

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5711459号
(P5711459)

(45) 発行日 平成27年4月30日 (2015. 4. 30)

(24) 登録日 平成27年3月13日 (2015. 3. 13)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L 23/473	(2006. 01)	HO 1 L	23/46	Z
HO 5 K 7/20	(2006. 01)	HO 5 K	7/20	N

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2009-287056 (P2009-287056)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成21年12月18日 (2009. 12. 18)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2010-147478 (P2010-147478A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成22年7月1日 (2010. 7. 1)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成24年12月5日 (2012. 12. 5)		番
(31) 優先権主張番号	12/317, 361	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成20年12月22日 (2008. 12. 22)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	リチャード・アルフレッド・ビューブレ
			アメリカ合衆国、マサチューセッツ州、ピ
			ッツフィールド、コネチカット・アベニュー、151番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チャンネル型冷却構造を備える冷却装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却装置 (1 0) であって、
 基板組立体 (1 4) を含み、
 前記基板組立体 (1 4) が、
 第 1 の平坦表面 (1 8) 及び該第 1 の平坦表面 (1 8) とほぼ平行な第 2 の平坦表面 (2 0) を備えたセラミック層 (1 6) と、
 前記第 1 の平坦表面 (1 8) に接合された金属層 (2 2) と、
 前記第 2 の平坦表面 (2 0) に接合されたチャンネル層 (2 4) と、
 前記第 2 の平坦表面 (2 0) と反対側の前記チャンネル層 (2 4) の表面 (2 8) に接合されたマニフォールド層 (2 6) と、
 を含み、
 前記セラミック層、金属層、チャンネル層及びマニフォールド層が、互いに単一の単体構造基板 (1 4) として構成され、
 前記冷却装置 (1 0) は、さらに、前記基板組立体 (1 4) とは別個であり且つ該基板組立体 (1 4) に接合されたプレナムハウジング (3 0) であって、マニフォールド層入口及び出口ポート (3 2 、 3 4) を形成するように構成される個別のプレナムハウジング (3 0) を含む、
 ことを特徴とする、冷却装置 (1 0) 。

【請求項 2】

前記マニフォルド層(26)が、複数の入口マニフォルドと複数の出口マニフォルドとを含み、

前記複数の入口マニフォルドが、冷却媒体(33)を受けるとともに構成されかつ前記複数の出口マニフォルドが、前記冷却媒体(33)を排出するように構成され、さらに、前記複数の入口及び出口マニフォルドが、交互配置されかつ前記第1及び第2の平坦表面(18、20)とほぼ平行に配向される、請求項1記載の冷却装置(10)。

【請求項3】

前記プレナムハウジング(30)が、注型可能又は鋳造可能な材料を含む、請求項1または2記載の冷却装置(10)。

10

【請求項4】

前記基板層(16、22、24、26)が、 $980 \sim 1000$ の高温接合法により互いに接合される、請求項1乃至3のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

【請求項5】

前記基板層(16、22、24、26)が、その各々が $980 \sim 1000$ の高温接合時に前記基板の構造劣化を防止するように構成された対応する厚さ及び熱膨張係数を有する熱伝導性材料を含む、請求項1乃至4のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

【請求項6】

前記金属層(22)が、直接接合銅又は活性金属ろう付け構造を含む、請求項1乃至3のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

20

【請求項7】

前記プレナムハウジング(30)と前記基板組立体(14)との間の接合が、ソルダレス接合である、請求項1乃至3のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

【請求項8】

前記セラミック層(16)が、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、窒化アルミニウム(AlN)、酸化ベリリウム(BeO)及び窒化ケイ素(Si_3N_4)から選ばれる、請求項1乃至4のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

【請求項9】

前記セラミック層(16)に接合された前記金属層表面(18)と反対側の前記金属層(22)の外側表面(44)に接合された少なくとも1つの半導体パワーデバイス(12)をさらに含む、請求項1乃至8のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

30

【請求項10】

前記基板組立体(14)及びプレナムハウジング(30)が共に、少なくとも1つの他の同様な基板組立体及び1つの他の同様なプレナムハウジングと互いに結合されてタイル状の冷却装置構造体(60)を形成するように構成される、請求項1乃至9のいずれか1項記載の冷却装置(10)。

【請求項11】

セラミック層(16)の両面において同一の熱伝導性材料が使用された、請求項1乃至10のいずれか1項に記載の冷却装置(10)。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、総括的には加熱表面を冷却するための装置に関し、より具体的には、半導体パワーデバイスのためのチャンネル型冷却作用を備えたヒートシンクに関する。

【背景技術】

【0002】

高密度パワーエレクトロニクス的发展により、半導体パワーデバイスを冷却することが益々困難になってきている。最大 $500W/cm^2$ までの熱放散が可能である最新のシリコンベースパワーデバイスの場合には、改善した熱管理解決法が必要とされる。デバイス

50

温度が50Kの上昇に限定されている場合には、自然及び強制空気冷却方式は、最大約1W/cm²までの熱流束を取扱うことができるのみである。従来の液体冷却プレートは、20W/cm²のオーダの熱流束の取扱いを達成することができる。ヒートパイプ、衝突スプレイ及び液体沸騰は、より大きい熱流束の取扱いができるが、これらの方法は、製造を困難にしかつ高コストにする可能性がある。

【0003】

高熱流束パワーデバイスの従来型の冷却において遭遇する付加的な問題は、加熱表面全体にわたる不均一な温度分布である。これは、不均一な冷却チャンネル構造、並びに冷却流体が加熱表面と平行な長いチャンネルを通して流れるにつれての該冷却流体の温度上昇に起因している。

10

【0004】

高性能熱管理のための1つの有望な技術は、マイクロチャンネル冷却である。1980年代には、このマイクロチャンネル冷却は、最大1000W/cm²までの熱流束と100以下の表面温度上昇とを示す設計を備えたシリコン集積回路を冷却する有効な手段であると証明された。公知のマイクロチャンネル設計は、冷却流体をマイクロチャンネルに分配するためのマニフォールドを組込んだ金属複合材ヒートシンクに対して基板(最下銅層内にマイクロチャンネルが加工された状態の)をはんだ付けすることを必要とする。さらに、これらの公知のマイクロチャンネル設計は、作製するのが極めて複雑であり、従って製造コストが非常に高い極めて複雑な背面マイクロチャンネル構造及びヒートシンクを用いている。

【特許文献1】米国特許第5,057,908号公報

20

【特許文献2】米国特許第5,533,256号公報

【特許文献3】米国特許第5,892,279号公報

【特許文献4】米国特許第7,019,975 B2号公報

【特許文献5】米国特許第7,190,580 B2号公報

【特許文献6】米国特許出願公開第2007/0215325 A1号公報

【特許文献7】米国特許第7,353,859 B2号公報

【特許文献8】米国特許第7,429,502 B2号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

以上の説明に鑑みて、組立てるのが比較的簡単であり、かつ基板冷却チャンネルの作製に後続する処理作業において冷却チャンネル機構を損なうことがないチャンネル型ヒートシンク冷却構造を提供することが望ましいと言える。

【課題を解決するための手段】

【0006】

簡潔に述べると、1つの実施形態によると、本冷却装置は、基板組立体と、該基板組立体に接合されたプレナムハウジングとを含み、基板組立体は、第1の平坦表面及び該第1の平坦表面とほぼ平行な第2の平坦表面を備えたセラミック層と、第1の平坦表面に接合された金属層と、第2の平坦表面に接合されたチャンネル層と、第2の平坦表面と反対側のチャンネル層の表面に接合されたマニフォールド層とを含み、基板層は、互いに単一の単体構造基板として構成され、またプレナムハウジングは、マニフォールド層入口及び出口ポートを形成するように構成される。

40

【0007】

別の実施形態によると、冷却装置を製造する方法は、第1のセラミック基板を準備するステップと、第1のセラミック基板の一側面に第1の金属層を接合するステップと、第1のセラミック基板の反対側面に第1のチャンネル層の第1の側面を接合するステップと、第1のチャンネル層の第1の側面と反対側の該第1のチャンネル層の第2の側面に第1のマニフォールド層を接合するステップとを含み、第1のセラミック基板、第1の金属層、第1のチャンネル層及び第1のマニフォールド層が互いに接合されて第1の基板組立体を形成するようにする。

50

【0008】

本発明のこれらの及びその他の特徴、態様及び利点は、図面全体を通して同じ参照符号が同様の部分を示している添付図面を参照して以下の詳細な説明を読むことにより一層良好に理解されるようになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の1つの実施形態による、パワーデバイスを冷却するための装置の側面図。

【図2】1つの実施形態による、図1に示す最上銅層の平面図。

【図3】1つの実施形態による、基板上に堆積させた図1に示す最上銅層の平面図。

10

【図4】1つの実施形態による、図1に示すチャンネル層の平面図。

【図5】1つの実施形態による、図1に示すマニフォールド層の平面図。

【図6】1つの実施形態による、図1に示すベースプレートの平面図。

【図7】1つの実施形態による、最上銅層、チャンネル層及びマニフォールド層を含む単体構造基板組立体を示す図。

【図8】1つの実施形態による、図7に示す単体構造基板組立体で使用するのに適した単体構造ベースプレートを示す図。

【図9】1つの実施形態による、図7に示す単体構造基板組立体、図8に示す単体構造ベースプレート、及び少なくとも1つの半導体パワーデバイスを含む冷却モジュールを示す図。

20

【図10】1つの実施形態による1対のタイル状の冷却モジュールを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

添付図面の図は、幾つかの別の実施形態を示しているが、以下の説明で指摘するように、本発明のその他の実施形態もまた考えられる。全てのケースにおいて、本開示は、限定のためではなく説明のために、本発明の図示した実施形態を提示している。当業者は、多数のその他の変更形態及び実施形態を提案することができるが、それらは、本発明の原理の技術思想及び技術的範囲内に属する。

【0011】

図1は、本発明の1つの実施形態による、少なくとも1つのパワーデバイス12を冷却するためのヒートシンク組立体10を側面図で示している。ヒートシンク組立体10は、基板14を含み、この基板14は、第1の平坦表面18及び該第1の平坦表面18とほぼ平行な第2の平坦表面20を有するセラミック層16を含む。基板14はさらに、第1の平坦表面18に対して冶金学的に接合された金属層22と、第2の平坦表面20に対して冶金学的に接合されたチャンネル層24と、第2の平坦表面20と反対側のチャンネル層24の表面28に対して冶金学的に接合されたマニフォールド層26とを含む。少なくとも1つの入口ポート32及び少なくとも1つの出口ポート34を備えたベースプレート/プレナムハウジング30が、チャンネル層表面26と反対側のマニフォールド層26の表面36に接合され、また延長マニフォールド層入口及び出口ポートを形成するように構成される。

30

【0012】

1つの実施形態によると、ヒートシンク組立体10は、約0.3mmの厚さを有する金属層22と、約0.3mmの厚さを有するチャンネル層24と、約0.3mmの厚さを有するマニフォールド層26とを含む。別の実施形態によると、ヒートシンク組立体10は、約0.3mmの厚さを有する金属層22と、約0.15mmの厚さを有するチャンネル層24と、約0.15mmの厚さを有するマニフォールド層26とを含む。さらに別の実施形態によると、ヒートシンク組立体10は、約0.6mmの厚さを有する金属層22と、約0.3mmの厚さを有するチャンネル層24と、約0.3mmの厚さを有するマニフォールド層26とを含む。

40

【0013】

図5に示すマニフォールド層26の平面図では、幾つかの入口マニフォールド38及び幾つ

50

かの出口マニフォールド 40 が形成されている。入口マニフォールド 38 は、冷却媒体を受けるとともに構成され、また出口マニフォールド 40 は、冷却媒体を排出するように構成される。1つの実施形態では、入口及び出口マニフォールド 38、40 は、図 5 に示すように交互配置される。

【0014】

図 4 に示すチャンネル層 24 の平面図では、入口マニフォールド 38 から冷却媒体を受けかつその冷却媒体を出口マニフォールド 40 に送給するように構成された幾つかのチャンネル 42 を特徴としている。本発明の 1つの態様によると、チャンネル 42 は、入口及び出口マニフォールド 38、40 に対してほぼ垂直に配向される。

【0015】

引続き図 1 を参照すると、基板 14 の外側表面 44 は、少なくとも 1つのパワーデバイス 12 と熱接触状態になっている。ヒートシンク組立体 10 はさらに、入口マニフォールド 38 に冷却媒体 33 を供給するように構成された入口プレナム 32 と、出口マニフォールド 40 から冷却媒体 33 を排出するように構成された排出プレナム 34 とを含む。

【0016】

セラミック層 16 は、例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN)、酸化ベリリウム (BeO) 及び窒化ケイ素 (Si_3N_4) で形成することができる。その他の同様なセラミック材料もまた、それらセラミック材料が最上金属層 22 及びチャンネル層 24 に対して冶金学的に接合可能である限り用いることができる。

【0017】

図 2 は、1つの実施形態による、図 1 に示す金属層 22 の平面図である。金属層 22 は、例えばセラミック層 16 に接合された直接接合銅 (DBC) 層又は活性金属ろう付け (AMB) 層とすることができる。

【0018】

図 3 は、1つの実施形態による、セラミック層 16 に接合された図 1 に示す最上銅層 22 の平面図である。

【0019】

図 4 は、1つの実施形態による、複数のチャンネル 42 を例示している図 1 に示すチャンネル層 24 の平面図である。チャンネル層 24 は、マイクロチャンネル寸法からミリチャンネル寸法までを網羅するチャンネル形状寸法を含むことができる。本発明の幾つかの態様によると、チャンネル 42 は、例えば約 0.05 mm ~ 約 5.0 mm の形状寸法を有することができる。例示的なチャンネル 42 の構成は、基板 14 に沿って延びる連続マイクロチャンネルで形成することができる。別の実施形態によると、チャンネル 42 は、幅が約 0.1 mm であり、約 0.2 mm の幾つかのギャップによって分離される。さらに別の実施形態によると、チャンネル 42 は、幅が約 0.3 mm であり、約 0.5 mm の幾つかのギャップによって分離される。さらに別の実施形態によると、チャンネル 42 は、幅が約 0.6 mm であり、約 0.8 mm の幾つかのギャップによって分離される。

【0020】

図 5 は、1つの実施形態による、図 1 に示すマニフォールド層 26 の平面図である。マニフォールド 38、40 は、本発明の 1つの態様による図 4 に示すチャンネル 42 に対して垂直に延びるように構成される。

【0021】

図 6 は、1つの実施形態による、図 1 に示すベースプレート 30 の平面図である。特定の実施形態によると、ベースプレート/プレナムハウジング 30 は、鑄造可能な金属並びに/或いは例えば注型可能なプラスチック、セラミック、機械加工可能なセラミック又は機械加工可能なガラスセラミック構造を含む。本明細書に記載した実施形態は、特定のベースプレート/ハウジング材料に限定されるものではない。ベースプレート 30 は、本発明の 1つの態様によると、接着剤接合によりマニフォールド層 26 に接合される。

【0022】

図 7 は、1つの実施形態による、最上金属層 22、セラミック層 16、チャンネル層 24

10

20

30

40

50

、及びマニフォールド層 26 を含む単体構造基板組立体 14 を示している。特定の実施形態によると、基板 14 は、金属層 22 に実施するための直接接合銅 (DBC) 構造又は活性金属ろう付け (AMB) 構造を含む。DBC 及び AMB は、セラミック基板に対して銅層を直接接合する方法を指している。例示的なセラミック材料には、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN)、酸化ベリリウム (BeO) 及び窒化ケイ素 (Si_3N_4) が含まれる。DBC 及び AMB の両方とも、基板 14 には使い勝手の良い構造であり、セラミック層 16 の両面における同一の熱伝導性材料 (このケースでは、銅) の使用により、熱的及び機械的安定性が得られる。言うまでもなく、基板 14 は、金又は銀のようなその他の材料で製作することもできる。有利なことに、基板 14 は、接合法、拡散接合法、又はクランピングのような圧着法を含む多数のソルダレス法のいずれか 1 つを使用して、図 8 に示すベースプレート /ハウジング 30 に取付けることができる。このことは、組立工程を単純化して、ヒートシンク装置 10 の全コストを低下させる。さらに、基板 14 をベースプレート /ハウジング 30 に取付けることによって、図 1 に示すパワーデバイス 12 の表面下に流体通路が形成されて、チャンネル冷却法の実用的かつコスト効果のある実施が可能になる。

10

【0023】

引続き図 7 を参照すると、最上金属層 22、セラミック層 16、チャンネル層 24 及びマニフォールド層 26 を含む基板組立体 14 は、本発明の 1 つの態様によると、一般的にはんだ付け法に伴って生じるチャンネル層のチャンネル 42 への汚染又は損傷を回避する高温ろう付け法を使用することによって実施される。さらに、基板層 16、22、24、26 の材料及び厚さは、加熱及び冷却処理工程時における層間の望ましくない相互作用を防止するように厳密に制御することができる。このようにして、チャンネル層 24 に関連する微細形状は、製造工程時における損傷から保護することができ、また基板組立体 14 の形状は、高度な確実性をもって形成することができる。

20

【0024】

図 8 は、1 つの実施形態による、図 7 に示す単体構造基板組立体 14 で使用するのに適した単体構造ベースプレート 30 を示している。ベースプレート 30 は、1 つの実施形態によると、マニフォールド層 26 と関連するマニフォールド通路 38、40 に酷似した流体通路を含む。ベースプレート /ハウジング 30 はさらに、少なくとも 1 つの入口ポート 32 と少なくとも 1 つの出口ポート 34 とを含み、また上述したようにチャンネル層表面 28 と反対側のマニフォールド層 26 の表面 36 に接合されて延長マニフォールド層 26 の入口及び出口ポートを形成する。ベースプレート 30 は、冷却流体を移送する手段を構成することを必要とするだけであるので、ベースプレート 30 は、熱伝達の手段を構成するのに適した金属で製作する必要はない。代わりに、実際の熱伝達プロセスは、基板層間の冶金学的接合により達成される。

30

【0025】

本発明の 1 つの態様によると、基板組立体 14 のための所望の高レベルの冷却能力を得るために、マニフォールド通路 38、40 は、その断面がチャンネル 42 に関連する断面よりも大きくなっている。組立体 10 を冷却するのに、多くの冷却媒体を用いることができるものであって、本明細書における実施形態は、特定の冷却媒体 33 に限定されるものではない。例示的な冷却媒体 33 には、水、エチレングリコール、オイル、航空機燃料及びそれらの組合せが含まれる。特定の実施形態によると、冷却媒体 33 は、単相液体である。作動中には、冷却媒体 33 は、ベースプレート入口ポート 32 を介してマニフォールド 38 に流入しかつチャンネル 42 を通って流れた後に、ベースプレート出口ポート 34 を介して出口マニフォールド 40 を通って戻る。

40

【0026】

図 1 に示すように、1 つの実施形態によると、パワーデバイス 12 の加熱表面から冷却媒体を隔離するために、チャンネル 42 は、チャンネル層 24 を貫通しては延びていない。より具体的には、セラミック層 16 は、基板 14 上のパワーデバイス 12 と冷却媒体 33 との間の絶縁バリアとして作用する。

50

【 0 0 2 7 】

図 9 は、1つの実施形態による、図 7 に示す単体構造基板組立体 1 4、図 8 に示す単体構造ベースプレート 3 0、及び少なくとも 1つの半導体パワーデバイス 5 2を含む冷却モジュール 5 0を示している。入口ポート 3 2及び出口ポート 3 4は各々、複数の冷却モジュール 5 0が互いにタイル状になって、図 1 0の1つの実施形態に示すようになることができるように構成される。得られたタイル状の冷却装置 6 0は、複数の半導体パワーデバイス 5 2、5 4を冷却するのに適している。外側表面 4 4の各々は、半導体パワーデバイス 5 2、5 4のそれぞれ1つと熱接触状態になっている。このようにして、幾つかのより小さな基板 1 4の使用により、熱膨張係数 (C T E) の不整合による応力を減少させる。

【 0 0 2 8 】

説明を要約すると、図 1 ~ 図 1 0を参照しながらチャンネル型冷却組立体の実施形態及びそれらの実施形態を製造する方法について説明してきた。これらの実施形態は、一般的にはんだ付け法に伴って生じるチャンネル 4 2への汚染又は損傷を回避する高温ろう付け法を使用している。さらに、基板層 1 6、2 2、2 4、2 6の材料及び厚さは、加熱及び冷却処理工程時における層間の望ましくない相互作用を防止するように厳密に制御することができる。このようにして、対応するチャンネル層 2 4に関連する微細形状は、製造工程時における損傷から保護することができ、また基板組立体 1 4の形状は、高度な確実性をもって形成することができる。

【 0 0 2 9 】

基板組立体 1 4は、部分組立工程時に、セラミック層 1 6と、セラミック層 1 6に対して冶金学的に接合された金属層 2 2と、セラミック層 1 6に対して冶金学的に接合されたチャンネル層 2 4と、チャンネル層 2 4の表面に対して冶金学的に接合されたマニフォールド層 2 6とを含む単一の単体構造装置として製作される。少なくとも1つの入口ポート 3 2及び少なくとも1つの出口ポート 3 4を備えた個別のベースプレート/ハウジング 3 0は、基板構造体の部分組立工程に続く最終組立工程時に、基板構造体の表面 3 6に接合され、また延長マニフォールド層入口及び出口ポートを形成するように構成される。

【 0 0 3 0 】

最終組立段階時に単体構造基板組立体 1 4と単体構造ベースプレート 3 0とを組み合わせることは、上述したように、一般的にはんだ付け法に伴って生じるチャンネル 4 2への汚染又は損傷を回避する利点を有する。ベースプレート 3 0は、冷却流体の流れ手段として機能するだけでありかつヒートシンク装置としての役割はないので、ベースプレート 3 0は、はんだを使用せずに該ベースプレート 3 0を基板構造体 1 4に接合するのに適したプラスチック又はその他の非金属化合物で形成することができる。

【 0 0 3 1 】

本明細書では、本発明の一部の特徴のみを図示しかつ説明してきたが、当業者には多くの修正及び変更が想起されるであろう。従って、提出した特許請求の範囲は、全てのそのような修正及び変更を本発明の技術思想の範囲内に属するものとして保護しようとしていることを理解されたい。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

- 1 0 ヒートシンク組立体
- 1 2 パワーデバイス
- 1 4 基板
- 1 6 セラミック層
- 1 8 第 1 の平坦表面
- 2 0 第 2 の平坦表面
- 2 2 金属層
- 2 4 チャンネル層
- 2 6 マニフォールド層
- 2 8 チャンネル層表面

10

20

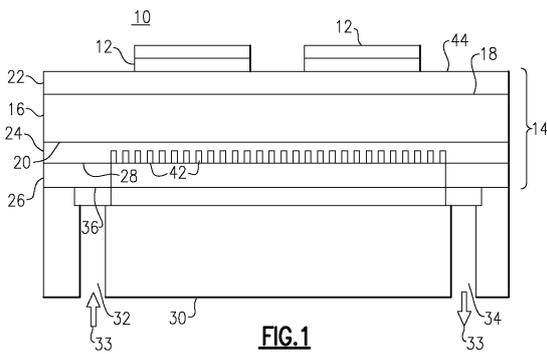
30

40

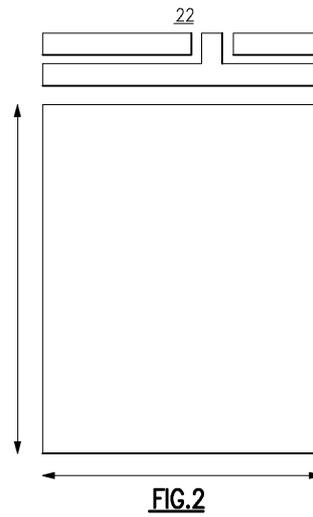
50

- 30 ベースプレート
 - 32 入口ポート
 - 33 冷却媒体
 - 34 出口ポート
 - 36 マニフォルド層表面
 - 38 入口マニフォルド
 - 40 出口マニフォルド
 - 42 チャンネル
 - 44 タイル状の冷却装置の外側表面
- 50 冷却モジュール
- 52 半導体パワーデバイス
- 54 半導体パワーデバイス
- 60 タイル状の冷却装置

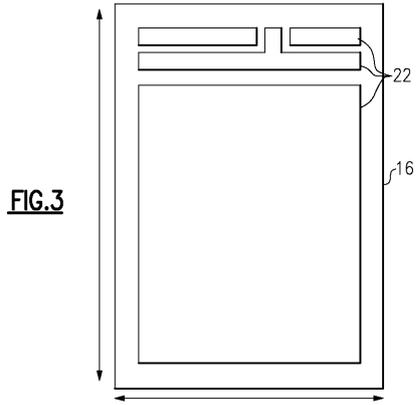
【図1】



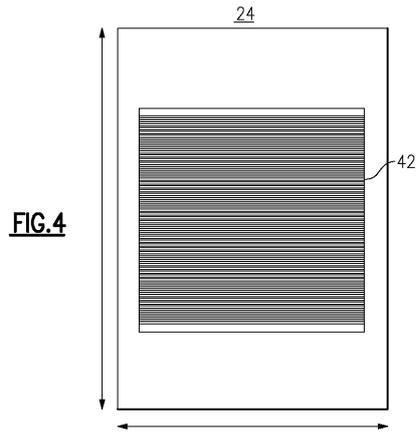
【図2】



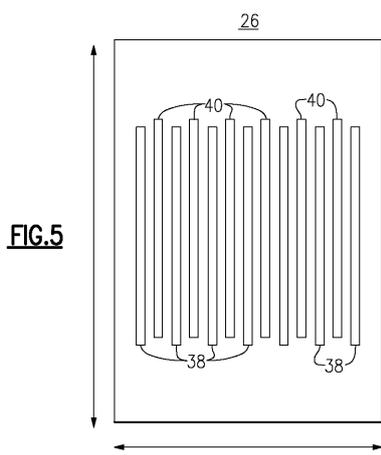
【 図 3 】



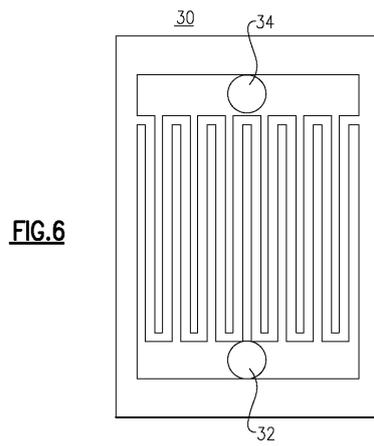
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



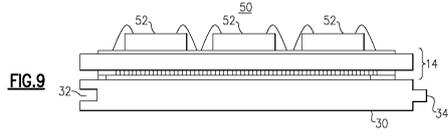
【 図 7 】



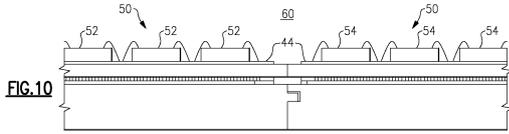
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 リュビサ・ドラゴリュブ・ステヴァノヴィッチ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ウィンターグリーン・コート、6番
- (72)発明者 ダニエル・ジェyson・アーノ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、チェリー・ヒルズ・コート、4番
- (72)発明者 チャールズ・ジェラード・ウオイチック
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、キャサリンズ・ウッズ・ドライブ、1011番

審査官 長谷部 智寿

- (56)参考文献 特開2007-227902(JP,A)
特表2008-522406(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|----------------|
| H01L | 23/34 - 23/473 |
| H01L | 23/02 - 23/10 |
| H05K | 7/20 |