(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2009 年3 月5 日 (05.03.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/028219 A1

(51) 国際特許分類:
*H01L 21/607* (2006.01) *H01L 21/60* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/053281

(22) 国際出願日: 2008 年2 月26 日 (26.02.2008)

(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2007-225668 2007 年8 月31 日 (31.08.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社新川 (SHINKAWA LTD.) [JP/JP]; 〒2088585 東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番の１ Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 萩原 美仁 (HAGIWARA, Yoshihito) [JP/JP]; 〒2088585 東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番の１ 株式会社新川内 Tokyo (JP). 一條 武 (ICHIJYO, Takeshi) [JP/JP]; 〒2088585 東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番の１ 株式会社新川内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 吉田 研二, 外(YOSHIDA, Kenji et al.); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町１丁目３４番１２号 Tokyo (JP).

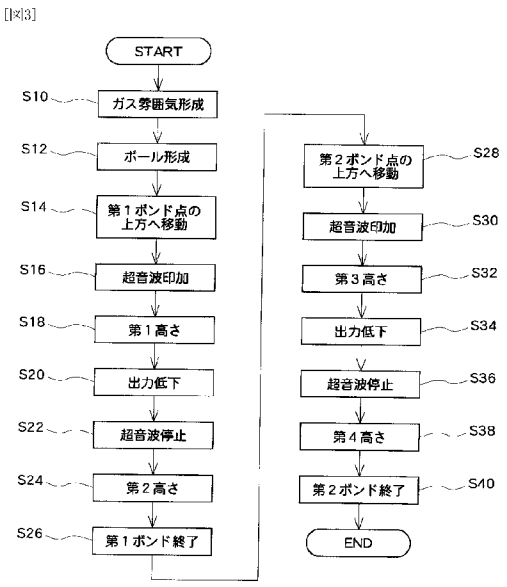
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN,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

(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,

/続葉有/

(54) Title: BONDING DEVICE AND BONDING METHOD

(54) 発明の名称: ボンディング装置及びボンディング方法




S10 FORMATION OF GAS ATMOSPHERE
S12 FORMATION OF BALL
S14 MOVEMENT ABOVE FIRST BOND POINT
S16 APPLICATION OF ULTRASONIC WAVE
S18 FIRST HEIGHT
S20 LOWERING OF OUTPUT
S22 STOP ULTRASONIC WAVE
S24 SECOND HEIGHT
S26 ENDING FIRST BOND
S28 MOVEMENT ABOVE SECOND BOND POINT
S30 APPLICATION OF ULTRASONIC WAVE
S32 THIRD HEIGHT
S34 LOWERING OF OUTPUT
S36 STOP ULTRASONIC WAVE
S38 FOURTH HEIGHT
S40 ENDING SECOND BOND

(57) **Abstract:** When wire bonding is performed using a copper wire, formation of a ball is performed in an inert gas atmosphere (S10, 12), a copper ball touches a bonding object at the first height of a capillary, the copper ball has a predetermined flat shape at the second height of a capillary, the capillary lowers toward the bonding object, application of ultrasonic energy is started before the capillary reaches the first height and ended before the capillary reaches the second height after reaching the first height. From a predetermined time before or after reaching the first height, the output level of ultrasonic energy can be lowered depending on thebonding characteristics of the bonding object (S16, 18, 20, 22, 24).

(57) 要約: 例えば、銅ワイヤを用いてワイヤボンディングを行う場合、ボール形成を不活性ガス雰囲気中で行い（Ｓ１０，１２）、銅ボールがボンディング対象に接触するキャピラリの高さを第１高さとし、銅ボールが所定の扁平形状となるキャピラリの高さを第２高さとして、キャピラリがボンディング対象に向かって下降し、第１高さになる前に超音波エネルギの印加を開始し、第１高さに達した後第２高さになるまでの間に超音波エネルギの印加を停止する。また、第１高さに達する前後の所定の時刻から超音波エネルギの出力レベルをボンディング対象のボンディング特性に応じて低下させることもできる（Ｓ１６，１８，２０，２２，２４）。

WO 2009/028219 A1

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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

# 明 細 書

## ボンディング装置及びボンディング方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、ボンディング装置及びボンディング方法に係り、特に、ワイヤを挿通し保持するボンディングツールに押付荷重と超音波エネルギを与え、ボンディングツールの下降に応じてボンディング作業を行うボンディング装置及びボンディング方法に関する。

## 背景技術

[0002] ワイヤボンディング装置は、例えば、LSI等の半導体チップにおける入出力端子等の第1ボンド点と、半導体チップが搭載される回路基板の端子の第2ボンド点との間を細い金属ワイヤで接合する装置である。そして、端子と金属ワイヤとを接合するために、金属ワイヤを挿通するボンディングツールが用いられ、ボンディングツールに適切な荷重と適切な超音波エネルギと、必要があれば適切な加熱とが行われる。なお、ボンディングツールは、第1ボンド点から第2ボンド点に金属ワイヤを繰り出しながら移動させるためにも用いられる。したがって、印加荷重、加熱温度と共に、超音波エネルギの印加条件を適切に制御することで、端子と金属ワイヤとの間の接合状態を適切なものとすることができる。

[0003] 例えば、特許文献1には、ボンディングワイヤの先端部のボールのボンディングパッドに対するワイヤボンディングにおいて、キャピラリの降下量にてボールの変形量を監視して、超音波振動の開始タイミングと印加期間を制御することが開示されている。なお、従来は、これらは固定条件である、と述べられている。ここでは、押圧直後はボールの線径で定まる高さH0となり、その時刻t0から超音波発振器を起動し、ボールの押圧変形によって高さH1まで降下し、この時刻t1から接合が開始し、ボールは接合によって固定されて振動しづらくなり、ボールのさらなる変形で例えば数μm降下し、所定の変形量に対応する高さH2となる。この所定の変形量に達したところで超音波発振器を停止させ、超音波振動の印加を停止させる。このように、ボンディング部位の変形量に基づいて、超音波エネルギの印加時間または押圧荷重を変化さ

せることにより、ボンディングワイヤの線径の微細化に影響を受けることなく、接着面積を正確に管理できる、と述べられている。

特許文献1:特開平11－297741号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1においては、ボールの線径に相当する高さ、すなわちボールがボンディング対象に接触してから超音波の印加を開始し、ボールが所定の形状高さに変形したところで超音波の印加を止める。このようにすることで、ワイヤの線径によらずに、ボールの変形高さ、ボールの接着面積等が同じになるように管理できる。

[0005] しかし、近年のワイヤボンディングに対する要求は、このような制御では対応が困難なことが多い。

[0006] 例えば、半導体チップの絶縁層に、いわゆるLow－k材と呼ばれる低誘電率材料が用いられる。この材料は、絶縁層として従来用いられてきた酸化膜、窒化膜等に比較して機械的強度が低く、超音波エネルギを印加しすぎると、ボンディング対象を損傷する可能性がある。

[0007] また、ボンディングに用いられる金属ワイヤとしては金ワイヤが従来から用いられているが、コスト低減のために銅ワイヤが検討されてきている。銅ワイヤは、導電率が高いた

めに同一線径の金線に比較して電流容量が大きく、また金に比べ低コストであるが、一方で酸化しやすく、また加工によって硬化する度合いが強い性質を有している。したがって、通常の方法で銅ワイヤをボンディングすると、酸化された銅ワイヤがボンディングツールによって押圧され加工硬化し、硬くて変形しにくくなって、ボンディング対象である端子の金属層、例えばアルミニウム層を押し広げ、あるいは一部突き破ることが起こる。この現象は、花びら状、あるいはスプラッシュ、あるいはクレータと呼ばれることがある。このように、銅のワイヤボンディングにおいては、超音波エネルギを印加し続けていると、ボンディング対象に損傷を与えることがある。

[0008] したがって、特許文献1の改良法によっても、ボールがボンディング対象に接触するときから超音波を印加し、所定の変形高さになるまで超音波を印加し続けると、機

械的強度の低いボンディング対象を損傷する可能性があり、あるいは銅ワイヤのように加工硬化性のワイヤを用いるときにボンディング対象を損傷する可能性がある。

[0009] 本発明の目的は、ボンディング対象に損傷を与えることを抑制できるボンディング装置及びボンディング方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明に係るボンディング装置は、ワイヤを挿通し保持するボンディングツールと、ボンディングツールに所定の押付荷重を与える荷重印加手段と、ボンディングツールに超音波エネルギを与える超音波印加手段と、ボンディングツールのボンディング対象に対する高さ位置であるツール高さ位置を検出する高さ位置検出手段と、ボンディングツールの下降に応じてボンディング作業を制御するコンピュータと、を備え、コンピュータは、ツール高さ位置が、ボンディング対象にワイヤ先端が接触する第1高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する手段と、ワイヤが所定の扁平形状となるツール高さ位置を第2高さとして、第1高さと第2高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる手段と、を有することを特徴とする。

[0011] また、本発明に係るボンディング装置において、コンピュータは、ボンディングツールによって第1ボンド点にワイヤをボンディングし、ワイヤをループ状に繰り出してさらに第2ボンド点にワイヤをボンディングする場合には、ツール高さ位置が、第2ボンド点におけるボンディング対象にワイヤ先端が接触する第3高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する手段と、第1ボンド点から繰り出したワイヤのループ形状が所定の曲率状態となるツール高さ位置を第4高さとして、第3高さと第4高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる手段と、を有することが好ましい。

[0012] また、本発明に係るボンディング装置において、コンピュータは、ツール高さ位置が第1高さとなる時刻を第1時刻とし、ツール高さが第2高さとなる時刻を第2時刻として、第1時刻の前後の時刻であり、かつ第2時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる手段を含むことが好ましい。

[0013] また、本発明に係るボンディング装置において、コンピュータは、ツール高さ位置が第3高さとなる時刻を第3時刻とし、ツール高さが第4高さとなる時刻を第4時刻として、第3時刻の前後の時刻であり、かつ第4時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる手段を有することが好ましい。

[0014] また、本発明に係るボンディング装置において、高さ位置検出手段は、ボンディングツールの高さ方向移動量を検出する手段、または、ボンディングアームに設けられ、ボンディングツールの接触荷重を検出する手段、または、ワイヤとボンディング対象とが接触したときに流れる電流を検出する手段のうちの少なくとも1つを含むことが好ましい。

[0015] また、本発明に係るボンディング装置において、コンピュータは、ツール高さ位置が所定の荷重変更位置まで降下したときに、荷重を低下させる荷重低下手段を有することが好ましい。

[0016] また、本発明に係るボンディング装置において、ワイヤが、銅を主成分とする銅ワイヤであることが好ましい。

[0017] また、本発明に係るボンディング装置において、ボンディングツールに挿通された銅ワイヤの先端を溶融してボール形状とするボール形成手段と、ボール形成手段がワイヤの先端をボール形状とするときに、ボンディングツールの周囲を銅の酸化を抑制するガス雰囲気に保持する雰囲気保持手段と、を備えることが好ましい。

[0018] また、本発明に係るボンディング方法は、ワイヤを挿通し保持するボンディングツールに押付荷重と超音波エネルギを与え、ボンディングツールの下降に応じてボンディング作業を行うボンディング方法であって、ボンディングツールのボンディング対象に対する高さ位置であるツール高さ位置が、ボンディング対象にワイヤ先端が接触する第1高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する工程と、ワイヤが所定の扁平形状となるツール高さ位置を第2高さとして、第1高さと第2高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる工程と、を含むことを特徴とする。

[0019] また、本発明に係るボンディング方法において、ボンディングツールによって第1ボンド点にワイヤをボンディングし、ワイヤをループ状に繰り出してさらに第2ボンド点にワイヤをボンディングする場合には、ツール高さ位置が、第2ボンド点におけるボンディング対象にワイヤ先端が接触する第3高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する工程と、第1ボンド点から繰り出したワイヤのループ形状が所定の曲率状態となるツール高さ位置を第4高さとして、第3高さと第4高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる工程と、を含むことが好ましい。

[0020] また、本発明に係るボンディング方法において、ツール高さ位置が第1高さとなる時刻を第1時刻とし、ツール高さが第2高さとなる時刻を第2時刻として、第1時刻の前後の時刻であり、かつ第2時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる工程を含むことが好ましい。

[0021] また、本発明に係るボンディング方法において、ツール高さ位置が第3高さとなる時刻を第3時刻とし、ツール高さが第4高さとなる時刻を第4時刻として、第3時刻の前後の時刻であり、かつ第4時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる工程を含むことが好ましい。

[0022] また、本発明に係るボンディング方法において、ツール高さ位置が所定の荷重変更位置まで降下したときに、荷重を低下させる荷重低下工程を含むことが好ましい。

## 発明の効果

[0023] 上記構成の少なくとも1つによれば、ボンディング装置は、ツール高さ位置が、ボンディング対象にワイヤ先端のボールが接触する第1高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始し、ワイヤ先端のボールが所定の扁平形状となるツール高さ位置を第2高さとして、第1高さと第2高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる。これにより、機械的強度の低いボンディング対象について過度に超音波エネルギが与えられることを防止でき、また、銅ワイヤを用いる場合に超音波を印加し続けてスプラッシュ等の損傷をボン

ディング対象に与えることを防止できる。

[0024] また、ボンディング装置において、ボンディングツールによって第1ボンド点にワイヤ先端のボールをボンディングし、ワイヤをループ状に繰り出してさらに第2ボンド点にワイヤをボンディングする場合には、ツール高さ位置が、第2ボンド点におけるボンディング対象にワイヤが接触する第3高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始し、第1ボンド点から繰り出したワイヤのループ形状が所定の曲率状態となるツール高さ位置を第4高さとして、第3高さと第4高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる。これにより、機械的強度の低いボンディング対象について損傷を抑制でき、また、銅ワイヤを用いる場合にボンディング対象に対する損傷を抑制できる。

[0025] また、ツール高さ位置が第1高さとなる時刻を第1時刻とし、ツール高さが第2高さとなる時刻を第2時刻として、第1時刻の前後の時刻であり、かつ第2時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる。

[0026] また、ツール高さ位置が第3高さとなる時刻を第3時刻とし、ツール高さが第4高さとなる時刻を第4時刻として、第3時刻の前後の時刻であり、かつ第4時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる。

[0027] つまり、ワイヤ先端がボンディング対象に接触するタイミングの前後から、超音波エネルギの出力を所定のプロファイルで低下させる。従来技術では、超音波エネルギをオン・オフするだけであったが、近年の制御技術によって、超音波エネルギの出力レベルを任意に調整可能となってきている。この技術を用い、ボンディング対象のボンディング特性に応じ、接合段階における超音波の出力レベルを調整することで、ボンディング対象に適合したボンディングを行うことができる。

[0028] ここで、所定のプロファイルは、ボンディング対象のボンディング特性、例えば、ボンディングの際に問題となる機械的強度等に応じたものとされる。例えば、機械的強度が低い構造のボンディング対象、あるいはワイヤの振動等によって損傷しやすいボンディング対象等の場合に、超音波エネルギの出力低下の程度がより大きなプロファイ

ルとするものとできる。

[0029] また、ワイヤ先端のボールまたはワイヤの接触前から超音波エネルギの出力レベルの低下を開始することで、ボンディング対象に接触時の衝撃を少なくできる。また、ワイヤ接触後もしばらくは超音波エネルギを高出力のままとし、その後出力を低下させることで、例えば加工硬化の生じる前に接合を行い、加工硬化に応じて出力を低下させて、スプラッシュ等の発生を抑制することができる。

[0030] また、高さ位置検出は、ボンディングツールの高さ方向移動量の検出、ボンディングツールの接触荷重の検出、ワイヤとボンディング対象とが接触したときに流れる電流の検出

のうちの少なくとも1つで行うので、ワイヤ先端とボンディング対象との接触を検出することができる。

[0031] また、ボンディング装置において、ツール高さ位置が所定の荷重変更位置まで降下したときに、荷重を低下させるので、過度な荷重印加を防止し、ボンディング対象の損傷を抑制できる。

[0032] また、銅を主成分とする銅ワイヤを用いることとするので、上記構成により、加工硬化によるボンディング対象に対する損傷を抑制しながら、安価な銅ワイヤを用いてボンディング特性のよいボンディングを行うことができる。

[0033] また、ボンディング装置において、ボンディングツールに挿通された銅ワイヤの先端を溶融してボール形状とするときに、ボンディングツールの周囲を銅の酸化を抑制するガス雰囲気に保持するので、銅ボール形成時の酸化を抑制でき、銅ワイヤのボンディング特性の向上を図ることができる。

## 図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明に係る実施の形態におけるボンディング装置の構成を示す図である。

[図2]本発明に係る実施の形態において、ガス雰囲気室の様子を示す図である。

[図3]本発明に係る実施の形態におけるボンディング作業の手順、特に超音波エネルギの制御に関する手順を示すフローチャートである。

[図4]本発明に係る実施の形態において、超音波エネルギ、押付圧、ツール高さ位置について、時間変化の様子を示す図である。

[図5]本発明に係る実施の形態において、第1高さにおける状態を示す図である。

[図6]本発明に係る実施の形態において、第2高さにおける状態を示す図である。

[図7]本発明に係る実施の形態において、第3高さにおける状態を示す図である。

[図8]本発明に係る実施の形態において、第4高さにおける状態を示す図である。

[図9]図5に対応し、正ボンドのときの第1高さにおける状態を示す図である。

[図10]図6に対応し、正ボンドのときの第2高さにおける状態を示す図である。

[図11]図7に対応し、正ボンドのときの第3高さにおける状態を示す図である。

[図12]図8に対応し、正ボンドのときの第4高さにおける状態を示す図である。

[図13]従来例における超音波エネルギの制御を示す図である。

[図14]図9の制御の下でのボンディングの様子を示す図である。

[図15]従来例におけるボンディング後の状態を示す斜視図である。

[図16]本発明に係る実施の形態による方法を用いたときのボンディング後の状態を示す斜視図である。

## 符号の説明

[0035] 8 ボンディング対象、10 ボンディング装置、12 機構ブロック、13 ステージ、14 フィーダ、16 XYテーブル、20 ボンディングヘッド部、22 ボンディングアーム、24 超音波ホーン、26 キャピラリ、28 銅ワイヤ、30 超音波発振器、32 Zモータ、34 ツール高さ検出部、36 ガス雰囲気室、38 ガス供給部、40 ガス雰囲気形成手段、42 内壁部、43 中空部、44 外壁部、45 ガス噴出口、50 制御ブロック、52 CPU、54 入力部、56 出力部、58 記憶装置、60 フィーダI／F、62 ガス供給I／F、64 超音波I／F、66 ZモータI／F、68 ツール高さ位置I／F、70 XY駆動I／F、80 超音波制御部、82 ボンディング制御部、84 印加開始モジュール、86 出力低下モジュール、88 印加停止モジュール、90 リード端子、92, 94 パッド、96 スプラッシュ。

## 発明を実施するための最良の形態

[0036] 以下に図面を用いて本発明に係る実施の形態につき詳細に説明する。以下では、ワイヤボンディングにおいて、銅ワイヤを用い、第1ボンド点を回路基板のリード端子に、第2ボンド点をチップのパッドにして、回路基板とチップとの間を接続する例を説

明する。これは説明の例示であって、第1ボンド点と第2ボンド点とを入れ替えてもよい。また、回路基板に代えて、例えばリードフレーム等であってもよい。また、チップは、半導体ウエファをダイシングして個々のチップに切り出したままのものであってもよく、例えばCSP(Chip Size Package)等のパッケージングが施された小型電子部品であってもよい。なお、第1ボンド点も第2ボンド点も共にチップのパッドであるスタックドICにおけるボンディングであってもよい。

[0037] また、銅ワイヤのボンディング対象が、一般的な回路基板、一般的なチップよりも機械強度の低い材質から構成されるものであってもよい。例えば、絶縁層にLow－k材と呼ばれる誘電体を用いるチップであってもよい。また、ワイヤは、一般的に用いられる金ワイヤ、アルミニウムワイヤであってもよい。

[0038] 図1は、ボンディング装置10の構成を示す図である。ボンディング装置10は、細い金属ワイヤを用いて、回路基板のリード端子とチップのパッドとの間を接合するボンディング作業を行うワイヤボンディング装置である。ボンディング装置10は、機構ブロック12と制御ブロック50とに大別できる。これらは、図示されていない筐体にまとめられて、1つのボンディング装置10を構成する。例えば、筐体の内部に制御ブロック50の大部分が収納され、筐体の上面が機構ブロック12のステージ13となるように構成することができる。なお、ここでは、細い金属ワイヤとして銅ワイヤ28が用いられる。

[0039] 機構ブロック12は、ステージ13の上に配置されるフィーダ14と、XYテーブル16と、XYテーブル16の上に搭載されるボンディングヘッド部20とを含んで構成される。

[0040] ステージ13は、上記のように、ボンディング装置10の筐体の上面側に配置されるテーブルで、ボンディング作業の作業面を構成する部材である。機構ブロック12を構成する要素の多くは、このステージ13の上面に配置される。なお、ステージ13の上面は、図1に示されるXY平面に平行である。

[0041] フィーダ14は、ボンディング対象をキャピラリ26の真下のボンディング位置に移動する機構である。なお、図1には、ボンディング装置10の構成要素ではないがボンディング対象8として、チップが搭載された回路基板が図示されている。かかるフィーダ14としては、適当な基板コンベアを用いることができる。一般的には、同種類のボンディング対象8を順次ワイヤボンディング処理することが多いので、フィーダ14は、同

種類のボンディング対象8を一定のピッチで配置して、その一定ピッチごとに移動を行い、各移動ごとに、各ボンディング対象8の基準点がボンディング作業の位置に来るようにされる。かかるフィーダ14の作動は、制御ブロック50によって制御される。

[0042] フィーダ14の上部に設けられるガス雰囲気室36は、銅ワイヤ28の先端を溶融してボール形状に形成する際に、銅ワイヤ28の酸化を抑制するため、不活性ガス雰囲気を形成する領域空間である。例えば、銅ワイヤ28が挿通されるキャピラリ26の周囲を囲む壁部を設け、その壁部の中に不活性ガスを流すことで、壁部の中の領域空間をガス雰囲気室36とすることができる。

[0043] ガス雰囲気室36には、ガス供給部38から不活性ガス、または不活性ガスに少量の水素ガスを混合させた還元性ガスが供給される。ガス供給部38は、不活性ガス源と、適当
なレギュレータ等の調整機器で構成できる。ガス供給部38の作動は、制御ブロック50によって制御される。なお、不活性ガスとは、銅ワイヤの酸化を抑制する気体を広く含み、例えば、窒素ガスのほか、アルゴンガス等の狭義の不活性ガスを用いることができる。

[0044] 図2は、ガス雰囲気室36を形成するためのガス雰囲気形成手段40の一例を示す図である。以下では、図1と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。図2(a)は、ガス雰囲気手段40周りの正面断面図、(b)は、平面断面図である。このガス雰囲気形成手段40は、キャピラリ26を囲む内壁部42と、内壁部24の外側に配置される外壁部44と、内壁部42と外壁部44とで形成される中空部43と、内壁部42に設けられ中空部43に接続する貫通穴である複数のガス噴出口45を含んで構成されている。

[0045] 外壁部44には、ガス供給部38と中空部43とを接続するガス供給口が設けられる。内壁部24は、キャピラリ26の先端部の三方を取り囲むように、平面図においてU字あるいはコ字の形状に形成されている三方壁である。ガス噴出口45は、この三方壁のそれぞれの壁面に複数設けられる。なお、ガス雰囲気形成手段40は、ボンディング装置10の適当な固定部を中心に回動可能に取り付けられ、キャピラリ26の先端から退避させることができる。

[0046] かかるガス雰囲気形成手段40を用い、ガス供給部38から不活性ガス、または還元性ガスを中空部43に供給し、内壁部42に設けられるガス噴出口45から流し出すことで、キャピラリ26の三方を囲む空間であるガス雰囲気室36に、不活性ガス、または還元性ガスが供給される。

[0047] 再び図1に戻り、XYテーブル16は、ボンディングヘッド部20を図1に示されるXY平面内の任意の位置に移動する機構である。これによって、ボンディングヘッド部20に取り付けられるキャピラリ26の先端を、XY平面内の任意の位置に移動させることができる。

[0048] ボンディングヘッド部20は、揺動可能に支持されるボンディングアーム22、ボンディングアーム22の一方端に設けられる超音波ホーン24及び超音波発振器30、他方端に設けられるZモータ32、超音波ホーン24の先端に取り付けられるキャピラリ26を含んで構成される。

[0049] ボンディングアーム22の一方端の側に設けられる超音波発振器30は、電力を供給することで超音波エネルギを出力する装置である。具体的には、圧電素子に交流信号を印加し、超音波振動を起こさせて、その振動エネルギを出力する。

[0050] 超音波ホーン24は、超音波発振器30から出力された超音波エネルギをできるだけよい効率でキャピラリ26に伝達するための超音波エネルギ伝達部材である。その外形形状、及び材質等は、超音波エネルギの減衰を抑制する観点から設定される。また、超音波発振器30と超音波ホーン24をボンディングアーム22の一方端の側に取り付ける支持部についても、その支持位置、支持方法が、超音波エネルギの減衰を抑制する観点から設定される。

[0051] キャピラリ26は、銅ワイヤ28を挿通する細長い円筒状のツールである。キャピラリ26は、超音波ホーン24を介して伝達される超音波エネルギを用いて、銅ワイヤ28の先端をボンディング対象8に押し付け、銅ワイヤ28とボンディング対象8とを接合させる接合ツールとしての機能を有する。その意味で、キャピラリ26をボンディングツールと呼ぶことができる。なお、広義では、超音波エネルギと押付圧がボンディングに必要で

あるので、これらの伝達要素も含めて、ボンディングツールと考えることができる。

[0052] 銅ワイヤ28は、ここでは銅を主成分とするボンディング用細線である。銅ワイヤ28の直径は、ボンディング対象8のパッドの大きさ、リード端子の大きさ等によって選択できるが、例えば、約20μmのものを用いることができる。

[0053] 銅ワイヤ28がボンディング対象8にボンディングされるときの形状は、第1ボンド点と、第2ボンド点とで異なる。ここで、第1ボンド点と第2ボンド点とは、1本の銅ワイヤ28によって相互に接合されるパッドまたはリード端子のうち、最初にボンディングされる方が第1ボンド点で、第1ボンド点から銅ワイヤ28が繰り出されて次にボンディングされる方が第2ボンド点である。

[0054] 第1ボンド点においては、銅ワイヤ28の先端が溶融されてボール形状となっている。ボール形状の直径は、元々の銅ワイヤ28の直径よりも大きい。例えば上記の例で、元々の銅ワイヤ28の直径が約20μmとして、第1ボンド点における銅ワイヤ28先端のボール形状の直径は、約40μm程度である。ボンディングは、このボール形状をキャピラリ26の先端とボンディング対象8とで挟み込み、押圧しながら超音波エネルギを与えることで行われる。

[0055] 第2ボンド点においては、第1ボンド点から繰り出されてきた銅ワイヤ28がボンディングされるので、ボール形状でない一様な径の細線である銅ワイヤ28が、ボンディングに用いられる。すなわち、銅ワイヤ28の軸方向をボンディング対象8の平面に平行に置き、これをキャピラリ26とボンディング対象8とで挟み込み、銅ワイヤ28の太さ方向、すなわち径方向に押圧しながら超音波エネルギを与えることでボンディングが行われる。

[0056] ここでボンディングアーム22は、ボンディングヘッド部20に設けられる揺動中心の周りに回転可能な細長いアーム状の部材である。このアーム状の一方端の側に、上記の超音波発振器30、超音波ホーン24、キャピラリ26等が設けられていることになる。ここで、揺動中心の軸方向は、図1に示されるY軸方向である。したがって、ボンディングアーム22は、Y軸に平行な軸周りに回転可能である。ボンディングアーム22がY軸に平行な軸の周りに回転することで、ボンディングアーム22の一方端の側に設けられるキャピラリ26は、ほぼZ方向に上下することになる。したがって、ボンディングアーム22の揺動とは、キャピラリ26のZ方向の移動のことである。

[0057] ボンディングアーム22の他方端に設けられるZモータ32は、ボンディングアーム22をその他方端においてZ方向に移動させる機能を有する装置である。Zモータ32の運動は、揺動中心を介してボンディングアーム22の一方端のキャピラリ26の運動となる。したがって、キャピラリ26の位置、速度、加速度等は、このZモータ32の駆動制御によって制御されることになる。

[0058] Zモータ32の駆動制御は2つの機能に大別される。1つは、ボンディングアーム22に搭載される超音波発振器30、超音波ホーン24、キャピラリ26等の要素を含んでこれらを一体として駆動し、キャピラリ26の位置、速度、加速度等を目標値に対して追随するよう制御するキャピラリ移動サーボ制御である。もう1つの機能は、キャピラリ先端が半導体チップに接触した後に所定のボンディング荷重、すなわち押付圧をキャピラリに対して印加する機能である。かかるZモータ32としては、精密リニアモータ、精密ステッピングモータ等を用いることができる。

[0059] したがって、Zモータ32の出力部の位置、速度、加速度等のデータから、キャピラリ26の位置、速度、加速度、ボンディング荷重を得ることができる。例えば、Zモータ32がリニアモータの場合は、可動子の移動位置、移動速度、移動加速度等から、キャピラリ26の位置等のデータを得ることができる。Zモータ32がステッピングモータの場合は、出力軸の回転角度、角速度、角加速度等から、キャピラリ26の位置等のデータを得ることができる。

[0060] 図1においてZモータ32に付随して示されているツール高さ検出部34は、Zモータ32の位置からキャピラリ26の高さであるツール高さを検出する機能を有するもので、実際には、Zモータ32の位置検出センサである。あるいは、Zモータ32への目標位置データ等の駆動指令データを用いて、ツール高さ位置を検出するものとしてもよい。

[0061] 以上が機構ブロック12の各要素の説明である。次に制御ブロック50について説明する。制御ブロック50は、機構ブロック12を構成する各要素の作動を全体として制御し、ボンディング対象8に銅ワイヤ28をボンディングするワイヤボンディング作業を実行させる機能を有する。

[0062] 制御ブロック50は、CPU52と、複数の操作ボタン等の入力部54と、ディスプレイ等

の出力部56と、プログラム等を記憶する記憶装置58と、機構ブロック12の各構成要素とのインタフェース回路とを含んで構成される。記憶装置58には、超音波エネルギをボンディングツールに印加開始する印加開始プログラム、超音波エネルギを停止させる印加停止プログラム、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従ってその出力を低下させる出力低下プログラム、ボンディング制御を行うボンディング制御プログラム等のプログラムと、ボンディング対象の特性に基づき超音波エネルギを時間経過に応じて定める各種の出力プロファイルと、各種の制御データ等とが格納される。また、インタフェース回路としては、フィーダ14と接続されるフィーダI／F60、ガス供給部38と接続されるガス供給I／F62、超音波発振器30と接続される超音波I／F64、Zモータ32と接続されるZモータI／F66、ツール高さ検出部34と接続されるツール高さ位置I／F68、XYテーブル16と接続されるXY駆動I／F70を含む。制御ブロック50を構成する各要素は、内部バスで相互に接続される。かかる制御ブロック50は、コンピュータで構成することができる。

[0063] CPU52は、制御ブロック50において演算処理を通して制御を行う機能を有するものであるが、ここでは特に、キャピラリ26に供給される超音波エネルギの制御を行う機能を有する。この機能は、超音波制御部80によって実行される。超音波制御部80は、超音波エネルギの印加開始時期を制御する印加開始モジュール84、超音波エネルギの出力を低下させる制御を行う出力低下モジュール86、超音波エネルギの印加停止時期を制御する印加停止モジュール88を含んで構成される。また、CPU52は、ボンディング制御全般の制御を行う機能を有する。この機能は、ボンディング制御部82によって実行される。これらの機能は、ソフトウェアによって実現され、具体的には、対応するボンディングプログラムを実行することで実現される。これらの機能の一部をハードウェアで実現するものとしてもよい。

[0064] 以下に上記構成の作用、特に、CPU52の各機能について、図3のフローチャート、図4の状態変化図、図5から図8、図13から図16の説明図等を用いて詳細に説明する。なお、以下では、図1と同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。また、以下では、図1の符号を用いて説明する。図3は、ボンディング作業の手順、特に超音波エネルギの制御に関する手順を示すフローチャートである。各手

順の内容は、対応するボンディングプログラムの各処理手順の内容に対応する。

[0065] ボンディング対象にボンディングを行うときは、ボンディング装置10を起動し、ボンディングプログラムを立ち上げる。これにより、ボンディング装置10の各要素が初期設定される。そして、ボンディング対象8はフィーダ14にセットされる。ここでは、ボンディング対象8として、チップが搭載された回路基板が用意され、以下の諸工程を通して、回路基板のリード端子からチップのパッドに銅ワイヤ28によってワイヤボンディングが行われることになる。

[0066] 最初に、ガス雰囲気が形成される(S10)。この工程は、CPU52のボンディング制御部82の機能によって実行され、具体的には、ガス供給I／F62を介してガス供給部38に対し、ガス雰囲気室36に不活性ガスまたは還元性ガスを供給する指令がなされる。この指令によりレギュレータが作動して、ガス源から窒素等の不活性ガスがガス雰囲気室36に導入される。

[0067] 次にボール形成が行われる(S12)。この工程もボンディング制御部82の機能によって実行される。ボール形成は、キャピラリ26に銅ワイヤ28が挿通され、キャピラリ26の先端に銅ワイヤ28の先端が出る状態で、ガス雰囲気室36の中にキャピラリ26が降下し、そこで図1には図示されていないトーチとキャピラリ26先端の銅ワイヤ28の先端部との間に高電圧を印加することで行われる。この放電によって、キャピラリ26の先端から出ている銅ワイヤ28の先端が溶融し、ボール形状になる。このボール形成は、ガス雰囲気室36の中で行われるので、銅ワイヤ28が溶融する際の酸化を抑制することができる。

[0068] そして、フィーダ14に搭載されたボンディング対象8がキャピラリ26の真下に移動し、位置決めされる。具体的には、1つのボンディング対象8の全体の基準位置がキャピラリ26の真下になるように位置決めされる。そして、その後に、XYテーブル16の移動によって、キャピラリ26の位置が移動し、ボンディング対象8の回路基板における実際にボンディング作業が行われるリード端子のところに位置決めされる。このようにして位置決めされた状態が、第1ボンド点の真上である。すなわち、ボンディング対象8とキャピラリ26とが第1ボンド点の上方に移動する(S14)。なお、キャピラリ26の高さ位置、すなわちツール高さ位置は、ボンディング対象8よりかなり上方の位置である。

この工程もボンディング制御部82の機能により実行され、具体的には、フィーダI／F60を介してフィーダ14に搬送指令がなされ、また、XY駆動I／F70を介してXYテーブル16に移動指令がなされて行われる。

[0069] そして、超音波エネルギがキャピラリ26に印加される（S16）。この工程は、CPU52の超音波制御部80の印加開始モジュール84の機能によって実行される。具体的には、超音波I／F64を介し、超音波発振器30に対し、出力指令が出される。なお、超音波発振器30は、動作の安定性を確保するため、発振自体は、ボンディング装置10の起動と同時に開始し、ボンディング装置10の作動停止まで持続させることが好ましい。勿論、作動の立ち上がりの速い特性の超音波発振器30の場合は、S16において発振を開始するものとしてもよい。

[0070] S16において、キャピラリ26に対する超音波エネルギの供給が開始するが、このとき、キャピラリ26の先端、およびキャピラリ26に保持されているボール形状の銅ワイヤ28はまだボンディング対象8である回路基板のリード端子に接触していない。このように、銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触する前に超音波エネルギをキャピラリ26に与えるのは、これによりキャピラリ26及び銅ワイヤ28が振動し、その振動状態でボンディング対象8に接触させるようにするためである。振動する銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触することで、ボンディング対象8の表面の酸化物、銅ワイヤ28の表面の酸化物等が摩擦によって一部除去され、これによってボンディング対象8の表面、銅ワイヤ28の表面にそれぞれ清浄面が露出する。これによって、ボンディング対象8と銅
ワイヤ28との間の接合状態が良好になり、ボンディング特性が向上する。

[0071] 次に、押付圧、すなわち、キャピラリ26に印加されるZ方向の荷重が変更される。この工程は、ボンディング制御部82の機能によって実行される。具体的には、ZモータI／F66を介し、Zモータ32に対し、押付圧の変更指示がなされる。

[0072] 一般的にボンディング装置10において、ボンディングワイヤがボンディング対象8に接触せず、キャピラリ26がXYテーブル16の移動によってXY平面内で移動可能な期間中のキャピラリ26に印加されるZ方向の荷重は、サーチ荷重と呼ばれる。これに対し、ボンディングワイヤがボンディング対象8に接触し、超音波エネルギが印加され

て接合が行われるときの押付圧はボンディング荷重と呼ばれる。サーチ荷重はボンディング荷重よりもかなり軽い値に設定されている。例えば、ボンディング荷重を約200mN(約20グラムの質量の重さに相当する)として、サーチ荷重は約70mN程度とすることができる。

[0073] 上記の押付圧変更は、サーチ荷重からボンディング荷重に変更するものである。この押付圧変更も、銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触する前に行われる。そして、この押付圧の大きさは、ボンディング対象8のボンディング特性によって設定されることが好ましい。例えば、機械的強度が低い構造のボンディング対象、あるいはワイヤの振動等によって損傷しやすいボンディング対象等の場合に、ボンディング荷重を比較的小さな値とするものとできる。場合によっては、一般的に設定されるサーチ荷重よりも小さく設定してもよい。上記の例で、サーチ荷重を約70mNとして、押付圧変更後のボンディング荷重を、ボンディング対象8のボンディング特性に応じ、例えば、約30mNから約2700mNとすることができる。

[0074] S14以降は、第1ボンド点である回路基板のリード端子に向けて、キャピラリ26が降下する。降下の途中において、S16の超音波印加、及び上記の押付圧の変更が行われる。もちろん、降下に先立って、超音波印加の開始、押付圧の変更を行うものとしてもよい。キャピラリ26の降下工程は、ボンディング制御部82の機能によって実行される。具体的には、ZモータI／F66を介し、Zモータ32に対して、所定のツール高さ位置プロファイルに従ってキャピラリ26の高さ位置を変更するように駆動指令が与えられる。所定のツール高さ位置プロファイルとしては、降下の初期は高速度降下とし、ボンディング対象8に近くなって低速度降下とすることが好ましい。

[0075] 図4には、超音波エネルギP、押付圧W、キャピラリ26の高さ位置に対応するツール高さ位置Hについて、時間変化の様子を示す図で、図4(a)には、横軸に共通の時間をとり、縦軸にP, W, Hの値がとられている。そして、超音波エネルギPの時間変化である出力プロファイルについて、ボンディング対象8のボンディング特性に応じて設定されるいくつかの出力プロフィルの例が、図4(a)の一部拡大図として、図4(b),(c)に示されている。

[0076] 図4(a)において、時刻$t_1$は、ツール高さ位置Hの降下速度が、高速度降下から低

速度降下に切り換わったときである。すなわち、時刻$t_1$は、キャピラリ26が降下し、かなりボンディング対象8に近接してきたときである。なお、時刻$t_1$においては、まだ銅ワイヤ28先端のボールがボンディング対象8に接触していない。

[0077] 図4(a)において、時刻$t_1$より後の時刻$t_2$は、S16において超音波エネルギが印加開始されたときである。すなわち、時刻$t_2$において、超音波発振が開始する。超音波エネルギPは、時刻$t_2$においてゼロからかなりの急峻さで所定の大きさに上昇し、その大きさのまま、後述する立下りの時刻まで維持される。なお、上記のように、ツール高さ

位置Hは、時刻$t_2$の以前から既に降下を始めているので、この例では、キャピラリ26の降下の途中であって、降下速度が低速に移った後に、超音波エネルギPの印加開始が行われていることになる。

[0078] そして、ツール高さ位置Hがさらに降下すると、銅ワイヤ28先端のボールがボンディング対象8に接触する。すなわち、いわゆるボンドタッチの状態となる。図4の各図では、そのときのツール高さ位置を$H_1$、時刻を$T_1$として示されている。したがって、$H_1$は、ボンディング対象8に銅ワイヤ28先端のボールが接触する高さ位置で、これを基準にボンディングの接合が行われるので、他の高さ位置と区別して、第1高さ$H_1$と呼ぶことにする。また、$T_1$は、ボンディング対象8に銅ワイヤ28が接触する時刻で、これを基準にボンディングの接合が行われるので、他の時刻と区別して、第1時刻$T_1$と呼ぶことにする。

[0079] 尚、図4の各図で、ツール高さ位置$H_1$に並べて$H_3$が、時刻$T_1$に並べて$T_3$が示されているが、これは、後述する第2ボンド点において、ボンディング対象8に銅ワイヤ28が接触するツール高さ位置と、時刻とをそれぞれ示すものである。

[0080] ここで、図3に戻り、図4のA部にも示されているように、ツール高さ位置が第1高さ$H_1$となる第1時刻$T_1$の前後で、超音波エネルギを時間経過に応じて出力を低下させる処理が行われる(S20)。この工程は、超音波制御部80の出力低下モジュール86の機能によって実行される。

[0081] この超音波エネルギの出力低下の程度は、ボンディング対象8のボンディング特性に応じた超音波エネルギ出力プロファイルに従って定められる。様々な出力プロファ

イルの例が、図4(a)におけるA部の拡大図である図4(b),(c)に示されている。ボンディング対象8のボンディング特性に応じた出力プロファイルは、図1の制御ブロック50の記憶装置58に記憶される。例えば、ボンディング対象8の名称等を検索キーとして対応する出力プロファイルを記憶装置58から読み出し、これに従って、超音波発振器30に対し出力レベルの変更を指示できる。

[0082] 従来技術では、超音波エネルギをオン・オフするだけであったが、近年の制御技術によって、超音波エネルギの出力レベルを任意に調整可能となってきている。この技術を用いることで、ボンディング対象8のボンディング特性に応じ、ボンディングの接合段階における超音波の出力レベルを調整することで、ボンディング対象8に適合したボンディングを行うことができる。

[0083] ここで、所定の出力プロファイルは、ボンディング対象8のボンディング特性、例えば、ボンディングの際に問題となる機械的強度等に応じたものとできる。例えば、機械的強度が低い構造のボンディング対象8、あるいはボンディングワイヤの振動等によって損傷しやすいボンディング対象8等の場合に、超音波エネルギの出力低下の程度がより大きなプロファイルとするものとできる。

[0084] なお、超音波エネルギの出力低下処理は、第1時刻$T_1$の前後で行われるというのは、ある出力プロファイルは、第1時刻$T_1$の前の低下開始時刻から出力低下が開始し、別の出力プロファイルは、第1時刻$T_1$の後の低下開始時刻から出力低下が開始する、との意味である。図4(b)には、第1時刻$T_1$以前に、超音波エネルギがゼロ、すなわち超音波出力が停止することはないいくつかの出力プロファイルの例が示されている。図4(c)には、第1時刻$T_1$において超音波エネルギが一旦小さな値に低下し、再び低下以前の大きな値に復帰し、その後出力停止処理が行われるいくつかの出力プロファイルの例が示されている。

[0085] このように、銅ワイヤ28先端のボールがボンディング対象8に接触する前から超音波エネルギの出力レベルの低下を開始することで、ボンディング対象に接触時の衝撃を少なくできる。また、別のボンディング特性を有するボンディング対象8に対し、ワイヤ接触後もしばらくは超音波エネルギを高出力のままとし、その後出力を低下させることで、例えば加工硬化の生じる前に接合を行い、加工硬化に応じて出力を低下さ

せて、スプラッシュ等の発生を抑制することができる。

[0086] なお、第1時刻$T_1$は、上記のように第1高さ$H_1$に対応する時刻であり、第1高さ$H_1$は、ツール高さ検出部34によって検出されるが、実際には、Zモータ32の位置検出によって検出が行われる。例えば、銅ワイヤ28の線径が与えられると、そのボール形状の直径が分かる。また、銅ワイヤ28がキャピラリ26に挿通されていないときにキャピラリ26がボンディング対象8に接触するときに対応するZモータ32の位置が予め分かっていれば、ボール形状の銅ワイヤ28がキャピラリ26の先端にあるときに、ボール形状の銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触するZモータ32の高さが分かることになる。

[0087] したがって、銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触するときのZモータ32の高さ位置が予め分かるので、これを第1高さ$H_1$に対応するものとしてツール高さ検出部34に設定しておけば、現在のツール高さ位置が、第1高さ$H_1$よりどの程度高い位置にあるのかが分かる。また、図4に示されるように、ツール高さ位置Hの時間変化、つまりキャピラリ26の下降速度は予め分かっているので、現在の時刻が、第1時刻$T_1$よりどの程度前の時刻にあるのかが分かる。このようにして、第1時刻$T_1$以前の任意の時刻を設定することができ、その設定された時刻から所定の出力プロファイルを適用するものとできる。

[0088] 上記のように、ツール高さ位置Hは、ボンディング工程の進展を示すものとなるものである。このツール高さ位置Hは、ボンディング対象8の表面を基準高さとし、基準高さからキャピラリ26の先端までの距離で示すことができる。ボンディング対象8の表面位置は、ボンディング対象8の種類によって異なることを考えると、ツール高さ位置Hの基準を、ボンディング装置10に固有の基準位置に取ることがよい。例えば、ボンディング装置10のステージ13の表面を基準高さとすることができる。あるいは、後述のように、Zモータ32の出力部の位置がキャピラリ26の位置と密接に関連するので、Zモータ32の移動に関する基準位置をツール高さ位置Hの基準高さとすることができる。

[0089] なお、第1高さ$H_1$は、銅ワイヤ28先端のボールがボンディング対象8に接触するツール高さ位置であるが、この状態の検出は、Zモータ32の高さ位置を用いてボンディ

ングツールの高さ方向移動量を検出する方法の外にも、次のような方法で検出することができる。例えば、ボンディングアームに設けられ、ボンディングツールの接触荷重を検出する手段によって、接触荷重が変化したときを第1高さ$H_1$とできる。また、ワイヤとボンディング対象とが接触したときに流れる電流を検出する手段を設け、電流が検出されたときを第1高さ$H_1$とできる。また、これらの方法を組み合わせて、総合的に第1高さ$H_1$を検出するものとしてもよい。

[0090] 再び図3に戻り、S20において超音波エネルギの出力低下処理が行われると、所定の出力プロファイルに従って、超音波エネルギの出力は次第に小さくなり、最後には出力ゼロとなり、超音波エネルギの供給が停止する(S22)。この工程は、出力低下モジュール86の機能の一部でもあるが、特に区別して、印加停止モジュール88の機能とする。すなわち、場合によっては、S20の出力低下処理を行わず、超音波エネルギの印加を停止することがあるからである。

[0091] なお、押付圧Wは、図4(a)において、ツール高さ位置Hの降下速度が、高速度降下から低速度降下に切り換わる時刻$t_1$においてダンパー荷重と呼ばれる荷重から、サーチ荷重に切り換わる。そして、ツール高さが$H_1$まで降下したときと同時か、あるいはそれ以後の時刻において、押付圧Wは、サーチ荷重からボンディング荷重に変更される。換言すれば、銅ワイヤ28先端のボールがボンディング対象8に接触したいわゆるボンドタッチと同時かまたはそれ以後の時刻において、押付圧Wがサーチ荷重からボンディング荷重に増加される。

[0092] 超音波停止の処理は、銅ワイヤ28先端のボールが所定の扁平形状となる前の段階で行われる。ここで、所定の扁平形状とは、一般的に適正ボンドボール(DFB)と呼ばれる形状で、経験的に定めることができる。例えば、ボール形状の直径の30%の厚さまで扁平変形したもの、換言すれば、元の直径の70%が押しつぶされた形状をDFBとすることができる。これをツール高さ位置に直すと、上記の例では、第1高さ$H_1$から、ボール形状の直径の70%分の高さだけ降下したツール高さ位置、ボール形状の直径を約40μmとして、第1高さ$H_1$から約28μm低いツール高さ位置ということになる。

[0093] この所定の扁平形状に達すると、ボンディングの接合は終了するので、このツール

高さ位置を他のものと区別して、第2高さ$H_2$と呼ぶことにする。また、この第2高さに達する時間を第2時刻$T_2$と呼ぶことにする。したがって、S22の超音波停止処理が行われた後に、第2高さ$H_2$となり(S24)、これによって第1ボンド点におけるボンディング処理が終了する(S26)。

[0094] すなわち、超音波エネルギの供給を停止するのは、ツール高さ位置が第2高さ$H_2$になる前、時刻で言えば第2時刻$T_2$に達する前に行われる。図4では、この超音波停止のツール高さ位置を超音波停止位置$H_5$、時刻を超音波停止時刻$T_5$として示されている。図4に示されるように、超音波停止位置$H_5$は、第1高さ$H_1$よりも低い位置で、第2高さ$H_2$よりも高い位置に設定され、超音波停止時刻$T_5$は、第1時刻$T_1$よりも後の時刻で、第2時刻$T_2$よりも前の時刻に設定される。

[0095] 超音波停止を第2高さ$H_2$あるいは第2時刻$T_2$に達する前に行うということは、超音波停止時刻$T_5$以降は超音波エネルギの供給がなく、もっぱら、いままで与えられていた超音波振動の減衰状態と、押付圧によって、所定の扁平形状にまで変形させることを意味する。これにより、機械的強度の低いボンディング対象8について過度に超音波エネルギが与えられることを防止でき、また、銅ワイヤ28を用いる場合に超音波を印加し続けてスプラッシュ等の損傷をボンディング対象8に与えることを防止できる。

[0096] 図5から図8は、第1ボンド点と第2ボンド点における銅ワイヤ28とキャピラリ26の様子を時系列で示したものである。ここでは、ボンディング対象はチップが搭載された回路基板であるが、第1ボンド点に対応するものとして回路基板のリード端子90が示され、第2ボンド点に対応するものとしてチップのパッド92が示されている。図5は、第1ボンド点において、ツール位置高さが第1高さ$H_1$となったとき、図6は、第1ボンド点において、ツール位置高さが第2高さ$H_2$になったときの様子をそれぞれ示している。なお、図7、図8の説明は、第2ボンド点におけるボンディング処理に関連して後述する。

[0097] 第1ボンド点におけるボンディング処理が終了すると、キャピラリ26は上方に引き上げられ、銅ワイヤ28も第1ボンド点に一端が固定された状態でキャピラリ26の移動に従って繰り出され、次に第2ボンド点上方に移動が行われる(S28)。この工程は、S14と同様にボンディング制御部82の機能により実行されるが、フィーダ14の駆動は

行われず、もっぱら、XYテーブル16の移動駆動によって、キャピラリ26の移動と銅ワイヤ28の繰り出しが行われる。ここでは、第2ボンド点は、図5で説明したように、チップの上のパッドである。

[0098] そして、超音波エネルギがキャピラリ26に印加される(S30)。この工程は、第1ボンド点におけるS16と同じ内容で、銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触する前に超音波エネルギがキャピラリ26に与えられる。

[0099] 第1ボンド点においては、その後に押付圧の変更が行われたが、第2ボンド点において同じボンディング荷重を用いるときは、この押付圧の変更は行われない。勿論、第1ボンド点のボンディング荷重と第2ボンド点のボンディング荷重とを異なるものとすることもでき、その場合には、S30の後で、押付圧の変更が行われる。

[0100] S28以降、第2ボンド点であるチップのパッドに向けて、キャピラリ26が降下することも第1ボンド点の場合と同様で、したがって、降下の途中において、S30の超音波印加、及び必要があれば上記の押付圧の変更が行われる。キャピラリ26のツール高さ位置プロファイルとして、降下の初期は高速度降下とし、ボンディング対象8に近くなって低速度降下とすることが好ましいことも第1ボンド点と同様である。

[0101] 第2ボンド点についても、図4に示される状態は、ツール高さ位置Hが異なるのみで、超音波エネルギP、押付圧W、ツール高さ位置Hの時間的推移の傾向は同じである。

[0102] そして、ツール高さ位置Hがさらに降下すると、銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触する。図4において、そのときのツール高さ位置を第3高さ$H_3$、時刻を第3時刻$T_3$として示した。

[0103] また、超音波エネルギの出力低下処理が行われる(S34)。この低下処理も、第1ボンド点におけると同様に、ツール高さ位置が第3高さ$H_3$となる第3時刻$T_3$の前後で行われる。「前後」の意味、低下処理の出力プロファイルがボンディング対象8のボンディング特性に応じて行われることも第1ボンド点の場合と同様であるが、第1ボンド点における出力プロファイルは、回路基板及びそのリード端子のボンディング特性に応じて行われるのに対し、第2ボンド点における出力プロファイルは、チップ及びそのパッドのボンディング特性に応じて行われることが相違する。つまり、第2ボンド点におけ

る出力プロファイルは、第1ボンド点における出力プロファイルと異なるものであってもよい。

[0104] そして、次に、超音波エネルギの供給が停止される。すなわち、超音波エネルギの印加が停止する(S36)。

[0105] 第2ボンド点における超音波停止の処理は、第1ボンド点から繰り出した銅ワイヤ28のループ形状が所定の曲率状態となる前の段階で行われる。ここで、ループ形状の所定の曲率状態は、経験的に定めることができる。この所定のループ形状に達すると、ボンディングの接合が終了したものとされるので、このツール高さ位置を他のものと区別して、第4高さ$H_4$と呼ぶことにする。また、この第4高さに達する時刻を第4時刻$T_4$と呼ぶことにする。

[0106] その様子を、図7、図8を用いて説明する。図7、図8は、第1ボンド点において説明した図5、図6と同様に、第3高さ$H_3$の状態が図7に、ループの形状が適正ループ形状となる第4高さ$H_4$の状態が図8に示される。ここで、図7の第3高さ$H_3$の状態においては、キャピラリ26の先端における銅ワイヤ28は、パッド92に単に接触しているだけなので、ループ形状はなだらかなものとなり、チップ表面からあまり離れていない。その

状態からキャピラリ26がさらに降下し銅ワイヤ28が変形するに従い、キャピラリ26の先端における銅ワイヤ28が押しつぶされ、その影響で、銅ワイヤ28が立ってきて、ループ形状が次第に小さな曲率となり、銅ワイヤ28のループ部分がチップから離れてくる。

[0107] このように、第2ボンド点においては、ループ形状が1つの評価基準となるので、ループの高さ、ループの曲率等を総合的に見て、適正なループ形状を定め、これを適正ループ形状とする。そして適正ループ形状になるときをもって第2ボンド点における接合処理の終了とされる。

[0108] したがって、第4高さ$H_4$とは、ループ形状が所定の曲率状態を有する適正ループ形状となるときのツール高さ位置である。適正ループ形状と銅ワイヤ28の変形量とは相関関係があるので、銅ワイヤ28の変形量で適正ループ形状の状態を示すことができる。例えば、銅ワイヤ28の直径の40%の厚さまで扁平変形したもの、換言すれば、

元の直径の60%が押しつぶされた形状となるときを適正ループ形状に対応する変形量とすることができる。これをツール高さ位置に直すと、上記の例では、第3高さ$H_3$から、銅ワイヤ28の直径の60%分の高さだけ降下したツール高さ位置、銅ワイヤ28の直径を約20μmとして、第3高さ$H_3$から約12μm低いツール高さ位置ということになる。

[0109] ここで再び図3に戻ると、S36の超音波停止処理が行われた後に、第4高さ$H_4$となる(S38)。すなわち、第4高さ$H_4$となる前に、超音波停止が行われる。図4では、超音波停止高さを$H_5$、超音波停止時刻を$T_5$として示されており、第1ボンド点におけると同様に、超音波停止位置$H_5$は、第3高さ$H_3$よりも低い位置で、第4高さ$H_4$よりも高い位置に設定され、超音波停止時刻$T_5$は、第3時刻$T_3$よりも後の時刻で、第4時刻$T_4$よりも前の時刻に設定される。

[0110] その後、キャピラリ26が引き上げられると共に銅ワイヤ28は第2ボンド点において切断されて、これによって第2ボンド点におけるボンディング処理が終了する(S40)。

[0111] そして、これによって1つのボンディング対象8において、回路基板のリード端子と、チップのパッドとの間が銅ワイヤ28によって接合され、そのボンディング対象8についてのボンディング処理が完了する。その後は、S12に戻り、ボール形成が行われ、ついで、S14において、フィーダ14が所定のピッチで搬送され、次のボンディング対象8が第1ボンド点に移動される。このようにして、上記の工程が新しいボンディング対象8について繰り返される。

[0112] 上記の図5から図8においては、ボンディング対象はチップが搭載された回路基板であるが、第1ボンド点を回路基板のリード端子90とし、第2ボンド点をチップのパッド92として説明した。例えばスタック構造の回路基板の場合には、高さの低い位置である回路基板のリード端子90を第1ボンド点とし、ここから高さの高いスタック構造のチップの上方にワイヤを延ばし、チップのパッド92を第2ボンド点とすることが便利なことが多い。一方、通常のチップと回路基板との間のボンディングにおいては、チップのパッド92を第1ボンド点とし、回路基板のリード端子90を第2ボンド点とすることが一般的である。そこで、後者の第1ボンド点をチップのパッド92にとる方法を、正ボンド法と呼び、前者の図5から図8で説明した回路基板のリード端子90を第1ボンドに取

る方法を逆ボンド法と呼ぶことができる。

[0113] 図9から図12は、正ボンド法を用いたときの様子を示す図である。図5から図8と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。ここでは、ボンディング対象は

チップが搭載された回路基板であるが、第1ボンド点に対応するものがチップのパッド92であり、第2ボンド点に対応するものが、回路基板のリード端子90である。図9は、第1ボンド点において、ツール位置高さが第1高さ$H_1$となったとき、図10は、第1ボンド点において、ツール位置高さが第2高さ$H_2$になったときの様子をそれぞれ示している。また、図11は、第2ボンドにおいて、ツール位置高さが第3高さ$H_3$となったときの様子がそれぞれ示され、そして、図12には、ループの形状が適正ループ形状となる状態として、ツール高さが第4高さ$H_4$の様子が示されている。

[0114] 正ボンド法は、図5から図8で説明した逆ボンド法と比較して、第1ボンド点の位置が第2ボンド点の位置より高いところにあることが相違するのみである。したがって、図9から図12の状態のそれぞれの内容は、図5から図8で説明した状態のそれぞれの内容と同じである。例えば、図11の第3高さ$H_3$の状態においては、キャピラリ26の先端における銅ワイヤ28は、リード端子90に単に接触しているだけなので、ループ形状はなだらかなものとなり、回路基板表面からあまり離れていない。その状態からキャピラリ26がさらに降下し銅ワイヤ28が変形するに従い、キャピラリ26の先端における銅ワイヤ28が押しつぶされ、その影響で、銅ワイヤ28が立ってきて、ループ形状が次第に小さな曲率となり、銅ワイヤ28のループ部分が回路基板から離れてくる。

[0115] このように、図8と同様に、正ボンド法においても、第2ボンド点において、ループ形状が1つの評価基準とすることができ、ループの高さ、ループの曲率等を総合的に見て、適正なループ形状を定め、これを適正ループ形状とすることができる。そして適正ループ形状になるときをもって第2ボンド点における接合処理の終了とされる。適正ループ形状と銅ワイヤ28の変形量との関係は、図8に関連して説明したように、例えば、銅ワイヤ28の直径の40%の厚さまで扁平変形したもの、換言すれば、元の直径の60%が押しつぶされた形状となるときを適正ループ形状に対応する変形量とすることができる。

[0116] 図13から図16は、上記構成のボンディング方法における効果を従来例と比較して説明する図である。図13は、従来例における超音波エネルギPの制御を示す図で、図14は、図13の制御の下でのボンディングの様子を示す図である。図15は、従来例におけるボンディング後の状態を示す斜視図で、図16は、図3の手順による方法を用いたときのボンディング後の状態を示す斜視図である。なお、以下では、図1から図8における要素と同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。また、以下では図1から図8の符号を用いて説明する。

[0117] 図13は、横軸に時間、縦軸に超音波エネルギPをとって、キャピラリに供給される超音波エネルギの制御の様子を示す図である。ここでは、特許文献1に述べられている例を示してある。すなわち、この制御法においては、銅ワイヤ28がボンディング対象8に接触する第1時刻$T_1$において超音波エネルギの印加を開始し、銅ワイヤ28が所定の変形量に達した時刻$T_2$で超音波エネルギの印加を停止する。

[0118] 図14は、図13の制御法に従ってボンディング処理を行ったときの銅ワイヤ28と、ボンディング対象であるパッド94の状態を示したものである。図14(a)は、第1時刻$T_1$より前の状態で、銅ワイヤ28のボールの部分はパッド94に接触していない。超音波エネルギはこの状態では印加されていない。図14(b)は、第1時刻$T_1$の状態で、ちょうど、銅ワイヤ28のボールの部分がパッド94に接触し、この時刻から超音波エネルギが印加開始される。図14(c)は、第2時刻$T_2$の状態で、銅ワイヤ28のボールの部分は所定の変形量に達し、例えば初期のボールの直径の70%が押しつぶされた状態となっている。ところが、パッド94は、この扁平形状のボールの周囲部分が盛り上がり、花びら状のスプラッシュ96が発生している。

[0119] これは、銅ワイヤ28が加工硬化しやすい材料であるため、時刻$T_1$からの変形によって次第に硬化し、変形が次第に困難になってくるにも関わらず、所定の変形量に達するまではその硬い形状の状態において超音波エネルギの供給が続けられるためである。すなわち、扁平形状のボールは次第に硬くなり、その硬い状態の扁平形状のボールに超音波振動が伝達されるので、硬い材料でパッド94をこすることになる。このような状態が、硬くて変形が困難になった扁平形状のボールについて所定の変形量に達するまで継続する。したがって、硬化した扁平形状のボールによってこすら

れたパッド94の中央部が次第に薄くなり、扁平形状のボールの周辺部にパッド材料が盛り上がってくる。このようにして、パッド94は、扁平形状のボールの周辺部に花びら状のスプラッシュ96が発生することになる。

[0120] このように、スプラッシュ96が形成されると、扁平形状のボールの下部のパッド94が薄くなり、ボンディング後の環境によっては水分、有機物の付着、浸透等が生じやすく、ボンディングの信頼性が低下する。

[0121] 図15は、パッド94にスプラッシュ96が形成された従来例のボンディング状態を示す図である。図16は、図3の方法によって銅ワイヤ28をパッド94にボンディングしたもので、図15に示されるようなスプラッシュは検出されていないことが分かる。

## 産業上の利用可能性

[0122] 以上のように、本発明に係るボンディング装置及びボンディング方法は、ワイヤを挿通し保持するボンディングツールに押付荷重と超音波エネルギを与え、ボンディングツールの下降に応じてボンディング作業を行うボンディング装置及びボンディング方法に適用できる。

# 請求の範囲

[1] ワイヤを挿通し保持するボンディングツールと、

ボンディングツールに所定の押付荷重を与える荷重印加手段と、

ボンディングツールに超音波エネルギを与える超音波印加手段と、

ボンディングツールのボンディング対象に対する高さ位置であるツール高さ位置を検出する高さ位置検出手段と、

ボンディングツールの下降に応じてボンディング作業を制御するコンピュータと、

を備え、

コンピュータは、

ツール高さ位置が、ボンディング対象にワイヤ先端のボールが接触する第1高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する手段と、

ワイヤ先端のボールが所定の扁平形状となるツール高さ位置を第2高さとして、第1高さと第2高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる手段と、

を有することを特徴とするボンディング装置。

[2] 請求項1に記載のボンディング装置において、

コンピュータは、

ボンディングツールによって第1ボンド点にワイヤ先端のボールをボンディングし、ワイヤをループ状に繰り出してさらに第2ボンド点にワイヤをボンディングする場合には、

ツール高さ位置が、第2ボンド点におけるボンディング対象にワイヤが接触する第3高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する手段と、

第1ボンド点から繰り出したワイヤのループ形状が所定の曲率状態となるツール高さ位置を第4高さとして、第3高さと第4高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる手段と、

を有することを特徴とするボンディング装置。

[3] 請求項1に記載のボンディング装置において、

コンピュータは、

ツール高さ位置が第1高さとなる時刻を第1時刻とし、ツール高さが第2高さとなる時刻を第2時刻として、第1時刻の前後の時刻であり、かつ第2時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる手段を含むことを特徴とするボンディング装置。

[4] 請求項2に記載のボンディング装置において、

コンピュータは、

ツール高さ位置が第3高さとなる時刻を第3時刻とし、ツール高さが第4高さとなる時刻を第4時刻として、第3時刻の前後の時刻であり、かつ第4時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネル

ギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる手段を有することを特徴とするボンディング装置。

[5] 請求項1に記載のボンディング装置において、

高さ位置検出手段は、

ボンディングツールの高さ方向移動量を検出する手段、

または、

ボンディングアームに設けられ、ボンディングツールの接触荷重を検出する手段、

または、

ワイヤとボンディング対象とが接触したときに流れる電流を検出する手段のうちの少なくとも1つを含むことを特徴とするボンディング装置。

[6] 請求項1または請求項2に記載のボンディング装置において、

コンピュータは、

ツール高さ位置が所定の荷重変更位置まで降下したときに、荷重を低下させる荷重低下手段を有することを特徴とするボンディング装置。

[7] 請求項1から請求項6のいずれか1に記載のボンディング装置において、

ワイヤが、銅を主成分とする銅ワイヤであることを特徴とするボンディング装置。

[8] 請求項7に記載のボンディング装置において、

ボンディングツールに挿通された銅ワイヤの先端を溶融してボール形状とするボール形成手段と、

ボール形成手段がワイヤの先端をボール形状とするときに、ボンディングツールの周囲を銅の酸化を抑制するガス雰囲気に保持する雰囲気保持手段と、

を備えることを特徴とするボンディング装置。

[9] ワイヤを挿通し保持するボンディングツールに押付荷重と超音波エネルギを与え、ボンディングツールの下降に応じてボンディング作業を行うボンディング方法であって、

ボンディングツールのボンディング対象に対する高さ位置であるツール高さ位置が、ボンディング対象にワイヤ先端のボールが接触する第1高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する工程と、

ワイヤ先端のボールが所定の扁平形状となるツール高さ位置を第2高さとして、第1高さと第2高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる工程と、

を含むことを特徴とするボンディング方法。

[10] 請求項9に記載のボンディング方法において、

ボンディングツールによって第1ボンド点にワイヤ先端のボールをボンディングし、ワイヤをループ状に繰り出してさらに第2ボンド点にワイヤをボンディングする場合には、

ツール高さ位置が、第2ボンド点におけるボンディング対象にワイヤ先端が接触する第3高さとなる前に、超音波エネルギをボンディングツールに供給開始する工程と、

第1ボンド点から繰り出したワイヤのループ形状が所定の曲率状態となるツール高さ位置を第4高さとして、第3高さと第4高さの間の任意の高さ位置に設定される超音波停止位置において超音波エネルギを停止させる工程と、

を含むことを特徴とするボンディング方法。

[11] 請求項9に記載のボンディング方法において、

ツール高さ位置が第1高さとなる時刻を第1時刻とし、ツール高さが第2高さとなる時刻を第2時刻として、第1時刻の前後の時刻であり、かつ第2時刻の前の時刻であっ

て、

ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる工程を含むことを特徴とするボンディング方法。

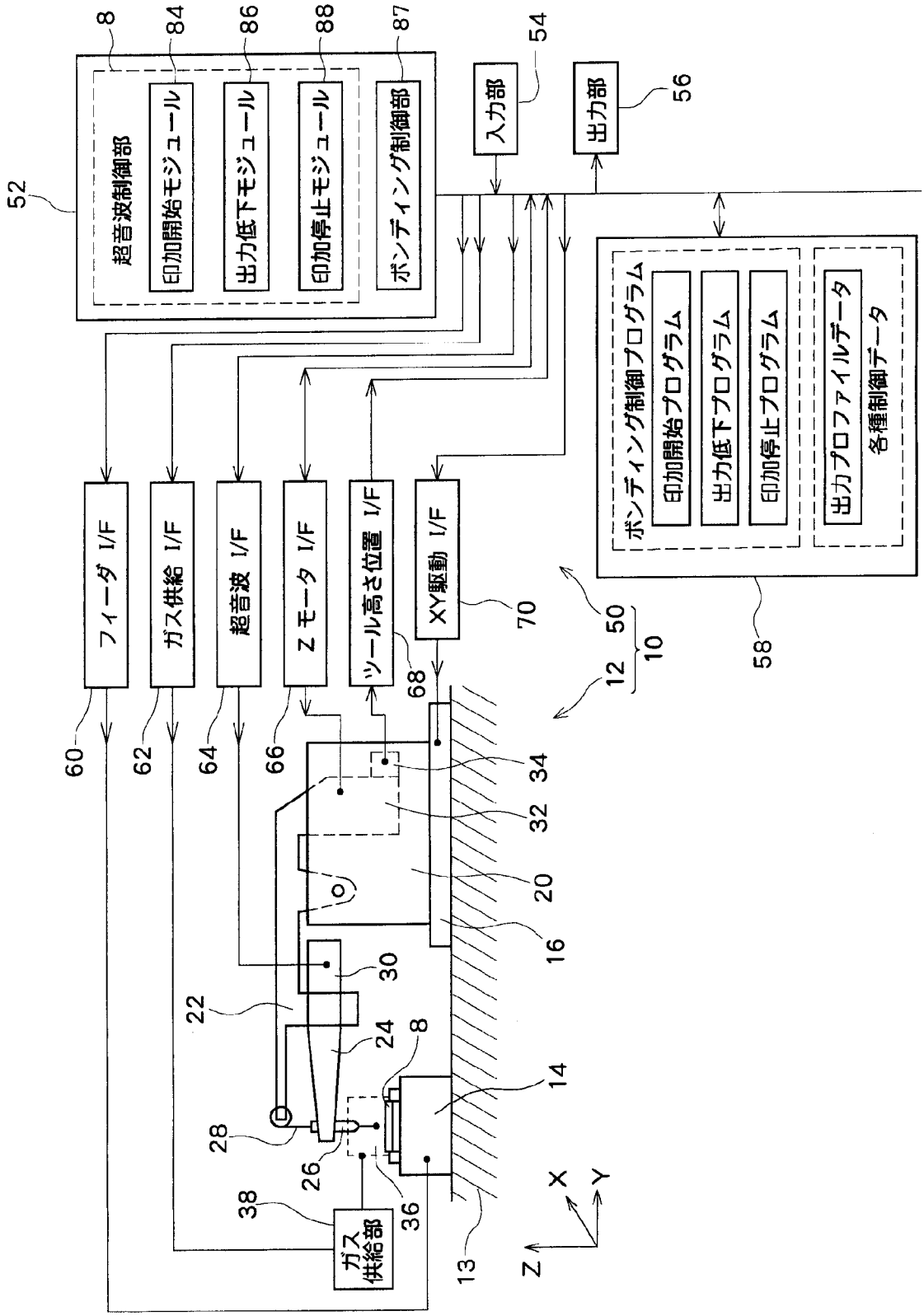
[12] 請求項10に記載のボンディング方法において、

ツール高さ位置が第3高さとなる時刻を第3時刻とし、ツール高さが第4高さとなる時刻を第4時刻として、第3時刻の前後の時刻であり、かつ第4時刻の前の時刻であって、ボンディング対象のボンディング特性に応じて設定された任意の時刻から、超音波エネルギを時間経過に応じた出力プロファイルに従って低下させる工程を含むことを特徴とするボンディング方法。

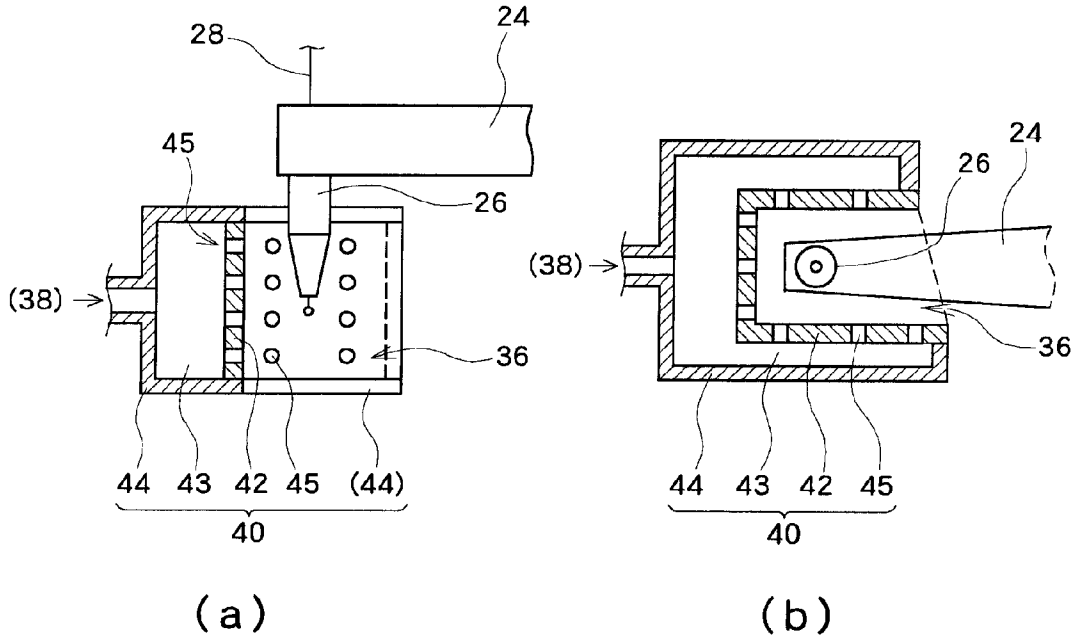
[13] 請求9または請求項10に記載のボンディング方法において、

ツール高さ位置が所定の荷重変更位置まで降下したときに、荷重を低下させる荷重低下工程を含むことを特徴とするボンディング方法。

[図1]

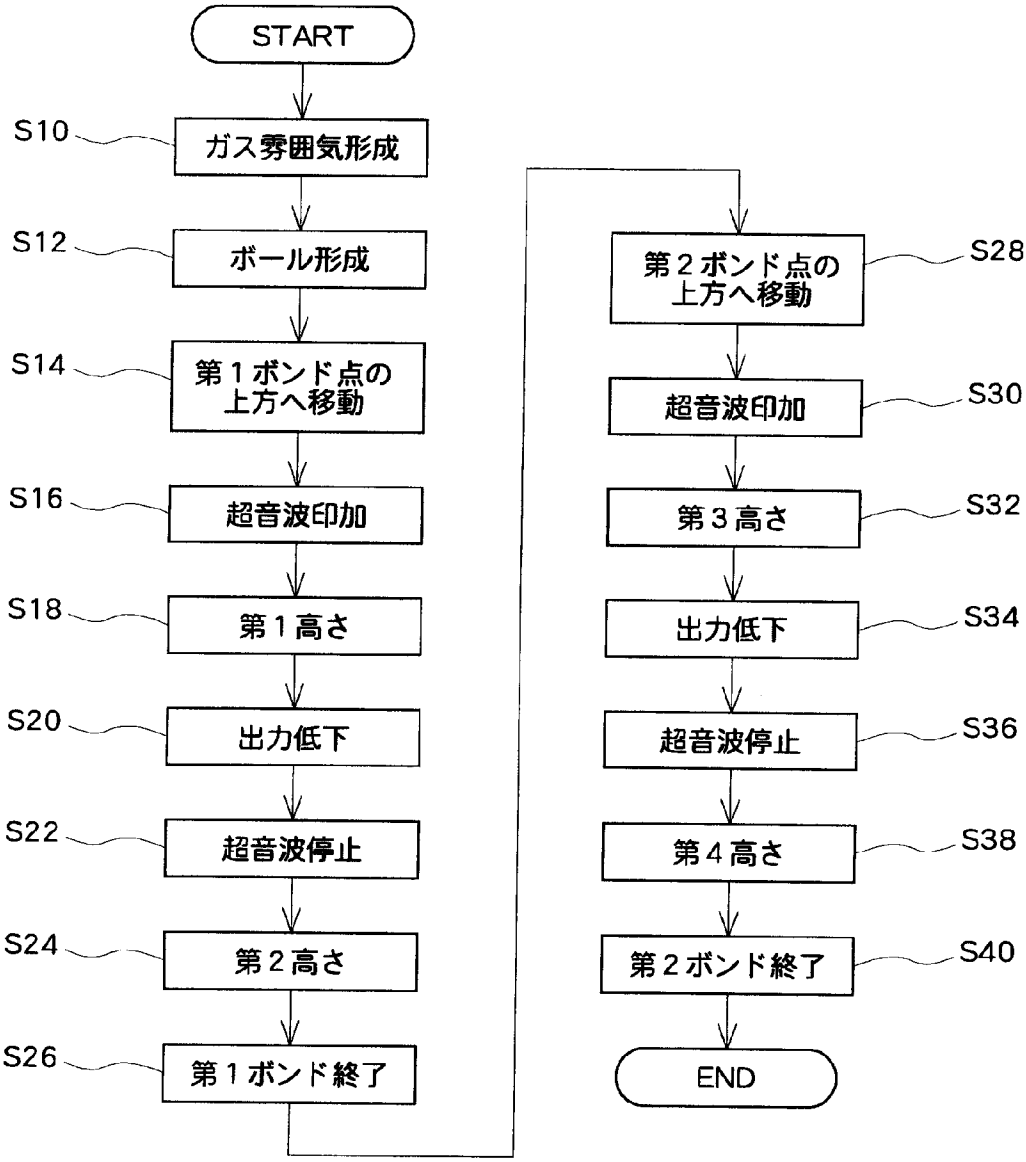

超音波制御部
印加開始モジュール
出力低下モジュール
印加停止モジュール
ボンディング制御部
入力部
出力部
ボンディング制御プログラム
印加開始プログラム
出力低下プログラム
印加停止プログラム
出力プロファイルデータ
各種制御データ
フィーダ I/F
ガス供給 I/F
超音波 I/F
Z モータ I/F
ツール高さ位置 I/F
XY駆動 I/F
ガス供給部
X
Y
Z
8
84
86
88
87
52
54
56
58
50
10
12
60
62
64
66
68
70
34
32
20
16
30
22
24
14
28
26
36
38
13

[図2]

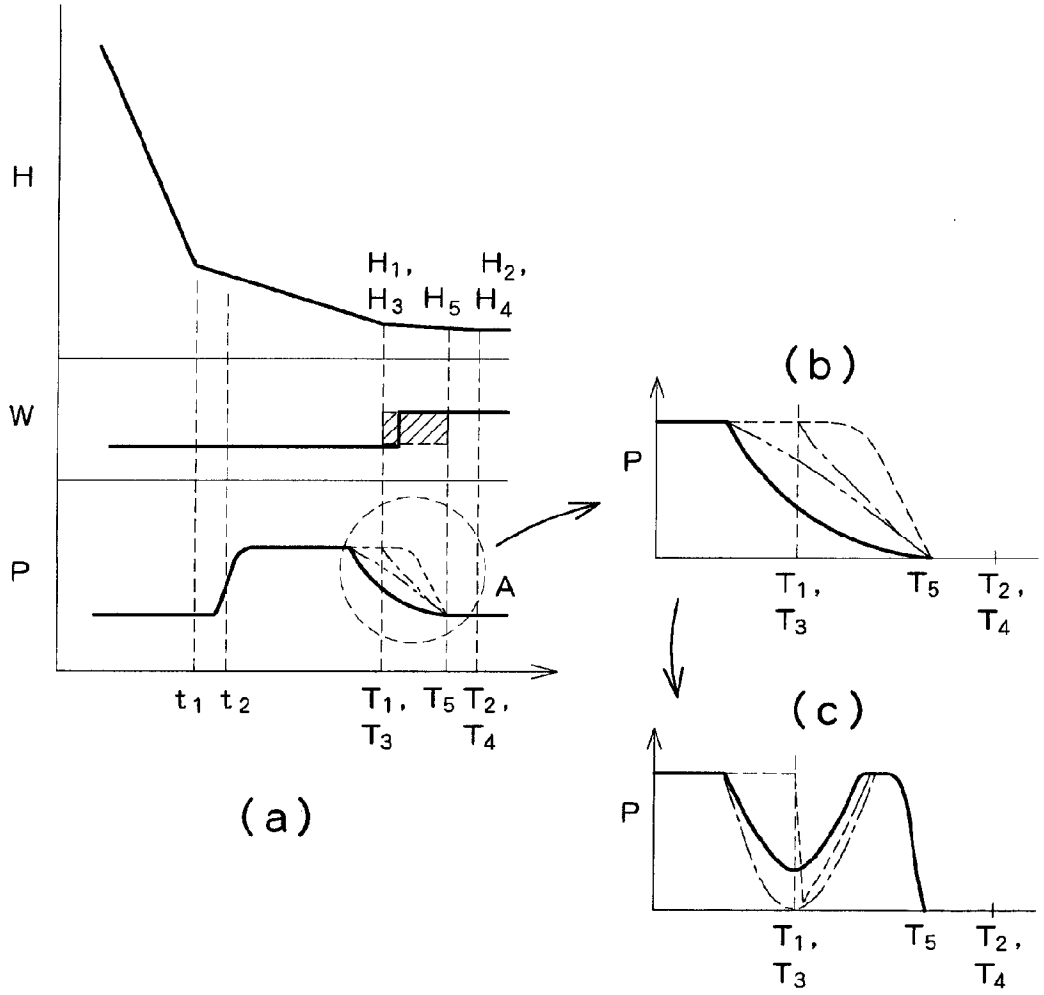

28
24
45
26
(38)
36
44
43
42
45
(44)
40
24
26
(38)
36
44
43
42
45
40

(a) (b)

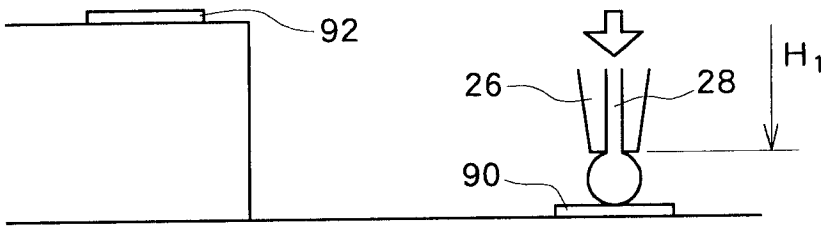
[図3]


START
S10
ガス雰囲気形成
S12
ボール形成
S14
第１ボンド点の上方へ移動
S16
超音波印加
S18
第１高さ
S20
出力低下
S22
超音波停止
S24
第２高さ
S26
第１ボンド終了
S28
第２ボンド点の上方へ移動
S30
超音波印加
S32
第３高さ
S34
出力低下
S36
超音波停止
S38
第４高さ
S40
第２ボンド終了
END

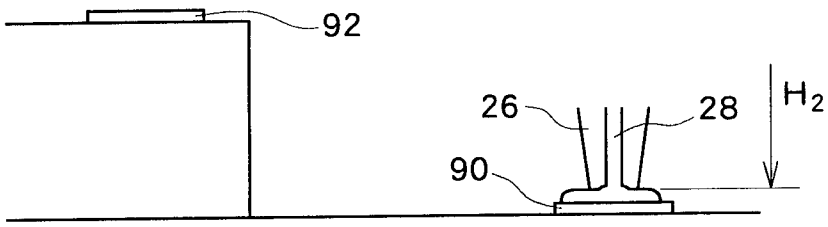
[図4]


H
W
P
H1, H2,
H3 H5 H4
A
t1 t2
T1, T5 T2,
T3 T4
(a)
(b)
P
T1, T5 T2,
T3 T4
(c)
P
T1, T5 T2,
T3 T4

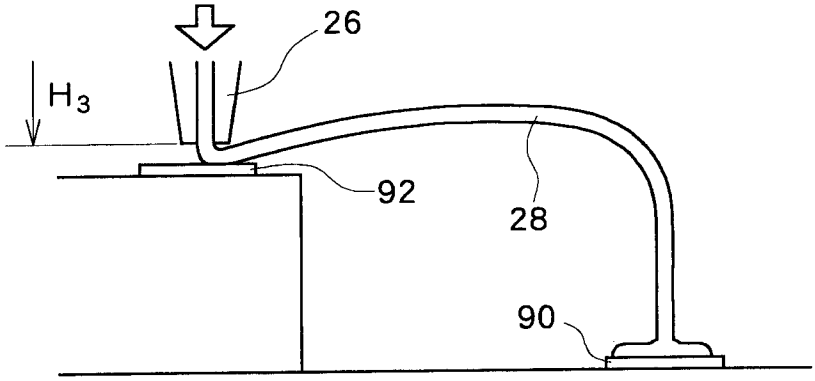
[図5]


92
26
28
H1
90

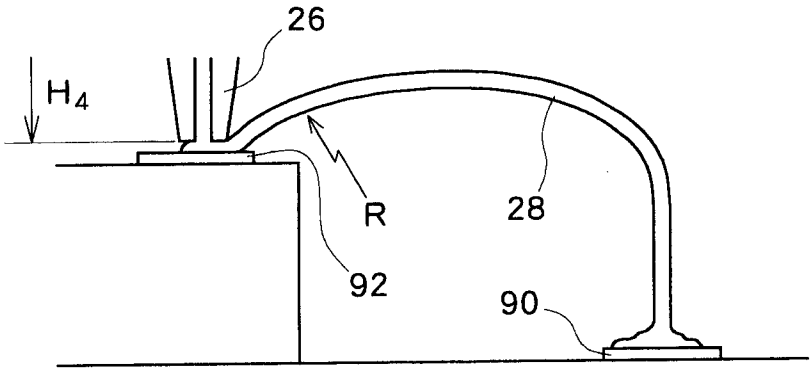
[図6]


92
26
28
H2
90

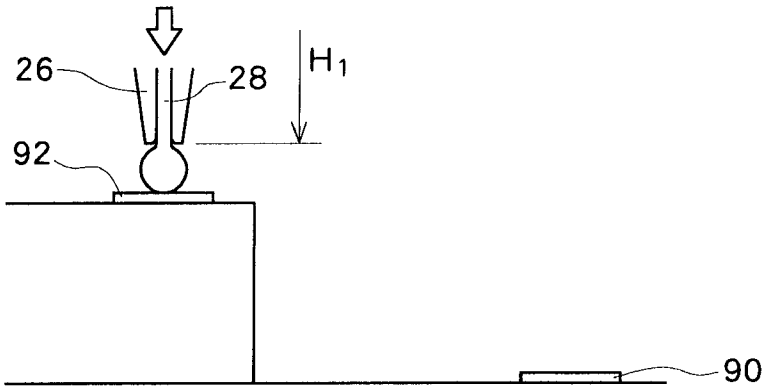
[図7]



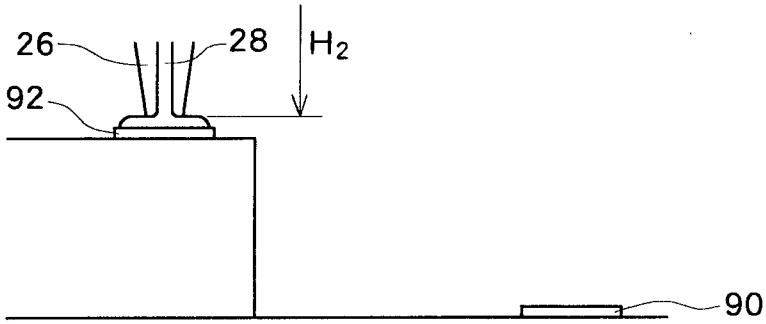

[図8]



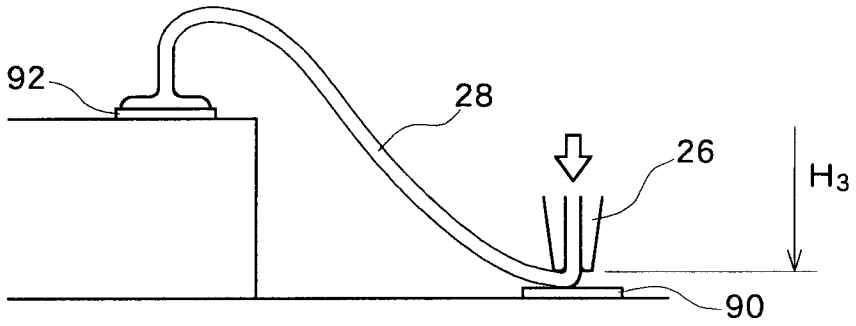

[図9]



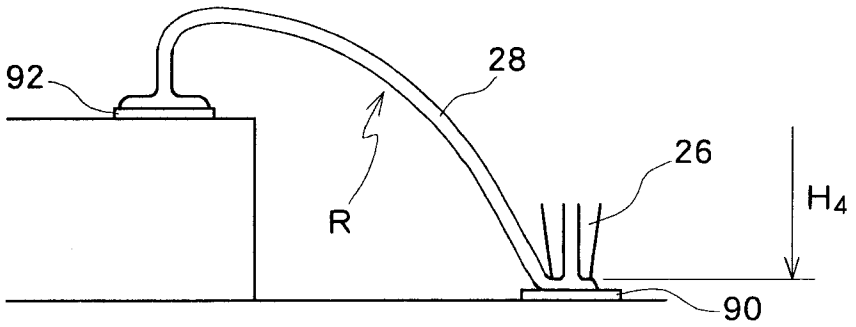

[図10]



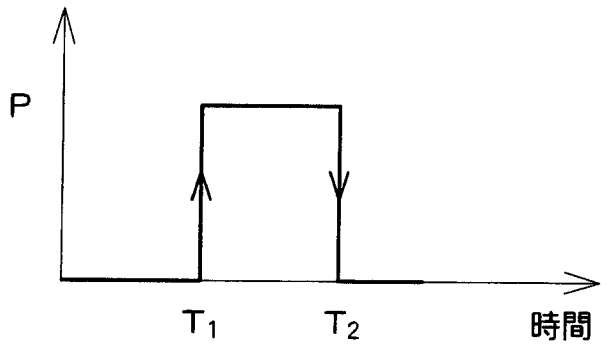
[図11]



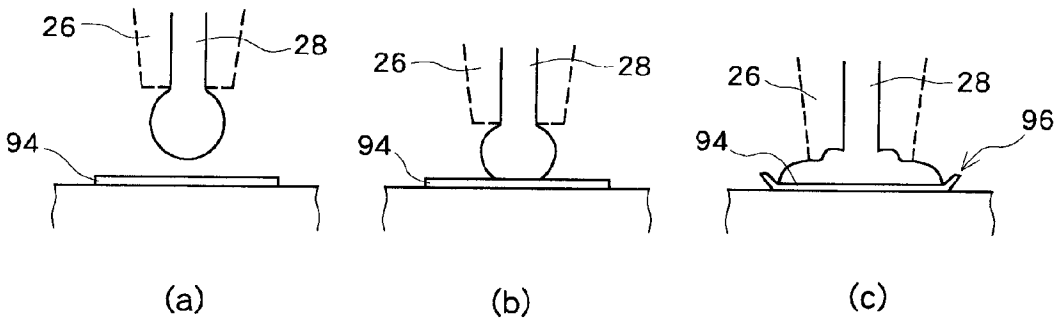

[図12]



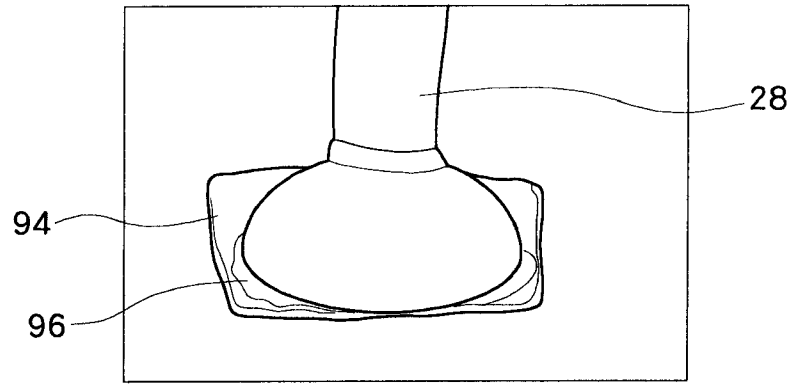

[図13]



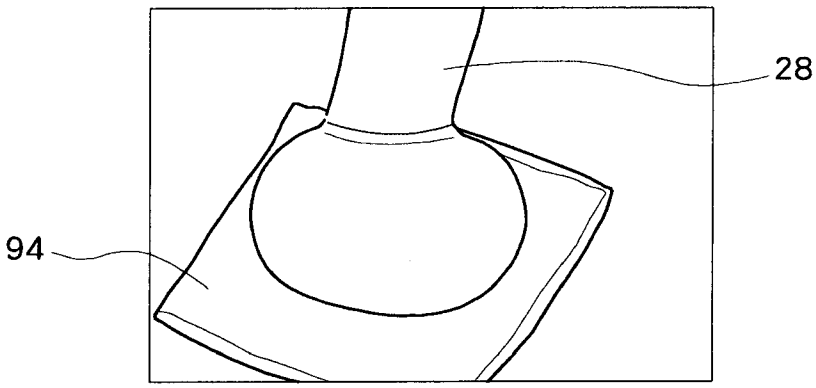

[図14]



[図15]




[図16]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/053281

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*H01L21/607*(2006.01)i, *H01L21/60*(2006.01)i

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)
H01L21/607, 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 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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<br>Y<br>A | JP 03-245544 A (Toshiba Corp.),<br>01 November, 1991 (01.11.91),<br>Page 2, lower right column, line 3 to page 3, lower left column, line 18; Fig. 4<br>(Family: none) | 1-2,5,9-10<br>7-8<br>3-4,6,11-13 |
| Y | JP 05-326650 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>10 December, 1993 (10.12.93),<br>Par. Nos. [0012] to [0024]<br>(Family: none) | 7-8 |
| A | JP 07-273155 A (Nippon Avionics Co., Ltd.),<br>20 October, 1995 (20.10.95),<br>Full text<br>(Family: none) | 3-4,6,11-13 |

☐ 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 09 May, 2008 (09.05.08) | 20 May, 2008 (20.05.08) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office<br><br>Facsimile No. | Authorized officer<br><br>Telephone No. |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０５３２８１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/607(2006.01)i, H01L21/60(2006.01)i

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.　H01L21/607, H01L21/60

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 | １９７１－２００８年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２００８年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２００８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<br>Y<br>A | JP 03-245544 A（株式会社東芝）1991.11.01,第２頁右下欄第３行-第３頁左下欄第18行、第４図（ファミリーなし） | 1-2,5,9-10<br>7-8<br>3-4,6,11-13 |
| Y | JP 05-326650 A（三菱電機株式会社）1993.12.10, 段落 0012-0024（ファミリーなし） | 7-8 |
| A | JP 07-273155 A（日本アビオニクス株式会社）1995.10.20, 全文（ファミリーなし） | 3-4,6,11-13 |

☐　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<br>０９．０５．２００８ | 国際調査報告の発送日<br>２０．０５．２００８ |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）<br>郵便番号１００－８９１５<br>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）　４Ｒ　３５４７<br>石野　忠志<br>電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４７１ |