

(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2005-294482

(P2005-294482A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

H O 1 L 21/60

H O 1 L 23/12

F I

H O 1 L 21/92

H O 1 L 23/12

G O 2 C

S O 1 P

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-106614 (P2004-106614)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

(74) 代理人 100108578

弁理士 高橋 詔男

(74) 代理人 100089037

弁理士 渡邊 隆

(74) 代理人 100101465

弁理士 青山 正和

(72) 発明者 井上 俊明

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社
フジクラ佐倉事業所内

(54) 【発明の名称】 電子部品及び電子装置

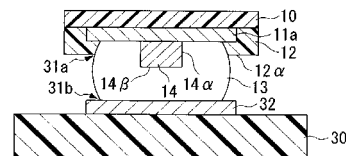
(57) 【要約】

【課題】 半田バンプの強度向上を図ることにより、半田バンプのくびれ部におけるクラックの発生を抑制し、かつ、クラックが発生しても断線不良を起こさず、半田バンプの破壊を防止できる電子部品及び電子装置の提供する。

【解決手段】 本発明に係る電子部品は、第一基板と第二基板が対向して配置され、第一基板の絶縁性を有する一面（第一絶縁部10）側に配された複数個の第一導電部11aと、第二基板の電気絶縁性を有する一面（第三絶縁部30）側に配された複数個の第二導電部32との間に、個別に半田バンプ13を設けてなる。少なくとも1つの半田バンプにおいては、第一導電部11aにおいて半田バンプ13と接する側の一面は、絶縁層（第二絶縁部）12で被覆された外周部と、第一導電部11aと接して配される凸部14を備えた内周部とから構成され、凸部は半田バンプより大きな強度をもつ部材からなる。

。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一基板と第二基板が対向して配置され、前記第一基板の絶縁性を有する一面側に配された複数個の第一導電部と、前記第二基板の電気絶縁性を有する一面側に配された複数個の第二導電部との間に、個別に半田バンプを設けてなる電子部品であって、

少なくとも 1 つの半田バンプにおいては、

前記第一導電部において前記半田バンプと接する側の一面は、絶縁層で被覆された外周部と、前記第一導電部と接して配される凸部を備えた内周部とから構成されており、

前記凸部は前記半田バンプより大きな強度をもつ部材からなり、

前記凸部の上面は、前記第一導電部から半田バンプの高さ方向において、半田バンプのくびれ部より突出した位置にあると共に、前記凸部の側面は第一導電部の一面と略垂直をなしており、

前記半田バンプは少なくとも前記凸部の一部と前記内周部とを覆うように配設されていることを特徴とする電子部品。

【請求項 2】

前記凸部は、導電性部材からなることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 3】

前記凸部は、絶縁性部材からなることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 4】

前記凸部は、前記第一導電部の一面に接して配されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 5】

前記凸部は、前記第一基板と前記第一導電部との間に設けられ、前記第一基板の一面と接して配されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 6】

前記凸部は、前記第一導電部を貫通するとともに、前記第一基板の一面と接して配されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 7】

前記半田バンプは、前記凸部を全て被覆していることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 8】

前記半田バンプは、前記凸部の中央部のみを被覆していることを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 9】

前記凸部ごとに、前記第一導電部を一つ配したことを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 10】

前記凸部ごとに、前記第一導電部を複数個配したことを特徴とする請求項 1 に記載の電子部品。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の電子部品を含むことを特徴とする電子装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、配線基板（インタポーザ）を使用しないウェハレベル C S P (Chip Size/Scale Package) 等の半導体パッケージや、L S I チップを裏返して回路基板に接合する実装方法であるフリップチップに代表される、半田バンプを介して基板間の電氣的接続が図られる電子部品及びこのような電子部品を含む電子装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来、電子部品で用いられる半導体パッケージ構造として、たとえば半導体チップを樹脂により封止したパッケージ（いわゆるDual Inline PackageやQuad Flat Package）では、樹脂パッケージ周辺の側面に金属リード線を配置する周辺端子配置型が主流であった。

【0003】

これに対し、近年急速に普及している半導体パッケージ構造として、例えばチップスケールパッケージ（CSP：Chip Scale Package）とよばれ、パッケージの平坦な表面に電極を平面状に配置した、いわゆるボールグリッドアレイ（BGA：Ball Grid Array）技術の採用により、同一電極端子数を持つ同一投影面積の半導体チップを、従来よりも小さい面積で電子回路基板に高密度実装することを可能にしたパッケージ構造がある。

【0004】

BGAタイプの半導体パッケージにおいては、パッケージの面積が半導体チップの面積にほぼ等しいCSP構造が、前述のBGA電極配置構造とともに開発され、電子機器の小型軽量化に大きく貢献している。CSPは、回路を形成した例えばシリコンからなるウエハを切断し、個々の半導体チップに対して個別にパッケージ工程を施し、パッケージを完成するものである。

【0005】

これに対し、一般的に「ウエハレベルCSP」とよばれる製法においては、このウエハ上に、絶縁層、再配線層、封止層等を形成し、半田パンプを形成する。そして最終工程においてウエハを所定のチップ寸法に切断することでパッケージ構造を具備した半導体チップを得ることができる。

【0006】

ウエハ前面にこれらの回路を積層し、最終工程においてウエハをダイシングすることから、切断したチップそのものの大きさが、パッケージの施された半導体チップとなり、実装基板に対して最小投影面積を有する半導体チップを得ることが可能になる。

【0007】

ウエハレベルCSPの製造方法における特徴は、パッケージを構成する部材を、すべてウエハの形状において加工することにある。すなわち、絶縁層、導電層（再配線層）、封止樹脂層、半田パンプ等は、すべてウエハをハンドリングすることで形成される。これは、例えば半田パンプの形成においても同じことである。

【0008】

従来のウエハレベルCSPの製造工程では、半田パンプを形成する際にウエハの一方の平面の多数の電極を配置する所定位置に、半田材料を必要量設け、リフロー工程と呼ばれる半田融点以上の温度での加熱溶融、また、半田融点以下での冷却凝固を経ることにより、その形状が球状に近い半田パンプを得る。

【0009】

図17は従来のCSP等の電子部品（以下、半導体装置とも呼ぶ）の構造を例示する断面図であり、半導体装置において半田パンプを設ける部分を拡大して示すものである。

図17において、110は第一絶縁部であり、不図示の回路を一方の面上に設けたウエハからなる半導体基板（以下、半導体チップとも呼ぶ）の表層部に配置されている。111は第一導電部であり、この回路に導通し、半導体基板の第一絶縁部110の表面に形成されている。112は第二絶縁部であり、第一導電部111の外周部と第一絶縁部110を覆うように形成されている。113は半田パンプであり、露出された第一導電部111を覆うように設けられている。従来の半導体装置において半田パンプを設ける部分は、上述した第一絶縁部110、第一導電部111、第二絶縁部112、半田パンプ113から構成されている。

【0010】

図17に示すような半球状の半田パンプ113は、第一導電部111上に半田材料を形成した後、加熱処理（以下、リフロー処理とも呼ぶ）を施すことにより得られる。

第一導電部111上にまず半田を設ける方法としては、例えば（イ）電解半田めっき法、（ロ）半田ボール搭載法、（ハ）半田ペースト印刷法、（ニ）半田ペーストディスペン

10

20

30

40

50

ス法、(ホ)半田蒸着法などの製法が一般に使用されている。いずれの製法も、ウエハ全面の電極配置位置に、半田パンプ下部が所定の形状となるように形成された、半田と濡れ性の良い表面性状とした第一導電部 1 1 1 上に、所定の面積および高さを持つ半田材料を形成するものである。

【0011】

各製法ごとに異なる半田材料が使用される。製法(イ)では半田成分を含有するめっき層が、製法(ロ)では予め所定のパンプ径に近い形状に分粒された半田ボールが、それぞれ用いられる。製法(ハ)や製法(ニ)では所定のパンプ径に比較して微細な半田粒子をフラックス成分に混合した印刷用のペースト状の半田を用いる。製法(ホ)では真空中で蒸着法により形成された半田成分を含有する金属蒸着膜を使用する。

10

【0012】

いずれの製法により形成された半田であっても、リフロー処理時に半田を融点以上の温度に到達させることによって、半田は溶融し、溶融した半田は表面張力により凝集する。その形状は、下地をなす第一導電部 1 1 1 の周縁における金属の濡れ性、溶融した半田の表面張力、溶融した半田自体の重さによる変形、第一導電部 1 1 1 の外周部を覆う第二絶縁部 1 1 2 の端部形状など等により決定される。溶融した半田は、リフロー処理の後半において、半田の融点より低い温度で冷却処理を施すことにより固体となる。その結果、いわゆる半田パンプと呼ばれる球状に近い形状の半田塊が得られる。

【0013】

このような半田パンプを有する半導体装置では、その性能向上のために種々の改良が提案されている(例えば、特許文献 1 参照)。

20

【0014】

図 1 8 は、従来の電子部品の実装時、半田パンプにくびれが生じた状態を示す断面図であり、図 1 7 に示した半導体装置を例とした場合である。ここで、半導体装置から半田パンプ 1 1 3 を除いた部分を半導体パッケージと呼ぶことにする。

【0015】

図 1 8 は、半田パンプ 1 1 3 を回路基板(第二基板とも呼ぶ)の表層部に配置されている第二絶縁部 1 3 0 上の第二導通部 1 3 2 (電極パッドとも呼ぶ)に押し付けることにより、半導体装置(以下では、半導体チップとも呼ぶ)が回路基板に実装される様子を示している。なお、図 1 7 及び図 1 8 には半田パンプ 1 1 3 を突出させた状態で導電層を覆うように第二絶縁部(封止層とも呼ぶ) 1 1 2 を設けた例を示しているが、封止層は必須要件ではない。

30

【0016】

つまり、上述した半田パンプ 1 1 3 は、半導体基板の第一導電部 1 1 1 と回路基板の第二導電部 1 3 2 との電気的な導通を図るための電極端子として機能するとともに、両者の熱変形や反りによって発生する応力を緩和、吸収する役割も担う。

【0017】

しかしながら、図 1 7 に示すように、従来の半田パンプはその側面方向から見て半球状に近い。また、従来の半田パンプ 1 1 3 は第一導電部 1 1 1 に載置された状態では、半田パンプ 1 1 3 が第一導電部 1 1 1 と接してなる面は円形をなす傾向がある。特に、回路基板に実装した半導体パッケージでは、主に半導体チップと回路基板との熱膨張率の違いにより発生する応力を、回路基板から半導体チップが受ける。

40

【0018】

このため、半田パンプ 1 1 3 は、第一導電部 1 1 1 や第二導電部 1 3 2 と接触する接合部に応力の集中が発生しやすい。より具体的には、半田パンプ 1 1 3 はその外周面が、束縛された状態から解放された状態に変わる領域(くびれ部とも呼ぶ) 1 3 1 a、1 3 1 b に応力が加わると、図 1 7 に示すように、例えば半田パンプ 1 1 3 の中にクラック(亀裂とも呼ぶ) 1 1 5 が外側から内側の方向に発生する傾向にあった。このようなクラック 1 1 5 の発生は断線不良を招き、ひいては半田パンプ 1 1 3 の破壊をもたらす恐れがあることから、半導体パッケージの信頼性を著しく低下させる原因の一つとして挙げられている

50

。そこで、半田パンプの強度を上げることにより、半田パンプのくびれ部におけるクラックの発生を抑制するとともに、たとえクラックが発生したとしても断線不良には至ることのない構成を備えた電子部品及び電子装置の開発が期待されていた。

【特許文献 1】特開平 5 - 1 3 4 1 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 9】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、半田パンプの強度を向上させることにより、半田パンプのくびれ部におけるクラックの発生を抑制することが可能であり、かつ、半田パンプのくびれ部においてクラックが発生しても断線不良を起こさず、半田パンプの破壊を防止できる電子部品及び電子装置の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0 0 2 0】

本発明に係る電子部品は、第一基板と第二基板が対向して配置され、前記第一基板の絶縁性を有する一面側に配された複数個の第一導電部と、前記第二基板の電気絶縁性を有する一面側に配された複数個の第二導電部との間に、個別に半田パンプを設けてなる電子部品であって、少なくとも 1 つの半田パンプにおいては、前記第一導電部において前記半田パンプと接する側の一面は、絶縁層で被覆された外周部と、前記第一導電部と接して配される凸部を備えた内周部とから構成されており、前記凸部は、前記半田パンプより大きな強度をもつ部材からなり、前記凸部の上面は、前記第一導電部から半田パンプの高さ方向において、半田パンプのくびれ部より突出した位置にあると共に、前記凸部の側面は第一導電部の一面と略垂直をなしており、前記半田パンプは少なくとも前記凸部の一部と前記内周部とを覆うように配設されていることを特徴としている。

20

【0 0 2 1】

従来の半田パンプは、第一導電部の内周部と接して配される凸部を持たないか、あるいは凸部を有してもその凸部は台形状をなしていたため、第一基板や第二基板に外力が加わると、半田パンプがこれらの基板と接合されている部分あるいはその近傍に応力が集中し、クラック発生などが発生し、そのクラックは半田パンプの中を横断する方向に延びやすく、その結果、断線不良を生じたり、あるいは半田パンプの破壊を招いていた。

【0 0 2 2】

これに対し、本発明に係る電子部品を構成する少なくとも 1 つの半田パンプは、その内部に凸部を備え、かつ、その凸部は、前記半田パンプより大きな強度をもつ部材から構成されており、半田パンプにより包み込まれた状態にある。このように内包された半田パンプより大きな強度をもつ部材からなる凸部は、半田パンプにおいてコア（核とも呼ぶ）として機能する。つまり、このようにコアを設けた半田パンプはそれ自体より強度の大きな芯を備えることになるので、半田パンプに外力が加わった際、半田パンプの外力に対抗する能力の向上が図れる。ゆえに、半田パンプのくびれ部におけるクラックの発生を抑制することが可能な電子部品が得られる。なお、上記大きな強度とは、凸部をなす部材が、実仕様温度域（- 4 0 ～ 1 2 5 ）において半田よりも降伏応力が大きく、かつ、ヤング率が大きいことを意味する。

30

40

【0 0 2 3】

また、半田パンプより大きな強度をもつ部材からなるコアの場合、コアのサイズを変更することにより、そのコアを内包してなる半田パンプの外力に対する強度を向上させつつ、強度の大きさを制御することも可能となる。強度の大きさを制御する手法としては、例えばコアの面積や高さを調整する方法が好適に用いられる。

【0 0 2 4】

さらに、前記凸部の上面は、前記第一導電部から半田パンプの高さ方向において、半田パンプのくびれ部より突出した位置にあると共に、前記凸部の側面は第一導電部の一面と略垂直をなしていることから、基板との接合部から半田パンプの中を横断する方向にクラックが延びてきた場合、そのクラックの先頭部は凸部の側面にほぼ垂直に衝突するので、

50

凸部を越えてクラックが延びるのを確実に防止できる。ゆえに、本発明によれば、実装後に半田バンプのくびれ部においてクラックが発生しても断線不良を起こさず、半田バンプの破壊を防止できる電子部品が得られる。なお、上記略垂直とは、凸部の側面と第一導電部の一面とがなす角度が45度～135度の範囲内にあることを指す。45度より狭い角度ではクラック進展を阻止する能力に乏しい。135度を超えるものは作製が極めて困難である。よって、45度以上135度以下のとき、上述したクラック進展阻止の作用が得られる。

【0025】

さらにまた、本発明に係る半田バンプはその内部に少なくとも前記凸部の一部を備えているので、上述した半田バンプが凸部を内包する構成とした際に得られる作用が働く。

10

したがって、かかる構成の半田バンプを備えてなる電子部品は、基板間の安定した導通を長期に亘って維持できる

【0026】

かかる構成からなる電子部品において、凸部は、導電性部材、絶縁性部材の何れであってもよい。導電性部材を用いた場合は、半田バンプ内に導通の障害となる部分が存在しないので、従来と同様の導通特性が確保されるので好ましい。絶縁部材を用いた場合は、例えば半田バンプと弾性特性が大きく異なる部材が採用できるので、半田バンプのくびれ部におけるクラックが発生が抑制され、クラックが発生し半田バンプ内に延びてきても、そのクラックの先端部を弾力的な凸部が緩衝体となり確実に受け止めることができるので望ましい。

20

【0027】

本発明に係る電子部品において、凸部は、第一導電部の一面に接して配される形態A、第一基板と第一導電部との間に設けられ、第一基板の一面と接して配される形態B、あるいは第一導電部を貫通するとともに、前記第一基板の一面と接して配される形態C、の何れであっても構わない。

【0028】

形態Aとした場合は、凸部が導電性部材と絶縁性部材の何れであっても、凸部と半田バンプは両方とも必ず第一導電部の一面に接して設けられる。この構成によれば、凸部の高さを精密に制御できることから、設計および製造が容易になるので好ましい。特に、凸部として金属からなる導電性部材を採用した場合は、凸部と第一導電部との界面を金属-金属接合とすることが可能なので、コアと下地との密着力を向上も図れるという長所を併せ持つことができる。凸部として絶縁性部材を採用した場合は、コアが強度に加えて異質の柔軟性も併せ持つことができる。

30

【0029】

形態Bとした場合は、凸部が第一基板と第一導電部との間に設けられ、第一基板の一面と接して配される。この構成によれば、半田との密着性を考慮しなくても良いので、凸部をなす部材の選択の幅が広がる。凸部が導電性部材でなくても、良好な電気特性が確保される。特に、凸部が絶縁性部材の場合は、その上に第一導電部が配され、半田バンプとの電氣的接合に寄与する面積が広がることになるので、第一導電部を設けなかった場合に比べて電気抵抗を小さくできる。

40

【0030】

形態Cとした場合は、凸部が第一導電部を貫通するとともに、電気絶縁性を有する第一基板の一面と接して設けられる。この構成によれば、凸部が導電性部材と絶縁性部材の何れであっても、凸部のうち一部（第一基板の一面と接する部分）が第一導電部内部に埋設されているので、凸部はその足下が強固に保持された状態となる。ゆえに、このような凸部を内包する半田バンプは、外力に対する抗力の向上が図れる。凸部が絶縁性部材の場合は、凸部と第一基板との界面を絶縁体-絶縁体接合とすることが可能なので、コアと下地との密着力を向上できる。凸部として絶縁性部材を採用した場合は、コアが強度に加えて異質の柔軟性も併せ持つことができるので好ましい。凸部が導電性部材の場合、凸部自体が第一導電部としても働くことから、良好な電気抵抗が維持される。

50

【0031】

また、本発明に係る電子部品において、半田パンプは、前記凸部を全て被覆する形態Dであってもよいし、前記凸部の中央部のみを被覆する形態Eであっても構わない。

形態Dとした場合は、半田パンプ内に凸部は内包されるので、半田パンプを複数配する際に、半田パンプ同士の間隔に凸部は影響を与えることなく、半田パンプの外力に対する抗力を改善できる。

形態Eとした場合は、半田パンプのサイズに制限されることなく、大型の凸部（面積や高さ、体積という観点から）を配することができる。大型の凸部は作製が容易であり、かつ、外力を受けやすい方向に大きな側面をなど特殊な形状を採ることも可能である。

【0032】

さらに、本発明に係る電子部品において、前記第一導電部は、凸部ごとに第一導電部を一つ配した形態Fであってもよいし、凸部ごとに第一導電部を複数個配した形態Gであっても構わない。

形態Fとした場合は、凸部を設ける第一導電部が、第一基板のどのような場所に位置するのかを考慮して、半田パンプが好ましい強度を有するように、凸部を構成する部材を選択配置できる。

形態Gとした場合は、凸部が接する第一導電部を複数に分断することで、半田パンプ内を進行するクラック（亀裂）は、この分断された箇所においてその進行が阻まれる。ゆえに、第一導電部を複数に分断してなる構成は、クラック（亀裂）の進展を止めることができる。

【0033】

本発明に係る電子装置は、上述した構成の電子部品を含むことを特徴としている。上述した構成の電子部品は、実装後に断線不良や半田パンプの破壊を防止する構造を具備したことにより、基板間の安定した導通を長期に亘って維持できるので、長期信頼性に優れた電子部品の提供が可能となる。

【発明の効果】

【0034】

以上説明したように、本発明に係る電子部品を構成する半田パンプは少なくともその内部に凸部を備え、この凸部は半田パンプより大きな強度をもつ部材から構成され、この凸部の上面は半田パンプのくびれ部より突出した位置にあると共に、前記凸部の側面は第一導電部の一面と略垂直をなす構成を有する。したがって、外力や熱の影響を受けた場合に半田パンプの付け根に相当する導電部との接合付近（くびれ部）への応力集中が発生した際に、これに起因して、基板との接合部から半田パンプの中を横断する方向にクラックが発生するのを抑え

るとともに、たとえクラックが発生しても上記凸部がクラックの進行を阻止するように機能する。

【0035】

ゆえに、本発明は、実装後に断線不良や半田パンプの破壊を防止できる電子部品をもたらす。換言すると、本発明は、実装後に半田パンプにクラックが発生した場合に生じていた電氣的接続に関する不具合を防止できるので、長期信頼性の高い電子部品の提供に寄与するとともに、電氣的接続の信頼性も向上させる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下では、本発明に係る電子部品の一実施形態を図面に基づいて説明する。図1～図8は絶縁性の凸部を用いた場合を、図9～図14は導電性の凸部を用いた場合を、それぞれ表している。

なお、以下では、第一基板の少なくとも1つの第一導電部に凸部がある場合について詳細に説明するが、これに代えて、第二基板の少なくとも1つの第二導電部に凸部を設けた形態としても同様の作用・効果が得られることは言うまでもない。

【0037】

図 1 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の一例を示す部分断面図であり、一つの第一導電部 11a 上に導電性の凸部 14 が配され、これらを覆うように半田 13 を設けた場合である。この半田 13 は、第一基板を第二基板に実装した際に、第一基板と第二基板で挟まれることによりパンプとして機能することから、以下では半田パンプとも呼ぶ。

【0038】

図 1 において、(a) は半田パンプに外力が印加されていない状態を、(b) は半田パンプに外力が印加され、半田パンプにクラックが発生した状態を、それぞれ表している。その際、導電性の凸部 14 としては、半田パンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズや鉛、銀、銅等の材料からなる半田パンプに対しては、導電性の凸部 14

10

【0039】

図 1 において、10 は第一絶縁部であり、不図示の回路を一方の面上に設けたウエハからなる半導体基板（以下、半導体チップとも呼ぶ）の表層部に配置されている。11a は第一導電部であり、この回路に導通し、半導体基板の第一絶縁部 10 の表面に形成されている。12 は第二絶縁部であり、第一導電部 11 の外周部と第一絶縁部 10 を覆うように形成されている。13 は半田パンプであり、露出された第一導電部 11 を覆うように設けられている。

【0040】

20

半田パンプ 13 の内部には、凸部 14 が次に述べるような位置に配されている。

すなわち、第一導電部 11 において半田パンプ 13 と接する側の一面は、第二絶縁部 12 からなる第二絶縁部 12 をなす絶縁層で被覆された外周部と、第一導電部 11 と接して配される凸部 14 を備えた内周部とから構成されている。そして、この凸部 14 は、第一導電部 11a の一面と略垂直をなす側面 14 と前記絶縁層（第二絶縁部）の表面 12 より突出した位置にある上面 14 とを有しており、半田パンプ 13 は少なくとも凸部 14 の一部と前記内周部とを覆うように配設されている。

【0041】

かかる構成によれば、半田パンプ 13 の内部に設けられた凸部 14 は、第一導電部 11 の一面と略垂直をなす側面 14a と前記絶縁層の表面 12 より突出した位置にある上面 14 とを有しているので、たとえば図 1 (b) に示すように、基板との接合部から半田パンプの中を横断する方向にクラック 15 が延びてきた場合であっても、そのクラック 15 の先頭部は凸部 14 の側面 14 にほぼ垂直に衝突するので、凸部 14 を越えてクラック 15 が延びるのを確実に防止できる。その結果、実装後に断線不良や半田パンプの破壊を確実に防止することが可能となる。特に、図 1 に示した例においては、凸部 14 が導電性の部材から構成されているので、凸部 14 の存在自体が上下基板間における電氣的導通を阻害する要因とはなりにくい。

30

【0042】

図 2 は本発明に係る電子部品の部分断面図であり、第一基板を第二基板に実装した状態を示している。図 2 において、30 は第三絶縁部であり、第二基板（以下、回路基板とも呼ぶ）の表層部に配置されている。32 は第二導電部であり、第三絶縁部 30 の表面に形成されており、半田パンプ 13 を介して第一基板の第一導電部 11a と電氣的な接続を図るために用いられる。

40

【0043】

図 2 に示すように、第一基板を第二基板に実装すると、対向する一組の導電部 11a、32 間に半田パンプ 13 が挟まれた状態となる。その結果、半田パンプ 13 の各導電部 11a、32 と接合部（いわゆる、付け根）の外周にはくびれ部 31a、31b が形成される。前述したクラック 15 は、このくびれ部 31a、31b から半田パンプ 13 の内部に進行するように発生する傾向にある。

ところが、本発明に係る電子部品では、導電性の部材からなる凸部 14 が半田パンプ 1

50

3の中に設けてあるので、半田バンプ13の外力に対する強度的な改善が図れることから、クラック15の発生を抑制できる。また、本発明に係る電子部品では、上記形態の凸部14を半田バンプ13内に予め設けてあるので、くびれ部31a、31bから半田バンプ内へクラック15が進行しても、凸部14がその進行を阻害する構造物として機能するので、クラック15が凸部14を越えてさらに進行し、半田バンプ13の破壊をもたらす恐れはない。

【0044】

図3は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図であり、半導体基板の第一絶縁部10と一つの第一導電部11bとの間に導電性の凸部14が配され、第一導電部11bを覆うように半田バンプ13を設けた場合である。

10

この構成によれば、凸部には強度を確保する働きをもたせると共に、第一導電部には電気抵抗を小さくする働きをもたせるように、機能分離させた構造を採用できる。その際、導電性の凸部14としては、半田バンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、銀、銅、リン、ニッケル等の材料からなる半田バンプに対しては、導電性の凸部14をなす部材としては、導電性セラミックス、導電性樹脂等が、第一導電部11bをなす部材としては、銅、金、ニッケル、アルミニウム等が好適に用いられる。

【0045】

図4は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図であり、一つの第一導電部11cを貫通して半導体基板の第一絶縁部10上に導電性の凸部14が配され、第一導電部11cと凸部14とを覆うように半田13を設けた場合である

20

。この構成によれば、凸部14のうち一部（第一基板10の一面と接する部分）が第一導電部11c内部に埋設されているので、凸部14はその足下が強固に保持された状態となる。ゆえに、このような凸部14を内包する半田バンプ13は、外力に対する抗力の向上が図れる。また、凸部14が導電性部材からなるので、第一導電部11cのうち凸部14を埋設するため欠落した部分も導電性を有することが可能なので、良好な電気抵抗が維持される。その際、導電性の凸部14としては、半田バンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、亜鉛、ビスマス等の材料からなる半田バンプに対しては、導電性の凸部14をなす部材としては、銅、金、ニッケル、モリブデン等が、第一導電部11cをなす部材としては、ニッケル、アルミニウム、銅、金等が好適に用いられる。

30

【0046】

図5は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田13の中に正方形をなす導電性の凸部14aが全て内包されるように設けた場合である。

この構成によれば、半田バンプ13内に凸部14aは内包されるので、第一基板（不図示）の上に半田バンプ13を複数配置したり、サイズの小さな半田バンプ13に対応させる場合などにおいて、半田バンプ同士の間隔に凸部は影響を与えることなく、半田バンプの外力に対する抗力を改善できる。また、凸部14aが、第一基板（不図示）のどの様な場所に位置するのかを考慮して、半田バンプ13が好ましい強度を有するように、凸部14aを構成する部材を選択配置できる。図5には凸部14aが上方（半田バンプ側）から見て正方形をなす例を示したが、その形状は限定されるものではない。例えば、円形や楕円形等でもよいし、長方形や多角形等など各種の矩形であっても構わない。その際、導電性の凸部14aとしては、半田バンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、インジウム、アンチモン等の材料からなる半田バンプに対しては、導電性の凸部14aをなす部材としては、チタン、タングステン、シリコン、ゲルマニウム等が好適に用いられる。

40

【0047】

図6は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田13の中を貫通し、その両端部が半田13の外部に突き出るように、長方形をなす導電性の凸部14bを設けた場合である。

50

この構成によれば、半田バンプ 1 3 のサイズに制限されることなく、大型の凸部 1 4 b (面積や高さ、体積という観点から) を配することができる。大型の凸部 1 4 b は作製が容易であり、かつ、外力を受けやすい方向に大きな側面をなど特殊な形状を採ることも可能である。また、大型の凸部 1 4 b を設ける半田バンプ 1 3 が、第一基板 (不図示) のどのような場所に位置するのかを考慮して、半田バンプ 1 3 が好ましい強度を有するように、凸部 1 4 b を構成する部材を選択配置することもできる。その際、導電性の凸部 1 4 b としては、半田バンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、鉛、アルミニウム等の材料からなる半田バンプに対しては、導電性の凸部 1 4 b をなす部材としては、スズ、アモルファス炭素、金等が好適に用いられる。

【0048】

10

図 7 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部 1 1 d と導電性の凸部 1 4 c とを上方から見た平面図であり、凸部あたり一つの第一導電部 1 1 d を設けた場合である。

この構成によれば、凸部 1 4 c を設ける第一導電部 1 1 d が、第一基板 (不図示) のどのような場所に位置するのかを考慮して、半田バンプ (不図示) が好ましい強度を有するように、凸部 1 4 c を構成する部材を選択配置できる。図 7 には凸部 1 4 c が上方 (半田バンプ側) から見て円形をなす例を示したが、その形状は限定されるものではない。例えば、円形の他に楕円形等でもよいし、正方形や長方形、多角形等など各種の矩形であっても構わない。その際、導電性の凸部 1 4 c としては、半田バンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、銀、ニッケル、コバルト等の材料からなる半田バンプに対しては、導電性の凸部 1 4 c をなす部材としては、アルミニウム、銀、モリブデン等が、第一導電部 1 1 d としては、銅、クロム、チタン、タングステン等が好適に用いられる。

20

【0049】

図 8 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部 1 1 e、1 1 f と導電性の凸部 1 4 d とを上方から見た平面図であり、凸部あたり複数個の第一導電部 1 1 e、1 1 f を設けた場合 (図 8 は第一導電部が二つの場合を表す) である。

これは、凸部が接する第一導電部を複数に分断する構成であり、図 8 は 2 つに分断された第一導電部 1 1 e、1 1 f を示した例である。この構成によれば、半田バンプ (不図示) 内を進行するクラック (亀裂) は、この分断された箇所においてその進行が阻まれる。ゆえに、第一導電部を複数に分断してなる構成は、クラック (亀裂) の進展を止めることができる。図 8 には第一導電部を 2 つに分断した例を示したが、3 つ以上に分断しても上述した作用は得られるので、第一導電部を分断する数は 2 つに限定されるものではない。その際、導電性の凸部 1 4 d としては、半田バンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、鉛、アンチモン等の材料からなる半田バンプに対しては、導電性の凸部 1 4 d をなす部材としては、チタン、タングステン、シリコン、ゲルマニウム等が、分断されてなる第一導電部 1 1 e、1 1 f としては、アルミニウム、シリコン - アルミニウム、ニッケル等が好適に用いられる。

30

【0050】

図 9 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図であり、一つの第一導電部 2 1 a 上に絶縁性の凸部 2 4 が配され、これらを覆うように半田 2 3 を設けた場合である。(a) は半田バンプに外力が印加されていない状態を、(b) は半田バンプに外力が印加され、半田バンプにクラックが発生した状態を、それぞれ表している。その際、絶縁性の凸部 2 4 としては、半田バンプより大きな強度をもつセラミック部材が用いられる。例えば、スズ、銅、鉛、アルミニウム等の材料からなる半田バンプに対しては、絶縁性の凸部 2 4 をなすセラミック部材としては、アルミナ、ジルコニア、シリカ、ジルコン、チタン酸アルミニウム、スピネル、窒化珪素、ダイヤモンド等が好適に用いられる。

40

【0051】

図 9 において、2 0 は第一絶縁部であり、不図示の回路を一方の面上に設けたウエハからなる半導体基板 (以下、半導体チップとも呼ぶ) の表層部に配置されている。2 1 a は

50

第一導電部であり、この回路に導通し、半導体基板の第一絶縁部 20 の表面に形成されている。22 は第二絶縁部であり、第一導電部 21 a の外周部と第一絶縁部 20 を覆うように形成されている。23 は半田パンプであり、露出された第一導電部 21 を覆うように設けられている。

【0052】

半田パンプ 23 の内部には、凸部 24 が次に述べるような位置に配されている。

すなわち、第一導電部 21 a において半田パンプ 23 と接する側の一面は、第二絶縁部 22 からなる第二絶縁部 22 をなす絶縁層で被覆された外周部と、第一導電部 21 a と接して配される凸部 24 を備えた内周部とから構成されている。そして、この凸部 24 は、第一導電部 11 a の一面と略垂直をなす側面 24 と前記絶縁層（第二絶縁部）の表面 22 より突出した位置にある上面 24 とを有しており、半田パンプ 23 は少なくとも凸部 24 の一部と前記内周部とを覆うように配設されている。

10

【0053】

かかる構成によれば、半田パンプ 23 の内部に設けられた凸部 24 は、第一導電部 21 a の一面と略垂直をなす側面 24 と前記絶縁層の表面 22 より突出した位置にある上面 24 とを有しているので、図 9 (b) に示すように、基板との接合部から半田パンプの中を横断する方向にクラック 25 が延びてきた場合、そのクラック 25 の先頭部は凸部 24 の側面 24 にほぼ垂直に衝突するので、凸部 24 を越えてクラック 25 が延びるのを確実に防止できる。その結果、実装後に断線不良や半田パンプの破壊を確実に防止することが可能となる。特に、図 9 に示した例においては、凸部 24 が絶縁性の部材から構成されているので、導電性の半田パンプ 23 は、それ自体とは大きく物性の異なるセラミックからなる凸部 24 を内包した構成なので、半田パンプ 23 が外力を受けた際に、半田パンプ 23 内における力の伝搬が緩和される。

20

【0054】

図 10 は本発明に係る電子部品の部分断面図であり、第一基板を第二基板に実装した状態を示している。図 10 において、30 は第三絶縁部であり、第二基板（以下、回路基板とも呼ぶ）の表層部に配置されている。32 は第二導電部であり、第三絶縁部 30 の表面に形成されており、半田パンプ 23 を介して第一基板の第一導電部 21 a と電気的な接続を図るために用いられる。

【0055】

図 10 に示すように、第一基板を第二基板に実装すると、対向する一組の導電部 21 a、32 間に半田パンプ 23 が挟まれた状態となる。その結果、半田パンプ 23 の各導電部 21 a、32 と接合部（いわゆる、付け根）の外周にはくびれ部 31 a、31 b が形成される。前述したクラック 25 は、このくびれ部 31 a、31 b から半田パンプ 23 の内部に進行するように発生する傾向にある。

30

ところが、本発明に係る電子部品では、絶縁性の部材からなる凸部 24 が半田パンプ 23 の中に設けてあるので、半田パンプ 23 の外力に対する強度的な改善が図れることから、クラック 25 の発生を抑制できる。また、本発明に係る電子部品では、上記形態の凸部 24 を半田パンプ 23 内に予め設けてあるので、くびれ部 31 a、31 b から半田パンプ内へクラック 25 が進行しても、凸部 24 がその進行を阻害する構造物として機能するので、クラック 25 が凸部 24 を越えてさらに進行し、半田パンプ 23 の破壊をもたらす恐れはない。

40

【0056】

図 11 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図であり、半導体基板の第一絶縁部 20 と一つの第一導電部 21 b との間に絶縁性の凸部 24 が配され、第一導電部 21 b を覆うように半田パンプ 23 を設けた場合である。

この構成によれば、凸部 24 には強度を確保する働きをもたせると共に、第一導電部 21 b には電気抵抗を小さくする働きをもたせるように、機能分離させた構造を採用できる。その際、導電性の凸部 24 としては、半田パンプ 23 より大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、ビスマス、銅、銀等の材料からなる半田パンプ 23 に対しては、

50

絶縁性の凸部 2 4 をなす絶縁部材としては、マグネシア、ベリリア、酸化トリウムフェライト、チタン酸バリウム等からなるセラミックが、第一導電部 1 1 b をなす部材としては、ニッケル、アルミニウム、銅等が好適に用いられる。

【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図であり、一つの第一導電部 2 1 c を貫通して半導体基板の第一絶縁部 2 0 上に絶縁性の凸部 2 4 が配され、第一導電部 2 1 c と凸部 2 4 とを覆うように半田 2 3 を設けた場合である。

この構成によれば、凸部 2 4 のうち一部（第一基板 2 0 の一面と接する部分）が第一導電部 2 1 c 内部に埋設されているので、凸部 2 4 はその足下が強固に保持された状態となる。ゆえに、このような凸部 2 4 を内包する半田パンプ 2 3 は、外力に対する抗力の向上が図れる。その際、絶縁性の凸部 2 4 としては、半田パンプより大きな強度をもつ絶縁部材が用いられる。例えば、スズ、銀、ピスマス、インジウム等の材料からなる半田パンプに対しては、絶縁性の凸部 2 4 をなす絶縁部材としては、ソーダガラス、石英ガラス、ホウケイ酸ガラス等が、第一導電部 1 1 c をなす部材としては、ニッケル、金、銅等が好適に用いられる。

【 0 0 5 8 】

図 1 3 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田 2 3 の中に正方形をなす絶縁性の凸部 2 4 a が全て内包されるように設けた場合である。

この構成によれば、半田パンプ 2 3 内に凸部 2 4 a は内包されるので、第一基板（不図示）の上に半田パンプ 2 3 を複数配置したり、サイズの小さな半田パンプ 2 3 に対応させる場合などにおいて、半田パンプ同士の間隔に凸部は影響を与えることなく、半田パンプの外力に対する抗力を改善できる。また、凸部 2 4 a が、第一基板（不図示）のどのような場所に位置するのかを考慮して、半田パンプ 2 3 が好ましい強度を有するように、凸部 2 4 a を構成する部材を選択配置できる。図 1 3 には凸部 2 4 a が上方（半田パンプ側）から見て正方形をなす例を示したが、その形状は限定されるものではない。例えば、円形や楕円形等でもよいし、長方形や多角形等など各種の矩形であっても構わない。その際、絶縁性の凸部 2 4 a としては、半田パンプより大きな強度をもつ絶縁部材が用いられる。例えば、スズ、亜鉛、アルミニウム等の材料からなる半田パンプに対しては、絶縁性の凸部 2 4 a をなす絶縁部材としては、窒化珪素、窒化アルミニウム、窒化チタン等からなるセラミックが好適に用いられる。

【 0 0 5 9 】

図 1 4 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田 2 3 の中を貫通し、その両端部が半田 2 3 の外部に突き出るように、長方形をなす絶縁性の凸部 2 4 b を設けた場合である。

この構成によれば、半田パンプ 2 3 のサイズに制限されることなく、大型の凸部 2 4 b（面積や高さ、体積という観点から）を配することができる。大型の凸部 2 4 b は作製が容易であり、かつ、外力を受けやすい方向に大きな側面をなど特殊な形状を採ることも可能である。また、大型の凸部 2 4 b を設ける半田パンプ 2 3 が、第一基板（不図示）のどのような場所に位置するのかを考慮して、半田パンプ 2 3 が好ましい強度を有するように、凸部 2 4 b を構成する部材を選択配置することもできる。その際、絶縁性の凸部 2 4 b としては、半田パンプより大きな強度をもつ絶縁部材が用いられる。例えば、スズ、銀、銅ゲルマニウム等の材料からなる半田パンプに対しては、絶縁性の凸部 2 4 b をなす絶縁部材としては、炭化珪素、炭化硼素、炭化タングステン等からなるセラミックが好適に用いられる。

【 0 0 6 0 】

図 1 5 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部 2 1 d と絶縁性の凸部 2 4 c とを上方から見た平面図であり、凸部あたり一つの第一導電部 1 1 d を設けた場合である。

10

20

30

40

50

この構成によれば、凸部 2 4 c を設ける第一導電部 1 1 d が、第一基板（不図示）のどのような場所に位置するのかを考慮して、半田パンプ（不図示）が好ましい強度を有するように、凸部 2 4 c を構成する部材を選択配置できる。図 1 5 は凸部 2 4 c が上方（半田パンプ側）から見て円形をなす例を示したが、その形状は限定されるものではない。例えば、円形の他に楕円形等でもよいし、正方形や長方形、多角形等など各種の矩形であっても構わない。その際、絶縁性の凸部 2 4 c としては、半田パンプより大きな強度をもつ部材が用いられる。例えば、スズ、亜鉛、アルミニウム、チタン等の材料からなる半田パンプに対しては、絶縁性の凸部 2 4 c をなす部材としては、ポリアミドイミドやポリエーテルエーテルケトン等の耐熱温度が半田の融点以上のプラスチック等が、第一導電部 2 1 d としては、銅、チタン、タングステン、アルミニウム等が好適に用いられる。

10

【0061】

図 1 6 は、本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部 2 1 e、2 1 f と絶縁性の凸部 2 4 d とを上方から見た平面図であり、凸部あたり複数個の第一導電部 2 1 e、2 1 f を設けた場合（図 1 6 は第一導電部が二つの場合を表す）である。

これは、凸部が接する第一導電部を複数に分断する構成であり、図 1 6 は 2 つに分断された第一導電部 1 1 e、1 1 f を示した例である。この構成によれば、半田パンプ（不図示）内を進行するクラック（亀裂）は、この分断された箇所においてその進行が阻まれる。ゆえに、第一導電部を複数に分断してなる構成は、クラック（亀裂）の進展を止めることができる。図 8 には第一導電部を 2 つに分断した例を示したが、3 つ以上に分断しても上述した作用は得られるので、第一導電部を分断する数は 2 つに限定されるものではない。その際、絶縁性の凸部 2 4 d としては、半田パンプより大きな強度をもつ絶縁部材が用いられる。例えば、スズ、銀、亜鉛、銅、鉛等の材料からなる半田パンプに対しては、絶縁性の凸部 2 4 d をなす絶縁部材としては、ホウ化ジルコニウム、硫化カドミウム、酸化珪素等が、分断されてなる第一導電部 1 1 e、1 1 f としては、銀、アモルファス炭素、銅等が好適に用いられる。

20

【産業上の利用可能性】

【0062】

本発明によれば、実装後における優れた耐久性と高い信頼性とを兼ね備えた電子部品及び電子装置を提供することができる。ゆえに、本発明は、外部からの衝撃などを受けやすい商品、例えば携帯電話やビデオカメラにおいて、耐衝撃性の改善や長期信頼性の向上をもたらす。

30

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の一例を示す部分断面図であり、凸部が導電性部材の場合を示す。

【図 2】本発明に係る電子部品の部分断面図の一例であり、凸部が導電性部材の場合を示す。

【図 3】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図である。

【図 4】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図である。

40

【図 5】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田の中に導電性部材からなる凸部が全て内包される場合を示す。

【図 6】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田から凸部の両端が突出している場合を示す。

【図 7】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部と凸部とを上方から見た平面図であり、凸部あたり一つの第一導電部を設けた場合を示す。

【図 8】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部と凸部とを上方から見た平面図であり、凸部あたり複数個の第一導電部を設けた場合を示す。

【図 9】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の一例を示す部分断面図であり、

50

凸部が絶縁性部材の場合を示す。

【図 1 0】本発明に係る電子部品の部分断面図の一例であり、凸部が絶縁性部材の場合を示す。

【図 1 1】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図である。

【図 1 2】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板の他の一例を示す部分断面図である。

【図 1 3】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田の中に導電性部材からなる凸部が全て内包される場合を示す。

【図 1 4】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する半田を上方から見た平面図であり、半田から凸部の両端が突出している場合を示す。 10

【図 1 5】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部と凸部とを上方から見た平面図であり、凸部あたり一つの第一導電部を設けた場合を示す。

【図 1 6】本発明に係る電子部品の作製に用いる第一基板を構成する第一導電部と凸部とを上方から見た平面図であり、凸部あたり複数の第一導電部を設けた場合を示す。

【図 1 7】従来の電子部品の構造を例示する部分断面図である。

【図 1 8】従来の電子部品の実装時、半田にくびれが生じた状態を例示する断面図である。

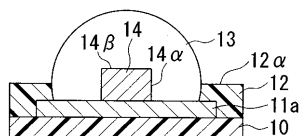
【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

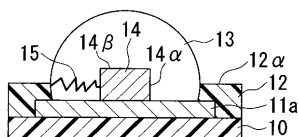
1 0、2 0 第一絶縁部、1 1 a ~ 1 1 f、2 1 a ~ 2 1 f 第一導電部、1 2 2 2 第二絶縁部、1 3、2 3 半田（半田バンプ）、1 4 導電性の凸部、2 4 絶縁性の凸部、3 0 第三絶縁部、3 1 a、3 1 b くびれ部、3 2 第二導電部。 20

【図 1】

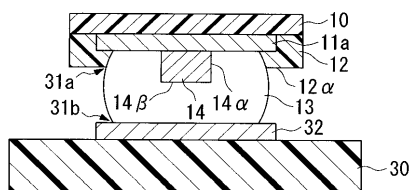
(a)



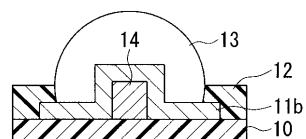
(b)



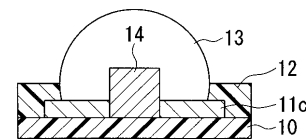
【図 2】



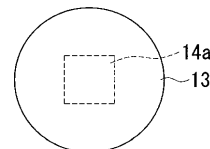
【図 3】



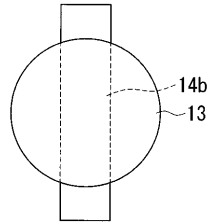
【図 4】



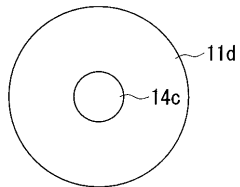
【図 5】



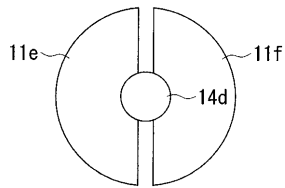
【図 6】



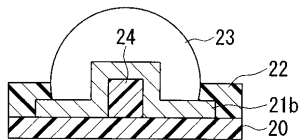
【図 7】



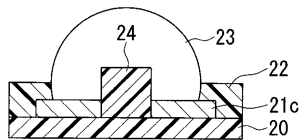
【図 8】



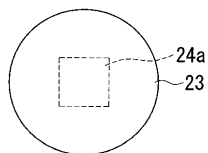
【図 11】



【図 12】

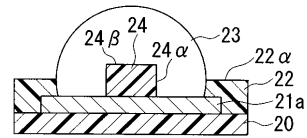


【図 13】

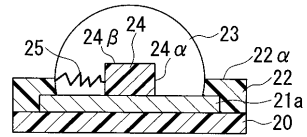


【図 9】

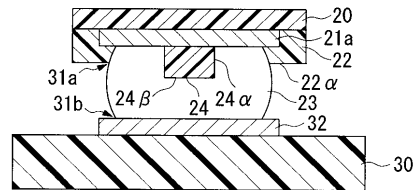
(a)



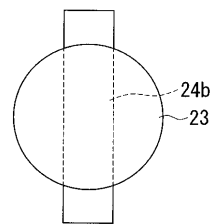
(b)



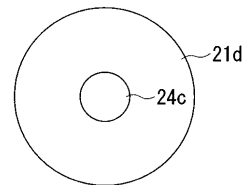
【図 10】



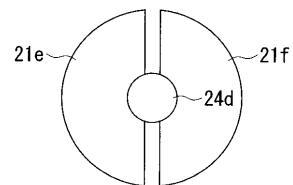
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

【要約の続き】