

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7573748号
(P7573748)

(45)発行日 令和6年10月25日(2024.10.25)

(24)登録日 令和6年10月17日(2024.10.17)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 1 L	23/40 (2006.01)	H 0 1 L	23/40 Z
H 0 1 L	23/36 (2006.01)	H 0 1 L	23/36 C
H 0 1 L	25/07 (2006.01)	H 0 1 L	23/36 Z
H 0 1 L	25/18 (2023.01)	H 0 1 L	25/04 C

請求項の数 11 (全32頁)

(21)出願番号	特願2023-530337(P2023-530337)	(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6月14日(2022.6.14)	(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/JP2022/023763	(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
(87)国際公開番号	WO2022/265003	(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12月22日(2022.12.22)	(72)発明者	六分一 穂隆 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11月22日(2023.11.22)	(72)発明者	寺田 隼人
(31)優先権主張番号	特願2021-101541(P2021-101541)		
(32)優先日	令和3年6月18日(2021.6.18)		
(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備え、

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では、

前記第1凹凸部および前記第2凹凸部は、前記第1凹凸部と前記第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有し、

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凹凸部は、空間として残されるバッファ凹部を有し、

前記第1凹凸部は、前記モジュールベースにおける、前記電力用半導体素子が搭載されている一方の表面とは反対側の他方の表面に形成され、

前記バッファ凹部は、前記他方の表面における平坦部において、前記一方の表面に向かって形成され、かつ、前記第1方向と交差する第2方向に延在するように形成された、パワー半導体装置。

【請求項2】

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備え、

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では、

前記第1凹凸部および前記第2凹凸部は、前記第1凹凸部と前記第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有し、

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2凹凸部は、空間として残されるバッファ凹部を有し、

前記バッファ凹部は、前記ヒートシンクベース部における平坦部において、前記モジュールベースが接合されている側とは反対側に向かって形成され、かつ、前記第1方向と交差する第2方向に延在するように形成された、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、複数の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または2に記載のパワー半導体装置。

【請求項4】

前記ヒートシンクベース部は、

複数の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または2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凹凸部のいずれかには、不連続な部分が設けられた、請求項1または2に記載のパワー半導体装置。

【請求項6】

複数の前記放熱フィンは、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または2に記載のパワー半導体装置。

【請求項7】

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って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、前記第1凹凸部および前記第2凹凸部は、前記第1凹凸部と前記第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有するように形成され、

前記モジュールベースを用意する工程では、

前記第1凹凸部は、前記モジュールベースにおける、前記電力用半導体素子が搭載される一方の表面とは反対側の他方の表面に形成され、

前記第1凹凸部は、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、空間として残されるバッファ凹部を有するように形成され、

10

20

30

40

50

前記バッファ凹部は、前記他方の表面における平坦部において、前記一方の表面に向かって形成され、かつ、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に延在するように形成される、パワー半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

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って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 凹凸部とを互いに対向させて、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、前記第 1 凹凸部および前記第 2 凹凸部は、前記第 1 凹凸部と前記第 2 凹凸部とが互いに嵌合して第 1 方向に延在する部分を有するように形成され、

前記ヒートシンクベース部を用意する工程では、

前記第 2 凹凸部は、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、空間として残されるバッファ凹部を有するように形成され、

前記バッファ凹部は、前記ヒートシンクベース部における平坦部において、前記モジュールベースが接合される側とは反対側に向かって形成され、かつ、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に延在するように形成される、パワー半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

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接合する工程は、

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を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 7 または 8 に記載のパワー半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

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接合する工程は、

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

を含む、請求項 7 または 8 に記載のパワー半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

請求項 1 または 2 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

10

20

30

40

50

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。

【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10）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第5236127号公報

【文献】特許第5373688号公報

【文献】特許第5418601号公報

【文献】特許第5432085号公報

【文献】特許第6009209号公報

20

【文献】特許第6091633号公報

【文献】特開平06-5750号公報

【文献】特開2011-155118号公報

【文献】国際公開WO2018-079396号

【文献】国際公開WO2018-097027号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

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。

30

【0005】

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】

【0006】

本開示に係る一の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備えている。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には、第2凹凸部が形成され、ヒートシンク部は、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では、第1凹凸部および第2凹凸部は、第1凹凸部と第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有している。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凹凸部は、空間として残されるバッファ凹部を有している。第1凹凸部は、モジュールベースにおける、電力用半導体素子が搭載されている一方の表面とは反対側の他方の表面に形成されている。バッファ凹部は、他方の表面における平坦部において、一方の表面に向かって形成され、かつ、第1方向と交差する

40

50

第2方向に延在するように形成されている。

本開示に係る他の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備えている。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には、第2凹凸部が形成され、ヒートシンク部は、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では、第1凹凸部および第2凹凸部は、第1凹凸部と第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有している。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2凹凸部は、空間として残されるバッファ凹部を有している。バッファ凹部は、ヒートシンクベース部における平坦部において、モジュールベースが接合されている側とは反対側に向かって形成され、かつ、第1方向と交差する第2方向に延在するように形成されている。

10

【0007】

本開示に係る一の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って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、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、第1凹凸部および第2凹凸部は、第1凹凸部と第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有するように形成される。モジュールベースを用意する工程では、第1凹凸部は、モジュールベースにおける、電力用半導体素子が搭載される一方の表面とは反対側の他方の表面に形成される。第1凹凸部は、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、空間として残されるバッファ凹部を有するように形成される。バッファ凹部は、他方の表面における平坦部において、一方の表面に向かって形成され、かつ、第1方向と交差する第2方向に延在するように形成される。

20

本開示に係る他の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って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、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、第1凹凸部および第2凹凸部は、第1凹凸部と第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有するように形成される。ヒートシンクベース部を用意する工程では、第2凹凸部は、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、空間として残されるバッファ凹部を有するように形成される。バッファ凹部は、ヒートシンクベース部における平坦部において、モジュールベースが接合される側とは反対側に向かって形成され、かつ、第1方向と交差する第2方向に延在するように形成される。

30

40

【0008】

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】

【0009】

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

50

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、バッファ凹部は、第1凹凸部と第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分に対して、第1方向と交差する第2方向に延在するように形成されている。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。

【0010】

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、第1凹凸部および第2凹凸部は、第1凹凸部と第2凹凸部とが互いに嵌合して第1方向に延在する部分を有するように形成される。第1凹凸部および第2凹凸部のいずれかには、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、空間として残されるバッファ凹部が、第1方向と交差する第2方向に延在するように形成される。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することができる。

10

【0011】

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】

【0012】

20

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

【図2】同実施の形態において、パワー半導体装置を示す、一部断面を含む第2分解側面図である。

【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、一部断面を含む第1側面図である。

【図4】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、一部断面を含む第2側面図である。

【図5】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。

30

【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、図6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1の図である。

【図9】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。

【図10】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。

40

【図11】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12】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、一部断面を含む第1分解側面図である。

【図13】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、一部断面を含む第2分解側面図である。

【図14】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15】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。

50

【図 16】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 17】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 18】同実施の形態において、モジュールベースに形成される凹凸部の配置構造と、ヒートシンクベース部に形成される凹凸部の配置構造とを説明するための第 1 の図である。

【図 19】同実施の形態において、モジュールベースに形成される凹凸部の配置構造と、ヒートシンクベース部に形成される凹凸部の配置構造とを説明するための第 2 の図である。

【図 20】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、一部断面を含む第 1 分解側面図である。

10

【図 21】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、一部断面を含む第 2 分解側面図である。

【図 22】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、一部断面を含む第 1 分解側面図である。

【図 23】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、一部断面を含む第 2 分解側面図である。

【図 24】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、一部断面を含む第 1 分解側面図である。

【図 25】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、一部断面を含む第 2 分解側面図である。

20

【図 26】同実施の形態において、凹凸部の構造の第 5 変形例を示す、一部断面を含む第 1 分解側面図である。

【図 27】同実施の形態において、凹凸部の構造の第 5 変形例を示す、一部断面を含む第 2 分解側面図である。

【図 28】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変形例を示す下面図である。

【図 29】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配置構造の第 1 例を示す下面図である。

【図 30】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配置構造の第 2 例を示す下面図である。

30

【図 31】同実施の形態において、図 29 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 32】同実施の形態において、図 29 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、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 33】同実施の形態において、図 29 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、図 32 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 34】同実施の形態において、図 30 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 35】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、一部断面を含む第 1 分解側面図である。

40

【図 36】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、一部断面を含む第 2 分解側面図である。

【図 37】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、一部断面を含む第 1 分解側面図である。

【図 38】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、一部断面を含む第 2 分解側面図である。

【図 39】同実施の形態において、図 35 および図 36 に示すヒートシンクの作用効果を説明するための、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 40】同実施の形態において、図 35 および図 36 に示すヒートシンクの作用効果を

50

説明するための、図 3 9 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 4 1】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 4 2】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 4 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の他の例を示す、一部断面を含む側面図である。

【図 4 4】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。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

各実施の形態に係るパワー半導体装置は、ヒートシンク一体型のパワー半導体モジュールである。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がかしめ加工によって一体化されている。パワー半導体装置の構造の説明のために、必要に応じて X 軸、Y 軸および Z 軸を使用して説明する。

【0014】

実施の形態 1 .

実施の形態 1 に係るパワー半導体装置の一例について説明する。図 1 に、パワーモジュール部 11 とヒートシンク 51 とをかしめ加工によって一体化する前の、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む第 1 分解側面図を示す。図 2 に、パワーモジュール部 11 とヒートシンク 51 とをかしめ加工によって一体化する前の、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む第 2 分解側面図を示す。

20

【0015】

図 3 に、パワーモジュール部 11 とヒートシンク 51 とをかしめ加工によって一体化した後の、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む第 1 側面図を示す。図 4 に、パワーモジュール部 11 とヒートシンク 51 とをかしめ加工によって一体化した後の、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む第 2 側面図を示す。

【0016】

図 1、図 2、図 3 および図 4 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 11 およびヒートシンク 51 を備えている。パワーモジュール部 11 には、第 1 凹凸部としての凹凸部 15 が形成されている。ヒートシンク 51 には、第 2 凹凸部としての凹凸部 55 が形成されている。

30

【0017】

パワーモジュール部 11 は、モジュールベース 13 を備えている。モジュールベース 13 の一方の表面には、絶縁シート 21 を介在させてリードフレーム 23 が配置されている。リードフレーム 23 には、はんだ 25 によってチップ 27 が接合されている。チップ 27 には、電力半導体素子が形成されている。チップ 27 等は、封止材としてのモールド樹脂 29 によって封止されている。モールド樹脂 29 の側面から、リードフレーム 23 の一部が外部端子として突出している。

40

【0018】

モジュールベース 13 の他方の表面には、凹凸部 15 が形成されている。凹凸部 15 は、平坦部 15 f に凹部 15 a 等が形成された態様の凹凸形状とされる。凹凸部 15 は、凹部 15 a とバッファ凹部 15 c とを含む。このパワー半導体装置 1 では、モジュールベース 13 は、凹凸部 15 がバッファ凹部 15 c を備える態様で形成されている。凹部 15 a は、第 1 方向としての Y 軸方向に延在する。バッファ凹部 15 c は、第 2 方向としての X 軸方向に延在する。なお、バッファ凹部 15 c は、凹部 15 a が延在する方向と略直交する方向に形成されている他に、バッファ凹部 15 c が、凹部 15 a が延在する方向と交差する方向に形成されていればよい。

【0019】

50

ヒートシンク 5 1 は、放熱拡散部 5 3 a を含むヒートシンクベース部 5 3 と、放熱フィン 6 3 とを備えている。ここでは、ヒートシンクベース部 5 3 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。ヒートシンクベース部 5 3 (放熱拡散部 5 3 a) には、凹凸部 5 5 が形成されている。凹凸部 5 5 は、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。

【0020】

放熱フィン 6 3 は、ヒートシンクベース部 5 3 において、凹凸部 5 5 が形成されている側とは反対の側に配置されている。放熱フィン 6 3 は、Y-Z 平面に略平行に配置されている。放熱フィン 6 3 は、X 軸方向に互いに間隔を隔てて配置されている。

10

【0021】

図 3 および図 4 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 1 1 に形成された凹凸部 1 5 と、ヒートシンク 5 1 に形成された凹凸部 5 5 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 1 1 とヒートシンク 5 1 とが接合されて、一体化されている。

【0022】

具体的に、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンクベース部 5 3 とは、凹凸部 1 5 と凹凸部 5 5 とが互いに嵌合する部分を含むとともに、凹凸部 1 5 と凹凸部 5 5 とが互いに嵌合しない部分を含む態様で、一体化されている。凹凸部 1 5 と凹凸部 5 5 とが互いに嵌合しない部分として、このパワー半導体装置 1 では、図 4 に示すように、パワーモジュール部 1 1 の凹凸部 1 5 は、バッファ凹部 1 5 c を含む。バッファ凹部 1 5 c には、凸部 5 5 a は嵌合していない。バッファ凹部 1 5 c は、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンクベース部 5 3 とが接合された状態で、空間として残されている。

20

【0023】

モジュールベース 1 3 は、たとえば、切削加工、ダイキャスト加工、鍛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 1 3 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 5 3 は、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工または押出加工等によって形成される。ヒートシンクベース部 5 3 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

【0024】

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 1 5 a およびバッファ凹部 1 5 c を含む凹凸部 1 5 が形成されたモジュールベース 1 3 を用意する (図 5 参照)。電力半導体素子が形成されたチップ 2 7 をモジュールベース 1 3 に搭載し、モールド樹脂 2 9 により封止することによって、パワーモジュール部 1 1 を形成する (図 5 参照)。また、凹凸部 5 5 およびかしめ部 6 1 が形成されたヒートシンク 5 1 a (5 1) を用意する (図 5 参照)。さらに、板状の複数の放熱フィン 6 3 を用意する (図 5 参照)。

【0025】

次に、図 5 に示すように、パワーモジュール部 1 1 のモジュールベース 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 とが対向するように、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンクベース部 5 3 とを配置する。また、複数の放熱フィン 6 3 を、ヒートシンクベース部 5 3 に形成されたかしめ部 6 1 と対向する位置に配置する。

40

【0026】

次に、図 6 に示すように、複数の放熱フィン 6 3 のそれぞれを、対応する、隣り合うかしめ部 6 1 とかしめ部 6 1 との間に位置する溝 (フィン挿入溝) に挿入し、かしめ部 6 1 に向けて、かしめ器具 (加工ツール) としてのプレス刃 7 1 を挿入する。

【0027】

次に、図 7 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

50

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 8 】

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 および図 4 に示す、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とを一体させたパワー半導体装置 1 が完成する。

【 0 0 2 9 】

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 が嵌合しないバッファ凹部 1 5 c が形成されている。バッファ凹部 1 5 c は、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンクベース部 5 3 とが接合された状態で、空間として残されている。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。

10

【 0 0 3 0 】

まず、図 8 および図 9 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。

20

【 0 0 3 1 】

一方、図 1 0 および図 1 1 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 3 2 】

図 8 および図 9 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。

30

【 0 0 3 3 】

一方、図 1 0 および図 1 1 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、点線丸枠 1 6 内に示すように、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。

40

【 0 0 3 4 】

なお、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 の場合と、バッファ凹部が形成されているモジュールベース 1 3 の場合との双方において、モジュールベース 1 3 の外周部では、凸部 5 5 a が凹部 1 5 a に嵌合することによって、凹部 1 5 a 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 (点線丸枠 1 6 参照) 。

【 0 0 3 5 】

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。

50

【 0 0 3 6 】

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 7 】

このため、ヒートシンクかしめの際の、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、1 0 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。

10

【 0 0 3 8 】

また、バッファ凹部 1 5 c は、凸部 5 5 a が延在する方向と交差する方向に延在することで、X 軸方向と Y 軸方向との双方にアンカー効果を発現することができる。これにより、各方向からパワーモジュール部 1 1 等に作用する外力 (せん断応力) に対して、保持強度を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

さらに、位置決め精度の観点 (緩和) から、図 1 2 および図 1 3 に示すように、凹凸部 1 5 として、凹部 1 5 a の深さよりも深い凹部 1 5 b を設け、凹凸部 5 5 として、凸部 5 5 a の高さよりも高い凸部 5 5 b を設けてもよい。なお、この場合には、モジュールベース 1 3 には、より高い凸部 5 5 b に対応したより深いバッファ凹部 1 5 d が形成される。

20

【 0 0 4 0 】

このような、より深い凹部 1 5 b とより高い凸部 5 5 b とを設けることで、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) に対するモジュールベース 1 3 のおおよその位置合わせを行うことができる。特に、より高い凸部 5 5 b を X 軸方向における端 (正側と負側) に配置することで、位置合わせをより容易に行うことができ、生産性の向上に寄与することができる。

【 0 0 4 1 】

その状態で荷重を加えることで、より高い凸部 5 5 b が、より深い凹部 1 5 b 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。

30

【 0 0 4 2 】

発明者らは、バッファ凹部 1 5 c の効果について、塑性加工解析 (シミュレーション) によって、凸部 5 5 a が凹部 1 5 a にどの程度侵入するかを評価した。次に、この評価について説明する。

【 0 0 4 3 】

まず、解析に用いたモジュールベース 1 3 およびヒートシンクベース部 5 3 のそれぞれのモデルについて説明する。図 1 4 に、X - Z 平面に平行な、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 のモデルを示す。このモデルは、モジュールベース 1 3 にバッファ凹部が形成されていない比較例に係るモデルと、モジュールベース 1 3 にバッファ凹部が形成された実施の形態に係るモデルとに共通である。

40

【 0 0 4 4 】

図 1 5 に、Y - Z 平面に平行な、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 のモデルを示す。このモデルは、モジュールベース 1 3 にバッファ凹部が形成されていない比較例に係るモデルである。図 1 6 に、Y - Z 平面に平行な、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 のモデルを示す。このモデルは、モジュールベース 1 3 にバッファ凹部が形成された実施の形態に係るモデルである。

50

【0045】

モジュールベース13における凹部15a、15bの深さおよび幅等の寸法（寸法線参照）を、数mm程度に設定した。モジュールベース13の厚さ（寸法線参照）を、十数mm程度に設定した。また、バッファ凹部15c、15dの深さおよび幅等の寸法（寸法線参照）を、数mm程度に設定した。

【0046】

ヒートシンクベース部53における凸部55aの高さおよび幅等（寸法線参照）を数mm程度に設定した。ヒートシンクベース部53の厚さ（寸法線参照）を、十mm程度に設定した。凹凸部55（凸部55a、凸部55b）のX軸方向の中心線の位置（点線参照）と、凹凸部15（凹部15a、15b）のX軸方向中心線の位置（点線参照）とを一致させた。

10

【0047】

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、ヒートシンクベース部53の凸部55aが、モジュールベース13の凹部15aにどの程度侵入するかを評価した。

【0048】

その結果を、図17に示す。図17では、プレス荷重と、モジュールベース13とヒートシンクベース部53との隙間RDとの関係を示す。隙間RDは、ヒートシンクかしめ侵入深さの残り長さに相当する。図17では、基準の荷重（1AkN）を加えた場合と、基準の荷重の2.0倍の荷重（2AkN）を加えた場合と、基準の荷重の3.0倍の荷重（3AkN）を加えた場合と、基準の荷重の4.0倍の荷重（4AkN）を加えた場合とをそれぞれ示す。

20

【0049】

ここで、隙間RDが0.05mm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には、比較例では、4AkNの荷重を加える必要があるのに対して、実施の形態1では、2AkNの荷重を加えることでヒートシンクかしめを完了できることが判明した。

【0050】

したがって、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13にバッファ凹部15cを形成することで、ヒートシンクかしめを完了させるために必要なプレス荷重を約50%低減できることがわかった。

30

【0051】

なお、上述した評価結果は一例であり、モジュールベース13およびヒートシンクベース部53において、バッファ凹部15c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。また、モジュールベース13の材料と、ヒートシンクベース部53の材料とが異なる材料である場合について評価したが、モジュールベース13の材料と、ヒートシンクベース部53の材料とが同じ材料である場合についても、材料が異なる場合と同様の効果が得られると考えられる。

40

【0052】

なお、パワーモジュール部11とヒートシンクベース部53とが接合された状態で、空間として残されるバッファ凹部15c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13とヒートシンクベース部53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13とヒートシンクベース部53との引張強度をした際に、モジュールベース13とヒートシンクベース部53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13とヒートシンクベース部53との保持強度が要求される場合には、プレ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。

【0053】

50

また、パワー半導体装置 1 の平面形状が矩形（長方形）である場合には、バッファ凹部は、その機能を果たすように配置されていけばよい。また、凹凸部 1 5 等の寸法を調整することによって、バッファ凹部 1 5 c の配置構造としては、バッファ凹部 1 5 c が長辺に沿って形成されている配置構造と、バッファ凹部 1 5 c が短辺に沿って形成されている配置構造とのいずれの配置構造でもよい。

【 0 0 5 4 】

図 1 8 に、バッファ凹部 1 5 c が長辺に沿って形成されている配置構造の一例を示す。図 1 8 では、ヒートシンクかしめ前のヒートシンクベース部 5 3 と、モジュールベース 1 3 とが示されている。また、ヒートシンクかしめ後のヒートシンク一体型パワーモジュール（パワー半導体装置 1 ）が示されている。図 1 8 における右上図に示すように、モジュールベース 1 3 には、凹部 1 5 a が Y 軸方向（短辺）に沿って形成されているとともに、バッファ凹部 1 5 c が X 軸方向（長辺）に沿って形成されている。

10

【 0 0 5 5 】

一方、図 1 9 に、バッファ凹部 1 5 c が短辺に沿って形成されている配置構造の一例を示す。図 1 9 では、ヒートシンクかしめ前のヒートシンクベース部 5 3 と、モジュールベース 1 3 とを示す。また、ヒートシンクかしめ後のヒートシンク一体型パワーモジュール（パワー半導体装置 1 ）を示す。図 1 9 における右上図に示すように、モジュールベース 1 3 には、凹部 1 5 a が X 軸方向（長辺）に沿って形成されているとともに、バッファ凹部 1 5 c が Y 軸方向（短辺）に沿って形成されている。

【 0 0 5 6 】

（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 1 3 に形成されたバッファ凹部 1 5 c として、X 軸方向にそれぞれ延在する 4 つのバッファ凹部 1 5 c が形成されている場合を例に挙げて説明した（図 2 参照）。

20

【 0 0 5 7 】

バッファ凹部 1 5 c としては、これに限られるものではなく、図 2 0 および図 2 1 に示すように、モジュールベース 1 3 に、X 軸方向に延在する 1 つのバッファ凹部 1 5 c が形成されたパワー半導体装置 1 であってもよい。また、図 2 2 および図 2 3 に示すように、モジュールベース 1 3 に、X 軸方向にそれぞれ延在する 2 つのバッファ凹部 1 5 c が形成されたパワー半導体装置 1 であってもよい。このようなバッファ凹部 1 5 c が、少なくとも 1 つ形成されていれば、上述したパワー半導体装置 1 と同様に、プレス荷重を低減することができ、生産性の向上に寄与することができる。

30

【 0 0 5 8 】

また、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 にバッファ凹部 1 5 c 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 5 3 に形成してもよい。図 2 4 および図 2 5 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 1 3 に凹凸部 1 7 が形成されている。凹凸部 1 7 は、平坦部 1 7 f に凸部 1 7 a が形成された態様の凹凸形状とされる。

【 0 0 5 9 】

ヒートシンクベース部 5 3（放熱拡散部 5 3 a）に凹凸部 5 7 が形成されている。凹凸部 5 7 は、凹部 5 7 a とバッファ凹部 5 7 c とを含む。凹部 5 7 a は、Y 軸方向に延在するように形成されている。バッファ凹部 5 7 c は、X 軸方向に延在するように形成されている。凹凸部 5 7 は、平坦部 5 7 f に凹部 5 7 a とバッファ凹部 5 7 c とが形成された態様の凹凸形状とされる。

40

【 0 0 6 0 】

ヒートシンクベース部 5 3 に形成される凹凸部 5 7 が、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンクベース部 5 3 とが接合された状態で、空間として残されるバッファ凹部 1 5 c を含むことで、上述したパワー半導体装置 1 と同様に、プレス荷重を低減することができ、生産性の向上に寄与することができる。

【 0 0 6 1 】

50

さらに、図 2 6 および図 2 7 に示すように、凹凸部 1 7 と凹凸部 5 7 とが形成されたパワー半導体装置 1 の場合、モジュールベース 1 3 に、凸部 1 7 a が延在する方向と交差する方向にバッファ凹部 1 7 c を形成するようにしてもよい。このようなパワー半導体装置 1 においても、上述したパワー半導体装置 1 と同様に、プレス荷重を低減することができ、生産性の向上に寄与することができる。

【 0 0 6 2 】

また、モジュールベース 1 3 に形成される凹凸部 1 5、1 7 およびヒートシンクベース部 5 3 に形成される凹凸部 5 5、5 7 では、凹部 1 5 a 等または凸部 5 5 a 等は、連続的に形成されていてもよいし、不連続となるように部分的に形成されていてもよい。図 2 8 に、一例として、モジュールベース 1 3 に形成される凹凸部 1 5 の凹部 1 5 a が不連続に形成された場合を示す。このような態様で、たとえば、バッファ凹部 1 5 c が不連続に形成されていてもよい。この場合、モジュールベース 1 3 とヒートシンクベース部 5 3 との保持強度が確保されることを前提（条件）として、プレス荷重の低減効果が得られる程度に、凹部 1 5 a またはバッファ凹部 1 5 c の領域（面積）を調整すればよい。

10

【 0 0 6 3 】

さらに、上述したパワー半導体装置 1 では、パワーモジュール部 1 1 に搭載されたチップ 2 7 等を、モールド樹脂 2 9 によって封止する際に、モールド成形金型を用いる場合には、そのモールド成形金型にモジュールベース 1 3 を載置することで、パワーモジュール部 1 1 の反りを低減することができる。

【 0 0 6 4 】

たとえば、モジュールベース 1 3 の凹凸部 1 5 のうち、ヒートシンクベース部 5 3 の凹凸部 5 5、5 7 と嵌合しないバッファ凹部 1 5 a 等に対応する支持部をモールド成形金型に設けることで、モジュールベース 1 3 がモールド成形金型によって下方から確実に支持されることになる。これにより、モールド樹脂 2 9 によって封止した後のパワーモジュール部 1 1 の反り量を低減することができる。その結果、チップ 2 7 またはモールド樹脂 2 9 等に割れが生じるのを抑制することができ、生産性を向上させることができる。

20

【 0 0 6 5 】

（放熱フィン）

ヒートシンク 5 1 の放熱フィン 6 3 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。

30

【 0 0 6 6 】

さらに、放熱フィン 6 3 にエンボス加工を施すことによって、放熱フィン 6 3 の表面に微小な凹みを形成してもよい。放熱フィン 6 3 の表面に凹みを形成することで、放熱フィン 6 3 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 6 3 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 6 3 の表面にエンボス加工を施すことができる。

【 0 0 6 7 】

さらに、エンボス加工が施された放熱フィン 6 3 を積層させた場合には、隣り合う放熱フィン 6 3 と放熱フィン 6 3 との間で接触する接触面積が減少し、放熱フィン 6 3 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 5 3 と放熱フィン 6 3 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。

40

【 0 0 6 8 】

また、エンボス加工を施した放熱フィン 6 3 では、放熱フィン 6 3 をヒートシンクベース部 5 3 にかしめ加工する際に、エンボス加工が施された凹みに、かしめ部 6 1 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 6 3 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 6 3 のヒートシンクベース部 5 3 に対する垂直引張強度を向上させることができる。

50

【0069】

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。

【0070】

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。

10

【0071】

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ることが望ましい。

【0072】

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。

20

【0073】

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。

30

【0074】

また、上述したパワー半導体装置1では、放熱フィン63の配置構造としては、第1配置構造と第2配置構造とが想定される。図29に示すように、第1配置構造は、放熱フィン63がヒートシンクベース部53の長辺と略直交する方向に沿って配置される場合、すなわち、放熱フィン63がヒートシンクベース部53の短辺に沿って配置される構造である。一方、図30に示すように、第2配置構造は、放熱フィン63がヒートシンクベース部53の短辺と略直交する方向に沿って配置される場合、すなわち、放熱フィン63がヒートシンクベース部53の長辺に沿って配置される構造である。

【0075】

第1配置構造は、放熱フィン63を短辺に沿って配置することで、より高い冷却性能が得られる場合に採用される。また、第1配置構造は、放熱フィン63を短辺に沿って配置させないと、パワー半導体素子が動作する最大温度(ジャンクション温度)が、要求される仕様温度以下まで下がらないような場合に採用される。

40

【0076】

一方、第2配置構造は、放熱フィン63を長辺に沿って配置することで、より高い冷却性能が得られる場合に採用される。また、第2配置構造は、放熱フィン63を長辺に沿って配置させないと、パワー半導体素子が動作する最大温度(ジャンクション温度)が、要求される仕様温度以下まで下がらないような場合に採用される。

【0077】

50

また、パワー半導体装置 1 においては、パワーモジュール部 1 1 と、たとえば、制御基板、または、主回路端子に接続されるバスバー等の他の組付け部品と電気的な接続を行う際に、主端子または制御端子等が、ヒートシンクベース部 5 3 の長辺側に配置されている場合の方が組付けやすい場合がある。

【 0 0 7 8 】

一方、パワーモジュール部 1 1 と他の組付け部品と電気的な接続を行う際に、主端子等が、ヒートシンクベース部 5 3 の短辺側に配置されている場合の方が組付けやすい場合がある。上述したパワー半導体装置 1 では、このような周囲の構造に応じて、第 1 配置構造または第 2 配置構造を採用すればよい。

【 0 0 7 9 】

このように、パワー半導体装置 1 では、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とをかしめることによって一体化する構造が採用されている。このため、一つのパワーモジュール部 1 1 に対して、たとえば、発熱量等に応じた放熱フィン 6 3 が配置されたヒートシンク 5 1 を一体化させることができる。これにより、パワーモジュール部 1 1 の共通化を図り、生産性の向上に寄与することができる。

【 0 0 8 0 】

また、パワーモジュール部 1 1 に対して、パワー半導体装置 1 の周囲の組付け部品の配置関係に対応した構造を有するヒートシンク 5 1 を一体化させることができる。このため、たとえば、組付け部品の変更が生じた場合等においては、変更が生じた組付け部品に対応したヒートシンク 5 1 を、パワーモジュール部 1 1 に一体化させればよい。これにより、パワー半導体装置 1 とその周辺の設計の自由度を高めることができる。

【 0 0 8 1 】

さらに、放熱フィン 6 3 の第 1 配置態様では、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 を配置させることで、図 3 1 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 8 2 】

この場合には、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、図 3 2 に示すように、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 8 3 】

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 3 3 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。

【 0 0 8 4 】

このように、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較して、一体化をより簡易的にかつ効率よく行うことができる。

【 0 0 8 5 】

放熱フィン 6 3 の第 2 配置態様についても、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 を配置させることで、図 3 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。その結果、第 1 配置態様と同様に、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 との一体化を、より簡易的にかつ効率よく行うことができる。

【 0 0 8 6 】

また、パワー半導体装置 1 のヒートシンク 5 1 として、放熱フィン 6 3 をヒートシンクベース部 5 3 にかしめた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

10

20

30

40

50

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 を適用してもよい。

【 0 0 8 7 】

図 3 5 および図 3 6 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 3 7 および図 3 8 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 8 8 】

パワー半導体装置 1 において、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、1 つのパワー半導体装置 1 の製造に使用される金型によって決まっている。このため、チップ 2 7 からの発熱量が増大し発熱密度が高くなるような場合には、その発熱密度に応じて、ヒートシンクベース部 5 3 の厚み以外のサイズ（幅、奥行き）、放熱フィンの枚数、放熱フィンのサイズを変更することで、発熱密度に応じた放熱能力を確保することができる。

10

【 0 0 8 9 】

すなわち、1 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。

20

【 0 0 9 0 】

また、このような、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 の場合（図 3 5 および図 3 6 と図 3 7 および図 3 8 とを参照）においても、ヒートシンクセット治具 7 3（図 3 2 参照）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ができる。

【 0 0 9 1 】

図 3 9 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（図 3 5 および図 3 6）を、ヒートシンクセット治具 7 3 に載置する。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 とヒートシンクベース部 5 3 とが一体化される。

30

【 0 0 9 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 4 0 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。なお、図 3 7 および図 3 8 に示すヒートシンク 5 1 c についても、同様に、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 とヒートシンクベース部 5 3 とを一体化することができる。

40

【 0 0 9 3 】

実施の形態 2 .

実施の形態 2 に係るパワー半導体装置の一例について説明する。図 4 1 に、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とをかしめ加工によって一体化する前の、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む分解側面図を示す。図 4 2 に、パワーモジュール部 1 1 とヒートシンク 5 1 とをかしめ加工によって一体化した後の、パワー半導体装置 1 の一部断面を含む側面図を示す。

【 0 0 9 4 】

図 4 1 および図 4 2 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

50

53は、放熱拡散部53aと嵩上げ部53bとから構成される。嵩上げ部53bは、放熱拡散部53aからパワーモジュール部11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。

【0095】

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15c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53aからパワーモジュール部11側に向かって突出するように嵩上げ部53bが形成されている。これにより、図42に示すように、パワーモジュール部11におけるモールド樹脂29から突出するリードフレーム23と、ヒートシンクベース部53の放熱拡散部53aとの絶縁距離Lを確保することができる。

10

【0096】

ヒートシンクベース部53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53bは、そのヒートシンクベース部53を製造する際に同時に形成される。このため、嵩上げ部53b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。

【0097】

なお、図43に示すように、リードフレーム23と放熱拡散部53a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13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13が厚くなることに伴ってモジュールベース13の熱容量が増加することになるため、モールド樹脂29を成型する際の生産性を考慮すると、放熱拡散部53aに嵩上げ部53b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。

20

【0098】

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。

30

【0099】

図44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44に示す電力変換システムは、電源100、電力変換装置200、負荷300から構成される。電源100は、直流電源であり、電力変換装置200に直流電力を供給する。電源100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AC/DCコンバータにより構成してもよい。また、電源100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してもよい。

40

【0100】

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44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。

【0101】

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

50

ーター、または、空調機器向けの電動機として用いられる。

【0102】

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。

【0103】

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。

【0104】

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。

【0105】

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。

【0106】

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202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。

【0107】

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、DC/DCコンバータまたはAC/DCコンバータに本開示を適用することも可能である。

【0108】

10

20

30

40

50

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。

【0109】

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。

【0110】

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。

【産業上の利用可能性】

【0111】

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】

【0112】

1 パワー半導体装置、11 パワーモジュール部、13 モジュールベース、15 凹凸部、15a、15b 凹部、15c、15d バッファ凹部、15f 平坦部分、16 点線丸枠、17 凹凸部、17a、17b 凸部、17c バッファ凹部、17f 平坦部分、21 絶縁シート、23 リードフレーム、25 はんだ、27 チップ、29 モールド樹脂、51、51a、51b、51c ヒートシンク、53 ヒートシンクベース部、53a 放熱拡散部、53b 嵩上げ部、55 凹凸部、55a、55b 凸部、55f 平坦部、57 凹凸部、57a、57b 凹部、57c バッファ凹部、57f 平坦部、61 フィンかしめ部、63 放熱フィン、65 荷重受け部、71 プレス刃、73 ヒートシンクセット治具。

10

20

30

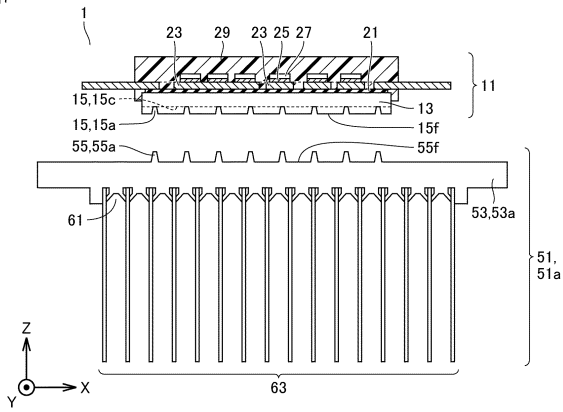
40

50

【図面】

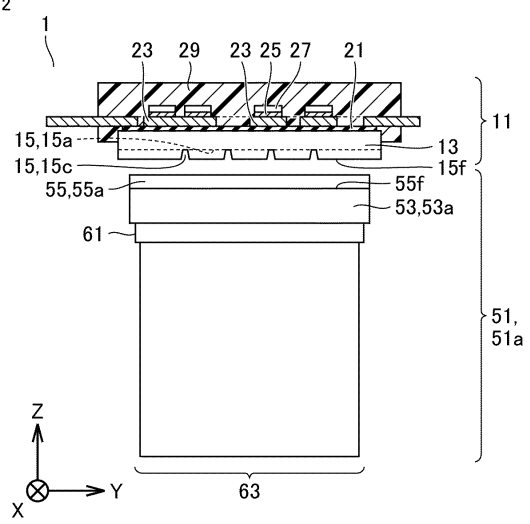
【図 1】

図1



【図 2】

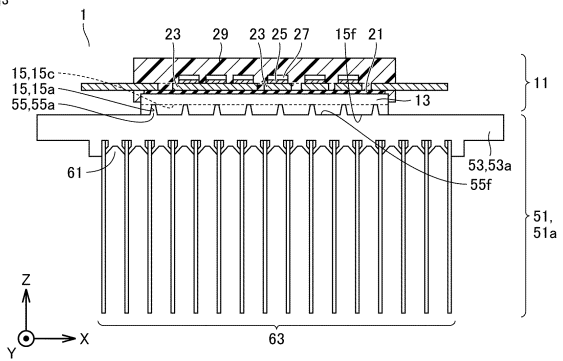
図2



10

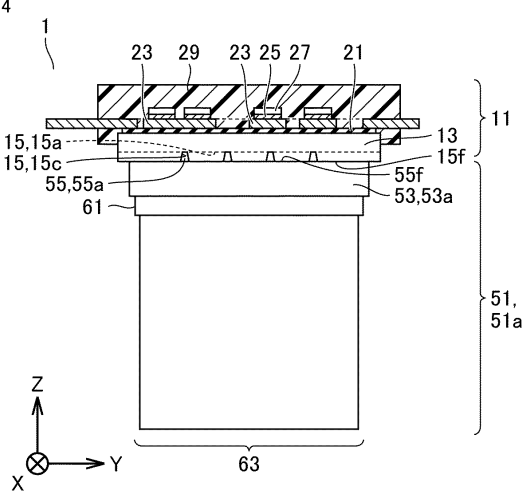
【図 3】

図3



【図 4】

図4



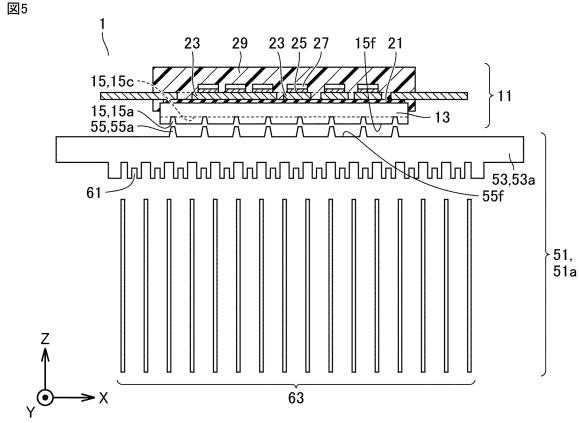
20

30

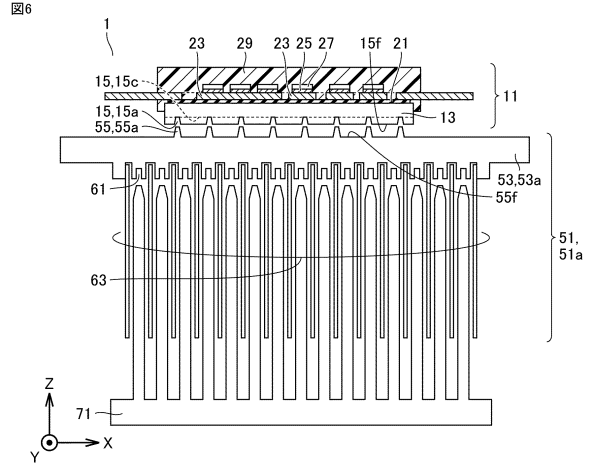
40

50

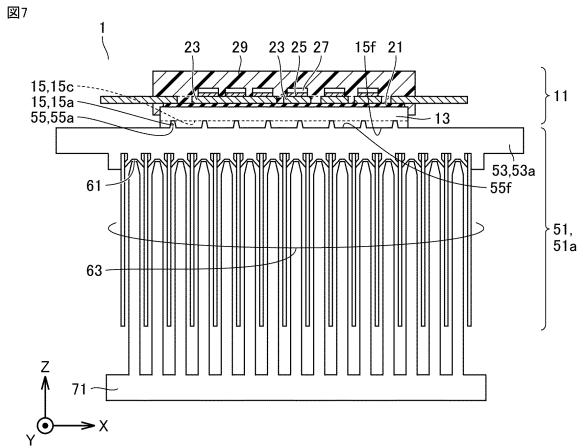
【図5】



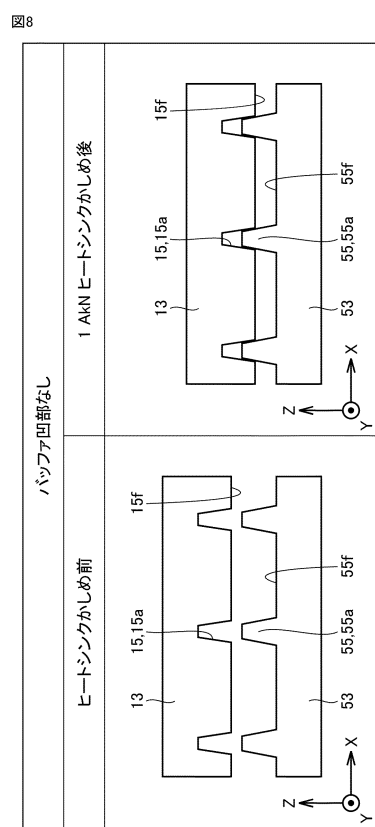
【図6】



【図7】



【図8】



10

20

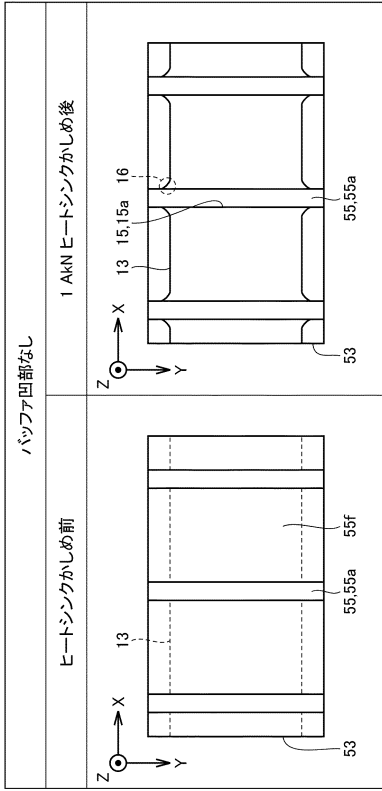
30

40

50

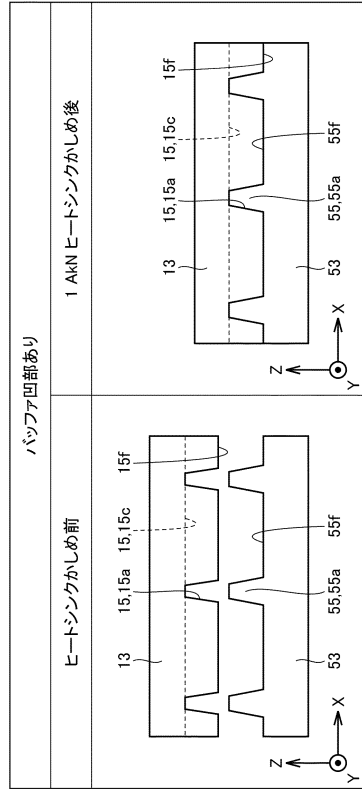
【図 9】

図9



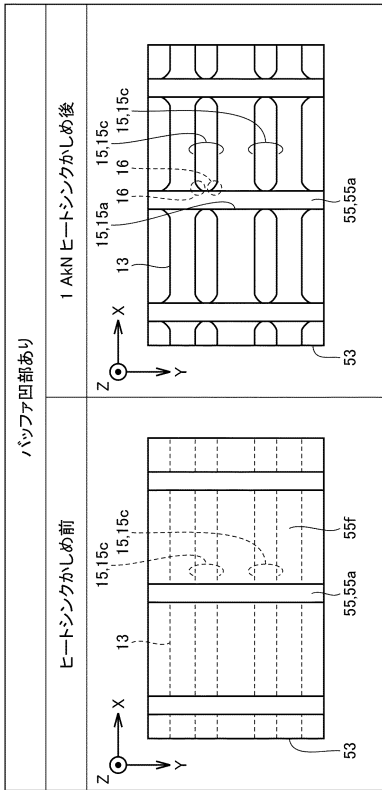
【図 10】

図10



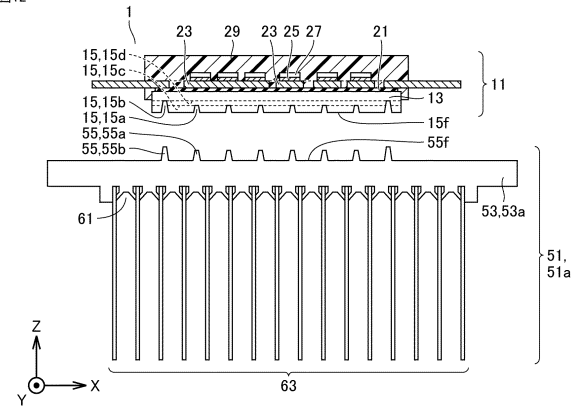
【図 11】

図11



【図 12】

図12



10

20

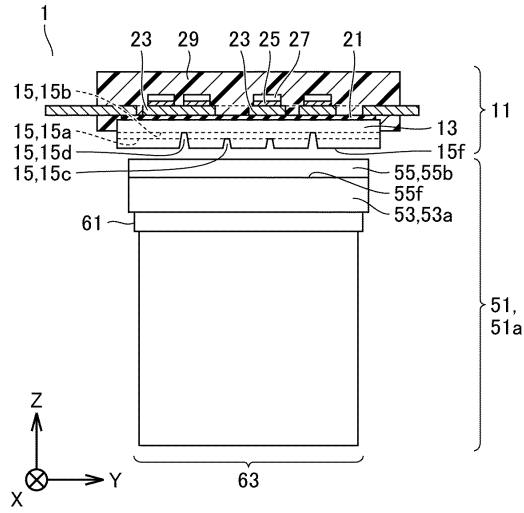
30

40

50

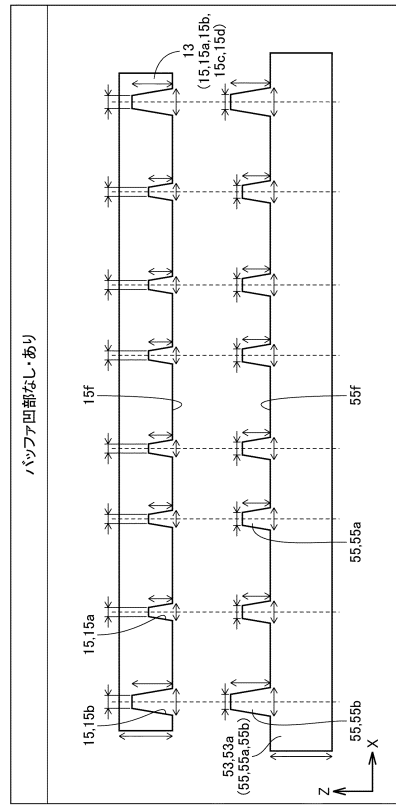
【図 1 3】

図13



【図 1 4】

図14

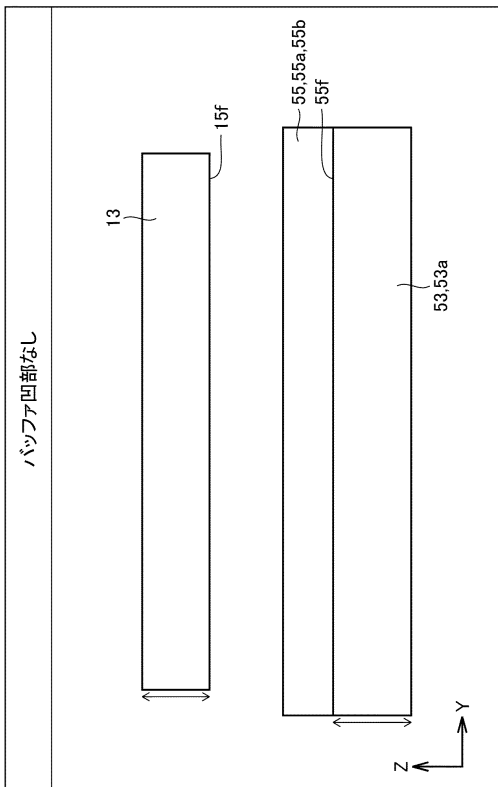


10

20

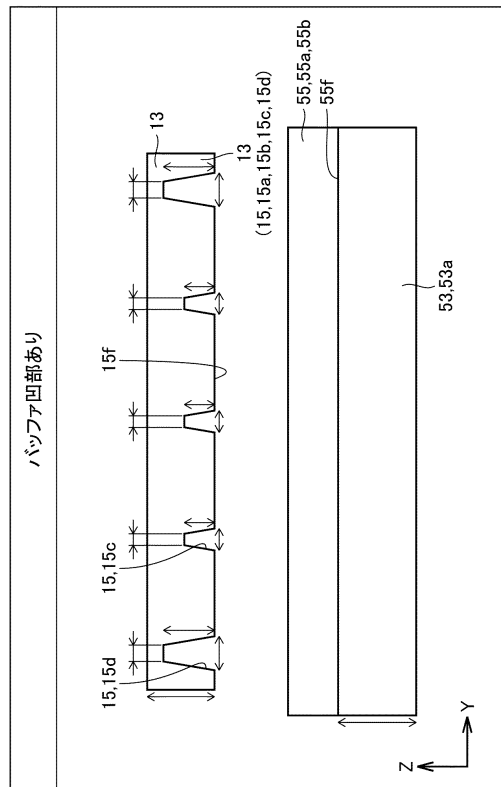
【図 1 5】

図15



【図 1 6】

図16



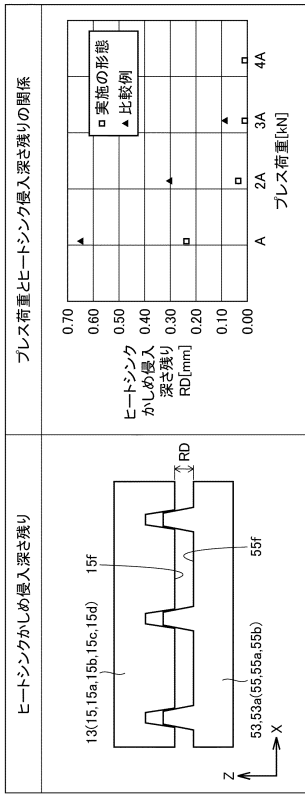
30

40

50

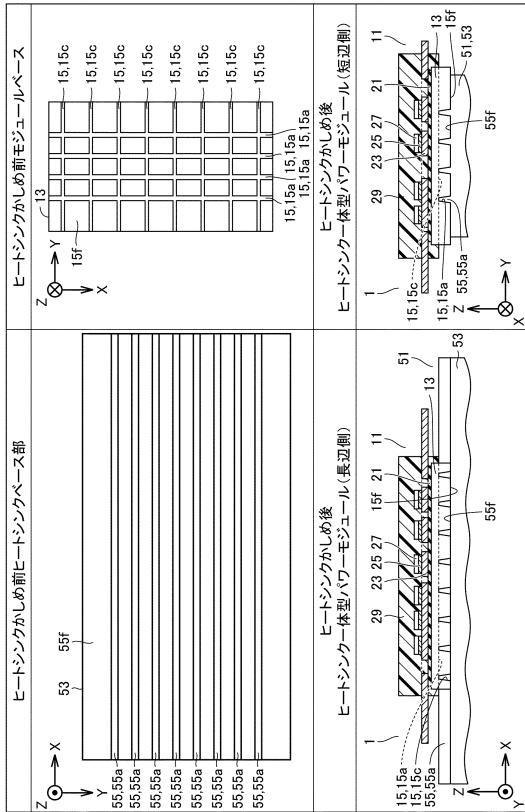
【図 17】

図17



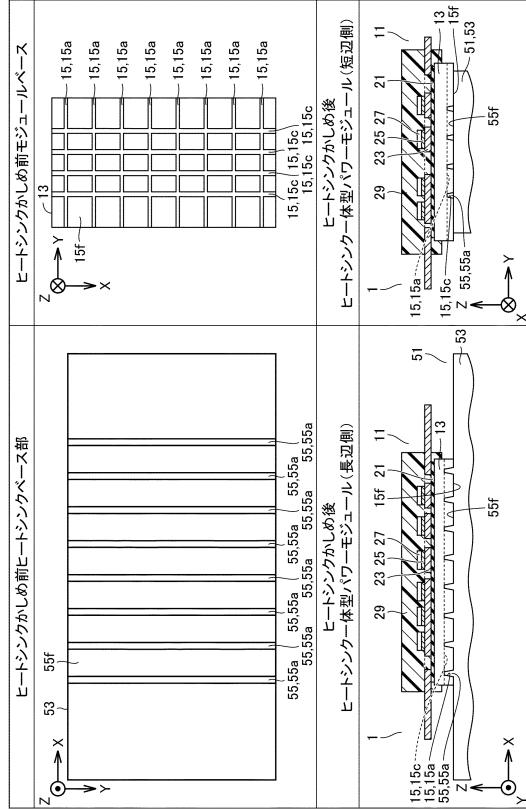
【図 19】

図19



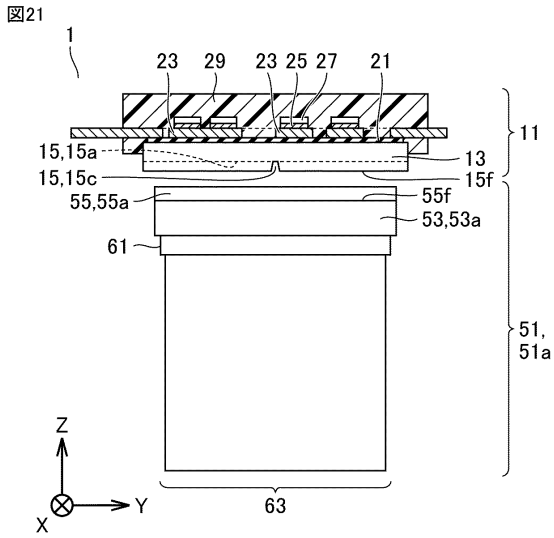
【図 18】

図18

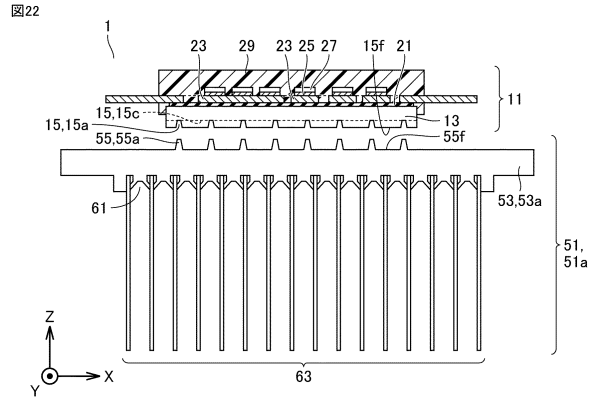


【図

【図 2 1】

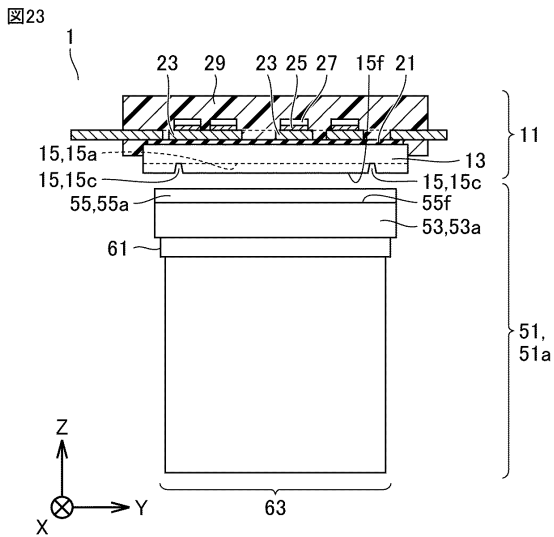


【図 2 2】

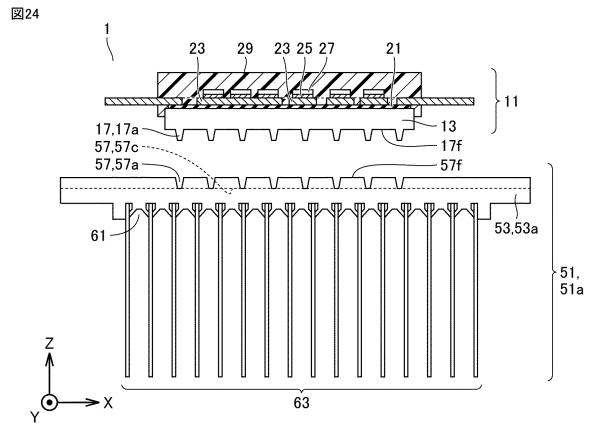


10

【図 2 3】



【図 2 4】



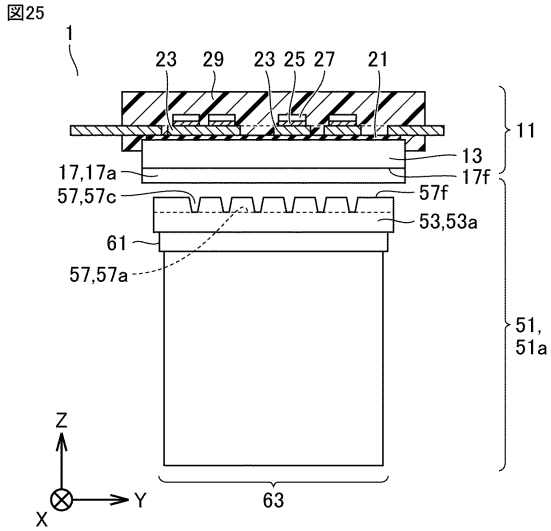
20

30

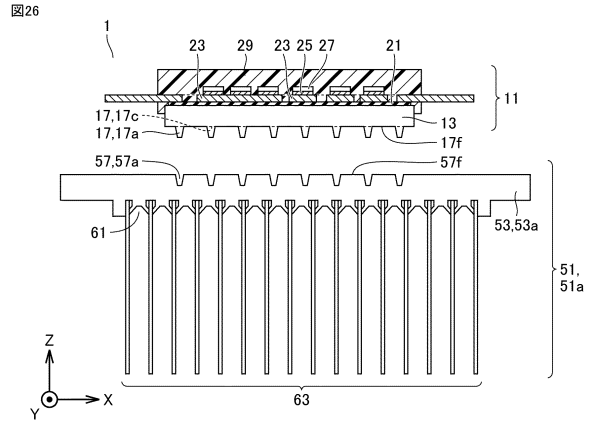
40

50

【 図 2 5 】

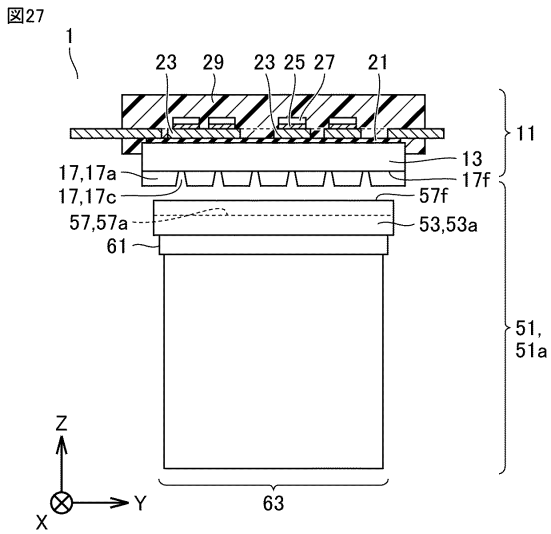


【 図 2 6 】

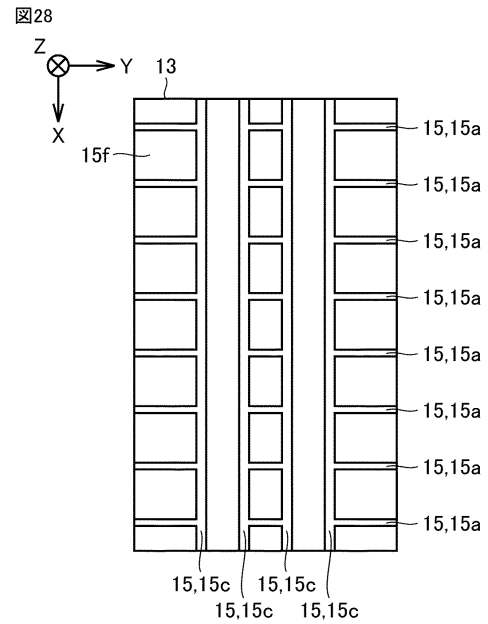


10

【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



20

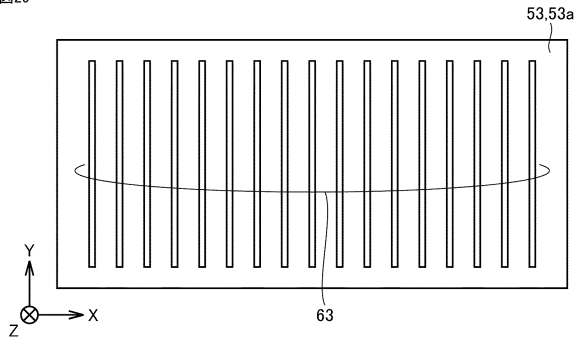
30

40

50

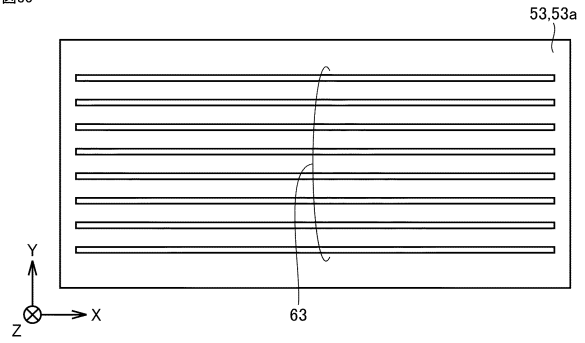
【 図 2 9 】

図29



【 図 3 0 】

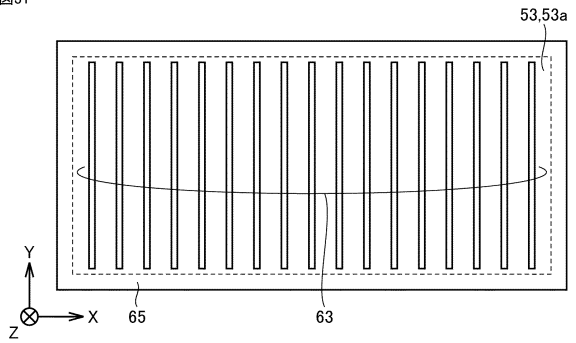
図30



10

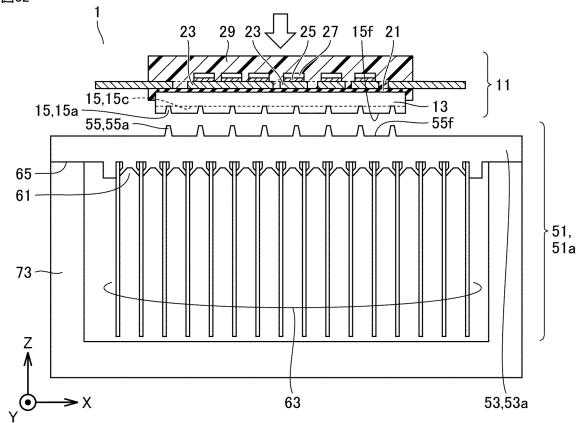
【 図 3 1 】

図31



【 図 3 2 】

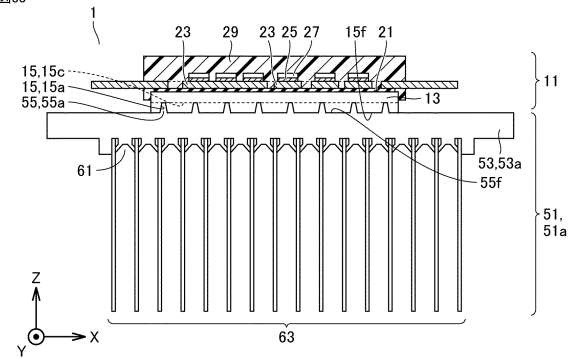
図32



20

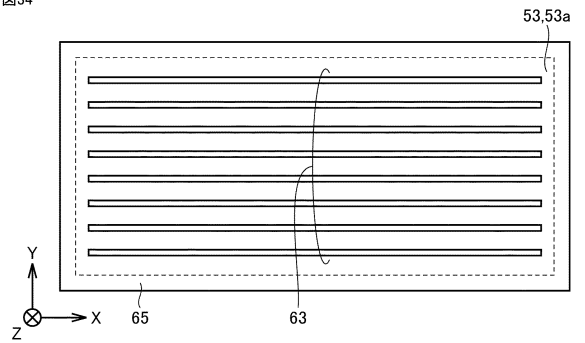
【 図 3 3 】

図33



【 図 3 4 】

図34



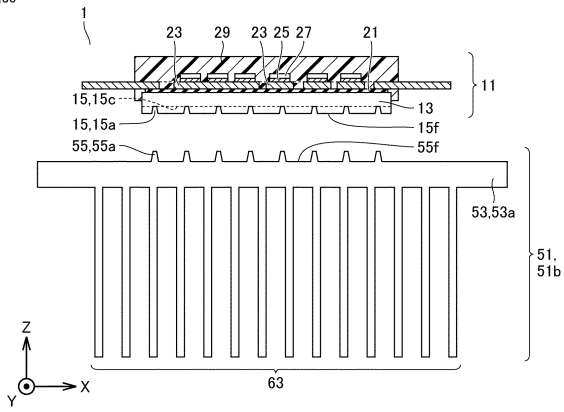
30

40

50

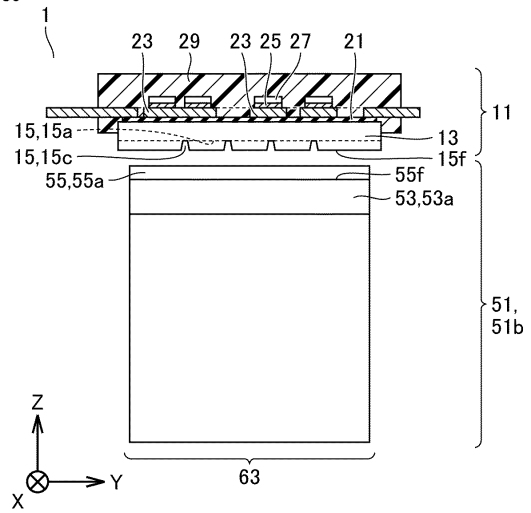
【図 3 5】

図35



【図 3 6】

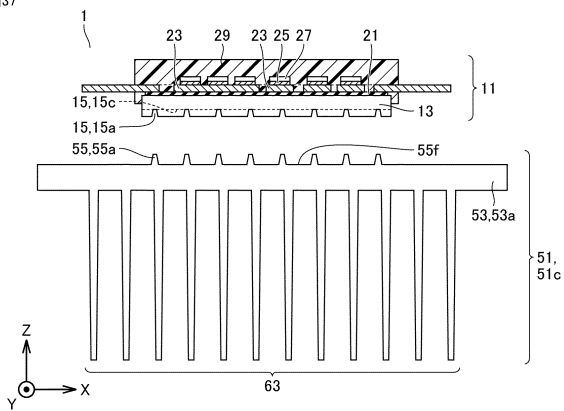
図36



10

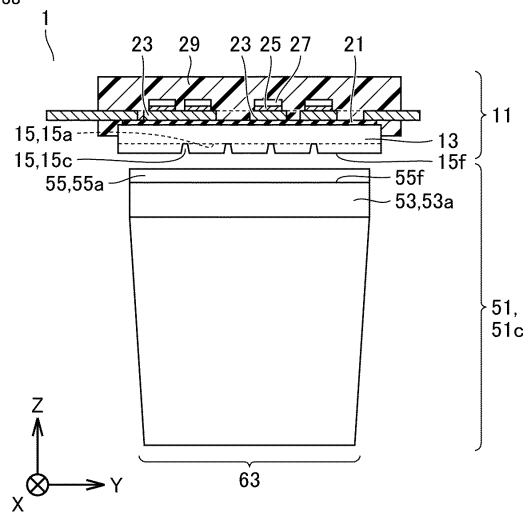
【図 3 7】

図37



【図 3 8】

図38



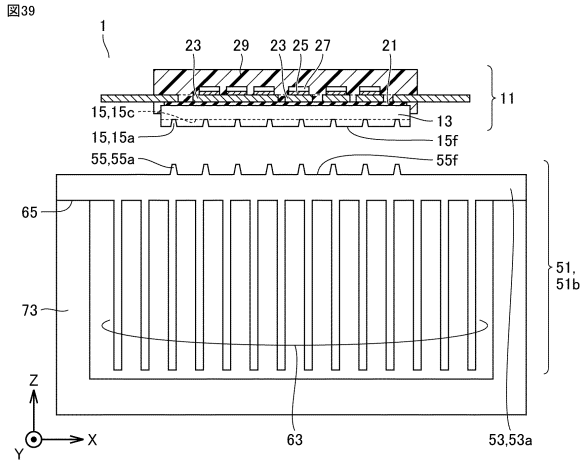
20

30

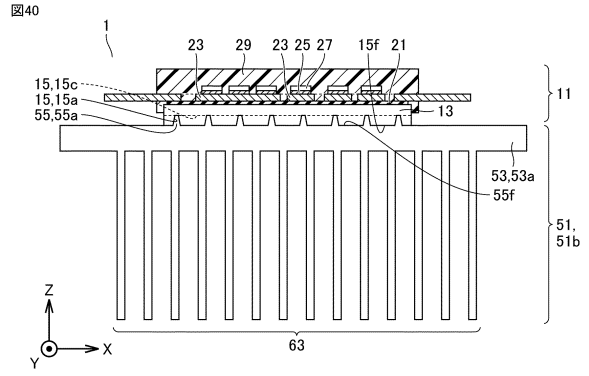
40

50

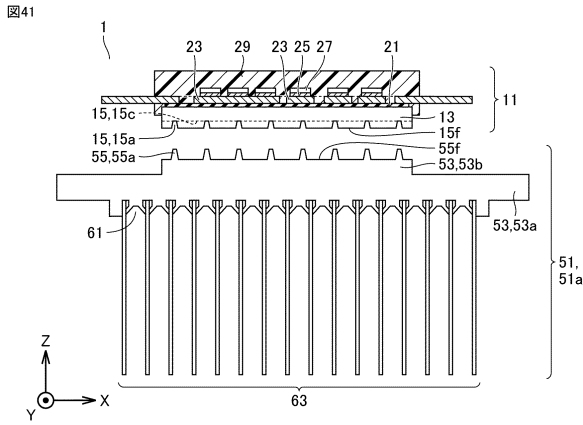
【図 39】



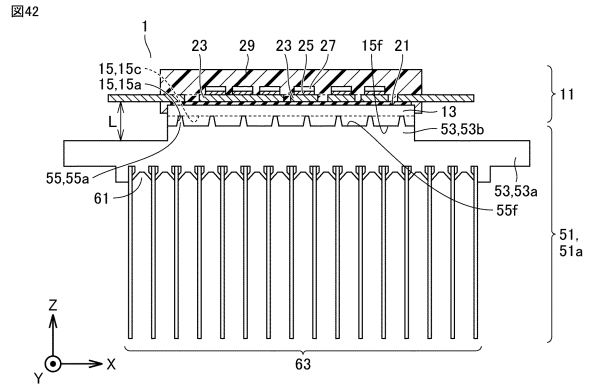
【図 40】



【図 41】



【図 42】



10

20

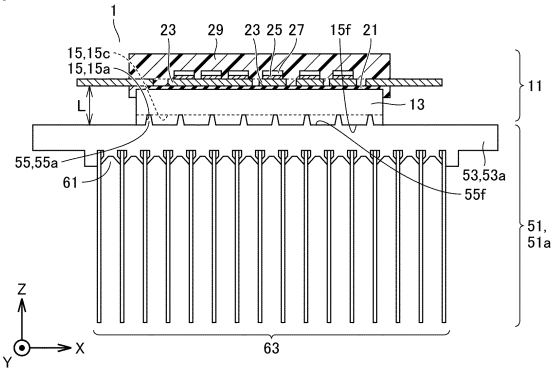
30

40

50

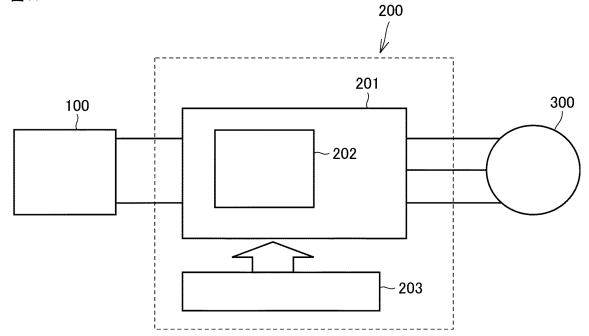
【 4 3 】

図43



【 4 4 】

図44



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 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
- 審査官 花田 尚樹
- (56)参考文献 特開2013-165122(JP, A)
国際公開第2018/097027(WO, A1)
特開2007-019203(JP, A)
国際公開第2018/079396(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 23/40
H01L 23/36
H01L 25/07