

(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  
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/018817 A1

(51) 国際特許分類:  
H01L 23/34 (2006.01) H01L 23/40 (2006.01)  
H01L 23/36 (2006.01)

Ryoji); 〒8190192 福岡県福岡市西区今宿東一丁目1番1号メルコセミコンダクタエンジニアリング株式会社内 Fukuoka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/028186

(22) 国際出願日: 2020年7月21日(21.07.2020)

(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: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).

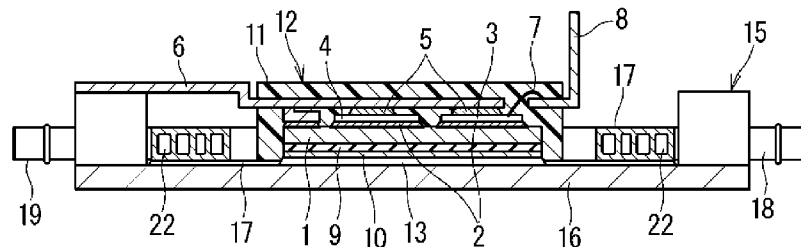
(72) 発明者: 山本 忠嗣(YAMAMOTO Tadatsugu); 〒8190192 福岡県福岡市西区今宿東一丁目1番1号メルコセミコンダクタエンジニアリング株式会社内 Fukuoka (JP). 村井 亮司(MURAI

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区域見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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置



(57) Abstract: The present invention effectively dissipates the heat of a semiconductor device while keeping the height of the semiconductor device low. A semiconductor device comprises a cooler that cools down a semiconductor module. The semiconductor module comprises a metal block, a semiconductor element, a terminal to be connected to the semiconductor element, and a resin that covers a part of the terminal, the metal block, and the semiconductor element. The cooler comprises a metal base that is in contact with the bottom face of the semiconductor module and that includes the semiconductor module in plan view, and a cooling pipe that is disposed on the top surface of the metal base, and that cools the semiconductor module. The cooling pipe surrounds at least a part of the semiconductor module in plan view.

(57) 要約: 半導体装置の高さを低く抑えつつ、半導体装置の放熱を効果的に行う。半導体装置は、半導体モジュールを冷却する冷却器を備え、半導体モジュールは、金属ブロックと、半導体素子と、半導体素子に接続される端子と、端子の一部、金属ブロック、半導体素子を覆う樹脂とを備え、冷却器は、半導体モジュールの下面に接触し、平面視において半導体モジュールを含む金属ベースと、金属ベースの上面に配置され、半導体モジュールを冷却する冷却配管とを備え、冷却配管は、平面視において半導体モジュールを少なくとも一部囲む。

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

## 明 細 書

**発明の名称：**半導体装置

### 技術分野

[0001] 本願明細書に開示される技術は、半導体装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] たとえば特許文献1には、冷却器に接合された半導体モジュールを有する半導体装置が開示されている。当該半導体モジュールは、モールド樹脂の下面から露出する金属ブロックを介して冷却器と接触し、生じる熱を放熱する。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-222000号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に示される技術では、アルミなどで形成される水冷のための冷却器は、半導体装置の下面に配置される。そのため、半導体装置の構造全体の高さが増すという問題がある。

[0005] 本願明細書に開示される技術は、以上に記載されたような問題を鑑みてなされたものであり、半導体装置の高さを低く抑えつつ、半導体装置の放熱を効果的に行うための技術である。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 本願明細書に開示される技術の第1の態様である半導体装置は、半導体モジュールと、前記半導体モジュールを冷却する冷却器とを備え、前記半導体モジュールは、金属ブロックと、前記金属ブロックの上面に設けられる半導体素子と、前記半導体素子に接続される端子と、前記端子の一部、前記金属ブロックおよび前記半導体素子を覆う樹脂とを備え、前記冷却器は、前記半導体モジュールの下面に接触しつつ、平面視において前記半導体モジュール

を含む領域に設けられる金属ベースと、前記金属ベースの上面に配置され、かつ、前記半導体モジュールを冷却するための冷媒を循環させる冷却配管とを備え、前記冷却配管は、平面視において前記半導体モジュールを少なくとも一部囲んで設けられる。

### 発明の効果

[0007] 本願明細書に開示される技術の少なくとも第1の態様によれば、冷却器の冷却配管が平面視で半導体モジュールを囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。

[0008] また、本願明細書に開示される技術に関連する目的と、特徴と、局面と、利点とは、以下に示される詳細な説明と添付図面とによって、さらに明白となる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図2]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図3]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図4]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図5]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図6]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図7]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図8]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図9]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図10]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図11]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図12]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図13]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図14]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図15]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図16]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図17]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図18]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図19]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図20]モールド樹脂の側面において面一となっていない場合の、リードフォーミングの例を示す図である。

[図21]モールド樹脂の上面および側面において面一となっている場合の、リードフォーミングの例を示す図である。

[図22]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図23]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図24]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図25]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図で

ある。

[図26]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図27]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図28]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図29]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図30]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図31]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図32]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図33]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図34]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図35]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図36]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図37]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図38]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図39]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図40]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図41]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図で

ある。

[図42]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図43]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図44]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図45]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図46]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

[図47]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。

[図48]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。

[図49]実施の形態に関する、半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[図50]冷却器における冷却水の循環の流れを概略的に示す図である。

### **発明を実施するための形態**

[0010] 以下、添付される図面を参照しながら実施の形態について説明する。以下の実施の形態では、技術の説明のために詳細な特徴なども示されるが、それらは例示であり、実施の形態が実施可能となるためにそれらすべてが必ずしも必須の特徴ではない。

[0011] なお、図面は概略的に示されるものであり、説明の便宜のため、適宜、構成の省略、または、構成の簡略化が図面においてなされるものである。また、異なる図面にそれぞれ示される構成などの大きさおよび位置の相互関係は、必ずしも正確に記載されるものではなく、適宜変更され得るものである。また、断面図ではない平面図などの図面においても、実施の形態の内容を理解することを容易にするために、ハッチングが付される場合がある。

[0012] また、以下に示される説明では、同様の構成要素には同じ符号を付して図

示し、それらの名称と機能とについても同様のものとする。したがって、それらについての詳細な説明を、重複を避けるために省略する場合がある。

[0013] また、以下に記載される説明において、ある構成要素を「備える」、「含む」または「有する」などと記載される場合、特に断らない限りは、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0014] また、以下に記載される説明において、「第1の」または「第2の」などの序数が用いられる場合があっても、これらの用語は、実施の形態の内容を理解することを容易にするために便宜上用いられるものであり、これらの序数によって生じ得る順序などに限定されるものではない。

[0015] また、以下に記載される説明において、等しい状態であることを示す表現、たとえば、「同一」、「等しい」、「均一」または「均質」などは、特に断らない限りは、厳密に等しい状態であることを示す場合、および、公差または同程度の機能が得られる範囲において差が生じている場合を含むものとする。

[0016] また、以下に記載される説明において、「上」、「下」、「左」、「右」、「側」、「底」、「表」または「裏」などの特定の位置または方向を意味する用語が用いられる場合があっても、これらの用語は、実施の形態の内容を理解することを容易にするために便宜上用いられるものであり、実際に実施される際の位置または方向とは関係しないものである。

[0017] また、以下に記載される説明において、「…の上面」または「…の下面」などと記載される場合、対象となる構成要素の上面自体または下面自体に加えて、対象となる構成要素の上面または下面に他の構成要素が形成された状態も含むものとする。すなわち、たとえば、「甲の上面に設けられる乙」と記載される場合、甲と乙との間に別の構成要素「丙」が介在することを妨げるものではない。

[0018] <第1の実施の形態>

以下、本実施の形態に関する半導体装置について説明する。説明の便宜上、まず、発明者が知っている半導体装置の構成に関する技術について説明す

る。

[0019] 図47は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図48は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図49は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0020] 図47、図48および図49に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12と、水冷によって樹脂パッケージモジュール12を冷却する冷却器15Kとを備える。

[0021] 樹脂パッケージモジュール12は、銅などで形成された金属ブロック1と、金属ブロック1の上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子3と、金属ブロック1の上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子4と、半導体素子3の上面および半導体素子4の上面にはんだなどのロウ材5を介して接合された銅などで形成された主端子6と、半導体素子3にアルミなどで形成されたワイヤーボンド7を介して接続された銅などで形成された信号端子8と、金属ブロック1の下面に設けられたエポキシ樹脂またはセラミックなどで形成された絶縁材9と、絶縁材9の下面に設けられた銅などで形成された金属板10と、主端子6の一部、信号端子8の一部および金属板10の下面を露出させつつ、上記の構成を封入して形成されたモールド樹脂11とを備える。ここで、主端子6と信号端子8とは、それぞれモールド樹脂11の側面から突出する。

[0022] アルミなどで形成された冷却器15Kは、平面視で樹脂パッケージモジュール12と重なる位置に配置されつつ、樹脂パッケージモジュール12の下面、具体的には、金属板10の下面に接触して配置される。

[0023] 冷却器15Kは、金属板10の下面に放熱グリス13を介して接触する銅などで形成された金属ベース14と、金属ベース14内の冷却配管に冷却水22を導入する冷却水導入ニップル18と、金属ベース14内の冷却配管から冷却水22を排出する冷却水排水ニップル19とを備える。

[0024] 図50は、冷却器15Kにおける冷却水22の循環の流れを概略的に示す図である。図50に例が示されるように、冷却器15Kは、金属ベース14内の冷却配管に冷却水22を循環させる。そうすることによって、冷却器15Kは、金属ベース14を介して樹脂パッケージモジュール12を冷却する。

[0025] <半導体装置の構成について>

図1は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図2は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図3は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0026] 図1、図2および図3に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12と、水冷によって樹脂パッケージモジュール12を冷却する冷却器15とを備える。

[0027] 樹脂パッケージモジュール12は、銅などで形成された金属ブロック1と、金属ブロック1の上面上にはんだなどのろう材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子3と、金属ブロック1の上面上にはんだなどのろう材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子4と、半導体素子3の上面上および半導体素子4の上面上にはんだなどのろう材5を介して接続された銅などで形成された主端子6と、半導体素子3にアルミなどで形成されたワイヤーボンド7を介して接続された銅などで形成された信号端子8と、金属ブロック1の下面に設けられたエポキシ樹脂またはセラミックなどで形成された絶縁材9と、絶縁材9の下面に設けられた銅などで形成された金属板10と、主端子6の一部、信号端子8の一部および金属板10の下面を露出させつつ、上記の構成を封入して形成されたモールド樹脂11とを備える。ここで、主端子6と信号端子8とは、それぞれモールド樹脂11の側面から突出する。

[0028] アルミなどで形成された冷却器15は、平面視で樹脂パッケージモジュール12を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール12の下面、具体的には、金

属板 10 の下面に接触して配置される。

[0029] 冷却器 15 は、平面視において樹脂パッケージモジュール 12 と重なる領域よりも大きな領域に設けられ、かつ、金属板 10 の下面に放熱グリス 13 を介して接触する銅などで形成された金属ベース 16 と、金属ベース 16 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周囲を囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 17 と、冷却配管 17 に冷却水 22 を導入する冷却水導入ニップル 18 と、冷却配管 17 から冷却水 22 を排出する冷却水排水ニップル 19 とを備える。なお、本実施の形態における冷却器 15 は、冷却配管 17 において循環する冷却水 22 の水冷によって樹脂パッケージモジュール 12 を冷却するものであるが、冷却配管 17 において循環する気体の空冷などの他の冷媒を用いる方法によって樹脂パッケージモジュール 12 を冷却するものであってもよい。このことは、他の実施の形態における冷却器についても同様である。

[0030] 図 4 は、冷却器 15 における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 4 に例が示されるように、冷却器 15 は、冷却配管 17 に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する。

[0031] 具体的には、冷却器 15 は、樹脂パッケージモジュール 12 における金属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0032] なお、半導体素子 3 は、たとえば、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (insulated gate bipolar transistor、すなわち、IGBT) または金属-酸化膜-半導体電界効果トランジスタ (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor、すなわち、MOSFET) などである。また、半導体素子 4 は、たとえば、ダイオードなどである。

[0033] また、半導体素子 3 および半導体素子 4 に用いられる半導体としては、シ

リコン (S i) のほかに、たとえば、シリコンカーバイド (S i C) などのワイドバンドギャップ半導体が想定される。ここで、ワイドバンドギャップ半導体とは、一般に、およそ 2 e V 以上の禁制帯幅をもつ半導体を指し、窒化ガリウム (G a N) などの 3 族窒化物、酸化亜鉛 (Z n O) などの 2 族酸化物、セレン化亜鉛 (Z n S e) などの 2 族カルコゲナイド、ダイヤモンドおよび炭化珪素などが知られる。本実施形態では炭化珪素を用いた場合を説明するが、他の半導体およびワイドバンドギャップ半導体であっても、同様に適用できる。

[0034] 上記のような構成によれば、冷却器 15 の冷却配管 17 が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。

[0035] <第 2 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0036] <半導体装置の構成について>

図 5 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図 6 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図 7 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0037] 図 5、図 6 および図 7 に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール 12 と、水冷によって樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する冷却器 15 A とを備える。

[0038] アルミなどで形成された冷却器 15 A は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール 12 の下面、具体的には、金属板 10 の下面に接触して配置される。

[0039] 冷却器 15 A は、金属板 10 の下面に放熱グリス 13 を介して接触する銅

などで形成された金属ベース 16 と、金属ベース 16 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に（すなわち、一部の側面のみを）囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 17 A と、冷却配管 17 A に冷却水 22 を導入する冷却水導入ニップル 18 と、冷却配管 17 A から冷却水 22 を排出する 2 つの冷却水排水ニップル 19 A とを備える。

[0040] 冷却水導入ニップル 18 は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲む冷却配管 17 A の直線部に設けられる。また、2 つの冷却水排水ニップル 19 A は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲む冷却配管 17 A の両端に設けられる。

[0041] 図 8 は、冷却器 15 A における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 8 に例が示されるように、冷却器 15 A は、冷却配管 17 A に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 A は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する。

[0042] 具体的には、冷却器 15 A は、樹脂パッケージモジュール 12 における金属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 A において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0043] 上記のような構成によれば、冷却器 15 A の冷却配管 17 A が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却配管 17 A が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。

[0044] <第 3 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省

略するものとする。

[0045] <半導体装置の構成について>

図9は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図10は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図11は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0046] 図9、図10および図11に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12と、水冷によって樹脂パッケージモジュール12を冷却する冷却器15Bとを備える。

[0047] アルミなどで形成された冷却器15Bは、平面視で樹脂パッケージモジュール12を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール12の下面、具体的には、金属板10の下面に接触して配置される。

[0048] 冷却器15Bは、金属板10の下面に放熱グリス13を介して接触する銅などで形成された金属ベース16と、金属ベース16の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール12を部分的に囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管17Bと、冷却配管17Bに冷却水22を導入する冷却水導入ニップル18Bと、冷却配管17Bから冷却水22を排出する冷却水排水ニップル19Bとを備える。

[0049] 冷却水導入ニップル18Bは、平面視で樹脂パッケージモジュール12を部分的に囲む冷却配管17Bの長手方向の一端に設けられる。また、冷却水排水ニップル19Bは、平面視で樹脂パッケージモジュール12を部分的に囲む冷却配管17Bの長手方向の他端に設けられる。

[0050] 図12は、冷却器15Bにおける冷却水22の循環の流れを概略的に示す図である。図12に例が示されるように、冷却器15Bは、冷却配管17Bに冷却水22を循環させる。そうすることによって、冷却器15Bは、金属ベース16を介して樹脂パッケージモジュール12を冷却する。

[0051] 具体的には、冷却器15Bは、樹脂パッケージモジュール12における金属ブロック1、絶縁材9、金属板10、放熱グリス13を介して伝わる、半

導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 B において循環する冷却水 22 によって放熱する。なお、図 12 に例が示された冷却配管 17 B の形状は、他の実施の形態においても適用可能である。

[0052] 上記のような構成によれば、冷却器 15 B の冷却配管 17 B が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却配管 17 B が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。また、冷却配管 17 B の直線部にニップルが設けられていないため、製造コストの抑制または組み立て性の向上が可能となる。

[0053] <第 4 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0054] <半導体装置の構成について>

図 13 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図 14 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図 15 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0055] 図 13、図 14 および図 15 に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール 12 と、水冷によって樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する冷却器 15 C とを備える。

[0056] アルミなどで形成された冷却器 15 C は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール 12 の下面、具体的には、金属板 10 の下面に接触して配置される。

[0057] 冷却器 15 C は、金属板 10 の下面に放熱グリス 13 を介して接触する銅

などで形成された金属ベース 16 と、金属ベース 16 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の一対の対向する側面を囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 17 C と、冷却配管 17 C に冷却水 22 を導入する冷却水導入ニップル 18 C と、冷却配管 17 C から冷却水 22 を排出する冷却水排水ニップル 19 C とを備える。

[0058] 冷却配管 17 C は、互いに対向する辺に沿う直線状の配管であり、2箇所に分かれて配置される。そして、冷却水導入ニップル 18 C は、それぞれの冷却配管 17 C の一端に設けられる。また、冷却水排水ニップル 19 C は、それぞれの冷却配管 17 C の他端に設けられる。

[0059] 図 16 は、冷却器 15 C における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 16 に例が示されるように、冷却器 15 C は、冷却配管 17 C に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 C は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する。

[0060] 具体的には、冷却器 15 C は、樹脂パッケージモジュール 12 における金属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 C において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0061] 上記のような構成によれば、冷却器 15 C の冷却配管 17 C が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の一対の対向する側面のみを囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却配管 17 C が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。

[0062] <第 5 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省

略するものとする。

[0063] <半導体装置の構成について>

図 1 7 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図 1 8 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図 1 9 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0064] 図 1 7、図 1 8 および図 1 9 に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール 1 2 と、水冷によって樹脂パッケージモジュール 1 2 を冷却する冷却器 1 5 D とを備える。

[0065] アルミなどで形成された冷却器 1 5 D は、平面視で樹脂パッケージモジュール 1 2 を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール 1 2 の下面、具体的には、金属板 1 0 の下面に接触して配置される。

[0066] 冷却器 1 5 D は、金属板 1 0 の下面に放熱グリス 1 3 を介して接触する銅などで形成された金属ベース 1 6 と、金属ベース 1 6 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 1 2 の全周囲を囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 1 7 D と、冷却配管 1 7 D に冷却水 2 2 を導入する冷却水導入ニップル 1 8 と、冷却配管 1 7 D から冷却水 2 2 を排出する冷却水排水ニップル 1 9 とを備える。

[0067] ここで、冷却配管 1 7 D は、樹脂パッケージモジュール 1 2 を囲む内側の側面が樹脂パッケージモジュール 1 2 の側面に放熱グリス 1 3（図示せず）などを介して接触している。

[0068] なお、冷却配管 1 7 D の内側の側面が樹脂パッケージモジュール 1 2 の側面と接触することで、樹脂パッケージモジュール 1 2 の側面から突出する主端子 6 および信号端子 8 の円面距離および空間距離の確保が難しくなる場合には、これらの端子を樹脂パッケージモジュール 1 2 の上面から突出するように変更がなされてもよい。

[0069] その場合の主端子 6 および信号端子 8 のリードフォーミングでは、主端子 6 および信号端子 8 がモールド樹脂 1 1 の上面の角部において露出し、かつ

、モールド樹脂 11 の上面と面一になるように上面に沿って延びるように形成される。そして、主端子 6 および信号端子 8 が、モールド樹脂 11 の上面の角部から、モールド樹脂 11 の側面に面一になるようにモールド樹脂 11 の上方へ延びるように形成される。

[0070] 図 20 は、モールド樹脂 11 の側面において面一となっていない場合の、リードフォーミングの例を示す図である。また、図 21 は、モールド樹脂 11 の上面および側面において面一となっている場合の、リードフォーミングの例を示す図である。

[0071] 図 20 に示される場合では、主端子 6 および信号端子 8 は、上方に配置されたリードフォーミング金型 20 と下方に配置されたリードフォーミング金型 21 とによって曲げられるが、いずれもモールド樹脂 11 の側面とは面一の関係にはなっていない。

[0072] 一方で、図 21 に示される場合では、主端子 6 および信号端子 8 は、上方に配置されたリードフォーミング金型 20 A と下方に配置されたリードフォーミング金型 21 A とによって曲げられ、いずれもモールド樹脂 11 の側面と面一の間隔を維持しつつ上方へ延びるように形成されている。また、図 21 に示される場合では、曲げられた主端子 6 および信号端子 8 は、モールド樹脂 11 の上面とも面一となっている。

[0073] 図 22 は、冷却器 15 D における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 22 に例が示されるように、冷却器 15 D は、冷却配管 17 D に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 D は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する。

[0074] 具体的には、冷却器 15 D は、樹脂パッケージモジュール 12 における金属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 D において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0075] また、冷却器 15 D は、樹脂パッケージモジュール 12 における金属ブロ

ック 1、モールド樹脂 11 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17D において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0076] 上記のような構成によれば、冷却器 15D の冷却配管 17D が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却器 15D が、樹脂パッケージモジュール 12 に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。また、主端子 6 および信号端子 8 をモールド樹脂 11 の上面から突出させる構成であれば、半導体素子 3 および半導体素子 4 に印加される電圧の許容範囲が拡張されるため、半導体装置の品質が向上する。

[0077] <第 6 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0078] <半導体装置の構成について>

図 23 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図 24 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図 25 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0079] 図 23、図 24 および図 25 に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール 12 と、水冷によって樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する冷却器 15E とを備える。

[0080] アルミなどで形成された冷却器 15E は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール 12 の下面、具体的には、金属板 10 の下面に接触して配置される。

- [0081] 冷却器 15 E は、金属板 10 の下面に放熱グリス 13 を介して接触する銅などで形成された金属ベース 16 と、金属ベース 16 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 17 E と、冷却配管 17 E に冷却水 22 を導入する冷却水導入ニップル 18 と、冷却配管 17 E から冷却水 22 を排出する 2 つの冷却水排水ニップル 19 A とを備える。
- [0082] 冷却水導入ニップル 18 は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲む冷却配管 17 E の直線部に設けられる。また、2 つの冷却水排水ニップル 19 A は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲む冷却配管 17 E の両端に設けられる。
- [0083] ここで、冷却配管 17 E は、樹脂パッケージモジュール 12 を囲む内側の側面が樹脂パッケージモジュール 12 の側面に放熱グリス 13（図示せず）などを介して接触している。
- [0084] なお、冷却配管 17 E の内側の側面が樹脂パッケージモジュール 12 の側面と接触することで、樹脂パッケージモジュール 12 の側面から突出する信号端子 8 の円面距離および空間距離の確保が難しくなる場合には、これらの端子を樹脂パッケージモジュール 12 の上面から突出するように変更がなされてもよい。
- [0085] その場合の信号端子 8 のリードフォーミングでは、信号端子 8 がモールド樹脂 11 の上面の角部において露出し、かつ、モールド樹脂 11 の上面と面一になるように上面に沿って延びるように形成される。そして、信号端子 8 が、モールド樹脂 11 の上面の角部から、モールド樹脂 11 の側面に面一になるようにモールド樹脂 11 の上方へ延びるように形成される。
- [0086] 図 26 は、冷却器 15 E における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 26 に例が示されるように、冷却器 15 E は、冷却配管 17 E に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 E は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 を冷却する。
- [0087] 具体的には、冷却器 15 E は、樹脂パッケージモジュール 12 における金

属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 E において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0088] また、冷却器 15 E は、樹脂パッケージモジュール 12 における金属ブロック 1、モールド樹脂 11 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17 E において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0089] 上記のような構成によれば、冷却器 15 E の冷却配管 17 E が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を部分的に囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却器 15 E が、樹脂パッケージモジュール 12 に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。また、信号端子 8 をモールド樹脂 11 の上面から突出させる構成であれば、半導体素子 3 および半導体素子 4 に印加される電圧の許容範囲が拡張されるため、半導体装置の品質が向上する。また、冷却配管 17 E が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。

[0090] <第 7 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0091] <半導体装置の構成について>

図 27 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図 28 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図 29 は、本実施の形

態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0092] 図27、図28および図29に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12Fと、水冷によって樹脂パッケージモジュール12Fを冷却する冷却器15Dとを備える。

[0093] 樹脂パッケージモジュール12Fは、銅などで形成された金属ブロック1Fと、金属ブロック1Fの上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子3と、金属ブロック1Fの上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子4と、半導体素子3の上面および半導体素子4の上面にはんだなどのロウ材5を介して接合された銅などで形成された主端子6と、半導体素子3にアルミなどで形成されたワイヤーボンド7を介して接続された銅などで形成された信号端子8と、主端子6の一部および信号端子8の一部を露出させつつ、上記の構成を封入して形成されたモールド樹脂11とを備える。また、金属ブロック1Fの下面は、モールド樹脂11に覆われる。

[0094] アルミなどで形成された冷却器15Dは、平面視で樹脂パッケージモジュール12Fを囲みつつ、樹脂パッケージモジュール12Fの下面、具体的には、モールド樹脂11の下面に接触して配置される。

[0095] 冷却器15Dは、モールド樹脂11の下面に放熱グリス13を介して接触する銅などで形成された金属ベース16と、金属ベース16の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール12Fの全周囲を囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管17Dと、冷却配管17Dに冷却水22を導入する冷却水導入ニップル18と、冷却配管17Dから冷却水22を排出する冷却水排水ニップル19とを備える。

[0096] ここで、冷却配管17Dは、樹脂パッケージモジュール12Fを囲む内側の側面が樹脂パッケージモジュール12Fの側面に放熱グリス13(図示せず)などを介して接触している。

[0097] なお、本実施の形態では、樹脂パッケージモジュール12Fを冷却するための冷却器として冷却器15Dが設けられているが、他の実施の形態で示さ

れた冷却器 15 などが代わりに設けられてもよい。

[0098] 図 30 は、冷却器 15 D における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 30 に例が示されるように、冷却器 15 D は、冷却配管 17 D に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 D は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 F を冷却する。

[0099] 具体的には、冷却器 15 D は、樹脂パッケージモジュール 12 F における金属ブロック 1 F、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 D において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0100] また、冷却器 15 D は、樹脂パッケージモジュール 12 F における金属ブロック 1 F、モールド樹脂 11 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 F に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17 D において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0101] 上記のような構成によれば、冷却器 15 D の冷却配管 17 D が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 F を囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却器 15 D が、樹脂パッケージモジュール 12 F に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。また、金属ブロック 1 F の下面がモールド樹脂 11 に覆われることで樹脂パッケージモジュール 12 F が十分な絶縁耐圧を有するため、樹脂パッケージモジュール 12 F が別途絶縁材を有する必要がない。よって、半導体装置の組み立て性を向上させ、かつ、製造コストを抑制することができる。

[0102] <第 8 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0103] <半導体装置の構成について>

図31は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図32は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図33は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0104] 図31、図32および図33に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12Fと、水冷によって樹脂パッケージモジュール12Fを冷却する冷却器15Eとを備える。

[0105] 樹脂パッケージモジュール12Fは、金属ブロック1Fと、半導体素子3と、半導体素子4と、主端子6と、信号端子8と、モールド樹脂11とを備える。

[0106] 冷却器15Eは、平面視で樹脂パッケージモジュール12Fを囲みつつ、樹脂パッケージモジュール12Fの下面、具体的には、モールド樹脂11の下面に接触して配置される。

[0107] 冷却器15Eは、金属ベース16と、冷却配管17Eと、冷却水導入ニップル18と、2つの冷却水排水ニップル19Aとを備える。

[0108] 冷却水導入ニップル18は、平面視で樹脂パッケージモジュール12Fを部分的に囲む冷却配管17Eの直線部に設けられる。また、2つの冷却水排水ニップル19Aは、平面視で樹脂パッケージモジュール12Fを部分的に囲む冷却配管17Eの両端に設けられる。

[0109] ここで、冷却配管17Eは、樹脂パッケージモジュール12Fを囲む内側の側面が樹脂パッケージモジュール12Fの側面に放熱グリス13（図示せず）などを介して接触している。

[0110] なお、本実施の形態では、樹脂パッケージモジュール12Fを冷却するための冷却器として冷却器15Eが設けられているが、他の実施の形態で示された冷却器15Aなどが代わりに設けられてもよい。

[0111] 図34は、冷却器15Eにおける冷却水22の循環の流れを概略的に示す図である。図34に例が示されるように、冷却器15Eは、冷却配管17E

に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 E は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 F を冷却する。

[0112] 具体的には、冷却器 15 E は、樹脂パッケージモジュール 12 F における金属ブロック 1、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 E において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0113] また、冷却器 15 E は、樹脂パッケージモジュール 12 F における金属ブロック 1、モールド樹脂 11 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 F に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17 E において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0114] 上記のような構成によれば、冷却器 15 E の冷却配管 17 E が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 F を部分的に囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却器 15 E が、樹脂パッケージモジュール 12 F に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。また、金属ブロック 1 F の下面がモールド樹脂 11 に覆われることで樹脂パッケージモジュール 12 F が十分な絶縁耐圧を有するため、樹脂パッケージモジュール 12 F が別途絶縁材を有する必要性がない。よって、半導体装置の組み立て性を向上させ、また、製造コストを抑制することができる。

[0115] <第 9 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0116] <半導体装置の構成について>

図 35 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断

面図である。また、図 3 6 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図 3 7 は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0117] 図 3 5、図 3 6 および図 3 7 に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール 1 2 G と、水冷によって樹脂パッケージモジュール 1 2 G を冷却する冷却器 1 5 D とを備える。

[0118] 樹脂パッケージモジュール 1 2 G は、銅などで形成された金属ブロック 1 G と、金属ブロック 1 G の上面にはんだなどのロウ材 2 を介して接合されたシリコン (S i) などを含む半導体素子 3 と、金属ブロック 1 G の上面にはんだなどのロウ材 2 を介して接合されたシリコン (S i) などを含む半導体素子 4 と、半導体素子 3 の上面および半導体素子 4 の上面にはんだなどのロウ材 5 を介して接合された銅などで形成された主端子 6 と、半導体素子 3 にアルミなどで形成されたワイヤーボンド 7 を介して接続された銅などで形成された信号端子 8 と、金属ブロック 1 G の下面に設けられたエポキシ樹脂またはセラミックなどで形成された絶縁材 9 と、絶縁材 9 の下面に設けられた銅などで形成された金属板 1 0 G と、主端子 6 の一部、信号端子 8 の一部、金属板 1 0 G の側面および下面を露出させつつ、上記の構成を封入して形成されたモールド樹脂 1 1 とを備える。

[0119] アルミなどで形成された冷却器 1 5 D は、平面視で樹脂パッケージモジュール 1 2 G を囲みつつ、樹脂パッケージモジュール 1 2 G の下面、具体的には、金属板 1 0 G の下面に接触して配置される。

[0120] 冷却器 1 5 D は、金属板 1 0 G の下面に放熱グリス 1 3 を介して接触する銅などで形成された金属ベース 1 6 と、金属ベース 1 6 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 1 2 G の全周囲を囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 1 7 D と、冷却配管 1 7 D に冷却水 2 2 を導入する冷却水導入ニップル 1 8 と、冷却配管 1 7 D から冷却水 2 2 を排出する冷却水排水ニップル 1 9 とを備える。

[0121] ここで、冷却配管 1 7 D は、樹脂パッケージモジュール 1 2 G を囲む内側

の側面が金属板 10 G の側面に放熱グリス 13（図示せず）などを介して接触している。

[0122] 図 38 は、冷却器 15 D における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 38 に例が示されるように、冷却器 15 D は、冷却配管 17 D に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 D は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 G を冷却する。

[0123] 具体的には、冷却器 15 D は、樹脂パッケージモジュール 12 G における金属ブロック 1 G、絶縁材 9、金属板 10 G、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 D において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0124] また、冷却器 15 D は、樹脂パッケージモジュール 12 G における金属ブロック 1 G、絶縁材 9、金属板 10 G を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 G に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17 D において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0125] 上記のような構成によれば、冷却器 15 D の冷却配管 17 D が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 G を囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却器 15 D が、樹脂パッケージモジュール 12 G の金属板 10 G の側面に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。

[0126] <第 10 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0127] <半導体装置の構成について>

図39は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図40は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図41は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0128] 図39、図40および図41に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12Hと、水冷によって樹脂パッケージモジュール12Hを冷却する冷却器15Eとを備える。

[0129] 樹脂パッケージモジュール12Hは、銅などで形成された金属ブロック1Hと、金属ブロック1Hの上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子3と、金属ブロック1Hの上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子4と、半導体素子3の上面および半導体素子4の上面にはんだなどのロウ材5を介して接合された銅などで形成された主端子6と、半導体素子3にアルミなどで形成されたワイヤーボンド7を介して接続された銅などで形成された信号端子8と、金属ブロック1Hの下面に設けられたエポキシ樹脂またはセラミックなどで形成された絶縁材9と、絶縁材9の下面に設けられた銅などで形成された金属板10Hと、主端子6の一部、信号端子8の一部、金属板10Hの側面の一部（すなわち、冷却器15Eの冷却配管17Eに対向する側面）および下面を露出させつつ、上記の構成を封入して形成されたモールド樹脂11とを備える。

[0130] 冷却器15Eは、平面視で樹脂パッケージモジュール12Hを囲みつつ、樹脂パッケージモジュール12Hの下面、具体的には、金属板10Hの下面に接触して配置される。

[0131] 冷却器15Eは、金属板10Hの下面に放熱グリス13を介して接触する銅などで形成された金属ベース16と、冷却配管17Eと、冷却水導入ニップル18と、2つの冷却水排水ニップル19Aとを備える。

[0132] 冷却水導入ニップル18は、平面視で樹脂パッケージモジュール12Hを部分的に囲む冷却配管17Eの直線部に設けられる。また、2つの冷却水排

水ニップル 19 A は、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 H を部分的に囲む冷却配管 17 E の両端に設けられる。

[0133] ここで、冷却配管 17 E は、樹脂パッケージモジュール 12 H を囲む内側の側面が金属板 10 H の側面に放熱グリス 13（図示せず）などを介して接触している。

[0134] 図 4 2 は、冷却器 15 E における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 4 2 に例が示されるように、冷却器 15 E は、冷却配管 17 E に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 E は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 H を冷却する。

[0135] 具体的には、冷却器 15 E は、樹脂パッケージモジュール 12 H における金属ブロック 1 H、絶縁材 9、金属板 10 H、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 E において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0136] また、冷却器 15 E は、樹脂パッケージモジュール 12 H における金属ブロック 1 H、絶縁材 9、金属板 10 H を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 H に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17 E において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0137] 上記のような構成によれば、冷却器 15 E の冷却配管 17 E が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 H を部分的に囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却器 15 E が、樹脂パッケージモジュール 12 H の金属板 10 H の側面に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。また、冷却配管 17 E が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 H の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。

[0138] <第 11 の実施の形態>

本実施の形態に関する半導体装置について説明する。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態で説明された構成要素と同様の構成要素については同じ符号を付して図示し、その詳細な説明については適宜省略するものとする。

[0139] <半導体装置の構成について>

図43は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す断面図である。また、図44は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す他の方向からの断面図である。また、図45は、本実施の形態に関する半導体装置の構成の例を概略的に示す平面図である。

[0140] 図43、図44および図45に例が示されるように、半導体装置は、樹脂パッケージモジュール12Jと、水冷によって樹脂パッケージモジュール12Jを冷却する冷却器15Cとを備える。

[0141] 樹脂パッケージモジュール12Jは、銅などで形成された金属ブロック1Jと、金属ブロック1Jの上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子3と、金属ブロック1Jの上面にはんだなどのロウ材2を介して接合されたシリコン(Si)などを含む半導体素子4と、半導体素子3の上面および半導体素子4の上面にはんだなどのロウ材5を介して接合された銅などで形成された主端子6と、半導体素子3にアルミなどで形成されたワイヤーボンド7を介して接続された銅などで形成された信号端子8と、金属ブロック1Jの下面に設けられたエポキシ樹脂またはセラミックなどで形成された絶縁材9と、絶縁材9の下面に設けられた銅などで形成された金属板10Jと、主端子6の一部、信号端子8の一部、金属板10Jの側面の一部（すなわち、冷却器15Cの冷却配管17Cに対向する側面）および下面を露出させつつ、上記の構成を封入して形成されたモールド樹脂11とを備える。ここで、主端子6と信号端子8とは、それぞれモールド樹脂11の側面から突出する。

[0142] アルミなどで形成された冷却器15Cは、平面視で樹脂パッケージモジュール12Jを囲みつつ、樹脂パッケージモジュール12Jの下面、具体的に

は、金属板 10 J の下面に接触して配置される。

[0143] 冷却器 15 C は、金属板 10 J の下面に放熱グリス 13 を介して接触する銅などで形成された金属ベース 16 と、金属ベース 16 の上面に配置され、かつ、平面視で樹脂パッケージモジュール 12 J を部分的に囲んで配置されるアルミなどで形成された冷却配管 17 C と、冷却配管 17 C に冷却水 22 を導入する冷却水導入ニップル 18 C と、冷却配管 17 C から冷却水 22 を排出する冷却水排水ニップル 19 C とを備える。

[0144] 図 46 は、冷却器 15 C における冷却水 22 の循環の流れを概略的に示す図である。図 46 に例が示されるように、冷却器 15 C は、冷却配管 17 C に冷却水 22 を循環させる。そうすることによって、冷却器 15 C は、金属ベース 16 を介して樹脂パッケージモジュール 12 J を冷却する。

[0145] 具体的には、冷却器 15 C は、樹脂パッケージモジュール 12 J における金属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10 J、放熱グリス 13 を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 C において循環する冷却水 22 によって放熱する。

[0146] また、冷却器 15 C は、樹脂パッケージモジュール 12 J における金属ブロック 1 J、絶縁材 9、金属板 10 J を介して伝わる、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 J に接触する内側の側面を介して、冷却配管 17 C において循環する冷却水 22 によって冷却する。

[0147] 上記のような構成によれば、冷却器 15 C の冷却配管 17 C が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 J の一対の対向する側面のみを囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。また、冷却配管 17 C が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 J の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。

[0148] <以上に記載された実施の形態によって生じる効果について>

次に、以上に記載された実施の形態によって生じる効果の例を示す。なお、以下の説明においては、以上に記載された実施の形態に例が示された具体的な構成に基づいて当該効果が記載されるが、同様の効果が生じる範囲で、本願明細書に例が示される他の具体的な構成と置き換えられてもよい。

[0149] また、当該置き換えは、複数の実施の形態に跨ってなされてもよい。すなわち、異なる実施の形態において例が示されたそれぞれの構成が組み合わされて、同様の効果が生じる場合であってもよい。

[0150] 以上に記載された実施の形態によれば、半導体装置は、半導体モジュールと、半導体モジュールを冷却する冷却器 15 とを備える。ここで、半導体モジュールは、たとえば、樹脂パッケージモジュール 12、樹脂パッケージモジュール 12 F、樹脂パッケージモジュール 12 G、樹脂パッケージモジュール 12 H および樹脂パッケージモジュール 12 J などのうちのいずれか 1 つに対応するものである（以下では便宜上、これらのうちのいずれか 1 つを対応させて記載する場合がある）。樹脂パッケージモジュール 12 は、金属ブロック 1（または、金属ブロック 1 F、金属ブロック 1 G、金属ブロック 1 H、金属ブロック 1 J）と、金属ブロック 1 の上面に設けられる半導体素子 3（または、半導体素子 4）と、半導体素子 3 に接続される端子と、端子の一部、金属ブロック 1 および半導体素子 3 を覆う樹脂とを備える。ここで、端子とは、たとえば、主端子 6 および信号端子 8 などのうちのいずれか 1 つに対応するものである（以下では便宜上、これらのうちのいずれか 1 つを対応させて記載する場合がある）。また、樹脂とは、たとえば、モールド樹脂 11 などに対応するものである。冷却器 15 は、金属ベース 16 と、冷却配管 17（または、冷却配管 17 A、冷却配管 17 B、冷却配管 17 C、冷却配管 17 D、冷却配管 17 E）とを備える。金属ベース 16 は、樹脂パッケージモジュール 12 の下面に接触する。また、金属ベース 16 は、平面視において樹脂パッケージモジュール 12 と重なる領域よりも大きな領域に設けられる。冷却配管 17 は、金属ベース 16 の上面に配置される。また、冷却配管 17 は、樹脂パッケージモジュール 12 を冷却するための冷媒を循環

させる。ここで、冷媒とは、たとえば、冷却水 22 などに対応するものである。そして、冷却配管 17 は、平面視において樹脂パッケージモジュール 12 を少なくとも一部囲んで設けられる。

[0151] このような構成によれば、冷却器 15 の冷却配管 17 が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 を囲んで配置されるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。具体的には、樹脂パッケージモジュール 12 内の半導体素子 3 および半導体素子 4 から生じる熱を、樹脂パッケージモジュール 12 内の金属ブロック 1、絶縁材 9、金属板 10、放熱グリス 13、金属ベース 16 を介して、冷却配管 17 の下面へ放熱することで、樹脂パッケージモジュール 12 の下方に冷却配管を配置する必要がなくなるため、半導体装置の構造全体の高さを低く抑えることができる。フットスペースの確保と冷却能力の向上とを優先する場合、冷却配管が樹脂パッケージモジュールの下方に配置され、半導体装置の構造全体の高さが増加する要因となっていた。しかしながら、半導体装置の設置場所の多様化、または、ワイドバンドギャップ半導体による最高使用温度の緩和（上昇）などによって、フットスペースまたは冷却能力を多少犠牲にしても、半導体装置の構造全体の高さを低くおさえることが求められる場合も生じていた。上記の構成によれば、そのような要請に応じることができる。

[0152] なお、上記の構成に本願明細書に例が示された他の構成を適宜追加した場合、すなわち、上記の構成としては言及されなかった本願明細書中の他の構成が適宜追加された場合であっても、同様の効果を生じさせることができる。

[0153] また、以上に記載された実施の形態によれば、金属ブロック 1F の下面は、モールド樹脂 11 に覆われる。そして、金属ベース 16 は、モールド樹脂 11 の下面に接触する。このような構成によれば、金属ブロック 1F の下面がモールド樹脂 11 に覆われることで樹脂パッケージモジュール 12F が十分な絶縁耐圧を有するため、樹脂パッケージモジュール 12F が別途絶縁材を有する必要がない。よって、半導体装置の組み立て性を向上させ、かつ、

製造コストを抑制することができる。

- [0154] また、以上に記載された実施の形態によれば、樹脂パッケージモジュール 12 は、金属ブロック 1 の下面に設けられる絶縁材 9 と、絶縁材 9 の下面に設けられる金属板 10 とを備える。そして、金属板 10 の下面は、モールド樹脂 11 から露出する。また、金属ベース 16 は、金属板 10 の下面に接触する。このような構成によれば、金属ベース 16 の上面と金属板 10 の下面とが放熱グリス 13 を介して接触しているため、半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を効果的に冷却することができる。
- [0155] また、以上に記載された実施の形態によれば、金属板 10 G の少なくとも一部の側面は、モールド樹脂 11 から露出する。そして、冷却配管 17 D は、モールド樹脂 11 から露出する金属板 10 G の側面に接触する。このような構成によれば、冷却器 15 D が、樹脂パッケージモジュール 12 G の金属板 10 G の側面に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。
- [0156] また、以上に記載された実施の形態によれば、主端子 6（または、信号端子 8）は、モールド樹脂 11 の上面から延び出る。このような構成によれば、絶縁距離が増すことで半導体素子 3 および半導体素子 4 に印加される電圧の許容範囲が拡張されるため、半導体装置の品質が向上する。
- [0157] また、以上に記載された実施の形態によれば、主端子 6（または、信号端子 8）は、モールド樹脂 11 の上面において上面と面一の状態で延びる部分を有する。このような構成によれば、絶縁距離が増すことで半導体素子 3 および半導体素子 4 に印加される電圧の許容範囲が拡張されるため、半導体装置の品質が向上する。
- [0158] また、以上に記載された実施の形態によれば、主端子 6（または、信号端子 8）は、モールド樹脂 11 の上面において、モールド樹脂 11 の側面と面一の状態で延びる部分を有する。このような構成によれば、絶縁距離が増すことで半導体素子 3 および半導体素子 4 に印加される電圧の許容範囲が拡張されるため、半導体装置の品質が向上する。

- [0159] また、以上に記載された実施の形態によれば、冷却配管 17D は、樹脂パッケージモジュール 12 の側面に接触する。このような構成によれば、冷却器 15D が、樹脂パッケージモジュール 12 に接触する内側の側面を介して半導体素子 3 から生じる熱および半導体素子 4 から生じる熱を冷却するため、冷却効率が向上する。
- [0160] また、以上に記載された実施の形態によれば、冷却配管 17 は、平面視において樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲んで設けられる。このような構成によれば、樹脂パッケージモジュール 12 を効果的に冷却することができる。
- [0161] また、以上に記載された実施の形態によれば、冷却配管 17A は、平面視において樹脂パッケージモジュール 12 の一部の側面のみを囲んで設けられる。このような構成によれば、冷却配管 17A が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲まずに配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。
- [0162] また、以上に記載された実施の形態によれば、冷却配管 17B は、冷却配管 17B の長手方向の両端に、ニップルを有する。ここで、ニップルは、たとえば、冷却水導入ニップル 18B および冷却水排水ニップル 19B などのうちのいずれか 1 つに対応するものである。このような構成によれば、冷却配管 17B の直線部にニップルが設けられていないため、製造コストの抑制または組み立て性の向上が可能となる。
- [0163] また、以上に記載された実施の形態によれば、冷却配管 17C は、平面視において樹脂パッケージモジュール 12 の一対の対向する側面のみを囲んで設けられる。このような構成によれば、冷却配管 17C が平面視で樹脂パッケージモジュール 12 の全周を囲まずに一対の対向する側面のみを囲んで配置されているため、半導体装置の占有面積（フットスペース）を削減することができる。
- [0164] また、以上に記載された実施の形態によれば、半導体素子 3 には、ワイドバンドギャップ半導体が用いられる。このような構成によれば、ワイドバン

ドギャップ半導体を用いることによって、半導体素子の使用温度の許容範囲が拡張される。よって、半導体素子内および半導体素子間での発熱アンバランスに対する許容度が向上する。よって、必要とされる冷却器の冷却能力が低下するため冷却器をコンパクトにすることができ、結果として半導体装置の大きさを抑制することができる。

[0165] <以上に記載された実施の形態の変形例について>

以上に記載された実施の形態では、それぞれの構成要素の材質、材料、寸法、形状、相対的配置関係または実施の条件などについても記載する場合があるが、これらはすべての局面においてひとつの例であって、限定的なものではないものとする。

[0166] したがって、例が示されていない無数の変形例、および、均等物が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。たとえば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの実施の形態における少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態における構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

[0167] また、以上に記載された実施の形態において、特に指定されずに材料名などが記載された場合は、矛盾が生じない限り、当該材料に他の添加物が含まれた、たとえば、合金などが含まれるものとする。

[0168] また、矛盾が生じない限り、以上に記載された実施の形態において「1つ」備えられるものとして記載された構成要素は、「1つ以上」備えられていてもよいものとする。

[0169] さらに、以上に記載された実施の形態におけるそれぞれの構成要素は概念的な単位であって、本願明細書に開示される技術の範囲内には、1つの構成要素が複数の構造物から成る場合と、1つの構成要素がある構造物の一部に対応する場合と、さらには、複数の構成要素が1つの構造物に備えられる場合とを含むものとする。

[0170] また、以上に記載された実施の形態におけるそれぞれの構成要素には、同

一の機能を発揮する限り、他の構造または形状を有する構造物が含まれるものとする。

[0171] また、本願明細書における説明は、本技術に関連するすべての目的のために参照され、いずれも、従来技術であると認めるものではない。

### 符号の説明

[0172] 1, 1 F, 1 G, 1 H, 1 J 金属ブロック、2, 5 ロウ材、3, 4 半導体素子、6 主端子、7 ワイヤーボンド、8 信号端子、9 絶縁材、10, 10 G, 10 H, 10 J 金属板、11 モールド樹脂、12, 12 F, 12 G, 12 H, 12 J 樹脂パッケージモジュール、13 放熱グリッド、14, 16 金属ベース、15, 15 A, 15 B, 15 C, 15 D, 15 E, 15 K 冷却器、17, 17 A, 17 B, 17 C, 17 D, 17 E 冷却配管、18, 18 B, 18 C 冷却水導入ニップル、19, 19 A, 19 B, 19 C 冷却水排水ニップル、20, 20 A, 21, 21 A リードフォーミング金型、22 冷却水。

## 請求の範囲

### [請求項1]

半導体モジュールと、  
前記半導体モジュールを冷却する冷却器とを備え、  
前記半導体モジュールは、  
金属ブロックと、  
前記金属ブロックの上面に設けられる半導体素子と、  
前記半導体素子に接続される端子と、  
前記端子の一部、前記金属ブロックおよび前記半導体素子を覆う樹脂とを備え、  
前記冷却器は、  
前記半導体モジュールの下面に接触しつつ、平面視において前記半導体モジュールを含む領域に設けられる金属ベースと、  
前記金属ベースの上面に配置され、かつ、前記半導体モジュールを冷却するための冷媒を循環させる冷却配管とを備え、  
前記冷却配管は、平面視において前記半導体モジュールを少なくとも一部囲んで設けられる、  
半導体装置。

### [請求項2]

請求項1に記載の半導体装置であり、  
前記金属ブロックの下面は、前記樹脂に覆われ、  
前記金属ベースは、前記樹脂の下面に接触する、  
半導体装置。

### [請求項3]

請求項1または2に記載の半導体装置であり、  
前記半導体モジュールは、  
前記金属ブロックの下面に設けられる絶縁材と、  
前記絶縁材の下面に設けられる金属板とをさらに備え、  
前記金属板の下面は、前記樹脂から露出し、  
前記金属ベースは、前記金属板の下面に接触する、  
半導体装置。

- [請求項4] 請求項3に記載の半導体装置であり、  
前記金属板の少なくとも一部の側面は、前記樹脂から露出し、  
前記冷却配管は、前記樹脂から露出する前記金属板の側面に接触する、  
半導体装置。
- [請求項5] 請求項1から4のうちのいずれか1つに記載の半導体装置であり、  
前記端子は、前記樹脂の上面から延び出る、  
半導体装置。
- [請求項6] 請求項5に記載の半導体装置であり、  
前記端子は、前記樹脂の前記上面において前記上面と面一の状態で延びる部分を有する、  
半導体装置。
- [請求項7] 請求項5または6に記載の半導体装置であり、  
前記端子は、前記樹脂の上面において、前記樹脂の側面と面一の状態で延びる部分を有する、  
半導体装置。
- [請求項8] 請求項1から7のうちのいずれか1つに記載の半導体装置であり、  
前記冷却配管は、前記半導体モジュールの側面に接触する、  
半導体装置。
- [請求項9] 請求項1から8のうちのいずれか1つに記載の半導体装置であり、  
前記冷却配管は、平面視において前記半導体モジュールの全周を囲んで設けられる、  
半導体装置。
- [請求項10] 請求項1から8のうちのいずれか1つに記載の半導体装置であり、  
前記冷却配管は、平面視において前記半導体モジュールの一部の側面のみを囲んで設けられる、  
半導体装置。
- [請求項11] 請求項10に記載の半導体装置であり、

前記冷却配管は、前記冷却配管の長手方向の両端に、ニップルを有する、

半導体装置。

[請求項12] 請求項1から8のうちのいずれか1つに記載の半導体装置であり、  
前記冷却配管は、平面視において前記半導体モジュールの一对の対向する側面のみを囲んで設けられる、

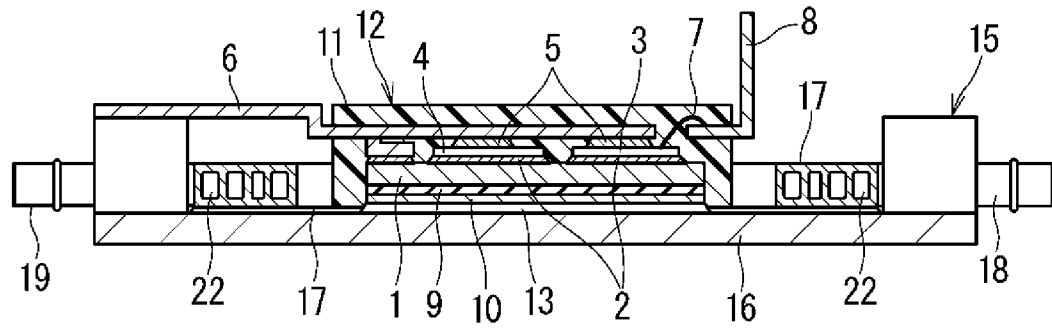
半導体装置。

[請求項13] 請求項1から12のうちのいずれか1つに記載の半導体装置であり

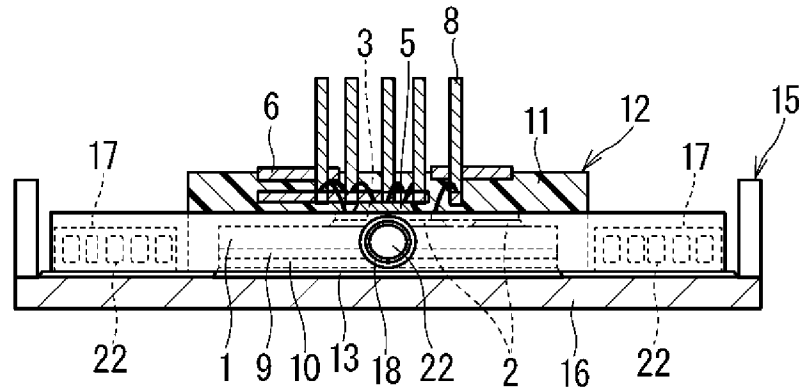
、

前記半導体素子には、ワイドバンドギャップ半導体が用いられる、  
半導体装置。

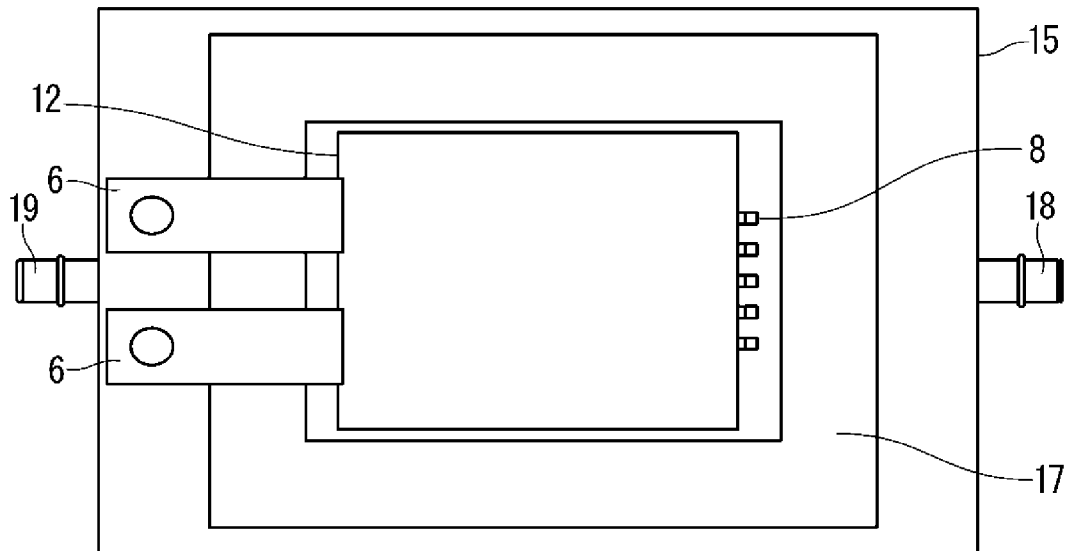
[図1]



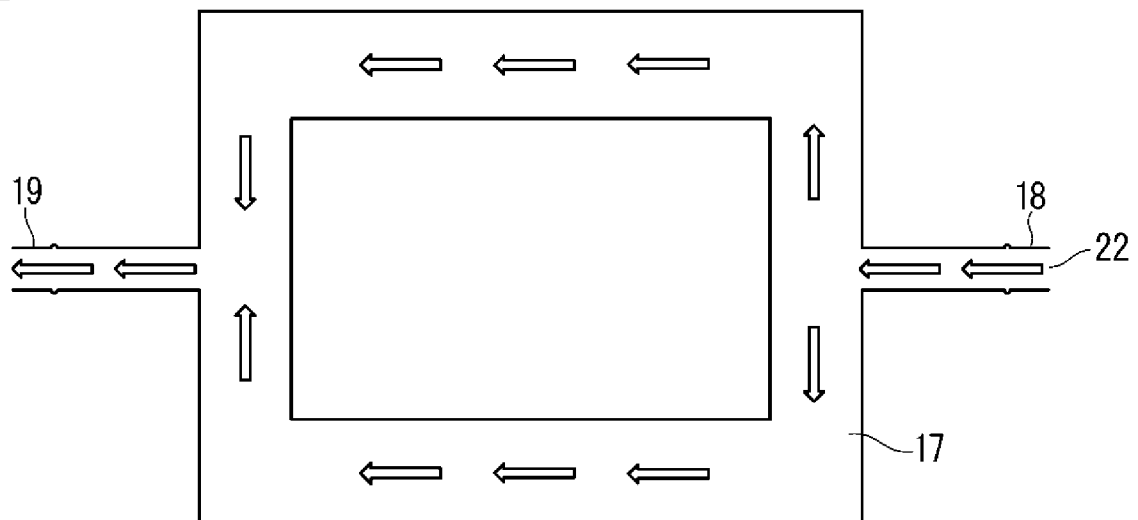
[図2]



[図3]

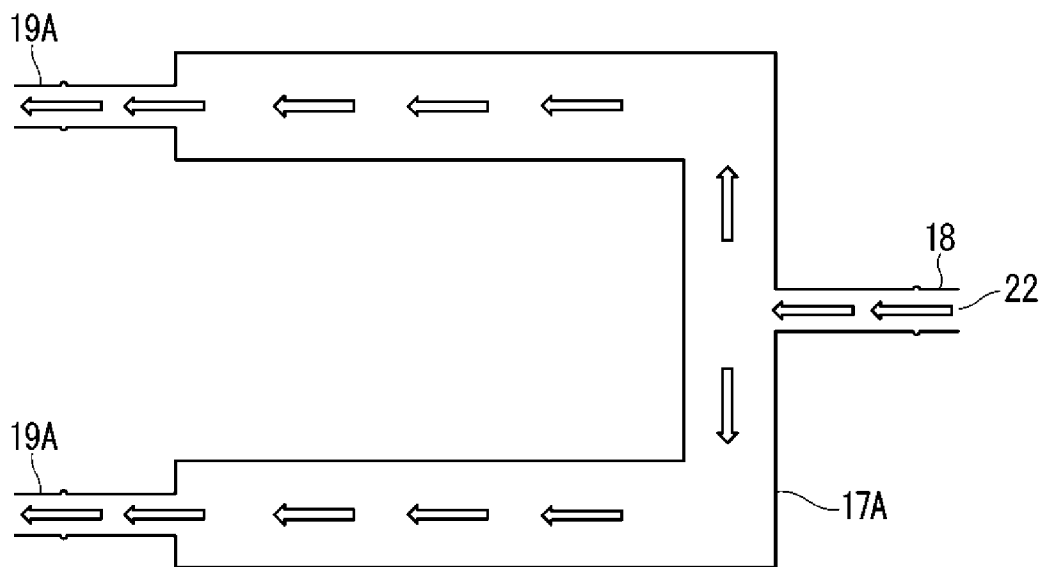


[図4]

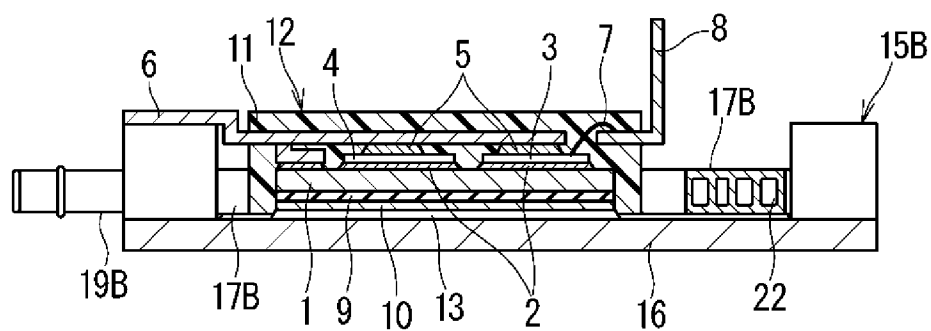




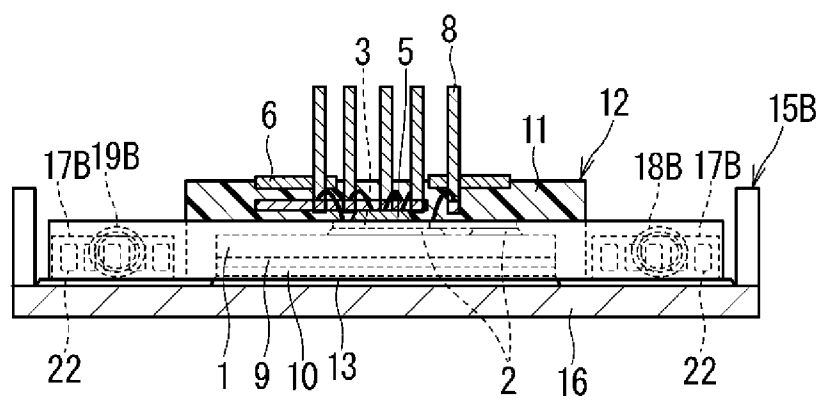
[図8]



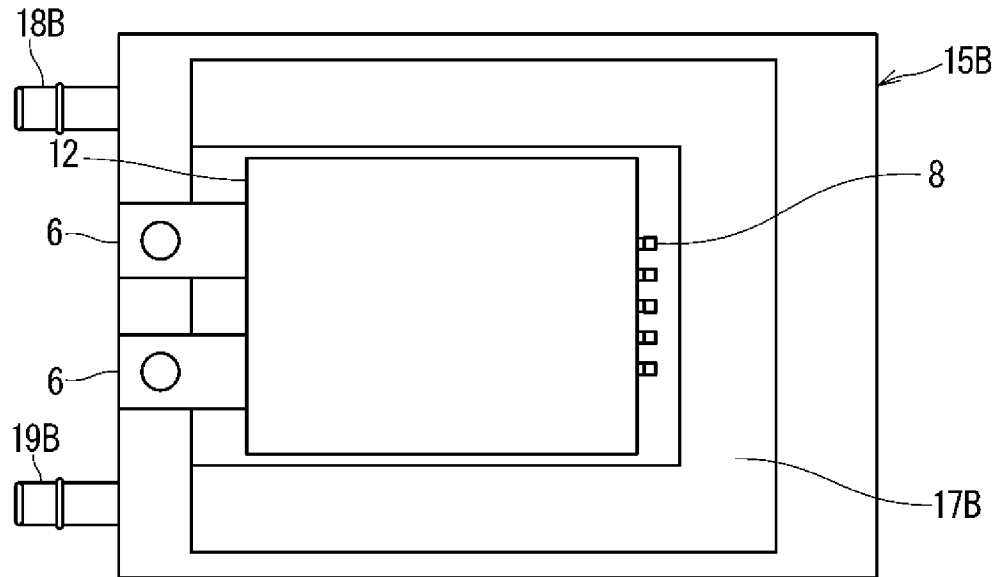
[図9]



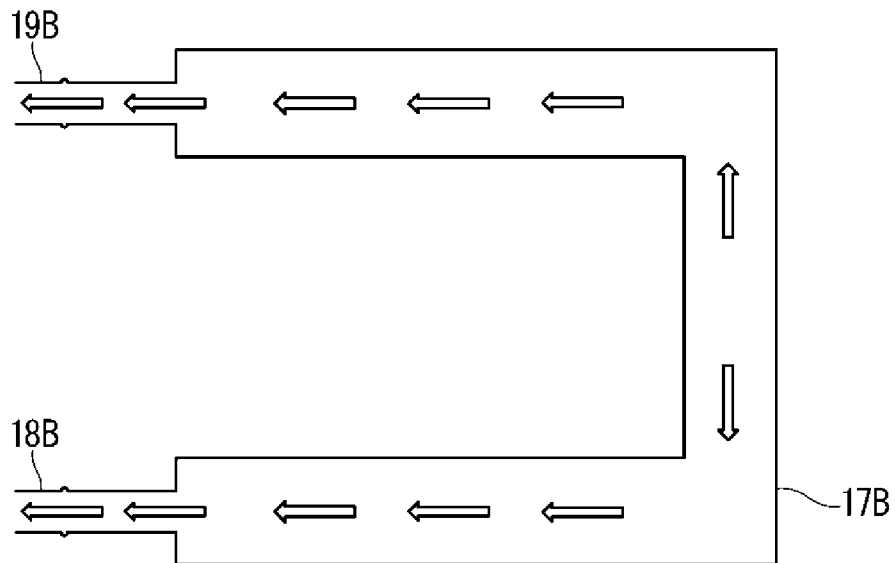
[図10]



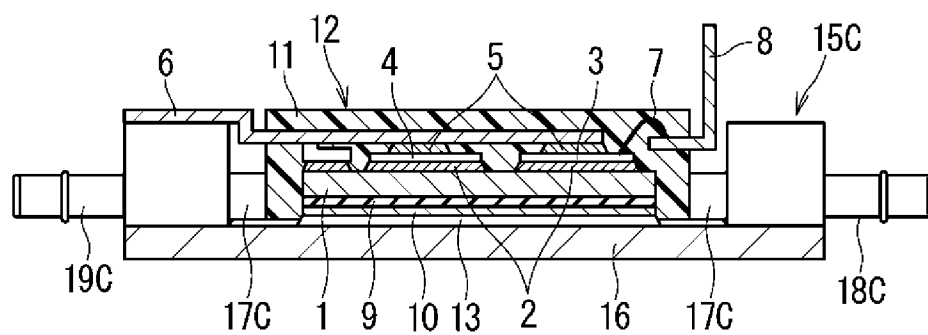
[図11]



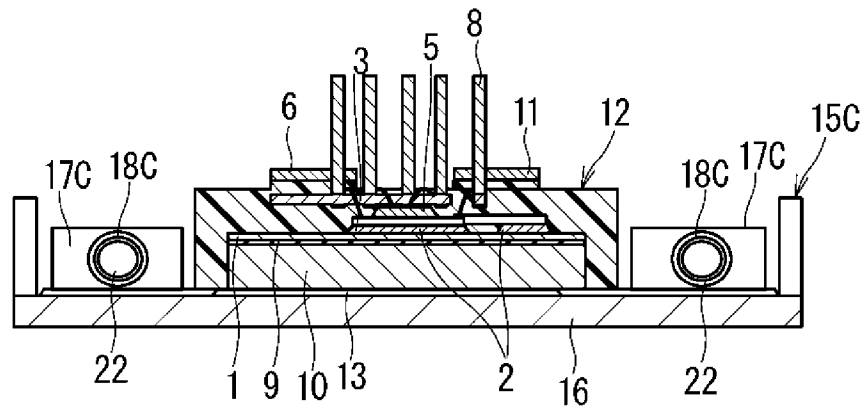
[図12]



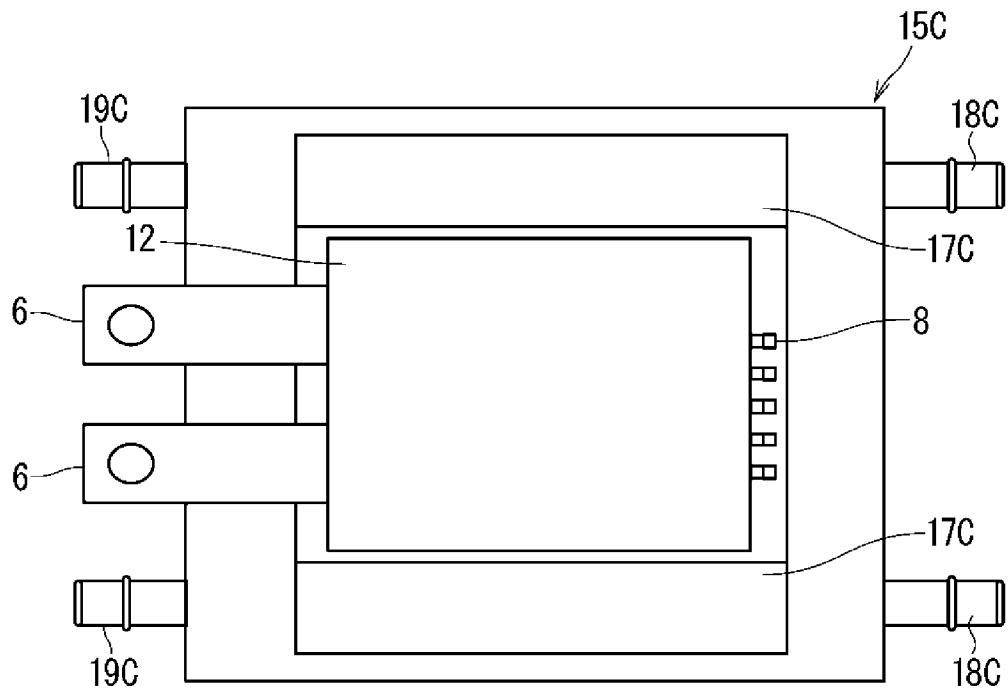
[図13]



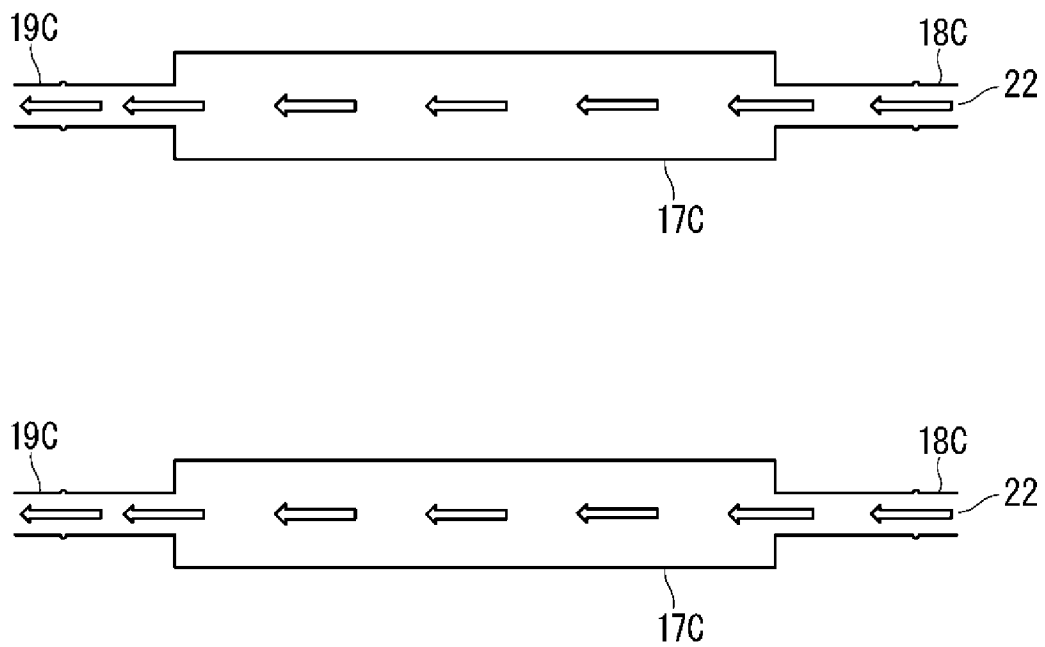
[図14]



[図15]

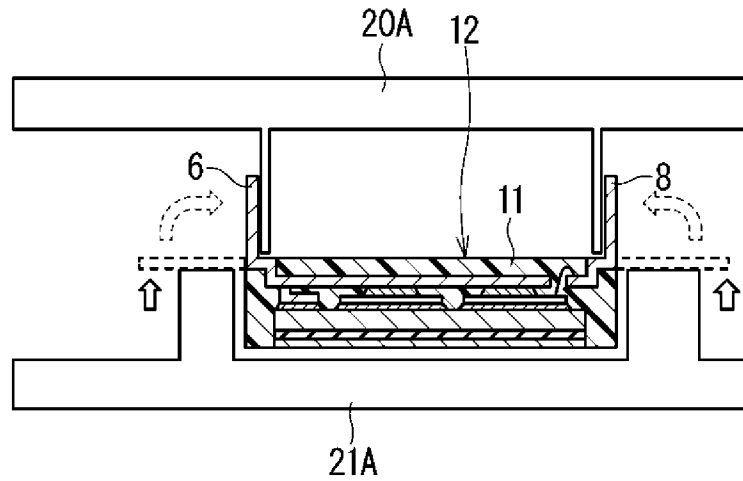


[図16]

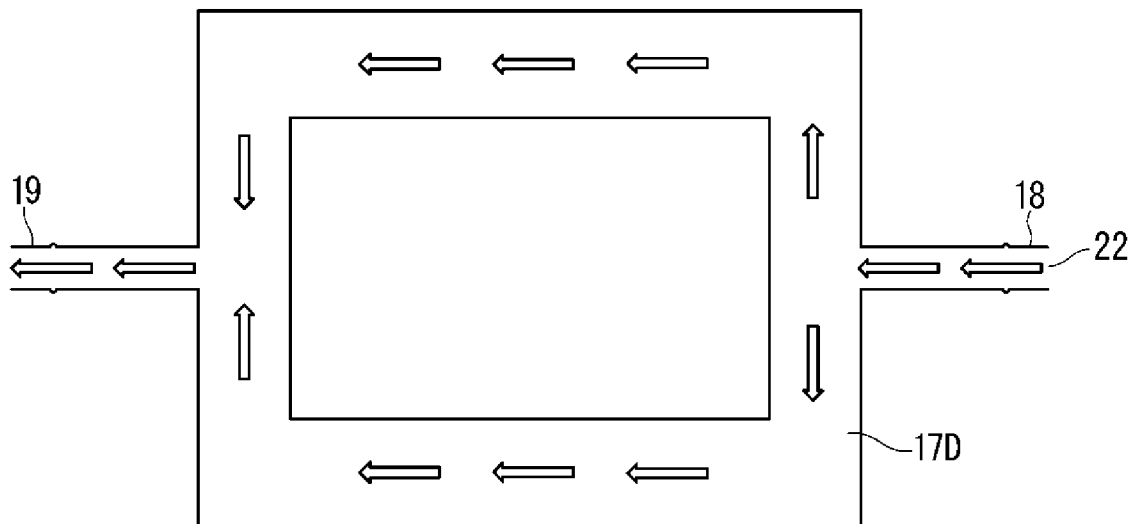




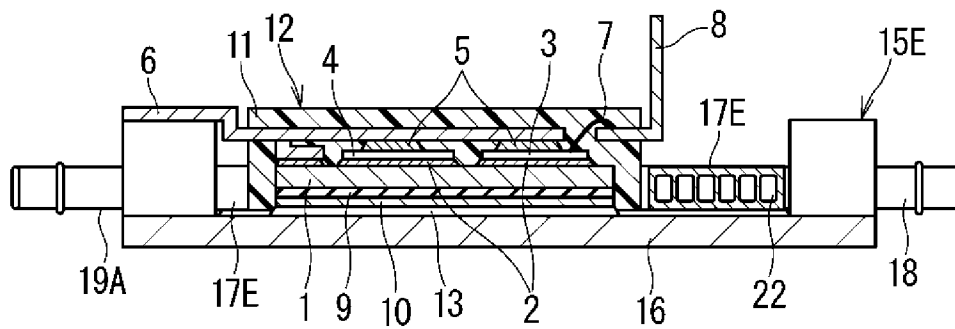
[図21]



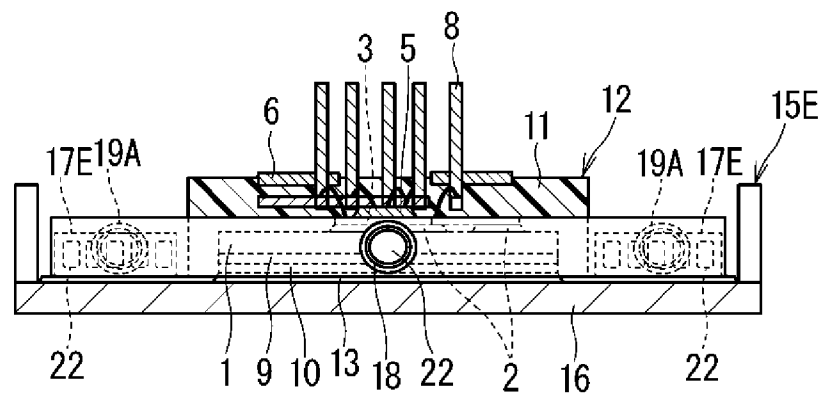
[図22]



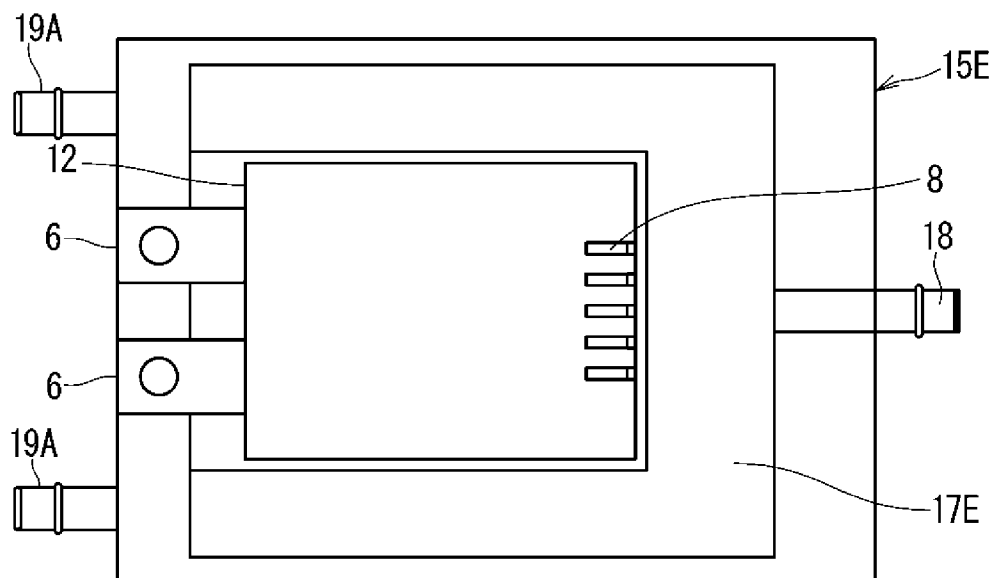
[図23]



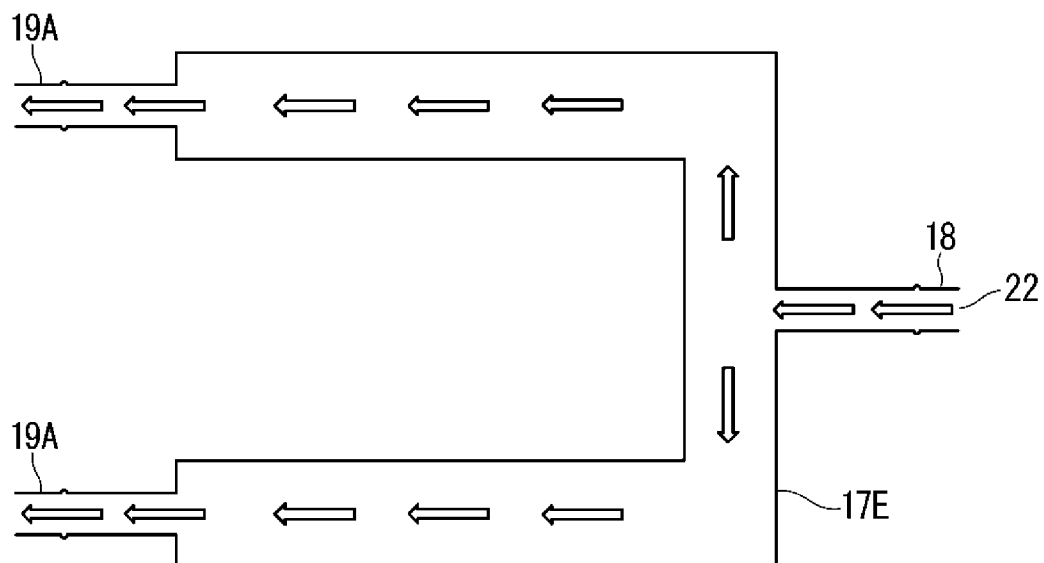
[図24]



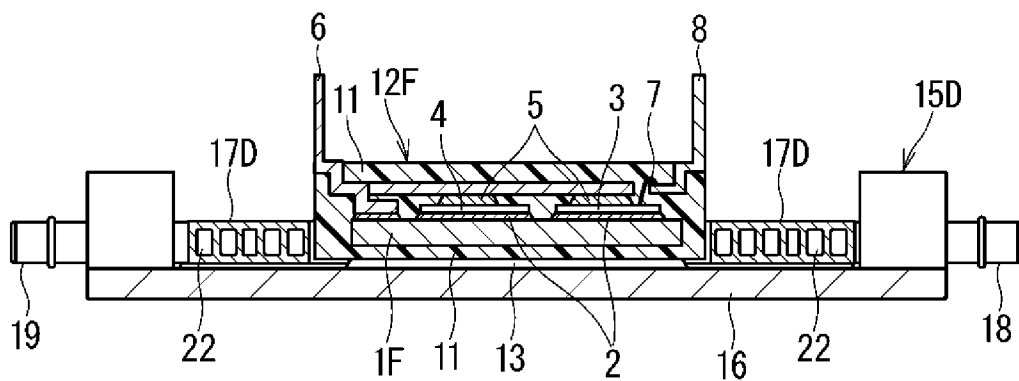
[図25]



[図26]

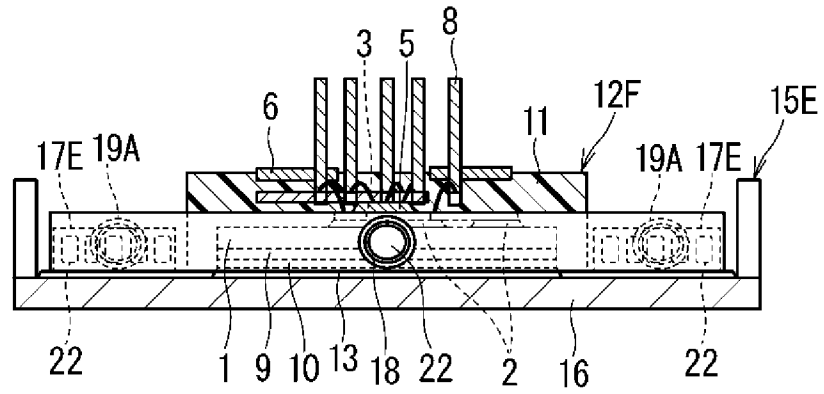


[図27]

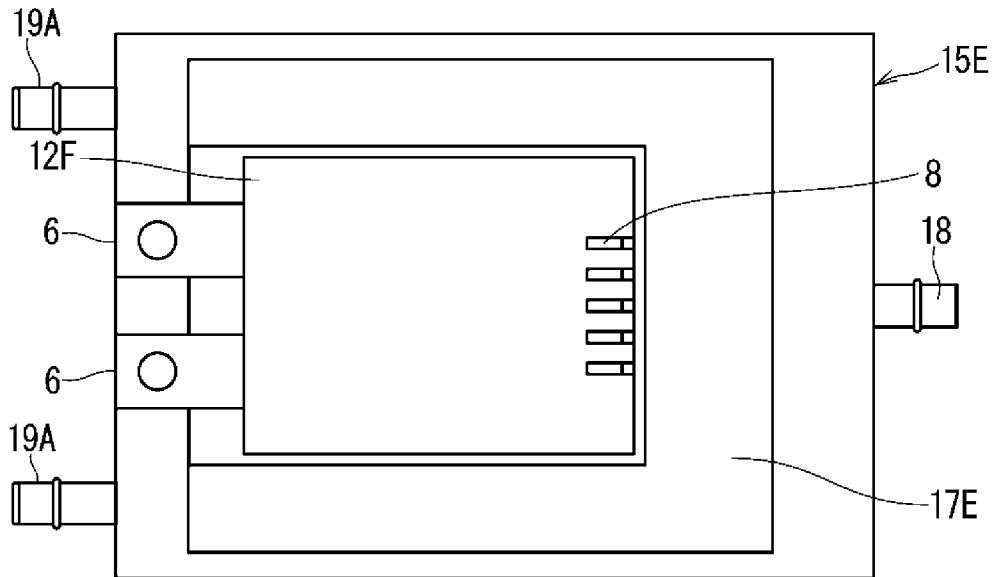




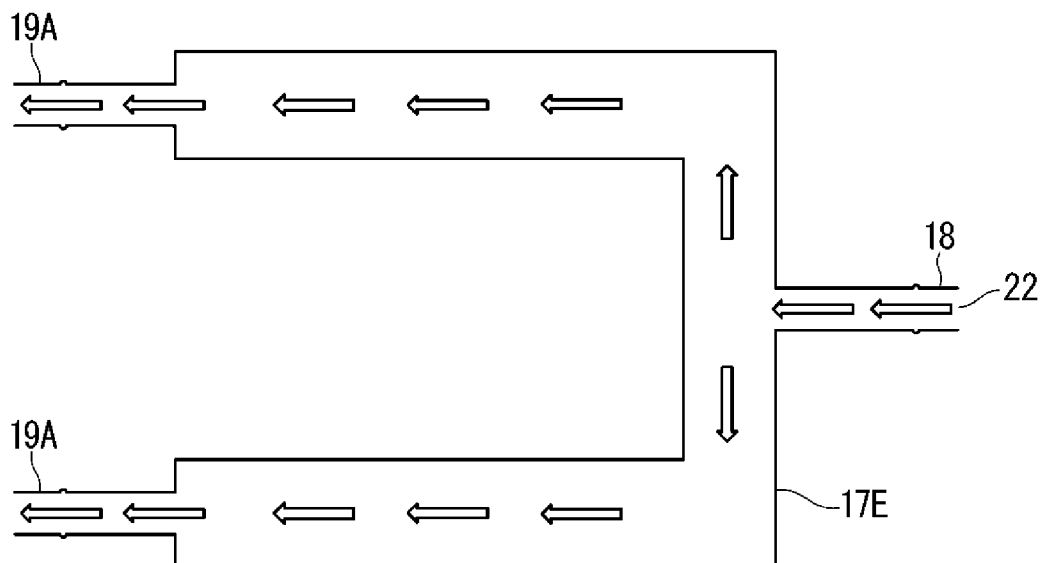
[図32]



[図33]



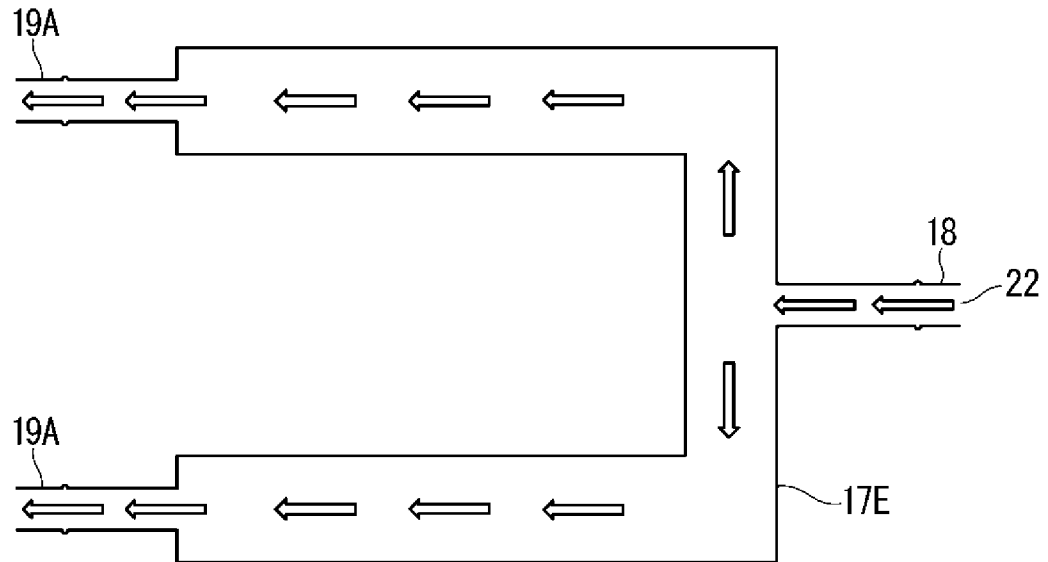
[図34]



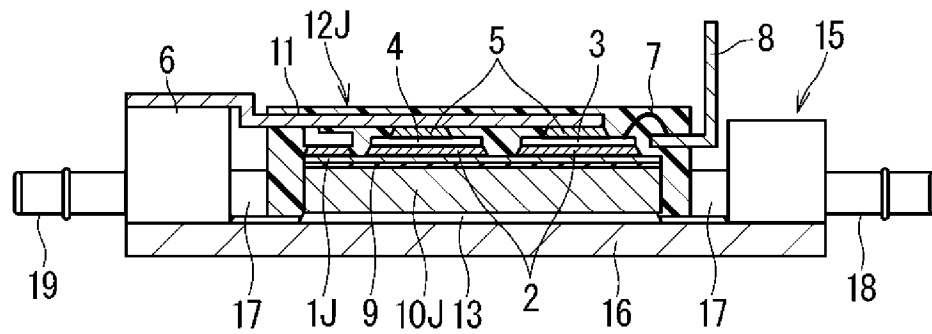
[illegible][illegible]



[図42]



[図43]



[図44]

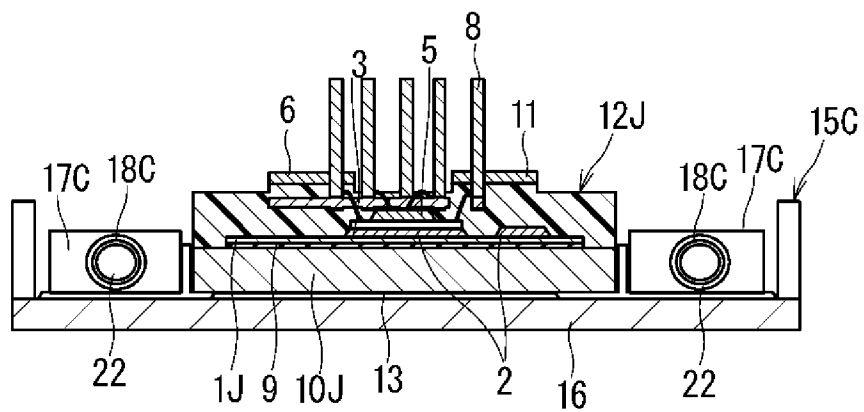


FIG. 17C is a schematic diagram of a channel 17C. The channel has a central section with a wider top and bottom wall, and two side sections on either side that are narrower. Arrows indicate flow from right to left. Label 19C points to the top wall of the left side section. Label 18C points to the top wall of the right side section. Label 22 points to the right side section.

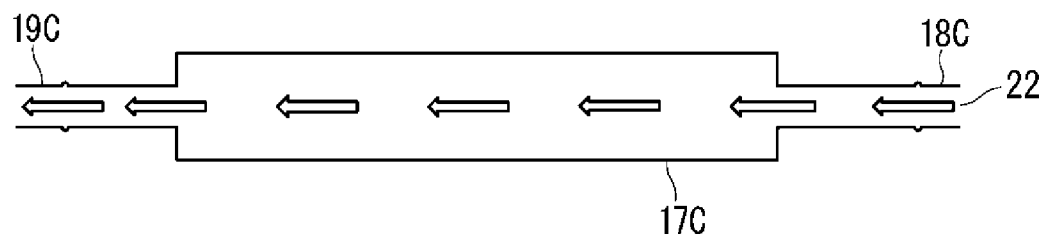
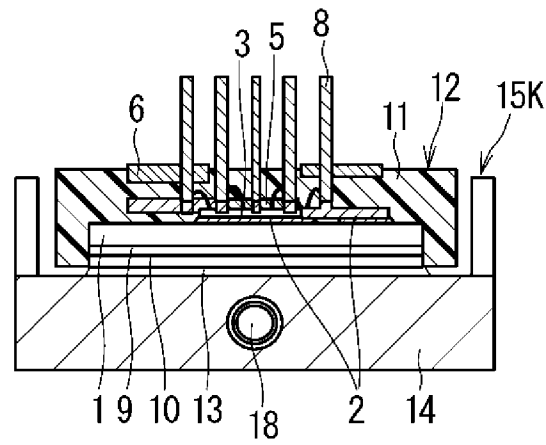
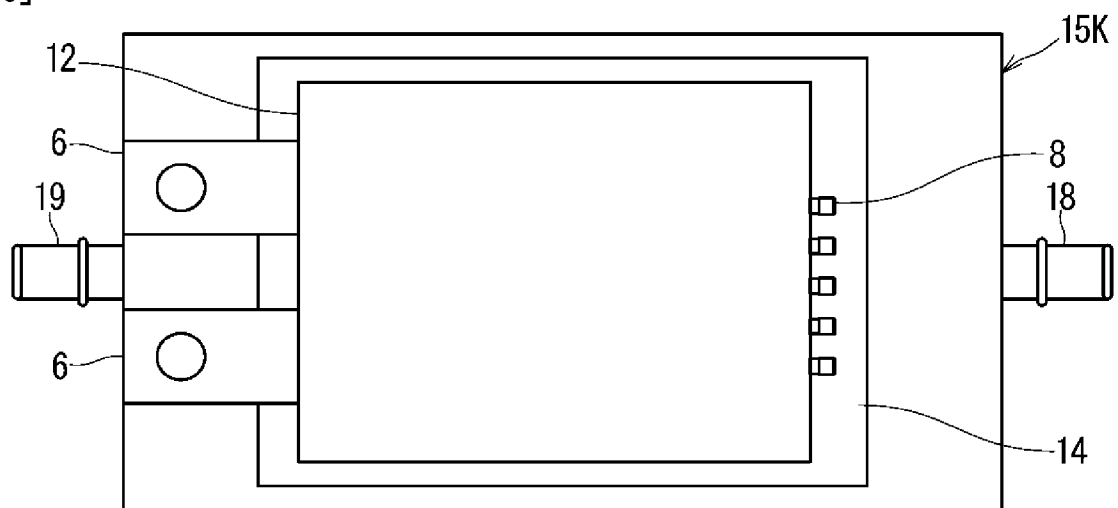


Figure 15K is a cross-sectional view of a semiconductor device 15K. The device is mounted on a base 18, which has pins 19 on its sides. The device 15K consists of a substrate 17 with a central region 1. This region 1 contains multiple layers: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, and 15. The layers are stacked vertically, with 1 at the bottom and 15 at the top. The device is shown in a cross-section, revealing the internal structure of the layers and the mounting base.

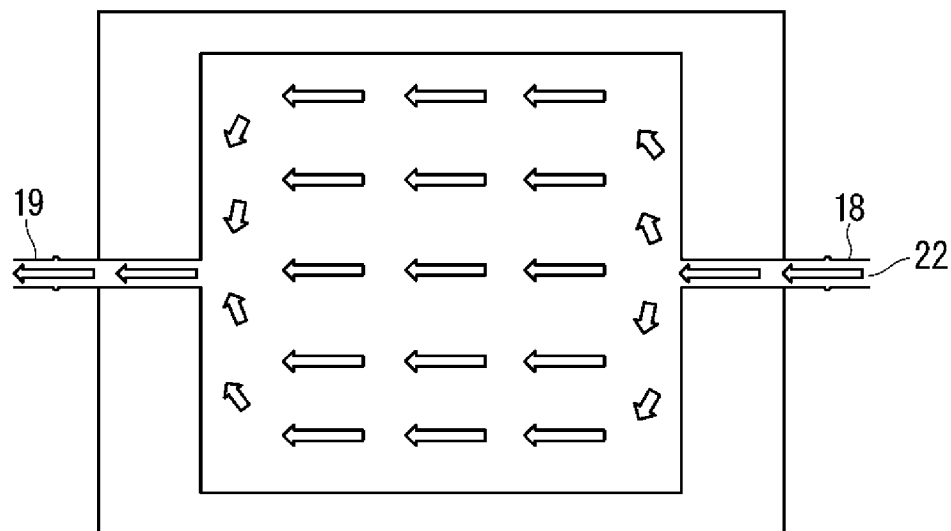
[図48]



[図49]



[図50]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028186

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L23/34 (2006.01) i, H01L23/36 (2006.01) i, H01L23/40 (2006.01) i  
FI: H01L23/34 A, H01L23/36 Z, H01L23/40 E

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)

Int. Cl. H01L23/34, H01L23/36, H01L23/40

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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<br>A    | JP 2017-98442 A (SOKEN INC.) 01 June 2017,<br>paragraphs [0001], [0013]-[0027], fig. 1-3          | 1, 5-7, 10-13<br>2-4, 8-9 |
| A         | JP 2012-79950 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 19 April<br>2012, paragraphs [0001], [0025]-[0041], fig. 1-3 | 1-13                      |
| A         | JP 2017-212286 A (ROHM CO., LTD.) 30 November<br>2017, paragraphs [0008], [0017]-[0033], fig. 1-5 | 1-13                      |

☐ 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  
16.09.2020

Date of mailing of the international search report  
06.10.2020

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
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/JP2020/028186

| Patent Documents referred to in<br>the Report | Publication Date | Patent Family                                                          | Publication Date |
|-----------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|
| JP 2017-98442 A                               | 01.06.2017       | US 2017/0154837 A1<br>paragraphs [0001],<br>[0024]-[0038], fig.<br>1-3 |                  |
| JP 2012-79950 A                               | 19.04.2012       | (Family: none)                                                         |                  |
| JP 2017-212286 A                              | 30.11.2017       | US 2017/0341638 A1<br>paragraphs [0007],<br>[0051]-[0067], fig.<br>1-5 |                  |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>H01L 23/34(2006.01)i; H01L 23/36(2006.01)i; H01L 23/40(2006.01)i<br>FI: H01L23/34 A; H01L23/36 Z; H01L23/40 E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                               |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|------------------------------------------|--|
| 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））<br>H01L23/34; H01L23/36; H01L23/40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                               |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 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<br><table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                               |                | 日本国実用新案公報    | 1922-1996年                                                      | 日本国公開実用新案公報                     | 1971-2020年                                      | 日本国実用新案登録公報                            | 1996-2020年                                                          | 日本国登録実用新案公報                                                   | 1994-2020年        |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1922-1996年                                                                                    |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1971-2020年                                                                                    |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1996-2020年                                                                                    |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1994-2020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<br>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<br>請求項の番号 |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2017-98442 A (株式会社 S O K E N) 01.06.2017 (2017 - 06 - 01)<br>段落[0001], [0013]-[0027], 図1-3 | 1, 5-7, 10-13  |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                               | 2-4, 8-9       |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2012-79950 A (トヨタ自動車株式会社) 19.04.2012 (2012 - 04 - 19)<br>段落[0001], [0025]-[0041], 図1-3     | 1-13           |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2017-212286 A (ローム株式会社) 30.11.2017 (2017 - 11 - 30)<br>段落[0008], [0017]-[0033], 図1-5       | 1-13           |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                               |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table> |                                                                                               |                | * 引用文献のカテゴリー | “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 | “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの | “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 | “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 | “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 | “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） | “&” 同一パテントファミリー文献 | “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 |  |
| * 引用文献のカテゴリー                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | “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                               |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | “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                                               |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | “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                           |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | “&” 同一パテントファミリー文献                                                                             |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                               |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 国際調査を完了した日<br><br>16.09.2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 国際調査報告の発送日<br><br>06.10.2020                                                                  |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>小池 英敏 5F 8396<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3516                         |                |              |                                                                 |                                 |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/028186

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献                                            | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|--------------------------------------------------------|-----|
| JP   | 2017-98442  | A | 01.06.2017 | US 2017/0154837 A1<br>段落[0001], [0024]-[0038],<br>図1-3 |     |
| JP   | 2012-79950  | A | 19.04.2012 | (ファミリーなし)                                              |     |
| JP   | 2017-212286 | A | 30.11.2017 | US 2017/0341638 A1<br>段落[0007], [0051]-[0067],<br>図1-5 |     |