

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-538465

(P2010-538465A)

(43) 公表日 平成22年12月9日 (2010.12.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 L 23/473 (2006.01)</b>	H O 1 L 23/46 Z	5 F O 3 3
<b>H O 1 L 25/065 (2006.01)</b>	H O 1 L 25/08 Z	5 F 1 3 6
<b>H O 1 L 25/07 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/88 J	
<b>H O 1 L 25/18 (2006.01)</b>		
<b>H O 1 L 21/3205 (2006.01)</b>		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-523006 (P2010-523006)	(71) 出願人	500240896
(86) (22) 出願日	平成20年7月28日 (2008.7.28)		リサーチ・トライアングル・インスティテュート
(85) 翻訳文提出日	平成22年3月30日 (2010.3.30)		アメリカ合衆国・ノース・カロライナ・27709・リサーチ・トライアングル・パーク・ピー・オー・ボックス・12194・コーンウォリス・ロード・3040
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/071351	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開番号	W02009/032424		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開日	平成21年3月12日 (2009.3.12)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	11/846, 253		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成19年8月28日 (2007.8.28)	(74) 代理人	100089037
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 渡邊 隆
		(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気相互接続および熱管理のための構造およびプロセス

## (57) 【要約】

集積回路の熱管理のための構造および方法である。集積回路の熱管理構造は、共に接合された第一および第二基板を含み、第一および第二基板のうち少なくともひとつは少なくともひとつの回路要素、第一基板および第二基板の少なくともひとつの厚さにわたって延在する長さを有する入口スルーホール、第一基板および第二基板の少なくともひとつの厚さにわたって延在する長さを有する出口スルーホール、第一および第二基板の間の封止を形成し、かつ第一および第二基板の間の空間を形成しているボンディング要素、および第一および第二基板の間の空間に形成された冷却剤チャネを含み、入口スルーホールに入る流体は、冷却剤チャネルおよび出口スルーホールを流れ回路要素を冷却する。方法は、入口スルーホールを通る流体を供給し、流体は第一基板および第二基板の間の冷却剤チャネルを通して流れ、かつ流体を出口スルーホールに通して冷却剤チャネルから除去する。

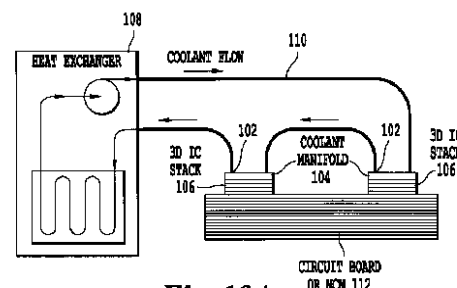


Fig.10A

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

熱管理のための構造であって、

共に接合された第一および第二基板であって、前記第一および第二基板のうち少なくともひとつの基板が少なくともひとつの回路要素を含んだ第一および第二基板と、

前記第一および第二基板のうちの少なくともひとつの基板の厚さにわたって延在する長さを有する入口スルーホールと、

前記第一および第二基板のうち少なくともひとつの基板の厚さにわたって延在する長さを有する出口スルーホールと、

前記第一および第二基板の間の封止を形成し、かつ前記第一および第二基板の間に空間を形成しているボンディング要素と、

前記第一および第二基板の間の前記空間に形成された第一冷却剤チャネルとを備え、

前記回路要素に冷却を提供するために、前記入口スルーホールに入る流体が前記第一冷却剤チャネルおよび前記出口スルーホールを移動する熱管理のための構造。

**【請求項 2】**

前記第一基板または前記第二基板の厚さを横切って延在し、かつ前記回路要素への電気接続を備える金属相互接続をさらに備える請求項 1 に記載の構造。

**【請求項 3】**

前記入口スルーホールおよび前記出口スルーホールのうち少なくともひとつが、前記第一基板または前記第二基板の厚さを横切って延在する金属導管を備える請求項 1 に記載の構造。

**【請求項 4】**

前記金属導管が、前記第一基板または前記第二基板の厚さを横切って延在しかつ前記回路要素への電気接続を備える金属相互接続を備える請求項 3 に記載の構造。

**【請求項 5】**

前記金属導管がフランジを備える請求項 3 に記載の構造。

**【請求項 6】**

前記第一基板または前記第二基板の厚さにわたって延在し、かつ前記フランジに接続された金属相互接続をさらに備える請求項 5 に記載の構造。

**【請求項 7】**

前記金属相互接続を前記入口スルーホールまたは前記出口スルーホールの内部から隔離する電気絶縁体をさらに備える請求項 6 に記載の構造。

**【請求項 8】**

前記電気絶縁体が、空気領域、不活性ガス領域、 $\text{SiO}_2$  層、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  層、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  層、非多孔質絶縁層、高分子層、またはそれらの任意の組み合わせを備える請求項 7 に記載の構造。

**【請求項 9】**

前記金属導管を囲む電気絶縁領域をさらに備える請求項 3 に記載の構造。

**【請求項 10】**

前記電気絶縁領域が空気領域、不活性ガス領域、 $\text{SiO}_2$  層、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  層、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  層、非多孔質絶縁層、高分子層、またはそれらの任意の組み合わせを備える請求項 9 に記載の構造。

**【請求項 11】**

前記ボンディング要素が、前記第一および第二基板を接合する共晶合金を備える請求項 1 に記載の構造。

**【請求項 12】**

前記共晶合金が Cu、Sn、Au、および Pb のうち少なくともひとつを含む合金を備える請求項 11 に記載の方法。

**【請求項 13】**

前記第一冷却剤チャネルが前記第一および第二基板の間に流体の流れのための起伏のあ

10

20

30

40

50

る経路を備える請求項 1 に記載の構造。

【請求項 1 4】

前記起伏のある経路が蛇行した経路および渦巻き経路の少なくともひとつを備える請求項 1 3 に記載の構造。

【請求項 1 5】

前記入口スルーホールおよび前記出口スルーホールの少なくともひとつが前記第一基板または前記第二基板を通る二つの通路を備え、前記通路が前記第一冷却剤チャンネルに接続している請求項 1 に記載の構造。

【請求項 1 6】

前記二つの通路の少なくともひとつが前記通路の内面に設置された内部絶縁体を有する請求項 1 5 に記載の構造。

【請求項 1 7】

前記内部絶縁体が空気領域、不活性ガス領域、 $\text{SiO}_2$  層、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  層、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  層、非多孔質絶縁層、高分子層、またはそれらの任意の組み合わせを備える請求項 1 6 に記載の構造。

【請求項 1 8】

前記少なくともひとつの回路要素が発熱回路を備える請求項 1 に記載の構造。

【請求項 1 9】

第三基板をさらに備え、かつ少なくともひとつの前記第一、第二、および第三基板が発熱回路を含む請求項 1 に記載の構造。

【請求項 2 0】

前記第二および第三基板の間の空間に形成された第二冷却剤チャンネルをさらに備え、前記第二冷却剤チャンネルが前記第二および第三基板への冷却を提供する請求項 1 9 に記載の構造。

【請求項 2 1】

回路デバイスの熱管理のための構造を作る方法であって、

第一基板および第二基板を設けるステップであって、前記第一および第二基板のうち少なくともひとつが回路要素を含んでいるステップと、

前記第一基板および前記第二基板の少なくともひとつに前記第一基板または前記第二基板の厚さにわたって延在する入口スルーホールを形成するステップと、

前記第一基板および前記第二基板の少なくともひとつに前記第一基板または前記第二基板の厚さにわたって延在する出口スルーホールを形成するステップと、

前記第一および第二基板の少なくともひとつに各ボンディング要素を形成するステップと、

前記第一および第二基板の間に封止を形成し、かつ前記第一および第二基板の間に第一冷却剤チャンネルを形成するために前記各ボンディング要素にて前記第一および第二基板をボンディングするステップと、

を備える回路デバイスの熱管理のための構造を作る方法。

【請求項 2 2】

各ボンディング要素を形成するステップが前記第一および第二基板に金属ボンディング要素を形成するステップを備える請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記入口スルーホールを形成するステップおよび前記出口スルーホールを形成するステップの少なくともひとつが前記回路要素への接続のための金属導管を形成するステップを備える請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記入口スルーホールを形成するステップおよび前記出口スルーホールを形成するステップの少なくともひとつが、前記金属導管を囲む電気絶縁領域を形成するステップを備える請求項 2 3 に記載の方法。

【請求項 2 5】

10

20

30

40

50

金属導管を形成するステップがフランジを有する前記金属導管を形成するステップを備える請求項 23 に記載の方法。

【請求項 26】

回路要素への電気接続を形成するために前記第一または前記第二基板の厚さにわたって延在する金属相互接続を形成するステップをさらに備える請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

前記ボンディングの上に、前記金属相互接続に前記フランジを接続するステップをさらに備える請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】

金属相互接続を形成するステップが前記入口スルーホールまたは前記出口スルーホールの一部として前記金属相互接続を形成するステップを備える請求項 26 に記載の方法。 10

【請求項 29】

金属相互接続を形成するステップが電気絶縁体を使用して前記金属相互接続を前記スルーホール内部から隔離するステップを備える請求項 26 に記載の方法。

【請求項 30】

各金属ボンディング要素を形成するステップが前記第一および第二基板の間の前記第一冷却剤チャンネルのための起伏のある経路を形成するステップを備える請求項 21 に記載の方法。

【請求項 31】

起伏のある経路を形成するステップが蛇行した経路および渦巻き経路の少なくともひとつを形成するステップを備える請求項 30 に記載の方法。 20

【請求項 32】

前記入口スルーホールを形成するステップおよび前記出口スルーホールを形成するステップの少なくともひとつが前記第一基板または前記第二基板を通る二つの通路を形成するステップを備え、前記通路が前記第一冷却剤チャンネルに接続している請求項 21 に記載の方法。

【請求項 33】

前記通路の内面に内部絶縁体を配置するステップをさらに備える請求項 32 に記載の方法。

【請求項 34】

第三基板を設けるステップであって、少なくともひとつの前記第一、第二、および第三基板が発熱回路を含むステップと、 30

前記第二および第三基板の冷却のために、前記第二および第三基板の間の空間に第二冷却剤チャンネルを形成するステップとをさらに備える請求項 21 に記載の方法。

【請求項 35】

第一および第二基板の熱管理システムであって、前記第一および第二基板の少なくともひとつが回路要素を含み、

前記第一および第二基板の少なくともひとつの基板の入口スルーホールを通じて流体を供給し、かつ前記第一および第二基板の少なくともひとつの基板の出口スルーホールを通じて前記流体を除去するために構成された流体供給であって、前記流体は前記第一基板および第二基板の間の第一冷却剤チャンネルを通り流れ、前記第一冷却剤チャンネルは前記第一基板を前記第二基板に接合する少なくともひとつのボンディング要素により封止されている流体供給と、 40

前記流体に蓄積した熱を消散するよう構成された放熱器とを備える熱管理システム。

【請求項 36】

前記放熱器が前記入口スルーホールに戻る前に前記流体を冷却するよう構成された熱交換器を備える請求項 35 に記載のシステム。

【請求項 37】

前記放熱器が流体の流れが前記出口スルーホールを通った後に前記流体を周囲に分配す 50

るよう構成された流体分配器を備える請求項 3 5 に記載のシステム。

【請求項 3 8】

前記流体供給が気体供給および液体供給の少なくともひとつを備える請求項 3 5 に記載のシステム。

【請求項 3 9】

前記気体供給が炭化水素系供給、フッ素化炭化水素系供給、塩素化炭化水素系供給、ヘリウム供給、水素供給、窒素供給、および空気供給の少なくともひとつを備える請求項 3 8 に記載のシステム。

【請求項 4 0】

前記液体供給が水、液化炭化水素系供給、液化フッ素化炭化水素系供給、液化塩素化炭化水素系供給、および液体窒素供給の少なくともひとつを備える請求項 3 8 に記載のシステム。

【請求項 4 1】

第一および第二基板の熱管理方法であって、前記第一および第二基板の少なくともひとつが回路要素を含み、

前記第一および第二基板の少なくともひとつの基板の入口スルーホールを通じて流体を供給するステップと、

前記第一基板および第二基板の間の第一冷却剤チャネルを通じて前記流体を流すステップであって、前記第一冷却剤チャネルは前記第一基板を前記第二基板に接合する少なくともひとつのボンディング要素により封止されている、流体を流すステップと、

前記第一および第二基板の少なくともひとつの基板の出口スルーホールを通じて前記第一冷却剤チャネルから前記流体を除去するステップとを備える熱管理方法。

【請求項 4 2】

前記入口スルーホールに戻る前に前記流体に蓄積された熱を消散させるステップをさらに備える請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 3】

熱を消散させるステップが前記入口スルーホールに戻る前に熱交換器を通り前記流体を循環させるステップを備える請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 4】

前記出口スルーホールを通る流体の流れの後に前記流体を周囲に分配するステップをさらに備える請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 5】

流体を供給するステップが前記第一冷却剤チャネルに気体または液体の少なくともひとつを供給するステップを備える請求項 4 1 に記載の方法。

【請求項 4 6】

気体または液体の少なくともひとつを供給するステップが、炭化水素系気体、フッ素化炭化水素系気体、塩素化炭化水素系気体、ヘリウム、水素、窒素、または空気のひとつを供給するステップを備える請求項 4 5 に記載の方法。

【請求項 4 7】

気体または液体の少なくともひとつを供給するステップが水、炭化水素系液体、フッ素化炭化水素系液体、塩素化炭化水素系液体、または液体窒素のひとつを供給するステップを備える請求項 4 5 に記載の方法。

【請求項 4 8】

前記第二基板および第三基板の間の空間により形成された第二冷却剤チャネルに前記流体を供給するステップをさらに備える請求項 4 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、積層形集積型回路における熱負荷管理のためのデバイスおよび方法に関する

10

20

30

40

50

。

## 【背景技術】

## 【0002】

チップの大きさが増加し、かつ形状が最小限まで縮小されていることにより、ＩＣ性能において相互接続遅延がますます支配的になる。チップの相互接続構造は、利用可能な電力量および遅延量をますます消費している。さらにグローバル配線およびセミグローバル配線は通常回路の遅延量および電力量を支配する。

## 【0003】

これらの問題を軽減するために試みられている新しい構造／技術は、３次元集積である。３Ｄ集積は、多層の集積回路（ＩＣ）が積層され、かつ積層または垂直方向に互いに相互接続されるシステムレベル集積方式である。したがって、２次元（２Ｄ）構造に通常使用される数多くの長い水平の相互接続は、短い垂直の相互接続に置換される。３Ｄによって得られるチップの所定のセットの相互接続に必要な領域の節約、およびより短い相互接続ラインが図１に示される。したがって、３Ｄはより短い相互接続により、電子機能のサイズをより小さくし、速度をより早くかつ電力を小さくする。

## 【0004】

図１の左側は、２次元配列に配置されたチップダイ２、４、６の配置を示し、外側のチップダイの間のラインＡＢに沿った接続距離を示す。図１の右側は、３次元配列に配置されたチップダイ２、４、６の配置を示し、外側のチップダイの間のラインＡＢに沿った接続距離を示す。

## 【0005】

３次元集積は、別の非互換の（または異種の）技術の統合を許容し、かつ性能、機能性、および形状因子において著しい好都合点を提供する。積層に含まれうると考えられる他の技術は、アンテナ、センサ、電力管理デバイスおよび電力貯蔵デバイスを含む。垂直の相互接続により半導体有効面積が消費されるが、能動／受動回路の体積密度は消費された有効面積を補う以上に非常に増加する。

## 【0006】

３ＤのＩＣを構築するひとつの技術は、ウェハー（またはダイ）ボンディング、ウェハー／ダイの薄化、および基板貫通相互接続構成を利用するＩＣの積層に基づく。図２は、集積回路デバイスのいくつかのチップレベル１０、１２、１４を示す。基板貫通相互接続は、前から後側へまたは後側から前へ半導体を通る第一プラズマエッチングスルーホールビアによって通常形成される。この基板貫通ビアは、基板貫通ビア相互接続１６を形成するための薄化、整列および取り付けの前または後ろのいずれかにおいて形成されることができる。ビアの形成後、基板貫通ビア相互接続１６を形成するために、ビアは通常絶縁され、かつ通常高導電材料１８（銅、タングステン、多結晶シリコン、またはアルミニウム）によって充填される。

## 【0007】

”ビア第一”の手法において、ビアが形成され、続いてビアの側壁の絶縁、およびビアの導電材料による充填が行われる。その後、基板貫通ビア相互接続を含む基板は、例えば銅充填ビアなどの下部を露出するために通常（機械的な技術などにより）裏側から薄化される。次の基板に位置を合わせるために露出した銅充填ビアの上にボンディングパッド２０が形成され、ボンディングパッドをあわせて例えば共晶接合により整合基板が結合される。

## 【0008】

共晶接合を形成するために金属システムが使用されることは、当該技術分野では周知である。このような共晶接合のひとつの例は、Ｃｕ－Ｓｎ二成分システム（Ｃｕ－Ｓｎ binary system）（他にはＡｕ－Ｓｎ二成分システム）がある。Ｃｕ－Ｓｎ二成分システムにおいて、錫の層は、結合されるべき二つのＣｕ接合面（つまりボンディングパッド）の一側に（通常めっきにより）置かれる。次いで共に配置され、加熱、かつ加圧されると、Ｃｕ／Ｓｎ共晶層は、強力な結合および一の基板接点から他の基板の面の接

10

20

30

40

50

続点への電気接続を形成する。他の共晶例えば金／錫が類似の方法にて使用できる。他の変化形において、融着結合を形成するために磨かれた銅の表面を共に配置し、約350まで加熱することができる。

【0009】

下記の先行技術文献に3D集積の開発に関する多数の文献が示されており、その全てが参照としてここに組み込まれている。

【0010】

しかし、回路を3D構造に積層する処理技術の進歩は、集積回路が適切に機能するために必要とされるますます高くなるチップの熱負荷および同時パッケージ放熱要求により実際には制限されていた。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】Davis et al, "Interconnect Limits on Gigascale Integration in the 21st Century," Proceed of IEEE, Vol. 89, 2001, p. 305.

【非特許文献2】Banerjee et al, "3D ICs: A Novel Chip Design for Improving Deep Submicrometer Interconnect Performance and System-on-Chip Integration," Proceed. IEEE, Vol. 89, 2001, p. 602.

【非特許文献3】Klump et al, "Chip to Wafer Stacking Technology for 3D Integration," Proceed. IEEE Elect. Component Tech Conf, 2003, p. 1080.

20

【非特許文献4】Koo et al, "Integrated MicroChannel cooling for 3D Electronic Circuit Architectures," J. Heat Transfer, V. 127, 2005, p. 49.

【非特許文献5】Tomita et al, "Copper bump bonding with electroless Metal Cap on 3D stacked structures," Electronics Packaging Technology Conf, 2000, p. 286.

【非特許文献6】Tomita et. al, "Copper Bump Interconnections in 20 um pitch utilizing electroless Tin-cap on 3D stacked LSI," 2000 Int. Symp. On Electronic Materials & Packaging, 2000, p. 107.

【非特許文献7】C. A. Bower, D. Malta, D. Temple, J. E. Robinson, P. R. Coffman, M. R. Skokan and T. B. Welch, "High Density Vertical Interconnects for 3-D Integration of Silicon Integrated Circuits," Proc. IEEE ECTC, San Diego, CA 2006.

30

【非特許文献8】Sheiring et al, "Flip-Chip to wafer Stacking: Enabling Technology for Volume Production of 3D System Integration on Wafer Level," Proceed. European Microelectronic Packaging Conf, 2005, Brugge BE, p. 107

【非特許文献9】Tan, et al, "3D Silicon Multi-Layer Stacking", 3D Architectures for Semiconductor Integration & Packaging," Phoenix, June 2005.

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一の実施形態において、集積回路の熱管理のための構造が提供される。集積回路の熱管理のための構造は、共に接合された第一および第二基板を含み、第一および第二基板の少なくともひとつは、少なくともひとつの回路要素を含み、入口スルーホールは、第一基板および第二基板の少なくともひとつの厚さにわたって延在する長さを有し、出口スルーホールは、第一基板および第二基板の少なくともひとつの厚さにわたって延在する長さを有し、ボンディング要素は、第一および第二基板の間の封止を形成し、かつ第一および第二基板の間の空間を形成し、および冷却剤チャネルは第一および第二基板の間の空間に形成され、入口スルーホールに入った流体が、冷却剤チャネルおよび出口スルーホールを通り、回路要素を冷却する。

40

【0013】

本発明の一の実施形態において、集積回路の熱管理のための構造を作る方法が提供される。該方法は、第一および第二基板の間に封止を形成し、かつ第一および第二基板の間に

50

第一冷却剤チャンネルを形成するために第一基板および第二基板を設けるステップであって第一および第二基板の少なくともひとつは回路要素を含むステップと、第一基板および第二基板の少なくともひとつに第一または第二基板の厚さにわたって延在する入口スルーホールを形成するステップと、第一基板および第二基板の少なくともひとつに第一または第二基板の厚さにわたって延在する出口スルーホールを形成するステップと、第一および第二基板の少なくともひとつにそれぞれのボンディング要素を形成するステップと、それぞれのボンディング要素にて第一および第二基板を接合するステップとを含む。

【 0 0 1 4 】

本発明の一の実施形態において、第一および第二基板の熱管理のためのシステムが提供され、第一および第二基板の少なくともひとつは回路要素を含んでいる。該システムは、第一および第二基板の少なくともひとつ基板の入口スルーホールを通じて流体を供給し、かつ第一および第二基板の少なくともひとつの基板の出口スルーホールを通じて流体を除去するために構成された流体供給を含む。システム中の流体は第一基板および第二基板の間の冷却剤チャンネルを通じて流れ、該冷却剤チャンネルは第一基板を第二基板に接合している少なくともひとつのボンディング要素によって封止されている。システムは、流体に蓄積した熱を入口スルーホールに戻る前に消散させるよう構成された放熱器を含む。

【 0 0 1 5 】

本発明の一の実施形態において、集積回路の熱管理方法が提供される。該方法は、第一および第二基板の少なくともひとつの基板の入口スルーホールを通じて流体を供給するステップと、第一基板および第二基板の間の冷却剤チャンネルに流体を流すステップであって第一冷却剤チャンネルは、基板を第二基板に接合する少なくともひとつのボンディング要素によって封止されているステップと、かつ第一および第二基板の少なくともひとつの基板の出口スルーホールを通じて冷却剤チャンネルから流体を除去するステップとを含む。

【 0 0 1 6 】

前述の本発明の一般的な説明および後述の詳細な説明は双方とも一例であり、本発明を限定するものではないことが理解されるべきである。

【 0 0 1 7 】

添付の図面と関連して後述の詳細な説明を参照することによりよく理解され、本発明のさらに完全な認識および多くの付随する好都合点を容易に得ることができるだろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】 3次元集積チップ配置と比較した通常の2次元チップ相互接続配置の概略図を示す。

【図 2】 Cu-Sn-Cu 共晶接合を使用した3レベル集積積層の概略図を示す。

【図 3 A】 本発明の一の実施形態による熱管理構造の概略図を示す。

【図 3 B】 本発明の一の実施形態による熱管理構造の概略図を示す。

【図 3 C】 図 3 A ~ 図 3 B に示す要素の識別を示す。

【図 4】 図 3 A ~ 図 3 B に示す構造の断面概略図を示す。

【図 5】 本発明の一の実施形態による熱管理構造の断面概略図を示す。

【図 6】 本発明の一の実施形態による熱管理構造の断面概略図を示す。

【図 7】 本発明の一の実施形態による熱管理構造の断面概略図を示す。

【図 8】 集積回路の熱管理構造を作るための本発明による一の方法のフローチャートを示す。

【図 9】 集積回路の熱管理のための本発明による一の方法のフローチャートを示す。

【図 10 A】 集積回路の熱管理のための本発明によるシステムの概略図を示す。

【図 10 B】 集積回路の熱管理のための本発明によるシステムの概略図を示す。

【図 11】 本発明の熱構造を一体化した図 2における3チップレベルの概略図を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

集積回路 (IC) から熱を抜き出す課題は、特にチップセットの回路の密度 (および無

10

20

30

40

50



駄な放熱)が増すにつれて重要な課題となりうる。能動および受動デバイスの体積密度が非常に増加し、および/または能動デバイスから表面までの熱経路の長さが著しく長くなる可能性があるため、この課題は3D集積回路においてはさらに非常に重大であると考えられる。課題は、古いIC製造ノードにおける現在の高性能デバイス、ハイパワーアナログ/混合信号IC、IR焦点面配列または機能または非機能基板の後ろを直接液体または空気により冷却する必要のある任意の構造に加え、65nmノードを越えるIC製造においては明らかである。

#### 【0020】

より具体的には、3D回路は、冷却のために利用可能な表面積あたりに発生する全体の電力が増加することによる熱管理問題がある。さらに、3D回路内の単位体積あたりに発生する電力は、大幅に変化する場合がある。例えば論理素子は、メモリ素子に比べ著しい量の熱を発生する場合がある。集積回路に発生する大部分の熱は、トランジスタスイッチング電流およびトランジスタ漏れ電流および相互接続損失(すなわち論理素子)による。

#### 【0021】

これら熱源からの熱は、通常ウェハー表面、パッケージそしてさらにヒートシンクを通じて周囲へ伝わる。しかし、IC層が3D集積内に積層されるにつれて、内部の層のひとつの熱源から積層表面への距離、つまりパッケージへ、および周囲へと熱が取り除かれるための距離は著しく増加し、トランジスタおよび周囲との間の熱抵抗が増加し、かつトランジスタからの熱流量が制限される。またこの課題は、3D構造において介在基板が、周囲へ伝送されなければならない追加的な熱を生成する能動トランジスタをも含むということにより悪化する。

#### 【0022】

上述したように、3DIC構造を構築するためのひとつの技術は、ウェハーとウェハーとのボンディング、ダイとウェハーとのボンディング、またはダイとダイとのボンディング、基板貫通相互接続構成、およびウェハーまたはダイの薄化に基づいている。基板貫通相互接続は、トランジスタ工程(FEOL)または配線工程(BEOL)のいずれかによりチップ内に作られる。本発明は、3DIC構造製造のこれらのプロセスおよび他のプロセスにおいて、最小限の追加的な処理にて導電冷却チャネルを作りかつ相互接続することができる。3DIC構造製造における技術専門用語に一致した本発明を説明する用語を規定するためにFEOLおよびBEOL工程用語を以下に説明する。

#### 【0023】

FEOL工程において、動的ランダムアクセスDRAM(または内蔵DRAM)技術は、トランジスタが作られる前、または直後、かつ任意の平面金属相互接続層が作られる前にタングステン、銅、または導電多結晶シリコンブラインドピアをシリコン内に作るために使用される。このような商用技術は、IC製造においてシリコン内に適切な直径のピアを作り、かつ通常ダイをパッドのトップレイヤーに相互接続してこれらのピアを接続するために使用することができる。これらピアの下部は後のウェハーの薄化および研磨中に露出される。ピア充填は、深いピアの内側の無機または有機絶縁体による被膜、拡散接合層の堆積、および次のCuまたはWによる金属被膜、または拡散/接合層以外の導電多結晶シリコンの堆積を含む。

#### 【0024】

BEOL工程において、基板貫通相互接続を薄化、位置合わせ、および結合の前または後のいずれかで形成することができる。BEOLピア第一技術において、ピアは、特定位置における深さを修正するためにプラズマエッチングされる。次いでこれらピアは、絶縁され、かつ上述した導体により充填される。次いで基板は、ハンドリング基板に取り付けられ、かつ裏側から金属ピアの下部が露出するまで薄化される。隣の基板への取り付けのひとつの方法は、スピード層のスパッタリング、めっきおよび銅エッチングによりピアの下部に導電パッド形成することである。

#### 【0025】

BEOLピア最終技術において、基板貫通相互接続はボンディングおよび薄化工程後に

10

20

30

40

50

薄化された基板に作られる。ひとつの基板のみが薄化される。ボンディングおよび薄化工程を、薄化前にボンディング、またはボンディング前に薄化のいずれかの順序で行うことができる。そのうえ、基板は表同士、または表と裏とで接合することができる。表同士の構成においては、貫通層相互接続は通常、薄化された基板の表側を薄化された基板の大部分（本体）を通じて薄化された基板の裏側のパッドに接続する。表裏構成において、基板貫通相互接続は通常、薄化された基板の表側を薄化された基板の大部分（本体）および二つの基板の間のボンディングおよび絶縁層の両方を通じて薄化されていない基板の表側に接続する。

#### 【0026】

本発明に適用できるひとつの接続技術は、銅 - 錫共晶接合技術である。この技術において、結合されるために錫層は、二つの銅境界面（すなわちボンディングパッド）の一側に（通常めっきにより）沈殿する。次いで、共に配置され、加熱されかつ加圧されたCu/Sn共晶層は、一の基板の基板貫通相互接続から他の基板の表面の接続点への強力な結合および電気接続を形成する。他の共晶例えば金/錫を類似した方法にて使用することができる。他の変化形において、融着結合を形成するために、磨かれた銅表面を共に配置し、かつ約350℃に加熱することができる。

#### 【0027】

図面を参照すると参照番号は、いくつかの図、より具体的には図3A～図3Cを通して同一の、または対応する部品を示す図3Aおよび図3Bは、本発明による集積回路の熱管理構造の概略を示す。集積回路の熱管理のための構造体22は、一般的に熱源として動作する少なくともひとつの回路要素26を含むことができる第一基板24（例えば図3Aに示す上部基板）を含む。回路要素26の配置は、単なる一例である。基板24全体にまたは第二基板28（例えば図3Aに示す下部基板）に分布した多くの回路要素がある。第二基板28は、第一基板24を支えるもの、またはその逆として提供されたと考えることができる。また基板28は回路要素を含むことができる。図3Aに示す実施形態において、少なくともひとつの冷却剤チャンネルスルーホール30が基板24および28の両方に形成され、かつ基板24および28の厚さにわたって延在する。金属ボンディング要素32は、第一および第二基板の間の封止を形成し、かつ第一および第二基板24および28の間の（図示するような）空間を形成する。少なくとも基板24を冷却するために基板24の冷却剤チャンネルスルーホール30に入る流体が第一冷却剤チャンネル34を通るように第一および第二基板24および28の間の空間に冷却剤チャンネル34が形成される。

#### 【0028】

図3Aおよび図3Bは、基板24上の回路要素（例えば論理素子およびメモリ素子を含む）を配線パターンおよび/または第二基板28上の他のデバイスに電氣的に接続する基板貫通相互接続38を示す。

#### 【0029】

積層基板中において異なる基板を電氣的に相互接続する基板貫通相互接続38のように、熱伝送のために冷却剤チャンネルスルーホール30が基板を相互接続するこの構造を形成するために、本発明は、上述した現在利用可能なFEOIおよびBEOI工程およびボンディング技術に影響を与える。図3Bに示す本発明の一の実施形態において、基板のひとつそれぞれにチャンネルスルーホールをパターンニングする必要なく共晶接合パッドにより冷却チャンネルが積層基板の基板の間に形成された空間に形成される。集積ウェハー積層に供給された冷却流体は、ビアおよびチャンネルを通り例えば高速論理素子または他の大電力回路（例えば高周波数アログ増幅器、電力増幅器、CPU）からの熱発生が存在する積層領域へ流れる。

#### 【0030】

液体冷却に関して以下に説明するが、本発明は液体冷却に限られず、下記に記載される液体冷却と同じ概念は、空気にて熱を周囲へ運ばせる同様な空気冷却構造においても行われる。基板24および28は、各基板が1つ以上の電気の回路要素を有することができる例えばSiまたはGaAsのような半導体、セラミック、またはガラスとすることができ

10

20

30

40

50

る。ひとつの基板 24 および 28 は、TFT ディスプレイに使用されるような薄いフィルムトランジスタのパネルとすることができ、または、統合受動素子として使用される薄いフィルム抵抗、コンデンサ、およびコイルを有するセラミックまたはガラスパネルとすることができる。

#### 【0031】

図 4 は、図 3 A および図 3 B における冷却剤スルーホール 30、冷却剤チャンネル 34、および電気相互接続 38 の詳細を示す横断面図である。本発明のこの実施形態において、冷却剤（すなわち流体）は、左側のスルーホール 30 から入り、右側のスルーホール 30 から出る前に電気相互接続 38 上の分離リング 40 外周の周りを流れるチャンネル 34 を通る。図 4 に示すように、電気相互接続 38 は、分離リング 40 により囲まれている。分離リング 40 は、（例えば誘電体により充填された、または非導電気体媒体により充填された）非導電領域 42 により囲まれた電気相互接続 38 のための中央電気導線を含む。分離リング 40 は、冷却剤チャンネル 34 の内壁を形成し、かつ非導電領域 42 を囲むように作用する。一実施形態において、（図 3 A および図 3 B に示すような）分離リング 40 は、図 3 A および図 3 B に示すような各第一および第二基板に形成された内部チャンネル絶縁体 44 に取り付けられる。分離リング 40 は、第一および第二基板 24 および 28 への正逆交配構造のボンディングにより形成される。明確にするため、ボンディング平面 46 が図 3 A および図 3 B に示される。

#### 【0032】

図 3 に示すように、第一および第二基板 24、28 の縁の、およびまた分離リング 40 周囲の金属ボンディング要素 48 は、第一および第二基板 24、28 を分ける空間を形成する。背景技術にて説明したように、通常 46 に位置する共晶フィルムは第一および第二基板 24、28 の間の金属ボンディング要素 48 を接合する。

#### 【0033】

二つの基板 / ウェハー IC 集積の熱管理の提供に加え、本発明は、複数の基板 / ウェハー集積に容易に拡張できる。図 5 は、3 つの基板 / ウェハー集積の概略図である。図 5 において、二つの冷却剤スルーホール 50、52 が第一基板 24（例えば最上部基板）に形成される。これら冷却剤スルーホール 50 または 52 ののひとつは、冷却剤供給口を提供し、他のスルーホールは冷却剤戻り口を提供する。（あるいは、本発明の一実施形態において、ひとつの冷却剤スルーホールは第一基板に、および他の冷却剤スルーホールは最下部の基板 54 とすることができる。）

#### 【0034】

図 5 において第一基板 24 は、中間または第二基板 28 に接合される。基板貫通相互接続 38 に加え、この実施形態における第二基板 24 は、二つの冷却剤スルーホール 58、60 を含む。図 5 に示すように、右側の冷却剤スルーホール 58 は、冷却剤を第二基板 28 および最も下のレベルの基板 54 の間の領域に供給する。第一および第二基板 24、28 の間のボンディング領域は、その間に第一冷却剤チャンネル 62 を形成する。第二および第三基板 28、54 の間のボンディング領域は、その間に第二冷却剤チャンネル 64 を形成する。

#### 【0035】

一の実施形態において、第三基板 54 の電気フィードスルー 36 は、第一基板 24 の回路に接続する第二基板 28 の電気フィードスルー 68 に接続し、この実施形態において、これは第一基板 24 の冷却剤チャンネル側に表面デバイス 26 含むことができる。あるいは、他の実施形態において、また第一基板 24 は、第一基板 24 の上面に電氣的に接続する第二および第三基板 28、54 に類似した電気フィードスルーを有することができる。本発明のひとつの態様によると、様々な基板の間の電気フィードスルーの位置合わせにより、それぞれの冷却剤スルーホールを一行に並べる。

#### 【0036】

図 6 は、本発明で使用される一体化した冷却剤および電気フィードスルー 70 をあらわした概略断面図である。識別だけの目的のためにこの構成をバレルピア (barrel

10

20

30

40

50

via)と呼ぶ。バレルビア70において、中央スルーホールチャネル72は中空であり、冷却剤が第一基板24の深さを通して流れるためのチャネルを提供する。図6に示すように、第二の位置合わせした第二基板28のバレルビア74は、冷却剤が第二基板28を通して流れるための中央スルーホールチャネル76を提供する

【0037】

本発明の一の実施形態において、第一基板24に穴を形成し、電気絶縁体の第一層78を設け、電気絶縁体の第一層78において導電金属80にフランジ82を設け、および次いで絶縁体の第二または外層84を導電金属80の上に設けることにより、バレルビア70が形成される。この実施形態におけるバレルビア構造の直径が電気絶縁体の第一および第二層および導電金属の厚さの二倍より大きいため、冷却剤が流れるためのスルーホール72が存在する。

【0038】

図6に示すとおり、第一および第二基板24、28の間の電気の相互接続は、バレルビア70のフランジ82接続された金属ボンディング要素により促進される。前述したように、例えば導電冷却剤流体が使用される場合電気相互接続38は、分離リングを有することができる。

【0039】

図7は、図5に示すような従来の電気フィードスルー36を有する第二基板86へのバレルビア70を有する集積基板84を示した概略図である。図7の要素は、図5および図6に示したものと同一である。

【0040】

上記の説明から示すように、本発明の一の実施形態において第一および第二基板（例えば基板24および28）は、共に接合される。第一および第二基板の少なくともひとつは、発熱体として作用する少なくともひとつの回路要素を含む。第一基板および第二基板の少なくともひとつの厚さにわたって延在する長さを有する少なくともひとつのスルーホールが設けられる。基板において、ボンディング要素は、第一および第二基板の間に封止（例えば境界封止32）を形成し、かつ第一および第二基板の間に冷却剤チャネルのための空間を形成することにより、回路要素に冷却を提供するために少なくともひとつのスルーホールから入った流体が例えば冷却剤チャネル34を通ることができる。

【0041】

本発明の一の実施形態において、少なくともひとつのスルーホール（例えばバレルビア）は、金属ボンディング要素に接続された金属導管である。本発明の一の実施形態において、金属導管は、少なくともひとつの金属ボンディング要素に接続されたフランジ部分を有するフランジ付き金属導管である。本発明の一の実施形態において、金属相互接続は、第一または第二基板の厚さにわたって延在し、かつフランジ部分に接続する。電氣的に導電性の冷却剤の使用を許容するために、電気絶縁フィルムが金属導管を囲む。電気絶縁フィルムは、 $SiO_2$ 層、 $Si_3N_4$ 層、 $SiO_xN_y$ 層、非多孔質絶縁層、高分子層、またはそれらの組み合わせから作ることができる。

【0042】

本発明の一の実施形態において、金属ボンディング要素は、第一および第二基板に接合する共晶合金を含む。本発明に適した共晶合金は、Cu、Sn、Au、およびPbの少なくともひとつを有する合金を含む。背景技術に説明し、本発明に適用できるように、Cu-Sn二成分システムおよびAu-Sn二成分システムの共晶結合を使用することができる。Cu-Sn二成分システムにおいて、錫層は結合されるために、二つのCu境界面（すなわちボンディングパッド）の一侧に（通常めっきにより）沈殿する。次いで、共に配置され、加熱され、かつ加圧されたCu/Sn共晶層は、強い結合および一の基板の接点から他の基板の表面の接続点への電気接続を形成する。他の共晶、例えば金/錫も類似した方法により本発明に使用することができる。本発明において他の変化形として、融着を形成するために磨かれた銅表面を共に配置し、かつ約350℃まで加熱することができる。

## 【0043】

本発明の一の実施形態において、1つ以上の金属相互接続が第一または第二基板の厚さにわたって延在する。この場合、金属相互接続は、第一基板の回路要素への電気接続の一部となることができる。上述した金属相互接続は、第一または第二基板の幅にわたって延在するスルーホールの一部となることができる。一の実施形態において、電気的絶縁体は、金属相互接続をスルーホール内部から分離する。一の実施形態において、電気絶縁体は、金属相互接続を第一および/または第二基板から分離する。

## 【0044】

本発明の一の、接合された基板の間の冷却剤チャンネルは、流体が第一および第二基板の間を流れるための起伏のある経路に向かう構造を有する。冷却剤チャンネルの形は、冷却剤が第一基板に対しより均一に分布するように、起伏のある経路、蛇行経路、または渦巻き経路に作ることができる。本発明の一の実施形態において、冷却剤チャンネルへ接続する二つの垂直の通路が上部基板に含まれる。一方の垂直通路は、冷却剤供給口として機能することができ、他方の垂直通路は冷却剤戻り口として機能することができる。

10

## 【0045】

それらの機能にかかわらず、導電性流体が使用される場合、垂直通路は垂直通路のそれぞれの内面に設置された側壁絶縁体を有することができる。側壁絶縁体は、 $\text{SiO}_2$  層、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  層、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  層、非多孔質絶縁層、高分子層、またはそれらの組み合わせとすることができる。

## 【0046】

本発明の一の実施形態において、1つ以上の接合された基板は、チャンネルを通じて流れる流体により冷却されることができる第一基板のような配線およびデバイス回路を含む。

20

## 【0047】

本発明の一の実施形態において、第三基板(または他の追加的な基板)が含まれる。また第二または第三基板は、配線およびデバイス回路を含むことができる。第二基板(第三基板が含まれない場合)または第三基板は、能動デバイスを含まない支持基板となることができる。第二冷却剤チャンネルは第二および第三基板の間の空間に形成されることができ、第二および第三基板に冷却を提供するために、第二および第三基板の間の空間に入る流体が、第二冷却剤チャンネルを通ることができる。

## 【0048】

本発明の一の実施形態において冷却剤チャンネルの設計は、集積全体の定常状態の温度の平衡を実現し、動作温度がより低く、かつ回路全体の温度変動が小さいためより良い性能が得られる。水平および垂直(基板貫通)双方の冷却チャンネルの大きさは、より多くの冷却流をほとんどの熱を発生する回路領域に供給するよう設計することができる。

30

## 【0049】

チャンネルの大きさについての制約は、電気相互接続の数、および水平チャンネルの機械的な頑健性および垂直(基板貫通)チャンネルに利用されることができる基板の面積による。基板貫通冷却ビアの寸法は、10~100ミクロン程度と予想される。水平冷却チャンネルについては、垂直寸法が2~20ミクロン、および水平寸法が10~100ミクロン程度と予想される。

40

## 【0050】

本発明の一の実施形態において、第一および第二基板の間の相互接続境界面において形成された金属ボンディング要素のひとつは、第一の金属ボンディング材料(例えば銅の上の錫、この例において銅は第一の金属ボンディング材料である)にて共晶を形成する低温度材料の薄い層にて覆われており、かつ電気相互接続および熱管理構造の両方を形成するように、層が結合される。本発明の一の実施形態において、銅および次いで例えば錫を面に適用する工程は、マスクまたは相互接続境界面の位置を規定する他の方法が必要である。本発明の一の実施形態において、接点は電気相互接続に使用される各電気的ビアに対応する。

## 【0051】

50

本発明の一の実施形態において、銅が沈殿し、およびまたはめっきされ、およびその後相互接続境界面（すなわちデバイスウェハー上面および下面）における金属ボンディングパッド内に形成されると、隣接するウェハーの間のボンディング金属または他のボンディング材料は、第一および第二基板の間の冷却剤チャンネルのための壁を形成する。

【0052】

本発明の一の実施形態において、金属ボンディングパッドは、金属が適用されていないより広い領域によって囲まれた固体金属充填領域であるが、ボンディング面の残りは、金属により覆われ、そこに冷却剤チャンネルが形成されている。より広い領域は、上述した分離リングを形成するために各接続点を残りの部分から電氣的に絶縁する。

【0053】

本発明の一の実施形態において、冷却剤チャンネルは、起伏する、または渦巻き設計として共通の軸に巻きつくことができる。本発明の一の実施形態において、チャンネルは蛇行したチャンネルとすることができる。本発明による他の変化形として冷却剤導電チャンネルが可能である。

【0054】

本発明の一の実施形態において、導電管を形成するために電気のビアは、金属（例えばCuまたはAl）にて覆われることができる。導電管は、絶縁体材料によって絶縁されることができ、かつ導電管の充填されていない断面の残りはデバイスの液体または空気冷却に使用される。

【0055】

図8は、集積回路の熱管理構造を作るための本発明による一の方法を示すフローチャートである。ステップ800において、第一基板および第二基板が設けられ、そのうちひとつが少なくともひとつの回路要素を含んでいる。ステップ802において、入口スルーホールが第一および第二基板の少なくともひとつに形成される。ステップ804において、出口スルーホールが少なくともひとつの第一または第二基板の厚さにわたって延在するように、第一および第二基板の少なくともひとつに形成される。ステップ806において、第一および第二基板の少なくともひとつにそれぞれの金属ボンディング要素が形成される。ステップ808において、第一および第二基板はそれぞれの金属ボンディング要素にて接合され、第一および第二基板の間に封止を形成し、かつ第一および第二基板の間に第一冷却剤チャンネルを形成する。少なくともひとつのスルーホールのひとつに入る流体が冷却剤チャンネルを流れ、少なくとも第一基板を冷却するように、ボンディングは、第一および第二基板の間に冷却剤チャンネル用の空間を形成する。

【0056】

本発明によると、層内ビア（すなわち上述した少なくともひとつのスルーホール）は、前に説明したFEO LまたはBEO L工程のどちらかにて配置され、これら層内ビアは、意図的に例えば銅導体により充填されず、かつひとつのレベルから隣への流体流れチャンネルとして作用する。これらのレベルからレベルへの層内ビアは、電気相互接続ビアと同じ直径とすることができ、または液体の流路および/または所望の液体の流れ特性により大きくすることができる（例えば5  $\mu\text{m}$ ）。しかし、本発明はこれらの直径に制限されず、これより小さいまたは大きい直径のビアも上述の少なくともひとつのスルーホールとして使用することができる。例のように、1  $\mu\text{m}$  ~ 100  $\mu\text{m}$  またはそれより大きいビアを使用することができる。

【0057】

1  $\mu\text{m}$  より小さい直径のビアは本発明の範囲内であるが、これらのビアは大きな抵抗（特に液体の流量に対して）を有する場合があります、より大きなビアほど望ましくない。同様に、100  $\mu\text{m}$  より大きい直径のビアは本発明の範囲内であるが、これらビアは集積回路メーカーが収容するチップ部分の領域を大きく占めすぎる可能性がある。それにもかかわらず、この不都合さは例えば特定用途の集積回路（ASICs）のようなカスタム回路においては問題とならず、またはチップ生存の問題により冷却ビアがチップの大部分を占めることを正当されるような高電力スイッチングMOSFETデバイスチップにおいては問

10

20

30

40

50

題とならない。

【 0 0 5 8 】

本発明の一の実施形態において、804において少なくともひとつのスルーホールを形成するステップは、少なくともひとつの金属ボンディング要素接続された金属導管（例えば銅管）を形成することができる。図6に示す電気絶縁フィルムは、金属導管を囲むことができる。形成された金属導管は、少なくともひとつの金属ボンディング要素に接続されたフランジ部分有するフランジ付き金属導管とすることができる。図6に示すように、ボンディング上のフランジ部分は、第一および第二基板の幅にわたって延在する金属相互接続に接続し、かつ例えば第一基板上に回路要素への電気接続の一部を形成する。

【 0 0 5 9 】

本発明の一の実施形態において図6のパレルビアに示されるように、金属相互接続は、第一または第二基板の厚さにわたって延在するスルーホールの一部となることができる。金属相互接続をスルーホール内部から絶縁するために電気絶縁体を形成することができる。金属相互接続を第一および第二基板の少なくともひとつから隔離するために、電気絶縁体を形成することができる。

【 0 0 6 0 】

本発明の一の実施形態において、806においてそれぞれの金属ボンディング要素を形成するステップ、および808において第一および第二基板をボンディングするステップは、第一および第二基板の間に流体が流れるためのチャンネルに起伏のある経路を形成する。図4は、流体の流れのためのこのようなひとつの起伏のある経路を示す。

【 0 0 6 1 】

本発明の一の実施形態において、804において少なくともひとつのスルーホールを形成するステップは、チャンネルに接続する第一および第二基板の少なくともひとつを通る二つの通路を形成する。通路のそれぞれの内面に設置された側壁絶縁体を形成することができる。本発明の一の実施形態において、第三基板が設けられ（第二および第三基板の少なくともひとつが配線およびデバイス回路を含む場合）、かつ第二または第三基板のいずれかのデバイスを冷却するために第二冷却剤チャンネルが第二および第三基板の間の空間に形成される。

【 0 0 6 2 】

図9は本発明による集積回路の熱管理のためのひとつの方法を示すフローチャートである。ステップ900において、流体が第一および第二基板の少なくともひとつの基板の入口スルーホールに供給される。ステップ902において、流体は第一基板および第二基板の間の空間によって形成された冷却剤チャンネルに供給され、冷却剤チャンネルは、第一基板を第二基板に接合している少なくともひとつの金属ボンディング要素によって封止されている。ステップ904において、流体は第一および第二基板の少なくともひとつの基板の出口スルーホールを通じて冷却剤チャンネルから除去される。

【 0 0 6 3 】

流体に蓄積した熱（例えば第一基板に接触している間に）は、冷却剤チャンネルに戻る前に消散される。例えば冷却剤チャンネルに戻る前に熱交換器を通る流体の循環によって、放熱させることができる。あるいは、空冷のために使用されるように、冷却剤チャンネルを通り、かつ出口スルーホールを通る流体の流れの後で流体が周囲に消散されることができる。

【 0 0 6 4 】

本発明に使用される冷却剤は、冷却剤チャンネルに供給される気体または液体とすることができる。これに限られないが、冷却剤は、炭化水素系ガス、フッ素化炭化水素系ガス、塩素化炭化水素系ガス、ヘリウム、水素、窒素、空気、水、炭化水素系液体、フッ素化炭化水素系液体、塩素化炭化水素系液体、または液体窒素を含むことができる。さらに本発明において、例えば図5に示すように冷却剤は、第二基板および第三基板の間の空間により形成された第二冷却剤チャンネルに供給されることができる。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

本発明の一の実施形態において図10Aに示すように、入口100および出口102または冷却流体がIC積層体106に設けられる。IC積層体は、図3Bまたは図5に示すような基板および冷却チャネルを含むことができる。入口および出口100および102は、いくつかの限定されない方法により構成されることができ、そのひとつは下部ダイの下のガスケッティング入口および出口穴（記載した同じ技術を使用してプラズマエッチングされた）であり、または上部ダイの上にガスケット化された入口、および下部ダイに出口（熱流と逆）を有する。このような穴の直径は、10～100ミクロン程度とすることができる。本発明の一の実施形態において、圧縮流体の膨張がIC積層体106を冷却するように、入口100は、膨張バルブを含むことができる。

#### 【0066】

図10Aおよび図10Bは、集積回路の熱管理のための本発明によるシステムの概略図である。これらシステムは、熱交換器108、熱管理されたIC積層体106に取り付けられた入口100の1つまたは複数の冷却剤マニホールド104に流体を供給するパイプ110を含む。図10Bに示すように、IC積層体は、また冷却剤マニホールドとして作用することができるより大きい回路基板112（またはマルチチップモジュール）に取り付けられることができる。10Aのシステムは、より大きい回路基板112（またはマルチチップモジュール）を含まずに順次冷却されるIC積層体106を示す。また連続的な冷却が必要とされない場合、パイプ110は、冷却剤マニホールド104に平行に接続されることができる。またより大きい回路基板112（またはマルチチップモジュール）は、冷却剤マニホールドとして使用することができ、冷却剤のための回路基板（またはマルチチップモジュール）の内部チャネルは、図10Bに示すように連続的な冷却を提供することができる、または平行冷却を提供するよう形成されることができる。

#### 【0067】

図11は、マルチチップモジュールの概略であり、図2のような3チップレベルを示し、かつ一体化した本発明の熱構造を有する。図11は、底基板150が上部基板152および154の支持を提供する3基板構成を示す。垂直冷却チャネルスルーホール156が上部基板152および154に存在し、かつ電気相互接続158と共に基板に一体化されている。冷却剤チャネル160および162がこの積層体の基板の間に形成される。この例に示すように、右上部に入る流体は、チャネル160の右側を通り、かつ基板152を通り下方へ流れ、冷却剤チャネル162に入る。流体は、基板152を通り冷却剤チャネル160の左上部に戻り、流体は積層体から吐き出される。図11は、この積層体のデバイス（図示せず）に接続するいくつかの金属被膜相互接続164の詳細を示す。

#### 【0068】

本発明において上記の技術を踏まえた多数の改良形および変化形が可能である。したがって、添付の請求項の範囲内において、特にここに記載したもののほかに本発明を実行することができることが理解されるべきである。

#### 【符号の説明】

#### 【0069】

- 20   ボンディングパッド
- 22   構造体
- 24   第一基板
- 26   回路要素
- 28   第二基板
- 30   冷却剤チャネルスルーホール
- 32   金属ボンディング要素
- 34   冷却剤チャネル
- 36   電気フィードスルー
- 38   電気相互接続
- 40   分離リング
- 42   非導電領域

10

20

30

40

50

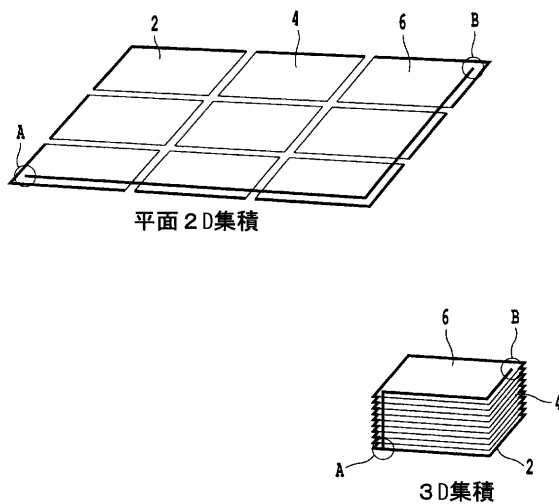


- 4 4 内部チャネル絶縁体
- 4 6 ボンディング平面
- 4 8 金属ボンディング要素
- 5 0 冷却剤スルーホール
- 5 2 冷却剤スルーホール
- 5 4 第三基板
- 5 8 冷却剤スルーホール
- 6 0 冷却剤スルーホール
- 6 2 第一冷却剤チャネル
- 6 4 第二冷却剤チャネル
- 6 8 電気フィードスルー
- 7 0 パレルビア
- 7 2 中央スルーホールチャネル
- 7 4 パレルビア
- 7 6 中央スルーホールチャネル
- 7 8 第一層
- 8 0 導電金属
- 8 4 第二層
- 1 0 0 入口
- 1 0 2 出口
- 1 0 4 冷却剤マニホールド
- 1 0 6 I C 積層体
- 1 0 8 熱交換器
- 1 1 0 パイプ
- 1 1 2 回路基板

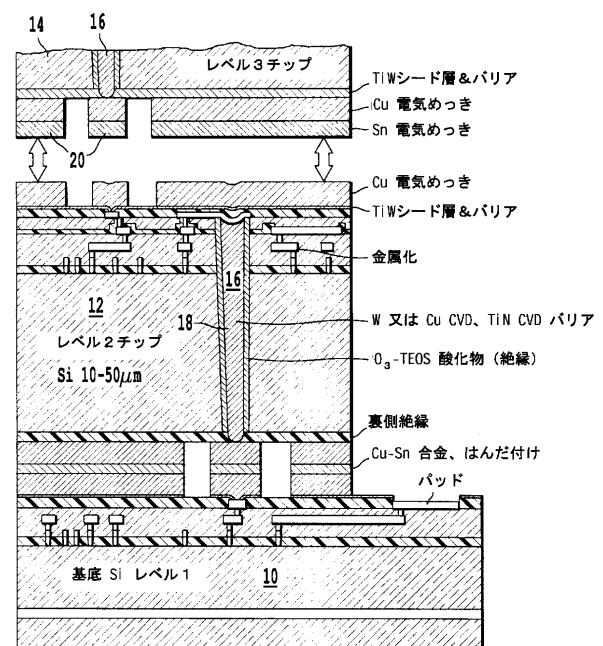
10

20

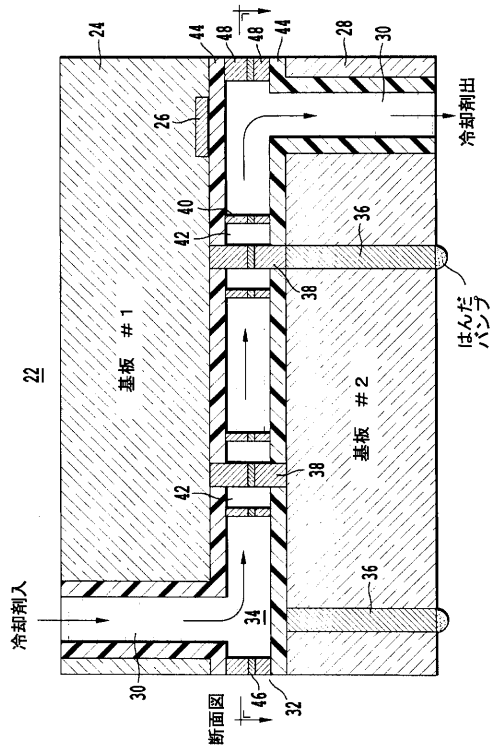
【図 1】



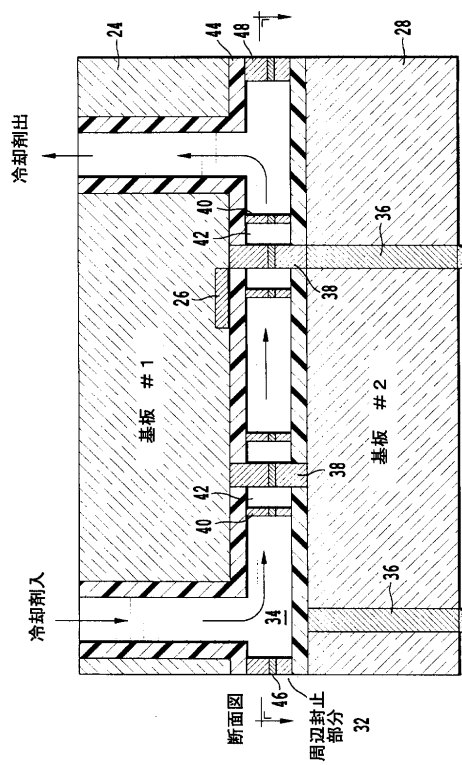
【図 2】



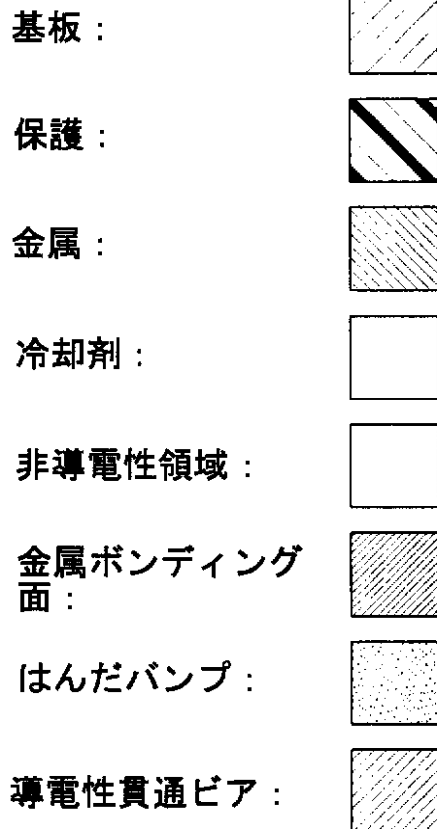
【図 3 A】



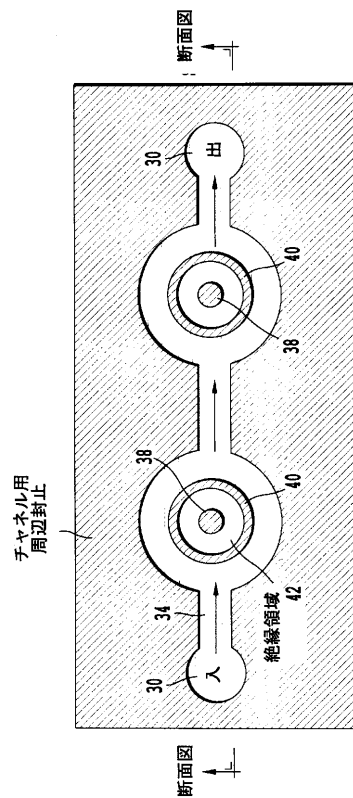
【図 3 B】



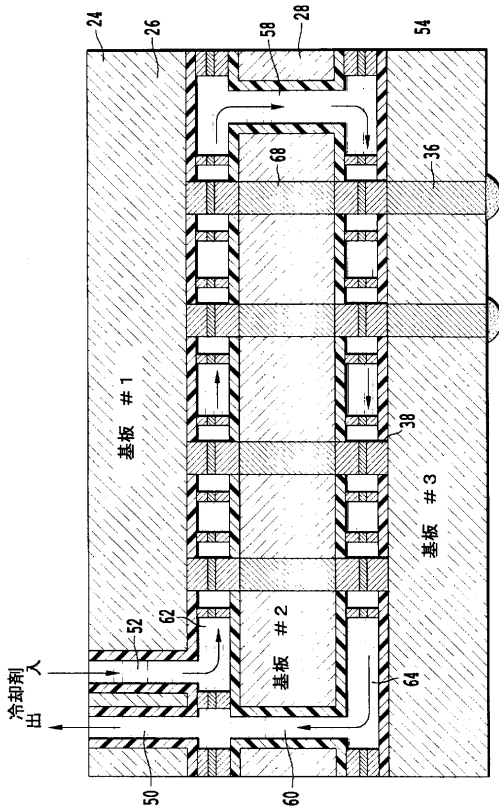
【図 3 C】



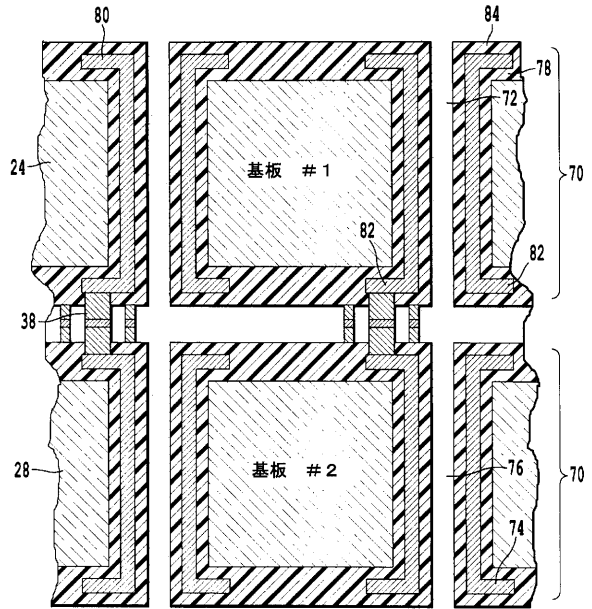
【図 4】



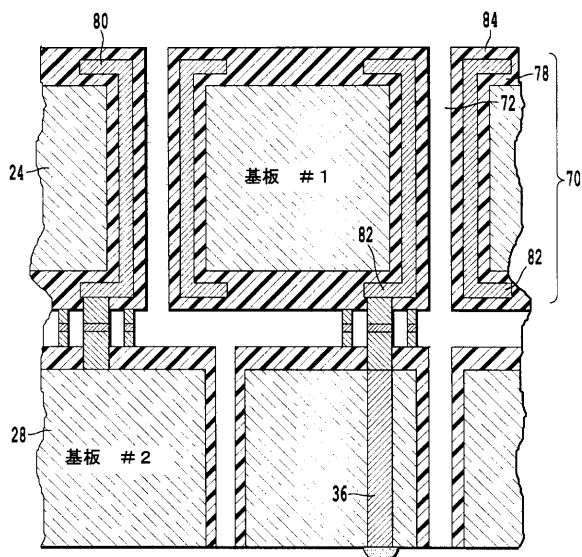
【図 5】



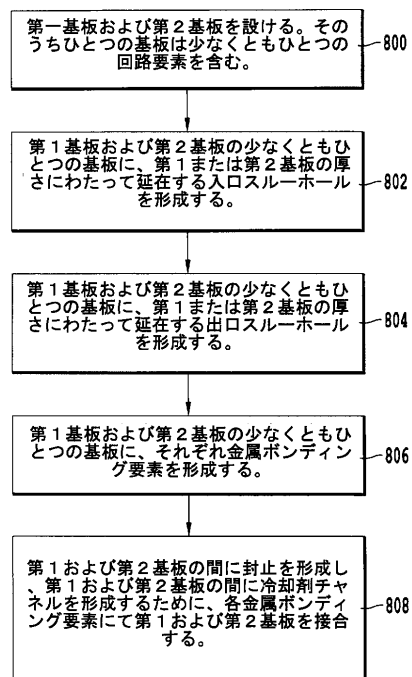
【図 6】



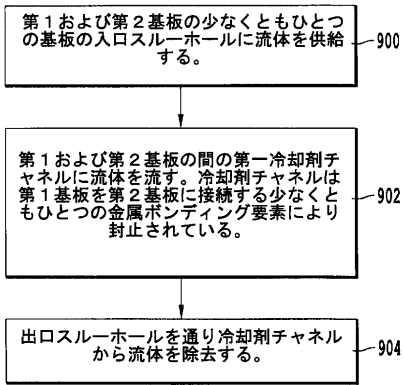
【図 7】



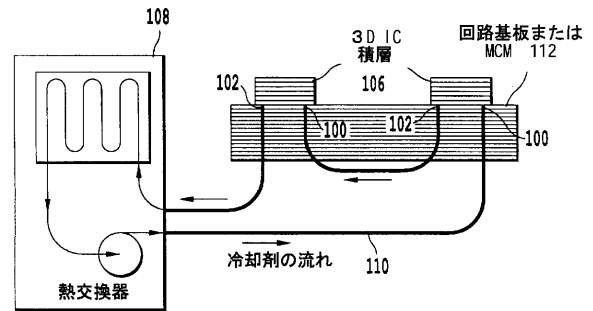
【図 8】



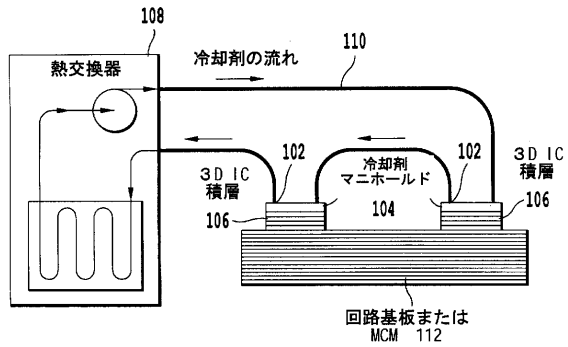
【図 9】



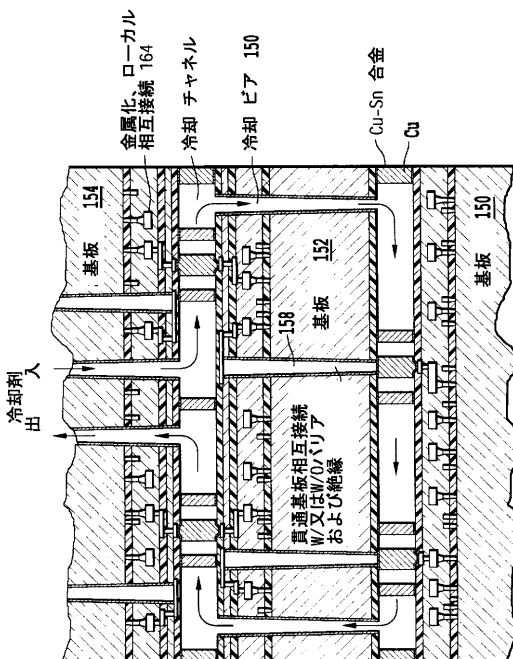
【図 10 B】



【図 10 A】



【図 11】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 08/71351

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - H01P 3/08 (2008.04) USPC - 333/246; 438/108 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) USPC: 333/246; 438/108  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 333/246; 438/108; 438/106  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST(USPT,PGPB,EPAB,JPAB); DialogPRO(Engineering); Google Scholar Search Terms: third substrate, cooling channels, substrate bonding, eutectic, multi-wafer, third wafer, through-hole, wafer bonding, SOI, Interconnect, thermal management, bonded substrates, seal, coolant channel, eutectic alloy.		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,242,778 B1 (Marmillion et al.) 5 June 2001 (05.06.2001), entire document especially col. 2, in 25-30, 40-45; col. 3, in 40-45; col. 4, in 1-15, in 30-40, in 60-64; col. 5, in 15-20;	1-2, 13-18, 21, 30-33
Y	US 5,001,548 A (Iversen) 19 March 1991 (19.03.1991), entire document especially abstract; col. 8, in 10-15; col. 11, in 15-20; col. 13, in 25-32;	3-12, 19-20, 22-29, 34-48
Y	US 5,225,707 A (Komaru et al.) 6 July 1993 (06.07.1993), entire document especially abstract;	3-6, 23-29, 35-40, 42-44
Y	US 5,378,926 A (Chi et al.) 3 January 1995 (03.01.1995), entire document especially abstract;	7-10, 24, 29
Y	US 5,378,926 A (Chi et al.) 3 January 1995 (03.01.1995), entire document especially abstract;	11-12, 22
Y	US 6,391,673 B1 (Ha et al.) 21 May 2002 (21.05.2002), entire document especially col. 2, in 1-5;	19-20, 34
Y	US 6,992,382 B2 (Chrysler et al.) 31 January 2006 (01.31.2006), entire document especially col. 5, in 1-5; col. 6, in 35-40;	38-48
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17 October 2008 (17.10.2008)		Date of mailing of the international search report 10 NOV 2008
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

**H 0 1 L 23/52 (2006.01)**

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 フィリップ・ガロウ

アメリカ合衆国・ノースカロライナ・2 7 5 1 3・ケーリー・イーサンズ・グレン・コート・1 1  
1

(72)発明者 チャールズ・ケネス・ウィリアムズ

アメリカ合衆国・ノースカロライナ・2 7 6 0 8・ローリー・フェアビュー・ロード・2 6 1 9

(72)発明者 クリストファー・エー・パウアー

アメリカ合衆国・ノースカロライナ・2 7 6 0 9・ローリー・ヨークタウン・ブレイス・3 7 5 1

F ターム(参考) 5F033 GG02 GG03 GG04 HH07 HH11 HH13 JJ08 JJ11 MM30 PP27

PP28 QQ73 RR04 RR06 RR08 TT07 VV07 VV15 XX22

5F136 CB07 CB08 DA17 DA44