

(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2017-63180
(P2017-63180A)

(43) 公開日 平成29年3月30日(2017.3.30)

(51) Int.Cl.

H01L 21/60 (2006.01)

F 1

H01L 21/60

311Q

テーマコード(参考)

5FO44

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-139119 (P2016-139119)
 (22) 出願日 平成28年7月14日 (2016.7.14)
 (31) 優先権主張番号 62/194,205
 (32) 優先日 平成27年7月18日 (2015.7.18)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 14/812,861
 (32) 優先日 平成27年7月29日 (2015.7.29)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 300057230
 セミコンダクター・コンポーネンツ・イン
 ダストリーズ・リミテッド・ライアビリテ
 ィ・カンパニー
 アメリカ合衆国 アリゾナ州 85008
 フェニックス イースト・マクドウェル
 ・ロード 5005
 (74) 代理人 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 セドン, マイケル ジェイ.
 アメリカ合衆国 アリゾナ 85295,
 ギルバート, イースト ミルキー ウ
 エイ 2760

最終頁に続く

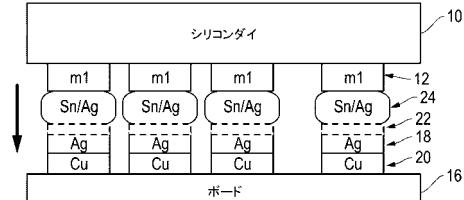
(54) 【発明の名称】合金のフリップチップ接合

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】フリップチップ接合及びフリップチップ配置の合金の接合技法を提供する。

【解決手段】第1のダイ10の金属層12と、ボード16の第1及び第2の金属層18、20のうちの少なくとも1つが合金24を形成して、第1のダイがボードに付着するようになるまで、第1のリフロー温度で行う第1のリフローステップと、第1のリフロー温度よりも高い温度で行う第2のリフローステップを有する。形成される合金は、第2のリフロー温度よりも高い融点を有する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 つのダイをボードにフリップチップ実装する方法であって、

少なくとも 1 つの金属層を有する第 1 のダイ上に、はんだ付け可能な複数の接合パッドを形成する形成ステップと、

前記第 1 のダイ上の前記複数の接合パッドまたは前記ボード上の複数のマッチングする接合パッドのうちの少なくとも 1 つの上に、はんだペーストまたははんだバンプのうちの 1 つを戴置する戴置ステップであって、前記ボードの前記複数のマッチングする接合パッドのそれぞれは少なくとも 2 つの金属層を有する、戴置ステップと、

ブラックスまたは不純物のうちの少なくとも 1 つを焼尽させ、前記はんだペーストまたははんだバンプを溶融させて第 1 の合金を形成するため、第 1 のリフロー温度で第 1 のリフローを実施する第 1 のリフローステップと、

前記第 1 のダイを前記ボード上にフリップチップ実装するフリップチップ実装ステップと、

第 2 のリフロー温度で第 2 のリフローを実施して、前記第 1 の合金の少なくとも一部を溶融して前記第 2 のリフロー温度よりも高い融点を有する第 2 の合金を形成する第 2 のリフローステップであって、前記第 2 の合金は前記ダイ及び前記ボードのうちの少なくとも 1 つの接合パッドからの金属を含む、第 2 のリフローステップと、を含む方法。

【請求項 2】

前記第 1 のダイはチタン層、ニッケル層、及び銀層を有する接合パッドを含み、前記ボードの前記接合パッドは銅層及び銀層を含み、前記第 2 の合金は前記第 1 のダイの金属層及びボードの金属層の両方からの金属を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

第 2 のダイを前記ボードにフリップチップ実装し、前記第 1 のダイ及び前記ボードの金属層が完全には溶融しないようにして、前記第 2 のダイ及び前記ボードをリフロー温度プロファイル下に置くステップと、

前記第 2 のダイをフリップチップ実装するのに先立って、前記第 1 のダイ上の前記接合パッドの最上金属層上に金属ペーストを戴置するステップと、

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

ボード接合パッドパターンを呈した複数の接合パッドを含むボードであって、各接合パッドが少なくとも 1 つの金属層を有する、ボードと、

前記ボード接合パッドパターンとマッチするダイ接合パッドパターンを有する複数の接合パッドを有する第 1 のダイであって、前記ボードにフリップチップ実装された、第 1 のダイと、

を含む装置であって、

前記第 1 のダイの前記複数の接合パッドは、少なくとも 2 つの金属層を備え、

前記ボードの前記複数の接合パッドと、前記ダイの前記複数のマッチングする接合パッドとが、前記ボード接合パッドと前記第 1 のダイの複数のマッチングする接合パッドとを接合するのに使用したリフロー温度よりも高い融点を有する合金を用いて、接合される、装置。

【請求項 5】

隣接するダイの接合パッドを接続する金属または合金を使用せずに、非常に近接してフリップチップ実装された複数のダイをさらに含む、請求項 4 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本開示は、概して回路製造に関し、具体的にはフリップチップ接合及びフリップチップ配置の技法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

フリップチップ設計の実装を組み入れたマルチチップモジュールは、多種多様な用途においてますます使用されてきている。多くの場合、多様な作業及び／または機能のために、確立された集積回路の設計を利用するすることは有利である。そのため、確立された設計としてダイ製品で見られるものは、単一のボード上またはマルチチップモジュール上で、組み合わされている。しかしその一方で、様々な製造上の検討事項のため、各種の集積回路装置、具体的にはフリップチップ素子は、マルチチップモジュールに必ずしも組み込まれている訳ではない。例えば、種々のフリップチップ素子は、種々の製造設備によって製造され得、したがって、種々の時点でマルチチップモジュールに付け加えられ得る。ダイをボードまたはモジュールに取り付けるのに使用できる技法は、ワイヤボンディング、ダイ接着フィルム、及び種々の時点におけるはんだ付けなど、複数存在する。こうした応用は、必ずしも全ての用途にとって適切ではないが、しばしば行われる。例えば、ワイヤボンドの解決法は、設置面積の要件によって集積回路（I C）占有面積（real estate）の効率的な利用が必要とされる状況においては、適切でないかもしれない。

【0003】

はんだ合金及びはんだペーストは、ダイをボードに接合するため、しばしばリフローオープンまたはリフロー炉と併せて使用される。1個のダイを、セラミックのボードもしくは基板、または金属リードフレームといったボードに接合するのに、ある状況では、どちらの形状のはんだを用いることにも便益がある。なぜなら、リフローオープンまたはリフロー炉から取り出した後、はんだが冷却すると、確実な接合が形成されるからである。通常、はんだ合金またははんだペーストは、素子とボードがリフローオープン内に配置されているときには流動し、次いで冷却してダイをボードに接合し、必要に応じて素子とボードの間で電気的接続を形成する。単一のダイの場合、この手法は、不良があった場合に、続いてリフローオープンまたはリフロー炉内でダイとボードをリフローすることによってダイを取り除けるという点でも、また便益がある。しかしこのプロセスは通常、リフロー中に溶融した際にはんだが拡散して、現在リフロー中のダイの他の接合パッドや別のダイの接合パッドに接触しないように、ダイ間、及びダイの接合パッド間に十分な間隔を必要とする。

【0004】

しかし、はんだ合金またははんだペーストの使用に伴う別の問題は、ボードに新たなダイを接合するためにボード及び別のダイがリフローオープン内に配置されたとき、はんだが溶融してリフローするということである。したがって、後続のダイを接合するためにリフローオープンまたはリフロー炉内ではんだが溶融する間に、当初接合されていたダイを付着させている接合が切れてしまう可能性がある。この問題を解決する1つの手法として、ダイを接合する金属合金が、はんだ合金のリフローに必要なものよりも高いリフロー温度を有するように、最初のダイ用には、別の金属合金が使用してきた。この目的のために使用してきた2つの金属には、鉛及び金が含まれる。これらは、より高い融点を有するからである。しかし、鉛は健康問題を引き起こすことが知られており、常に望ましいという訳ではない。一方で、金は高価であり、製品コストを吊り上げる。ダイまたはボードに、後でエッティング除去され、次いでリフロー中に溶融してしまう金の層を形成することは、そうした手法が必要でない限り、貴金属の浪費である。したがって、制約があるにも関わらず、しばしばはんだが使用される。

【0005】

各種の実施形態による付随の図面を参照することによって、本開示はより良く理解され得、その多くの特徴及び利点は当業者にとって明らかになり得る。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1のフリップチップを回路ボードに接合する前の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。

【図2】第1のフリップチップを回路ボードに接合する前であるが、はんだペーストが合

10

20

30

40

50

金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。

【図3】第1のフリップチップが回路ボードに接合され、はんだペーストが合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。

【図4】第1のフリップチップを回路ボードに接合する前の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。

【図5】第1のフリップチップを回路ボードに接合する前であるが、はんだペーストが合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。

【図6】第1のフリップチップが回路ボードに接合され、はんだ合金が他の金属と共に合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。

【図7】一実施形態によるボードまたは金属リードフレームに第1のフリップチップを実装するためのリフロー温度プロファイルを示す、温度・時間グラフである。 10

【図8】一実施形態による、ボード及び、ボードに実装された複数のフリップチップの図である。

【図9】一実施形態による、ボード及び、ボードに実装された複数のフリップチップの、少なくとも1つのさらなるチップまたはダイを追加するために後続してリフローを行った後の図である。

【図10】一実施形態による、ボード及び、ボードに実装された複数のフリップチップの、少なくとも1つのさらなるチップまたはダイを追加するために後続してリフローを行った後の図である。 20

【図11】一実施形態による、フリップチップを接合する方法を示すフロー図である。

【図12】一実施形態による、複数のフリップチップを接合する方法を示すフロー図である。

【図13】一実施形態による、複数のフリップチップを接合する方法を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

別々の図で同一の参照番号が使用されている場合は、類似または同一のアイテムを意味する。別様の特記がない限り、用語「連結された」及びそれに関連する動詞形には、直接の接続と当該技術分野における既知の方法による間接の電気的接続との両方が含まれる。また別様の特記がない限り、直接の接続を示す任意の記載は、適切な形態の間接の電気的接続を使用した代替的実施形態もまた含意する。 30

【0008】

図1は、第1のフリップチップを回路ボードに接合する前の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。図1は、それぞれに金属層12が含まれる複数の接合パッドを有する、シリコンダイまたはフリップチップ10を含むシステムを示す。錫と銀の組み合わせを含むはんだペースト14が、金属層12を含む接合パッド上に置かれている。ボード16は接合パッドを備え、接合パッドはさらに金属層18及び20を備える。ダイの接合パッドとボードの接合パッドは、ほぼ同様の接合パッドパターンを有するように形成されている。ボード16は、任意の既知の方法で組み立てられ得、例えばセラミックボードまたは基板を備え得る。代替方法として、ボードの代わりに金属リードフレームが使用され得る。以降、ボード、セラミックボード、基板、または金属リードフレームのうちのどれか1つが言及される場合にはいつでも、残りの支持構造要素（ボード、基板、セラミックボードまたは金属リードフレーム）のうちの任意のものが代替的に使用され得ることは理解さるべきである。酸化を防止するため、オプションで、フリップチップまたはボードの接合パッドの外側金属層にフラックス22が塗布され得る。ここでは、フラックス22はボード16の接合パッド上のみに示されている。 40

【0009】

ボード16の金属層18及び20には、銀、錫または銅といった、はんだ付け可能な金属のうちの少なくとも1つが含まれる。記載の実施形態では、フリップチップ10の接合パッドパターンとほぼ同様のパターンでボード16上に接合パッドを作製するのに先立つ

10

20

30

40

50

て、銀層18及び銅層20が使用されている。金属層18及び20はまた、例えば、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、錫(Sn)、もしくは銀(Ag)、または2以上の金属から形成された合金といった、複数の金属層または金属合金層も含み得る。ここでは、(14で示されるはんだペーストバンプを除外すると)1つの層だけが示されているが、フリップチップ10は、2以上の層を含み得る。図1では、フリップチップ10の接合パッド上の1つの層12、並びにボード16の接合パッド上の2つの層18及び20だけが示されているが、本書の諸実施形態は限定されることなく、ダイとボードにはさらなる層が含まれ得る。さらに、任意の1つの層は合金であってよく、単一の要素または金属であることは必須ではない。層12の金属m1は、多様な金属または金属合金を含み得る。記載の実施形態では銀の金属層12が使用されているが、一実施形態では、フリップチップ10上の金属層12は、銀、錫、及びニッケルの組み合わせを含み得る。代替の実施形態では、m1はニッケルを含む。

10

【0010】

図1で示唆されているように、フリップチップ10は、ボード16に(具体的には、ボード16の接合パッドの層18に)取り付けられる。リフロー中、フリップチップをボードに接合するため、はんだペーストが、フリップチップまたはボードの他の金属とブレンドされるように使用される。しかしここでは、ダイ及びボードの複数の金属層の金属または金属合金について、リフロー中に溶融または拡散してはんだペースト14と共に合金を形成し、後続するリフローの温度が、該合金を作製する元の金属層のリフロー中に使用された温度よりも高くなるような、金属または金属合金が選択される。記載の実施形態では、はんだまたははんだペーストが使用される場合でも、金属が溶融または拡散してはんだと混じり合って、はんだのリフローに必要な温度よりも高いリフロー温度を有する合金が作製されるように、金属が選択される。ボード及び1または複数のダイを「リフロー」するため、ボードはしばしば、特定の温度プロファイルで特定の期間にわたって、リフロー炉またはリフローオープン内に配置される。代替的なプロセスでは、金属のリフローに関する他の技法もまた使用され得る。本書では、炉またはオープンに関して記載される場合はいつでも、ダイ及びボードの金属層を溶融またはリフローさせる代替的な技法が含まれることは、理解されるべきである。

20

【0011】

図2は、第1のフリップチップを回路ボードに接合する前であるが、図1で概略的に14で示されているはんだペーストが合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。図2は、それぞれに金属層12が含まれる複数の接合パッドを有する、シリコンダイまたはフリップチップ10を含むシステムを示す。前もって接合パッドの金属層12上に置かれた、錫と銀の組み合わせを含むフリップチップのはんだペースト14は、低いリフロー温度でリフローされ、合金24が作製される。図2は、ボードの接合パッド上にフリップチップを配置するのに先立って、錫/銀のはんだペーストをリフローさせて、凝固して合金24(ここでは、はんだペーストの組成に基づく錫-銀の合金)になるのを促進する、最初の低温リフローを実施することを通常含む、フリップチップをフリップチップ実装する方法を示す。記載の実施形態では、この最初のリフローは、約230~235°Cで発生する。この温度では、錫/銀のはんだは溶融するが、銀は(及び、もしフリップチップ10内に存在すれば他の金属層も)溶融しない。上記のように、フリップチップ10には、少なくとも1つの金属層を備える接合パッドが含まれる。したがって、はんだペースト14は、第1のリフローに先立ってフリップチップの接合パッド上に置かれる。第1のリフロー中、存在するフラックスすべてと不純物は焼尽し、金属ペースト14から第1の合金24が形成される。

30

【0012】

図3は、第1のフリップチップが回路ボードに接合され、はんだペーストが他の金属を含む合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。上記のように、ボードには、フリップチップの接合パッドパターンと同様の接合パッドパターンを有する接合パッドが含まれる。記載の実施形態では、ボードの接合パッドは、複

40

50

数の金属層を備える。続いて、上に前もって形成された第1の合金24を持つフリップチップ10がボード上にフリップチップ実装された後、図3に示すように、フリップチップの複数の接合パッド層（この時点では錫／銀（Sn／Ag）の金属層24を含む）のそれぞれと、ボードの接合パッドの金属層との間で、第2の合金26を形成するため、ボード及びフリップチップの第2の温度リフローが第2のリフロー温度で実施される。

【0013】

記載の実施形態では、第2の融点は約250°Cである。第2のリフローによって形成される第2の合金26は、第2のリフロー温度（例えば260°C）よりも高い融点を有する。記載の実施形態では、第2の合金26の融点は、第2のリフロー温度よりも高く、第2の合金26を作製するのに使用された第2のリフロー温度より、少なくとも10°C高くてよい。例えば、使用された金属の比率と金属の組み合わせに応じて、合金26の融点は260°Cよりも高くてよく、約270°Cであってよい。図から分かるように、第2の合金26は、フリップチップ10及びボード16の層12、18、20の一部と混合されている。通常のリフロー温度は、合金26の融点よりも低い約260°Cであるため、後続するリフローのプロセス中、合金26は完全には溶融しない。本例では、合金26は層12、18及び20からの金属を有する（但しこれは必須ではない）。最低でも、合金26は、金属層12、18、及び20のうちの少なくとも1つを有する。

10

【0014】

図4は、第1のフリップチップを回路ボードに接合する前の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。図4は、複数の金属層、即ち金属層12、28、及び30を備える複数の接合パッドを有する、フリップチップ10を含むシステムを示す。金属層12には、銀が含まれる。記載の実施形態では、金属層28にはニッケルが含まれる一方、金属層30には、チタンが含まれる。錫と銀の組み合わせを含むはんだペースト14が、フリップチップ10の、接合パッドの金属層12上に置かれている。

20

【0015】

ボード16は接合パッドを備え、接合パッドはさらに金属層18及び20を備える。図1の例のように、金属層18及び20には、それぞれ銀及び銅が含まれる。フリップチップ10の金属層12、28、及び30を備える接合パッドパターンと、ボード16の金属層18及び20の接合パッドパターンとは、ほぼ同様である。ボード16は、任意の既知の方法で組み立てられ得、例えばセラミックボードまたは基板を含み得る。代替方法として、ボードの代わりに金属リードフレームが使用され得る。酸化を防止するため、オプションで、フリップチップまたはボードの接合パッドの外側金属層にフラックス22が塗布され得る。ここでは、フラックス22はボード16の接合パッド上のみに示されている。

30

【0016】

ボード16の金属層18及び20には、銀、錫、または銅といった、はんだ付け可能な金属のうちの少なくとも1つが含まれている。記載の実施形態では、フリップチップ10の接合パッドパターンとほぼ同様のパターンで接合パッドを作製するためにエッチングするのに先立って、銀層18と銅層20が使用されている。金属層18及び20は、例えば、銅、ニッケル、錫、もしくは銀、または2以上の金属から形成された合金といった、複数の金属層または金属合金層を含み得る。一実施形態では、フリップチップ上の金属層12、28及び30は、銀、錫、及びニッケルの組み合わせを含み得る。記載の実施形態では、金属層12、28、及び30には、それぞれ銀層、ニッケル層、及びチタン層が含まれる。

40

【0017】

図4では、フリップチップ10の3つの金属層12、28、及び30、並びにボード16の2つの層18及び20だけが示されているが、諸実施形態は限定されることなく、ダイとボードにはさらなる層またはより少ない数の層が含まれ得る。さらに、図4に関連してここで記載されるように、任意の1つの層は合金であってよく、単一の要素または金属であることは必須ではない。

【0018】

50

図4で示唆されているように、フリップチップ10は、ボード16に（具体的には、ボード16の接合パッドの層18に）取り付けられる。フリップチップの接合パッドをボードの接合パッドに接合するため、はんだペーストが、フリップチップまたはボードの他の金属とブレンドされるように使用される。しかしここでは、ダイ及びボードの複数の金属層の金属または金属合金について、リフロー中に溶融または拡散してはんだペースト14と共に合金を形成し、該合金が持つ後続の融点が、図5に示す）合金24を作製する元の金属層のリフロー中に使用された温度よりも高くなるような、金属または金属合金が選択される。記載の実施形態では、合金24の作製のためにはんだまたははんだペースト14が使用される場合でも、金属が溶融または拡散してはんだ合金24と混じり合って、はんだの融点よりも高い融点を有する合金が作製されるように、金属が選択される。

10

【0019】

図5は、第1のフリップチップを回路ボードに接合する前であるが、はんだペーストが合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。図5は、金属層12、28、及び30を備える複数の接合パッドを有する、シリコンダイまたはフリップチップ10を含むシステムを示す。前もって接合パッドの金属層12上に置かれた、錫と銀の組み合わせを含むはんだペースト14は、低いリフロー温度でリフローされ、図5に示すように合金24が作製される。図5は、ボードの接合パッド上にフリップチップを配置するのに先立って、錫／銀のはんだペーストをリフローさせて、凝固して合金24（ここでは、はんだペーストの組成に基づく錫・銀の合金）になるのを促進する、最初の低温によるリフローを実施することを通常含む、フリップチップの実装方法を示す。

20

【0020】

記載の実施形態では、銀／錫合金を作製するためのこの最初のリフローは、約230～235°Cで発生する。ここでは3つの金属層が示されているが、上記のように、フリップチップ10には、少なくとも1つの金属層を含む接合パッドが含まれる。したがって、はんだペースト14は、第1のリフローに先立ってフリップチップの接合パッド上に置かれる。第1のリフロー中、金属層12、28、及び30のどれもが溶融しないが、存在するフラックスすべてと不純物は焼尽し、金属ペースト14から第1の合金24が形成される。なぜならば、この第1のリフロー温度は、層12、28～30、及び18～20のリフロー温度よりも低いからである。

30

【0021】

図6は、第1のフリップチップが回路ボードに接合され、はんだ合金が他の金属と共に合金内にリフローされた後の、回路ボードと第1のフリップチップの側面図である。これもまた言及されたように、ボードには、フリップチップ10の接合パッドパターンと同様の接合パッドパターンを有する、接続点または接合パッドが含まれる。記載の実施形態では、フリップチップ10及びボード16の接合パッドは、それぞれ複数の金属層を備える。続いて、上に既に形成された第1の合金24を持つフリップチップ10がボード上にフリップチップ実装された後、フリップチップの複数の接合パッド層（この時点ではSn／Agの金属層24を含む）のうちの少なくとも1つと、ボード16の接合パッドの複数の層との間で第2の合金32を形成するため、ボード及びフリップチップの第2の温度リフローが第2のリフロー温度で実施される。

40

【0022】

記載の実施形態では、第2の融点は約250°Cである。第2のリフローによって形成される第2の合金32は、第2のリフロー温度よりも高い融点を有する。記載の実施形態では、第2の合金32の融点は、第2の合金32を作製するのに使用された第2のリフロー温度より、少なくとも10°C高い。例えば、使用される金属の比率と金属の組み合わせに応じて、合金32の融点は（約10～20°C高い）約270°Cであってよい。

【0023】

第2の合金32には、フリップチップとボードの両方からの金属が含まれる。図6の実施形態の一態様は、第2のリフロー中、それ以前のリフロープロセス中に既に接合された

50

いかなるダイの金属層及び合金層をも完全に溶融またはリフローすることなく、第2の合金が作製されたことである。これは、以前のリフロープロセス中に形成された合金の融点の方が高いことによる。

【0024】

本発明の様々な実施形態の一態様は、フリップチップの接合パッドをボードの接合パッドに接合するのに使用される合金バンプが、後続する融点として、当初の合金が作製されたリフロー温度よりも高い融点を持つように形成されることである。別の態様は、該合金の金属組成が、フリップチップの接合パッド及びボードの接合パッドに使用された金属層のみならず、それらの相対的な厚さ及びリフロープロセスの継続期間にも基づくということである。リフロー用の温度プロファイルは、温度と期間の両方を規定する。温度プロファイルの期間が延びれば延びるほど、溶融し拡散する金属層の数及び金属層の量が増加し、それによって合金32中の金属の種類が増加するか、または結果として生じる合金32内の金属の比率が変化する。金属の比率は、元の金属層の厚さ及びに応じて、また該合金を作製するためのリフロープロセスの合計期間にも基づいて徐々に変化し得るため、結果として生じる合金は均質的でない可能性がある、即ち、(合金全体を通して組成が一定な)均質合金の代わりに、金属間化合物合金(*intermetallic alloys*)が作製され得るということは、留意されるべきである。したがって、リフローの結果によつては、合金の代わりに金属間化合物という用語がより適切に使用され得ることは、理解されるべきである。これに影響する2つの要因には、リフローの継続期間、並びに相対的な層の厚さ及び構造、が含まれる。合金に関する本書中の全ての検討は、必要に応じ、金属間化合物合金に言及しており、また金属間化合物合金を含んでいると理解されるべきである。

10

20

30

40

【0025】

引き続き図6を参照すると、リフローが最短の時間であった場合、合金32は銀と錫から成り得る。リフロー時間が延長するにつれ、リフローのプロファイルに従つて、さらなる金属が溶融し得、合金32の一部となり得る。例えば、リフロー時間が増大すると、合金32は銀及び錫に加えてニッケルを含み得る。さらにより大きくなりリフロー時間が増大すると、合金32はまた、(記載の実施形態中のフリップチップからの)チタン(及び/またはボードからの銅)も含み得る。結果として生じる合金バンプのリフロー特性は、合金内の金属に応じて異なり得る。したがって、リフロー温度プロファイル(温度及び継続期間)は、該合金内に何の金属があるかに影響し、したがって場合によつては、後続するリフロー中の融点に影響する。しかし全ての場合において、作製された合金の融点は、該合金を作製するために金属を溶融したリフロー中に使用された温度よりも、高い。

【0026】

記載の実施形態のうちの1つでは、フリップチップの様々な接合パッドの金属層に使用される厚さは、以下のとおりである。

チタン: 1.15 kA(実質的な変動の幅はあり得るが)

ニッケル: 0.2 kA(より高温による施用の場合、または錫の厚い層が使用される場合には、より厚い層が使用され得る)

銀: 4 kA(1 kAから12 kAまで変動し得る)

錫: 2 kA ~ 36 kA

【0027】

錫に対する銀の比率は、用途に基づいて調整されてよい。例えば、表面が粗いまたは多孔性である場合、ボードの濡れを増すためとボイドを削減するのに資するため、錫合金が増加される。銀が增量されればされるほど、ニッケルの保護が増大する。しかし、銀の量が多すぎると、形成されるNiSn金属間化合物の量が制限され、したがってダイのせん断強度とフリップチップのコンステンシーが減少し得る。一般的に、濡れの目的で、より厚い錫が使用されるが、厚さが大きすぎると、製造上の問題が発生し得る。特定の一実施形態では、錫の層の厚さは、22 kA ~ 26 kAの範囲である。

【0028】

20

30

40

50

上記の金属及び付随する厚さの利点及び便益は、ボイドが最少量でボードのはんだ付け可能面まで良く濡れている銀及び錫によって、結果として生じる合金または金属間化合物が迅速に形成され、それによってボード全体にわたって銀及び錫の流動が制限されるということである。さらに、合金の融点は迅速にリフロー温度よりも上昇し、後続するリフロー中の、以後の溶融は防止される。こうして、他の素子がボードに実装されリフローされる後続するリフローの間、フリップチップは所定の場所に留まる。

【0029】

相対的な金属層の厚さと、リフロー中に使用される温度プロファイルに応じて、ボードから銅もまた溶融して、リフロー中に作製される合金の一部となり得る。これによって接合が強化され、ダイの取り付けが強固になり、結果として生じる合金のニッケル及び錫の比率が減少する。ニッケルと錫の間に存在する銀によって、錫のニッケルへの拡散が阻害され、ニッケル／錫合金が制限され、したがってフリップチップの接合パッドとボードの接合パッドとの間でより強固なフリップチップ接合が可能になるということは、さらに留意されるべきである。

10

【0030】

同様の結果を生じさせる代替的な金属（純金属及び合金）層の組み合わせは、以下を含む。

Ti / Ni / Cu / Ag / AgSn、
 Ti / Ni / Cu / Sn、
 Ti / Cu / Ag / AgSn、
 Ti / Cu / Ag / Sn、
 Ti / Cu / AgSn、及び
 Ti / Cu / Sn

20

【0031】

これらの様々な実施形態によって、フリップチップまたはダイの接合パッドをボードの接合パッドに接合する、はんだ接合または合金の融点は上昇する。概して、構造には、チタン、ニッケル、及び銀の層を備える層状接合パッドの頂部上に、銀／錫の、ダイまたはフリップチップのはんだ付け可能面が含まれる。銀／錫は、フリップチップをボードのはんだ付け可能面に接合する。一実施形態では、ボードのはんだ付け可能面は、銀を含む。代替方法として、はんだ付け可能面は銅を含む。さらなる別の実施形態では、はんだ付け可能面は銀と銅の両方を含む。

30

【0032】

錫または銀／錫合金の使用に関して、銀／錫合金は通常、1つのフリップチップ素子内の少なくとも1つの層において、銀が6.5wt%以下である組成を有する。この結果、追加ではなんだペーストやプリフォームを用いることなく、はんだ付け可能面が濡らされる。概して、プロセスには、銀／錫の最終組成が、銀が6.5wt%以下になるように、銀／錫のはんだペーストまたは純錫を、チタン／ニッケル／銀といったはんだ付け可能面に塗布することが含まれる。こうした組成の場合、該ペーストが合金に変わる融点は、230°C～250°Cの範囲である。特定の一実施形態では、ペーストを溶融し第1の合金を形成するため、233°C～235°Cの範囲の温度で動作するリフローオーブンまたはリフロー炉の温度が使用される。

40

【0033】

約250～260°Cで後続のリフローをしている間、チタン／ニッケル／銀／銀-錫のはんだ付け可能面は溶融し、ダイまたはフリップチップがボードのはんだ付け可能面に接合されて、さらなるダイをボードに取り付けるのに使用される後続するリフロープロセス中に完全には溶融しない、新しい合金が作製される。銀／錫の金属間化合物は、後続するリフロープロファイル中に完全には溶融しない他の記載の金属層と共に、銀-錫または錫の最上層から形成される。

【0034】

図7は、一実施形態によりボードまたは金属リードフレームに第1のフリップチップを

50

実装するためのリフロー温度プロファイルを示す、温度 - 時間グラフである。ここで図 7 を参照すると、一実施形態によるプロセスで使用される、様々な温度段階を表す 5 つの期間 p₁ ~ p₅ を識別する、リフロー温度プロファイルグラフが示されている。図から分かるように、期間 p₁ は、リフローオープンを予熱温度まで予熱するための、加熱の勾配を表す。期間 p₂ は、通常のリフロープロセスで使用される予熱期間を表す。期間 p₃ は、リフロー温度までの加熱の勾配を表す。期間 p₄ は、リフロー温度が保持される、継続期間を表す。期間 p₅ は、合金が凝固し得る、冷却時間を表す。

【 0 0 3 5 】

通常、先行技術の施用では、リードと素子を互いに接合するか、またはリードと素子をプリント基板に接合するのに使用される従来型のはんだ要素の場合、注目すべき継続期間にわたっては、リフロー温度は維持されない。なぜならば、従来型のはんだ要素は、リフロー温度に達するまでにあるいは達したときに、溶融するからである。しかしここでは、少なくとも時点 t₁ に到達するまで、リフロー温度は維持される。時点 t₁ は、合金を形成し、接合を作り出すために複数の金属を溶融または拡散するのに必要な、時間の量である。この時点 t₁ は、何の金属が溶融されているかの、及び各金属層の相対的な厚さの、関数である。さらに、上記の図面に記載されているように、ダイまたはボードのうちの少なくとも 1 つに、複数の金属層が使用され得る。

10

【 0 0 3 6 】

時点 t₁ を超えて時点 t₂ までリフロー温度が維持された場合、ダイまたはボードのどちらかに配置されたさらなる金属層から、さらなる合金が形成され得る。そこで、時点 t₂ の後まもなく、冷却時間を表す期間 5 が開始する。上記のとおり、時点 t₁ 及び t₂ におけるリフロー温度によって形成される合金が有する後続の融点は、期間 p₄ のリフロー温度よりも高い。図 7 に表されるプロセスは、同一のリフローでボードに接合されている、第 1 のダイもしくは複数のダイまたはフリップチップのためのリフロープロセスである。後続するリフローによって、同一または同様の温度プロファイルが利用されてよい。但し、特性は設計要件に応じて異なっていてよい。

20

【 0 0 3 7 】

図 8 は、一実施形態による、ボード及び、ボードに実装された複数のフリップチップの図である。基板、セラミックボードまたは金属リードフレームを備え得るボード 40 には、複数の接合パッド素子パターン 42 a ~ c が含まれる。各接合パッド素子パターン 42 a ~ c は、その上に実装され接合されるダイまたはフリップチップの接合パッドパターンと、ほぼ同様の接合パッドパターンを有する。具体的には、接合パッド素子パターン 42 a 及び 42 b は、列 44 a、44 b、及び 44 c に示す、より小さいダイまたはフリップチップを受容するようにサイジングされ構成されているが、一方、列 44 d に示すように、接合パッド素子パターン 42 c は、より大きいダイまたはフリップチップを受容するようにサイジングされ構成されている。

30

【 0 0 3 8 】

ボード 40 に実装されているフリップチップまたはダイは、1 または複数の記載の実施形態によって実装され接合される場合、概略的に 46 で示されるように、ごくわずかのスペースによって仕切られていてよい。対照的に、より高温の融点を持つ合金を作製しないはんだが使用される場合、48 で示されるように、十分により大きな間隔が必要とされる。なぜならば、リフロー中、及び / または後続するリフロー中、はんだが溶融し、流動して隣接する接合パッドまたは素子の間で短絡が発生し得るからである。本書に記載のプロセスでは、従来のはんだのように標準的なはんだの融点ではなくが流動しないため、本実施形態で記載されたプロセス及び構造は、将来の非常に小さなスケールでの施用に用いられ得る。

40

【 0 0 3 9 】

集積回路内に形成されるトランジスタの数は、常に増加し続けている。同時に、集積回路装置の大きさは、実質的に縮小し続けている。チップの製造業者たちは、トランジスタの総数の指数関数的な成長を達成するのに、トランジスタのサイズが縮小し続けることに

50

依存してきたが、既知のダイ接合技法によって、将来的な縮小が制限される可能性がある。例えば、最新のトランジスタの部品は、原子何個か分の厚さしかなく、したがって、集積回路ダイの大きさも、トランジスタの縮小に伴って縮小する。現在の素子が 100 ミクロン（ 1μ は 1 メートルの 100 万分の 1）程度まで小さい一方、将来的には素子の幅は、5 ~ 15 ピコメートル程度まで小さくなり得ると確信されている。したがって、将来には、集積回路全体の大きさが人間の目で容易に見るには小さすぎるようなものも、開発され得よう。そうした縮小が実際に達成されるかどうかに関わらず、素子を接合する現在の技法が変更されなくてはならないところまで、素子のサイズを縮小するという現在の趨勢が継続することは確実である。こうした集積回路または微小ダイは、基板もしくはセラミックボードまたは、接続点もしくは接合パッドを有する他のタイプのパッケージングといったホストプラットフォームに接合されなくてはならない。

10

【0040】

部品の寸法が極小のため、このレベルの集積化は達成困難であろう。マイクロエレクトロニクスの小さい部品を、現在の製造プロセスで可能な方法によって個別にパターニングすることは、不可能な可能性がある。現在の IC がほとんどあらゆる任意のパターンを有し得る一方、これらのマイクロエレクトロニクスのレイアウトは、物理的プロセスの制限によって動かされる可能性がある。本実施形態の一様は、接合に使用されるはんだが流動して、隣接する接合パッドまたは接続点、リードまたはノードの間で短絡を生じるようなことは、ないということである。したがって再び図 8 を参照すると、接合パッドパターンのレイアウトによって、4 8 で示すより顕著な間隔の代わりに、4 6 で示すような、個々のダイまたはフリップチップの、最小限の間隔による近接した配置が可能になる。なぜならば、短絡を発生させる隣接する素子間及び接合パッド間のはんだの流動が、問題ではないからである。さらに、図 8 の実施形態によって、こうしたマイクロ回路や今日製作されているフリップチップ素子が表されてよいことは、理解されるべきである。

20

【0041】

図 9 は、一実施形態による、ボード及び、ボードに実装された複数のフリップチップの、少なくとも 1 つのさらなるチップまたはダイを追加するために後続するリフローを行った後の図である。図 9 は主に、少なくとも 1 つのさらなる素子、フリップチップ、またはダイを追加するための後続するリフローについてさえ、記載の実施形態によって、隣接する接合パッド及び／または素子の間で、既存の接合を損傷したり短絡を発生させたりすることなしに、素子を追加して、接合のためにリフローすることが可能であることを示している。図から分かるように、より小さいダイまたはフリップチップが 4 4 b に示す素子の横列に追加され、より大きいダイまたはフリップチップが、4 4 d に示す素子の横列に追加されている。ダイがボードの両面に追加されてよいことは、留意すべきである。単純化のため、1 面のみが示されている。このことは、全ての実施形態に該当する。さらに、本書に記載する実施形態は、両面に接合パッドを有する積層ダイを備えるマルチチップモジュール用に使用され得る。

30

【0042】

図 10 は、一実施形態による、ボード及び、ボードに実装された複数のフリップチップの、少なくとも 1 つのさらなるチップまたはダイを追加するために後続するリフローを行った後の図である。図 10 は主に、少なくとも 1 つのさらなる素子、フリップチップ、またはダイを追加するための後続するリフロー（例えば第 3 のリフロー）についてさえ、記載の実施形態によって、隣接する接合パッド及び／または素子の間で、既存の接合を損傷したり短絡を発生させたりすることなしに、素子を追加して、接合のためにリフローすることが可能であることを示している。図から分かるように、2 つの後続するリフローにおいて、より小さいダイまたはフリップチップが 4 4 b 及び 4 4 c に示す素子の横列に追加され、より大きいダイまたはフリップチップが、4 4 d に示す素子の横列に追加されている。ダイまたはフリップチップのうちの全ての間の間隔 4 6 は、リフローのたびに溶融するであろう従来型のはんだが使用された場合に必要であろう間隔 4 8 よりも、実質的に小さい。作製された合金がより高い融点を有することによる便益によって、接合パッド間の

40

50

間隔もまた減少してよいことは、理解されるべきである。

【0043】

図11は、一実施形態による、ダイを接合する方法を示すフロー図である。図11の方法は、ウエハ形状のダイの上に、少なくとも1つの金属層を形成すること(102)によって開始する。その後、該少なくとも1つの金属層は、接合パッドを形成するためにエッチングされる(104)。ダイ上に接合パッドが形成された後、該ダイは、複数のマッチングする接合パッドを有するボード上にフリップチップ実装される(106)。記載の実施形態では、ボードははんだ付け可能なボードである。はんだ付け可能なボードは、セラミックボード及び基板または金属リードフレームを含む、電子素子を固定または接続するのに使用される任意のタイプの既知のボードを含み得る。一実施形態では、ボードの接合パッドを製作するために使用されるはんだ付け可能なボードの金属層は、錫または銅といったはんだ付け可能な金属層である。開示の実施形態では、ボードには1つの表面上に形成された2つの金属層が含まれる一方、ダイには少なくとも1つのはんだ付け可能な金属層が含まれる。ダイは、ボードの外側金属層と第1のダイとが互いに接触するように、ボード上に配置される。
10

【0044】

方法にはその後、フラックス及び不純物のうちの少なくとも1つを焼尽させ、ペーストが使用されている場合、金属ペーストから第1の合金を形成するため、第1のリフロー温度による第1の温度リフローを実施すること(108)が含まれる。方法にはその後、はんだペーストが使用された場合、ダイ及びボードの接合パッドの複数の金属層のそれぞれと、第1のリフロー中に作成された第1の合金との間で第2の合金を形成するため、第2のリフロー温度でボード及びダイの第2の温度リフローを実施すること(110)が含まれる。
20

【0045】

これらのリフローの温度プロファイルには、特定の温度までの温度勾配と、冷却期間の開始または所望の温度までの勾配と、次いで、該金属層がリフローして少なくとも1つの合金を作製するのに十分な特定の期間または継続期間にわたる温度または温度範囲の維持とが含まれ得る。本書で温度プロファイルに言及する場合には、ダイ及びボードの金属層を溶融して所望の合金及び/または金属間化合物を作製するのに使用される、温度及び時間の任意の組み合わせが含まれる。方法には、オプションで、(例えば、第2の期間にわたって第1のリフロー温度プロファイルを用いるといった)第2の温度プロファイルによって1つの合金が既に作成された後も、第3の合金を形成するため、第1のダイ並びに、該ダイ及びボードの金属層のうちの1または複数のリフローを継続するために、リフローを継続すること(112)が含まれる。
30

【0046】

方法には、第1のリフロープロセスが完了し、形成されたあらゆる合金が冷却し凝固した後、第2のダイもしくはフリップチップ(または複数の第2のダイもしくはフリップチップ)をはんだ付け可能なボード上に配置し、第1及び第2のダイを持つ該ボードをリフロー炉またはリフローオーブン内に配置すること(112)が含まれる。その後、第2のダイ及びボードの金属層は、第1のリフロープロセス中に作製された第1のダイ及びボードのいかなる合金も完全にはリフローすることなく、第3のリフロー温度プロファイルによってリフローされる。第2のダイの金属層とボードの金属層とがリフローされ、第2のダイ及びボード用の第4の合金が形成される(114)。方法には、最後に、第2のダイ用の第5の合金を形成するために、第4の温度プロファイルで第2のダイ及びボードの金属層のリフローを継続すること(116)が、オプションで含まれる。第1、第2、第3、及び第4の各温度プロファイルは、同様であってもよく異なっていてもよいことは、理解されるべきである。同様に、作製された第2、第3、第4及び第5の合金及び/または金属間化合物は、該温度プロファイル及び金属層組成に基づいており、したがって同様であってもよく異なっていてもよい。
40

【0047】

10

20

30

40

50

図12は、一実施形態による、複数のダイを接合する方法を示すフロー図である。方法は、溶融した金属が流動する間隔をダイ間に残すことなく、ボードまたは金属リードフレーム上にエッティングされた複数の接合パッド上に、第1の複数のダイをフリップチップ実装すること(120)によって開始される。方法には、その後、ダイの接合パッドの金属層とボードの接合パッドの金属層との両方からの金属要素を含む複数の合金を作製するために、複数のリフローを実施すること(122)が含まれる。方法には、続いて、溶融した金属が流動する間隔をダイ間に残すことなく、ボードまたは金属リードフレーム上にエッティングされた第2の複数の接合パッド上に、第2の複数のダイをフリップチップ実装すること(124)が含まれる。方法は、最後に、ダイの接合パッドの金属層とボードの接合パッドの金属層との両方からの金属要素を含む複数の合金を作製するために、複数のリフローを実施すること(126)によって完了する。

10

【0048】

図12に示す方法の一態様は、溶融して接合パッドから流出するはんだは、様々な実施形態によるダイまたはフリップチップの実装及び接合に関連して実施されるリフローにとって、問題ではないということである。従って、個別のダイ／フリップチップは、非常に近接して配列され配置され得る。

【0049】

図13は、一実施形態による、複数のダイを接合する方法を示すフロー図である。方法は、ボードの導体パッド上に第1のダイをフリップチップ実装(102)し、第1のダイ及びボードをリフロー炉またはリフローオーブン内に配置すること(104)によって開始される。方法には、その後、第1の合金を形成するため、第1のリフロー温度プロファイルで第1のダイ及びはんだ付け可能なボードの金属層をリフローすること(106)が含まれる。この第1のリフローは、通常、不純物及びフラックスを焼尽させ、プロセス中ではんだペーストが使用されている場合、はんだペーストから合金を形成するためである。

20

【0050】

方法は、その後、第2の合金を形成するように第1のダイをリフローし続けるための、第2のリフロー温度プロファイルによるリフロー(108)に進む。この第2の合金には、ダイの接合パッドの金属層及び／またははんだペーストからのうちの少なくとも1つの金属と、はんだ付け可能なボードの接合パッドの金属層からの少なくとも1つの金属とが含まれる。方法には、その後、第3の合金を形成するために、第1のダイ及びボードのリフローを継続すること(110)が含まれる。

30

【0051】

記載の実施形態では、プロセス中で少なくとも3つの金属が使用されている。第2のリフローでは、少なくとも1つの金属が溶融して、別の層から拡散した金属を含む、第2の合金を形成する。フリップチップ／ダイ及びボードのリフローを継続することによって、第3の金属が溶融し、第1及び第2の金属と混合され、少なくとも3つの金属を含む第3の合金が形成される。このプロセスが完了し該合金が冷却して凝固した後、方法には、複数の金属層を有するボードの接合パッド上に第2のダイをフリップチップ実装すること(112)と、接合された第1のダイを有する第2のダイ及びボードの両方を、リフロー炉またはリフローオーブン内に配置すること(114)と、第4の合金を形成するため、第1のダイを完全にリフローすることなく、第2のダイをリフローする第4のリフロー温度プロファイルによってリフローすること(116)とが含まれる。第1の合金と同様、ここで形成される第4の合金は、プロセス中ではんだペーストが使用されている場合、はんだペーストからのものである。方法にはその後、第2の合金と同様の第5の合金を形成するように、第1のダイをリフローすることなく第2のダイをリフローするため、第5のリフロー温度プロファイルによってリフローすること(118)が含まれる。最後に、方法には、第6の合金を形成するためにオプションでリフローを継続すること(120)が含まれる。

40

【0052】

50

各図に関する上記の検討及び記載は、ダイまたはフリップチップの接合パッドを、ボードの接合パッドに付着させることに関する。上記で開示された主題は例示であって限定的でなく、添付の特許請求の範囲はこうした修正形態、拡張形態、及び特許請求の真の範囲に該当する他の実施形態の全てをカバーすることが意図されていることは、理解されるべきである。

【0053】

例えば本開示の装置及び方法の一態様によると、ボードの接合パッドには、銅が含まれる。

【0054】

別の態様によると、第1のダイの複数の接合パッドの少なくとも2つの金属層には、チタン層が含まれる。10

【0055】

さらなる別の態様によると、該合金には、錫、銀、及び銅の合金、または錫及び銀の合金のうちの1つが含まれる。

【0056】

本装置の一態様によると、第1のダイの複数の接合パッドは銀と錫を含む少なくとも3つの金属層を備え、ボードの複数の接合パッドは少なくとも2つの金属層を備える。

【0057】

別の態様によると、第1のダイの複数の接合パッドの少なくとも2つの金属層には、銀層とニッケル層が含まれる。20

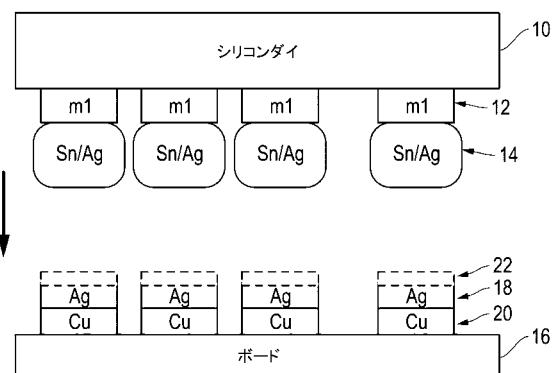
【0058】

さらなる別の態様によると、ボードの少なくとも2つの金属層には、銀層と銅層が含まれる。

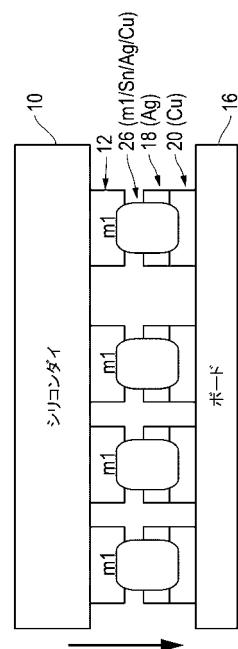
【0059】

こうして、法の許す最大の範囲まで、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲及びその均等物の可能な限り最も幅広い解釈によって決定されるべきであり、前記の詳細な記載によって制限されたり限定されたりするべきではない。

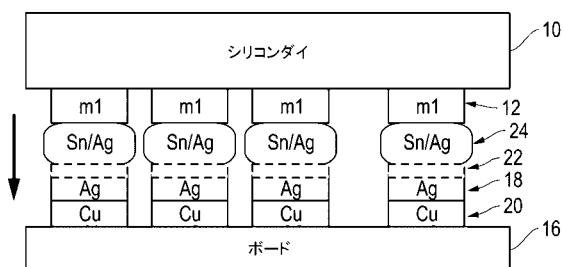
【図1】



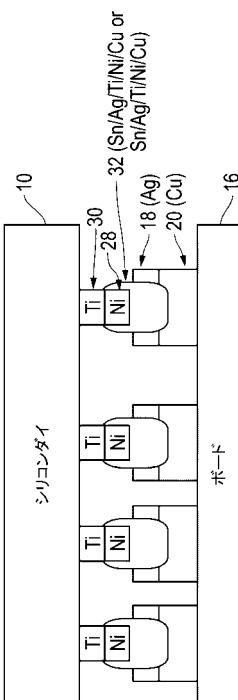
【図3】



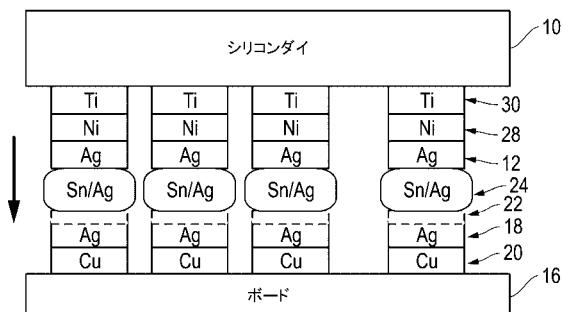
【図2】



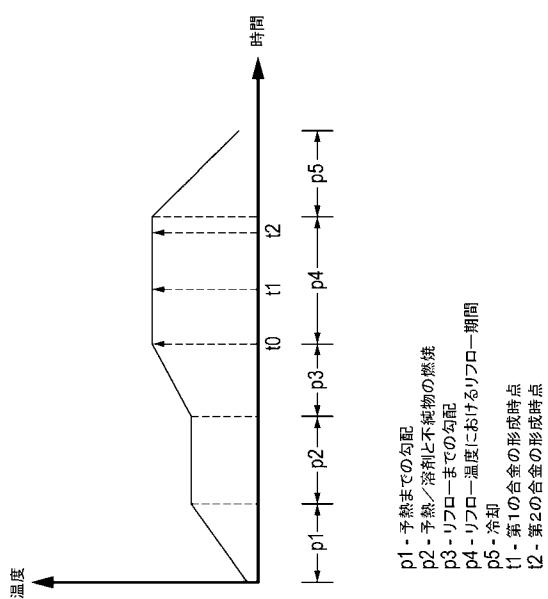
【図6】



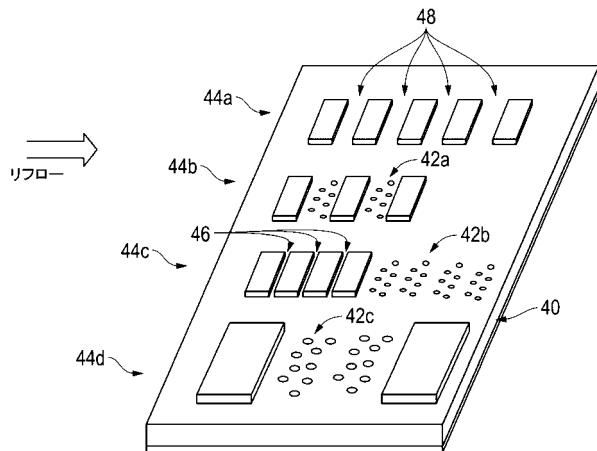
【図5】



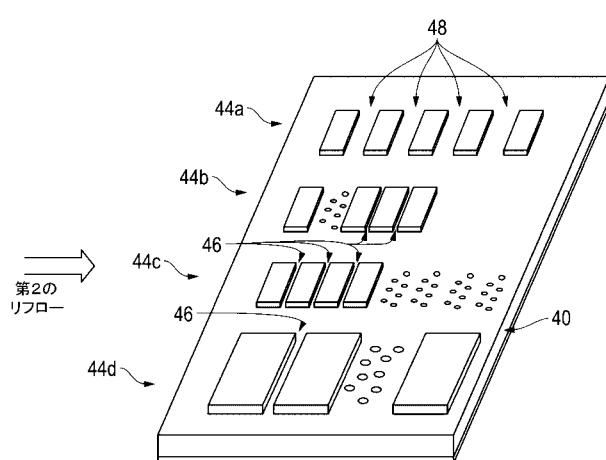
【図 7】



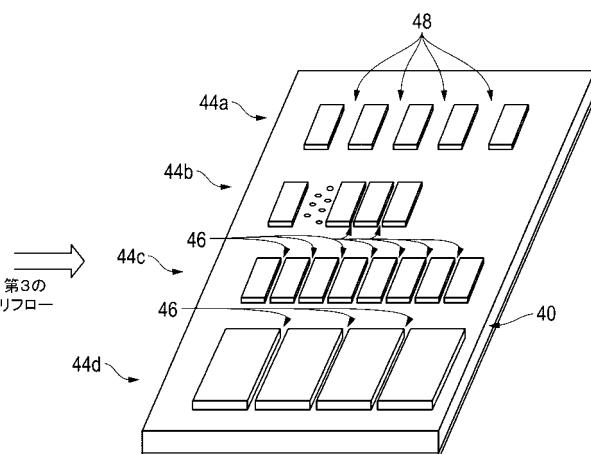
【図 8】



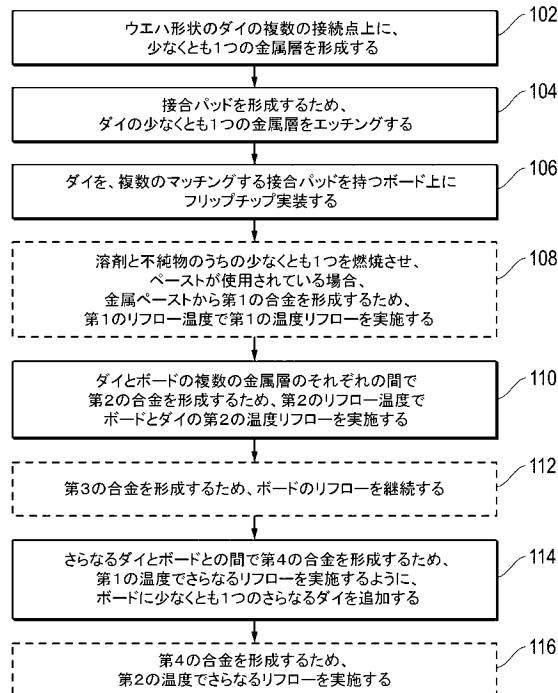
【図 9】



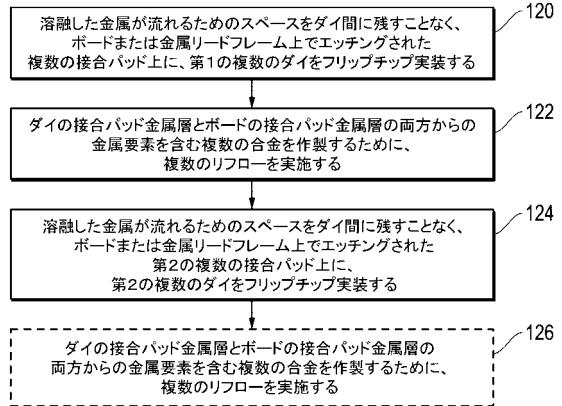
【図 10】



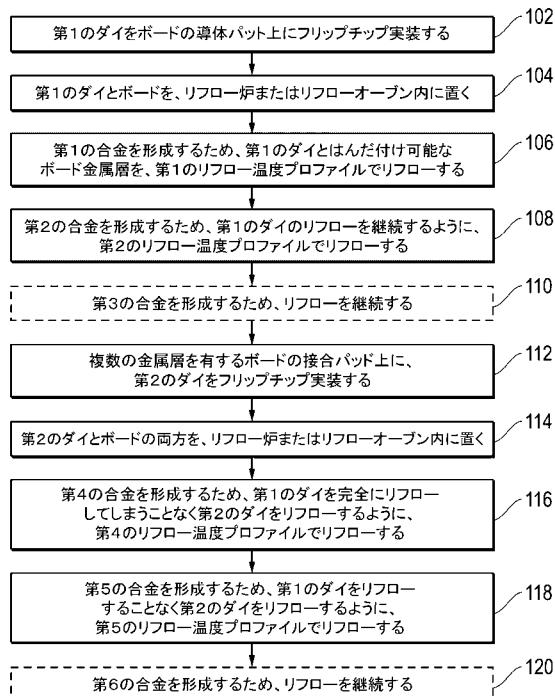
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 カーネイ , フランシス ジェイ .

アメリカ合衆国 アリゾナ 85215 , メサ , イースト ポメグラネート ストリート 3
718

F ターム(参考) 5F044 KK02 KK04 KK05 KK13 LL01 LL05 LL07 QQ03 QQ05

【外國語明細書】

2017063180000001.pdf

2017063180000002.pdf

2017063180000003.pdf

2017063180000004.pdf