

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5604665号  
(P5604665)

(45) 発行日 平成26年10月8日 (2014. 10. 8)

(24) 登録日 平成26年9月5日 (2014. 9. 5)

(51) Int. Cl. F I  
**H O 1 L 21/60 (2006.01)**  
 H O 1 L 21/60 3 1 1 Q  
 H O 1 L 21/92 6 O 3 F  
 H O 1 L 21/92 6 O 3 B

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-158372 (P2010-158372)	(73) 特許権者	508243639
(22) 出願日	平成22年7月13日 (2010. 7. 13)		エルエスアイ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2011-23721 (P2011-23721A)		アメリカ合衆国カリフォルニア州95131, サンノゼ, リッター・パーク・ドライブ 1320
(43) 公開日	平成23年2月3日 (2011. 2. 3)	(74) 代理人	100087642
審査請求日	平成25年6月5日 (2013. 6. 5)		弁理士 古谷 聡
(31) 優先権主張番号	12/501, 686	(74) 代理人	100082946
(32) 優先日	平成21年7月13日 (2009. 7. 13)		弁理士 大西 昭広
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100121061
			弁理士 西山 清春
		(74) 代理人	100195693
			弁理士 細井 玲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 銅の追加によるハンダ相互接続の改良

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子デバイスを形成する方法であって、

電子デバイス基板であって、その上に配置されたバンプ・パッドを有する前記電子デバイス基板を提供することを備え、前記バンプ・パッドは、A l または C u からなる平面頂部表面と側部表面とを含み、さらに、

前記ハンダ・バンプ・パッドの前記頂部平面および側部表面上に配置されたニッケル含有層を提供し、前記ハンダ・バンプ・パッドの前記頂部平面および側部表面との界面を形成し、

前記ニッケル含有層上に位置するハンダ・バンプを提供することを備え、前記ハンダ・バンプは銀と錫と銅からなり、さらに、

前記ニッケル含有層と前記ハンダ・バンプとの間に位置し前記ニッケル含有層と前記ハンダ・バンプに接触する金属間化合物層を形成することを備え、前記金属間化合物層は、

前記ハンダ・バンプに隣接する第1の金属間化合物副層を含み、前記第1の金属間化合物副層はニッケルと銅と錫の合金からなり、そして、

前記第1の金属間化合物副層と前記ニッケル含有層とに隣接する第2の金属間化合物副層を含み、前記第2の金属間化合物副層はニッケルと錫の合金からなり、そして

前記金属間化合物層を形成することが、銅含有層と接触する前記ハンダ・バンプを溶融することを含み、前記金属間化合物層が55重量%から65重量%の範囲内の銅濃度を有する、方法。

10

20

## 【請求項 2】

前記ニッケル含有層が元素のニッケル層である、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

電子デバイスであって、

電子デバイス基板であって、その上に配置されたバンプ・パッドを有する前記電子デバイス基板を備え、前記バンプ・パッドは、A l または C u からなる平面頂部表面と側部表面とを含み、さらに、

前記ハンダ・バンプ・パッドの前記頂部平面および側部平面上に位置し、前記ハンダ・バンプ・パッドの前記頂部平面および側部平面との界面を形成するニッケル含有層と、

前記ニッケル含有層上に配置されたハンダ・バンプとを備え、前記ハンダ・バンプは銀と錫と銅の合金からなり、さらに、

前記ニッケル含有層と前記ハンダ・バンプとの間に位置し、前記ニッケル含有層と前記ハンダ・バンプに接触する金属間化合物層を備え、前記金属間化合物層は、

前記ハンダ・バンプに隣接する第 1 の金属間化合物副層を含み、前記第 1 の金属間化合物副層はニッケルと銅と錫の合金からなり、そして、

前記第 1 の金属間化合物副層と前記ニッケル含有層とに隣接する第 2 の金属間化合物副層を含み、前記第 2 の金属間化合物副層はニッケルと錫の合金からなり、そして

前記金属間化合物層が 5 5 重量 % から 6 5 重量 % の範囲内の銅濃度を有する、電子デバイス。

## 【請求項 4】

前記ニッケル含有層が元素のニッケル層である、請求項 3 に記載のデバイス。

## 【請求項 5】

前記ハンダ・バンプの前記銅が 0 . 5 重量 % から 4 重量 % の範囲内の濃度を有する、請求項 3 に記載のデバイス。

## 【請求項 6】

前記金属間化合物層が、前記ニッケル含有層上に位置し前記ニッケル含有層との界面を形成する、請求項 3 に記載のデバイス。

## 【請求項 7】

前記第 1 の金属間化合物副層のニッケルと銅と錫の前記合金は、前記錫の 5 原子の前記ニッケルと前記銅の 6 原子に対する原子比率を含み、前記銅原子は前記ニッケル原子よりも多い、請求項 3 に記載のデバイス。

## 【請求項 8】

前記金属間化合物層が、前記ニッケル含有層上に位置し前記ニッケル含有層との界面を形成する、請求項 1 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本願は、一般に電子パッケージングに関し、より詳細にはフリップ・チップ組立てに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

フリップ・チップ・パッケージングは、ハンダに依拠して I C をパッケージに接続する。これらのハンダ相互接続は、バンプと呼ばれる。バンプは、従来、P b / S n 合金で作られてきた。しかし、鉛の使用を規制する法律の登場により、電子産業は、鉛フリー合金に向かっている。例えば、2003 年に欧州連合が採択した、特定有害物質使用制限 ( R o H S ) 指令は、同種の成分中の鉛濃度を 0 . 1 % ( 1000 p p m ) 以下に制限する。最も普及している鉛フリーのバンプ合金は、三元の S n / A g / C u および二元の S n / A g である。S n / A g 合金は、通常、メッキされ、一方、S n / A g / C u 合金は、通常、ペースト印刷される。メッキされた S n / A g の場合、バンプ下メタライゼーション ( U B M ) は、通常、T i / C u / N i の 3 層であり、S n / A g / C u 合金に対しては

10

20

30

40

50

、UBMは、通常、Al/Ni/Cuである。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

一態様は、電子デバイスを形成する方法を提供する。電子デバイス基板の上に配置されたハンダ・バンプ・パッドと、ハンダ・バンプ・パッドの上に配置されたニッケル含有層とを有する電子デバイス基板が提供される。方法は、電子デバイスをリフロー・プロセスにかける前に、銅含有層をニッケル含有層上に形成することを含む。

【0004】

他の態様は、電子デバイスを提供する。電子デバイスは、電子デバイスの上に配置されたバンプ・パッドを有する電子デバイス基板を含む。ニッケル含有層が、ハンダ・バンプ・パッド上に配置され、銅含有層が、ニッケル含有層上に配置される。

10

【0005】

他の態様は、電子デバイスを形成する方法を提供する。方法は、電子デバイス基板上に配置されたハンダ・バンプを有する電子デバイス基板を提供することを含む。銅含有層が、ハンダ・バンプ上に形成される。

【0006】

次に、添付の図面と共に、以下の説明が参照される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

20

【図1】本開示により形成されたハンダ・バンプを有する電子デバイスを示す図である。

【図2】図2Aは本開示のバンプ・パッドを示す上面図であり、図2Bは本開示のバンプ・パッドを示す断面図である。

【図3】バンプ・パッドを示す詳細図である。

【図4】図4Aはハンダ・バンプとバンプ・パッドの間に金属間化合物(IMC)領域を有する、ハンダ・バンプとバンプ・パッドを示す図であり、図4BはIMC領域を示す詳細図である。

【図5】図5Aは本開示のバンプ・パッドを示す上面図であり、図5Bは本開示のバンプ・パッドを示す断面図である。

【図6】図6Aはハンダ・バンプ上に形成された銅含有層を示す図であり、図6Bはハンダ・バンプ上に形成された銅含有層を示す図である。

30

【図7】本開示の方法を示す流れ図である。

【図8】本開示の方法を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

ある状況下では、ハンダ・バンプが、電子デバイスの設計寿命が終わる前に、働かなくなることがある。いくつかの故障は、ソリッド・ステート構造によって衰えていくハンダ・バンプの中に、機械的に弱い領域が形成されることに起因する。弱い領域は、例えば、デバイス組立てから残る、またはデバイス動作中の熱膨張により引き起こされる残留機械応力を受けて破壊する可能性がある。しかし、バンプ故障を減少させるための従来の方法には、いくつかの欠点がある。

40

【0009】

従来の一方法では、Cuバンプ・パッドの上のNi層は、ハンダ溶融物が、いくつかの位置においてNi層を完全に取り除き、下地のCuをバンプに露出させるのに十分な程に、薄く作られる。Cuの一部が、バンプとパッドの間のSn/Cu IMC領域に、組み入れられる。低濃度では、IMC領域の中の幾分かのCuは、有益でありうる。しかし、Cuは、溶融したハンダのSnおよびAgと速やかに反応するので、溶融物の中に溶解されるCuの量は、十分には制御されない。Cuが過度に組み込まれると、別の分野の信頼性問題を引き起こす可能性がある。

【0010】

50

別の従来の方法では、パッドからCuを消費することを避けるために、Ni/Au層またはNi/Pd/Au層が、Cuパッドの上面に形成される。この場合、Niおよび/またはPd層が、リフロー中にCuが露出されないようにするのに十分な厚さで、形成される。この方法は、ハンダ・パンプの中のCu濃度が大きすぎることに関連する信頼性問題を少なくするが、前述の破壊問題は、改善されない。本明細書に記載される実施形態は、従来の方法のこれらの限界に取り組む。

#### 【0011】

現在、ハンダ・パンプをリフローする前に、ハンダ・パンプ上、またはパンプが接合されるパンプ・パッド上に銅含有層を形成することにより、Cuを制御された状態でSn/Agハンダ・パンプに加えることができることが認識されている。銅含有層は、ハンダ溶融物によって少なくとも部分的には消費され、ハンダ・パンプ、ならびにハンダ・パンプとパンプ・パッドの間の金属間化合物(IMC)領域の中に、三元のSn/Ag/Cu(SAC)合金を形成する。IMC領域は、従来のPbフリー・パンプのハンダ接合に対して、パンプとパッドの間の接合の、機械的および電気的信頼性を改善する機械的特性を有する。そのような改善された特性は、パンプ故障の発生率を減少させ、パッケージされたデバイスの予想動作寿命を増加させることが、期待される。

#### 【0012】

最初に図1を見ると、組み立てられた電子デバイス100が示される。デバイス100は、第1の電子デバイス100aと第2の電子デバイス100bを含む。いくつかの実施形態において、デバイス100aは、集積回路(IC)のダイであり、デバイス100bは、電子デバイス・パッケージである。図示された実施形態において、デバイス100aは、裏返されており、ハンダ・パンプ110が、デバイス100aとデバイス100bの間に配置される。いくつかの実施形態において、ハンダ・パンプ110は、RoHS規格に適合する。本考察の中および特許請求の範囲の中で使用されるように、RoHS適合ハンダ・パンプは、Pbフリーであるとみなされる。デバイス100a、100bは、例えば、ハンダ・パンプ110が溶解され、冷却されたハンダ・リフロー・プロセスによって、接合された。この構成において電子デバイスを接合するプロセスは、一般的に、「フリップ・チップ」組立てと呼ばれる。

#### 【0013】

デバイス100aは、基板120と、複数のハンダ・パンプ・パッド130とを含む。本明細書の中および特許請求の範囲の中で使用されるように、パンプ・パッドは、ハンダ・パンプとの接続を形成するように構成され、電子デバイス基板上に配置された、金属パッドである。電子デバイスは、例えば、ICダイ、または電子パッケージであってよい。パッドは、1辺が例えば50μm以上であってよく、パッド上に、パンプ下メタライゼーション、拡散障壁、または酸化防止剤など、様々な金属層を含んでよい。ハンダ・パンプ・パッド130が、基板120の頂部の金属相互接続層(図示せず)の上に形成される。いくつかの実施形態において、基板120は集積回路であり、例えば、トランジスタおよび金属の相互接続レベル(interconnect level)を含んでよい。パッド130に接続される頂部の金属相互接続層は、多層の相互接続積層体の頂部におけるI/Oパッドまたは相互接続レベルであってよい。

#### 【0014】

デバイス100bは、基板140と、複数のパンプ・パッド150とを含む。いくつかの実施形態において、デバイス100bは、電子デバイス・パッケージである。基板140は、例えば、パッケージ・リードと、リードをパンプ・パッド150に接続する信号ルーティング・トレースとを含むことができる。基板140は、デバイス・パッケージ基板の中に、複数の信号ルーティング層を含むことができる。信号ルーティング層は、例えば、結線(connection)を介することにより、パッド150に接続することができる。

#### 【0015】

図2Aおよび図2Bは、それぞれ、組立て前のパンプ・パッド150および基板140

10

20

30

40

50

の一部分の平面図および断面図を示す。パッド150は、基板140の上面の上に形成され延在して示されている。他の意図された実施形態は、パッド150の上面が、基板140とほとんどじかに接触するパッドを含む。パッド150は、デバイス100bを形成するために使用されるプロセス技術に従って、例えば、AlまたはCuパッドであってよい。金属層210は、パッド150の上に配置される。層210は、ハンダ・バンプをパッド150に接合する前に、パッド150上に堆積または形成される。パッド150の頂部および側部を覆うように示されているが、他の実施形態において、金属層210は、パッド150の頂部だけを、またはパッド150の、ハンダ・バンプ110とパッド150の間の接触を防ぐのに十分な部分だけを、覆うことができる。さらに、図示されない、追加の金属層が、金属層210とパッド150の間に存在してよい。そのような層は、いくつかの場合、金属層210とパッド150の間の粘着力を促進するために、または拡散障壁を形成するために、使用されうる。

10

#### 【0016】

以下にさらに説明するように、層210は、銅含有副層およびニッケル含有副層を含む。層210は、ハンダ・バンプ110とパッド150の間の電気的および機械的接続に対して特性を与えるように選択された、1つまたは複数の選択された金属層を、さらに含むことができる。例えば、層210は、ハンダ・バンプ110の濡れを改善する犠牲金属層、または層210の表面の酸化を抑制するための有機被膜を含むことができる。

#### 【0017】

図3は、金属層210を、本開示の一実施形態において構成される通りに、非常に詳細に示す。銅含有副層310が、ハンダ・バンプ110'とニッケル含有副層320の間に配置される。以下の考察において、ハンダ・バンプ110に対する「プライム符号 (prime)」表示は、デバイス100aをデバイス100bに接合する前のハンダ・バンプ110を示す。本開示の中および特許請求の範囲の中で使用されるように、銅含有層は、元素の銅、銅を含む化合物、例えば、銅含有IMC、または銅を含まないバインダを含むことができる。さらに、銅含有層は、異なる銅含有組成を有する2つ以上の層、例えば、元素の銅の1層および銅を含むIMCの1層、を含むことができる。同様に、本開示の中および特許請求の範囲の中で使用されるように、ニッケル含有層が、元素のNi、またはNiを含む化合物、例えば、ニッケル含有IMCを含むことができる。さらに、ニッケル含有層は、異なるニッケル含有組成を有する2つ以上の層、例えば、元素のニッケルの1層およびニッケルを含むIMCの1層、を含むことができる。簡潔にするために、一般性を失うことなく、残りの考察において、副層310はCu副層と呼ばれてよく、副層320はNi副層と呼ばれてよい。

20

30

#### 【0018】

例示される実施形態において、Cu副層310は、Ni副層320の上、副層320とバンプ110'の間、に配置される。知られているフリップ・チップ・プロセスは、ハンダ・バンプと、バンプ・パッド上のニッケル含有層の間に、銅含有層を含まない。Cu副層310は、リフロー後にバンプ110'の中に、約0.5重量%~約4重量%の範囲内のCu濃度を結果としてもたらすCuの量を提供するように決定される、厚さ $T_{Cu}$ を有する。この態様は、以下でより詳細に取り扱われる。Ni副層320は、パッド150が溶解されたバンプ110'と接触しないように、副層320が、リフロー後に破れないままであるようにするのに十分な厚さ、 $T_{Ni}$ を有する。

40

#### 【0019】

図3の実施形態に関して、任意選択で、1つまたは複数の追加の金属層が、Cu副層310とNi副層320の間に配置されうる。例えば、そのような1つまたは複数の層には、例えば、Pd層、Au層、またはその両者を含む仕上げ (finish) が、組み込まれうる。そのような層は、時として、バンプ・パッドの酸化を抑制するために、またはパッドの濡れを促進するために、使用される。本開示の中および特許請求の範囲の中で使用されるように、たとえ、仕上げ層として慣例的に使用される追加の金属層、例えば、Auおよび/またはPd、が副層310と320の間に配置されるときでも、Cu副層310

50

は、Ni副層320上に配置される。

【0020】

以下に考察されるいくつかの実施形態において、銅含有層が、組立てプロセスを実施する前に、ハンダ・パンプ110'の上に堆積または形成されうる。いくつかの実施形態において、ハンダ・パンプ110'は、パンプ110'をパッド150に接合する前は、本質的にCuを含まない。本質的に含まないとは、ハンダ・パンプ110'の中のCu濃度が、約0.1重量%を超えないことを意味する。非限定的な一例において、ハンダ・パンプ110'は、リフロー前は、約96.5重量%のSn/3.5重量%のAg（共晶組成）である。それ以外にはCuを本質的に含まないハンダ・パンプは、ハンダ・パンプの上に形成される銅含有層の存在によって、Cuを含むものとはみなされない。

10

【0021】

図4Aは、ハンダ接合を形成後、例えば、リフロー後の、パッド150の上のハンダ・パンプ110を示す。ハンダ・パンプ110の組成は、金属層210の一部が組み込まれるために、ハンダ・パンプ110'の組成とは異なる。金属層210は、Cu副層310およびNi副層320だけが含まれるものとして、限定なしに示される。リフロー・プロセス中、ハンダ・パンプ110'の中のSnおよび/またはAgが、金属層210の中のNiおよび/またはCuと反応するときに、溶融されたハンダと副層310、320との間の反応が、銅含有IMC領域410を作成する。IMCは、例えば、Cu、Sn、Agおよび/またはNiを含む化合物を含むことができる。各化合物は、構成元素の特徴的な化学量論比(stoichiometry)を有する。実質的に全ての、ハンダ・パンプ110と副層320の間の副層310は、溶融物によって消費され、領域410およびハンダ・パンプ110に組み込まれることが予測される。Cu副層310の上に形成される、濡れ層が存在する場合は、その層もまた消費される。Ni副層320は、本質的に破損されず、例えば、Ni副層320の連続部分が、領域410とパッド150の間に配置されることを意味する。

20

【0022】

領域410は、領域410の中に様々なIMCが存在することにより、ハンダ・パンプ110と区別される。一般に、IMC領域410の境界は、透過型電子顕微鏡など、様々な分析技術により確認されるように、鮮明であることが予測される。通常、領域410は、ハンダ・パンプ110の質量の約0.1%~10%の総質量を有する。

30

【0023】

図4Bは、IMC領域410を、非常に詳細に示す。Ni副層320と界面を共有する、第1の副領域420は、Ni/Sn化合物、例えば、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>、から実質的に構成されることが予測される。副領域420とパンプ110の間に配置される、第2の副領域430は、Cu/Sn化合物、例えば、Cuの代わりにいくらかのNiを有するCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>、から実質的に構成されることが予測される。副領域430におけるIMCは、幾分かの量のNiが存在することを反映するために、(Ni、Cu)/Sn化合物と呼ばれうる。しかし、副領域430の中のCuのうちの実質的に50%未満が、Niに置き換えられることが予測されるので、この考察および特許請求の範囲の目的に対して、副領域430は、ニッケル含有層ではない。副領域430の中のCu濃度は、例えば、約55重量%~約65重量%の範囲内にありうる。

40

【0024】

様々な実施形態において、また特許請求の範囲の目的のために、副領域430は、副領域430の中の高いCu濃度を反映して、銅含有層とみなされる。他方では、ハンダ・パンプ110は、銅含有層とみなされない。パンプ110は、約5重量%未満の銅濃度を有し、パンプ110の中の銅は、通常は固溶体の状態にあり、銅含有IMCを形成しない。何らかの銅含有IMCがパンプ110の中で形を成す程度では、そのようなIMCは、広く分散され、連続層を形成しない。

【0025】

溶融されたハンダ・パンプ110'が層210と接触して置かれるとき、副層310の

50

中のCuは、ハンダ・パンプ110'の中のSnおよび/またはAgの中に溶解して、Snおよび/またはAgと反応し、それゆえ、ハンダ・パンプ110を形成する。溶融されたハンダ・パンプ110の中のCuの拡散率は、約0.1 μm/秒より大であると考えられる。パンプ組立てプロセスの中の典型的なハンダ・リフロー・プロセスは、ハンダ・パンプ110を、60~90秒の間、約220 °Cを超える温度に維持する。従って、副領域430の中のIMCに拘束されない、副領域310の中のCuは、ハンダ・パンプ110の中のSnおよびAgとSAC合金を形成することが予測される。合金は、合金の中のCuの均一な分布を有することが予測される。Cu副層310が溶融されたハンダにより消費されると、ハンダは、Ni副層320に接触する。ハンダの中のSnは、副層320の中のNiと反応して、Ni/Sn IMCを形成し、副層420の中にNi<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>を含む。

10

#### 【0026】

副領域420の中のNi/Sn IMC、例えば、Ni<sub>3</sub>Sn<sub>4</sub>は、パッド150からのNiおよびパンプ110からのSnが、副領域420の中に拡散するので、デバイス100の全寿命にわたって形成し続ける可能性がある。従って、副領域420は、時間経過とともに、厚さが増す可能性がある。Ni/Sn IMCは、通常、もろく、副領域420が十分に厚くなると、副領域420は、応力を受けて破壊する可能性がある。破壊は、デバイス100がその定格寿命を終える前に、デバイス100を故障させる可能性がある。

#### 【0027】

20

しかし、従来の場合と違って、副領域430の存在が、副領域420の成長を抑制することが考えられる。副領域430の中のCu/Sn IMCもまた、ソリッド・ステート構造によって、時間経過とともに形成し続けると考えられる。ハンダ・パンプ110の中のCuは、デバイス100の全寿命にわたって副領域430にCuを提供し、副領域430が成長することを可能にする。副領域430は、パンプ110からのSnの、少なくとも部分的なシンクとして働くことができ、そうでない場合には、パンプ110からのSnは、副領域420の中に拡散するであろう。副領域420に対するSnの使用可能性を制限することが、副領域420の成長速度を制限し、それにより、デバイス100の故障の発生率を減少させることが、予測される。さらに、副領域430の中のCu/Sn IMCは、副領域420のNi/Sn IMCより機械的に丈夫であることが予測され、従って、副領域430の成長が、デバイス100の信頼性に悪影響を及ぼすことは予測されない。

30

#### 【0028】

リフロー前にハンダ・パンプ110'にCuを混ぜることは、好ましい製造方法と両立しない。製造者は、ハンダ・パンプ110'を低コスト高処理能力で形成する場合は、電気メッキ・ハンダを積極的に選択する。しかし、Sn、AgおよびCuの電気化学ポテンシャルの固有の違いが、安定なSn、AgおよびCuの濃度を有するハンダ・パンプの形成を、事実上妨げる。

#### 【0029】

本開示の実施形態は、デバイス100a、100bを組み立てる前に、Cu源としてCu副層310を提供することにより、これらの不完全性を克服する。従って、パンプ110'は、従来のプロセス、例えば、電気メッキで形成可能であり、合金は、リフロー中に、デバイス100a、100bが接合されるときに発生する。

40

#### 【0030】

Cu副層310は、任意の従来の、または新しい、方法で形成されうる。いくつかの実施形態において、副層310は電気メッキで形成される。以下にさらに考察する他の実施形態において、副層310は、銅含有ペーストのステンシル印刷で形成される。副層310の厚さは、一般に、パンプ110の中に所望されるCu濃度により決定される。副層310の厚さは、様々な形成方法に対して異なってよい。例えば、電気メッキされた層は、通常、パッド150の規模(約100 μm)にわたって、非常に均一な厚さを有する。す

50

すべてのCuが溶融物により消費されることが予測されるので、厚さは、ハンダ・パンプ110'の体積と消費に対する知識を有する当業者により、決定されうる。

【0031】

非限定的な一例において、100  $\mu\text{m}$ のハンダ・パンプ110'に対する電気メッキされたCu副層310として、0.5 ~ 2  $\mu\text{m}$ の厚さが使用されうる。この厚さの範囲は、約0.5重量% ~ 約4重量%の範囲内の、パンプ110の中のCu濃度を、結果としてもたらしことが予測される。いくつかの場合、例えば、ハンダ・パンプの大きさの変化を考慮して、少なくとも1  $\mu\text{m}$ の厚さが好ましいであろう。いくつかの場合、余分なCuによるパンプ故障の可能性を最小化するために、Cu濃度は、3重量%以下に制限されうる。本明細書における実施形態において、副層310の厚さが、使用可能なCuを、パンプ110のハンダ組成におけるCuの溶解限度未満に制限する。従って、前述の、パンプ110の中の過度のCu濃度によるデバイス100の信頼性の低下が、予防される。

10

【0032】

ニッケル含有副層320の中のNiがパンプ110の中に溶解する速度は、Cuの速度より著しく小さく、例えば、10%未満であることが予測される。従って、副層320は、Cu副層310と比べて比較的薄い、依然として、溶融されたハンダがパッド150に到達するのを防ぐことができる。消費される副層320の総量はまた、一般に、リフロー温度と時間の関数である。いくつかの実施形態において、副層320の厚さは、リフロー・プロセスの許容限度によって予想される最大の時間と温度において、破損しないままであるのに十分である。しかし、一般に、パッケージング・プロセスの総コストを制御するために、副層320の厚さを制限することが望ましい。いくつかの実施形態において、リフロー前の副層320の厚さは、最大の、予測されるNiの離脱より、少なくとも約20%厚い。

20

【0033】

Ni副層320の約50 nmが、上述のリフロー・プロセスの間に消費されると予測される。従って、いくつかの実施形態において、副層320は、前述の考察のバランスを反映して、約0.5  $\mu\text{m}$ の厚さを有する。副層320は、従来どおり、例えば、物理蒸着プロセスにより、形成されうる。

【0034】

前述の通り、層210は、副層310と320の間に、例えば、Pd層および/またはAu層を含むことができる。これらの追加の層が存在する場合、これらの追加の層は、従来どおり形成されうる。そのような実施形態において、Cu、AuおよびPd層は、完全に消費され、Ni層は、前述のように部分的に消費されるものと予測される。

30

【0035】

図5Aおよび図5Bは、それぞれ、パンプ・パッド150の一実施形態の平面図および断面図を示し、パンプ・パッド150の上には、Cu副層510が、ステンシル印刷によるNi副層320の上に形成される。Cu副層510の厚さは、Cu副層310の厚さと異なってよい。例えば、Cu粒子間の自由空間、ならびに分散媒または結合剤が存在するため、Ni副層320の上に印刷される銅含有ペーストの中のCuの密度は、電気メッキ膜の中のCuの密度より小さい可能性がある。さらに、ペーストの厚さの均一性は、電気メッキされたCuの厚さの均一性より低い可能性がある。いくつかの場合、図示のように、印刷されたCu副層310は、パンプ・パッド150全体を覆わなくてよい。そのような場合は、ハンダ・パンプ110の中の所望のCu濃度をもたらすペースト層の体積が、ペーストの中のCu濃度の知識を用いて決定されうる。

40

【0036】

図6Aおよび図6Bは、Cuをハンダ・パンプ110に提供する代替実施形態を示す。図6Aにおいて、銅含有層610が、パンプ110'の上に形成される。通常、パンプ110'は、銅含有層610の形成中は固体のままであるが、このことは必要ではない。いくつかの実施形態において、パンプ110'の上に層610を有するパンプ110'は、パンプ・パッド140などのパンプ・パッドの上で、Ni含有層と接触して置かれる。パ

50



ンプ 110' がリフローされると、Cu 副層 310 が Ni 副層 320 の上に形成される実施形態に類似する方法で、層 610 が Cu をバンプ 110 に提供する。バンプ 110 の中の所望の Cu 濃度を結果としてもたらす層 610 の厚さが、決定されうる。図 6A の実施形態は、ハンダ・バンプ 110 の全表面にわたってハンダ・バンプ 110 の中に Cu が拡散することにより、ハンダ・バンプ 110 の中に、いくつかの他の実施形態より均一な Cu 濃度を、結果としてもたらすことができる。

#### 【0037】

銅含有層 610 は、ハンダ・バンプ 110' の上に、例えば、電気メッキにより形成されうる。非限定的な一例において、ハンダ・バンプ 110' は、直径 100 μm を有する球体として取り扱われる。約 15 nm ~ 約 120 nm の範囲内の層 610 の厚さは、リフ

10

#### 【0038】

図 6B は、銅含有層がハンダ・バンプ 110' の上に形成された Cu ペーストのピーズ 620 である、一実施形態を示す。ピーズ 620 は、例えば、平らな表面の上に広げられた銅含有懸濁液の中に、ハンダ・バンプ配列をサッと浸けることにより、塗布されうる。例えば、懸濁液は、ステンシル印刷ペーストであってよい。やはり、前述のように、Ni

20

#### 【0039】

次に図 7 を見ると、本開示の方法 700 が示される。ステップ 710 で、電子デバイス基板の上に配置されたバンプ・パッドを有する電子デバイス基板が、提供される。デバイスは、例えば、IC ダイであってよい。本開示の中および特許請求の範囲の中で使用されるように、「提供される (provided)」または「提供する (providing)」は、デバイス、基板、構造要素、などが、個人または企業体が、開示された方法を実施することにより製造されうること、あるいは、個人または企業体が、その個人または企

30

#### 【0040】

ステップ 720 で、銅含有層が、電子デバイスをリフロー・プロセスにかける前に、ニッケル含有層の上に形成される。銅含有層は、前述のように従来どおりに、例えば、電気メッキまたはステンシル印刷により、形成されうる。これらの例が、本開示の範囲内にある他の同等の方法を排除するものではないことは、当業者には理解されよう。

#### 【0041】

いくつかの実施形態において、方法 700 は、ハンダ・バンプがバンプ・パッド上に形成される、ステップ 730 を継続する。バンプが溶融され、それにより、バンプとニッケル含有層の間に、(Ni, Cu) / Sn IMC 領域が形成されうる。IMC 領域は、約 55 重量% と約 65 重量% の間の濃度で、Cu を含むことができる。溶融することで、電子デバイスとデバイス・パッケージを接合することができる。バンプは、IC ダイ、またはデバイス・パッケージ基板の上に、配置されうる。ハンダ・バンプは、本質的に Cu を含まなくてよく、例えば、溶融前に、Sn / Ag ハンダ合金から形成されうる。溶融することは、例えば、従来のハンダ・リフロー・プロセスによるものであってよい。バンプとニッケル含有層の間の任意の層、例えば、金またはパラジウムは、実質的にハンダ溶融物により消費され、ハンダ溶融物の中に溶解されることが予測される。いくつかの実施形態

40

50

において、溶融後のハンダ・パンプは、約 0.5 重量% ~ 約 4 重量% の範囲内の濃度を有する Cu を含む。いくつかの実施形態において、ハンダ・パンプは、約 100  $\mu\text{m}$  の直径を有し、銅含有層は、約 0.5  $\mu\text{m}$  ~ 約 2  $\mu\text{m}$  の範囲内の厚さを有する。

#### 【0042】

最後に、図 8 は、図 6 A および図 6 B の実施形態により示されるように、銅含有層をハンダ・パンプ上に形成する方法 800 を示す。ステップ 810 で、電子デバイス基板上に配置されたハンダ・パンプ・パッドを有する、電子デバイス基板が提供される。そのような基板は、例えば、集積回路またはデバイス・パッケージであってよい。ステップ 820 で、銅含有層が、ハンダ・パンプ上に形成される。

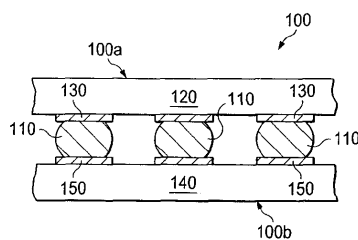
#### 【0043】

いくつかの実施形態において、方法 800 は、ハンダ・パンプが溶融され、それにより、ハンダ・パンプとパンプ・パッドの間に (Ni, Cu) / Sn IMC 領域を形成する、ステップ 830 を継続する。ハンダ・パンプは、溶融前にニッケル含有層と接触して、置かれることができる。任意選択で、ハンダ・パンプは、銅含有層をハンダ・パンプ上に形成した後であるが、ハンダ・パンプをニッケル含有層に接触する状態に置く前に、リフローされうる。IMC 領域の中の Cu 濃度は、約 55 重量% ~ 約 65 重量% の範囲内にあってよい。いくつかの実施形態において、基板は IC ダイであり、一方、いくつかの他の実施形態において、基板はデバイス・パッケージ基板である。銅含有層は、例えば、電気メッキにより、または銅ペーストから、形成されうる。いくつかの実施形態において、パンプ上に形成された Cu の質量は、Cu をハンダ・パンプの中に組み込む前の、ハンダ・パンプの質量の約 0.5% ~ 約 4% の範囲内にある。

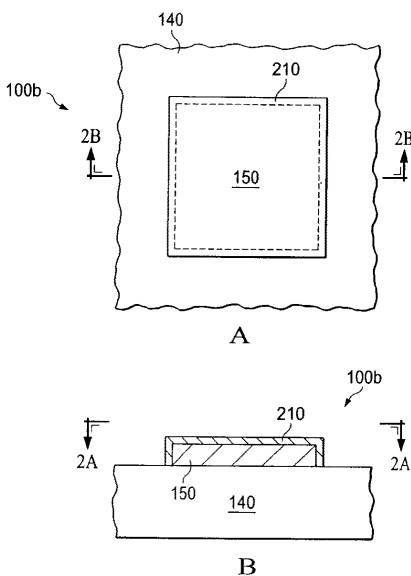
#### 【0044】

他のさらなる追加、削除、代替および改変が、説明された実施形態に対してなされうることは、本願が関連する当業者には理解されよう。

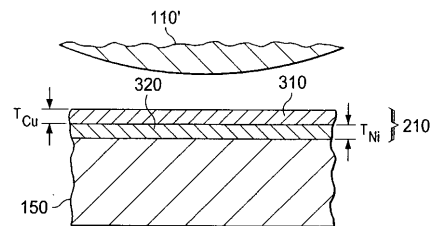
【図 1】



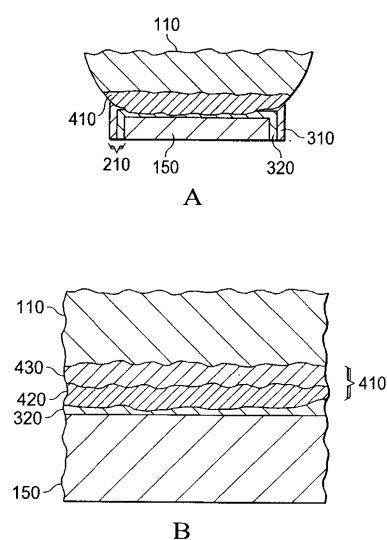
【図 2】



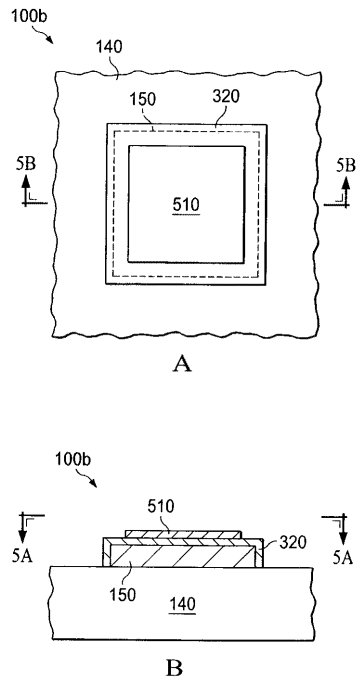
【図 3】



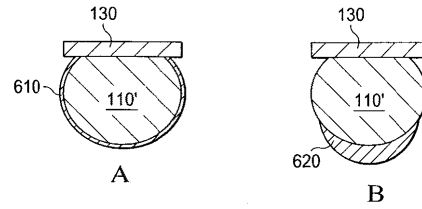
【図 4】



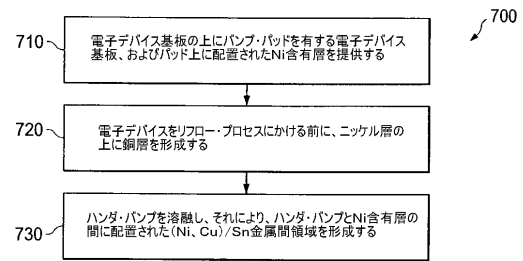
【図 5】



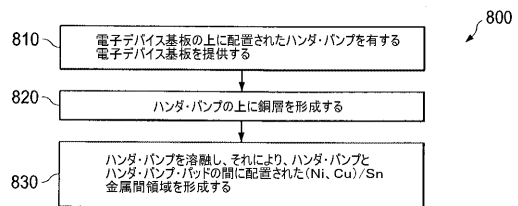
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 マーク エー . バッチマン  
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 ドライブ 1 7
- (72)発明者 キショア ヴィ . デサイ  
アメリカ合衆国 9 4 5 3 9 カリフォルニア , フレモント , カメロン ヒルズ コート 1 8 2  
8

審査官 関根 崇

- (56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 0 9 4 2 2 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 7 - 0 5 9 9 3 7 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 0 4 0 6 9 1 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| H 0 1 L | 2 1 / 6 0 |
| H 0 1 L | 2 3 / 1 2 |
| H 0 5 K | 3 / 3 4   |