

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年10月17日(17.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/214628 A1

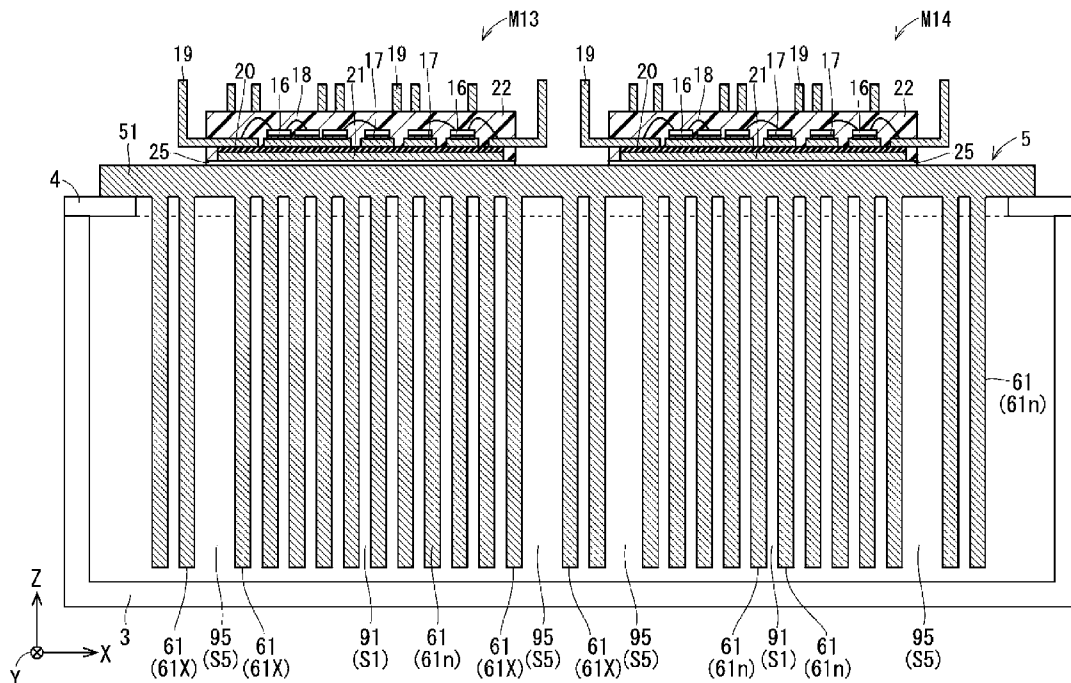
- (51) 国際特許分類:
H01L 23/467 (2006.01) H01L 25/07 (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01) H05K 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/013915
- (22) 国際出願日: 2024年4月4日(04.04.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-064211 2023年4月11日(11.04.2023) JP
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東

京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 三田 泰之 (SANDA Yasuyuki); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 多田晴菜(TADA Haruna); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 濱田 剛(HAMADA Tsuyoshi); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 寺田 隼人(TERADA Hayato); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 森貞 達志(MORISADA Tatsushi);

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置及びその製造方法並びに電力変換装置



(57) Abstract: The purpose of the present disclosure is to obtain a semiconductor device which has a cooling function for a semiconductor module and is miniaturized. In the present disclosure, a plurality of heat dissipation fins (61) include four pairs of deformed heat dissipation fins (61X), (61X) that are adjacent to each other, and a plurality of normal heat dissipation fins (61n) other than the four pairs of deformed heat dissipation fins (61X), (61X). Four cooling air passage regions (95) act as gap regions between corresponding pairs of the deformed heat radiation fins (61X) and (61X) among



WO 2024/214628 A1

〒1008310 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the four pairs of deformed heat dissipation fins (61X) and (61X). The four cooling air passage regions (95) each have a wide fin interval (S5). A plurality of cooling air passage regions (91) each have a fin interval (S1). $\{S5 > S1\}$ is satisfied between the wide fin intervals (S5) and the fin intervals (S1).

(57) 要約: 本開示は、半導体モジュールの冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図った半導体装置を得ることを目的とする。本開示において、複数の放熱フィン(61)は各々が隣接する4対の変形放熱フィン(61X)、(61X)と4対の変形放熱フィン(61X)、(61X)以外の複数の通常放熱フィン(61n)とを含んでいる。4つの冷却風通過領域(95)はそれぞれ4対の変形放熱フィン(61X)及び(61X)のうち対応する一対の変形放熱フィン(61X)及び(61X)間の隙間領域となる。4つの冷却風通過領域(95)はそれぞれ幅広フィン間隔(S5)を有している。複数の冷却風通過領域(91)はそれぞれフィン間隔(S1)を有している。幅広フィン間隔(S5)及びフィン間隔(S1)間において $\{S5 > S1\}$ が成立する。

明 細 書

発明の名称：半導体装置及びその製造方法並びに電力変換装置

技術分野

[0001] 本開示は半導体装置及びその製造方法並びに電力変換装置に関し、特に電力用半導体装置の放熱機能に関する。

背景技術

[0002] 従来の電力用半導体装置に適用される放熱機能を備えた装置として、例えば特許文献1に開示されたモジュール型冷却装置を利用した放熱装置がある。

[0003] この放熱装置は、発熱素子の配置される放熱プレートを備える複数のモジュール型冷却装置と、複数のモジュール型冷却装置を着脱可能に結合させるハウジングとを含み、このハウジングは、外部フレーム、外部フレームの内部に貫通するように形成される開口部、及び外部フレームに設けられて開口部を区切り、開口部に挿入されたモジュール型冷却装置を支持する少なくとも一つのブリッジを含んでいる。そして、放熱装置は、複数のモジュール型冷却装置の間に挿入されて、モジュール型冷却装置の内部に流入する空気の流れを制御する、少なくとも一つ以上の風向ガイド部材をさらに含んでいる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第6448732号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 複数の電力用半導体モジュールが搭載された従来の電力用半導体装置では、1つの電力用半導体モジュール内の半導体素子からの発熱をヒートシンクで放熱する構造を一般的に採用している。このため、冷却風となる空気を送風して冷却機能を実現する際、温度上昇した空気が他の電力用半導体モジュ

ールのヒートシンクに流入し、他の電力用半導体モジュールの半導体素子の温度を上昇させてしまうという特性がある。以下、この特性について詳述する。

[0006] 風上側のヒートシンクの直下にある複数の放熱フィン間を通過する空気は直上の電力用半導体モジュールからの発熱を放熱するために温度上昇する。この温度上昇した空気が風下側のヒートシンクの直下にある複数の放熱フィン間を通過する。このため、風下側のヒートシンクの直下にある複数の放熱フィン間を通過する風下側空気温度は、風上側のヒートシンクの直下にある複数の放熱フィン間を通過する風上側空気温度よりも高くなる。このため、風下側のヒートシンク直上の電力用半導体モジュールに対する温度上昇抑制効果が低下してしまう。

[0007] このような電力用半導体装置内の風上側及び風下側の電力用半導体モジュール間の熱干渉を考慮して、電力用半導体モジュール及びヒートシンクが大型化してしまうという問題点があった。なぜなら、上述した熱干渉による電力用半導体モジュールの温度上昇を抑えるために、電力用半導体モジュール自体またはヒートシンクの大型化を行う必要があるからである。

[0008] 本開示は上記問題点を解決するためになされたもので、半導体モジュールの冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図った半導体装置を得ることを目的とする。

[0009] 本開示の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示の半導体装置は、第1種ヒートシンクと、第2種ヒートシンクと、前記第1種ヒートシンク上に搭載された第1種半導体モジュールと、前記第2種ヒートシンク上に搭載された第2種半導体モジュールとを備えた半導体装置であって、前記第1種ヒートシンクは複数の第1種放熱フィンを有し、前記複数の第1種放熱フィンはそれぞれ前記第1種半導体モジュールの搭載面と反対側の形成深さ方向に延びる第1種形成深さとフィン形成方向に延び

る第1種形成幅を有し、前記複数の第1種放熱フィンには前記フィン形成方向と交差するフィン配列方向に沿って互いに離散して配置され、前記複数の第1種放熱フィン間の隙間領域が第1種冷却風通過領域となり、前記第2種ヒートシンクは複数の第2種放熱フィンを有し、前記複数の第2種放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向に延びる第2種形成深さと前記フィン形成方向に延びる第2種形成幅を有し、前記複数の第2種放熱フィンは前記フィン配列方向に沿って互いに離散して配置され、前記複数の第2種放熱フィン間の隙間領域が第2種冷却風通過領域となり、前記半導体装置は、前記第1種及び第2種ヒートシンクに対し前記フィン形成方向に沿った送風方向に冷却風を供給する冷却風供給構造を有し、前記冷却風は前記第1種冷却風通過領域を通過した後、前記第2種冷却風通過領域を通過するように供給され、前記第1種冷却風通過領域は複数の第1種幅狭領域と少なくとも一つの第1種幅広領域とを含み、前記複数の第1種幅狭領域はそれぞれ第1種幅狭間隔を有し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域はそれぞれ第1種幅広間隔を有し、前記第2種冷却風通過領域は複数の第2種幅領域を含み、前記複数の第2種幅領域それぞれ第2種幅間隔を有し、第1種冷却風通過領域において、前記第1種幅広間隔を前記第1種幅狭間隔よりも広く設定したことを特徴としている。

発明の効果

- [0011] 冷却風供給構造によって供給される冷却風に対し第1種ヒートシンクが風上側となり、第2種ヒートシンクが風下側となる。第1種冷却風通過領域において、第1種幅広間隔は前記第1種幅狭間隔よりも広く設定されている。
- [0012] このため、本開示の半導体装置は、第1種幅広領域を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて複数の第2種放熱フィンに冷却風を流入させることができる。
- [0013] したがって、本開示の半導体装置は、冷却風供給構造によって送風される冷却風によって、複数の第1種放熱フィンに加え、複数の第2種放熱フィンの温度上昇を抑制することができる。このため、第1種ヒートシンクによっ

て第1種半導体モジュールの動作時における温度上昇を抑え、かつ、第2種ヒートシンクによって第2種半導体モジュールの動作時における温度上昇を抑えることができる。

[0014] すなわち、本開示の半導体装置は、第1種及び第2種の半導体モジュールの動作時における温度上昇を抑制することを目的として、第1種及び第2種の半導体モジュール並びに第1種及び第2種ヒートシンクを大型化する必要がない。

[0015] その結果、本開示の半導体装置は、第1種及び第2種の半導体モジュールの冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本開示の実施の形態1である半導体装置の平面構成を模式的に示す説明図である。

[図2]図1で示したヒートシンク取付枠の平面構造を模式的に示す説明図である。

[図3]実施の形態1の変形例である半導体装置の平面構造を模式的に示す説明図である。

[図4]電力用半導体モジュールの断面構造を模式的に示す断面図（その1）である。

[図5]電力用半導体モジュールの断面構造を模式的に示す断面図（その2）である。

[図6]電力用半導体モジュールの断面構造を模式的に示す断面図（その3）である。

[図7]実施の形態1の半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図（その1）である。

[図8]実施の形態1の半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図（その2）である。

[図9]ヒートシンクの断面構造を模式的に示す説明図（その1）である。

[図10]ヒートシンクの断面構造を模式的に示す説明図（その2）である。

- [図11]ヒートシンクの断面構造を模式的に示す説明図（その3）である。
- [図12]実施の形態1の半導体装置の効果を示す説明図（その1）である。
- [図13]実施の形態1の半導体装置の効果を示す説明図（その2）である。
- [図14]実施の形態1の半導体装置の効果を示す説明図（その3）である。
- [図15]実施の形態2である半導体装置の平面構成を模式的に示す説明図である。
- [図16]実施の形態2の半導体装置における第1種及び第2種ヒートシンクそれぞれの平面構成を模式的に示す説明図である。
- [図17]実施の形態2の半導体装置の基本構成の断面構造を模式的に示す説明図である。
- [図18]実施の形態2の半導体装置の変形例における断面構造を模式的に示す説明図である。
- [図19]実施の形態3の半導体装置における第1種及び第2種ヒートシンクそれぞれの平面構成を模式的に示す説明図である。
- [図20]図19示す半導体装置における断面構造を模式的に示す説明図である。
- [図21]実施の形態4である半導体装置の平面構成を模式的に示す説明図である。
- [図22]実施の形態4の半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図（その1）である。
- [図23]実施の形態4の半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図（その2）である。
- [図24]実施の形態4の半導体装置の効果を示す説明図（その1）である。
- [図25]実施の形態4の半導体装置の効果を示す説明図（その1）である。
- [図26]実施の形態5の基本構成である半導体装置の平面構成を模式的に示す説明図である。
- [図27]実施の形態5の半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図である。
- [図28]ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールの断面構造を模式的に示す説明図である。

す説明図である。

[図29]実施の形態5の半導体装置の効果を示す説明図（その1）である。

[図30]実施の形態5の半導体装置の効果を示す説明図（その2）である。

[図31]実施の形態5の変形例である半導体装置の平面構成を模式的に示す説明図である。

[図32]図31の断面構造を模式的に示す説明図である。

[図33]実施の形態5の半導体装置の基本製法を示す説明図（その1）である。
。

[図34]実施の形態5の半導体装置の基本製法を示す説明図（その2）である。
。

[図35]実施の形態5の半導体装置の第1の改良製法を示す説明図（その1）である。

[図36]実施の形態5の半導体装置の第1の改良製法を示す説明図（その2）である。

[図37]第1の改良製法の課題を示す説明図（その1）である。

[図38]第1の改良製法の課題を示す説明図（その2）である。

[図39]実施の形態5の半導体装置の第2の改良製法を示す説明図（その1）である。

[図40]実施の形態5の半導体装置の第2の改良製法を示す説明図（その2）である。

[図41]実施の形態5の半導体装置の第3の改良製法を示す説明図（その1）である。

[図42]実施の形態5の半導体装置の第3の改良製法を示す説明図（その2）である。

[図43]実施の形態5の半導体装置の第4の改良製法を示す説明図（その1）である。

[図44]実施の形態5の半導体装置の第4の改良製法を示す説明図（その2）である。

[図45]実施の形態6であ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46]実施の形態の半導体装置との比較用半導体装置の平面構造を模式的に示す説明図である。

[図47]比較用半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図（その1）である。

[図48]比較用半導体装置の断面構造を模式的に示す説明図（その2）である。

[図49]比較用半導体装置の特性を示す説明図（その1）である。

[図50]比較用半導体装置の特性を示す説明図（その2）である。

発明を実施するための形態

[0017] <実施の形態1>

図1は本開示の実施の形態1である半導体装置101の平面構成を模式的に示す説明図である。実施の形態1の半導体装置101は複数の電力用半導体モジュールを有する電力用半導体装置である。図1にXYZ直交座標系を記している。

[0018] 本明細書では、図1及び図1以降に示す全ての図面において、XYZ直交座標系を記しており、上方の+Z方向側の面を第1主面とし、下方の-Z方向側の面を第2主面として説明する。

[0019] 図1に示すように、実施の形態1の半導体装置101は第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6を有し、第1種及び第2種ヒートシンク5及び6は取付板であるヒートシンク取付枠4に取り付けられる。

[0020] 図2はヒートシンク取付枠4の平面構造を模式的に示す説明図である。図2にXYZ直交座標系を記している。同図に示すように、ヒートシンク取付枠4は開口部K5及び開口部K6を有し、開口部K5内に嵌め込む態様で第1種ヒートシンク5を取り付け、開口部K6に嵌め込む態様で第2種ヒートシンク6を取り付けている。ヒートシンク取付枠4は筐体3の上方に固定されている。

[0021] 図1に示すように、実施の形態1の半導体装置101は、第1種ヒートシンク5の第1主面上に6つの電力用半導体モジュールM11～M16を搭載し、第2種ヒートシンク6の第1主面上に3つの電力用半導体モジュールM41～M43を搭載している。

[0022] このように、実施の形態1の半導体装置101は、複数の電力用半導体モジュールとして電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM41～M43を有している。そして、電力用半導体モジュールM11～M16は第1種半導体モジュールに分類され、電力用半導体モジュールM41～M43は第2種半導体モジュールに分類される。したがって、第1種ヒートシンク5の第1主面が第1種半導体モジュールの搭載面となり、第2種ヒートシンク6の第1主面が第2種半導体モジュールの搭載面となる。

[0023] また、図1に示すように、筐体3の取付側面に冷却ファン2が取り付けられる。実施の形態1の半導体装置101では冷却風供給構造を実現するために、+Y方向に沿った送風方向を流速ベクトル1とした冷却風を送風する冷却ファン2を用いている。なお、筐体3の側面に関し、第1種ヒートシンク5に対し第2種ヒートシンク6が配置される+Y方向側とは反対側の-Y方向側の側面が取付側面となる。このように、半導体装置101はY方向に沿った送風方向に冷却風を供給する冷却風供給構造を冷却ファン2によって実現している。

[0024] 流速ベクトル1は冷却ファン2からの冷却風を流入する方向を示している。すなわち、冷却ファン2は流速ベクトル1が示す方向で冷却風を取り込み、後述するように第1種及び第2種ヒートシンク5及び6それぞれの複数の第1種放熱フィン及び複数の第2種放熱フィンに冷却風を供給している。

[0025] したがって、送風方向を示す流速ベクトル1に沿って供給される冷却風に対し、第1種ヒートシンク5は風上側に位置し、第2種ヒートシンク6は風下側に位置する。なお、流速ベクトル1は筐体3からの空気を排気する方向であっても良い。すなわち、空気の流れが流速ベクトル1に合致する構造で

あれば、冷却ファン2を用いることなく冷却風供給構造を実現することができる。

[0026] このように、実施の形態1の半導体装置101は、電力用半導体モジュールM11～M16、電力用半導体モジュールM41～M43、第1種及び第2種ヒートシンク5及び6、ヒートシンク取付枠4、筐体3及び冷却ファン2を主要構成要素として含んでいる。

[0027] 図1で示す半導体装置101は、取付板であるヒートシンク取付枠4と筐体3とを別部材として構成しているが、プレス加工によりヒートシンク取付枠4と筐体3とを一体品で構成しても良く、溶接などでヒートシンク取付枠4と筐体3とを一体化した部品として構成しても良い。

[0028] 図3は実施の形態1の変形例である半導体装置101sの平面構造を模式的に示す説明図である。図3にXYZ直交座標系を記している。以下、半導体装置101と同様な構成要素は同一符号を付して説明を省略し、変形例の半導体装置101sの特徴を中心に説明する。

[0029] 図3に示すように、変形例の半導体装置101sは、第1種ヒートシンク5の第1主面上に1つの電力用半導体モジュールM1を搭載し、第2種ヒートシンク6の第1主面上に1つの電力用半導体モジュールM4を搭載している。

[0030] このように、変形例の半導体装置101sは、第1種半導体モジュールとして電力用半導体モジュールM1を有し、第2種半導体モジュールとして電力用半導体モジュールM4を有している。したがって、第1種ヒートシンク5の第1主面は第1種半導体モジュールの搭載面となり、第2種ヒートシンク6の第1主面は第2種半導体モジュールの搭載面となる。

[0031] 図1で示す実施の形態1の半導体装置101の基本構成ではヒートシンク数が“2”、電力用半導体モジュール数が“9”となっているが、図3で示す実施の形態1の変形例である半導体装置101sではヒートシンク数が“2”、電力用半導体モジュール数が“2”となっている。

[0032] 図4～図6は電力用半導体モジュールMi、Mj及びMkの断面構造を模

式的に示す断面図である。図4～図6それぞれにXYZ直交座標系を記している。

- [0033] まず、図4で示す電力用半導体モジュールM_iの構造について説明する。金属板21の第1主面上に絶縁材20が設けられる。絶縁材20の第1主面上に複数の金属導体19が選択的に設けられる。複数の金属導体19の第1主面上に接合材17を介して複数の半導体素子16が選択的に設けられる。複数の半導体素子16間の一部、半導体素子16と金属導体19とが配線18を介して電氣的に接続される。
- [0034] 接合材17ははんだ等を構成材料としており、複数の金属導体19は例えばリードフレームを用いて設けられ、絶縁材20は絶縁シート等を用いて構成され、封止材22は例えばエポキシ系樹脂を構成材料としている。複数の半導体素子16として、Si系の半導体素子、SiC系の半導体素子、GaN等の化合物半導体素子等が考えられ、特に限定されることはない。
- [0035] 金属板21、絶縁材20、複数の金属導体19、複数の接合材17、複数の半導体素子16及び複数の配線18を覆って封止材22が設けられる。絶縁材20、複数の接合材17、複数の半導体素子16及び複数の配線18は全て封止材22内に封止される。
- [0036] 複数の金属導体19の一部が封止材22内に封止され、一部が封止材22の第1主面または側面から突出して外部に露出している。また、金属板21の第2主面は露出している。複数の金属導体19のうち封止材22の上方から突出している金属導体19は、複数の半導体素子16のうちいずれかの半導体素子16と電氣的に接続されている。
- [0037] このような構造の電力用半導体モジュールM_iは、半導体装置101の電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM41～M43として用いることができ、かつ、変形例である半導体装置101sの電力用半導体モジュールM1及び電力用半導体モジュールM4として用いることができる。
- [0038] 次に、図5で示す電力用半導体モジュールM_jの構造について説明する。

図4で示す電力用半導体モジュールM_iと同様な構成要素は同一符号を付して説明を適宜省略し、電力用半導体モジュールM_jの特徴箇所を中心に説明する。

[0039] 複数の金属導体19の一部が封止材22内に封止され、一部が封止材22の側面または第1主面から突出して外部に露出している。この際、封止材22の側面から突出している金属導体19Bの露出部分はX方向に平行な部分とZ方向に平行な部分を含む屈曲形状を有している。

[0040] このような構造の電力用半導体モジュールM_jは、半導体装置101の電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM41～M43として用いることができ、かつ、半導体装置101sの電力用半導体モジュールM1及び電力用半導体モジュールM4として用いることができる。

[0041] 次に、図6で示す電力用半導体モジュールM_kの構造について説明する。図4で示す電力用半導体モジュールM_iと同様な構成要素は同一符号を付して説明を適宜省略し、電力用半導体モジュールM_kの特徴箇所を中心に説明する。

[0042] 金属板21、絶縁材20、複数の金属導体19、複数の接合材17、複数の半導体素子16及び複数の配線18を覆って封止材22が設けられる。複数の接合材17、複数の半導体素子16及び複数の配線18は全て封止材22内に封止される。複数の金属導体19の一部が封止材22内に封止され、一部が封止材22の第1主面から突出して電極端子24として外部に露出している。また、金属板21の第2主面は露出している。

[0043] 樹脂ケース23は金属板21、絶縁材20、複数の金属導体19、複数の接合材17、複数の半導体素子16及び封止材22を内部に収容している。この際、樹脂ケース23は金属板21及び絶縁材20の側面と接している。

[0044] このような構造の電力用半導体モジュールM_kは、半導体装置101の電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM41～M43として用いることができ、かつ、半導体装置101sの電力用半導体

モジュールM1及び電力用半導体モジュールM4として用いることができる。

[0045] なお、図4～図6で示した電力用半導体モジュールMi, Mj及びMk以外の電力用半導体モジュールであっても、半導体装置101や半導体装置101s用の第1種半導体モジュールまたは第2種半導体モジュールとして用いることができる。

[0046] 図7及び図8は図1で示した実施の形態1の半導体装置101の断面構造を模式的に示す説明図である。図7は図1のA-A断面を示し、図8は図1のB-B断面を示している。図7及び図8それぞれにXYZ直交座標系を記している。

[0047] 図7に示すように、第1種ヒートシンク5はヒートシンクベース51及び複数の放熱フィン61を有している。複数の放熱フィン61が複数の第1種放熱フィンに分類される。ヒートシンクベース51の第1主面上に電力用半導体モジュールM13及びM14が搭載される。具体的には、ヒートシンクベース51の第1主面上にTIM (Thermal Interface Material) 材25を介して電力用半導体モジュールM13及びM14それぞれの金属板21の第2主面が接着される。TIM材25は熱伝導グリス等を構成材料としており、第1種ヒートシンク5と電力用半導体モジュールM13及びM14との間で比較的高い熱伝導性を確保している。

[0048] ヒートシンクベース51の第1主面が第1種ヒートシンク5の第1主面となり、複数の放熱フィン61はそれぞれヒートシンクベース51の第2主面から-Z方向に延びている。したがって、複数の放熱フィン61はそれぞれ第1種半導体モジュールの搭載面であるヒートシンクベース51の第1主面と反対側の形成深さ方向(-Z方向)に延びる第1種形成深さを有している。加えて、複数の放熱フィン61はそれぞれY方向に沿ったフィン形成方向に延びる第1種形成幅を有している。

[0049] 複数の放熱フィン61はフィン形成方向であるY方向と直角に交差するX方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン61はX方向に沿って

互いに離散して配置され、複数の放熱フィン61間の隙間領域が複数の冷却風通過領域91または4つの冷却風通過領域95となる。

[0050] 複数の冷却風通過領域91及び4つの冷却風通過領域95の集合体が第1種ヒートシンク5の第2主面側に設けられる第1種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域91は複数の第1種幅狭領域に分類され、4つの冷却風通過領域95は少なくとも一つの第1種幅広領域に分類される。

[0051] 複数の放熱フィン61は各々が隣接する4対の変形放熱フィン61X, 61Xを含んでいる。4対の変形放熱フィン61X, 61Xが少なくとも一対の変形放熱フィンに分類され、4対の変形放熱フィン61X, 61X以外の全てが通常放熱フィン61nに分類される。

[0052] 少なくとも一つの第1種幅広領域に分類される4つの冷却風通過領域95は、4対の変形放熱フィン61X及び61Xと1対1に対応する。4つの冷却風通過領域95はそれぞれ4対の変形放熱フィン61X及び61Xのうち対応する一対の変形放熱フィン61X及び61X間の隙間領域となる。4つの冷却風通過領域95はそれぞれフィン配列方向であるX方向に沿った幅広フィン間隔S5を有している。この幅広フィン間隔S5が第1種幅広間隔に分類される。

[0053] このように、冷却風となる空気の流入側である風上側に配置される第1種ヒートシンク5において、4対の変形放熱フィン61X及び61X間の幅広フィン間隔S5は、製造バラつきによるフィン間隙の差ではなく設計レベルで、フィン間隔S1よりも大きくなるように寸法設定される。

[0054] 複数の放熱フィン61のうち、4対の変形放熱フィン61X及び61X以外の放熱フィン61が複数の通常放熱フィン61nとなる。複数の冷却風通過領域91は複数の通常放熱フィン61nのうち隣接する通常放熱フィン61n及び61n間の隙間領域であり、X方向に沿ったフィン間隔S1を有している。このフィン間隔S1が第1種幅狭間隔に分類される。なお、隣接する通常放熱フィン61nと変形放熱フィン61Xとの間もフィン間隔S1に設定されている。

- [0055] 4つの冷却風通過領域95と複数の冷却風通過領域91とに関し、フィン間隔S1と幅広フィン間隔S5との間隔比(S5/S1)は例えば2~3倍程度に設定される。
- [0056] 図7に示すように、筐体3は第1種ヒートシンク5における複数の放熱フィン61を収容する態様で、ヒートシンク取付枠4を支持している。なお、第1種ヒートシンク5のヒートシンクベース51とヒートシンク取付枠4とはネジなどで固定される。
- [0057] 図8に示すように、第2種ヒートシンク6はヒートシンクベース52及び複数の放熱フィン62を有している。複数の放熱フィン62は複数の第2種放熱フィンに分類される。ヒートシンクベース52の第1主面上に電力用半導体モジュールM41~M43が搭載される。
- [0058] すなわち、ヒートシンクベース52の第1主面上にTIM材25を介して電力用半導体モジュールM41~M43それぞれの金属板21の第2主面が接着されており、第2種ヒートシンク6と電力用半導体モジュールM41~M43との間で比較的高い熱伝導性を確保している。
- [0059] ヒートシンクベース52の第1主面が第2種ヒートシンク6の第1主面となり、複数の放熱フィン62はそれぞれヒートシンクベース52の第2主面から-Z方向に延びている。したがって、複数の放熱フィン62はそれぞれ第2種半導体モジュールの搭載面であるヒートシンクベース52の第1主面と反対側の形成深さ方向(-Z方向)に延びる第2種形成深さを有している。加えて、複数の放熱フィン62はそれぞれY方向に沿ったフィン形成方向に延びる第2種形成幅を有している。
- [0060] 複数の放熱フィン62はフィン形成方向であるY方向と直角に交差するX方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン62はX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン62間の隙間領域が複数の冷却風通過領域92となる。
- [0061] 複数の冷却風通過領域92の集合体が第2種ヒートシンク6の第2主面側に設けられる第2種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域92は複

数の第2種幅領域に分類される。

- [0062] 複数の冷却風通過領域92はそれぞれフィン配列方向であるX方向に沿ったフィン間隔S2を有している。このフィン間隔S2が第2種幅間隔に分類される。フィン間隔S2は例えば第1種ヒートシンク5側の冷却風通過領域91のフィン間隔S1と同程度に設定される。
- [0063] このように、風下側（空気の出口側）に配置される第2種ヒートシンク6の複数の放熱フィン62及び62におけるフィン間隔S2は、製造バラつきによるフィン間隔の差を除き、設計レベルでは均一のフィン間隔で構成される。ただし、風下側に配置される第2種ヒートシンク6の放熱フィン62及び62の間隔が必ずしも均一のフィン間隔である必要はなく、自由に構成可能である。
- [0064] 前述したように、冷却ファン2から流速ベクトル1に沿って冷却風が送風されるため、冷却風は第1種ヒートシンク5下方の第1種冷却風通過領域を通過した後、第2種ヒートシンク6下方の第2種冷却風通過領域を通過するように供給される。
- [0065] 図8に示すように、筐体3は第2種ヒートシンク6における複数の放熱フィン62を収容する態様で、ヒートシンク取付枠4を支持している。なお、第2種ヒートシンク6のヒートシンクベース52とヒートシンク取付枠4とはネジなどで固定される。
- [0066] なお、変形例の半導体装置101sにおける図3のC-C断面構造は、第1種ヒートシンク5の第1主面上に搭載される第1種半導体モジュールが電力用半導体モジュールM13及びM14から電力用半導体モジュールM1に置き換わる点を除き、図7で示す断面構造と同様な構造となる。
- [0067] また、半導体装置101sにおける図3のD-D断面構造は、第2種ヒートシンク6の第1主面上に搭載される第2種半導体モジュールが電力用半導体モジュールM41～M43から電力用半導体モジュールM4に置き換わる点を除き、図8で示す断面構造と同様な構造となる。
- [0068] 図9～図11はヒートシンクHS1～HS3の断面構造を模式的に示す説

明図である。図9～図11それぞれにXYZ直交座標系を記している。

- [0069] 図9に示すように、ヒートシンクHS1はヒートシンクベース53及びヒートシンクベース53の第2主面側に設けられる複数の放熱フィン63を有している。ヒートシンクHS1は例えば押出加工で作製される。
- [0070] 図9で示すヒートシンクHS1を第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6として用いても良い。ただし、第1種ヒートシンク5においてはフィン間隔S1及び幅広フィン間隔S5の寸法設定を行い、第2種ヒートシンク6においてはフィン間隔S2の寸法設定を行う必要がある。
- [0071] 図10に示すように、ヒートシンクHS2はヒートシンクベース54及びヒートシンクベース54の第2主面側に設けられる複数の放熱フィン64を有している。なお、複数の放熱フィン64は-Z方向である形成深さ方向に沿って先細構造を呈している。すなわち、複数の放熱フィン64はそれぞれX方向の形成幅である厚みを深さ方向に従い薄くしている。
- [0072] 図10で示すヒートシンクHS2を第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6として用いても良い。ただし、第1種ヒートシンク5においてはフィン間隔S1及び幅広フィン間隔S5の寸法設定を行い、第2種ヒートシンク6においてはフィン間隔S2の寸法設定を行う必要がある。
- [0073] ヒートシンクHS2は、例えば、鋳造加工（ダイキャスト）で作製することができる。ヒートシンクHS1やヒートシンクHS2の構成材料としてアルミニウム、アルミニウム合金等が用いられる。ただし、構成材料はアルミニウム材料に限定されるわけではなく、銅等の他の構成材料であっても良い。
- [0074] 図11に示すように、ヒートシンクHS3はヒートシンクベース55及びヒートシンクベース55の第2主面側に設けられる複数の放熱フィン65を有している。図11で示すヒートシンクHS3を第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6として用いても良い。ただし、第1種ヒートシンク5においてはフィン間隔S1及び幅広フィン間隔S5の寸法設定を行い、第2種ヒートシンク6においてはフィン間隔S2の寸法設定を行う必要がある。

- [0075] ヒートシンクHS3は、例えば、鋳造加工（ダイキャスト）で作製することができる。ヒートシンクHS3の構成材料としてアルミニウム、アルミニウム合金等が用いられる。ただし、構成材料はアルミニウム材料に限定されるわけではなく、銅等の他の構成材料であっても良い。
- [0076] ヒートシンクHS3は、かしめ加工で作製されたヒートシンクであり、ヒートシンクベース55と複数の放熱フィン65とを「かしめ加工」により一体化している。ヒートシンクHS3のヒートシンクベース55は、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工、押出加工などで作製され、構成材料としてアルミニウム、アルミニウム合金が用いられる。
- [0077] ヒートシンクHS3の複数の放熱フィン65は、構成材料としてアルミニウム、アルミニウム合金などの板材（圧延材）としているため、複数の放熱フィン65は加工性と放熱性を両立させることができる。
- [0078] ヒートシンクHS3において、ヒートシンクベース55及び複数の放熱フィン65の構成材料は上述したアルミニウム材料に限定されるものではなく、各々が異なる材料の組み合わせであっても良い、例えば、放熱能力の観点では、複数の放熱フィン65をアルミニウム系材料よりも熱伝導率が大きい銅系の板材にすることが考えられる。この場合、複数の放熱フィン65の構成材料をアルミニウム系材料とする場合よりも、放熱能力を向上させることができる。
- [0079] かしめ加工により一体化したヒートシンクHS3を採用する場合、鋳造加工、押出加工の加工制約（アスペクト比）がないため、複数の放熱フィン65それぞれの形成高さや隣接する放熱フィン65、65間の距離等を自由に設計でき、ヒートシンクHS3の放熱能力を向上させることができる。
- [0080] ただし、第1種ヒートシンク5や第2種ヒートシンク6で用いるヒートシンク構造は、図9～図11で示したヒートシンクHS1～HS3に限定されるわけではなく、切削加工、鍛造加工などで作製された他のヒートシンクであっても良い。
- [0081] （効果）

(比較技術の考察)

以下、実施の形態1の半導体装置101及び半導体装置101sの効果について説明する。以下で述べる効果は半導体装置101及び半導体装置101sに共通する効果であるが、説明の都合上、半導体装置101を代表して説明する。

[0082] 図46～図48はそれぞれ実施の形態1の半導体装置101と比較するための比較用半導体装置201の構造を示す説明図である。図49及び図50はそれぞれ比較用半導体装置201の特性を示す説明図である。図46～図50それぞれにXYZ直交座標系を記している。

[0083] 図46は比較用半導体装置201の平面構造を模式的に示す説明図である。図47は図46のE-E断面構造を模式的に示す説明図である。図48は図46のF-F断面構造を模式的に示す説明図である。図49は比較用半導体装置201のヒートシンクの放熱フィン間に流れる空気の温度分布を示す説明図である。図50は比較用半導体装置201のヒートシンクに流入する空気温度をコンター図形式で示す説明図である。図50では第1種ヒートシンク7の温度分布を空気温度用コンターTC2として示している。

[0084] 図46～図50で示す比較用半導体装置201は複数の電力用半導体モジュールを有する、一般的な構造の電力用半導体装置である。

[0085] 以下、図1、図7及び図8で示した実施の形態1の半導体装置101と同じ構成要素は同一符号を付して説明を省略し、比較用半導体装置201に固有の箇所を中心に説明する。

[0086] 図46に示すように、比較用半導体装置201において、第1種ヒートシンク7上に6つの電力用半導体モジュールM11～M16を搭載し、第2種ヒートシンク8上に3つの電力用半導体モジュールM41～M43を搭載している。

[0087] 図47に示すように、第1種ヒートシンク7はヒートシンクベース56及び複数の放熱フィン66を有している。複数の放熱フィン66は複数の第1種放熱フィンに分類される。ヒートシンクベース56の第1主面上に電力用

半導体モジュールM13及びM14が搭載される。

- [0088] 複数の放熱フィン66はX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン66間の隙間領域が複数の冷却風通過領域98となる。複数の冷却風通過領域98の集合体が第1種ヒートシンク7の第2主面側に設けられる第1種冷却風通過領域となる。
- [0089] 複数の冷却風通過領域98は、複数の放熱フィン66において隣接する放熱フィン66及び66間の隙間領域であり、X方向に沿ったフィン間隔S8を有している。このフィン間隔S8が第1種幅間隔に分類される。
- [0090] 図47に示すように、筐体3は第1種ヒートシンク7における複数の放熱フィン66を収容する態様で、ヒートシンク取付枠4を支持している。なお、第1種ヒートシンク7のヒートシンクベース56とヒートシンク取付枠4とはネジなどで固定される。
- [0091] このように、風上側に配置される第1種ヒートシンク7の複数の放熱フィン66のうち隣接する放熱フィン66及び66間のフィン間隔S8は、製造バラつきによるフィン間隔の差を除き、設計レベルでは均一のフィン間隔で構成される。フィン間隔S8は例えば半導体装置101の第1種ヒートシンク5におけるフィン間隔S1と同程度に設定される。
- [0092] 図48に示すように、第2種ヒートシンク8はヒートシンクベース57及び複数の放熱フィン67を有している。複数の放熱フィン67が複数の第2種放熱フィンに分類される。ヒートシンクベース57の第1主面上に電力用半導体モジュールM41～M43が搭載される。
- [0093] 複数の放熱フィン67はX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン67間の隙間領域が複数の冷却風通過領域94となる。
- [0094] 複数の冷却風通過領域94の集合体は第2種ヒートシンク8の第2主面側に設けられる第2種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域94が複数の第2種幅領域に分類される。
- [0095] 複数の冷却風通過領域94はそれぞれフィン配列方向であるX方向に沿ったフィン間隔S4を有している。このフィン間隔S4が第2種幅間隔に分類

される。

- [0096] このように、風下側に配置される第2種ヒートシンク8の複数の放熱フィン67のうち隣接する放熱フィン67及び67間のフィン間隔S4は、製造バラつきによるフィン間隔の差を除き、設計レベルでは均一のフィン間隔で構成される。フィン間隔S4は例えば半導体装置101の第1種ヒートシンク5におけるフィン間隔S1や第1種ヒートシンク7におけるフィン間隔S8と同程度に設定される。
- [0097] 図48に示すように、筐体3は第2種ヒートシンク8における複数の放熱フィン67を収容する態様で、ヒートシンク取付枠4を支持している。なお、第2種ヒートシンク8のヒートシンクベース57とヒートシンク取付枠4とはネジなどで固定される。
- [0098] このような構成の従来の比較用半導体装置201の動作時において、電力用半導体モジュールM11～M16それぞれの複数の半導体素子16は発熱し、電力用半導体モジュールM41～M43それぞれの複数の半導体素子16も発熱する。
- [0099] 図49に示すように、電力用半導体モジュールM11及びM12それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が直下の第1種ヒートシンク7から放熱されるため、電力用半導体モジュールM13及びM14それぞれに流入する空気である冷却風の温度が上昇する。
- [0100] 同様に、電力用半導体モジュールM13及びM14それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が直下の第1種ヒートシンク7から放熱されるため、電力用半導体モジュールM15及びM16それぞれに流入する冷却風の温度がさらに上昇する。
- [0101] その上、電力用半導体モジュールM15及びM16それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が直下の第1種ヒートシンク7から放熱されるため、電力用半導体モジュールM41～M43それぞれに流入する冷却風の温度がより一層上昇する。
- [0102] 図49に示す空気流速ベクトルF1～F3それぞれのX方向における幅が

熱量を示している。図49に示すように、比較用半導体装置201では第2種ヒートシンク8に到達前の空気流速ベクトルF3の熱量はかなり大きくなっている。

[0103] このように、冷却風である空気の流入側である風上側に配置された第1種ヒートシンク7に搭載された電力用半導体モジュールM15及びM16それぞれの複数の半導体素子16からの発熱により、温度上昇した冷却風が空気の出口側に配置され、電力用半導体モジュールM41～M43を搭載した第2種ヒートシンク8に流入する。

[0104] このような状況下では、第2種ヒートシンク8は、電力用半導体モジュールM41～M43それぞれの複数の半導体素子16の温度上昇を抑制することができないため、電力用半導体モジュールM41～M43は高温状態となる課題がある。

[0105] このように、比較用半導体装置201は、図50に示すように、第2種ヒートシンク8に流入する冷却風の空気温度はかなり高い温度になってしまう課題を有している。なお、図50では空気温度が高い程、黒色の濃度が濃くなっている。

[0106] 以下、電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM41～M43それぞれを一般化して示す場合、単に「電力用半導体モジュールMP」と称して説明する。

[0107] 図50に示すように、流速ベクトル1の方向である+Y方向に沿って複数の電力用半導体モジュールMPが搭載された比較用半導体装置201では、風上側に配置された1つの電力用半導体モジュールMPからの放熱により温度上昇した空気が、風下側に配置された他の電力用半導体モジュールMPに流入する。したがって、比較用半導体装置201内の第1種ヒートシンク7を介した電力用半導体モジュールMP、MP同士の熱干渉により、風下側の電力用半導体モジュールMPにおける複数の半導体素子16の温度が上昇してしまい許容温度を超えてしまう可能性がある。

[0108] したがって、比較用半導体装置201の動作時に、温度が許容温度を超え

てしまう半導体素子 16 の発生を回避するためには、第 1 種ヒートシンク 7 を大型化する必要があった。

[0109] 一般的な比較用半導体装置 201 では、空気の流入・排気は流入側・出口側から行うのが支配的であり、流入側・出口側以外の側面からの空気の流入、排気は微小である。特に、IP(International Protection)対応など、防水・防塵対応が要求される電力用半導体装置では、側面からの空気の流入、排気がない状態となる。このため、筐体 3 内の温度上昇が小さい空気を風下側（空気の出口側）に配置された電力用半導体モジュール MP のヒートシンクに流入させる構造が重要となる。

[0110] （実施の形態 1 の冷却効果）

図 12～図 14 はそれぞれ実施の形態 1 の半導体装置 101 の冷却効果を示す説明図である。図 12～図 14 それぞれに XYZ 直交座標系を記している。

[0111] 図 12 は半導体装置 101 のヒートシンクの放熱フィン間に流れる空気の温度分布を示す説明図である。図 13 及び図 14 は半導体装置 101 のヒートシンクに流入する空気温度をコンター図形式で示す説明図であり、図 13 は第 1 種ヒートシンク 5 の温度分布を空気温度用コンター TC1 として示し、図 14 は第 1 種ヒートシンク 5 及び第 2 種ヒートシンク 6 の温度分布を空気温度用コンター TC1B として示している。なお、図 13 及び図 14 それぞれでは空気温度が高い程、黒色の濃度が濃くなっている。

[0112] 前述したように、実施の形態 1 の半導体装置 101 における第 1 種ヒートシンク 5 は 4 対の変形放熱フィン 61X 及び 61X を有している。4 つの変形放熱フィン 61X 及び 61X 間の隙間領域である 4 つの冷却風通過領域 95 はそれぞれ幅広フィン間隔 S5 を有し、この幅広フィン間隔 S5 をフィン間隔 S1 よりも広く設定している。このため、半導体装置 101 は動作時において、第 2 種ヒートシンク 6 の複数の放熱フィン 62 への到達時における冷却風の温度上昇を効果的に抑制することができる。

[0113] 比較用半導体装置 201 と同様に、図 12 に示すように、電力用半導体モ

ジュールM11及びM12それぞれの複数の半導体素子16の発熱が直下の第1種ヒートシンク5から放熱されるため、電力用半導体モジュールM13及びM14に流入する空気である冷却風の温度が上昇する。

[0114] 同様に、電力用半導体モジュールM13及びM14それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が直下の第1種ヒートシンク5から放熱されるため、電力用半導体モジュールM15及びM16に流入する冷却風の温度が上昇する。さらに、電力用半導体モジュールM15及びM16それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が直下の第1種ヒートシンク5から放熱されるため、電力用半導体モジュールM41～M43に流入する空気の温度が上昇する。

[0115] このように、冷却風となる空気の流入側となる風上側の第1種ヒートシンク5に搭載された電力用半導体モジュールM11～M16それぞれの複数の半導体素子16からの発熱により、温度上昇した空気が電力用半導体モジュールM41～M43を搭載した、空気の出口側となる風下側の第2種ヒートシンク6に流入する。

[0116] 図12に示す空気流速ベクトルF1～F3及び空気流速ベクトルFX1それぞれのX方向における幅が熱量を示している。同図に示すように、複数の冷却風通過領域91では第2種ヒートシンク6に到達前の空気流速ベクトルF3の熱量はかなり大きくなっている。

[0117] 実施の形態1の半導体装置101では、風上側に配置される第1種ヒートシンク5において、4つの冷却風通過領域95における幅広フィン間隔S5を、複数の冷却風通過領域91におけるフィン間隔S1よりも大きく設定している。

[0118] したがって、4つの冷却風通過領域95それぞれ幅広フィン間隔S5をフィン間隔S1よりも十分広く設定することにより、4つの冷却風通過領域95における流速ベクトル1に沿った冷却風の温度上昇を極小に抑えることができる。なぜなら、比較的広い幅広フィン間隔S5を有する冷却風通過領域95では、変形放熱フィン61Xの表面から空気への熱伝達率が小さくなり

、変形放熱フィン61Xからの放熱量は小さくなるため、冷却風通過領域95を通過する冷却風の空気温度の上昇量は微小となるからである。

[0119] このため、4つの冷却風通過領域95は、図13及び図14に示すように、比較的低い低温度領域 t_{c11} に抑えることができる。すなわち、図12に示すように、4つの冷却風通過領域95における空気流速ベクトル F_X では、熱量が一定値以下に抑えられているため、比較的低温な空気流速ベクトル F_X を有する冷却風を第2種ヒートシンク6に供給することができる。

[0120] したがって、図14に示すように、風下側（空気の出口側）の第2種ヒートシンク6においても、比較的低い低温度領域 t_{c12} を設けることができるため、第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6を大型化することなく、電力用半導体モジュールM41～M43それぞれの複数の半導体素子16の温度を許容温度以下に抑えることができる。

[0121] その結果、第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6の大きさか必要最小限に抑えることができるため、実施の形態1の半導体装置101は小型化を図ることができる。

[0122] 前述したように、冷却ファン2から供給される冷却風に対し第1種ヒートシンク5が風上側となり、第2種ヒートシンク6が風下側となる。実施の形態1の半導体装置101における第1種ヒートシンク5は、各々が幅広フィン間隔 S_5 に設定された4つの冷却風通過領域95を有しているため、第1種幅広領域に分類される冷却風通過領域95を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて、第2種ヒートシンク6の複数の放熱フィン62に比較的低温な冷却風を流入させることができる。

[0123] 上記効果に関し、フィン間隔 S_1 と幅広フィン間隔 S_5 との間隔比（ S_5/S_1 ）に関する数値解析を行った結果、間隔比（ S_5/S_1 ）を“3”に設定した場合、複数の放熱フィン62への到達時における冷却風の温度上昇を3℃低減する効果が得られることが確認された。したがって、上述した数値解析結果から、幅広フィン間隔 S_5 をフィン間隔 S_1 の2倍以上3倍以下{ $2 \leq (S_5/S_1) \leq 3$ }に設定すれば、冷却風の有益な温度上昇抑制効果を得

られることができることが推測される。

[0124] したがって、実施の形態1の半導体装置101は、冷却ファン2から送風される冷却風によって、複数の放熱フィン61に加え、複数の放熱フィン62の温度上昇を抑制することができる。このため、第1種ヒートシンク5によって電力用半導体モジュールM11～M16の動作時における温度上昇を抑え、かつ、第2種ヒートシンク6によって電力用半導体モジュールM41～M43の動作時における温度上昇を抑えることができる。

[0125] すなわち、実施の形態1の半導体装置101は、電力用半導体モジュールM11～M16及びM41～M43の動作時における温度上昇を抑制することを目的として、電力用半導体モジュールM11～M16及びM41～M43並びに第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6を大型化する必要がない。

[0126] その結果、実施の形態1の半導体装置101は、第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6による電力用半導体モジュールMPに対する冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0127] さらに、半導体装置101の第2種ヒートシンク6における冷却風通過領域92のフィン間隔S2を第1種ヒートシンク5の冷却風通過領域91のフィン間隔S1と同程度に設定することにより、第2種ヒートシンク6の放熱性を良好に保つことができる。

[0128] 実施の形態1の半導体装置101は、4対の変形放熱フィン61X及び61Xによって4箇所冷却風通過領域95を設定する構成を有しているため、4つの冷却風通過領域95を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて、第2種ヒートシンク6の複数の放熱フィン62に冷却風を流入させることができる。

[0129] したがって、実施の形態1の半導体装置101は、第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6による冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0130] なお、実施の形態1の半導体装置101では、少なくとも一つの第1種幅

広領域として4つの冷却風通過領域95を示したが、冷却風通過領域95が少なくとも一つ存在すれば、上述した効果を発揮することができる。

[0131] 加えて、実施の形態1の半導体装置101は、取付板であるヒートシンク取付枠4と筐体3とを備えており、冷却風供給構造を実現すべく流速ベクトル1を送風方向として冷却風を送風する冷却ファン2を有している。

[0132] したがって、実施の形態1の半導体装置101は、ヒートシンク取付枠4及び筐体3によって、第1種ヒートシンク5、第2種ヒートシンク6、電力用半導体モジュールM11～M16、及び電力用半導体モジュールM41～M43を一体化した構造を得ることができる。そして、冷却ファン2によって流速ベクトル1を有する冷却風を安定性良く供給することができる。

[0133] なお、電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM41～M43の発熱量が小さい場合は冷却ファン2を設けることなく、冷却風となる空気の流れが流速ベクトル1と一致する方向に設定する特性を有する冷却風供給構造を採用しても、上述した効果を得ることが期待できる。

[0134] (製造方法)

実施の形態1の半導体装置101は以下のステップ(a)～(c)によって製造することができる。

[0135] ステップ(a)は、筐体3に取付板となるヒートシンク取付枠4を固定するステップである。

[0136] ステップ(b)は、筐体3体内に複数の放熱フィン61及び複数の放熱フィン62を収容する態様で、ヒートシンク取付枠4に第1種ヒートシンク5及び第2種ヒートシンク6を搭載するステップである。

[0137] ステップ(c)は、第1種ヒートシンク5の第1主面上に電力用半導体モジュールM11～M16を搭載し、第2種ヒートシンク6の第1主面上に電力用半導体モジュールM41～M43を搭載するステップである。

[0138] 実施の形態1の半導体装置の製造方法で製造される半導体装置101は、電力用半導体モジュールM11～M16及びM41～M43の動作時における

る温度上昇を抑制することを目的として、電力用半導体モジュールM11～M16及びM41～M43並びに第1種及び第2種ヒートシンク5及び6を大型化する必要がない。

[0139] その結果、実施の形態1の製造方法で製造される半導体装置101は、電力用半導体モジュールM11～M16及びM41～M43の冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0140] <実施の形態2>

図15は本開示の実施の形態2である半導体装置102の平面構成を模式的に示す説明図である。図15にXYZ直交座標系を記している。実施の形態2の半導体装置102は複数の電力用半導体モジュールを有する電力用半導体装置である。

[0141] 以下、図1で示した実施の形態1の半導体装置101と同じ構成要素は同一符号を付して説明を省略し、実施の形態2の半導体装置102に特徴箇所を中心に説明する。

[0142] 図15に示すように、実施の形態2の半導体装置102は第1種ヒートシンク5B及び第2種ヒートシンク6Bを有し、第1種及び第2種ヒートシンク5B及び6Bは実施の形態1と同様に取付板であるヒートシンク取付枠4に取り付けられる。

[0143] そして、実施の形態2の半導体装置102は、第1種ヒートシンク5Bの第1主面上に6つの電力用半導体モジュールM11～M16を搭載し、第2種ヒートシンク6Bの第2主面上に3つの電力用半導体モジュールM41～M43を搭載している。

[0144] 図16は実施の形態2の半導体装置102における第1種及び第2種ヒートシンク5B及び6Bそれぞれの平面構造を模式的に示す説明図である。図17は半導体装置102の基本構成における断面構造を模式的に示す説明図である。図17は図16のG-G断面構造を示している。図16及び図17それぞれにXYZ直交座標系を記している。

[0145] なお、図16では第1種ヒートシンク5Bに設けられる複数の放熱フィン

と、第2種ヒートシンク6Bに設けられる複数の放熱フィンの平面構造を視覚認識可能に示している。

[0146] 図16及び図17図に示すように、第1種ヒートシンク5Bはヒートシンクベース5B0と複数の通常放熱フィン5B1及び4つの切欠放熱フィン5B2とを含んでおり、第2種ヒートシンク6Bはヒートシンクベース6B0及び複数の放熱フィン6B1を含んでいる。

[0147] 第1種ヒートシンク5Bに関し、複数の通常放熱フィン5B1のうち隣接する通常放熱フィン5B1間の隙間領域が複数の冷却風通過領域91となり、冷却風通過領域91のフィン配列方向であるX方向に沿った間隔がフィン間隔S1となる。複数の冷却風通過領域91は複数の第1種幅狭領域に分類され、フィン間隔S1が第1種幅狭間隔に分類される。

[0148] 4つの切欠放熱フィン5B2が少なくとも一つの切欠放熱フィンに分類される。4つの切欠放熱フィン5B2それぞれに対しフィン配列方向であるX方向に隣接する一对の通常放熱フィン5B1が4対の隣接放熱フィン5B1s及び5B1sとして規定される。4対の隣接放熱フィン5B1s及び5B1sが少なくとも一对の隣接放熱フィンに分類される。

[0149] 図17に示すように、4つの切欠放熱フィン5B2はそれぞれ形成深さ方向となる-Z方向において通常深さDT1を有する通常領域R51と、変形深さDT2を有する変形領域R52とを有している。一方、複数の通常放熱フィン5B1はそれぞれ一定の通常深さDT1のみを有している。

[0150] このように、切欠放熱フィン5B2は第1種形成深さとして通常深さDT1及び変形深さDT2を含んでおり、通常放熱フィン5B1は第1種形成深さとして通常深さDT1のみを有している。

[0151] 変形深さDT2は通常深さDT1よりも浅いため、 $\{DT1 > DT2\}$ が成立している。したがって、切欠放熱フィン5B2において、変形領域R52の変形深さDT2から通常深さDT1までの領域が何も形成されていない一部切欠領域27となる。すなわち、切欠領域となる一部切欠領域27は、4つの切欠放熱フィン5B2それぞれの変形領域R52における変形深さD

T 2 から通常深さ D T 1 までの空き領域となる。

[0152] そして、4 対の隣接放熱フィン 5 B 1 s 及び 5 B 1 s それぞれの間における隙間領域が 4 つの冷却風通過領域 9 6 となり、少なくとも一つの第 1 種幅広領域に分類される。4 つの冷却風通過領域 9 6 はそれぞれ隣接放熱フィン 5 B 1 s 及び 5 B 1 s 間における一部切欠領域 2 7 を介した領域を含んでいる。

[0153] 4 対の隣接放熱フィン 5 B 1 s 及び 5 B 1 s それぞれの X 方向に沿った間隔が幅広フィン間隔 S 6 となる。この幅広フィン間隔 S 6 が第 1 種幅広間隔に分類される。

[0154] このように、実施の形態 2 の半導体装置 1 0 2 において、第 1 種ヒートシンク 5 B は、第 1 種冷却風通過領域として、複数の冷却風通過領域 9 1 と 4 つの冷却風通過領域 9 6 との集合体を有している。

[0155] 実施の形態 2 の半導体装置 1 0 2 における第 1 種ヒートシンク 5 B は 4 つの切欠放熱フィン 5 B 2 を有している。4 対の隣接放熱フィン 5 B 1 s 及び 5 B 1 s の一部切欠領域 2 7 を介した隙間領域を含む 4 つの冷却風通過領域 9 6 はそれぞれ幅広フィン間隔 S 6 を有し、この幅広フィン間隔 S 6 をフィン間隔 S 1 よりも広く設定している。このため、半導体装置 1 0 2 の動作時において、複数の放熱フィン 6 B 1 への到達時における冷却ファン 2 から供給される冷却風の温度上昇を効果的に抑制することができる。

[0156] 第 1 種ヒートシンク 5 B に関し、複数の通常放熱フィン 5 B 1 及び 4 つの切欠放熱フィン 5 B 2 を含む複数の放熱フィンが均一なフィン間隔 S 1 で設けられる。したがって、実施の形態 2 の半導体装置 1 0 2 において、冷却風通過領域 9 6 のフィン間隔 S 6 はフィン間隔 S 1 の 2 倍値に切欠放熱フィン 5 B 2 の X 方向の形成幅である厚みを加えた値となる。

[0157] 実施の形態 2 の半導体装置 1 0 2 は図 1 5 ~ 図 1 7 で示した構造を有しているため、4 対の隣接放熱フィン 5 B 1 s 及び 5 B 1 s それぞれの間における一部切欠領域 2 7 を介した領域を含む冷却風通過領域 9 6 を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて複数の放熱フィン 6 B 1 に冷却風を流入させ

ることができる。

[0158] したがって、実施の形態2の半導体装置102は、実施の形態1の半導体装置101と同様、電力用半導体モジュールM11~M16及び電力用半導体モジュールM41~M43の冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0159] 実施の形態2の半導体装置102は、4つの切欠放熱フィン5B2それぞれの変形深さDT2から通常深さDT1までの空き領域を一部切欠領域27としている。なお、冷却風通過領域96を通過する冷却風の温度上昇を抑えるべく、一部切欠領域27のY方向の長さは例えば通常放熱フィン5B1のY方向の形成幅の1/3以上に設定することが望ましい。

[0160] したがって、複数の通常放熱フィン5B1及び4つの切欠放熱フィン5B2を含む複数の放熱フィン間の間隔を均一なフィン間隔S1に設定した一般的な構造から、4つの冷却風通過領域96を形成することができる。

[0161] 図15~図17で示す半導体装置102の基本構成は、一部切欠領域27を設けるべく、4つの切欠放熱フィン5B2は変形深さDT2の変形領域R52と通常深さDT1の通常領域R51との組合せ構成で形成されている。

[0162] 図18は半導体装置102の変形例の断面構造を模式的に示す断面図である。図18は図16のG-G断面構造を示している。図18にXYZ直交座標系を記している。以下、半導体装置102の変形例に関し、図17で示した半導体装置101の基本構成の断面構造と異なる箇所を中心に説明する。

[0163] 図16及び図18に示すように、変形例における第1種ヒートシンク5BBはヒートシンクベース5B0と複数の通常放熱フィン5B1及び4つの切欠放熱フィン5B3とを含んでいる。

[0164] 半導体装置102の変形例では、4つの切欠放熱フィン5B3が少なくとも一つの切欠放熱フィンに分類される。4つの切欠放熱フィン5B3それぞれに対しフィン配列方向であるX方向に隣接する通常放熱フィン5B1及び5B1が4対の隣接放熱フィン5B1s及び5B1sとして規定される。4対の隣接放熱フィン5B1s及び5B1sが少なくとも一对の隣接放熱フィ

ンに分類される。一方、複数の通常放熱フィン5 B 1はそれぞれ通常深さD T 1を有している。

[0165] 図1 8に示すように、4つの切欠放熱フィン5 B 3はそれぞれ変形深さD T 2を有する変形領域R 5 3のみで構成される。したがって、切欠放熱フィン5 B 3における第1種形成深さは形深さD T 2のみとなる。

[0166] 変形深さD T 2は通常深さD T 1よりも浅いため、 $\{D T 1 > D T 2\}$ が成立している。したがって、切欠放熱フィン5 B 3において、変形領域R 5 3の変形深さD T 2から通常深さD T 1までの領域が何も形成されていない切欠領域2 8となる。すなわち、切欠領域2 8は、4つの切欠放熱フィン5 B 3それぞれの全体領域となる変形領域R 5 3における変形深さD T 2から通常深さD T 1までの空き領域となる。

[0167] そして、4対の隣接放熱フィン5 B 1 s及び5 B 1 sそれぞれの間における隙間領域が変形例における4つの冷却風通過領域9 6となり、少なくとも一つの第1種幅広領域に分類される。4つの冷却風通過領域9 6はそれぞれ隣接放熱フィン5 B 1 s及び5 B 1 s間における切欠領域2 8を介した領域を含んでいる。4対の隣接放熱フィン5 B 1 s及び5 B 1 sそれぞれのX方向に沿った間隔が幅広フィン間隔S 6となり、第1種幅広間隔に分類される。

[0168] 実施の形態2の半導体装置1 0 2の変形例は図1 5、図1 6及び図1 8で示した構成を有しているため、4対の隣接放熱フィン5 B 1 s及び5 B 1 sそれぞれの間における切欠領域2 8を介した領域を含む冷却風通過領域9 6を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて複数の放熱フィン6 B 1に冷却風を流入させることができる。

[0169] したがって、実施の形態2の半導体装置1 0 2の変形例は、実施の形態2の基本構成と同様、電力用半導体モジュールM 1 1~M 1 6及び電力用半導体モジュールM 4 1~M 4 3の冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0170] 半導体装置1 0 2の変形例では、4つの切欠放熱フィン5 B 3それぞれの

変形深さD T 2から通常深さD T 1までの空き領域を切欠領域2 8としている。

[0171] したがって、複数の通常放熱フィン5 B 1及び4つの切欠放熱フィン5 B 3を含む複数の放熱フィン間の間隔を均一なフィン間隔S 1に設定した一般的な構造から、4つの冷却風通過領域9 6を形成することができる。

[0172] 半導体装置1 0 2の基本構成は、切欠領域2 8を設けるべく、4つの切欠放熱フィン5 B 3は変形深さD T 2の変形領域R 5 3のみを有して形成されている。

[0173] したがって、実施の形態2において、基本構成の一部切欠領域2 7と比較して容易に変形例の切欠領域2 8を作製することができる。

[0174] <実施の形態3>

図1 9は実施の形態3の半導体装置1 0 3における第1種及び第2種ヒートシンク5 C及び6 Cそれぞれの平面構造を模式的に示す説明図である。図2 0は図1 9の半導体装置1 0 3におけるH-H断面構造を模式的に示す説明図である。図1 9及び図2 0それぞれにX Y Z直交座標系を記している。

[0175] なお、図1 9では第1種ヒートシンク5 Cに設けられる複数の放熱フィンと、第2種ヒートシンク6 Cに設けられる複数の放熱フィンの平面構造を視覚認識可能に示している。

[0176] 実施の形態3の半導体装置1 0 3は、第1種ヒートシンク5 C及び第2種ヒートシンク6 Cを有することを特徴としている。なお、半導体装置1 0 3の平面構成は、第1種及び第2種ヒートシンク5及び6が第1種及び第2種ヒートシンク5 C及び6 Cに置き換えられた点を除き、実施の形態1の半導体装置1 0 1と同様である。

[0177] 図1 9及び図2 0図に示すように、第1種ヒートシンク5 Cはヒートシンクベース5 C 0と複数の通常放熱フィン5 C 1及び4つの切欠放熱フィン5 C 2とを含んでおり、第2種ヒートシンク6 Cはヒートシンクベース6 C 0及び複数の放熱フィン6 C 1を含んでいる。

[0178] 第1種ヒートシンク5 Cに関し、複数の通常放熱フィン5 C 1のうち隣接

する通常放熱フィン5 C 1及び5 C 1間の隙間領域が冷却風通過領域9 1となり、冷却風通過領域9 1のフィン配列方向であるX方向に沿った間隔がフィン間隔S 1となる。冷却風通過領域9 1が第1種幅狭領域に分類され、フィン間隔S 1が第1種幅狭間隔に分類される。

[0179] 4つの切欠放熱フィン5 C 2が少なくとも一つの切欠放熱フィンに分類される。4つの切欠放熱フィン5 C 2それぞれに対しフィン配列方向であるX方向に隣接する通常放熱フィン5 C 1及び5 C 1が4対の隣接放熱フィン5 C 1 s及び5 C 1 sとして規定される。4対の隣接放熱フィン5 C 1 s及び5 C 1 sが少なくとも一对の隣接放熱フィンに分類される。

[0180] 図20に示すように、複数の通常放熱フィン5 C 1はそれぞれフィン形成方向であるY方向において通常幅W T 1有し、4つの切欠放熱フィン5 C 2はそれぞれY方向において変形幅W T 2を有し、変形幅W T 2は通常幅W T 1より短く、 $\{W T 2 < W T 1\}$ を満足している。

[0181] このように、実施の形態3の半導体装置102の切欠放熱フィン5 C 2は、第1種形成幅として通常幅W T 1及び変形幅W T 2を含み、変形幅W T 2が通常幅W T 1より狭いという特徴を有している。

[0182] そして、切欠放熱フィン5 C 2に関し、4つの切欠放熱フィン5 C 2それぞれの変形幅W T 2から通常幅W T 1までの空き領域を切欠領域29としている。すなわち、フィン形成方向であるY方向において、通常放熱フィン5 C 1が存在し、切欠放熱フィン5 C 2が存在しないフィン非形成領域が切欠領域29となる。

[0183] そして、4対の隣接放熱フィン5 C 1 s及び5 C 1 sそれぞれの間における隙間領域が冷却風通過領域97となり、少なくとも一つの第1種幅広領域に分類される。4対の隣接放熱フィン5 C 1 s及び5 C 1 sそれぞれのX方向に沿った間隔がフィン間隔S 7となり、第1種幅広間隔に分類される。4つの冷却風通過領域97はそれぞれ隣接放熱フィン5 C 1 s及び5 C 1 s間における切欠領域29を介した領域を含んでいる。

[0184] このように、実施の形態3の半導体装置103における第1種ヒートシン

ク5Cに関し、複数の冷却風通過領域91と4つの冷却風通過領域97との集合体が第1種冷却風通過領域となる。

[0185] 実施の形態3の半導体装置103における第1種ヒートシンク5Bは4つの切欠放熱フィン5C2を有している。4対の隣接放熱フィン5C1s及び5C1sの切欠領域28を介した隙間領域を含む4つの冷却風通過領域97はそれぞれ幅広フィン間隔S7を有し、このフィン間隔S7をフィン間隔S1よりも広く設定している。このため、半導体装置103は動作時において、複数の放熱フィン6C1への時における冷却ファン2から供給される冷却風の温度上昇を効果的に抑制することができる。

[0186] 第1種ヒートシンク5Cに関し、複数の通常放熱フィン5C1及び4つの切欠放熱フィン5C2を含む複数の放熱フィンが均一なフィン間隔S1で設けられる。したがって、実施の形態3の半導体装置103において、フィン間隔S7はフィン間隔S1の2倍値に切欠放熱フィン5C2の厚みを加えた値となる。

[0187] 実施の形態3の半導体装置103は図19及び図20で示した構造を有しているため、各々が4対の隣接放熱フィン5C1s及び5C1sそれぞれの間における切欠領域29を介した領域を含む4つの冷却風通過領域97を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて複数の放熱フィン6C1に冷却風を流入させることができる。

[0188] したがって、実施の形態3の半導体装置103は、実施の形態1及び実施の形態2と同様、電力用半導体モジュールM11~M16及び電力用半導体モジュールM41~M43の冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0189] なお、上述した冷却機能を得るべく、切欠領域29の通常放熱フィン5C1に対する面積比率は1/4以上確保することが望ましい。

[0190] 実施の形態3の半導体装置103では、4つの切欠放熱フィン5C2それぞれのフィン非形成領域を切欠領域29としている。

[0191] したがって、複数の通常放熱フィン5C1及び4つの切欠放熱フィン5C

2を含む複数の放熱フィン間の間隔を均一なフィン間隔S1に設定した一般的な構造から、4つの冷却風通過領域97を形成することができる。

[0192] <実施の形態4>

図21は本開示の実施の形態4である半導体装置104の平面構成を模式的に示す説明図である。実施の形態4の半導体装置104は複数の電力用半導体モジュールを有する電力用半導体装置である。図21にXYZ直交座標系を記している。

[0193] 以下、図1で示した実施の形態1の半導体装置101と同様な構成要素は同一符号を付して説明を省略し、実施の形態4の半導体装置104の特徴箇所を中心に説明する。

[0194] 図21に示すように、実施の形態4の半導体装置104は第1種ヒートシンクH51～H56及び第2種ヒートシンクH61～H64を有し、第1種及び第2種ヒートシンク5及び6は取付板であるヒートシンク取付枠4Dに取り付けられる。

[0195] このように、実施の形態4の半導体装置104は複数の第1種ヒートシンクとして第1種ヒートシンクH51～H56を有し、複数の第2種ヒートシンクとして第2種ヒートシンクH61～H64を有している。

[0196] ヒートシンク取付枠4Dは図示しない6つの開口部及び4つの開口部を有し、6つの開口部それぞれ内に嵌め込む態様で第1種ヒートシンクH51～H56を取り付け、4つの開口部それぞれに嵌め込む態様で第2種ヒートシンクH61～H64を取り付けている。ヒートシンク取付枠4Dは筐体3の上方に固定されている。

[0197] 複数の第1種半導体モジュールである電力用半導体モジュールM51～M56と、複数の第1種ヒートシンクである第1種ヒートシンクH51～H56とは1対1に対応している。したがって、第1種ヒートシンクH5i (i = 1～6のいずれか) の第1主面上に電力用半導体モジュールM5iが搭載される。

[0198] 複数の第2種半導体モジュールである電力用半導体モジュールM61～M

64と、複数の第2種ヒートシンクである第2種ヒートシンクH61～H64とは1対1に対応している。したがって、第2種ヒートシンクH6j（j＝1～4のいずれか）の第1主面上に電力用半導体モジュールM6jが搭載される。

[0199] 実施の形態4において、第1種ヒートシンクH51～H56それぞれの第1主面が第1種半導体モジュールの搭載面となり、第2種ヒートシンクH61～H64それぞれの第1主面が第2種半導体モジュールの搭載面となる。

[0200] 実施の形態4の半導体装置104において、流速ベクトル1に対し、第1種ヒートシンクH51～H56は風上側に位置し、第2種ヒートシンクH61～H64は風下側に位置する。

[0201] このように、実施の形態4の半導体装置104は、電力用半導体モジュールM51～M56、電力用半導体モジュールM61～M64、第1種ヒートシンクH51～H56、第2種ヒートシンクH61～H64、ヒートシンク取付枠4D、筐体3及び冷却ファン2を主要構成要素として含んでいる。

[0202] なお、電力用半導体モジュールM51～M56及び電力用半導体モジュールM61～M64はそれぞれ例えば図4～図6で示した断面構造を有している。また、取付板であるヒートシンク取付枠4Dと筐体3とは別部材として構成しても、一体化した部品でも構成しても良い。

[0203] 図22及び図23は図21で示した実施の形態4の半導体装置104の断面構造を模式的に示す説明図である。図22は図21のI-I断面を示し、図23は図21のJ-J断面を示している。図22及び図23それぞれにXYZ直交座標系を記している。

[0204] 図22に示すように、第1種ヒートシンクH53はヒートシンクベース530及び複数の放熱フィン531を有し、第1種ヒートシンクH54はヒートシンクベース540及び複数の放熱フィン541を有している。複数の放熱フィン531及び複数の放熱フィン541が複数の第1種放熱フィンに分類される。

[0205] 第1種ヒートシンクH53の第1主面上に電力用半導体モジュールM53

が搭載され、第1種ヒートシンクH54の第1主面上に電力用半導体モジュールM54が搭載される。

[0206] 第1種ヒートシンクH53は第1種ヒートシンクH51, H52, H54~H56それぞれと同一構造を呈し、電力用半導体モジュールM53は電力用半導体モジュールM51, M52, M54~M56それぞれと同一構造を呈している。以下では、第1種ヒートシンクH53及び電力用半導体モジュールM53を代表させて説明する。

[0207] なお、第1種ヒートシンクH53及びH54間においてヒートシンクベース530とヒートシンクベース540とが対応し、複数の放熱フィン531(531n, 531X)と複数の放熱フィン541(541n, 541X)とが対応している。

[0208] 第1種ヒートシンクH53の第1主面上にTIM材25を介して電力用半導体モジュールM53の金属板21の第2主面が接着されている。TIM材25を介することにより、第1種ヒートシンクH53と電力用半導体モジュールM53の間で比較的高い熱伝導性を確保している。

[0209] ヒートシンクベース530の第1主面が第1種ヒートシンクH53の第1主面となり、複数の放熱フィン531はそれぞれ第1種ヒートシンクH53の第2主面から-Z方向に延びている。したがって、複数の放熱フィン531はそれぞれ第1種半導体モジュールの搭載面である第1種ヒートシンクH53の第1主面と反対側の形成深さ方向(-Z方向)に延びる第1種形成深さを有している。加えて、複数の放熱フィン531はそれぞれY方向に沿ったフィン形成方向に延びる第1種形成幅を有している。

[0210] 複数の放熱フィン531はフィン形成方向であるY方向と直角に交差するX方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン531はX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン531間の隙間領域が複数の冷却風通過領域111または2つの冷却風通過領域115となる。

[0211] 複数の冷却風通過領域111及び2つの冷却風通過領域115の集合体が第1種ヒートシンクH53の第2主面側に設けられる第1種冷却風通過領域

となる。複数の冷却風通過領域 1 1 1 が複数の第 1 種幅狭領域に分類され、2 つの冷却風通過領域 1 1 5 が少なくとも一つの第 1 種幅広領域に分類される。

[0212] 複数の放熱フィン 5 3 1 は各々が隣接する 2 対の変形放熱フィン 5 3 1 X 及び 5 3 1 X を含んでいる。2 対の変形放熱フィン 5 3 1 X 及び 5 3 1 X が少なくとも一対の変形放熱フィンに分類され、2 対の変形放熱フィン 5 3 1 X、5 3 1 X 以外の全ての放熱フィン 5 3 1 が複数の通常放熱フィン 5 3 1 n に分類される。

[0213] 2 つの冷却風通過領域 1 1 5 は少なくとも一つの第 1 種幅広領域に分類され、2 対の変形放熱フィン 5 3 1 X 及び 5 3 1 X と 1 対 1 に対応する。2 つの冷却風通過領域 1 1 5 はそれぞれ 2 対の変形放熱フィン 5 3 1 X 及び 5 3 1 X のうち対応する一対の変形放熱フィン 5 3 1 X 及び 5 3 1 X 間の隙間領域となる。2 つの冷却風通過領域 1 1 5 はそれぞれフィン配列方向である X 方向に沿った幅広フィン間隔 S 1 5 を有している。この幅広フィン間隔 S 1 5 は第 1 種幅広間隔に分類される。

[0214] このように、冷却風となる空気の流入側である風上側に配置される第 1 種ヒートシンク H 5 3 において、2 対の変形放熱フィン 5 3 1 X 及び 5 3 1 X 間の幅広フィン間隔 S 1 5 は、製造バラつきによるフィン間隙の差ではなく設計レベルで、フィン間隔 S 1 1 よりも大きくなるように寸法設定される。

[0215] 複数の冷却風通過領域 1 1 1 は、複数の通常放熱フィン 5 3 1 n のうち隣接する通常放熱フィン 5 3 1 n 及び 5 3 1 n 間の隙間領域であり、X 方向に沿ったフィン間隔 S 1 1 を有している。このフィン間隔 S 1 1 が第 1 種幅狭間隔に分類される。

[0216] 2 つの冷却風通過領域 1 1 5 と複数の冷却風通過領域 1 1 1 とに関し、フィン間隔 S 1 1 と幅広フィン間隔 S 1 5 との間隔比 ($S 1 5 / S 1 1$) は例えば 2 ~ 3 倍程度に設定される。

[0217] 図 2 2 に示すように、筐体 3 は第 1 種ヒートシンク H 5 3 における複数の放熱フィン 5 3 1 及び第 1 種ヒートシンク H 5 4 における複数の放熱フィン

541を收容する態様で、ヒートシンク取付枠4Dを支持している。なお、第1種ヒートシンクH53のヒートシンクベース530とヒートシンク取付枠4Dとはネジなどで固定される。

[0218] 図21のJ-J断面構造は、正確には第2種ヒートシンクH61~H64と電力用半導体モジュールM61~M64とが存在するが、図23では説明の都合上、第2種ヒートシンクH61~H63及び電力用半導体モジュールM61~M63を選択的に示している。

[0219] 図23に示すように、第2種ヒートシンクH61はヒートシンクベース610及び複数の放熱フィン611を有しており、第2種ヒートシンクH62はヒートシンクベース620及び複数の放熱フィン621を有しており、第2種ヒートシンクH63はヒートシンクベース630及び複数の放熱フィン631を有している。複数の放熱フィン631、複数の放熱フィン621及び複数の放熱フィン631は複数の第2種放熱フィンに分類される。

[0220] 第2種ヒートシンクH61の第1主面上に電力用半導体モジュールM61が搭載され、第2種ヒートシンクH62の第1主面上に電力用半導体モジュールM62が搭載され、第2種ヒートシンクH63の第1主面上に電力用半導体モジュールM63が搭載される。

[0221] 第2種ヒートシンクH61は第2種ヒートシンクH62~H64それぞれと同一構造を呈し、電力用半導体モジュールM61は電力用半導体モジュールM62~M64それぞれと同一構造を呈している。以下では、第2種ヒートシンクH61及び電力用半導体モジュールM61を代表させて説明する。

[0222] なお、図23で示す第2種ヒートシンクH61~H63間においてヒートシンクベース610、ヒートシンクベース620及びヒートシンクベース630が互いに対応し、複数の放熱フィン611、複数の放熱フィン621及び複数の放熱フィン631が互いに対応している。

[0223] ヒートシンクベース610の第1主面上に電力用半導体モジュールM61が搭載される。すなわち、ヒートシンクベース610の第1主面上にTIM材25を介して電力用半導体モジュールM61の金属板21の第2主面が接

着されており、TIM材25を介することにより第2種ヒートシンクH61と電力用半導体モジュールM61との間で比較的高い熱伝導性を確保している。

[0224] ヒートシンクベース610の第1主面が第2種ヒートシンクH61の第1主面となり、複数の放熱フィン611はそれぞれヒートシンクベース610の第2主面から-Z方向に延びている。したがって、複数の放熱フィン611はそれぞれ第2種半導体モジュールの搭載面であるヒートシンクベース610の第1主面と反対側の形成深さ方向(-Z方向)に延びる第2種形成深さを有している。加えて、複数の放熱フィン611はそれぞれY方向に沿ったフィン形成方向に延びる第2種形成幅を有している。

[0225] 複数の放熱フィン611はフィン形成方向であるX方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン611はX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン611間の隙間領域が複数の冷却風通過領域121となる。

[0226] 複数の冷却風通過領域121の集合体が第2種ヒートシンクH61の第2主面側に設けられる第2種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域121は複数の第2種幅領域に分類される。

[0227] 複数の冷却風通過領域121はそれぞれフィン配列方向であるX方向に沿ったフィン間隔S21を有している。このフィン間隔S21が第2種幅間隔に分類される。フィン間隔S21は例えば第1種ヒートシンクH53側の冷却風通過領域111のフィン間隔S11と同程度に設定される。

[0228] このように、風下側に配置される第2種ヒートシンクH61の複数の放熱フィン611におけるフィン間隔S21は、製造バラつきによるフィン間隔の差を除き、設計レベルでは均一のフィン間隔で構成される。ただし、風下側に配置される第2種ヒートシンクH61の放熱フィン611及び611の間隔が必ずしも均一のフィン間隔である必要はなく、自由に構成可能である。

[0229] 図23に示すように、筐体3は第2種ヒートシンクH61~H63におけ

る複数の放熱フィン611、複数の放熱フィン621及び複数の放熱フィン631を收容する態様で、ヒートシンク取付枠4Dを支持している。なお、第2種ヒートシンクH61～H63のヒートシンクベース610とヒートシンク取付枠4Dとはネジなどで固定される。

[0230] (実施の形態4の冷却効果)

図24及び図25はそれぞれ実施の形態4の半導体装置104の冷却効果を示す説明図である。図24及び図25それぞれにXYZ直交座標系を記している。

[0231] 図24は半導体装置104のヒートシンクの放熱フィン間に流れる空気の温度分布を示す説明図である。図25は半導体装置104の第1種ヒートシンクH51～H56に流入する空気温度をコンター図形式で示す説明図であり、図25は第1種ヒートシンクH51～H56の温度分布を空気温度用コンターTC4として示している。

[0232] 実施の形態4の半導体装置104における第1種ヒートシンクH53は、2対の変形放熱フィン531X及び531Xを有している。2対の変形放熱フィン531X及び531X間の隙間領域である2つつの冷却風通過領域115はそれぞれ幅広フィン間隔S15を有し、この幅広フィン間隔S15を冷却風通過領域111のフィン間隔S11よりも広く設定している。このため、半導体装置104は動作時において、第2種ヒートシンクH61の複数の放熱フィン61への到達時における冷却風の温度上昇を効果的に抑制することができる。

[0233] 図24に示すように、電力用半導体モジュールM51及びM52それぞれの複数の半導体素子16の発熱が第1種ヒートシンクH51及びH52それぞれから放熱されるため、電力用半導体モジュールM53及びM54に流入する空気の温度が上昇する。

[0234] 同様に、電力用半導体モジュールM53及びM54それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が第1種ヒートシンクH53及びH54それぞれから放熱されるため、電力用半導体モジュールM55及びM56に流入する空気

の温度が上昇する。さらに、電力用半導体モジュールM55及びM56それぞれの複数の半導体素子16からの発熱が第1種ヒートシンクH55及びH56それぞれから放熱されるため、電力用半導体モジュールM61～M64に流入する空気の温度が上昇する。

[0235] このように、風上側の第1種ヒートシンクH51～H56に搭載された電力用半導体モジュールM51～M56それぞれの複数の半導体素子16からの発熱により、温度上昇した空気である冷却風が電力用半導体モジュールM61～M64を搭載した風下側の第2種ヒートシンクH61～H64に流入する。

[0236] 図24に示す空気流速ベクトルF11～F13及び空気流速ベクトルFX1それぞれのX方向における幅が熱量を示している。同図に示すように、複数の冷却風通過領域91では第2種ヒートシンクH61～H64に到達前の空気流速ベクトルF13の熱量はかなり大きくなっている。

[0237] 実施の形態4の半導体装置104では、風上側に配置される第1種ヒートシンクH51～H56それぞれにおいて、複数の放熱フィン531のうち2対の変形放熱フィン531X及び531Xの間隔である幅広フィン間隔S15を、隣接する通常放熱フィン531n及び531n間のフィン間隔S11よりも大きく設定している。

[0238] このように、2つの冷却風通過領域115それぞれ幅広フィン間隔S15をフィン間隔S11よりも十分広く設定することにより、2つの冷却風通過領域115における流速ベクトル1に沿った温度上昇を極小に抑えることができる。なぜなら、比較的広い幅広フィン間隔S15を有する冷却風通過領域115では、変形放熱フィン631Xの表面から空気への熱伝達率が小さくなり、変形放熱フィン631Xからの放熱量は小さくなるため、冷却風通過領域115を通過する冷却風の空気温度の上昇量は微小となるからである。

[0239] このため、2つの冷却風通過領域115は、図25に示すように、比較的低い低温度領域tc41に抑えることができる。なお、図15では、空気温

度が高い程、黒色の濃度が濃くなっている。

[0240] すなわち、図24に示すように、X方向において4つの冷却風通過領域115の空気流速ベクトルF X4では、熱量が一定値以下に抑えられているため、比較的低温な空気流速ベクトルF X4を有する冷却風を第2種ヒートシンクH61～H64に供給することができる。

[0241] したがって、風下側の第2種ヒートシンクH61～H64においても、比較的低い低温度領域を設けることができるため、第1種ヒートシンクH51～H56及び第2種ヒートシンクH61～H64それぞれを大型化することなく、電力用半導体モジュールM61～M64それぞれの複数の半導体素子16の温度を許容温度以下に抑えることができる。

[0242] その結果、第1種ヒートシンクH51～H56及び第2種ヒートシンクH61～H64の大きさを必要最小限に抑えて小型化を図ることができるため、実施の形態4の半導体装置104は小型化を図ることができる。

[0243] 前述したように、冷却ファン2から供給される冷却風に対し第1種ヒートシンクH51～H56が風上側となり、第2種ヒートシンクH61～H64が風下側となる。実施の形態4の半導体装置104における第1種ヒートシンクH51～H56はそれぞれ幅広フィン間隔S15に設定された2つの冷却風通過領域115を有している。このため、第1種幅広領域に分類される冷却風通過領域115を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて、第2種ヒートシンクH61～H64の複数の放熱フィン611に冷却風を流入させることができる。

[0244] 上記効果に関し、実施の形態1で述べた間隔比(S5/S1)と同様、幅広フィン間隔S15をフィン間隔S11の2倍以上3倍以下 $\{2 \leq (S15/S11) \leq 3\}$ に設定すれば、冷却風の有益な温度上昇抑制効果を得られることができることが推測される。

[0245] したがって、実施の形態4の半導体装置104は、冷却ファン2から送風される冷却風によって、複数の放熱フィン531等に加え、複数の放熱フィン611等の温度上昇を抑制することができる。このため、第1種ヒートシ

ンクH51～H56によって電力用半導体モジュールM51～M56の動作時における温度上昇を抑え、かつ、第2種ヒートシンクH61～H64によって電力用半導体モジュールM61～M64の動作時における温度上昇を抑えることができる。

[0246] すなわち、実施の形態4の半導体装置104は、電力用半導体モジュールM51～M56及びM61～M64の動作時における温度上昇を抑制することを目的として、電力用半導体モジュールM51～M56及びM61～M64並びに第1種ヒートシンクH51～H56及び第2種ヒートシンクH61～H64を大型化する必要がない。

[0247] その結果、実施の形態4の半導体装置104は、実施の形態1～実施の形態3と同様、第1種ヒートシンクH51～H56及び第2種ヒートシンクH61～H64による電力用半導体モジュールMPに対する冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0248] さらに、実施の形態4の半導体装置104は、1対1に対応する第1種ヒートシンクH51～H56と電力用半導体モジュールM51～M56と、1対1に対応する第2種ヒートシンクH61～H64と電力用半導体モジュールM61～M64とを有する構造で、装置の小型を図ることができる。

[0249] なお、実施の形態4では、複数の放熱フィン531等の構造として図7で示した実施の形態1の複数の放熱フィン61と同様な構造を示したがこの構造に限定されない。例えば、複数の放熱フィン531等の構造として、図16～図18で示した実施の形態2の複数の通常放熱フィン5B1と4つの切欠放熱フィン5B2（5B3）とを含む構造や、図19及び図20で示した複数の通常放熱フィン5C1と4つの切欠放熱フィン5C2とを含む構造を採用しても良い。

[0250] また、実施の形態4では第1種ヒートシンクH51～H56を風上側、第2種ヒートシンクH61～H64を風下側として説明したがこの分類に限定されない。

[0251] 空気の流入・流出方向を示す流速ベクトル1に対して、第1種ヒートシン

クH51～H56及び第2種ヒートシンクH61～H64のうち、最も風下側の第2種ヒートシンクH61～H64よりも風上側となる第1種ヒートシンクH51～H56の少なくとも1つに関し、少なくとも1対の変形放熱フィン531X, 531X等を有する構造を採用することにより、同様の効果を得ることが想定される。

[0252] <実施の形態5>

図26は本開示の実施の形態5の基本構成である半導体装置105の平面構成を模式的に示す説明図である。実施の形態5の半導体装置105は複数の電力用半導体モジュールを有する電力用半導体装置である。図26にXYZ直交座標系を記している。

[0253] 以下、図1で示した実施の形態1の半導体装置101と同様な構成要素は同一符号を付して説明を省略し、実施の形態5の半導体装置105の特徴箇所を中心に説明する。

[0254] 図26に示すように、実施の形態5の基本構成である半導体装置105はヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64を有している。ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びHM61～HM64は取付板であるヒートシンク取付枠4Dに取り付けられる。

[0255] ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM5 i ($i=1\sim6$ のいずれか)は電力用半導体モジュール部分MM5 i 及びヒートシンク部分HK5 i を一体化した構造を呈している。ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM5 j ($j=1\sim4$ のいずれか)は電力用半導体モジュール部分MM5 j 及びヒートシンク部分HK6 j を一体化した構造を呈している。

[0256] したがって、複数の第1種半導体モジュールである電力用半導体モジュール部分MM51～MM56と、複数の第1種ヒートシンクであるヒートシンク部分HK51～HK56とは1対1に対応している。すなわち、ヒートシンク部分HK5 i ($i=1\sim6$ のいずれか)の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MM5 i が搭載される。

- [0257] 同様に、複数の第2種半導体モジュールである電力用半導体モジュールM61～M64と、複数の第2種ヒートシンクであるヒートシンク部分HK61～HK64とは1対1に対応している。したがって、ヒートシンク部分HK6j（j＝1～4のいずれか）の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MM6jが搭載される。
- [0258] このように、実施の形態5の半導体装置105は複数の第1種ヒートシンクとしてヒートシンク部分HK51～HK56を有し、複数の第2種ヒートシンクとしてヒートシンク部分HK61～HK64を有している。
- [0259] ヒートシンク取付枠4Dは図示しない6つの開口部及び4つの開口部を有し、6つの開口部それぞれ内に嵌め込む態様でヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56を取り付け、4つの開口部それぞれに嵌め込む態様でヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64を取り付けている。ヒートシンク取付枠4Dは筐体3の上方に固定されている。
- [0260] したがって、ヒートシンク部分HK51～HK56それぞれの第1主面が第1種半導体モジュールの搭載面となり、ヒートシンク部分HK61～HK64それぞれの第1主面が第2種半導体モジュールの搭載面となる。
- [0261] 実施の形態5の半導体装置105において、流速ベクトル1に対し、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56は風上側に位置し、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64は風下側に位置する。
- [0262] このように、実施の形態5の半導体装置105は、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64、ヒートシンク取付枠4D、筐体3及び冷却ファン2を主要構成要素として含んでいる。
- [0263] なお、電力用半導体モジュール部分MM51～MM56及び電力用半導体モジュール部分MM61～MM64はそれぞれ例えば図4～図6で示した断面構造を有している。また、取付板であるヒートシンク取付枠4Dと筐体3

とは別部材として構成しても、一体化した部品でも構成しても良い。

[0264] 図27は図26で示した実施の形態5の半導体装置105の断面構造を模式的に示す説明図である。図27は図26のK-K断面を示している。なお、説明の都合上、図26のL-L断面構造の図示は省略している。図27にXYZ直交座標系を記している。

[0265] 図27に示すように、ヒートシンク部分HK53及びHK54はそれぞれヒートシンクベース70及び複数の放熱フィン71を有している。複数の放熱フィン71が複数の第1種放熱フィンに分類される。

[0266] ヒートシンク部分HK53の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MM53が搭載され、ヒートシンク部分HK54の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MM54が搭載される。

[0267] 図28はヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMの断面構造を模式的に示す説明図である。ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びHM61～HM64はそれぞれ図28で示すヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMと同様な構造を呈している。

[0268] したがって、図28で示す電力用半導体モジュール部分MMは、電力用半導体モジュール部分MM51～MM56及びMM61～MM64それぞれに対応し、ヒートシンク部分HKはヒートシンク部分HK51～HK56及びHK61～HK64それぞれに対応する。ただし、ヒートシンク部分HK51～HK56それぞれの複数の放熱フィン71の構造は図27で示す構造である点が異なる。

[0269] 以下、図28を参照して、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMの構造を説明する。

[0270] ヒートシンク部分HKは第1主面及び第2主面を有するヒートシンクベース70とヒートシンクベース70の第2主面側に設けられる複数の放熱フィン71とを含み、ヒートシンクベース70の第1主面は凹凸加工がなされている。すなわち、ヒートシンクベース70の第1主面の一部である上方突出領域の第1主面に凹凸領域が設けられている。

- [0271] 図28で示したヒートシンク部分HKは、ヒートシンクベース70と複数の放熱フィン71とを「かしめ加工」により一体化した、かしめヒートシンクを採用した構造である。図28に示すヒートシンク部分HKのヒートシンクベース70は、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工、押出加工等で作製され、構成材料としてアルミニウム、アルミニウム合金等が用いられる。
- [0272] また、図28に示すヒートシンク部分HKの複数の放熱フィン71は、材質がアルミニウム、もしくはアルミニウム合金などの板材（圧延材）であるため、加工性と放熱性を両立させることができる。
- [0273] ただし、後述するフィンベース48やヒートシンクベース70及び複数の放熱フィン71の構成材料はアルミニウム材料に限定されるものではなく、各々が異なる材料の組み合わせであっても良い、例えば、放熱能力の観点では、複数の放熱フィン71をアルミニウム系材料よりも熱伝導率が高い銅系の板材にすることで、アルミニウム系材料の場合よりもさらに放熱能力を向上させることができる。
- [0274] 図28に示すヒートシンク部分HKをヒートシンクベース70と複数の放熱フィン71をかしめ加工して一体化した、かしめヒートシンクを採用する場合、ダイキャスト加工、押出加工で加工制約（アスペクト比）がないため、複数の放熱フィン71を自由に設計でき、ヒートシンク部分HKの放熱能力を向上させることができる。
- [0275] ただし、ヒートシンク部分HKは、図28に示すかしめヒートシンクに限定されるわけではなく、実施の形態1の第1種及び第2種ヒートシンク5及び6のように、押出加工、鋳造（ダイキャスト）加工で作製しても、切削加工、鍛造加工で作製しても良い。なお、上記の構成に限定されるわけではなく、電力用半導体モジュールとかしめ加工されたヒートシンクとを一体化するのではなく、はんだなどの接合材、接着剤で電力用半導体モジュールとヒートシンクとを接続したヒートシンク一体型パワーモジュールを採用しても同様の効果を得ることができる。
- [0276] ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMは、ヒートシンク部分H

Kと電力用半導体モジュール部分MMとの間に設けられ、第1主面及び第2主面を有する中間結合体となるフィンベース48をさらに備えている。中間構造体であるフィンベース48の第2主面には凹凸加工がなされている。すなわち、フィンベース48の第2主面に凹凸領域が設けられている。

[0277] フィンベース48は、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工、押出加工等を用いて作製され、構成材料としてアルミニウム、アルミニウム合金が用いられる。

[0278] フィンベース48がアルミニウムを構成材料とする場合、熱伝導率は $22\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ に対し、TIM材25の熱伝導率は一般的な構成材料で $5\sim 10\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 程度であるため、フィンベース48はTIM材25と比較して大幅に優れた熱伝導率を有している。

[0279] フィンベース48の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MMが結合され、かつ、フィンベース48の第2主面側にヒートシンク部分HKが結合されることにより、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMが構成される。

[0280] 次に、電力用半導体モジュール部分MMの構造について説明する。フィンベース48の第1主面上に絶縁材40が設けられる。絶縁材40の第1主面上に複数の金属導体39が設けられる。複数の金属導体39の第1主面上に接合材37を介して複数の半導体素子36が選択的に設けられる。複数の半導体素子36間の一部、半導体素子36と金属導体39とが配線38を介して電氣的に接続される。

[0281] 接合材37ははんだ等を構成材料としており、複数の金属導体39は例えばリードフレームを用いて設けられ、絶縁材40は絶縁シート等を用いて構成され、封止材42は例えばエポキシ系樹脂を構成材料としている。

[0282] 複数の半導体素子36として、Si系の半導体素子、SiC系の半導体素子、GaN等の化合物半導体素子等が考えられ、特に限定されることはない。

[0283] フィンベース48、絶縁材40、複数の金属導体39、複数の接合材37

、複数の半導体素子 36 及び複数の配線 38 を覆って封止材 42 が設けられる。絶縁材 40、複数の接合材 37、複数の半導体素子 36 及び複数の配線 38 は全て封止材 42 内に封止される。複数の金属導体 39 の一部が封止材 42 内に封止され、一部が封止材 42 の第 1 主面または側面から外部に突出する。複数の金属導体 39 のうち、封止材 42 の側面から突出した金属導体 39 の露出部分が主端子 391 となり、封止材 42 の第 1 主面から突出した金属導体 39 の露出部分が制御端子 392 となる。

[0284] このように、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュール HM51～HM56 及び HM61～HM64 はそれぞれ図 28 で示すヒートシンク一体型電力用半導体モジュール HM と実質的に同じ構造を呈している。

[0285] ここで、実施の形態 5 の半導体装置 105 において、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュール HM51～HM56 は複数の第 1 種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールに分類され、電力用半導体モジュール部分 MM51～MM56 は複数の第 1 種半導体モジュールに分類される。

[0286] また、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュール HM61～HM64 にそれぞれに設けられたフィンベース 48 が第 1 種中間結合体に分類される。以下、第 1 種中間結合体に分類されるフィンベース 48 を「フィンベース 48 i (i = 1～6 のいずれか)」と称する場合がある。

[0287] 一方、実施の形態 5 の半導体装置 105 において、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュール HM61～HM64 は複数の第 2 種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールに分類され、電力用半導体モジュール部分 MM61～MM64 は複数の第 2 種半導体モジュールに分類される。また、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュール HM61～HM64 にそれぞれに設けられたフィンベース 48 が第 2 種中間結合体に分類される。以下、第 2 種中間結合体に分類されるフィンベース 48 を「フィンベース 48 j (j = 1～4 のいずれか)」と称する場合がある。

[0288] 以下、図 27 を参照して、複数の第 1 種ヒートシンクとなるヒートシンク部分 HK53 及び HK54 について説明する。ヒートシンク部分 HK51～

H K 5 6 は同一構造を呈しているため、以下ではヒートシンク部分 H K 5 3 を代表させて説明する。

- [0289] ヒートシンクベース 7 0 の第 1 主面がヒートシンク部分 H K 5 3 の第 1 主面となり、複数の放熱フィン 7 1 はそれぞれヒートシンクベース 7 0 の第 2 主面から - Z 方向に延びている。したがって、複数の放熱フィン 7 1 はそれぞれ第 1 種半導体モジュールの搭載面であるヒートシンクベース 7 0 の第 1 主面と反対側の形成深さ方向（- Z 方向）に延びる第 1 種形成深さを有している。加えて、複数の放熱フィン 7 1 はそれぞれ Y 方向に沿ったフィン形成方向に延びる第 1 種形成幅を有している。
- [0290] 複数の放熱フィン 7 1 はフィン形成方向である X 方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン 7 1 は X 方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン 7 1 間の隙間領域が複数の冷却風通過領域 1 1 1 または 2 つの冷却風通過領域 1 1 5 となる。
- [0291] 複数の冷却風通過領域 1 1 1 及び 2 つの冷却風通過領域 1 1 5 の集合体が第 1 種ヒートシンク H 5 3 の第 2 主面側に設けられる第 1 種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域 1 1 1 が複数の第 1 種幅狭領域に分類され、2 つの冷却風通過領域 1 1 5 が少なくとも一つの第 1 種幅広領域に分類される。
- [0292] 複数の放熱フィン 7 1 は各々が隣接する 2 対の変形放熱フィン 7 1 X, 7 1 X を含んでいる。2 対の変形放熱フィン 7 1 X, 7 1 X が少なくとも一対の変形放熱フィンに分類され、2 対の変形放熱フィン 7 1 X, 7 1 X 以外の全てが通常放熱フィン 7 1 n に分類される。
- [0293] 2 つの冷却風通過領域 1 1 5 は少なくとも一つの第 1 種幅広領域に分類され、2 対の変形放熱フィン 7 1 X 及び 7 1 X と 1 対 1 に対応する。したがって、2 つの冷却風通過領域 1 1 5 はそれぞれ 2 対の変形放熱フィン 7 1 X 及び 7 1 X のうち対応する一対の変形放熱フィン 7 1 X 及び 7 1 X 間の隙間領域であり、2 つの冷却風通過領域 1 1 5 はそれぞれフィン配列方向である X 方向に沿った幅広フィン間隔 S 1 5 を有している。この幅広フィン間隔 S 1

5が第1種幅広間隔に分類される。

[0294] このように、風上側に配置される第1種ヒートシンクH53において、2つの変形放熱フィン71X及び71X間の幅広フィン間隔S15は、製造バラつきによるフィン間隙の差ではなく設計レベルで、冷却風通過領域111のフィン間隔S11よりも大きくなるように寸法設定される。

[0295] 複数の冷却風通過領域111は複数の通常放熱フィン71nのうち隣接する通常放熱フィン71n及び71n間の隙間領域であり、X方向に沿ったフィン間隔S11を有している。このフィン間隔S11は第1種幅狭間隔に分類される。

[0296] 2つの冷却風通過領域115と複数の冷却風通過領域111とに関し、フィン間隔S11と幅広フィン間隔S15との間隔比($S15/S11$)は例えば2~3倍程度に設定される。

[0297] 図27に示すように、筐体3は第1種ヒートシンクH53及びH54それぞれにおける複数の放熱フィン71を収容する態様で、ヒートシンク取付枠4Dを支持している。

[0298] 図示は省略しているが、ヒートシンク部分HK61~HK64それぞれが有する複数の放熱フィン71は、X方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン71はX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン71間の隙間領域が複数の冷却風通過領域となる。

[0299] 複数の冷却風通過領域は図8で示す実施の形態1の冷却風通過領域92と等価な領域となる。したがって、複数の冷却風通過領域の集合体がヒートシンク部分HK61~HK64それぞれの第2主面側に設けられる第2種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域は複数の第2種幅領域に分類される。

[0300] 複数の冷却風通過領域は、実施の形態1の複数の冷却風通過領域92と同様、それぞれフィン配列方向であるX方向に沿ったフィン間隔S2を有している。このフィン間隔S2が第2種幅間隔となる。

[0301] このように、風下側に配置されるヒートシンク部分HK61~HK64に

おけるフィン間隔 S_2 は、実施の形態1の第2種ヒートシンク6におけるフィン間隔 S_2 と同様、製造バラつきによるフィン間隔の差を除き、設計レベルでは均一のフィン間隔で構成される。

[0302] (実施の形態5の冷却効果)

図29及び図30はそれぞれ実施の形態5の半導体装置105の冷却効果を示す説明図である。図29及び図30それぞれにXYZ直交座標系を記している。

[0303] 図29は半導体装置105のヒートシンクの放熱フィン間に流れる空気の温度分布を示す説明図である。図30は半導体装置105のヒートシンクに流入する空気温度をコンター図形式で示す説明図であり、図30はヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56におけるヒートシンク部分HK51～HK56の温度分布を空気温度用コンターTC5として示している。

[0304] 実施の形態5の半導体装置105におけるヒートシンク部分HK53は、2対の変形放熱フィン71X及び71Xを有している。2対の変形放熱フィン71X及び71X間の際間領域である2つの冷却風通過領域115はそれぞれ幅広フィン間隔 S_{15} を有し、この幅広フィン間隔 S_{15} をフィン間隔 S_{11} よりも広く設定している。このため、半導体装置105は動作時において、第1種ヒートシンクH53の複数の放熱フィン71への到達時における冷却風の温度上昇を効果的に抑制することができる。

[0305] 図29に示すように、電力用半導体モジュール部分MM51及びMM52それぞれの複数の半導体素子36の発熱がヒートシンク部分HK51及びHK52それぞれから放熱されるため、電力用半導体モジュール部分MM53及びMM54に流入する空気である冷却風の温度が上昇する。

[0306] 同様に、電力用半導体モジュール部分MM53及びMM54それぞれの複数の半導体素子36からの発熱がヒートシンク部分HK53及びHK54それぞれから放熱されるため、電力用半導体モジュール部分MM55及びMM56に流入する冷却風の温度が上昇する。さらに、電力用半導体モジュール

部分MM55及びMM56それぞれの複数の半導体素子36からの発熱がヒートシンク部分HK55及びHK56それぞれから放熱されるため、電力用半導体モジュール部分MM61～MM64に流入する冷却風の温度が上昇する。

[0307] このように、風上側のヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56に対応する電力用半導体モジュール部分MM61～MM64それぞれの複数の半導体素子36からの発熱により、温度上昇した空気が電力用半導体モジュール部分MM61～MM64を有する風下側のヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64に流入する。

[0308] 図29に示す空気流速ベクトルF11～F13及び空気流速ベクトルFX5それぞれのX方向における幅が熱量を示している。同図に示すように、複数の冷却風通過領域111ではヒートシンク部分HK61～HK64に到達前の空気流速ベクトルF13の熱量はかなり大きくなっている。

[0309] 実施の形態5の半導体装置105では、風上側に配置されるヒートシンク部分HK51～HK56それぞれにおいて、複数の放熱フィン71のうち2対の変形放熱フィン71X及び71Xの間隔である幅広フィン間隔S15を、通常放熱フィン71n及び71n間のフィン間隔S11よりも大きく設定している。

[0310] このように、2つの冷却風通過領域115それぞれ幅広フィン間隔S15をフィン間隔S11よりも十分広く設定することにより、2つの冷却風通過領域115における流速ベクトル1に沿った温度上昇を極小に抑えることができる。

[0311] このため、2つの冷却風通過領域115は、図30に示すように、比較的低い低温度領域tc51に抑えることができる。なお、図30では、空気温度が高い程、黒色の濃度が濃くなっている。

[0312] すなわち、図29に示すように、X方向において2つの冷却風通過領域115の空気流速ベクトルFX5では、熱量が一定値以下に抑えられているため、比較的低温な空気流速ベクトルFX5を有する冷却風をヒートシンク一

体型電力用半導体モジュールHM61～HM64のヒートシンク部分HK61～HK64に供給することができる。

[0313] したがって、風下側のヒートシンク部分HK61～HK64においても、比較的低い低温度領域を設けることができるため、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64それぞれを大型化することなく、電力用半導体モジュール部分MM61～MM64それぞれの複数の半導体素子36の温度を許容温度以下に抑えることができる。

[0314] その結果、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64の大きさを必要最小限に抑えることができるため、実施の形態5の半導体装置105は小型化を図ることができる。

[0315] 前述したように、冷却ファン2から供給される冷却風に対しヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56が風上側となり、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64が風下側となる。実施の形態5の半導体装置105におけるヒートシンク部分HK51～HK56はそれぞれ、幅広フィン間隔S15に設定された2つの冷却風通過領域115を有している。このため、第1種幅広領域に分類される冷却風通過領域115を通過する冷却風の温度上昇を最小限に抑えて、ヒートシンク部分HK61～HK64それぞれの複数の放熱フィン71に冷却風を流入させることができる。

[0316] したがって、実施の形態5の半導体装置105は、冷却ファン2から送風される冷却風によって、ヒートシンク部分HK51～HK56それぞれの複数の放熱フィン71に加え、ヒートシンク部分HK61～HK64それぞれの複数の放熱フィン71の温度上昇を抑制することができる。このため、ヒートシンク部分HK51～HK56によって電力用半導体モジュール部分MM51～MM56の動作時における温度上昇を抑え、かつ、ヒートシンク部分HK61～HK64によって電力用半導体モジュール部分MM61～MM

64の動作時における温度上昇を抑えることができる。

[0317] すなわち、実施の形態5の半導体装置105は、電力用半導体モジュール部分MM51～MM56及びMM61～MM64の動作時における温度上昇を抑制することを目的として、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM61～HM64を大型化する必要がない。

[0318] その結果、実施の形態5の半導体装置105は、実施の形態1～実施の形態4と同様、ヒートシンク部分HK51～HK56及びHK61～HK64による電力用半導体モジュール部分MMに対する冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。

[0319] 実施の形態5の半導体装置105では、第1種ヒートシンクとして複数の第1種ヒートシンクであるヒートシンク部分HK51～HK56を含み、第1種中間結合体としてヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56で用いられる複数のフィンベース48iを含んでいる。

[0320] さらに、第1種半導体モジュールとして複数の第1種半導体モジュールである電力用半導体モジュール部分MM51～MM56を含み、ヒートシンク部分HK51～HK56と複数のフィンベース48iと複数の電力用半導体モジュール部分MM416とは1対1に対応している。

[0321] さらに、第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールとして、複数の第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールに分類されるヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56を含んでいる。

[0322] ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51～HM56はそれぞれ、電力用半導体モジュール部分MM51～MM56、複数の第1種中間結合体（フィンベース48i）及びヒートシンク部分HK51～HK56のうち、対応する電力用半導体モジュール部分MMi（i=1～6のいずれか）、対応するフィンベース48i及び対応するヒートシンク部分HKiを含んでいる。

[0323] 第2種ヒートシンクとして複数の第2種ヒートシンクであるヒートシンク

部分HK 6 1～HK 6 4を含み、第2種中間結合体としてヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 6 1～HM 6 4で用いられる複数の第2種中間結合体（フィンベース4 8 j）を含んでいる。

[0324] さらに、第2種半導体モジュールとして、複数の第2種半導体モジュールである電力用半導体モジュール部分MM 6 1～MM 6 4を含み、ヒートシンク部分HK 6 1～HK 6 4と複数の第2種中間結合体（フィンベース4 8 j）と電力用半導体モジュール部分MM 6 1～MM 6 4とは1対1に対応している。

[0325] 第2種ヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールとして、複数の第2種ヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールに分類されるヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 6 1～HM 6 4を含んでいる。

[0326] ヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 6 1～HM 6 4はそれぞれ、電力用半導体モジュール部分MM 6 1～MM 6 4、複数の第2種中間結合体（フィンベース4 8 j）、及びヒートシンク部分HK 6 1～HK 6 4のうち、対応する電力用半導体モジュール部分MM 6 j（j = 1～4のいずれか）、対応するフィンベース4 8 j及び対応するヒートシンク部分HK jを含んでいる。

[0327] 実施の形態5の半導体装置1 0 5は、各々が電力用半導体モジュール部分MM 5 i、フィンベース4 8 i及びヒートシンク部分HK 5 iを含むヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 5 1～HM 5 6を有するため、ヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 5 1～HM 5 6それぞれの放熱性の向上を図ることができる。

[0328] さらに、実施の形態5の半導体装置1 0 5は、各々が電力用半導体モジュール部分MM 6 j、フィンベース4 8 j及びヒートシンク部分HK 6 jを含むヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 6 1～HM 6 4を有するため、ヒートシンクー一体型電力用半導体モジュールHM 6 1～HM 6 4それぞれの放熱性の向上を図ることができる。

[0329] 加えて、実施の形態5の半導体装置1 0 5はフィンベース4 8の第2主面

に設けた凹凸領域と、ヒートシンクベース70の第1主面に設けた凹凸領域とをプレス加工により嵌め合わせることにより一体化している。その結果、電力用半導体モジュール部分MMとヒートシンク部分HKとの間に熱伝導性グリスを使用せずフィンベース48を用いたグリスレスパワーモジュールを構成できるため、高放熱性能を有することができる。

[0330] (変形例)

図31は本開示の実施の形態5の変形例である半導体装置105Bの平面構成を模式的に示す説明図である。実施の形態5の半導体装置105Bは複数の電力用半導体モジュールを有する電力用半導体装置である。

[0331] 以下、図26で示した実施の形態5の基本構成となる半導体装置105と同様な構成要素は同一符号を付して説明を省略し、変形例の半導体装置105Bの特徴箇所を中心に説明する。

[0332] 図31に示すように、変形例の半導体装置105Bはヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51~HM56及びヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM60を有している。ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM51~HM56及びHM60は取付板であるヒートシンク取付枠4Eに取り付けられる。図31にXYZ直交座標系を記している。

[0333] 変形例の半導体装置105Bにおける図31のK2-K2断面は、図27で示した基本構成の半導体装置105の断面構造と同じ構造である。

[0334] 図32は図31で示した実施の形態5の半導体装置105Bの断面構造を模式的に示す説明図である。図32は図31のL2-L2断面を示している。図32にXYZ直交座標系を記している。

[0335] なお、図31のL2-L2断面構造に関し、正確には電力用半導体モジュール部分MM61~MM64が存在するが、図32では、電力用半導体モジュール部分MM61~MM64のうち、電力用半導体モジュール部分MM62及びMM63を選択的に示している。

[0336] 以下、図32を参照して、単一の第2種ヒートシンクとなるヒートシンク部分HK7について説明する。

- [0337] 単一のヒートシンク部分HK 7は第1主面及び第2主面を有するヒートシンクベース70Bとヒートシンクベース70Bの第2主面側に設けられる複数の放熱フィン71Bとを含み、ヒートシンクベース70Bの第1主面は4箇所凹加工がなされている。すなわち、ヒートシンクベース70Bの4つの上方突出領域それぞれの第1主面に凹凸領域が形成されている。
- [0338] なお、図32では電力用半導体モジュール部分MM63及びMM64用の2つの上方突出領域それぞれの凹凸領域が示されている。複数の放熱フィン71Bが複数の第2種放熱フィンに分類される。
- [0339] ヒートシンク部分HK 7の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MM61～MM64が搭載される。なお、図32では電力用半導体モジュール部分MM62及びMM63のみ示している。
- [0340] ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM60は、ヒートシンク部分HK 7と電力用半導体モジュール部分MM61～MM64との間に設けられ、第1主面及び第2主面を有する中間結合体となる4つのフィンベース48を備えている。4つの中間構造体である4つのフィンベース48の第2主面には凹凸加工がなされている。すなわち、4つのフィンベース48それぞれの第2主面に凹凸領域が形成されている。なお、図32では電力用半導体モジュール部分MM63及びMM64用の2つのフィンベース48が示されている。
- [0341] 4つのフィンベース48の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MM61～MM64が結合され、かつ、4つのフィンベース48の第2主面側にヒートシンク部分HK 7が結合されることにより、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM60が構成される。
- [0342] ここで、変形例の半導体装置105Bにおいて、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM60は第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールに分類される。また、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM60に設けられた4つのフィンベース48が4つの第2種中間結合体に分類される。

- [0343] ヒートシンクベース70Bの第1主面がヒートシンク部分HK7の第1主面となり、複数の放熱フィン71Bはそれぞれヒートシンクベース70Bの第2主面から-Z方向に延びている。したがって、複数の放熱フィン71Bはそれぞれ第2種半導体モジュールの搭載面であるヒートシンクベース70Bの第1主面と反対側の形成深さ方向(-Z方向)に延びる第2種形成深さを有している。加えて、複数の放熱フィン71BはそれぞれY方向に沿ったフィン形成方向に延びる第2種形成幅を有している。
- [0344] 複数の放熱フィン71Bはフィン形成方向であるX方向をフィン配列方向としており、複数の放熱フィン71BはX方向に沿って互いに離散して配置され、複数の放熱フィン71B間の隙間領域が複数の冷却風通過領域112となる。
- [0345] 複数の冷却風通過領域112の集合体がヒートシンク部分HK7の第2主面側に設けられる第2種冷却風通過領域となる。複数の冷却風通過領域112が複数の第2種幅領域に分類される。
- [0346] 複数の冷却風通過領域112は、それぞれフィン配列方向であるX方向に沿ったフィン間隔S12を有している。このフィン間隔S12が第2種幅間隔に分類される。
- [0347] このように、風下側に配置されるヒートシンク部分HK7におけるフィン間隔S12は、製造バラつきによるフィン間隔の差を除き、設計レベルでは均一のフィン間隔で構成される。
- [0348] 上述した、実施の形態5の変形例である半導体装置105Bは、基本構成である半導体装置105と同様、ヒートシンク部分HK51~HK56及びヒートシンク部分HK7による電力用半導体モジュール部分MMに対する冷却機能を有し、かつ、装置の小型化を図ることができる。
- [0349] なお、変形例では電力用半導体モジュール部分MM61~MM64を一括して有する第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールとして単一のヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM60を設ける構造を示した。変形例と異なる第2の変形例として、電力用半導体モジュール部分MM5

1～MM56を一括して有する第1種ヒートシンクー体型電力用半導体モジュールを採用しても良い。

[0350] また、実施の形態5では、複数の放熱フィン71の構造として図7で示した実施の形態1の複数の放熱フィン61と同様な構造を示したがこの構造に限定されない。例えば、複数の放熱フィン71の構造として、図16～図18で示した実施の形態2の複数の通常放熱フィン5B1と4つの切欠放熱フィン5B2（5B3）とを含む構造や、図19及び図20で示した複数の通常放熱フィン5C1と4つの切欠放熱フィン5C2とを含む構造を採用しても良い。

[0351] なお、実施の形態5ではヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHM51～HM56を風上側、ヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHM61～HM64（HM60）を風下側として説明したがこの分類に限定されない。

[0352] 空気の流入・流出方向を示す流速ベクトル1に対して、ヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHM51～HM56及びHM61～HM64（HM60）のうち、最も風下側のヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHM61～HM64（HM60）よりも風上側となるヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHM51～HM56の少なくとも1つに関し、少なくとも1対の変形放熱フィン71X、71Xを有する構造を採用することにより、同様の効果を得ることが想定される。

[0353] （製造方法）

図33及び図34はそれぞれ実施の形態5の半導体装置105または半導体装置105Bの基本の製造方法である基本製法を示す説明図である。図33及び図34それぞれにXYZ直交座標系を記している。これらの図では図28で示したヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHMの基本製法を示している。なお、半導体装置105、半導体装置105B間で基本製法の内容が同じであるため、以下では図38で示したヒートシンクー体型電力用半導体モジュールHMの基本製法として説明する。

- [0354] 半導体装置105において、第1種中間結合体または第2種中間結合体であるフィンベース48の第2主面には凹凸加工がなされている。すなわち、フィンベース48は第2主面に凹凸領域を有している。第1種ヒートシンクまたは第2種ヒートシンクであるヒートシンク部分HKは第1主面及び第2主面を有するヒートシンクベース70とヒートシンクベース70の第2主面側に設けられる複数の放熱フィン71を含んでいる。
- [0355] そして、ヒートシンクベース70の第1主面の一部に凹凸加工がなされている。すなわち、フィンベース48は中央の上方突出領域の第2主面に凹凸領域を有している。なお、電力用半導体モジュール部分MMは第1種半導体モジュールまたは第2種半導体モジュールに分類され、複数の放熱フィン71は複数の第1種放熱フィンまたは複数の第2種放熱フィンに分類される。
- [0356] 半導体装置105の基本製法は以下のステップ(a)及び(b)を有している。
- [0357] ステップ(a)は、図33に示すように、第1主面及び第2主面を有するフィンベース48の第1主面上に電力用半導体モジュール部分MMを固定して、フィンベース付電力用半導体モジュール部分MMFを得るステップである。フィンベース付電力用半導体モジュール部分MMFがモジュール部分中間構造体となる。
- [0358] 以下、ステップ(a)について詳述する。複数の半導体素子36をはんだなどの接合材37で金属導体39へダイボンドし、半導体素子36と金属導体39との間、金属導体39、39間をアルミニウムなどの配線38でワイヤボンドにより接続する。なお、複数の金属導体39の一部が主端子391や制御端子392となる。
- [0359] その後、絶縁シートなどの絶縁材40材が仮付けされたフィンベース48と、上述したダイボンド、ワイヤボンドが完了した金属導体39をエポキシ系樹脂などの封止材42を覆って設けることによりフィンベース付電力用半導体モジュール部分MMFを得ることができる。なお、複数の半導体素子36はSi系の半導体素子、SiC系の半導体素子、GaNなどの化合物半導体素子等のいずれの半導体素子であっても良い。

- [0360] ステップ(b)は、図34に示すように、ヒートシンク部分HKをヒートシンクベース70の第2主面側からプレス荷重受具31にて支持し、かつ、ヒートシンクベース70の第1主面側からフィンベース付電力用半導体モジュール部分MMFに対しプレス荷重PL2をかけるステップである。
- [0361] 図33及び図34に示すように、プレス荷重受具31は支持基台310と複数の部分支持部311とを有している。複数の部分支持部311はそれぞれ支持基台310からヒートシンクベース70の第2主面側に向けて立設している。
- [0362] 複数の部分支持部311は複数の冷却風通過領域111に1対1に対応し、複数の部分支持部311が対応する冷却風通過領域111内に挿入されることにより、ステップ(b)の実行時に、ヒートシンク部分HKのヒートシンクベース70を第2主面側から支持することができる。なお、ヒートシンク部分HKが第2種ヒートシンクの場合は、冷却風通過領域111は冷却風通過領域112に置き換えられる。
- [0363] 上述したステップ(b)の実行により、フィンベース48の第2主面に設けられた凹凸領域とヒートシンクベース70の第1主面に設けられた凹凸領域とが嵌め合わさって結合され、図28で示したヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMを得ることができる。
- [0364] 上述したように、複数の放熱フィン71間に形成される複数の冷却風通過領域111に複数の部分支持部311を挿入した状態でプレス荷重PL2を受けするため、プレス荷重PL2を加えた際のヒートシンクベース70の変形を抑制でき、フィンベース48の凹凸領域とヒートシンクベース70の凹凸領域とにプレス荷重PL2を加えることができる。
- [0365] このため、フィンベース48の凹凸領域とヒートシンクベース70の凹凸領域とが残留応力として残る面圧が十分に加わった状態で一体化でき、接触熱抵抗が十分に小さい状態となる。
- [0366] 上述したステップ(a)及び(b)を有する半導体装置105の基本製法を実行することにより、ヒートシンク部分HK及び電力用半導体モジュール部分M

Mを一体化した構造のヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHMを有する、実施の形態5の半導体装置105または半導体装置105Bを得ることができる。

[0367] 基本製法は上述したステップ(b)を実行して、プレス加工によりフィンベース48とヒートシンクベース70とを一体化するため、プレス加工時の複数の半導体素子36へのダメージ、複数の半導体素子36それぞれの割れや特性変化、封止材42の割れ、耐圧低下、封止材42内における部材間の剥離等の恐れがある。

[0368] この恐れを考慮すると、フィンベース48とヒートシンクベース70とを一体化するためのプレス荷重PL2はできる限り低荷重であることが望ましい。フィンベース48は、切削加工、ダイキャスト加工、鍛造加工、押出加工などで作製され、材質はアルミニウム、アルミニウム合金で形成される。

[0369] (第1の改良製法)

上述した基本製法では、プレス荷重受具31にヒートシンク部分HKを搭載する際、ヒートシンク部分HKの複数の放熱フィン71における複数の冷却風通過領域111に複数の部分支持部311を挿入する必要があるため、生産性が悪化する懸念材料がある。以下、この懸念材料について説明する。

[0370] ヒートシンク部分HKの放熱性を高めるべく、複数の放熱フィン71の個数を必要数設けるため、冷却風通過領域111のフィン間隔S11は比較的狭い。ステップ(b)の実行時に、複数の冷却風通過領域111に複数の部分支持部311を一括して挿入する必要があるため、作業性、生産性が悪化する。一方、複数の冷却風通過領域111への挿入容易性を図るべく複数の部分支持部311それぞれのX方向の形成幅である厚みを薄くすると、複数の部分支持部311は座屈しやすくなる。

[0371] 逆に、冷却風通過領域111のフィン間隔S11を広く設定すれば、ステップ(b)の実行時の作業性、生産性は向上するが、複数の放熱フィン71の本数が減少する分、ヒートシンク部分HKの放熱性が悪化してしまふ。このため、複数の放熱フィン71によって形成される複数の冷却風通過領域111

のフィン間隔S 1 1はできる限り狭く、複数の部分支持部3 1 1の厚みはできる限り厚くすることが望ましいというトレードオフ関係が生じる。

[0372] 上述したトレードオフ関係に起因して、基本製法では生産性が悪化する上記懸念材料が生じる。この懸念材料の解消を目的としたのが以下で述べる第1の改良製法である。

[0373] 図3 5及び図3 6は半導体装置1 0 5の第1の改良製法を示す説明図である。図3 7及び図3 8は第1の改良製法の課題を示す説明図である。図3 5～図3 8それぞれにX Y Z直交座標系を記している。

[0374] 図3 5及び図3 6に示すように、第1の改良製法ではプレス荷重受具3 1に替えてプレス荷重受具3 2を用いている。プレス荷重受具3 2は支持基台3 2 0と周辺支持部3 2 1とを有している。

[0375] 周辺支持部3 2 1はヒートシンクベース7 0の周辺領域に対応し、支持基台3 2 0からヒートシンクベース7 0の周辺領域に向けて立設されている。ヒートシンクベース7 0の周辺領域には放熱フィン7 1は形成されていない。周辺領域として例えばヒートシンクベース7 0のX方向における2つの両端領域が考えられる。

[0376] すなわち、プレス荷重受具3 2は、放熱フィン7 1が搭載されない周辺領域にてヒートシンクベース7 0を支持し、プレス荷重P L 2を受ける構成としている。このため、プレス荷重受具3 2は、周辺支持部3 2 1上にヒートシンク部分H Kを搭載しやすく、生産性が良い治具構成となっている。

[0377] しかし、プレス荷重受具3 2は、ヒートシンクベース7 0の周辺領域のみでプレス荷重P L 2を受ける構成であるため、プレス加工中、プレス加工後にヒートシンクベース7 0が弾性変形、塑性変形しやすくなってしまう。具体的には、図3 7に示すように、プレス荷重P L 2を受ける際、ヒートシンクベース7 0が変形ヒートシンクベース形状1 7 0のように変形してしまう。

[0378] ヒートシンクベース7 0に関し、プレス加工中に弾性変形、プレス加工後に塑性変形すると、フィンベース4 8の凹凸領域とヒートシンクベース7 0

の凹凸領域との間に十分な面圧が加わらず、接触熱抵抗が大きくなってしまい、所望する熱抵抗を得られない可能性がある。

[0379] 通常、ヒートシンク取付枠4 Dは、図3 8に示すように、ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM5 1～HM5 6及びHM6 1～HM6 4それぞれの4隅、すなわち、ヒートシンクベース7 0の4隅に設けた貫通穴4 9でネジ固定される。プレス加工後にヒートシンクベース7 0が塑性変形した場合、ヒートシンクベース7 0に設けた貫通穴4 9とヒートシンク取付枠4 Dのネジ穴の位置がズレてしまうため、ヒートシンク取付枠4 Dに固定できない、もしくは固定できるが作業性、生産性が悪くなるという課題が考えられる。

[0380] このように、上述した第1の改良製法も課題が残っている。この課題の解消を図るのが以下で述べる第2～第4の改良製法である。

[0381] (第2の改良製法)

図3 9及び図4 0は半導体装置1 0 5の第2の改良製法を示す説明図である。図3 9及び図4 0それぞれにXYZ直交座標系を記している。これらの図に示すように、第3の改良製法では、ヒートシンク部分HK 5の構造に適合したプレス荷重受具3 3を用いている。

[0382] ヒートシンク部分HK 5はヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM5 1～HM5 6それぞれのヒートシンク部分HK 5 1～HK 5 6それぞれに対応している。すなわち、ヒートシンク部分HK 5はヒートシンク部分HK 5 1～HK 5 6の総称となる。

[0383] ヒートシンク部分HK 5は複数の放熱フィン7 1を有し、複数の放熱フィン7 1は各々が隣接した2対の変形放熱フィン7 1 X及び7 1 Xを含んでいる。複数の放熱フィン7 1のうち、2対の変形放熱フィン7 1 X及び7 1 X以外の放熱フィン7 1が通常放熱フィン7 1 nとなる。

[0384] 2対の変形放熱フィン7 1 X及び7 1 X間の隙間領域が2つの冷却風通過領域1 1 5となり、2つの冷却風通過領域1 1 5が少なくとも一つの第1種幅広領域となり、第1種幅広領域に分類される。冷却風通過領域1 1 5のフ

- イン形成方向であるX方向における間隔が幅広フィン間隔S15となる。
- [0385] 一方、隣接する通常放熱フィン71n及び71n間の隙間領域が複数の冷却風通過領域111となり第1種幅狭領域に分類される。冷却風通過領域111のX方向における間隔がフィン間隔S11となる。幅広フィン間隔S15はフィン間隔S11より広い。
- [0386] 図39及び図40に示すように、プレス荷重受具33は支持基台330と周辺支持部331と2つの中間支持部332とを有している。
- [0387] 周辺支持部331はヒートシンクベース70の周辺領域に対応し支持基台330からヒートシンクベース70の周辺領域に向けて立設されている。ヒートシンクベース70の周辺領域には放熱フィン71は形成されていない。周辺領域として例えばヒートシンクベース70のX方向における両端領域が考えられる。
- [0388] 2つの中間支持部332は2つの冷却風通過領域115に1対1に対応し、支持基台310からヒートシンクベース70の第2主面側に向けて立設されており、基本製法で示したステップ(b)の実行時に、2つの中間支持部332が対応する2つの冷却風通過領域115に挿入される。
- [0389] すなわち、プレス荷重受具33は、ステップ(b)の実行時に、ヒートシンクベース70の第2主面において、放熱フィン71が搭載されない両端の領域である周辺領域を周辺支持部331で支持し、かつ、2つの冷却風通過領域115に対応する領域を2つの中間支持部332で支持する。
- [0390] ステップ(b)の実行時に、限られた周辺支持部331と2つの中間支持部332とによりヒートシンクベース70の第2主面を支持している。したがって、ステップ(b)の実行に際し、図33及び図34で示した基本製法と比較して生産性を向上させることができる。
- [0391] さらに、周辺支持部331と2つの中間支持部332とでヒートシンクベース70の第2主面を支持しているため、ステップ(b)の実行時のプレス加工中、ステップ(b)のプレス加工後のヒートシンクベース70の弾性変形、塑性変形を抑制することができる。

- [0392] このため、フィンベース48の第2主面に設けられた凹凸領域とヒートシンクベース70の第1主面に設けられた凹凸領域との接触熱抵抗が小さくなり、完成されるヒートシンク一体型電力用半導体モジュールHM全体の熱抵抗が小さくなり、半導体装置105の品質向上を図ることができる。
- [0393] なお、図34及び図35で示した基本製法においても、第2の改良製法と類似する支持態様でプレス荷重PL1を受ける方法は実現可能である。しかしながら、複数の放熱フィン71が通常放熱フィンのみで構成されている場合、すなわち、冷却風通過領域115を全く有していない場合、中間支持部332に相当する支持部（以下、「中間支持部相当部材」と略記）の厚みが薄くなるため、プレス荷重PL1（PL2）を受けた際に中間支持部相当部材が座屈してしまう可能性がある。
- [0394] 一方、図39及び図40で示した第2の改良製法では、比較的広い幅広フィン間隔S15を有する2つの冷却風通過領域115に2つの中間支持部332を挿入する態様であるため、プレス荷重PL1を受ける2つの中間支持部332それぞれの厚みを広く設定することができるため、限られた本数の中間支持部332によってヒートシンクベース70を安定性良く支持することができる。
- [0395] 第2の改良製法で用いるプレス荷重受具33における少なくとも一つの中間支持部である2つの中間支持部332は、2つの冷却風通過領域115のうち対応する冷却風通過領域115を介してヒートシンクベース70の第2主面を支持している。
- [0396] このため、ステップ(b)の実行時に2つの中間支持部342及び周辺支持部341から構成される複数の支持部によって、ヒートシンク部分HK5をヒートシンクベース70の第2主面側から安定性良く支持することができる。
- [0397] その結果、第2の改良製法で製造される半導体装置105の品質向上を図ることができる。
- [0398] なお、図39及び図40で示した第2の改良製法では、周辺支持部331の個数がヒートシンクベース70の両端領域に対応した2つである場合、2

つの中間支持部332と共にプレス荷重PL1を4面で受ける構成となっている。この場合、実際には治具側の加工公差、ヒートシンクの公差、プロセスバラつきにより、4面同時に接触できない可能性がある。この点を改良したのが以下で述べる第3の改良製法である。

[0399] (第3の改良製法)

図41及び図42は半導体装置105の第3の改良製法を示す説明図である。図41及び図42それぞれにXYZ直交座標系を記している。これらの図に示すように、ヒートシンク部分HK5の構造に適合したプレス荷重受具34を用いている。

[0400] 図41及び図42に示すように、プレス荷重受具34は支持基台340と周辺支持部341と2つの中間支持部342とを有している。

[0401] 周辺支持部341はヒートシンクベース70の周辺領域に対応し、支持基台340からヒートシンクベース70の周辺領域に向けて立設されている。ヒートシンクベース70の周辺領域には放熱フィン71は形成されていない。

[0402] 2つの中間支持部342は2つの冷却風通過領域115に対応し、支持基台310からヒートシンクベース70の第2主面側に向けて立設されており、基本製法で示したステップ(b)の実行時に、2つの中間支持部342が対応する2つの冷却風通過領域115に挿入される。

[0403] 2つの中間支持部342はそれぞれ支持部本体342Aと弾性部材342Bとを有しており、支持部本体342Aはヒートシンクベース70の第2主面と接触し、弾性部材342Bは支持基台340と支持部本体342Aとの間に介挿され弾性力を有している。

[0404] このような構造のプレス荷重受具34は、ステップ(b)の実行時に、ヒートシンクベース70の第2主面において、放熱フィン71が搭載されない周辺領域を周辺支持部341で支持し、2つの冷却風通過領域115に対応する領域を2つの中間支持部342で支持する。

[0405] したがって、第3の改良製法は第2の改良製法と同様、比較的広い幅広フ

イン間隔S 1 5を有する2つの冷却風通過領域1 1 5に2つの中間支持部3 4 2を挿入する態様である。このため、プレス荷重P L 1を受ける2つの中間支持部3 4 2の厚みを広くすることにより、限られた本数の中間支持部3 4 2によってヒートシンクベース7 0を安定性良く支持することができる。

[0406] 加えて、第3の改良製法は、2つの中間支持部3 4 2にてヒートシンクベース7 0の第2主面を支持する際、支持部本体3 4 2 Aと支持基台3 4 0との間に弾性を有する弾性部材3 4 2 Bを設けている。このため、2つの中間支持部3 4 2において、支持部本体3 4 2 Aの上端とヒートシンクベース7 0の第2主面との接触面が安定化することにより、ヒートシンクベース7 0の弾性変形、塑性変形を効果的に抑制することができる。

[0407] このように、第3の改良製法で用いるプレス荷重受具3 4の2つの中間支持部3 4 2はそれぞれ支持基台3 4 0と支持部本体3 4 2 Aとの間に介挿され弾性を有する弾性部材3 4 2 Bを有するため、ステップ(b)の実行時にける支持部本体3 4 2 Aとヒートシンクベース7 0の第2主面との接触状態に関し、2つの中間支持部3 4 2間のバラツキを抑制することができる。

[0408] このため、第3の改良製法で製造される半導体装置1 0 5の品質向上を図ることができる。

[0409] (第4の改良製法)

図4 3及び図4 4は半導体装置1 0 5の第4の改良製法を示す説明図である。図4 3及び図4 4それぞれにX Y Z直交座標系を記している。これらの図に示すように、ヒートシンク部分H K 5 Bの構造に適合したプレス荷重受具3 5を用いている。

[0410] ヒートシンク部分H K 5 Bはヒートシンク一体型電力用半導体モジュールH M 5 1～H M 5 6それぞれのヒートシンク部分H K 5 1～H K 5 6それぞれに対応し、複数の放熱フィンの構造に変形を加えている。すなわち、ヒートシンク部分H K 5 Bはヒートシンク部分H K 5 1～H K 5 6の変形構造の総称となる。

[0411] ヒートシンク部分H K 5 Bは複数の放熱フィン7 3を有し、複数の放熱フ

フィン73は隣接した一对の変形放熱フィン73X及び73Xを含んでいる。複数の放熱フィン73のうち、一对の変形放熱フィン73X及び73X以外の放熱フィン73が通常放熱フィン73nとなる。

[0412] 一对の変形放熱フィン73X及び73Xはヒートシンクベース70の第2主面の中心領域に設けられる。一对の変形放熱フィン73X及び73X間の隙間領域が1つの冷却風通過領域117となり、1つの冷却風通過領域117が少なくとも一つの第1種幅広領域に分類される。冷却風通過領域117のX方向における間隔が幅広フィン間隔S17となる。

[0413] 一方、隣接する通常放熱フィン73n及び73n間の隙間領域が複数の冷却風通過領域111となり、複数の第1種幅狭領域に分類される。冷却風通過領域111のX方向における間隔がフィン間隔S11となる。幅広フィン間隔S17はフィン間隔S11より広い。

[0414] 図43及び図44に示すように、プレス荷重受具35は支持基台350と周辺支持部351と1つの中間支持部352とを有している。

[0415] 周辺支持部351はヒートシンクベース70の周辺領域に対応し、支持基台350からヒートシンクベース70の周辺領域に向けて立設されている。ヒートシンクベース70の周辺領域には放熱フィン73は形成されていない。

[0416] 中間支持部352は冷却風通過領域117に対応し、支持基台310からヒートシンクベース70の第2主面側に向けて立設されており、基本製法で示したステップ(b)の実行時に、中央の中間支持部352が冷却風通過領域117に挿入される。

[0417] 中間支持部352は支持部本体352Aと弾性部材352Bとを有しており、支持部本体352Aはヒートシンクベース70の第2主面と接触し、弾性部材352Bは支持基台350と支持部本体352Aとの間に介挿され弾性力を有している。

[0418] このような構造のプレス荷重受具35は、ステップ(b)の実行時に、ヒートシンクベース70の第2主面において、放熱フィン73が搭載されない周辺

領域を周辺支持部 351 で支持し、中央の冷却風通過領域 117 に対応する領域を中間支持部 352 で支持する。

[0419] したがって、第 4 の改良製法は第 2 及び第 3 の改良製法と同様、比較的広い幅広フィン間隔 S17 を有する冷却風通過領域 117 に中間支持部 352 を挿入する態様である。このため、プレス荷重 PL1 を受ける中間支持部 352 の厚みを広くすることにより、限られた本数の中間支持部 352 によってヒートシンクベース 70 を安定性良く支持することができる。

[0420] 加えて、第 4 の改良製法は、中間支持部 352 にてヒートシンクベース 70 の第 2 主面を支持する際、支持部本体 352A と支持基台 350 との間に弾性を有する弾性部材 352B を設けている。このため、第 4 の改良製法は、第 3 の改良製法と同様、中間支持部 352 において、支持部本体 352A の上端とヒートシンクベース 70 の第 2 主面との接触面を安定化させることにより、ヒートシンクベース 70 の弾性変形、塑性変形を効果的に抑制することができる。

[0421] このように、第 4 の改良製法で用いるプレス荷重受具 35 の中間支持部 352 は支持基台 350 と支持部本体 352A との間に介挿され弾性力を有する弾性部材 352B を有するため、第 3 の改良製法で製造される半導体装置 105 と同様、第 4 の改良製法で製造される半導体装置 105 の品質向上を図ることができる。

[0422] さらに、図 43 及び図 44 に示すように、製造対象となるヒートシンク部分 HK5B は、ヒートシンクベース 70 の中央領域に対応して比較的広い幅広フィン間隔 S17 を有する冷却風通過領域 117 が設けられている。

[0423] このため、ヒートシンクベース 70 の中央領域に対応して比較的厚い棒状の支持部本体 342A を有するプレス荷重受具 35 を用いることにより、ヒートシンクベース 70 の弾性変形、塑性変形の抑制効果を向上させることができる。

[0424] <実施の形態 6>

実施の形態 6 は、上述した実施の形態 1～実施の形態 5 にかかる半導体装

置 101～105 を電力変換装置に適用したものである。本開示は特定の電力変換装置に限定されるものではないが、以下、実施の形態6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。以下では、実施の形態1の半導体装置101は変形例である半導体装置101sを含む概念とし、実施の形態5の半導体装置105は変形例である半導体装置105Bを含む装置として説明する。

[0425] 図45は、本開示の実施の形態6であ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。

[0426] 図45に示す電力変換システムは、電源1000、電力変換装置2000、負荷3000から構成される。電源1000は、直流電源であり、電力変換装置2000に直流電力を供給する。電源1000は種々のもので構成することが可能であり、例えば、直流系統、太陽電池、蓄電池で構成することができるし、交流系統に接続された整流回路やAC/DCコンバータで構成することとしてもよい。また、電源1000を、直流系統から出力される直流電力を所定の電力に変換するDC/DCコンバータによって構成することとしてもよい。

[0427] 電力変換装置2000は、電源1000と負荷3000の間に接続された三相のインバータであり、電源1000から供給された直流電力を交流電力に変換し、負荷3000に交流電力を供給する。電力変換装置2000は、図45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2001と、主変換回路2001を制御する制御信号を主変換回路2001に出力する制御回路2003とを備えている。

[0428] 負荷3000は、電力変換装置2000から供給された交流電力によって駆動される三相の電動機である。なお、負荷3000は特定の用途に限られるものではなく、各種電気機器に搭載された電動機であり、例えば、ハイブリッド自動車や電気自動車、鉄道車両、エレベーター、もしくは、空調機器向けの電動機として用いられる。

[0429] 以下、電力変換装置2000の詳細を説明する。主変換回路2001は、

スイッチング素子と還流ダイオードを備えており（図示せず）、スイッチング素子がスイッチングすることによって、電源1000から供給される直流電力を交流電力に変換し、負荷3000に供給する。主変換回路2001の具体的な回路構成は種々のものがあるが、本実施の形態にかかる主変換回路2001は2レベルの三相フルブリッジ回路であり、6つのスイッチング素子とそれぞれのスイッチング素子に逆並列された6つの還流ダイオードから構成することができる。主変換回路2001の各スイッチング素子と各還流ダイオードの少なくともいずれかを、上述した実施の形態1～実施の形態5の半導体装置101～105で用いられた第1種半導体モジュールや第2種半導体モジュールによって構成する。

[0430] 第1種半導体モジュールとして、実施の形態1～実施の形態3で用いられた電力用半導体モジュールM11～M16及び電力用半導体モジュールM1、実施の形態4で用いられた電力用半導体モジュールM51～M56、並びに実施の形態5でも散らされた電力用半導体モジュール部分MM51～MM56が該当する。

[0431] 第2種半導体モジュールとして、実施の形態1～実施の形態3で用いられた電力用半導体モジュールM41～M43及び電力用半導体モジュールM4、実施の形態4で用いられた電力用半導体モジュールM61～M64、実施の形態5で用いられた電力用半導体モジュール部分MM61～MM64が該当する。

[0432] 例えば、第1種半導体モジュールが図4で示した電力用半導体モジュールMiで構成される場合、複数の半導体素子16のいずれかが上述したスイッチング素子や還流ダイオードとして機能する。

[0433] 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2001の3つの出力端子は、負荷3000に接続される。

[0434] また、主変換回路2001は、各スイッチング素子を駆動する駆動回路（

図示なし)を備えているが、駆動回路は半導体モジュール2002に内蔵されていてもよいし、半導体モジュール2002とは別に駆動回路を備える構成であってもよい。半導体モジュール2002を上述した実施の形態1～実施の形態5の半導体装置101～105で用いられた第1種半導体モジュールや第2種半導体モジュールで構成しても良い。

[0435] 駆動回路は、主変換回路2001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2001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2003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。

[0436] 制御回路2003は、負荷3000に所望の電力が供給されるよう主変換回路2001のスイッチング素子を制御する。具体的には、負荷3000に供給すべき電力に基づいて主変換回路2001の各スイッチング素子がオン状態となるべき時間(オン時間)を算出する。例えば、出力すべき電圧に応じてスイッチング素子のオン時間を変調するPWM制御によって主変換回路2001を制御することができる。そして、各時点においてオン状態となるべきスイッチング素子にはオン信号を、オフ状態となるべきスイッチング素子にはオフ信号が出力されるよう、主変換回路2001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。

[0437] 実施の形態6である電力変換装置2000では、主変換回路2001のスイッチング素子や還流ダイオードとして実施の形態1～実施の形態5の半導体装置101～105で用いられた第1種半導体モジュールや第2種半導体モジュールを適用するため、第1種半導体モジュール及び第2種半導体モジ

ユールの冷却機能を有し、かつ装置の小型化を実現することができる。

[0438] 実施の形態6では、2レベルの三相インバータに本開示を適用する例を説明したが、本開示は、これに限られるものではなく、種々の電力変換装置に適用することができる。本実施の形態では、2レベルの電力変換装置としたが3レベルやマルチレベルの電力変換装置であっても構わないし、単相負荷に電力を供給する場合には単相のインバータに本開示を適用しても構わない。また、直流負荷等に電力を供給する場合にはDC/DCコンバータやAC/DCコンバータに本開示を適用することも可能である。

[0439] また、本開示を適用した電力変換装置は、上述した負荷が電動機の場合に限定されるものではなく、例えば、放電加工機やレーザー加工機、又は誘導加熱調理器や非接触給電システムの電源装置として用いることもでき、さらには太陽光発電システムや蓄電システム等のパワーコンディショナーとして用いることも可能である。

[0440] なお、本開示は、本開示の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略したりすることが可能である。

[0441] 本開示は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、本開示がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、本開示の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

[0442] 以下、本開示の諸態様を付記としてまとめて記載する。

[0443] (付記1)

第1種ヒートシンクと、

第2種ヒートシンクと、

前記第1種ヒートシンク上に搭載された第1種半導体モジュールと、

前記第2種ヒートシンク上に搭載された第2種半導体モジュールとを備えた半導体装置であって、

前記第1種ヒートシンクは複数の第1種放熱フィンを有し、前記複数の第1種放熱フィンはそれぞれ前記第1種半導体モジュールの搭載面と反対側の

形成深さ方向に延びる第1種形成深さとフィン形成方向に延びる第1種形成幅を有し、前記複数の第1種放熱フィンには前記フィン形成方向と交差するフィン配列方向に沿って互いに離散して配置され、前記複数の第1種放熱フィン間の隙間領域が第1種冷却風通過領域となり、

前記第2種ヒートシンクは複数の第2種放熱フィンを有し、前記複数の第2種放熱フィンにはそれぞれ前記形成深さ方向に延びる第2種形成深さと前記フィン形成方向に延びる第2種形成幅を有し、前記複数の第2種放熱フィンには前記フィン配列方向に沿って互いに離散して配置され、前記複数の第2種放熱フィン間の隙間領域が第2種冷却風通過領域となり、

前記半導体装置は、

前記第1種及び第2種ヒートシンクに対し前記フィン形成方向に沿った送風方向に冷却風を供給する冷却風供給構造を有し、前記冷却風は前記第1種冷却風通過領域を通過した後、前記第2種冷却風通過領域を通過するように供給され、

前記第1種冷却風通過領域は複数の第1種幅狭領域と少なくとも一つの第1種幅広領域とを含み、前記複数の第1種幅狭領域はそれぞれ第1種幅狭間隔を有し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域はそれぞれ第1種幅広間隔を有し、

前記第2種冷却風通過領域は複数の第2種幅領域を含み、前記複数の第2種幅領域それぞれ第2種幅間隔を有し、

前記半導体装置の動作時において、前記複数の第2種放熱フィンへの到達時における前記冷却風の温度上昇が抑制されるように、前記第1種幅広間隔を前記第1種幅狭間隔よりも広く設定したことを特徴とする、半導体装置。

[0444] (付記2)

付記1記載の半導体装置であって、

前記複数の第1種放熱フィンは複数の通常放熱フィンと各々が隣接した少なくとも一対の変形放熱フィンを含み、

前記少なくとも一つの第1種幅広領域は前記少なくとも一対の変形放熱フィンと1対1に対応し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域はそれぞれ前記少なくとも一対の変形放熱フィンのうち対応する一対の変形放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅広間隔は前記少なくとも一対の変形放熱フィンそれぞれの前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記第1種幅狭領域は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅狭間隔は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の前記フィン配列方向に沿った間隔である、

半導体装置。

[0445] (付記3)

付記1記載の半導体装置であって、

前記複数の第1種放熱フィンは、複数の通常放熱フィンと少なくとも一つの切欠放熱フィンを含み、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンは切欠領域を有し、

前記複数の第1種放熱フィンのうち、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンそれぞれに対し前記フィン配列方向に隣接する一対の放熱フィンが少なくとも一対の隣接放熱フィンとして規定され、

前記第1種幅広領域は、前記少なくとも一対の隣接放熱フィンそれぞれの間における前記切欠領域を介した領域を含み、前記第1種幅広間隔は前記少なくとも一つの隣接放熱フィンそれぞれの前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記第1種幅狭領域は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅狭間隔は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の前記フィン配列方向に沿った間隔である、

半導体装置。

[0446] (付記4)

付記 3 記載の半導体装置であって、
前記複数の通常放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向における通常深さを有し、
前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向において前記通常深さよりも浅い変形深さとなる変形領域を有し、
前記第 1 種形成深さは前記通常深さ及び前記変形深さを含み、
前記切欠領域は、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンそれぞれの前記変形領域における前記変形深さから前記通常深さまでの空き領域を含む、
半導体装置。

[0447] (付記 5)

付記 4 記載の半導体装置であって、
前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向において前記通常深さを有する通常領域をさらに含む、
半導体装置。

[0448] (付記 6)

付記 4 記載の半導体装置であって、
前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記変形領域のみを有する、
半導体装置。

[0449] (付記 7)

付記 3 記載の半導体装置であって、
前記複数の通常放熱フィンはそれぞれ前記フィン形成方向における通常幅を有し、
前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記フィン形成方向における変形幅を有し、
前記第 1 種形成幅は前記通常幅及び前記変形幅を含み、前記変形幅は前記通常幅より狭く、
前記切欠領域は、前記フィン形成方向において前記複数の通常放熱フィン

が存在し、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンが存在しないフィン非形成領域を含む、
半導体装置。

[0450] (付記 8)

付記 1 から付記 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記第 1 種ヒートシンクは複数の第 1 種ヒートシンクを含み、
前記第 1 種半導体モジュールは複数の第 1 種半導体モジュールを含み、前記複数の第 1 種ヒートシンクと前記複数の第 1 種半導体モジュールとは 1 対 1 に対応し、前記複数の第 1 種半導体モジュールはそれぞれ前記複数の第 1 種ヒートシンクのうち対応する第 1 種ヒートシンク上に搭載され、
前記第 2 種ヒートシンクは複数の第 2 種ヒートシンクを含み、
前記第 2 種半導体モジュールは複数の第 2 種半導体モジュールを含み、前記複数の第 2 種ヒートシンクと前記複数の第 2 種半導体モジュールとは 1 対 1 に対応し、前記複数の第 2 種半導体モジュールはそれぞれ前記複数の第 2 種ヒートシンクのうち対応する第 2 種ヒートシンク上に搭載される、
半導体装置。

[0451] (付記 9)

付記 1 から付記 8 のいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記第 1 種ヒートシンク及び前記第 2 種ヒートシンクを搭載する取付板と、
前記複数の第 1 種放熱フィン及び前記複数の第 2 種放熱フィンを収容する態様で、前記取付板を支持する筐体とをさらに備え、
前記冷却風供給構造は前記送風方向に前記冷却風を送風する冷却ファンを含む、
半導体装置。

[0452] (付記 10)

付記 1 から付記 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置であって、
前記第 1 種ヒートシンクと前記第 1 種半導体モジュールとの間に設けられ

、第1主面及び第2主面を有する第1種中間結合体をさらに備え、
前記第1種中間結合体の第1主面側に前記第1種半導体モジュールが結合され、かつ、前記第1種中間結合体の第2主面側に前記第1種ヒートシンクが結合されることにより、第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールが構成されることを特徴とする、
半導体装置。

[0453] (付記11)

付記10記載の半導体装置であって、
前記第2種ヒートシンクと前記第2種半導体モジュールとの間に設けられ、
第1主面及び第2主面を有する第2種中間結合体をさらに備え、
前記第2種中間結合体の第1主面側に前記第2種半導体モジュールが結合され、かつ、前記第2種中間結合体の第2主面側に前記第2種ヒートシンクが結合されることにより、第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールが構成されることを特徴とする、
半導体装置。

[0454] (付記12)

付記11記載の半導体装置であって、
前記第1種ヒートシンクは複数の第1種ヒートシンクを含み、
前記第1種中間結合体は複数の第1種中間結合体を含み、
前記第1種半導体モジュールは複数の第1種半導体モジュールを含み、前記複数の第1種ヒートシンクと前記複数の第1種中間結合体と前記複数の第1種半導体モジュールとは1対1に対応し、
前記第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールは複数の第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールを含み、
前記複数の第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールはそれぞれ、前記複数の第1種半導体モジュール、前記複数の第1種中間結合体及び前記複数の第1種ヒートシンクのうち、対応する第1種半導体モジュール、対応する第1種中間結合体及び対応する第1種ヒートシンクを含み、

前記第 2 種ヒートシンクは複数の第 2 種ヒートシンクを含み、
前記第 2 種中間結合体は複数の第 2 種中間結合体を含み、
前記第 2 種半導体モジュールは複数の第 2 種半導体モジュールを含み、前記複数の第 2 種ヒートシンクと前記複数の第 2 種中間結合体と前記複数の第 2 種半導体モジュールとは 1 対 1 に対応し、
前記第 2 種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールは複数の第 2 種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールを含み、
前記複数の第 2 種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールはそれぞれ、前記複数の第 2 種半導体モジュール、前記複数の第 2 種中間結合体及び前記複数の第 2 種ヒートシンクのうち、対応する第 2 種半導体モジュール、対応する第 2 種中間結合体及び対応する第 2 種ヒートシンクを含む、半導体装置。

[0455] (付記 13)

半導体装置の製造方法であって、
前記半導体装置は付記 9 記載の半導体装置を含み、
(a) 前記筐体に前記取付板を固定するステップと、
(b) 前記筐体内に前記複数の第 1 種放熱フィン及び前記複数の第 2 種放熱フィンを収容する態様で、前記取付板に前記第 1 種ヒートシンク及び前記第 2 種ヒートシンクを搭載するステップと、
(c) 前記第 1 種ヒートシンク上に前記第 1 種半導体モジュールを搭載し、前記第 2 種ヒートシンク上に前記第 2 種半導体モジュールを搭載するステップとを備える、
半導体装置の製造方法。

[0456] (付記 14)

半導体装置の製造方法であって、
前記半導体装置は付記 10 から付記 12 のいずれか 1 項に記載の半導体装置を含み、
前記第 1 種中間結合体の第 2 主面には凹凸加工がなされており、

前記第1種ヒートシンクは第1主面及び第2主面を有するヒートシンクベースと前記ヒートシンクベースの第2主面側に設けられる前記複数の第1種放熱フィンとを含み、前記ヒートシンクベースの第1主面は凹凸加工がなされており、

(a) 前記第1種中間結合体の第1主面上に前記第1種半導体モジュールを固定してモジュール部分中間構造体を得るステップと、

(b) 前記第1種ヒートシンクを前記ヒートシンクベースの第2主面側からプレス荷重受具にて支持し、かつ、前記ヒートシンクベースの第1主面側から前記モジュール部分中間構造体に対しプレス荷重をかけるステップとを備え、

前記ステップ(b)の実行により、前記第1種中間結合体の第2主面と前記ヒートシンクベースの第1主面とが嵌め合わさって結合され、前記第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールが得られる、半導体装置の製造方法。

[0457] (付記15)

付記14記載の半導体装置の製造方法であって、

前記複数の第1種放熱フィンは複数の通常放熱フィンと各々が隣接した少なくとも一対の変形放熱フィンを含み、

前記少なくとも一つの第1種幅広領域は前記少なくとも一対の変形放熱フィンと1対1に対応し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域は前記少なくとも一対の変形放熱フィンのうち対応する一対の変形放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅広間隔は前記少なくとも一対の変形放熱フィンそれぞれの前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記第1種幅狭領域は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅狭間隔は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記プレス荷重受具は、

支持基台と、

前記支持基台から前記ヒートシンクベースの第2主面側に向けて立設される複数の支持部とを含み、

前記複数の支持部は少なくとも一つの間接支持部を含み、前記少なくとも一つの間接支持部は前記少なくとも一つの第1種幅広領域に1対1に対応し、

前記ステップ(b)の実行時において、前記少なくとも一つの間接支持部は前記少なくとも一つの第1種幅広領域のうち対応する第1種幅広領域を介して前記ヒートシンクベースの第2主面を支持する、
半導体装置の製造方法。

[0458] (付記16)

付記15記載の半導体装置の製造方法であって、

前記少なくとも一つの間接支持部はそれぞれ、

前記ヒートシンクベースの第2主面と接触する支持本体と、

前記支持基台と前記支持本体との間に介挿され弾性を有する弾性部材とを含む、

半導体装置の製造方法。

[0459] (付記17)

付記1から付記12のいずれか1項に記載の半導体装置を有し、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。

符号の説明

[0460] 2 冷却ファン、3 筐体、4, 4D, 4E ヒートシンク取付枠、5, 5B, H51~H56 第1種ヒートシンク、6, 6B, H61~H64 第2種ヒートシンク、5B0, 5C0, 6B0, 51~55, 70, 530, 540, 610, 620, 630 ヒートシンクベース、5B1, 5C1

, 61n, 71n, 73n, 531n, 541n 通常放熱フィン、5B2, 5B3, 5C2 切欠放熱フィン、6B1, 6C1, 61~65, 71, 73, 531, 541, 611, 621, 631 放熱フィン、31~35 プレス荷重受具、61X, 71X, 73X, 531X, 541X 変形放熱フィン、101, 101s, 102~105, 105B 半導体装置、1000 電源、2000 電力変換装置、2001 主変換回路、2002 半導体モジュール、2003 制御回路、3000 負荷、HK, HK5, HK5B, HK7, HK51~HK56, HK61~HK64 ヒートシンク部分、HM, HM51~HM56, HM60~HM64 ヒートシンク一体型電力用半導体モジュール、M1, M4, M11~M16, M41~M43, M51~M56, MM51~MM56, M61~M64, MM61~MM64, Mi, Mj, Mk 電力用半導体モジュール、MM, MM51~MM56, MM61~MM64 電力用半導体モジュール部分。

請求の範囲

[請求項1]

第1種ヒートシンクと、
第2種ヒートシンクと、
前記第1種ヒートシンク上に搭載された第1種半導体モジュールと

、
前記第2種ヒートシンク上に搭載された第2種半導体モジュールと
を備えた半導体装置であって、

前記第1種ヒートシンクは複数の第1種放熱フィンを有し、前記複数の第1種放熱フィンはそれぞれ前記第1種半導体モジュールの搭載面と反対側の形成深さ方向に延びる第1種形成深さとフィン形成方向に延びる第1種形成幅を有し、前記複数の第1種放熱フィンは前記フィン形成方向と交差するフィン配列方向に沿って互いに離散して配置され、前記複数の第1種放熱フィン間の隙間領域が第1種冷却風通過領域となり、

前記第2種ヒートシンクは複数の第2種放熱フィンを有し、前記複数の第2種放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向に延びる第2種形成深さと前記フィン形成方向に延びる第2種形成幅を有し、前記複数の第2種放熱フィンは前記フィン配列方向に沿って互いに離散して配置され、前記複数の第2種放熱フィン間の隙間領域が第2種冷却風通過領域となり、

前記半導体装置は、

前記第1種及び第2種ヒートシンクに対し前記フィン形成方向に沿った送風方向に冷却風を供給する冷却風供給構造を有し、前記冷却風は前記第1種冷却風通過領域を通過した後、前記第2種冷却風通過領域を通過するように供給され、

前記第1種冷却風通過領域は複数の第1種幅狭領域と少なくとも一つの第1種幅広領域とを含み、前記複数の第1種幅狭領域はそれぞれ第1種幅狭間隔を有し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域はそれ

ぞれ第1種幅広間隔を有し、

前記第2種冷却風通過領域は複数の第2種幅領域を含み、前記複数の第2種幅領域それぞれ第2種幅間隔を有し、

前記第1種冷却風通過領域において、前記第1種幅広間隔を前記第1種幅狭間隔よりも広く設定したことを特徴とする、半導体装置。

[請求項2]

請求項1記載の半導体装置であって、

前記複数の第1種放熱フィンには複数の通常放熱フィンと各々が隣接した少なくとも一対の変形放熱フィンを含み、

前記少なくとも一つの第1種幅広領域は前記少なくとも一対の変形放熱フィンと1対1に対応し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域はそれぞれ前記少なくとも一対の変形放熱フィンのうち対応する一対の変形放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅広間隔は前記少なくとも一対の変形放熱フィンそれぞれの前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記第1種幅狭領域は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅狭間隔は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の前記フィン配列方向に沿った間隔である、半導体装置。

[請求項3]

請求項1記載の半導体装置であって、

前記複数の第1種放熱フィンは、複数の通常放熱フィンと少なくとも一つの切欠放熱フィンを含み、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンは切欠領域を有し、

前記複数の第1種放熱フィンのうち、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンそれぞれに対し前記フィン配列方向に隣接する一対の放熱フィンが少なくとも一対の隣接放熱フィンとして規定され、

前記第1種幅広領域は、前記少なくとも一対の隣接放熱フィンそれ

ぞれの間における前記切欠領域を介した領域を含み、前記第1種幅広間隔は前記少なくとも一つの隣接放熱フィンそれぞれの前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記第1種幅狭領域は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅狭間隔は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の前記フィン配列方向に沿った間隔である、

半導体装置。

[請求項4]

請求項3記載の半導体装置であって、

前記複数の通常放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向における通常深さを有し、

前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向において前記通常深さよりも浅い変形深さとなる変形領域を有し、

前記第1種形成深さは前記通常深さ及び前記変形深さを含み、

前記切欠領域は、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンそれぞれの前記変形領域における前記変形深さから前記通常深さまでの空き領域を含む、

半導体装置。

[請求項5]

請求項4記載の半導体装置であって、

前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記形成深さ方向において前記通常深さを有する通常領域をさらに含む、

半導体装置。

[請求項6]

請求項4記載の半導体装置であって、

前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記変形領域のみを有する、

半導体装置。

[請求項7]

請求項3記載の半導体装置であって、

前記複数の通常放熱フィンはそれぞれ前記フィン形成方向における

通常幅を有し、

前記少なくとも一つの切欠放熱フィンはそれぞれ前記フィン形成方向における変形幅を有し、

前記第1種形成幅は前記通常幅及び前記変形幅を含み、前記変形幅は前記通常幅より狭く、

前記切欠領域は、前記フィン形成方向において前記複数の通常放熱フィンが存在し、前記少なくとも一つの切欠放熱フィンが存在しないフィン非形成領域を含む、

半導体装置。

[請求項8]

請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の半導体装置であって

、

前記第1種ヒートシンクは複数の第1種ヒートシンクを含み、

前記第1種半導体モジュールは複数の第1種半導体モジュールを含み、前記複数の第1種ヒートシンクと前記複数の第1種半導体モジュールとは1対1に対応し、前記複数の第1種半導体モジュールはそれぞれ前記複数の第1種ヒートシンクのうち対応する第1種ヒートシンク上に搭載され、

前記第2種ヒートシンクは複数の第2種ヒートシンクを含み、

前記第2種半導体モジュールは複数の第2種半導体モジュールを含み、前記複数の第2種ヒートシンクと前記複数の第2種半導体モジュールとは1対1に対応し、前記複数の第2種半導体モジュールはそれぞれ前記複数の第2種ヒートシンクのうち対応する第2種ヒートシンク上に搭載される、

半導体装置。

[請求項9]

請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の半導体装置であって

、

前記第1種ヒートシンク及び前記第2種ヒートシンクを搭載する取付板と、

前記複数の第1種放熱フィン及び前記複数の第2種放熱フィンを収容する態様で、前記取付板を支持する筐体とをさらに備え、

前記冷却風供給構造は前記送風方向に前記冷却風を送風する冷却ファンを含む、
半導体装置。

[請求項10] 請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の半導体装置であって、

前記第1種ヒートシンクと前記第1種半導体モジュールとの間に設けられ、第1主面及び第2主面を有する第1種中間結合体をさらに備え、

前記第1種中間結合体の第1主面側に前記第1種半導体モジュールが結合され、かつ、前記第1種中間結合体の第2主面側に前記第1種ヒートシンクが結合されることにより、第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールが構成されることを特徴とする、
半導体装置。

[請求項11] 請求項10に記載の半導体装置であって、

前記第2種ヒートシンクと前記第2種半導体モジュールとの間に設けられ、第1主面及び第2主面を有する第2種中間結合体をさらに備え、

前記第2種中間結合体の第1主面側に前記第2種半導体モジュールが結合され、かつ、前記第2種中間結合体の第2主面側に前記第2種ヒートシンクが結合されることにより、第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールが構成されることを特徴とする、
半導体装置。

[請求項12] 請求項11に記載の半導体装置であって、

前記第1種ヒートシンクは複数の第1種ヒートシンクを含み、

前記第1種中間結合体は複数の第1種中間結合体を含み、

前記第1種半導体モジュールは複数の第1種半導体モジュールを含

み、前記複数の第1種ヒートシンクと前記複数の第1種中間結合体と前記複数の第1種半導体モジュールとは1対1に対応し、

前記第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールは複数の第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールを含み、

前記複数の第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールはそれぞれ、前記複数の第1種半導体モジュール、前記複数の第1種中間結合体及び前記複数の第1種ヒートシンクのうち、対応する第1種半導体モジュール、対応する第1種中間結合体及び対応する第1種ヒートシンクを含み、

前記第2種ヒートシンクは複数の第2種ヒートシンクを含み、

前記第2種中間結合体は複数の第2種中間結合体を含み、

前記第2種半導体モジュールは複数の第2種半導体モジュールを含み、前記複数の第2種ヒートシンクと前記複数の第2種中間結合体と前記複数の第2種半導体モジュールとは1対1に対応し、

前記第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールは複数の第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールを含み、

前記複数の第2種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールはそれぞれ、前記複数の第2種半導体モジュール、前記複数の第2種中間結合体及び前記複数の第2種ヒートシンクのうち、対応する第2種半導体モジュール、対応する第2種中間結合体及び対応する第2種ヒートシンクを含む、

半導体装置。

[請求項13]

請求項1から請求項12のいずれかに記載の半導体装置であって、

前記第1種幅広間隔を前記第1種幅狭間隔の2倍以上3倍以下に設定したことを特徴とする、

半導体装置。

[請求項14]

半導体装置の製造方法であって、

前記半導体装置は請求項9記載の半導体装置を含み、

- (a) 前記筐体に前記取付板を固定するステップと、
 - (b) 前記筐体内に前記複数の第1種放熱フィン及び前記複数の第2種放熱フィンを収容する態様で、前記取付板に前記第1種ヒートシンク及び前記第2種ヒートシンクを搭載するステップと、
 - (c) 前記第1種ヒートシンク上に前記第1種半導体モジュールを搭載し、前記第2種ヒートシンク上に前記第2種半導体モジュールを搭載するステップとを備える、
- 半導体装置の製造方法。

[請求項15]

- 半導体装置の製造方法であって、
- 前記半導体装置は請求項10記載の半導体装置を含み、
- 前記第1種中間結合体の第2主面には凹凸加工がなされており、
- 前記第1種ヒートシンクは第1主面及び第2主面を有するヒートシンクベースと前記ヒートシンクベースの第2主面側に設けられる前記複数の第1種放熱フィンとを含み、前記ヒートシンクベースの第1主面は凹凸加工がなされており、
- (a) 前記第1種中間結合体の第1主面上に前記第1種半導体モジュールを固定してモジュール部分中間構造体を得るステップと、
 - (b) 前記第1種ヒートシンクを前記ヒートシンクベースの第2主面側からプレス荷重受具にて支持し、かつ、前記ヒートシンクベースの第1主面側から前記モジュール部分中間構造体に対しプレス荷重をかけるステップとを備え、
- 前記ステップ(b)の実行により、前記第1種中間結合体の第2主面と前記ヒートシンクベースの第1主面とが嵌め合わさって結合され、前記第1種ヒートシンク一体型電力用半導体モジュールが得られる、
- 半導体装置の製造方法。

[請求項16]

- 請求項15記載の半導体装置の製造方法であって、
- 前記複数の第1種放熱フィンは複数の通常放熱フィンと各々が隣接した少なくとも一対の変形放熱フィンを含み、

前記少なくとも一つの第1種幅広領域は前記少なくとも一対の変形放熱フィンと1対1に対応し、前記少なくとも一つの第1種幅広領域は前記少なくとも一対の変形放熱フィンのうち対応する一対の変形放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅広間隔は前記少なくとも一対の変形放熱フィンそれぞれの前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記第1種幅狭領域は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の隙間領域であり、前記第1種幅狭間隔は前記複数の通常放熱フィンのうち隣接する通常放熱フィン間の前記フィン配列方向に沿った間隔であり、

前記プレス荷重受具は、

支持基台と、

前記支持基台から前記ヒートシンクベースの第2主面側に向けて立設される複数の支持部とを含み、

前記複数の支持部は少なくとも一つの間接支持部を含み、前記少なくとも一つの間接支持部は前記少なくとも一つの第1種幅広領域に1対1に対応し、

前記ステップ(b)の実行時において、前記少なくとも一つの間接支持部は前記少なくとも一つの第1種幅広領域のうち対応する第1種幅広領域を介して前記ヒートシンクベースの第2主面を支持する、半導体装置の製造方法。

[請求項17]

請求項16記載の半導体装置の製造方法であって、

前記少なくとも一つの間接支持部はそれぞれ、

前記ヒートシンクベースの第2主面と接触する支持本体と、

前記支持基台と前記支持本体との間に介挿され弾性を有する弾性部材とを含む、

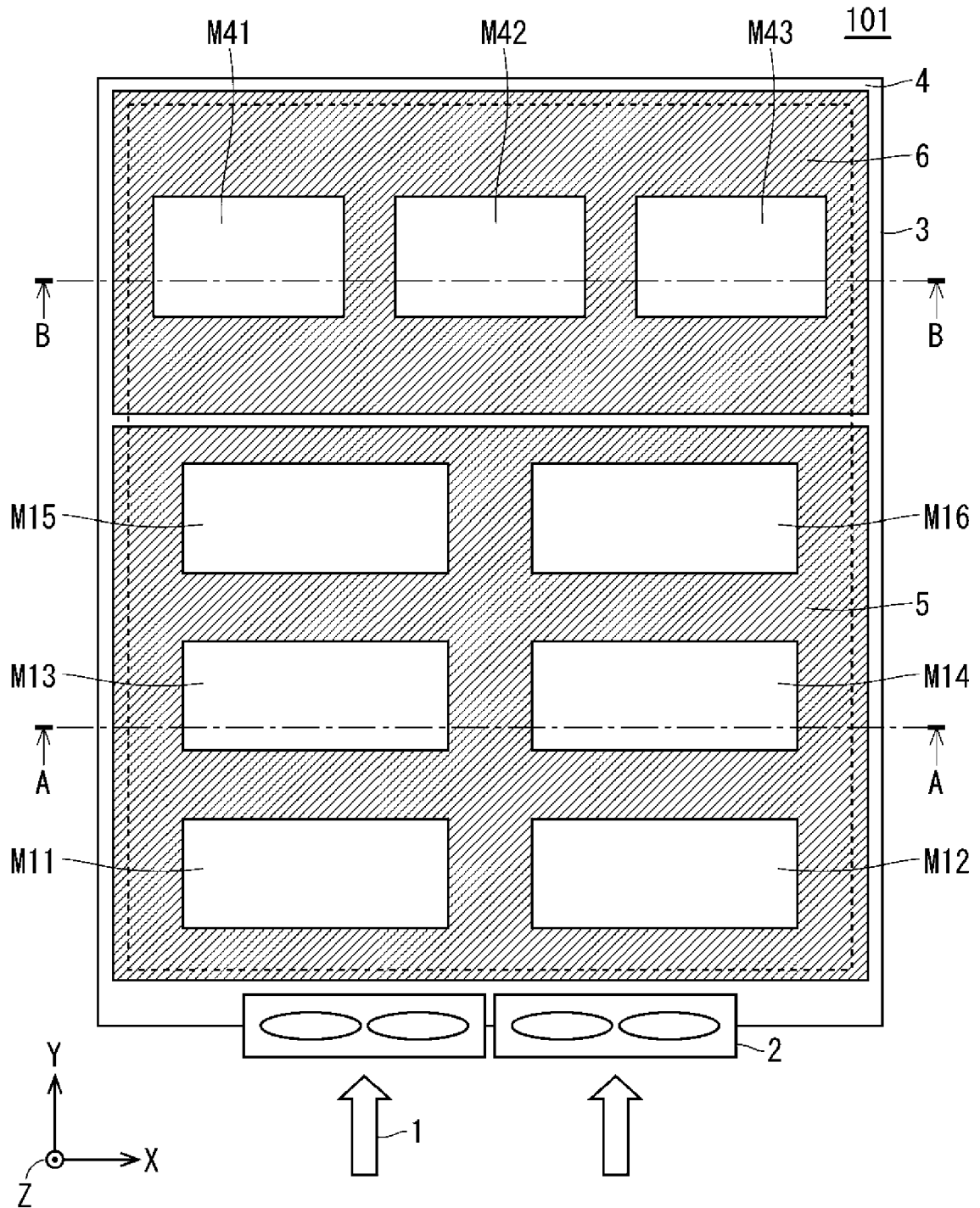
半導体装置の製造方法。

[請求項18]

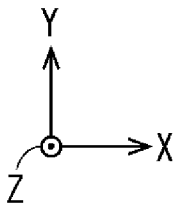
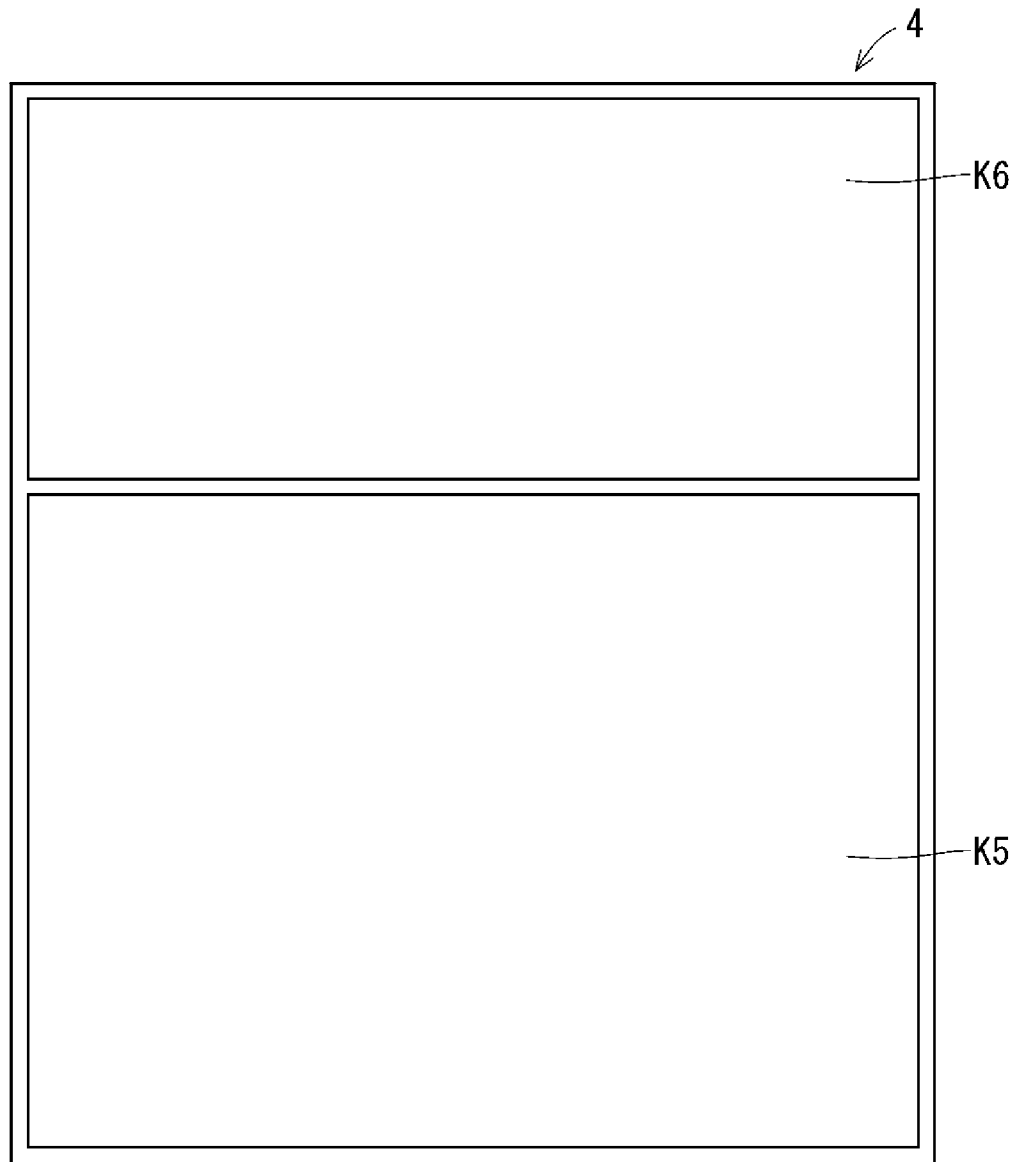
請求項1から請求項13のいずれか1項に記載の半導体装置を有し

、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。

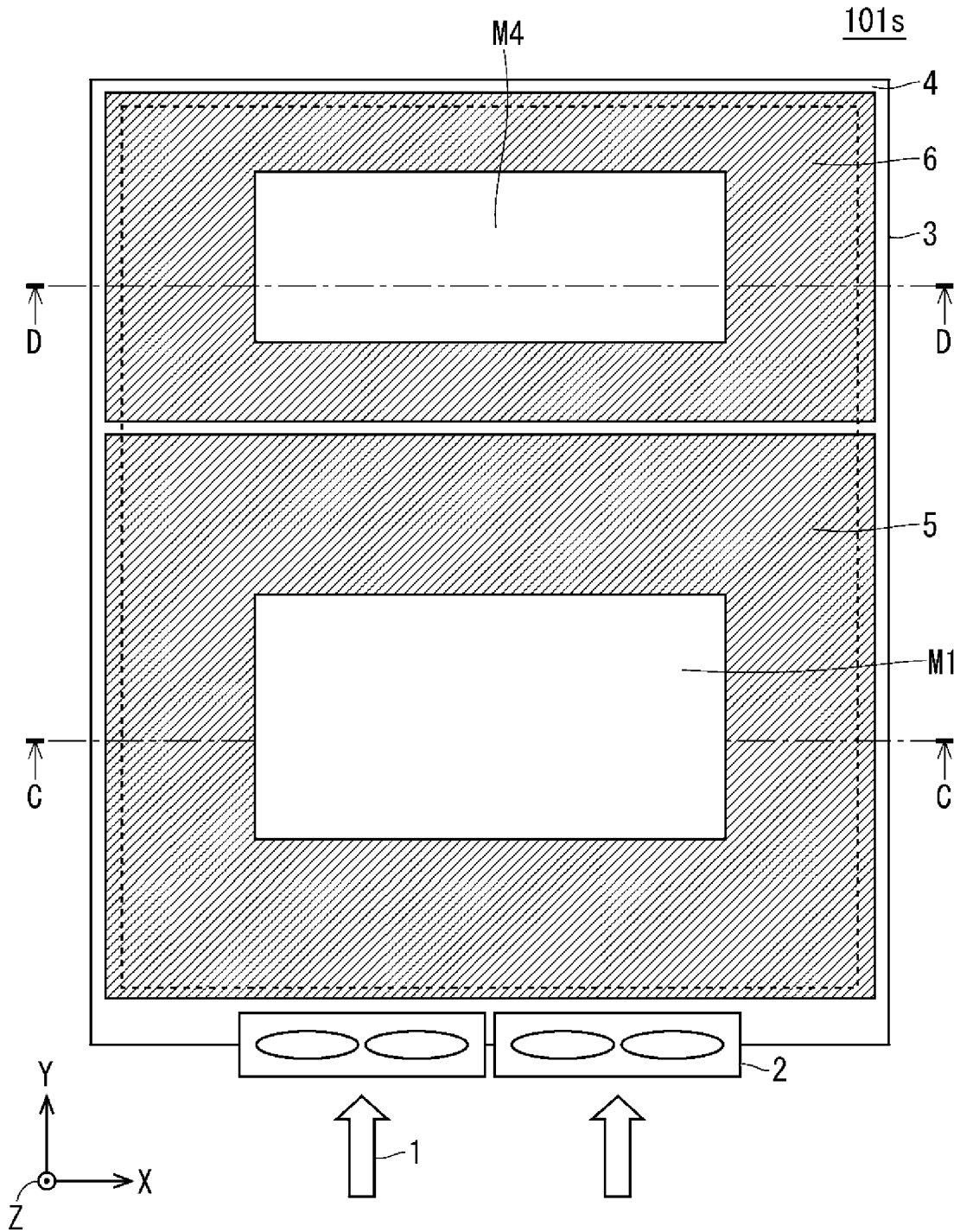
[図1]



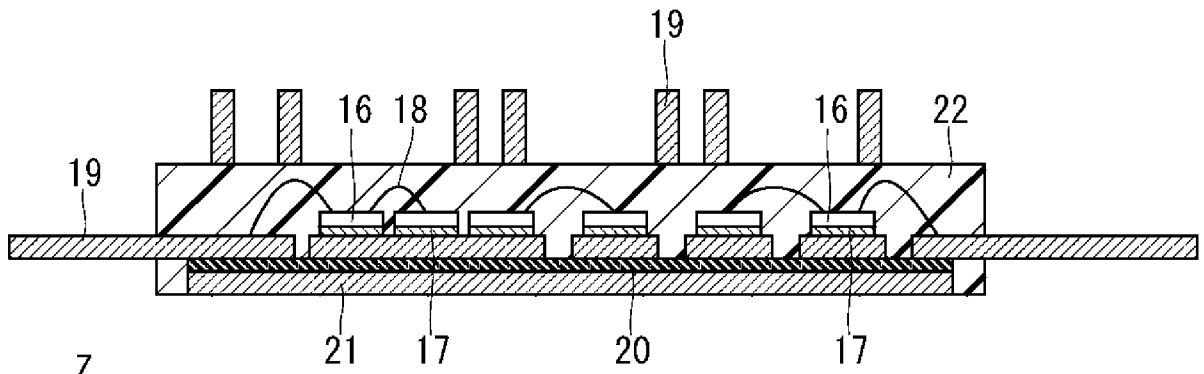
[図2]



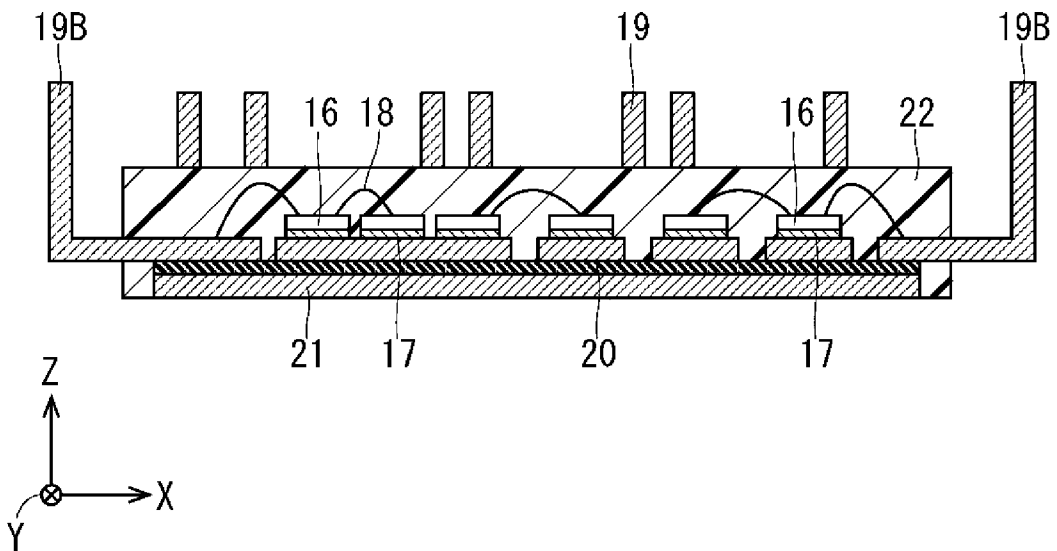
[図3]



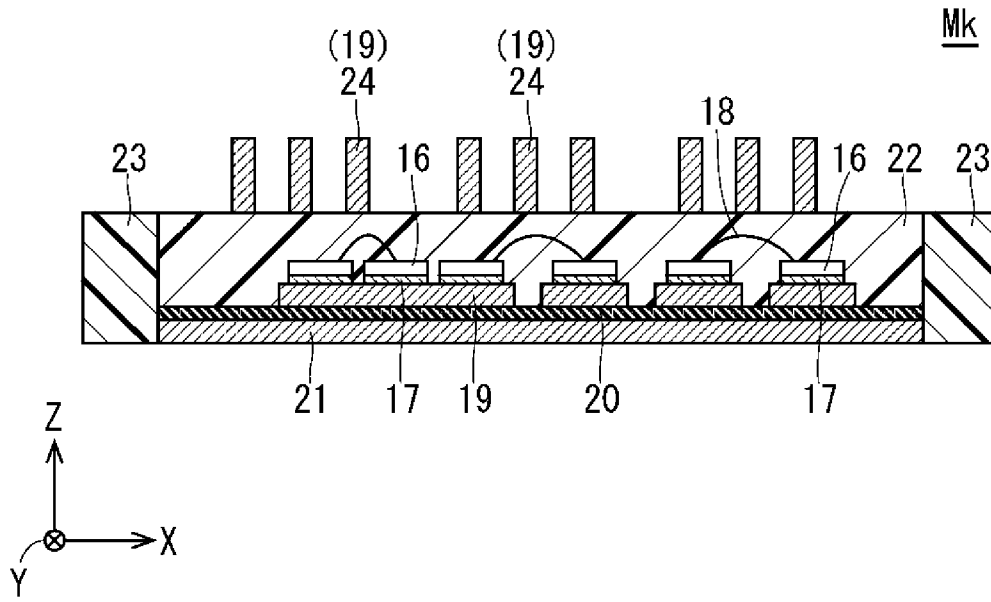
[図4]

Mi

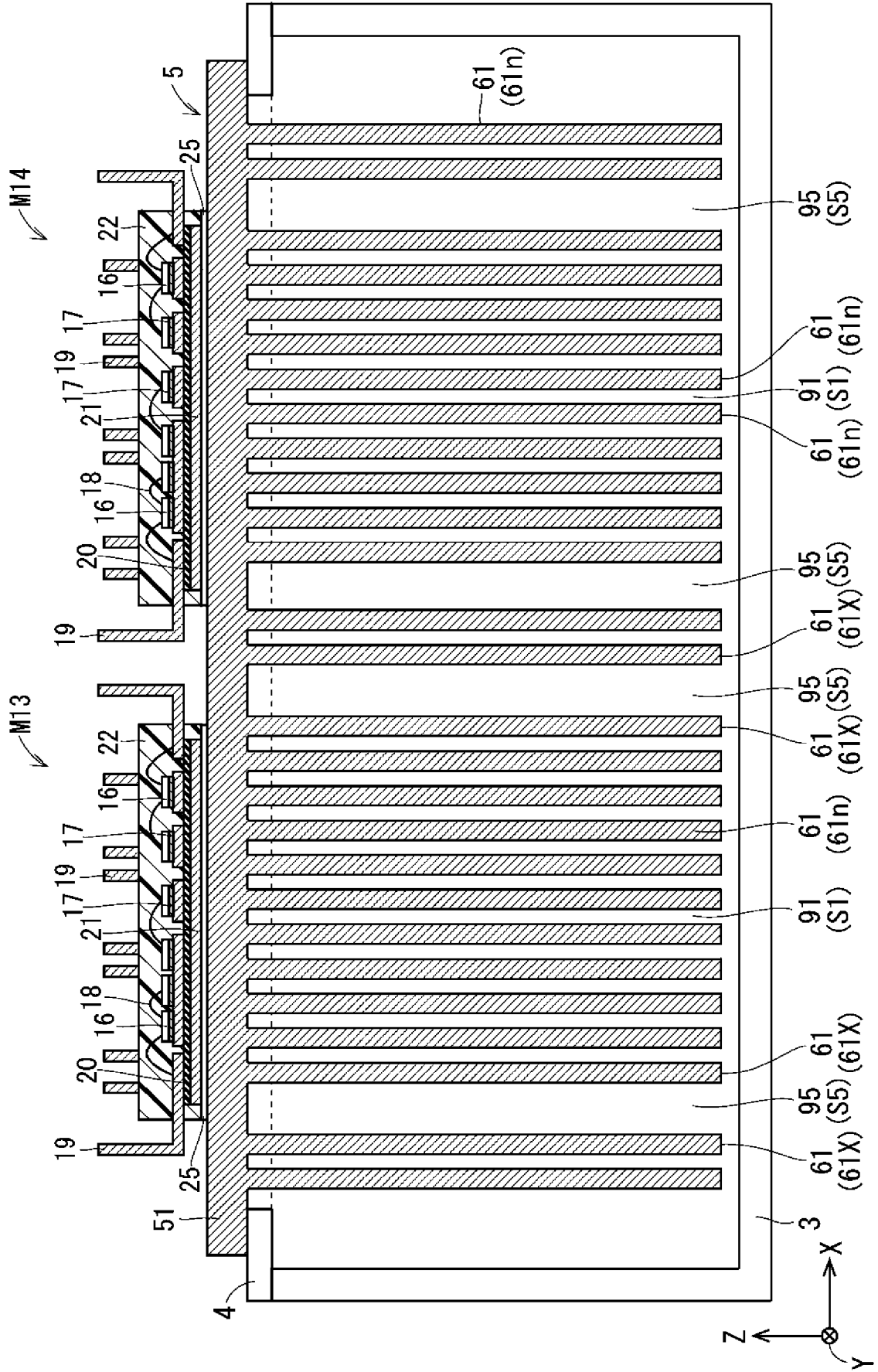
[図5]

Mj

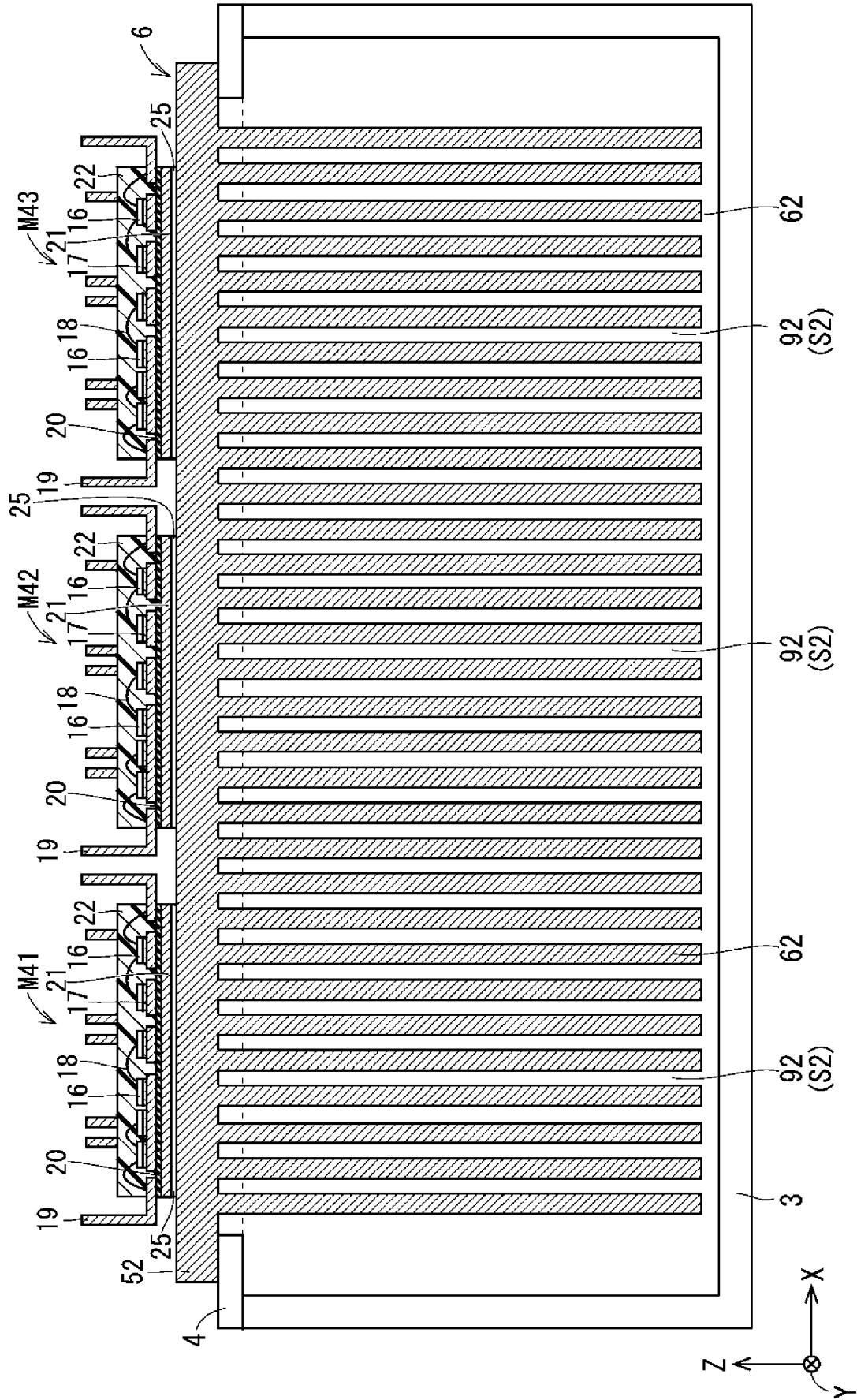
[図6]



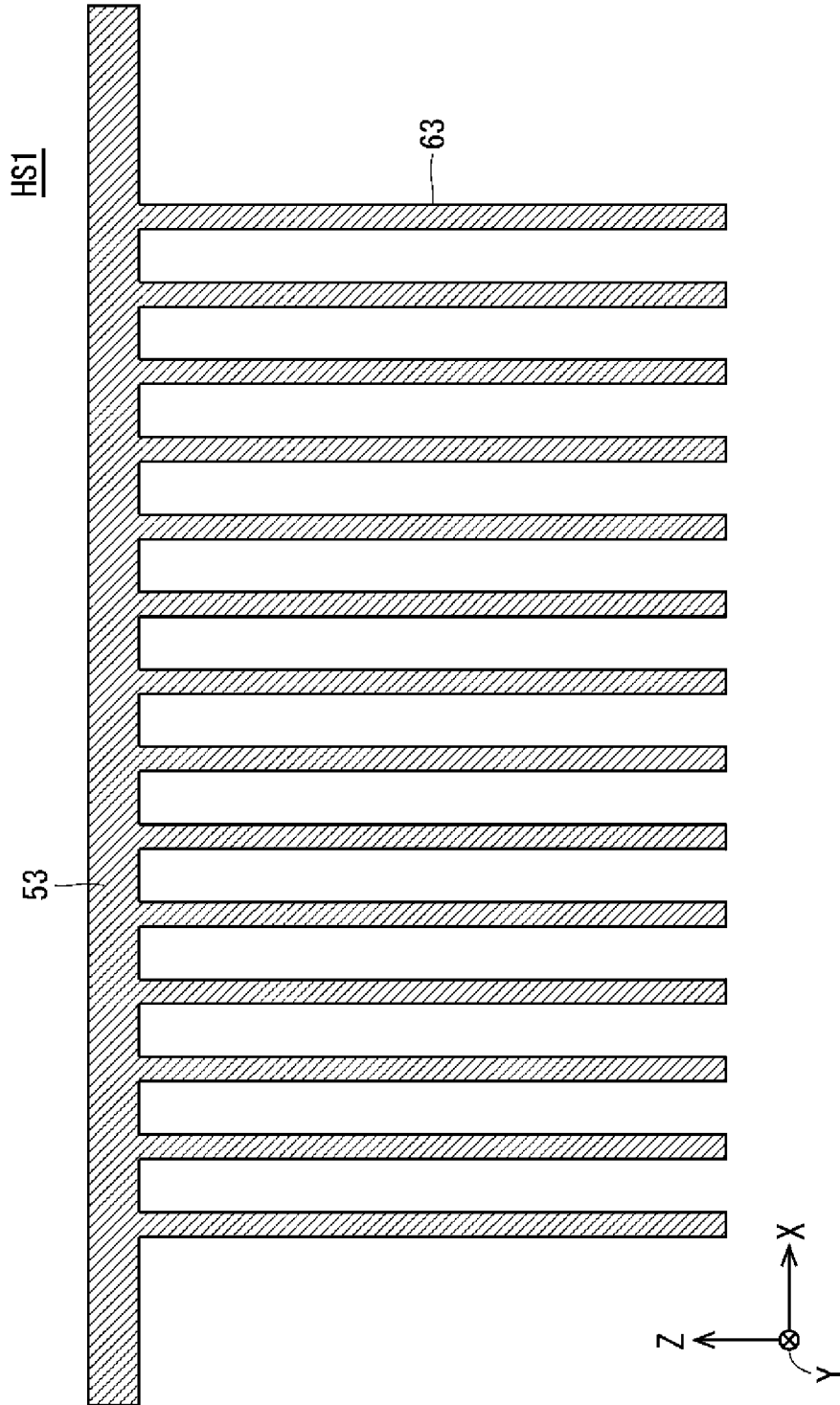
[図7]




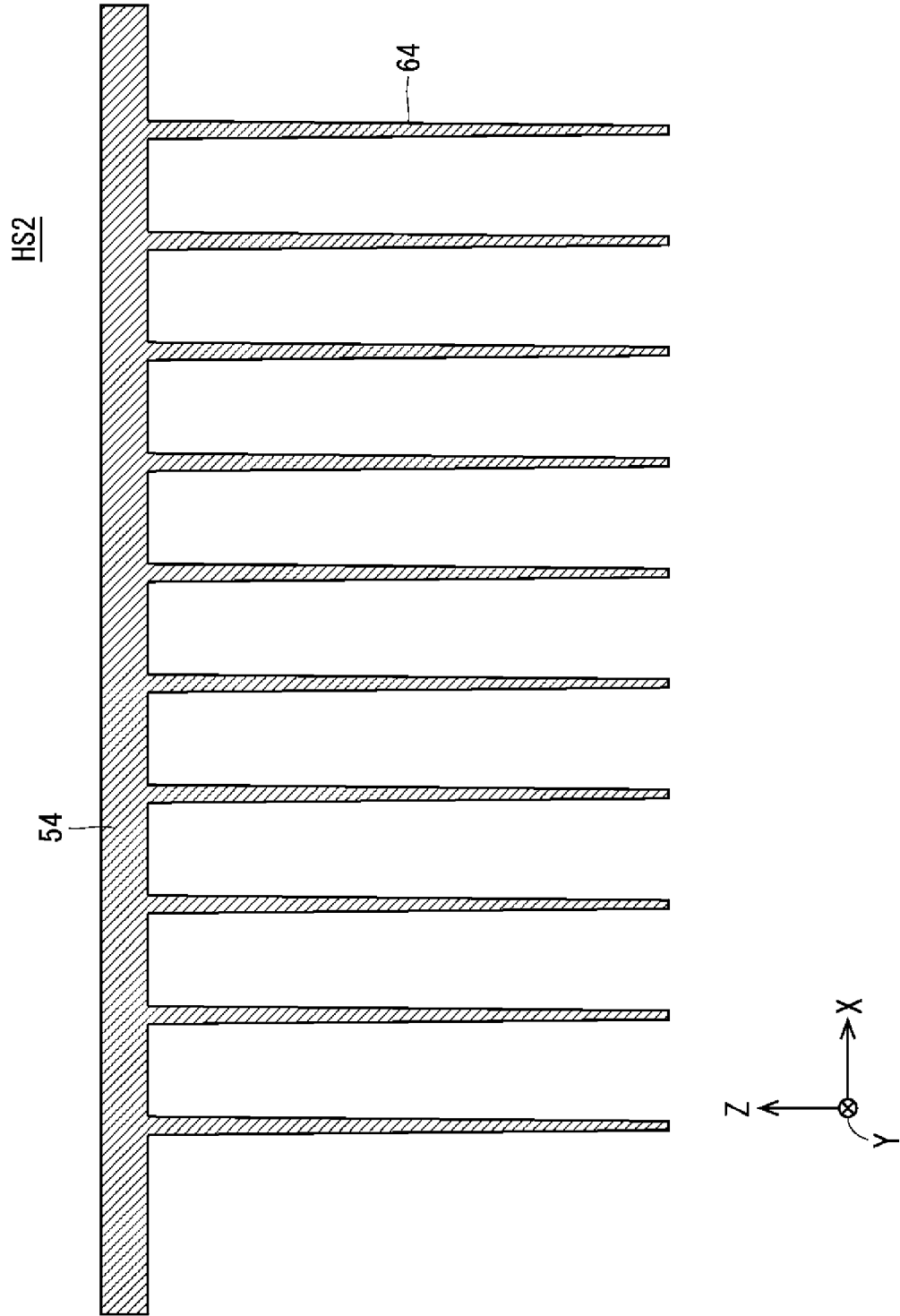
[8]



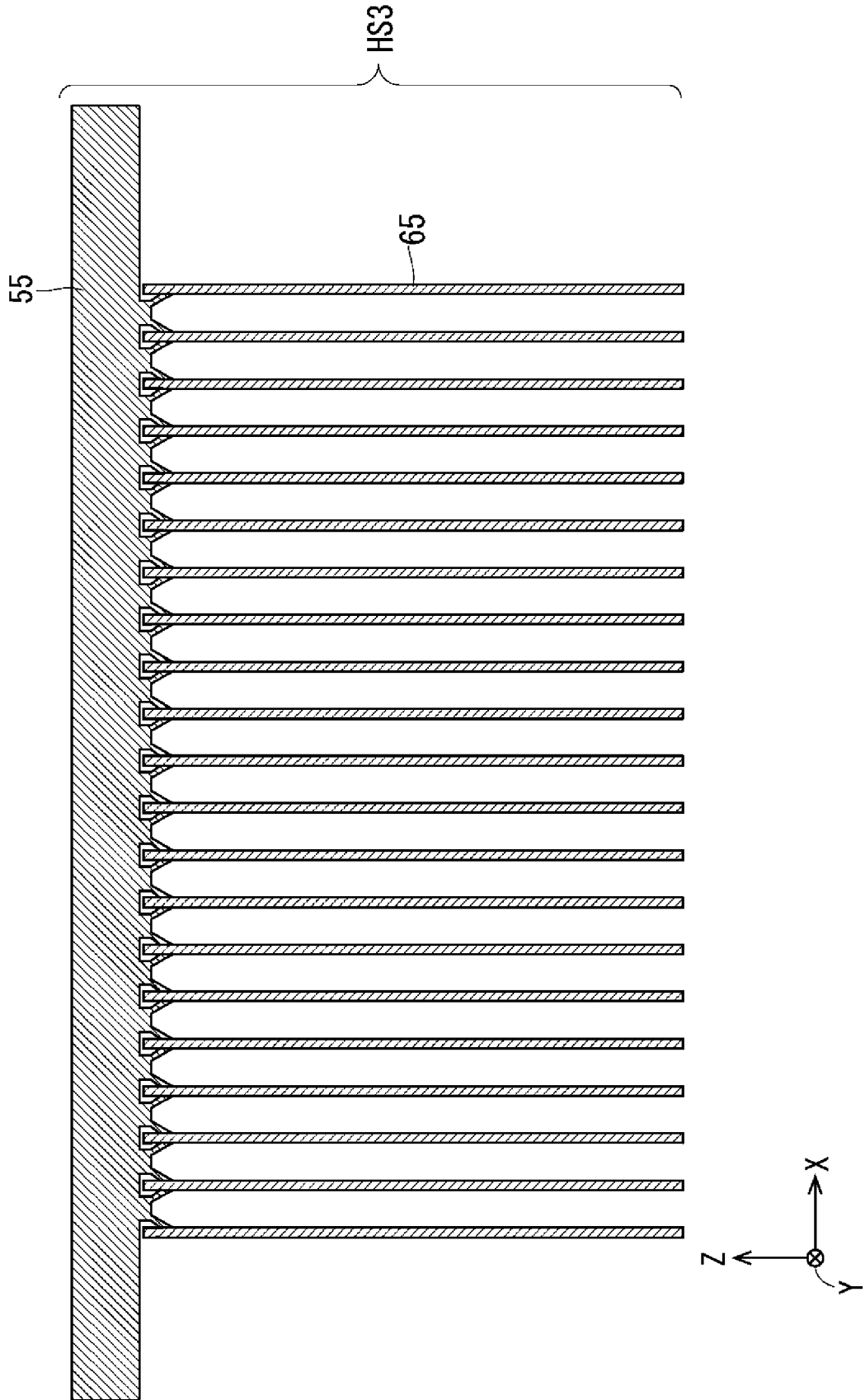
[図9]



[10]

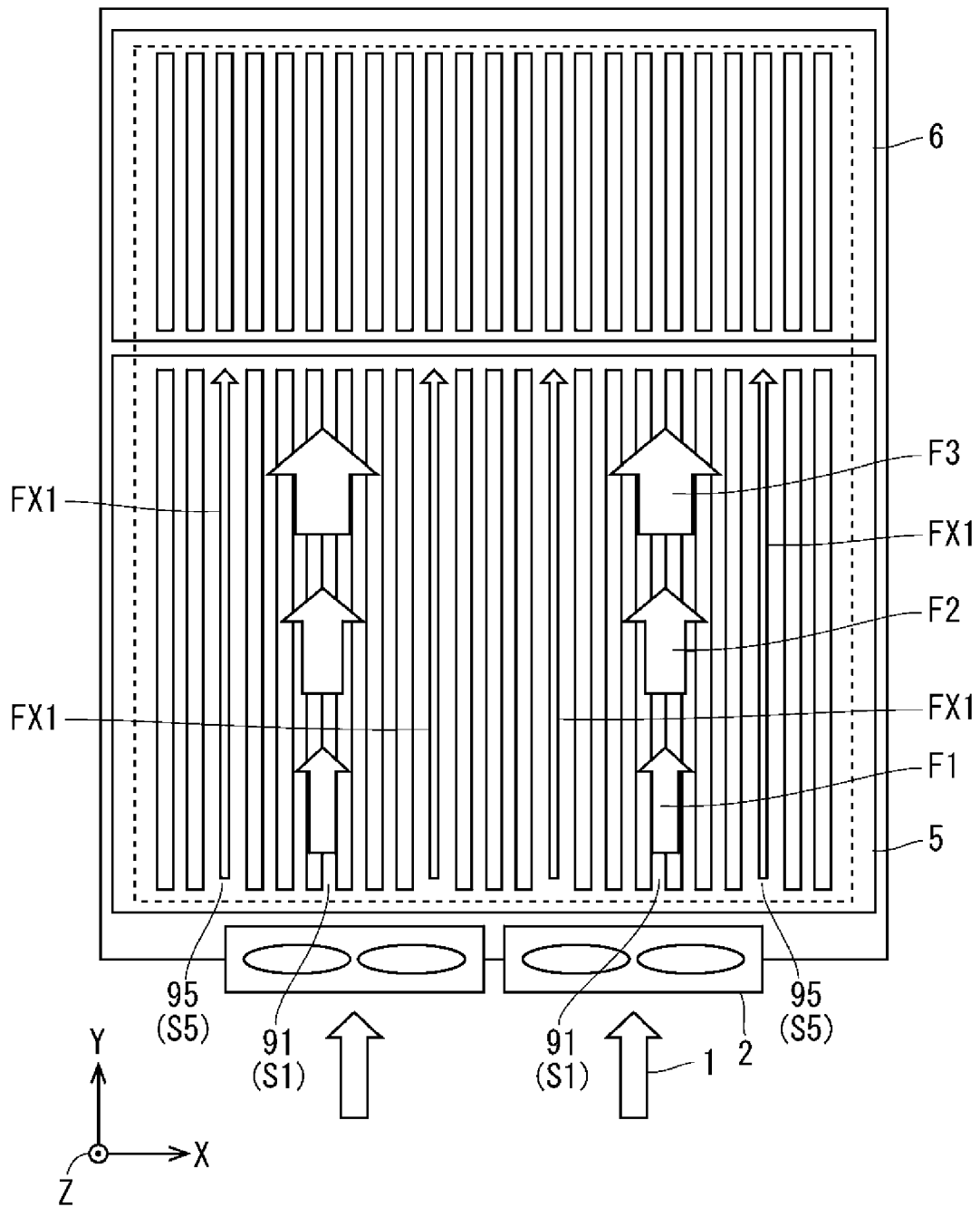


[図11]

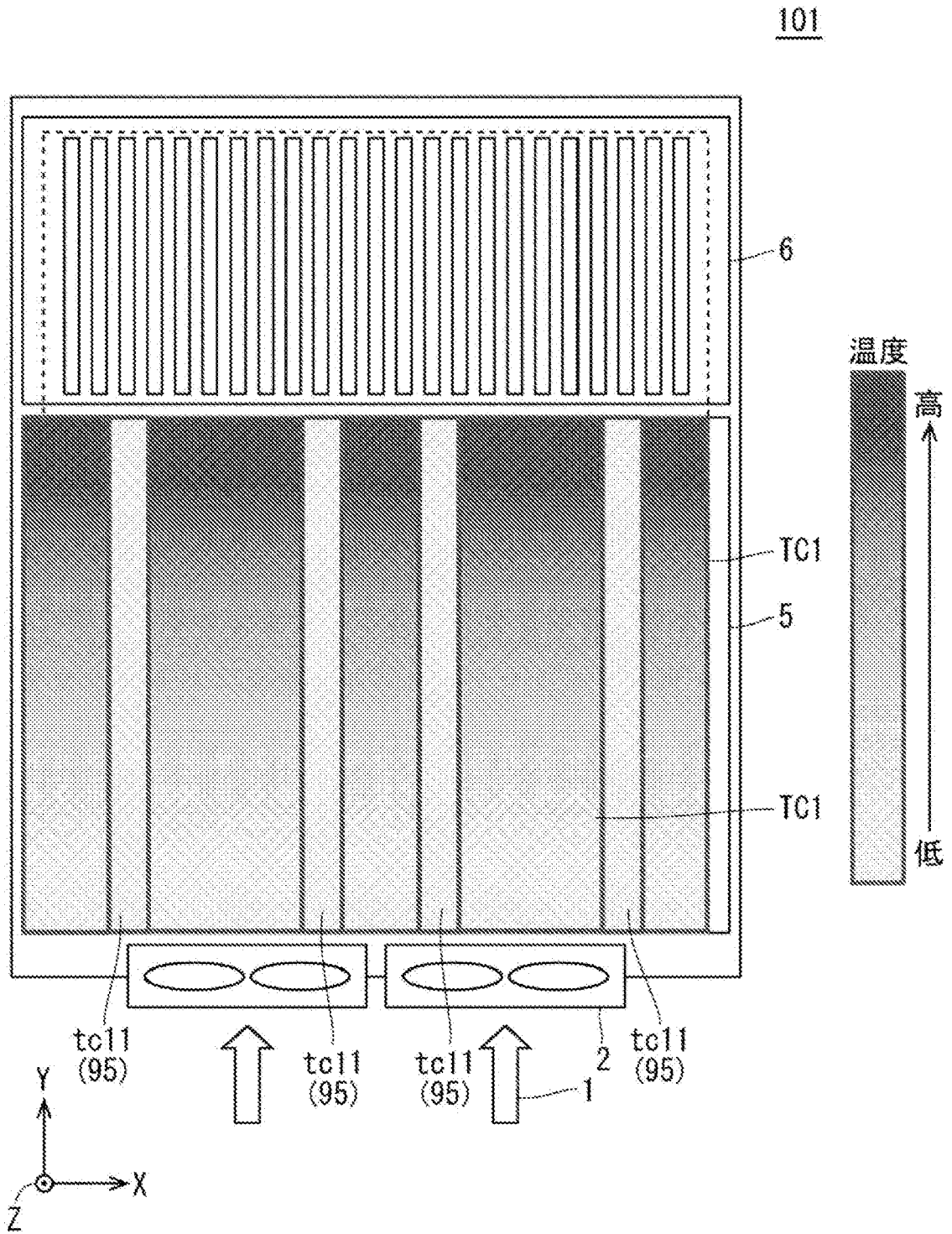


[図12]

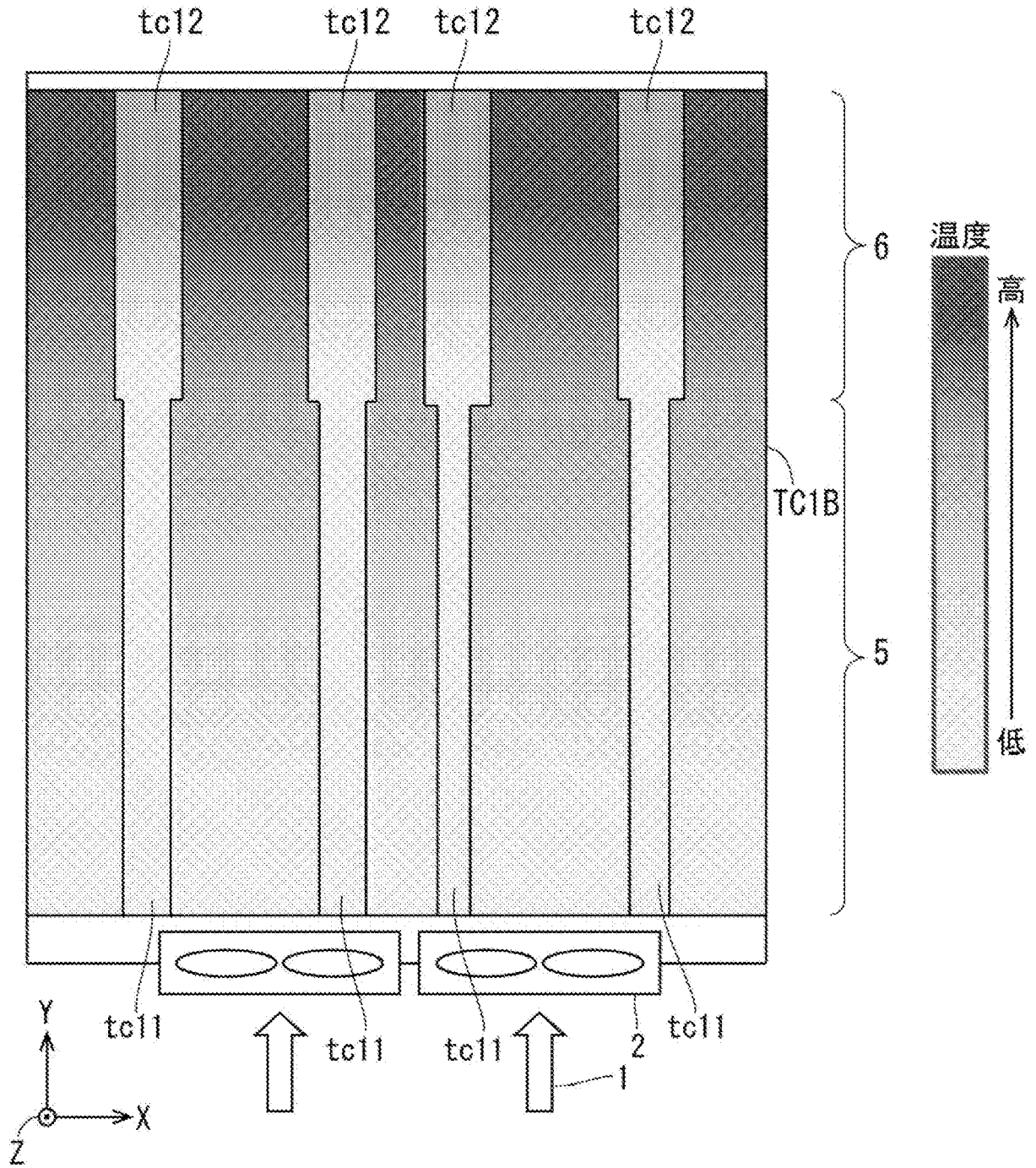
101



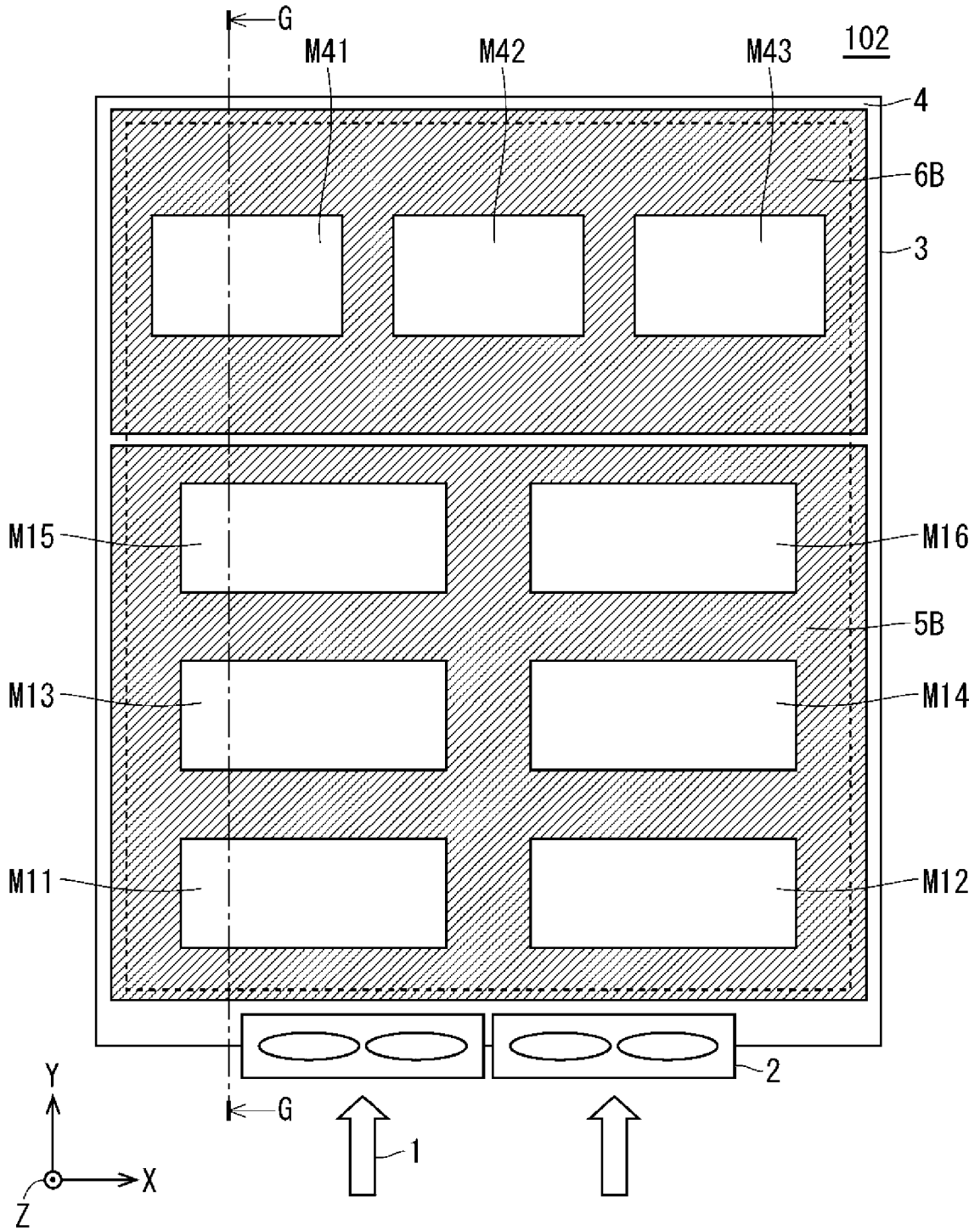
[図13]



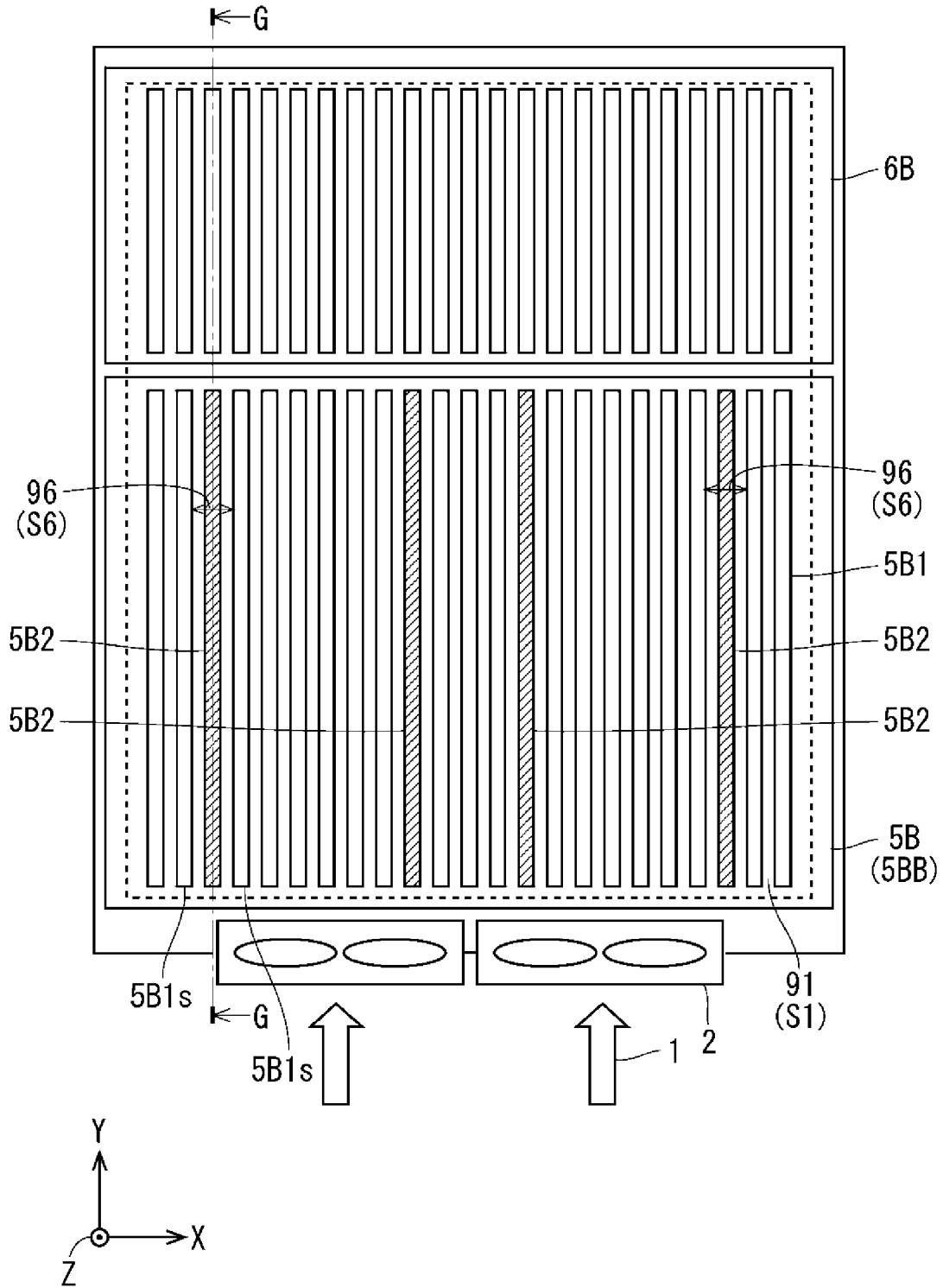
[図14]



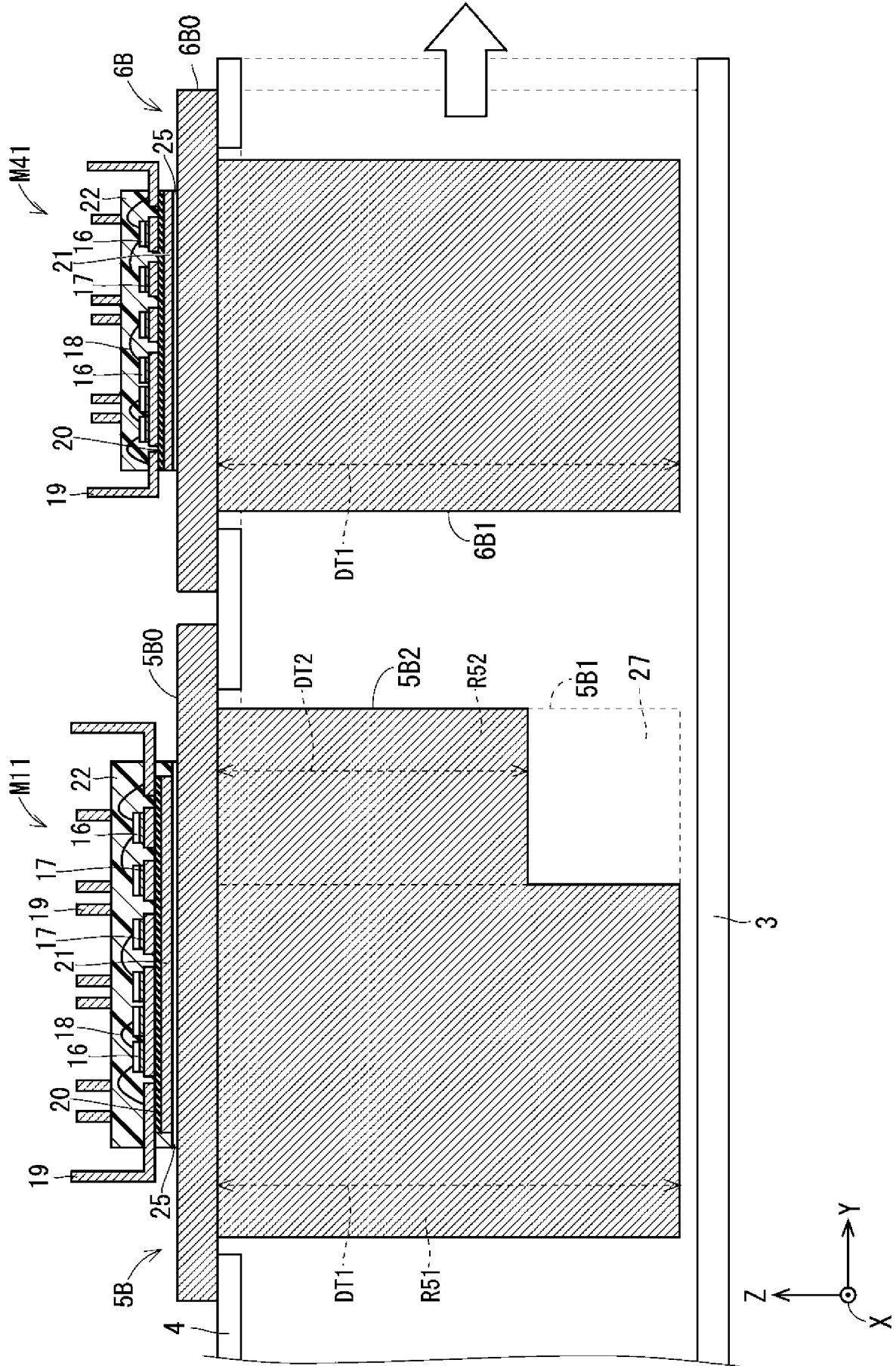
[図15]



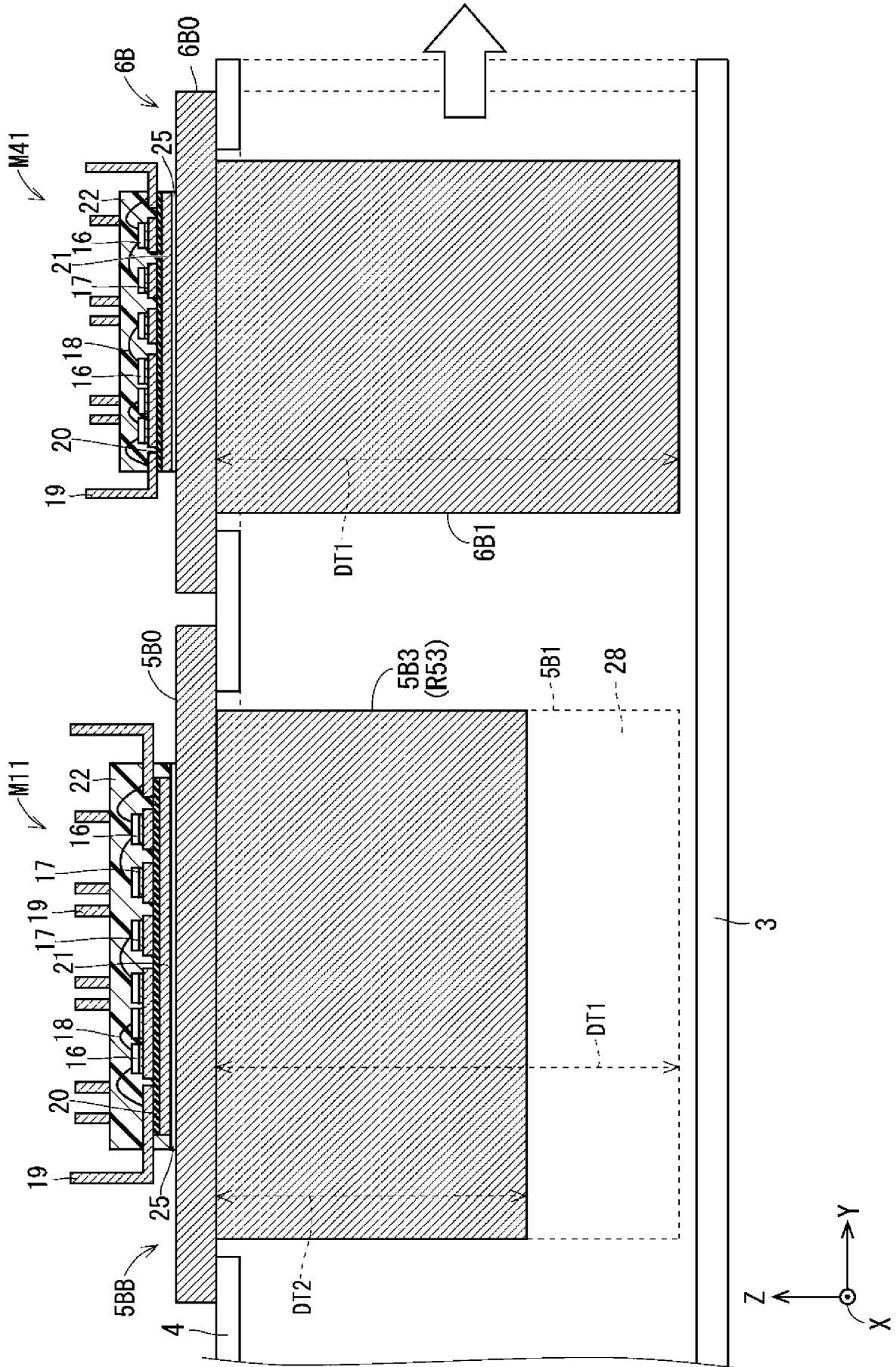
[図16]



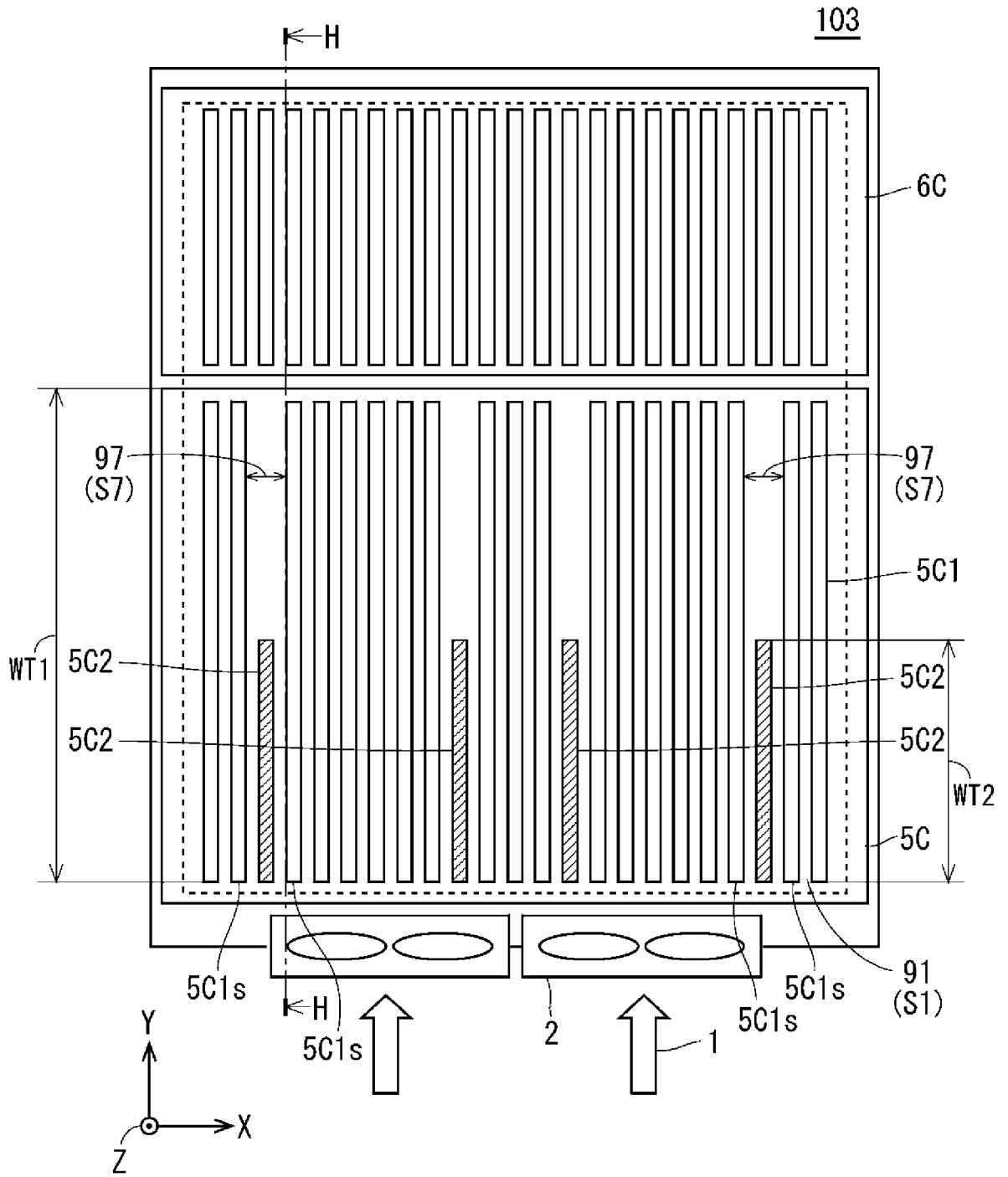
[図17]



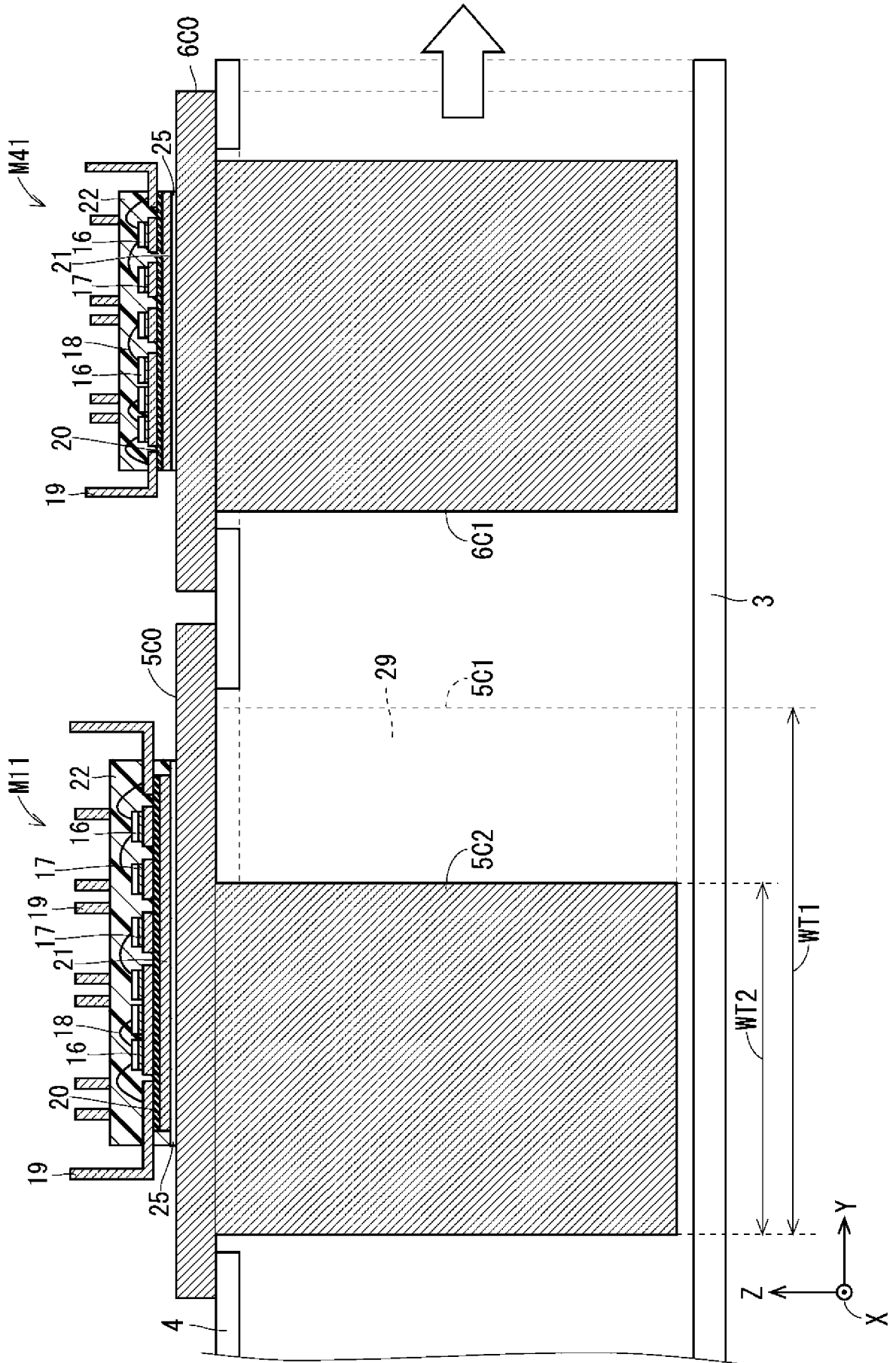
[図18]



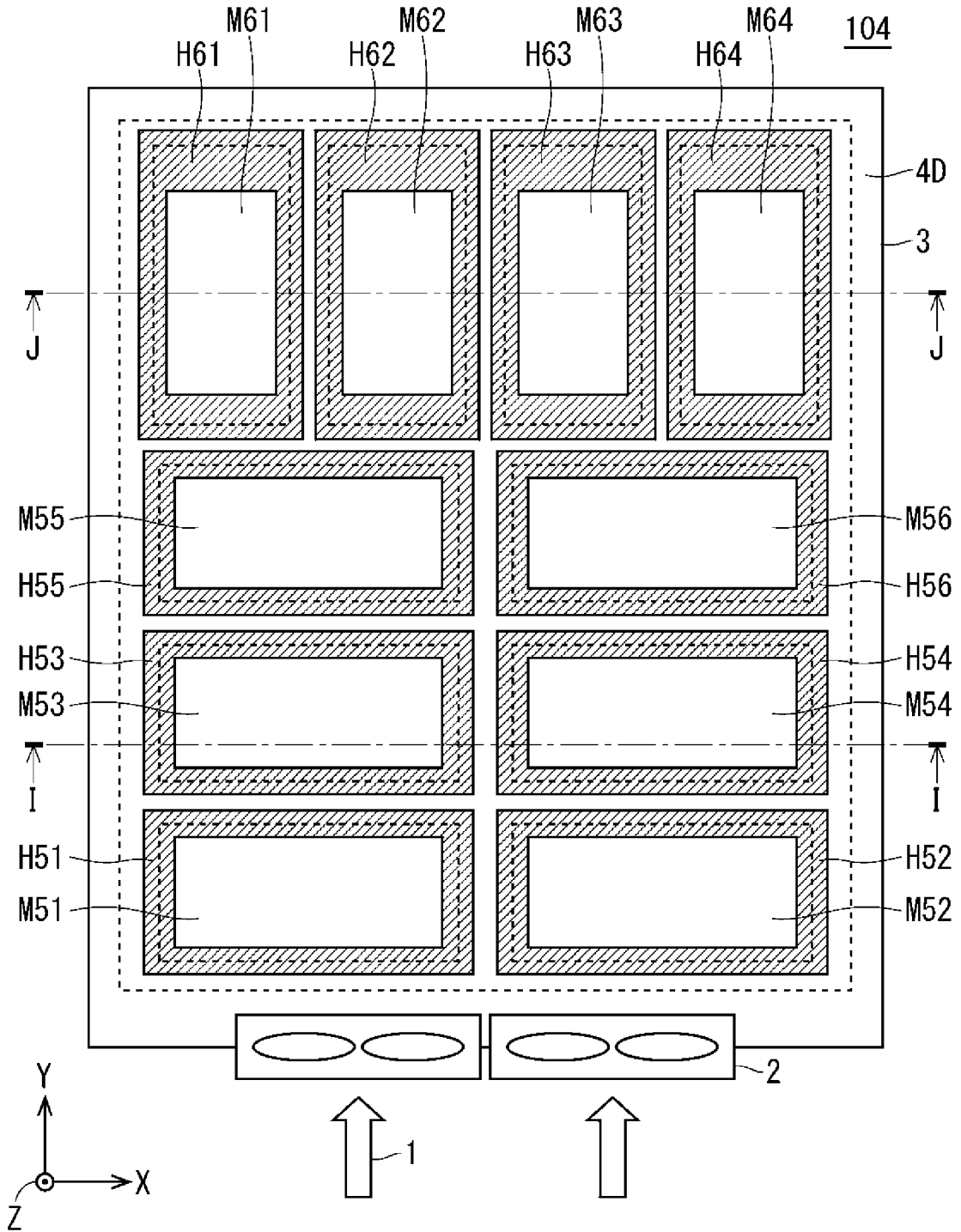
[図19]



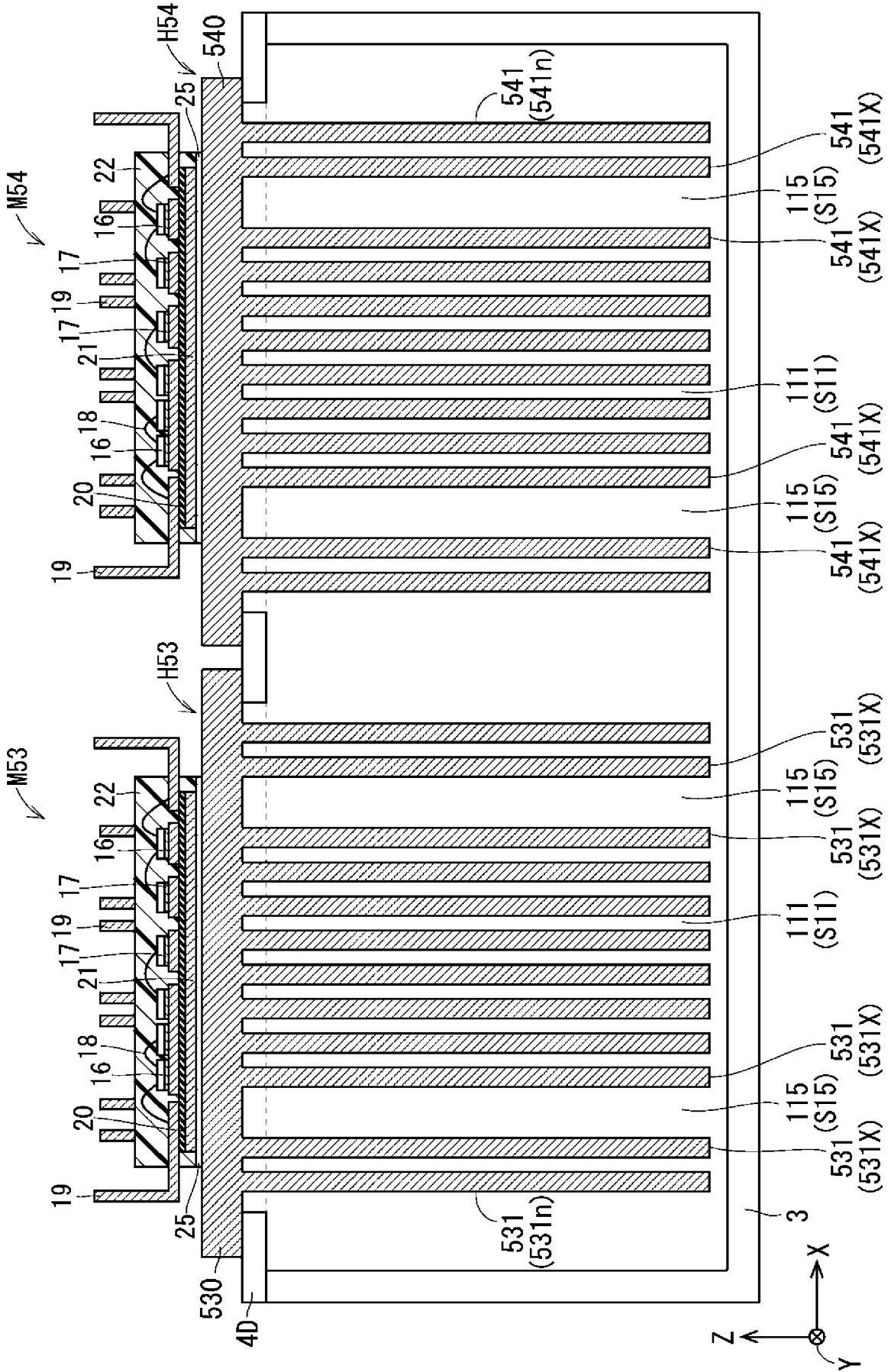
[図20]



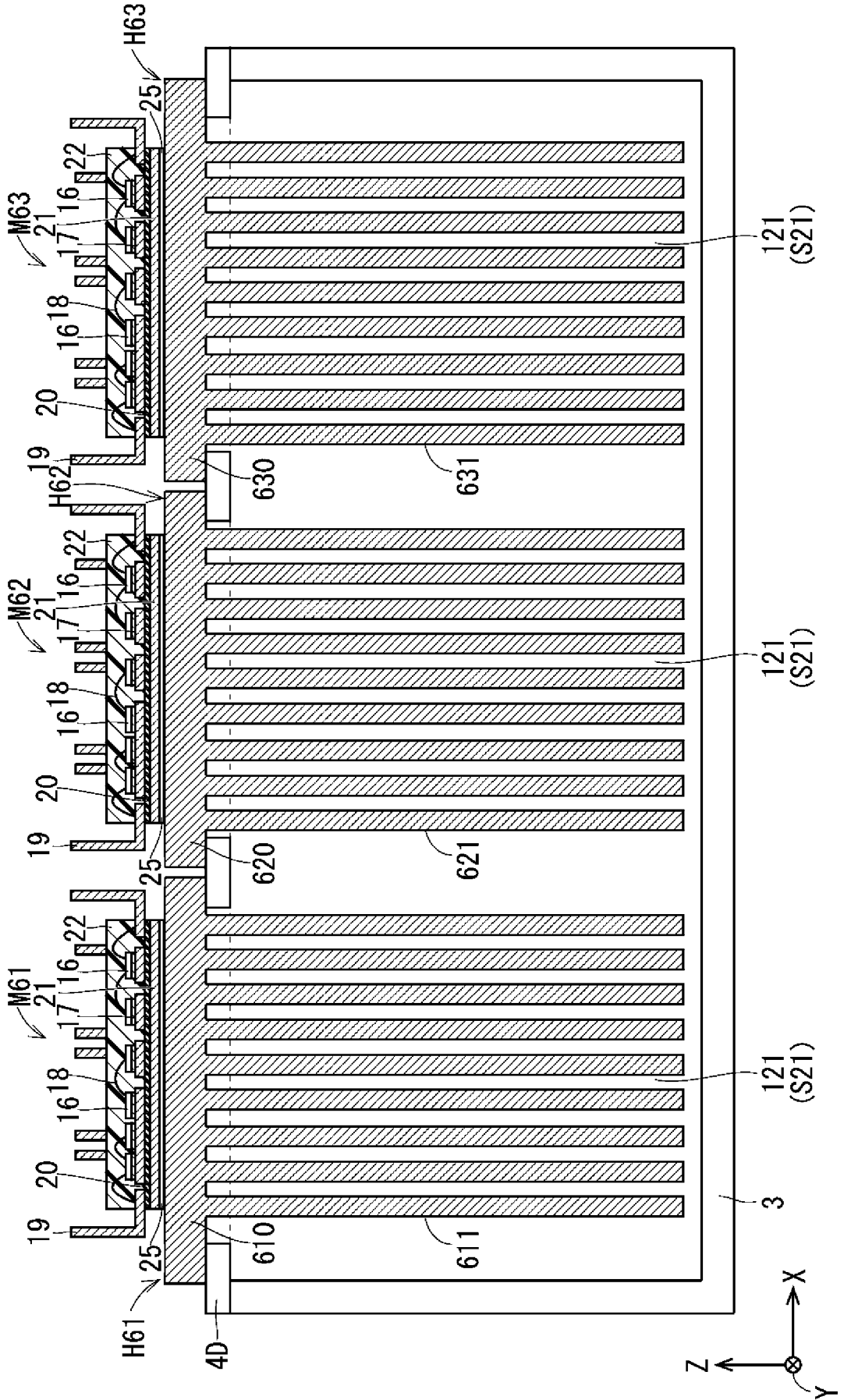
[図21]



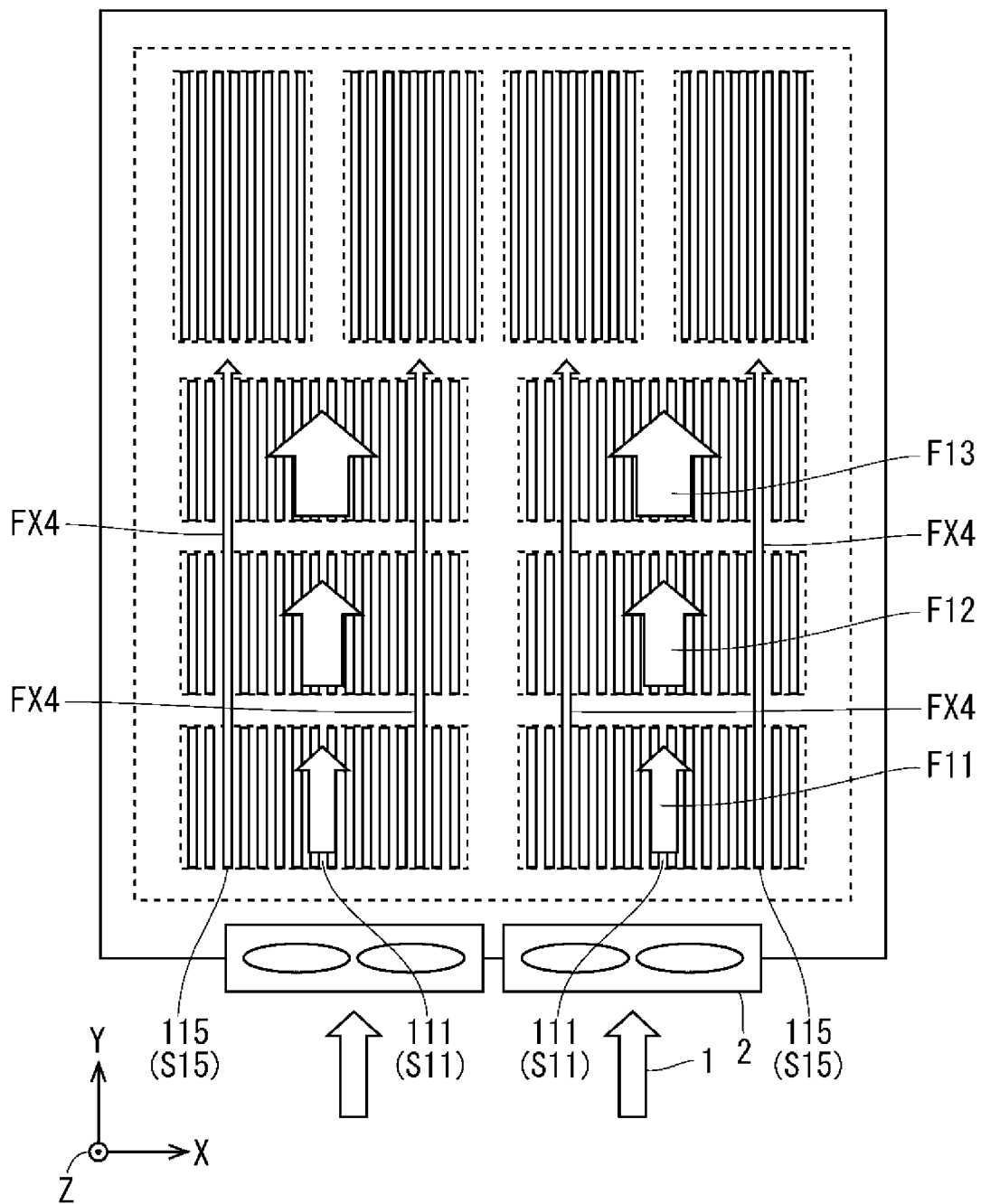
[22]



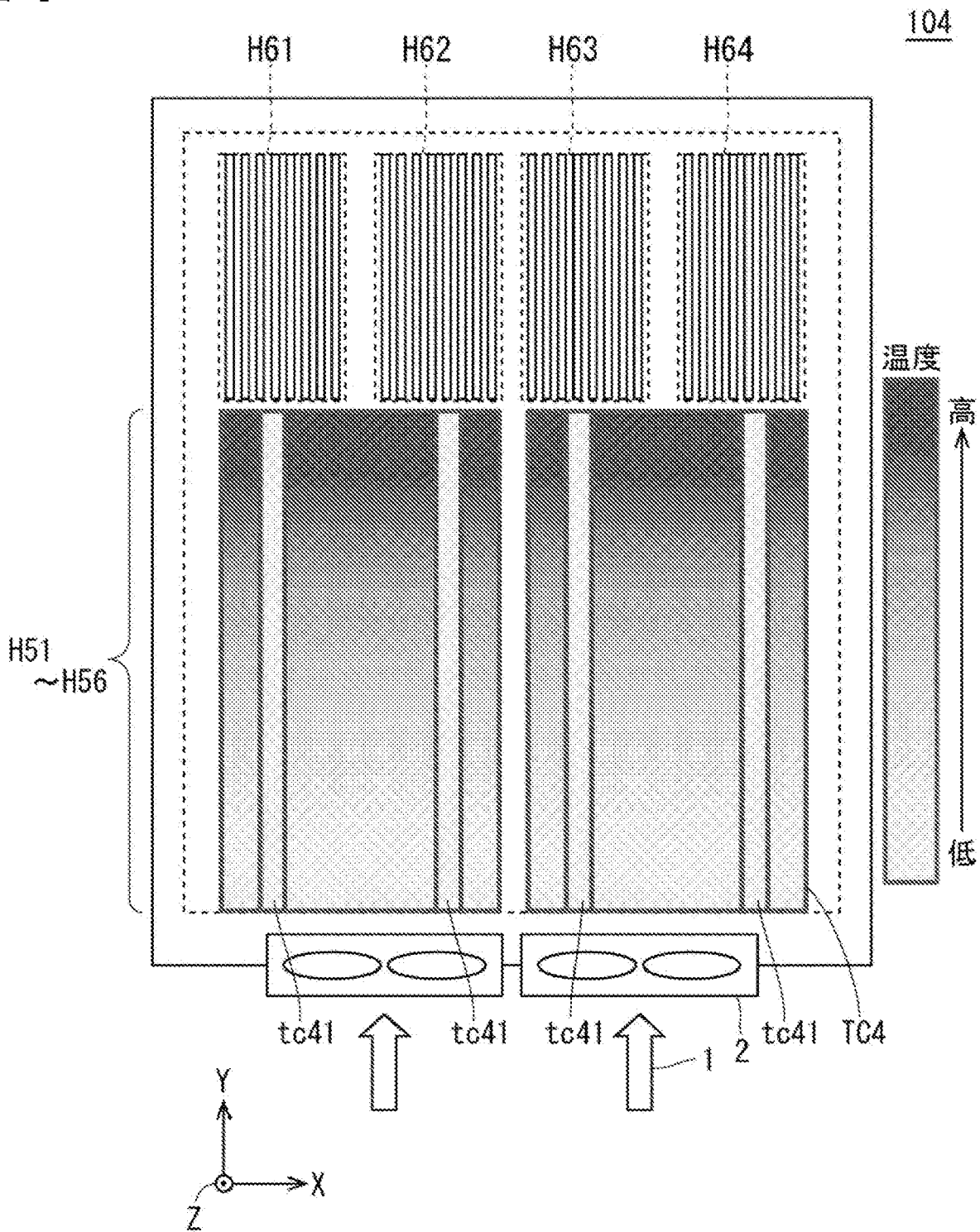
[図23]



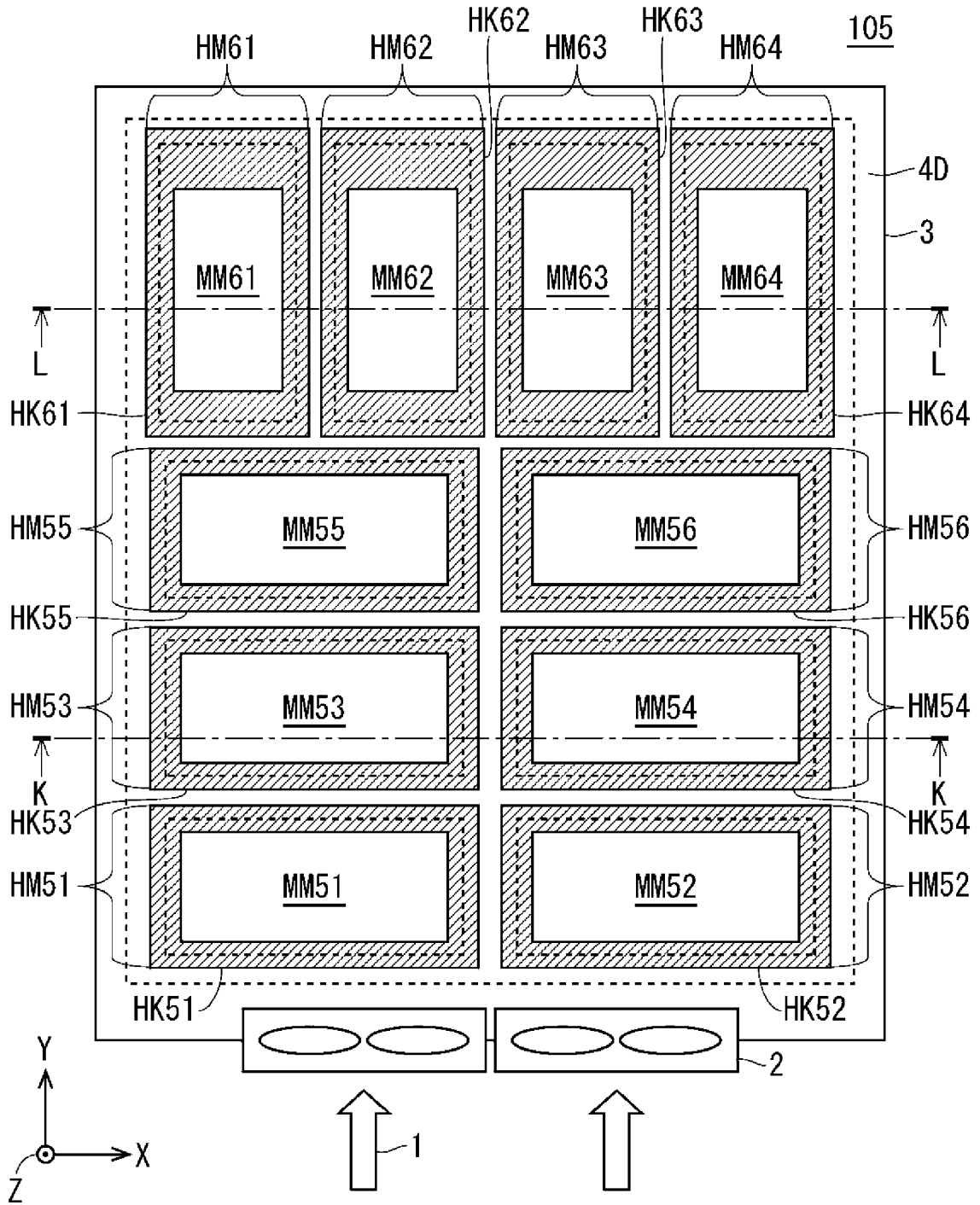
[図24]



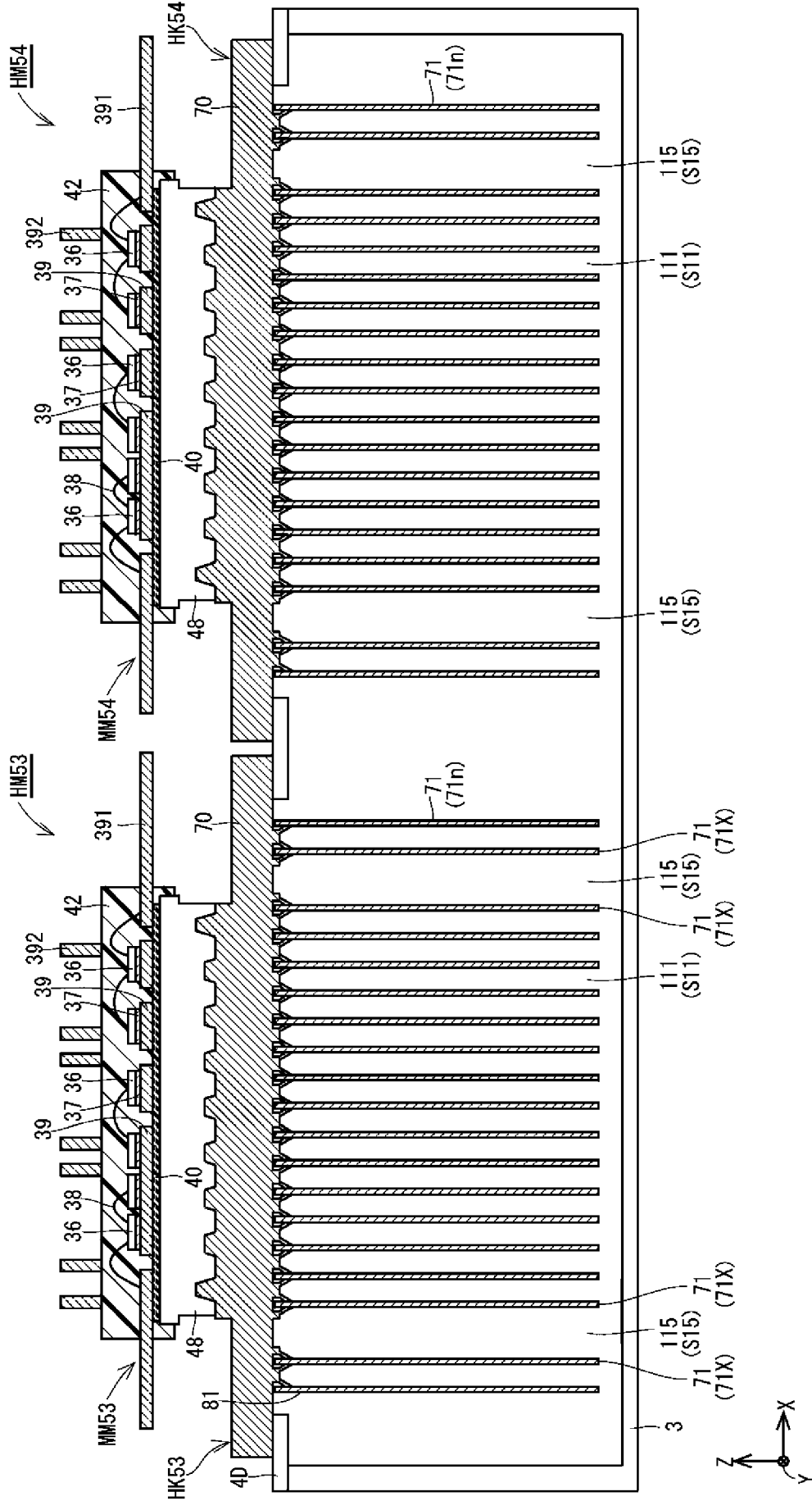
[図25]



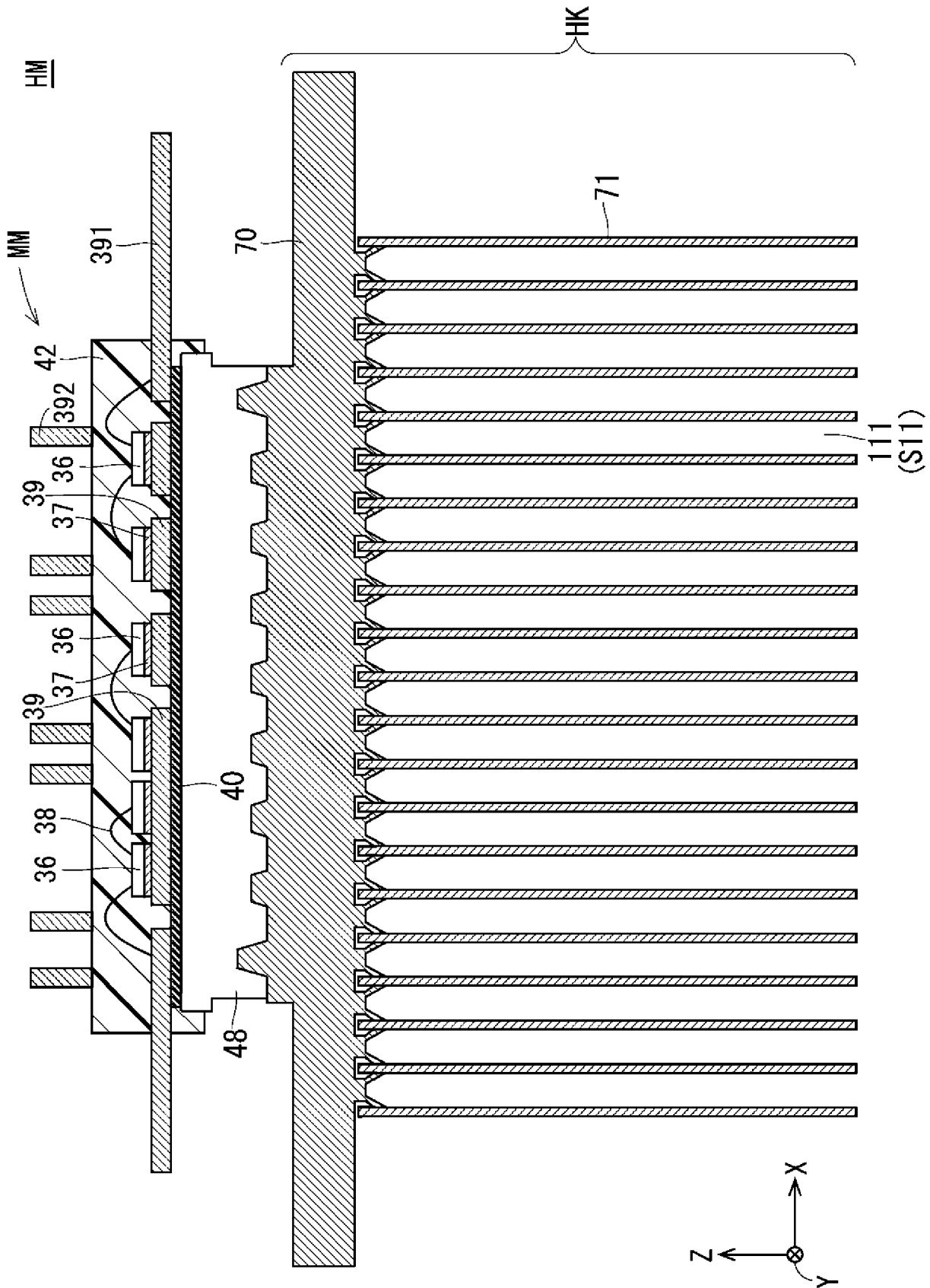
[図26]



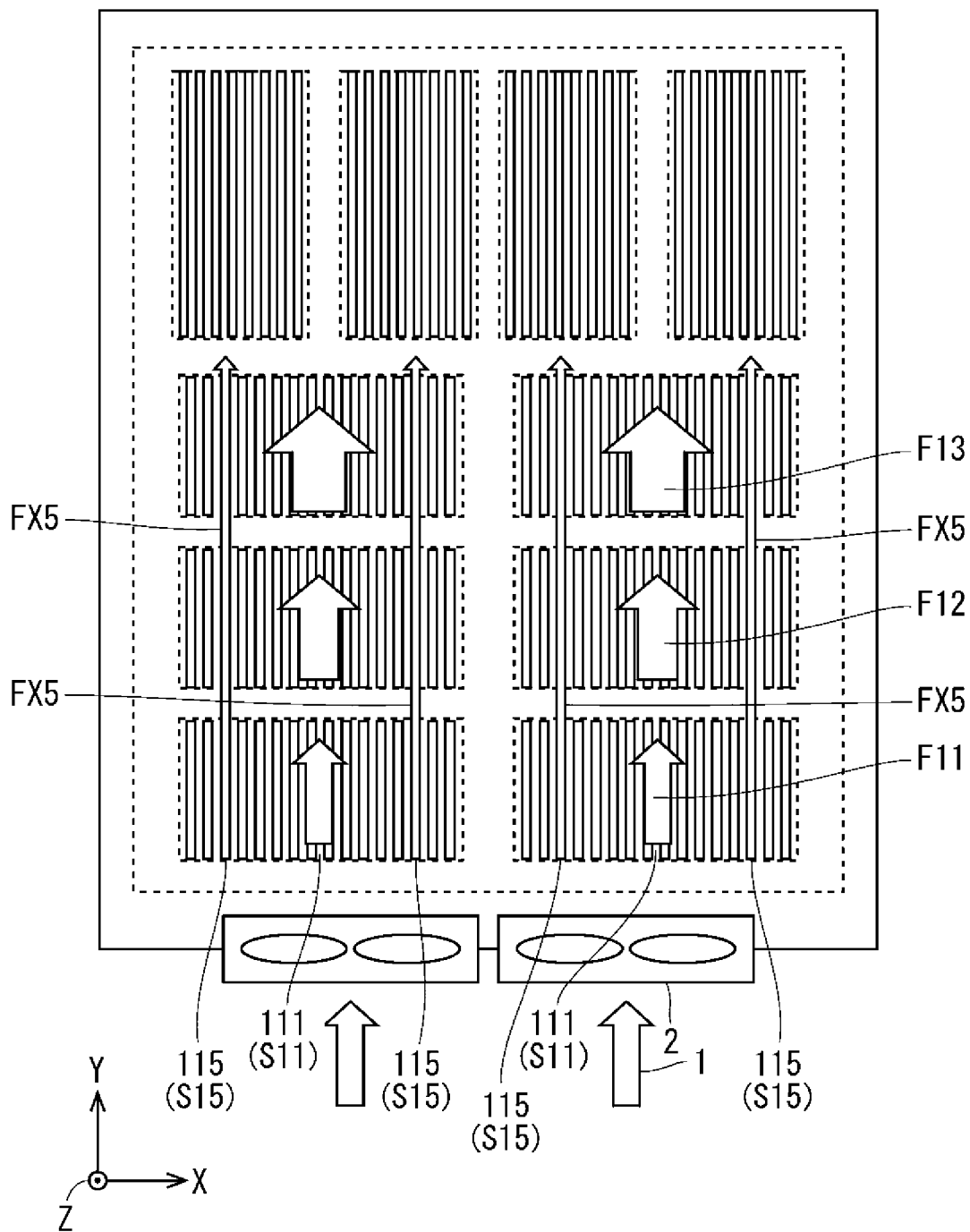
[27]



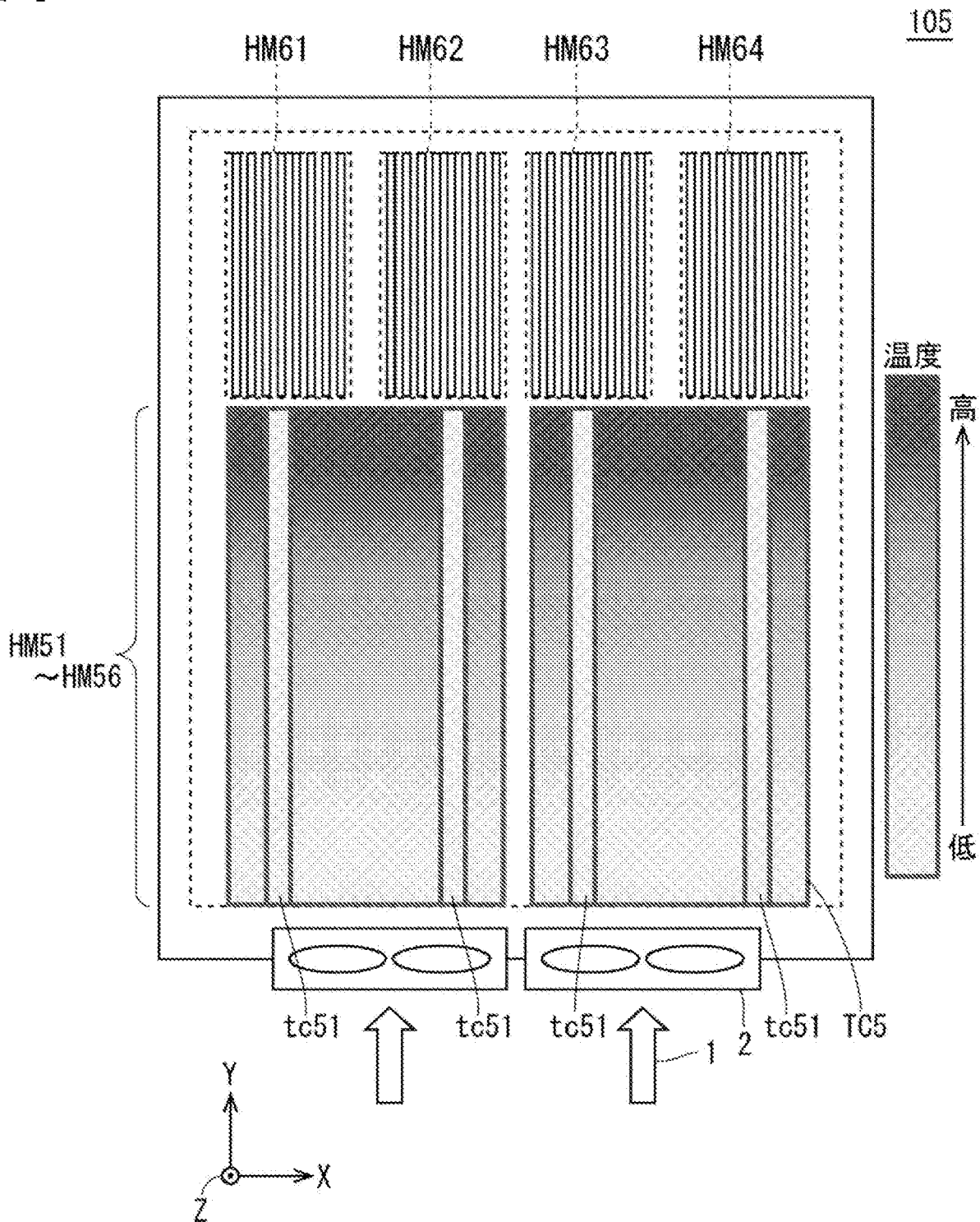
[図28]



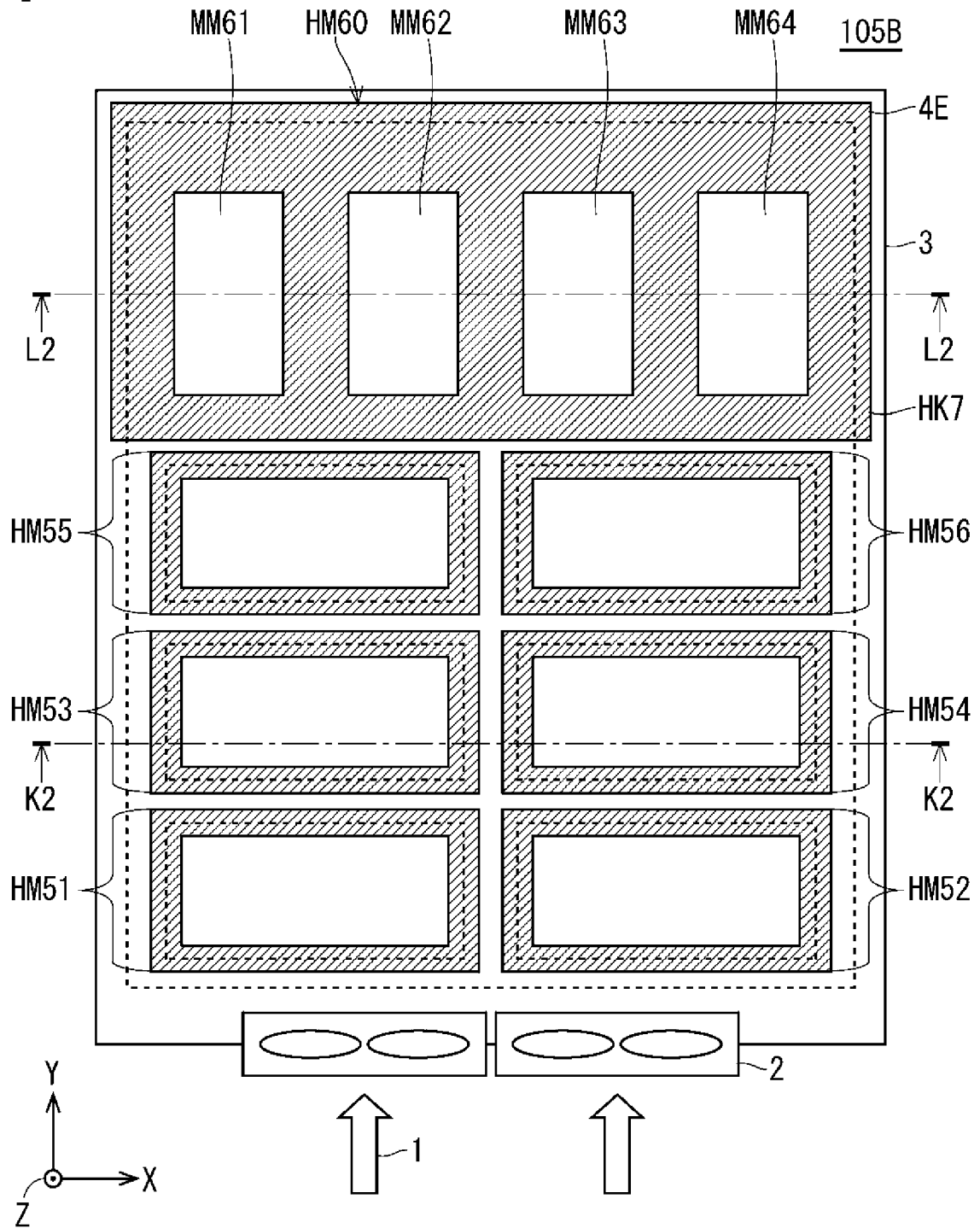
[図29]



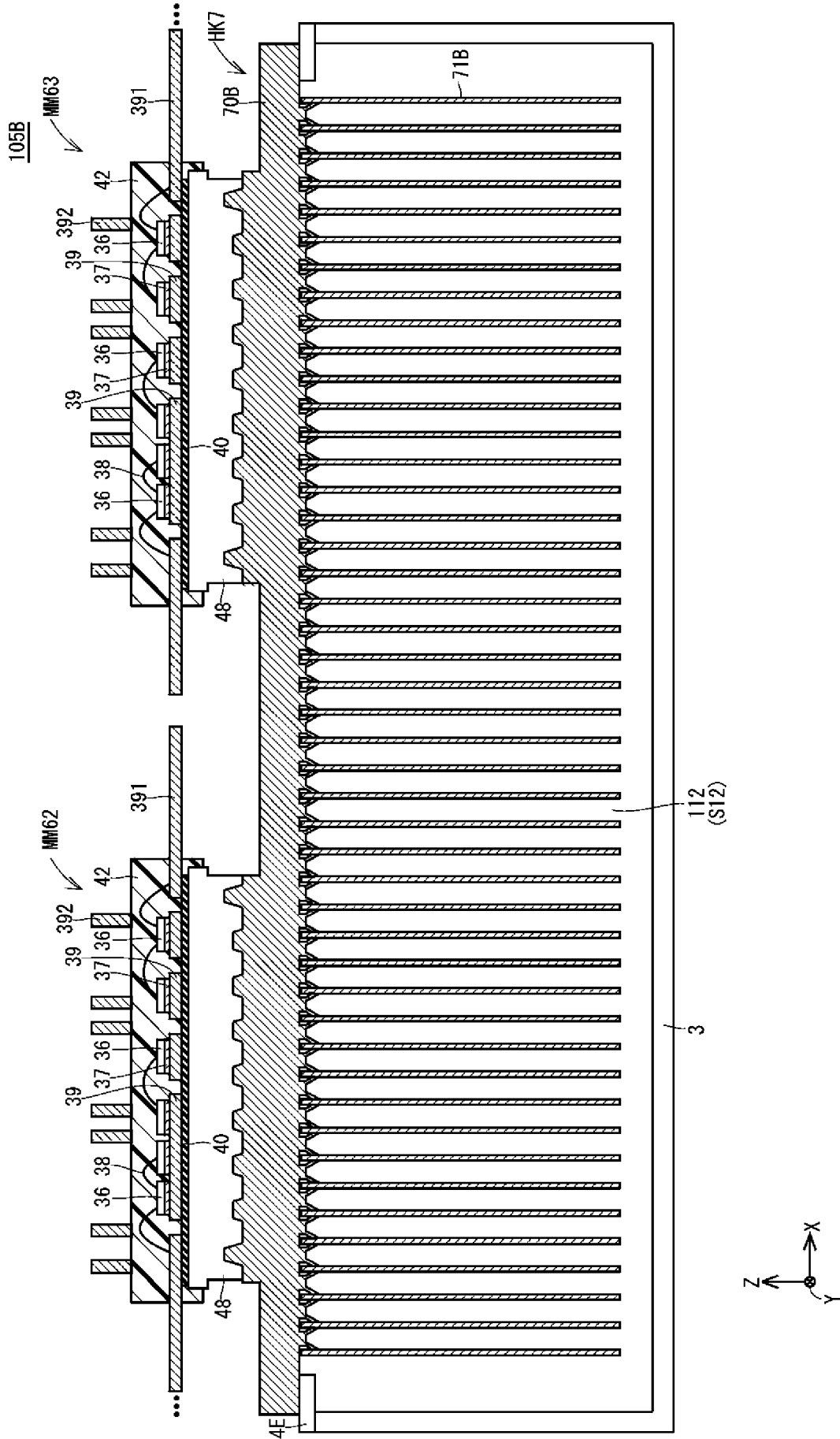
[図30]



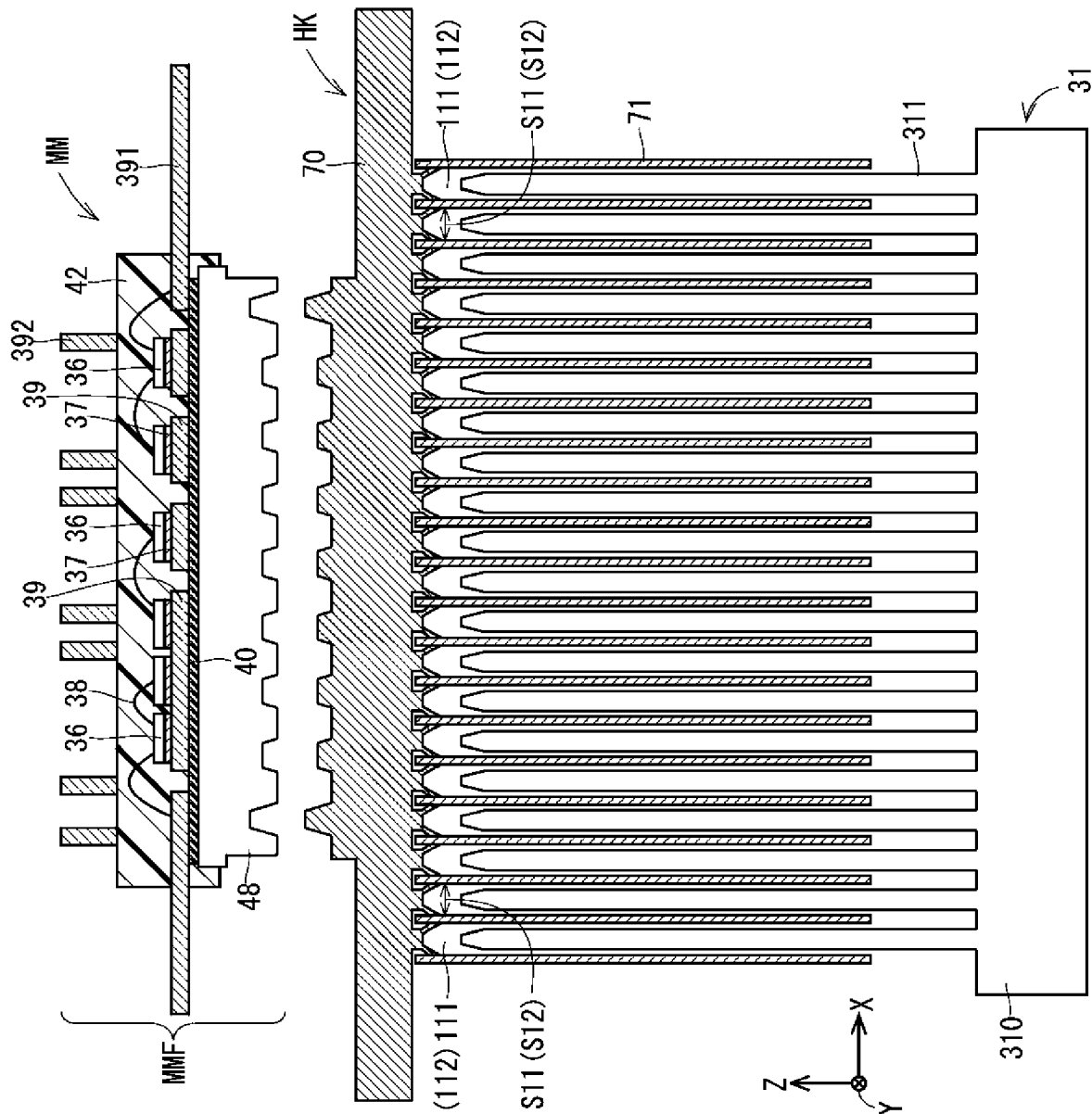
[図31]



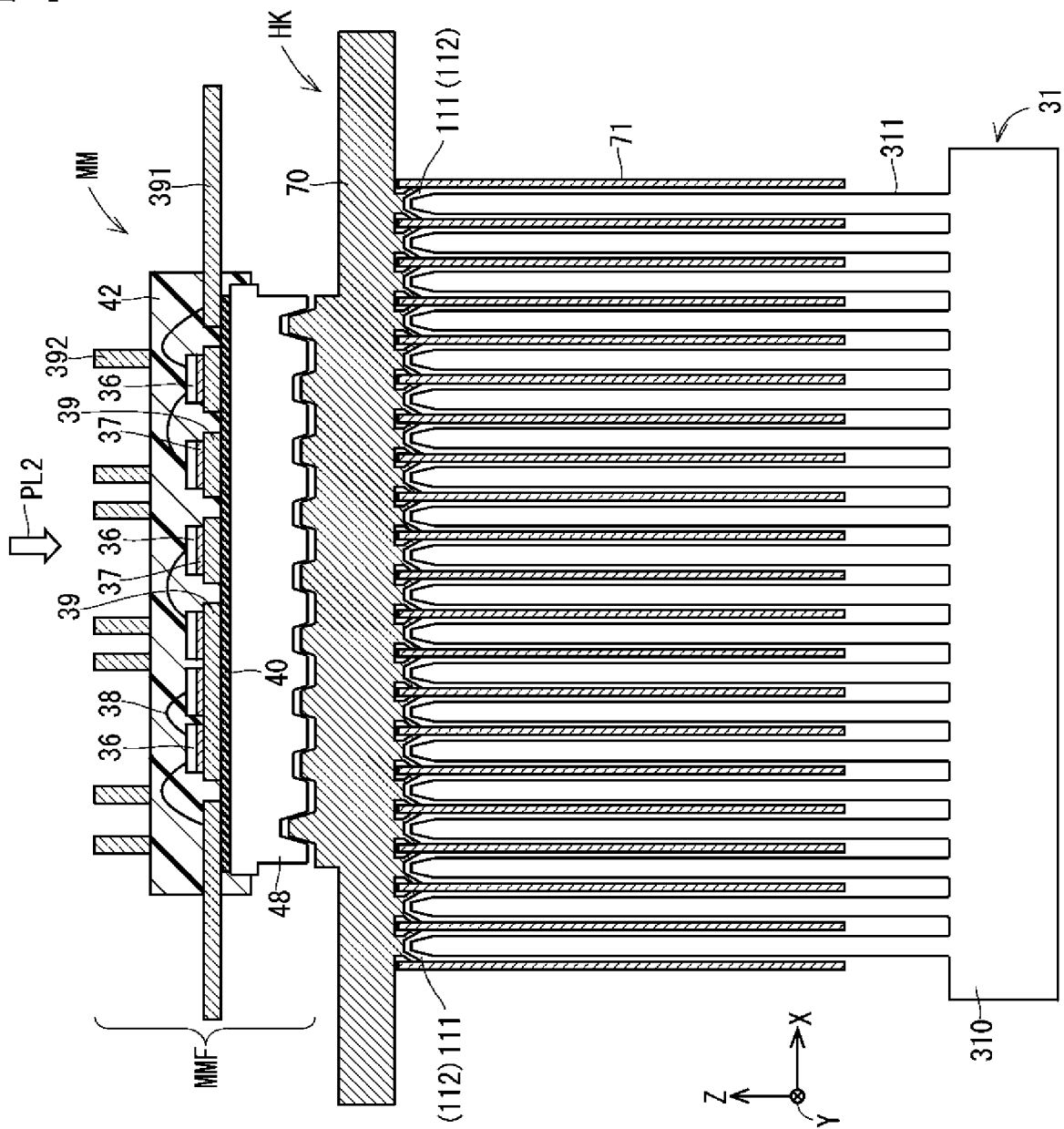
[32]



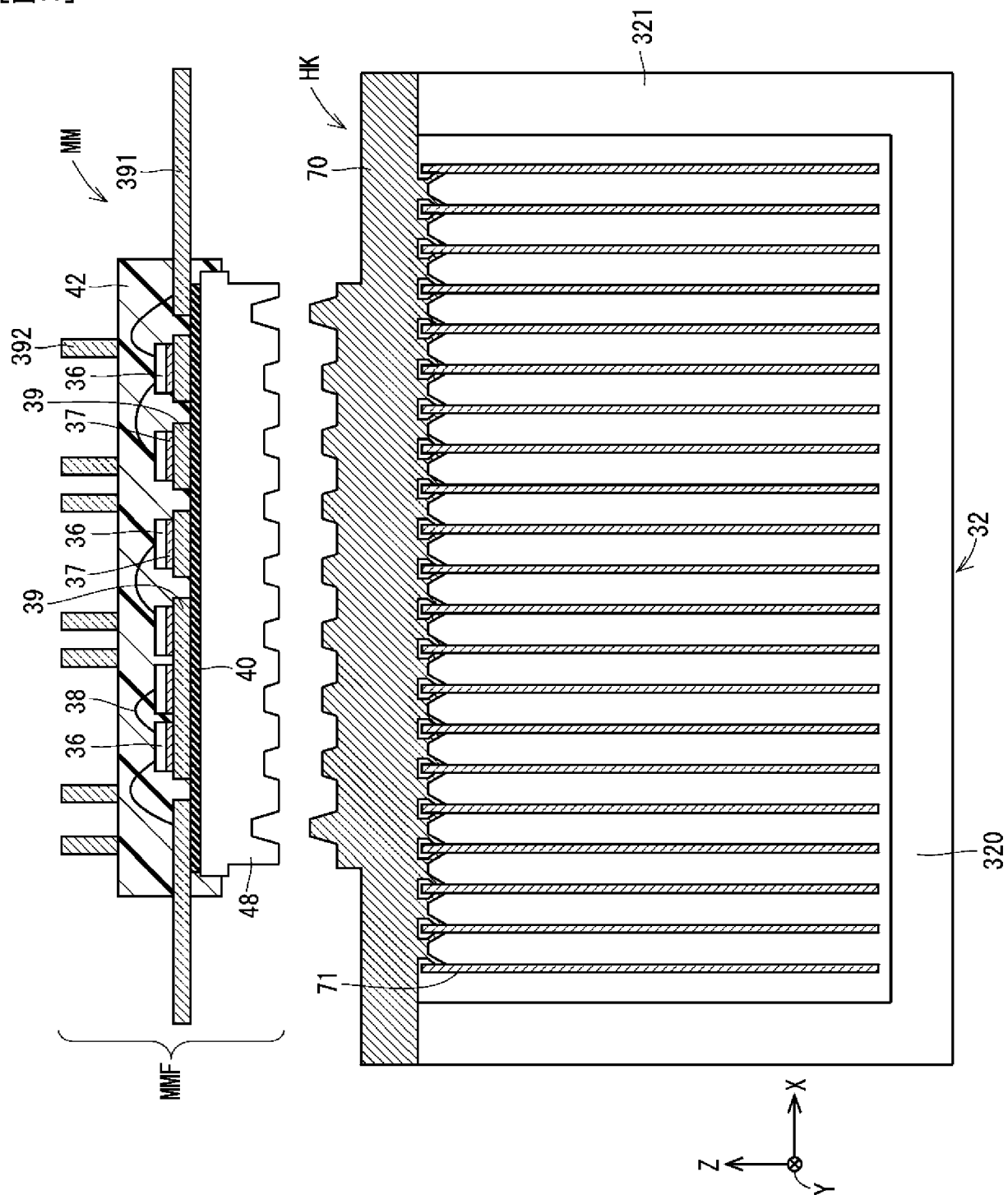
[33]



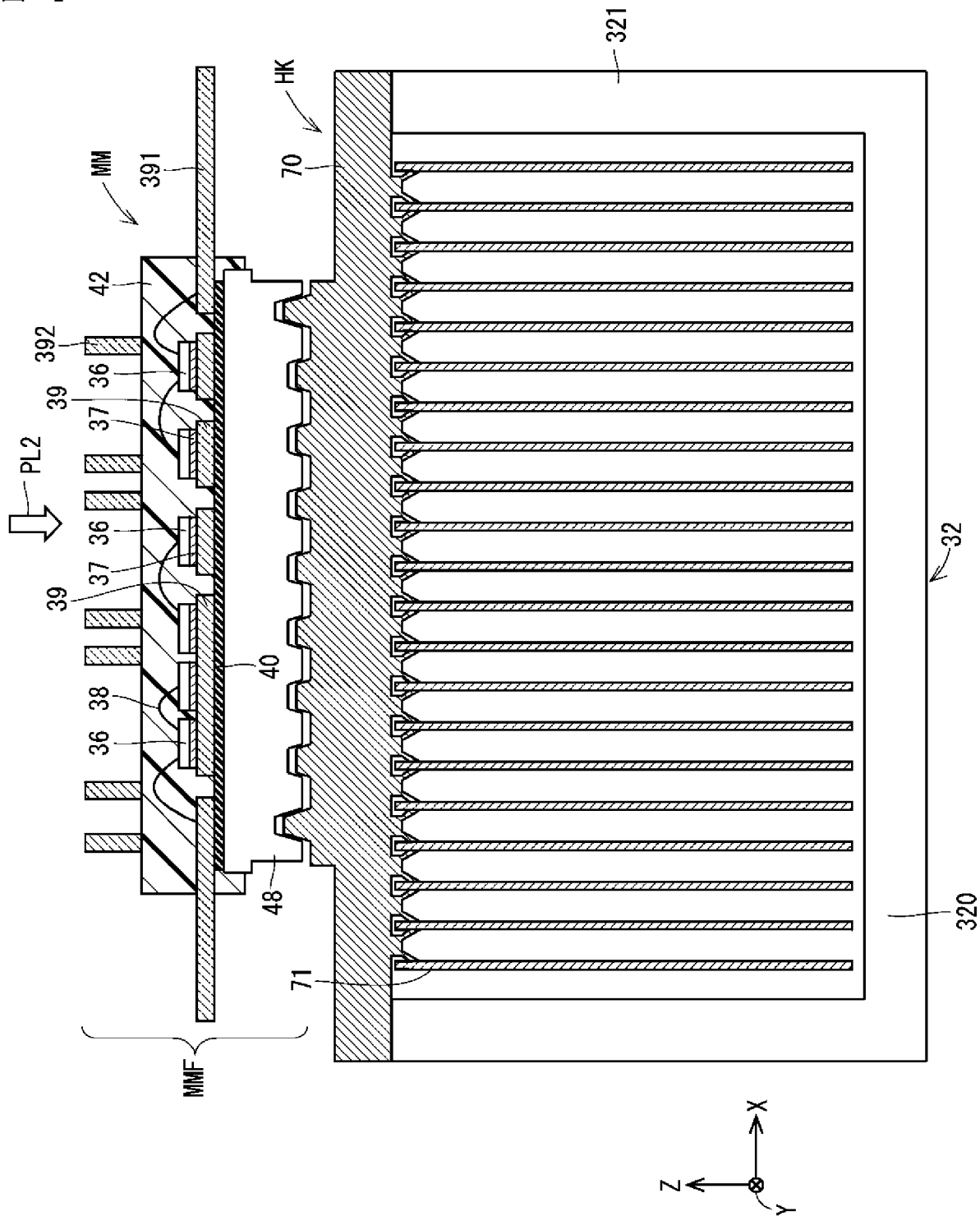
[図34]



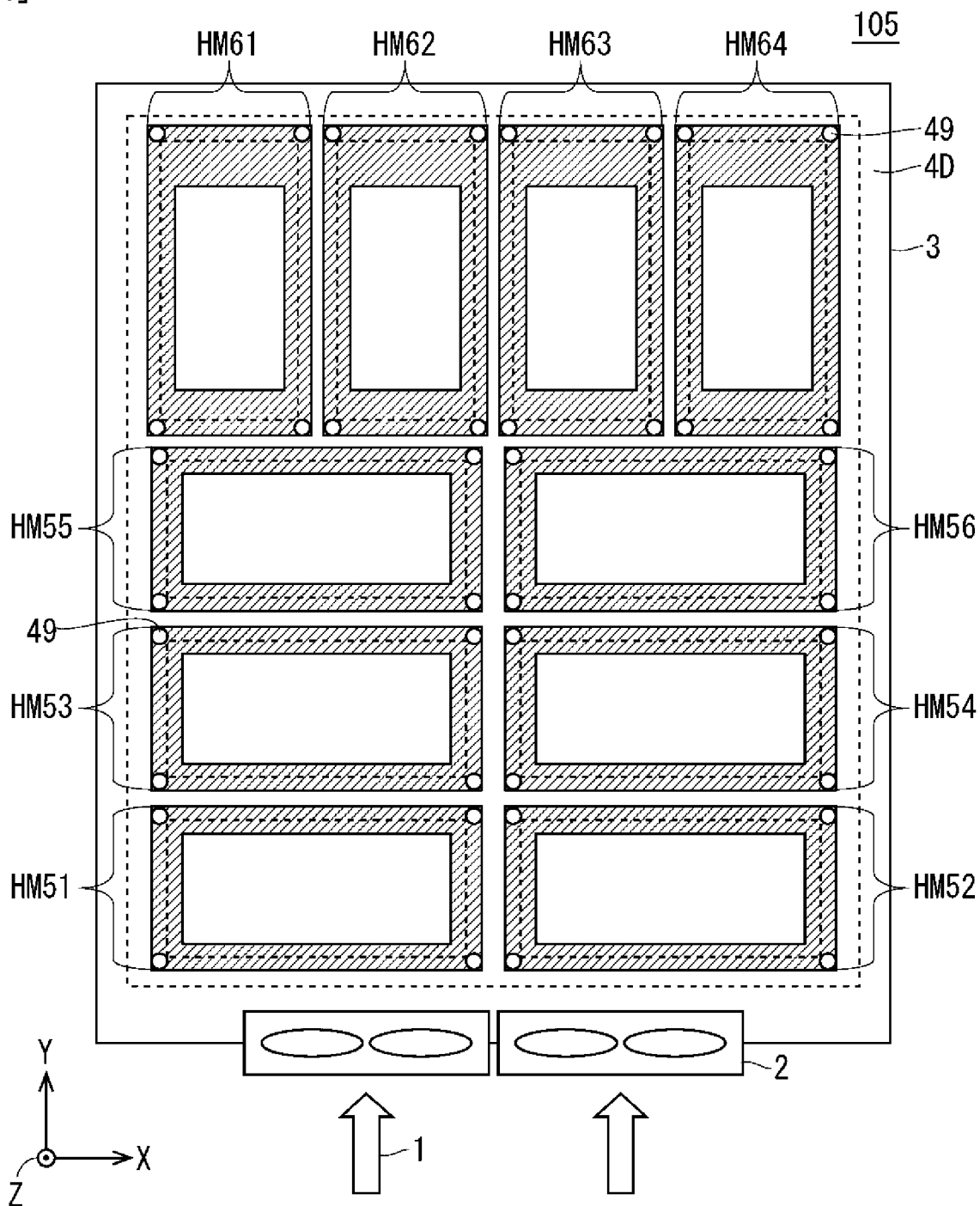
[図35]



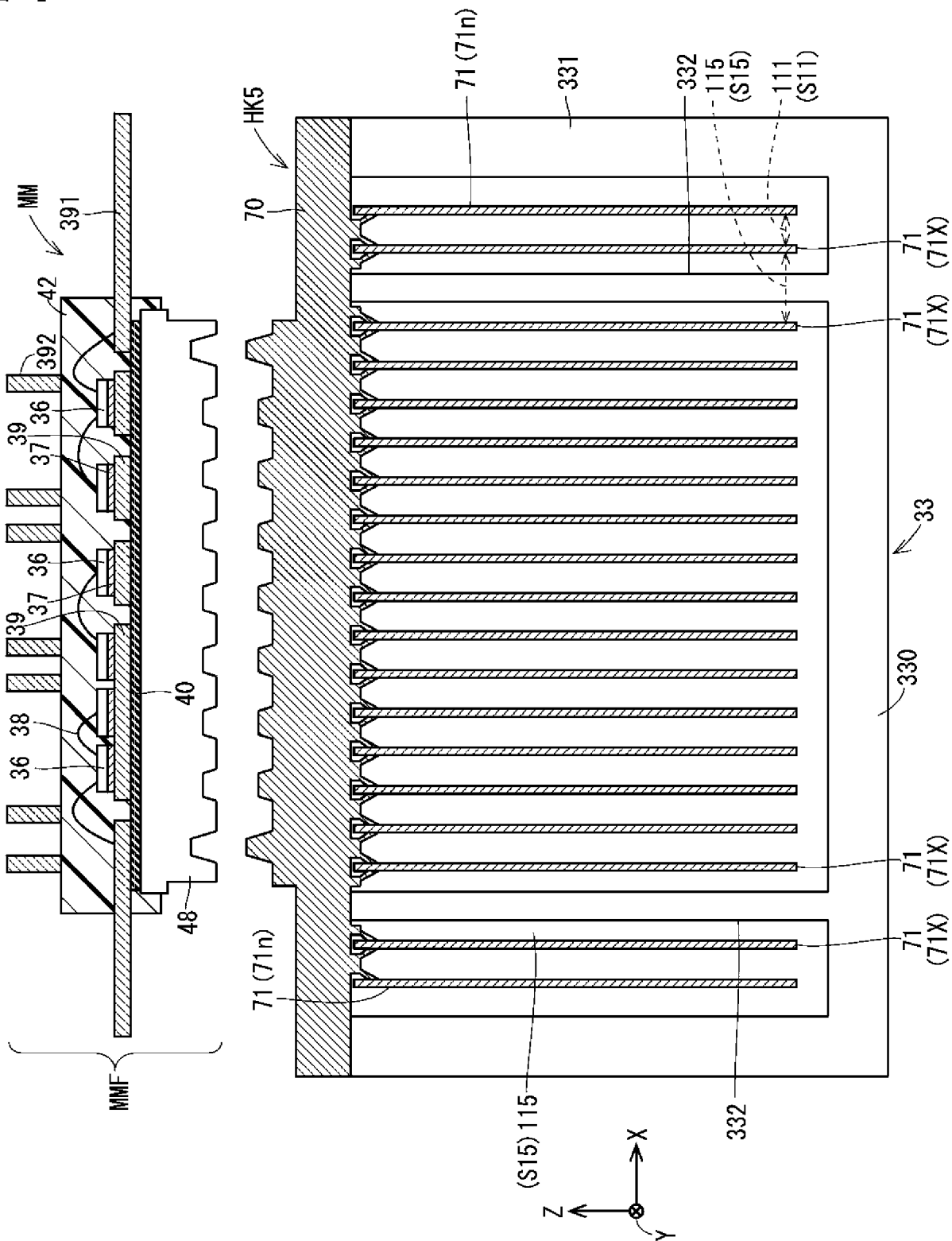
[図36]



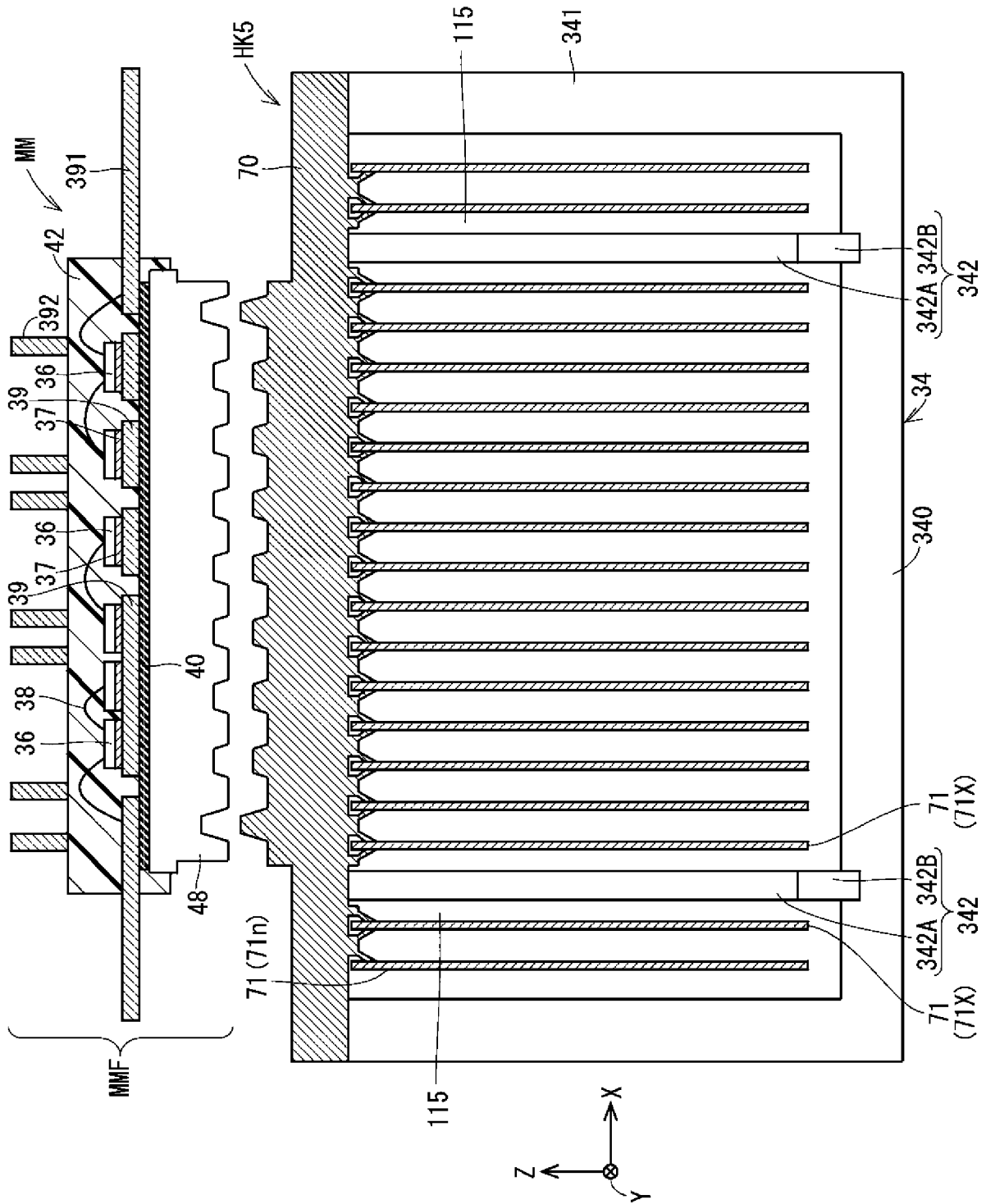
[図38]



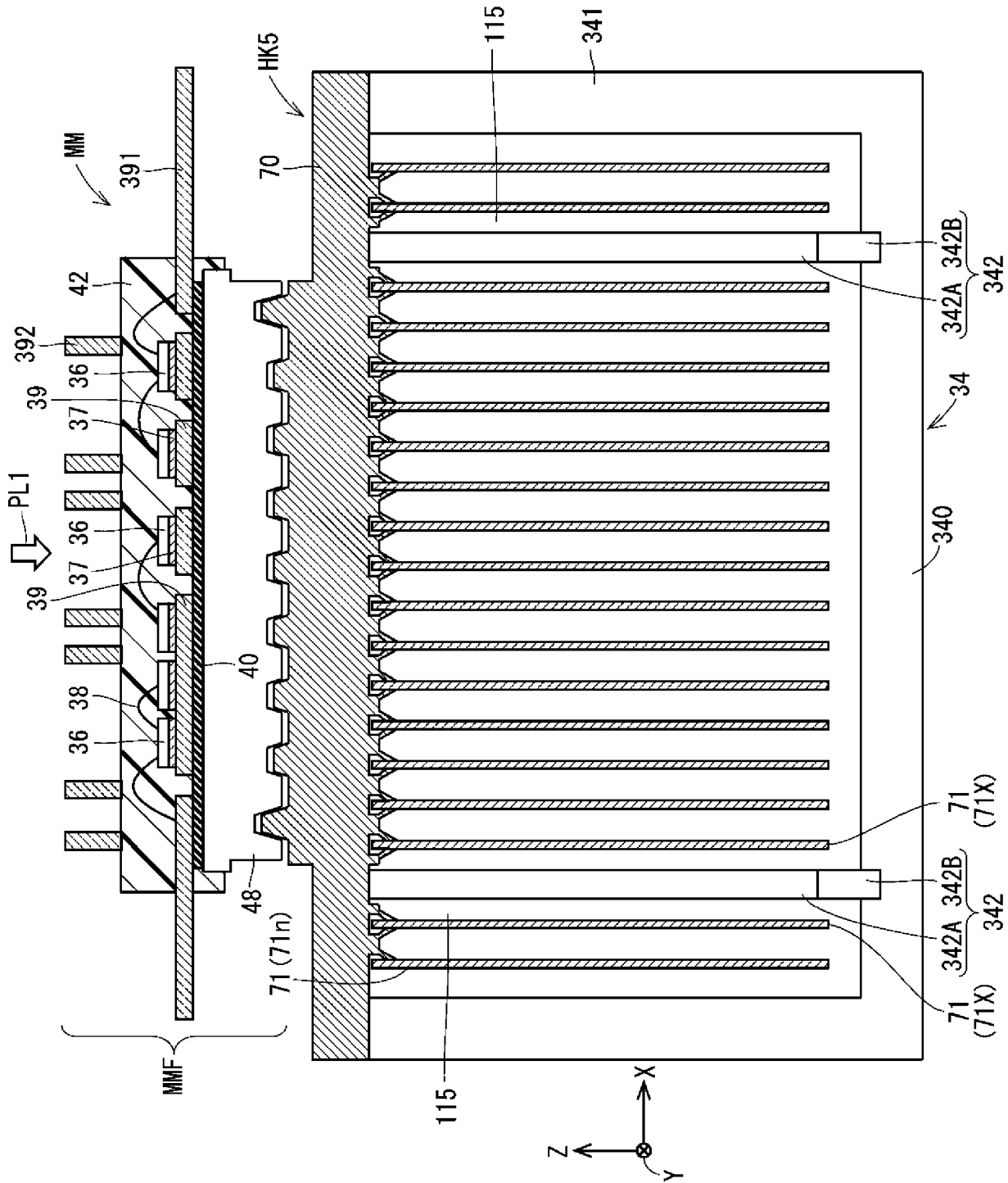
[39]



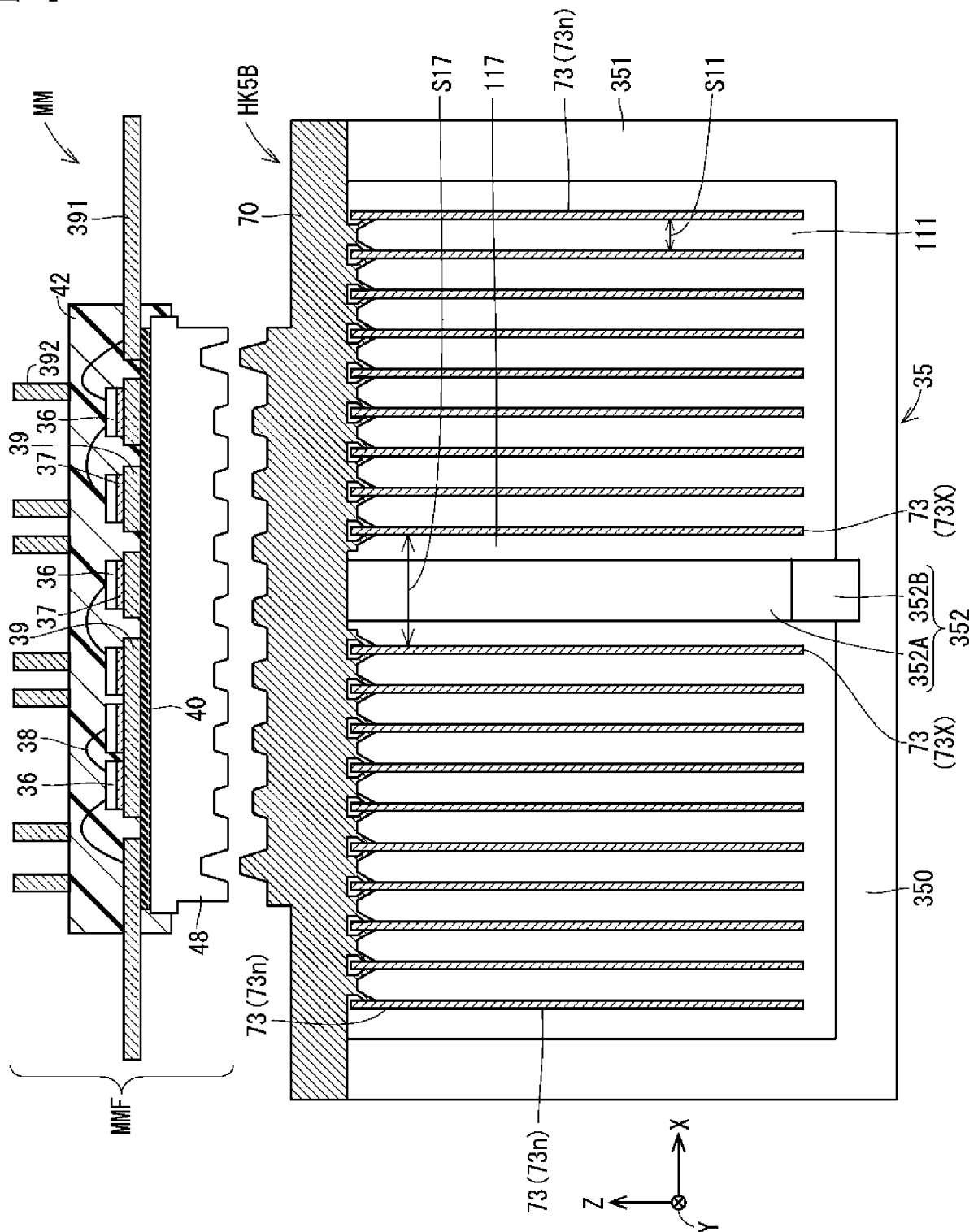
[図41]



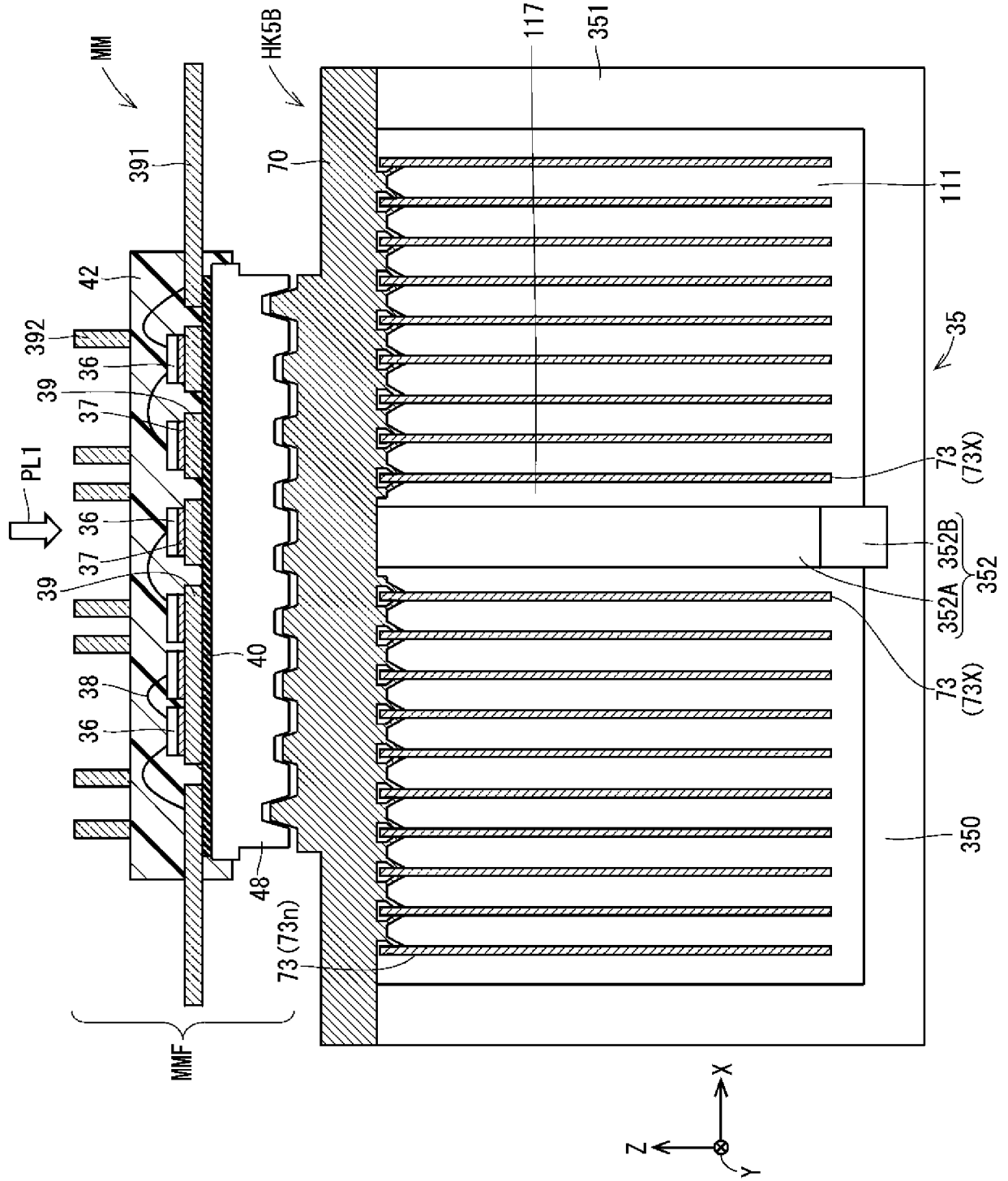
[図42]



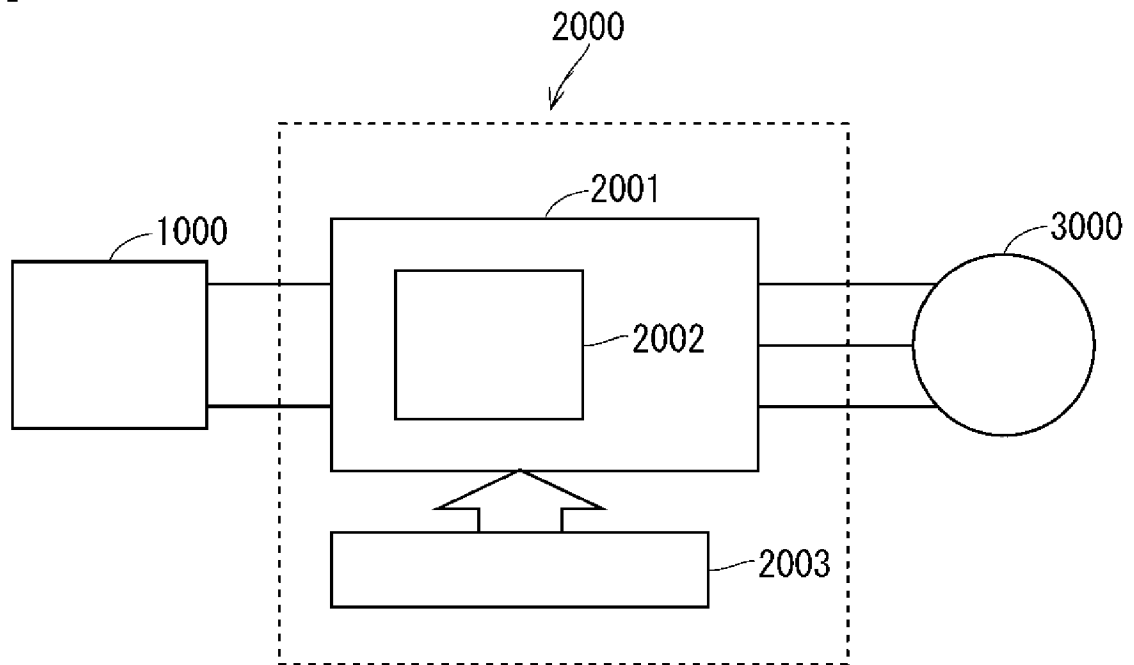
[図43]



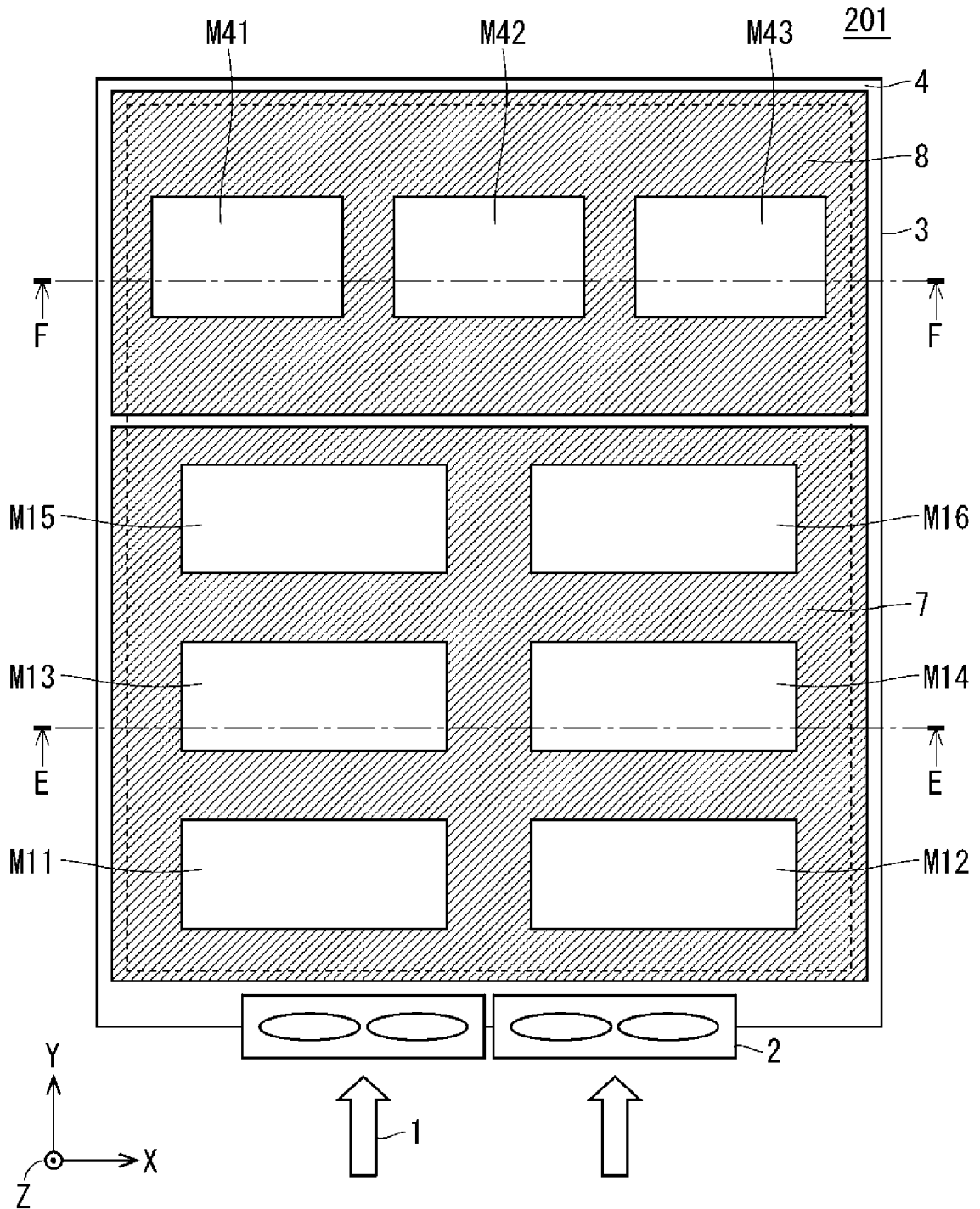
[図44]



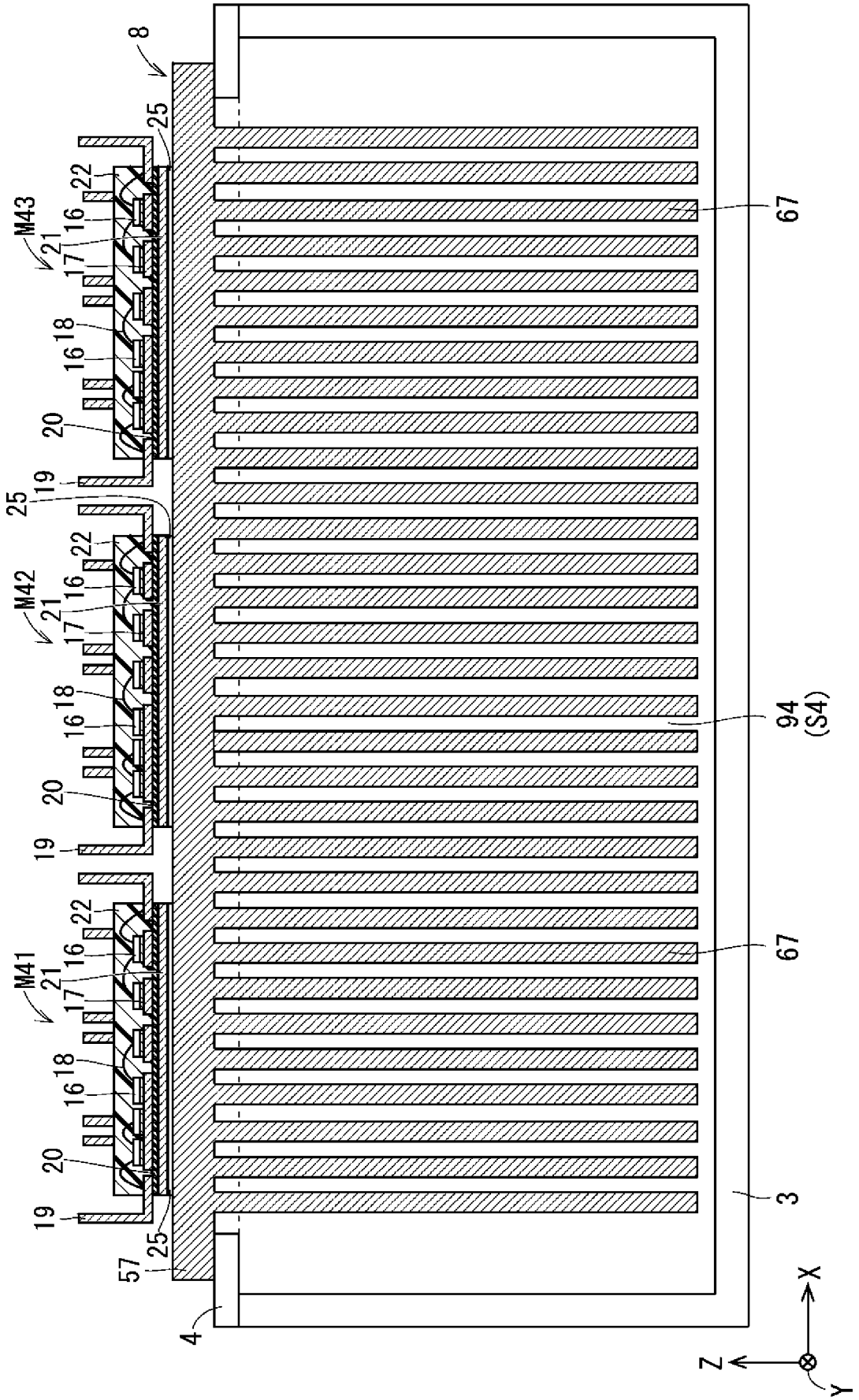
[図45]



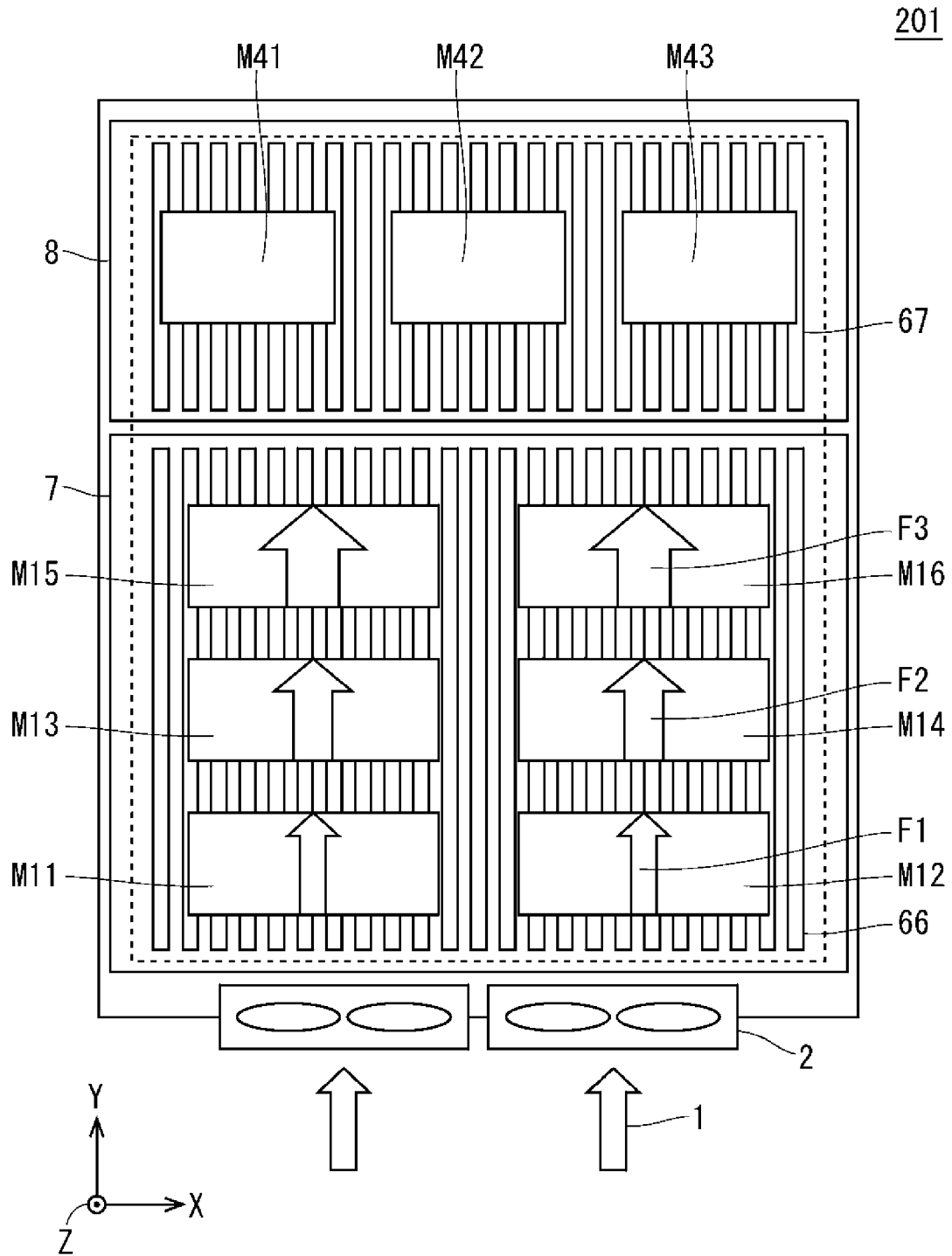
[図46]



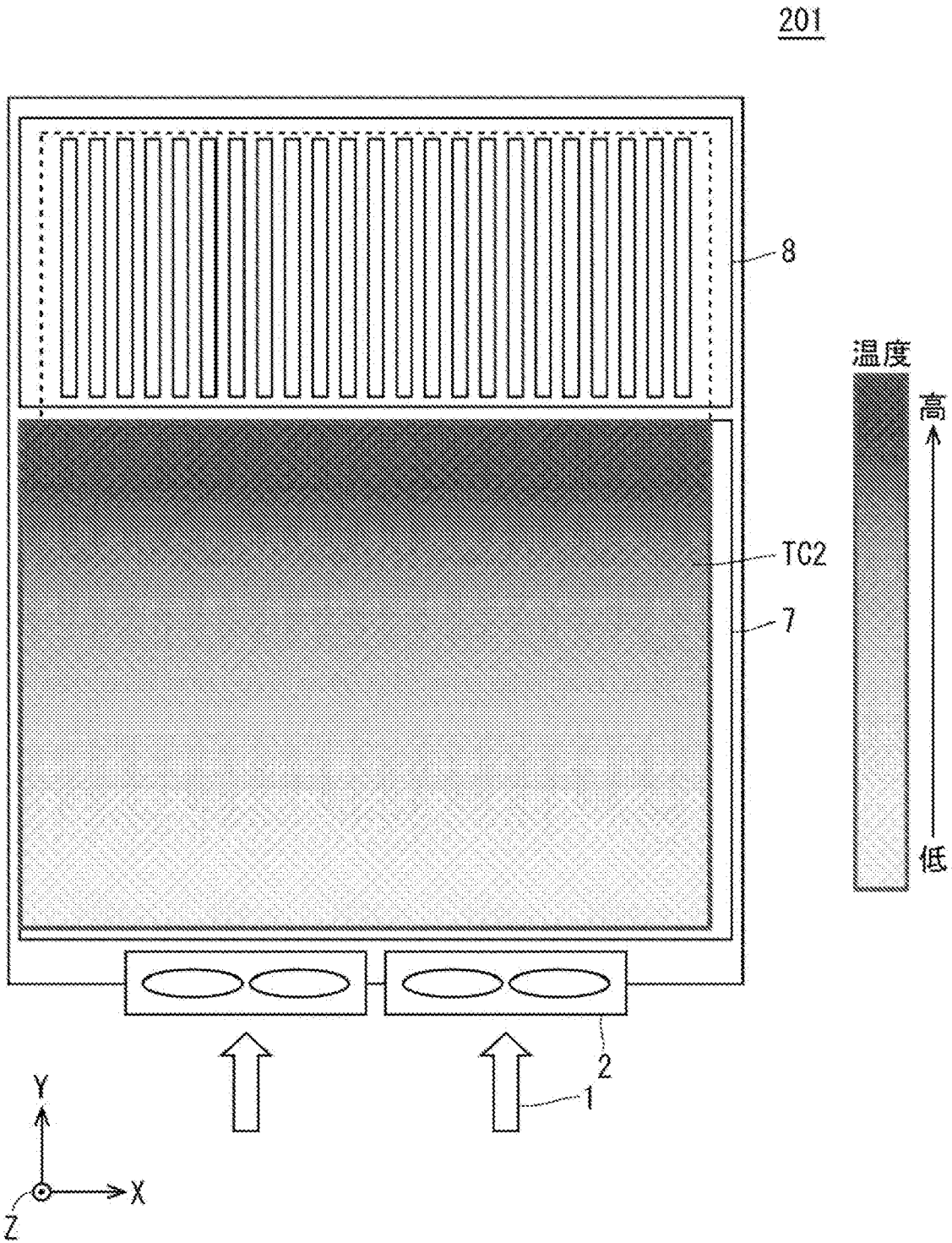
[図48]



[図49]



[図50]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/013915

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 23/467**(2006.01)i; **H01L 23/36**(2006.01)i; **H01L 25/07**(2006.01)i; **H05K 7/20**(2006.01)i

FI: H01L23/46 C; H01L23/36 Z; H01L25/04 C; H05K7/20 D

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 23/36, H01L 23/467, H01L 25/07, H05K 7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-35267 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 17 February 2011 (2011-02-17) paragraphs [0012]-[0057], fig. 1-9	1-18
Y	JP 2005-150132 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 09 June 2005 (2005-06-09) paragraphs [0023]-[0057], fig. 1A-8B	1-18
Y	JP 2011-9367 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 13 January 2011 (2011-01-13) paragraphs [0004]-[0009], [0030]-[0090], fig. 1-15	10-18
Y	WO 2022/158392 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 28 July 2022 (2022-07-28) paragraphs [0021]-[0025], fig. 4-6	15-18

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 June 2024

Date of mailing of the international search report

18 June 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2024/013915

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2011-35267 A	17 February 2011	(Family: none)	
JP 2005-150132 A	09 June 2005	(Family: none)	
JP 2011-9367 A	13 January 2011	(Family: none)	
WO 2022/158392 A1	28 July 2022	CN 116762170 A	
		US 2024/0074122 A1	
		paragraphs [0066]-[0070], fig. 4-6	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/467(2006.01)i; H01L 23/36(2006.01)i; H01L 25/07(2006.01)i; H05K 7/20(2006.01)i FI: H01L23/46 C; H01L23/36 Z; H01L25/04 C; H05K7/20 D		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L 23/36, H01L 23/467, H01L 25/07, H05K 7/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-35267 A（三菱電機株式会社）17.02.2011（2011-02-17） 段落0012-0057, 図1-図9	1-18
Y	JP 2005-150132 A（株式会社東芝）09.06.2005（2005-06-09） 段落0023-0057, 図1A-図8B	1-18
Y	JP 2011-9367 A（トヨタ自動車株式会社）13.01.2011（2011-01-13） 段落0004-0009, 0030-0090, 図1-図15	10-18
Y	WO 2022/158392 A1（三菱電機株式会社）28.07.2022（2022-07-28） 段落0021-0025, 図4-図6	15-18
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 06.06.2024	国際調査報告の発送日 18.06.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 齊藤 健一 5D 9742 電話番号 03-3581-1101 内線 3549	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/013915

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 2011-35267 A	17.02.2011	(ファミリーなし)	
JP 2005-150132 A	09.06.2005	(ファミリーなし)	
JP 2011-9367 A	13.01.2011	(ファミリーなし)	
WO 2022/158392 A1	28.07.2022	CN 116762170 A US 2024/0074122 A1 [段落 0066-0070, 図 4-図 6]	