

(43) 国際公開日
2006 年 6 月 1 日 (01.06.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/057394 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/021833
- (22) 国際出願日: 2005 年 11 月 29 日 (29.11.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2004-343471
2004 年 11 月 29 日 (29.11.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社タムラ製作所 (TAMURA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉 1-19-43 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小野崎 純一 (ONOZAKI, Junichi) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬

区東大泉 1-19-43 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP). 坂本 伊佐雄 (SAKAMOTO, Isao) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉 1-19-43 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP). 白井 大 (SHIRAI, Masaru) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉 1-19-43 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP).

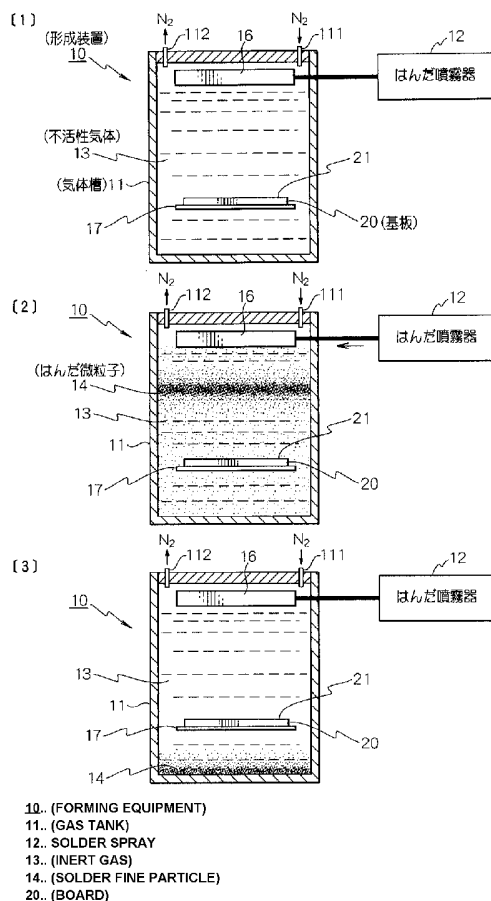
(74) 代理人: 高橋 勇 (TAKAHASHI, Isamu); 〒1010031 東京都千代田区東神田 1 丁目 10 番 7 号 篠田ビル 7 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR FORMING SOLDER BUMP

(54) 発明の名称: はんだバンプの形成方法及び装置



(57) Abstract: [PROBLEMS] To form pad electrodes at a fine interval, and to obtain bumps having sufficient quantity of solder and having less variation. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] A board (20) is positioned, at first, in inert gas (13) within a gas tank (11) with its surface (21) facing upward. Then, the inert gas (13) containing fine solder particles (14) is fed from a solder spray (12) to the gas tank (11), and the fine solder particles (14) are dropped from a blowing pipe (16) onto the board (20) in the inert gas (13). The fine solder particles (14) fall naturally by gravity and reach the board (20). The fine solder particles (14) having reached a pad electrode of the board (20) stay there by gravity and spread over the surface of the pad electrode upon the elapse of solder wetting time to form a solder film.

(57) 要約: 【課題】 パッド電極のファインピッチ化に図るとともに、はんだ量が多くかつバラツキも少ないはんだバンプを得る。【解決手段】 まず、気体槽 11 内の不活性気体 13 中に、基板 20 を表面 21 が上になるように位置付ける。続いて、はんだ噴霧器 12 からはんだ微粒子 14 を含む不活性気体 13 を気体槽 11 へ送り出し、はんだ微粒子 14 を吹き出し管 16 から不活性気体 13 中の基板 20 上へ落下させる。はんだ微粒子 14 は重力によって自然落下し基板 20 上に到達する。基板 20 のパッド電極上に到達したはんだ微粒子 14 は、重力によってそこに留まり、はんだ濡れ時間が経過するとパッド電極表面に広がってはんだ皮膜を形成する。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

はんだバンプの形成方法及び装置

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体基板やインターポーザ基板の上に半球状のはんだバンプを形成して、FC (flip chip) やBGA (ball grid array) を製造する際に用いられる、はんだバンプの形成方法及び装置に関する。

背景技術

- [0002] 近年、電子機器の小型化及び薄型化に伴い、電子部品の高密度実装技術が急速に進展している。この高密度実装を実現する半導体装置として、半球状のはんだバンプを有するFCやBGAが使われている。
- [0003] パッド電極上にはんだバンプを形成する方法として、熔融はんだにパッド電極を接触させる方法(熔融はんだ法)、パッド電極上にはんだペーストをスクリーン印刷しリフローする方法(スクリーン印刷法)、パッド電極上にはんだボールを載置しリフローする方法(はんだボール法)、パッド電極にはんだメッキを施す方法(メッキ法)等が一般的である。これら以外にも、例えば特許文献1に記載されたはんだバンプの形成方法が知られている。
- [0004] 図10は、特許文献1に記載されたはんだ形成方法を示す概略断面図である。以下、この図面に基づき説明する。
- [0005] この形成方法では、まず、はんだの融点以上に加熱された不活性溶剤80中に、銅電極81を表面に有するウエハ82を当該表面が下になるように浸漬する。続いて、不活性溶剤80中において、熔融はんだ83から成るはんだ粒子84を上へ向けて噴射することにより、はんだ粒子84をウエハ82に接触させて銅電極81にはんだバンプ(図示せず)を形成する。更に詳しく説明する。
- [0006] 加熱槽85内の熔融はんだ83と不活性溶剤80とは、はんだの融点よりやや高い温度、例えば200℃に温度制御される。加熱槽85内の熔融はんだ83は、はんだ導入管86からはんだ微粒化装置87内に吸引される。また、はんだ微粒化装置87は、熔融はんだ83と同温となっている不活性溶剤80を不活性溶剤導入管88から吸引し、

これら2液を混合攪拌して溶融はんだ83を破碎し粒子化する。そして、はんだ粒子84を含んだ不活性溶剤80は、混合液導出管89から噴出装置90に液送され、ノズル91から上方へ噴射される。

[0007] 不活性溶剤80中のはんだ粒子84は、不活性溶剤80で被覆された状態となっているので、外気と接触することがない。このため、はんだ粒子84の表面は、金属表面を保ち、活性状態にある。そして、不活性溶剤80中のはんだ粒子84は、不活性溶剤80中に浸漬されたウエハ82の銅電極81に接触すると、銅電極81とはんだ合金層を形成して銅電極81表面に付着することにより、銅電極81表面を溶融したはんだ皮膜（図示せず）で覆う。続いて、はんだ粒子84はこのはんだ皮膜に吸着しやすいので、この部分のはんだ粒子84が次々にはんだ皮膜上に付着する。

[0008] 一方、銅電極81上に付着しなかったはんだ粒子84は、その比重差により徐々に下降し、加熱槽85の底部に堆積する。このように、はんだ粒子84が上方へ噴出する不活性溶剤80中に、銅電極81を下にしてウエハ82を浸漬することにより、銅電極81表面にのみ選択的にはんだバンプ（図示せず）を形成することができる。

[0009] 特許文献1:特公平7-114205号公報(第1図等)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、溶融はんだ法は、パッド電極のファインピッチ化に適するという特長があるものの、はんだバンプのはんだ量が少なくかつそのバラツキも大きいという欠点がある。スクリーン印刷法は、一括で容易にはんだバンプを形成することができるという特長があるものの、ファインピッチのマスクを使用すると目詰まりやはんだ量の不均一が発生しやすいので、ファインピッチ化に適さないという欠点がある。はんだボール法は、近年の傾向として一つの半導体装置に使われるはんだボールの数が極めて多くなり、しかもはんだボールの大きさも極めて小さくなっていることから、製造コストが高くつくという欠点がある。メッキ法は、近年普及しつつある鉛フリーはんだに対して適当なメッキ液がないという欠点がある。また、特許文献1の形成方法では、銅電極にはんだ粒子が付着しにくい、すなわちはんだ濡れ性が悪いという欠点があるため、実用化が困難であった。

[0011] また、本発明者は、次のような技術を開発した。まず、はんだ微粒子と、フラックス作用を有する液体と、表面に電極を有する基板とを用意する。そして、はんだの融点以上に前記液体を加熱し、表面を上にして基板を液体中に位置付け、はんだ微粒子を前記液体中に噴射して基板上の電極に向けて落下させる。これにより、パッド電極上にはんだバンプを形成する。その結果、従来の諸問題を解決でき、はんだバンプのファインピッチ化が一応達成された。

[0012] ここで、更なるファインピッチ化を図るには、はんだ微粒子を小さくする必要がある。はんだ微粒子が大きいと、電極間ではんだブリッジが発生しやすくなるからである。しかし、はんだ微粒子を小さくすればするほど、液体中でのはんだ微粒子の落下速度が低下するため、はんだバンプの形成に長時間を要することになる。

[0013] その理由について、以下に説明する。はんだ微粒子は、速度に比例する粘性抵抗を受けながら液体中を落下するものとする。このとき、はんだ微粒子の質量を m 、重力加速度を g 、粘性係数を k とし、鉛直上向きに z 軸をとると、落下するはんだ微粒子の運動方程式は次式で表せる。

$$m(d^2z/dt^2) = -mg - k(dz/dt) \quad \cdots \langle 1 \rangle$$

[0014] 式 $\langle 1 \rangle$ の右辺第二項が粘性抵抗力である。初速度 v_0 を0として式 $\langle 1 \rangle$ を解くことにより、時刻 t におけるはんだ微粒子の速度 $v(t)$ が次式で表せる。

$$v(t) = (mg/k)e^{-(k/m)t} - (m/k)g \quad \cdots \langle 2 \rangle$$

[0015] ここで、 $k \gg m$ とすると、式 $\langle 2 \rangle$ の右辺第一項を無視できる。したがって、次式が得られる。

$$v = - (m/k)g \quad \cdots \langle 3 \rangle$$

[0016] 式 $\langle 3 \rangle$ から明らかなように、はんだ微粒子が小さいほどすなわち m が小さいほど、液体中でのはんだ微粒子の落下速度 v が低下する。

[0017] そこで、本発明の目的は、パッド電極のファインピッチ化を図れるとともに、はんだ量が多くかつバラツキも少ないはんだバンプを得られ、しかも短時間ではんだバンプを形成できる、はんだバンプの形成方法及び装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0018] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、パッド電極を表面に有する基板を当該

表面が上になるように不活性気体中に位置付け、溶融はんだから成るはんだ微粒子を不活性気体中に噴霧し(送りだす)、当該はんだ微粒子を基板上に落下させることにより、パッド電極上にはんだバンプを形成する、というものである。本発明には、不活性気体の分散媒と液体のはんだ微粒子の分散相とから成る分散系(エーロゾル: aerosol)中に基板を置くことにより、パッド電極上にはんだバンプを形成する技術も含まれる。ここでいう「基板」には、半導体ウエハや配線板などが含まれる。また、「はんだバンプ」には、半球状や突起状のものに限らず、膜状のものも含まれる。不活性気体は、窒素やアルゴンなどを主成分とするものの、実質的に不活性であればよく、はんだ付に悪影響を与えない程度の酸素を含む気体であってもよい。

[0019] 不活性気体中において、基板はパッド電極側を上にして保持されている。このとき、基板上の不活性気体中にはんだ微粒子を噴霧すると、はんだ微粒子は重力によって自然落下し基板上に到達する。基板のパッド電極上に到達したはんだ微粒子は、重力によってそこに留まり、「ある時間」が経過するとパッド電極表面に広がってはんだ皮膜を形成する。続いて、そのはんだ皮膜上に到達したはんだ微粒子は、重力によってそこに留まり、同じように「ある時間」が経過すると広がってはんだ皮膜を厚くする。これが繰り返されて、はんだ皮膜が成長してはんだバンプとなる。

[0020] はんだが濡れるために、前述した「ある時間」(以下「はんだ濡れ時間」という。)が必要である。特許文献1の技術では、不活性液体中において下向きのパッド電極に対してはんだ微粒子を噴き上げて接触させるため、はんだ微粒子がパッド電極に接する時間が一瞬でしかないので、はんだ濡れ性が悪いと考えられる。

[0021] また、本発明者は、不活性気体中ではんだ微粒子同士が落下中に接触しても、これらが合体して大きいはんだ微粒子になる条件が整えにくいいため、はんだ微粒子を不活性気体中を介して基板に向けて送りだすことに問題がないことを見出した。したがって、本発明では、ファインピッチのパッド電極に対しても、はんだブリッジ等が発生しない。更に、はんだバンプのはんだ量は、はんだ微粒子の供給量を変えることにより容易に調整できる。しかも、はんだ微粒子は、パッド電極に比べて極めて小さいことにより多量に供給されるので、不活性気体中に均一に分散する。したがって、はんだバンプのはんだ量のバラツキも少ない。これに加え、はんだ微粒子が霧状すなわ

ち極めて微細になっているので、パッド電極のファインピッチ化に適する。しかも、はんだ微粒子は液体中ではなく気体中を落下することにより、前述の式《3》における粘性係数 k が極めて小さくなるため、はんだ微粒子の落下速度は大きい。すなわち、はんだ微粒子が小さくてもすぐに落下するので、はんだバンプの形成に要する時間も短い。

[0022] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、パッド電極を表面に有する基板を不活性気体中に位置付け、不活性気体中において溶融はんだから成るはんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧することにより、パッド電極上にはんだバンプを形成する、というものである。

[0023] はんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧するのであれば、不活性気体中において基板の表面は必ずしも上にする必要はなく横でも下でも斜めでもよい。はんだ微粒子は、霧状すなわち極めて微細であることにより、ブラウン運動によって不規則に動く。したがって、はんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧すると、はんだ微粒子がパッド電極の周囲を浮遊するので、はんだ微粒子をパッド電極にはんだ濡れ時間以上留まらせることができる。この場合は、 $+z$ 方向に初速度 v_0 ではんだ微粒子を噴霧したとして前述の式《1》を解けば明らかなように、はんだ微粒子がパッド電極に到達する時間は液体中に比べて極めて短い。すなわち、はんだ微粒子が小さくてもすぐにパッド電極に到達するので、はんだバンプの形成に要する時間も短い。

[0024] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、不活性気体中に基板を位置付ける際に、基板の表面が下になるように位置付ける、というものである。この場合は、はんだバンプにならなかった不要なはんだ微粒子が基板上から落下しやすいので、後工程における洗浄等が容易になる。

[0025] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、はんだ微粒子を噴霧する際にフラックスも噴霧する、というものである。はんだ微粒子を噴霧する際とは、例えばはんだ微粒子を噴霧する前、噴霧すると同時、又は噴霧した直後などである。フラックスの作用によって、不活性気体中ではんだ濡れ性が更に向上する。ここでいう「フラックス」には、ロジン、界面活性剤、その他はんだ表面の酸化膜を除去する作用を有するものが含まれる。

- [0026] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、不活性気体中に水素ガスを混合した、というものである。水素ガスは、パッド電極表面及びはんだ微粒子表面の酸化膜を還元して除去するので、不活性気体中でのはんだ濡れ性が更に向上する。
- [0027] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、はんだ微粒子の直径は隣接するパッド電極同士の周端間の最短距離よりも小さい、というものである。この場合、隣接する二つのパッド電極上にそれぞれ到達したはんだ微粒子同士は、接することがないので、合体してはんだブリッジを形成することがない。
- [0028] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、不活性気体のはんだの融点以上に加熱されている、というものである。この場合、はんだ微粒子は、はんだの融点以上の不活性気体中にあるので、確実に液体の状態に保たれる。換言すると、はんだ微粒子は万が一にも固体化することがないので、はんだ濡れ性が良好である。
- [0029] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、はんだ微粒子が、固体のまま噴霧され、不活性気体中で溶融する、というものである。固体のはんだ微粒子はその状態で一体化してしまうことがないので、取り扱いが容易である。
- [0030] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、気体槽及びはんだ噴霧器を備えたものである。気体槽は、不活性気体と、パッド電極を表面に有するとともに当該表面が上になるように不活性気体中に位置付けられる基板とを収容する。はんだ噴霧器は、溶融したはんだから成るはんだ微粒子を不活性気体中に噴霧し、はんだ微粒子を基板上に落下させる。
- [0031] 気体槽内の不活性気体中において、基板はパッド電極側を上にして保持されている。このとき、はんだ噴霧器から基板上の不活性気体中にはんだ微粒子を噴霧すると、はんだ微粒子は重力によって自然落下し基板上に到達する。以下、上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0032] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、気体槽及びはんだ噴霧器を備えたものである。気体槽は、はんだの融点以上に加熱された不活性気体と、パッド電極を表面に有するとともに不活性気体中に位置付けられる基板とを収容する。はんだ噴霧器は、溶融はんだから成るはんだ微粒子を、不活性気体中においてパッド電極に向けて噴霧する。上記形成方法と同じ作用を奏する。

- [0033] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、基板は不活性気体中に当該基板の表面が下になるように位置付けられる、というものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0034] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、はんだ噴霧器がはんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧する際に、フラックスも噴霧する、というものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0035] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、不活性気体中に水素ガスが混合された、というものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0036] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、はんだ微粒子の直径が隣接するパッド電極同士の周端間の最短距離よりも小さい、というものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0037] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、不活性気体がはんだの融点以上に加熱されている、というものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0038] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、はんだ微粒子が、固体のまま噴霧され、不活性気体中で熔融する、というものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。
- [0039] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、熔融したはんだから成るはんだ微粒子に代えて固体のはんだから成るはんだ微粒子を用い、フラックス作用を有する液体ではんだ微粒子を被覆し、この状態ではんだ微粒子を噴霧する、というものである。
- [0040] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、熔融したはんだから成るはんだ微粒子に代えて固体のはんだから成るはんだ微粒子を用い、有機皮膜ではんだ微粒子を被覆し、更にフラックス作用を有する液体ではんだ微粒子を被覆し、この状態ではんだ微粒子を噴霧する、というものである。
- [0041] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、基板上に落下したはんだ微粒子をその融点以上に加熱するとともに、この加熱によって液体を蒸発させる、というものである。液体の蒸発に伴い、はんだ微粒子同士が徐々に接近して合一することにより、はんだバンプが形成される。そのため、はんだ微粒子の不要な合一が発生しにくいので、はんだブリッジの発生等が抑制される。
- [0042] 本発明に係るはんだバンプの形成方法は、はんだ微粒子を噴霧する際に、不活性

気体を大気圧以下に減圧しておく、というものである。このとき、不活性気体が減圧されるほど、粘性係数 k が小さくなるので、はんだ微粒子の落下速度は更に大きくなる。そのため、はんだバンプの形成に要する時間が更に短くなる。

[0043] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、噴霧器は、溶融したはんだから成るはんだ微粒子に代えて、フラックス作用を有する液体で被覆されるとともに固体のはんだから成るはんだ微粒子を噴霧する、というものである。

[0044] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、噴霧器が、溶融したはんだから成るはんだ微粒子に代えて、有機皮膜で被覆され更にフラックス作用を有する液体で被覆されるとともに固体のはんだから成るはんだ微粒子を噴霧する、というものである。

[0045] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、基板上に落下したはんだ微粒子をその融点以上に加熱するとともに、この加熱によって液体を蒸発させる加熱手段を、更に備えたものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。

[0046] 本発明に係るはんだバンプの形成装置は、はんだ微粒子を噴霧する際に、不活性気体を大気圧以下に減圧しておく減圧手段を、更に備えたものである。上記形成方法と同じ作用を奏する。

発明の効果

[0047] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、不活性気体中においてはんだ微粒子を噴霧し、はんだ微粒子を基板上に落下させてパッド電極上にはんだバンプを形成することにより、パッド電極上に到達したはんだ微粒子を重力によってはんだ濡れ時間以上そこに留めておくことができるので、はんだ濡れ性を向上できる。また、不活性気体中ではんだ微粒子同士が接触しても、これらが合体して大きいはんだ微粒子になるものは少なく、なおかつ、はんだ微粒子が霧状すなわち極めて微細になっているので、ファインピッチのパッド電極ではんだブリッジ等を防止できる。更に、はんだ微粒子の供給量を変えることにより、はんだバンプのはんだ量を容易に調整できる。しかも、はんだ微粒子はパッド電極に比べて極めて小さいことにより、多量に供給されて不活性気体中に均一に分散するので、はんだバンプのはんだ量を均一化できる。したがって、パッド電極のファインピッチ化を図れるとともに、はんだ量が多くかつバラツキも少ないはんだバンプを得られる。

- [0048] しかも、はんだ微粒子がパッド電極に到達する時間は液体中に比べて極めて短いことから、はんだ微粒子が小さくてもすぐにパッド電極に到達するので、はんだバンプの形成に要する時間を短縮できる。この効果は、更なるファインピッチ化に伴うはんだ微粒子の縮小化に、大きく寄与できる。
- [0049] さらに、本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、はんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧することにより、不活性気体中において基板をどのような向きにも置くことができるので、作業の自由度を向上できる。
- [0050] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、基板のパッド電極側を下にして、下側からはんだ微粒子を噴霧することにより、はんだバンプにならなかった不要なはんだ微粒子が基板に付着しにくいので、後工程における洗浄等を容易化できる。
- [0051] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、不活性気体中にフラックスも噴霧するようにしたので、不活性気体中でのはんだ濡れ性を更に向上できる。
- [0052] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、不活性気体中に水素ガスを含ませたので、不活性気体中でのはんだ濡れ性を更に向上できる。
- [0053] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、隣接するパッド電極同士の周端間の最短距離よりもはんだ微粒子の直径を小さくしたことにより、隣接する二つのパッド電極上にそれぞれ到達したはんだ微粒子同士の接触を回避できるので、はんだブリッジの発生をより確実に防止できる。
- [0054] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、不活性気体のはんだの融点以上に加熱されていることにより、はんだ微粒子を不活性気体中で確実に液体の状態に保つことができるので、はんだ塗れ性を確実に向上できる。
- [0055] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、はんだ微粒子が固体のまま噴霧されて不活性気体中で溶融することにより、固体のはんだ微粒子の状態での保存等が可能となるので、取り扱い性を向上できる。
- [0056] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、フラックス作用を有する液体で被覆された固体のはんだ微粒子を噴霧することにより、当該液体中でのはんだバンプ形成と同程度の品質が得られるにもかかわらず、はんだ微粒子がパッド電

極に到達する時間は液体中に比べて極めて短いことから、はんだバンプの形成に要する時間を大幅に短縮できる。

[0057] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、有機皮膜及びフラックス作用を有する液体で被覆された固体のはんだ微粒子を噴霧することにより、当該有機皮膜及び当該液体を用いたはんだバンプ形成と同程度の品質が得られるにもかかわらず、はんだ微粒子がパッド電極に到達する時間は液体中に比べて極めて短いことから、はんだバンプの形成に要する時間を大幅に短縮できる。

[0058] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、基板上に落下したはんだ微粒子をその融点以上に加熱するとともに、この加熱によって液体を蒸発させることにより、液体の蒸発に伴いはんだ微粒子同士が徐々に接近して合一するので、はんだブリッジの発生等を抑制できる。

[0059] 本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置によれば、はんだ微粒子を噴霧する際に、不活性気体を大気圧以下に減圧しておくことにより、はんだ微粒子の落下速度を更に増大できるので、はんだバンプの形成に要する時間を更に短縮できる。

発明を実施するための最良の形態

[0060] 図1は本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置の第一実施形態を示す概略構成図であり、図1[1]～図1[3]の順に工程が進行する。以下、この図面に基づき説明する。なお、気体を示す適当な記号がないので、図1及び図2では液体の記号を用いて不活性気体を示すことにする。

[0061] 本実施形態で使用するはんだバンプの形成装置10について説明する。形成装置10は、気体槽11及びはんだ噴霧器12を備えたものである。気体槽11は、はんだの融点以上に加熱された不活性気体13と、表面21が上になるように不活性気体13中に位置付けられる基板20とを収容する。はんだ噴霧器12は、溶融はんだから成るはんだ微粒子14を不活性気体13中に噴霧するとともに、はんだ微粒子14を基板20上に均等に落下させるための吹き出し管16を備えている。

[0062] はんだは、例えば、Sn-Pb(融点183℃)、Sn-Ag-Cu(融点218℃)、Sn-Ag(融点221℃)、Sn-Cu(融点227℃)等を使用する。不活性気体13は、はんだと反応しない気体であれば何でもよく、例えば窒素ガスであるが、アルゴンガスなどでも

よい。また、不活性気体13に水素ガスを混ぜてもよい。なお、不活性気体13の温度は、はんだ微粒子14を液体の状態に保てれば、必ずしもはんだの融点以上にする必要はない。不活性気体13は、100%である必要はなく、はんだ付に悪影響を与えない程度の少量の酸素が含まれていてもよい。

[0063] 気体槽11は、例えばステンレスや耐熱性樹脂などから成る容器に、不活性気体13をはんだの融点以上(例えば融点+50℃)に保つための図示しない電熱ヒータや冷却水配管等が設置されたものである。また、気体槽11内には、基板20を不活性気体13中に位置付けるための載置台17が設けられている。更に、気体槽11には、不活性気体13を気体槽11内へ導入する導入管111、及び不活性気体13を気体槽11内から排出する排出管112が設けられている。なお、載置台17は、不活性気体13と同様にはんだの融点以上に保たれている。

[0064] はんだ噴霧器12は、例えば、霧吹き の原理や超音波振動子などを用いて、溶融はんだを不活性気体13中で霧化することにより、はんだ微粒子14を形成するものである。この場合、気体槽11の底に沈んだはんだ微粒子14(溶融はんだ)及び気体槽11内の不活性気体13を導入するための配管を、気体槽11との間に設けてもよい。また、はんだ噴霧器12をフラックスも噴霧できる構成としてもよいし、別にフラックス噴霧器を設けてもよい。吹き出し管16は、例えば図示しない吹き出し口が基端から先端まで多数設けられており、この吹き出し口からはんだ微粒子14を不活性気体13中へ均等に落下させる。これにより、はんだ微粒子14は、はんだ噴霧器12から送り出され、吹き出し管16から気体槽11内の不活性気体13中へ落下する。なお、はんだ微粒子14は、不活性気体に混在させて吹き出し管16から送りだしてもよい。

[0065] 図2は図1の部分拡大断面図であり、図2[1]～図2[3]はそれぞれ図1[1]～図1[3]に対応する。以下、これらの図面に基づき説明する。ただし、図1と同じ部分は同じ符号を付すことにより説明を省略する。なお、図2において、上下方向は左右方向よりも拡大して示している。

[0066] まず、本実施形態で使用する基板20について説明する。基板20はシリコンウエハである。基板20の表面21には、パッド電極22が形成されている。パッド電極22上には、本実施形態の形成方法によってはんだバンプ23が形成される。基板20は、はん

だバンプ23を介して、他の半導体チップや配線板に電氣的及び機械的に接続される。パッド電極22は、形状が例えば円であり、直径 c が例えば $40\text{ }\mu\text{m}$ である。隣接するパッド電極22の中心間の距離 d は、例えば $80\text{ }\mu\text{m}$ である。はんだ微粒子14の直径 b は、例えば $1\sim 15\text{ }\mu\text{m}$ である。

[0067] パッド電極22は、基板20上に形成されたアルミニウム電極24と、アルミニウム電極24上に形成されたニッケル層25と、ニッケル層25上に形成された金層26とから成る。ニッケル層25及び金層26はUBM (under barrier metal又はunder bump metallurgy) 層である。基板20上のパッド電極22以外の部分は、保護膜27で覆われている。

[0068] 次に、パッド電極22の形成方法について説明する。まず、基板20上にアルミニウム電極24を形成し、アルミニウム電極24以外の部分にポリイミド樹脂によって保護膜27を形成する。これらは、例えばフォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を用いて形成される。続いて、アルミニウム電極24表面にジンケート処理を施した後に、無電解めっき法を用いてアルミニウム電極24上にニッケル層25及び金層26を形成する。このUBM層を設ける理由は、アルミニウム電極24にはんだ濡れ性を付与するためである。

[0069] 次に、図1及び図2に基づき、本実施形態のはんだバンプの形成方法及び装置について、作用及び効果を説明する。

[0070] まず、図1[1]及び図2[1]に示すように、気体槽11内の不活性気体13中に、基板20を表面21が上になるように位置付ける。基板20の表面21には、パッド電極22が形成されている。不活性気体13のはんだの融点以上に加熱されている。このとき、パッド電極22の表面に、フラックスを塗布しておいてもよい。

[0071] 続いて、図1[2]及び図2[2]に示すように、はんだ噴霧器12からはんだ微粒子14を含む不活性気体13を吹き出し管16へ送り出し、はんだ微粒子14を吹き出し管16から不活性気体13中の基板20上へ落下させる。はんだ微粒子を噴霧する際にフラックスをはんだ微粒子14と共に、或いははんだ微粒子14を噴霧する前に、或いははんだ微粒子14を噴霧した直後に噴霧する。また、不活性気体13中に水素ガスを混合してもよい。はんだ微粒を噴霧するとき、はんだ微粒子14は液体中ではなく気体中を落下することにより、前述の式(3)における粘性係数 k が極めて小さくなるため

、はんだ微粒子14の落下速度は大きい。すなわち、はんだ微粒子14が小さくてもすぐに落下して基板20に到達するので、はんだバンプ23の形成に要する時間も短い。

[0072] 不活性気体13中において、基板20はパッド電極22側を上にして保持されている。このとき、基板20上の不活性気体13中にはんだ微粒子14を噴霧すると、はんだ微粒子14は重力によって自然落下し基板20上に到達する。基板20のパッド電極22上に到達した複数のはんだ微粒子14は、重力によってそこに留まり、フラックスの作用により表面の酸化膜が除去され、はんだ濡れ時間が経過すると、互いに合一してパッド電極22表面にはんだ皮膜23'を形成する。続いて、そのはんだ皮膜23'上に到達したはんだ微粒子14は、重力によってそこに留まり、同じようにフラックスの作用により表面の酸化膜が除去され、はんだ濡れ時間が経過すると、前記はんだ皮膜23'に取込まれ、はんだ皮膜23'が厚くなる。これが繰り返されて、はんだ皮膜23'が成長してはんだバンプ23となる(図1[3]及び図2[3])。その後、はんだバンプ23にならなかった不要なはんだ微粒子14(図2[3])を、洗浄等により基板20上から除去する。

[0073] はんだ濡れ時間とは、はんだ微粒子14とパッド電極22又ははんだ皮膜23'とが接する時間であって、はんだが濡れるために必要な時間(例えば数秒～数十秒)である。本実施形態では、はんだ微粒子14が落下してパッド電極22又ははんだ皮膜23'に到達すると、はんだ微粒子14は重力の作用によってそこに留まる。そのため、はんだ微粒子14とパッド電極22又ははんだ皮膜23'とは、はんだ濡れ時間が経過するまで接することになる。したがって、はんだ濡れ性は良好である。

[0074] また、本発明者は、不活性気体13中ではんだ微粒子14同士が落下中に接触しても、これらが合体して大きいはんだ微粒子になるものは少ない、ということも見出した。したがって、ファインピッチのパッド電極22に対しても、はんだブリッジ等が発生しない。特に、隣接するパッド電極22同士の周端間の最短距離aよりも、はんだ微粒子14の直径bを小さくするとよい。この場合、隣接する二つのパッド電極22上にそれぞれ到達したはんだ微粒子14同士は、接触しないため合体してはんだブリッジを形成することがない。

[0075] 更に、はんだバンプ23のはんだ量は、はんだ噴霧器12によってはんだ微粒子14

の供給量を変えることにより容易に調整できる。しかも、はんだ微粒子14は、パッド電極22に比べて極めて小さいことにより多量に供給されるので、不活性気体13中に均一に分散する。したがって、はんだバンプ23のはんだ量のバラツキも少ない。

[0076] なお、本発明は、言うまでもないが、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、はんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧するのであれば、不活性気体中において基板の表面は必ずしも上にする必要はなく横でも下でも斜めでもよい。また、シリコンウエハ(FC)の代わりに、配線板(BGA)を用いてもよい。更に、はんだ微粒子を固体のまま噴霧し、そのはんだ微粒子を不活性気体中で熔融してもよい。

[0077] 図3乃至図6は、本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置の第二実施形態を示す。以下、これらの図面に基づき説明する。ただし、本実施形態について、第一実施形態と同じ部分は同じ符号を付すことにより説明を省略する。

[0078] 図3は[1]は、本実施形態で用いるはんだ微粒子の第一例を示す拡大断面図である。本実施形態で噴霧されるはんだ微粒子14は、固体のはんだから成るとともに、フラックス作用を有する液体31で表面が被覆されている。ここに、フラックス作用を有する液体31とは、液体31中にフラックス作用を有する成分が含まれていることを意味する。液体31の主成分は、揮発性を有する液体、例えば炭化水素類、エステル類、アルコール類、グリコール類などが好ましい。フラックス作用を有する成分としては、例えば酸、有機酸金属塩などが用いられる。酸ははんだ粒子の合一を促進する。酸は、例えばカルボン酸などの有機酸、塩酸などの無機酸、ロジンなどである。カルボン酸は、例えば蟻酸、オレイン酸、ステアリン酸、蔞酸などである。ロジンは、例えばL-アビエチン酸、ロジン、水添ロジン等のロジン誘導体などである。有機酸金属塩は、例えば酸とはんだ微粒子14を構成する少なくとも一つの金属元素とからなるものである。有機酸金属塩は、その有機酸がフラックス作用を促進し、金属塩が熔融したはんだと反応して析出して有機皮膜となりはんだ微粒子の合一を抑制する。本実施形態では、液体31の主成分がイソプロピルアルコールであり、フラックス作用を有する成分が有機酸であるとする。

[0079] 以上のように、はんだ微粒子14が、フラックス成分を含む液体31により被覆されていると、はんだ微粒子14を気体槽11内に送り出す際に、別途フラックスを噴霧する

必要がなくなる。なお、液体31に含まれるフラックス成分だけでは不足が生じた場合に、別途フラックスを供給するようにしてもよいものである。

[0080] 図4及び図6は第二実施形態におけるはんだバンプの形成工程を示し、図4及び図5は概略構成図であり、図6は部分拡大断面図である。図4[1]～図6[3]の順に工程が進行する。以下、図3乃至図6に基づき、本実施形態のはんだバンプの形成方法及び装置について、作用及び効果を説明する。

[0081] 本実施形態のはんだバンプの形成装置30は、加熱手段としてのヒータ32を備えている。ヒータ32は、気体槽11の底面から基板20を加熱する。はんだ噴霧器は、図示を略すが、第一実施形態と同じものでよい。なお、基板20の載置台等は図示を略している。

[0082] まず、気体槽11内の不活性気体13中に、パッド電極22を上にして基板20を位置付ける。そして、液体31と固体のはんだ微粒子14とが混合されて成るはんだ組成物を、吹き出し管16から不活性気体13中へ噴霧する(図4[1])。

[0083] これにより、図3[1]に示した液体31によって被覆されたはんだ微粒子14が、不活性気体13中の基板20上へ落下する。つまり、はんだ微粒子14は重力によって自然落下し基板20上に到達する(図4[2])。このとき、はんだ微粒子14の落下速度は、気体中での落下であるから、液体中での落下速度に比べて極めて大きい。したがって、はんだ微粒子14が小さくてもすぐに落下して基板20に到達するので、はんだバンプ23の形成に要する時間も短い。

[0084] そして、基板20をヒータ32で加熱すると、はんだ微粒子14を覆っていた液体31の粘性が低下することにより、液体31がはんだ微粒子14から離れて気体槽11の底に溜まる。また、液体31のみから成る微粒子が噴霧されて気体槽11の底に溜まる場合もある。その結果、基板20全体が液体31中に浸漬された状態となる(図5[1])。

[0085] 続いて、基板20をヒータ32で更に加熱すると、はんだ微粒子14が融点以上になって溶融するとともに、液体31が蒸発し始める。液体31の蒸発に伴い、溶融したはんだ微粒子14同士が徐々に接近して合一することにより、はんだバンプ23が形成される(図5[2]及び図6[1]～[3])。そのため、はんだ微粒子14の不要な合一が発生しにくいので、はんだブリッジの発生等が抑制される。

[0086] このとき、液体31に含まれる有機酸の作用によって、次のような状態が引き起こされる。まず、はんだ微粒子14同士は合一が抑えられる。ただし、図6[2]では図示していないが、一部のはんだ微粒子14同士は合一して大きくなる。つまり、はんだ微粒子14同士は合一しても一定の大きさ以下であれば問題ない。一方、はんだ微粒子14は、パッド電極22上に広がって界面に合金層を形成する。その結果、パッド電極22上にはんだ皮膜23'が形成され、はんだ皮膜23'に更にはんだ微粒子14が合一する。すなわち、はんだ皮膜23'は成長して、図6[3]に示すようなはんだバンプ23となる。なお、図6[3]において、はんだバンプ23の形成に使用されなかったはんだ微粒子14は、液体31の残渣とともに後工程で洗い落とされる。

[0087] 更に詳しく説明する。はんだ微粒子14は、表面に自然酸化膜のみを有する。液体31のフラックス作用は、はんだ微粒子14の融点以上に加熱された状態で、はんだ微粒子14同士の合一を抑制しつつ、はんだ微粒子14とパッド電極22とのはんだ付けを促進するとともに、パッド電極22上に形成されたはんだ皮膜23'とはんだ微粒子14との合一を促進するものである。このようなフラックス作用の成分は、本発明者が実験及び考察を繰り返して発見したものである。

[0088] このような成分としては、例えば酸が挙げられる。酸は無機酸(例えば塩酸)と有機酸(例えば脂肪酸)とに大別できるが、ここでは有機酸を例に説明する。

[0089] 本発明者は、「有機酸は、はんだ微粒子14同士を合一させる作用は小さいが、パッド電極22にはんだ濡れを生じさせる作用は大きい。」ということを見出した。このような作用が生じる理由として、次の(1)、(2)のようなことが考えられる。

[0090] (1). 有機酸には、はんだ微粒子14の酸化膜を除去する作用が弱い。そのため、はんだ微粒子14に故意に酸化膜を形成しなくても、はんだ微粒子14の自然酸化膜によって、はんだ微粒子14同士の合一を抑えることができる。

[0091] (2). 有機酸は、何らかの理由によって、はんだ微粒子14をパッド電極22に広げて界面を合金化するとともに、パッド電極22上に形成されたはんだ皮膜23'にはんだ微粒子14を合一させる作用がある。はんだ微粒子14同士はほとんど合一しないにもかかわらず、パッド電極22上ではんだ濡れが生ずるメカニズムは定かではない。推測として、はんだ微粒子14とパッド電極22との間で、僅かな酸化膜を打ち破る何らか

の反応が起こっていると考えられる。例えば、金メッキされたパッド電極22であれば、金のはんだ中への拡散効果により、はんだ微粒子14に例え薄い酸化膜があったとしてもはんだ濡れが生ずる。銅からなるパッド電極22の場合は、銅が有機酸と反応して有機酸銅塩となり、その有機酸銅塩がはんだと接触することによりイオン化傾向の差から還元され、金属銅がはんだ中に拡散してはんだ濡れが進行する。パッド電極22上に形成されたはんだ皮膜23'にはんだ微粒子14が合一する理由については、例えば表面張力が考えられる。

[0092] 次に、本実施形態で用いるはんだ微粒子の第二例について説明する。図3[2]に示すように、有機皮膜33ではんだ微粒子14を被覆し、更にフラックス作用を有する液体31ではんだ微粒子14を被覆し、この状態ではんだ微粒子14を噴霧してもよい。はんだ微粒子14を有機皮膜33で被覆する方法としては、加熱した油状液体の分散媒中ではんだを熔融し、これを攪拌して液滴の微粒子を形成し、これを冷却固化させて球状のはんだ粒子を得る、油中アトマイズ法が挙げられる。その一例を述べる。まず、容器に入った精製ひまし油900g中に、錫銀銅はんだを90g、マレイン酸変性ロジンを18g加える。錫銀銅はんだは、組成がSn 3.0mass%Ag 0.5mass%Cuの鉛フリーはんだであり、融点が220℃である。そして、この精製ひまし油を230℃に加熱して攪拌機を10,000rpmで回転させることにより、精製ひまし油中ではんだ合金を破碎する。これにより、はんだ微粒子14表面にマレイン酸変性ロジンの有機皮膜33が付いたはんだ粉末を得る。なお、攪拌中は容器内を窒素雰囲気置換する。また、はんだ粉末は、容器の上澄みを除いた後に酢酸エチルによって洗浄し、これを真空乾燥する。

[0093] ここで、有機皮膜33で被覆されたはんだ微粒子14を、図6[1]～[3]と同じ状態で加熱したとする。各はんだ微粒子14は、ほぼ球状であり、直径も均一である。ここで、はんだ微粒子14及び液体31をはんだ微粒子14の融点以上に加熱すると、 n 個のはんだ微粒子14が合一して、体積及び有機皮膜量が n 倍、表面積が $n^{2/3}$ 倍となる。そのため、 n 個のはんだ微粒子14が合一した新たなはんだ微粒子14は、単位表面積当たりの有機皮膜量が $n^{1/3}$ 倍となる。すなわち、はんだ微粒子14の合一が進むほど、単位表面積当たりの有機皮膜量が増加する。例えば、8個のはんだ微粒子14が合

一すると、体積及び有機皮膜量が8倍、表面積が4倍、単位表面積当たりの有機皮膜量が2倍となる。また、単位表面積当たりの有機皮膜量が増えるほど、有機皮膜33下のはんだ微粒子14同士の接触が難しくなるので、はんだ粒子の合一が抑制される。

[0094] 一方、パッド電極22上のはんだ皮膜23'は、はんだ微粒子14がはんだ皮膜31に合一することによって成長する。そのため、パッド電極22上ではんだ微粒子14の合一が進むにつれて、はんだ皮膜23'の単位表面積当たりの有機皮膜量が一定に達すると、はんだ皮膜23'の成長が停止する。つまり、はんだ皮膜23'の最終的なはんだ量は、パッド電極22の大きさに加え最初のはんだ微粒子14の大きさ及び有機皮膜量によって決まる。なお、単位表面積当たりの有機皮膜量が一定に達したはんだ微粒子14も、はんだ皮膜23'に合一することはない。

[0095] これにより、はんだ微粒子14がパッド電極22上で必要以上に合一することを抑制できるので、はんだバンプ23のはんだ量を均一化できるとともに、パッド電極22のショート不良を防止できる。例えば、最初のはんだ微粒子14の有機皮膜量は、はんだ皮膜23'へのはんだ微粒子14の合一を、はんだ皮膜23'が一定のはんだ量になるまでは許容し一定のはんだ量を越えると抑制するように、設定されている。

[0096] 次に、所望のはんだバンプ23の高さを得るための、はんだ微粒子14及びその有機皮膜33の量の設計方法について説明する。

[0097] はんだ微粒子14について、体積をV1、有機皮膜量をF1とする。はんだ微粒子14の形状は球形である。はんだバンプ23について、体積をV2、有機皮膜量をF2、表面積をS2とする。パッド電極22の面積をS0とする。はんだバンプ23の表面積とパッド電極22の面積との関係を示す補正係数をAとする。単位表面積当たりの最大の有機皮膜量をFmaxとする。

[0098] このとき、以下の関係が成り立つ。

$$F2 = (V2/V1) \times F1 \quad \cdots (1)$$

$$Fmax = F2/S2 \quad \cdots (2)$$

$$S2 = A \times S0 \quad \cdots (3)$$

式(3)を式(2)に代入することにより、次式を得る。

$$F_{\max} = F_2 / (A \times S_0)$$

$$\therefore F_2 = F_{\max} \times A \times S_0 \quad \cdots (4)$$

続いて、式(4)を式(1)に代入することにより、次式を得る。

$$F_{\max} \times A \times S_0 = (V_2 / V_1) \times F_1 \quad \cdots (5)$$

$$\therefore F_1 = (V_1 / V_2) \times F_{\max} \times A \times S_0 \quad \cdots (6)$$

ここで、所望のはんだバンプ23の高さに対応して V_2 が決まり、 V_1 , $F_{\max}$, A , S_0 も既に決まっていれば、式(6)から F_1 が求められる。

また、はんだ微粒子14の大きさ(すなわち V_1)が決まっていなければ、式(5)から得られる次式の、

$$F_1 / V_1 = (1 / V_2) \times F_{\max} \times A \times S_0 \quad \cdots (7)$$

の関係を満たす F_1 , V_1 が求められる。

[0099] なお、式(3)において、補正係数 A は、はんだバンプ23の体積、パッド電極22の形状、熔融はんだの表面張力などによって異なる値をとる。例えば、はんだバンプ23の体積が大きいほど、はんだバンプ23の表面積が大きくなるので、 A も大きい値となる。パッド電極22の形状が円形よりも四角形の方が、球面になりにくいことにより表面積が大きくなるので、 A も大きい値となる。熔融はんだの表面張力が小さい方が、球面になりにくいことにより表面積が大きくなるので、 A も大きい値となる。実際の補正係数 A は、実験的に求められる。

[0100] 図7は本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置の第三実施形態を示す概略構成図であり、図7[1]～図7[2]の順に工程が進行する。以下、この図面に基づき説明する。ただし、図1及び図4と同じ部分は同じ符号を付すことにより説明を省略する。

[0101] 本実施形態のはんだバンプの形成装置40は、はんだ微粒子14を噴霧する際に、不活性気体13を大気圧以下に減圧しておく減圧手段を、更に備えたものである。この減圧手段は、コントローラ41の機能の一部、真空ポンプ42、電磁弁43, 44等によって構成されている。コントローラ41は、例えばマイクロコンピュータであり、プログラムに従って、真空ポンプ42及びはんだ噴霧器12のオン・オフを制御するとともに、電磁弁43, 44の開閉を制御する。電磁弁43は真空ポンプ42と気体槽11とを繋ぐ配管

45に設けられ、電磁弁44ははんだ噴霧器12と吹き出し管16とを繋ぐ配管46に設けられている。

[0102] コントローラ41は、例えば次のように動作する。まず、真空ポンプ42をオン、電磁弁43を開、はんだ噴霧器12をオフ、電磁弁44を閉とすることにより、気体槽11内の不活性気体13を減圧する(図7[1])。一定時間が経過するか又は不活性気体13の圧力が一定以下になると、真空ポンプ42をオフ、電磁弁43を閉、はんだ噴霧器12をオン、電磁弁44を開とすることにより、はんだ微粒子14を気体槽11内へ噴霧する(図7[2])。

[0103] 本実施形態によれば、不活性気体13が減圧されるほど、気体槽11内の不活性気体13中に噴霧されたフラックス或いは水素ガスに基づく粘性がはんだ微粒子14に影響を与えないため、はんだ微粒子14の落下中の粘性係数 k が小さくなるので、はんだ微粒子14の落下速度 v は更に大きくなる。そのため、はんだバンプの形成に要する時間を更に短縮できる。

[0104] 次に、図3[2]に示すはんだ微粒子14を使用したはんだバンプの形成方法について説明する。

[0105] 図3[2]に示すはんだ微粒子14は上述したように、その表面が有機皮膜33にて被覆されており、有機皮膜33の表面は、フラックス成分を含む液体31により被覆されている。なお、液体31は、フラックス材そのものであってもよい。以下の実施形態では、液体31としてフラックス材を用いた場合について説明する。

[0106] 本実施形態に用いるはんだバンプ形成装置は図8に示す構成に構築されており、図8に示すはんだバンプ形成装置は、図1に示すはんだバンプ形成装置と実質的に同一の構成として構築されている。

[0107] 本実施形態で使用するはんだバンプの形成装置50は、気体槽11と、不活性気体供給器51と、はんだ供給器52と、フラックス供給器53と、酸化還元剤供給器54と、これらを制御するコントローラ55を有している。

[0108] 気体槽11は、載置台17を備えている。基板20は、パッド電極が形成された表面21を上に向けた状態で載置台17上にセットされる。はんだ供給器50は、載置台17上の基板20に向けて図3[2]に示す構造のはんだ微粒子を均等に落下させるための

吹き出し管56を気体槽11内の上部空間に配置している。はんだ供給器50の吹き出し管56は、図示しない吹き出し口が基端から先端まで列状に多数設けられており、この吹き出し口からはんだ微粒子14を不活性気体13中へ均等に落下させるようになっている。なお、図3[2]に示す構造以外のはんだ微粒子を供給する場合、はんだ供給器50は、例えば霧吹き の原理や超音波振動子などを用いて、溶融はんだを微粒子状態にすることにより、はんだ微粒子14を吹き出し管56に通して気体槽11内の不活性気体13中に供給する構造、或いは粉末状のはんだ微粒子14を吹き出し管56に通して気体槽11内の不活性気体13中に供給する構造のいずれのもであってもよい。なお、気体槽11には、基板のパッド電極にはんだバンプを形成した残りの余剰なはんだを排出する配管設備を増設してもよいものである。なお、前記溶融はんだを用いる場合には、微粒子状態にされた状態で、冷却されて固形化され、相互に付着しないので、吹き出し管56を通して供給する際に、特に問題とならない。

[0109] また、気体槽11は、例えばステンレスや耐熱性樹脂などから成る容器に、不活性気体13をはんだの融点以上(例えば融点+50℃)に保つための図示しない電熱ヒータや冷却水配管等を備えている。載置台17は、図示しない電熱ヒータなどにより、不活性気体13と同様にはんだの融点付近に保たれている。

[0110] 不活性気体供給器51は、コントローラ55の制御の下に、不活性気体13を気体槽11内に供給するようになっている。不活性気体供給器51により供給された不活性気体13により、気体槽11内に不活性雰囲気 が形成される。フラックス供給器53は、コントローラ55の制御の下に、フラックスを気体槽11内の不活性雰囲気(不活性気体13)中に供給するようになっている。なお、図3[2]のはんだ微粒子14を使用する場合には、はんだ微粒子14がフラックスを有しているため、フラックス供給器53により積極的にフラックスを気体槽11内に供給する必要はなく、寧ろはんだ微粒子14が保有するフラックスが不足している場合などに補助的に不足分のフラックスを供給する。酸化還元剤供給器54は、コントローラ55の制御の下に、例えば水素ガスなどの酸化還元剤を微粒子にして気体槽11内の不活性雰囲気(不活性気体13)中に供給するようになっている。なお、図3[2]のはんだ微粒子14を使用する場合には、酸化還元剤供給器54は、自然酸化膜で付着したはんだ微粒子を気体槽内に供給する場合に、

酸化還元剤を積極的に気体槽内に供給することが望ましいものである。

[0111] 次に、図3[2]に示すはんだ微粒子を用い、図8に示すはんだバンプ形成装置により、基板20のパッド電極22上にはんだバンプを形成する方法について説明する。

[0112] 先ず、コントローラ54の制御の下に不活性気体供給器51から不活性気体13を気体槽11内に供給し、気体槽11内の不活性気体13及び載置台17をはんだ融点付近まで加熱する。一方、基板20を気体槽11に連通する、外部雰囲気から遮断した図示しない予備室に一時セットして予熱する。次いで、前記予備室と気体槽11の間を連通し、基板20を気体槽11内の載置台17上にセットし、基板20を不活性気体13の不活性雰囲気中に位置付けする。この状態で基板20のパッド電極22をはんだ融点付近まで加熱する。

[0113] 不活性気体13及び基板20のパッド電極22がはんだ融点付近まで加熱されている状態において、コントローラ55の制御の下にはんだ供給器52から図3[2]に示すはんだ微粒子14を吹き出し管56に通して気体槽11内の不活性雰囲気中に送り出す。送りだされたはんだ微粒子14は、層状をなして基板20のパッド電極22に向けて落下する。前記はんだ微粒子としては、ナノオーダの粒径をもつものが使われる場合がある。このようなはんだ微粒子は、例えば液体中を沈降させる場合、液体による粘性によりスムーズに基板20に到達せず、また沈降方向が曲げられてしまう場合がある。本実施形態では、はんだ微粒子14は不活性気体13中に落下するため、前述の式《3》における粘性係数 k が極めて小さくなるため、はんだ微粒子14の落下速度は大きい。すなわち、はんだ微粒子14が小さくてもすぐに落下して基板20に到達するので、はんだバンプ23の形成に要する時間も短い。また、不活性気体13中を落下するため、はんだ微粒子14は吹き出し管56から供給された際に層状をなして落下する形態を取りやすいものである。さらに、はんだ微粒子14が不活性気体13中を落下する際に、不活性気体13がはんだ融点付近に加熱されているため、はんだ微粒子14は、不活性気体13からの輻射熱を受けながら、基板20のパッド電極22に向けて落下する。

[0114] はんだ微粒子14が基板20のパッド電極22上に到達すると、はんだ微粒子14を皮膜の核としてパッド電極22の表面にはんだ皮膜23'が形成される。前記はんだ皮膜

23'が形成される過程について考察する。この考察は本発明者の推測に基づくものであるが、この考察に基づくと、パッド電極22上にはんだバンプ23が形成される原理を理路整然と説明することができる。

- [0115] 図3[2]に示すはんだ微粒子14が基板20のパッド電極22上に到達すると、加熱された基板20の輻射熱を受けて、フラックス31、有機皮膜33及びはんだ微粒子14が加熱される。有機皮膜33によっては図9(a)に示すように、矢印で示すように溶融するフラックス31内に溶け出るものがある。
- [0116] 図9(a)の状態ですらに、基板20からの輻射熱を受けてフラックス31が溶融すると、図9(b)に示すように、フラックス31によりはんだ微粒子14の表面に付着した自然酸化膜などの酸化膜及び有機皮膜33が除去され、フラックス31内に、溶融したはんだ微粒子の表面が露出するものと考えられる。以上の現象は、パッド電極22上に隣接したはんだ微粒子14の全てにおいて生じるものと考えられる。隣接したはんだ微粒子14のフラックス31が溶融すると、その溶融したフラックス31同士が融合し、その融合したフラックス31内に溶融したはんだ微粒子14が包込まれることとなる。
- [0117] 融合したフラックス31内に包込まれた溶融したはんだ微粒子14は、その表面が露出しているため、図9(c)に示すように互いに合一して粒径の大きなはんだ14aとして成長する。はんだ14aは、はんだバンプ23の核となるものである。
- [0118] 一方、有機皮膜33は溶融してフラックス31内に溶け出して実質的に除去されているため、溶融したフラックス31と溶融したはんだ14aは直接接触するため、図9(c)に示すようにフラックス31とはんだ14aが化学反応を起し、新たな有機皮膜33aを析出する。当初に形成される有機皮膜33aは極薄いものである。
- [0119] 当初にはんだ14aの表面に形成される有機皮膜33aは極薄いため、パッド電極22とはんだ14aの間に共晶化現象が生じ、パッド電極14とはんだ14aの界面が融合し、その両者が接合するものと考えられる。したがって、パッド電極22以外の基板20は、保護膜27で覆われているため、パッド電極22以外の領域にはんだバンプ23の核は成長しないこととなる。
- [0120] 以上の現象が、パッド電極22上に到達した複数のはんだ微粒子14同士間で生じ、この現象により、はんだ微粒子14は大きな粒径のはんだ14aに成長する。以上の現

象が繰返して行われると、当初極薄い膜厚であった有機皮膜33aは、その膜厚が徐々に厚くなり、やがて、有機皮膜33aの膜厚は、フラックス31によって除去困難な厚みとなる。このため、大きな粒径のはんだ14aの成長は停止し、このはんだ14aがはんだバンプ23としてパッド電極22上に存在する。

[0121] 以上のように、はんだ14aとパッド電極22との界面における共晶現象、及び新たに成膜される有機皮膜33aの作用により、パッド電極22上にはんだバンプ23が形成される。

[0122] したがって、本実施形態によれば、有機皮膜33aの作用によりはんだの粒径を制御させることにより、はんだバンプ23の核を基板20のパッド電極22の範囲に定位させて成長させるため、パッド電極22がファインピッチの間隔でもって形成する場合にも、隣接するパッド電極22の相互間におけるはんだブリッジの発生を抑制することができる。

[0123] なお、図8に示す本実施形態は、図示した構成に限定されるものではない。例えば、はんだ微粒子をパッド電極に向けて噴霧するのであれば、不活性気体中において基板の表面は必ずしも上にする必要はなく横でも下でも斜めでもよい。また、シリコンウエハ(FC)の代わりに、配線板(BGA)を用いてもよい。更に、はんだ微粒子を固体のまま噴霧し、そのはんだ微粒子を不活性気体中で溶融してもよい。また、不活性気体供給器51、はんだ供給器52、フラックス供給器53、酸化還元剤供給器54を、図1に示すはんだ噴霧器12のように一体構造に集積してもよいものである。また、図8に示すはんだバンプ形成装置において、図7のように気体槽11内を減圧する減圧手段を装備するようにしてもよいものである。

産業上の利用可能性

[0124] 以上説明したように本発明によれば、パッド電極のファインピッチ化を図れるとともに、はんだ量が多くかつバラツキも少ないはんだバンプを得られ、しかも短時間ではんだバンプを形成できる。

図面の簡単な説明

[0125] [図1]本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置の第一実施形態を示す概略構成図であり、図1[1]～図1[3]の順に工程が進行する。

[図2]図1の部分拡大断面図であり、図2[1]～図2[3]はそれぞれ図1[1]～図1[3]に対応する。

[図3]本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置の第二実施形態で用いるはんだ微粒子を示す拡大断面図であり、図3[1]は第一例であり、図3[2]は第二例である。

[図4]第二実施形態を示す概略構成図であり、図4[1]～図4[2]の順に工程が進行する。

[図5]第二実施形態を示す概略構成図であり、図5[1]～図5[2]の順に工程が進行する。

[図6]第二実施形態を示す部分拡大断面図であり、図6[1]～図6[3]の順に工程が進行する。

[図7]本発明に係るはんだバンプの形成方法及び装置の第三実施形態を示す概略構成図であり、図7[1]～図7[2]の順に工程が進行する。

[図8]本発明の他の実施形態を示す概略構成図である。

[図9]はんだバンプが形成される過程を示す断面図である。

[図10]従来のはんだバンプの形成方法を示す概略断面図である。

符号の説明

[0126] 10, 30, 40 はんだバンプの形成装置

11 気体槽

12 はんだ噴霧器

13 不活性気体

14 はんだ微粒子

20 基板

21 基板の表面

22 パッド電極

23 はんだバンプ

31 液体

32 ヒータ(加熱手段)

- 33 有機皮膜
- 41 コントローラ(減圧手段)
- 42 真空ポンプ(減圧手段)
- 43, 44 電磁弁(減圧手段)

請求の範囲

- [1] パッド電極を不活性気体中に位置付け、
はんだ微粒子を前記不活性気体中のパッド電極に向けて送り出すことにより、前記パッド電極にはんだバンプを形成することを特徴とするはんだバンプの形成方法。
- [2] 前記はんだ微粒子を、フラックスを含む前記不活性気体中に送り出すことを特徴とする請求項1に記載のはんだバンプの形成方法。
- [3] 前記はんだ微粒子を、水素ガスを含む不活性気体中に送り出すことを特徴とする請求項1又は2のいずれか一項に記載のはんだバンプの形成方法。
- [4] 隣接する前記パッド電極相互間の間隔より小さい直径をもつ前記はんだ微粒子を前記不活性雰囲気中に送り出すことを特徴とする請求項1に記載のはんだバンプの形成方法。
- [5] 有機皮膜で被覆された前記はんだ微粒子を送り出すことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のはんだバンプの形成方法。
- [6] フラックス作用をもつ皮膜で被覆された前記はんだ微粒子を送り出すことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のはんだバンプの形成方法。
- [7] 前記はんだ微粒子を送り出す際に、前記不活性気体を大気圧以下に減圧しておくことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のはんだバンプの形成方法。
- [8] パッド電極を有する基板が位置付けされる不活性雰囲気を形成するための気体槽と、
前記不活性雰囲気中に位置付けられた前記基板のパッド電極に向けてはんだ微粒子を送り出すはんだ噴霧器を有することを特徴とするはんだバンプの形成装置。
- [9] 前記はんだ噴霧器は、前記はんだ微粒子を送り出すことに加えて、フラックスを前記不活性雰囲気中に送り出すことを特徴とする請求項5に記載のはんだバンプの形成装置。
- [10] 前記はんだ噴霧器は、前記はんだ微粒子を送り出すことに加えて、フラックス及び又は水素ガスを前記不活性雰囲気中に送り出すことを特徴とする請求項5に記載のはんだバンプの形成装置。
- [11] 前記はんだ噴霧器は、隣接する前記パッド電極相互間の間隔より小さい直径をも

つはんだ微粒子を、前記はんだ微粒子として用いることを特徴とする請求項5に記載のはんだバンプの形成装置。

[12] 前記気体槽内を減圧する減圧手段を有することを特徴とする請求項5に記載のはんだバンプの形成装置。

[13] はんだ微粒子によるはんだバンプを電極上に形成するはんだバンプ形成方法において、

前記はんだバンプとして、有機皮膜及びフラックスにより被覆されたはんだ微粒子を用い、

不活性雰囲気中に前記電極を位置付けするセットステップと、

前記不活性雰囲気及び電極を加熱しながら、はんだ微粒子を前記不活性雰囲気中に供給する供給ステップと、

有機皮膜によってはんだの粒径を制御させることにより、はんだバンプの核を前記電極の範囲に定位させる成長ステップを有することを特徴とするはんだバンプ形成方法。

[14] はんだ微粒子によるはんだバンプを形成するはんだ形成装置において、

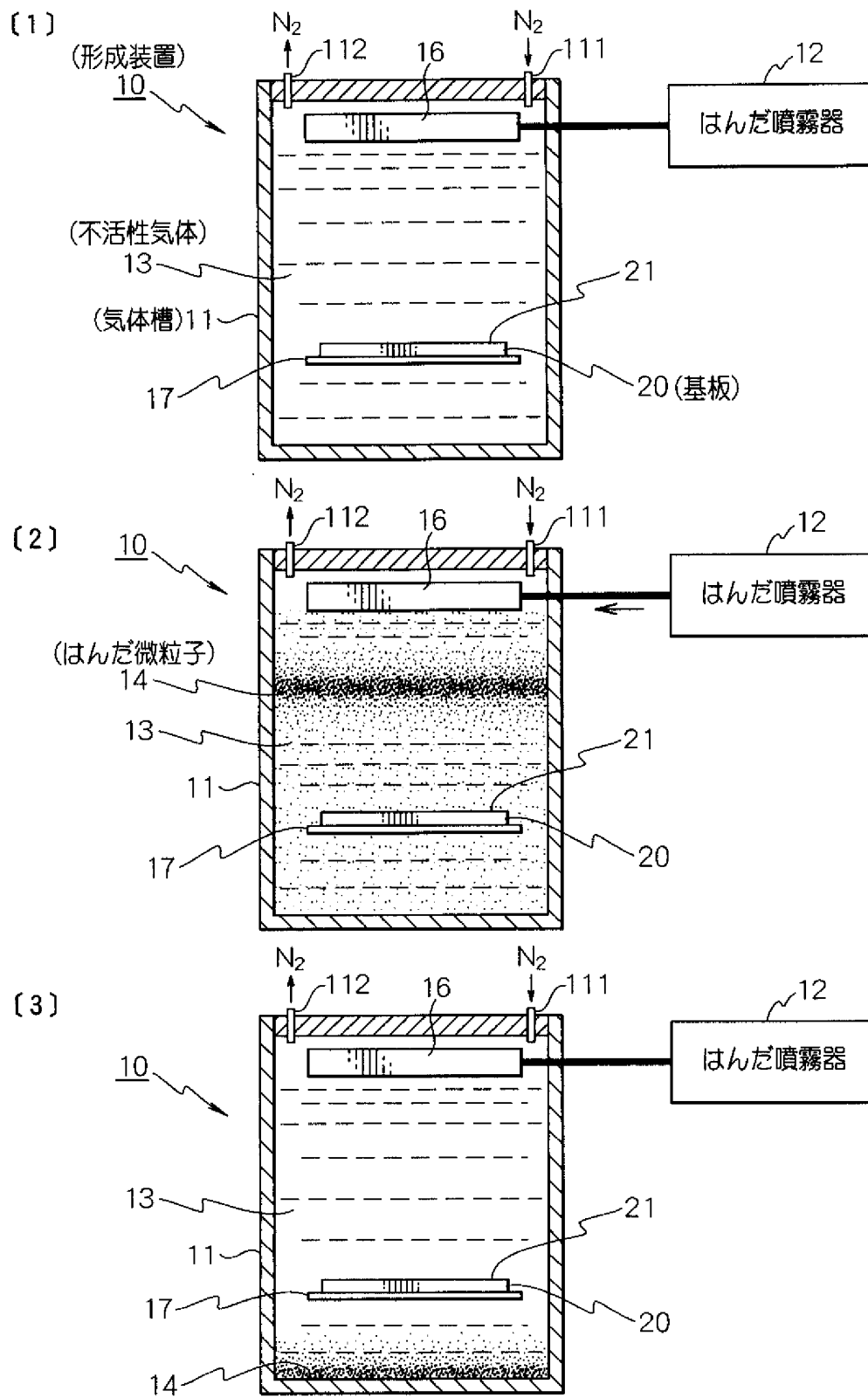
不活性雰囲気を形成する気体槽と、

前記気体槽内の前記不活性雰囲気中にはんだ微粒子を供給するはんだ供給器を有することを特徴とするはんだバンプ形成装置。

[15] 前記はんだ供給器は、有機皮膜及びフラックスにより被覆されたはんだ微粒子を供給することを特徴とする請求項14に記載のはんだバンプの形成装置。

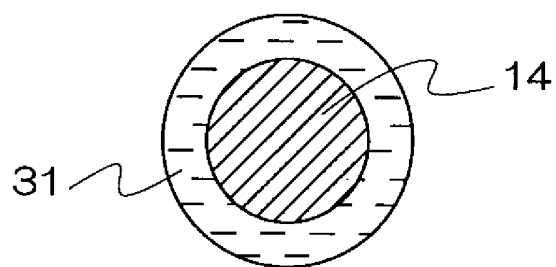
[16] 前記気体槽内を減圧する減圧手段を有することを特徴とする請求項14に記載のはんだバンプの形成装置。

[図1]

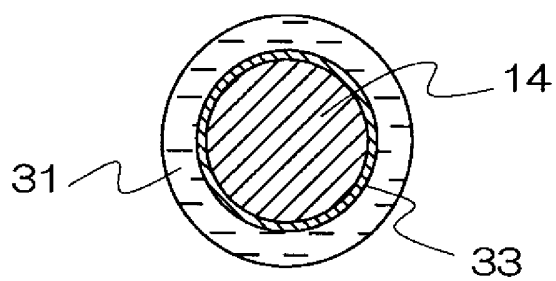


[図3]

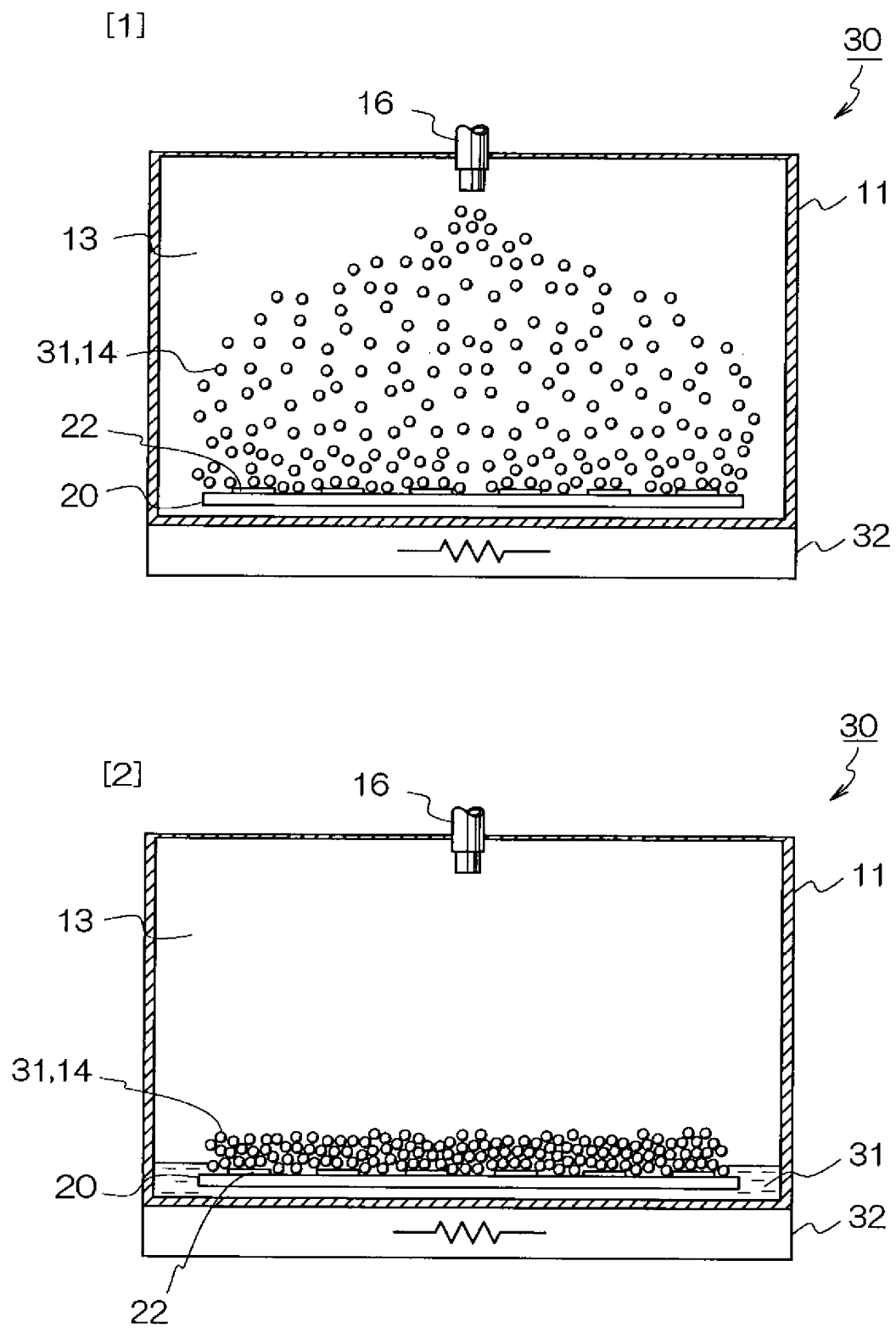
[1]



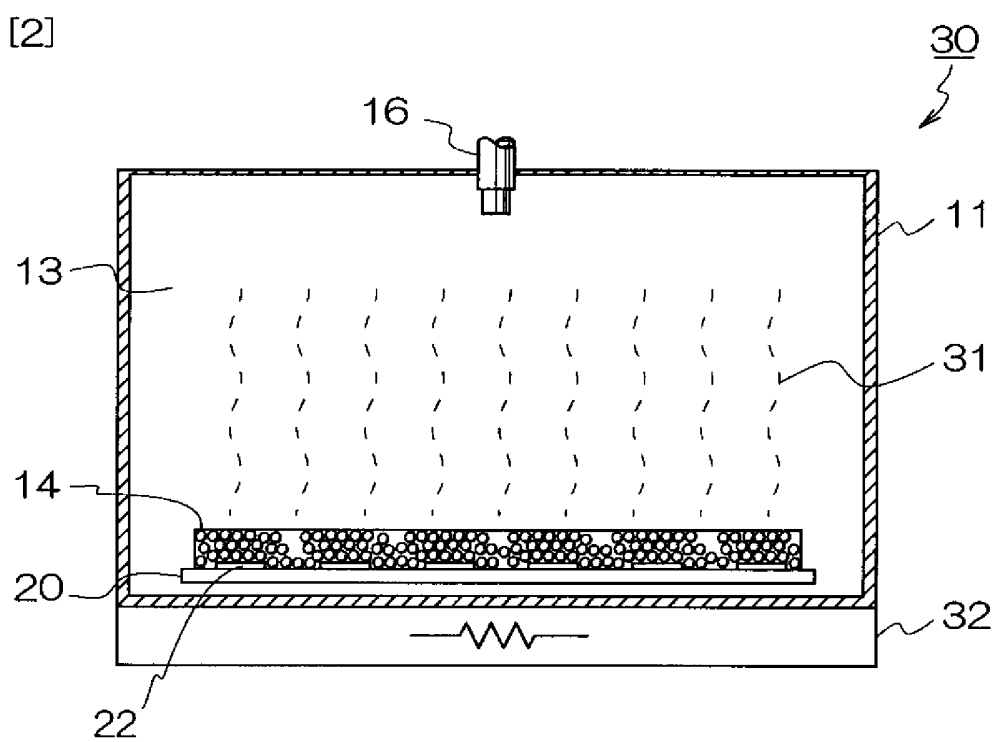
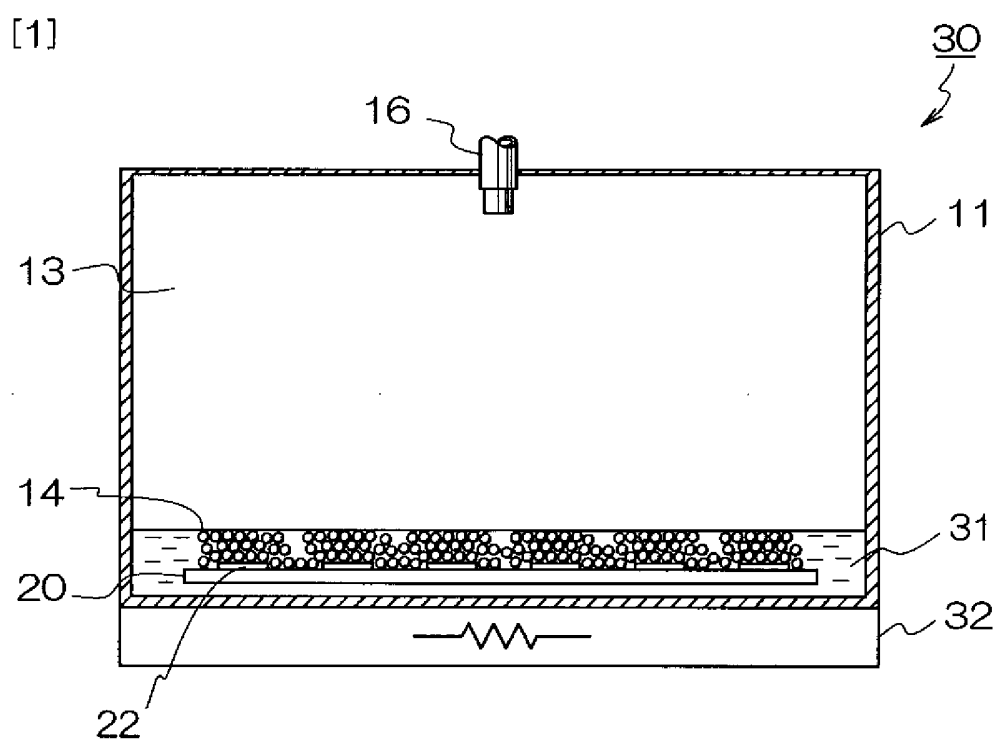
[2]



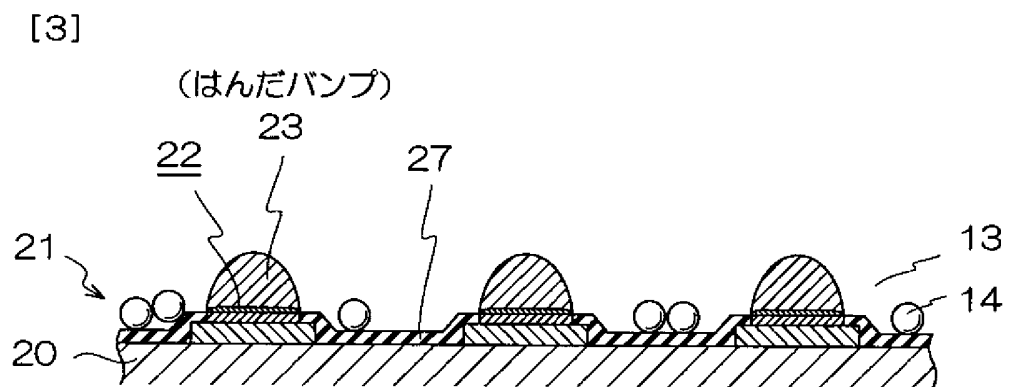
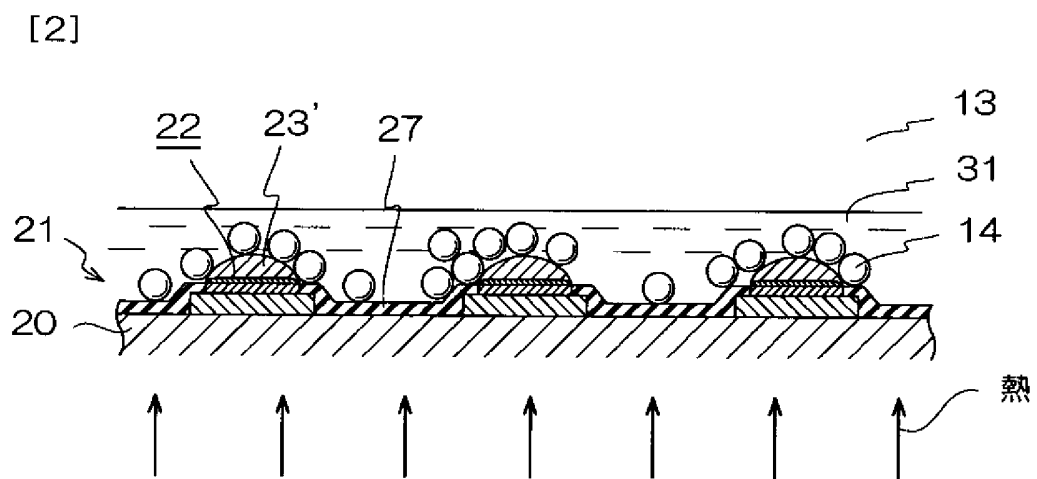
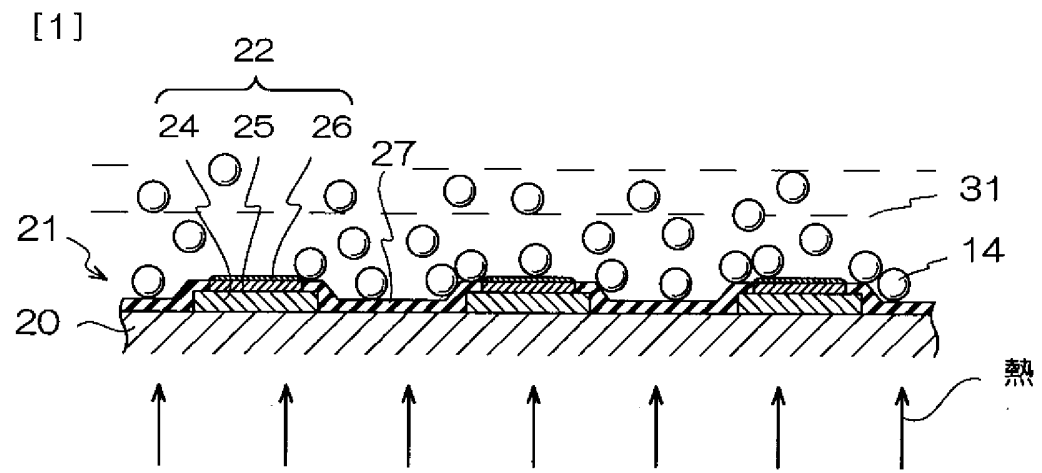
[図4]



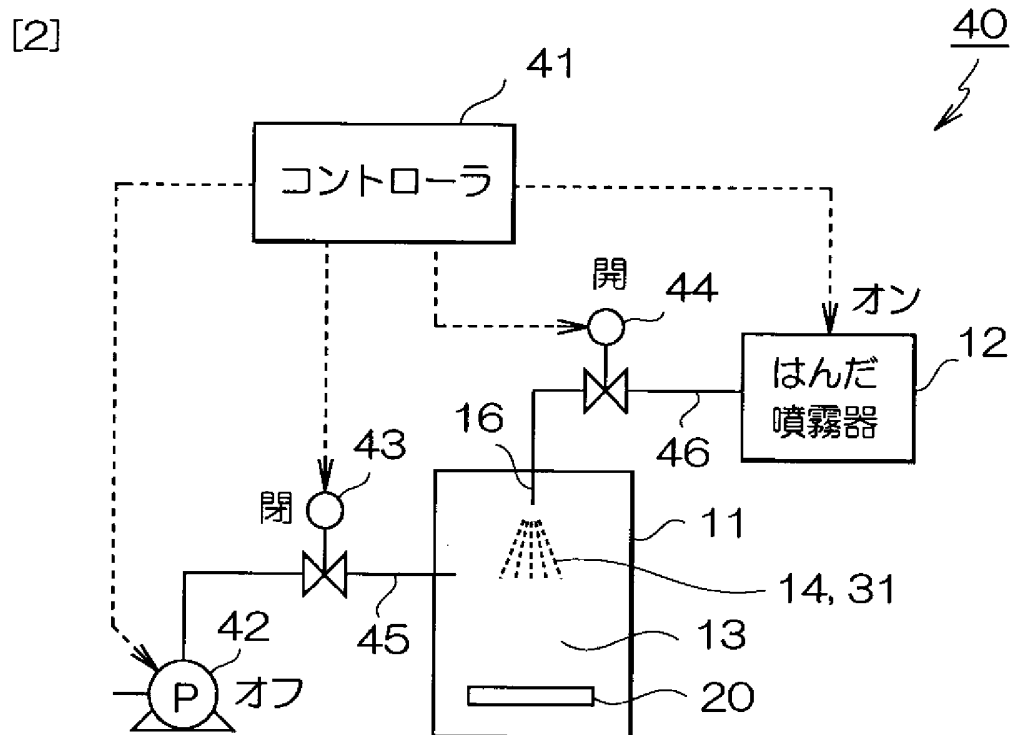
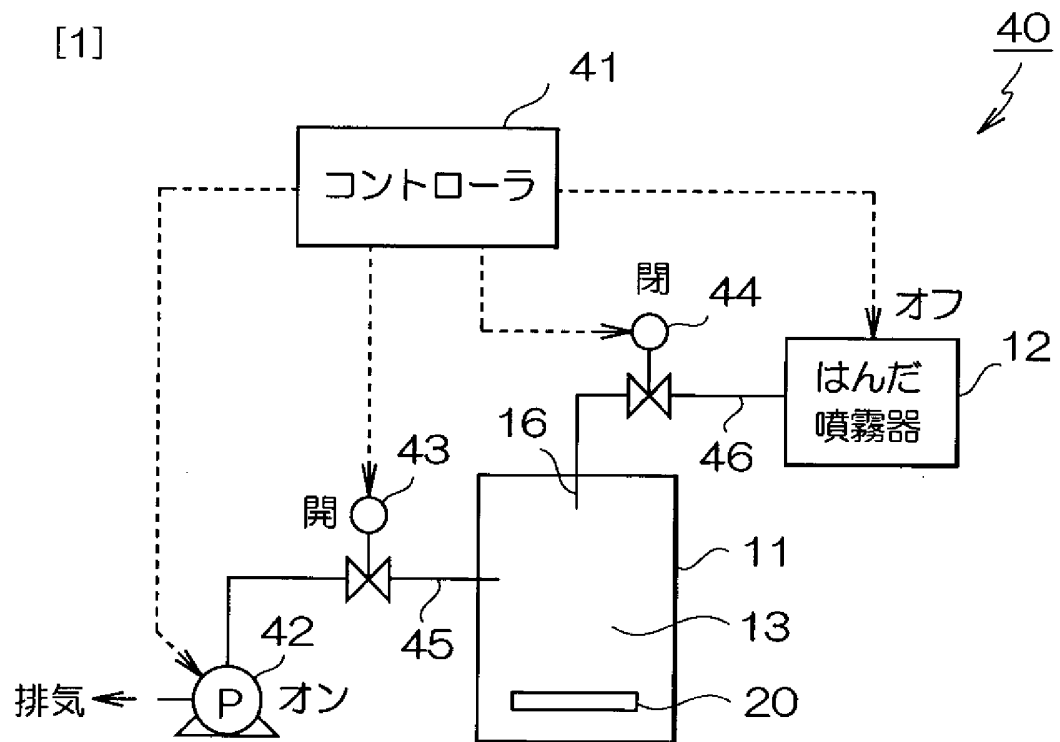
[図5]



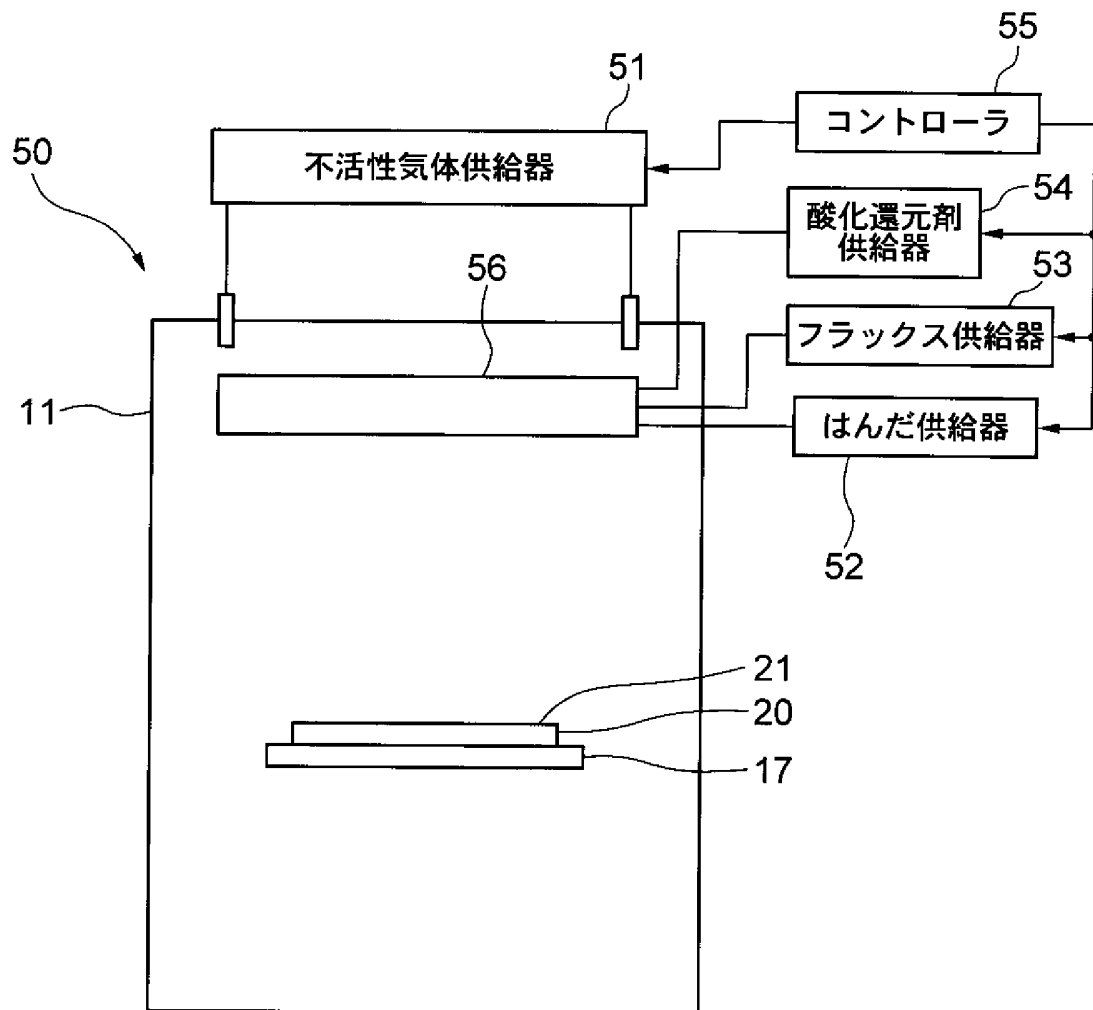
[図6]



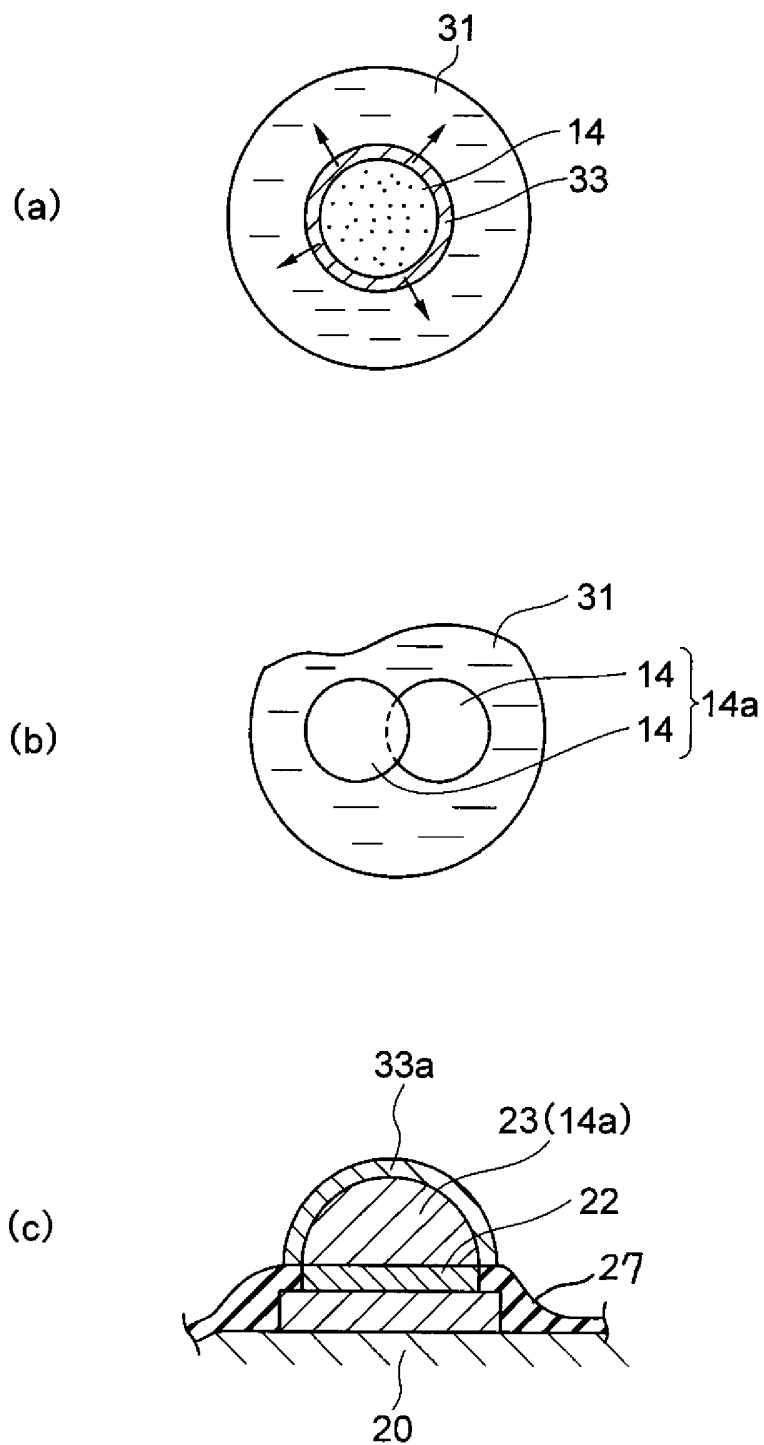
[図7]



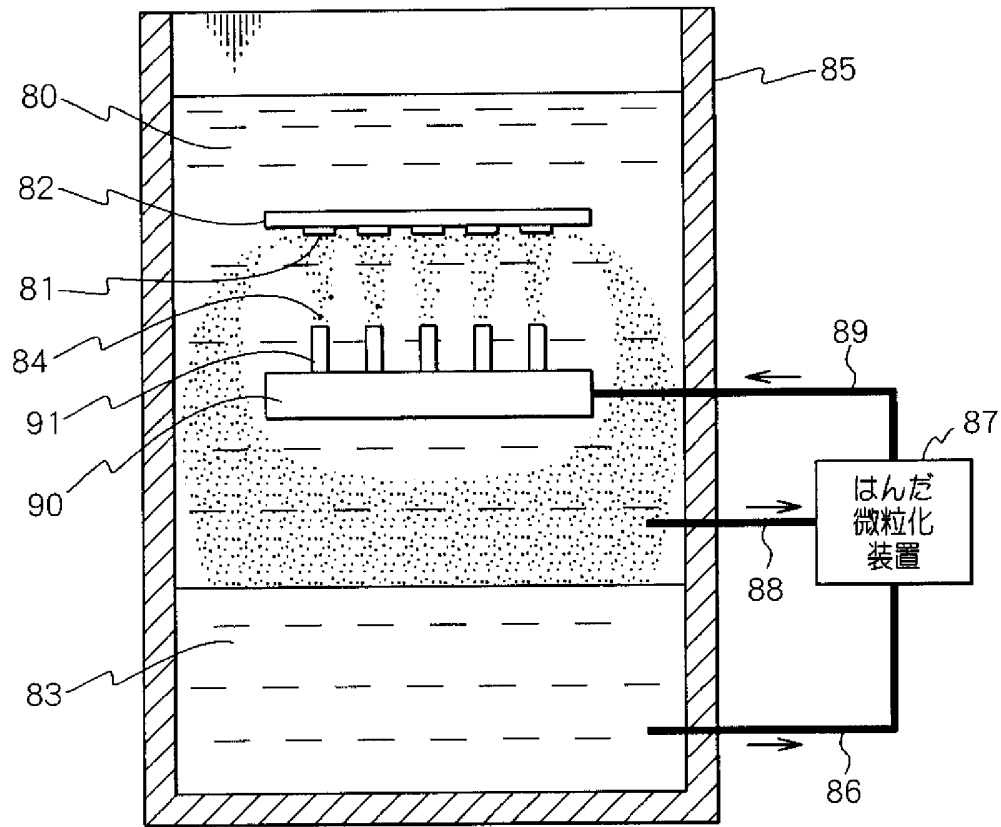
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/021833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/60 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-076043 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 March, 2002 (15.03.02), Full text; Figs. 1 to 10	1, 3, 4, 8, 10, 11, 14
A	Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	2, 5-7, 9, 12, 13, 15, 16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 January, 2006 (16.01.06)

Date of mailing of the international search report
24 January, 2006 (24.01.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/60 (2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L 21/60

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-076043 A (三菱電機株式会社) 2002.03.15, 全文, 図1-10	1, 3, 4, 8, 10, 11, 14
A	全文, 図1-10 (ファミリーなし)	2, 5-7, 9, 12, 13, 15, 16

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.01.2006

国際調査報告の発送日

24.01.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

市川 篤

4R

9544

電話番号 03-3581-1101 内線 3471