冷却風が流入または流出可能な第一モータ開口と、

前記別の冷却風が流入または流出可能な第二モータ開口と、を更に含み、

前記第二方向に沿って見た場合に、前記第二インバータ開口は、前記第一モータ開口と
前記第二モータ開口との前記第一方向の間に配置され、前記モータの少なくとも一部は、
前記第一モータ開口と前記第二インバータ開口との前記第一方向の間に配置されている、

[6] に記載の回転機械。」である。

【符号の説明】

【 0 0 7 6 】

1 遠心送風機（回転機械）

2 シャフト

1 0 , 1 0 A モータ装置

1 1 モータ

1 3 冷却ファン（送風源）

1 3 A 冷却ファン

1 5 , 1 5 A モータ筐体

1 6 側壁

1 6 b 側壁部（第一側壁部）

1 6 c 側壁部（第二側壁部）

1 6 e ケーブル挿入口

3 0 インバータ装置

3 1 回路モジュール

3 3 放熱部材

3 5 , 3 5 A インバータ筐体

4 1 パワー半導体素子（機能素子）

4 3 主回路基板（基板）

4 7 , 4 9 電力ケーブル

4 9 a 第一延在部

4 9 b 第二延在部

4 9 c 屈曲部

5 1 隔壁

1 4 3 基板

A 1 1 吸気口（第一モータ開口）

10

20

30

40

50

- A 1 2 排気口（第二モータ開口）
- A 2 1 吸気口（第一インバータ開口）
- A 2 2 排気口（第二インバータ開口）
- A 2 3 貫通穴
- A 3 1 排気口（第一モータ開口）
- A 3 2 吸気口（第二モータ開口）
- A 4 1 排気口（第一インバータ開口）
- A 4 2 吸気口（第二インバータ開口）
- D 1 軸方向（第一方向）
- D 2 垂直方向（第二方向）
- G 1 , G 2 , G 3 冷却風
- R 1 , R 2 領域
- V 3 1 インバータ空間（第 1 内部空間）
- V 3 3 放熱空間（第 2 内部空間）

10

【要約】

【課題】冷却性能の向上と小型化とを両立する。

【解決手段】インバータ装置は、第一インバータ開口、第二インバータ開口、および、第一インバータ開口に繋がる第一内部空間と第二インバータ開口に繋がる第二内部空間とを隔てる隔壁を含むインバータ筐体と、第一内部空間に配置され、機能素子、機能素子に接続された基板、および基板に接続された電力ケーブルを含む回路モジュールと、第二内部空間に配置され、機能素子が有する熱を放出可能な放熱部材と、を備える。隔壁は、第一内部空間と第二内部空間とを繋ぐ貫通穴を含む。貫通穴は、隔壁に沿った第一方向において、機能素子を挟んで、第一インバータ開口および第二インバータ開口が配置される領域とは反対側の領域に配置されている。電力ケーブルは、貫通穴を通して第一内部空間から第二内部空間に引き出されている。

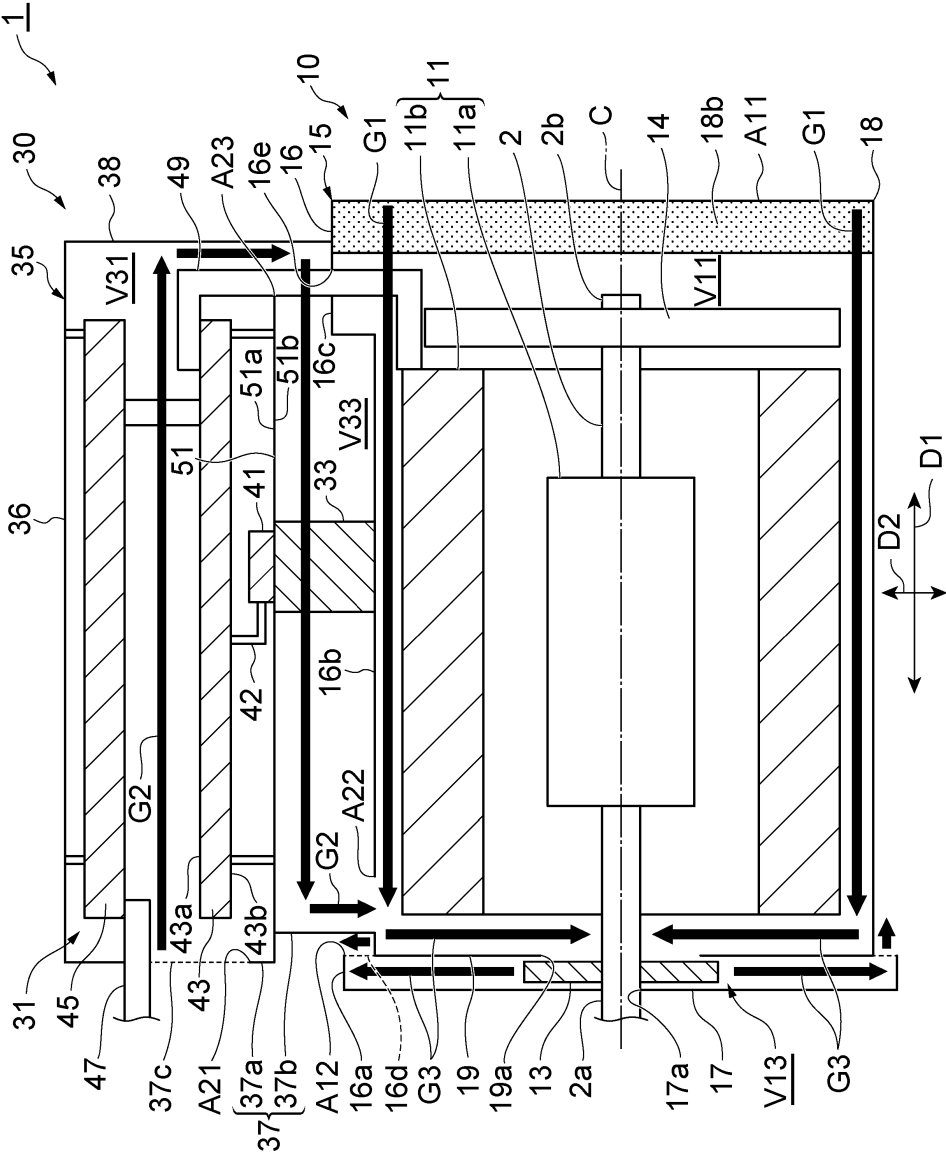
20

【選択図】図 1

30

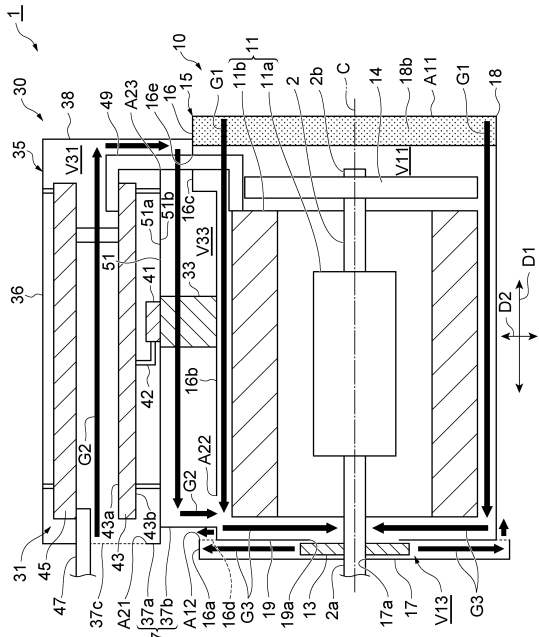
40

50

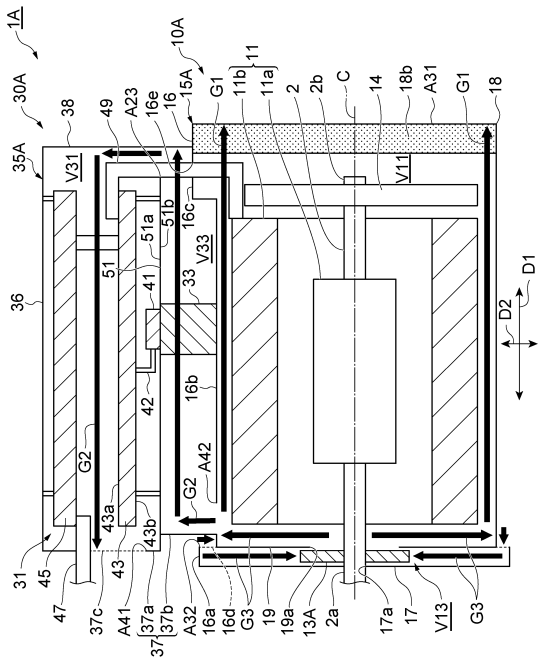


【図面】

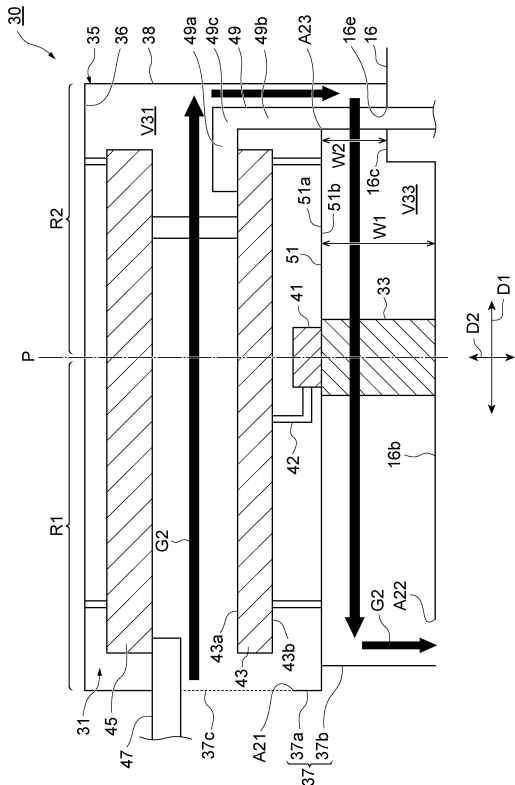
【図 1】



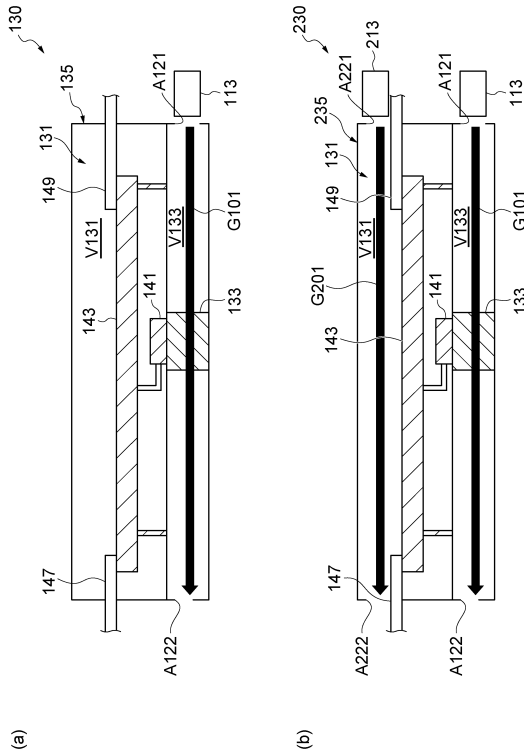
【図 3】



【図 2】



【図 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内
(72)発明者 村山 隆彦
東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内
審査官 上野 力
(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 4 4 9 5 3 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 2 2 3 8 7 6 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 7 6 7 3 9 (J P , A)
国際公開第 2 0 2 4 / 3 4 5 4 9 (W O , A 1)
特開 2 0 1 9 - 2 4 0 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 3 4 2 9 9 6 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 7 4 9 9 2 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 1 6 2 3 9 0 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 6 8 6 3 2 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 8 9 0 5 2 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 1 0 2 9 7 9 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 M 7 / 4 8
H 0 2 K 9 / 0 2
H 0 2 K 9 / 0 6