

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4460856号
(P4460856)

(45) 発行日 平成22年5月12日(2010.5.12)

(24) 登録日 平成22年2月19日(2010.2.19)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 23/473 (2006.01)

H O 1 L 23/46

請求項の数 14 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-173533 (P2003-173533)	(73) 特許権者	597075328
(22) 出願日	平成15年6月18日(2003.6.18)		アトーテヒ ドイッチュラント ゲゼルシ
(65) 公開番号	特開2004-128457 (P2004-128457A)		ャフト ミット ベシュレンクテル ハフ
(43) 公開日	平成16年4月22日(2004.4.22)		ツング
審査請求日	平成15年8月12日(2003.8.12)		ドイツ連邦共和国 デー・10553 ベ
審査番号	不服2007-22830 (P2007-22830/J1)		ルリン エラスムスシュトラーセ 20
審査請求日	平成19年8月20日(2007.8.20)	(74) 代理人	100091867
(31) 優先権主張番号	10246990.3		弁理士 藤田 アキラ
(32) 優先日	平成14年10月2日(2002.10.2)	(72) 発明者	ハインリヒ マイヤー
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		ドイツ連邦共和国 デー・14109 ベ
			ルリン ビスマルクシュトラーセ 8 ベ
		(72) 発明者	コンラート クレーマー
			ドイツ連邦共和国 デー・14167 ベ
			ルリン イェニッケシュトラーセ 37
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ミクロ構造冷却器とその使用法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却すべき物品(4)用のミクロ構造の冷却器(3)であって、前記冷却器(3)が、少なくとも2つの金属膜(1)と、熱接触表面(6)を介して前記物品(4)と熱接触することができる1つのベース・プレート(5)とのスタックを備えて構成され、前記金属膜(1)と前記ベース・プレート(5)が、互いに接合され、複数の冷却媒体用チャネル(2)を備えるために、前記金属膜(1)において金属膜(1)の片側で開放する複数の凹部が存在し、或る金属膜の凹部を備えた側が他の金属膜の凹部を備えない側に重なり、また最も下の金属膜の下側がベースプレートの(1)熱接触表面と反対側のいずれかが金属膜かベースプレートの片側で開放する複数の凹部を備えており、前記チャネル(2)が互いに平行に延在しており、前記金属膜(1)における前記チャネル(2)がその入口側で前記冷却器(3)における冷却媒体用入口空間(10, 20)に接続され、その出口側で前記冷却器(3)における冷却媒体用出口空間(11, 21)に接続され、前記チャネル(2)が、100~2000 μ mの範囲の幅bと、25~1000 μ mの範囲の深さtと、50~1000 μ mの範囲の隣接するチャネル間の間隔sとを有し、前記金属膜(1)の前記チャネル(2)から得られる残りの膜の厚さrが、50~300 μ mの範囲にあり、前記ベース・プレート(5)が、200~2000 μ mの範囲の厚さgを有する、ミクロ構造の冷却器(3)。

【請求項 2】

チャネルの幅bのチャネル間の間隔sに対する比が、1.5:1~2.5:1の範囲に

あることを特徴とする請求項 1 に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 3】

チャンネルの幅 b の残りの膜の厚さ r に対する比が、 $2 : 1 \sim 5 : 1$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 4】

チャンネルの幅 b が、 $200 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 5】

チャンネルの深さ t が、 $50 \sim 400 \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

10

【請求項 6】

チャンネル間の間隔 s が、 $150 \sim 300 \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 7】

残りの膜の厚さ r が、 $80 \sim 120 \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 8】

ベース・プレートの厚さ g が、 $500 \sim 1500 \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 9】

20

前記チャンネル (2) の、前記物品 (4) に向けた面範囲全体によって構成される熱交換表面が、前記熱接触表面 (6) より大きいことを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 10】

前記冷却媒体用入口空間 (10) に接続された少なくとも 1 つの第 1 コネクタを備え、前記冷却媒体用出口空間 (11) に接続された少なくとも 1 つの第 2 コネクタを備えることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 11】

前記金属膜 (1) が、冷却器の内部全体にわたって延在し前記冷却媒体用入口空間 (20) を形成する少なくとも 1 つの分配室によって中断され、すべてのチャンネル (2) が、それらの一端において前記少なくとも 1 つの分配室に接続され、さらに、すべてのチャンネル (2) がそれらの他端において接続された前記冷却媒体用出口空間 (21) を形成する少なくとも 1 つの収集室が備えられることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

30

【請求項 12】

チャンネル (2) の 2 つのグループを備え、前記少なくとも 1 つの分配室が、前記 2 つのグループの間のギャップとして実現されることを特徴とする請求項 11 に記載のミクロ構造の冷却器。

【請求項 13】

前記ギャップの幅が、 $50 \sim 2000 \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 12 に記載のミクロ構造の冷却器。

40

【請求項 14】

前記物品が電子要素であることを特徴とする請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載のミクロ構造の冷却器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、ミクロ構造 (ミクロ構造冷却器) を特徴とし、かつ熱伝導接触によって物品を冷却するために使用される冷却器に関する。本発明は、特に、具体的には中央処理ユニット (CPU) などのプロセッサおよびパワー・エレクトロニクス要素である、電子要素を冷却するために使用されるミクロ構造冷却器の使用法に関する。製造プロセスに関して

50

、本発明によるマイクロ構造冷却器は、設計、構造、および接合の方法の点で、大量生産に適しており、したがって、マイクロ構造冷却器は、経済的に大量製造することができる。

【0002】

マイクロプロセッサのクロック周波数の増大など、電子構成要素の能力が絶えず増強されていることにより、これらの構成要素における熱も増大する。構成要素の小型化により、さらにこの状況は悪化する。プロセッサが出す熱の量を低減するように対策がとられているが、熱の問題は、深刻化している。さらに、サーバなど、システム全体の内部における個々の構成要素の実装密度が増大しているために、ますますより多くの熱をますます狭くなっている空間から除去しなければならない。しかし、電子構成要素の性能と寿命は、動作温度の最大値とその揺らぎの範囲とに依存する。このため、効率的な局所熱除去を保証するために、非常に高性能でコンパクトな冷却システムを使用する必要がある。

10

【0003】

現在、最新のプロセッサは、たとえば 1 cm^2 の面積に熱の形態で 70 ワットを放出する。これは、台所周りの加熱要素が発生する ($\sim 10 \text{ ワット} / \text{cm}^2$) 熱より著しく多い。この熱を除去するために、使用される最も重要な冷却システムは、冷却本体、冷却本体と組み合わされたファン、熱パイプ、ペルティエ・ユニット、および液体冷却である。将来除去される熱量は、さらにいっそう増大することが予想される。

【0004】

現在、最も頻繁に使用される電子要素用冷却技術は、周囲空気による冷却である。これは、多くの用途にとって、簡単で費用効果の高いことが証明されている。この原理は、より高い熱除去能力には非常に不経済であるが、その理由は、対応して高い出力を有する空気調節システムが必要なためであり、このために、資本支出と動作コストが高騰するだけでなく、エネルギーと環境政策の点でも問題があるからである。

20

【0005】

大量の熱を発生する新世代のプロセッサでは、空気冷却も、能力の点で限界を課している。熱除去は、ファンのパワーを増強することによって依然として一般に保証することができるが、これにより、運転雑音が増大する。今日、55 dB は、商業用および家庭用の用途では、もはや許容可能ではない。

【0006】

プロセッサおよび他の熱発生構成要素をサーバなどの最小可能空間に高密度で実装することにより、ハウジングにおける熱交換がより困難になり、熱の集中の問題は悪化し、電子構成要素がオーバーヒートして故障する危険性が増大することになる。しかし、信頼性と低保全要件とは、サーバおよびワークステーションにとって主要な性能考慮事項である。さらに、ギガヘルツの領域で動作する CPU と電子的に動作されるファンとは、相互的な電磁作用を有することがあり、これは、CPU に関する機能的な問題をもたらす。

30

【0007】

空気の冷却効率を向上させるために、大量の熱を発生する要素は、一般に冷却本体を備えなければならない。冷却本体は、一般に、銅またはアルミニウムで作製された大きな金属コアまたは金属プレートを備え、その上面は、たとえば表面積の拡大としたがってより良好な熱分布のための複数部材構造を特徴とする。ファンを冷却本体の上に取り付けることができる。そのような冷却システムのレイアウトは、必要な空間と重量のために、幾何学的形状についていくらかのみ適合可能であり、さらに、通常 40 dB と 60 dB (c' t、18、122 頁、2002) の間の大きな運転雑音を伴う。同文献は、試験した空気冷却器における最大 CPU 温度と最大内部 PC 温度との間で測定された 30 と 40 の間の比較的小さい T について記載している。これらの理由で、技術的欠点と経済的欠点の両方を必然的に伴う空気冷却器を使用するとき、頻繁に妥協する必要がある。

40

【0008】

熱パイプは、1960 年代から市販されてきたが、この数年、エレクトロニクス産業用の高性能冷却システムとしてますます使用されるようになってきている。熱パイプは、受動閉鎖冷却システムによって形成され、このシステムにより、冷却媒体における 2 段階機構によ

50

って、非常に良好な熱伝達が達成される。冷却される電子要素から熱吸収することにより、閉鎖システムの冷却媒体は蒸発し、次いで、冷却媒体は、熱パイプの凝縮部分にあるいわゆる断熱中間空間を通過して移動する。そこで、熱は、追加の熱シンクによって除去される。凝縮液が形成されて、次いで中間多孔性エッジ層を経て蒸発領域に戻る。この２段階機構を設定することは、特有の冷却媒体を有する非常に制限された温度範囲においてのみ可能であり、熱パイプを使用する選択肢を極度に制限する。さらに、水冷却などと比較したこれらのシステムの冷却能力は低い。

【 0 0 0 9 】

ペルティエ (Peltier) 冷却ユニットは、電子機器、空気調節技術、および医療用および実験室用エンジニアリングなどにおいて熱ポンプとして使用される。ペルティエ冷却ユニットは、非常にコンパクトであるが、非常に高価であり、大量の熱を局所的かつ費用効果が高いように除去すべきであるときには、一般に適していない。ペルティエ冷却ユニットは、逆冷却用熱シンクと、電源用電力ユニットとをさらに必要とする。エネルギー消費は、必要とされる追加のエネルギー量によって増大する。このため、これらのユニットの電力要件は、冷却能力の割に高く、したがって、大規模な用途で使用するのは不経済である。

【 0 0 1 0 】

金属材料またはセラミック材料で作製された水冷却システムは、上述した冷却システムと直接比較して、最高の冷却能力を有する。これは、主に、水の熱能力が高く、その粘性が低いためである。このため、最近、銅、アルミニウム、およびセラミックで作製された、マイクロプロセッサ冷却用の冷却器が市販されている。これらの製品のすべては、今日、非産業用少量生産の高い製造コストの影響を受けている。市販されている従来の冷却器の通常のパフォーマンスと価格は、せいぜい、CPUと冷却水入口の間における12.5から16の温度差 $T(T_{CPU} - T_{cooling\ water\ inlet})$ についてであり、この場合、3 L / 分の冷却媒体流量と、たとえばAMD 2000+と、1 ~ 20 L / 分の流量と、25から最高で250 mbarの圧力損失と、約200 ~ 400 gの重量と、30と100 cm³の間の構成要素体積と、50 ~ 100ユーロの現在価格とが完全に課されている。この冷却器は、130 ~ 140 mbarの圧力損失において1 ~ 3 L / 分の通常のポンプ能力を有する水槽ポンプの使用を対象として設計されている。

【 0 0 1 1 】

イノヴェイティック・カンパニー (Innovatik Company) は、現在、水冷却器を販売しており、イノヴァクール (innovaCOOL) rev 3.0モデルは、現在、約80ユーロの価格で市販されているあらゆる冷却器の中で最高の性能を有すると評価されている (たとえば、Chip、2002年10月、48頁)。

【 0 0 1 2 】

例として (付録参照) イノヴァクール (innovacool) rev 3.0の性能データとデザインBの最適マイクロ構造冷却器とについて、以下の表にまとめる。

【 0 0 1 3 】

【表1】

	イノヴァクール rev 3.0	本発明の冷却器 (設計Bの例)
重量	312 g	80 g
体積	80 cm ³	8 cm ³
ΔT	12.5 K	9.4 K
流量	2.8 L / 分	1.5 L / 分
冷却媒体	水 / グリコール 95 % / 5 %	

【 0 0 1 4 】

比較試験は、AMD 2000 + CPUの冷却と同一の条件下で実施された。

【0015】

出力半導体用冷却器では、マイクロ熱交換器およびマイクロリアクタの場合のように、 1 mm^2 より小さいチャネル断面積を使用することが当初試行された。

【0016】

J. Schulz-Harder による BPCIM Europe、2002年3月、27～42頁の「Innovative Chip-Level Cooling」は、出力半導体回路用水冷却システムについて記載している。冷却器は、銅層から作製され、共融によるはんだ付けプロセスを使用して、セラミック層を有する半導体担体に接合される。冷却器を製造するために、銅層の冷却チャネルは、印刷回路板を製造する場合のように、エッチングによって作製される。液体が通過する冷却本体が形成され、冷却本体は、その内部構造に、六角形のベース構造を有する8から10の銅層（各層の厚さは 0.3 mm ）と、 1.5 mm の直径を有するカラムとを有する。 400 W / cm^2 の熱量を除去することができることが想定されている。1分あたり5 Lの水の流量では、 640 mbar の圧力損失となる。これは、高価な高性能構成要素であることが、この記載から明らかである。

【0017】

さらに、WO 98 / 41076 A2は、冷却電子要素用装置について記載しており、この装置の能力は、熱シンクによって、既知の冷却器と比較して著しく向上させることができ、熱伝達係数と、したがって全体の熱伝導とは、著しく向上することになる。この文献では、冷却流体がマイクロ構造熱シンクを通過するときに生成する最大圧力損失が、分配構造の領域と接続チャネルとにおいて生じることが想定されている。この問題を解決するために、冷却器が示唆されており、この冷却器は、複数の個々の層を有し、多数のマイクロチャネルと1つの分配チャネルとを有する少なくとも1つのプレートを備え、さらに接続チャネルを有する中間プレートと収集チャネルを有する収集プレートとを有する。これにより、これらのプレートが、カバー・プレートおよびベース・プレートと共に提供されるとき、閉鎖冷却チャネルとなる。冷却チャネルの冷却媒体は、入口開口を通過してマイクロ構造熱シンクの中へ導入され、出口開口を通過してシンクから除去される。冷却媒体用中間プレートは、傾斜移行構造および／またはベベル移行構造を形成し、入口開口および／または出口開口の断面表面領域は、その構造を通り、領域のそれぞれは、すべての個々の層を通過して表面に対して垂直に切断され、マイクロチャネルの断面に連続的に移行する。流れ断面積が $0.3\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ である冷却チャネルを有する冷却器が、例として挙げられている。この冷却器では、たとえば、 500 mL / 分の流れにおいて、 8.5 W / $\text{cm}^2 \cdot \text{K}$ の熱伝達係数と、 0.5 bar の圧力損失とが達成される。これらの性能データによれば、この比較的高価な冷却器では、平均的なCPUに必要な冷却能力のわずかに約10%しか達成されない。

【0018】

研究開発プロジェクトと、さらには初期の産業プロセスにおいてすでに使用されているマイクロリアクタおよびマイクロ熱交換器とは対照的に、電子冷却器のレイアウトの問題は、依然として完全には解決されていないが、その理由は、マイクロリアクタまたはマイクロ熱交換器における「熱管理」は、表面領域から熱を除去しなければならない冷却器とは本質的に異なるからである。

【0019】

リアクタでは、流れ媒体、すなわちリアクタの内側に生じる熱は、等温プロセスの理想に可能な限り近くなるように、可能な限り迅速に除去または交換されなければならない。このため、チャネルの断面積と壁の厚さをチャネル間で可能な限り小さく維持するために、反応のプロセス・エンジニアリング制限の範囲内で、試行が行われている。当然、リアクタは、たとえば流れ抵抗、流量などについてなど、レイアウトについても最適化されなければならないが、基本的な熱管理原理は、比較的簡単である。

【0020】

たとえば、マイクロ構造構成要素は、微細な構造であるマイクロ構造（たとえば米国特許第 4

10

20

30

40

50

５１６６３２号を参照のこと）を有する個々の薄い金属シート（膜）から製造することができることが報告されている。対照的に、電子構成要素用冷却器では、熱を強力な局所外部熱源から除去しなければならない。

【００２１】

より精密に調査すると、この目的、すなわち局所的な高温表面から熱を除去することは、非常に複雑な問題であることが判明する。難点は、実際の熱源が冷却器の外部に配置されていること、すなわち、流体が流れる冷却本体の３次元構造内にある熱抵抗によりいっそう注意しなければならないことである。

【００２２】

この問題に対する解決法は、冷却器の冷却水に対する用件を最小にし、かつ圧力損失を最小にして、熱を除去しなければならないという点で、電子機器におけるさらなる特定の要件によって、さらに複雑化する（たとえば、ＣＰＵ要素を冷却するとき）。

10

【００２３】

すなわち、よりいっそう微細な構造、すなわちより小さいチャネル断面積を使用することによって冷却能力を向上させることは、流れ抵抗が過度に大きくなるので、限定された方式でのみ可能であることが判明している。

【００２４】

この影響は、流れ抵抗を過度に大きくさせずに、大量の熱を小さい表面積を介して除去するとき、常に問題になる。この場合、冷却能力は、先行技術では通例であるように、冷却媒体の流れ速度はより大きな圧力差によって増大するという点で、簡単に向上させることができない。

20

【００２５】

ＰＣ、サーバ、およびワークステーションの用途では、たとえば最高で約２５０ｍｂａｒの圧力を生成する低圧力ポンプが通常使用される。たとえば約５ｂａｒ以上に上昇させた初期圧力の下で機能する従来のマイクロリアクタ用強力冷却媒体ポンプ・システムは、コストのためにこの場合では許容可能ではない。

【００２６】

他の要件は、冷却器が、電子要素の形状に適合された形状を有することである。すなわち、冷却器の表面積と要素上の取付け面積とは、同じサイズであるべきである。

【００２７】

30

最後に、大量生産のために、流体冷却器と冷却システムの製造コストは、空気冷却より著しく高くないことが保証されなければならない。

【００２８】

要約すると、先行技術は、これらの要件を満たさないか、または部分的にのみ満たすことができる。これは、具体的には、ミクロ構造構成要素の費用効果の高い大量生産とこれらの構成要素における大きな流抵抗の低減とに対する要件に関する。この他には、ミクロ構造冷却器の設計またはレイアウトには、規則はない。

【００２９】

したがって、本発明の目的は：

１．まず、本質的な規則と特徴、すなわち、一平面局所熱源用ミクロ構造冷却本体の最適なレイアウトと設計に対し、特有の幾何学的形状データを提供する。

40

２．電子コンピュータのマイクロプロセッサ（ＣＰＵ）と他の高温構成要素を冷却することに関連する特有のさらなる問題を解決する。特に、これまで未解決の流れ抵抗と圧力損失の問題を解決する。さらに、冷却器のレイアウトは、大規模にスケラブルであるべきである。すなわち、簡単な方式で要件に対し即座に適合可能であるべきである。したがって、電力消費は、７０ワット／ｃｍ^２から５００ワット／ｃｍ^２に増大し、冷却器は、レイアウト、サイズ、体積、組立てなどの点で、システム全体に最適に適合可能であるべきである。

【００３０】

以上の目的は、請求項１に記載のミクロ構造冷却器によって達成される。本発明の好適

50

な実施形態は、従属請求項において提供される。

【0031】

特に電子構成要素における冷却器には、少なくとも2つの金属膜（金属シート）と、冷却される製品と熱接触表面を介して熱接触させることができる1つのベース・プレートとのスタックが含まれる。金属膜とベース・プレートは、好適にははんだ付けである適切な接合技術によって互いに接合される。金属膜にはチャンネルが存在し、冷却媒体がチャンネルを流れて、熱を除去する。

【0032】

金属膜のチャンネルは、100から2,000 μm の範囲の幅を有し、200から500 μm の範囲であることが好適である。実験では、すべての他のパラメータが維持されたとき、伝導性は、800 μm 以上のチャンネル幅から急速に降下し始め、もはや高性能用途にとって利点ではない。チャンネルの深さは、25から1,000 μm の範囲にあり、50から400 μm の範囲にあることが好適である。2つの幾何学的変数の少なくとも1つであるチャンネル幅またはチャンネル深さは、好適にはマイクロメータの範囲にあるべきであり、水力直径 $4 - A/U$ は、好適には200～500 μm であるべきである。A = 断面積、U = 周長である（Technische Stroemungslehre, Kamprath series, Vogel Publishing, W. Bohl, 第11版、131頁；Incropera, Frank P.およびDewitt, David P., Fundamental s of Heat and Mass Transfer, 第4版, John Wiley & Sons, NY, 1996年、449頁により定義される）。金属膜におけるチャンネル間の間隔は、50から1,000 μm の範囲にあり、150から300 μm の範囲にあることが好適である。さらに、チャンネルの断面が矩形またはほぼ矩形であり、その結果、バーが金属膜のチャンネル間に形成される場合、この間隔は、「バー幅」として特徴付けられる。さらに、チャンネルのフロアの上にある残りの膜の厚さは、50から300 μm の範囲にあり、80から120 μm の範囲にあることが好適である。冷却器のベース・プレートは、200から2,000 μm の範囲の厚さを有し、500から1,500 μm の範囲にあることが好適である。以上のパラメータのそれぞれについて、パラメータは、好適な範囲内にあるとき、具体的には非常に高い出力密度が必要とされるとき、これらの要件を特によく満たす。さらに、上述した範囲は、具体的にはCuがベース材料として使用されるときのパラメータに適用される。

【0033】

図1および2は、幾何学的パラメータの定義を提供する（チャンネル幅、チャンネル深さ、チャンネル間の間隔（バー幅）、残りの膜の厚さ、およびベース・プレートの厚さ）。

【0034】

チャンネル幅、チャンネル深さ、およびチャンネル間隔（バー幅）の下限範囲限度は、当該生産プロセスの要件によってほぼ決定される。非常に小さい値が、これらの幾何学的パラメータに対して設定されるとき、必要な許容度を保証することができないので、冷却器の大量生産は困難である。しかし、生産選択肢は、適用される技術に依拠し、したがって、下限範囲限度は、産物エンジニアリングが改善されれば、さらにより低い下限値を許容することができる。

【0035】

ミクロ構造方法を使用することにより、従来の技術よりはるかに微細なチャンネル構造を作製することが可能になる。本発明によれば、ミクロ構造エンジニアリングという用語は、マイクロメータについて高度に解明された構造が形成される製造方法を意味するが、その理由は、マイクロメータは、印刷回路板技術で作製することができるからである。そのような方法には、たとえば写真平板処理ステップなど、高分解能構造ピクチャの生産が含まれる。たとえば、チャンネルは、使用するマスクに応じて、ドライ・エッチング法を使用して、または湿式化学強腐食を使用して、作製することができる。機械によるマイクロ生産も可能であり（マイクロミリング、マイクロスタンピング、改質など）、それにより、印刷回路板の方法と同様の方法が好適である。

【0036】

チャンネル幅、チャンネル深さ、チャンネル間隔（バー幅）、残りの膜の厚さ、およびベース・

10

20

30

40

50

プレートの厚さが、所与の範囲内において選択されるという点で、ミクロ構造の本発明の設計を使用して、圧力損失を効果的に低減し、冷却される物品と所与の冷却能力（熱伝達能力）の冷却媒体との間において、最小可能性の温度差を達成することが可能である。最少可能性の温度差は、冷却能力が高いときでも、達成することができる。冷却器の圧力損失を最適化することにより、冷却媒体を供給するために、磨耗がより少なく、したがってより長い耐用期間を達成するポンプを使用することが可能になる。さらに、冷却媒体を循環させるために、低いポンプ能力のみが必要であり、したがって、冷却回路を動作するコストを最小限に抑えることができ、冷却システム全体（逆冷却器、流体線、ポンプ、ポンプ用電源を含む冷却器）のコストも最小限に抑えることができる。

【 0 0 3 7 】

10

これはまた、冷却器を安価に産業的に大量生産することができ、かつ冷却能力の広範な範囲を網羅することができることを意味する。

【 0 0 3 8 】

本発明の構成要素の寸法は、本質的に、現在の冷却システムに対する従来の産業用生産方法では獲得することができない。

【 0 0 3 9 】

以下の特性は、冷却器の製造に本発明のミクロ構造エンジニアリングを適用することにより獲得される。

1．全面的な完全金属結合を使用して熱伝達を最適化するための、環境に対してであるが、ミクロチャネル間においてでもある、構成要素の非常に高い、信頼性のある、絶対封止（最高で 10^{-9} m b a r ・ L / s の真空封止）

20

2．冷却器の優れた圧力抵抗と、金属膜とカバーおよびベース・プレートとの間の接合の強度

3．電気化学的に施された防食層を使用する、適用領域に適合された、腐食に対する非常に良好な耐性

4．高温抵抗

5．沈殿物がなく、幾何学的にうまく確定された均質チャネル

6．冷却器における冷却媒体の最小圧力損失

【 0 0 4 0 】

チャネル幅、チャネル深さ、チャネル間隔、残りの膜の厚さ、およびベース・プレートの厚さは、特に、冷却能力と、ミクロ構造冷却器の体積との関係に関して設計することができ、たとえば、A M D 2 0 0 0 + C P U に対して最適化することができる。

30

【 0 0 4 1 】

冷却器の性能を説明する様々な特性数を確定することができる。

【 0 0 4 2 】

重要なファクタは、以下の通りである。

C P U の電力 [ワット]

C P U の電力 / 表面積 : [ワット / cm^2]

ポンプ送達特性線 : 圧力関数としての流れ

システムの圧力損失特性線 : [m b a r]

40

【 0 0 4 3 】

冷却器について、以下の特性パラメータを表すことができる。

冷却器の体積（接続なし） : [cm^3]

冷却媒体の流量 : [L / 分]

C P U と冷却媒体入口との温度差 T : [K]

$T = T_{\text{C P U}} - T_{\text{c o o l i n g m e d i u m i n l e t}}$ [K]

温度差（所与の C P U に対する） / 電力 : [K / ワット]

コンパクト性（冷却能力 / 体積） : [ワット / cm^3]

単位体積および T あたりの冷却能力 : [ワット / ($\text{cm}^3 \cdot \text{K}$)]

単位体積、 T 、および流れあたりの冷却能力 : [ワット / ($\text{cm}^3 \cdot \text{K} / \text{L} / \text{分}$)]

50

【 0 0 4 4 】

様々なパラメータは、サイズ、性能、効率、およびシステムの要件など、重要な適用関連特性を説明する。

【 0 0 4 5 】

特性数を決定するために、通常のコンピュータ・システムに対して計算された特性データを使用する。このシステムでは、2つの異なる冷却器を、それ以外では同一の条件（P C、C P U、配管システム、ポンプ、ラジエータ、測定の問題など）下で測定する。

【 0 0 4 6 】

重要な影響ファクタは、以下の通りである。

C P Uの電力：約70ワット

10

C P Uの電力/表面積：60ワット/cm²

ポンプ送達の特徴線：E h e i mポンプ

システムにおける圧力損失の特徴線：10～100mbar

【 0 0 4 7 】

例：イノヴァクール（innovacool）rev3.0と本発明の冷却器の設計Aとの比較

イノヴァクールrev3.0

冷却器の体積（接続なし）：

W×L×H（5×5×3.5）87.5cm³

冷却媒体の流量：2.7L/分

C P Uと冷却媒体入口の温度差 T：13K

20

$T = T_{C P U} - T_{c o o l i n g \quad m e d i u m \quad i n l e t} [K]$

温度差（所与のC P Uに対する）/電力：0.186K/ワット

コンパクト性（冷却能力/体積）：0.8ワット/cm³

単位体積および Tあたりの冷却能力：0.062ワット/(cm³・K)

単位体積、T、および流れあたりの冷却能力：0.023ワット/(cm³・K・L/分)

内表面積/体積：約1.13cm²/cm³

【 0 0 4 8 】

設計Aによる本発明の冷却器：

冷却器は、ベース・プレート（厚さ：1mm）、8つの構造フィルム、およびはんだ付け

30

接続担体を有するカバー・プレート（厚さ：1mm）から構築される。

構造フィルムの幾何学的形状：

チャンネル長：16mm

チャンネル幅：500μm

バー幅：200μm

チャンネル深さ：230μm

残りのフロアの厚さ：70μm

チャンネルの数：31チャンネル/膜（構造幅：21.5mm）

膜の数：8

冷却器の体積（接続なし）

40

W×L×H（4.9×4.9×0.5cm³）：12cm³

冷却媒体の流量：1.25L/分

C P Uと冷却媒体入口の温度差 T：

$T = T_{C P U} - T_{c o o l i n g \quad m e d i u m \quad i n l e t} [K] \quad 11K$

温度差（所与のC P Uに対する）/電力：0.157K/ワット

コンパクト性（冷却能力/体積）：5.8ワット/cm³

単位体積および Tあたりの冷却能力：0.53ワット/(cm³・K)

単位体積、T、および流れあたりの冷却能力：0.42ワット/(cm³・K・L/分)

内表面積/体積：4.8cm²/cm³

50

【 0 0 4 9 】

【表 2】

	イノヴェイテック R e v. 3	本発明の冷却器 (設計A)	相違
温度差 (所与のC P U) / 電力 [K / W]	0. 1 8 6	0. 1 5 7	2 0 % 向上した効 率
コンパクト性 [W / c m ³]	0. 8	5. 8	7. 5 倍未満
単位体積、Δ T、 および流れあたりの 冷却能力	0. 0 2 3	0. 4 2	2 0 倍の向上

10

【 0 0 5 0 】

特性数は、本発明の冷却器が、すべての領域において有意な利点を提供することを明瞭に示す。

【 0 0 5 1 】

20

約 2 0 % の温度差の低減により、冷却システムのエネルギーが即座に節約され、したがって動作コストが節約される。この特性は、複数の C P U を有するメインフレーム・コンピュータの場合に特に適切であるが、その理由は、この場合、数ワットの熱を冷却しなければならないからである。

【 0 0 5 2 】

体積、 ΔT 、および流れに対する冷却能力は、市販されている最適の先行品より 2 0 倍優れており、これらの冷却器により、著しくより高い実装密度 (C P U の数 / 体積の単位) を獲得することができることが実証されている。また、配管コスト (配管および結合に必要な空間とそのコスト) が、著しく低減され、これにより取扱いがより良好となる (厚い管の代わりに薄い管) ことにも留意されたい。

30

【 0 0 5 3 】

これらの特徴的な数値は、サイズが、技術上の組立ての理由で、C P U 自体ではなく、チップ単体の面積に現在は適合されており、直接統合されたとき、さらに大きくなり、したがって既存の技術とはさらに異なることがあることに特に留意されたい。

【 0 0 5 4 】

チャネル幅、チャネル深さ、チャネル間隔、残りの膜の厚さ、およびベース・プレートの厚さも、圧力損失および / または記述した温度差に関して、流れの所与の動作条件下で、特定用途向けに設計することができ、たとえば A M D 2 0 0 0 + C P U に対して最適化することができる。

a) 最高で 7 0 ワット / c m² の C P U の面積電力

40

b) 熱接触表面上の温度と 1 0 K 未満の冷却器に流れ込む冷却媒体の温度との差

c) 0 . 0 1 から 3 L / 分の範囲で冷却器を通る冷却媒体の流量

d) 1 0 0 m b a r 未満の圧力損失

【 0 0 5 5 】

同一のシステム全体において、代用品として現在市販されている水冷却器は、1 ~ 3 L / 分の流量および 2 5 ~ 2 5 0 m b a r の圧力損失において、多くとも 1 2 . 5 と 1 6 K の範囲の ΔT (C P U と冷却媒体の間) を達成する。同じ条件下で、本発明の冷却器は、これまで最適の性能を有していた市販の流体冷却器と同じ熱量を除去するために、C P U と冷却媒体の間で少なくとも 3 0 % 未満の ΔT を必要とする。本発明の冷却器は、利用可能または好適なポンプの圧力損失を対象とし、また十分な能力を保証しながら、レイアウト

50

と設計を通して、そのポンプに対して調節することができる。

【0056】

したがって、本発明のミクロ構造冷却器は、能力は著しくより高く、 T はよりいっそう小さいことを実証している。この関係は、ミクロ構造冷却器の能力について、高度な適応性に対して活用される。内表面/冷却器体積の比について、市販の基準冷却器では、この比は $1.13\text{ cm}^2/\text{cm}^3$ であり、本発明の基本型では、 $4.8\text{ cm}^2/\text{cm}^3$ であり、これにより、本発明の基本型では、現在 1 mm であるカバー・プレートの厚さと、約 17 mm である側壁の厚さは、当面の生産エンジニアリングの理由により、現在まだ最適化することができない。以下の値は、産業用生産条件下で予期することができるものである

10

内表面/冷却器体積：約 $12 \sim 15\text{ cm}^2/\text{cm}^3$

側壁の厚さ： 2 mm 未満

【0057】

動作条件の上述した値は、特に水/アルコール混合物、具体的には水/エチレン・グリコール混合物、非常に具体的には 95 体積%水と 5 体積%エチレン・グリコールの混合物を冷却媒体として使用するとき、さらにいっそう最適化することができる。

【0058】

以下は、チャンネル幅、チャンネル深さ、チャンネル間隔、残りの膜の厚さ、およびベース・プレートの厚さの最適なレイアウトに対して観測されるべきである。

【0059】

20

従来の冷却器のレイアウトに関する以前に獲得された知識があると、高熱伝達は、冷却器に乱流が存在しない場合（高いレイノルズ数）、獲得することができないことが想定されるが、その理由は、これらの条件下では、層流比を調節することによるよりも良好な熱伝達が、冷却媒体と冷却チャンネル壁との間で達成されるからである。しかし、この最適化の措置には、圧力損失の著しい増大が含まれる。

【0060】

構成要素の体積に対する数十倍という熱伝達の非常に著しい増大は、冷却器と熱交換器を製造するためにミクロ構造エンジニアリングを使用することによって獲得することができる。この例には、カールスルーエ・センター・フォア・リサーチ (Karlsruhe Center for Research) から市販されている高性能ミクロ熱交換器がある。具体的には、ミクロ構造生産のコストが高く、流れ抵抗が現在非常に大きいために、過去、ミクロ構造技術を広く適用することが妨げられていた。

30

【0061】

周知のミクロ構造熱交換器の流れ抵抗が現在非常に高い理由は、熱伝達能力が増大することにより、一般に、より大きい冷却器と、より大きいチャンネルと、したがってハーゲン・ポアズイユの法則のために、流れ抵抗の増大とをもたらすためであるが、これは、ある応用例では許容することができない。

【0062】

熱伝達能力に対し負の影響を与えずにこの問題を解決するのは、本発明のみである。チャンネル幅と、チャンネル深さと、チャンネル間隔と、残りの膜の厚さと、ベース・プレートの厚さとを最適化することにより、冷却器の圧力損失に関してさえ、最適化することを可能にすることによって、問題を解決する。

40

【0063】

また、これらの措置により、ミクロ構造冷却器が、技術的に優れているだけでなく、経済的にも競合するように、生産コストを低減し、したがってシステムのコストも低減することが可能になる。本発明のチャンネル設計の基本は、層流を動作条件下でチャンネルにおいて獲得するのにちょうど十分であるように、チャンネルの断面積を最小にすることである。乱流は、流れの断面積、すなわち流れ抵抗が小さい場合のみ許容され、または出現する。このようにして、産物の圧力損失は、簡単な方式で容易に応用例に対して適合することができる。一般に、第1ステップは、流れチャンネルの表面積/体積比を調節することによって

50

、所与の範囲内で、幾何学的形状（チャンネル幅、チャンネル深さ、およびチャンネル間隔）をおおよそ最適化することである。 $3000\text{ m}^2/\text{m}^3$ などミクロ構造の小さい表面積／体積比は、一般に、流れ抵抗が低いことを示すが、熱伝達がより低いことも意味する。 $10,000\sim30,000\text{ m}^2/\text{m}^3$ など非常に大きい値では、最適化が、好適には平均表面積／体積比において獲得されるように、流れ抵抗は、劇的に上昇する。

【0064】

しかし、すでに判明しているように、流れ抵抗と表面積／体積比のみを最適化することは、能力の最適化には十分ではない。すでに説明したように、本発明のミクロ構造冷却器では、熱源は、構成要素の外部にあり、熱伝導金属構造を介して、および冷却媒体によって、除去される。この結果、流れ条件の最適化の他に、冷却器の物理的な構造を最適化しなければなら

10

【0065】

したがって、本発明の目的は、最適流れ条件の役割を担う「流体力学ファクタ」と、冷却器の設計によって確立される「構造ファクタ」との両方によって達成される。

【0066】

以下は、本発明の設計パラメータと、冷却能力に対するその影響を示す：

【0067】

上述した最適化基準、圧力損失、および温度差について、チャンネル幅とチャンネル間隔（バ幅）の比を最適化することが特に有益であることが判明している。比が過度に大きいと、熱伝達能力が落ちることになる。したがって、この比（幅／間隔）は、好適には $1.5\sim2.5:1$ の範囲にあるべきである。チャンネル幅と残りの膜の厚さ比が過度に大きい場合も、同様の影響を有する。チャンネル幅／残りの膜の厚さの比は $2:1$ から $5:1$ であるべきである。

20

【0068】

残りの膜の厚さを最小限に抑えることにより、個々の層間の熱伝達がさらに改善される。以下は、ベース・プレートの厚さに適用される：冷却すべき物品の温度は、一般に、表面上で一定でないので、冷却器において一様な温度分布を達成するために、ベース・プレートを厚く設計することが最初に明らかなことがある。一方、ベース・プレートの熱伝達は、使用した金属の熱抵抗のために、厚さが増大すると低減される。

【0069】

したがって、本発明のベース・プレートの厚さには、熱伝達の上限があり、厚さは、（希望の）温度差またはレイアウトに応じて、より厚くまたはより薄くすることができる。現在市販されているすべての水冷却器において、熱は、最高に厚いベース・プレート（たとえば 5 mm ）を使用し、したがって記載した最適化を考慮せずに、熱源から迅速に除去される。本発明の冷却器は、対応する能力の範囲に対し、最小限必要な残りのフロアの厚さを有し、それにより、冷却媒体を有するミクロ構造を可能な限り熱源に接近させる。したがって、局所的な熱除去の最適化が保証され、同時に、材料の節約と質量の低減のために、コストが著しく低減される。

30

【0070】

したがって、チャンネルの幾何学的形状（チャンネルの幅、深さ、および長さ）のパラメータは、圧力損失、すなわち「流体力学的ファクタ」に影響を与え、一方チャンネル間隔、残りの膜の厚さ、およびベース・プレートの厚さのパラメータは、3次元構造の熱伝達、すなわち「構造ファクタ」に影響を与える。後者は、以下で提示する設計例に関して示すように、チャンネルの物理的構成と流れの方向、すなわち設計にも高度に依存する。驚くべきことに、例2の流れ方向は、非常に重要な役割を担うことが確立されている。設計原理は、流体がギャップを通して導入されない場合、利点を完全には利用することができない。入口領域の適切な設計を使用して、中央流入物は、渦／乱流を生成し、これにより、流れが最終的に完全に発展する前に、熱源のすぐ上における熱伝達が増大する。この結果生じる圧力損失と、両側面からチャンネル内への分配および流入中に起きる圧力損失とは、チャンネルを短縮することによって、および設計Aと比較してチャンネルの数を2倍にすることによ

40

50

って、補償される。ハーゲン・ポアズイユの法則によれば、速度は、圧力損失 (p) に比例し、チャンネルの数を 2 倍にすることによって、流れ速度を 2 分の 1 にすることができ、 p は、このことと、チャンネル長を 2 分の 1 にすることによって、最大で 75 % 低減することができる。チャンネルは、いわゆる「臨界長」を有し、この臨界長と共に、層流は完全に発展する。当初、速度分布は、ほぼ矩形のプロファイルによって記述することができる。この場合、圧力損失は、ハーゲン・ポアズイユの法則に従ってより大きい、熱伝達もより大きい。したがって、圧力損失は、制御して依然として最小限に抑えられるが、熱伝達はさらに増大するように、遷移点を「入口効果」で最適化しなければならない。

【0071】

しかし、基本的には、チャンネル長は、各設計に対して、可能な限り短くあるべきである。

10

【0072】

最小として「臨界 p 」から始まって、構成要素の冷却能力は、急速に減少する。この最小値は、記載した設計の変形形態を使用して、さらにより低く意図的に下げることができる。

【0073】

さらに、冷却器の内部におけるチャンネルによって記述した熱交換表面は、ベース・プレート上の熱接触表面より大きいことが有利であることが判明している。たとえば、冷却器の流れチャンネルは、金属膜にある程度の密なパターンを形成して、それにより、冷却器に流れ込む熱が冷却媒体によって吸収される熱交換表面を画定することができる。この熱交換表面は、ベース・プレート上の表面より大きくあるべきであり、冷却される物品は、この熱交換表面を介して冷却器と直接熱接触する。この追加の最適化措置が達成することは、冷却すべき物品からの熱が、熱接触表面を介して、可能な限り直接的におよび完全に、たとえば冷却器の側壁の中ではなく、冷却器の中へ入る流れチャンネルに伝達されることである。

20

【0074】

他の影響を及ぼす変数は、チャンネルのアスペクト比、すなわちチャンネル深さとチャンネル幅の比である。同じチャンネル断面積である場合、深いチャンネル（アスペクト比が大）は、明らかに、冷却器の熱伝達に対して正の効果を有する。本発明の方法のアスペクト比は、使用されるエッチング・プロセスの限度に依存する；最大達成可能な数値は、現在 1 : 2 から 1 : 3 である。

30

【0075】

記載した設計の最適化を使用して、冷却すべき物品から冷却器へおよび冷却媒体内へ、熱を効果的に伝達することができる。これにより、圧力損失は、前述した流体力学的ファクタの本発明の調節で、適切な範囲に調節される。所望であれば、約 200 ワット / cm^2 の通常の熱伝達能力で、100 mbar 以下の圧力損失を達成することができる。冷却器の通常の特徴的なパラメータは、以下の通りである：

【0076】

流量：0.01 ~ 3 L / 分、および絶対能力：0.02 kW ~ 2 kW。電力密度は、少なくとも 20 ワット / cm^2 の範囲にあるべきである。CPU / 流体温度差は、10 未満である。

40

【0077】

構造ファクタに影響を与え、かつ最適化に使用すべきである追加の設計パラメータは以下の通りである：チャンネルの全体数、金属膜（チャンネル面）の数、膜上の表面積、チャンネルの表面積（熱交換表面積）、チャンネル長、金属膜を備える材料のタイプ、ベース・プレート、冷却器閉鎖用カバー・プレート、金属膜を互いに接合し、かつベース・プレートに接合する材料ばめ用接合材料、および冷却すべき物品と冷却器の熱接触を創出するために使用される材料の選択。

【0078】

本発明の冷却器には、フローチャンネルを有する少なくとも 2 つの金属膜が含まれる。チャンネルは、チャンネル面の中へ構成されることが好適である。2 つの金属膜の代わりに、単一

50

の金属膜と、追加で、流れチャネルを受けるための凹みが設けられた１つのベース・プレートとを使用することも可能である。この場合、２つの金属膜の一方は、チャネルを有するとき、ベース・プレートと呼ばれる。

【００７９】

ミクロ構造冷却器は、２～１０のチャネルの面を有することが好適である。以上に関して、これは、１～９の金属膜と、チャネルを備えた追加の１つのベース・プレート、または２～１０の金属膜と、チャネルのない追加の１つのベース・プレートが提供されることを意味する。チャネルを含むベース・プレートについては、残りの膜の厚さが５０～３００μmの範囲にあるという条件は適用されない。冷却すべき物品から冷却媒体への熱伝達能力は、チャネル面の数と共に増大する。しかし、熱伝達能力は、同じ幾何学的形状を有する層が９つ以上存在するとき、さらに増大させることができない、またはさらに有意に増大させることは少なくともできないことが実証されている。単に層の数を変化させることにより、構成要素の熱伝達能力の様々な範囲を調節することが可能であり、製造コストに意図的に影響を与えることも可能である。各チャネル面は、コストを増大させるので、産物は、適用価格／能力比を考慮して設計されなければならない。本発明の製造プロセスを使用するとき、価格は、特定用途向けの設計が表面積または体積を低減するとき、冷却器の能力は十分な状態で、非常に大きく低減することができる。

【００８０】

金属膜と、冷却すべき物品の熱接触表面に対してスタックを閉鎖するベース・プレートの他に、本発明のミクロ構造冷却器は、カバー・プレートも有する。カバー・プレート自体は、チャネルを備えた金属膜とすることができる。しかし、カバー・プレートは、非構造化カバー・プレートとすることもできる。ミクロ構造冷却器を製造するために、構造膜は、カバー・プレートとベース・プレートを備え、コンパクトな構成要素を形成するように接合される。入口領域と出口領域を接続する複数の開口を、カバー・プレートの中へ、エッチング、パンチング、またはレーザ処理することができることが好適である。カバー・プレートは、金属、プラスチック、プラスチック／射出成型で作製されることが好適である。

【００８１】

冷却媒体を冷却器の中に導入し、冷却器から冷却媒体を除去するために、注入コネクタ、統合コネクタ、または接合コネクタなど、管を接続する装置が提供される。この管またはパイプ接続要素は、直接統合することができ、またはねじ込み、接合（はんだ付け／ろう付け）、圧締め、および／または接着によって様々に取付け可能である。これらのコネクタには、ポンプおよび／または外部逆冷却器への流体線が接続される。

【００８２】

さらに、金属膜のチャネルは、一般に、互いに平行に延びる。しかし、これは、常に直線で延びなければならないことを意味するわけではない。必ずしも互いに平行に延びない平行な「蛇行線」、曲線、または「星型」のチャネルなども有利であることがある。これにより、チャネルを互いに非常に接近させて構成することが可能になり、その結果、冷却材料（金属膜）と冷却媒体の間で非常に有効な熱伝達が達成される。また、個々の層が開口を備える、チャネルのあらゆる所望の３次元構造が考えられる。

【００８３】

さらに、ミクロ構造冷却器は、冷却媒体用の少なくとも１つの入口分配空間と、少なくとも１つの出口分配空間とを有することができる。

【００８４】

設計Ａ：分配空間は、それらが、互いに対向する側面に配置され、冷却器の側面の幅全体をほぼ横断して延びるように、構成することができる。

【００８５】

第１のチャネル設計では、チャネルは、入口側面上で入口分配空間に接続され、出口側面上で出口分配空間に接続される。したがって、このように構造化された冷却器では、冷却媒体は、第１コネクタを介して冷却器に流れ込み、次いで入口分配空間の中へ進む。この

10

20

30

40

50

設計の入口分配空間は、一側面上のすべての流れチャネルの中に分割されるので、冷却媒体は、そこから流れチャネルに流れ込むことができる。冷却媒体は、チャネルを通って進んだ後、出口分配空間に到達する。そこから、冷却媒体は、外部冷却線に流れ込む。

【0086】

第2の変形形態である設計Bでは、金属膜は、少なくとも1つの入口側分配室によって、ほぼ熱接触表面の高さにおいて中断される。たとえば、この分配室は、ギャップとして金属膜を分離することができ、それにより、金属膜は、その面に対して垂直に分離されることが好適である。ギャップ幅は、たとえば、50から2,000 μm の範囲とすることができる。ギャップの形状の分配室は、金属膜に対して垂直な断面全体にほぼわたって、冷却器を通過することができる。熱接触表面が、ベース・プレート上のほぼ中央に構成された場合、分配室も、金属膜をほぼ中央で分離する。この構成により達成されることは、上から分配室に流れ込む冷却媒体（ベース・プレートが下にあるとき）も、熱接触表面が位置するほぼ中央領域においてベース・プレートと接触することである。これにより、この領域に流れが生成され、熱伝達が増大される。

【0087】

チャネルは、金属膜の面において延びることが好適であるので、すべてのチャネルは、その一端において分配室に接続される。好適な一実施形態では、本質的に互いに平行に延びる2つのグループのチャネルが提供される。さらに、冷却器の内部に少なくとも1つの収集室が提供され、すべてのチャネルが、他端において収集室に接続される。たとえば第1設計Aの場合のように、2つの収集室を提供して、互いに対向する側面上に配置し、冷却器の各側面の幅全体を本質的に横断して延びるようにすることができる。収集室は、冷却媒体が、分配室から切込み流れチャネルの中に進み、そこから、互いに接合された収集室の中に進むことができるように、互いに接続されることが好適である。

【0088】

第2設計Bの場合、同様に、収集室に接続された少なくとも1つの第1コネクタと、ならびに分配室に接続された少なくとも1つの第2コネクタとが提供される。したがって、冷却媒体は、外部冷却線から出て、第1コネクタを介して分配室の中に伝達することができ、さらにそこから流れチャネルの中へ進む。次いで、冷却媒体は、収集室の中へ向けられ、そこから第2コネクタを介して出て、再び外部冷却線の中に向かう。

【0089】

マイクロ構造冷却器を製造するために、印刷回路板作製方法と同様の方法を使用することができる。これらの方法は、フォトリソグラフィ、構造化（好適にはエッチング）、めっき、および好適にははんだ付け（DE 19708472 A1）である接合の個々の処理ステップを備える。類似性は、マイクロ構造膜をスタックおよび接合することによって、複雑な3次元構造が作製されることである。構成要素の設計、構造、および接合（はんだ付け）システムは、大量生産能力の点について、この方法に対して最適化され、したがって、マイクロ構造冷却器を大量に高い費用効果で製造することが可能になり、これにより、全体的に修正する必要のない、または些少な修正のみを必要とする既存のシステムを使用することができる。記載した製造方法の利点は、既存のマイクロ構造プロセスの使用、産業用大量生産に対する適応性、および非常に低いコストである。これにより、すでにそれ自体は大量生産用に証明されている技術を、本発明の冷却器の新しい応用に使用することができ、さらに処理ステップを簡単に組み合わせかつ統合することができるという、優れた利点が提供される。これにより、たとえば追加の保持クリップを必要とせずに、最小限の力で組み立てることを補償するために、冷却器は、好適にははんだ付けまたは接着によって、CPUの上に直接取り付けることができる。

【0090】

構成要素を接合するために、はんだ付けシステムの層の厚さと処理パラメータとは、互いに関して慎重に調節して、やはり積層プレスにおいてはんだ付けを可能にするようにしなければならない。可能な接合方法については、DE 19708472 A1を参照されたい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

本発明の以下の説明のために、図を参照されたい。

【 0 0 9 2 】

同一の参照符号は、すべての図において同じ意味を有する。添付の手がかりも参照されたい。

【 0 0 9 3 】

図 1 は、金属膜 1 に関する個々の最適化パラメータを示す。これらのパラメータにより、冷却器の圧力損失が最小限に抑えられ、熱接触表面と、冷却器に流れ込む冷却媒体との温度差が最小限に抑えられ、または冷却能力が最大になる。チャンネルは、金属膜 1 の凹み 2 として示されており、まだはんだ付けされていない。

10

【 0 0 9 4 】

チャンネル幅 b 、チャンネル深さ t 、チャンネル間隔（バー幅） s 、および残りの膜の厚さ r が示されている。また、金属膜 1 上の領域の幅 f も示されている。図 2 は、追加の最適化パラメータ g （ベース・プレートの厚さ）を示す。

【 0 0 9 5 】

図 2 は、CPU プロセッサ 4 が熱接触している冷却器 3 を示す。この場合の冷却器 3 は、4 つの金属膜 1 を備え、金属膜のそれぞれは、4 つの冷却チャンネル 2 と、チャンネル間に位置するバー 9 とを有する。各金属膜 1 のチャンネル 2 は、隣接する金属膜 1 によって閉鎖される。最下金属膜 1 の冷却チャンネル 2 は、ベース・プレート 5 によって、CPU プロセッサ 4 に対して閉鎖される。ベース・プレート 5 はまた、熱接触表面 6 を介して、CPU プロセッサ 4 が出す熱を吸収する。このために、CPU プロセッサ 4 は、良好な熱伝導率を有する接合手段 7（熱伝達化合物、はんだ、伝導接着など）を介して、熱接触表面 6 の領域にあるベース・プレート 5 に結合される。CPU プロセッサ 4 は、CPU 担持プレート 8 の上に取り付けられる。金属膜 1 とベース・プレート 5 のスタックは、上端に位置するカバー・プレート 9 によって閉鎖される。ベース・プレートの厚さ g も示されている。

20

【 0 0 9 6 】

ミクロ構造冷却器におけるチャネリングの異なる設計を以下に示す：

【 0 0 9 7 】

設計 A：

図 3 は、1 つの金属膜 1 の高さでミクロ構造冷却器を通る断面を示す。金属膜 1 の個々のチャンネル 2 が示されている。チャンネル 2 は、互いに平行に構成される。平行構成は、幅 f とチャンネル長とによって決定され、かつ電子要素の熱接触表面より大きい熱交換表面を表現する。これは、チャンネル 2 に対して十分に長い長さを選択することによって獲得される。チャンネル 2 は、入口分配空間 10 と、出口分配空間 11 とに対して開いている。チャンネル 2 は、1 つの金属膜 1 の面にのみ配置される一方、入口分配空間 10 と出口分配空間 11 は、冷却器における金属膜 1 全てのチャンネル 2 が、2 つの分配空間 10 および 11 に接続されるように、冷却器の内部の高さ全体にわたって延びる。

30

【 0 0 9 8 】

複数のそのような金属膜 1 は、構造膜 1 のバー 9 と膜 1 の縁 12 との両方を介して、互いにはんだ付けされる。さらに、これらの膜 1 の 1 つは、バー 9 と縁 12 を介してベース・プレートにはんだ付けされる。チャンネル 2 の長さは、冷却する CPU プロセッサの表面積が $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ であるとき、たとえば約 20 mm である。したがって、チャンネル 2 が、各側面上にある CPU プロセッサの熱接触表面の上に 5 mm 張出していることにより、チャンネル長は 20 mm になり、チャンネル 2 によって覆われている熱交換表面の幅 f も、 20 mm である。

40

【 0 0 9 9 】

図 5 a は、ミクロ構造冷却器 3 の横断面を示し、この場合、冷却器 3 の内外に伝達される冷却媒体のコネクタが示されている。入口スリーブ 15 と出口スリーブ 16 が存在する。迅速で費用効果の高い組立てのために、迅速プラグイン・コネクタ 17 がスリーブ 15 および 16 の中に押し込まれる、またはねじ込まれる。これにより、たとえば 4 または 8

50

mmの直径を有する管を取り付けることが可能になる。

【0100】

図5bは、他のミクロ構造冷却器3の断面を示す。この場合、接続スリーブ15と、スリーブに押し込まれた迅速プラグイン・コネクタ17とは、カバー・プレート9の領域に位置する。迅速プラグイン・コネクタ17が押し込まれている他の接続スリーブ16は、チャンネル領域に突出しているカバー・プレート9の側面に位置する。

【0101】

この場合、分配空間10、11を含まない冷却チャンネル2を有する金属膜1が使用される。見方を変えれば、金属膜1は、互いに平行に配置された冷却媒体チャンネル2を専ら有する。チャンネル2を有する複数の金属膜1を冷却ブロックに接合することによって、冷却チャンネルは、冷却ブロックの端部において開いている。この冷却ブロックは、ベース・プレート5およびカバー・プレート9で組み立てられ、それにより、冷却ブロックの端部に隣接し、かつチャンネル2が中に開いている中空空間が形成される。これらの中空空間は、入口分配空間10と出口分配空間11を形成する。迅速プラグイン・コネクタを有する接続スリーブ15、16は、分配空間10、11の中に直接開いている。カバー・プレート9は、プラスチックで作製された成型部品として、高い費用効果で製造することができる。冷却ブロックは、CPU4のサイズまで大きく低減されるので、冷却器3の製造コストを著しく下げることができる。

【0102】

図5cは、他の冷却器の変形形態を示す。この場合、図5aに示した変形形態とは対照的に、入口スリーブ15用と出口スリーブ16用の迅速プラグイン・コネクタ17は、ねじ込みコネクタとして実現される。その他の点については、当該変形形態は、図5aの実施形態に相当する。

【0103】

図5dは、他の冷却器の変形形態を示す。この場合、図5cに示した実施形態とは対照的に、入口スリーブ15用と出口スリーブ16用の迅速プラグイン・コネクタ17は、角度を付けられた形状で実現される。これにより、側面から管コネクタを交互に組み立てることが可能になり、その結果構成要素の高さをより低くすることができる。追加の利点は、より厳しい空間制約下においても、力を必要とせずに管を接続することができ、管がより容易に取り付けられることである。その他の点については、この変形形態は、図5cの実施形態に相当する。

【0104】

本発明の冷却器3の他の実施形態では、図5eによれば、カバー・プレート9は、たとえばプラスチックで作製された、カバーの形態で実現される。このカバー9は、射出成型によって製造することができることが好適である。カバーには、金属膜1の冷却チャンネル2によって形成された冷却ブロックの領域が含まれる。また、カバー9の中には、入口スリーブ15および出口スリーブ16が一体化されており、これらのスリーブは、押し込むことができる迅速プラグイン・コネクタ17を受ける。

【0105】

冷却チャンネル2を備えた金属膜1を備える冷却ブロックは、CPU4とほぼ同じサイズを有する。金属膜1の冷却チャンネル2は、入口分配空間10と出口分配空間11の中に開いている。分配空間10、11は、それぞれ、入口スリーブ15および出口スリーブ16に直接接続される。

【0106】

冷却ブロックの最下金属膜1は、ベース・プレートでもある。この場合、ベース・プレートの厚さgは、本発明の条件を満たす。すなわち、ベース・プレートの厚さgは、200~2,000μmの範囲にある。対照的に、冷却チャンネル2も配置されるこの最下金属膜1の残りの膜の厚さrは、必ずしも本発明の範囲である50から300μmの範囲内に設定される必要はない。しかし、他の金属膜の残りの膜の厚さrは、本発明の範囲である50から300μmの範囲内にある。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 7 】

C P U 4 自体は、担持プレート 8 の上に取り付けられ、熱接触表面 6 を介して冷却器 3 と接触する。C P U 4 は、担持プレート 8 の上に配置されて、たとえば保護エナメルである電気絶縁層 1 8 の凹みの中へ据え付けられ、凹みによって囲まれ、それにより、冷却器 3 は、C P U 4 を外部に対して密封的に封止する。

【 0 1 0 8 】

設計 B :

冷却媒体ポンプと流体管とを含めて、冷却器と冷却システム全体を最適化し、かつより小さくすることに関して、ミクロ構造チャンネル 2 内の圧力損失を最小限に抑え、したがって、冷却媒体の必要な流量を最小限に抑えるために、金属膜 1 は、少なくとも 1 つの分配室 2 0 によって、中断される（「分割チャンネル設計」）。図 4 では、この分配室 2 0 は、チャンネル 2 とバー 9 の中に切り込んでいるギャップとして、1 つのミクロ構造冷却器平面において示されている。チャンネル 2 は、図 4 に示した金属膜 1 から部分的にのみ取り出されているが、ギャップ 2 0 は、金属膜 1 を完全に通過して延びるスリットである。複数のそのような金属膜 1 を重ね合わせることで、金属膜平面内において延びる冷却媒体を受けるチャンネル 2 が形成される。一方、ギャップによって形成された分配室 2 0 は、冷却器の内部全体にわたって延びる。

【 0 1 0 9 】

図 4 は、チャンネル 2 が、収集室 2 1 の中へ開いていることをさらに示す。収集室 2 1 には、3 つの側面上のチャンネル表面が含まれ、それにより、図では、冷却媒体は、分配室 2 0 から上方チャンネル 2 と下方チャンネル 2 に入ることができる。チャンネル 2 を出る冷却媒体は、再び U 型収集室 2 1 の中へ進む。冷却媒体を伝達するこの方式により、優れた冷却能力が可能になる。著しくより悪い冷却能力は、冷却媒体が反対に伝達されるとき、すなわち、冷却媒体が、収集室 2 1 からチャンネル 2 の中へ伝達され、そこから分配室 2 0 の中へ進むときに生じる。

【 0 1 1 0 】

分配室 2 0 とまったく同様に、収集室 2 1 は、連続的な凹みとして金属膜 1 に形成され、それにより、複数のそのような膜 1 が交互に配置された後、この室 2 1 は、冷却器の内部の高さ全体にわたって延びる。分配室 2 0 の場合と全く同様に、これにより達成されることは、冷却媒体が、すべてのチャンネル 2 にわたって均質に分布することである。

【 0 1 1 1 】

冷却器の外部へ冷却媒体を伝達するために、2 つのコネクタを提供することができ、このコネクタを介して、冷却媒体は、分配室 2 0 から除去される。冷却媒体は、チャンネル 2 を通過した後、収集室 2 1 の 2 つのレッグの中へ進み、そこから冷却器の外部に伝達される。

【 0 1 1 2 】

図 6 は、冷却媒体接続を有するミクロ構造冷却器 3 の概略的な断面である。この場合も、参照符号は、上記と同じ意味を有する。

【 0 1 1 3 】

図 5 b と同様に、この場合、内部に構成された金属膜 1 と冷却チャンネル 2 とで作製された冷却ブロックを有する冷却器 3 の構造が示されている。冷却ブロック自体は、C P U 4 の熱接触表面とほぼ同じサイズである。収集室 2 1 を形成する 2 つの室は、カバー・プレート 9 から得られ、このカバー・プレートは、冷却ブロックのチャンネル領域の上に突出し、かつプラスチックで作製された射出形成部品として製造することができることが好適である。これらの室 2 1 は、互いに接続される。さらに、金属膜は、図 4 の構成に対応して中央で中断され、それにより、冷却チャンネル 2 の中へ切り込む分配室 2 0 を形成する。

【 0 1 1 4 】

迅速プラグイン・コネクタ 1 7 を受ける 2 つの接続スリーブ 1 5 および 1 6 は、カバー・プレート 9 にある。接続スリーブ 1 5 にある迅速プラグイン・コネクタ 1 7 は、冷却媒体を冷却器 3 の中に導入し、迅速プラグイン・コネクタ 1 6 は、冷却器 3 から冷却媒体を除

去する。管を迅速プラグイン・コネクタ 17 に接続することができる。接続スリーブ 15 は、分配チャンネル 22 の中へ開いており、分配チャンネル 22 自体は、分配室 20 の中へ開いている。

【0115】

添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲から逸脱せずに、上記の実施例と図面とによって説明したものに、技術的な手段による様々な修正と代用を応用することが可能であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 構造金属膜の断面図である。

【図 2】 電子要素と熱接触したマイクロ構造冷却器の断面図である。

10

【図 3】 第 1 設計 A におけるマイクロ構造冷却器平面の概略図である。

【図 4】 第 2 設計 B におけるマイクロ構造冷却器平面の概略図である。

【図 5 a】 冷却媒体コネクタが押し込まれている第 1 設計 A におけるマイクロ構造冷却器の概略図である。

【図 5 b】 冷却媒体コネクタが押し込まれ、ずれた分配空間を有する第 1 設計 A におけるマイクロ構造冷却器の概略図である。

【図 5 c】 ねじ込まれた冷却媒体コネクタを有する第 1 設計 A におけるマイクロ構造冷却器の概略図である。

【図 5 d】 ねじ込まれた傾斜冷却媒体コネクタを有する第 1 設計 A におけるマイクロ構造冷却器の概略図である。

20

【図 5 e】 ずれた分配空間と、カバーの形状の成型カバー・プレートと、ねじ込まれた冷却媒体コネクタと、冷却チャンネルを有するベース・プレートとを備える第 1 設計 A におけるマイクロ構造冷却器の概略図である。

【図 6】 冷却媒体コネクタを有する第 2 設計 B におけるマイクロ構造冷却器の概略図である。

【符号の説明】

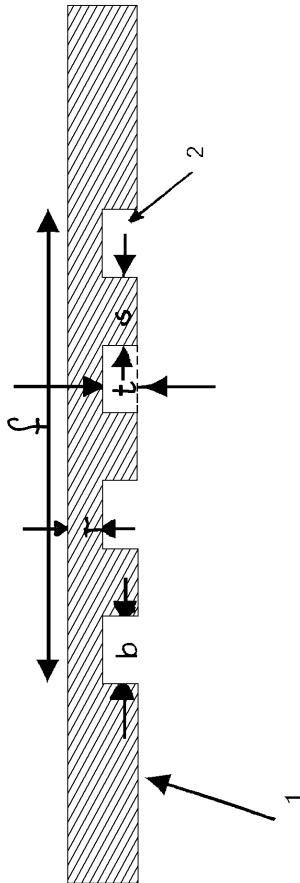
- 1 金属膜
- 2 チャンネル
- 3 ミクロ構造冷却器
- 4 CPU プロセッサ
- 5 ベース・プレート
- 6 熱接触表面
- 7 熱伝導接着
- 8 CPU 担持プレート
- 9 カバー・プレート
- 10 入口分配空間
- 11 出口分配空間
- 12 金属膜 1 の縁
- 15 入口スリーブ
- 16 出口スリーブ
- 17 迅速プラグイン・コネクタ
- 20 分配チャンネル
- 21 収集室
- 22 分配室
- b チャンネル幅
- t チャンネル深さ
- s チャンネル間隔
- r 残りの膜の厚さ
- f 金属膜 1 上の構造領域の幅
- g ベース・プレートの厚さ

30

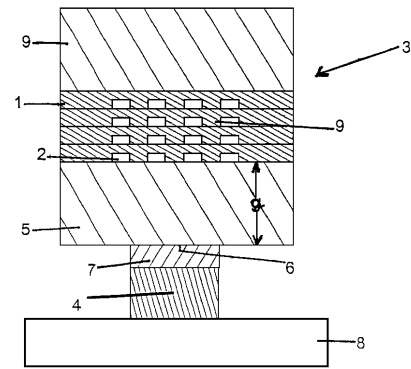
40

50

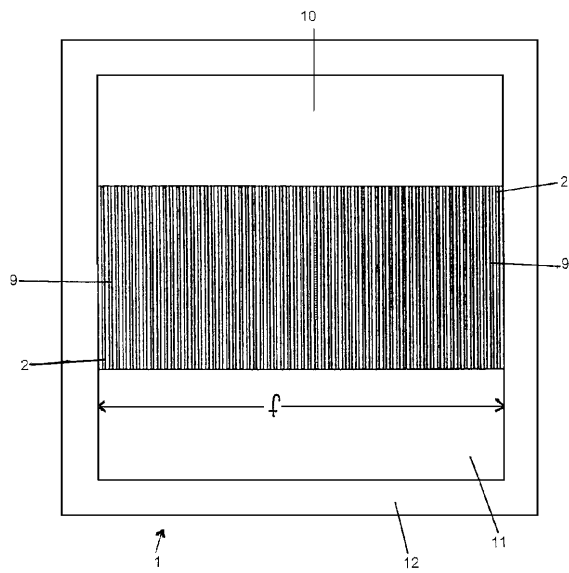
【図 1】



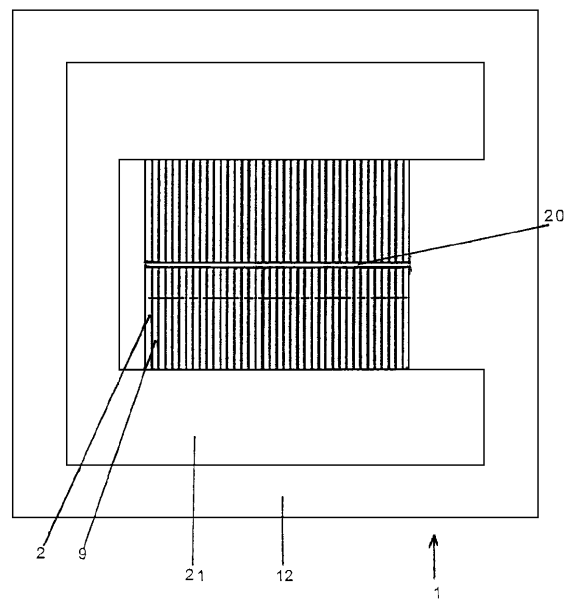
【図 2】



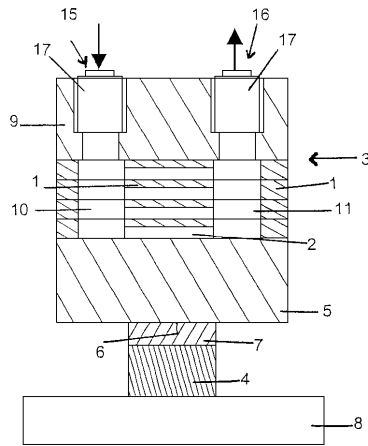
【図 3】



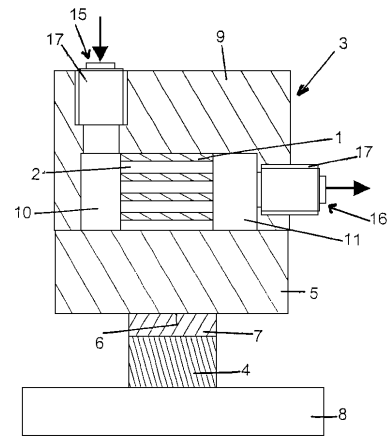
【図 4】



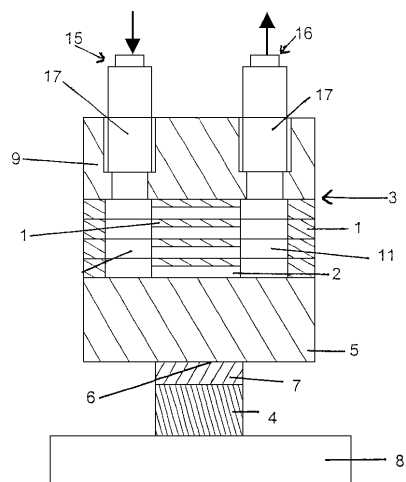
【図 5 a】



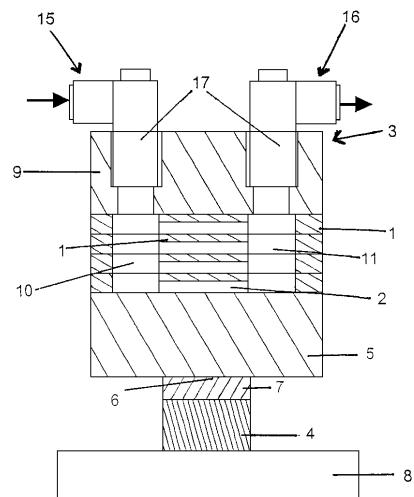
【図 5 b】



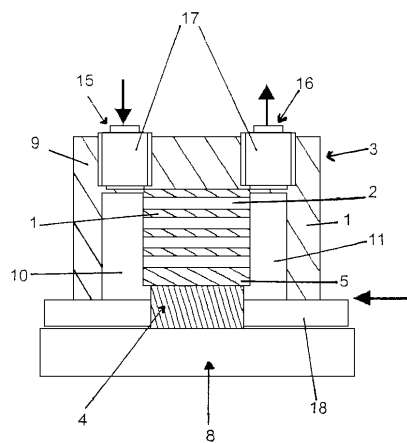
【図 5 c】



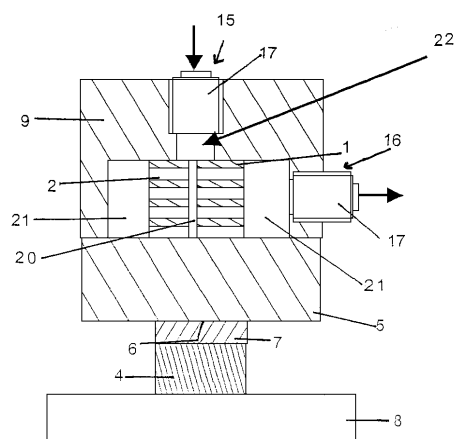
【図 5 d】



【 図 5 e 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 オーラフ クルッツ
ドイツ連邦共和国 デー・１０６２７ ベルリン カントシュトラーセ ９２
- (72)発明者 ペーター プレヒトル
ドイツ連邦共和国 デー・８１２４１ ミュンヘン ペーター・プッツ・シュトラーセ ８
- (72)発明者 スヴェン タイゼン
ドイツ連邦共和国 デー・８２３１９ シュタルンベルク エルンスト・ハイメラン・ヴェーク
１４
- (72)発明者 マルクス ヘーン
ドイツ連邦共和国 デー・８２０４１ オーバーハッヒング プファラー・ホプマイアー・ヴェー
ク ７
- (72)発明者 ラルフ ヘルパー
ドイツ連邦共和国 デー・１２１０７ ベルリン ハウスシュトックヴェーク ３６

合議体

審判長 藤原 敬士
審判官 川真田 秀男
審判官 鈴木 正紀

(56)参考文献 特開平２－１５１０５６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

H01L23/46