

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7433480号
(P7433480)

(45)発行日 令和6年2月19日(2024.2.19)

(24)登録日 令和6年2月8日(2024.2.8)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 23/36 (2006.01) H 0 1 L 23/36 Z

請求項の数 14 (全28頁)

(21)出願番号	特願2022-576650(P2022-576650)	(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
(86)(22)出願日	令和4年1月14日(2022.1.14)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/001154	(72)発明者	三田 泰之 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
(87)国際公開番号	WO2022/158392	(72)発明者	後藤 正喜 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
(87)国際公開日	令和4年7月28日(2022.7.28)	(72)発明者	寺田 隼人 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
審査請求日	令和5年6月16日(2023.6.16)	(72)発明者	六分一 穂隆
(31)優先権主張番号	特願2021-8385(P2021-8385)		
(32)優先日	令和3年1月22日(2021.1.22)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パワー半導体装置およびその製造方法ならびに電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1凹凸部が形成されたモジュールベースを有し、前記モジュールベースに電力用半導体素子が搭載されて封止材によって封止されたパワーモジュール部と、

第2凹凸部が形成され、前記第2凹凸部と前記第1凹凸部とを互いに嵌合させる態様で前記モジュールベースに接合されたヒートシンクベース部と、

前記ヒートシンクベース部に装着された複数の放熱フィンとを有し、

前記モジュールベースおよび前記ヒートシンクベース部は、前記モジュールベースと前記ヒートシンクベース部とが接合された状態で、前記第1凹凸部および前記第2凹凸部のいずれかが、空間として残されるバッファ凹部を備える態様で形成された、パワー半導体装置。

【請求項2】

前記ヒートシンクベース部は、前記放熱フィンが装着された放熱拡散部を含み、

前記第2凹凸部は、前記放熱拡散部に形成された、請求項1記載のパワー半導体装置。

【請求項3】

前記ヒートシンクベース部は、

前記放熱フィンが装着された放熱拡散部と、

前記放熱拡散部から前記パワーモジュール部が位置する側に向かって嵩上げされた嵩上げ部と

を含み、

前記第 2 凹凸部は、前記嵩上げ部に形成された、請求項 1 記載のパワー半導体装置。

【請求項 4】

前記第 1 凹凸部は、第 1 方向に延在するように形成され、

前記第 2 凹凸部は、前記第 1 方向に延在するように形成された、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のパワー半導体装置。

【請求項 5】

前記第 1 凹凸部および前記第 2 凹凸部には、不連続な部分が設けられた、請求項 4 記載のパワー半導体装置。

【請求項 6】

前記バッファ凹部は、前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とが互いに嵌合して隣り合う一の凹部と他の凹部との間に、少なくとも 1 つ配置された、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のパワー半導体装置。

【請求項 7】

複数の前記放熱フィンは、第 2 方向にそれぞれ延在するように配置されるとともに、前記第 2 方向と交差する第 3 方向に互いに間隔を開けて配置された、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のパワー半導体装置。

【請求項 8】

複数の前記放熱フィンは、

前記第 2 方向にそれぞれ延在する複数の放熱フィン第 1 部と、

複数の前記放熱フィン第 1 部とは、前記第 2 方向に間隔を開けて、前記第 2 方向にそれぞれ延在する複数の放熱フィン第 2 部とを含む、請求項 7 記載のパワー半導体装置。

【請求項 9】

複数の前記放熱フィン第 1 部のそれぞれの前記第 3 方向の位置と、複数の前記放熱フィン第 2 部のそれぞれの前記第 3 方向の位置とは、互いにずれている、請求項 8 記載のパワー半導体装置。

【請求項 10】

前記放熱フィンは、前記ヒートシンクベース部における外周部に位置する領域以外の領域に装着された、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のパワー半導体装置。

【請求項 11】

第 1 凹凸部が形成されたモジュールベースを用意する工程と、

前記モジュールベースに電力用半導体素子を搭載し、前記第 1 凹凸部を露出させる態様で前記電力用半導体素子を封止材により封止することによって、パワーモジュール部を形成する工程と、

前記第 1 凹凸部と嵌合する第 2 凹凸部が形成されたヒートシンクベース部を用意する工程と、

前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とを互に対向させて、前記パワーモジュール部における前記モジュールベースおよび前記ヒートシンクベース部の一方を他方に押圧し、前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とを互いに嵌合させることによって、前記モジュールベースと前記ヒートシンクベース部とを一体化する工程と

を備え、

前記モジュールベースを用意する工程および前記ヒートシンクベース部を用意する工程では、前記モジュールベースと前記ヒートシンクベース部とが接合された状態で、前記第 1 凹凸部および前記第 2 凹凸部のいずれかが、空間として残されるバッファ凹部を備える態様で形成される、パワー半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

前記ヒートシンクベース部を用意する工程は、前記パワーモジュール部が接合される側とは反対側に、複数の放熱フィンが挿入される放熱フィン挿入溝と、前記放熱フィン挿入溝に挿入された前記放熱フィンをかしめるかしめ部とが形成された前記ヒートシンクベー

10

20

30

40

50

ス部を用意する工程を含み、

前記モジュールベースと前記ヒートシンクベース部とを一体化する工程は、

前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とを互いに対向させるとともに、複数の前記放熱フィンに対応する前記放熱フィン挿入溝に配置する工程と、

かしめ治具を前記かしめ部に接触させ、前記ヒートシンクベース部を前記モジュールベースに向けて押圧することにより、前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とを互いに嵌合させるとともに、前記かしめ部をかしめて複数の前記放熱フィンを前記ヒートシンクベース部に装着させて、前記モジュールベース、前記ヒートシンクベース部および複数の前記放熱フィンを一体化する工程と

を含む、請求項 1 記載のパワー半導体装置の製造方法。

10

【請求項 1 3】

前記ヒートシンクベース部を用意する工程は、前記パワーモジュール部が接合される側とは反対側に、複数の放熱フィンが一体的に配置された前記ヒートシンクベース部を用意する工程を含み、

前記モジュールベースと前記ヒートシンクベース部とを一体化する工程は、

前記ヒートシンクベース部をヒートシンクセット治具に配置する工程と、

前記ヒートシンクセット治具に配置された前記ヒートシンクベース部の前記第 2 凹凸部に前記第 1 凹凸部が対向するように、前記パワーモジュール部を配置する工程と、

前記パワーモジュール部を前記ヒートシンクベース部に向かって押圧することにより、前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とを互いに嵌合する工程と

20

を含む、請求項 1 記載のパワー半導体装置の製造方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載のパワー半導体装置を有し、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、パワー半導体装置およびその製造方法ならびに電力変換装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

電力用半導体素子を備えたパワー半導体装置の一形態として、電力用半導体素子を搭載したパワーモジュール部とヒートシンクとを一体化したヒートシンク一体型のパワー半導体モジュールが提案されている（特許文献 1 ~ 特許文献 1 0）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第 5 2 3 6 1 2 7 号公報

【文献】特許第 5 3 7 3 6 8 8 号公報

40

【文献】特許第 5 4 1 8 6 0 1 号公報

【文献】特許第 5 4 3 2 0 8 5 号公報

【文献】特許第 6 0 0 9 2 0 9 号公報

【文献】特許第 6 0 9 1 6 3 3 号公報

【文献】特開平 0 6 - 5 7 5 0 号公報

【文献】特開 2 0 1 1 - 1 5 5 1 1 8 号公報

【文献】国際公開 WO 2 0 1 8 - 0 7 9 3 9 6 号

【文献】国際公開 WO 2 0 1 8 - 0 9 7 0 2 7 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 4 】

パワー半導体装置としてのヒートシンク一体型のパワー半導体モジュールでは、パワーモジュール部とヒートシンクとを一体化させることについて、生産性のさらなる向上が求められている。

【 0 0 0 5 】

本開示は、このような開発の一環としてなされたものであり、一つの目的は、生産性のさらなる向上を図ることができるパワー半導体装置を提供することであり、他の目的は、そのようなパワー半導体装置の製造方法を提供することであり、さらに他の目的は、そのようなパワー半導体装置を適用した電力変換装置を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本開示に係るパワー半導体装置は、パワーモジュール部とヒートシンクベース部と複数の放熱フィンとを有する。パワーモジュール部は、第1凹凸部が形成されたモジュールベースを有し、モジュールベースに電力用半導体素子が搭載されて封止材によって封止されている。ヒートシンクベース部は、第2凹凸部が形成され、第2凹凸部と第1凹凸部とを互いに嵌合させる態様でモジュールベースに接合されている。複数の放熱フィンは、ヒートシンクベース部に装着されている。モジュールベースおよびヒートシンクベース部は、モジュールベースとヒートシンクベース部とが接合された状態で、第1凹凸部および第2凹凸部のいずれかが、空間として残されるバッファ凹部を備える態様で形成されている。

【 0 0 0 7 】

本開示に係るパワー半導体装置の製造方法は、以下の工程を備えている。第1凹凸部が形成されたモジュールベースを用意する。モジュールベースに電力用半導体素子を搭載し、第1凹凸部を露出させる態様で電力用半導体素子を封止材により封止することによって、パワーモジュール部を形成する。第1凹凸部と嵌合する第2凹凸部が形成されたヒートシンクベース部を用意する。第1凹凸部と第2凹凸部とを互いに対向させて、パワーモジュール部におけるモジュールベースおよびヒートシンクベース部の一方を他方に押圧し、第1凹凸部と第2凹凸部とを互いに嵌合させることによって、モジュールベースとヒートシンクベース部とを一体化する。モジュールベースを用意する工程およびヒートシンクベース部を用意する工程では、モジュールベースとヒートシンクベース部とが接合された状態で、第1凹凸部および第2凹凸部のいずれかが、空間として残されるバッファ凹部を備える態様で形成される。

【 0 0 0 8 】

本開示に係る電力変換装置は、上記パワー半導体装置を有し、入力される電力を変換して出力する主変換回路と、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制御回路とを備えている。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本開示に係るパワー半導体装置によれば、モジュールベースおよびヒートシンクベース部は、モジュールベースとヒートシンクベース部とが接合された状態で、第1凹凸部および第2凹凸部のいずれかが、空間として残されるバッファ凹部を備える態様で形成されている。これにより、モジュールベースとヒートシンクベース部とを一体化する際の荷重を低減することができる。その結果、生産性を向上することができるパワー半導体装置が得られる。

【 0 0 1 0 】

本開示に係るパワー半導体装置の製造方法によれば、モジュールベースを用意する工程およびヒートシンクベース部を用意する工程では、モジュールベースとヒートシンクベース部とが接合された状態で、第1凹凸部および第2凹凸部のいずれかが、空間として残されるバッファ凹部を備える態様で形成される。これにより、モジュールベースとヒートシンクベース部とを一体化する際の荷重を低減することができる。その結果、パワー半導体装置の生産性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

本開示に係る電力変換装置によれば、上記パワー半導体装置を有していることで、生産性を向上することができる電力変換装置が得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 実施の形態 1 に係るパワー半導体装置を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【 図 2 】 同実施の形態において、図 1 に示すパワー半導体装置のパワーモジュール部におけるモジュールベースに形成された凹凸部のパターンの一例を示す下面図である。

【 図 3 】 同実施の形態において、パワーモジュール部とヒートシンクとを一体化した状態を示す、一部断面を含む側面図である。

10

【 図 4 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の製造方法の一工程を示す、一部断面を含む側面図である。

【 図 5 】 同実施の形態において、図 4 に示す工程の後に行われる工程を示す、一部断面を含む側面図である。

【 図 6 】 同実施の形態において、図 5 に示す工程の後に行われる工程を示す、一部断面を含む側面図である。

【 図 7 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 1 の図である。

【 図 8 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 2 の図である。

20

【 図 9 】 同実施の形態において、凹凸部の構造の第 1 変形例を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【 図 1 0 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 3 の図である。

【 図 1 1 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 4 の図である。

【 図 1 2 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 5 の図である。

【 図 1 3 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 6 の図である。

30

【 図 1 4 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 7 の図である。

【 図 1 5 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 8 の図である。

【 図 1 6 】 同実施の形態において、パワー半導体装置の作用効果を説明するための第 9 の図である。

【 図 1 7 】 同実施の形態において、パワーモジュール部におけるモジュールベースに形成された凹凸部のパターンの他の例を示す下面図である。

【 図 1 8 】 同実施の形態において、凹凸部の構造の第 2 変形例を示す、一部断面を含む分解側面図である。

40

【 図 1 9 】 同実施の形態において、凹凸部の構造の第 3 変形例を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【 図 2 0 】 同実施の形態において、凹凸部の構造の第 4 変形例を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【 図 2 1 】 同実施の形態において、ヒートシンクの構造の第 1 変形例を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【 図 2 2 】 同実施の形態において、ヒートシンクの構造の第 2 変形例を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【 図 2 3 】 同実施の形態において、ヒートシンクにおける放熱フィンの構造の第 1 変形例を示す下面図である。

50

【図 2 4】同実施の形態において、図 2 3 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための下面図である。

【図 2 5】同実施の形態において、図 2 3 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、製造方法の一工程を示す、一部断面を含む側面図である。

【図 2 6】同実施の形態において、図 2 3 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、図 2 4 に示す工程の後に行われる工程を示す、一部断面を含む側面図である。

【図 2 7】同実施の形態において、図 2 1 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、製造方法の一工程を示す、一部断面を含む側面図である。

【図 2 8】同実施の形態において、図 2 1 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、図 2 7 に示す工程の後に行われる工程を示す、一部断面を含む側面図である。

10

【図 2 9】同実施の形態において、ヒートシンクにおける放熱フィンの構造の第 2 変形例を示す下面図である。

【図 3 0】同実施の形態において、図 2 9 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための下面図である。

【図 3 1】同実施の形態において、ヒートシンクにおける放熱フィンの構造の第 3 変形例を示す下面図である。

【図 3 2】同実施の形態において、図 3 1 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための下面図である。

【図 3 3】同実施の形態において、バッファ凹部の作用効果を説明するための、パワー半導体装置の一部を拡大した部分拡大断面図と、一部断面とを含む側面図である。

20

【図 3 4】実施の形態 2 に係るパワー半導体装置を示す、一部断面を含む分解側面図である。

【図 3 5】同実施の形態において、パワーモジュール部とヒートシンクとを一体化した状態の一例を示す、一部断面を含む側面図である。

【図 3 6】同実施の形態において、パワーモジュール部とヒートシンクとを一体化した状態の他の例を示す、一部断面を含む側面図である。

【図 3 7】実施の形態 3 に係る、パワー半導体装置を適用した電力変換装置のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

30

実施の形態 1 .

実施の形態 1 に係るパワー半導体装置について説明する。図 1 に、パワー半導体装置の一部断面を含む分解側面図を示す。図 1 に示すように、パワー半導体装置 1 は、パワーモジュール部 1 1 およびヒートシンク 5 1 を備えている。パワーモジュール部 1 1 には、第 1 凹凸部としての凹凸部 1 5 が形成されている。ヒートシンク 5 1 には、第 2 凹凸部としての凹凸部 5 5 が形成されている。

【0014】

パワーモジュール部 1 1 は、モジュールベース 1 3 を備えている。モジュールベース 1 3 の一方の表面には、絶縁シート 2 1 を介在させてリードフレーム 2 3 が配置されている。リードフレーム 2 3 には、はんだ 2 5 によってチップ 2 7 が接合されている。チップ 2 7 には、電力半導体素子が形成されている。チップ 2 7 等は、封止材としてのモールド樹脂 2 9 によって封止されている。モールド樹脂 2 9 の側面から、リードフレーム 2 3 の一部が外部端子として突出している。

40

【0015】

モジュールベース 1 3 の他方の表面には、凹凸部 1 5 が形成されている。凹凸部 1 5 は、平坦部 1 5 f に凹部 1 5 a 等が形成された態様の凹凸形状とされる。凹凸部 1 5 は、凹部 1 5 a とバッファ凹部 1 5 c とを含む。すなわち、この場合、モジュールベース 1 3 は、凹凸部 1 5 がバッファ凹部 1 5 c を備える態様で形成されている。バッファ凹部 1 5 c については後述する。

【0016】

50

図 2 に示すように、凹部 15 a 等は、たとえば、第 1 方向としての Y 軸方向に沿って延在するとともに、Y 軸方向と交差する X 軸方向に間隔を開けて形成されている。なお、凹凸部 15 とは、凹部 15 a およびバッファ凹部 15 c を含むモジュールベース 13 の表面全体の形状を意味する。

【0017】

ヒートシンク 51 は、放熱拡散部 53 a を含むヒートシンクベース部 53 と、放熱フィン 63 とを備えている。ここでは、ヒートシンク 51 として、かしめ加工によって放熱フィン 63 とヒートシンクベース部 53 とを一体化したかしめ構造のヒートシンク 51 a が採用されている。ヒートシンクベース部 53 (放熱拡散部 53 a) には、凹凸部 55 が形成されている。凹凸部 55 は、平坦部 55 f に凸部 55 a が形成された態様の凹凸形状とされる。

10

【0018】

放熱フィン 63 は、ヒートシンクベース部 53 において、凹凸部 55 が形成されている側とは反対の側に、第 2 方向としての Z 軸方向に延在するように配置されるとともに、第 3 方向としての X 軸方向に互いに間隔を開けて配置されている。

【0019】

図 3 に示すように、パワー半導体装置 1 では、パワーモジュール部 11 に形成された凹凸部 15 と、ヒートシンク 51 に形成された凹凸部 55 とを、かしめ加工によって互いに嵌合させることで、パワーモジュール部 11 とヒートシンク 51 とが接合されて、一体化されている。ここで、バッファ凹部 15 c には、凸部 55 a は嵌合していない。具体的には、モジュールベース 13 とヒートシンクベース部 53 とが嵌合された状態で、凹凸部 15 には、凹部が空間として残されるバッファ凹部 15 c が形成されている。また、バッファ凹部 15 c は、凹凸部 15 と凹凸部 55 とが互いに嵌合して隣り合う一の凹部 15 a と他の凹部 15 a との間に一つ配置されているが、二つ以上配置されていてもよい。

20

【0020】

モジュールベース 13 は、たとえば、切削加工、ダイキャスト加工、鋳造加工または押出加工等によって作製される。モジュールベース 13 は、たとえば、アルミニウムまたはアルミニウム合金等によって形成される。ヒートシンクベース部 53 は、切削加工、ダイキャスト加工、鋳造加工または押出加工等によって作製される。ヒートシンクベース部 53 は、たとえば、アルミニウムまたはアルミニウム合金等によって形成される。実施の形態 1 に係るパワー半導体装置 1 は、上記のように構成される。

30

【0021】

次に、上述したパワー半導体装置 1 の製造方法の一例について説明する。まず、凹部 15 a およびバッファ凹部 15 c を含む凹凸部 15 が形成されたモジュールベース 13 を用意する (図 4 参照)。電力半導体素子が形成されたチップ 27 をモジュールベース 13 に搭載し、モールド樹脂 29 により封止することによって、パワーモジュール部 11 を形成する (図 4 参照)。また、凹凸部 55 およびかしめ部 61 が形成されたヒートシンク 51 a (51) を用意する (図 4 参照)。さらに、板状の複数の放熱フィン 63 を用意する (図 4 参照)。

【0022】

次に、図 4 に示すように、パワーモジュール部 11 のモジュールベース 13 に形成された凹凸部 15 と、ヒートシンクベース部 53 に形成された凹凸部 55 とが対向するように、パワーモジュール部 11 とヒートシンクベース部 53 とを配置する。また、複数の放熱フィン 63 を、ヒートシンクベース部 53 に形成されたかしめ部 61 と対向する位置に配置する。

40

【0023】

次に、図 5 に示すように、複数の放熱フィン 63 のそれぞれを、対応する、隣り合うかしめ部 61 とかしめ部 61 との間に位置する溝 (フィン挿入溝) に挿入し、かしめ部 61 に向けて、加工ツールとしてのプレス刃 71 を挿入する。

【0024】

50

次に、図 6 に示すように、プレス刃 7 1 をかしめ部 6 1 に接触させる。その状態で、パワーモジュール部 1 1 を上方から押圧することで、モジュールベース 1 3 (パワーモジュール部 1 1) の凹凸部 1 5 とヒートシンクベース部 5 3 の凹凸部 5 5 とが互いに嵌合し、パワーモジュール部 1 1 がヒートシンクベース部 5 3 に接合される。

【 0 0 2 5 】

また、プレス刃 7 1 によってかしめ部 6 1 がかしめられることによって、複数の放熱フィン 6 3 がヒートシンクベース部 5 3 に接合される。その後、プレス刃 7 1 を取り外すことによって、図 3 に示すパワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とを一体化させたパワー半導体装置 1 が完成する。

【 0 0 2 6 】

上述したパワー半導体装置 1 では、モジュールベース 1 3 には、ヒートシンクベース部 5 3 に形成された凹凸部 5 5 における凸部 5 5 a が嵌合されないバッファ凹部 1 5 c が形成されている。これにより、モジュールベース 1 3 をヒートシンクベース部 5 3 に接合する際の荷重を低減することができる。このことについて、模式的な図を用いて説明する。

【 0 0 2 7 】

まず、図 7 に、比較の対象として、バッファ凹部が形成されていないモジュールベース 1 3 の場合における、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 とを嵌合させる前 (ヒートシンクかしめ前) の状態と、嵌合させた後 (ヒートシンクかしめ後) の状態とを模式的に示す。

【 0 0 2 8 】

一方、図 8 に、実施の形態 1 に係る、バッファ凹部 1 5 c が形成されたモジュールベース 1 3 の場合における、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 とを嵌合させる前 (ヒートシンクかしめ前) の状態と、嵌合させた後 (ヒートシンクかしめ後) の状態とを模式的に示す。なお、いずれの場合も、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 とを嵌合させる際には、プレス荷重として、基準となる荷重を付与した。この基準となる荷重を、「1 A k N」と記す。

【 0 0 2 9 】

図 7 に示すように、バッファ凹部が形成されていないモジュールベース 1 3 の場合には、基準の 1 A k N の荷重を加えても、モジュールベース 1 3 における平坦部 1 5 f とヒートシンクベース部 5 3 における平坦部 5 5 f との間には距離があり、ヒートシンクかしめは完了していない。ここで、ヒートシンクかしめが完了したとは、プレス荷重を増加させても、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 との間の隙間が変化しない状態をいう。

【 0 0 3 0 】

一方、図 8 に示すように、バッファ凹部 1 5 c が形成されているモジュールベース 1 3 の場合には、基準の 1 A k N の荷重を加えた際に、バッファ凹部 1 5 c の周囲に位置するモジュールベース 1 3 の部分が塑性変形をする。このため、モジュールベース 1 3 における平坦部 1 5 f とヒートシンクベース部 5 3 における平坦部 5 5 f とが接触し、プレス荷重を増加させても、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 との間の隙間は変化せず、ヒートシンクかしめが完了する。

【 0 0 3 1 】

このように、実施の形態 1 に係るパワー半導体装置 1 では、モジュールベース 1 3 にバッファ凹部 1 5 c を設けることで、ヒートシンクかしめを完了させるために加えるプレス荷重を低減することができる。

【 0 0 3 2 】

また、バッファ凹部 1 5 c の周囲に位置するモジュールベース 1 3 の部分が塑性変形をすることで、バッファ凹部 1 5 c が設けられていない場合と比べて、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 (ヒートシンク 5 1) との相対的な位置ずれに対する許容範囲が広がることになる。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

このため、ヒートシンクかしめの際の、モジュールベース13とヒートシンクベース部53（ヒートシンク51）との位置決め精度を緩くすることができ、位置決め治具として、より簡便な位置決め治具を用いることができる。これにより、特許文献9、10のそれぞれに開示された、モジュールベースに形成された凹凸部とヒートシンクに形成された凹凸部とを嵌合することによって一体化させたパワー半導体装置と比較すると、生産性の良好なヒートシンクかしめを実現することができる。

【0034】

さらに、位置決め精度の観点（緩和）から、図9に示すように、凹凸部15として、凹部15aの深さよりも深い凹部15bを設け、凹凸部55として、凸部55aの高さよりも高い凸部55bを設けてもよい。

【0035】

このようなより深い凹部15bとより高い凸部55bとを設けることで、モジュールベース13とヒートシンクベース部53（ヒートシンク51）との位置合わせをする際に、ヒートシンクベース部53（ヒートシンク51）に対するモジュールベース13のおおよその位置合わせを行うことができる。

【0036】

その状態で荷重を加えることで、より高い凸部55bが、より深い凹部15bの傾斜部分をスライドし、ヒートシンクかしめが開始される。この場合には、X軸方向の位置決め精度をさらに緩やかにすることができ、位置決め治具としてさらに簡便な位置決め治具を用いることができる。これにより、生産性のさらに良好なヒートシンクかしめを実現することができる。

【0037】

より深い凹部15bは、モジュールベース13において、X軸方向（正方向）の端とX軸方向（負方向）の端とに配置させ、より高い凸部55bは、ヒートシンクベース部53において、X軸方向（正方向）の端とX軸方向（負方向）の端とに配置させることが望ましい。これにより、ヒートシンクベース部53（ヒートシンク51）に対するモジュールベース13のおおよその位置合わせを容易に行うことができ、ヒートシンクかしめの生産性の向上に寄与することができる。

【0038】

次に、発明者らは、バッファ凹部15cの効果について、塑性加工解析（シミュレーション）による評価を行った。この評価について説明する。

【0039】

図10に、解析に用いたモデルとして、バッファ凹部が形成されていないモデル（比較例）と、バッファ凹部が形成されているモデル（実施の形態）とを示す。モジュールベース13およびヒートシンクベース部53のそれぞれにおける各部の寸法を、短い部分（短い寸法線参照）では、数mm程度に設定し、長い部分（長い寸法線参照）では、数十mm程度に設定した。凸部55aのX軸方向の中心線の位置（点線参照）と、凹部15a等のX軸方向の中心線の位置（点線参照）とを一致させた。

【0040】

また、モジュールベース13の材質として、純アルミニウムのA1050系を設定した。ヒートシンクベース部53の材質として、アルミニウム - マグネシウム - シリコン系のA6063系を設定した。このモデルを用いて、バッファ凹部の有無によって、モジュールベース13等がどのように塑性変形するかを解析した。

【0041】

その結果を、図11および図12に示す。図11および図12では、バッファ凹部が形成された実施の形態1に係るモデル（モデルA）を上段に示し、バッファ凹部が形成されていない比較例に係るモデル（モデルB）を下段に示す。なお、解析においては、モジュールベース13とヒートシンクベース部53とのそれぞれにおいて、格子を設定して解析を行ったが、図11および図12では、図面が煩雑になるのを避けるために、それぞれの輪郭だけを示し、格子は示されていない。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

図 1 1 では、モデル A およびモデル B のそれぞれについて、ヒートシンクかしめ前の状態と、基準の荷重 (1 A k N) を加えた状態と、基準の荷重の 1 . 5 倍の荷重 (1 . 5 A k N) を加えた状態とを示す。

【 0 0 4 3 】

図 1 2 では、モデル A およびモデル B のそれぞれについて、基準の荷重の 2 . 0 倍の荷重 (2 . 0 A k N) を加えた状態と、基準の荷重の 2 . 5 倍の荷重 (2 . 5 A k N) を加えた状態と、基準の荷重の 3 . 0 倍の荷重 (3 . 0 A k N) を加えた状態とを示す。

【 0 0 4 4 】

図 1 1 および図 1 2 に示すように、プレス荷重が大きくなるにしたがい、モデル A およびモデル B の双方において、凸部 5 5 a が凹部 1 5 a に嵌まり込み、モジュールベース 1 3 の平坦部 1 5 f とヒートシンクベース部 5 3 の平坦部 5 5 f との間隙が徐々に狭くなることがわかる。

10

【 0 0 4 5 】

次に、図 1 1 および図 1 2 に示す評価結果に基づいて、プレス荷重とその隙間との関係を求めた。その結果を、図 1 3 に示す。横軸はプレス荷重である。縦軸は隙間 R D である。図 1 4 に示すように、隙間 R D は、モジュールベース 1 3 の平坦部 1 5 f とヒートシンクベース部 5 3 の平坦部 5 5 f との間隙とした。なお、この距離は、モジュールベース 1 3 の凸部がヒートシンクベース部の凹部に嵌め込まれるまでに残された距離と捉えることができる。

20

【 0 0 4 6 】

ここで、隙間 R D の値が 0 . 0 5 m m 以下になった場合にヒートシンクかしめが完了したとする。そうすると、ヒートシンクかしめを完了させるのに要するプレス荷重は、モデル B (比較例) では、2 . 5 A k N であるのに対して、モデル A (実施の形態 1) では、2 . 0 A k N であることがわかった。したがって、モデル A (実施の形態 1) では、モデル B (比較例) と比較して、ヒートシンクかしめを完了させるのに要するプレス荷重を 2 0 % 低減できることが判明した。

【 0 0 4 7 】

上述した評価結果は一例であり、モジュールベース 1 3 およびヒートシンクベース部 5 3 において、バッファ凹部 1 5 c を含む構造を工夫することによって、プレス荷重をさらに低減することが可能である。

30

【 0 0 4 8 】

プレス荷重を低減できるのは、バッファ凹部 1 5 c によって、モジュールベース 1 3 等が塑性変形することに起因すると考えられる。発明者らは、その塑性変形量を評価した。図 1 5 に、ヒートシンクかしめ前の状態を示す。図 1 6 に、基準のプレス荷重の 3 . 0 倍のプレス荷重 (3 . 0 A k N) を加えた状態における塑性変形量 (X 軸方向) の等高線 (コンター図) を示す。

【 0 0 4 9 】

図 1 5 および図 1 6 に示すように、ヒートシンクかしめ前の状態から、プレス荷重 (3 . 0 A k N) を加えることで、モジュールベース 1 3 は、X 軸方向に約 $\pm 0 . 2$ m m 程度塑性変形していることがわかった。この評価から、バッファ凹部 1 5 c が形成されていることに伴って生じるモジュールベース 1 3 の塑性変形が、プレス荷重の低減に寄与することが確認できた。

40

【 0 0 5 0 】

なお、凸部 5 5 a 等が嵌合しないバッファ凹部 1 5 c を設ける領域 (面積) を増減することによって、ヒートシンクかしめ後のモジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 との保持強度を調整することができる。保持強度とは、この場合、垂直引張強度であり、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 とを引張試験をした際に、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 とが引き離される直前の最大強度をいう。モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 との保持強度が要求される場合には、プレ

50

ス荷重の低減効果が得られる程度に、バッファ凹部 15c の領域（面積）を調整すればよい。

【0051】

（バッファ凹部のバリエーション）

上述したパワー半導体装置 1 におけるモジュールベース 13 に形成されたバッファ凹部 15c としては、Y 軸方向に沿って一様に形成されている場合を例に挙げて説明した（図 2 参照）。バッファ凹部 15c としては、これに限られるものではなく、図 17 に示すように、Y 軸方向に沿って不連続に形成されたバッファ凹部 15c でもよい。この場合においても、バッファ凹部 15c が一様に形成されている場合と同様の効果を得ることができる。

10

【0052】

なお、バッファ凹部 15c を含む凹凸部 15 が不連続に形成されている場合には、ヒートシンクベース部 53 に形成される凹凸部 55 も、凹凸部 15 に対応するように不連続に形成されている。

【0053】

また、上述したパワー半導体装置 1 におけるモジュールベース 13 では、凸部 55a がそれぞれ嵌合する隣り合う凹部 15a と凹部 15a との間のそれぞれ（7箇所）に、一つのバッファ凹部 15c が配置されている場合を例に挙げて説明した（図 3 参照）。

【0054】

バッファ凹部 15c の配置態様としては、これに限られるものではなく、図 18 に示すように、隣り合う凹部 15a と凹部 15a との間にバッファ凹部 15c を形成した構造を、モジュールベース 13 において、一箇所だけ設けるようにしてもよい。また、図 19 に示すように、隣り合う凹部 15a と凹部 15a との間にバッファ凹部 15c を形成した構造を、モジュールベース 13 において、4 箇所設けるようにしてもよい。このようなバッファ凹部 15c の配置態様であっても、プレス荷重の低減に寄与することができる。

20

【0055】

さらに、上述したパワー半導体装置 1 では、モジュールベース 13 にバッファ凹部 15c を形成した構造を例に挙げて説明したが、バッファ凹部をヒートシンクベース部 53 に形成してもよい。

【0056】

図 20 に示すように、パワー半導体装置 1 では、モジュールベース 13 に凹凸部 17 が形成されている。凹凸部 17 は、平坦部 17f に凸部 17a 等が形成された態様の凹凸形状とされる。ヒートシンクベース部 53（放熱拡散部 53a）に、凹凸部 57 が形成されている。凹凸部 57 は、凹部 57a とバッファ凹部 57c とを含む。

30

【0057】

バッファ凹部 57c には、凸部 17a は嵌合しない。凹凸部 57 は、平坦部 57f に凹部 57a とバッファ凹部 57c とが形成された態様の凹凸形状とされる。すなわち、この場合、ヒートシンクベース部 53 は、凹凸部 57 が、バッファ凹部 57c を備える態様で形成されている。

【0058】

ヒートシンクベース部 53 に形成される凹凸部 57 が、モジュールベース 13 に形成された凹凸部 17 の凸部 17a が嵌合しないバッファ凹部 57c を含むことで、図 1 等に示すパワー半導体装置 1 と同様に、プレス荷重を低減することができ、制裁性の向上に寄与することができる。

40

【0059】

（放熱フィン）

ヒートシンク 51 の放熱フィン 63 は、たとえば、アルミニウムまたはアルミニウム合金等から形成された板材（圧延材）とされる。このような板材とすることで、加工性と放熱性との双方を両立させることができる。

【0060】

50

さらに、放熱フィン63にエンボス加工を施すことによって、放熱フィン63の表面に微小な凹みを形成してもよい。放熱フィン63の表面に凹みを形成することで、放熱フィン63の放熱表面積が増加し、放熱性能を向上させることができる。また、エンボス加工は、放熱フィン63をプレス加工によって製造する際に使用する金型によって施すことができる。これにより、生産コストを増やすことなく、放熱フィン63の表面にエンボス加工を施すことができる。

【0061】

さらに、エンボス加工が施された放熱フィン63を積層させた場合には、隣り合う放熱フィン63と放熱フィン63との間で接触する接触面積が減少し、放熱フィン63間同士の表面摩擦を低減することができる。これにより、ヒートシンクベース部53と放熱フィン63とを一体化するかしめ加工に使用する生産設備の簡略化を図ることができる。また、生産タクトの短縮が図られて、生産性を向上させることができる。

10

【0062】

また、エンボス加工を施した放熱フィン63では、放熱フィン63をヒートシンクベース部53にかしめ加工する際に、エンボス加工が施された凹みに、かしめ部61が食い込むことで、アンカー効果を発揮させることができる。これにより、放熱フィン63がかしめ部から引き抜く方向の摩擦力が大きくなり、放熱フィン63のヒートシンクベース部53に対する垂直引張強度を向上させることができる。

【0063】

ここで、放熱フィン63の硬度がヒートシンクベース部53の硬度よりも高い(硬い)場合には、ヒートシンクベース部53のかしめ部61は、放熱フィン63に食い込むというよりは、エンボス加工が施された放熱フィン63の表面に倣うように塑性変形をすることになる。これにより、エンボス加工が施された放熱フィンのヒートシンクベース部53に対する垂直引張強度を向上させることができる。

20

【0064】

一方、ヒートシンクベース部53(かしめ部61)の硬度が放熱フィン63の硬度よりも高い(硬い)場合には、かしめ部61が、放熱フィン63の表面に喰い込むことで、放熱フィン63が塑性変形することになる。この場合には、エンボス加工による効果というよりは、放熱フィン63が塑性変形することによって、ヒートシンクベース部53に対する垂直引張強度を向上させることができる。

30

【0065】

これらの知見から、放熱フィン63のヒートシンクベース部53に対する垂直引張強度を向上させるには、放熱フィン63の表面にエンボス加工を施す手法、および、ヒートシンクベース部53(かしめ部61)の硬度を放熱フィン63の硬度よりも高い(硬い)する手法のうち、少なくともいずれかの手法を採用することが望ましい。

【0066】

発明者らは、ヒートシンクベース部53をアルミニウム-マグネシウム-シリコン合金のアルミニウム6000系の材料から形成し、放熱フィン63を純アルミニウムのアルミニウム1000系の材料から形成した試料(試料A)を作製し、垂直引張強度を評価した。また、比較例として、ヒートシンクベース部53と放熱フィン63との双方を、純アルミニウムのアルミニウム1000系の材料から形成した試料(試料B)を作製し、垂直引張強度を評価した。その結果、試料Aの垂直引張強度は、試料Bの垂直引張強度よりも約2.5~3.6倍強いことがわかった。

40

【0067】

なお、パワー半導体装置1では、モジュールベース13、ヒートシンクベース部53および放熱フィン63の材料としては、アルミニウム系の材料に限られるものではなく、パワー半導体装置1の仕様に応じて、適宜、最適な材料が使用される。たとえば、放熱能力の観点からでは、放熱フィン36としては、アルミニウム系の材料よりも熱伝導率の大きい銅系の板材を適用することで、放熱性能をさらに向上させることができる。

【0068】

50

上述したパワー半導体装置 1 では、ヒートシンク 5 1 として、かしめ加工によって放熱フィン 6 3 とヒートシンクベース部 5 3 とを一体化したかしめ構造のヒートシンク 5 1 a が採用されている。これにより、ヒートシンクベース部 5 3 とは別個に、仕様に応じた放熱フィン 6 3 を設計し製造することができ、ヒートシンク 5 1 a の放熱能力の向上に寄与することができる。

【 0 0 6 9 】

また、パワー半導体装置 1 のヒートシンク 5 1 として、かしめ構造のヒートシンク 5 1 a の他に、放熱フィン 6 3 とヒートシンクベース部 5 3 とが一体化に形成されたヒートシンク 5 1 を適用してもよい。図 2 1 に示すように、ヒートシンク 5 1 として、押出加工、切削加工または鍛造加工によって、ヒートシンクベース部 5 3 と放熱フィン 6 3 とを一体的に形成したヒートシンク 5 1 b でもよい。また、図 2 2 に示すように、ダイキャスト加工によって、ヒートシンクベース部 5 3 と放熱フィン 6 3 とを一体的に形成したヒートシンク 5 1 c でもよい。

【 0 0 7 0 】

さらに、ヒートシンクベース部 5 3 に配置する放熱フィン 6 3 の配置態様として、図 2 3 に示すように、ヒートシンクベース部 5 3 の外周に沿って位置する外周領域以外の領域に、放熱フィン 6 3 を配置させてもよい。この場合には、図 2 4 に示すように、ヒートシンクベース部 5 3 における外周領域を、かしめ加工を行う際の荷重受け部 6 5 として機能させることができる。

【 0 0 7 1 】

図 2 5 に示すように、放熱フィン 6 3 をヒートシンクベース部 5 3 にかしめ加工によりかしめた後、ヒートシンクセット治具 7 3 に、ヒートシンクベース部 5 3 を載置する。次に、パワーモジュール部 1 1 を上方から、ヒートシンクベース部 5 3 に向けて押圧することにより、モジュールベース 1 3 に形成された凹凸部 1 5 と、ヒートシンクベース部 5 3 に形成された凹凸部 5 5 とが互いに嵌合し、パワーモジュール部 1 1 がヒートシンクベース部 5 3 に接合される。

【 0 0 7 2 】

その後、ヒートシンクセット治具 7 3 を取り外すことで、図 2 6 に示すように、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 (ヒートシンクベース部 5 3) とが一体化されたパワー半導体装置 1 が製造される。ヒートシンクセット治具 7 3 を用いてパワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とを一体化することで、ヒートシンクセット治具 7 3 を用いない場合と比べて、一体化をより簡易的にかつ効率的に行うことができる。

【 0 0 7 3 】

また、ヒートシンクセット治具 7 3 は、放熱フィン 6 3 とヒートシンクベース部 5 3 とが一体化に形成されたヒートシンク 5 1 b、5 1 c を用いた場合にも適用することができる。図 2 7 に示すように、放熱フィン 6 3 とヒートシンクベース部 5 3 とが一体的に形成されたヒートシンク 5 1 b、5 1 c を、ヒートシンクセット治具 7 3 に載置する。

【 0 0 7 4 】

次に、パワーモジュール部 1 1 を上方から、ヒートシンクベース部 5 3 に向けて押圧することにより、モジュールベース 1 3 に形成された凹凸部 1 5 と、ヒートシンクベース部 5 3 に形成された凹凸部 5 5 とが互いに嵌合し、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンクベース部 5 3 とが一体化される。

【 0 0 7 5 】

その後、ヒートシンクセット治具 7 3 を取り外すことで、図 2 8 に示すように、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とが一体化されたパワー半導体装置 1 が製造される。放熱フィン 6 3 とヒートシンクベース部 5 3 とが一体化に形成されたヒートシンク 5 1 の場合には、ヒートシンクセット治具 7 3 を用いることで、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とを容易に一体化することができる。

【 0 0 7 6 】

なお、ヒートシンクベース部 5 3 と放熱フィン 6 3 とを一体的に形成したヒートシンク

10

20

30

40

50

5 1 b、5 1 cの場合、図 5 に示すプレス刃 7 1 に替えて、プレス刃 7 1 の先端をフラットな形状とした治具（図示せず）を使用してもよい。この場合には、その治具をヒートシンクベース部 5 3 に接触させた状態でパワーモジュール部 1 1 を上方から押圧することで、パワーモジュール部 1 1 をヒートシンクベース部 5 3 に接合することができる。

【0077】

また、放熱フィン 6 3 としては、Y 軸方向に沿って一様に形成されている場合を例に挙げて説明した（図 2 3 参照）。放熱フィン 6 3 としては、これに限られるものではなく、図 2 9 に示すように、Y 軸方向に沿って不連続に形成された放熱フィン 6 3 a と放熱フィン 6 3 b とからなる放熱フィン 6 3 でもよい。

【0078】

この場合においても、図 3 0 に示すように、放熱フィン 6 3 の配置態様として、ヒートシンクベース部 5 3 の外周に沿って位置する外周領域を除く態様で、放熱フィン 6 3 を配置させることが望ましく、ヒートシンクベース部 5 3 における外周領域を、かしめ加工を行う際の荷重受け部 6 5 として機能させることができる。

【0079】

さらに、図 3 1 に示すように、放熱フィン 6 3 a の X 軸方向の位置に対して、放熱フィン 6 3 b の X 軸方向の位置をずらすように配置された放熱フィン 6 3 でもよい。この場合には、互いに隣り合う放熱フィン 6 3 a と放熱フィン 6 3 a との間に放熱フィン 6 3 b が位置することで、パワー半導体装置 1 としての放熱性を向上させることができる。また、図 3 2 に示すように、ヒートシンクベース部 5 3 における外周領域を、かしめ加工を行う際の荷重受け部 6 5 として機能させることができる。

【0080】

また、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とを一体化したパワー半導体装置 1 では、パワーモジュール部 1 1 のモジュールベース 1 3 のサイズは、パワーモジュール部 1 1（金型）において一義的に設定されている。このため、パワー半導体装置 1（パワーモジュール部 1 1）において発生する熱の発熱密度が変わる場合には、ヒートシンクベース部 5 3 の厚さを除くサイズ（幅と奥行き）、放熱フィン 6 3 の枚数、放熱フィン 6 3 のサイズを変えることで、それぞれの発熱密度に応じた放熱能力を確保することができる。

【0081】

すなわち、一つのパワーモジュール部 1 1 に対して、仕様に応じて発生する様々な発熱量に対応しうるヒートシンク 5 1 をパワーモジュール部 1 1 に接合させることができる。これにより、特許文献 1～8 のそれぞれに開示された、モールド樹脂から構成されるモールド部とモジュールベース部とにサイズに制約があるパワー半導体装置と比べると、パワーモジュール部 1 1 の共通化を図ることができる。その結果、パワー半導体装置 1（パワーモジュール部 1 1）の生産性向上に寄与することができる。

【0082】

なお、図 3 3 に示すように、完成したパワー半導体装置 1 では、バッファ凹部 1 5 c は空間として残るため、その空間の形成状態からヒートシンクかしめ工程の良否を判定することも可能になる。たとえば、パワー半導体装置 1 に光を照射してその投影面積を測定し、空間のヒートシンクベース部 5 3 からの高さ（寸法線参照）を見積もることで、ヒートシンクかしめ工程の良否を判定することができる。このような測定器具を設けることで、ヒートシンクかしめ工程の良否判定を自動的に行うことができる。

【0083】

また、空間として残るバッファ凹部 1 5 c に空気（風）を流すことで、パワー半導体装置 1 において発生した熱の放熱に寄与することができる。特に、ファン（図示せず）等を用いて、強制的に空冷させる場合に大きな効果を発揮させることができる。

【0084】

実施の形態 2 .

実施の形態 2 に係るパワー半導体装置について説明する。図 3 4 に、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む分解側面図を示し、図 3 5 に、パワーモジュール部 1 1 とヒートシン

10

20

30

40

50

ク 5 1 とを一体化したパワー半導体装置 1 の側面図を示す。

【 0 0 8 5 】

図 3 4 および図 3 5 に示すように、パワー半導体装置 1 におけるヒートシンクベース部 5 3 は、放熱拡散部 5 3 a と嵩上げ部 5 3 b とから構成される。嵩上げ部 5 3 b は、放熱拡散部 5 3 a からパワーモジュール部 1 1 側に向かって突出するように形成されている。なお、これ以外の構成については、図 1 等に示すパワー半導体装置 1 の構成と同様なので、同一部材には同一符号を付し、必要である場合を除きその説明を繰り返さないこととする。

【 0 0 8 6 】

上述したパワー半導体装置 1 では、前述したバッファ凹部 1 5 c が形成されていることによる生産性向上の効果に加えて、次のような効果が得られる。パワー半導体装置 1 では、放熱拡散部 5 3 a からパワーモジュール部 1 1 側に向かって突出するように嵩上げ部 5 3 b が形成されている。これにより、パワーモジュール部 1 1 におけるモールド樹脂 2 9 から突出するリードフレーム 2 3 と、ヒートシンクベース部 5 3 の放熱拡散部 5 3 a との絶縁距離 L を確保することができる。

10

【 0 0 8 7 】

ヒートシンクベース部 5 3 は、切削加工、鍛造加工、押出加工またはダイキャスト加工によって製造されており、嵩上げ部 5 3 b は、そのヒートシンクベース部 5 3 を製造する際に同時に形成される。このため、嵩上げ部 5 3 b の厚み（高さ）を自由に設定することができ、生産性を阻害することなく、仕様に応じた必要な絶縁距離 L を容易に確保することができる。

20

【 0 0 8 8 】

なお、図 3 6 に示すように、リードフレーム 2 3 と放熱拡散部 5 3 a との絶縁距離 L を確保する手法としては、モジュールベース 1 3 の厚さを厚くする構造も考えられる。この場合には、モジュールベース 1 3 が厚くなることに伴ってモジュールベース 1 3 の熱容量が増加することになるため、モールド樹脂 2 9 を成型する際の生産性等を考慮すると、放熱拡散部 5 3 a に嵩上げ部 5 3 b を形成することによって、絶縁距離 L を確保することが望ましい。

【 0 0 8 9 】

また、モジュールベース 1 3 に形成される凹凸部 1 5 として、平坦部 1 5 f に凹部 1 5 a 等が形成された態様の凹凸形状とされ、ヒートシンクベース部 5 3（放熱拡散部 5 3 a）に形成される凹凸部 5 5 として、平坦部 5 5 f に凸部 5 5 a が形成された態様の凹凸形状とされる場合について説明した。凹凸形状としては、モジュールベース 1 3 では、平坦部に凸部が形成された態様の凹凸形状とされ、ヒートシンクベース部 5 3 では、平坦部に凹部が形成された態様の凹凸形状とされていてもよい。この場合には、ヒートシンクベース部 5 3 における凹凸形状が、バッファ凹部を備えることになる。

30

【 0 0 9 0 】

実施の形態 3 .

ここでは、上述した実施の形態 1 または実施の形態 2 において説明したパワー半導体装置 1 を適用した電力変換装置について説明する。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 3 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。

40

【 0 0 9 1 】

図 3 7 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。図 3 7 に示す電力変換システムは、電源 1 0 0、電力変換装置 2 0 0、負荷 3 0 0 から構成される。電源 1 0 0 は、直流電源であり、電力変換装置 2 0 0 に直流電力を供給する。電源 1 0 0 は種々のものにより構成することが可能であり、たとえば、直流系統、太陽電池、蓄電池により構成することができる。また、交流系統に接続された整流回路または A C / D C コンバータにより構成してもよい。また、電源 1 0 0 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 D C / D C コンバータによって構

50

成してもよい。

【0092】

電力変換装置200は、電源100と負荷300の間に接続された三相のインバータであり、電源100から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷300に交流電力を供給する。電力変換装置200は、図37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201と、主変換回路201を制御する制御信号を主変換回路201に出力する制御回路203とを備えている。

【0093】

負荷300は、電力変換装置200から供給された交流電力によって駆動する三相の電動機である。なお、負荷300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、たとえば、ハイブリッド自動車、電気自動車、鉄道車両、エレベーター、または、空調機器向けの電動機として用いられる。

10

【0094】

以下、電力変換装置200の詳細について説明する。主変換回路201は、スイッチング素子と還流ダイオードを備えている（いずれも図示せず）。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100から供給される直流電力が交流電力に変換されて、負荷300に供給される。主変換回路201の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態に係る主変換回路201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。

20

【0095】

主変換回路201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に、上述した実施の形態1または実施の形態2に係るパワー半導体装置1を、半導体モジュール202として構成する。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201の3つの出力端子は、負荷300に接続される。

【0096】

また、主変換回路201は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（図示せず）を備えているが、駆動回路は半導体モジュール202に内蔵されていてもよいし、半導体モジュール202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201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201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203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。

30

【0097】

制御回路203は、負荷300に所望の電力が供給されるように、主変換回路201のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷300に供給すべき電力に基づいて主変換回路201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。たとえば、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201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に、主変換回路201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またはオフ信号を駆動信号として出力する。

40

【0098】

本実施の形態に係る電力変換装置では、主変換回路201の各スイッチング素子および

50

各還流ダイオードの少なくともいずれかに、実施の形態 1 または実施の形態 2 において説明したパワー半導体装置 1 を、半導体モジュール 2 0 2 として適用する。これにより、電力変換装置の生産性の向上に寄与することができる。

【 0 0 9 9 】

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について説明したが、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 レベルまたは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、D C / D C コンバータまたは A C / D C コンバータに本開示を適用することも可能である。

10

【 0 1 0 0 】

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、たとえば、放電加工機、レーザー加工機、誘導加熱調理器または非接触器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または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。

【 0 1 0 1 】

なお、各実施の形態において説明したパワー半導体装置については、必要に応じて種々組み合わせることが可能である。

【 0 1 0 2 】

今回開示された実施の形態は例示であってこれに制限されるものではない。本開示は上記で説明した範囲ではなく、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でのすべての変更が含まれることが意図される。

20

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 0 3 】

本開示は、パワーモジュールとヒートシンクとを一体化したヒートシンク一体型のパワー半導体装置に有効に利用される。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 4 】

1 パワー半導体装置、1 1 パワーモジュール部、1 3 モジュールベース、1 5 凹凸部、1 5 a、1 5 b 凹部、1 5 c バッファ凹部、1 5 f 平坦部分、1 7 凹凸部、1 7 a、1 7 b 凸部、1 7 f 平坦部分、2 1 絶縁シート、2 3 リードフレーム、2 5 はんだ、2 7 チップ、2 9 モールド樹脂、5 1、5 1 a、5 1 b、5 1 c ヒートシンク、5 3 ヒートシンクベース部、5 3 a 放熱拡散部、5 3 b 嵩上げ部、5 5 凹凸部、5 5 a、5 5 b 凸部、5 5 f 平坦部、5 7 凹凸部、5 7 a、5 7 b 凹部、5 7 c バッファ凹部、5 7 f 平坦部、6 1 フィンかしめ部、6 3 放熱フィン、6 3 a、6 3 b 放熱フィン、6 5 荷重受け部、7 1 プレス刃、7 3 ヒートシンクセット治具。

30

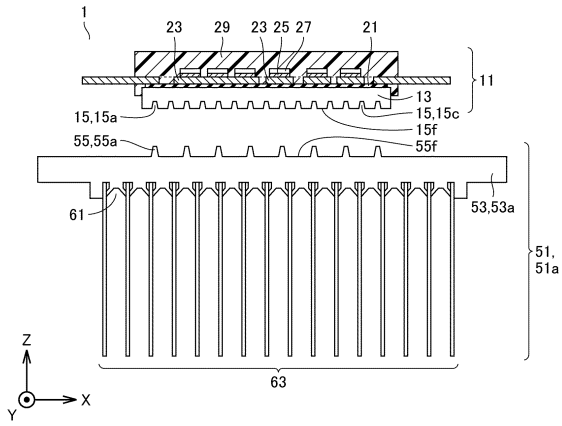
40

50

【図面】

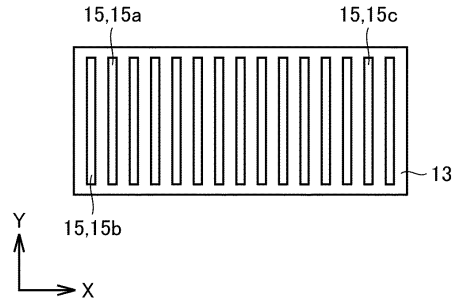
【図 1】

図1



【図 2】

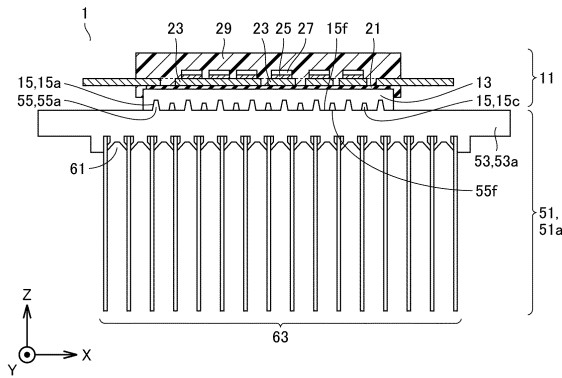
図2



10

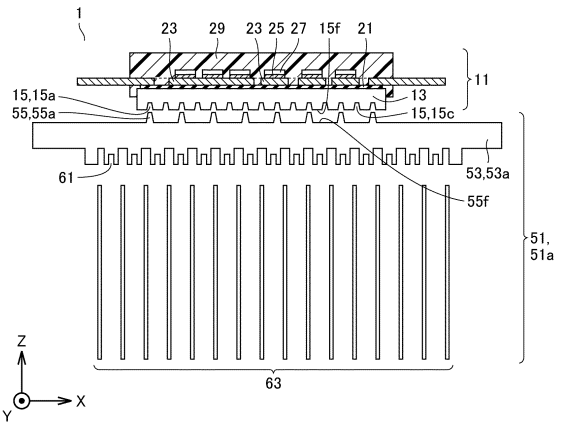
【図 3】

図3



【図 4】

図4



20

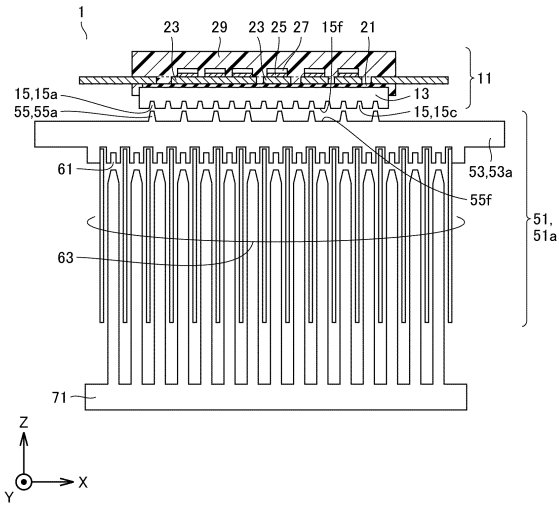
30

40

50

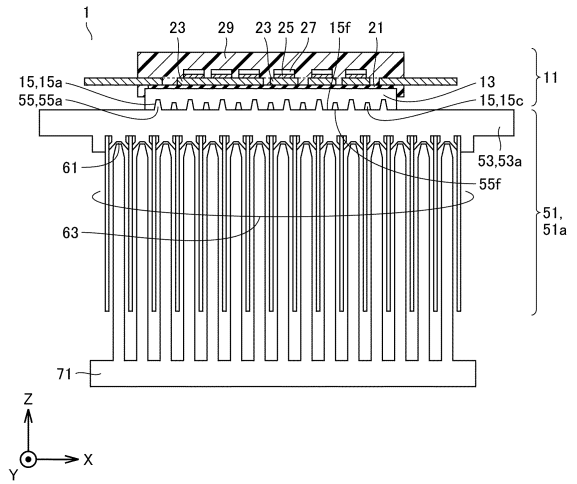
【図5】

図5



【図6】

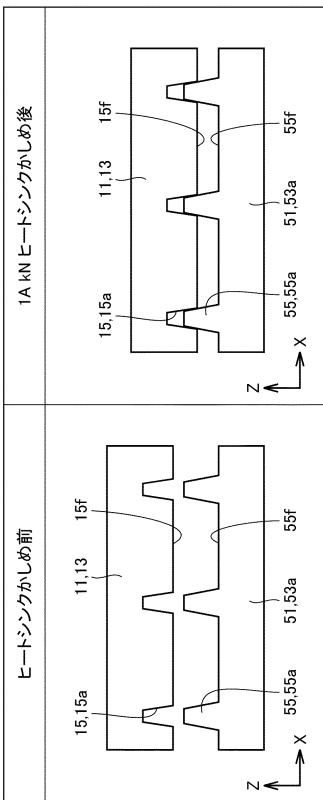
図6



10

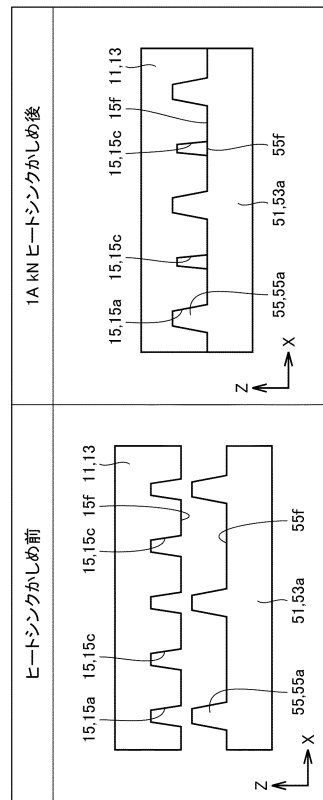
【図7】

図7



【図8】

図8



20

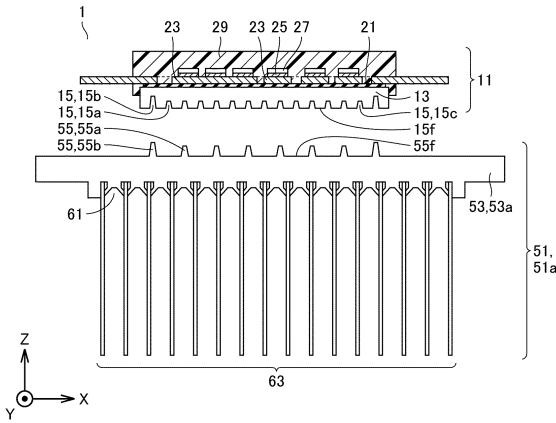
30

40

50

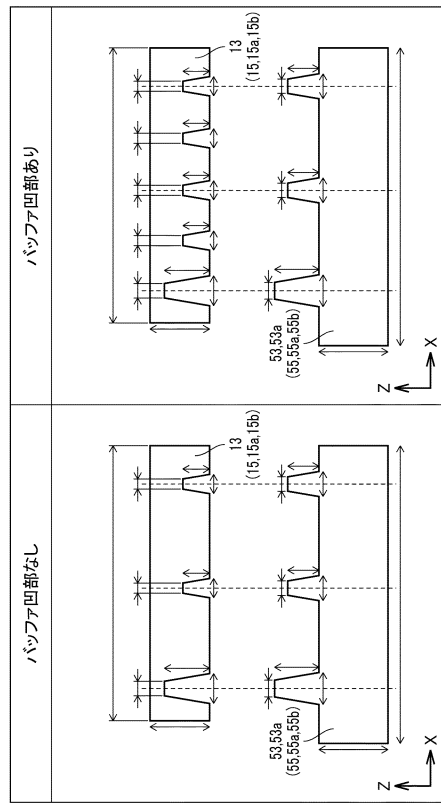
【図 9】

図9



【図 10】

図10

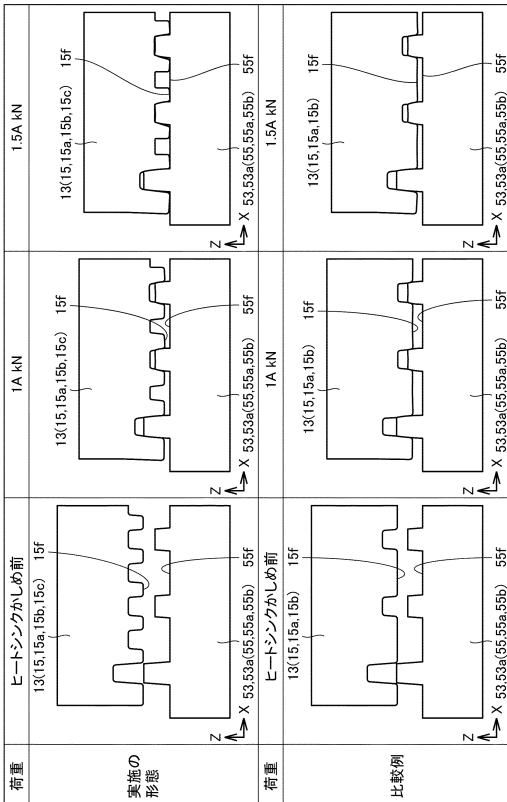


10

20

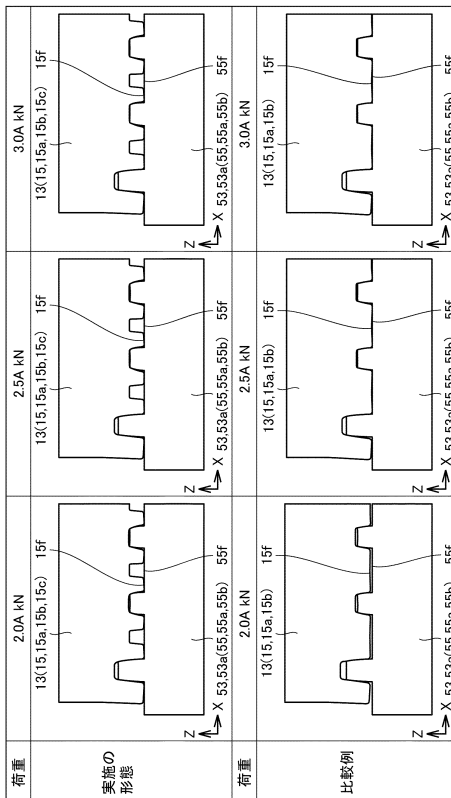
【図 11】

図11



【図 12】

図12



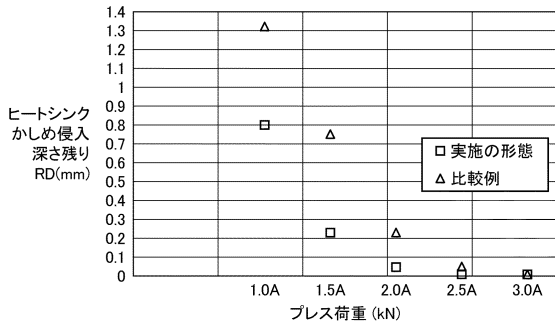
30

40

50

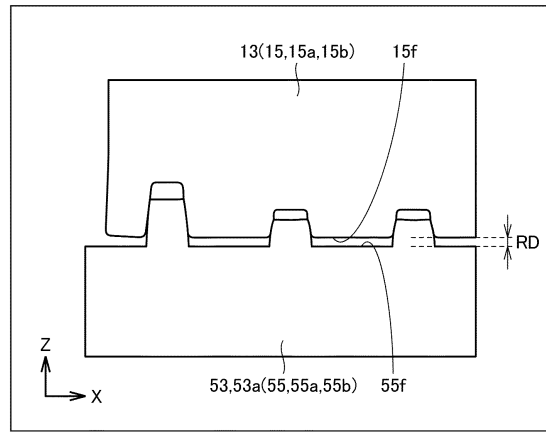
【 図 1 3 】

図13



【 図 1 4 】

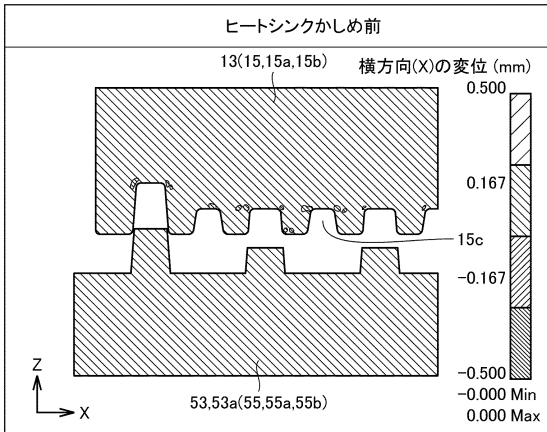
図14



10

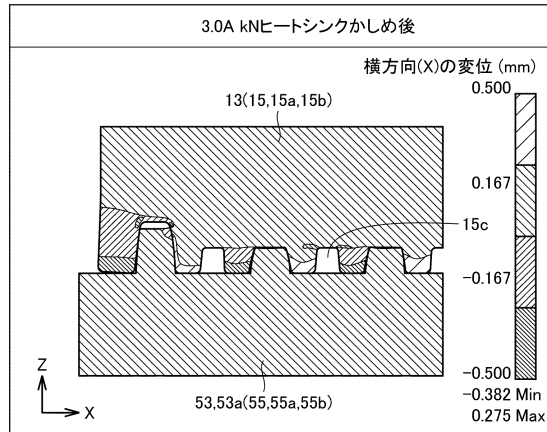
【 図 1 5 】

図15



【 図 1 6 】

図16



20

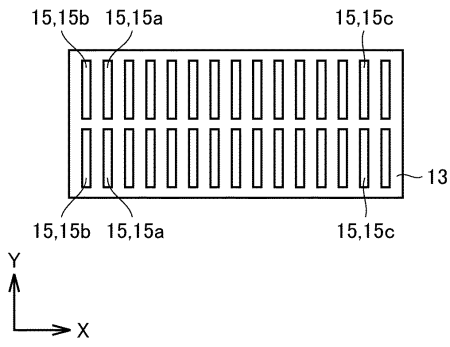
30

40

50

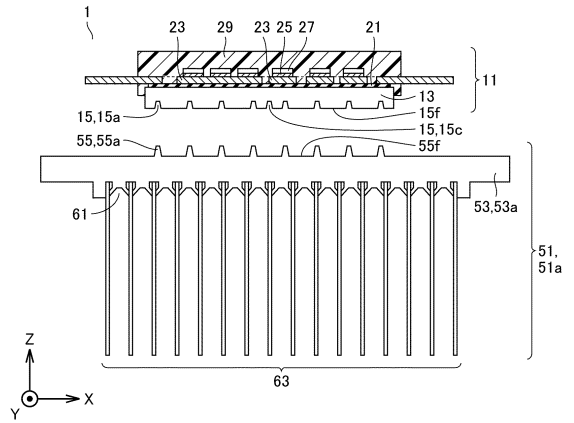
【 図 1 7 】

図17



【 図 1 8 】

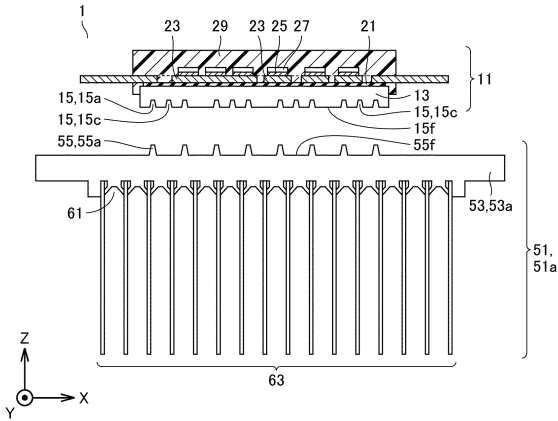
図18



10

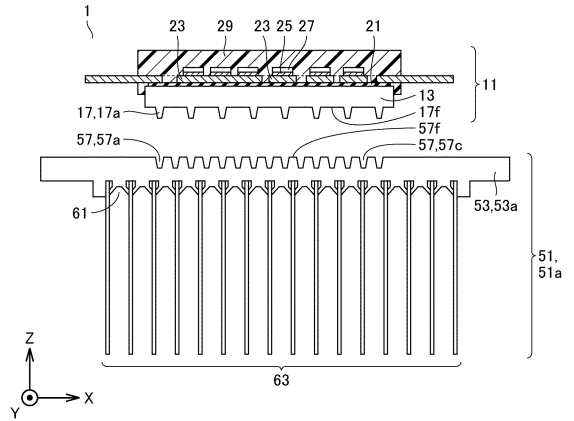
【 図 1 9 】

図19



【 図 2 0 】

図20



20

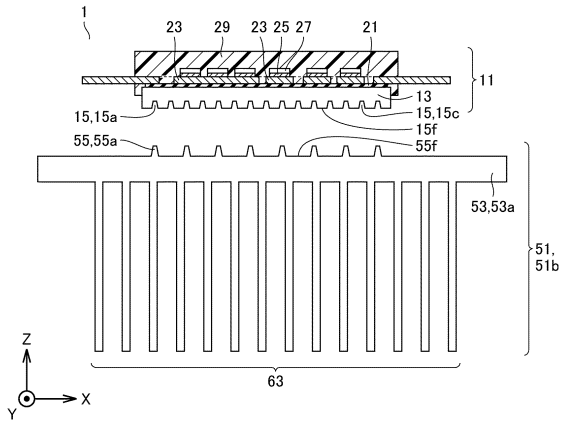
30

40

50

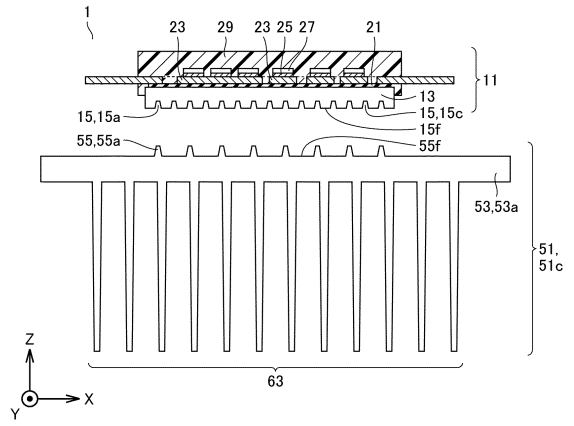
【図 2 1】

図21



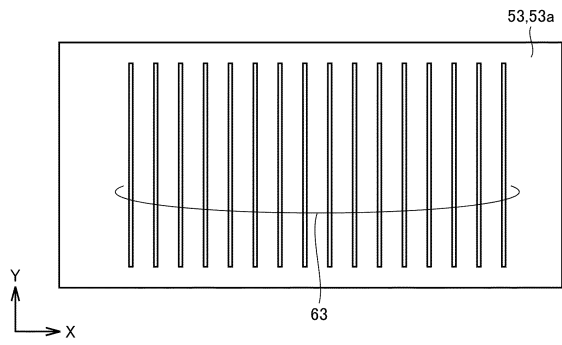
【図 2 2】

図22



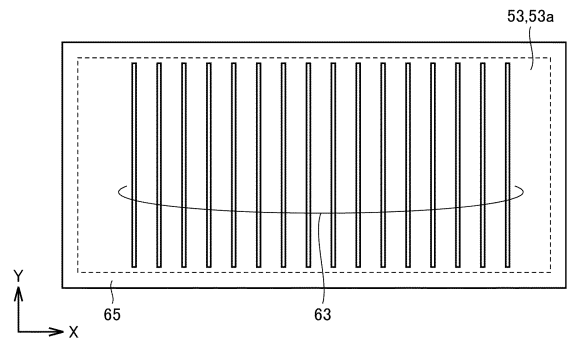
【図 2 3】

図23



【図 2 4】

図24



10

20

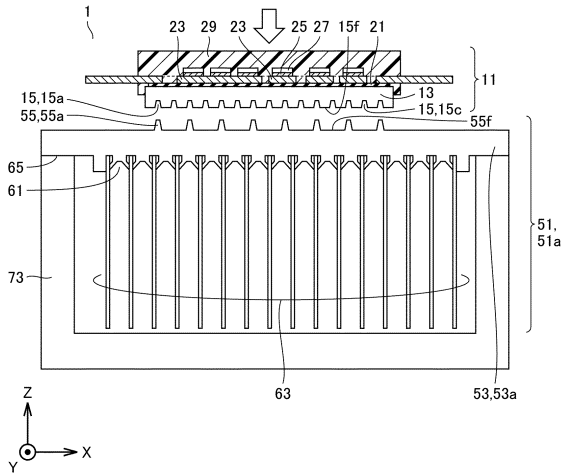
30

40

50

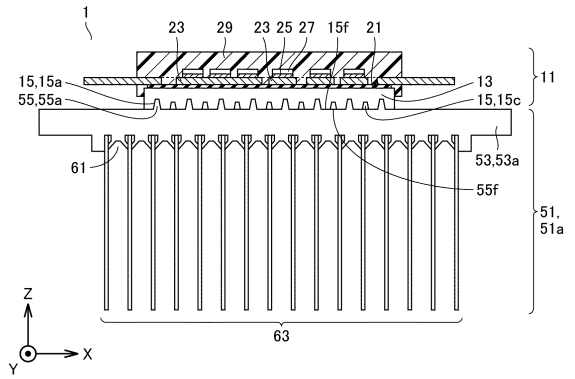
【 2 5 】

图25



【 2 6 】

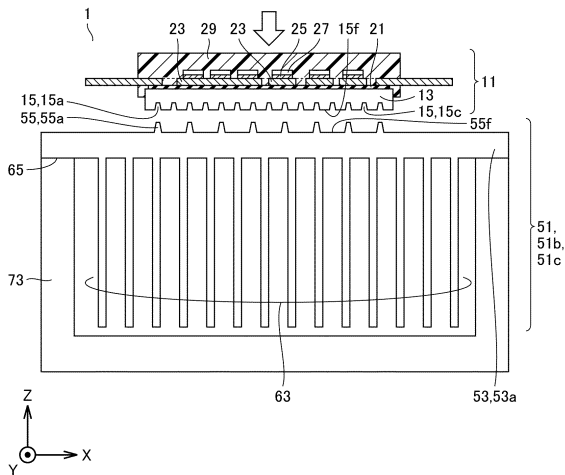
图26



10

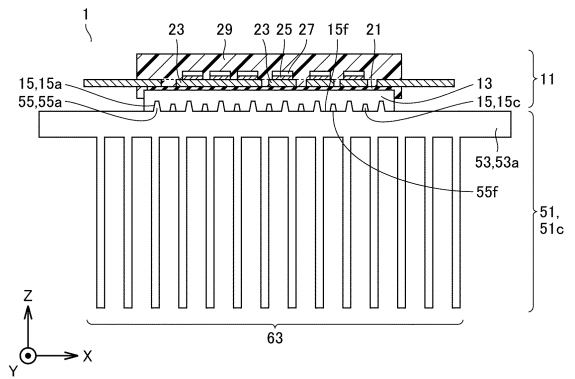
【 2 7 】

图27



【 2 8 】

图28



20

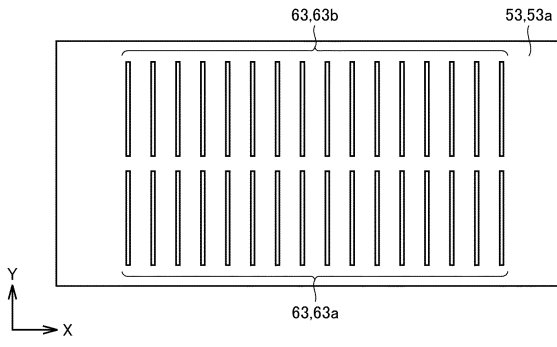
30

40

50

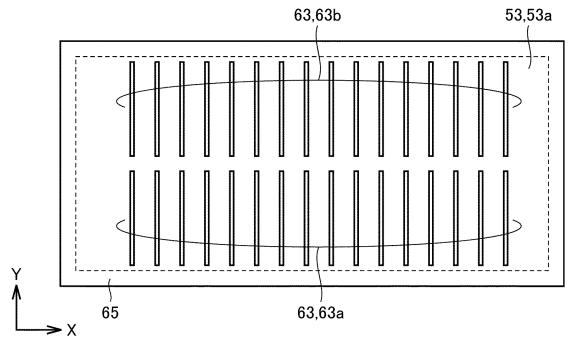
【 29 】

29



【 30 】

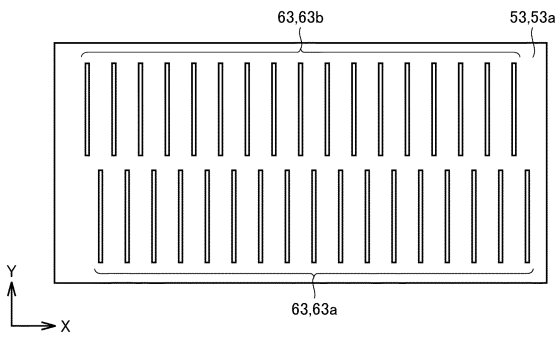
30



10

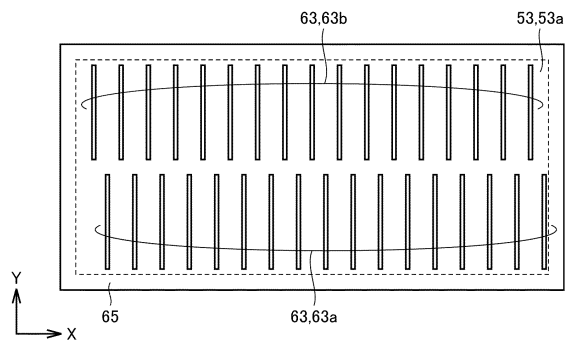
【 31 】

31



【 32 】

32



20

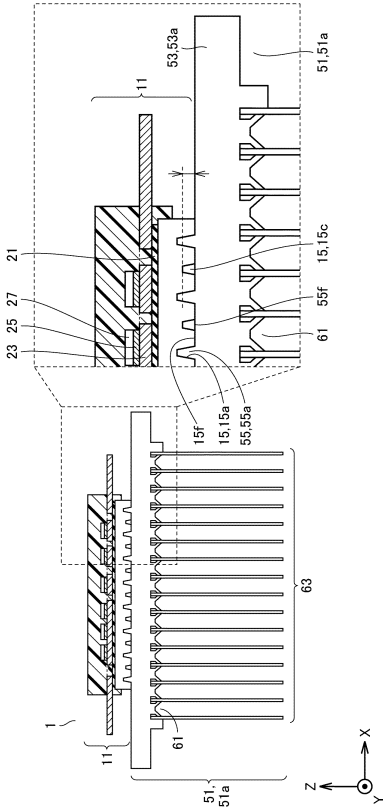
30

40

50

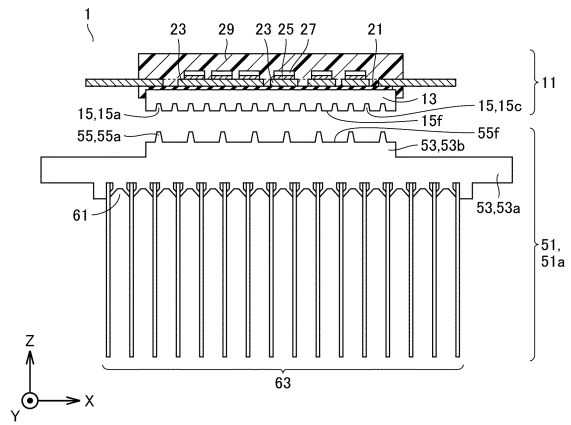
【 3 3 】

图33



【 3 4 】

图34

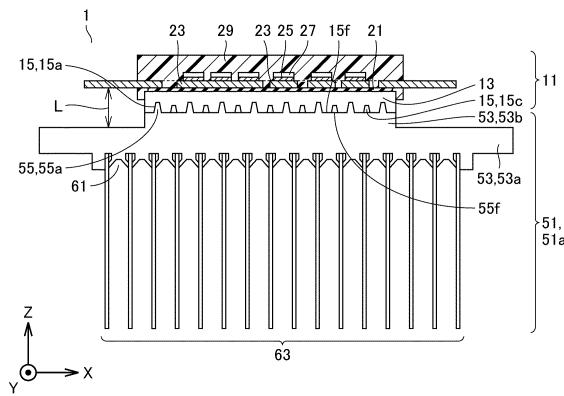


10

20

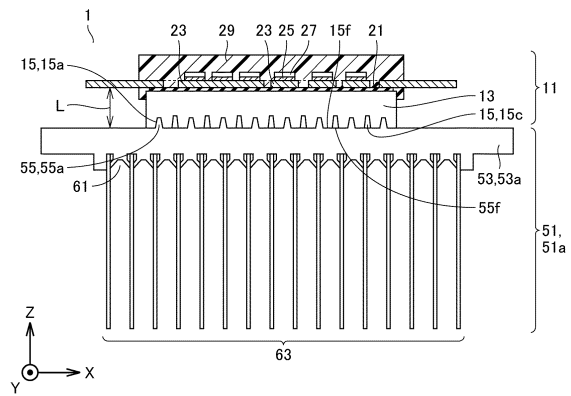
【 3 5 】

图35



【 3 6 】

图36



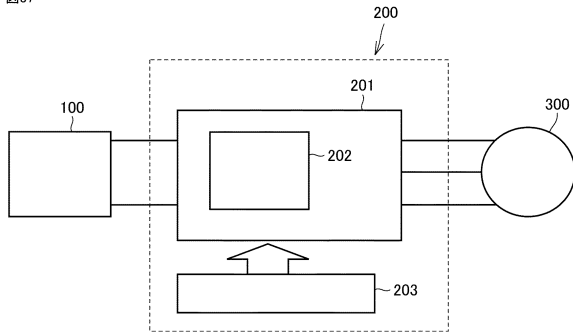
30

40

50

【 37 】

37



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 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 多田 晴菜
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
(56)参考文献 特開2013-165122(JP,A)
国際公開第2018/097027(WO,A1)
特開2014-179394(JP,A)
国際公開第2018/079396(WO,A1)
特開2011-155118(JP,A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 23/29
23/34 - 23/36
23/373 - 23/427
23/44
23/467 - 23/473