

(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
2012年11月1日(01.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/147544 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/473 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/060215
- (22) 国際出願日: 2012年4月16日(16.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-098700 2011年4月26日(26.04.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 郷原 広道(GOHARA, Hiromichi) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 両角 朗(MOROZUMI, Akira) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 市村 武(ICHIMURA, Takeshi) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 服部 毅巖(HATTORI, Kiyoshi); 〒1920082 東京都八王子市東町9番8号 八王子東町センタービル 服部特許事務所 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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),

[続葉有]

(54) Title: COOLER FOR SEMICONDUCTOR MODULE, AND SEMICONDUCTOR MODULE

(54) 発明の名称: 半導体モジュール用冷却器及び半導体モジュール

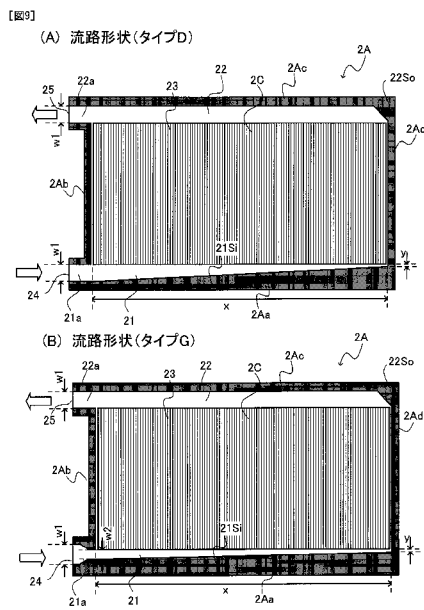


FIG. 9:
(A) Flow channel shape (type D)
(B) Flow channel shape (type G)

(57) Abstract: Provided are a semiconductor module, which can effectively cool a semiconductor element, and a cooler. This semiconductor module supplies a cooling medium from the outside to a water jacket (2A) that constitutes a cooler, and cools a circuit element section disposed on the outer surface of a fin base. The semiconductor module is provided with: a fin (2C), which is thermally connected to the circuit element section; and a cooling medium introducing flow channel (21), which is disposed in the water jacket (2A), extends from a cooling medium introducing port (24), and is provided with a guide section (21Si) that is sloped to guide the cooling medium toward one side surface of the fin (2C). In type (G), an introducing port section (21a) that introduces the cooling medium to the cooling medium introducing flow channel (21) is formed in a taper-shaped cross-section, and the flow channel width is changed such that a width (w2) at a start edge section of the cooling medium introducing flow channel (21) is narrower than a width (w1) of a discharge port (25).

(57) 要約: 半導体素子を効果的に冷却できる半導体モジュール及び冷却器を提供する。半導体モジュールは、冷却器を構成するウォータージャケット(2A)に外部から冷媒を供給して、フィンベースの外面に配置された回路素子部を冷却する。この半導体モジュールは、回路素子部と熱的に接続されたフィン(2C)と、ウォータージャケット(2A)に配置され、冷媒導入口(24)から延在され、かつフィン(2C)の側の側面に向かって冷媒を誘導するよう傾斜するガイド部(21Si)を備えた冷媒導入流路(21)を備える。タイプGでは、冷媒導入流路(21)に冷媒を導く導入口部(21a)がテーパ形状の断面に形成され、排出口(25)の幅(w1)に対して冷媒導入流路(21)の始端部での幅(w2)が狭くなるよう、その流路幅が変更されている。

WO 2012/147544 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：半導体モジュール用冷却器及び半導体モジュール 技術分野

[0001] 本発明は、ウォータージャケットに外部から冷媒を供給して、その外面に配置される半導体素子を冷却する半導体モジュール用冷却器、及びこの冷却器を備えた半導体モジュールに関する。

背景技術

[0002] ハイブリッド自動車や電気自動車等に代表される電力変換装置には、広く半導体モジュールが利用されている。省エネルギーのための制御装置を構成する半導体モジュールでは、大電流を制御するためにパワー半導体素子を備えている。

[0003] こうしたパワー半導体素子は、大電流を制御する際の発熱量が増大する傾向にある。特に、パワー半導体素子の小型化や高出力化が進むにつれて発熱量が非常に大きくなるため、パワー半導体素子を複数備えた半導体モジュールではその冷却方法が大きな問題となる。

[0004] 半導体モジュールの冷却効率を向上させるうえで、半導体モジュールには従来から一般に液冷式の冷却器（以下「冷却装置」とも称する。）が用いられている。冷媒を循環させる液冷式の冷却装置においては、その冷却効率を向上させるために、冷媒流量の増加、放熱用のフィン（冷却体）を熱伝達率のよい形状とする、あるいはフィンを構成する材料の熱伝導率を高めるなど、様々な工夫がなされてきた。

[0005] ところが、冷却装置への冷媒流量を増加し、あるいは熱伝達率のよいフィン形状を用いる場合、装置内部を流れる冷媒の圧力損失が増加するなどの不都合が生じやすい。特に、複数のヒートシンクを用いて多数のパワー半導体素子を冷却する冷却装置では、複数の流路を直列接続する蛇行形状の流路である場合、圧力損失の増加が顕著となる。こうした圧力損失を低減するには、少ない冷媒流量で冷却効率を高める構成であることが理想とされる。その

ためには、例えばフィン材料の熱伝導率を改善すればよいが、新たなフィン材料を採用することで装置全体のコストアップに繋がる恐れがある。

[0006] 冷却性能を維持し、かつ冷媒に対する低圧力損失を図った冷却装置として、冷媒を導入するための冷媒導入流路と、冷媒を排出するための冷媒排出流路とを互いに平行に並べ、それらの間で略直交する冷媒の流通方向に複数のヒートシンクを配置するものが考えられている（特許文献1～7参照）。その場合、冷媒が各フィンの間を並列に流れるようにヒートシンクを構成すると、圧力損失当たりの冷却性能を高くすることができる。また、フィンの半導体素子からの距離に応じて単位流路あたりの圧力損失を異ならせることで、全体として流路内での冷媒の圧力損失を低減し、冷却効率を改善することができる（特許文献5参照）。

[0007] また、特許文献6には、ケーシングの後側壁の全体が、右側壁側から左側壁側に向かって前側に滑らかに傾斜しており、入口ヘッダ部の流路断面積が、冷却液入口側から左側壁側に向かって小さくなっている液冷式冷却装置が記載されている（段落番号[0024]、[0031]、及び図2参照）。

[0008] さらに、特許文献3には、冷媒が導入し排出する流路がモジュールの同一側面に配置され、各々の流路が断面積の変化なくフィンに直交方向に配置された液冷式冷却装置が記載されている（図1参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開2001-35981号公報
特許文献2：特開2007-12722号公報
特許文献3：特開2008-205371号公報
特許文献4：特開2008-251932号公報
特許文献5：特開2006-80211号公報
特許文献6：特開2009-231677号公報
特許文献7：特開2006-295178号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかし、これまでの冷却技術では、ヒートシンクや冷媒流路の形状、発熱素子の配置方法、あるいは冷媒の導入口、排出口の形状等に起因して、冷媒が偏って流れる偏流分布が生じる。従来の冷却装置では、こうした偏流分布が冷却性能に偏りをもたらすことから、冷却装置全体においてむら小さくかつ安定した冷却性能を得ることは困難であった。しかも、冷媒の排出口側とは対極する位置に配置された半導体素子の発熱温度だけが顕著に上昇する等の不都合も生じるため、素子寿命が低下し、あるいは故障などが発生しやすいという問題があった。

[0011] また、特許文献6、7に開示された冷却装置のように、入口ヘッダ部の流路断面積が延在する方向に縮小されていると、流量分布に改善の傾向は見られるが、冷媒の導入口近傍での温度上昇を解消するには至っていない。

[0012] 本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、冷媒の流路に生じる偏流を解消し、外面に配置される半導体素子を効果的に冷却し、半導体素子の発熱による誤動作や破壊を確実に防止できる半導体モジュール用冷却器を提供することを目的とする。

[0013] また、本発明は、このような冷却器の外面に半導体素子を配置した半導体モジュールを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明では、上記問題を解決するために、ウォータージャケットに外部から冷媒を供給して、その外面に配置される半導体素子を冷却する半導体モジュール用冷却器が提供される。この半導体モジュール用冷却器は、前記半導体素子と熱的に接続されるヒートシンクと、前記ウォータージャケット内に、冷媒導入口から延在され、かつ前記ヒートシンクの一の側面に向かって前記冷媒を誘導するための傾斜面を有するガイド部が配置された第1流路と、前記第1流路と並列して前記ウォータージャケット内に配置され、冷媒排出口に延在され、かつ前記ヒートシンクの他の側面に平行な側壁が形成された第2流路と、前記ウォータージャケット内の前記第1流路と前記第2流路と

を連通する位置に形成された第3流路と、を備え、前記冷媒導入口と前記冷媒排出口が前記ウォータージャケットの同一壁面に形成され、前記ヒートシンクが前記第3流路内に配置されていることを特徴とする。

- [0015] また、本発明の半導体モジュールは、ウォータージャケットに外部から冷媒を供給して、その外面に配置された半導体素子を冷却する冷却器を備えたものであって、前記半導体素子と熱的に接続されたヒートシンクと、前記ウォータージャケット内に、冷媒導入口から延在され、かつ前記ヒートシンクの一の側面に向かって前記冷媒を誘導するための傾斜面を有するガイド部が配置された第1流路と、前記第1流路と並列して前記ウォータージャケット内に配置され、冷媒排出口に延在され、かつ前記ヒートシンクの他の側面に平行な側壁が形成された第2流路と、前記ウォータージャケット内の前記第1流路と前記第2流路とを連通する位置に形成された第3流路と、を備え、前記冷媒導入口と前記冷媒排出口が前記ウォータージャケットの同一壁面に形成され、前記ヒートシンクが前記第3流路内に配置されていることを特徴とする。

発明の効果

- [0016] 本発明の半導体モジュール用冷却器によれば、ヒートシンクの一の側面に向かって冷媒が流れるように、導入路の断面積を排出路よりも小さく設定することにより、冷媒の導入口近傍の流速を向上して、その温度上昇を解消するとともに、第1流路からヒートシンクに流入する冷媒の流速を調整できる。
- [0017] また、本発明の半導体モジュール用冷却器によれば、第1流路における冷媒の流路を分割する分離壁を設けて、導入路の断面積を狭くすることで生じる圧力損失の上昇を抑えながら、冷媒の流速分布を調整できる。したがって、冷却器の外面に配置された半導体素子を効果的に冷却でき、半導体素子の安定した動作が可能になる。
- [0018] 本発明の上記および他の目的、特徴および利点は本発明の例として好ましい実施の形態を表す添付の図面と関連した以下の説明により明らかになるで

あろう。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の半導体モジュールの外観を示す斜視図である。
- [図2]図1の半導体モジュールの一例をL1-L1矢視断面で示す模式図である。
- [図3]冷却器のウォータージャケットの要部構成を示す斜視図である。
- [図4]2通りのフィンの形状を説明する図であって、(A)はブレードフィンを示す斜視図、(B)はコルゲートフィンを示す斜視図である。
- [図5]半導体モジュールとして構成される電力変換回路の一例を示す図である。
- [図6]従来の半導体モジュールの第1変形例を説明する図であって、(A)は回路素子の配置例を示す斜視図、(B)は冷却器のウォータージャケットの要部構成を示した斜視図である。
- [図7]図6(B)の冷却器とは異なるタイプのウォータージャケットの形状を示す斜視図である。
- [図8]図6および図7の半導体モジュールにおける冷媒の流速を回路基板の位置別に示す図である。
- [図9]本発明の半導体モジュールに用いられるウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図である。
- [図10]本発明の半導体モジュール用冷却器および半導体モジュールに用いられるウォータージャケットのガイド部形状および流路幅をタイプ別に示す説明図である。
- [図11]本発明の半導体モジュール用冷却器について回路基板の位置毎に冷媒の流速分布をタイプ別に示す図である。
- [図12]図10のウォータージャケットのタイプ別に定常状態の発熱温度を示す図である。
- [図13]本発明の半導体モジュールにおける冷媒の導入口と排出口での圧力差をタイプ別に示す図である。

[図14]本発明の半導体モジュールに用いられるウォータージャケットを示す図であって、(A)はウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図、(B)は(A)のウォータージャケットを示す斜視図である。

[図15]図14の冷却器とは異なるタイプのウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図である。

[図16]本発明の半導体モジュール用冷却器および半導体モジュールに用いられるウォータージャケットのガイド部形状および流路幅をタイプ別に示す説明図である。

[図17]図16の各半導体モジュール用冷却器について、(A)は回路基板の位置毎に冷媒の流速分布を示す図、(B)は冷媒の導入口と排出口での圧力差を示す図である。

[図18]図16のウォータージャケットのタイプ別に定常状態の発熱温度を示す図である。

[図19]本発明の半導体モジュール用冷却器に用いられるウォータージャケットを示す図であって、(A)はウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図、(B)は(A)のウォータージャケットを示す部分斜視図である。

[図20]図19の冷却器とは異なるタイプNのウォータージャケットの導入路形状を示す部分平面図である。

[図21]図15、図19および図20の各半導体モジュール用冷却器について、(A)は回路基板の位置毎に冷媒の流速分布を示す図、(B)は冷媒の導入口と排出口での圧力差を示す図である。

[図22]図15、図19および図20のウォータージャケットの性能をタイプ別に示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 図1は本発明の半導体モジュールの外観を示す斜視図、図2は図1の半導体モジュールの一例をL1-L1矢視断面で示す模式図である。図3は、冷却器のウォータージャケットの要部構成を示す斜視図であって、矢印は冷媒の流れる方向を示す。

[0021] 半導体モジュール10は、図1及び図2に示すように、冷却器2及び冷却器2の上に配置された複数の回路素子部3A~3Cから構成されている。この冷却器2は、フィンカバーとしてのウォータージャケット2Aと、ヒートシンクとしてのフィン2Cが複数本植設されたフィンベース2Bとから構成され、複数のフィン2Cをウォータージャケット2Aの内部に収容するようにしている。

[0022] 以下の説明ではウォータージャケット2A及びその内部に収容されたフィン2Cについて、図2においてフィンベース2Bが付けられる方を「上側」、図3においてウォータージャケット2Aの上側を上矢視の方向を「前側」、その導入口24及び排出口25が形成されている方を「左側」等とする。また、冷却器2内の冷媒の流れに関して、導入口24に近い方を「上流側」とする。

[0023] 図3に示すように、冷却器2のウォータージャケット2Aの外形は略直方体形状である。その上側の主面には冷媒導入流路21、導入口部21a、冷媒排出流路22、排出口部22a及びフィン2Cを配置する冷却用流路23が設けられている。さらに、ウォータージャケット2Aには、その内部に冷媒を導入するための導入口24がその左側壁2Abに、外部に冷媒を排出するための排出口25が同一側面の左側壁2Abにそれぞれ設けられている。これら冷媒導入流路21等は、前側壁2Aa、左側壁2Ab、後側壁2Ac、右側壁2Ad及び底壁2Aeにより画定されている。なお、同図には説明の便宜上、フィン2Cが描かれている。

[0024] 冷媒導入流路21は、第1流路として、冷媒の流入方向に沿うように、導入口24から導入口部21aを介して、ウォータージャケット2Aの前側壁2Aaと平行に、右側壁2Adまで延在されている。また、冷媒排出流路22は、第2流路として、冷媒の排出口25に向かうように、右側壁2Adから、後側壁2Acと平行に、排出口部22aを介して排出口25まで直線状に延在されている。冷媒導入流路21と冷媒排出流路22は略平行に設けられている。ここで、導入口24から冷媒導入流路21に流入する冷媒の終端

部、及び冷媒を排出口 25 に流出する冷媒排出流路 22 の始端部には、60°以下の傾斜を有するガイド部 21 Si, 22 So を形成している。

[0025] 冷却用流路 23 は、第 3 流路として、冷媒導入流路 21 と冷媒排出流路 22 との間に配設され、冷媒導入流路 21 及び冷媒排出流路 22 を連通するように形成されている。冷却用流路 23 は、冷媒導入流路 21 の延在方向及び冷媒排出流路 22 の延在方向とそれぞれ直交する方向に延在される。冷却用流路 23 の境界を画定している左側壁 2 A b 及び右側壁 2 A d の内面は、それぞれ冷却用流路 23 の底面及び後側壁 2 A c の内面に対して垂直に形成されている。

[0026] 冷却用流路 23 には、複数のフィン 2 C からなるヒートシンクが配置され、冷媒はフィン 2 C で画定される流路を流れる。そして、導入口 24 から導入された冷媒は、ウォータージャケット 2 A 内で、冷媒導入流路 21、冷却用流路 23、及び冷媒排出流路 22 を通って排出口 25 から排出される。ヒートシンクは、その外形が略直方体であり、その左側側面、後側側面及び右側側面が、左側壁 2 A b、後側壁 2 A c 及び右側壁 2 A d の内面と平行になるよう冷却用流路 23 に配設されている。複数のフィン 2 C はそれぞれ左側壁 2 A b あるいは右側壁 2 A d の内面と平行になるように配設されている。

[0027] このような構成を有するウォータージャケット 2 A は、例えばアルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金等の金属材料を用いて形成することができる。このような金属材料を用いてウォータージャケット 2 A を形成する場合、例えばダイキャストによって、上記のような冷媒導入流路 21、冷媒排出流路 22、冷却用流路 23、導入口 24、及び排出口 25 を形成することができる。ウォータージャケット 2 A は、このほかカーボンフィラーを含有する材料を用いることもできる。また、冷媒の種類やウォータージャケット 2 A 内に流れる冷媒の温度等によっては、セラミック材料や樹脂材料等を用いることも可能である。

[0028] このような構成を有するウォータージャケット 2 A は、冷媒導入流路 21、冷媒排出流路 22、及び複数の冷却用流路 23 の形成面側が、図 1 及び図

2に示すように冷媒の導入口24及び排出口25を除いてフィンベース2Bにより封止されている。また、フィンベース2Bには、例えば基材26に複数のフィン2Cが植設されている。

[0029] つぎに、冷却器2のフィン2Cの形状について説明する。

図4は、2通りのフィンの形状を説明する図であって、(A)はブレードフィンを示す斜視図、(B)はコルゲートフィンを示す斜視図である。

[0030] 冷却器2のフィン2Cは、例えば図4(A)に示すように、板状のフィンが並設された複数のブレードフィン2Caとして形成することができる。ブレードフィン2Caは、冷却用流路23に配置され、冷媒が図4(A)に矢印で示す方向に流通する。その際、こうしたブレードフィン2Caは、冷却用流路23内で基材26及びフィンベース2Bによって保持される。

[0031] 図4(A)にはブレードフィン2Caを例示しているが、同図(B)に示すコルゲートフィン2Cbを用いることもできる。

このようなブレードフィン2Ca、あるいはコルゲートフィン2Cbの形状をもつフィン2Cは、例えば図2に示したように、フィンベース2Bと一体化してフィン2C側のウォータージャケット2Aに向けて配置される。フィン2Cは、その先端とウォータージャケット2Aの底壁2Aeとの間に一定のクリアランスCが存在するような寸法(高さ)に形成される。

[0032] 図2では、基材26がフィンベース2Bと一体化して構成され、フィンベース2Bのフィン2C側をウォータージャケット2Aに向けて配置したときに、フィン2Cがウォータージャケット2Aの冷却用流路23内に配置されるようになっている。なお、フィン2Cをダイキャストやロウ付けするなど、フィンベース2B自体と一体に形成し、あるいはダイキャストによってフィンベース2Bからフィン2Cを凸形状に形成した後、ワイヤーカット法によるフィン形状の形成も可能である。

[0033] このようなフィン2Cのフィン形状については、従来公知の様々な形状のものを用いることが可能である。フィン2Cは、冷却用流路23内を流れる冷媒の抵抗となるので、冷媒に対する圧力損失が小さいものが望ましい。ま

た、フィン2Cの形状及び寸法は、冷媒の冷却器2への導入条件（すなわち、ポンプ性能等）、冷媒の種類（粘性等）、目的とする除熱量等を考慮して、適宜設定することが好ましい。

[0034] また、フィン2Cからなるヒートシンクの外形は略直方体であり、好ましくは直方体であり、発明の効果を損ねない範囲で面取りや変形された形状であってもよい。

フィン2C及びフィンベース2Bは、ウォータージャケット2Aと同様に、例えばアルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金等の金属材料を用いて形成することができる。フィン2Cは、上述したブレードフィン2Caやコルゲートフィン2Cb等以外にも例えば金属材料を用いて形成された所定のピンや板体を金属製の基材26に接合することによって形成することができる。

[0035] このようにしてフィン2Cが接合された基材26は、金属板等のフィンベース2Bの所定領域、すなわち図2に示した冷却用流路23に対応する領域に接合される。このように予めフィン2Cを接合した基材26をフィンベース2Bに接合するだけでなく、フィンベース2Bに直接、複数のフィン2Cを接合してヒートシンクを構成することも可能である。

[0036] 冷却器2の使用時には、例えば導入口24がその上流側に設けられるポンプに接続され、排出口25がその下流側に設けられる熱交換器に接続されて、これら冷却器2、ポンプ及び熱交換器を含む閉ループの冷媒流路が構成される。冷媒は、このような閉ループ内をポンプによって強制循環される。

[0037] 各回路素子部3A～3Cは、例えば図2に示したように、いずれも基板31上に2種類の半導体素子32、33をそれぞれ2個ずつ、計4個搭載した構成を有する。基板31は、例えば図2に示したように、絶縁基板31aの両面に導体パターン31b、31cが形成された構成とされる。

[0038] 基板31の絶縁基板31aには、例えば窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等のセラミック基板を用いることができる。絶縁基板31a上の導体パターン31b、31cは、銅やアルミニウム等の金属（例えば、銅箔）を用

いて形成することができる。

[0039] 半導体素子32, 33は、はんだ等の接合層34を用いて基板31の導体パターン31b側に接合され、その導体パターン31bに直接、或いはワイヤ（図示せず）を介して、電氣的に接続される。半導体素子32, 33を搭載した基板31は、もう一方の導体パターン31c側で、接合層35を介して冷却器2のフィンベース2Bに接合される。

[0040] こうして、基板31と基板31上に搭載された半導体素子32, 33は、冷却器2と熱的に接続された状態になる。なお、導体パターン31b, 31cの露出表面や、半導体素子32, 33と導体パターン31bとを電氣的に接続するワイヤ表面には、ニッケルめっき等により、それらの表面を汚れ、腐食、外力等から保護するための保護層を形成するようにしてもよい。

[0041] 図5は、半導体モジュールとして構成される電力変換回路の一例を示す図である。

このような基板31上に搭載される半導体素子32, 33としては、ここではパワー半導体素子を用いている。一例として、図5に示すように、一方の半導体素子32をフリーホイールダイオード（Free Wheeling Diode：FWD）とし、他方の半導体素子33を絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（Insulated Gate Bipolar Transistor：IGBT）とすることができる。

[0042] 半導体モジュール10は、例えば3個の回路素子部3A～3Cによってインバータ回路40を構成することが可能である。

図5では、直流電流を交流電流に変換して三相交流モータ41に供給するインバータ回路40を例示している。このインバータ回路40は、U相、V相、W相の三相についてそれぞれ、IGBTである半導体素子33と、FWDである半導体素子32とのブリッジ回路を備える。半導体素子33のスイッチング制御を行うことで、直流電流を交流電流に変換し、三相交流モータ41を駆動することができるようになっている。

[0043] ここでは、上記のような構成を有する回路素子部3A～3Cが、冷却器2のフィンベース2Bの上に配置されている。これらの回路素子部3A～3C

は、例えば冷却器 2 上でインバータ回路を構成するように接続することができる。

[0044] さて、このような電力変換回路の動作時に、各回路素子部 3 A～3 C で発生した熱は、それが接合されているフィンベース 2 B へと伝わり、さらにその下のフィン 2 C へと伝わる。フィン 2 C は、上述したように冷却用流路 2 3 内に配置されているから、この冷却用流路 2 3 に冷媒が流通されることで、フィン 2 C が冷却される。発熱する回路素子部 3 A～3 C は、このようにして冷却器 2 により冷却される。

[0045] 以上の説明では、半導体モジュール 1 0 の回路素子部 3 A～3 C を 3 個とした場合を例示した。しかし、つぎの図 6 などに示す半導体モジュールのように、回路素子部の個数は 3 個に限定されない。

[0046] 図 6 は、従来の半導体モジュールの第 1 変形例を説明する図であって、(A) は回路素子の配置例を示す斜視図、(B) は冷却器のウォータージャケットの要部構成を示した斜視図である。また、図 7 は図 6 (B) の冷却器とは異なるタイプのウォータージャケットの形状を示す斜視図である。

[0047] 図 6 (A) に示す半導体モジュール 1 0 A では、冷却器 2 の長手方向に 7 列 (B 1～B 7)、短手方向に 2 行、計 1 4 個の回路素子部 3 D～3 I、及び 3 I u、3 I d が配置されている。これらの回路素子部 3 D～3 I、及び 3 I u、3 I d を適当に組み合わせて、例えば図 5 に例示したようなインバータ回路 4 0 を複数構成するように接続することができる。

[0048] ウォータージャケット 2 A には、図 6 (B) に示すように、一方の主面側に冷媒導入流路 2 1、冷媒排出流路 2 2、及び冷却用流路 2 3 が設けられ、冷却用流路 2 3 がフィン 2 C に対応する大きさに形成されている。このフィン 2 C は、例えば図 2 に示したように、フィンベース 2 B と一体化してフィン 2 C 側のウォータージャケット 2 A に向けて配置される。そして、最終的にフィン 2 C と一体化されたフィンベース 2 B は、図 1 及び図 2 に示したようにウォータージャケット 2 A 上に配置される。

[0049] フィンベース 2 B とウォータージャケット 2 A とは、例えば適当なシール

材（図示せず）を用いて接合される。これにより、ウォータージャケット 2 A、フィンベース 2 B 及びフィン 2 C を備える冷却器 2 が構成できる。ここで、導入口 2 4 から冷媒導入流路 2 1 に流入する冷媒の終端部、及び冷媒を排出口 2 5 に流出する冷媒排出流路 2 2 の始端部には、 60° 以下の傾斜を有するガイド部 2 1 S i, 2 2 S o を形成している。ガイド部 2 1 S i においては、冷却用流路 2 3 に対向する全領域に亘って、一様な傾斜面となっている。

[0050] ここでは、導入口 2 4 及び排出口 2 5 を左側壁 2 A b の同一面側に配置したもの（タイプ A）を示している。しかし実際には、冷媒を導入する配管の接続の問題により図 7（A）に示す導入口 2 4 と排出口 2 5 を互いに対向する左右側壁 2 A b, 2 A d の対極する位置に配置するタイプ B、あるいは同図（B）に示す導入口 2 4 と排出口 2 5 を右側壁 2 A d に配置するタイプ C など、複数の形状のものが考えられ、それぞれの形状で流路形状の最適化が必要になる。

[0051] 図 8 は、図 6 および図 7 の半導体モジュールにおける冷媒の流速を回路基板の位置別に示す図である。

図 8 のグラフは、一例として図 4（A）に示すブレードフィン 2 C a を冷却用流路 2 3 内に配置して、導入口 2 4 から流量 $10\text{ L}/\text{min}$ の冷媒を流したとき、ブレードフィン 2 C a 間を流れる冷媒流速を示している。

[0052] 図 8 に示すグラフから分かるように、各タイプ A, B, C のウォータージャケットは、その流路形状毎にそれぞれ流速分布が不均一になる偏流特性を有する。導入口 2 4 と排出口 2 5 をいずれも同一面側に配置したタイプ A、あるいはタイプ C のウォータージャケットでは、配管が接続される B 1、あるいは B 7 側でそれぞれ冷媒の流速が速く、いずれも $0.15\text{ m}/\text{秒}$ 以上になる。タイプ B のように導入口 2 4 と排出口 2 5 を対称位置に配置したウォータージャケットでは、排出口 2 5 側の位置 B 7 での冷媒流速が最も速くなる。このように冷却用流路 2 3 内の冷媒は、冷媒導入流路 2 1 と冷媒排出流路 2 2 の間のブレードフィン 2 C a が形成する並列流路のうち排出口 2 5 側

で流速が速くなる偏流特性がある。

- [0053] また、図6(A)に示した従来の半導体モジュール10Aにおいては、2行6列の回路素子部3D~3Iの12個とは別に、冷却器2上の7列目に2個の回路素子部3Iu, 3Idとして異なる構成のものを配置することができる。このとき、12個の回路素子部3D~3Iを適当に組み合わせることで、例えば図5に例示したようなインバータ回路40を複数構成するように接続できる。また、回路素子部3Iu, 3Idは、例えば所定数のIGBTとFWDを用いた昇圧コンバータ回路として構成できる。
- [0054] このような場合に、例えば昇圧コンバータ回路の回路素子部3Iu, 3Idをバッテリー及び上記インバータ回路40に接続し、バッテリー電圧を回路素子部3Iu, 3Idで昇圧する。そして、その昇圧された直流電流をインバータ回路40によって交流電流に変換して三相交流モータ41に供給するような回路構成とすることが可能である。
- [0055] なお、このような回路素子部3D~3Iとは種類の異なる回路素子部3Iu, 3Idを新たに追加するには、回路の設計上、或いは製造上の配線レイアウト等を考慮すると、図6(A)に示すように、回路素子部3Iu, 3Idは半導体モジュール10Aの端部に配置することが比較的容易である。
- [0056] このような半導体モジュール10Aでは、冷却器2の冷却用流路23を流れる冷媒の流通方向に沿ってフィン2C内部に発熱箇所が2箇所ある。そして、これらの発熱箇所は冷媒の流れる方向に対して、それぞれ上流側と下流側とに分かれて位置する。このうち、下流側を流れる冷媒は、上流側での吸熱によって、その冷媒温度がすでに上昇している。そのため、上流側に配置された回路素子部の冷却効率がより高くなる。
- [0057] また、冷却器2の冷却用流路23を流れる冷媒には、排出口25に近い位置で冷媒流速が上昇するという、上述したような偏流特性がある。しかも、冷却用流路23を冷媒が速く流れる箇所ほど、フィン2Cによる冷却効率は高くなる。
- [0058] 加えて、回路素子部3D~3I、及び3Iu, 3Idが駆動時に発生する

熱量は同じではなく、その機能により異なる場合が多い。

こうした事情を考慮すると、回路素子部3D~3I、及び3Iu、3Idのうちその駆動時に発生する熱量が高いものほど排出口25に近い冷媒導入流路21側に配置すれば、より容易に冷却することが可能である。

[0059] しかしながら、半導体モジュール10Aが使用される環境によっては、発生損失の最も大きな回路素子部を排出口25に近い位置に配置できず、排出口25から離れた位置に配置せざるを得ない場合がある。また、半導体モジュール10Aでは、回路素子部3D~3I、3Iu、3Idで発生する熱量に応じて、冷媒をある一定以上の流速で流通させる必要がある。ところが、低流速部での流速を上昇させるため、導入口24からの冷媒の流量を単に増加させても、もともと流速の速い部分で必要以上の冷媒が流れる結果となり、望むような効果を得られない。低流速部での流速を上昇させるにはさらに冷却器に冷媒流量を増加して供給しなければならず、高性能のポンプが必要となる。

[0060] そこで、冷却器2の流路形状を改良し、流速分布を制御して偏流特性を改善する必要があった。こうした流路特性をシミュレーションするには、冷媒の流れと熱伝導、熱伝達などの物理現象を含む熱流体解析が必要となる。また、回路素子部3D~3I、3Iu、3Idでの発熱による冷媒の温度上昇は、定常運転状態で発生する発生損失を与えて解析することにより求められる。

[0061] 図6(B)、図7(A)、(B)に示す従来タイプA~Cのウォータージャケット2Aを用いて冷媒の流速分布をシミュレーションすると、導入口24からウォータージャケット2A内に導入された冷媒は、排出口25の位置に引き寄せられるように流れる。そのため、図8に示したように、冷却用流路23に流れ込む冷媒は、特に冷媒の排出口25に近い側において、比較的速い流れとなる。

[0062] 一般に、複数配置された回路素子部3D~3I、3Iu、3Id下の流路では、半導体素子32、33の発生損失に応じて冷却に必要な冷媒の流速を

維持することが求められる。そして、上述した偏流特性によって冷媒の流速分布が大きくなれば、その冷却性能も同様に偏った分布となる。そして、冷却用流路23において流速が速くなる排出口25側では、流速の変化に対して冷却性能の変化は小さく、流速が遅くなりやすい導入口24側ではその変化は大きい。図8の例では冷媒の流速が0.05 m/s以下の範囲では流速の変化が冷却能力に与える影響が大きい、これを越えると流速の変化に対する冷却能力の変化は小さい。この傾向は以下の実施の形態において説明する半導体モジュール用冷却器についても当てはまる。

[0063] このシミュレーション結果は、排出口25側に冷却性能の向上に寄与しづらい流速成分が生じることを示している。そこで、このような偏流特性を改善し、排出口25から離れた位置での流速を底上げできれば、より安定した冷却性能が得られるだけでなく、全体的な冷却性能も向上させて、様々な回路素子部の配置を大きなポンプを使用することなく実現することも可能になる。

[0064] また、冷媒の偏流特性は、冷媒導入流路21と冷媒排出流路22とに挟まれた冷却用流路23内の並列流路において起こる現象である。特に、冷却用流路23に配置される冷却用のフィン2Cの間隔が広げられた場合には、冷媒導入流路21からフィン2Cに流れる冷媒に対する抵抗が小さくなって、冷却用流路23内に冷媒が流れ込みやすくなる。したがって、冷却用流路23のフィン2Cは、その間隔が広い形状であるほど偏流特性が拡大する。なお、図6、図7に示すタイプA～Cにおいて回路素子部をできるだけ均一かつ安定に冷却する方法は、上述したような偏流特性およびフィンベース2Bに配置される回路素子部の発生損失の分布に応じて、異なる。

[0065] 以下の実施の形態は、図6に示した従来タイプAのウォータージャケット2Aのように、導入口24、排出口25を同一面側に配置した半導体モジュールについての流速分布を調整するように改良したものについて説明する。これらは、いずれも冷媒自体の性質（冷媒特性）と冷却性能をシミュレーションすることによって検証された結果に基づいている。

(第1の実施の形態)

第1の実施の形態では、半導体モジュールにおける偏流を調整するため、冷媒導入流路21の幅を狭くした冷却器2について説明する。

[0066] 図9は、本発明の半導体モジュールに用いられるウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図である。同図(A)、(B)に示す2つのウォータージャケット2Aには、図6(B)に示す従来のタイプAと同様に、その左側壁2Abに導入口24及び排出口25が配置されている。しかし、導入口24から冷媒導入流路21に冷媒を導く導入口部21aと、冷媒排出流路22から冷媒を排出口25に流出するための排出口部22aは、図6(B)あるいは図3に示すものと比較すると長く形成される。すなわち、導入口部21aと排出口部22aが同じ左側壁2Abから突出するように形成されている。

[0067] 図9(A)に示すタイプDのウォータージャケット2Aは、導入口部21aと排出口部22aがそれぞれ導入口24と排出口25と等しい幅で形成され、例えば同じ w_1 ($=15\text{ mm}$)である。冷媒導入流路21は、冷却用流路23に配置されたフィン2Cの前側側面(冷媒流入面)と対向する前側壁2Aaの内面側にガイド部21Siを有していて、このガイド部21Siによって冷媒導入流路21の幅がその終端方向に向かって狭められている。タイプDのウォータージャケット2Aは、この点でも前述した図6(B)に示すタイプAのものに類似している。ここで、冷媒導入流路21に配置されるガイド部21Siは、終端部からの傾斜面長さ x 、及び冷媒導入流路21の終端部におけるガイド部21Siとフィン2Cとの距離 y によって規定される。

[0068] 図9(B)に示すタイプGのウォータージャケット2Aは、冷媒導入流路21に冷媒を導く導入口部21aでの断面がテーパ形状に形成され、排出口25での流路幅 w_1 に対して冷媒導入流路21の始端部での流路幅 w_2 が狭くなるよう、導入口部21aの流路幅が変化している。なお、冷媒導入流路21の終端部におけるフィン2Cとの距離、すなわち距離 y は、タイプDの

ものと同様である。ここでは、冷媒排出流路22が一様の流路幅 w_1 に形成される一方で、冷媒導入流路21の始端部では、その流路幅 w_2 がより狭く、かつ終端方向に向かって小さくなるように構成されている。そのため、冷媒導入流路21に配置されたガイド部21Siがその全領域に対応する長さ x の傾斜面を有していれば、そのガイド部21Siの傾斜角度はタイプDのものより小さくなる。

[0069] 図9(A), (B)の各流路形状では、冷媒を排出口25に流出する冷媒排出流路22内の始端部にガイド部22Soを配置して、フィン2Cの後側側面(冷媒流出面)に対して約 45° の傾斜角で面取りが施されている。また、冷媒排出流路22の下流側に向かってフィン2Cの後側側面と平行して後側壁2Acが形成されている。すなわち、冷媒排出流路22は、その側壁がほぼ全長にわたってフィン2Cの後側側面に対して平行に形成されている。そのため、ヒートシンクの下流側(フィン2Cの冷媒流出面)で圧力損失を小さくすることができ、ガイド部21Siによる流速調整の効果を得ることができる。

[0070] 図10は、本発明の半導体モジュール用冷却器および半導体モジュールに用いられるウォータージャケットのガイド部形状および流路幅をタイプ別に示す説明図である。

ここでは、図9に示すタイプDおよびタイプGの他に、タイプE、タイプEa、タイプEb、タイプF、タイプGaおよびタイプGbのウォータージャケットのガイド部形状(傾斜面長さ x 、終端部での距離 y)と流路幅(w_1 , w_2)について説明する。タイプDのウォータージャケット2Aでは、冷媒導入流路21に配置されるガイド部21Siは、その長さ x が冷媒導入流路21と等しい255mmであって、かつ冷媒導入流路21の終端部での流路幅(距離 y)を2mmとする形状を有している。なお、導入口部21aと排出口部22aの流路幅は、いずれも同じ w_1 (=15mm)に形成されている。

[0071] タイプEでは、 x , y はそれぞれ255mm, 2mmとタイプDのものと同様である。

同じであるが、導入口部21aの流路幅が15mm (w_1) から10mm (w_2) に狭めるように変化させている点で、タイプDのものとは異なっている。また、タイプEaのウォータージャケット2Aでは、冷媒導入流路21に配置されるガイド部21Siは、その傾斜面長さ x が冷媒導入流路21より短い130mmであって、かつ冷媒導入流路21の終端部での流路幅を2mmとした。さらに、タイプEbのガイド部21Siは、冷媒導入流路21の終端部近傍で8mm (x) の範囲に傾斜面が形成され、かつ流路幅を2mmとしている。すなわち、冷媒導入流路21は247mmの長さで10mmの流路幅となって、その終端部のみでガイド部21Siが45度の傾斜面を構成している。

[0072] タイプFのウォータージャケット2Aでは、傾斜面長さ x と終端部での流路幅(距離 y)はタイプD、タイプEのものと同じで、それぞれ255mm、2mmであるが、導入口部21aでの流路幅を15mm (w_1) から冷媒導入流路21の始端部での流路幅8mm (w_2) まで低減するように変化させている。そのため、冷媒導入流路21に255mmの傾斜面長さ x で配置されるガイド部21Siの傾斜角度は、タイプDのものより小さい。

[0073] タイプGのウォータージャケット2Aでは、図9(B)に示すように、冷媒導入流路21に配置されるガイド部21Siが、その傾斜面長さ x が冷媒導入流路21と等しい255mmであって、かつ冷媒導入流路21の終端部での流路幅(距離 y)を2mmとする形状を有している。また、テーパ形状をなす導入口部21aによって、冷媒導入流路21の始端部での幅は5mm (w_2) と、タイプFのものよりさらに狭く構成されている。また、タイプGaのものは、冷媒導入流路21に配置されるガイド部21Siの傾斜面長さ x を冷媒導入流路21より短い130mmとし、かつ冷媒導入流路21の終端部での流路幅(距離 y)を2mmとする形状とした。さらに、タイプGbでは、冷媒導入流路21の終端部近傍のみ3mm (x) の範囲に形成され、かつ流路幅(距離 y)を2mmとする形状である。すなわち、冷媒導入流路21は252mmの長さで5mmの流路幅となり、その終端部でガイド部

21Siが45度の傾斜面を構成するものとなる。

[0074] このように、図9、図10に示すタイプE～Gの流路形状は、いずれも冷媒導入流路21の前段の導入口部21aにおいて、その流路幅をw1からw2に狭めている。そして、タイプE、タイプEa、タイプEb、タイプGa、タイプGbのように、それぞれ流路幅(w1, w2)とガイド部形状(x, y)を変更して組み合わせることによって、冷媒導入流路21内で終端部へ向かう冷媒の流速を適正な程度まで抑制できる。また、同じ導入口24の断面積であっても、冷媒の導入方向に向かって断面積が連続して低減する導入口部21aを配置することによって、冷却用流路23での流速分布を改善することができる。この点について、以下の図11ないし図13により説明する。

[0075] つぎに、図10に示す流路形状のウォータージャケット2Aを比較対象として実施されたシミュレーションの結果について説明する。ここでは、冷却用流路23は幅255mm、長さ117mmの領域に形成され、そこに厚さ1.2mm、ピッチ2.1mm、高さ10mmのブレードフィン2Caが配置され、導入口24から冷媒導入流路21に冷媒を10L/minの流量で導入する場合を仮定した。また、それぞれ異なるガイド部21Siの形状についてシミュレーションすることによって、ガイド部21Siの形状の違いが流速分布に与える影響をタイプD～G毎に確認した。

[0076] 図11は、本発明の半導体モジュール用冷却器について回路基板の位置毎に冷媒の流速分布をタイプ別に示す図である。

同図に示す流速分布は、図6において位置B1～B7で示した7列に配置された回路素子部3D～3l、3lu, 3ldの基板中央部直下に配置されたフィン2C間での流速をシミュレーションした結果である。ここでは、導入口24側から冷媒導入流路21の終端部に向けてB1～B7まで順に流速を示している。

[0077] 流速分布のシミュレーションで用いられるタイプD～Gの冷媒導入流路21は、図10に示したガイド部形状および流路幅であって、いずれもフィン

2Cとガイド部21Siとの間隔の最小値(y)を2mmとしている。また、導入口24、排出口25の流路幅w1は15mm一定とし、冷媒導入流路21の始端部での流路幅w2を15mm~5mmの範囲で変化させている。なお、冷媒導入流路21の全長は255mm、その高さは10.5mmとしている。

[0078] 図11に示すシミュレーション結果によれば、タイプE~Gの結果に示されるように、導入口24、排出口25に近い位置B1側で流速が低減し、冷却が必要な位置B7側で流速が向上している。また本流路形態では、タイプGのように冷媒導入流路21の流路幅w2を冷媒排出路の1/3にすることで、ほぼ均一な偏流特性を得ることが可能である。つまり、流路幅w2をより狭くすることで、排出口25の位置に依存する流速分布が改善できることがわかった。

[0079] 導入口24、排出口25に最も遠い位置B7部での流速をタイプ別に見ると、タイプDでは0.040m/s、タイプEでは0.053m/s、タイプFでは0.059m/sであるが、タイプGは0.064m/sとなっている。このように、冷媒導入流路21の流路幅を最も狭くしたタイプGのウォータージャケットにおいてのみ、位置B7での流速が0.06m/sを越えている。

[0080] 以上から、冷却装置の導入口24、排出口25をウォータージャケットの同一面側に配置した構成においても、その冷媒導入流路21の流路幅w2を5mmまで狭めることで偏流分布を均一化するように調整することができ、より冷却効率のよい流速分布が得られることがわかった。このようなシミュレーション結果により、図10に示すタイプ別のウォータージャケットのガイド部形状および流路幅を有する流路について、それぞれ回路素子部3D~3I, 3Iu, 3Idでの発生損失に基づいて、パワー半導体素子における発熱状態を確認することができる。

[0081] 図12は、図10のウォータージャケットのタイプ別に定常状態の発熱温度を示す図である。これらはいずれも、前述した手法によるシミュレーショ

ン結果の一例である。

シミュレーションにおいて、回路素子部3D等に与える発生損失として、上述した図6(A)に示すように、導入口24側より3列ずつ回路素子部3D~3Fの位置B1~B3と、回路素子部3G~3Iの位置B4~B6の2グループに分類して、同じグループでは同じ大きさに設定している。また、7列目の回路素子部3I_u, 3I_dでは、上流側の回路素子部3I_dと下流側の回路素子部3I_uで、互いに異なる発生損失を設定している。図12(A), (B)における発熱温度の比較対象は、それぞれ1列目(B1)の回路素子部3D、4列目(B4)の回路素子部3Gのそれぞれ下流側に配置されたIGBT素子としている。また、同図(C)では7列目(B7)の回路素子部3I_u, 3I_dのうち、発生損失のより大きい上流側のIGBT素子を比較対象とした。さらに、回路素子部3D~3I, 3I_u, 3I_dにそれぞれの発熱量に応じて設定している発生損失値は、冷媒流速と冷媒温度及び冷却性能との関係に基づいて、 $3D < 3G < 3I_u < 3I_d$ の関係に設定している。

[0082] 図12(C)に示すように、回路素子部3I_dのジャンクション温度 T_j は、タイプDでは142.6℃であるのに対して、タイプGでは135.5℃となり、7.1℃の低減効果が見られた。同図(A), (B)に示すその他の回路素子部3D, 3Gでも、流速分布の変化に伴ってジャンクション温度 T_j の上昇はあるものの、最も発生損失の高い回路素子部3I_dよりは低く、いずれも123℃以下に保たれている。これは、それぞれ回路素子部3D~3I, 3I_u, 3I_dでの発生損失に見合った流速分布に調整することにより、安定した冷却性能が得られることを示している。

[0083] このように、本発明の半導体モジュールに用いられるウォータージャケットでは、幅および傾斜といったガイド部の形状を改善することで、特に損失値の高い回路素子部3I_dの基板中央部直下(B7)での流速が向上した効果は大きく、パワー半導体素子のジャンクション温度を低減することが可能である。

- [0084] 図13は、本発明の半導体モジュールにおける冷媒の導入口と排出口での圧力差をタイプ別に示す図である。ここでは、冷媒導入流路21の流路幅 w_2 を狭めたことによって生じる、流路内での圧力損失の変化について確認している。圧力損失は、導入口24と排出口25での冷媒の圧力差として測定できる。
- [0085] 図13に示すシミュレーション結果によれば、図10に示すタイプE~Fのような冷媒の流路幅 w_2 が8mm以上のものであれば圧力損失は6kPa以下に保たれているが、タイプG, Ga, Gbのように流路幅 w_2 を5mmまで狭めると、11.5kPaに上昇している。したがって、冷媒導入流路21の始端部での流路幅 w_2 を狭めるときには、それだけ大きなポンプにより冷媒流速を高めて、圧力損失を補償する必要があることがわかる。
- [0086] 一般に、10L/minの流量と、13kPa以上のポンプ特性のポンプを搭載したインバータも存在することから、タイプGの形状が非現実的な流路形状ではない。さらに、回路素子部での発生損失に応じて、ポンプ性能と冷媒（冷却水）の温度、及び流路幅 w_2 を最適化することが望ましい。
- [0087] 本実施の形態におけるウォータージャケット2Aでは、その底壁2Aeの内面と、ガイド部21Siの傾斜面と、ヒートシンクを構成するフィン2Cの前側側面とから冷媒導入流路21が画定される。そして、この冷媒導入流路21の断面積が、その導入口24側から終端部に向かって一定の割合で小さくなり、あるいは冷媒導入流路21の途中までは同じ断面積であって、そこから終端部に向かって一定の割合で小さくなるよう形成されている。したがって、冷媒導入流路21からフィン2Cに流入する冷媒の流速を適当に調整して、冷媒の流路に生じる偏流を解消することによって、半導体素子を従来に比べてむらなくかつ安定に冷却でき、半導体素子の発熱による誤動作や破壊を確実に防止できる。
- [0088] 以上のシミュレーション結果から、第1の実施の形態では、導入口24及び排出口25がウォータージャケットの同一面に配置されたものにおいて、回路素子部3D~3I, 3Iu, 3Idでの異なる発生損失に対応する冷却

性能を得るための流路が構成できる。とりわけ、冷媒導入路 2 1 が短いほど、偏流特性を調整しやすい。

[0089] なお、ヒートシンクを構成するフィン 2 C は、その前側側面が導入口 2 4 から流入する冷媒の流入方向と略平行であって、かつ冷媒導入流路 2 1 における冷媒の流れを遮らないように導入口部 2 1 a の内壁と面一になる位置に配設される。また、冷媒導入流路 2 1 の高さを規定する、ウォータージャケット 2 A の底壁 2 A e からフィンベース 2 B までの間隔は一定である。

(第 2 の実施の形態)

第 2 の実施の形態では、冷媒導入流路 2 1 内に分離壁を設けて冷媒の流路を複数に分割することにより、第 1 の実施の形態のように冷媒導入流路 2 1 の流路幅を狭く形成するようにした冷却器について説明する。

[0090] 図 1 4 は、本発明の半導体モジュールに用いられるウォータージャケットを示す図であって、(A) はウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図、(B) は (A) のウォータージャケットを示す斜視図である。

[0091] 図 1 4 (A) に示すタイプ H のウォータージャケット 2 A では、導入口部 2 1 a と排出口部 2 2 a がそれぞれ導入口 2 4 側と排出口 2 5 側で等しい流路幅 w_1 (例えば 15 mm) に設定されている。導入口 2 4 から冷媒導入流路 2 1 に冷媒を導く導入口部 2 1 a、及び冷媒排出流路 2 2 から冷媒を排出口 2 5 に流出するための排出口部 2 2 a は、いずれも図 9 に示すタイプ D、タイプ G 等と同様に、それぞれ同じ左側壁 2 A b から突出している。しかし、冷媒導入流路 2 1 に冷媒を導く導入口部 2 1 a において、導入口 2 4 での流路幅 w_1 に対して冷媒導入流路 2 1 の始端部で狭められた流路幅 w_2 に変更する際に、排出口 2 5 側の内面だけに傾斜面が形成されている点で、図 9 に示すタイプ D、タイプ G のものとは異なっている。すなわち、導入口部 2 1 a の断面は略方形であり、その傾斜面はフィン 2 C 側にのみ形成されていて、導入口 2 4 から導入された冷媒を冷媒導入流路 2 1 の側壁 (前側壁 2 A a) に向かって誘導するよう傾斜している。

[0092] また、冷媒導入流路 2 1 は、その始端部から下流方向の中間位置までは、

長さ $\times 2$ の平坦な側壁面により同じ流路幅 w_2 を有するように形成されているが、さらにその下流側では長さ \times のガイド部 $21Si$ によって終端方向に向かって流路幅が狭められている。ガイド部 $21Si$ は、冷却用流路 23 内のフィン $2C$ の前側側面（冷媒流入面）と対向する前側壁 $2Aa$ の内面側に配置される。そして、このガイド部 $21Si$ の傾斜面長さ \times に応じた傾斜角で冷媒導入流路 21 の流路幅を連続的に狭めて、冷媒流速を高めるように作用する。なお、このガイド部 $21Si$ の傾斜面は右側壁 $2Ad$ まで延在して、冷媒導入流路 21 の終端部においてフィン $2C$ との間で距離 y を保持している。

[0093] さらに、図14（B）に斜視図で示すように冷媒導入流路 21 内には、高さ 10 mm の分離壁 27 がウォータージャケット $2A$ の底壁 $2Ae$ 面から垂直に形成されている。この分離壁 27 は、冷媒導入流路 21 の始端部から下流方向に向かって長さ $\times 2$ で配置され、その始端部からガイド部 $21Si$ が形成されたほぼ中間位置までの間で、冷媒導入流路 21 を2つに分割している。これにより、冷媒導入流路 21 はその始端部側において、フィン $2C$ との間で流路幅 w_3 、ウォータージャケット $2A$ の前側壁 $2Aa$ との間で流路幅 w_4 に、それぞれ分離された流路となる。この分離壁 27 は、下流側の端部ではフィン $2C$ との間隔が距離 y に等しくなるように、冷媒導入流路 21 内で斜めに配置されている。ここで、分離壁 27 はウォータージャケット $2A$ の前側壁 $2Aa$ の高さ 10.5 mm よりやや低い 10 mm 、壁面厚さは 1.5 mm 、流路幅 w_3 は 3.5 mm 、流路幅 w_4 は 5 mm に設定されている。なお、ここで冷媒導入流路 21 の始端部とは導入口部 $21a$ が冷媒導入流路 21 へ接続する入り口領域をいい、前側壁 $2Aa$ と左側壁 $2Ab$ とにより画定されている。

[0094] 図15は、図14の冷却器とは異なるタイプのウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図である。

図15（A）に示すタイプIのウォータージャケット $2A$ は、分離壁 27 の長さ $\times 2$ がタイプH（図14）のものより長く、すなわち冷媒導入流路 2

1の長さの2分の1以上の長さに形成され、かつガイド部21Siの傾斜面長さxが冷媒導入流路21の長さの半分以下まで短く構成されている。そして、冷媒導入流路21内の分離壁27は、冷媒導入流路21内の平坦な内壁面とほぼ同じ長さx2を有している。これにより、ガイド部21Siの上流側始端部方向に向かって流れる冷媒は、冷媒導入流路21の始端部で2つの流路に分割されるため、冷媒導入流路21の終端部側でフィン2Cに流入する冷媒の流量を増加することが可能になる。

[0095] 図15(B)に示すタイプKのウォータージャケット2Aでは、ガイド部21Siの長さはタイプIのものよりさらに短くなり、かつガイド部21Siは、長さxの傾斜部分に接続して、冷媒導入流路21の終端部側に長さx3の平坦部分を有している。このガイド部21Siの平坦部分がフィン2Cと距離yで対向している点、及び冷媒導入流路21内に形成される分離壁27の長さx2が、冷媒導入流路21の平坦面の長さより短く形成されている点で、タイプKはタイプH、タイプIのものと異なっている。なお、図15(A)、(B)に示すウォータージャケット2Aは、その他の点ではいずれも図14に示したタイプHのものと同じである。

[0096] 図16は、本発明の半導体モジュール用冷却器および半導体モジュールに用いられるウォータージャケットのガイド部形状および流路幅をタイプ別に示す説明図である。

ここでは、図14に示すタイプH、および図15(A)、(B)に示すタイプI、タイプKの他に、タイプJ、タイプLのウォータージャケット2Aのガイド部形状と流路幅について説明する。タイプJのウォータージャケット2Aでは、冷媒導入流路21内に形成される分離壁27は、その長さx2がタイプIのものより長い215mmであって、この分離壁27の端部位置から終端部までの流路幅は、ガイド部21Siによって終端方向に向かって狭められている。また、タイプLのものでは、分離壁27の長さx2はタイプKと同じ長さに形成されているが、ガイド部21Siの傾斜面の長さxが、さらに短い8mmとなっている。

[0097] 前述したように、冷却用流路23を流れる冷媒については、排出口25の位置に依存した流速分布となる。ここでは、分離壁27を形成して冷媒導入流路21の流路を2つに分割して、冷媒導入流路21から冷却用流路23への流量を制御することで、排出口25の位置に拘わらずに、冷媒の偏流特性を調整するようにしている。また、タイプH~Lのウォータージャケット2Aでは、導入口24から冷媒導入流路21まで流路の減少幅(=w1-w2)を例えば5mm以内に設定することで、圧力損失の上昇を抑えるようにしている。さらに、冷媒導入流路21内の分離壁27は、ウォータージャケット2A内の冷媒の流路を2つに仕切ると同時に、冷媒導入流路21の下流側での冷媒流路を狭めるように設けられたガイド部21Siと協働して、冷媒導入流路21の終端部に直接流れる流路を形成している。

[0098] 図17は、図16の各半導体モジュール用冷却器について、(A)は回路基板の位置毎に冷媒の流速分布を示す図、(B)は冷媒の導入口と排出口での圧力差を示す図である。

比較位置は図6(A)に示した位置とし、流速に関わるものをB1~B7の位置において比較し、圧力損失は導入口と排出口の圧力差とし、ジャンクション温度については1列目(B1)、4列目(B4)の回路素子部3D、3Gのそれぞれ下流側に配置されたIGBT素子と、7列目の回路素子部で発生する発生損失の大きい回路素子部3Idの3箇所を対象とした。

[0099] タイプHの半導体モジュール用冷却器は、分離壁27が冷媒導入流路21の長さ方向中央部分まで配置されている。図17(A)に示すタイプHについてのシミュレーション結果によれば、位置B5、B6での流速は、位置B7での流速より速いことがわかる。これは、分離壁27を設け、その長さx2を調整することにより、適宜流速を調整可能であることを示している。すなわち、位置B5での冷却効率だけを特に向上させたい場合には、タイプHのウォータージャケット2Aのように、分離壁27の長さx2を位置B5の手前まで延在させればよい。

[0100] 次に、タイプIの半導体モジュール用冷却器では、分離壁27の長さx2

がタイプHより長く形成されている。このため、図17(A)に示すタイプIについてのシミュレーション結果では、タイプHのものと比較すると位置B7での流速は 0.10 m/s と高くなる。さらに、分離壁27の長さ $\times 2$ が長いタイプJ、タイプKでは、位置B6での流速が 0.07 m/s と速く、位置B7での流速はタイプJ、Kの方が 0.02 m/s 程度速い。このように、排出口25から離れた位置B7に配置した発生損失の高い回路素子部31dでの冷却効率を向上させるには、分離壁27の長さ $\times 2$ を長くすることが望ましく、排出口25に近い位置B5での冷却効率を特に向上させるには分離壁27を位置B5の近傍まで延在させることが望ましい。すなわち、冷媒導入流路21の始端部から特定の位置まで分離壁27を延在させることで冷媒の流速分布を制御し、ある特定の位置での流速を調整して冷却器の性能を向上させることができる。

[0101] また、ガイド部21Siの形状が異なるタイプJとタイプKの半導体モジュールについて、位置B7での流速の違いを比較すると、タイプJでは 0.121 m/s 、タイプKでは 0.125 m/s となって、タイプKでの圧力損失がわずかであるが小さいことがわかる。したがって、回路素子部31dの冷却性能を向上させるには、図15(B)に示すタイプKのようにガイド部21Siの形状を長さ \times の範囲でヒートシンクに対し傾斜させ終端部の長さ $\times 3$ の範囲で平行になるようにして冷媒導入流路21の断面積を低減し、冷媒導入流路21の終端部での流速を高めて、回路素子部31dに流すことが望ましい。このようなガイド部21Siの形状は、特に冷却器の製造上、ヒートシンクとウォータージャケット2Aの右側壁2Adの間に隙間が生じ、フィン2Cの間隔より隙間の方が大きくならざるを得ないような場合に位置B7での流速低下を抑制でき、効果的である。

[0102] 分離壁27は、その長さ $\times 2$ が長いほど位置B7での流速が向上するようになるので、冷却用流路23における流速分布を排出口25に依存しない偏流特性に改善することが可能である。また、冷媒導入流路21の終端部へ流れる冷媒の流量を向上させることによって、冷却用流路23での偏流を改善

できる。すなわち、冷却器 2 の流速分布を改善する分離壁 27 とは別に、タイプ K のもののように、傾斜部分と平坦部分とを有するガイド部 21Si を配置して、冷媒導入流路 21 の終端部で集中的に増加する流速が緩和できる。したがって、図 6 (A) に示す半導体モジュール 10A として、特に発生損失が高い回路素子部 31d が配置されている場合や発生損失の異なる回路素子部 3D~3I, 3Iu が配置されている場合にも、冷却器 2 の冷却性能を向上させることが可能になる。

[0103] さらに、図 17 (B) に示す圧力損失によれば、何れのタイプのものであっても、導入口 24 と排出口 25 での冷媒の圧力差は 6 kPa 以下である。したがって、冷媒導入流路 21 の始端部での流路幅 w2 を第 1 の実施の形態の冷却器ほど狭めなくても、冷媒導入流路 21 の流路を 2 つに分割することによって、低圧力損失かつ流速調整を可能にする流路形状を実現できる。

[0104] 以上から、冷却装置の導入口 24、排出口 25 を同一面側に配置したものであるにおいて、その冷媒導入流路 21 の流路幅 w2 を冷媒排出流路 22 の流路幅 w1 に対してある程度まで狭めると同時に、冷媒導入流路 21 内に冷媒が 2 つに分割されて流れるように分離壁 27 を構成することで、偏流分布を調整することができ、より冷却効率のよい半導体モジュール用冷却器が得られることがわかった。

[0105] このようなシミュレーション結果により、図 16 に示すタイプ別のウォータージャケットのガイド部形状および流路幅を有する流路について、それぞれ回路素子部 3D~3I, 3Iu, 3Id での発生損失に基づいて、パワー半導体素子における発熱状態を確認することができる。

[0106] 図 18 は、図 16 のウォータージャケットのタイプ別に定常状態の発熱温度を示す図である。図 18 (A), (B) における発熱温度の比較対象は、図 6 (A) に示す半導体モジュールの 1 列目 (B1) の回路素子部 3D、4 列目 (B4) の回路素子部 3G のそれぞれ下流側に配置された IGBT 素子としている。また、図 18 (C) では 7 列目 (B7) の回路素子部 3Iu, 3Id のうち、発生損失のより大きい上流側の IGBT 素子を比較対象とし

た。

[0107] 図18(C)に示す発生損失の高い回路素子部3 l dにおいて、タイプ別にジャンクション温度 T_j を比較したとき、タイプHでは138.3℃、タイプIでは137.3℃、タイプJでは136.7℃、タイプKでは136.5℃となっている。すなわち、図17(A)に示す流速分布の改善結果と、図18に示すジャンクション温度の結果との間に相関が見られており、何れのタイプH~Lにおいても位置B1, B4, B7での発生損失に対応して必要な流速が実現されていることがわかる。したがって、排出口25の位置に依存する流速分布が改善され、ウォータージャケット2Aに配置された回路素子部3D~3 l, 3 l u, 3 l dのそれぞれでの冷却性能の向上が可能となっている。

[0108] また、こうしたシミュレーション結果からは、冷媒流速分布の調整にあたって、以下の形状を有するガイド部21 S iを用いることが好ましいことがわかる。一つには、タイプJ, Kのように、導入口24からフィン2Cに対面する冷媒導入流路21の長手方向において、傾斜角の変化点（すなわち平坦面と傾斜面で挟まれる角部）が終端部側から1/4以下の範囲に位置するようにガイド部21 S iを配設することである。また、冷媒導入流路21の終端部におけるフィン2Cとガイド部21 S iの間隔を1mm以上で、かつ冷媒導入流路21の最大流路幅の1/3以下に設定することである。

（第3の実施の形態）

つぎに、第3の実施の形態として傾斜のない分離壁27を設けたウォータージャケット2Aについて説明する。

[0109] 第2の実施の形態では、ウォータージャケット2Aのフィン2Cと対面する前側壁2A aの内面側に設けられるガイド部21 S iが、所定の傾斜面を有していたため、冷媒の流路を分割する分離壁27も、下流方向に向かってフィン2C側への傾斜角が設けていた。しかし、ウォータージャケットの製造技術上の容易さという観点から、分離壁27を前側壁2A aと平行に配置して、冷媒導入流路21の終端位置B7での冷却性能を向上することが望ま

れる。

[0110] 図19は、本発明の半導体モジュール用冷却器に用いられるウォータージャケットを示す図であって、(A)はウォータージャケットのガイド部形状を示す平面図、(B)は(A)のウォータージャケットを示す部分斜視図である。

[0111] 図19(A)に示すタイプMのウォータージャケット2Aは、図15(B)に示すタイプKと共通の形状を備え、長さ \times (13mm)の傾斜部分と長さ \times 3(5mm)の平坦部分とを有するガイド部21Siが冷媒導入流路21の終端部に配置されている。ただし、冷媒導入流路21の始端部から流路を2分するように形成された分離壁27は、冷却用流路23内のフィン2Cの冷媒流入側の側面に対して平行に配置されている点で、図15に示すタイプI、タイプKのウォータージャケット2Aと異なる。

[0112] このタイプMの冷媒導入流路21に配置された分離壁27は、冷媒導入流路21内で全長が215mmあって、その10mm幅に形成された流路を、フィン2C側に3.5mm、前側壁2Aa側に5mmの幅で2つの流路に分割するように設けられている。また、分離壁27の下流側の終端部において、分離壁27自体の厚さ(1.5mm)を維持したまま、フィン2Cとの間隔が2mmとなる位置まで、ほぼ45°の角度で折れ曲がった先端部27aを形成している。なお、分離壁27の上流側の始端部は、冷媒導入流路21の入り口領域に位置している。

[0113] このように分離壁27の先端部27aを形成することで、導入口24から流入する冷媒の流速を高めるだけでなく、その先端部27aに対向するフィン2Cに流入する冷媒の流量を増やすことができる。そのため、冷媒導入流路21内の終端部に向かう冷媒の流速が高くなるとともに、分離壁27の先端部27a位置に配置されている回路素子部に対する冷却効果をも高めることができる。

[0114] すなわち、冷媒導入流路21内の終端部に向かう冷媒の流速を向上して、図6(A)に示す半導体モジュール10Aに配置された回路素子部3D~3

1、31u、31dでの発生損失に応じて、適切に冷却器2の冷却性能を向上させることが可能になる。

[0115] 図20は、図19の冷却器とは異なるタイプNのウォータージャケットの導入路形状を示す部分平面図である。

図20に示すタイプNのウォータージャケットを備える半導体モジュール用冷却器では、1枚の板状の分離壁27が、冷媒導入流路21の始端部から流路を2分するように配置される。ここでも、図19のタイプMと同様に、分離壁27はウォータージャケット2Aの前側壁2Aaに対して平行に配置されている。また、この分離壁27はウォータージャケット2Aの前側壁2Aa側で、フィン2C側の長さより短く構成され、その平面視したときの断面形状は略台形となっている。これは、冷媒導入流路21内に流入する冷媒の流れを円滑なものとして、不要な渦を発生させないようにするためである。

[0116] このように、分離壁27については、図19に示す断面直方体の形状のものを基にしつつ、その角部の面取りなどを施すことで、冷媒の流れに不要な抵抗とならない形状にすることが望ましい。

[0117] 図21は、図15、図19および図20の各半導体モジュール用冷却器について、(A)は回路基板の位置毎に冷媒の流速分布を示す図、(B)は冷媒の導入口と排出口での圧力差を示す図である。

[0118] 同図(A)には、図6(A)に示した回路基板位置B1～B7を比較個所として、冷媒の流速分布を示している。位置B7での流速は、タイプMでは0.123 m/s、タイプNでは0.127 m/sとなっている。すなわち、タイプMとタイプNの流速分布をみると、最終位置B7での流速を低下させることなしに、回路基板位置B6での流速をタイプKのものより高くすることができる。

[0119] また、図21(B)に示すように、導入口24と排出口25での圧力差は、いずれのタイプのものでも6 kPa以下の低圧力損失に抑えられている。したがって、ポンプ性能への負荷を低減でき、かつ冷媒流量の増大が容易で

あり、冷却性能のさらなる向上が見込まれる。

[0120] 図21に示すシミュレーション結果によれば、冷媒導入流路21内に、フィン2Cの一の側面から離間して平行に、その始端部から冷媒の下流方向に延長形成された分離壁を配置することにより、冷却用流路23における流速分布において排出口25の位置側の流速が早くなる偏流特性をさらに改善することが可能であり、発生損失の高い回路素子部31dの中央部直下のフィン間を流れる流速を局所的に向上することも可能である。すなわち、分離壁27に傾斜をつけて配置したタイプH~Lと比較して、分離壁27をフィン2Cと平行に配置することによって、製造技術上での容易さが得られるだけでなく、排出口25側の位置B1~B4における冷媒の流速を抑え、位置B6での流速を向上することもできる。

[0121] 回路素子部31d, 31uで発生損失が高い場合には、ウォータージャケット2A内での熱の広がり considering、位置B6での流速が速くなることが望ましく、その他の位置B1~B5においてほぼ均一に0.05m/s以上の流速を保つことが可能になる。したがって、半導体モジュールの各半導体素子を均一かつ安定に冷却でき、かつ冷却効率の改善が可能となる。

[0122] つぎに、回路素子部3D~3I, 31u, 31dに対応する発生損失を与えて、パワー半導体素子の発熱状態をシミュレーションにより確認した。ここでも、1列目(B1)、4列目(B4)の回路素子部3D, 3Gそれぞれの下流側に配置されたIGBT素子と、7列目(B7)の回路素子部31u, 31dのうち大きな発生損失を与えている31dに配置されたIGBT素子とのジャンクション温度を評価対象としている。

[0123] 図22は、図15、図19および図20のウォータージャケットの性能をタイプ別に示す図である。

タイプK, M, Nの半導体モジュール用冷却器における回路素子部3D~3I下の冷却用流路23では、その圧力損失の関係から安定した流速が得られるため、回路素子部3D~3Iに配置される半導体素子のジャンクション温度は、回路素子部31d, 31uにおけるジャンクション温度よりも低い

値を保っている。他方、図22(C)に示す位置31dでのジャンクション温度は、タイプKで136.5℃、タイプMで135.9℃、タイプNで135.8℃であり、タイプKよりもタイプM, Nの方が低く、分離壁27をフィン2Cの側壁に平行に配置したことによって改善されている。この効果は、タイプMの分離壁27終端部の45°に傾斜した先端部27aの有無には依存していない。

[0124] このように、分離壁27がフィン2Cと平行に配置されるとともに、その形状についても先端部27aを折り曲げずに台形や面取りなどを施した略直方体にするだけで、流速分布を調整して全体的な冷却性能の向上が可能となった。

[0125] なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

上記については単に本発明の原理を示すものである。さらに、多数の変形、変更が当業者にとって可能であり、本発明は上記に示し、説明した正確な構成および応用例に限定されるものではなく、対応するすべての変形例および均等物は、添付の請求項およびその均等物による本発明の範囲とみなされる。

符号の説明

- [0126] 2 冷却器
- 2A ウォータージャケット
 - 2B フィンベース
 - 2C フィン
 - 10, 10A 半導体モジュール
 - 21 冷媒導入流路
 - 21a 導入口部
 - 21Si, 22So ガイド部
 - 22 冷媒排出流路

- 2 2 a 排出口部
- 2 3 冷却用流路
- 2 4 導入口
- 2 5 排出口
- 2 6 基材
- 2 7 分離壁
- 2 7 a 先端部
- 3 A～3 I, 3 I u, 3 I d 回路素子部
- 3 1 基板
- 3 1 a 絶縁基板
- 3 1 b, 3 1 c 導体パターン
- 3 2, 3 3 半導体素子
- 3 4, 3 5 接合層
- 4 0 インバータ回路
- 4 1 三相交流モータ
- C クリアランス
- B 1～B 7 位置

請求の範囲

- [請求項1] ウォータージャケットに外部から冷媒を供給して、その外面に配置される半導体素子を冷却する半導体モジュール用冷却器において、
前記半導体素子と熱的に接続されるヒートシンクと、
前記ウォータージャケット内に、冷媒導入口から延在され、かつ前記ヒートシンクの一の側面に向かって前記冷媒を誘導するための傾斜面を有するガイド部が配置された第1流路と、
前記第1流路と並列して前記ウォータージャケット内に配置され、冷媒排出口に延在され、かつ前記ヒートシンクの他の側面に平行な側壁が形成された第2流路と、
前記ウォータージャケット内の前記第1流路と前記第2流路とを連通する位置に形成された第3流路と、
を備え、前記冷媒導入口と前記冷媒排出口が前記ウォータージャケットの同一壁面に形成され、前記ヒートシンクが前記第3流路内に配置されていることを特徴とする半導体モジュール用冷却器。
- [請求項2] 前記第1流路の前記冷媒導入口側の端部での断面積が、前記第2流路の前記冷媒排出口側の端部での断面積より小さく、かつ前記ガイド部は、前記冷媒導入口から前記ヒートシンクの一の側面に接するまでの間で前記第1流路の断面積を低減するように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項3] 前記第1流路内には、前記ヒートシンクの一の側面から離間して、前記第1流路の始端部から前記冷媒の下流方向に延長形成された分離壁が配置されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項4] 前記第1流路の流路幅は、前記冷媒導入口側で前記第2流路の幅と等しく、かつ前記第1流路内の下流側でその断面積が連続して低減するように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。

- [請求項5] 前記冷媒導入口から前記第1流路に冷媒を導く導入口部と、前記第2流路から冷媒を前記冷媒排出口に流出するための排出口部とをさらに備え、前記導入口部の前記ヒートシンク側の壁が前記第1流路の側壁に向かって冷媒を誘導するための傾斜面を有することを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項6] 前記分離壁は、前記第1流路の長さの2分の1以上の長さであり、かつ前記ガイド部の傾斜角度とは異なる傾斜をもって前記ヒートシンクの一の側面に向かって前記冷媒を誘導する傾斜面を有することを特徴とする請求の範囲第3項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項7] 前記分離壁は、前記第1流路の長さの2分の1以上の長さであり、かつ前記ヒートシンクの一の側面と平行に配置されていることを特徴とする請求の範囲第3項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項8] 前記分離壁は、前記ウォータージャケットの底面から当該流路の高さに対して50%以上の高さになるよう配置されていることを特徴とする請求の範囲第3項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項9] 前記ガイド部は、前記ヒートシンクの一の側面に向かって傾斜する一の面、及び当該一の側面に連続する他の面を含むことを特徴とする請求の範囲第3項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項10] 前記ガイド部の前記他の面は、前記ヒートシンクの一の側面に対し平行であることを特徴とする請求の範囲第9項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項11] 前記ガイド部の前記他の面は、前記冷媒導入口から前記第1流路の終端部に至る流路長の $1/4$ 以下の長さで当該終端部側に形成され、かつ前記他の面と前記ヒートシンクの一の側面は、前記第1流路の最大流路幅の $1/3$ 以下だけ離間していることを特徴とする請求の範囲第9項記載の半導体モジュール用冷却器。
- [請求項12] 前記半導体モジュール用冷却器は、その外面に前記冷媒の導入方向に沿って発熱特性の異なる複数の半導体素子が配置され、

前記第1流路内で前記冷媒導入口から下流方向に当該発熱特性が最高である半導体素子の配置領域まで分離壁を配置したことを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。

[請求項13] 前記ヒートシンクの外形が直方体であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。

[請求項14] 前記ヒートシンクが、前記第3流路の底面から離隔して配置されたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。

[請求項15] 前記ウォータージャケットは、前記ヒートシンクを有するフィンベースにより前記冷媒導入口及び前記冷媒排出口を除いて封止されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の半導体モジュール用冷却器。

[請求項16] ウォータージャケットに外部から冷媒を供給して、その外面に配置された半導体素子を冷却する冷却器を備えた半導体モジュールにおいて、

前記半導体素子と熱的に接続されたヒートシンクと、

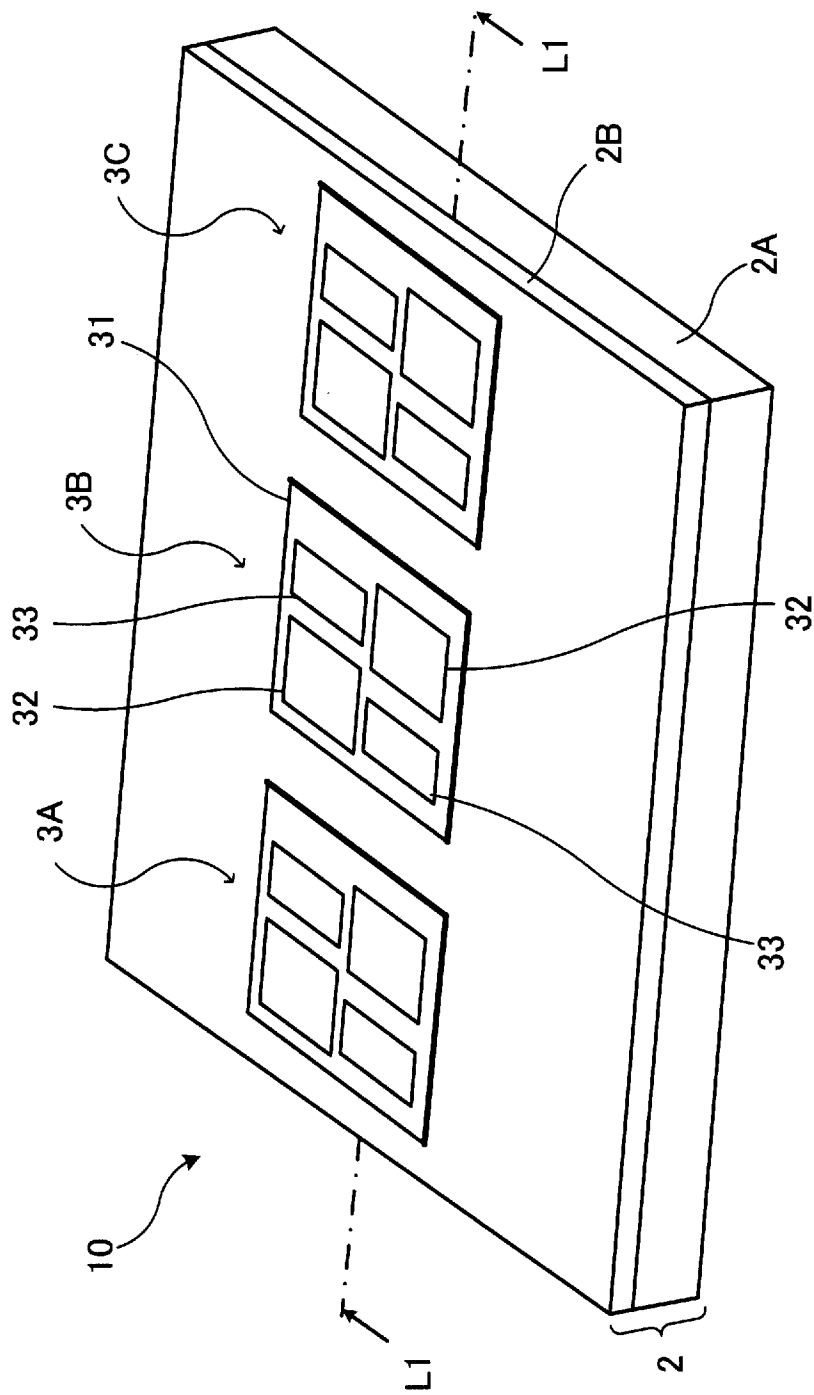
前記ウォータージャケット内に、冷媒導入口から延在され、かつ前記ヒートシンクの一の側面に向かって前記冷媒を誘導するための傾斜面を有するガイド部が配置された第1流路と、

前記第1流路と並列して前記ウォータージャケット内に配置され、冷媒排出口に延在され、かつ前記ヒートシンクの他の側面に平行な側壁が形成された第2流路と、

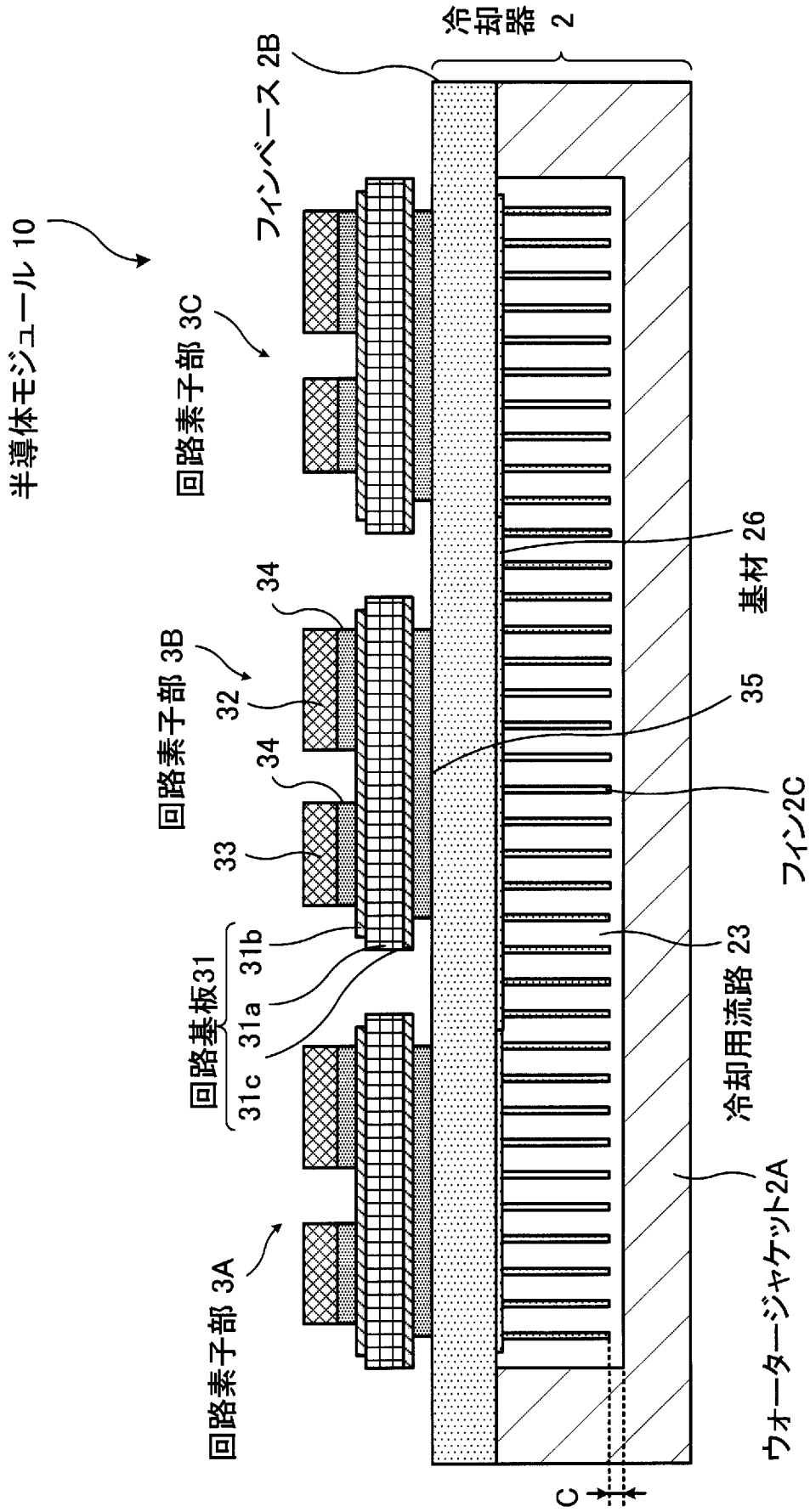
前記ウォータージャケット内の前記第1流路と前記第2流路とを連通する位置に形成された第3流路と、

を備え、前記冷媒導入口と前記冷媒排出口が前記ウォータージャケットの同一壁面に形成され、前記ヒートシンクが前記第3流路内に配置されていることを特徴とする半導体モジュール。

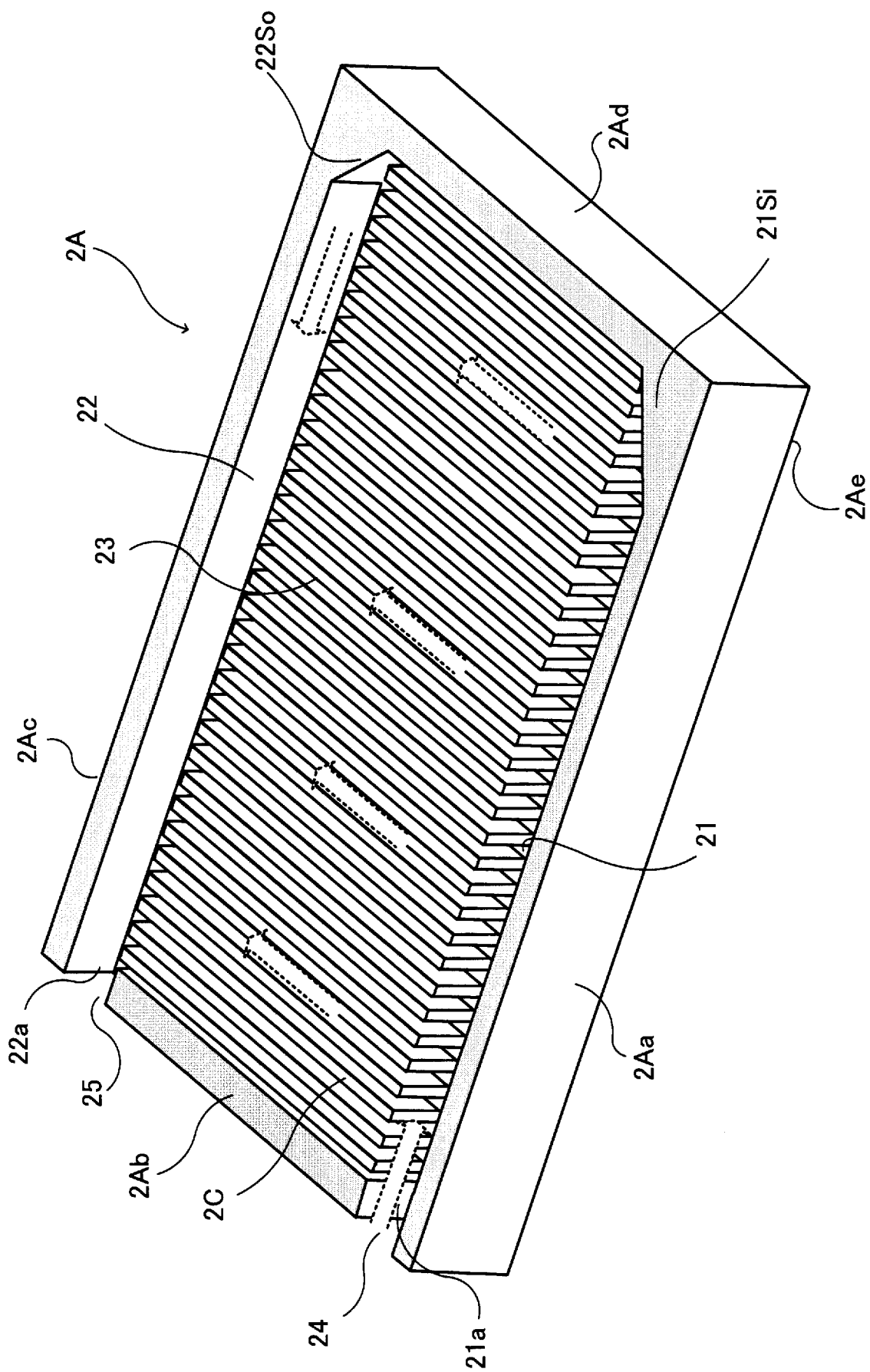
[図1]



[図2]

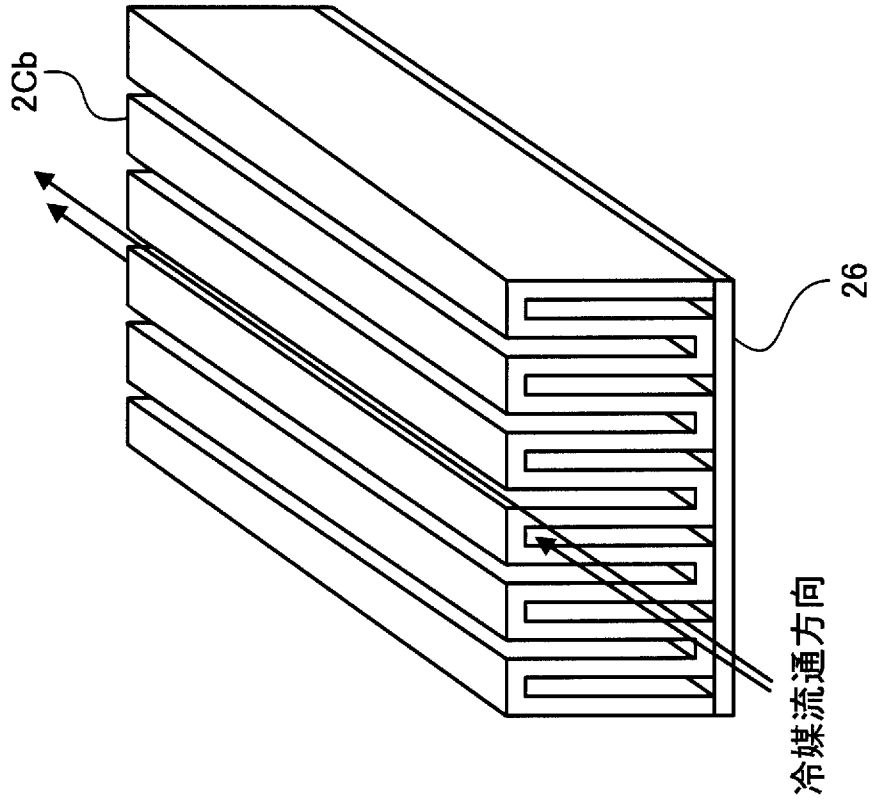


[図3]

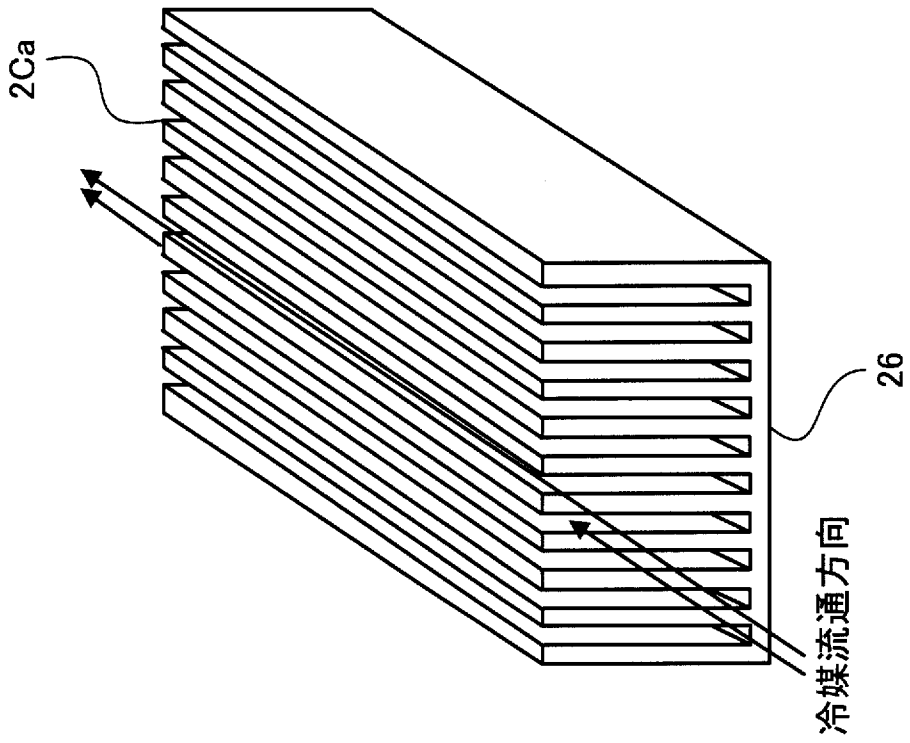


[図4]

(B) コルゲートフィン

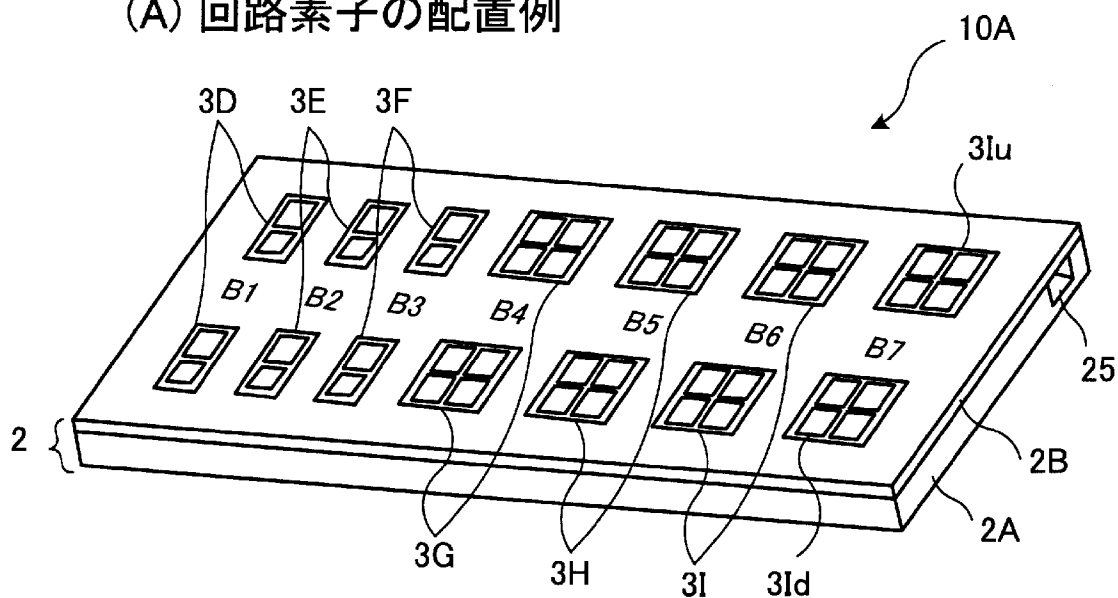


(A) ブレードフィン

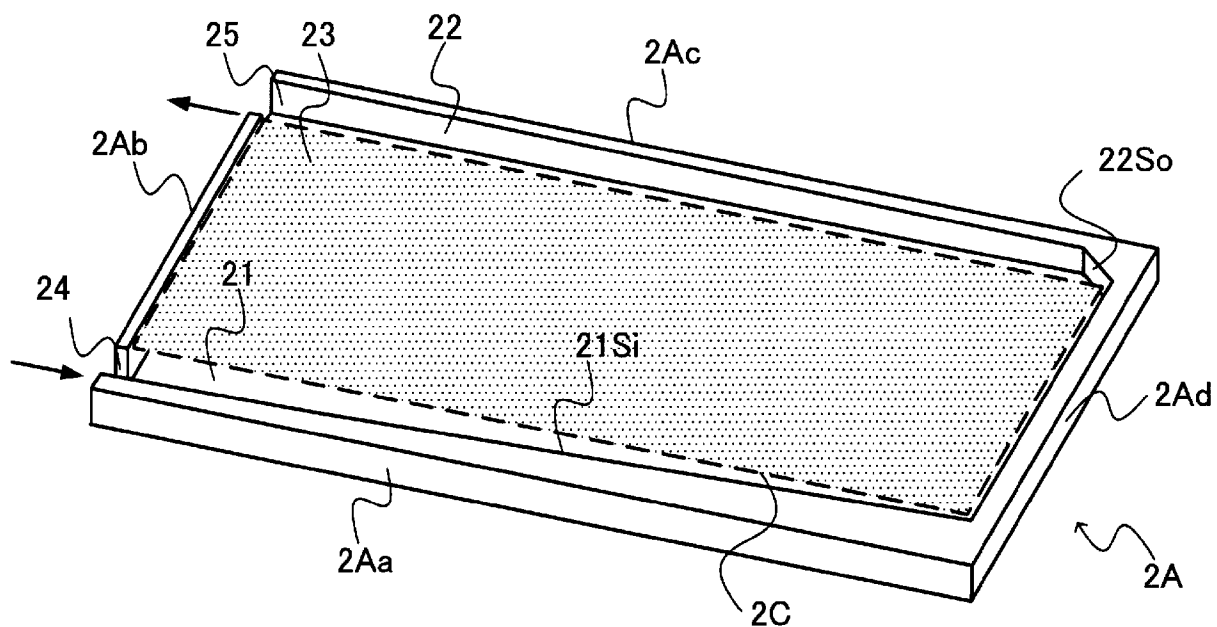


[図6]

(A) 回路素子の配置例

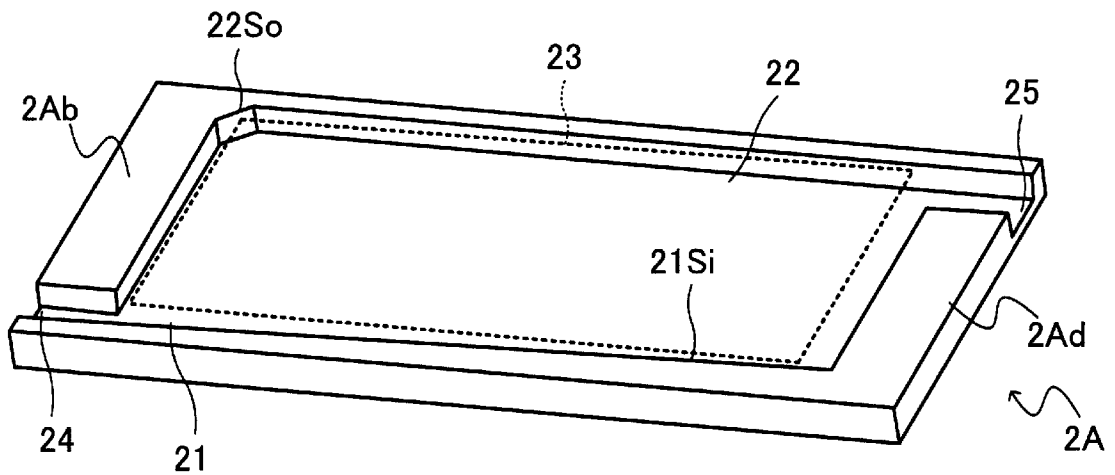


(B) ウォータージャケット(タイプA)の形状

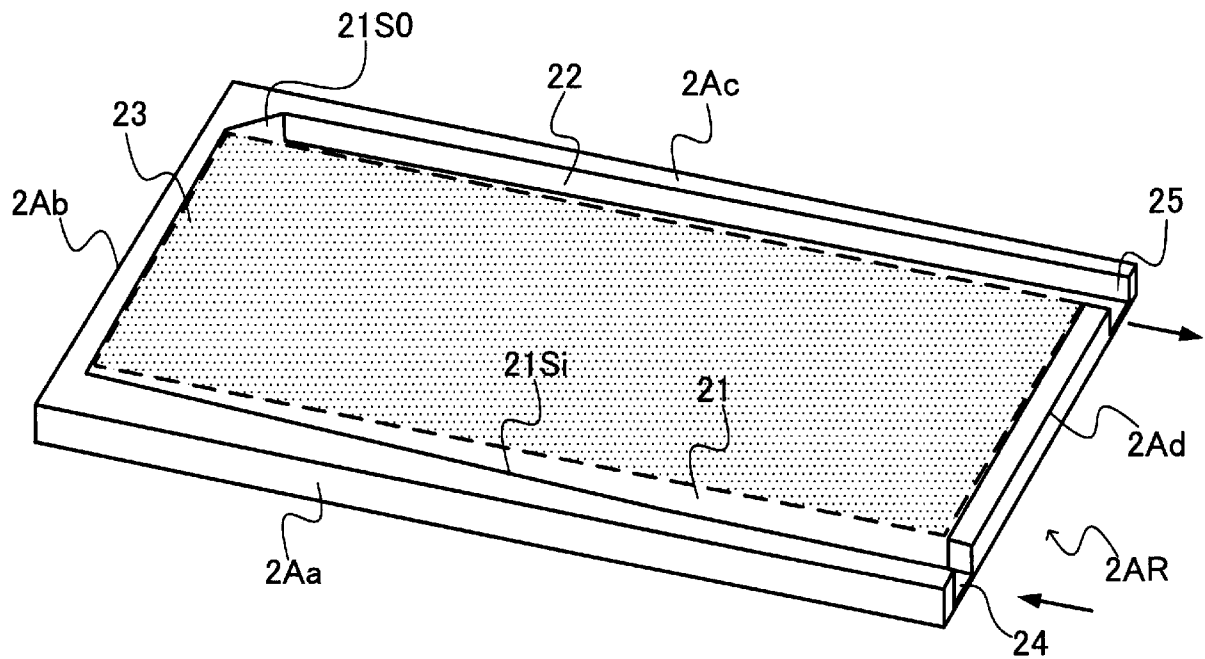


[図7]

(A) ウォータージャケット(タイプB)の形状



(B) ウォータージャケット(タイプC)の形状



[図8]

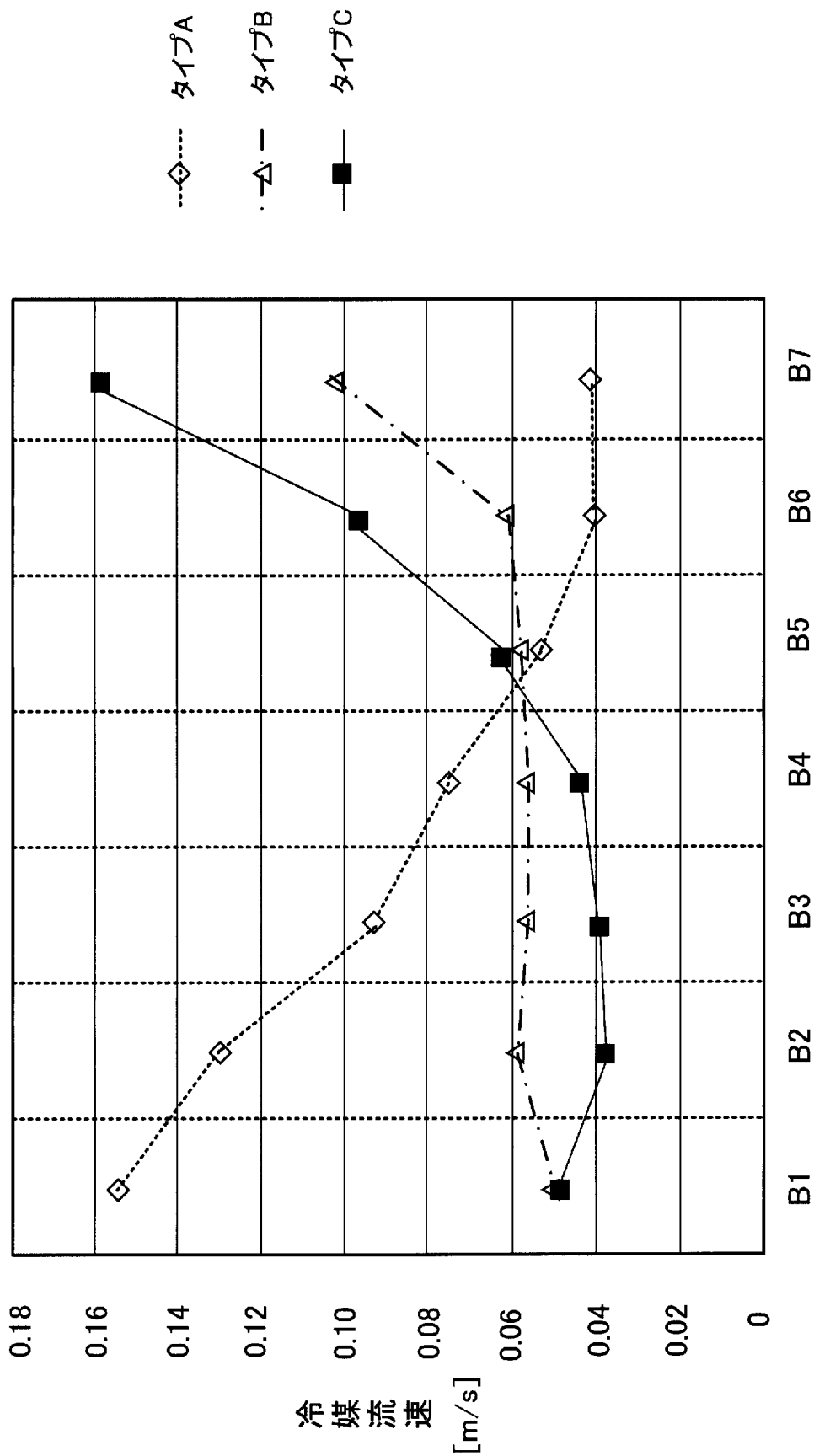
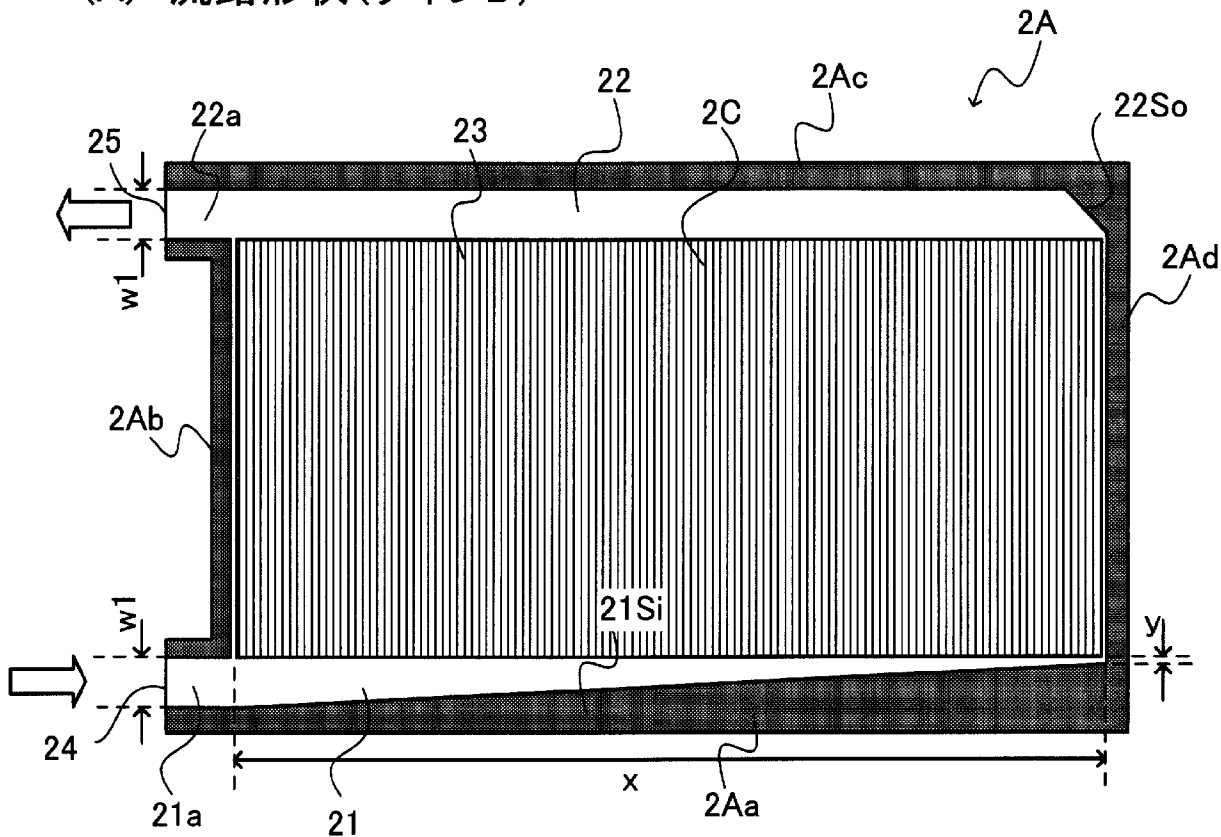


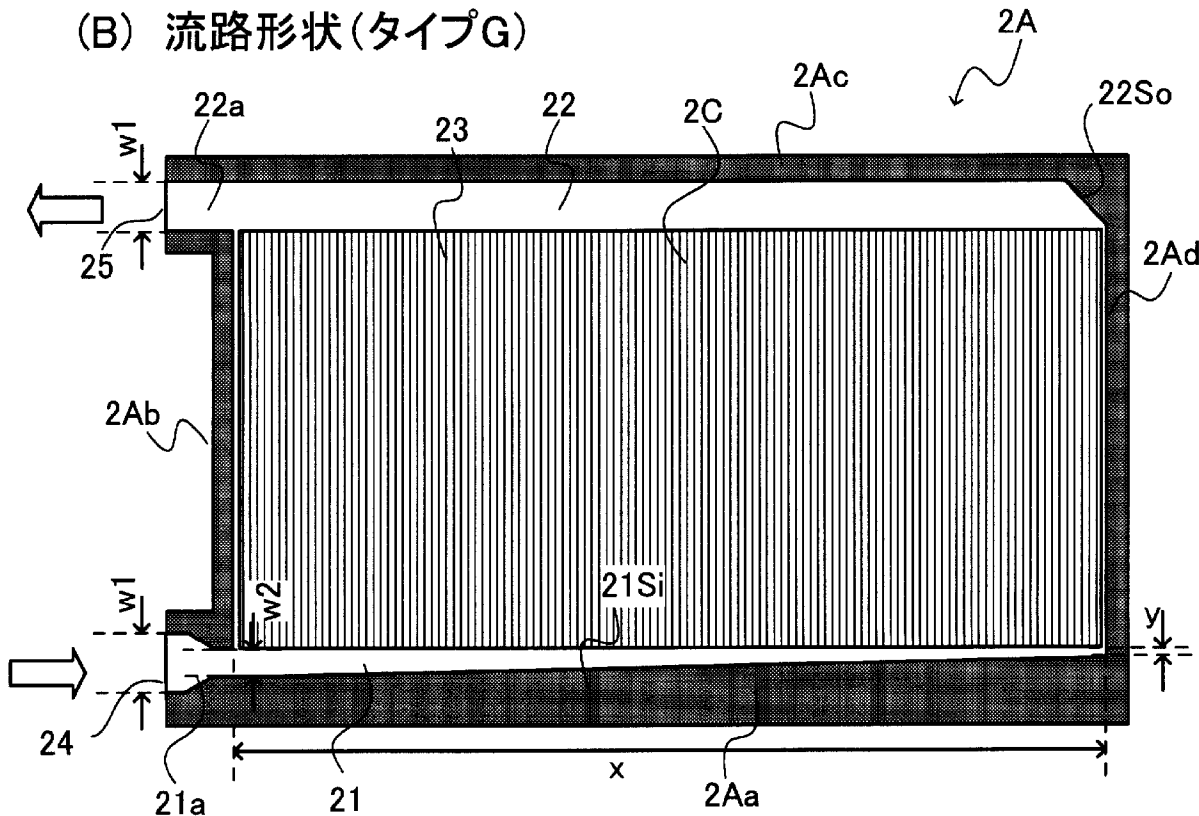
図6(A)に示す回路基板位置

[図9]

(A) 流路形状(タイプD)



(B) 流路形状(タイプG)



[図10]

タイプ別の流路形状

冷媒流路 の形状	ガイド部形状		流路幅	
	x[mm]	y[mm]	w1[mm]	w2[mm]
タイプD	255	2	15	-
タイプE	255	2	15	10
タイプEa	130	2	15	10
タイプEb	8	2	15	10
タイプF	255	2	15	8
タイプG	255	2	15	5
タイプGa	130	2	15	5
タイプGb	3	2	15	5

[図11]

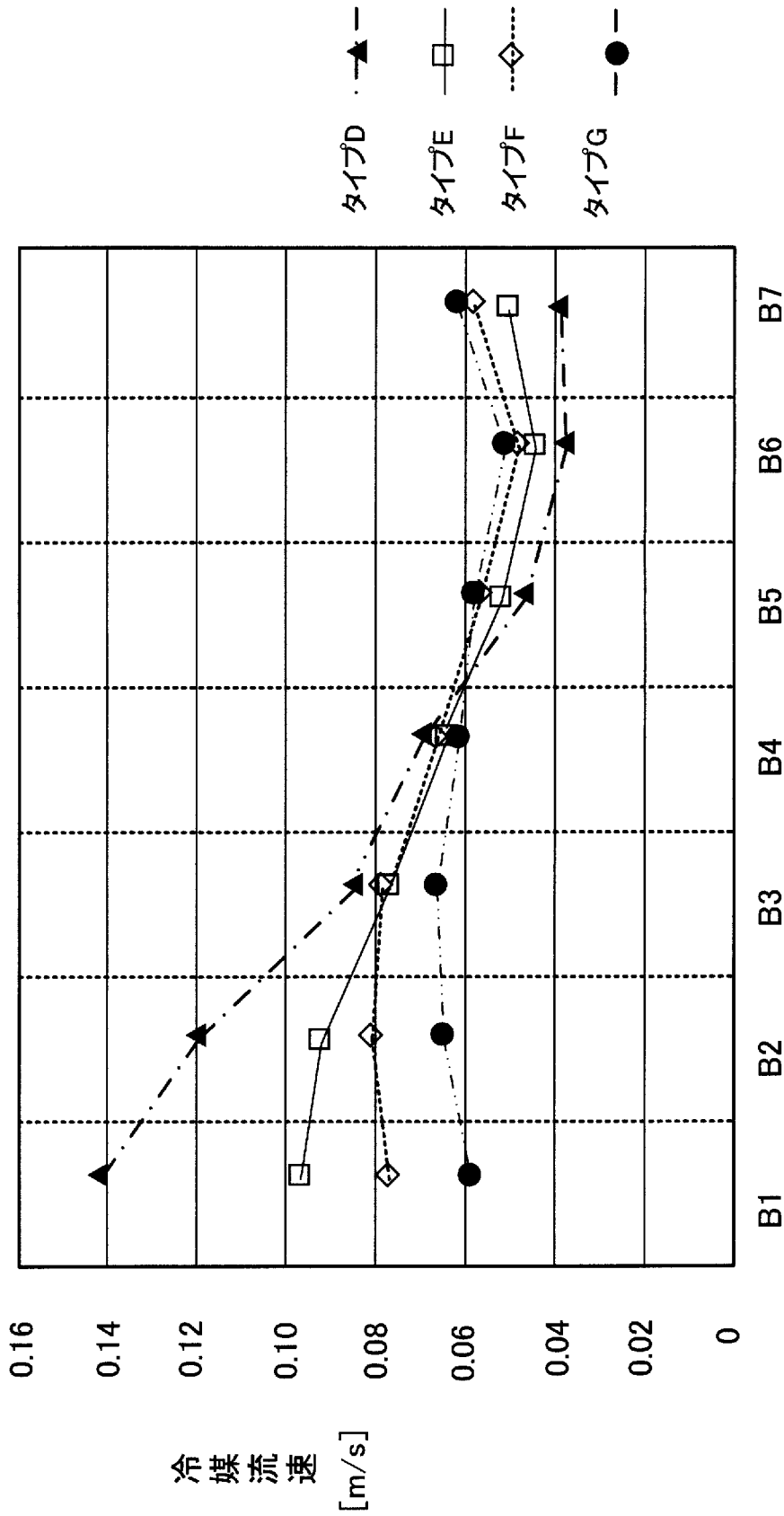
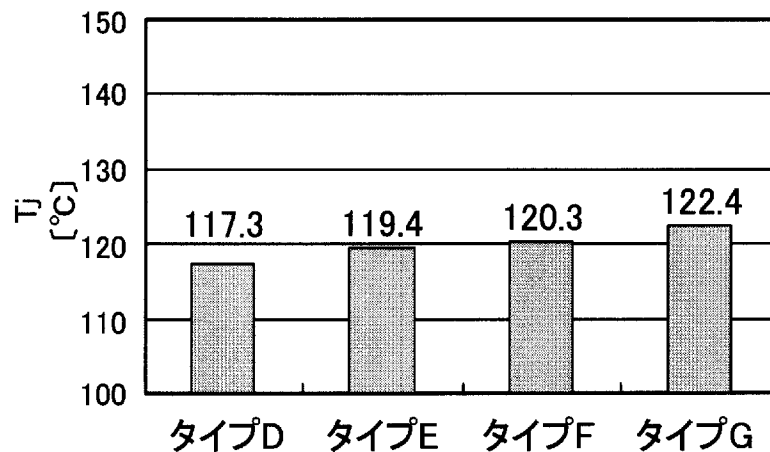


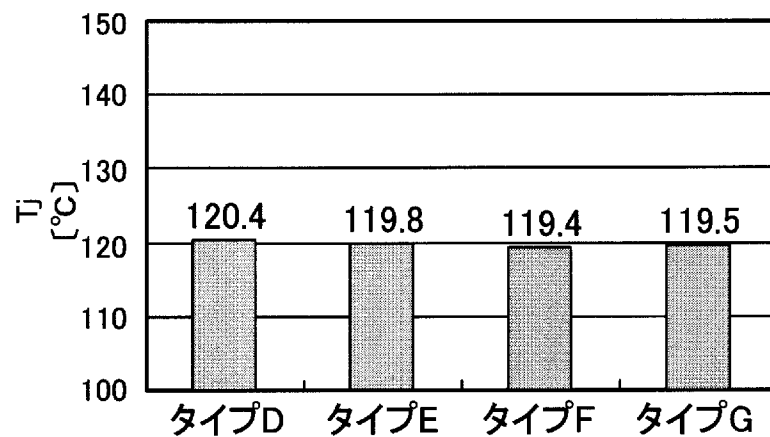
図6(A)に示す回路基板位置

[図12]

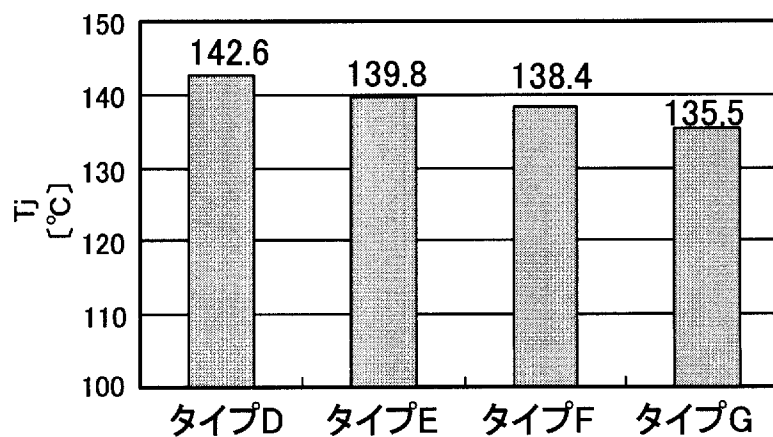
(A) 3D下流側のIGBT



(B) 3G下流側のIGBT

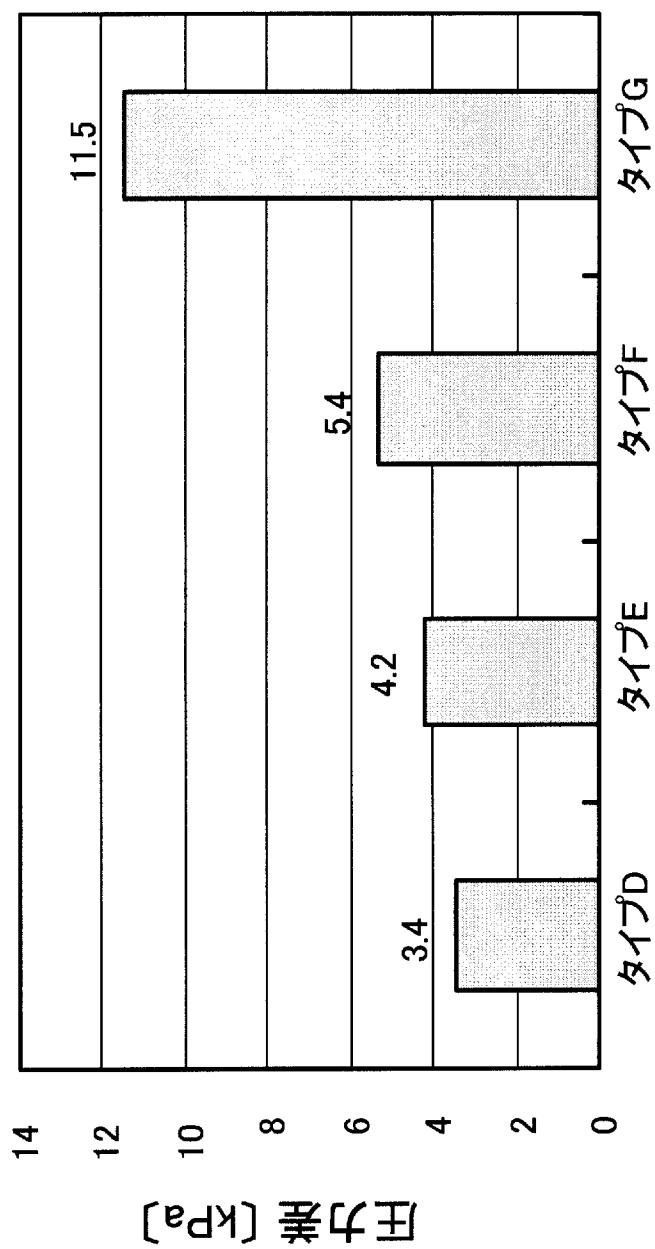


(C) 3IdのIGBT



[図13]

In-Outでの圧力差



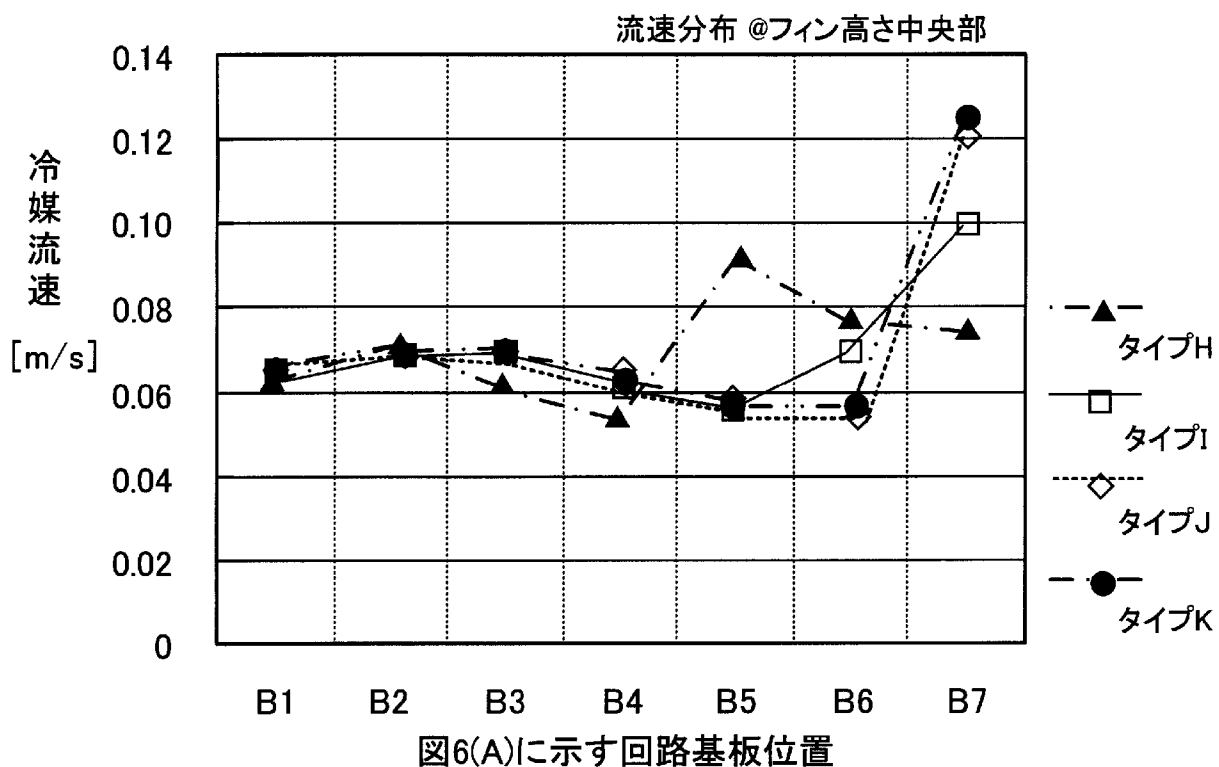
[図16]

タイプ別の流路寸法

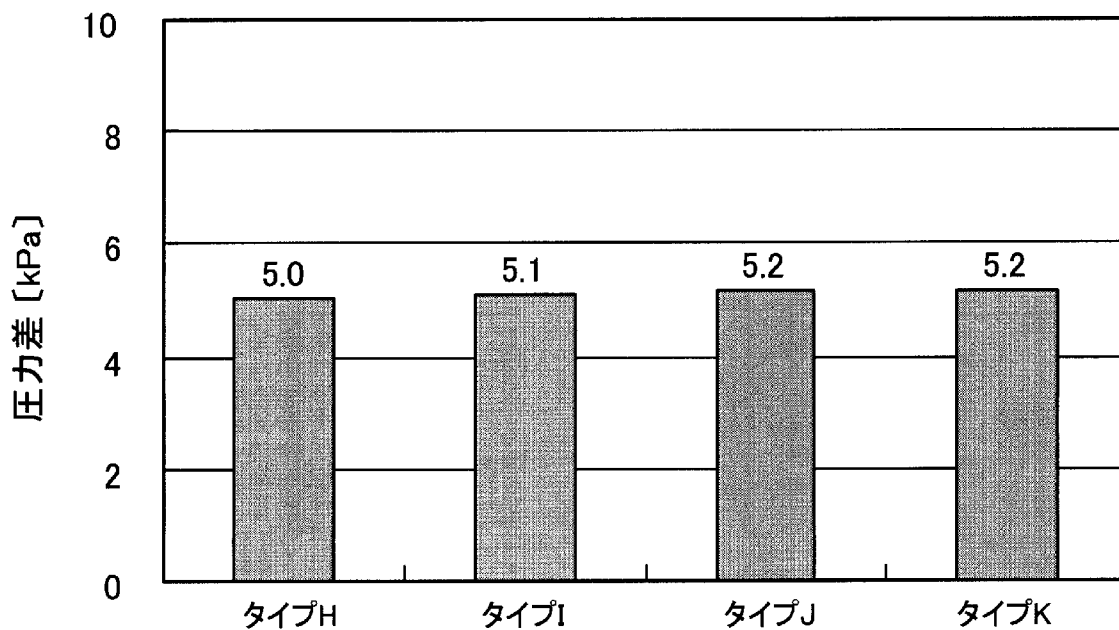
冷媒流路 の形状	ガイド部形状					流路幅			
	x[mm]	x2[mm]	x3[mm]	y[mm]	w1[mm]	w2[mm]	w3[mm]	w4[mm]	
タイプH	127.5	127.5	-	2	15	10	3.5	5	
タイプI	85	170	-	2	15	10	3.5	5	
タイプJ	40	215	-	2	15	10	3.5	5	
タイプK	13	215	5	2	15	10	3.5	5	
タイプL	8	215	5	2	15	10	3.5	5	

[図17]

(A) 流速分布

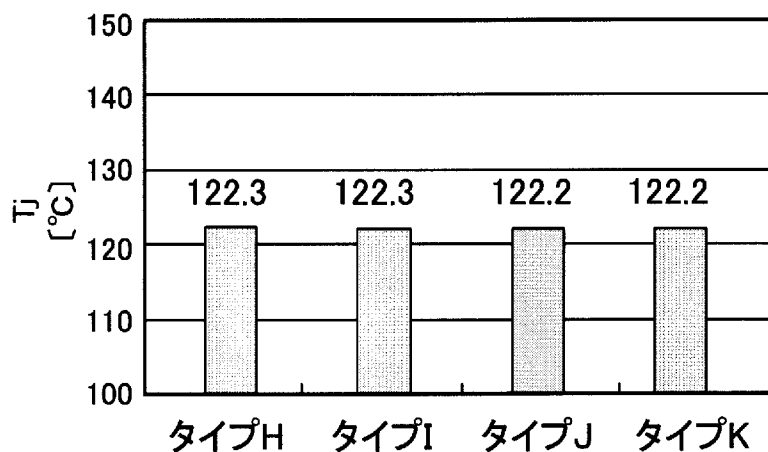


(B) In-Outでの圧力差

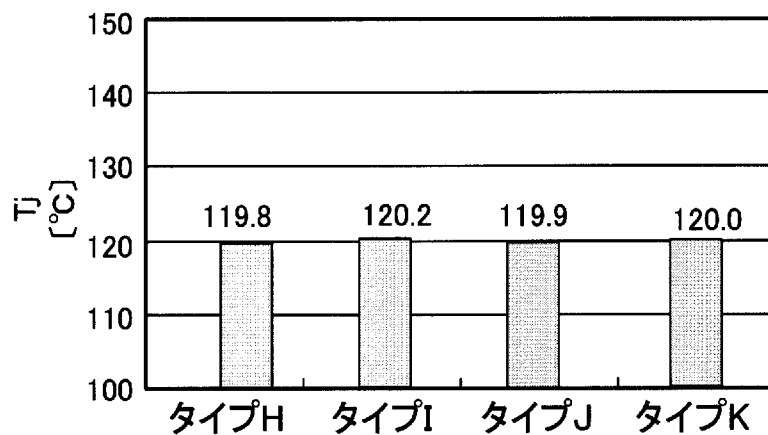


[図18]

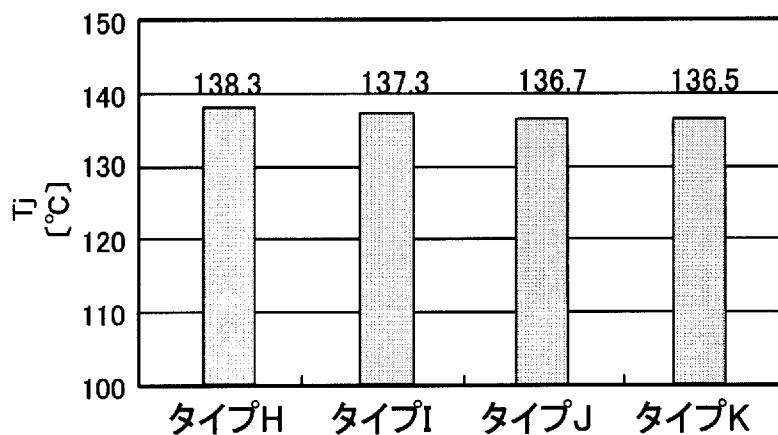
(A) 3D下流側のIGBT



(B) 3G下流側のIGBT

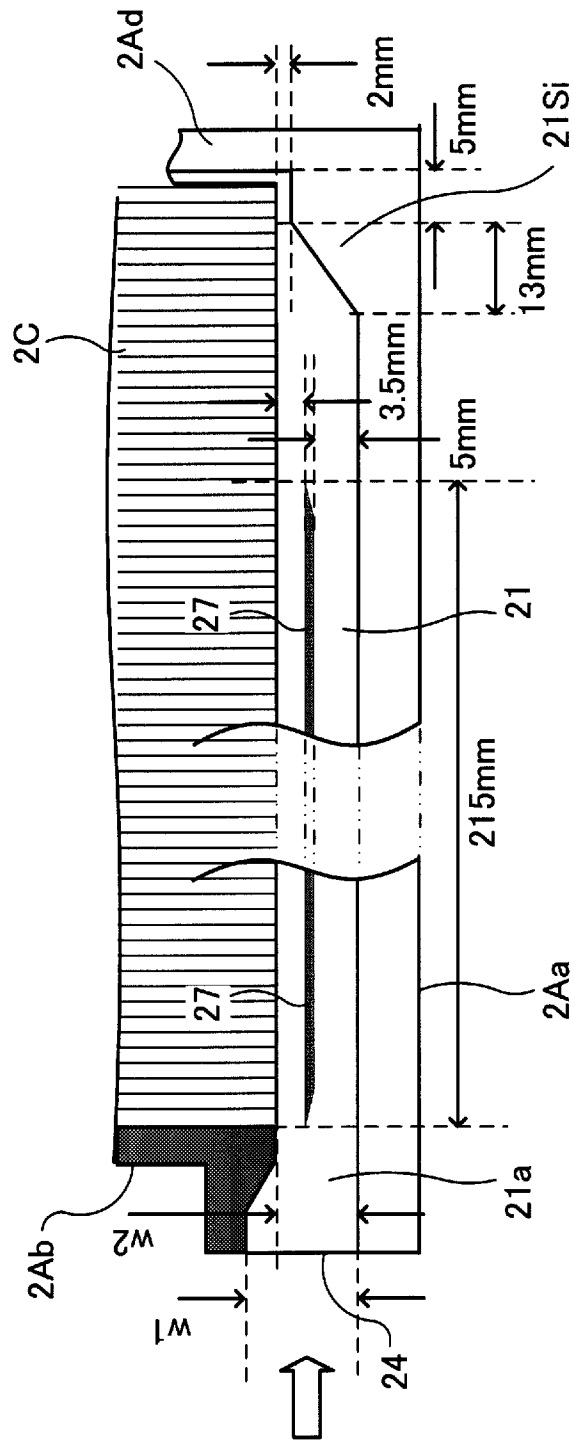


(C) 3IdのIGBT



[図20]

ガイド部形状(タイプN)



[図21]

(A) 流速分布

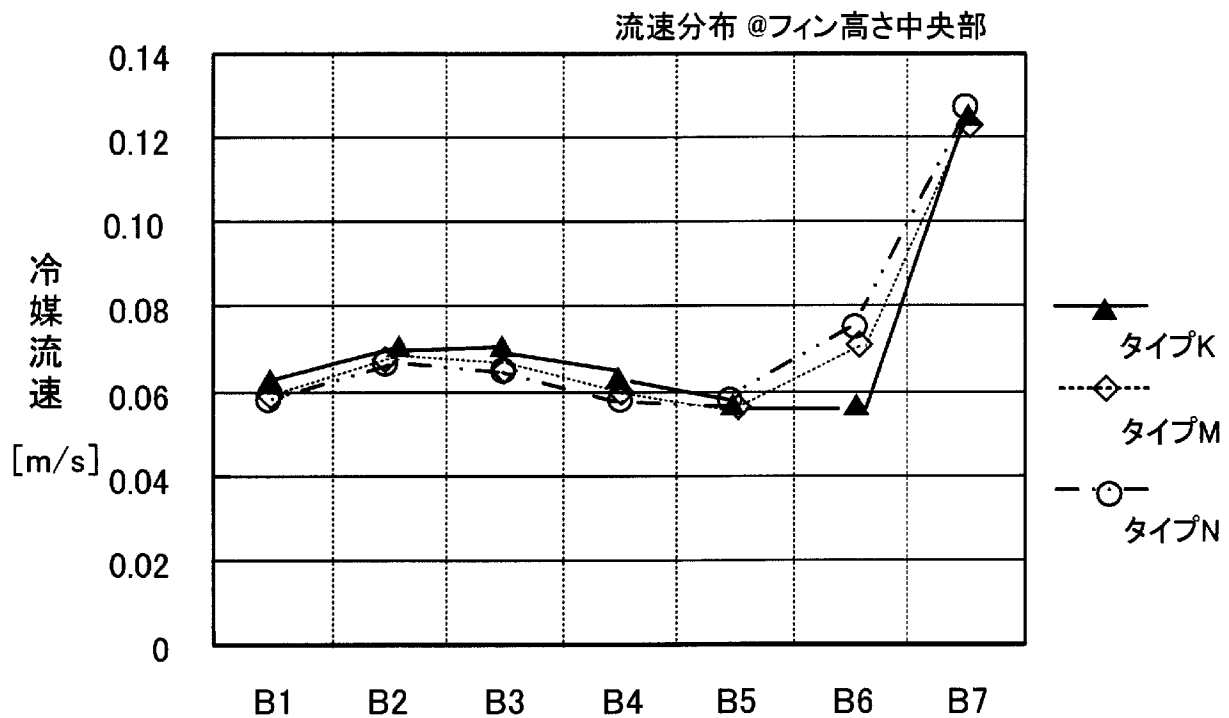
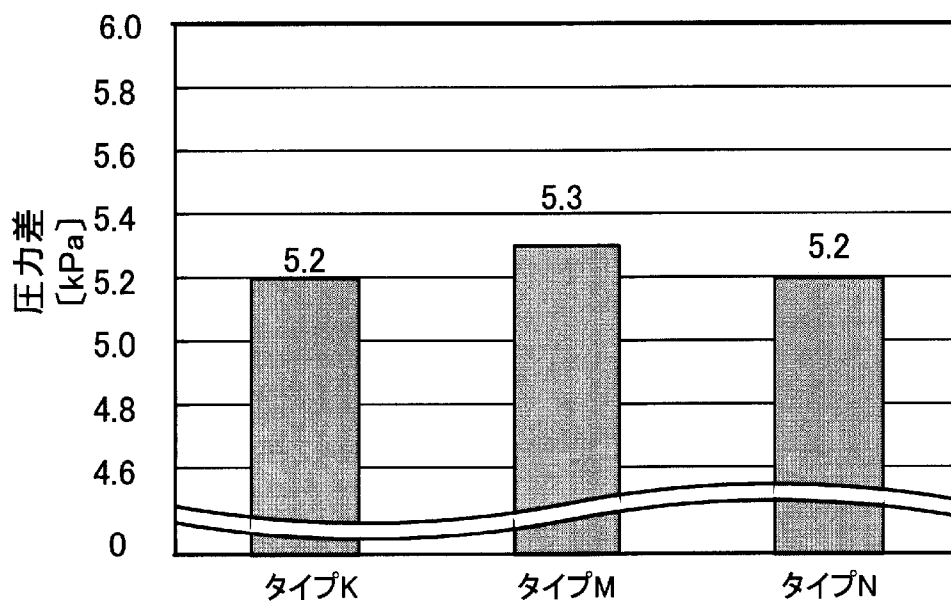


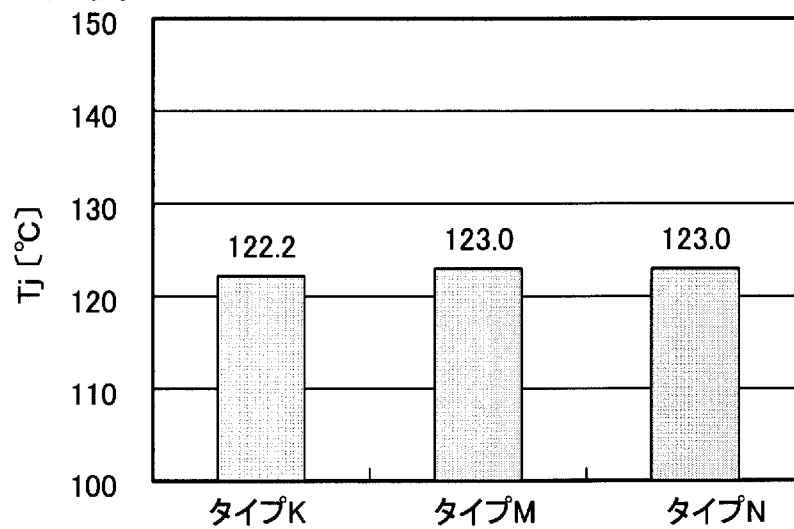
図6(A)に示す回路基板位置

(B) In-Outでの圧力差

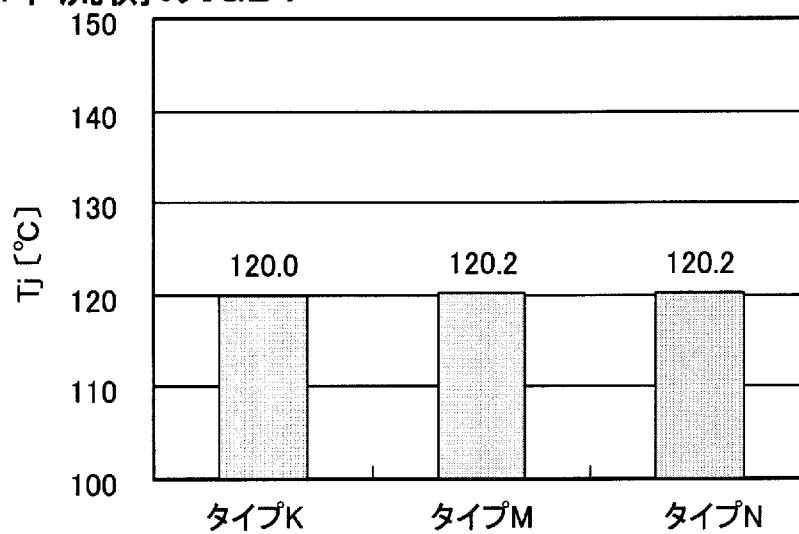


[図22]

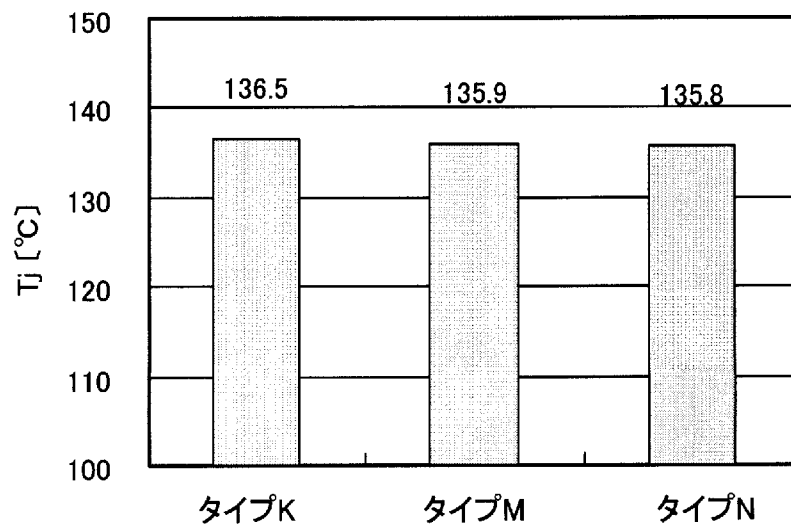
(A) 3D下流側のIGBT



(B) 3G下流側のIGBT



(C) 3IdのIGBT



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060215

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L23/473(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)

H01L23/473, H05K7/20

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2006-324647 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 30 November 2006 (30.11.2006), paragraphs [0059] to [0076], [0088] to [0094], [0102] to [0105]; fig. 1 to 6, 13 to 14, 21 & JP 2008-135757 A & JP 2011-18940 A & JP 2011-40778 A & US 2009/0065178 A1 & WO 2006/115073 A1 & CN 101167184 A & TW 201113988 A & TW 201113989 A	1, 5, 13, 15, 16 14
X Y	WO 2009/069578 A1 (Toyota Industries Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), paragraphs [0030] to [0040], [0042] to [0043], [0047], [0058]; fig. 1 to 4 & US 2010/0252235 A1 & EP 2234153 A1 & CN 101868854 A & KR 10-2010-0085999 A	1, 4, 5, 16 14

 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
06 July, 2012 (06.07.12)Date of mailing of the international search report
17 July, 2012 (17.07.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060215

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-250701 A (Hitachi, Ltd.), 27 September 2007 (27.09.2007), paragraphs [0018] to [0021], [0024] to [0025]; fig. 3, 4, 6 to 9 & US 2007/0012423 A1	1, 4, 5, 13-16
Y	JP 2006-295178 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 26 October 2006 (26.10.2006), paragraphs [0012], [0025] to [0030]; fig. 5, 6 & US 2006/0225867 A1 & KR 10-0619076 B1 & CN 1849051 A	1, 4, 5, 13-16
Y	JP 2010-203694 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 16 September 2010 (16.09.2010), paragraph [0006]; fig. 3 (Family: none)	1, 4, 5, 13-16
Y	JP 2010-153785 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 08 July 2010 (08.07.2010), paragraphs [0028], [0035]; fig. 4, 7 & US 2010/0172091 A1 & CN 101752356 A	14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L23/473 (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. H01L23/473, H05K7/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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 2006-324647 A (日本軽金属株式会社) 2006. 11. 30, 【0059】 - 【0076】 , 【0088】 - 【0094】 , 【0102】 - 【0105】 , 【図 1】 - 【図 6】 , 【図 13】 - 【図 14】 , 【図 21】 & JP 2008-135757 A & JP 2011-18940 A & JP 2011-40778 A & US 2009/0065178 A1 & WO 2006/115073 A1 & CN 101167184 A & TW 201113988 A & TW 201113989 A	1, 5, 13, 15, 16 14
<input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 06. 07. 2012	国際調査報告の発送日 17. 07. 2012	
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) 今井 拓也 電話番号 03-3581-1101 内線 3471	4 R 9169

C (続き) . 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	WO 2009/069578 A1 (株式会社豊田自動織機) 2009. 06. 04, [0030]-[0040], [0042]-[0043], [0047], [0058], [図 1]-[図 4]	1, 4, 5, 16
Y	& US 2010/0252235 A1 & EP 2234153 A1 & CN 101868854 A & KR 10-2010-0085999 A	14
Y	JP 2007-250701 A (株式会社日立製作所) 2007. 09. 27, 【0018】 - 【0021】 , 【0024】 - 【0025】 , 【図 3】 , 【図 4】 , 【図 6】 - 【図 9】 & US 2007/0012423 A1	1, 4, 5, 13-16
Y	JP 2006-295178 A (三星電子株式会社) 2006. 10. 26, 【0012】 , 【0025】 - 【0030】 , 【図 5】 , 【図 6】 & US 2006/0225867 A1 & KR 10-0619076 B1 & CN 1849051 A	1, 4, 5, 13-16
Y	JP 2010-203694 A (昭和電工株式会社) 2010. 09. 16, 【0006】 , 【図 3】 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 13-16
Y	JP 2010-153785 A (富士電機システムズ株式会社) 2010. 07. 08, 【0028】 , 【0035】 , 【図 4】 , 【図 7】 & US 2010/0172091 A1 & CN 101752356 A	14