

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6449601号  
(P6449601)

(45) 発行日 平成31年1月9日(2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日(2018.12.14)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 L 23/34 (2006.01) H O 1 L 23/34 Z

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-188882 (P2014-188882)  
(22) 出願日 平成26年9月17日 (2014. 9. 17)  
(65) 公開番号 特開2015-61076 (P2015-61076A)  
(43) 公開日 平成27年3月30日 (2015. 3. 30)  
審査請求日 平成29年8月17日 (2017. 8. 17)  
(31) 優先権主張番号 1358934  
(32) 優先日 平成25年9月17日 (2013. 9. 17)  
(33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 507362786  
コミサリア ア エナジー アトミック  
エ オックス エナジーズ オルタネティ  
ヴ  
フランス, 75015 パリ, ル レブラ  
ン 25, パーチメン ル ボナン D  
(73) 特許権者 506327715  
エス テ マイクロエレクトロニクス エ  
ス アー  
フランス, 92120 モントルージュ,  
ブルヴァール ロマン ロラン, 29

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

集積回路チップを冷却する冷却装置において、  
第 1 基板と、

熱膨張率の異なる物質からなる 2 層の積層体を介して、前記第 1 基板に積層された第 2 基板と、

前記第 1 基板に形成された複数の溝が互いに接続されてなる第 1 ネットワーク、及び前記第 2 基板に形成された複数の溝が互いに接続されてなる第 2 ネットワークを有するマイクロパイプネットワークと、

2 層構造の弁体を有し、前記第 1 ネットワーク及び前記第 2 ネットワークの間に配置されたバルブと

を備え、

前記マイクロパイプネットワークの一部は、前記バルブを介して接続先に接続されていること

を特徴とする冷却装置。

【請求項 2】

前記弁体は、前記バルブの温度変化により変形するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の冷却装置。

【請求項 3】

前記バルブは、弁体の変形に応じて大きさを変える開口を有しており、

10

20

前記弁体は更に、前記バルブの温度が所定の閾値まで上昇した場合、第 1 形状から、前記開口の大きさが前記第 1 形状のときよりも大きい第 2 形状へと変形するように構成されていること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の冷却装置。

【請求項 4】

前記弁体は更に、前記バルブの温度が前記閾値よりも小さい第 2 閾値以下に降下した場合、前記第 2 形状から前記第 1 形状に変形するように構成されていること

を特徴とする請求項 3 に記載の冷却装置。

【請求項 5】

前記弁体における前記第 1 形状から前記第 2 形状への変形は不可逆であること

を特徴とする請求項 3 に記載の冷却装置。

10

【請求項 6】

前記弁体は、前記積層体からなること

を特徴とする請求項 1 から 5 までの何れか一つに記載の冷却装置。

【請求項 7】

前記積層体における各層は、チタン窒化物、チタン、アルミニウム、銅、鉄、金、タングステン、白金、鉄 - ニッケル系合金、シリコン酸化物、又は各物質の何れかからなる合金の群から選択されること

を特徴とする請求項 6 に記載の冷却装置。

【請求項 8】

前記弁体は、部分円板形状をなすこと

を特徴とする請求項 1 から 7 までの何れか一つに記載の冷却装置。

20

【請求項 9】

前記マイクロパイプネットワークは、前記第 2 基板を貫通し、前記第 1 ネットワーク及び第 2 ネットワークを接続する複数の孔を有していること

を特徴とする請求項 1 から 8 までの何れか一つに記載の冷却装置。

【請求項 10】

前記複数の孔の一部は、前記第 1 ネットワーク及び第 2 ネットワークを直接接続するようにしてあること

を特徴とする請求項 9 に記載の冷却装置。

30

【請求項 11】

前記複数の孔の一部は、前記バルブを介して前記第 1 ネットワーク及び第 2 ネットワークを接続していること

を特徴とする請求項 9 に記載の冷却装置。

【請求項 12】

前記複数の孔は、フレア状をなしていること

を特徴とする請求項 9 から 11 までの何れか一つに記載の冷却装置。

【請求項 13】

前記弁体は、双安定性を有すること

を特徴とする請求項 1 から 12 までの何れか一つに記載の冷却装置。

40

【請求項 14】

前記弁体は、漸次的に変形するように構成されていること

を特徴とする請求項 1 から 12 までの何れか一つに記載の冷却装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、集積回路チップを冷却する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

非特許文献 1 には、ポンプによって液体が循環するマイクロパイプのネットワークを備

50

える冷却装置が開示されている。

【0003】

非特許文献2には、この種の他の装置が開示されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】ナバス カーン (Navas Khan) 等著、「電気及び流体の相互接続のためのSi貫通電極(TSV)を用いた3次元実装(3-D Packaging With Through-Silicon Via (TSV) for Electrical and Fluidic Interconnections)」、イーシーティーシー2009 (ECTC 2009)、2009年、p. 1153 - 1158

10

【非特許文献2】ピン シー (Bing Shi) 等著、「マイクロ流体冷却及びサーマルTSVを用いたハイブリッド3次元IC冷却システム(Hybrid 3-D IC Cooling System Using Micro-Fluidic Cooling and Thermal TSVs)」、アイトリプルイー コンピュータソサエティ アニュアルシンポジウム オン ブイエルエスアイ (IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI)、2012年、p. 33 - 38

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

また一方、様々な集積回路チップ、特に動作中に発した熱を放散する量が場所によって異なる集積回路チップを効率的に冷却可能であり、かつシンプルで小型で構成が容易な装置が必要とされている。

20

【0006】

本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、局所的に冷却能力を向上させることができる冷却装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願にあっては、集積回路チップを冷却する冷却装置は、マイクロパイプネットワークと、2層構造の弁体を有するバルブとを備える。マイクロパイプネットワークの一部は、バルブを介して接続先に接続されている。

【0008】

30

本願にあっては、弁体はバルブの温度変化により変形するように構成されている。

【0009】

本願にあっては、バルブは、弁体の変形に応じて大きさを変える開口を有している。弁体は更に、バルブの温度が所定の閾値まで上昇した場合、第1形状から開口の大きさが第1形状のときよりも大きい第2形状へと変形するように構成されている。

【0010】

本願にあっては、弁体は更に、バルブの温度が当該閾値よりも小さい第2閾値以下に低下した場合、第2形状から第1形状に変形するように構成されている。

【0011】

本願にあっては、弁体における第1形状から第2形状への変形は不可逆である。

40

【0012】

本願にあっては、弁体は熱膨張率の異なる物質からなる2層の積層体からなる。

【0013】

本願にあっては、当該積層体における各層は、チタン窒化物、チタン、アルミニウム、銅、鉄、金、タングステン、白金、鉄-ニッケル系合金、シリコン酸化物、又は各物質の何れかからなる合金の群から選択される。

【0014】

本願にあっては、弁体は部分円板形状をなしている。

【0015】

本願にあっては、第1基板と、熱膨張率の異なる物質からなる2層の積層体を介して、

50

当該第 1 基板に積層された第 2 基板とを備える。また、マイクロパイプネットワークは、第 1 基板に形成された複数の溝が互いに接続されてなる第 1 ネットワーク、及び前記第 2 基板に形成された複数の溝が互いに接続されてなる第 2 ネットワークを有する。

【 0 0 1 6 】

本願にあっては、第 2 基板を貫通し、第 1 ネットワーク及び第 2 ネットワークを接続する複数の孔を有している。

【 0 0 1 7 】

本願にあっては、複数の孔の一部は、第 1 ネットワーク及び第 2 ネットワークを直接接続している。

【 0 0 1 8 】

本願にあっては、複数の孔の一部は、バルブを介して第 1 ネットワーク及び第 2 ネットワークを接続している。

【 0 0 1 9 】

本願にあっては、複数の孔はフレア状をなしている。

【 0 0 2 0 】

本願にあっては、弁体は双安定性を有する。

【 0 0 2 1 】

本願にあっては、弁体は漸次的に変形するように構成されている。

【 0 0 2 2 】

上述の内容と、他の特徴及び効果とは、添付図面を参照して本発明を限定するものではない以下の特定の実施形態内にて詳細に説明する。

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明によれば、局所的に冷却能力を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

【図 1 A】冷却装置の一例を示す断面図である。

【図 1 B】冷却装置の一例を示す断面図である。

【図 2 A】本実施形態における冷却装置を示す断面図である。

【図 2 B】本実施形態における冷却装置を示す断面図である。

【図 2 C】本実施形態における冷却装置を示す断面図である。

【図 2 D】本実施形態における冷却装置を示す断面図である。

【図 3 A】本実施形態における冷却装置の弁体の詳細を示す図である。

【図 3 B】本実施形態における冷却装置の弁体の詳細を示す図である。

【図 4】他の実施形態における冷却装置を示す断面図である。

【図 5 A】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5 B】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5 C】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5 D】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5 E】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5 F】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5 G】本実施形態における冷却装置の製造方法を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 5 】

明瞭化のために、添付の図面においては、同様の要素には同様の参照番号を付す。また、添付の図面においては、縮尺は正確なものではない。また、以下の記載において、「略」の語は、「10%以内に」を意味する。更に、頂部、上方、上部、下方、垂直、水平、横等の方向に関する語は、対応する図面中の横断面図に示されるように配された装置に対して適用される。即ち、使用されるときには、装置は異なる方向を有し得ることを理解されたい。

10

20

30

40

50

## 【0026】

図1A及び1Bは、集積回路チップICを冷却するための冷却装置100の一例を示す断面図である。図1Aは、図1Bの1A-1A線から見た冷却装置100及び集積回路チップICの横断面図である。図1Bは、図1Aの1B-1B線から見た冷却装置100の平面断面図である。

## 【0027】

冷却装置100は、例えばシリコン、シリコン酸化物、アルミニウム窒化物からなる基板101を備える。基板101は、例えば、数マイクロメートルから数ミリメートルの厚さを有する。基板101は、下面側において、複数の溝103が相互に接続されたネットワークを有する。複数の溝103は、基板101の表面において規則的に分布している。また、溝103は基板101の厚さよりも小寸の深さで、当該基板101中に延設されている。一例として、溝103は、1~500 $\mu$ mの深さを有しており、1~100mm以上の延設長さを有している。また、冷却装置100は、基板101の下面側において、蓋105を備える。蓋105は例えば、平板状をなして基板101の下面に設けられ、基板101の下面側の溝103を密閉する。蓋105は例えば、シリコン、金属(例えば銅)、ガラス、又はプラスチック(例えばPMAA(poly methyl methacrylate))等からなる。蓋105の厚さは、数マイクロメートルから数ミリメートルの範囲内であってもよい。溝103及び蓋105夫々の壁は、冷却液が流れることができるマイクロパイプが相互に接続されたマイクロパイプネットワークを規定する。この例において、冷却装置100のマイクロパイプネットワークは、冷却液が内部に流入することができる流入口INと、冷却液が外部に流出することができる流出口OUTとを備える。冷却装置100は、マイクロパイプネットワークの流入口INから流出口OUTまでの冷却液の流れを循環するために図示しないポンプを備えてもよい。以上の例において、蓋105の下面に配された集積回路チップIC(図1A参照)は冷却される。

## 【0028】

この例において、冷却装置100によって取り除くことができる集積回路チップICの発熱量は、冷却される面の全ての位置について略同じである。しかしながら、実際には、集積回路チップには、動作中における発した熱を放散する量が異なる2つの領域が存在し得る。この場合においては、冷却装置100によって提供される冷却は適切でない。実際に、集積回路チップの最も高温となる領域を十分に冷却するように冷却装置100が製造された場合、当該集積回路チップの最も低温となる領域が必要以上に冷却される。このことは特に、装置内で冷却液を循環するポンプの不必要な電力消費をもたらす。

## 【0029】

発した熱を放散する量が異なる複数の領域を備える集積回路チップの冷却の効率を向上するために、冷却面に対向するマイクロパイプの分布を修正することもできる。集積回路チップの最も低温となる領域に対向するマイクロパイプの密度よりも、当該集積回路チップの最も高温となる領域に対向するマイクロパイプの密度を高くすることが例として挙げられる。

## 【0030】

しかしながら、そのような解決策は冷却装置を設計する段階で、集積回路チップの熱挙動が判明している必要があり、特に高温となる位置が事前に判明している必要がある。その場合、冷却装置は特定のタイプの集積回路チップに特有のものとなり、経済的でない。また、いくつかのタイプの集積回路チップでは、動作中に高温となる位置が変わる場合がある。その場合、このような冷却装置は冷却の効率が低下する。

## 【0031】

図2A~図2Dは、本実施形態における集積回路チップICを冷却する冷却装置200を示す断面図である。図2Aは、図2B、2C、及び2Dの2A-2A線から見た冷却装置200及び集積回路チップICの横断面図である。図2Bは、図2A及び2Dの2B-2B線から見た冷却装置200の平面断面図である。図2Cは、図2A及び2Dの2C-2C線から見た冷却装置200の平面断面図である。図2Dは、図2A、2B、及び2C

10

20

30

40

50

の 2 D - 2 D 線から見た冷却装置 2 0 0 及び集積回路チップ I C の横断面図である。

【 0 0 3 2 】

本実施形態において、冷却装置 2 0 0 は、積層された 2 つの基板 2 0 1 及び 2 0 3 を備える。基板 2 0 1 及び 2 0 3 は、例えば熱膨張率の異なる金属等の異なる材料で形成された 2 つの層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体により隔てられている。層 2 0 5 及び 2 0 7 夫々の材料は例えば、チタン窒化物、チタン、アルミニウム、銅、鉄、金、タンゲステン、白金、鉄 - ニッケル系合金、シリコン酸化物、又はこれらの金属の何れかの合金から選択される。2 つの層 2 0 5 及び 2 0 7 夫々は、例えば 0 . 1 ~ 1 0  $\mu\text{m}$  の厚さを有している。基板 2 0 1 及び 2 0 3 は、特定の例に限定されないが、例えばシリコン又はシリコン酸化物からなる。更に一般的には、基板 2 0 1 及び 2 0 3 は、溝を形成可能な任意の半導体、導電体又は絶縁体からなる。本実施形態においては、基板 2 0 3 が基板 2 0 1 に載置されている例が示されている。

10

【 0 0 3 3 】

基板 2 0 1 は、複数の溝 2 0 9 が互いに接続されたネットワークを備える。複数の溝 2 0 9 は、基板 2 0 1 における層 2 0 5 及び 2 0 7 の対向面側、即ち図 2 A 及び 2 D 中の上面側に形成されており、例えば基板表面において規則的に分布している。また、溝 2 0 9 は基板 2 0 1 の厚さよりも小寸の深さで、当該基板 2 0 1 中に延設されている。

【 0 0 3 4 】

基板 2 0 3 は、複数の溝 2 1 1 が互いに接続されたネットワークを備える。複数の溝 2 1 1 は、基板 2 0 3 における層 2 0 5 及び 2 0 7 の対向面とは反対側、即ち図 2 A 及び 2 D 中の上面側に形成されており、例えば基板表面において規則的に分布している。また、溝 2 1 1 は基板 2 0 3 の厚さよりも小寸の深さで、当該基板 2 0 3 中に延設されている。

20

【 0 0 3 5 】

溝 2 0 9 及び 2 1 1 は、例えば溝 2 0 9 のネットワークの少なくとも一部が、溝 2 1 1 のネットワークの一部と対向するように配される。即ち、溝 2 0 9 のネットワークの一部は、溝 2 1 1 のネットワークの一部を図 2 A 及び 2 D 中の方向において垂直投影するように配されている。本実施形態においては、基板 2 0 1 に形成された全ての溝 2 0 9 が、基板 2 0 3 に形成された溝 2 1 1 に対向するように設けられているが、この特定の例には限定されない。

【 0 0 3 6 】

冷却装置 2 0 0 において、溝 2 1 1 の底から基板 2 0 3 の下部を貫通するように孔が設けられ、溝 2 0 9 の手前における基板 2 0 3 の層 2 0 5 及び 2 0 7 側が出現している。これらの孔の一部は、図 2 C 及び 2 D において 2 1 3 の参照番号が付されている。孔 2 1 3 は、層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体を貫通し、溝 2 0 9 のネットワークに連通する。これらの孔の他部は、図 2 C 及び 2 D において 2 1 5 の参照番号が付されている。孔 2 1 5 は、層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体が延設端に出現しているが、貫通していない。孔 2 1 3 及び 2 1 5 は、例えば基板 2 0 3 において略垂直に延びている。

30

【 0 0 3 7 】

各孔 2 1 5 の底では、層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体の一部が、当該孔 2 1 5 の先にあり、当該積層体における一部は参照番号 2 1 7 が付されている。積層体の一部 2 1 7 は、少なくとも一つの開口 2 1 9 を備える。開口 2 1 9 は、比較的幅が狭いスロットであり、例えば 2 0 nm ~ 1  $\mu\text{m}$  の幅であり、積層体の一部 2 1 7 において少なくとも一つのバimetタル等からなる 2 層構造の弁体 2 1 1 を定める。本実施形態において、各弁体 2 2 1 は、周囲温度において初期には略平らであり、その詳細は図 3 A 及び 3 B を参照して後述する。また、各弁体 2 2 1 は、層 2 0 5 及び 2 0 7 間での熱膨張率が異なるため、周囲温度よりも高い閾値 T 1 を超える場合には湾曲による変形が可能となる。

40

【 0 0 3 8 】

冷却装置 2 0 0 は更に、基板 2 0 3 における層 2 0 5 及び 2 0 7 の対向面と反対側、即ち図 2 A 及び 2 D 中の上面側に蓋 2 2 3 を備える。蓋 2 2 3 は例えば、平板状をなして基板 2 0 3 の上面に設けられ、基板 2 0 3 の上面側の溝 2 1 1 を密閉する。蓋 2 2 3 は例え

50

ば、シリコン、ガラス、金属、プラスチック、又は溝 2 1 1 を密閉可能な他の任意の絶縁体、半導体、若しくは導電体等からなる基板であってもよい。一例として、蓋 2 2 3 の材料は、ポリエチレン、PVC (polyvinyl chloride) 等のポリマーからなる。

#### 【 0 0 3 9 】

溝 2 0 9 及び 2 1 1 の壁、孔 2 1 3 及び 2 1 5 の壁、並びに蓋 2 2 3 の壁は、液体又は気体の状態の冷却流体を搬送することが可能なマイクロパイプが互いに接続されたマイクロパイプネットワークを規定する。冷却流体は例えば、水、イソプロピルアルコール等のアルコール、ガリウム等の液体金属、スリーエムカンパニー (3M company) から「Nov ec 7500 Engineered Fluid」の商品名で市販されているような特定の液体である。更に、冷却流体は想定される他のものであってもよい。例えば、冷却流体は、混和性を有する又は有さない複数の液体の混合物であってもよく、液体、気体、及び / 又は固体 (ゲルであってもよい) の相間で平衡な流体であってもよい。また、冷却流体は、相が変化することによって熱を放出することができるもの (例えばヒートパイプ型) であってもよい。一例として、マイクロパイプネットワークの構成物は、横断面において 1 ~ 1 0 0 0  $\mu\text{m}$  の寸法を有している。従って、冷却装置 2 0 0 において、孔 2 1 3 及び 2 1 5 は例えば、直径が 1 ~ 1 0 0 0  $\mu\text{m}$  の略円形の断面を有する円筒形状の孔である。また、溝 2 0 9 及び 2 1 1 は例えば、辺長が 1 ~ 1 0 0 0  $\mu\text{m}$  の略正方形又は矩形の断面を有する。

10

#### 【 0 0 4 0 】

本実施形態において、冷却装置 2 0 0 のマイクロパイプネットワークは、冷却流体が内部に流入することができる流入口 IN と、冷却流体が外部に流出することができる流出口 OUT とを備える。冷却装置 2 0 0 は、マイクロパイプネットワークの流入口 IN から流出口 OUT までの冷却流体の流れを循環するために図示しないポンプを備えてもよい。以上の例において、基板 2 0 1 の下面に配された集積回路チップ IC (図 2 A 及び 2 D 参照) は冷却される。

20

#### 【 0 0 4 1 】

冷却装置 2 0 0 において、孔 2 1 5 の延設端に位置する層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体の一部 2 1 7 夫々は、マイクロパイプネットワークにおける 2 つのマイクロパイプを接続するバルブ 2 1 8 を各規定する。各バルブ 2 1 8 の開口 2 1 9 は、自身が備える一又は複数の弁体 2 2 1 の形状に依存する。各バルブ 2 1 8 は、少なくとも 2 つの状態を有し得る。第 1 の状態は、バルブ 2 1 8 の一又は複数の弁体 2 2 1 が開口 2 1 9 を略完全に閉じている形状をなし、2 つのマイクロパイプ間において当該バルブ 2 1 8 を介して流れる冷却流体が存在しないか、無視できる量だけ流れる状態である。本明細書では、第 1 の状態を閉状態とも称する。第 2 の状態は、バルブ 2 1 8 の一又は複数の弁体 2 2 1 が、当該バルブ 2 1 8 を通って無視できない量の冷却流体を流れさせることができる開口 2 1 9 の大きさを有するような形状となっている状態であり、本明細書では第 2 の状態を開状態とも称する。バルブ 2 1 8 は、冷却装置 2 0 0 のマイクロパイプネットワークにおいて規則的に分布していてもよい。

30

#### 【 0 0 4 2 】

図 3 A 及び 3 B は、本実施形態における図 2 A ~ 2 D における冷却装置 2 0 0 のバルブ 2 1 8 の詳細を示す図である。特に、図 3 A 及び 3 B は、図 2 D において破線で示される冷却装置 2 0 0 における F 3 部分の拡大図であり、バルブ 2 1 8 が含まれる。図 3 A は、閉状態のバルブ 2 1 8 の平面図である。図 3 B は、図 3 A の 3 B - 3 B 線から見た断面図であり、横断面図である。図 3 B 上部には閉状態のバルブ 2 1 8 が示され、図 3 B 下部には開状態のバルブ 2 1 8 が示されている。

40

#### 【 0 0 4 3 】

図 3 A 及び図 3 B 上部に示されるように、本実施形態におけるバルブ 2 1 8 は 4 つの弁体 2 2 1 を備え、閉状態の場合には各弁体 2 2 1 が略平坦である。各弁体 2 2 1 は、断面が略四半円となるような部分円板形状をなし、孔 2 1 5 の底に配された層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体の一部 2 1 7 に形成されている。即ち、当該積層体の一部 2 1 7 はバルブ 2 1

50

8を含んでいる。4つの弁体221は、積層体の一部217の中心と略同じ中心を有する十字状のスロットとして開口219が形成されることにより、当該積層体の一部217内に設けられている。

【0044】

層205及び207の材料間では熱膨張率が異なることに起因して、加熱の影響下での弁体221は、図3B下部に示されるように湾曲形状となることができる。そのため、弁体221は、閉状態のときの開口219よりも大きい開口219を規定する。その結果、バルブ218は開状態となる。本実施形態においては、バルブ218が開状態のとき、自由端を有する湾曲形状をなしている。即ち、バルブ218の中央に向かって延びる弁体221の先端は、弁体221が固定されている位置よりも上方にあり、弁体221において断面の弧に相当する部分は、層205及び207に連なっている。その結果、各弁体221の自由端は、閉状態のときよりもバルブ218の中央から離れる。換言すると、本実施形態において、バルブ218が閉状態から開状態に変化した場合、弁体221は花卉が開いたようになる。

10

【0045】

冷却装置200は、以下のように動作する。

【0046】

冷却対象の集積回路チップICに電源が投入されておらず、発熱がない又はごく少量の初期状態において、冷却装置200の全てのバルブ218は例えば、全て閉状態である。冷却流体は、マイクロパイプネットワークの流入口IN及び流出口OUT間を、溝209及び211と孔213を流れてもよい。一方、冷却流体はバルブ218を通らないか、通るとしてもごく少量だけである。従って、冷却流体は、孔215によって規定されるマイクロパイプを流れないか、流れるとしてもごく少量だけである。

20

【0047】

集積回路チップICが動作するとき、当該集積回路チップICは熱を発生し、発生した熱は冷却流体によって部分的に排出される。集積回路チップICが発生した熱は、冷却装置200のバルブ218を加熱する。集積回路チップICの特定の領域が他の領域に比べて発熱量が多い場合もある。従って、各バルブ218は異なる温度となり得る。

【0048】

バルブ218の温度が閾値T1に到達した場合、当該バルブ218は、開状態に切り替わる。冷却流体は、当該バルブ218の上側に位置する孔215によって規定されるマイクロパイプ内を流れることができる。その結果、集積回路チップICによって熱せられた冷却流体を、対応する領域にあるマイクロパイプネットワークによって、より多く排出することができる。換言すると、バルブ218の開口219は、開状態のバルブ218の領域に関して局所的に冷却装置200の冷却能力を向上させる。

30

【0049】

集積回路チップICは、発生した熱を放散する量が場所によって異なる場合、通常動作で定常状態のときに高温となる領域と低温となる領域とがある。このとき、バルブ218を開くための閾値T1は例えば、集積回路チップICが高温となる領域の上方に配されたバルブ218が開状態であり、当該領域よりも低温となる領域の上方に配されたバルブ218が閉状態であるような温度である。一例として、閾値T1は、70～90の範囲内の温度となり得る。

40

【0050】

本実施形態における第1の実施例としては、弁体221の変形は可逆である。即ち、開状態のバルブ218の温度が閾値T1よりも小さい閾値T2まで降下した場合、当該バルブ218が閉状態となる。この第1の実施例は、動作中の集積回路チップICにおいて高温となる位置が移動するような場合に好適である。実際に、このような場合には、冷却装置200は、集積回路チップICが高温となる領域の移動に従い、異なる領域における局所的な冷却能力を自動的に調節することができる。閾値T2は例えば、30～70の範囲内の温度である。この第1の実施例では、層205及び207の組は、例えば、チタン

50

及び金、アルミニウム及びシリコン酸化物、チタン及びアルミニウム、タングステン及びアルミニウム、又はタングステン及び金の各組における何れかからなる。

【 0 0 5 1 】

本実施形態における第 2 の実施例としては、弁体 2 2 1 の変形は不可逆である。即ち、バルブ 2 1 8 は、一度でも開状態となった場合には、当該バルブ 2 1 8 の温度が低下したときであっても閉状態とはならない。この第 2 の実施例は、動作中の集積回路チップ IC において高温となる位置が移動しない場合に好適である。この第 2 の実施例では、冷却装置 2 0 0 のマイクロパイプネットワークは、集積回路チップ IC が最初に動作するときに自動的に設定されるが、その後の当該集積回路チップ IC における動作の停止 / 再開の各時点で再設定されない。冷却装置 2 0 0 の各弁体 2 2 1 が高々 1 回作動するだけであり、機械的摩耗のリスクを抑制することができるという利点がある。この第 2 の実施例では、層 2 0 5 及び 2 0 7 の組は、例えば、チタン及び銅、タングステン及び銅、又はシリコン酸化物及び銅の各組における何れかからなる。

10

【 0 0 5 2 】

2 層構造の弁体 2 2 1 は双安定性を有していてもよい。即ち、弁体 2 2 1 は、閾値 T 1 まで加熱された場合に閉状態から開状態へと迅速に切り替わるものであってもよい。また、上記第 1 の実施例においては、弁体 2 2 1 は、閾値 T 2 まで冷却された場合に開状態から閉状態に迅速に切り替わるものであってもよい。

【 0 0 5 3 】

変形例としては、弁体 2 2 1 の変形は漸次的であってもよい。この場合には、各バルブ 2 1 8 は、弁体 2 2 1 の温度によって、閉状態と開状態との間に複数の中間状態が設けられていてもよい。

20

【 0 0 5 4 】

図 4 は、他の実施形態における冷却装置 4 0 0 の横断面図であり、図 2 D に対応している。

【 0 0 5 5 】

図 4 に示される冷却装置 4 0 0 は、図 2 A ~ 2 D に示される冷却装置 2 0 0 と多くの部分で共通している。以下では、冷却装置 4 0 0 と冷却装置 2 0 0 との間で異なる部分についてのみを主として説明する。

【 0 0 5 6 】

冷却装置 2 0 0 は、全長に亘り、軸長方向に沿って略直線に延びる孔 2 1 3 及び 2 1 5 を備えていたが、冷却装置 4 0 0 は、これらと形状が異なる孔 4 1 3 及び 4 1 5 を備えていることが、当該冷却装置 2 0 0 及び 4 0 0 間の主な違いである。図 4 に示されるように、孔 4 1 3 は層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体を貫通することで、当該積層体が介されずに溝 2 1 1 を溝 2 0 9 に直接接続している。バルブ 2 1 8 は、溝 2 1 1 を溝 2 0 9 に接続する孔 4 1 5 の底に配されている。

30

【 0 0 5 7 】

他の実施形態において孔 4 1 3 及び 4 1 5 は、軸長方向の一側に向かって、冷却流体の流れを促進することができる形状を有している。他の実施形態においては図 4 に示されるように、孔 4 1 3 及び 4 1 5 は、フレア状をなしており、例えば円形断面を有するテーパ状をなしている。他の実施形態において、冷却装置 4 0 0 の流入口 IN 及び流出口 OUT は、マイクロパイプネットワークの下部に配されている。即ち、溝 2 0 9 と同程度の位置に配されている。冷却装置 4 0 0 は、流入口 IN 近傍に、一又は複数のフレア状の孔 4 1 3 を備える。当該孔 4 1 3 は、溝 2 0 9 側から溝 2 1 1 側に向かって先細になっている。当該孔 4 1 3 は、流入口 IN 近傍の溝 2 0 9 から溝 2 1 1 へ冷却流体が流れることを促進する。また、他の実施形態における冷却装置 4 0 0 は、流出口 OUT 近傍にも一又は複数の孔 4 1 3 を備え、当該孔 4 1 3 は、溝 2 1 1 側から溝 2 0 9 側に向かって先細になっている。当該孔 4 1 3 は、溝 2 1 1 から流出口 OUT 近傍の溝 2 0 9 へ冷却流体が流れることを促進する。このようなフレア状の孔 4 1 3 が設けられることにより、マイクロパイプネットワーク全体に冷却流体を流通させ易くし、流入口 IN から流出口 OUT まで冷却流

40

50

体を流れ易くする。更に他の実施形態において、孔 4 1 5 は、溝 2 0 9 側から溝 2 1 1 側に向かって先細になっているフレア状をなしている。孔 4 1 5 は、対応するバルブ 2 1 8 が開状態である場合に、溝 2 0 9 から溝 2 1 1 への冷却流体の流れを促進する。変形例としては、冷却流体の望ましい流路次第で、孔 4 1 5 の一部または全部が溝 2 1 1 側から溝 2 0 9 側に向かって先細になっていてもよい。但し、孔 4 1 3 及び 4 1 5 の形状は、上述の形状に限定されないことを理解されたい。より一般的には、孔 4 1 3 及び 4 1 5 は、冷却流体の流れを促進することができる形状であれば、公知の形状であってもよい。更には、冷却流体が流れ易くなるような図示しない被膜がマイクロパイプネットワークの溝 2 0 9 若しくは 2 1 1 の壁面又は孔 4 1 3 若しくは 4 1 5 の周面に適宜被覆されてもよい。

【 0 0 5 8 】

10

図 5 A ~ 5 G は、図 2 A ~ 2 D と図 3 A 及び 3 B とに関連して示された冷却装置 2 0 0 の製造工程の例を概略的に示す横断面図である。図 5 A、5 B、5 C、及び 5 D には、図 2 A と同様の側から見たときの横断面が示されている。図 5 E、5 F、及び 5 G には、図 2 D と同様の側から見たときの横断面が示されている。

【 0 0 5 9 】

図 5 A は、溝 2 0 9 のネットワークを基板 2 0 1 の表面に形成する工程を示している。溝 2 0 9 は、例えばエッチング又は他の適した方法の何れかによって形成される。図示しないマスクは、エッチングされる基板 2 0 1 の領域を定めるために用いられる。

【 0 0 6 0 】

図 5 B は、基板 2 0 3 の表面上に層 2 0 5 及び 2 0 7 を積層する工程を示している。図 5 B に示されるように、層 2 0 7 は基板 2 0 3 の表面を被覆する。層 2 0 5 は、層 2 0 7 における基板 2 0 3 と対向する面と反対側の面を被覆する。層 2 0 7 及び 2 0 5 は例えば、蒸着又は他の適した方法の何れかによって連続して形成される。

20

【 0 0 6 1 】

図 5 C は、基板 2 0 1 における溝 2 0 9 が形成されている側の面が、層 2 0 5 の外面と対向するように、基板 2 0 3 が基板 2 0 1 に載置される工程が示されている。

【 0 0 6 2 】

図 5 D は、基板 2 0 3 における層 2 0 5 及び 2 0 7 が積層された面と反対側の面に溝 2 1 1 のネットワークを形成する工程を示している。溝 2 1 1 は、例えばエッチング又は他の適した方法の何れかによって形成される。図示しないマスクは、エッチングされる基板 2 0 3 の領域を定めるために用いられる。

30

【 0 0 6 3 】

図 5 E は、複数の孔 5 0 1 を形成する工程を示している。複数の孔 5 0 1 は例えば、基板 2 0 3 の全面に規則的に分布し、溝 2 1 1 の底から延びて基板 2 0 3 の下部を貫通し層 2 0 7 を貫通することなく露出させる。孔 5 0 1 は、例えばエッチング又は他の適した方法の何れかによって形成される。図示しないマスクは、エッチングされる基板 2 0 3 の領域を定めるために用いられる。なお、図 5 E は、図 5 D の 5 E - 5 E 線から見た横断面図である。

【 0 0 6 4 】

図 5 F は、孔 5 0 1 の一部の底に配された層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体を略完全に取除いて貫通することにより、冷却装置 2 0 0 の孔 2 1 3 (図 2 C 及び 2 D 参照) を形成する工程を示している。また、図 5 F は、孔 5 0 1 の他部の底に配された層 2 0 5 及び 2 0 7 に開口 2 1 9 を形成することで、バルブ 2 1 8 の 2 層構造の弁体 2 2 1 を形成する工程を示している。即ち、孔 5 0 1 の他部は、冷却装置 2 0 0 の孔 2 1 5 に対応している。孔 2 1 3 のために孔 5 0 1 の底を全開する工程と、孔 2 1 5 のために孔 5 0 1 の底に開口 2 1 9 を形成する工程とは、同時に又は連続して行われる。層 2 0 5 及び 2 0 7 の積層体の開口 2 1 9 は、例えばエッチングによって形成されてもよい。図示しないコンフォーマルマスク又は他のマスクは、エッチングによって取り除かれる層 2 0 5 及び 2 0 7 の領域を設定する。変形例として、層 2 0 5 及び 2 0 7 の開口 2 1 9 はマスクを用いずに形成されてもよく、例えばレーザエッチングにより形成されてもよい。

40

50

## 【 0 0 6 5 】

図 5 G は、基板 2 0 3 の上面に蓋 2 2 3 を載置する工程を示している。蓋 2 2 3 は、例えば、ベンゾシクロブテン ( B C B ) 等を含有する接着剤等のポリマー接着剤によって、基板 2 0 3 の上面に貼り付けられる。

## 【 0 0 6 6 】

なお、図 5 F 及び 5 G は、図 5 D の 5 E - 5 E 線から見た断面図である。

## 【 0 0 6 7 】

上述のように本実施形態及び他の実施形態の冷却装置 2 0 0 及び 4 0 0 は、マイクロパイプネットワークが集積回路チップの熱挙動に従い自動的に設定される。そのため、本実施形態及び他の実施形態の冷却装置 2 0 0 及び 4 0 0 は、従来の冷却装置と比べ、各種の  
10

## 【 0 0 6 8 】

特定の実施形態について記載してきたが、種々の変更、修正、改良が当業者に容易に想起される。

## 【 0 0 6 9 】

特には、記載された実施形態は、図 3 A 及び 3 B に関連して記載されたバルブ 2 1 8 の 2 層構造の弁体 2 2 1 における形状及び配置について、特定の例に限定されない。より一般的には、上述の弁体 2 2 1 の形状及び / 又は配置が異なる弁体を用いることによって、本願の所望の動作を得ることは、当業者の能力の範囲内である。例えば、2 層構造の弁体 2 1 1 は、矩形状であってもよいし、三角形状であってもよいし、中心角が 4 5 度よりも  
20

## 【 0 0 7 0 】

また、マイクロパイプネットワークは、各実施形態において上述した配置に限定されない。記載された各実施形態は、他のマイクロパイプネットワークの配置にも好適である。マイクロパイプネットワークは 2 層構造の弁体 2 1 1 を有するバルブ 2 1 8 を備え、当該弁体 2 1 1 は、自身が開いたときに冷却装置 2 0 0 及び 4 0 0 の冷却能力を局所的に調節することができるため、例えば、当該マイクロパイプネットワークに含まれる溝の段数は問わない。当該溝の段数は、2 段よりも多くてもよいし、少なくともよい。また一例として、マイクロパイプネットワークは、複数の冷却流体の流入口を有していてもよいし、複  
30

## 【 0 0 7 1 】

また、変形例として、冷却する電子部品は、冷却装置 2 0 0 及び 4 0 0 と別体の集積回路チップに配されている必要はなく、冷却装置 2 0 0 及び 4 0 0 の基板 2 0 1 又は蓋 2 2 3 に形成されていてもよい。

## 【 0 0 7 2 】

また、記載された各実施形態は、上述の寸法及び材料の例に限定されない。

## 【 0 0 7 3 】

以上のような変更、修正、および改良も本願の開示の一部であり、本発明の技術思想の範囲内に属するものである。実施形態は 1 つの例に過ぎず、本発明を、実施形態の内容に限定する意図はない。本発明は、特許請求の範囲及びその均等の意味により示される。  
40

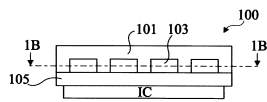
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 4 】

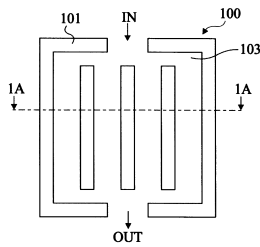
2 0 0 , 4 0 0 冷却装置  
2 0 1 , 2 0 3 基板  
2 0 5 , 2 0 7 層  
2 0 9 , 2 1 1 溝  
2 1 3 , 2 1 5 , 4 1 3 , 4 1 5 孔

- 2 1 8 バルブ
- 2 1 9 開口
- 2 2 1 弁体
- I C 集積回路チップ

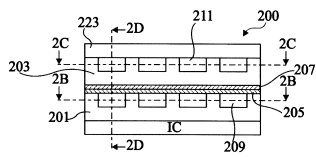
【図 1 A】



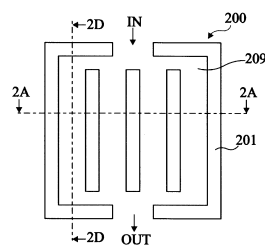
【図 1 B】



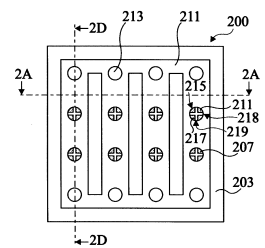
【図 2 A】



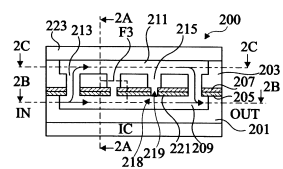
【図 2 B】



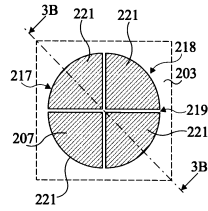
【図 2 C】



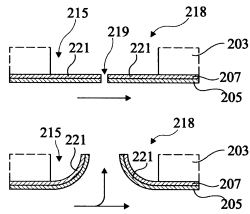
【図 2 D】



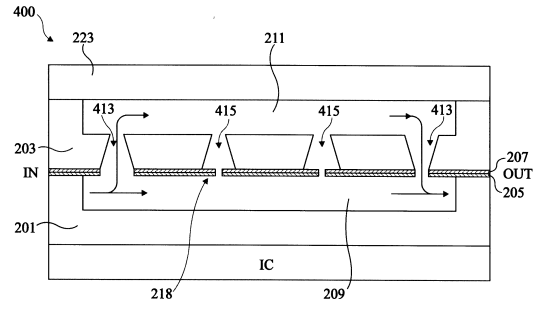
【 図 3 A 】



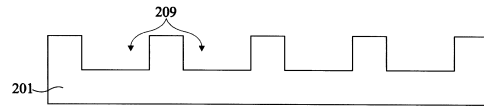
【 図 3 B 】



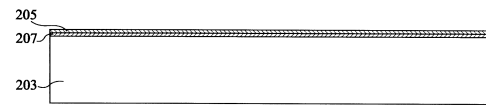
【 図 4 】



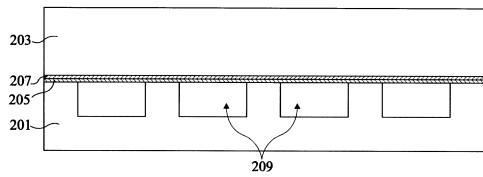
【 図 5 A 】



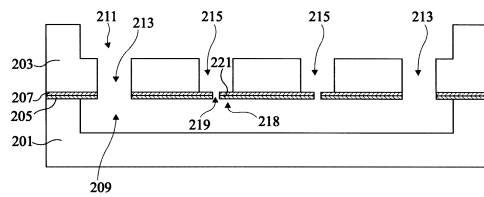
【 図 5 B 】



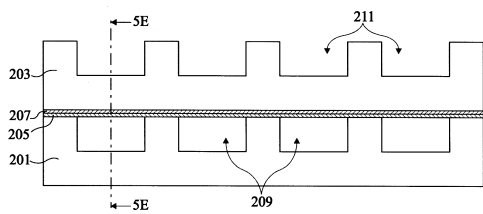
【 図 5 C 】



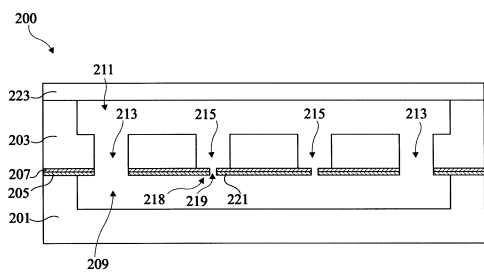
【 図 5 F 】



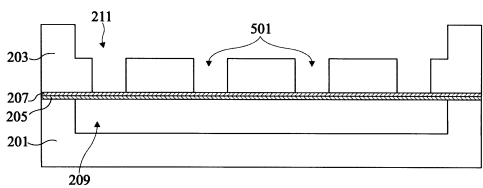
【 図 5 D 】



【 図 5 G 】



【 図 5 E 】



## フロントページの続き

(73)特許権者 506172311

エス テ マイクロエレクトロニクス クロル 2 エス アー エス  
フランス, 3 8 9 2 0 クロル, ル ジャン モネ, 8 5 0

(74)代理人 100114557

弁理士 河野 英仁

(74)代理人 100078868

弁理士 河野 登夫

(72)発明者 モンフレイ ステファン

フランス 3 8 3 2 0 エイバン, アレ ガストン バシュラード, 2 0

(72)発明者 ロスティス サンドリーヌ

フランス 3 8 5 7 0 テエ, ル ドュ トランヌ(番地なし)

(72)発明者 メートル クリストフ

フランス 3 8 5 3 0 パロー, レ リラ, ル デ オー ドュ ラ ガッシュ, 2 3 8

(72)発明者 コクシャギナ オルガ

フランス 7 5 0 1 3 パリ, ル アルペール, 7 3

(72)発明者 コロネル フィリップ

フランス 3 8 5 3 0 パロー, ル ドュ ラ シャイエ, 3 3

審査官 黒田 久美子

(56)参考文献 特開2005-203559(JP, A)

特開2004-295718(JP, A)

特開2012-102710(JP, A)

特表2006-516068(JP, A)

特表2008-536337(JP, A)

米国特許出願公開第2004/0113265(US, A1)

米国特許第07763973(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/34 - 23/473

H05K 7/20