

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7070971号  
(P7070971)

(45)発行日 令和4年5月18日(2022.5.18)

(24)登録日 令和4年5月10日(2022.5.10)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 1 L 21/52 (2006.01) H 0 1 L 21/52 E

請求項の数 26 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-526469(P2019-526469)	(73)特許権者	507107291 テキサス インスツルメンツ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国 テキサス州 7 5 2 6 5 - 5 4 7 4 ダラス メール ステーション 3 9 9 9 ピーオーボックス 6 5 5 4 7 4
(86)(22)出願日	平成29年11月10日(2017.11.10)	(74)代理人	100098497 弁理士 片寄 恭三
(65)公表番号	特表2019-536286(P2019-536286 A)	(72)発明者	ベンジャミン スタッセン クック アメリカ合衆国 7 5 0 0 1 テキサス州 アディソン, ポー コート 1 4 5 9 2
(43)公表日	令和1年12月12日(2019.12.12)	審査官	山口 祐一郎
(86)国際出願番号	PCT/US2017/061078		
(87)国際公開番号	WO2018/093677		
(87)国際公開日	平成30年5月24日(2018.5.24)		
審査請求日	令和2年11月10日(2020.11.10)		
(31)優先権主張番号	15/354,137		
(32)優先日	平成28年11月17日(2016.11.17)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ランダムに構成されるポイドを有するナノ粒子層により高められた接着

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

デバイスであって、

第1の材料の基板と、

前記基板の表面における拡散領域であって、前記第1の材料における第2の材料の混合物を含む、前記拡散領域と、

前記基板の表面に接する焼結構造であって、前記第2の材料の焼結粒子と、ランダムな分布とランダムな3次元構成とを有して前記焼結構造内のポイドを充填する重合体化合物とを含む、前記焼結構造と、

を含み、

前記第2の材料の焼結粒子が、第1のサイズと、第1の重量パーセントと、第1の融点温度とを有し、

前記ポイドが、前記焼結構造内からの第3の材料の粒子の除去に起因し、

前記第3の材料の粒子が、少なくとも前記第1のサイズと同じ程度の大きさの第2のサイズと、前記第1の重量パーセントよりも小さい第2の重量パーセントと、前記第1の融点温度よりも高い第2の融点温度とを有する、デバイス。

## 【請求項 2】

請求項1に記載のデバイスであって、

前記ポイドの幾つかが、実質的な球形とエントランスとを有する、デバイス。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載のデバイスであって、  
前記基板が金属性リードフレームである、デバイス。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のデバイスであって、  
前記金属性リードフレームが、ベース金属と、前記ベース金属上にメッキされる金属層とを含む、デバイス。

【請求項 5】

請求項 3 に記載のデバイスであって、  
前記金属性リードフレーム上に搭載されて前記重合体化合物により覆われる半導体チップを更に含む、デバイス。

10

【請求項 6】

請求項 1 に記載のデバイスであって、  
前記第 2 の材料が、金属と金属酸化物と酸化物とセラミックとを含むグループから選択される、デバイス。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のデバイスであって、  
前記焼結構造が、本質的に前記第 2 の材料の焼結粒子と前記ポイドを充填する重合体化合物とから構成される、デバイス。

【請求項 8】

パッケージされる半導体デバイスにおける基板変更のための方法であって、  
第 1 の材料の基板を提供することと、  
前記基板の表面上に溶剤ペーストの層を付加的に堆積することであって、前記溶剤ペーストが、第 1 の重量パーセントの第 2 の材料のナノ粒子であって、バルクの第 2 の材料の融点温度より低い融点温度をつくるサイズを有する、前記第 2 の材料のナノ粒子と、  
前記第 1 の重量パーセントより小さい第 2 の重量パーセントの第 3 の材料のナノ粒子であって、前記第 2 の材料のナノ粒子のサイズと少なくとも同じくらいの大きさのサイズと前記第 2 の材料のナノ粒子の前記融点温度より高い温度の融点とを有する、前記第 3 の材料のナノ粒子と、  
を含む、前記溶剤ペーストの層を付加的に堆積することと、  
前記第 2 の材料のナノ粒子の前記融点温度で前記第 2 の材料を共に焼結することであって、  
焼結構造が前記第 3 の材料のナノ粒子を囲む、前記焼結することと、  
前記第 3 の材料のナノ粒子を取り除くことにより前記焼結構造においてポイドをつくることと、  
前記ポイドを重合体化合物で充填することであって、前記ポイドがランダムな分布とランダムな三次元構成とを有する、前記充填することと、  
を含む、方法。

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、  
前記基板が、金属性基板と、金属性リードフレームと、絶縁性層と交互にされた金属層を含むラミネートされた基板とを含むグループから選択される、方法。

30

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、  
前記第 1 の材料が、銅と銅合金とアルミニウムとアルミニウム合金と鉄ニッケル合金とコバルトとを含むグループから選択される、方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法であって、  
前記第 1 の材料が、スズと銀とニッケルとパラジウムと金とを含むグループから選択される金属のメッキ層を含む、方法。

【請求項 12】

請求項 8 に記載の方法であって、

50

前記付加的に堆積することが、スクリーン印刷と、フレキソ印刷と、凹版印刷と、ディップ被覆と、スプレー被覆と、圧電性と熱的と音響と静電気とのインクジェット印刷を含むインクジェット印刷とを含むグループから選択される、方法。

【請求項 13】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記第 2 の材料が、金属と金属酸化物と酸化物とセラミックとを含むグループから選択される、方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法であって、

前記第 2 の材料のナノ粒子のサイズが 10 nm から 20 nm までの範囲である、方法。

10

【請求項 15】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記第 3 の材料が、重合体と酸化物とセラミックと金属と金属酸化物とを含むグループから選択される、方法。

【請求項 16】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記第 2 の材料のナノ粒子を焼結するエネルギーが、熱エネルギーと光エネルギーと電磁エネルギーと化学エネルギーとを含むグループから選択される、方法。

【請求項 17】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記第 3 の材料のナノ粒子を取り除くことが、加熱と気相エッチングと液相エッチングとを含むグループから選択される、方法。

20

【請求項 18】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記ボイドの幾つかが、実質的に球形を有する、方法。

【請求項 19】

パッケージングされる半導体デバイスの接着を高めるための方法であって、

第 1 の材料の基板を提供することと、

第 1 の重量パーセントの第 2 の材料のナノ粒子と前記第 1 の重量パーセントより小さい第 2 の重量パーセントの第 3 の材料のナノ粒子とを含む溶剤ペーストを提供することであって、前記第 2 の材料のナノ粒子が、バルクの第 2 の材料の融点温度より低い温度の融点を提供するサイズを有し、前記第 3 の材料のナノ粒子が、前記第 2 の材料のナノ粒子のサイズと少なくとも同じくらいの大きさのサイズと前記第 2 の材料のナノ粒子の前記融点温度より高い温度の融点とを有する、前記溶剤ペーストを提供することと、

30

前記基板の表面上に前記溶剤ペーストの層を付加的に堆積することと、

前記第 2 の材料の温度を前記第 2 の材料の前記融点を上回る温度まで増大させるためにエネルギーを提供することと、

前記第 2 の材料のナノ粒子を前記第 3 の材料のナノ粒子を囲む液体内に共に焼結し、同時に第 2 の材料を前記基板の表面の前記第 1 の材料内に拡散することと、

前記第 3 の材料のナノ粒子を囲む第 2 の材料の固体層をつくるために前記第 2 の材料の液体を固化させることと、

40

前記第 3 の材料のナノ粒子を取り除くことにより前記第 2 の材料の固体層にボイドをつくることであって、前記ボイドがランダムな分布とランダムな三次元構成とを有する、前記ボイドをつくることと、

前記第 2 の材料の固体層と前記基板の表面とを重合体化合物内に封止することであって、前記重合体化合物が前記第 2 の材料の固体層における前記ボイドを充填する、前記封止することと、

を含む、方法。

【請求項 20】

請求項 19 に記載の方法であって、

50

前記基板が金属性リードフレームである、方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 9 に記載の方法であって、

前記第 2 の材料が、金属と金属酸化物と酸化物とセラミックとを含むグループから選択される、方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 に記載の方法であって、

前記第 2 の材料のナノ粒子のサイズが 1 0 n m から 2 0 n m までの範囲である、方法。

【請求項 2 3】

請求項 1 9 に記載の方法であって、

前記第 3 の材料が、重合体と酸化物とセラミックと金属と金属酸化物とを含むグループから選択される、方法。

10

【請求項 2 4】

請求項 1 9 に記載の方法であって、

前記付加的に堆積することが、スクリーン印刷と、フレキソ印刷と、凹版印刷と、ディップ被覆と、スプレー被覆と、圧電性と熱的と音響と静電気とのインクジェット印刷を含むインクジェット印刷とを含むグループから選択される、方法。

【請求項 2 5】

請求項 1 9 に記載の方法であって、

前記第 3 の材料のナノ粒子を取り除くことが、加熱と気相エッチングと液相エッチングとを含むグループから選択される、方法。

20

【請求項 2 6】

請求項 1 9 に記載の方法であって、

前記封止することの前に、前記基板上に半導体回路チップをアセンブルすることを更に含み、前記半導体回路チップが前記封止することの後に前記重合体化合物内に位置し得るようにする、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、概して半導体デバイスに関し、更に特定して言えば、接着を高めるため、パッケージされた半導体デバイスに適用される制御された多孔性を備えるマルチコンポーネントナノ粒子層の構造及び製造方法に関連する。

30

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体パッケージは、それらの機能に基づいて、種々の異なる材料を含む。リードフレーム及び接合として形成される金属が、機械的安定性及び電氣的及び熱的コンダクタンスのために用いられ、重合体モールディング化合物などの絶縁体が、封止及びフォームファクタ (form factors) のために用いられる。パッケージング製造フローにおいて、従来の慣例は、チップをそれぞれのリードに接続し、その後、アセンブルされたチップを、封入されたパーツを機械的損傷及び湿気及び光などの環境的影響に対して保護するパッケージに封止する一方で、トラブルのない電氣的接続を提供するために、半導体チップをリードフレームのストリップに取り付ける。封止工程の後、パッケージチップは、トリミング及び形成工程により、リードフレームストリップからディスクリットユニットへと分離される。

40

【0 0 0 3】

一般的な封止手法は、トランスファモールディング法である。取り付け及び接続されたチップを備えるリードフレームストリップが、各々アセンブルされたチップの周りのキャビティを形成する、スチールモールドに置かれる。半粘性熱硬化性重合体化合物が、リードフレームストリップにわたりランナーを介して押され、ゲートを介して各キャビティに入る。キャビティを充填した後、化合物は、重合により固化され得る。最終的に、ディゲート工程において、ランナーにおける化合物は、キャビティを充填する化合物から各ゲート

50

において外される。

【 0 0 0 4 】

パッケージの均一性及び整合性を確実にするため、金属性及び非金属材料は、製品寿命の間、互いに接着する一方で、機械的振動、温度スウィング、及び湿気変動に耐えることが期待される。接着不良は、パッケージに湿気を侵入させ、電氣的リーク及び化学的腐食によるデバイス欠陥を引き起こす。これは更に、半導体チップの基板に対する取り付けの欠陥、ワイヤボンドの破損及びはんだパンプのクラック、及び劣化した熱的及び電気エネルギー放散につなが得る。

【 0 0 0 5 】

従来の半導体技術は、パッケージが、剥離なしに加速試験及び使用条件をパスするように、多様化した材料間の接着のレベルを上げるために多数の方法を用いる。その取り組みには、モールドイング化合物を化学的に浄化すること、モールドイングプロセスのすぐ前のプラズマなどにより、リードフレーム金属表面を活性化すること、及びベース金属を酸化することによりリードフレーム金属の重合体化合物に対する親和性を高めること、がある。また、くぼみ、グループ又は突起、突出部、及びその他の三次元特徴などの設計特徴が、パッケージ材料との改善された連結のために、リードフレーム表面に付加される。

【 0 0 0 6 】

半導体パッケージにおいてリードフレーム、チップ、及び封止化合物間の接着を増大させるための従来の技術の別の例は、金属シートからパターンをスタンピング又はエッチングした後リードフレーム表面を化学的にエッチングすることによる、リードフレーム表面全体の粗化である。化学的エッチングは、エッチャントを用いるサブトラクティブプロセスである。化学的エッチングは、およそ  $1 \mu\text{m}$  又はそれ以下の粗さの微晶質金属表面をつくる。リードフレームの一つの表面のみを粗化するため、粗化されていないリードフレームに対して、約  $10 \sim 15\%$  のコストを付加する。

【 0 0 0 7 】

粗い表面を達成するための更に別の従来の方法は、粗い金属（ニッケルなど）層を堆積するための、ニッケルめっき槽などの特殊金属めっき槽の利用である。この方法はアディティブプロセスであり、つくられる表面粗さはおよそ  $1 \sim 10 \mu\text{m}$  である。リードフレーム表面の粗化は、幾つかの歓迎されない副次的作用を有し得る。視覚システムは、粗化された表面を見るのが困難であるため、表面の一般的な粗化はワイヤボンディングに負の影響を与える。粗い表面はキャピラリ寿命を短縮させ、粗い表面上の微細汚染物質は、ボンディング整合性を劣化させる。概して、レジン構成要素が、チップ取り付け化合物のバルクから分離し、チップパッドの表面の上に広がるとき、粗い表面は、よりブリーディングを起こす傾向がある。樹脂ブリードは、湿気レベル感度を劣化させ得、チップパッド上のダウン接合と干渉し得る。選択的粗化手法が用いられることもあるが、これは、再利用可能なシリコンラバースマスク又はガasketに關与し、従って、選択的粗化は高価である。例えば、化学的粗化を選択されたリードフレームエリアに制限するための保護マスクは、粗化されないリードフレームに対して約  $35 \sim 40\%$  のコストを付加する。

【 0 0 0 8 】

特に、デバイス小型化の別の縮小工程が実装されるとき接着性効率が更に低減するので、こういった労力の全てにおける成功は限定されてきている。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 9 】

記載される例において、第 1 の材料の基板の表面が、バルクの第 2 の材料の融点温度より低い温度の融点を提供するサイズを有する第 2 の材料のナノ粒子と、第 2 の材料のナノ粒子サイズと少なくとも同じくらいの大きさのサイズ及び第 2 の材料の融点温度より高い温度の融点を有する第 3 の材料のナノ粒子とを含む溶剤ペーストの層を堆積することにより改変される。第 2 の材料のナノ粒子は、第 3 の材料のナノ粒子より高い重量パーセントを有する。第 2 の材料のナノ粒子は、第 2 の材料の融点温度で共にシンターされる。第 3 の材料を取り除くことにより、ボイドが第 2 の材料のナノ粒子の層においてつくられる。

10

20

30

40

50

ポイドは、ランダムな分布及びランダムな三次元構成を有する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】一実施例に従って、構造的及び犠牲的ナノ粒子の付加的な層をつくること、及びこの層を、ランダムな三次元構成及び分布のポイドを有する構造に変えるプロセスフローを要約する図である。

【0011】

【図2】一実施例に従った構造的及び犠牲的ナノ粒子の付加的な層の形成を図示する。

【0012】

【図3】図2におけるノズルを備えるシリンジの一部拡大を示し、シリンジは、一実施例に従った、溶剤における構造的及び犠牲的ナノ粒子の混合されたペーストで充填される。

10

【0013】

【図4】一実施例に従った、構造的ナノ粒子をシンターした後の付加的な層を示し、一方で、犠牲的ナノ粒子は、この層においてランダムな三次元構成及び分布のネスト状(nests)に残る。

【0014】

【図5】一実施例に従った、犠牲的ナノ粒子を取り除いた後のシンターされた構造的ナノ粒子の付加的な層を図示し、この層は、ランダムな三次元構成及び分布を有するポイドを有する。

【0015】

【図6】一実施例に従った、付加的な層のポイドを充填するパッケージング化合物による付加的な層の封止を示す。

20

【0016】

【図7】ナノ粒子直径の関数として金属の正規化された融解曲線を示し、 $T_M$ は粒子の融解温度であり、 $T_{MB}$ は、バルクの融解温度である(Wikipedia「融点降下」による)

【文献】Wikipedia “Melting Point Depression”

【0017】

【図8】一実施例に従った、リードフレームを備えるパッケージされた半導体デバイスを図示し、リードフレームの一部が、ランダムに構成された細孔(pores)を有するナノ粒子層により覆われ、金属性リードフレームとプラスチックパッケージとの間の接着を高める。

30

【発明を実施するための形態】

【0018】

重合体及び金属など種々の材料のボディ間の接着及び機械的ボンディングにおいて、ボディ間に堆積される付加的な金属層の特性が利用され得る。付加的な層が金属性ナノ粒子で構成され、堆積後にその層がシンターされたとき、ナノ粒子は、重合体化合物に対する化学的ボンディングが改善された金属相互拡散と、多孔性との両方により、接着に寄与する。多孔性及び相互拡散は、ナノ粒子のサイズ及び化学的性質が考慮される場合、高められ得る。或る材料の構造的ナノ粒子は、バルク材料の融点に関して一層低い融点を示すのに十分に小さなサイズを有し、犠牲的ナノ粒子は、付加的な層の形成の後、加熱又はエッチングにより容易に取り除かれる化合物から成る。

40

【0019】

例えば、構造的ナノ粒子は、約10nm~20nmの直径を有する、銅、金、銀、アルミニウム、スズ、亜鉛、及びビスマスなどの金属を含むグループから選択され得、他の選択肢は、銅酸化物及びセラミックなど、金属酸化物を含む。このサイズ範囲の金属性ナノ粒子は、バルク金属の通常融点より約30%及び40%低い低下された融点を有し、材料のバルク形態の融解温度より90%以上低い温度で共に狭窄され(necked)得る。

【0020】

犠牲的ナノ粒子は、固体炭素ベースの脂肪族化合物及び環状化合物などの重合体、金属酸化物及び概して酸化物、及びセラミックを含むグループから選択され得る。犠牲的ナノ粒

50

子は、溶剤又は分散剤 (dispersant) において構造的ナノ粒子と混合される。分散システム又は混合ペーストは、コンピュータ制御されたシリンジを用いる半導体技術において用いられるような金属リードフレームなどの基板に適用され得る。この方法は、インクジェット印刷、スクリーン印刷、凹版印刷、ディップ被覆、及びスプレー被覆を含む。

#### 【0021】

構造的ナノ粒子 (粒子間で狭窄されることにより) を不規則な三次元サイズ及び低減された表面のクラスタ構造内にシンターするため、及び構造的ナノ粒子の基板表面への拡散 (金属相互拡散) を起こすために、エネルギー源 (熱的、光、電磁的、化学的) が分散システムに印加される。犠牲的ナノ粒子サイズ、重量パーセント、印加されるエネルギー、及び雰囲気に基づいて、シンターされたナノ粒子層は、ランダムな三次元構成及び分布を有する犠牲的ナノ粒子で充填されるネストを有し、幾つかのネストは、狭いエントランスを有する球形の窪み (caverns) に類似し得る。分散剤は、シンタープロセスの間に取り除かれ得、また、構造的ナノ粒子の融点は、通常値まで次第に増大する。

10

#### 【0022】

冷却後、固化された構造的クラスタ及びネストが残る一方で、犠牲的ナノ粒子は、加熱、エッチング (気相又は液相)、又はその他の除去方法より取り除かれ得、ネストを細孔に変える。固化された構造的層に残された細孔は、三次元でランダムな構成及び分布を有する。

#### 【0023】

その後、基板上に半導体チップがアセンブルされ得、更に、チップと基板の少なくとも一部とを封止するために重合体化合物のパッケージが形成され得る。例えば、パッケージのために用いられる化合物は、付加的な金属層に接合されるべきエポキシベースのモールドイング化合物などとし得る。細孔に起因して、化合物は、機械的接着が改善される。これは、化合物がナノ粒子接着層の細孔内に流れ込み、パッケージを付加的な金属層に繋ぎ止めるためである。多孔性を調整することにより、異なる材料のボディ間の機械的接着は、カスタマイズされた様式で改善/調整され得る。

20

#### 【0024】

記載される例は、金属及び重合体などの種々の材料でつくられるオブジェクト間の接着及び機械的ボンディングを高めるための方法を含む。この方法は、オブジェクト間の高表面多孔性の付加的な層の形成及び繋ぎ止めを含む。図1は、一実施例を要約する図である。付加的な層が上に構築されるオブジェクトが、本願において基板と称され、基板に対する接着改善を必要とする他方のオブジェクトは、本願ではパッケージと称される。例として、基板が図2において201で示され、パッケージが図6において601で示される。

30

#### 【0025】

図1に示すプロセスフローの或る応用例が、半導体デバイスの製造技術に適用され得る。半導体技術において、基板は、通常、複数の交互の電氣的に絶縁性の層と電氣的導電性の層で構成される、金属性リードフレーム又はラミネートされた基板である。図1のプロセス101において、第1の材料でつくられ、二次元に延在する表面を有する基板が選択される。基板がリードフレーム (図8) であるとき、このようなリードフレームは、120 ~ 250  $\mu\text{m}$  の通常の厚み範囲の、銅、銅合金、鉄ニッケル合金、アルミニウム、コパール (商標)、及びその他などの、ベース金属の薄いシートからエッチングされるか又は打ち抜かれることが好ましい。本明細書において用いられるように、ベース金属という用語は、開始材料の含蓄を有し、化学的特性は意味しない。リードフレームには、ベース金属の表面エリアの全体又は一部分の上をめっきされる付加的な金属層を有し得るものがあり、その例は、銅リードフレーム上の、めっきされたスズ、銀、ニッケル、パラジウム、及び金属である。

40

#### 【0026】

リードフレームは、半導体チップ (810) をしっかりと位置決めするための安定サポートパッド (図8における801) を提供する。更に、リードフレームは、種々の導電体をチップに近接させるため多数の導電性リード (803) を提供する。リードの端部とチッ

50

ブ端子との間にギャップが残っている場合、通常、薄いボンディングワイヤ（830）によって橋渡しされ、代替として、フリップチップ技術において、チップ端子は、金属バンブによりリードに接続され得る。リードフレームには、所望の形状のパッド、リード、及び他の幾何学的特徴が、エッチングされるか又はオリジナルの金属シートから打ち抜かれる。

#### 【0027】

好ましくは、リードフレーム特性は、取り付けられたチップ、及びパッケージング化合物（図8の870）に対する信頼性の高い接着を促進する。モールドイング化合物とリードフレームの金属仕上げとの間の化学的親和性のほかに、特に、接着のためにより少ない表面面積を提供する縮小するパッケージ寸法の技術的トレンドを考慮すると、信頼性の高い接着には、リードフレーム表面粗さが必要である。また、鉛フリーはんだを用いるための要件は、リフロー温度範囲を、約260の近辺に強いるので、高温でのリードフレームに対するモールド化合物接着を維持することが一層困難になる。

10

#### 【0028】

図1のプロセスフローを参照すると、プロセス102において、2つの異なる種類のナノ粒子を含む分散剤又は溶剤を含む、溶剤ペーストが提供される。溶剤ペーストの一例が図3に図示され、301で示される。第2の材料のナノ粒子302と称され、又は構造的ナノ粒子とも称される、一つの種類のナノ粒子が第2の材料でつくられ、第1の重量パーセントによりペースト301において量的に表される。第3の材料のナノ粒子303又は犠牲的ナノ粒子と称される他の種類のナノ粒子が第3の材料でつくられ、第1の重量パーセントより小さい第2の重量パーセントによりペースト301において量的に表される。

20

#### 【0029】

この記載において、ナノ粒子は、原子又は分子、無機又は有機化学的化合物、一次元ワイヤ、二次元結晶及び小板、及びナノチューブによって構成される、球形又はその他の三次元クラスタを含み得る。

#### 【0030】

第2の材料は、金属、金属酸化物、酸化物、及びセラミックを含むグループから選択され得る。金属は、金、銀、銅、アルミニウム、スズ、亜鉛、及びビスマスを含み得、金属酸化物は、変化する比を有する第二銅及び第一銅酸化物の混合物として、銅よりも良好なモールドイング化合物に対する化学的接着を提供する、銅酸化物を含み得る。第3の材料は、重合体、酸化物、セラミック、金属、及び金属酸化物を含むグループから選択され得る。第2の材料の第2のナノ粒子があるので、第3の材料のナノ粒子は、熱、気相エッチング、又は液相エッチングにより、比較的容易に取り除かれる必要がある。

30

#### 【0031】

第2の材料のナノ粒子302は、バルクの第2の材料の温度 $T_{MB}$ の一層高い融点に比して一層低い温度 $T_M$ で、低下された融点を提供するために、好ましくは、10nmから20nmまでの直径範囲の、第2のサイズを有する。バルク材料の溶融温度は材料のサンプルサイズに依存しないが、近年の研究が、溶融温度は、約50nmを下回る範囲の材料寸法と共に低下することを示している。ナノスケール材料は、バルク材料よりもずっと大きな表面对体積比を有し、表面に位置する又はその近くに位置する原子に対する凝集性エネルギーを減らす。金に対する図7の例が示すように、バルク金の溶融温度 $T_{MB}$ に比して、溶融温度 $T_M$ は、約20nm直径の球形の金粒子では約20%、約10nm直径の球形の金粒子では約40%低下する。

40

#### 【0032】

本明細書において用いられるように、 $T_M$ とは、材料のバルク形態の溶融温度である $T_{MB}$ との比較における、材料のナノ粒子の低下された溶融温度を指す。

#### 【0033】

或る体積の融解ナノ粒子が共にシンターするとき、それらは狭窄する接続を形成し、そこでは、溶融した粒子の表面が、体積間の狭窄（neck）に似た、しばられた（constricted）範囲を示す。直径10nm～20nm未満のサイズ範囲のナノ粒子は、材料のバルクサ

50

イズのボディの狭窄のために必要とされる温度より90%以上低い温度で共に狭窄され得、小さな粒子の融解は、バルク融解温度より90%以上低い温度で起こり得る。球形の粒子形状からのずれは、凝集性表面エネルギー、及びそのため融点低下を変更する。ファセット、端部、パレット、及びワイヤ形状などのずれは、融点低下を低減させがちであり、融点をバルク融点近くにする傾向がある。

【0034】

第3の材料のナノ粒子303は、第2の材料のナノ粒子302のサイズと少なくとも同じくらいの大さのサイズを有する。従って、ナノ粒子303の溶融温度は、第2の材料のナノ粒子302の低下された溶融温度より高い。

【0035】

図1のプロセスフローを参照すると、プロセスの工程103の間、溶剤ペースト301の層200が、図2に示す基板201の二次元表面201a上に付加的に堆積される。層200は、利用可能な二次元表面エリアの上に延在し得、又は、溶剤ペーストのドロップサイズに依存して0.1から1 $\mu$ m~100 $\mu$ mまで延在するアイランドを形成することにより、その表面エリア部分のみを覆い得る。上述したように、溶剤ペースト301は、溶剤又は分散剤における第2のナノ粒子302及び第3のナノ粒子303の混合物を含み、第2の材料のナノ粒子は、材料の抑制された融点のための第2のサイズを有し、第3の材料のナノ粒子は、第2のサイズと少なくとも同じくらいの第3のサイズ及び第2の材料のナノ粒子の抑制された融点より高い温度の融点を有する。

【0036】

プロセス103を図2に示す。好ましくは、機器は、シリンジ210を備える可動ノズル211を備えるコンピュータ制御されたインクジェットプリンタを含み、そこから、ペーストの個々のドロップ310が放出される。自動化されたインクジェットプリンタが、多くの市販されているプリンタから選択され得、代替として、特定のペーストに対して機能するように、カスタマイズされたインクジェットプリンタが設計され得る。スクリーン印刷、凹版印刷、フレキソ印刷、ディップ被覆、スプレー被覆、並びに、圧電性、熱的、音響、及び静電気インクジェット印刷を含むインクジェット印刷を含む、任意のアディティブ法を用いることができる。

【0037】

上述のように、堆積された層200は、全基板201の横方向寸法に沿って延在し得、又は、例示の長さ202及び203として図2に示されるように、約0.1 $\mu$ m~100 $\mu$ m長さにならび延在するアイランドを含み得る。金属性リードフレームにおいて、層200は、一つ又は複数のリードの全リードフレーム表面エリア、又は、チップ取り付けパッドなど、選択された部分を覆い得る。シリンジ210の反復される範囲のまとめられたドロップから高さを構築することで、層200は、好ましくは、約100nm~500nmの高さ200aを有し、それより薄くても、又は著しく厚くてもよい。

【0038】

図1に示すプロセスの工程104の間、温度を、第2の材料のナノ粒子302の低下された融点の温度まで高めるために、エネルギーが提供される。必要とされるエネルギーは、熱エネルギー、光エネルギー、電磁エネルギー、及び化学エネルギーなど、複数のソースによって提供され得る。低下された融解温度で、ナノ粒子302は、第3のナノ粒子303を囲む液状ネットワーク構造内に粒子間で狭窄することにより、共にシンターされる。液状ネットワーク構造は、シンターされた粒子402により図4において示される。シンターされたナノ粒子402は、変化していない第3のナノ粒子303を囲む。図4が示すように、変化していないナノ粒子303は、シンターされたナノ粒子402に、ランダムに分布されて三次元にランダムに構成される構造を形成させる。

【0039】

第2の材料のナノ粒子402のシンターと同時に、幾つかの第2の材料は、原子相互拡散によって、表面201aに隣接する基板201の領域の第1の材料内に拡散される。図4において、基板201の表面201a近くの領域に相互拡散された第2の材料は、402

10

20

30

40

50

aで示される。拡散領域（拡散深さ）は、図4において402bで示される。基板への原子相互拡散は、相互拡散接合をつくり、これは、シンターされた第2のナノ粒子の層を基板201内に繋ぎ止める。

#### 【0040】

図1に示すプロセスの工程105の間、第2の材料の液状ネットワーク構造402は、第3のナノ粒子303を囲む第2の材料402の固体層400をつくるため固化される。シンターされたナノ粒子302の増大されたサイズは、シンターされたエンティティの溶解温度を、図7において表示される特性依存性に沿って上方に向かわせる。固化されたネットワーク構造400は、基板表面において固体層として残るので、第2の材料のナノ粒子402は、構造的ナノ粒子と称され得る。

10

#### 【0041】

図1に示すプロセスの工程106の間、第3のナノ粒子303を取り除くことにより、シンターされたナノ粒子402の固体層400においてポイド又は細孔が作られる。第3のナノ粒子を取り除く方法は、加熱、気相エッチング、及び液相を含むグループから選択される。ナノ粒子303は取り除かれ得るので、第3の材料のナノ粒子は犠牲的ナノ粒子と称され得る。複数のポイド501を含む第2の材料の固体のシンターされたナノ粒子の残りの層500の一例を図5に図示する。固体層500の厚みは500aで示される。

#### 【0042】

図5が示すように、多数のポイド又は細孔501は、ランダムな分布及びランダムな三次元構成を有する。ポイド501の幾つかは、固化された材料402の複雑な経路を示し、三次元ポイドの幾つかは、図5においてポイド501aで例示されるような、狭いエントランスを有する球形である。層500の最終的な多孔性を得るため、犠牲的ナノ粒子の重量パーセント及びサイズは変更され得る。多孔性を変えることにより、表面201aに接着されるべき任意の材料の機械的接着が、改善され及び調整され得る。

20

#### 【0043】

図1に示すプロセスの工程107の間、第2の材料の固体及び多孔質層500及び第1の材料の基板の少なくとも一部は、重合体化合物のパッケージに封止される。このプロセスを図6に図示し、重合体化合物が601で示される。重合体化合物による封止のための好ましい方法は、熱硬化性エポキシベースのモールドイング化合物を用いるトランスファモールド技術である。化合物は、モールドイングプロセスの間の高められた温度で低粘性を有するので、重合体化合物は、第2の材料の層500における細孔501aを容易に充填し得る。重合体材料による細孔の充填は、それらが整然としたパターンで配列されるか又はランダムな分布に配列されるか、及び、それらが狭いエントランスを備える球形の窪みに似た細孔を含む、浅い又はランダムな三次元構成のものであるか、にかかわらず、任意の細孔に対して成される。

30

#### 【0044】

化合物が重合され、周囲温度まで冷却された後、パッケージにおける及び細孔における重合体化合物601は固化される。プラスチック材料の固化の後、重合体充填細孔は、層500におけるパッケージの強い繋ぎ止めを表す。また、上述したように、層500は、金属相互拡散により金属製基板201において繋ぎとめられる。全体的な結果として、多孔質層500は、プラスチックパッケージ601と金属製基板201との間の接着を改善する。桁違いの接着改善が測定されている。

40

#### 【0045】

パッケージング化合物601の基板金属201への強い接着は、層500の表面多孔性の量により表される。多孔性の量を示すパラメータは、幾何学的に平坦な表面エリア（二次元）に関して表面エリア（三次元）として定義される表面面積比である。量的パラメータ値は、表面輪郭の詳細な分析に基づく。

#### 【0046】

上述した2つの異なる材料の接着は、厳密に言えば、これらの材料で作られるボディ間の機械的接着である。化学的接着により、機械的接着に加えて、2つの異なる材料間の全

50

体的な接着が改善され得ることを強調すべきである。従って、第2の材料のナノ粒子は、化学的接着を高めるように選ばれ得る。例えば、銅酸化物ナノ粒子は、金ナノ粒子よりも良好な、重合体モルディング化合物に対する化学的ボンディングを有する。

【0047】

別の実施例は、二次元表面を備える基板を含むデバイスであり、基板は第1の材料でつくられる。基板の二次元表面上にあるのは、第2の材料の固体層である。また、二次元表面に隣接する基板領域は、第1の材料における第2の材料の混合物を含む。第2の材料の固体層は細孔を含み、これらは、ランダムな分布及びランダムな三次元構成を有する。これらの三次元構成は、狭いエントランスを有する球形の窪みに似た細孔を含み得る。デバイスは、重合体化合物でつくられるパッケージを更に含む。パッケージは第2の材料の固体層上に置かれ、その結果、重合体化合物は、第2の材料の層における細孔を充填し、それにより、層におけるパッケージを繋ぎ止める。固体層において繋ぎとめられるパッケージ、及び基板において繋ぎ止められる固体層の結果、その基板を備えるパッケージの良好な接着となる。

10

【0048】

図8は、金属性リードフレーム及びプラスチックパッケージを含む例示の半導体デバイスにおいてランダムに構成される細孔を備えるナノ粒子層による高められた接着の例示の一実施例を図示する。例示の半導体デバイスのリードフレームは、半導体チップ810をアセンブルするためのパッド801、パッド801をパッケージの側壁に接続するタイバー802、及び複数のリード803を含む。この記載において、タイバーはストラップと称される。チップ端子は、ボンディングワイヤ830によってリード803に接続され、ボンディングワイヤ830は、通常、ボール接合831及びスティッチボンド832を含む。図8の例において、リード803は、カンチレバー状リードのような形状とされ、他の実施例において、リードは、クワッドフラットノーリード(QFN)デバイス又はスマールアウトラインノーリード(SON)デバイスにおいて用いられるような、平坦リードの形状を有し得る。それらの長手方向エクステンションに沿って、図8における例示のデバイスのストラップ802は、パッド801及びリード803が同じ平面にないので、屈曲及びステップを含む。他のデバイスにおいて、パッド801及びリード803は同じ平面にあるので、ストラップ802は平坦及び平面である。

20

【0049】

図8において、ナノ粒子でつくられる層500に含まれ、ランダムな分布及びランダムな三次元構成のポイドを有するリードフレームの一部が、破線870により示される。例示のデバイス800は、チップ810及びワイヤボンド830を封止するためのパッケージ870を含むので、層500の細孔は重合体化合物で充填される。好ましくは、パッケージ870は、モルディングプロセスにおいて形成され、重合プロセスにより固化されるエポキシベースの熱硬化性重合体などの重合体化合物でつくられる。パッケージ870の重合体化合物とリードフレームとの間の接着は、ランダムな三次元構成の細孔を備える多孔質層500により改善される。他のデバイスが、多孔質層500により覆われるリードフレームの一層大きな又は一層小さなエリアを有し得る。

30

【0050】

例えば、半導体技術において、説明される実施例は、トランジスタ及び集積回路など、低及び高ピンカウントを有する能動半導体デバイスに、及び、リードフレームパッド上の能動及び受動構成要素の組み合わせに適用可能である。

40

【0051】

別の例として、説明される実施例は、シリコンベースの半導体デバイス、及びガリウムヒ化物、ガリウム窒化物、シリコンゲルマニウム、及び、業界において用いられる任意の他の半導体材料を用いるデバイスに適用可能である。更に、説明される実施例は、カンチレバー状リードを備えるリードフレームに、並びに、QFN及びSONタイプリードフレームに適用可能である。

【0052】

50

また、説明される実施例は、リードフレーム、ラミネートされた基板、及び非金属性ボディに接合されるべき任意の他の基板又は支持構造に適用可能である。

【 0 0 5 3 】

本発明の特許請求の範囲内で、説明した例示の実施例に改変が成され得、他の実施例が可能である。

10

20

30

40

50

【 図面 】

【 図 1 】

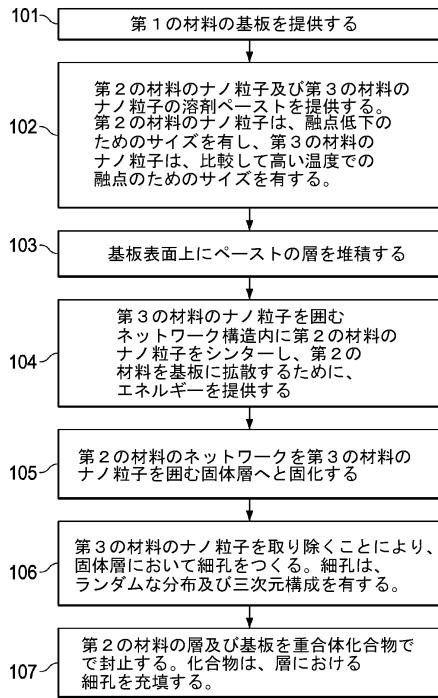


FIG. 1

【 図 2 】

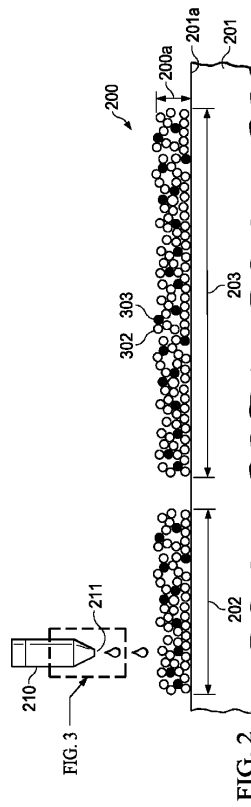


FIG. 2

10

20

【 図 3 】

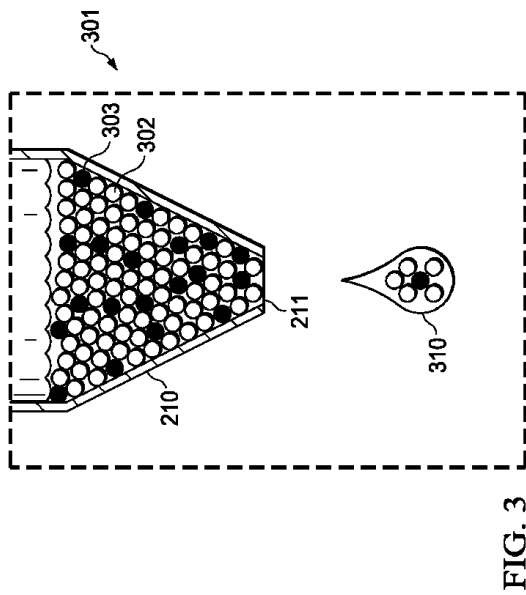


FIG. 3

【 図 4 】

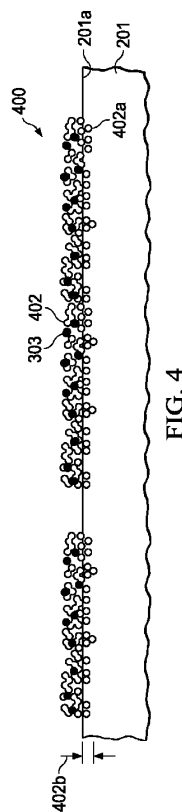


FIG. 4

30

40

50

【 図 5 】

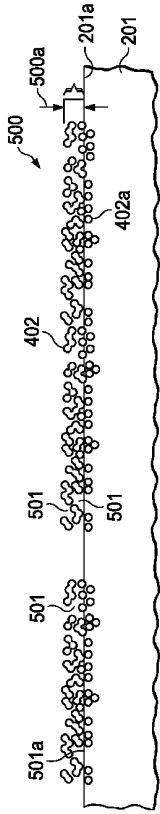


FIG. 5

【 図 6 】

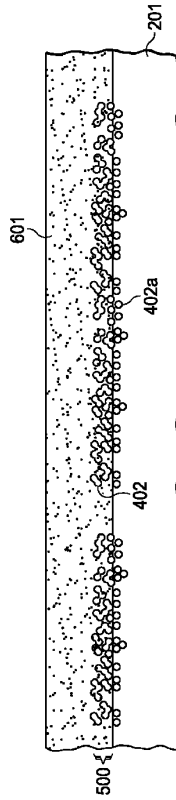


FIG. 6

【 図 7 】

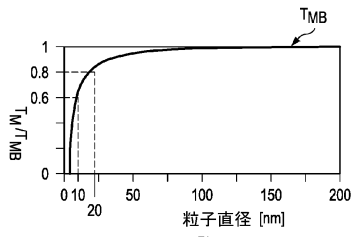


FIG. 7

【 図 8 】

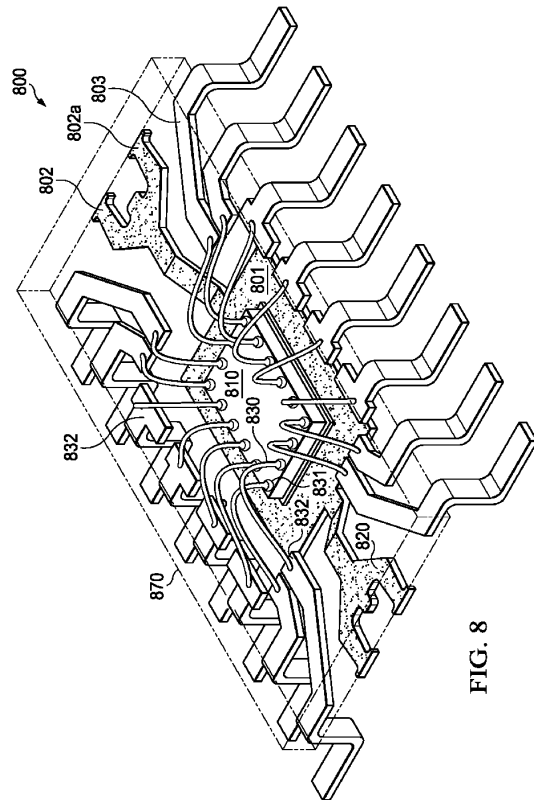


FIG. 8

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許第09305869(US, B1)  
特開2014-179541(JP, A)  
国際公開第2014/129626(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L 21/52