

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-258458

(P2007-258458A)

(43) 公開日 平成19年10月4日(2007.10.4)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 23/473 (2006.01)	H O 1 L 23/46 Z	5 F 1 3 6
H O 1 L 23/36 (2006.01)	H O 1 L 23/36 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2006-81091 (P2006-81091)
 (22) 出願日 平成18年3月23日 (2006.3.23)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1
 番地の1
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100112852
 弁理士 武藤 正

最終頁に続く

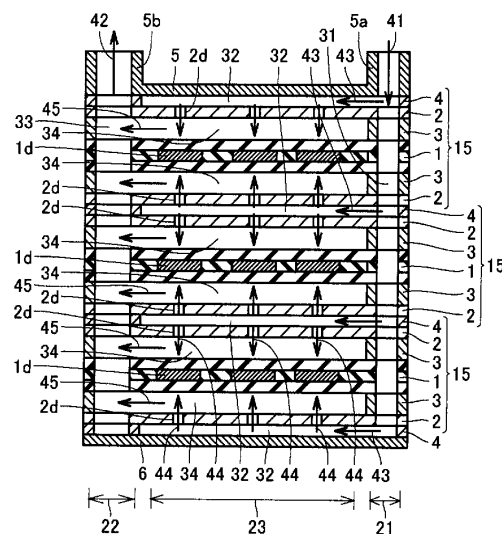
(54) 【発明の名称】 冷却器

(57) 【要約】

【課題】 小型で冷却性能の優れた半導体素子の冷却器を提供する。

【解決手段】 冷却器は、半導体素子1 dの冷却器であって、半導体素子1 dを含む機器基板1に対向するように配置された噴出基板2を備える。噴出基板2は、機器基板1と積層されている。噴出基板2は、機器基板1に向かって冷媒を噴出するように形成された噴出穴2 dを有する。噴出基板2は、機器基板1の表裏の両側に配置されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電力変換器の冷却器であって、
前記電力変換器を含む機器基板に対向するように配置された噴出基板を備え、
前記噴出基板は、前記機器基板と積層され、
前記噴出基板は、前記機器基板に向かって冷媒を噴出するように形成された噴出穴を有し、
前記噴出基板は、前記機器基板の表裏の両側に配置された、冷却器。

【請求項 2】

前記機器基板と前記噴出基板との間に配置された第 1 スペース基板を備え、
前記機器基板、前記噴出基板および前記第 1 スペース基板が積層され、
前記機器基板、前記噴出基板および前記第 1 スペース基板は、締結部材で互いに固定された、請求項 1 に記載の冷却器。 10

【請求項 3】

前記機器基板、前記第 1 スペース基板および前記噴出基板のそれぞれの基板同士の間、弾力性を有するシール材が配置された、請求項 2 に記載の冷却器。

【請求項 4】

前記機器基板と前記噴出基板との間に配置された第 1 スペース基板と、
前記噴出基板の前記機器基板が配置されている側と反対側に配置された第 2 スペース基板と
を備え、 20

前記機器基板は、平面視したときに、略中央の領域に前記電力変換器が配置され、
前記機器基板は、平面視したときに、前記電力変換器が配置されている領域の両側に形成された機器基板通過開口部を含み、

前記第 1 スペース基板は、前記噴出穴が形成されている領域と流出経路とを連通するように開口した流出開口部と、流入経路を形成するための第 1 通過開口部とを有し、

前記第 2 スペース基板は、前記噴出穴が形成されている領域と流入経路とを連通するように開口した流入開口部と、流出経路を形成するための第 2 通過開口部とを有し、

一方の前記機器基板通過開口部は、前記第 1 通過開口部とほぼ重なるように形成され、
他方の前記機器基板通過開口部は、前記第 2 通過開口部とほぼ重なるように形成され、
前記機器基板、前記第 1 スペース基板、前記噴出基板および前記第 2 スペース基板が、
この順に積層された構成を含む、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の冷却器。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷却器に関する。特に、電力変換器を冷却するための冷却器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年においては、ハイブリッド自動車 (Hybrid Vehicle)、電気自動車 (Electric Vehicle)、および燃料電池 (Fuel Cell) を搭載した燃料電池車などの電力を動力源とする車が注目されている。ハイブリッド自動車は、従来のエンジンに加え、モータを動力とする自動車である。ハイブリッド自動車は、エンジンを駆動することにより動力を得るとともに、直流電源からの直流電圧を交流電圧に変換し、変換された交流電圧によりモータを駆動することによって動力を得るものである。また、電気自動車は、直流電源からの直流電圧を変換した交流電圧によりモータを駆動して動力を得る自動車である。 40

【0003】

このような電気を動力源とする自動車においては、電力変換器が搭載される。電力変換器には、たとえば、インバータやコンバータなどのパワー半導体素子が含まれる。パワー半導体素子には、たとえば、パワー MOS FET (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)、I G B T (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) 等が含まれる。 50

【0004】

自動車等に搭載される電力変換器においては、高い動力性能を得るために大電力を必要とする場合がある。大電力の電力変換器等は、発熱量が大きく、電力変換器を冷却するための冷却器が搭載される。

【0005】

特開2002-237691号公報においては、ヒートシンクの表面に発熱体が配置され、ヒートシンクの裏面に向けて流体を噴出する複数の孔が設けられ、孔の反発熱体側にヘッダが配置された発熱体冷却装置が開示されている。この発熱体冷却装置によれば、孔の反発熱体側にヘッダを配することにより、流入口から流路で孔へ導いていた従来に比べて圧損が小さくなり、また、複数の孔の流速に大きな差を生じることがなく、発熱体裏側のヒートシンク冷却性能がほぼ等しくなると開示されている。 10

【0006】

特開2004-241445号公報においては、ヒートシンクの表面に発熱体を配置するとともに、ヒートシンクの裏面に発熱体に向けて冷却媒体を噴出する複数の孔を設け、反発熱体側に複数のヘッダを配し、孔から噴出した冷却媒体を下流側のヘッダに戻す流路を配し、孔1個につきヘッダ1個を対応させてほぼ直線上に配する衝突噴流ヒートシンクが開示されている。この衝突噴流ヒートシンクによれば、チャンネル方式より流出側での境界層が薄くなり、冷却効率が向上し、また流入側から流出側までヒートシンク全長に亘り、一様、かつ高い冷却性能を有すると開示されている。

【0007】

特開2005-64382号公報においては、複数の電子部品を両面から冷却するための冷却器が開示されている。この冷却器は、電子部品を複数個並列させた状態で挟持するように配置されるとともに、内部に冷却媒体を流通させる一対の扁平状の冷却チューブからなる両面冷却ユニットを有する。両面冷却ユニットは、冷却チューブの厚み方向に複数個配列している。隣り合う両面冷却ユニットの間には隙間が形成されている。この冷却器によれば、隣り合う両面冷却ユニットの間に隙間が形成されているため、各電子部品の発熱量が異なっても、他の電子部品に熱移動することを防ぐことができる。これにより、冷却器の冷却能力を確保することができると開示されている。 20

【0008】

特開平5-190716号公報においては、セラミック多層基板上に集積回路パッケージが多数搭載されており、個々のパッケージには冷却ジャケットが装着されている半導体装置が開示されている。個々の冷却ジャケットには柔軟性を有する管が接続されている。柔軟流路の内部には冷却流体をスリット状の噴流として冷却ジャケットに流入させるためのノズルが設けられる。冷却ジャケット内にはフィンおよび冷却流体の戻りのための空間が設けられている。この半導体装置によれば、冷却能力の高い水を冷却媒体に利用でき、伝熱面積の拡大が容易な平板型フィンを使用でき、スリット状の噴流により各フィンに均一に冷却流体を供給できるため、優れた冷却構造の半導体装置を提供することができると開示されている。 30

【特許文献1】特開2002-237691号公報

【特許文献2】特開2004-241445号公報 40

【特許文献3】特開2005-64382号公報

【特許文献4】特開平5-190716号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

電力変換器の温度が上昇すると、効率の低下や電力変換器に含まれる半導体素子が破損する場合がある。このため、前述のように、電力変換器を冷却するための冷却器が搭載される場合があり、特に大電力に対応した電力変換器の冷却は重要な課題である。

【0010】

上記特開2002-237691号公報または特開2004-241445号公報にお 50

いては、発熱体がいずれも直列になるように配置され、発熱体の片側の面から冷却が行なわれている。発熱体の集積化や発熱密度が増大した場合には、このような片側を冷却する構造では冷却能力に限界がある。たとえば、冷却媒体の流量の増加や伝熱面を拡大するための放熱板などの設置等が不可欠になる。しかしながら、いずれの方法においても、大幅な圧損の増大を招くという問題がある。また、冷媒を供給するためのポンプなどの供給手段を大幅に大型化しなければならないという問題がある。

【0011】

また、発熱体の片側を冷却する場合には、発熱量が大きくなってくると、発熱体と冷媒との温度差が大きくなって、発熱体の内部に温度勾配が生じる。発熱体自体の内部における熱膨張差により、発熱体の変形したり破損したりすることが生じるという問題がある。

10

【0012】

また、特開2005-64382号公報に開示された冷却器においては、電子部品を両側から挟む冷却チューブと電子部品との密着性を確保するとともに、複数の冷却ユニットを左右の両側に配置されたヘッダ部に接合させるために高い組付け精度が必要である。このために、生産性が悪いという問題がある。

【0013】

また、電子部品毎に発熱量に大きな差が生じると、それぞれの冷却ユニットにおいて熱膨張差が生じる。冷却ユニットとヘッダ部とが接合された構造においては、冷却ユニットの内部に生じる応力の緩和が困難である。冷却ユニットにおいては、局所的に大きな熱歪部が生じてしまい、強度の信頼性が低下するという問題がある。強度を確保するために、部品の厚さを厚くしたり、補強部材などを配置することが考えられるが、部品点数が増えたり、大型化するという問題がある。または、生産性が悪くなるという問題がある。

20

【0014】

上記の特開平5-190716号公報においても、発熱体の片面に対して冷却を行なうように形成され、発熱体の両面の冷却は行なわれていない。このため、発熱量の大きな発熱体に対しては、適用することが困難であるという問題がある。

【0015】

本発明は、小型で冷却性能の優れた電力変換器の冷却器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】

【0016】

本発明に基づく冷却器は、電力変換器の冷却器であって、上記電力変換器を含む機器基板に対向するように配置された噴出基板を備える。上記噴出基板は、上記機器基板と積層されている。上記噴出基板は、上記機器基板に向かって冷媒を噴出するように形成された噴出穴を有する。上記噴出基板は、上記機器基板の表裏の両側に配置されている。

30

【0017】

上記発明において好ましくは、上記機器基板と上記噴出基板との間に配置された第1スペーサ基板を備える。上記機器基板、上記噴出基板および上記第1スペーサ基板が積層されている。上記機器基板、上記噴出基板および上記第1スペーサ基板は、締結部材で互いに固定されている。

【0018】

上記発明において好ましくは、上記機器基板、上記第1スペーサ基板および上記噴出基板のそれぞれの基板同士の間、弾力性を有するシール材が配置されている。

40

【0019】

上記発明において好ましくは、上記機器基板と上記噴出基板との間に配置された第1スペーサ基板と、上記噴出基板の上記機器基板が配置されている側と反対側に配置された第2スペーサ基板とを備える。上記機器基板は、平面視したときに、略中央の領域に上記電力変換器が配置されている。上記機器基板は、平面視したときに、上記電力変換器が配置されている領域の両側に形成された機器基板通過開口部を含む。上記第1スペーサ基板は、上記噴出穴が形成されている領域と流出経路とを連通するように開口した流出開口部と、流入経路を形成するための第1通過開口部とを有する。上記第2スペーサ基板は、上記

50

噴出穴が形成されている領域と流入経路とを連通するように開口した流入開口部と、流出経路を形成するための第2通過開口部とを有する。一方の上記機器基板通過開口部は、上記第1通過開口部とほぼ重なるように形成されている。他方の上記機器基板通過開口部は、上記第2通過開口部とほぼ重なるように形成されている。冷却器は、上記機器基板、上記第1スペーサ基板、上記噴出基板および上記第2スペーサ基板が、この順に積層された構成を含む。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、小型で冷却性能の優れた電力変換器の冷却器を提供することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

図1から図10を参照して、本発明に基づく実施の形態における冷却器について説明する。本実施の形態における冷却器は、被冷却体としての電力変換器を冷却するための冷却器である。

【0022】

電力変換器には、直流の電力を交流の電力に変換するためのインバータや、電圧を変化させるためのコンバータなどの機器が含まれる。たとえば、電力変換器には、パワーMOSFETまたはIGBTなどのパワー半導体素子が含まれる。

【0023】

20

図1は、本実施の形態における半導体装置の概略斜視図である。本実施の形態における半導体装置は、四角柱状に形成されている。半導体装置は、電気機器としての電力変換器と電力変換器を冷却するための冷却器とを含む。本実施の形態における冷却器は、板状の部材が積層された構成を備える。それぞれの板状の部材は、金属、樹脂またはセラミックなどで形成されている。

【0024】

電力変換器は、機器基板1に配置されている。機器基板1は、積層された冷却器の板状部材同士の間挟まれている。本実施の形態においては、それぞれの基板を積層して、それぞれの基板同士を締結部材で固定している。締結部材は、取外し可能な固定部材を含む。本実施の形態においては、取外し可能な固定部材としてのボルト11とナット12とで

30

【0025】

図2に、本実施の形態における半導体装置の概略断面図を示す。図2は、図1におけるII-II線に関する矢視断面図である。本実施の形態における半導体装置は、1個の機器基板を含む積層体の一単位である積層体15を備える。本実施の形態の半導体装置は、3個の積層体15を含む。

【0026】

図3に、本実施の形態における半導体装置の一部分を分解したときの概略斜視図を示す。本実施の形態における積層体15は、機器基板1、噴出基板2、第1スペーサ基板3および第2スペーサ基板4を備える。それぞれの基板は、平面形状が長方形になるように形成されている。本実施の形態においては、それぞれの基板は、平面形状が互いにほぼ同じになるように形成されている。積層体15は、それぞれの基板が積層された構成を有する。

40

【0027】

図4に、本実施の形態における機器基板の概略平面図を示す。機器基板1は、電力変換器としての半導体素子1dを含む。機器基板1は、半導体素子1dと外部との電気回路との接続を行なうための電極1eを有する。電極1eは、冷却器の外側に向かって露出するように形成されている(図1参照)。

【0028】

半導体素子1dは、機器基板1のほぼ中央部分に配置されている。本実施の形態におけ

50

る機器基板 1 は、6 個の半導体素子 1 d を有する。半導体素子 1 d は、機器基板 1 を平面視したときに、長手方向となる方向のほぼ中央部分に配置されている。機器基板 1 は、平面視したときの長方形の角となる部分に、ボルト 1 1 を挿通するための締結部材挿通穴 1 c を有する。

【0029】

機器基板 1 は、半導体素子 1 d が配置された領域である素子配置領域 2 3 を有する。機器基板 1 は、素子配置領域 2 3 の両側に、冷媒が流入する領域である流入経路領域 2 1 および冷媒が流出する領域である流出経路領域 2 2 を有する。機器基板 1 は、流入経路領域 2 1 に形成された機器基板通過開口部 1 a を有する。機器基板 1 は、流出経路領域 2 2 に形成された機器基板通過開口部 1 b を有する。

10

【0030】

本実施の形態における機器基板通過開口部 1 a , 1 b は、機器基板 1 の周縁部に配置されている。機器基板通過開口部 1 a , 1 b は、機器基板 1 を平面視したときの長方形の長手方向の両端部に配置されている。機器基板通過開口部 1 a , 1 b は、平面形状が長方形になるように形成されている。

【0031】

図 1 から図 4 を参照して、本実施の形態における機器基板 1 は、半導体素子 1 d が、2 枚の絶縁性基板に挟まれた構成を有する。半導体素子 1 d は、1 枚の基板に開口部が形成されてこの開口部に配置されている。機器基板 1 は、半導体素子 1 d が配置された基板が、2 枚の絶縁性基板で挟まれた構成を有する。本実施の形態においては、これらの 3 枚の

20

【0032】

本実施の形態においては、冷媒として水を用いている。機器基板 1 は、半導体素子 1 d が冷却水に接触しないように形成されている。機器基板 1 としては、この形態に限られず、たとえば、電力変換器が樹脂封止されていても構わない。

【0033】

本実施の形態においては、冷媒として水を用いているが、この形態に限られず、冷媒は液体であっても気体であってもよい。たとえば、冷媒として絶縁性の気体や液体を用いる場合においては、機器基板は電力変換器の表面が露出するように形成されていても構わない。この場合においては、冷媒が直接的に電力変換器に衝突することにより、電力変換器

30

【0034】

図 5 に、本実施の形態における噴出基板の概略平面図を示す。噴出基板 2 は、機器基板 1 のそれぞれの半導体素子 1 d の位置に対応するように形成された噴出穴 2 d を有する。本実施の形態においては、6 個の噴出穴 2 d が形成されている。

【0035】

噴出基板 2 は、機器基板 1 の半導体素子 1 d が配置される領域に対向する素子配置領域 2 3 を有する。噴出穴 2 d は、素子配置領域 2 3 に形成されている。本実施の形態における噴出穴 2 d は、半導体素子 1 d を平面視したときの中心に対応する位置に配置されている。噴出穴 2 d は、積層体になったときに半導体素子 1 d の真上に配置されている。噴出穴 2 d は、機器基板 1 に向かって冷媒を噴出できるように形成されている。本実施の形態においては、噴出穴 2 d は、半導体素子 1 d に向かって冷媒を噴出できるように形成されている。噴出穴 2 d は、噴出する冷媒の流量や速度などを考慮して形成されることが好ましい。

40

【0036】

噴出基板 2 は、冷媒が流入する領域である流入経路領域 2 1 および冷媒が流出する領域である流出経路領域 2 2 を有する。流入経路領域 2 1 および流出経路領域 2 2 は、素子配置領域 2 3 の両側に配置されている。噴出基板 2 は、流入経路領域 2 1 に形成された噴出基板通過開口部 2 a を有する。噴出基板 2 は、流出経路領域 2 2 に形成された噴出基板通過開口部 2 b を有する。噴出基板通過開口部 2 a , 2 b は、それぞれが対応する機器基板

50

通過開口部 1 a , 1 b と同じ形状に形成されている。噴出基板 2 は、平面形状の長方形の 4 つの隅に形成された締結部材挿通穴 2 c を有する。

【 0 0 3 7 】

図 6 に、本実施の形態における第 1 スペース基板の概略平面図を示す。第 1 スペース基板 3 は、機器基板 1 の半導体素子 1 d が配置されている領域に対向する素子配置領域 2 3 を有する。第 1 スペース基板 3 は、冷媒が流入する領域である流入経路領域 2 1 および冷媒が流出する領域である流出経路領域 2 2 を有する。

【 0 0 3 8 】

第 1 スペース基板 3 は、流入経路領域 2 1 に形成された第 1 通過開口部 3 a を有する。第 1 通過開口部 3 a は、機器基板 1 の機器基板通過開口部 1 a に対応する位置および大きさに形成されている。本実施の形態においては、第 1 通過開口部 3 a は、平面形状が長方形になるように形成されている。 10

【 0 0 3 9 】

第 1 スペース基板 3 は、素子配置領域 2 3 と流出経路領域 2 2 とを連通するように開口した流出開口部 3 b を有する。流出開口部 3 b は、素子配置領域 2 3 から、流出経路領域 2 2 に向かって冷媒が流れるように形成されている。第 1 通過開口部 3 a および流出開口部 3 b は、第 1 スペース基板 3 の内部に形成されている。第 1 スペース基板 3 は、平面形状の長方形の角になる部分に締結部材挿通穴 3 c を有する。

【 0 0 4 0 】

図 7 に、本実施の形態における第 2 スペース基板の概略平面図を示す。第 2 スペース基板 4 は、第 1 スペース基板 3 と同様に、素子配置領域 2 3、流入経路領域 2 1 および流出経路領域 2 2 を有する。 20

【 0 0 4 1 】

第 2 スペース基板 4 は、流出経路領域 2 2 に形成された第 2 通過開口部 4 b を有する。第 2 通過開口部 4 b は、機器基板 1 の機器基板通過開口部 1 b に対応する位置および大きさに形成されている。第 2 スペース基板 4 は、素子配置領域 2 3 と流入経路領域 2 1 とを連通するように開口した流入開口部 4 a を有する。流入開口部 4 a は、冷媒が流入経路領域 2 1 から素子配置領域 2 3 に向かって流れるように形成されている。第 2 スペース基板 4 は、平面形状の長方形の角となる部分に締結部材挿通穴 4 c を有する。

【 0 0 4 2 】

図 8 に、本実施の形態における半導体装置のそれぞれの基板を並べて配置したときの概略平面図を示す。図 8 の紙面に向かって上から下にそれぞれの基板を積層する順に並べて記載している。本実施の形態における積層体 1 5 は、機器基板 1、第 1 スペース基板 3、噴出基板 2、および第 2 スペース基板 4 がこの順に積層された構成を含む。特に、機器基板 1 を対称中心として、第 1 スペース基板 3、噴出基板 2 および第 2 スペース基板 4 が、この順に機器基板 1 から離れる向きに積層されている。 30

【 0 0 4 3 】

本実施の形態におけるそれぞれの基板は、平面形状の長方形の角となる部分に、締結部材挿通穴 1 c , 2 c , 3 c , 4 c が形成されている。それぞれの締結部材挿通穴 1 c , 2 c , 3 c , 4 c は、それぞれの基板同士を積層したときに、位置および大きさがほぼ同じになるように形成されている。それぞれの締結部材挿通穴 1 c , 2 c , 3 c , 4 c には、締結部材としてのボルト 1 1 が挿通される（図 1 および図 3 参照）ことによって、それぞれの基板が互いに固定される。 40

【 0 0 4 4 】

半導体素子 1 d が配置されている素子配置領域 2 3 には、流入開口部 4 a、噴出穴 2 d、流出開口部 3 b が形成されている。また、流入経路領域 2 1 には、流入開口部 4 a、噴出基板通過開口部 2 a、第 1 通過開口部 3 a および機器基板通過開口部 1 a が形成されている。流出経路領域 2 2 には、第 2 通過開口部 4 b、噴出基板通過開口部 2 b、流出開口部 3 b および機器基板通過開口部 1 b が形成されている。

【 0 0 4 5 】

噴出基板通過開口部 2 a、第 1 通過開口部 3 a および機器基板通過開口部 1 a は、互いに重なるように形成されている。また、噴出基板通過開口部 2 b と第 2 通過開口部 4 b とは互いに重なるように形成されている。

【 0 0 4 6 】

本実施の形態におけるそれぞれの基板は、半導体装置を平面視したときの長手方向の中央を通る線に対して、線対称になるように形成されている。本実施の形態における第 2 スペース基板 4 は、第 1 スペース基板 3 の向きを変更したものである。すなわち、第 1 スペース基板と第 2 スペース基板とは、同一の物であり向きを変えることにより流用することができる。

【 0 0 4 7 】

図 1 から図 3 を参照して、噴出基板 2 は、機器基板 1 に対向するように配置されている。噴出基板 2 は、機器基板 1 から離れて配置されている。噴出基板 2 は、第 1 スペース基板 3 を介して機器基板 1 に固定されている。噴出基板 2 は、機器基板 1 の表裏の両側に配置されている。

【 0 0 4 8 】

図 2 から図 8 を参照して、流入開口部 4 a、噴出基板通過開口部 2 a、第 1 通過開口部 3 a および機器基板通過開口部 1 a が互いに重なることにより、入口側主ヘッダ部 3 1 が形成されている。それぞれの基板の通過開口部は、基板を通過するように貫通穴が形成されている。入口側主ヘッダ部 3 1 は、流入経路領域 2 1 に形成されたそれぞれの基板の開口部が重なることにより形成されている。入口側主ヘッダ部 3 1 は、基板同士の積層方向に延びるように形成されている。

【 0 0 4 9 】

また、第 2 スペース基板 4 の流入開口部 4 a により、入口側副ヘッダ部 3 2 が形成されている。入口側副ヘッダ部 3 2 は、それぞれの基板の主表面にほぼ平行な方向に延びるように形成されている。入口側副ヘッダ部 3 2 は、入口側主ヘッダ部 3 1 に連通している。

【 0 0 5 0 】

第 2 通過開口部 4 b、噴出基板通過開口部 2 b、流出開口部 3 b および機器基板通過開口部 1 b が互いに重なることにより、出口側主ヘッダ部 3 3 が形成されている。それぞれの基板の通過開口部は、基板を通過するように貫通穴が形成されている。出口側主ヘッダ部 3 3 は、流出経路領域 2 2 に形成されたそれぞれの基板の開口部から構成されている。出口側主ヘッダ部 3 3 は、基板同士の積層方向に延びるように形成されている。

【 0 0 5 1 】

また、第 1 スペース基板 3 の流出開口部 3 b により、出口側副ヘッダ部 3 4 が形成されている。出口側副ヘッダ部 3 4 は、それぞれの基板の主表面にほぼ平行な方向に延びるように形成されている。出口側副ヘッダ部 3 4 は、出口側主ヘッダ部 3 3 に連通している。

【 0 0 5 2 】

図 1 および図 2 を参照して、本実施の形態における冷却器は、蓋部材 5 を備える。蓋部材 5 は、半導体装置の上部に配置されている。蓋部材 5 は、流入管 5 a を有する。流入管 5 a は、流入経路領域 2 1 に形成されている。流入管 5 a は、蓋部材を平面視したときの長手方向の一方の端部に配置されている。蓋部材 5 は、流出管 5 b を有する。流出管 5 b は、流出経路領域 2 2 に配置されている。流出管 5 b は、蓋部材 5 を平面視したときの長手方向の他方の端部に配置されている。

【 0 0 5 3 】

本実施の形態における冷却器は、底板 6 を備える。底板 6 は、板状に形成されている。底板 6 は、最下段の積層体 1 5 の底面に第 2 スペース基板 4 を介して固定されている。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態における冷却器は、流入管および流出管が蓋部材に形成されているが、この形態に限られず、流入管および流出管は、冷媒が供給可能または排出可能に形成されていけば良い。たとえば、流入管および流出管が底板に形成されていても構わない。または、流入管が蓋部材に形成され、流出管が底板に形成されていても構わない。または、流入

10

20

30

40

50

管および流出管のうち少なくとも一方が冷却器の側面に配置されていても構わない。

【 0 0 5 5 】

図 9 に、本実施の形態における機器基板、第 1 スペース基板および噴出基板の部分の拡大概略断面図を示す。機器基板 1 と第 1 スペース基板 3 との間には、シール材としてのパッキン 1 7 が配置されている。パッキン 1 7 は、たとえばゴムで形成されている。また、同様に、第 1 スペース基板 3 と噴出基板 2 との間には、パッキン 1 7 が配置されている。さらに、噴出基板 2 と第 2 スペース基板 4 との間には、パッキン 1 8 が配置されている。それぞれのパッキン 1 7 , 1 8 は、弾力性を有する。このように、本実施の形態においては、それぞれの基板同士の間にはシール材が配置されている。

【 0 0 5 6 】

10

図 1 を参照して、本実施の形態における半導体装置には、矢印 4 1 に示す向きに冷媒としての水が供給される。供給された冷却水は、内部の半導体素子を冷却した後に、矢印 4 2 に示すように、流出管 5 b から排出される。

【 0 0 5 7 】

図 2 を参照して、矢印 4 1 に示すように流入管 5 a から流入した冷却水は、入口側主ヘッダ部 3 1 に流入する。次に、矢印 4 3 に示すように噴出基板 2 と対向する基板との間の空間に供給される。すなわち、入口側副ヘッダ部 3 2 に流入する。このように、本実施の形態においては、冷却水は、入口側主ヘッダ部 3 1 に溜まった後に入口側副ヘッダ部 3 2 に溜められる。

【 0 0 5 8 】

20

次に、入口側副ヘッダ部 3 2 に流入した冷却水は、噴出基板 2 の噴出穴 2 d から機器基板 1 に向かって噴出される。本実施の形態においては、入口側副ヘッダ部 3 2 に流入した冷却水は、隣り合うそれぞれの機器基板 1 に向かって噴出される。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 に、本実施の形態における半導体装置の機器基板の部分の拡大概略断面図を示す。矢印 4 3 に示すように入口側副ヘッダ部 3 2 に流入した冷却水は、矢印 4 4 に示すように噴出基板 2 の噴出穴 2 d から機器基板 1 に向かって噴出される。このときに、噴出穴 2 d が、機器基板 1 の半導体素子 1 d の位置に対応するように形成されているため、噴出される冷却水は、半導体素子 1 d が形成されている領域に衝突する。半導体素子 1 d は、衝突噴流で冷却されるため、効果的に冷却される。本実施の形態においては、半導体素子 1 d の平面形状である四角形の重心位置に冷却水が衝突している。

30

【 0 0 6 0 】

本実施の形態においては、噴出基板 2 が機器基板 1 の表裏の両側に配置され、半導体素子 1 d の上側および下側から冷却が行なわれている。このため、半導体素子 1 d の表裏の両面を同時に冷却することができて優れた冷却性能を示す。特に、本実施の形態においては、半導体素子 1 d の表裏の両面を局所熱伝達性能に優れた衝突噴流で冷却することができて優れた冷却性能を示す。たとえば、片側のみ衝突噴流による冷却を行なう冷却器に対して約 2 倍の冷却性能を得ることができる。

【 0 0 6 1 】

また、被冷却体の表裏の両面から冷却が行なわれるため、被冷却体の厚さ方向における温度分布が中心に対してほぼ対称になる。このため、厚さ方向に反りなどの変形が生じることを抑制できる。

40

【 0 0 6 2 】

機器基板 1 に衝突した冷却水は、矢印 4 5 に示すように出口側副ヘッダ部 3 4 を通って、出口側主ヘッダ部 3 3 に流入する。出口側主ヘッダ部 3 3 に流入した冷却水は、矢印 4 2 に示すように流出管 5 b に向かう（図 2 参照）。

【 0 0 6 3 】

冷却器の入口側においては、入口ヘッダ部として入口側主ヘッダ部 3 1 および入口側副ヘッダ部 3 2 が形成されている。入口側副ヘッダ部が複数形成されており、冷却水の流路が多バス化されているため、冷却器全体としての圧力損失を抑制することができる。冷却

50

器の出口側についても同様に、半導体素子 1 d の冷却が完了した冷却水は、出口側副ヘッダ部 3 4 に溜まった後に出口側主ヘッダ部 3 3 を通って排出される。このため、排出側における圧力損失を抑制することができる。

【 0 0 6 4 】

主ヘッダ部および副ヘッダ部の流路断面サイズは、事前に最適な大きさに設定することが好ましい。それぞれのヘッダ部の流路断面積が大きくなれば圧力損失が小さくなる一方で冷却器が大型化する。したがって、それぞれのヘッダ部は、圧力損失、冷却流量または被冷却体の必要な除熱量などを考慮して適切な大きさに形成することが好ましい。

【 0 0 6 5 】

同様に、噴出穴の径は、除熱量、圧力損失および流路分配等を考慮して、適切な大きさに形成されることが好ましい。その際に、噴出穴の径は、それぞれが同一のサイズであっても、互いに異なるサイズであっても構わない。たとえば、噴出穴は、それぞれの径が段階的に徐々に変化するように形成されていても構わない。

10

【 0 0 6 6 】

本実施の形態においては、冷却水が入口側主ヘッダ部 3 1 に入った後に、入口側副ヘッダ部 3 2 に流入している。冷却水の流路は、複数の入口側副ヘッダ部 3 2 により並列に延びるように形成されている。機器基板 1 に衝突させる冷却水は、冷却器に流入するときの温度とほぼ同じにすることができ、それぞれの半導体素子をほぼ同じ条件で冷却することができる。たとえば、冷却流路が一直線状に構成され、一直線状の冷却流路に複数の被冷却体が配置された冷却器では、下流側に向かうほど冷却能力が劣るが、本実施の形態における冷却器は、ほぼ同じ条件で複数の被冷却体の冷却を行なうことができる。

20

【 0 0 6 7 】

本実施の形態における冷却器は、基板を積層することにより構成されているため、冷却器を小型にすることができる。または、部品点数を削減することができて生産性が向上する。

【 0 0 6 8 】

また、用いる被冷却体の数や必要な冷却能力に応じて、積層体数を容易に変更することができる。たとえば、使用しているときに電力変換器の追加が必要になった場合においても、積層体を追加するのみで、容易に負荷を追加することができる。または、必要な電力変換器の負荷が小さくなったときには、一部の積層体を取外すのみで容易に負荷の削減を行なうことができる。本実施の形態においては、3 個の単一の積層体が積層されているが、この形態に限られず、任意の積層体を積層することができる。

30

【 0 0 6 9 】

特に、多くの種類の冷却器を製造する場合においても、スペーサ基板などの部品を共通化することができ、生産性よくまた、安価に冷却器を製造することができる。

【 0 0 7 0 】

本実施の形態における冷却器は、それぞれの基板を個別に製造した後に積層すればよく、容易に製造することができる。また、複数の基板を積層化する時に、特別な接合工程や、高度な組付け精度は不要であり、容易に組立てを行なうことができる。

【 0 0 7 1 】

さらに、本実施の形態における冷却器は、取外し可能な固定部材でそれぞれの部材が互いに固定されている。それぞれの部材は、接着剤などで固着されていない非接合構造のため、容易に分解を行なうことができる。本実施の形態においては、ボルトを取外すことにより、容易に分解を行なうことができる。

40

【 0 0 7 2 】

このため、メンテナンスにおいても、接合部分を破壊することなく部品交換や点検または調整などを行なうことができる。たとえば、内部に配置されている電力変換器が壊れた場合には、当該電力変換器を含む機器基板を取替えることにより、容易に修理を行なうことができる。

【 0 0 7 3 】

50

本実施の形態においては、それぞれの基板同士の間には、シール材としてのパッキンが配置されている。本実施の形態における冷却器は、それぞれの基板同士が固着されていない非接合構造を有する。このため、それぞれの基板の熱膨張差が生じて、この膨張差をシール材の部分で吸収することができる。たとえば、それぞれの基板において、主表面に平行な方向に熱膨張差が生じたとしても、シール材の部分でこの熱膨張差を吸収することができる。この結果、たとえば溶接やろう付けなどでそれぞれの部材を固定した接合構造を有する冷却器において発生する応力集中を抑制することができる。

【0074】

本実施の形態においては、それぞれの基板を締結部材としてのボルトおよびナットで固定したが、締結部材はこの形態に限られず、それぞれの基板同士を互いに固定する機能を有していれば構わない。

10

【0075】

本実施の形態においては、被冷却体として、大電力の電力変換器を例に採り上げて説明したが、この形態に限られず、任意の被冷却体の冷却器に本発明を適用することができる。たとえば、電力の小さな電力変換器やその他の被冷却体の冷却器にも本発明を適用することができる。

【0076】

上述のそれぞれの図において、同一または相当する部分には、同一の符号を付している。また、上述の説明において、上または下などの記載は、鉛直方向の絶対的な上下方向を示すものではなく、それぞれの部位の位置関係を相対的に示すものである。

20

【0077】

なお、今回開示した上記実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の概略斜視図である。

【図2】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の概略断面図である。

【図3】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の概略分解斜視図である。

【図4】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の機器基板の概略平面図である。

30

【図5】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の噴出基板の概略平面図である。

【図6】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の第1スペーサ基板の概略平面図である。

【図7】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の第2スペーサ基板の概略平面図である。

【図8】本発明に基づく実施の形態における半導体装置を分解して、それぞれの基板を並べたときの概略平面図である。

【図9】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の機器基板と第1スペーサ基板との接触部分の拡大概略断面図である。

【図10】本発明に基づく実施の形態における半導体装置の機器基板の部分の概略断面図である。

40

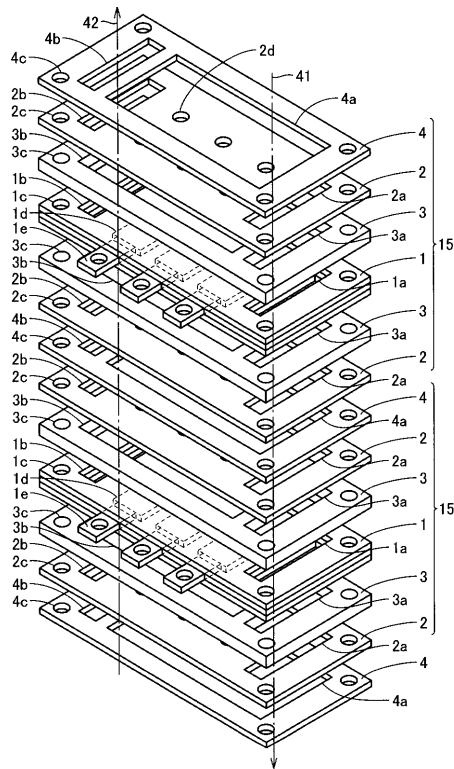
【符号の説明】

【0079】

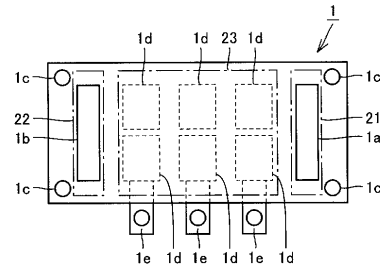
1 機器基板、1 a , 1 b 機器基板通過開口部、1 c 締結部材挿通穴、1 d 半導体素子、1 e 電極、2 噴出基板、2 a , 2 b 噴出基板通過開口部、2 c 締結部材挿通穴、2 d 噴出穴、3 第1スペーサ基板、3 a 第1通過開口部、3 b 流出開口部、4 第2スペーサ基板、4 a 流入開口部、4 b 第2通過開口部、4 c 締結部材挿通穴、5 蓋部材、5 a 流入管、5 b 流出管、6 底板、11 ボルト、12 ナット、15 積層体、17 , 18 パッキン、21 流入経路領域、22 流出経路領域、23 素子配置領域、31 入口側主ヘッダ部、32 入口側副ヘッダ部、33 出口

50

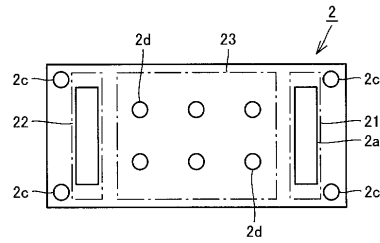
【図 3】



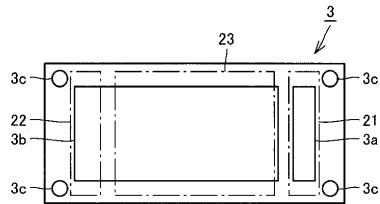
【図 4】



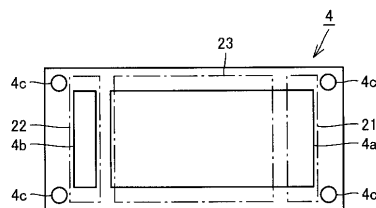
【図 5】



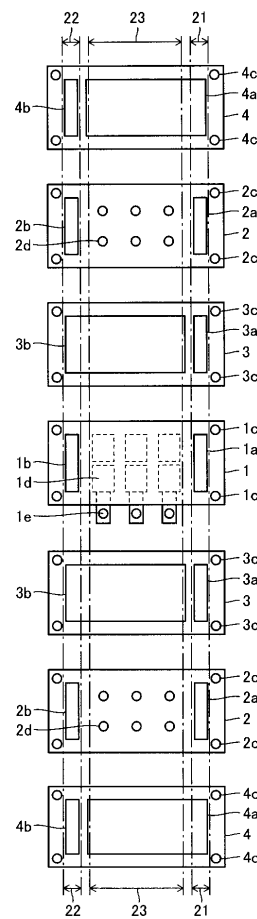
【図 6】



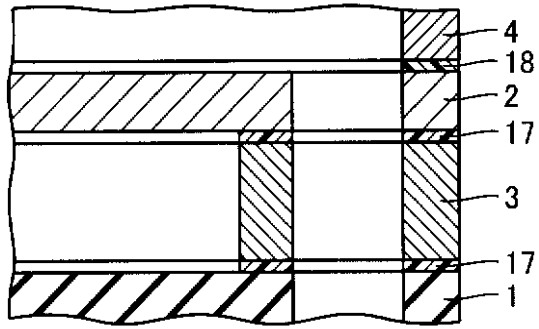
【図 7】



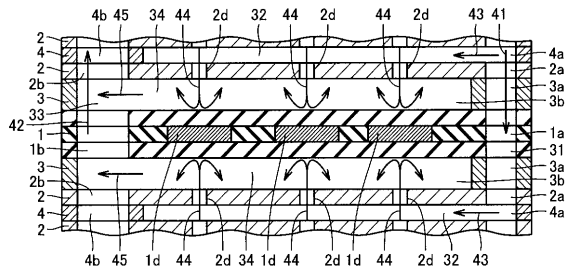
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 忠史

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 長田 裕司

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 横井 豊

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4-1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 5F136 CB07 CB08