

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-28771
(P2012-28771A)

(43) 公開日 平成24年2月9日(2012.2.9)

| | | |
|-------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| HO 1 L 23/36 (2006.01) | HO 1 L 23/36 D | 5 F 1 3 6 |
| HO 1 L 25/065 (2006.01) | HO 1 L 25/08 Z | |
| HO 1 L 25/07 (2006.01) | | |
| HO 1 L 25/18 (2006.01) | | |

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

| | | | |
|--------------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2011-158573 (P2011-158573) | (71) 出願人 | 508243639 エルエスアイ コーポレーション アメリカ合衆国 95035 カリフォル ニア, ミルピタス, バーバー レーン 1 621 |
| (22) 出願日 | 平成23年7月20日 (2011.7.20) | (74) 代理人 | 100094112 弁理士 岡部 譲 |
| (31) 優先権主張番号 | 12/840,016 | (74) 代理人 | 100064447 弁理士 岡部 正夫 |
| (32) 優先日 | 平成22年7月20日 (2010.7.20) | (74) 代理人 | 100104352 弁理士 朝日 伸光 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (74) 代理人 | 100106183 弁理士 吉澤 弘司 |
| | | (74) 代理人 | 100128657 弁理士 三山 勝巳 |

最終頁に続く

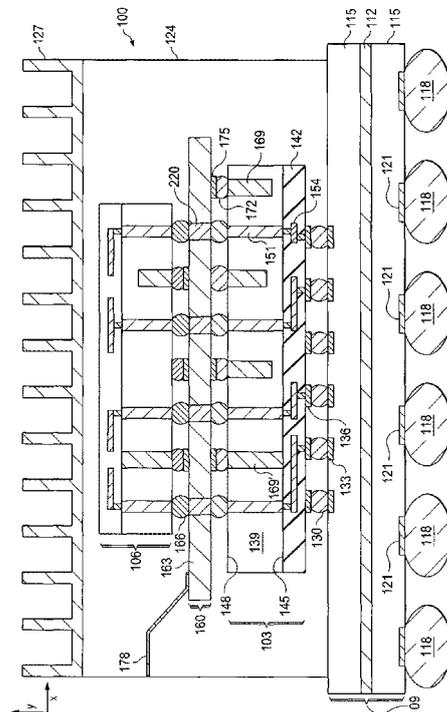
(54) 【発明の名称】 積層状の相互接続ヒートシンク

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 効果的に熱を放散することができる集積回路とヒートスプレッドとを含む積層状の相互接続ヒートシンクを提供する。

【解決手段】 電子デバイス100は集積回路103とヒートスプレッド160とを含む。集積回路103は、内部に配置されているアクティブ・ビア151を備えた基板139を含む。ヒートスプレッド160は熱伝導コア163を含む。アクティブ・ビア151は、熱伝導コア163を貫通する、対応するヒートスプレッド・ビア220に接続されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を有する集積回路と、
前記基板の内部に配置されているアクティブ・ピアと、
熱伝導コアを含むヒートスプレッドと、
前記熱伝導コアを貫通しておりかつ前記アクティブ・ピアに導電結合されているヒート
スプレッド・ピアとを含む、電子デバイス。

【請求項 2】

前記基板の内部に配置されておりかつ前記熱伝導コアに接続されている基板プラグをさ
らに含む、請求項 1 に記載の電子デバイス。

10

【請求項 3】

前記集積回路は第 1 の集積回路であり、前記熱伝導コアは前記第 1 の集積回路と第 2 の
集積回路との間に配置されており、前記アクティブ・ピアは、前記第 1 の集積回路と前記
第 2 の集積回路との間で信号を伝達するように構成されている、請求項 1 に記載の電子デ
バイス。

【請求項 4】

前記熱伝導コアは電気絶縁層であり、前記ヒートスプレッド・ピアは前記電気絶縁層に
直接接触しており、前記基板の内部に配置されている基板プラグが、前記電気絶縁層の内
部に配置されているヒートスプレッド・プラグに接続されている、請求項 1 に記載の電子
デバイス。

20

【請求項 5】

電子デバイス基板に取り付けられるように構成されているヒートスプレッドであって、
熱伝導コアと、
前記熱伝導コアを貫通しているヒートスプレッド・ピアと、
集積回路基板プラグへのはんだ接続を形成するように構成されている前記熱伝導コアの
接続点とを含む、ヒートスプレッド。

【請求項 6】

前記熱伝導コアは導電層であり、前記熱伝導コアと前記ヒートスプレッド・ピアとの間
に配置されている誘電層をさらに含む、請求項 5 に記載のヒートスプレッド。

【請求項 7】

前記熱伝導コアは電気絶縁層であり、はんだボールへの冶金接続を形成するように構成
されているヒートスプレッド・プラグをさらに含む、請求項 5 に記載のヒートスプレッド
。

30

【請求項 8】

電子デバイスを形成する方法であって、
基板を有する集積回路を設け、
前記基板の内部にアクティブ・ピアを配置し、
ヒートスプレッドの熱伝導コアを貫通する、対応するヒートスプレッド・ピアに前記ア
クティブ・ピアを接続する、ことを含む方法。

【請求項 9】

前記熱伝導コアは導電層であり、前記ヒートスプレッド・ピアと前記熱伝導コアとの間
に誘電層を配置し、前記熱伝導コアの表面上にはんだパッドを形成する、ことをさらに含
む請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記熱伝導コアは電気絶縁層であり、前記電気絶縁層の内部に配置されているヒートス
プレッド・プラグと前記基板の内部に配置されている基板プラグとの間に冶金接続を形成
する、ことをさらに含む、請求項 8 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本願は、全般的に電子デバイスに関し、さらに具体的には、そこからの熱除去に関する。

【背景技術】

【0002】

電子デバイスからの熱除去が、電子システム設計の最も重要な局面として解決されないままである。そのようなデバイスの集積密度の上昇により、出力密度、例えば電子デバイスの単位面積当たりに消費される出力量が確実に上昇する結果になっている。相互接続トレース (interconnect trace) (金属線) の寸法を縮小することにより、温度活性化エレクトロマイグレーション (temperature-activated electromigration) などの影響による高温に対するより良い感度 10がもたらされる。この要因の組合せにより、電子デバイスおよびシステムの製造者サイドにおいて、熱に関するシステム設計問題に対する注目がますます高まっている。しかし、そのような注目は、全設計状況における熱に関する問題を軽減するには十分ではない。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

一態様が、集積回路とヒートスプレッドを含む電子デバイスを提供する。集積回路は、内部に配置されているアクティブ・ピアを備えた基板を含む。ヒートスプレッドは熱伝導コアを含む。アクティブ・ピアは、熱伝導コアを貫通する、対応するヒートスプレッド・ピアに導電接続されている。 20

【0004】

別の態様が、集積回路基板に取り付けられるように構成されているヒートスプレッドを提供する。ヒートスプレッドは、熱伝導コアと、熱伝導コアを貫通するヒートスプレッド・ピアとを含む。熱伝導コアの接続点が、集積回路基板プラグへのはんだ接続を形成するように構成されている。

【0005】

さらに別の態様が、電子デバイスを形成する方法を提供する。本方法は、基板を有する集積回路を設けることを含む。アクティブ・ピアが基板の内部に配置されている。アクティブ・ピアは、ヒートスプレッドの熱伝導コアを貫通する、対応するヒートスプレッド・ピアに接続されている。 30

【0006】

ここで、添付図面と併用されている以下の記載を参照する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】3次元デバイス積層内の2つの集積回路間に配置されているヒートスプレッドを含む本開示の電子デバイスの図である。

【図2A】本開示のヒートスプレッド、例えば図1のヒートスプレッド160の種々の実施形態の図である。

【図2B】本開示のヒートスプレッド、例えば図1のヒートスプレッド160の種々の実施形態の図である。 40

【図2C】本開示のヒートスプレッド、例えば図1のヒートスプレッド160の種々の実施形態の図である。

【図2D】本開示のヒートスプレッド、例えば図1のヒートスプレッド160の種々の実施形態の図である。

【図3A】集積回路の対応する熱放散パターンのための、集積回路基板内の基板プラグの種々の構成の図である。

【図3B】集積回路の対応する熱放散パターンのための、集積回路基板内の基板プラグの種々の構成の図である。

【図3C】集積回路の対応する熱放散パターンのための、集積回路基板内の基板プラグの種々の構成の図である。 50

【図 3 D】集積回路の対応する熱放散パターンのための、集積回路基板内の基板プラグの種々の構成の図である。

【図 4 A】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 B】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 C】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 D】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 E】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 F】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 G】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 H】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 4 I】本開示のヒートスプレッド、例えば図 1 のヒートスプレッド 160 を形成する方法の図である。

【図 5 A】本開示の電子デバイス、例えば図 1 の電子デバイスを形成する方法の図である。

【図 5 B】本開示の電子デバイス、例えば図 1 の電子デバイスを形成する方法の図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

ますます注目が集まっている熱除去の一領域が、3次元(3D)パッケージングである。そのような用途では、2つ以上の集積回路(IC)が、垂直デバイス積層に一体化されていてもよく、共通のパッケージ内に配置されていてもよい。本明細書では、デバイス積層は、少なくとも第1の電子デバイスと第2の電子デバイス、例えば第2のICがパッケージ基板の上方に配置されておりかつ第1のICが第2のICとパッケージ基板との間に配置されているICの組立体である。そのようなデバイスは、例えばフリップ・チップ、ボールグリッドアレイおよびシリコン貫通電極の方法を含んでいてもよい。

【0009】

異なるダイ上にある電子デバイスを一体化する空間効率の良い手段を提供する一方で、垂直積層から放散された熱を除去して、越えるとパッケージ化されたデバイスの動作または信頼性が危うくなる可能性がある温度を超過することを回避する必要により、いくつかの場合に3Dパッケージが複雑になる可能性がある。ますます積極的なパッケージング解決策を検討するシステム設計者らにより求められるワット損を提供する従来の方法技術では、たとえあったとしても少数の解決策しかもたらされない。

【0010】

本開示には、新規のヒートスプレッドを積層に導入してそこから熱を除去することにより、集積回路積層の熱放散に関連する有害作用が軽減される可能性があるという認識が有効である。新規の電子デバイス・アーキテクチャが、IC積層内の2つの集積回路間に構成されているヒートスプレッドを含む。ヒートスプレッドを通るビア経路により、信号が集積回路間を通過することが可能になる。ヒートスプレッドは、デバイス・パッケージ、熱電冷却器、ヒートシンクまたはシステム基板(プリント基板)などの多くの可能な熱放散経路のいずれかへ、積層の内部からの熱を逃がし、それにより積層の動作温度を下げてよい。

【0011】

10

20

30

40

50

図1を参照すると、基板109の上方の垂直積層構成内に第1のIC103と第2のIC106とを含む本開示の電子デバイス100が示されている。検討を進めるために、「垂直な」は、指示されている通り図1のy軸に平行な方向であり、例えば基板109の平面に対して略垂直である。デバイス100の外部では、基準に対する配向が、必ずしも用語「垂直な」および「水平な」により示されない。デバイス100は、本開示の範囲内の種々の実施形態の例示であり、本開示の範囲を限定するものではない。代替の実施形態が、限定されないが、より多数の集積回路、プラスチックおよびセラミックを含む様々なパッケージ型、ならびにリード線を備えたパッケージなどの、デバイス100に基づく変形形態を含み得ることを、当業者は認識するであろう。

【0012】

基板109は、コア112と信号ルーティング層115とを例示的に含む。本開示の範囲内の実施形態は、何か特定の種類の基板109に限定されない。信号ルーティング層115は、複数の信号ルーティング副層を含んでいてもよい。例示的に、従来のボールグリッドアレイの一部であってもよいはんだボール118が、ボール・パッド121に取り付けられている。はんだボール118は、回路基板(図示せず)などの電子組立体にデバイス100を取り付けるのに使用されてもよい。基板109とその上に重なっているパッケージ本体124とは、ボールグリッドアレイ(BGA)、キャビティ型BGA、マルチチップ・モジュール(MCM)、プラスチック・リード・チップ・キャリア(PLCC)、およびセラミック・リード・チップ・キャリアなどの、任意の従来の型または将来開発される型であってもよいパッケージを形成している。随意に、ヒートシンク127が、パッケージ本体124に熱的に接続されていてもよい。フィン付きヒートシンクとして示されているが、使用される場合、ヒートシンク127は、熱電モジュールなどの能動デバイスを含む任意のタイプであってもよい。

【0013】

IC103は、「フリップ・チップ」構成で、基板109の上方に例示的に配置されている。IC103と基板109との間に配置されている従来のはんだボール130が、基板109上に配置されているはんだパッド133とIC103上に配置されているはんだパッド136とを介して、その間に電気的かつ機械的接続を形成している。IC103は、基板139と相互接続レベル142とを含む。基板139には、例えば製造用ウェハ(production wafer)から切り取られたSiダイなどの半導体基板が含まれる可能性がある。相互接続レベル142は、基板139上のトランジスタなどの電子構成要素間に接続をもたらすように配置されている1つまたは複数の金属層と1つまたは複数の誘電層とを含んでいてもよい。基板139は、相互接続レベル142との界面を形成する前面145と、対向する後面148とを有する。従来例示的相互接続線154経由で、信号が、はんだボール130から従来のアクティブ・ビア151へルーティングされる。

【0014】

アクティブ・ビア151は、出力、接地またはアクティブ信号を導くように構成されているビアである。アクティブ信号は、アナログ情報および/またはデジタル情報を伝達する信号であり、集積回路の能動回路による出力である。能動回路は、論理ゲートおよび/またはアナログ回路を含む回路であり、信号を修正して情報を伝達するように動作する。

【0015】

ヒートスプレッド160が、IC103とIC106との間に配置されている。ヒートスプレッド160は、熱伝導コア163を含む。本明細書ではかつ特許請求の範囲では、少なくとも約10W/m・Kの熱伝導性を有する熱伝導手段である。種々の実施形態では、ヒートスプレッド160は、積層状のIC103およびIC106から熱を除去するように構成されており、それにより、IC103、106の一方または両方の動作温度を低下させる。熱伝導コア163は、例えば金属、セラミックまたは合成であってもよい。金属の場合、熱伝導性は、好ましくは少なくとも約100W/m・K、より好ましくは少なくとも約200W/m・K、最も好ましくは少なくとも約400W/m・Kである。セラ

10

20

30

40

50

ミックまたは合成の場合、熱伝導性は、好ましくは少なくとも約 $10 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、より好ましくは少なくとも約 $20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、最も好ましくは少なくとも約 $100 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ である。

【0016】

図2A~2Dは、ヒートスプレッド160の種々の実施形態を示す。図示の実施形態は、別途本開示の範囲内の他の実施形態を排除しない。図2Aは、ヒートスプレッド160Aが電気絶縁コアまたは誘電コア205を含む実施形態を示す。一態様では、コア205は熱伝導性である。電気絶縁性かつ熱伝導性の例示的材料には、例えばいくつかのセラミック材料およびいくつかの複合材料、ならびにいくつかのガラスが含まれる。本明細書では、セラミック材料には、 Al_2O_3 、BNおよびSiCなどのセラミック、ならびにダイヤモンド様炭素(DLC)として通例述べられている種々の無機化合物が含まれる。複合材料は、例えば有機樹脂もしくはシリコン・ベースの樹脂、またはそれ自体で樹脂またはマトリクスより高い熱伝導性を付与する充填材粒子を有するセラミック・マトリクスであってもよい。熱伝導コア163に使用されてもよい複合材料の説明に役立つ事例には、St. Paul、MN、USA所在のAlpha Materials Inc.により製造されている、少なくとも約 $200 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ の熱伝導性を有するAlSiC金属マトリクス複合材料と、Warwick、RI、USA所在のCool Polymers, Inc.により製造されている、約 $10 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ の熱伝導性を有するプラスチック樹脂複合材料とが含まれる。

10

【0017】

一実施形態では、ヒートスプレッド160はマイクロチャンネル基板である。当業者には当然のことながら、マイクロチャンネル基板は、従来の方法を使用して形成されてもよい。水または冷媒などの冷却液が、マイクロチャンネルを通して循環していてもよい。第1のIC103および/または第2のIC106からの熱が冷却液まで移送され、それにより、デバイス100からの熱伝導率を高めてもよい。冷却液は、次いで、外部熱交換器を通して循環して、廃熱を放出してもよい。冷却液は、閉ループまたは開ループ内で循環してもよい。

20

【0018】

図2Aを引き続き参照すると、熱伝導コア205は、第1の主面210と対向する第2の主面215とを有する。ヒートスプレッド・ビア220が、熱伝導コア205を貫通している。「貫通する」は、ヒートスプレッド・ビア220が第1の主面210においてビア面221を、第2の主面215においてビア面222を呈していることを意味する。一態様では、ヒートスプレッド・ビア220は熱伝導性であり、それにより、アクティブ・ビア151により流された信号を熱伝導コア163を通して伝達する。表面221、222は、はんだ接続部、例えばはんだボール、への結合を形成してもよい。随意に、界面層225が一方または両方の表面221、222上に配置されてもよい。界面層225は、Pd、Ni、PtまたはAuなどの、はんだ接続部メタライゼーションに従来使用されている1つまたは複数の金属層の組合せを含んでいてもよい。

30

【0019】

1つまたは複数の接続点230が、コア205上に配置されてもよい。接続点230は、IC103および/またはIC106とコア205との間にはんだ接続を形成する手段を提供し、それにより、コア205への熱経路を形成する。接続点230は、例えばはんだパッドとして示されている。各接続点230は、コア205への機械的かつ熱的接続を設ける必要に応じて、1つまたは複数の化合物層および/または元素層を含んでいてもよい。そのような層は、限定されないが、Pd、Ni、PtおよびAuなどの金属層、ならびにTiN、TaNなどの化合物層を含んでいてもよい。随意に、接続点230の接着を強化するために、表面210、215をプラズマ法で処理して、表面210、215を清浄化し、粗面化し、化学的に活性化してもよい。

40

【0020】

図2Bは、ヒートスプレッド160Bの実施形態を示す。本実施形態では、ヒートスプレ

50

レッダ 160B は、金属などの導電性材料で形成されているコア 235 を含む。本明細書においてコア 235 の場合に使用されている「導電性」は、熱伝導コア 163 の電気伝導率 があまりに高いので、複数のヒートスプレッド・ビア 220 を通して伝達される信号が、IC 103 と IC 106 との間で情報を正確に伝達するように適切に分離されないであろうことを意味する。いくつかの場合には、例えば、 $> \text{約 } 5 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ は、導電性であると見なされる。コア 235 は、何か特定の金属に限定されない。しかし、Zi、Al、Au、Cu または Ag から選択される金属またはそれらを含む金属が、これらが少なくとも $200 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ の熱伝導率を有するので、有利に使用される。いくつかの場合には、銅が $400 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ より高い熱伝導率を有するので、銅コア 235 が好ましい可能性がある。

10

【0021】

絶縁スリーブ 240 が、ヒートスプレッド・ビア 220 とコア 235 との間に配置されていてもよい。絶縁スリーブ 240 は、セラミックまたはポリマーなどの任意の適切な絶縁体であってもよい。絶縁スリーブ 240 は、前もって形成され、コア 205 に形成されている開口部内に挿入されてもよいが、またはそのような開口部の側壁上に形成されてもよい。絶縁スリーブ 240 が前もって形成された場合、絶縁スリーブ 240 がコア 235 の内部に配置される前または後に、ヒートスプレッド・ビア 220 は、絶縁スリーブ 240 の内部に配置されてもよい。1つの説明に役立つ実例では、絶縁スリーブ 240 は、最初にワイヤ上に形成され、その被覆されたワイヤは、次いで、コア 235 に形成されている穴部内に挿入され、次いで、表面 210、215 と面一に切り取られ、ヒートスプレッド・ビア 220 を形成してもよい。別の説明に役立つ実例では、化学蒸着 (CVD) または表面重合 (例えば、パリレン族の材料) などのコンフォーマル法 (conformal process) により、絶縁材料を開口部の内部に堆積させて、絶縁スリーブ 240 を形成してもよい。ヒートスプレッド・ビア 220 は、次いで、電気めっきまたは無電解析出法により、絶縁穴部内に形成されてもよい。

20

【0022】

随意に、接続点 230、例えばはんだパッド、は、導電性コア 235 上に形成されてもよい。はんだパッドが接続点 230 として使用される場合、ヒートスプレッド 160B へのはんだ接続が、Au または Pd などの適合する不活性最上金属層を選択することによってはんだパッドに対するはんだの湿潤を促進することにより改善されてもよい。そのような層は、酸化物を容易に形成せずはんだボールへの接続を強化する表面をもたらす可能性がある。コア 235 がはんだ付け可能な表面を呈する場合など、いくつかの場合には、接続点 230 にはんだパッドが不要である。そのような場合には、接続点 245 が、第 1 の主面 210 または第 2 の主面 215 上の任意の所望の位置であってもよい。

30

【0023】

図 2C は、コア 250 を有するヒートスプレッド 160C の実施形態を示す。本実施形態では、総称してヒートスプレッド・プラグ 255 と呼ばれるヒートスプレッド・プラグ 255a ~ 255c が、コア 250 の少なくとも部分的に内部に配置されており、それらは、電気絶縁性または導電性であってもよい。ヒートスプレッド・プラグ 255 は、それにより、IC 103 / 106 からコア 250 への熱流を増加させてもよい。ヒートスプレッド・プラグ 255 の 3 つの例が示されているが、それらに限定されない。ヒートスプレッド・プラグ 255a は、コア 250 を完全に貫通して延在している。ヒートスプレッド・プラグ 255b は、コア 250 を部分的に貫通して延在しており、コア 250 の第 2 の主面 215 側にはんだ接続を形成するのに利用可能な表面を有する。ヒートスプレッド・プラグ 255c は、コア 250 を部分的に貫通して延在しており、コア 250 の第 1 の主面 210 側にはんだ接続を形成するのに利用可能な表面を有する。随意に、接続点 230 が、ヒートスプレッド・プラグ 255a、255b、255c のいずれかの露出表面上に形成されてもよい。

40

【0024】

図 2D は、ヒートスプレッド 160D の実施形態を示す。本実施形態では、導電性また

50

は電気絶縁性のいずれかであってもよいコア250は、第1の主面265上の金属層260と第2の主面275上の金属層270とを有する。ヒートスプレッド160Dは、前述の通りヒートスプレッド・ビア220と絶縁スリーブ240とを含んでいてもよい。随意に、記載されている実施形態のいずれかの1つもしくは複数の接続点230および/または1つもしくは複数のヒートスプレッド・プラグ255が含まれていてもよい。金属層260、270が選択されて、酸化物を低減してもよいかつ/またははんだ付け性を向上させてもよい。例えば、金属層260、270は、Ni、Ni/Pd、Ni/Pd/Auなどの、Ni、Pd、PtもしくはAuの1つもしくは複数の層、またははんだ付け可能な表面をもたらすことで既知の仕上げ層の他の組合せを含んでいてもよい。そのような仕上げ層は当業者に公知であり、リソグラフィおよびエッチングと併用の電気めっきもしくは物理的蒸着などの従来の方法、または物理的マスキングを用いて形成されてもよい。

10

【0025】

図1に戻って、ヒートスプレッド・ビア220は、従来のはんだボール166により、IC103とIC106との間で信号を伝達する。はんだボール166は、IC106とヒートスプレッド・ビア220との間に電気的かつ機械的接続を形成している。いくつかの実施形態では、基板プラグ169が、IC103またはIC106の内部に配置されている。検討の便宜上IC103に焦点を合わせて、基板プラグ169は、基板139の内部に配置されている。基板プラグ169は、はんだボール172に接続されていてもよく、はんだボールは、図示の実施形態では、熱伝導コア163上に配置されている接続点175に接続されている。いくつかの場合には、接続点175は、接続点230を含む。基板プラグ169とはんだボール172とは、基板139からヒートスプレッド160まで熱を伝導する熱経路を形成している。ヒートスプレッド160は、金属熱分路178を経由して、またはより大きな表面積を設けて例えばヒートスプレッド160が埋め込まれていてもよい複合成形パッケージに熱を移送するだけで、パッケージ本体124に熱を移送してもよい。

20

【0026】

基板プラグ169は、基板プラグ169がアクティブ電気信号を全く伝達しないという点で、従来のはんだ貫通ビア(through-substrate via)と異なっている。しかし、基板プラグ169は、パッケージ本体124経由で、接地基準(ground reference)への接続を設けることができる。複数の基板プラグ169は、アクティブ信号と一緒に短絡するリスクなしに導電性である熱伝導コア163に、同時に接続されていてもよい。いくつかの実施形態では、基板プラグ169は、基板プラグ169'で示されている通り、基板139の前面145および背面148の両方に交差する。いくつかの実施形態では、図示の通り、基板プラグ169は、基板139の背面148とのみ交差する。この後者の実施形態は、設計検討により能動回路のために基板139の前面145のより大きな割合を利用することが好ましくなる状況で有利である可能性がある。基板プラグ169は、任意の特定の直径または任意の特定の深さに限定されない。直径は、基板プラグ169を形成する方法が基板139の前面側でビア・レベルの相互接続を形成するのに用いられる方法と同一であるように選択されてもよい。いくつかの場合には、基板139は、デバイス100を形成する前に、その背面上で研磨されてもよい。

30

40

【0027】

ヒートスプレッド160は、その動作中にデバイス100からの熱を伝導する効果的な手段を提供することが予想される。従来はIC積層では、IC106の温度は、IC103および106の合計ワット損ならびに熱的特性に部分的に左右される温度まで上昇すると予想される。特に、従来は用途では、IC103、106により生成される熱が、主として垂直に(y軸に平行に)、はんだボール118までかつ下部の基板まで下方に、パッケージ本体124まである程度上方に伝導される。しかし、誘電層などのIC103、106の種々の層および基板109は、通常、低い熱電導性を有する。そのような層の存在が、周囲環境からIC103、106を熱的に絶縁する効果を有し、最大所望動作温度を超過する可能性がある動作温度をもたらす。

50

【 0 0 2 8 】

ヒートスプレッド 160 は、水平（x 軸に平行な）熱経路を提供し、デバイス 100 からの熱を除去する。ヒートスプレッド 160 により提供される熱経路は、IC 103、106 からの熱流を著しく妨げる形で誘電層を含まない。したがって、ヒートスプレッド 160 は、外部環境へ熱を効果的に伝導し、望ましくはデバイス 100 の動作温度を低下させることが予想される。

【 0 0 2 9 】

図 3 A ~ 図 3 D を参照すると、基板 139 などの集積回路基板内の基板プラグ 169、169' の種々の構成が示されている。様々な場合について基板 139 から熱を除去する態様に焦点を合わせるために、アクティブ・ビア 151 は省略されている。図 3 A は、基板プラグ 169 が通常の 2 次元配列で配置されている実施形態を示す。そのような構成が簡潔に実施されてもよく、少なくとも熱が伝導経路の線形領域を流動する場合、基板 139 の特定の位置で熱が生成される速度に略直線的に比例する速度で、基板 139 から熱を伝導することが予想される。例えば、領域 310 が 1 ワット消費し、領域 320 が 2 ワット消費した場合、領域 310 内の基板プラグ 169 の速度の 2 倍の速度で、領域 320 内の基板プラグ 169 経由で、熱が流動することが予想される。しかし、基板プラグ 169 の有限な熱伝導性が原因で、領域 320 の温度上昇は、領域 310 の場合より大きいことが予想される。

10

【 0 0 3 0 】

図 3 B は、電気回路に占有されていない基板 139 上の空間の可用性に関連した疑似ランダム式に、基板プラグが配されている実施形態を示す。例えば基板プラグ 169' が基板 139 の能動側まで延びている場合に、そのような構成が生じる可能性がある。図 3 B の構成はまた、動作中、基板 139 上により高温の領域およびより低温の領域をもたらすことが予想される。

20

【 0 0 3 1 】

図 3 C は、領域 330 内により高密度の基板プラグ 169 が配置されている実施形態を示す。領域 330 は、領域 330 の外部の基板 139 の部分より高い出力密度に関連している可能性がある。十分な数の基板プラグ 169 を領域 330 内に配置することが、図 3 A に示されている基板プラグ 169 の一様密度で起こると考えられるより低く、領域 330 の温度上昇を制限するように機能することが予想される。したがって、基板 139 の動作温度は、基板プラグ 169 の適切な配置により、より一定になる可能性がある。

30

【 0 0 3 2 】

図 3 D は、領域 340 内により高密度の基板プラグ 169 が配置されており、かつ領域 350 内により低密度の基板プラグ 169 が配置されている実施形態を示す。基板プラグ 169 のこの密度構成は、基板 139 上で特定の温度プロファイルを達成するために基板プラグ 169 が使用されてもよい場合を例示している。例えば、領域 340 内のより高密度の基板プラグ 169 は、その内部の動作温度を低下させるように作用してもよい。対照的に、領域 350 内のより低密度の基板プラグ 169 は、その内部の動作温度を上昇させるように作用してもよい。基板プラグ 169 の配置を構成して、動作中に特定の温度プロファイルを生成することは、デバイス 100 の性能がそのような温度プロファイルにより向上する状況において有用である可能性がある。

40

【 0 0 3 3 】

本明細書における種々の実施形態は、IC 103 へのヒートスプレッド 160 の接続に関連して記載されているが、当業者には当然のことながら、ヒートスプレッド 160 は IC 106 に同様に接続されている可能性がある。さらに、図 1 は、ヒートスプレッド 160 が間に配置されている状態の 2 つの集積回路 103、106 を示しているが、当業者には当然のことながら、デバイス積層から熱を横方向に除去するように所望されているヒートスプレッドが任意の 2 つの IC 間に配置されている状態で、より多数の IC が積み重ねられていてもよい。これら実施形態の各々は、本開示および特許請求の範囲の範囲内に明確に含まれる。

50

【0034】

図4A～図4Hを参照すると、ヒートスプレッド、例えばヒートスプレッド160、を形成するために、全般的に400に指定されている方法の例が記載されている。本方法は、熱伝導コア163が導電性である実施形態について無制限に記載されているが、そのような実施形態に限定されない。本方法は、ヒートスプレッド160を形成するために用いられてもよい他の方法を除外しない。しかし、当業者には当然のことながら、本方法400は、本開示の範囲内の種々の実施形態の1つである。例えば、他の実施形態が、特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく、異なる材料または工程ステップの異なる順序を用いてもよい。さらに、電気絶縁性だが熱伝導性のコア163を収容するのに必要な本方法の変形形態が、当業者の能力の範囲内である。

10

【0035】

図4Aは、熱伝導コア405を示し、そのコアは、熱伝導コア163の場合に記載されている材料もしくは材料タイプのいずれかであってもよいか、またはそれを含む。従来のフォトレジスト層410が、熱伝導コア405の上面406上に配置されている。また、フォトレジスト層410'が、下面407上に随意に形成されて示されている。フォトレジスト層410'は、例えば熱伝導コア405を被覆するのに用いられる方法が下面を被覆することを容易に除外できない場合に、便宜のために形成されてもよい。

【0036】

図4Bでは、開口部415がフォトレジスト層410内に形成されている。いくつかの場合には、フォトレジスト層410'内に対応する開口部を形成することが望ましい可能性がある。開口部415は、光源へのフォトレジスト層410のマスキング下の曝露(masked exposure)などの任意の従来の方法により形成されてもよく、マスキング下の曝露の後には、その曝露部分の現像が続く。

20

【0037】

図4Cでは、熱伝導コア405に穴部420が形成されている。穴部420は、例えばウェットエッチング工程またはドライエッチング工程により、形成されていてもよい。本方法の代替の実施形態では、フォトレジスト層410は省略されてもよく、穴部420は、穴部420の直径に適したレーザ・アブレーションまたは他の方法により形成されてもよい。

【0038】

図4Dでは、フォトレジスト部分425が形成されている。いくつかの実施形態では、フォトレジスト層410はパターンを付けられ2度目に現像されて、フォトレジスト部分425を形成する。他の実施形態では、フォトレジスト層410全体が除去され、第2のフォトレジスト層(図示せず)が形成されパターンを付けられる。他の実施形態では、フォトレジスト部分425は、酸化ケイ素などの、従来式に形成されパターンを付けられた誘電部分に置き換えられてもよい。

30

【0039】

図4Eでは、誘電層430が、熱伝導コア405とフォトレジスト部分425との上に形成されている。誘電層430は、例えばパリレンなどの、コンフォーマルに堆積された材料であってもよい。本明細書では、用語「パリレン」は、例えばパリレンN、パリレンCおよびパリレンDを含む、パラキシリレンの表面重合により形成されている任意の材料を含む。パリレンは、穴部420の内面を含む全ての露出表面を完全に被覆している高品質フィルムを有利に形成してもよい。いくつかの実施形態では、誘電層430は、酸化ケイ素または窒化ケイ素などの無機誘電体を含む。当業者は、そのような材料の高コンフォーマル層を形成する工程に精通している。

40

【0040】

図4Fは、穴部420の内部にヒートスプレッド・ビア435が形成された後のヒートスプレッド160を示す。ヒートスプレッド・ビア435は、金属プラグを含む、任意の適切な導電性材料と、任意の必要なライナまたはめっきシード層とを含んでいてもよい。限定されないが、ヒートスプレッド・ビア435は銅を含み、電気めっきによりまたは無

50

電解析出などの同様の工程により形成されてもよい。いくつかの場合には、1つまたは複数の材料を堆積させる工程により、誘電層430の1つまたは複数の表面を覆っている導電膜がもたらされてもよい。そのような場合、1つまたは複数の層は、例えば、図示の通り熱伝導コア405上に残存している誘電層430の部分を残すか、または穴部420の内部からを除いて誘電層430を随意に除去する研磨ステップにより、除去されてもよい。

【0041】

図4Gでは、例えば溶剤曝露ならびに超音波振動および/または超音波研磨により、フォトレジスト部分425が除去されている。また、フォトレジスト部分425の除去により、フォトレジスト部分425を覆っている誘電層430を除去して、熱伝導コア405の露出部分440を作り出す。いくつかの実施形態では、浄化ステップ、例えば短時間のプラズマ灰化(plasma ash)、が、熱伝導コア405の新しく露出された表面を浄化するのに用いられてもよい。そのような場合、誘電層430の厚さは適宜調節されて、灰化中の損失を補償してもよい。誘電部分がフォトレジスト部分425の代わりに使用された場合、誘電部分は、研磨およびHF剥離(HF strip)などの、誘電層430に対して選択的な工程により、除去されてもよい。

10

【0042】

図4Hでは、露出部分440上に接続点445が形成されている。接続点445は、接続点445と熱伝導コア405との間に熱的かつ機械的結合を形成するのに必要な金属層および非金属層の任意の適切な組合せであってもよい。例えば、熱伝導コア405が銅である場合、接続点445は、有機表面保護層、Ni障壁層を覆うPd層、接続点445に対するはんだ湿潤を促進するAu層の内の1つまたは複数を含んでいてもよい。いくつかの場合、接続点445は、時には「錫めっき」と呼ばれる、その上を覆うはんだ層を含んでいてもよい。

20

【0043】

熱伝導コア405がBNまたはDLCなどの非導電性材料である実施形態では、接続点445は、はんだ付け可能な金属パッドを熱伝導コア405に結合させる層を含んでいてもよい。そのような実施形態では、金属パッドは、熱伝導コア405上にTiまたはAlなどの接着層を含んでいてもよい。Pt、Niおよび/またはPdなどを含む障壁層が、例えばAu、Snまたははんだ合金などの反応層/はんだ付け可能層の間に配置されていてもよい。当業者は、スパッタリング、化学蒸着、プラズマ堆積、原子層堆積、電気化学析出または無電解化学析出を含む、そのような層を形成する方法に精通している。各層が、シャドウ・マスクを使用して堆積されてもよいが、または従来工程を用いてフォトリソグラフィで画定されてもよい。

30

【0044】

図4Hはまた、ヒートスプレッド・ビア435上に配置されているはんだ界面450を含む。はんだ界面450は、接続点445に存在している層と同一の組合せであってもよいが、そうである必要はない。例えば、熱伝導コア405が非導電性材料であり、かつヒートスプレッド・ビア435が銅である実施形態では、はんだ界面450は、銅とのはんだ結合を形成するのに適した層の組合せであってもよく、一方、接続点445は、非導電性材料とのはんだ結合を形成するのに適した異なる層の組合せであってもよい。材料層の選択的な堆積および/または除去が、ヒートスプレッド・ビア435および露出部分440の上に所望の材料層(単数または複数)を形成する必要に応じて実施されてもよい。

40

【0045】

図4Iは、ヒートスプレッド・プラグ455が熱伝導コア405の内部に形成されている代替の実施形態を示す。ヒートスプレッド・プラグ455の使用は、熱伝導コア405が接続点445を上形成するための界面層を容易に受容しない場合に、特に有益である可能性がある。いくつかの実施形態では、ヒートスプレッド・プラグ455は、ヒートスプレッド・ビア435と同一の方法で形成される。しかし、ヒートスプレッド・ビア435とは対照的に、ヒートスプレッド・プラグ455は熱伝導コア405へ熱を伝導するよ

50

うに構成されていてもよいので、ヒートスプレッド・プラグ455は、集積回路のアクティブ・ピアに接続される必要がない。形成される場合、ヒートスプレッド・プラグ455は、ヒートスプレッド・ピア435と同一のまたはそれとは異なる直径を有していてもよい。

【0046】

図5Aを参照すると、全般的に500に指定されている本開示の方法が、電子デバイス、例えば電子デバイス100、を形成するために提示されている。本方法は、ステップ510で開始し、そこでは、基板、例えば基板139、を有する集積回路が設けられる。本明細書および特許請求の範囲において、「設けられる」は、デバイス、基板、構造要素等が開示された方法を実施する個人もしくは企業体により製造されてもよいか、または本方法により、別の個人もしくは企業体を含む、上記個人もしくは企業体以外の源から得られてもよいことを意味する。

10

【0047】

ステップ520では、アクティブ・ピア、例えばアクティブ・ピア151、が、基板の内部に形成される。ステップ530では、アクティブ・ピアは、対応するヒートスプレッド・ピア、例えばヒートスプレッド・ピア220、に接続され、そのヒートスプレッド・ピアは、熱伝導層、例えば熱伝導コア163、を含むヒートスプレッドを貫通している。

【0048】

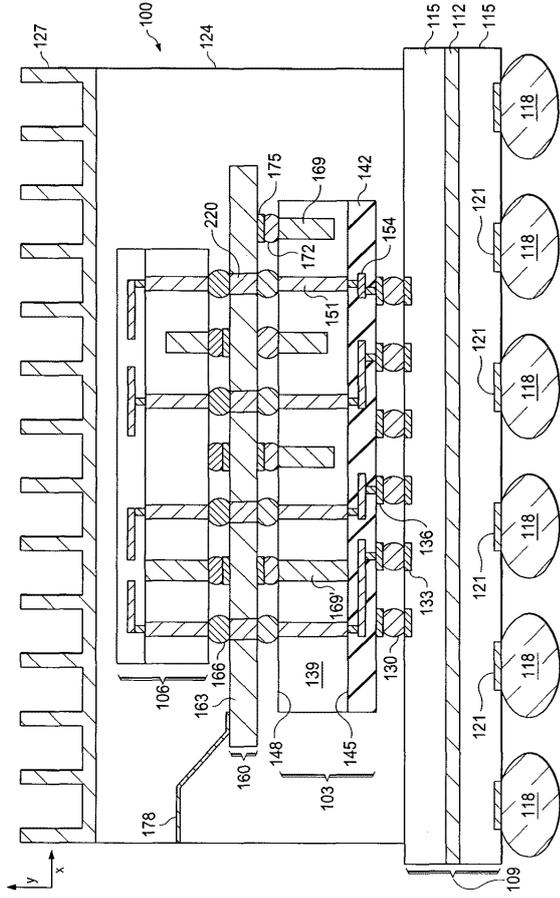
図5Bは、方法500の随意選択的ステップを示す。ステップ540では、ヒートスプレッド・ピアと熱伝導層との間に誘電層が配置される。誘電層は、例えば前述の絶縁スリープ240であってもよい。ステップ550では、基板プラグ、例えば基板プラグ169、が基板の内部に配置され、ヒートスプレッドに接続される。ステップ540、ステップ550は、仮に実施される場合、図示の順序とは異なる順序で実施されてもよい。

20

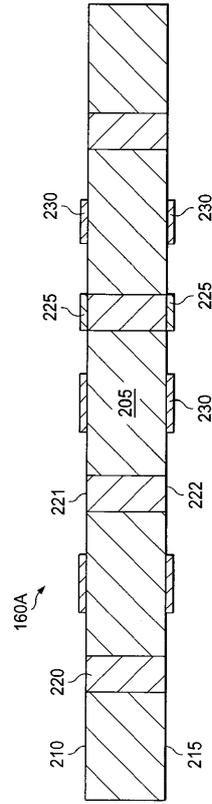
【0049】

本願が関連する当業者には当然のことながら、記載されている実施形態に、他のさらなる付加、削除、置換、および修正が施されてもよい。本明細書に記載されている種々の実施形態は例示目的のものであり、本開示の範囲はそれにより限定されない。当業者には当然のことながら、本開示および特許請求の範囲の範囲は、開示された実施形態の種々の態様および原理が増補され、適合させられ、かつ/または並べ換えられた実施形態を含む。

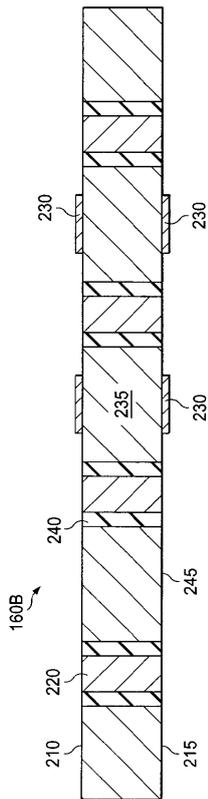
【 図 1 】



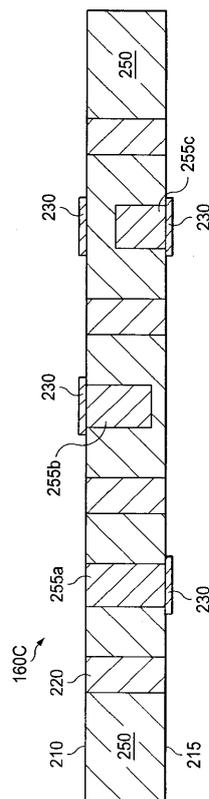
【 図 2 A 】



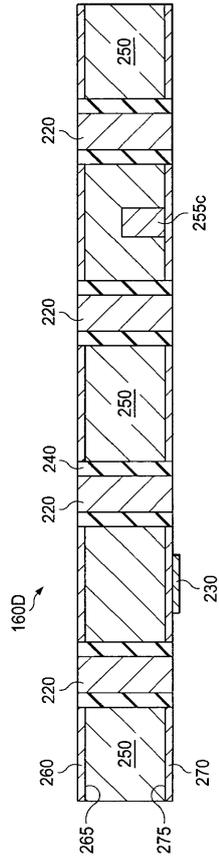
【 図 2 B 】



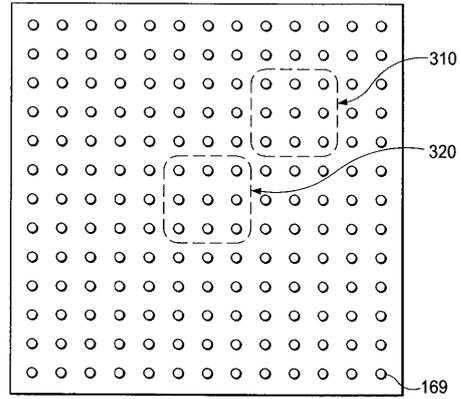
【 図 2 C 】



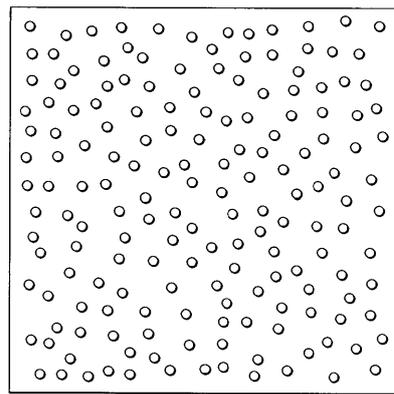
【 図 2 D 】



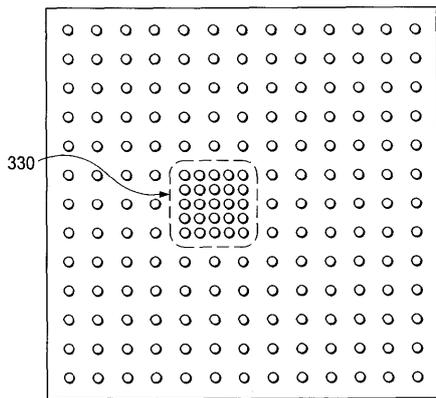
【 図 3 A 】



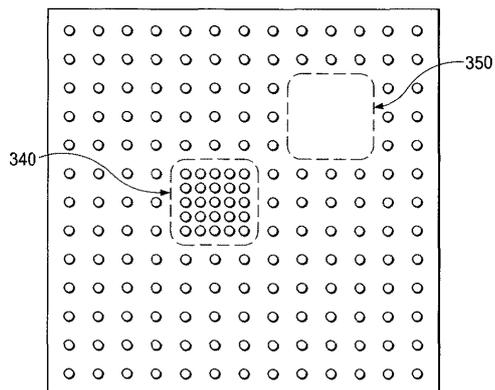
【 図 3 B 】



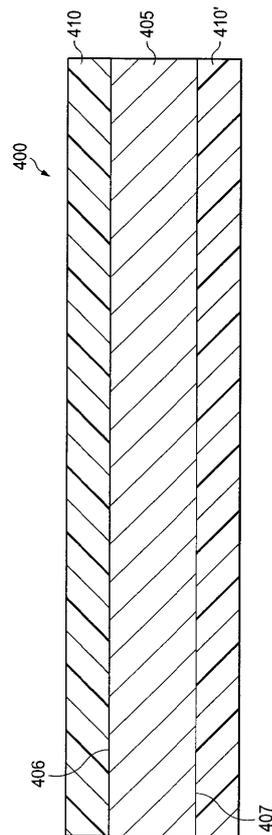
【 図 3 C 】



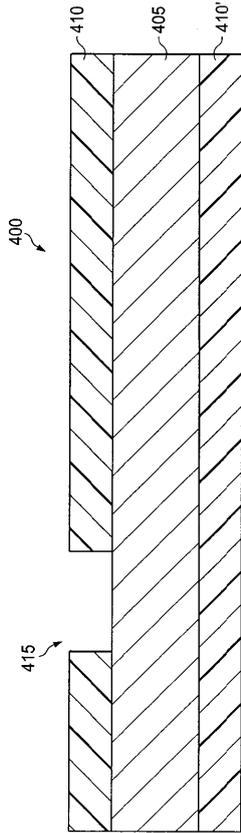
【 図 3 D 】



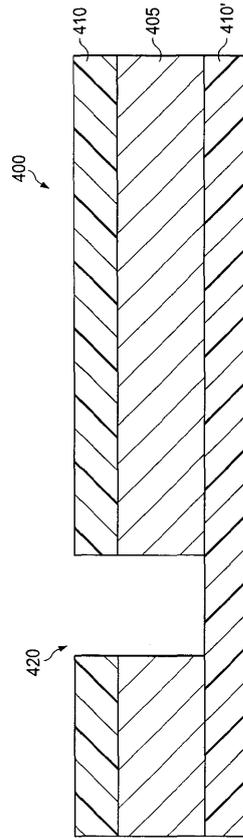
【 図 4 A 】



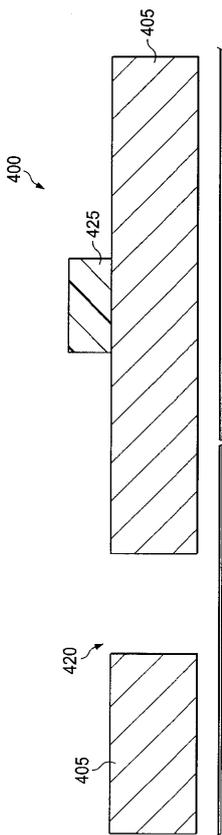
【 図 4 B 】



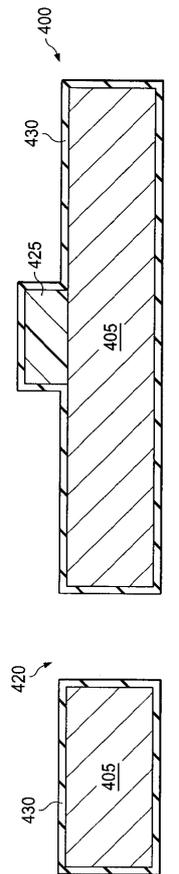
【 図 4 C 】



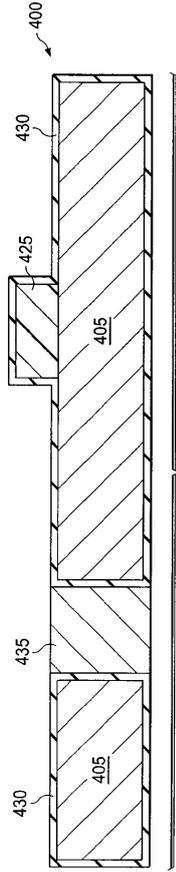
【 図 4 D 】



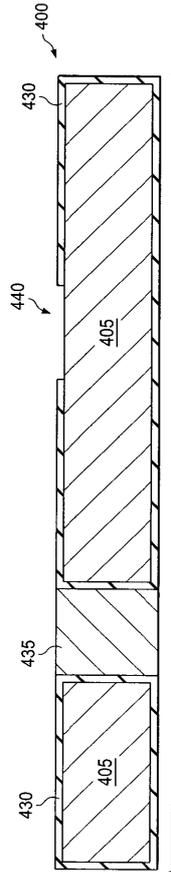
【 図 4 E 】



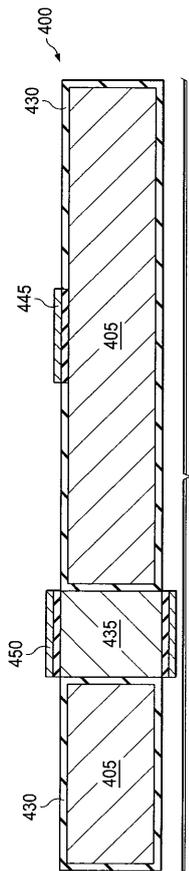
【 図 4 F 】



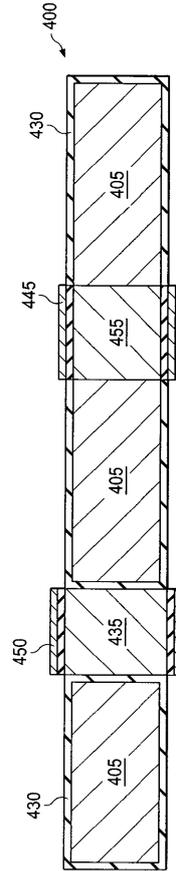
【 図 4 G 】



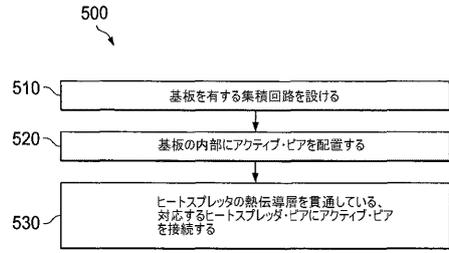
【 図 4 H 】



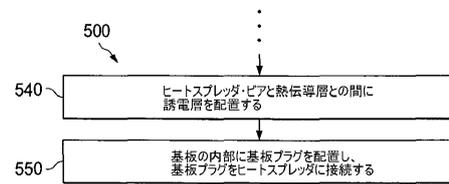
【 図 4 I 】



【 図 5 A 】



【 図 5 B 】



フロントページの続き

(74)代理人 100160967

弁理士 濱 口 岳久

(74)代理人 100170601

弁理士 川崎 孝

(72)発明者 マーク エー . パッチマン

アメリカ合衆国 1 9 6 0 8 ペンシルヴァニア, シンキング スプリング, エスザー サークル
3

(72)発明者 ジョン ダブリュ . オーゼンバッハ

アメリカ合衆国 1 9 5 3 0 ペンシルヴァニア, カッツタウン, ウォルナット ドライヴ 1 7

(72)発明者 サイレッシュ エム . マーチャント

アメリカ合衆国 1 8 0 6 2 ペンシルヴァニア, マッカンジー, ムーンビーム レーン 7 1 5
6

Fターム(参考) 5F136 BB18 BC03 DA41 FA12 FA15 FA24 FA82