

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5021919号
(P5021919)

(45) 発行日 平成24年9月12日(2012.9.12)

(24) 登録日 平成24年6月22日(2012.6.22)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 23/473 (2006.01) H O 1 L 23/46 Z
 F 2 5 D 9/00 (2006.01) F 2 5 D 9/00 B

請求項の数 33 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-263863 (P2005-263863)	(73) 特許権者	390009531
(22) 出願日	平成17年9月12日(2005.9.12)		インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
(65) 公開番号	特開2006-203159 (P2006-203159A)		INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
(43) 公開日	平成18年8月3日(2006.8.3)		アメリカ合衆国10504 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャードロード
審査請求日	平成20年9月1日(2008.9.1)		
(31) 優先権主張番号	11/037, 918	(74) 代理人	100108501
(32) 優先日	平成17年1月18日(2005.1.18)		弁理士 上野 剛史
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100112690
			弁理士 太佐 種一
		(74) 代理人	100091568
			弁理士 市位 嘉宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体用熱交換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱交換器であって、

第 1 の表面および該第 1 の表面に対向する第 2 の表面を有する、冷却液を流すための通路と、

前記通路に配置され、前記通路内で乱流が生じるように前記冷却液を混合するためのメッシュ・プラグと、

前記第 1 の表面に設けられた開口とを備え、

半導体熱源が、前記開口内に配置され、前記メッシュ・プラグに直接接触している、熱交換機。

【請求項 2】

前記開口と前記半導体熱源との界面は、エポキシにより封止されている、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 3】

前記第 2 の表面が、ポリカーボネート、アクリル、およびポリエチレンの中から選択された 1 つを含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 4】

前記冷却液は水であり、前記メッシュ・プラグは銅であり、前記メッシュ・プラグはクロム又はニッケルでコーティングされている、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 5】

前記第 1 の表面が、銅およびアルミニウムの少なくとも一方である、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 6】

前記第 2 の表面上にコーティングが形成され、該コーティングは、クロムの第 1 コーティングと、金又は白金の第 2 コーティングを含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 7】

前記メッシュ・プラグが、銅、クロム、鉄、ニッケル、ステンレス鋼、タングステン、タンタル、およびチタン・ワイヤの中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 8】

前記メッシュ・プラグが、炭素繊維、ガラス綿、およびガラス・メッシュ・プラグの中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 9】

前記メッシュ・プラグが、銅綿、多孔性グラファイト、機械加工されたグラファイトおよび電鍍ニッケルの中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 10】

前記メッシュ・プラグの要素がはんだ付けによって接合されている、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 11】

前記メッシュ・プラグが、前記熱源、前記第 1 の表面、および前記第 2 の表面の中から選択された少なくとも 1 つに、はんだ付けによって接合されている、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 12】

前記メッシュ・プラグが、クロム又はニッケルのコーティングで覆われている、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 13】

前記通路に流体を通すように結合され、前記通路に前記冷却液を導入し前記通路から前記冷却液を排出するための注入口および放出口を更を含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 14】

前記注入口に結合され、前記冷却液を前記通路内に送出するためのポンプを更を含む、請求項 13 に記載の熱交換器。

【請求項 15】

前記放出口が前記ポンプに結合され、前記ポンプが、前記放出口から前記注入口まで前記冷却液を送出するように適合されている、請求項 14 に記載の熱交換器。

【請求項 16】

前記冷却液が、水、水を主成分とする液体、グリコール、エチレングリコール、プロピレングリコール、油、炭化水素、炭化水素混合物、アルコール、メチルビス(フェニルメチル)-ベンゼン、塩化ナトリウム、シリコン、および液体金属の中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 17】

熱交換器であって、

第 1 の表面および該第 1 の表面に対向する第 2 の表面を有し、前記第 2 の表面は、該第 2 の表面の一端から前記第 1 の表面に向かって延びる第 1 の周辺拡張部と前記第 2 の表面の他端から前記第 1 の表面に向かって延びる第 2 の周辺拡張部とを有し、前記第 1 の周辺拡張部及び前記第 2 の周辺拡張部のそれぞれがガasket を介して前記第 1 の表面に結合されている、冷却液を流すための通路と、

前記第 1 の周辺拡張部に隣接した注入口マニホールド及び前記第 2 の周辺拡張部に隣接した放出口マニホールドを形成するように、前記通路に配置され、前記通路内で乱流が生じる

10

20

30

40

50

ように前記冷却液を混合するためのメッシュ・プラグと、
前記注入口マニホールドに連通する注入口及び前記放出口マニホールドに連通する放出口と

前記第 1 の表面に設けられた開口とを備え、
半導体熱源が、前記開口内に配置され、前記メッシュ・プラグに直接接触している、熱交換機。

【請求項 18】

前記開口と前記半導体熱源との界面は、エポキシにより封止されている、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 19】

前記第 2 の表面が、ポリカーボネート、アクリル、およびポリエチレンの中から選択された 1 つを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 20】

前記冷却液は水であり、前記メッシュ・プラグは銅であり、前記メッシュ・プラグはクロム又はニッケルでコーティングされている、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 21】

前記第 1 の表面が、銅およびアルミニウムの少なくとも一方である、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 22】

前記第 2 の表面上にコーティングが形成され、該コーティングは、クロムの第 1 コーティングと、金又は白金の第 2 コーティングを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 23】

前記メッシュ・プラグが、銅、クロム、鉄、ニッケル、ステンレス鋼、タングステン、タンタル、およびチタン・ワイヤの中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 24】

前記メッシュ・プラグが、炭素繊維、ガラス綿、およびガラス・メッシュ・プラグの中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 25】

前記メッシュ・プラグが、銅綿、多孔性グラファイト、機械加工されたグラファイトおよび電鍍ニッケルの中から選択された少なくとも 1 つを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 26】

前記メッシュ・プラグの要素がはんだ付けによって接合されている、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 27】

前記メッシュ・プラグが、前記熱源、前記第 1 の表面、および前記第 2 の表面の中から選択された少なくとも 1 つに、はんだ付けによって接合されている、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 28】

前記メッシュ・プラグが、クロム又はニッケルのコーティングで覆われている、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 29】

前記通路に流体を通すように結合され、前記通路に前記冷却液を導入し前記通路から前記冷却液を排出するための注入口および放出口を更に含む、請求項 17 に記載の熱交換器

【請求項 30】

前記注入口に結合され、前記冷却液を前記通路内に送出するためのポンプを更に含む、請求項 29 に記載の熱交換器。

【請求項 31】

10

20

30

40

50

前記放出口が前記ポンプに結合され、前記ポンプが、前記放出口から前記注入口まで前記冷却液を送出するように適合されている、請求項 30 に記載の熱交換器。

【請求項 32】

前記冷却液が、水、水を主成分とする液体、グリコール、エチレングリコール、プロピレングリコール、油、炭化水素、炭化水素混合物、アルコール、メチルビス(フェニルメチル)-ベンゼン、塩化ナトリウム、シリコン、および液体金属の中から選択された少なくとも一つを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

【請求項 33】

前記ガスケットが、フルオロエラストマ、ポリテトラフルオロエチレン、ナイロン、シリコン、およびゴムの中から選択された少なくとも一つを含む、請求項 17 に記載の熱交換器。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、マイクロプロセッサおよび集積回路に関し、さらに特定すれば、集積回路(IC)チップの冷却に関する。具体的には、本発明は、チップ冷却のための熱交換器に関する。

【背景技術】

【0002】

ICデバイスの効率的な冷却は、過剰な加熱による故障を防ぐために不可欠である。チップ当たりのCMOSデバイス数およびクロック速度が増大するにつれて、かかる効率的な冷却はいっそう大きな問題になっている。例えば、現世代のマイクロプロセッサでは、約100W/cm²の熱が発生するが、次世代のコンピュータ・マイクロプロセッサでは、200W/cm²以上の熱発生レベルに達することが予想される。

20

【0003】

従来、ICチップは、チップに結合された熱伝導板を有する熱交換機構すなわちヒート・シンクによって冷却される。この板は、通常、板の一表面から延出する複数の隆起フィンを含む。板およびフィン、熱を伝え、空気が流れることができる表面積を増大させ、これによってヒート・シンクから周囲の空気への熱伝達率を上げる。

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

かかる空冷式の方法は、通常、現在のチップについて熱伝達を促進するには信頼性が高いことが証明されている。しかしながら、一般に、現在の強制空冷方法は性能の限界に達したと判断されている。このため、もっと大量の熱を発生させるいっそう小型で強力なチップを求める傾向のもとでは、これまで続いてきた従来の空冷方法に対する依存は不適切となる。

【0005】

従って、チップとヒート・シンクとの間の熱伝達を向上させることができる熱交換装置に対する要望がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、半導体熱源を冷却するための方法および装置である。一実施形態において、熱交換器を提供する。これは、第1の表面および対向する第2の表面を有する、冷却液を受容するための通路を含む。通路に、メッシュ・プラグが配置され、通路内で乱流が生じるように冷却液を混合する。通路の第1の表面は、半導体熱源に近接して配置されている。一実施形態では、第1の表面はプラスチックを含む。一実施形態では、第2の表面は、例えば銅のような金属を含む。一実施形態では、メッシュ・プラグは、ニッケルで被覆した銅メッシュを含む。

【0007】

50

別の実施形態では、半導体熱源を冷却するための方法を提供する。この方法は、第1の表面および対向する第2の表面を有する、冷却液を受容するための通路と、それらの間に配置され、通路内で乱流が生じるように冷却液を混合するためのメッシュ・プラグとを有する熱交換器を設けるステップを含む。通路の第1の表面は、半導体熱源に近接して配置されている。通路を通して、例えば水のような冷却液が流れる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明の上述の実施形態を達成し、詳細に理解することができるように、添付の図面に例示した本発明の実施形態を参照して、先に簡潔にまとめた本発明のいっそう具体的な説明を行うことができる。しかしながら、添付図面は、本発明の典型的な実施形態を図示するだけであり、従って、その範囲を限定するものとして考えるべきではなく、本発明は他の等しく効果的な実施形態を認め得ることに留意すべきである。

10

【0009】

理解を容易にするため、可能な場合には同一の参照番号を用いて、図面に共通する同一の要素を表す。

【0010】

図1は、熱交換器100の一実施形態の横断面図を示す。熱交換器100は、通常、第1の表面106を含む。これは、第2の表面104と離間した関係に配置され、それらの間に冷却液112を流すための流体通路114を画定する。流体通路114の少なくとも一部内に、多孔性メッシュ・プラグ110が配置され、第1の表面106および第2の表面104の双方と接触している。

20

【0011】

熱ペースト、はんだ付け、ボンディング、接着剤等のいずれかの従来的手段を用いて、半導体熱源102が、メッシュ・プラグ110に近接して、熱交換器100の第1の表面106に熱的に結合されている。半導体熱源102は、本明細書において、集積回路(IC)チップ、チップの一部、複数のチップすなわちチップ・アレイ、回路基板またはその一部、半導体デバイスまたは複数のデバイスの動作によって加熱されるいずれかの材料、前述のものいずれかの組み合わせ等と定義する。

【0012】

熱源102と熱交換器100の第1の表面106との間の熱伝達率を高めるために、例えば、はんだ、熱伝導性接着剤、熱伝導性ペースト、液体金属熱インタフェース(例えば、ガリウム、インジウム、すず、およびビスマスの少なくとも1つ)等を含む熱インタフェース108を、任意的に、それらの間に配置することができる。通路114を通して、熱交換流体すなわち冷却液112が流れる。

30

【0013】

あるいは、図2に示すように、第1の表面106は、更に、熱源102がメッシュ・プラグ110および通路114内の冷却液112と直接接触することができるような大きさに形成した開口202を含むことができる。第1の表面が開口202を含む実施形態では、開口202と熱源102との間の界面は、例えばエポキシを用いて開口202内に熱源を固定することのように、いずれかの従来的手段によって封止することができる。

40

【0014】

第1の表面106は、プロセス条件に適合するいずれかの熱伝導性または非熱伝導性材料とすれば良い。図1に示す実施形態では、第1の表面106は、少なくとも熱源102に近接して配置された領域において熱伝導性であり、熱源102から通路114を流れる冷却液112への熱伝達を容易にする。第1の表面106は、熱源102に近接した領域においてのみ高度に熱伝導性の材料を含み、他の領域において他の材料を含む場合があることが考えられる。

【0015】

例えば、第1の表面106は、金属を含むことができる。一実施形態では、第1の表面は、銅およびアルミニウムの少なくとも一方を含む。任意的に、第1の表面106の通路

50

114に面する側に、コーティング(図示せず)を配することができる。コーティングは、一般に、大気、冷却液112、または通路114に存在し得る他の汚染物質に対する露呈による劣化から、第1の表面106を保護する。

【0016】

図2に示す実施形態において、熱源102が開口202内に配置される場合、第1の表面106は、以下で第2の表面104に関連付けて説明する材料等、プロセス条件に適合するいずれかの材料を含むことができる。

【0017】

第2の表面104は、プロセス条件に適合するいずれかの材料を含むことができ、熱伝導性または非熱伝導性のいずれかとすることができる。一実施形態では、第2の表面104は、プラスチックを含む。例えば、第2の表面104は、ポリカーボネート、アクリル、またはポリエチレンを含むことができる。

10

【0018】

メッシュ・プラグ110は、通路114の少なくとも一部に配置され、第1の表面106および第2の表面104の双方と接触している。例えば、メッシュ・プラグ110は、通路114の断面領域の全体を占める。メッシュ・プラグ110は、通路114内で境界層に沿って冷却液112の層流を中断させ、これによって冷却液112の乱流混合を生じさせ、熱源102から冷却液112への熱伝達率を増大させる。このため、メッシュ・プラグ110は、概して、少なくとも熱源102に近接した領域に、概ね、少なくとも第1の表面106と接触している熱源102の部分の長さだけ配置される。例えば、メッシュの長さおよび幅は、熱源102の側方の寸法よりもわずかに大きくすることができる(約1または2ミリメートル)。

20

【0019】

本明細書において用いる場合、「メッシュ」という言葉は、メッシュ・プラグ110を含む材料の構造的な構成を指し、織布および不織布、または網、多孔性もしくはスポンジ状の固体、マトリクス状の長繊維、より糸、繊維、もしくは粒子、または、機械的にコンプライアンスのある構造を提供し、冷却液112がメッシュ・プラグ110を通して流れるための十分な多孔性を有する他のいずれかの材料形態を含む。メッシュ・プラグ110は、冷却液112の流れを中断させ、流体乱流を起こすために用いる。メッシュ・プラグ110の開口の大きさおよび濡れる表面積は、用いる材料によって異なる。例えば、開口の大きさが小さくなると(すなわち通路114における妨害が大きくなる)、一般に、冷却液112の流れの乱流が増大するが、冷却液112を動かすのに必要な圧力も大きくなる。流れの体積を大きくすると、所与の体積の冷却液112を動かすのに必要な圧力は小さくなるが、装置が大型化するという犠牲がある。このため、通路114の大きさおよびメッシュ110の密度は、特定の用途に応じて異なり、冷却液112および熱源102から単位時間当たりに除去すべき熱の量等の要因に左右される。メッシュ・プラグ110の典型的な体積分率は、デバイスのアクティブ領域において(すなわち、メッシュ・プラグ110を用いる領域において)、約15パーセントから約45パーセントの範囲である。しかしながら、用途に応じて、すなわち、冷却液112の材料および熱伝達の要求に応じて、他の体積分率を利用可能であることが考えられる。

30

40

【0020】

メッシュ・プラグ110は、冷却液112と適合する金属または有機材料から成るものとすることができる。例えば、メッシュ・プラグ110は、冷却液112に対して不活性であるか、または、熱交換器100の構成要素の構造的または熱的な特性を著しく劣化させないように、冷却液112に対して反応性とするすることができる。そうでなければ、熱源102に悪影響を与えるからである。あるいは、メッシュ・プラグ110は、冷却液112と適合しない材料を含むことができるが、この場合、メッシュ・プラグ110は、更に、冷却液112に適合するコーティングを含むことができる。これについては、更に以下で説明する。

【0021】

50

メッシュ・プラグ110は、冷却液112の熱伝導率より大きいか、等しいか、または小さい熱伝導率を有することができる。一実施形態では、メッシュ・プラグ110は、銅、クロム、鉄、ニッケル、ステンレス鋼、タンタル、チタン、およびタングステン・ワイヤの少なくとも1つを含む。あるいは、またはこれと組み合わせて、メッシュ・プラグ110は、炭素繊維または繊維ガラスを含むことができる。典型的なワイヤまたはファイバの直径は、約50から約100ミクロンとすることができる。一実施形態では、メッシュ・プラグ110は、金属ワイヤ・メッシュ・プラグを含む。一実施形態では、メッシュ・プラグ110は、銅またはタングステン・ワイヤ・メッシュ・プラグを含む。別の実施形態では、メッシュ・プラグ110は、ガラス綿またはガラス・メッシュ・プラグを含むことができる。他の適切な材料には、銅綿、多孔性グラファイト、機械加工されたグラファイト、電鍍ニッケル等が含まれる。

10

【0022】

メッシュ・プラグ110が熱伝導性である実施形態では、メッシュ・プラグと第1の表面106と第2の表面104との間の密接によって、メッシュ・プラグ110を通る連続的な熱伝導性経路を介した熱伝達が更に増大する。任意的に、メッシュ・プラグ110の要素を、例えばはんだ付けによって接合して、メッシュ・プラグ110の熱伝導性を更に高めることができる。また、メッシュ・プラグ110は、任意的に、第1の表面106または第2の表面104あるいはその双方にはんだ付けすることも可能である。

【0023】

メッシュ・プラグ110は、更に、任意のコーティング(図示せず)を含むことができる。任意のコーティングは、冷却液112との不適合からメッシュ・プラグ110を保護する。例えば、一実施形態において、金属製のメッシュ・プラグ110は銅を含み、水を含む冷却液112からこの銅を保護するクロムまたはニッケルのコーティングを用いることができる。コーティングは、冷却液112と適合するメッシュ・プラグ110を覆うように形成可能であることが考えられる。更に、メッシュ・プラグ110を覆うように、多数のコーティングを配置可能であることも考えられる。

20

【0024】

コーティングは、蒸着、スパッタリング、めっき、化学気相付着法等の従来手段によって適用することができる。コーティングまたは複数のコーティングの厚さは、冷却液112が存在する場合の堅固さを得るように選択され、一般に、コーティングを含む材料、適用方法、およびコーティングの意図する目的を達成するために必要な適用範囲によって決まる。

30

【0025】

冷却液112と、熱源102、第1の表面106、または第2の表面104あるいはそれら全てを含む材料との間の適合性を向上させることが望まれる場合、任意的に、熱源102、第1の表面106、または第2の表面あるいはそれら全てに、同様のコーティングまたは複数のコーティング(図示せず)を配置することができる。また、コーティングは、以降の層の接着性を高めるため、酸化防止層として機能するため、または、熱源102、第1の表面106、または第2の表面104あるいはそれら全ての表面に対する冷却液112の濡れ性を増大させるために選択することができる。例えば、冷却液112と適合する第1のコーティング、および冷却液112の濡れ性を高める第2のコーティング等、多数のコーティングを設けることが考えられる。例えば、一実施形態において、第2の表面104を覆うようにクロムのコーティングを配置する。クロムの上には、任意的に、金または白金のいずれかである第2のコーティングを配置して、例えば酸化防止層として機能させることができる。一実施形態では、クロムのコーティングを約2500オングストロームの厚さに形成することができる。一実施形態では、金または白金のコーティングを約300オングストロームの厚さに形成することができる。

40

【0026】

冷却液112は、矢印116によって示すように、通路114を流れて流れる。冷却液112は、メッシュ・プラグ110の要素間を乱流が生じるように縫うように進み、更に

50

、第1の表面106および第2の表面104と接触している。第1の表面に形成された開口内に熱源102が配置されている実施形態では、冷却液112は熱源102と直接接触している（例えば図2を参照のこと）。冷却液112は、比較的、熱伝導性の液体または液体混合物とし、メッシュ・プラグ110を通して容易に乱流が生じるように流れることができる。例えば、冷却液112は、水、水を主成分とする液体、または水の凝固点よりも低い凝固点を有する液体を含むことができる。他の適切な液体には、アルコール、グリコール、エチレングリコール、プロピレングリコール、塩化ナトリウム、油、炭化水素、炭化水素混合物、メチルビス（フェニルメチル）-ベンゼン、シリコーン（例えばDYNALENE（登録商標）製品群の熱伝達流体等）、液体金属等が含まれるが、これらに限定されない。液体金属は、ビスマス、ガリウム、インジウム、水銀、すず等の少なくとも1つを

10

【0027】

図3は、熱交換器300の1つの例示的な実施形態を示す。熱交換器300は、ニッケルまたはクロムによって被覆した銅の第1の表面306と対向するプラスチックの第2の表面304との間に画定した流体通路314を含む。通路314には、ニッケルによって被覆した銅メッシュ・プラグ310が配置されている。第1および第2の表面306、304は、それらの間に配置された壁によって、または第1もしくは第2の表面306、304の1つ以上に形成することができる周辺拡張部によって、離間した関係に維持されて

20

【0028】

熱交換器300に、少なくとも1つの注入口322および少なくとも1つの放出口324が結合されて、通路314からの冷却液312の導入および排出を可能とする。注入口322および放出口324は、第1の表面306、第2の表面304、およびこれら2つを分離する壁（例えば図3における周辺拡張部320）の少なくとも1つに形成するか、またはそれに結合することができる。図3に示す実施形態では、注入口322および放出口324は、第2の表面304に配置されている。

【0029】

多数の注入口322および放出口324を用いて、通路314を通る冷却液312の流れを制御する場合、注入口322および放出口324を、マニホールドまたはヘッダ内に配置することができる。例えば、図3に示す実施形態では、第1の表面306、第2の表面304、周辺拡張部320、およびメッシュ・プラグ310の一方の側面によって画定される空間に、注入口マニホールド330が形成されている。注入口マニホールド330は、多数の注入口322を有する（横断面図には1つのみを図示する）。同様に、第1の表面306、第2の表面304、周辺拡張部320、およびメッシュ・プラグ310の別の側面によって画定される空間に、放出口マニホールド340が形成されている。放出口マニホールド340は、多数の放出口324を有する（横断面図には1つのみを図示する）。注入口および放出口マニホールド330、340を用いて、圧力の分布および通路314を通る冷

30

40

【0030】

冷却液312は、冷却液源（図示せず）から供給し、ポンプ（図示せず）を介して通路314の注入口322へと送ることができる。冷却液312は、放出口324から、排液管または他の収集装置に送出することができる。あるいは、ポンプによって、放出口324から注入口322に、そして通路314に戻すように、冷却液312を再循環させることも可能である。冷却液312は、任意的に、熱交換器300の動作の前または間あるいはその双方で、冷却することができる。

【0031】

熱交換器300の構成要素は、接着、接合、のり付け、圧入、ボルト締め、クランプ締

50

め等のいずれかの従来の手段によって固着することができる。継ぎ目の間にガスケット 316 を配置して、通路 314 からの冷却液 312 の漏れに対して更に防護することができる。ガスケット 316 は、第 1 の表面 306 の一部、第 2 の表面 304 の一部として形成することができ、または独立した部分とすることができる。図 3 に示す実施形態では、第 1 および第 2 の表面 306、304 を、複数のボルト（図示せず）によってボルト締めして、拡張部 320 と第 1 の表面 306 との間にガスケット 316 を配置して、それらの間の接合箇所を封止する。一実施形態では、ガスケット 316 は、ナイロン、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ゴム、シリコン、フルオロエラストマ（例えば VITON（登録商標））等の軟質の材料を含む。

【0032】

熱インタフェース 308 を用いて、熱交換器 300 の第 1 の表面 306 に、例えば IC チップのような半導体熱源 302 を熱的に結合する。一実施形態において、熱インタフェース 308 は、液体金属ガリウム・インジウム・すず共晶混合物を含む。動作において、冷却液 312 は通路 314 を通って流れる。メッシュ・プラグ 310 によって、冷却液 312 は、それを通して流れる間に、乱流が生じるように混合する。冷却液 312 の乱流混合は、熱源 302 と冷却液との間の熱伝達を増大させる。

【0033】

図 4 は、245W で動作している縦 1.0cm 横 1.0cm の IC チップについて、水を用いた 1 リットル / 分の冷却液流量（線 406）で、C/W の熱抵抗（水冷却液の注入口温度に対するチップの上部での熱源の温度から測定し、軸 402 上に示す）に対する任意の単位（軸 404）におけるメッシュ・プラグ 110 の密度のグラフ 400 を示す。グラフ 400 からわかるように、熱抵抗は、メッシュ・プラグ 110 の密度が上がるにつれて劇的に低下する。具体的には、データ点 410 は、メッシュ密度がゼロ（通路にメッシュが存在しないことを示す）の時に、熱抵抗が約 0.32 C/W であることを示す。データ点 420 は、任意の単位メッシュ密度が 1 の時に、熱抵抗が約 0.2 C/W に低下したことを示す。データ点 430 は、メッシュ密度が 3（データ点 420 のメッシュに比べて 3 倍の密度のメッシュを示す）の時に、熱抵抗が更に約 0.16 C/W に低下したことを示す。従って、開示した本発明の熱交換器では、0.16 cm² C/W の熱交換性能が実証された。かかる熱交換性能は、200W 以上を発生させる IC チップを冷却するために適している。

【0034】

図 1 から図 3 の熱交換器は、矩形のものとして図示するが、本明細書に開示した教示に従う他の形状も利用可能であることが考えられる。例えば、楕円の導管が流体通路を画定し、導管の対向する側面が第 1 の表面および第 2 の表面を画定することができる。更に、上述の実施形態のいずれかにおいて開示した教示は、不適合でない程度に組み合わせることが可能であることも考えられる。

【0035】

従って、IC チップ等の熱源からの熱伝達の改善を容易にし、これによって、従来の方法によって冷却される IC チップよりも信頼性高かつ効率的に IC デバイスを動作させることができる熱交換器が開示される。更に、本発明の熱交換器は、コストが低く、容易に製造することができる。

【0036】

前述の説明は、本発明の好適な実施形態を対象とするが、その基本的な範囲から逸脱することなく、本発明の他の更に別の実施形態を考案することができ、その範囲は特許請求の範囲によって決定する。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】本発明による熱交換器の一実施形態の横断面図を示す。

【図 2】本発明による熱交換器の別の実施形態の横断面図を示す。

【図 3】本発明による熱交換器の別の実施形態の横断面図を示す。

10

20

30

40

50

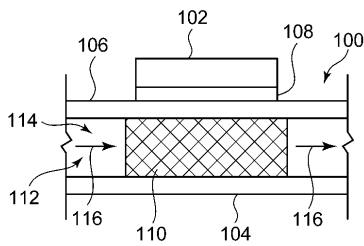
【図4】本発明による熱交換器の熱抵抗対メッシュ密度のグラフを示す。

【符号の説明】

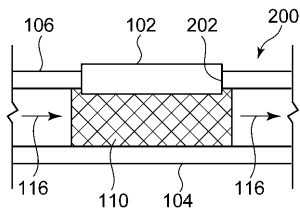
【0038】

- 100、200、300 熱交換器
- 102、302 半導体熱源
- 104、304 第2の表面
- 106、306 第1の表面
- 108、308 熱インターフェース
- 110、310 メッシュ・プラグ
- 112、312 冷却液
- 114、314 流体通路
- 202 開口
- 316 ガスケット
- 320 拡張部
- 322 注入口
- 324 放出口
- 330 注入口マニホルド
- 340 放出口マニホルド

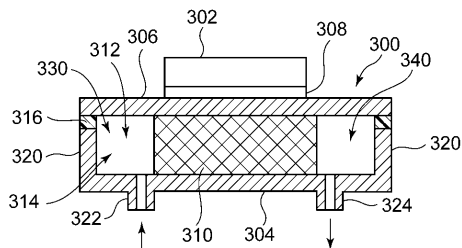
【図1】



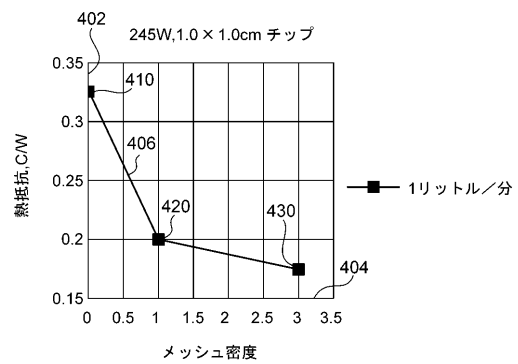
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100086243

弁理士 坂口 博

(72)発明者 イヴ・マーティン

アメリカ合衆国10562 ニューヨーク州オッシニング プロスペクト・アヴェニュー28

(72)発明者 セオドア・ジー・ファン・ケッセル

アメリカ合衆国10598 ニューヨーク州ミルブルック ホースシュー・ロード12

審査官 石野 忠志

(56)参考文献 特開平06-120380(JP,A)

特開平02-162795(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/473

H05K 7/20