

(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
2015年9月3日(03.09.2015)



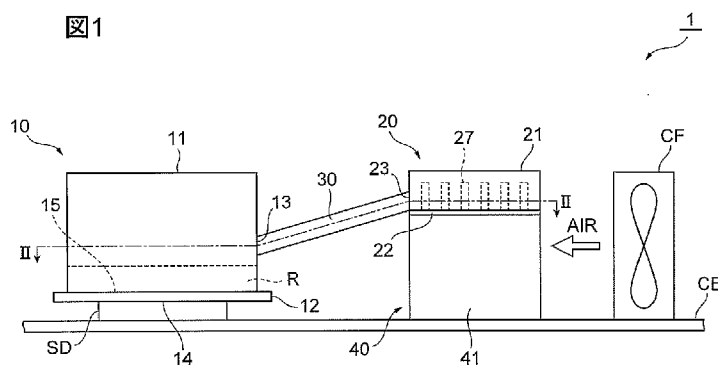
(10) 国際公開番号
WO 2015/128951 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/427 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/054612
- (22) 国際出願日: 2014年2月26日(26.02.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 近藤 義広(KONDOU Yoshihiro); 〒
1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 佐藤 重匡
(SATO Shigemasa); 〒1008280 東京都千代田区丸
の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
Tokyo (JP). 椿 繁裕(TSUBAKI Shigeyasu); 〒
1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒
1056232 東京都港区愛宕2丁目5番1号 愛宕
グリーンヒルズMORIタワー32階 Tokyo
(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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: SEMICONDUCTOR ELEMENT COOLING DEVICE AND ELECTRONIC APPARATUS

(54) 発明の名称: 半導体素子冷却装置および電子機器

図1



(57) Abstract: Provided is a semiconductor element cooling device (1) that cools a semiconductor element (SD) according to the phase change of a refrigerant (R), wherein the semiconductor element cooling device (1) is provided with an evaporator (10) for vaporizing a liquid refrigerant stored therein by heating the semiconductor element, and a condenser (20), which is coupled to the evaporator, the condenser (20) condensing vapor of the refrigerant introduced from the evaporator and causing the liquid refrigerant to circulate to the evaporator. The condenser is arranged in a position higher than the liquid surface of the refrigerant inside the evaporator and is arranged so that at least a portion overlaps the evaporator in the horizontal direction at a position that does not overlap the evaporator in the vertical direction. Consequently, the vertical-direction height of the semiconductor element cooling device can be reduced, while the semiconductor element is cooled in an efficient manner due to the phase change method.

(57) 要約:

[続葉有]



半導体素子（SD）を冷媒（R）の相変化によって冷却する半導体素子冷却装置（１）であって、内部に貯留した液状の冷媒を半導体素子の熱によって気化させる蒸発部（１０）と、蒸発部に連結され、蒸発部から導入した冷媒の蒸気を凝縮させて液状の冷媒を蒸発部へ還流させる凝縮部（２０）と、を備える。凝縮部は、蒸発部内の冷媒の液面よりも高い位置に配置され、蒸発部と鉛直方向に重ならない位置でかつ少なくとも一部が水平方向に重なる位置に配置されている。これにより、相変化方式によって半導体素子を効率よく冷却しつつ、半導体素子冷却装置の鉛直方向の高さ寸法を低減することができる。

明 細 書

発明の名称：半導体素子冷却装置および電子機器

技術分野

[0001] 本発明は、半導体素子冷却装置およびそれを搭載した電子機器に関する。

背景技術

[0002] 例えば、サーバ、記憶装置、およびネットワーク機器等の電子機器においては、中央処理装置（ＣＰＵ）等の半導体素子を搭載した回路基板が、ハードディスク装置等と共に箱状の筐体内に高密度に收容されている。処理速度の向上などにより、動作中の半導体素子の発熱量は、益々増大する傾向にある。一般に、半導体素子は、所定の温度を超えると性能が低下する虞がある。このため、半導体素子は、冷却による温度管理が必要とされ、発熱量の増大する半導体素子を効率的に冷却する技術が強く求められている。

[0003] ＣＰＵ等の発熱源を搭載する電子機器では、従来、空冷式の冷却装置が多く採用されているが、その冷却能力は既に限界に近づいている。そのため、より効率のよい冷却方式が期待されており、例えば、冷媒を利用した相変化方式の冷却装置が注目されている。

[0004] 相変化方式の冷却装置の一例として、密閉された容器の下側に発熱体を冷却する沸騰部を有し、上側に放熱部と熱的に接続された凝縮部を有し、容器内の沸騰面が浸かるように冷媒が内部に封入されているサーモサイフォンが知られている（例えば、下記特許文献１を参照）。特許文献１に記載の電子機器冷却装置では、冷媒の液面と凝縮部の間にメッシュを配置して、沸騰による音を低減している。

[0005] また、半導体素子が押圧される沸騰部の内部に沸騰フィンが備えられ、冷媒が封入された半導体冷却装置が知られている（例えば、下記特許文献２を参照）。特許文献２に記載の半導体冷却装置では、沸騰部の上部にパイプが接合され、沸騰部内部とパイプ内部とが連通している。また、パイプには複数枚の放熱フィンが取り付けられている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2013-26362公報

特許文献2：特開平6-120382公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 前記したような電子機器において処理速度をさらに向上させるためには、処理速度の向上によって発熱量が増大した半導体素子を効率よく冷却しつつ、電子機器を小型化してラックに高密度に収納する必要がある。特に、前記のような電子機器は、鉛直方向に積層して収納することが多いため、鉛直方向の高さ寸法を低減することが重要になる。

[0008] しかし、前記特許文献1に記載の冷却装置では、冷媒を蒸発させる部分と冷媒の蒸気を凝縮させる部分が、鉛直方向の上下に互いに重なる位置に配置されている。また、前記特許文献2に記載の冷却装置では、沸騰部の上部からパイプが上方に延びている。したがって、従来の冷却装置およびそれを搭載する電子機器は、鉛直方向の高さ寸法を低減することが困難であった。

[0009] 本発明は、前記した課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、相変化方式によって半導体素子を効率よく冷却しつつ、鉛直方向の高さ寸法を低減することができる半導体素子冷却装置およびそれを備えた電子機器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 前記目的を達成する本発明の半導体素子冷却装置は、半導体素子を冷媒の相変化によって冷却する半導体素子冷却装置であって、内部に貯留した液状の前記冷媒を前記半導体素子の熱によって気化させる蒸発部と、該蒸発部に連結され、該蒸発部から導入した前記冷媒の蒸気を凝縮させて液状の前記冷媒を前記蒸発部へ還流させる凝縮部と、を備え、前記凝縮部は、前記蒸発部内の前記冷媒の液面よりも高い位置に配置され、前記蒸発部と鉛直方向に重

ならない位置でかつ少なくとも一部が水平方向に重なる位置に配置されていることを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明の半導体素子冷却装置は、蒸発部と凝縮部とが、鉛直方向に互いに重ならない位置でかつ少なくとも一部が水平方向に互いに重なる位置に配置されているので、装置全体の高さ寸法を従来よりも減少させることができる。したがって、本発明の半導体素子冷却装置によれば、相変化方式によって半導体素子を効率よく冷却しつつ、半導体素子冷却装置およびそれを備えた電子機器の高さ寸法を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施形態1に係る冷却装置の模式的な側面図。

[図2]図1のII-II線に沿う模式的な断面図。

[図3]図1の冷却装置の模式的な正面図。

[図4]本発明の実施形態2に係る冷却装置の模式的な側面図。

[図5]本発明の実施形態3に係る冷却装置の模式的な断面図。

[図6]本発明の実施形態4に係る冷却装置の模式的な側面図。

[図7]本発明の実施形態5に係る冷却装置の模式的な側面図。

[図8]図7に示すVIII-VIII線に沿う断面図。

[図9]本発明の実施形態6に係る冷却装置の模式的な断面図。

[図10]本発明の実施形態に係る電子機器を収納するラックの外観斜視図。

[図11]図10に示す電子機器の筐体内の概略構成を模式的に示す斜視図。

[図12]図10に示す電子機器の筐体内の概略構成を模式的に示す平面図。

[図13]図12に示す電子機器の変形例を模式的に示す平面図。

発明を実施するための形態

[0013] [半導体素子冷却装置]

以下、本発明の半導体素子冷却装置の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0014] (実施形態1)

図 1 は、本発明の半導体素子冷却装置の実施形態 1 に係る相変化モジュール 1 の模式的な側面図である。図 2 は、図 1 に示す II-II 線に沿う相変化モジュール 1 の模式的な断面図である。図 3 は、図 1 に示す相変化モジュール 1 を、蒸発部 10 から凝縮部 20 へ向く方向に見た模式的な正面図である。なお、図 2 および図 3 において、回路基板 C B 等の図示は省略している。

[0015] 本実施形態の相変化モジュール 1 は、例えば、サーバ、記憶装置、およびネットワーク機器等の電子機器が備える回路基板 C B に搭載された中央処理装置 (C P U) 等の半導体素子 S D を、冷媒の相変化によって冷却するサーモサイフォンを利用した半導体素子冷却装置である。相変化モジュール 1 は、内部に貯留した液状の冷媒 R を半導体素子 S D の熱によって気化させる蒸発部 10 と、蒸発部 10 に連結され、蒸発部 10 から導入した冷媒 R の蒸気を凝縮させて液状の冷媒 R を蒸発部 10 へ還流させる凝縮部 20 と、を備えている。

[0016] 蒸発部 10 は、内側に空間を有する椀状のケース 11 と、半導体素子 S D に熱的に接続された気化促進板 12 と、を備えた箱状の気密容器である。蒸発部 10 は、半導体素子 S D の上面を覆うように配置され、例えば、気化促進板 12 の周縁部に設けられた貫通孔に通したネジを回路基板 C B のネジ穴に締結することによって回路基板 C B 上に固定されている。ケース 11 と気化促進板 12 は、例えば、銅、アルミなど、熱伝導率に優れた金属材料を使用して製作することができる。ケース 11 と気化促進板 12 は、例えば、加圧溶接、ろう付け等の適宜の接合方法によって接合されている。蒸発部 10 の内部には、液状の冷媒 R が貯留されている。

[0017] ケース 11 は、例えば、前記した金属材料を深絞り加工することによって製作されている。ケース 11 の側面には、蒸発部 10 を凝縮部 20 に連結するための接続部 13 が開口されている。接続部 13 には、管状の連結部 30 の一端が気密に接続されている。接続部 13 の高さ位置は、蒸発部 10 の内部に貯留された冷媒 R の液面の高さ位置よりも高い位置に配置されていることが好ましい。また、ケース 11 には、気化促進板 12 を取り付けのための

穴を設けてもよい。

[0018] 気化促進板 12 は、半導体素子 S D の表面に熱的に接続される板状の部材である。気化促進板 12 の下面には、例えば、熱伝導グリス 14 が塗布されている。気化促進板 12 は、この熱伝導グリス 14 を介して半導体素子 S D の上面に密着している。気化促進板 12 の上面は、蒸発部 10 の内部に貯留された冷媒 R に半導体素子 S D の熱を伝える沸騰伝熱面 15 とされている。沸騰伝熱面 15 は、水平方向に沿って設けられ、例えば、半導体素子 S D の上面の面積に対応する所定の面積を有している。

[0019] 沸騰伝熱面 15 は、例えば、微小孔を多数備えた多孔構造を有している。沸騰伝熱面 15 は、多数の微小孔によって形成された微小な凹凸を有し、蒸発部 10 の内部に面して多数の微小孔内に液状の冷媒 R を保持している。沸騰伝熱面 14 の多孔構造は、例えば、鉛直方向において半導体素子 S D に重なる気化促進板 12 の中央部に設けられている。なお、気化促進板 12 とケース 11 を一体構造にしてケース 11 の内表面に同様の多孔構造を設けてもよい。

[0020] 冷媒 R は、液体の状態において、その表面張力が水の表面張力よりも小さいことが好ましい。冷媒 R として、例えば、フロン系冷媒を用いることができる。より具体的には、例えば、住友スリーエム社製のノベック（登録商標）またはフロリナート（登録商標）のような、表面張力および粘度が低く、熱的、化学的安定性が高い冷媒 R を用いることが好ましい。例えば、100 W 程度の C P U （半導体パッケージ）では、25 c c ～ 45 c c の冷媒体積が適正である。この冷媒量は、沸騰面から 1 c m ～ 2 c m 程度の水位を確保でき、発熱体での液枯の可能性をより効果的に減少できる。

[0021] 凝縮部 20 は、内側に空間を有する椀状のケース 21 と、冷媒 R の蒸気の凝縮を促進させる凝縮促進板 22 と、を備えた箱状の気密容器である。ケース 21 の側面の下方には、凝縮部 20 を蒸発部 10 に連結するための接続部 23 が設けられている。接続部 23 は、ケース 21 の側面に開口され、下端が凝縮部 20 の底面、すなわち凝縮促進板 22 の上面の高さ位置に位置し、

管状の連結部 30 が気密に接続されている。凝縮部 20 は、少なくとも凝縮促進板 22 の上面が、蒸発部 10 内の冷媒 R の液面よりも高い位置に配置されている。

[0022] また、凝縮部 20 は、蒸発部 10 と鉛直方向に重ならない位置で、かつ少なくとも一部が水平方向に重なる位置に配置されている。なお、本実施形態において、凝縮部 20 は、全体が蒸発部 10 と水平方向に重なる位置に配置されている。凝縮部 20 は、図 2 に示すように、蒸気導入部 24 と、伝熱部 25 と、冷媒還流部 26 とを有している。

[0023] 蒸気導入部 24 は、冷媒 R の蒸気を水平方向に沿って凝縮部 20 の内部に導入する部分である。蒸気導入部 24 において、凝縮促進板 22 の表面は平坦であり、蒸発部 10 から導入された冷媒 R の蒸気は、凝縮促進板 22 の表面に沿って円滑に流れる。したがって、蒸気導入部 24 の蒸発部 10 に近い位置に導入された冷媒 R の蒸気は、大きな抵抗を受けることなく、蒸発部 10 から遠い位置まで円滑に導入される。

[0024] 伝熱部 25 は、蒸気導入部 24 に隣接し、蒸気導入部 24 から冷媒 R の蒸気が流入する部分である。伝熱部 25 において、凝縮促進板 22 の表面には、複数の凝縮フィン 27 が鉛直方向に沿って立設されている。凝縮フィン 27 は、蒸気導入部 24 から冷媒 R の蒸気の導入方向と交差する水平方向に沿って延びている。

[0025] 冷媒還流部 26 は、伝熱部 25 を挟んで蒸気導入部 24 と反対側に設けられた部分である。本実施形態では、凝縮部 20 の中央部に冷媒 R の蒸気の導入方向に沿って蒸気導入部 24 が設けられ、蒸気導入部 24 の冷媒 R の蒸気の導入方向と交差する方向の両側に伝熱部 25 が設けられ、さらにその外側で凝縮部 20 の幅 W2 方向の両端部に冷媒還流部 26 が設けられている。冷媒還流部 26 は、伝熱部 25 で凝縮した液状の冷媒 R を蒸発部 10 に還流させる。

[0026] なお、凝縮促進板 22 の上面には、伝熱部 25 で凝縮した液状の冷媒 R の蒸発部 10 への還流を促進する傾斜や溝などを設けてもよい。例えば、凝縮

促進板 22 の上面の高さ位置が蒸発部 10 または接続部 23 に近いほど低くなるように傾斜を設け、液状の冷媒 R の蒸発部 10 への還流を促進するようにしてもよい。また、接続部 23 に液状の冷媒 R を集めるように傾斜した溝や凹部などを設け、液状の冷媒 R の蒸発部 10 への還流を促進するようにしてもよい。また、凝縮フィン 27 を蒸気導入部 24 の冷媒 R の蒸気の導入方向に対して所定の角度で傾斜するようにしてもよい。

[0027] 凝縮部 20 の幅 W2 方向の寸法は、奥行 D2 方向の寸法よりも大きく、かつ凝縮部 20 の幅 W2 方向に沿う蒸発部 10 の幅 W1 方向の寸法よりも大きくなっている。ここでは、蒸気導入部 24 における冷媒 R の蒸気の導入方向に沿う水平方向を凝縮部 20 の奥行 D2 方向とし、奥行 D2 方向に垂直な水平方向、すなわち蒸気導入部 24 における冷媒 R の蒸気の導入方向に交差する方向を、凝縮部 20 の幅 W2 方向としている。蒸発部 10 に対向する凝縮部 20 の側面の幅 W2 方向の中央部で鉛直方向の下方側に設けられた接続部 23 には、管状の連結部 30 が接続されている。

[0028] 図 1 および図 3 に示すように、凝縮部 20 の凝縮促進板 22 の下面には、凝縮促進板 22 と一体的に設けられて凝縮部 20 に熱的に接続され、凝縮部 20 の伝熱部 25 およびその他の部分を冷却する冷却部 40 が設けられている。本実施形態の冷却部 40 は、凝縮部 20 の外側に設けられた複数の冷却フィン 41 によって構成されている。複数の冷却フィン 41 は、凝縮部 20 の奥行 D2 方向および鉛直方向に沿う薄板状に形成され、凝縮部 20 の幅 W2 方向に間隔を開けて互いに平行に配置されている。冷却部 40 の側方には、冷却ファン CF が配置されている。冷却ファン CF は、凝縮部 20 の奥行 D2 方向に沿って複数の冷却フィン 41 の間に空気を送風して冷却フィン 41 の放熱を促進させる。

[0029] 本実施形態の相変化モジュール 1 は、蒸発部 10 と凝縮部 20 を連結する管状の連結部 30 を備えている。連結部 30 は、一端が蒸発部 10 の側面の冷媒 R の液面よりも高い位置に設けられた接続部 13 に連結され、他端が凝縮部 20 の底面、すなわち凝縮促進板 22 の上面の高さ位置に設けられた凝

縮部 20 の接続部 23 に連結されている。これにより、凝縮部 20 の側面の接続部 23 に連結された連結部 30 の端部の開口の少なくとも一部と、開口に隣接する凝縮促進板 22 の上面とが同じ高さ位置に位置している。

[0030] また、連結部 30 の高さ位置は、蒸発部 10 から凝縮部 20 に向けて漸次高くなっている。すなわち、連結部 30 の高さ位置は、蒸発部 10 の接続部 13 において最も低く、凝縮部 20 の接続部 23 において最も高くされている。連結部 30 は、平面視で凝縮部 20 の奥行 D2 方向、すなわち蒸気導入部 24 の延在方向に平行な直管である。なお、連結部 30 の形状は、凝縮部 20 の奥行 D2 方向に沿って蒸気導入部 24 に冷媒 R の蒸気を導入することができる形状であれば特に限定されない。例えば、連結部 30 は、L 字管、S 字管または可撓性配管のように、途中で湾曲していてもよい。

[0031] 連結部 30 は、蒸発部 10 から凝縮部 20 へ冷媒 R の蒸気を供給すると同時に、凝縮部 10 から蒸発部 20 へ液状の冷媒 R を還流させる。すなわち、連結部 30 は、気相の冷媒 R と液相の冷媒 R を同時に逆方向に流通させる。そのために、連結部 R の内径は、例えば、冷却する半導体素子 S D の発熱量が 100 W クラスで、蒸発部 10 の内部に貯留される液状の冷媒 R の体積が約 25 cc から約 45 cc までの範囲である場合には、例えば、約 15 mm から約 25 mm までの範囲であることが好ましい。

[0032] 以下、本実施形態の相変化モジュール 1 の作用について説明する。

[0033] 従来の相変化を利用した半導体素子 S D の冷却装置では、半導体素子 S D の冷却性能が重視され、鉛直方向の高さ寸法についてはあまり問題視されていなかった。そのため、従来の冷却装置では、冷媒 R を蒸発させる部分と冷媒 R の蒸気を凝縮させる部分を、鉛直方向の上下に互いに重なる位置に配置し、鉛直方向の寸法を比較的大きくすることで、要求される冷却性能を満足させていた。

[0034] これに対し、本実施形態の相変化モジュール 1 は、蒸発部 10 と凝縮部 20 とを、鉛直方向に重ならない位置で、かつ少なくとも一部が水平方向に重なる位置に配置している。これにより、相変化モジュール 1 の鉛直方向の高

さ寸法を従来よりも低減することができる。さらに、本実施形態では、凝縮部 20 の全体が、蒸発部 10 と水平方向に重なる位置に配置されている。これにより、相変化モジュール 1 の鉛直方向の高さ寸法をより低減することが可能になる。

[0035] また、本実施形態の相変化モジュール 1 によれば、前記したように相変化モジュール 1 の鉛直方向の高さ寸法を低減させつつ、以下に説明するように、冷媒 R の相変化を利用して半導体素子 S D を効率よく冷却することができる。

[0036] 相変化モジュール 1 の蒸発部 10 は、回路基板 C B 上の半導体素子 S D の上面に配置された気化促進板 12 を介して、半導体素子 S D に熱的に接続されている。そのため、半導体素子 S D の動作中に発生した熱は、気化促進板 12 に伝達される。ここで、気化促進板 12 は、熱伝導グリス 14 を介して半導体素子 S D の上面に密着している。これにより、気化促進板 12 と半導体素子 S D との良好な熱的接合が確保され、半導体素子 S D の熱が気化促進板 12 へ効率よく伝達される。

[0037] 半導体素子 S D の熱が気化促進板 12 へ伝達されることで、蒸発部 10 の内部に貯留された液状の冷媒 R を保持する沸騰伝熱面 15 の温度が上昇し、液状の冷媒 R が沸騰伝熱面 15 によって加熱される。ここで、沸騰伝熱面 15 は、水平方向に沿って広がる面であり、微小孔を多数備えた多孔構造を有している。そのため、沸騰伝熱面 15 に伝達される熱量が少ないときは、液状の冷媒 R が沸騰伝熱面 15 に含浸して微小孔を満たしている。一方、沸騰伝熱面 15 に伝達される熱量が大きいときは微小孔を満たす液状の冷媒 R が減圧下で沸騰して蒸発し、微小孔内の液状の冷媒 R が減少して水位が低くなる。

[0038] 微小孔内の液状の冷媒 R は、水位が低くなることで蒸発が促進される。そのため、気化促進板 12 の放熱性能が向上し、熱輸送量が増加する。すなわち、気化促進板 12 の沸騰伝熱面 15 が多孔構造を有することで、伝達される熱量の増加に伴う温度上昇によって蒸発が促進される。加えて、蒸発部 1

0内の冷媒Rの蒸気量の増加によって、液状の冷媒Rの蒸発がさらに促進される。そのため、気化促進板12に伝達される熱量が大きいほど、熱輸送量が大幅に増加して効率が向上する。したがって、気化促進板12は、液状の冷媒Rが枯渇しない限り、安定した蒸発性能（気化性能）を発揮する。

[0039] 蒸発部10で蒸発した冷媒Rの蒸気は、蒸発部10のケース11の側面に開口する接続部13から連結部30内に流入する。ここで、接続部13の高さ位置が、蒸発部10の内部に貯留された液状の冷媒Rの液面の高さ位置よりも高い位置に設けられることで、蒸発部10内の液状の冷媒Rが連結部30内に流入することが防止される。

[0040] 連結部30に流入した冷媒Rの蒸気は、連結部30を通過して凝縮部20のケース21の側面の接続部23に達し、凝縮部20の蒸気導入部24へ導入される。ここで、蒸気導入部24において、凝縮促進板22の上面は、水平方向に沿った平坦面とされ、冷媒Rの蒸気を導入する凝縮部20の奥行D2方向に障害物を有していない。そのため、蒸発部10に近い凝縮部20の奥行D2方向の手前側の位置に導入された冷媒Rの蒸気を、蒸気導入部24によって、蒸発部10から遠い凝縮部20の奥行D2方向の奥側の位置まで円滑に導入することができる。

[0041] 蒸気導入部24へ導入された冷媒Rの蒸気は、凝縮部20の奥行D2方向に流れる過程で、導入された方向に交差する方向に延びる複数の凝縮フィン27によって伝熱部25に導かれる。ここで、複数の凝縮フィン27は、蒸気導入部24に隣接して、冷媒Rの蒸気の導入方向、すなわち凝縮部20の奥行D2方向に間隔を開けて並んでいる。これにより、冷媒Rの蒸気を複数の凝縮フィン27の間に効率よく導入し、凝縮部20の奥行D2方向の全体に亘って冷媒Rの蒸気を効率よく冷却することができる。また、複数の凝縮フィン27によって伝熱部25と冷媒Rの蒸気との間の伝熱面積が増加し、冷媒Rの蒸気の冷却性能を向上させることができる。

[0042] また、凝縮部20の凝縮促進板22の下面には、複数の冷却フィン41によって構成された冷却部40が設けられ、冷却部40の側方には、冷却ファ

ンCFが配置されている。これにより、冷却ファンCFの送風によって複数の冷却フィン41の間に空気を流し、冷却フィン41の熱を空気中に効率よく放熱させ、凝縮部20の伝熱部25およびその他の部分を効率よく冷却することができる。

[0043] さらに、凝縮部20の幅W2方向の寸法は、奥行D2方向の寸法よりも大きく、かつ凝縮部20の幅W2方向に沿う蒸発部10の寸法W1よりも大きくなっている。これにより、凝縮部20において、伝熱部25の放熱面積を大きくとることができ、相変化モジュール1の冷却性能をさらに向上させることができる。

[0044] 仮に、蒸発部10における沸騰伝熱面15と冷媒Rの蒸気との温度差が、凝縮部20における伝熱部25と冷媒Rの蒸気との温度差と等しいとすると、凝縮部20の伝熱面積は、沸騰伝熱面15の伝熱面積の3倍程度が必要になる。このような場合でも、凝縮部20の幅W2方向の寸法を、蒸発部10の幅W2方向の寸法W1よりも大きくすることで、伝熱部25の放熱面積を確保することが可能になる。

[0045] また、凝縮部20の幅W2方向の寸法を、奥行D2方向の寸法よりも大きくすることで、蒸気導入部24から伝熱部25に導入した蒸気を、比較的湿度が高い蒸気導入部24から離れた比較的湿度が低い位置まで導入して冷却することができる。したがって、凝縮部20の冷却性能を向上させることができる。

[0046] 凝縮部20の伝熱部25に導入された冷媒Rの蒸気は、伝熱部25において凝縮フィン27および凝縮促進板22との熱交換によって冷却されて凝縮し、液状の冷媒Rに戻る。ここで、冷媒還流部26は、蒸気導入部24に導入される冷媒Rの蒸気の下流側の伝熱部25のさらに下流側に設けられている。そのため、伝熱部25で凝縮した液状の冷媒Rは、下流側の冷媒還流部26に流入する。液状の冷媒Rは、さらにケース21の内表面に沿って冷媒還流部26を流れ、蒸発部10から遠い凝縮部20の奥側の位置から蒸発部10に近い手前側の位置に集まって、ケース21の側面に開口した接続部2

3から流出する。

[0047] ここで、少なくとも凝縮部20の底面、すなわち凝縮促進板22の上面が、蒸発部10内の冷媒Rの液面よりも高い位置に配置されている。また、蒸発部10と凝縮部20を連結する連結部30は、一端が蒸発部10の接続部13に連結され、他端が凝縮促進板22の上面の高さ位置に設けられた凝縮部20の接続部23に連結されている。そのため、冷媒還流部26によって回収された液状の冷媒Rが、凝縮促進板22の上面から連結部30の開口に流入しやすくなる。これにより、凝縮促進板22の上面に液状の冷媒Rが溜まることが抑制され、伝熱部25における冷媒Rの蒸気の凝縮が促進される。

[0048] また、凝縮部20の凝縮促進板22の上面が、蒸発部10内の冷媒Rの液面よりも高い位置に配置されることで、凝縮促進板22の上面から連結部30の開口に流入した液状の冷媒Rが重力によって凝縮部20から蒸発部10へ還流する。ここで、例えば、前記したように液状の冷媒Rの体積に応じて連結部30の内径を設定することで、凝縮部20から蒸発部10への液状の冷媒Rの流れが、蒸発部10から凝縮部20への冷媒Rの蒸気の流れによって阻害されることが防止される。

[0049] また、液体の状態における表面張力が水の表面張力よりも小さい冷媒Rを使用することで、液状の冷媒Rが連結部30の内周面に沿って拡がりやすくなる。これにより、連結部30内で、凝縮部20から蒸発部10への液状の冷媒R流れが、逆方向の冷媒Rの蒸気の流れによって阻害されるのを防止することができる。加えて、凝縮部20の伝熱部25に設けられた凝縮フィン27の間に凝縮した冷媒Rが残留することが抑制され、凝縮部20における冷媒Rの蒸気の冷却性能が向上する。このような効果は、フロン系冷媒を用いることによって効果的に得ることができる。特に、前記したノベック（登録商標）、フロリナート（登録商標）またはこれらの同等品を冷媒Rとして用いることで、より顕著な効果を得ることができる。

[0050] また、連結部30の高さ位置は、蒸発部10から凝縮部20に向けて漸次

高くなっている。そのため、連結部 30 の途中で液状の冷媒 R が留まることが防止され、冷媒 R の蒸気の流れが阻害されることを防止できる。また、連結部 30 は、平面視で凝縮部 20 の奥行 D2 方向に平行な直管であるため、連結部 30 の内部を流れる流体に対する圧力損失を低減することができる。

[0051] 以上説明したように、本実施形態の相変化モジュール 1 によれば、高さ寸法を低減しつつ、液状の冷媒 R を蒸発させる相変化と冷媒 R の蒸気を凝縮させる相変化を円滑に行うと共に、気相および液相の冷媒 R の往還を円滑にして、半導体素子 S D の冷却性能を向上させることができる。

[0052] (実施形態 2)

次に、本発明の半導体素子冷却装置の実施形態 2 について、図 2 および図 3 を援用し、図 4 を用いて説明する。

[0053] 図 4 は、本発明の冷却装置の実施形態 2 に係る相変化モジュール 1 A の模式的な側面図である。

[0054] 本実施形態の相変化モジュール 1 A は、凝縮部 20 の接続部 23 が凝縮促進板 22 に設けられ、連結部 30 の端部が接続部 23 の手前で湾曲し、連結部 30 が凝縮促進板 22 の上面、すなわち凝縮部 20 の底面に開口している点で、実施形態 1 の相変化モジュール 1 と異なっている。本実施形態の相変化モジュール 1 A のその他の点は、実施形態 1 の相変化モジュール 1 と同一であるので、同一の部分には同一の符号を付して説明は省略する。

[0055] 本実施形態の相変化モジュール 1 A では、連結部 30 が凝縮促進板 22 の上面に開口しているので、凝縮促進板 22 の上面の液状の冷媒 R が連結部 30 に流入しやすくなる。なお、連結部 30 の開口の高さ位置が低くなるように凝縮促進板 22 の上面に傾斜面や凹部を設け、凝縮促進板 22 の上面の液状の冷媒 R が連結部 30 により流入しやすくなるようにしてもよい。液状の冷媒 R が連結部 30 に流入しやすくなることで、凝縮促進板 22 の上面に溜まることが防止され、凝縮部 20 における冷媒 R の蒸気の冷却性能が向上する。したがって、本実施形態の相変化モジュール 1 A によれば、実施形態 1 の相変化モジュール 1 と同様の効果が得られ、半導体素子 S D の冷却性能を

向上させることができる。

[0056] (実施形態3)

次に、本発明の半導体素子冷却装置の実施形態3について、図1および図3を援用し、図5を用いて説明する。

[0057] 図5は、本発明の冷却装置の実施形態3に係る相変化モジュール1Bの模式的な断面図である。

[0058] 本実施形態の相変化モジュール1Bは、連結部30が湾曲して凝縮部20の幅W2方向の一端に連結され、凝縮部20の蒸気導入部24が凝縮部20の幅W2方向の一端に設けられている点で、実施形態1の相変化モジュール1と異なっている。本実施形態の相変化モジュール1Bのその他の点は、実施形態1の相変化モジュール1と同一であるので、同一の部分には同一の符号を付して説明は省略する。

[0059] 本実施形態の相変化モジュール1Bでは、連結部30が湾曲して凝縮部20の幅W2方向の一端に連結されている。したがって、本実施形態の相変化モジュール1Bによれば、実施形態1の相変化モジュール1と同様の効果が得られるだけでなく、電子機器の回路基板CB上の半導体素子SD、冷却ファンCF、その他の部品のレイアウトに応じて、蒸発部10と凝縮部20の位置を実施形態1の相変化モジュール1と異なる位置に配置することが可能になる。

[0060] (実施形態4)

次に、本発明の半導体素子冷却装置の実施形態4について、図2を援用し、図6を用いて説明する。

[0061] 図6は、本発明の実施形態4に係る相変化モジュール1Cの模式的な側面図である。

[0062] 本実施形態の相変化モジュール1Cは、凝縮部20の凝縮促進板22の下面に設けられた冷却部40が、凝縮部20に熱的に接続された水冷部50によって構成されている点で、実施形態1の相変化モジュール1と異なっている。本実施形態の相変化モジュール1Cのその他の点は、実施形態1の相変

化モジュール 1 と同一であるので、同一の部分には同一の符号を付して説明は省略する。

[0063] 本実施形態の相変化モジュール 1 C が備える水冷部 5 0 は、凝縮部 2 0 の凝縮促進板 2 2 の下面に設けられて凝縮促進板 2 2 を冷却する水冷ジャケット 5 1 と、水冷ジャケット 5 1 と配管 5 2 で接続されたラジエータ 5 3 と、ラジエータ 5 3 および水冷ジャケット 5 1 と配管 5 4, 5 5 で接続されて水冷部 5 0 の系内で冷却液を循環させるポンプ 5 6 と、を備えている。

[0064] ポンプ 5 6 によって送出された冷却液は、水冷ジャケット 5 1 に流入し、凝縮部 2 0 の凝縮促進板 2 2 の下面を冷却する。水冷ジャケット 5 1 内で温度が上昇した冷却液は、水冷ジャケット 5 1 から排出されてラジエータ 5 3 に流入し、空気ファン 5 3 F が送風する空気中に熱を放出して冷却される。ラジエータ 5 3 内で温度が低下した冷却液は、ラジエータ 5 3 から排出されてポンプ 5 6 に流入し、再びポンプ 5 6 によって送出される。

[0065] 本実施形態の相変化モジュール 1 C によれば、水冷部 5 0 によって凝縮部 2 0 を冷却することで、凝縮部 2 0 における冷媒 R の蒸気の冷却性能を向上させ、半導体素子 S D の冷却性能を向上させることができる。

[0066] なお、本実施形態の相変化モジュール 1 C を搭載するサーバ等の電子機器の筐体内には、水冷ジャケット 5 1 と配管 5 2、5 5 の一部のみを配置し、ラジエータ 5 3 およびポンプ 5 6 を電子機器の筐体外に配置して複数の電子機器間で共有するようにしてもよい。これにより、ラジエータ 5 3 およびポンプ 5 6 の設置による電子機器の高さ寸法の増大を防止できる。

[0067] (実施形態 5)

次に、本発明の半導体素子冷却装置の実施形態 5 について、図 2 および図 3 を援用し、図 7 および図 8 を用いて説明する。

[0068] 図 7 は、本発明の実施形態 5 に係る相変化モジュール 1 D の模式的な側面図である。図 8 は、図 7 に示す VIII-VIII 線に沿う断面図である。

[0069] 本実施形態の相変化モジュール 1 D は、連結部 3 0 の外周面に複数の冷却フィン 3 1 が設けられている点で、実施形態 1 の相変化モジュール 1 と異なる。

っている。本実施形態の相変化モジュール１Ｄのその他の点は、実施形態１の相変化モジュール１と同一であるので、同一の部分には同一の符号を付して説明は省略する。

[0070] 本実施形態の相変化モジュール１Ｄの連結部３０は、外周面に長手方向に沿って延びる薄板状の複数の冷却フィン３１を備えている。冷却フィン３１は、連結部３０の断面視で径方向に放射状に設けられている。これにより、連結部３０の放熱面積が増加して連結部３０の温度が低下し、連結部３０内を流れる気相および液相の冷媒Ｒが冷却され、蒸発部１０における半導体素子ＳＤの冷却性能および凝縮部２０における冷媒Ｒの蒸気の冷却性能が向上する。したがって、本実施形態の相変化モジュール１Ｄによれば、半導体素子ＳＤの冷却性能を向上させることができる。なお、冷却フィン３１は必ずしも放射状に設ける必要はなく、例えば水平方向に沿う平板状に配置することもできる。これにより、冷却フィン３１の高さ寸法を低減することができる。

[0071] （実施形態６）

次に、本発明の半導体素子冷却装置の実施形態６について、図１および図３を援用し、図９を用いて説明する。

[0072] 図９は、本発明の実施形態６に係る相変化モジュール１Ｅの模式的な断面図である。

[0073] 本実施形態の相変化モジュール１Ｅは、連結部３０を有さず、蒸発部１０と凝縮部２０が直接的に連結されている点で、実施形態１の相変化モジュール１と異なっている。本実施形態の相変化モジュール１Ｅのその他の点は、実施形態１の相変化モジュール１と同一であるので、同一の部分には同一の符号を付して説明は省略する。

[0074] 本実施形態の相変化モジュール１Ｅによれば、実施形態１の相変化モジュール１と同様の効果を得られるだけでなく、蒸発部１０と凝縮部２０を直接連結することで、相変化モジュール１を小型化すると共に、材料の使用量を削減してコストを低減することが可能になる。

[0075] [電子機器]

以下、発明の電子機器の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0076] 図10は、本発明の実施形態に係るサーバ100が収納されるラック200の外観斜視図である。図11は、図10に示すサーバ100の筐体101内の概略構成の一例を模式的に示す斜視図である。図12は、図10に示すサーバ100の筐体101内の概略構成を模式的に示す平面図である。図13は、図12に示すサーバ100の変形例を模式的に示す平面図である。図11から図13は、サーバ100の筐体101の上部を覆う蓋を取り外した状態を示している。

[0077] 図10に示すように、本発明の電子機器の一例である複数のサーバ100は、ラック200内に鉛直方向に積層して収納される。ラック200は、複数のサーバ100を収容するラック本体201と、ラック本体201に取り付けられた扉202と、各サーバ100の筐体101を支持するレール部203とを備え、個々のサーバを取り出し可能に収容している。ラック200は、例えば、機器取り付け用の支柱のネジの水平間隔が19インチとされた所謂19インチラックであり、各サーバ100の筐体101の高さは、例えば1U（44.45mm）以内の高さとされている。

[0078] 図11および図12に示すように、サーバ100の筐体101内部の前面101f側には、メンテナンス性を考慮して、大容量の記録装置である複数のハードディスクドライブ102が並べて配置されている。ハードディスクドライブ102は、筐体101内の比較的高温になる発熱源の一つである。そのため、ハードディスクドライブ102を冷却する複数の冷却ファンCFがハードディスクドライブ102に隣接して設けられている。本実施形態では、3つのハードディスクドライブ102に対して4つの冷却ファンCFが隣接している。

[0079] また、筐体101内部の背面101b側の一侧には、冷却ファンCFと共に、電源や通信手段のインターフェイスであるLAN等を収納したブロック

１０３が設けられている。筐体１０１内の残りの空間には、回路基板ＣＢが配置されている。回路基板ＣＢは、ＣＰＵ等の半導体素子ＳＤと、前述の実施形態１および３で説明した半導体素子冷却装置である相変化モジュール１、１Ｂと、を備えている。

[0080] そのため、筐体１０１の高さが、例えば、１Ｕ以内に制限された場合であっても、発熱量の大きい高性能の半導体素子ＳＤを、冷却性能の高い相変化モジュール１、１Ｂによって冷却することができる。したがって、本実施形態のサーバ１００によれば、ラック２００内に高性能の半導体素子ＳＤを搭載した複数のサーバ１００を高密度に収納して、処理速度を大幅に向上させることが可能になる。

[0081] また、本実施形態のサーバ１００では、ハードディスクドライブ１０２を冷却する冷却ファンＣＦに隣接して相変化モジュール１、１Ｂの凝縮部２０、２０が配置されている。したがって、ハードディスクドライブ１０２と相変化モジュール１、１Ｂが、冷却ファンＣＦを共用することが可能になる。これにより、新たに相変化モジュール１、１Ｂ専用の冷却ファンＣＦを設置する場合と比較して、構成を簡略化し、コストを低減することが可能になる。

[0082] また、半導体冷却装置として相変化モジュール１、１Ｂを用いることで、冷媒Ｒを循環させるためポンプ等の動力も不要になり、半導体素子ＳＤの冷却性能に優れ、かつ省エネルギー性に優れたサーバ１００を提供することが可能になる。さらに、相変化モジュール１、１Ｂは、熱交換効率が比較的高く、かつ、その構造が比較的単純である。したがって、高密度実装が要求されるサーバ１００などの電子機器においても、相変化モジュール１、１Ｂは、比較的自由度の高い配置が可能となる。

[0083] また、本実施形態のサーバ１００では、相変化モジュール１、１Ｂの凝縮部２０、２０に対して複数の冷却ファンＣＦが配置されている。より具体的には、図１２および図１３に示す例において、各凝縮部２０に隣接して２つの冷却ファンＣＦが配置されている。これにより、各凝縮部２０に隣接する

2つの冷却ファンC Fの一方が停止しても、他方の冷却ファンC Fによって凝縮部20を冷却することが可能になり、相変化モジュール1、1Bの冗長性が向上する。

[0084] さらに、図12に示すように、凝縮部20に連結される連結部30の端部は、凝縮部20に隣接する2つの冷却ファンC Fのうち、凝縮部20と対向する面積が小さい冷却ファンC Fと対向する位置に連結することが好ましい。これにより、いずれか一方の冷却ファンC Fが停止した場合であっても、凝縮部20の冷却性能に対する影響を低減することができる。

[0085] このように、本実施形態のサーバ100では、2つの相変化モジュール1、1Bの2つの凝縮部20に対して3つの冷却ファンC Fが設けられ、1つの凝縮部20に対して1.5個の冷却ファンC Fが隣接している。そのため、対向する面積が大きい冷却ファンC Fが停止した場合に、凝縮部20は、残りの0.5個分の冷却ファンC Fによって冷却される。この場合、凝縮部20の約2/3の範囲で放熱量が低下する。

[0086] しかし、サーバシステムにおいては、緊急時のシステム正常終了までにある程度時間が必要であるため、その間、CPUの冷却性能を最低限度は維持しなければならない。従来の相変化方式の半導体冷却装置では、装置全体に均等に冷媒が流れるため、有効な放熱面積が1/3に減少すると、その分、冷媒の冷却性能が低下し、CPUの温度上昇に直接の影響を与える虞がある。

[0087] これに対し、本実施形態のサーバ100では、凝縮部20の冷却されていない範囲では、冷媒Rの蒸気の凝縮が阻害され、残りの部分に冷媒Rの蒸気が集中する。凝縮部20内の一部に集中した冷媒Rの蒸気は、流速が高いため、凝縮部20内の液状の冷媒Rの層を押し流し、凝縮部20の伝熱部25における凝縮性能が向上する。これにより、相変化モジュール1、1BによるCPUの冷却性能を許容可能な範囲に維持することができる。したがって、本実施形態のサーバ100によれば、より少ない冷却ファンC Fの台数で冗長性を向上させることが可能である。

[0088] 以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。前述の実施形態は本発明を解りやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明したすべての構成を備えるものに限定されない。

符号の説明

[0089] 1、1 A－1 E…相変化モジュール（半導体素子冷却装置）、1 0…蒸発部、2 0…凝縮部、2 4…蒸気導入部、2 5…伝熱部、2 6…冷媒還流部、2 7…凝縮フィン、3 0…連結部、3 1…冷却フィン、4 0…冷却部、4 1…冷却フィン、5 0…水冷部、1 0 0…サーバ（電子機器）、D 2…凝縮部の奥行、R…冷媒、S D…半導体素子、W 1…蒸発部の寸法、W 2…凝縮部の幅

請求の範囲

- [請求項1] 半導体素子を冷媒の相変化によって冷却する半導体素子冷却装置であって、
- 内部に貯留した液状の前記冷媒を前記半導体素子の熱によって気化させる蒸発部と、該蒸発部に連結され、該蒸発部から導入した前記冷媒の蒸気を凝縮させて液状の前記冷媒を前記蒸発部へ還流させる凝縮部と、を備え、
- 前記凝縮部は、前記蒸発部内の前記冷媒の液面よりも高い位置に配置され、前記蒸発部と鉛直方向に重ならない位置でかつ少なくとも一部が水平方向に重なる位置に配置されていることを特徴とする、半導体素子冷却装置。
- [請求項2] 前記凝縮部は、前記冷媒の蒸気を水平方向に沿って導入する蒸気導入部と、該蒸気導入部から前記冷媒の蒸気の導入方向と交差する水平方向に沿って延びる複数の凝縮フィンが設けられた伝熱部と、該伝熱部で凝縮した液状の前記冷媒を前記蒸発部に還流させる冷媒還流部と、を有することを特徴とする、
- 請求項1に記載の半導体素子冷却装置。
- [請求項3] 前記冷媒の蒸気の導入方向に交差する前記凝縮部の幅方向の寸法は、前記蒸気の導入方向に沿う前記凝縮部の奥行方向の寸法よりも大きく、かつ前記幅方向に沿う前記蒸発部の寸法よりも大きいことを特徴とする、
- 請求項2に記載の半導体素子冷却装置。
- [請求項4] 前記蒸発部と前記凝縮部を連結する管状の連結部を備え、
- 前記連結部は、一端が前記蒸発部の前記冷媒の液面よりも高い位置に連結され、他端が前記凝縮部の底面の高さ位置に連結されていることを特徴とする、
- 請求項3に記載の半導体素子冷却装置。
- [請求項5] 液状の前記冷媒の表面張力は、水の表面張力よりも小さいことを特

徴とする、

請求項 4 に記載の半導体素子冷却装置。

[請求項6] 前記連結部の高さ位置は、前記蒸発部から前記凝縮部に向けて漸次高くなることを特徴とする、

請求項 4 に記載の半導体素子冷却装置。

[請求項7] 前記連結部は、外周面に複数の冷却フィンを備えることを特徴とする、

請求項 4 に記載の半導体素子冷却装置。

[請求項8] 前記凝縮部は、前記伝熱部を冷却する冷却部を有することを特徴とする、

請求項 2 に記載の半導体素子冷却装置。

[請求項9] 前記冷却部は、前記凝縮部の外側に設けられた複数の冷却フィンによって構成されていることを特徴とする、

請求項 8 に記載の半導体素子冷却装置。

[請求項10] 前記冷却部は、前記凝縮部に熱的に接続された水冷部によって構成されている特徴とする、

請求項 8 に記載の半導体素子冷却装置。

[請求項11] 半導体素子と、該半導体素子を冷却する請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項に記載の半導体素子冷却装置と、を備えたことを特徴とする、電子機器。

[図1]

图 1

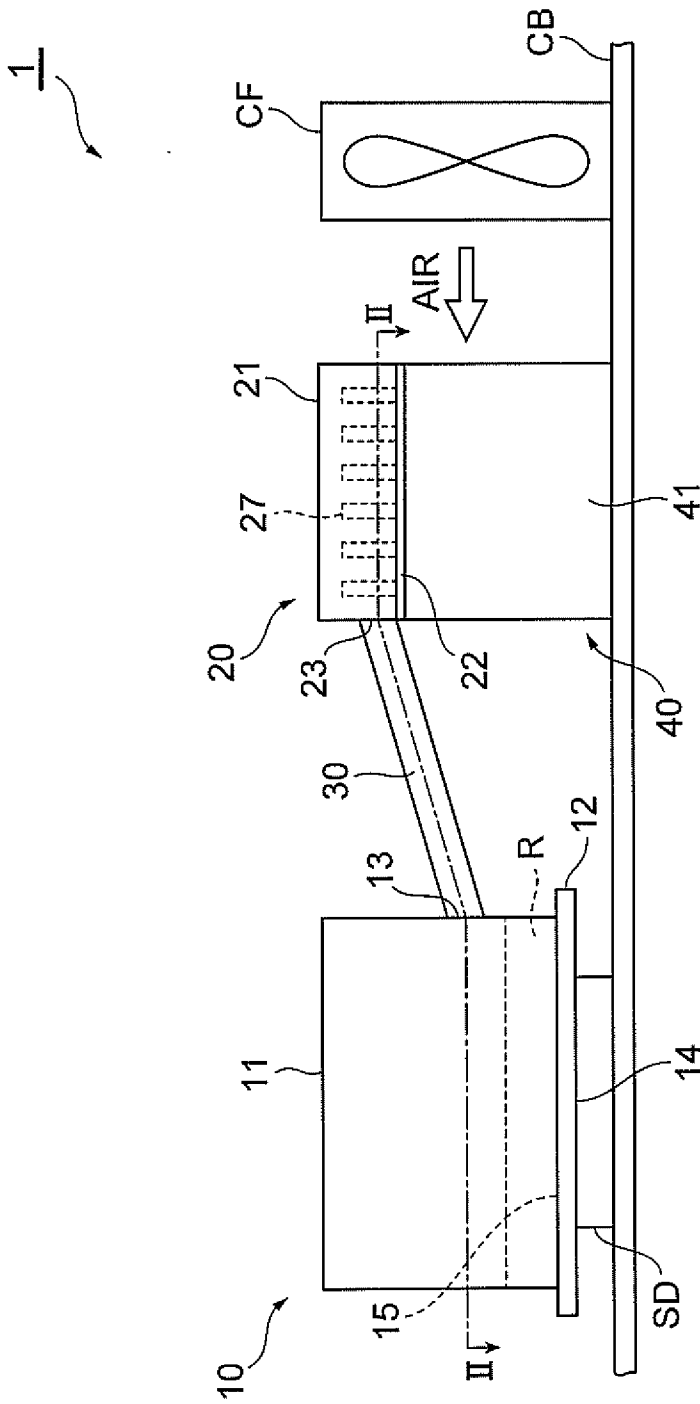


图2

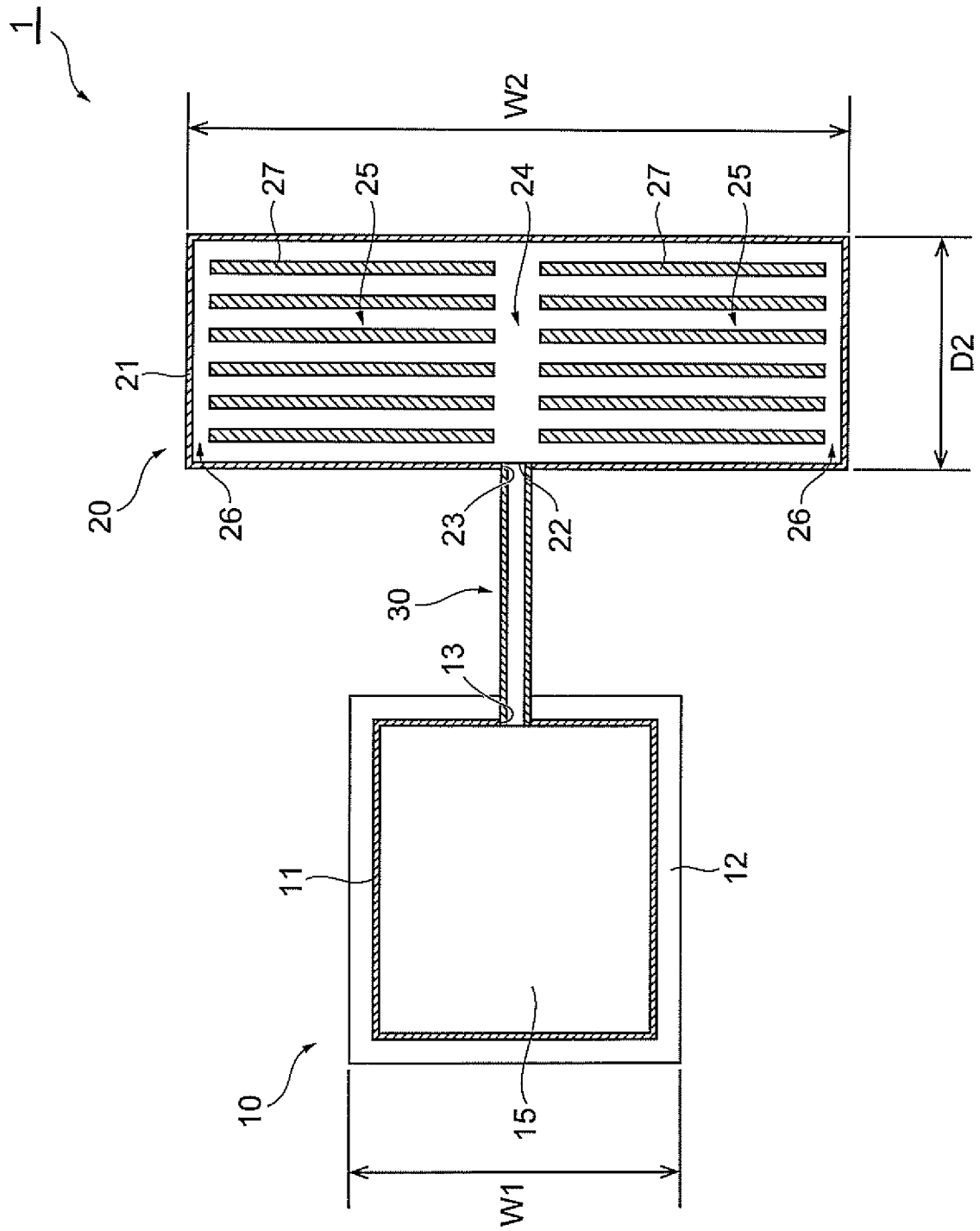
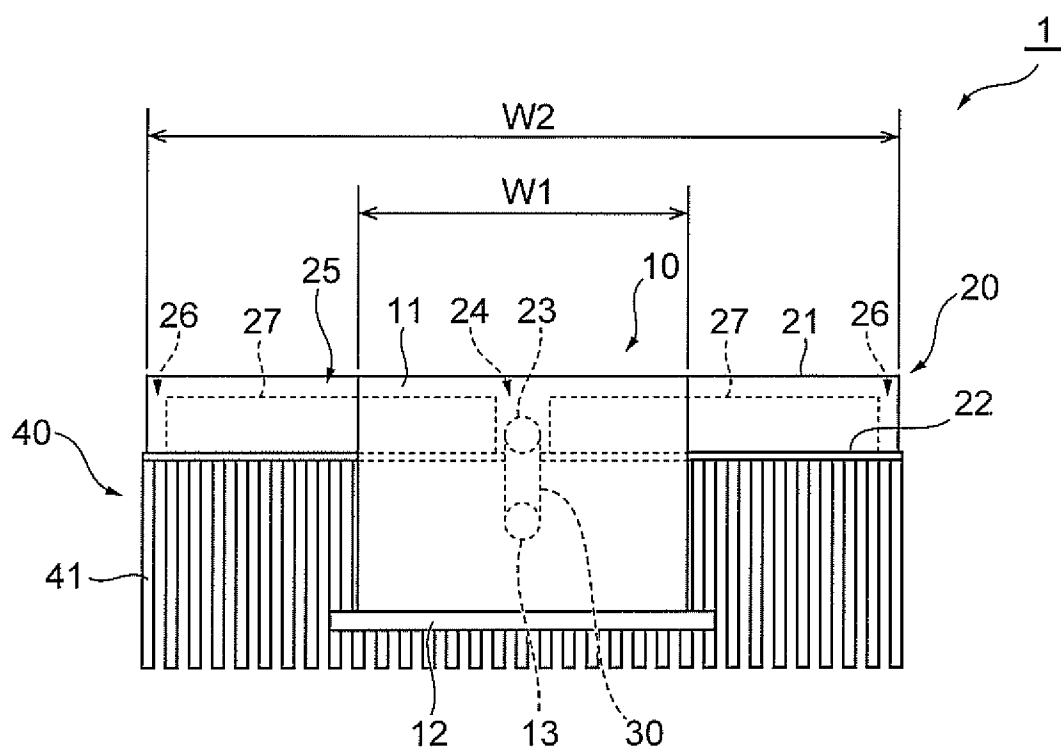
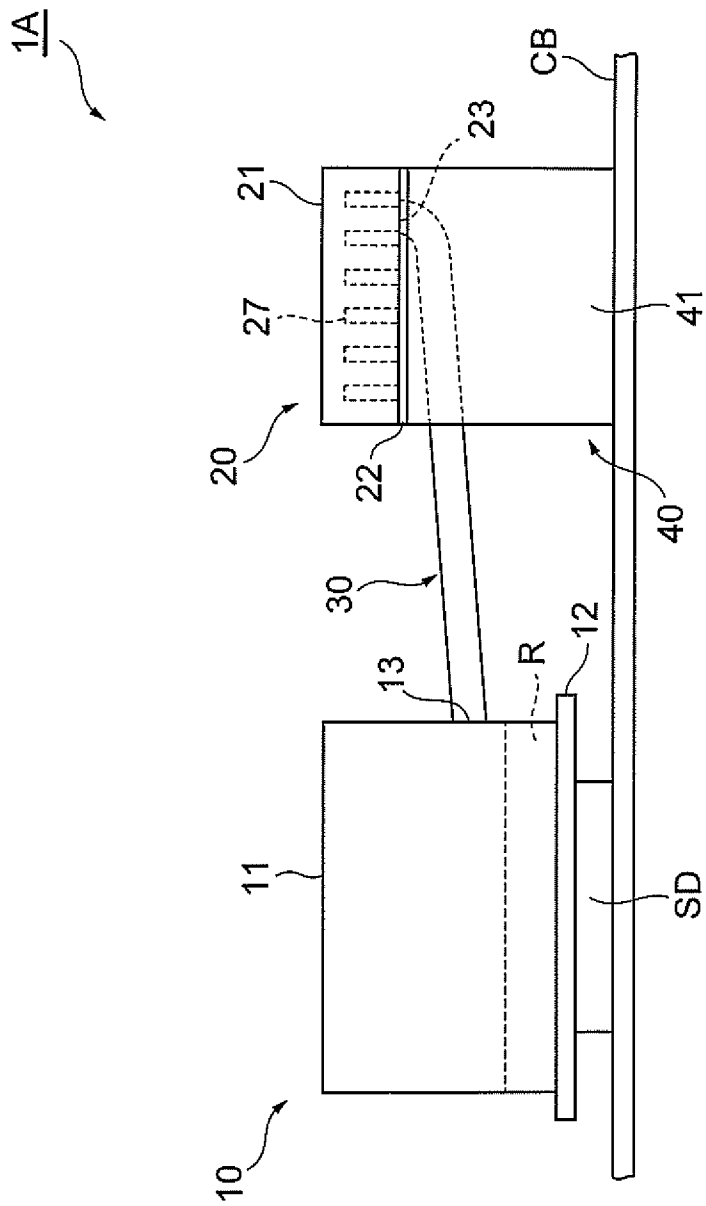


图3



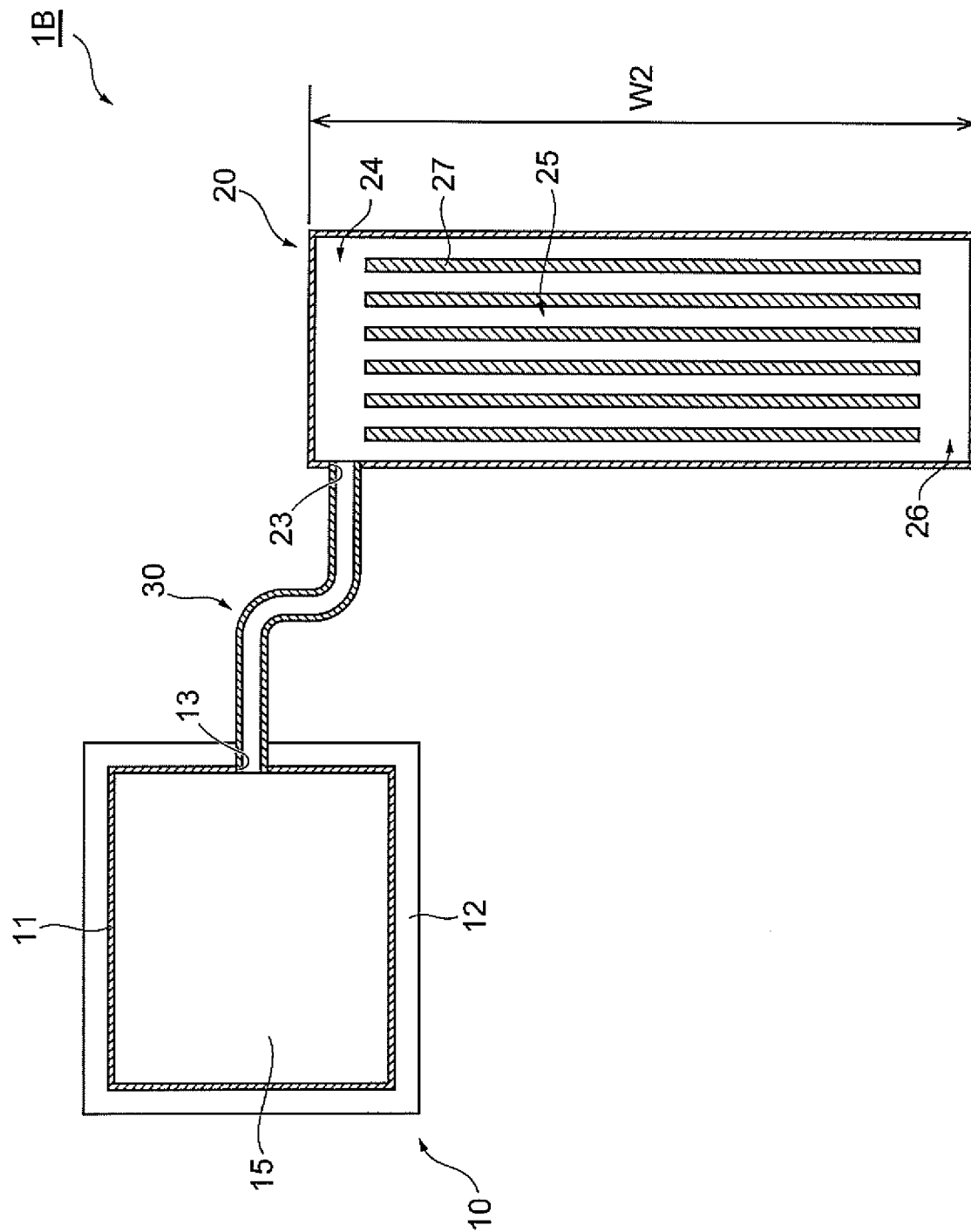
[図4]

図4



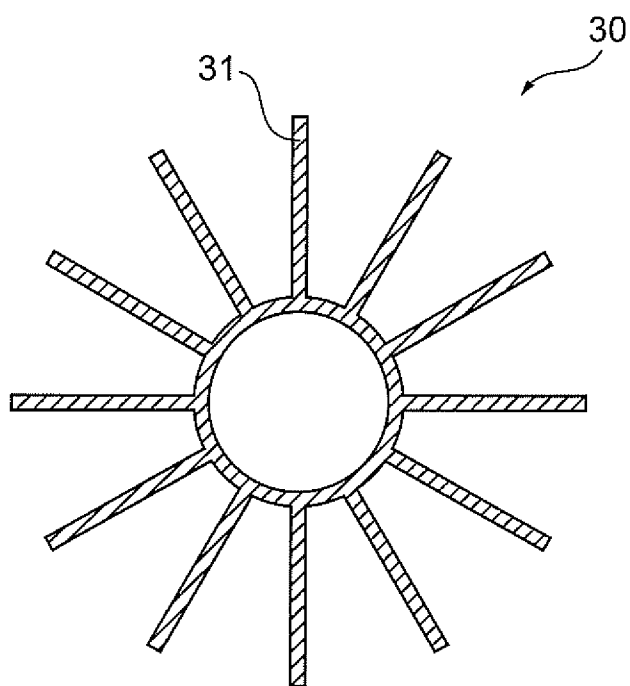
[図5]

図5



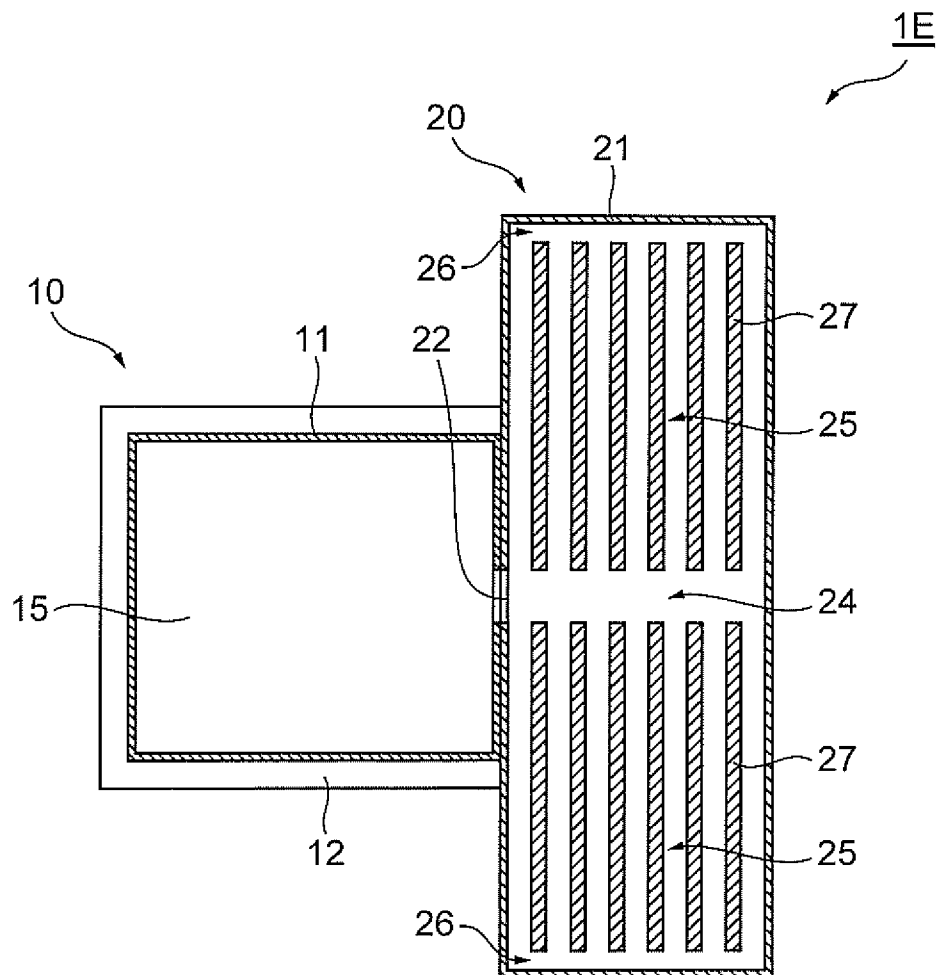
[図8]

図8



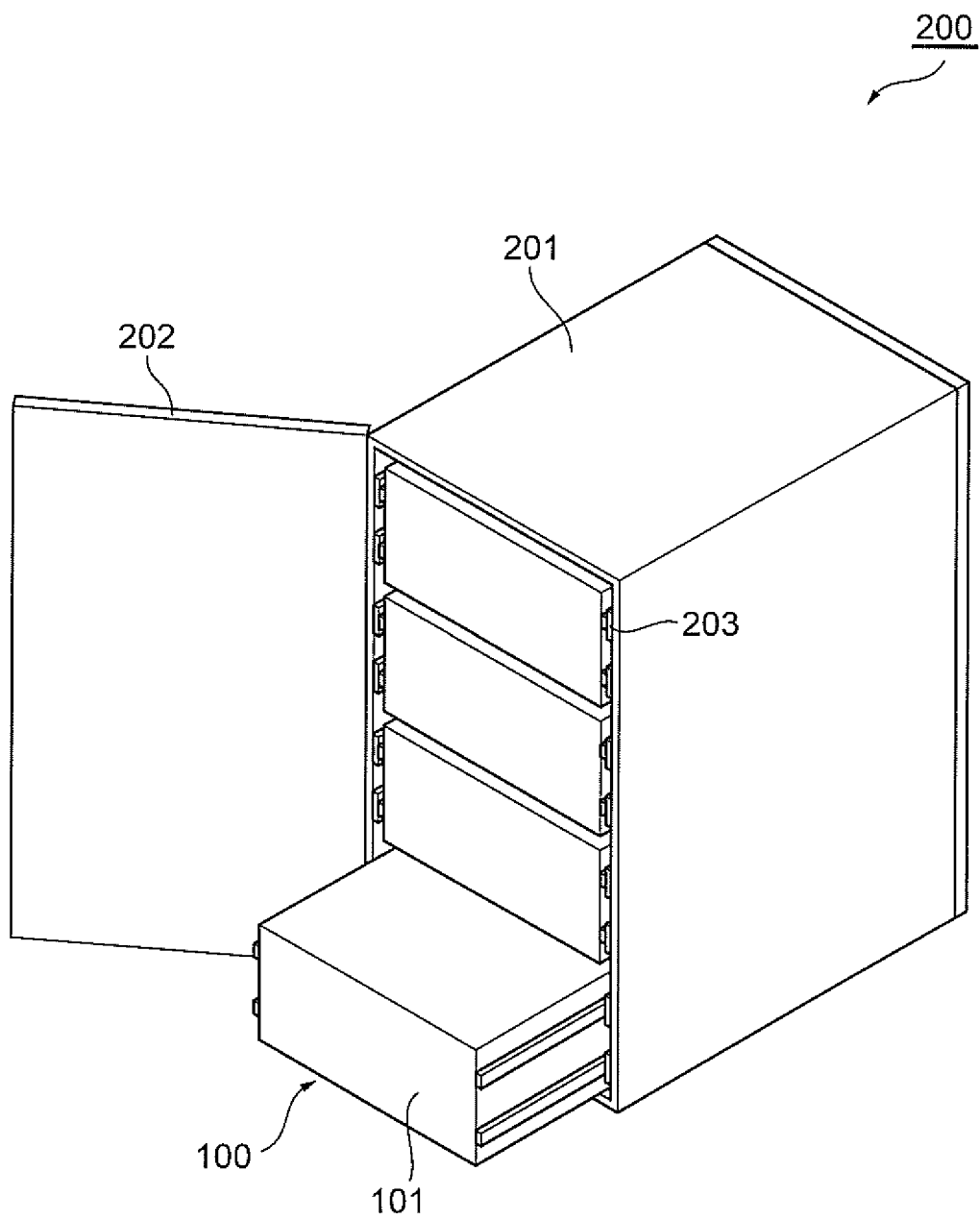
[図9]

図9



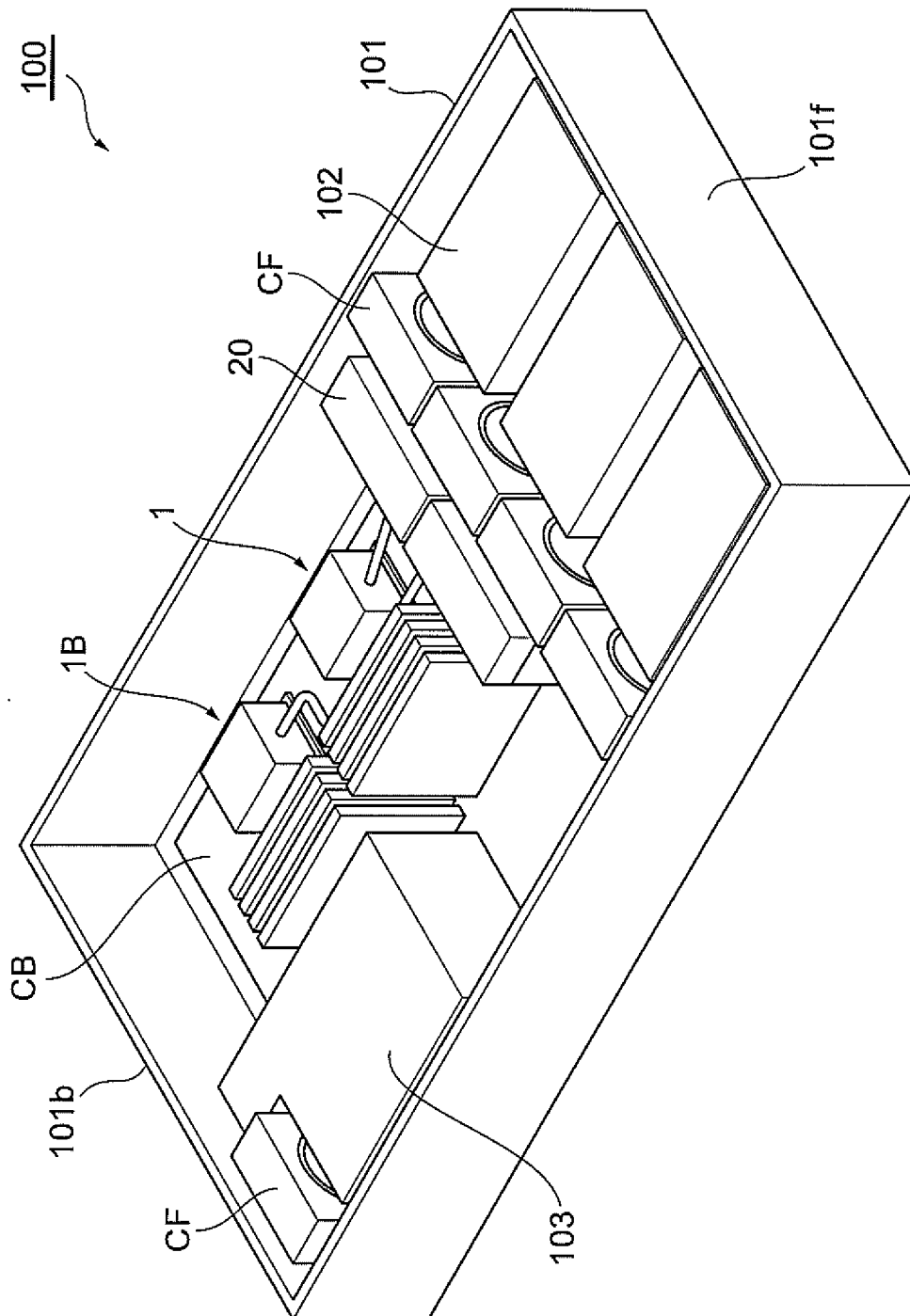
[図10]

図10



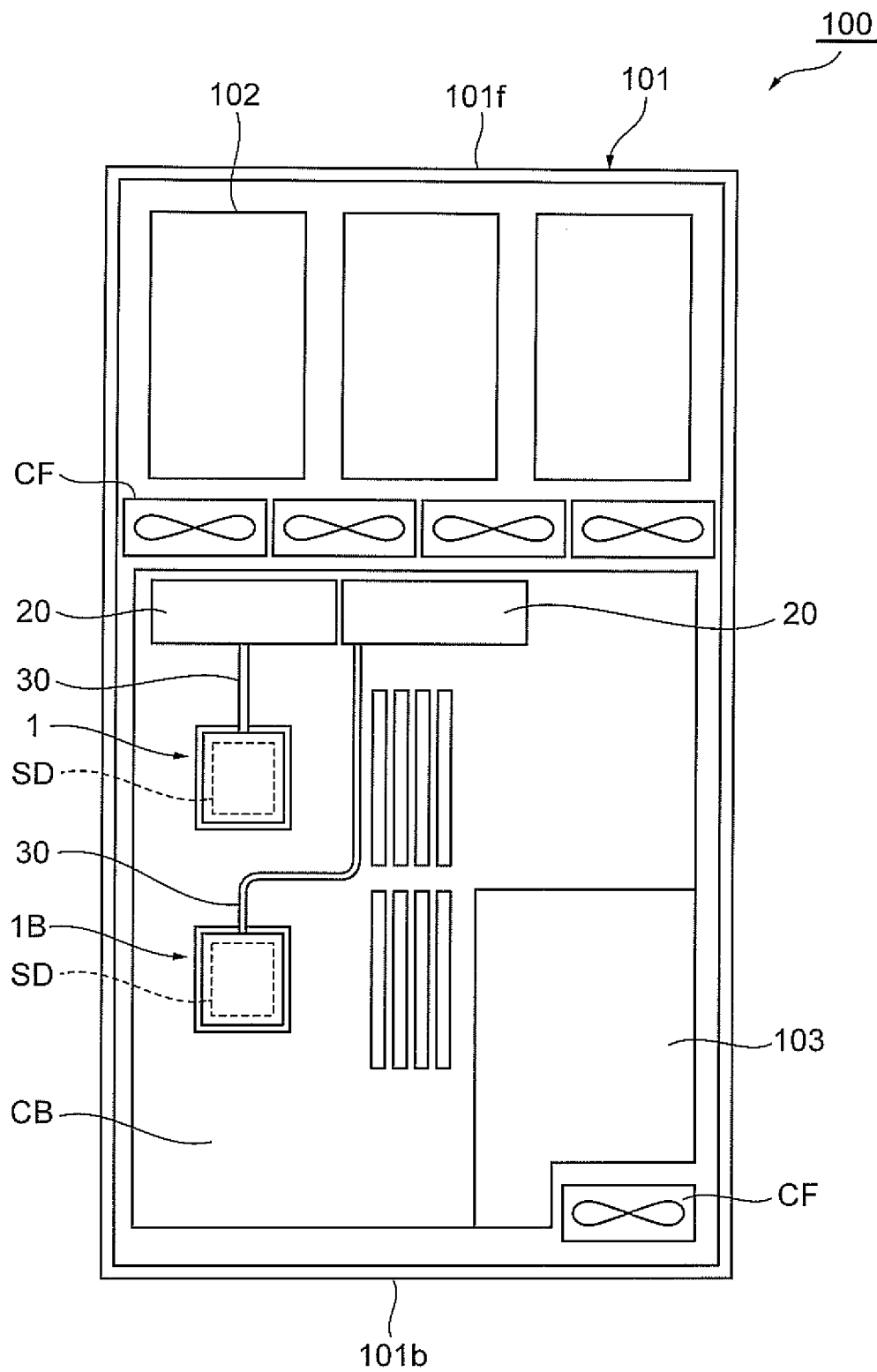
[図11]

図11



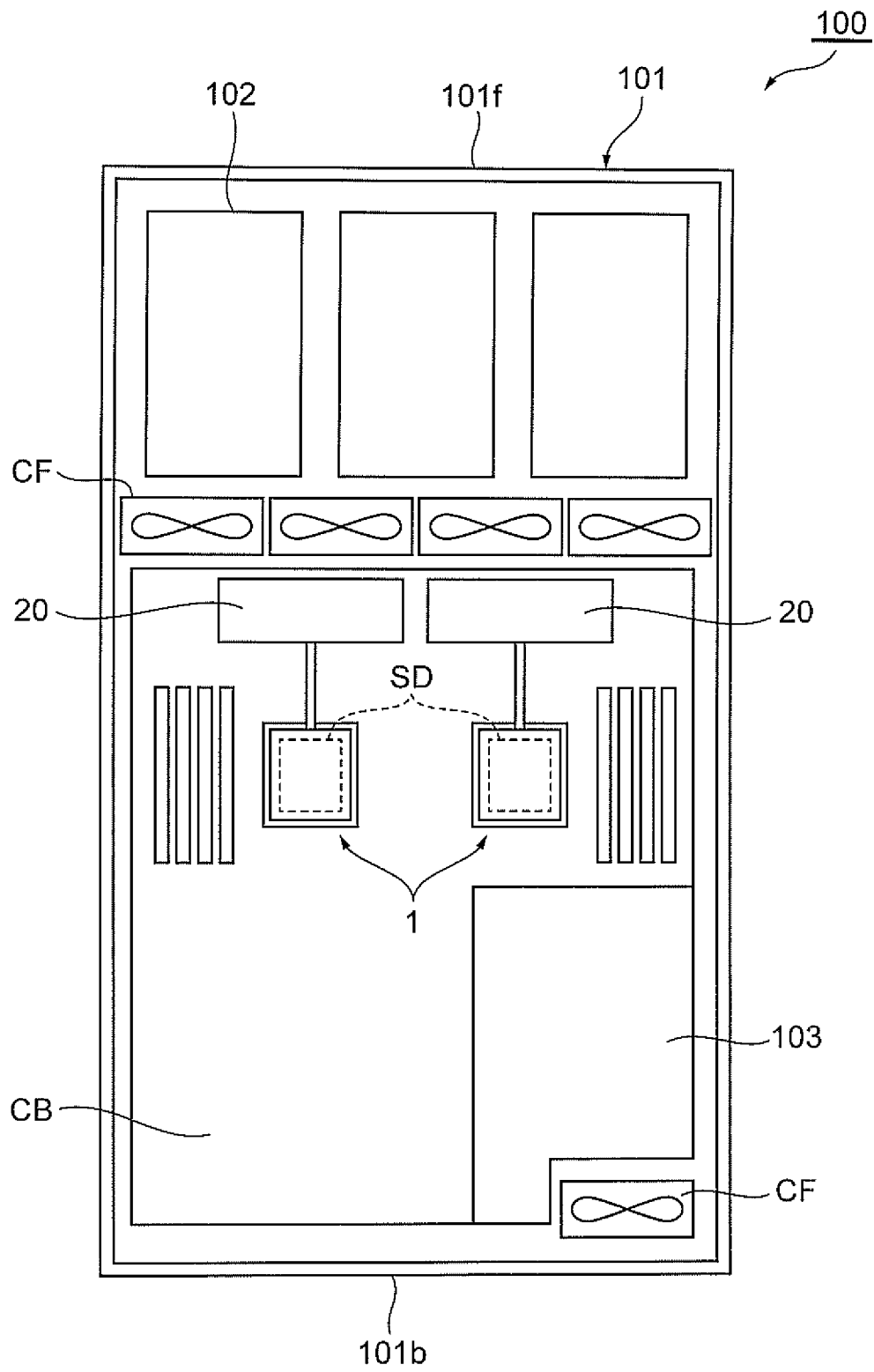
[図12]

図12



[図13]

図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/427(2006.01) i

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)

H01L23/427

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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.
X Y	JP 2012-229909 A (Google Inc.), 22 November 2012 (22.11.2012), paragraphs [0026] to [0051]; fig. 2 to 12 & US 2012/0268877 A1 & EP 002518585 A2 & DE 202012101335 U & CN 202632192 U & NL 002008688 A	1-6, 8, 9, 11 7, 10
Y	JP 2009-079854 A (Daikin Industries, Ltd.), 16 April 2009 (16.04.2009), paragraph [0082]; fig. 7 (Family: none)	7
Y	JP 2010-080507 A (Hitachi, Ltd.), 08 April 2010 (08.04.2010), paragraphs [0042] to [0044]; fig. 8 (Family: none)	10

☐ 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

"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
25 March, 2014 (25.03.14)

Date of mailing of the international search report
01 April, 2014 (01.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01L23/427(2006.01)i			
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）） Int.Cl. H01L23/427			
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	
X Y	JP 2012-229909 A（グーグル・インコーポレーテッド）2012.11.22, 段落【0026】-【0051】、第2-12図 & US 2012/0268877 A1 & EP 002518585 A2 & DE 202012101335 U & CN 202632192 U & NL 002008688 A	1-6, 8, 9, 11 7, 10	
Y	JP 2009-079854 A（ダイキン工業株式会社）2009.04.16, 段落【0082】、第7図（ファミリーなし）	7	
Y	JP 2010-080507 A（株式会社日立製作所）2010.04.08, 段落【0042】-【0044】、第8図（ファミリーなし）	10	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ 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 「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矛盾するものではなく、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 25.03.2014		国際調査報告の発送日 01.04.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 小山 和俊 電話番号 03-3581-1101 内線 3551	5D 9369