

(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
2022年12月1日(01.12.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/249384 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/020152

(22) 国際出願日: 2021年5月27日(27.05.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 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 5 1 番地の 1 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 関根 直希(SEKINE, Naoki); 〒2088585 東京都武蔵村山市伊奈平 2 丁目 5 1 番地の 1 株式会社新川内 Tokyo (JP). 萩原 美仁(HAGIWARA, Yoshihito); 〒2088585 東京

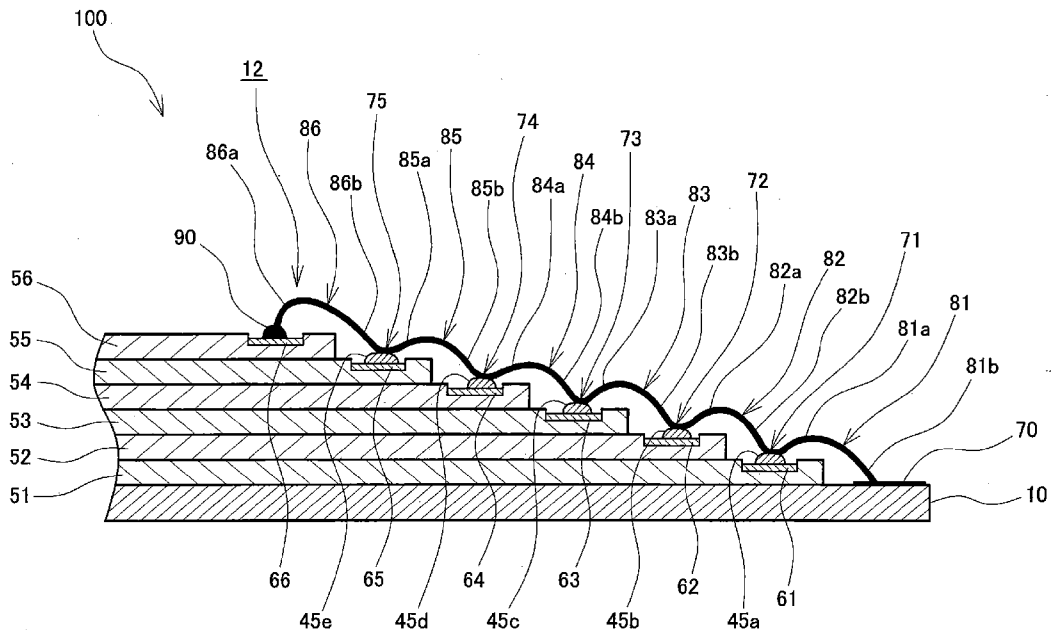
都武蔵村山市伊奈平 2 丁目 5 1 番地の 1 株式会社新川内 Tokyo (JP). 秋山 真一(AKIYAMA, Shinichi); 〒2088585 東京都武蔵村山市伊奈平 2 丁目 5 1 番地の 1 株式会社新川内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 Y K I 国際特許事務所(YKI INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町一丁目 3 4 番 1 2 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置の製造方法



(57) Abstract: A method for manufacturing a semiconductor device in which electrodes (65, 64) of semiconductor chips (55, 54) are sequentially connected by a common wire (12), wherein the electrodes (65, 64) are sequentially connected by the wire (12) through: a bump forming step for forming bumps (45e, 45d) on electrodes (65, 64) using a capillary (20); after the bump forming step, a joining step for pressing the side surface of the wire (12) against the bump (45e) using the capillary (20) to join the side surface of the wire (12) to the bump (45e); after the joining step, a looping step for looping

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the wire (12) to the top of the bump (45d) using the capillary (20); and a joining step for pressing the side surface of the wire (12) against the bump (45d) using the capillary (20) to join the side surface of the wire (12) to the bump (45d).

(57) 要約: 半導体チップ (55、54) の電極 (65、64) を共通のワイヤ (12) によって順次接続する半導体装置の製造方法であって、キャピラリ (20) によって各電極 (65、64) にバンプ (45e、45d) を形成するバンプ形成工程と、バンプ形成工程の後、キャピラリ (20) によってワイヤ (12) の側面をバンプ (45e) に押し付けて、ワイヤ (12) の側面をバンプ (45e) に接合する接合工程と、接合工程の後、キャピラリ (20) によってワイヤ (12) をバンプ (45d) の上までルーピングするルーピング工程と、キャピラリ (20) によってワイヤ (12) の側面をバンプ (45d) に押し付けて、ワイヤ (12) の側面をバンプ (45d) に接合する接合工程と、により電極 (65、64) を共通のワイヤ (12) によって順次接続する。

明 細 書

発明の名称：半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体装置の大容量化の要求から、複数の半導体チップを基板あるいはリードフレーム上に積層して構成した積層型半導体装置が多く用いられている。また、このような積層型半導体装置では、同時に薄型化、小形化の要請があることから、各層の半導体チップのパッドとリードフレームとを別々に接続するのではなく、隣接する各半導体チップのパッド間又は半導体チップのパッドとリードフレームのリードとの間をワイヤによって順次接続するワイヤボンディング方法が用いられている。この方法では、ワイヤボンディングの際に半導体チップにダメージを与えないように、まず、各半導体チップの各パッド上にバンプを形成し、その後、リードフレームのリードから半導体チップのパッドの上に向けて逆ボンディングを行い、更に、ボンディングがされたバンプ上から隣接する半導体チップのバンプの上に向けて次の逆ボンディングを行うようにしてワイヤをリードフレームから最上層の半導体チップのパッドに向けて順次接続する方法が用いられている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第3573133号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、特許文献1に記載された従来技術では、2つのバンプの間をボールボンディングで接続することを複数回繰り返して3つのバンプの接続を行っている。ボールボンディングではワイヤの先端をフリーエアボールに成形

することが必要であり、特許文献1に記載された従来技術ではワイヤボンディングに時間が掛かってしまう場合があった。

[0005] そこで、本発明は、短時間に3つ以上の電極をワイヤで接続することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の半導体装置の製造方法は、半導体チップ又は基板の3つ以上の電極を共通のワイヤによって順次接続する半導体装置の製造方法であって、キャピラリによって各電極にバンプを形成するバンプ形成工程と、バンプ形成工程の後、キャピラリによってワイヤの側面を一の電極の上に形成された一のバンプに押し付けて、ワイヤの側面を一のバンプに接合する接合工程と、接合工程の後、キャピラリによってワイヤを他の電極の他のバンプの上までルーピングするルーピング工程と、を交互に繰り返して各電極を共通のワイヤによって順次接続すること、を特徴とする。

[0007] このように、共通のワイヤで3つ以上の電極の上のバンプを順次接続するので、短い時間で半導体チップの電極と基板の電極とを接続することができる。

[0008] 本発明の半導体装置の製造方法において、各電極は、半導体チップ又は基板の表面から凹んでおり、バンプ形成工程は、各バンプの上端が半導体チップ又は基板の表面よりも高くなるように各電極の上に各バンプをそれぞれ形成してもよい。

[0009] これにより、半導体チップの電極が表面よりも凹んでいる場合に、キャピラリでワイヤをバンプに接合する際に、キャピラリの先端が半導体チップの表面の保護膜に接触することを抑制できる。

[0010] 本発明の半導体装置の製造方法において、ルーピング工程は、接合工程の後、一の電極の上の一のバンプからキャピラリを垂直に上昇させる第一上昇工程と、第一上昇工程の後、他の電極の上の他のバンプの方に向って斜め下方向にキャピラリを移動させる第一の斜め移動工程と、第一の斜め移動工程

の後、再度、キャピラリを垂直に上昇させる第二上昇工程と、第二上昇工程の後、他の電極の上の他のバンプと反対側に向って斜め下方向にキャピラリを移動させるリバース工程と、リバース工程の後、一の電極の上の一のバンプの直上まで斜め上方向にキャピラリを移動させる第二の斜め移動工程と、第二の斜め移動工程の後、再度、キャピラリを垂直に上昇させる第三上昇工程と、第三上昇工程の後、他の電極の上の他のバンプの直上に向って弧状にキャピラリを移動させる弧状移動工程と、を含んでもよい。

発明の効果

[0011] 本発明は、短時間に3つ以上の電極をワイヤで接続できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施形態の半導体装置の製造方法を実行するワイヤボンディング装置の構成を示す系統図である。

[図2]図1に示すワイヤボンディング装置で製造した半導体装置を示す断面図である。

[図3]図2に示す半導体装置の接合部を示す斜視図である。

[図4]電極の上にバンプを形成する際のキャピラリの先端の移動を示す説明図である。

[図5A]図1に示すワイヤボンディング装置を用いてバンプを形成する際のフリーエアボールの形成工程を示す図である。

[図5B]図1に示すワイヤボンディング装置を用いてバンプを形成する際のボールボンディングを行って圧着ボールを形成した状態を示す図である。

[図5C]図5Bに示す状態からキャピラリを上昇させた状態を示す図である。

[図5D]図5Cに示す状態からキャピラリをリバース側に横移動させた状態を示す図である。

[図5E]図5Dに示す状態からキャピラリを上昇させた状態を示す図である。

[図5F]図5Eに示す状態からキャピラリをフォワード側に横移動させ、リバース側のフェイス部をボールネックの直上に位置させた状態を示す図である。

。

[図5G]キャピラリのリバーズ側のフェイス部でボールネックの上にワイヤの側面を押し付けて押し潰し部を形成した状態を示す図である。

[図5H]図5 Gの状態からキャピラリを上昇させた状態を示す図である。

[図5I]図5 Hに示す状態からキャピラリをリバーズ側に横移動させ、フォワード側のフェイス部を押し潰し部の直上に位置させた状態を示す図である。

[図5J]キャピラリのフォワード側のフェイス部で押し潰し部の上にワイヤの側面を押し付けてバンプを形成した状態を示す図である。

[図5K]図5 Jの状態からワイヤクランパとキャピラリとを上昇させ、キャピラリの先端からワイヤテールを延出させた後、ワイヤクランパを閉とした状態でクランパとキャピラリとを更に上昇させてワイヤテールをバンプから分離した状態を示す図である。

[図6A]実施形態の半導体装置の製造方法において、フリーエアボールを形成した後、キャピラリを最上段の半導体チップのパッドの直上に移動させた状態を示す図である。

[図6B]図6 Aで形成したフリーエアボールを半導体チップのパッドに押圧して圧着ボールを形成する工程を示す図である。

[図6C]図6 Bの後、次のパッドの上に形成されたバンプに向かってルーピングする工程を示す図である。

[図6D]図6 Cに示すルーピングの後、次のパッドの上に形成されたバンプの上にワイヤの側面を接合する工程を示す図である。

[図6E]図6 Dに示す状態からワイヤをルーピングする工程を示す図である。

[図6F]図6 Eに示すルーピングの後、次のパッドの上のバンプの上にワイヤの側面を接合する工程を示す図である。

[図6G]図6 Fに示す状態からワイヤをルーピングする工程を示す図である。

[図6H]図6 Gに示すルーピングの後、次のパッドの上のバンプの上にワイヤの側面を接合する工程を示す図である。

[図7]図6 A～図6 Dに示す工程におけるキャピラリの高さの変化を示す図である。

[図8]図6E～図6Hに示す工程におけるキャピラリの高さの変化を示す図である。

[図9]実施形態の半導体装置の製造方法のルーピング工程におけるキャピラリの先端の軌跡を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照しながら実施形態の半導体装置100の製造方法について説明する。半導体装置100の製造方法について説明する前に、実施形態の製造方法を実行するワイヤボンディング装置101について説明する。ワイヤボンディング装置101は、実施形態の製造方法を実行して半導体装置100を製造する。

[0014] 図1に示すように、ワイヤボンディング装置101は、XYテーブル18xと、XYテーブル18xの上に設置されたボンディングヘッド18aと、基板10と半導体チップ51～56とを吸着固定するボンディングステージ14とを備えている。ボンディングヘッド18aは、XYテーブル18xの上に取り付けられてXYテーブル18xによってXY方向に移動する。ボンディングヘッド18aの中には、Z方向モータ18zとZ方向モータ18zによって駆動され、回転中心28の回りに駆動されるボンディングアーム13が取り付けられている。

[0015] ボンディングアーム13は、根元部13aがZ方向モータ18zの固定子18sに対向し、Z方向モータ18zの回転中心28の周りに回転自在に取り付けられる回転子となっている。ボンディングアーム13の先端には超音波ホーン16が取り付けられている。

[0016] 超音波ホーン16の先端は、ボンディングステージ14の表面の近傍では上下方向であるZ方向に移動する。また、超音波ホーン16の根元には、超音波振動子15が取り付けられおり、超音波ホーン16の先端に取り付けられたキャピラリ20を超音波加振するよう構成されている。XYテーブル18xとボンディングヘッド18aのZ方向モータ18zとし移動機構18を構成し、移動機構18はXYテーブル18xによってボンディングヘッド1

8 a をボンディングステージ 1 4 の表面に沿った面内(X Y 面内)で自在な位置に移動することができる。そして、移動機構 1 8 は、ボンディングアーム 1 3 の先端に取り付けられた超音波ホーン 1 6 の先端及びその先端に取り付けられたキャピラリ 2 0 を X Y Z の方向に自在に移動させることができる。

[0017] また、ボンディングステージ 1 4 の上側には放電電極 1 9 が設けられている。放電電極 1 9 は、キャピラリ 2 0 に挿通してキャピラリ 2 0 の先端 2 5 から延出したワイヤ 1 2 との間で放電を行い、ワイヤ 1 2 を溶融させてフリーエアボール 4 0 を形成する。

[0018] 図 1 に示すように、ワイヤボンディング装置 1 0 1 は制御部 3 1 によって各部の位置の検出及び動作の制御が行われる。制御部 3 1 は、内部に情報処理を行うプロセッサである CPU 3 2 と、動作プログラムや動作データを格納するメモリ 3 3 とを備えるコンピュータである。X Y テーブル 1 8 x には、ボンディングヘッド 1 8 a の X Y 方向位置を検出する X Y 位置検出手段が内蔵されている。また、ボンディングヘッド 1 8 a にはボンディングアーム 1 3 の回転中心 2 8 の回りの回転角度を検出することによってキャピラリ 2 0 の先端 2 5 の Z 方向高さを検出するキャピラリ高さ検出器 2 9 が設けられている。キャピラリ高さ検出器 2 9 は回転角度を検出するものでなく、ボンディングアーム 1 3 の先端やキャピラリ 2 0 の先端 2 5 の位置を直接検出するものでもよい。また、キャピラリ高さ検出器 2 9 も非接触式であってもよいし、接触式であってもよい。

[0019] キャピラリ高さ検出器 2 9 の検出信号は制御部 3 1 に入力される。また、X Y テーブル 1 8 x とボンディングヘッド 1 8 a の Z 方向モータ 1 8 z によって構成される移動機構 1 8、クランプ開閉機構 2 7、超音波振動子 1 5 はそれぞれ制御部 3 1 に接続され、制御部 3 1 からの指令によって各機器が動作するように構成されている。

[0020] 次に、ワイヤボンディング装置 1 0 1 が製造する半導体装置 1 0 0 について簡単に説明する。図 2 に示すように、ワイヤボンディング装置 1 0 1 が製造する半導体装置 1 0 0 は、基板 1 0 の上に複数層に半導体チップ 5 6 ~ 5

1が積層された積層体である。各半導体チップ56～51の表面に設けられた電極であるパッド66～61は、半導体チップ56～51の表面よりも凹んでおり、パッド65～61の上には、高さが各半導体チップ56～51の表面よりも高い各バンプ45e～45aが形成されている。そして、最上段の半導体チップ56のパッド66と各段の半導体チップ55～51の各バンプ45e～45aと、基板10の電極70とは1本の共通のワイヤ12によって順次接続されている。尚、以下の説明では、各バンプ45a～45eを区別しない場合には、バンプ45という。ここで、共通のワイヤ12は金線であってもよいし、アルミ線、銅線等であってもよい。

[0021] 共通のワイヤ12は、最上段の半導体チップ56のパッド66の上にボールボンディングされ、パッド66の上には圧着ボール90が形成されている。圧着ボール90側の始端部86aから次の段の半導体チップ55のバンプ45eの側の終端部86bに向かってワイヤ12が弧状にルーピングされたルーピング部86が形成されている。ルーピング部86の終端部86bではワイヤ12の側面がバンプ45eに押圧、接合されて接合部75が形成されている。そして、再び、接合部75側の始端部85aから次の層の半導体チップ54のバンプ45dの側の終端部85bに向かってワイヤ12が弧状にルーピングされ、バンプ45eの側の始端部85aからバンプ45dの側の終端部85bに向かう弧状のルーピング部85が形成されている。ルーピング部85の終端部85bではワイヤ12の側面がバンプ45dに押圧、接合されて接合部74を形成している。同様に、ルーピング部84、接合部73、ルーピング部83、接合部72、ルーピング部82、接合部71が順次形成され、最後にパッド61の上のバンプ45aから基板10の電極70にワイヤ12がルーピングされてその側面が電極70の上に接合された後に切断される。このように、半導体装置100は、1つの共通のワイヤ12によって各半導体チップ56～51のパッド66と各パッド65～61の上に形成された各バンプ45e～45a、及び基板10の電極70とが順次接続される。

- [0022] 図3に示すように、各接合部75～71は、各パッド65～61の上に形成された各バンプ45e～45aの上に接合されている。各接合部75～71は厚さ（高さ） H_1 の長円形の扁平な板状で、ルーピング部86～82の終端部86b～82bとルーピング部85～81の始端部85a～81aとはそれぞれ接合部75～71の各長径端から斜め上方向に向かって伸びると共に、その断面形状が扁平形状から直径Dの円形に変化していくものである。図3に示すように、ルーピング部85～81の始端部85a～81aはパッド66～61の面に対して角度 θ_1 で斜め上方向に伸びており、ヒール部75b～71bの厚さ（高さ）は厚さ（高さ） H_2 である。
- [0023] 次に、半導体装置100の製造方法について説明する。最初に、図4、図5A～図5Kを参照しながら、一段目の半導体チップ51のパッド61の上にバンプ45aを形成するバンプ形成工程について説明する。
- [0024] 以下の説明では、パッド61から二段目の半導体チップ52のパッド62に近づく方向を「フォワード方向」と呼び、パッド62から離れる方向、或いは、パッド62と反対方向で基板10の電極70に近づく方向を「リバーサ方向」と呼ぶ。各図中に示す「F」の符号はフォワード方法を示し、「R」の符号は、リバーサ方向を示す。また、図4に示す矢印91a～91jは、図5A～図5K中に示す矢印91a～91jに対応する。
- [0025] 制御部31のプロセッサであるCPU32は、まず、ワイヤクランパ17を開放して、XYテーブル18x及びZ方向モータ18zを駆動制御して、キャピラリ20の先端25を放電電極19の近傍に移動させる。そして、CPU32は、放電電極19とキャピラリ20の先端25から延出したワイヤテール47a（図5K参照）との間で放電を発生させ、図5Aに示すように、キャピラリ20の先端25から延出したワイヤ12をフリーエアボール40に成形する。
- [0026] そして、CPU32は、図4、図5Aに示すように、XYテーブル18x及びZ方向モータ18zを駆動制御して、キャピラリ20の中心線24のXY座標をパッド61の中心線61aのXY座標に合わせる。そして、CPU

32は、図4、図5Bに示す矢印91aの様にキャピラリ20の先端25を点aまで下降させ、図5Bに示すように、キャピラリ20のフェイス部23でフリーエアボール40をパッド61の上に押圧するボールボンディングを行う。キャピラリ20がフリーエアボール40aをパッド61の上に押圧すると、フェイス部23とチャンファ部22とは、フリーエアボール40aを圧着ボール41aとボールネック42aとに成形する。

[0027] 次には、CPU32は、XYテーブル18x及びZ方向モータ18zを駆動制御して、図4、図5Cに示す矢印91bの様にキャピラリ20の先端25を点bまで上昇させる。次に、CPU32は、図4、図5Dに示す矢印91cの様にキャピラリ20の先端25を点cまでリバース方向に向かって横方向に移動させる。そして、CPU32は、図4、図5Eに示す矢印91dの様に、キャピラリ20の先端25を点dまで上昇させる。その後、CPU32は、図4、図5F中に示す矢印91eの様に、キャピラリ20のリバース側のフェイス部23のフェイス幅方向の中心がパッド61の中心線61aのXY座標となる点eまでキャピラリ20をフォワード側に横移動させる。

[0028] 矢印91b～91eに示すように、キャピラリ20の先端25を上昇させた後リバース方向へ横移動させ、その後、再度、キャピラリ20を上昇させた後フォワード方向に移動させることにより、図5Fに示すように、ボールネック42aの上側のワイヤ12がボールネック42aの上でリバース方向とフォワード方向とに折り返されたような形状になる。

[0029] そして、CPU32は、XYテーブル18x及びZ方向モータ18zを駆動制御して、図4、図5Gに示す矢印91fに示すようにキャピラリ20の先端25を点fまで下降させて、ボールネック42aの上でリバース方向とフォワード方向とに折り返されたワイヤ12の側面をボールネック42aの上に押圧して押し潰し、押し潰し部43aを形成する。

[0030] その後、CPU32は、図4、図5Hに示す矢印91gの様にキャピラリ20の先端25を点gまで上昇させた後、図4、図5Iに示す矢印91hの様にキャピラリ20のフォワード側のフェイス部23のフェイス幅方向の中

心がパッド61の中心線61aのXY座標となる点hまでキャピラリ20をリバーズ側に横移動させる。

[0031] このようなキャピラリ20の上昇とリバーズ方向への横移動により、図5Hに示す押し潰し部43aのフォワード側から上方向に立ち上がったワイヤ12は、押し潰し部43aの上側に折り重ねられる。

[0032] そして、CPU32は、XYテーブル18x及びZ方向モータ18zを駆動制御して、図4、図5Jに示す矢印91iに示すように、キャピラリ20の先端25を点iまで下降させ、押し潰し部43aの上にワイヤ12の側面を押圧して二回目の押し潰し部44aを形成する。この際、押し潰し部44aとキャピラリ20の貫通孔21の中に入っているワイヤ12とは、細い接続部46aでつながっている。

[0033] 次に、CPU32は、XYテーブル18x及びZ方向モータ18zを駆動制御して、図5Kに示す矢印91jのようにキャピラリ20を上昇させてキャピラリ20の先端25からワイヤテール47aを延出させる。その後、CPU32は、ワイヤクランパ17を閉としてワイヤクランパ17とキャピラリ20とを更に上昇させることによりワイヤ供給に接続されているワイヤテール47aの下端と接続部46aとを切断する。これにより、図5K、図6に示すように、パッド61の上にバンプ45aが形成される。図5Kに示すように、バンプ45aの上端は半導体チップ51の表面よりも高くなっている。

[0034] 以下、同様の方法で、半導体チップ52～55の各パッド62～65の上に各バンプ45b～45eを形成する。

[0035] 次に、図6A～図6H、図7～図9を参照しながら、各パッド65～61にそれぞれバンプ45e～45aを形成した後に、最上段の半導体チップ56のパッド66にボールボンディングを行い、その後、各半導体チップ55、54の各パッド65、64の上に形成された各バンプ45e、45dにワイヤ12をボンディングする工程について説明する。初期状態（図7に示す時刻t1）では、図6Aに示すように、キャピラリ20は最上段の半導体チ

チップ56のパッド66の直上に位置し、その先端25の高さは、高さC1となっている。この際、キャピラリ20の先端25には、フリーエアボール40が形成されている。

[0036] 制御部31のCPU32は、図7に示す時刻t1にキャピラリ20を高さC1から最上段の半導体チップ56のパッド66に向って降下させてボールボンディングを開始する。キャピラリ20の高さは、図1に示すキャピラリ高さ検出器29によって検出されて制御部31のCPU32に入力される。制御部31は、図7に示す時刻t2にキャピラリ20の高さが高さC3まで降下した信号が入力されると、キャピラリ20の降下速度を遅くして、キャピラリ20の先端25のフリーエアボール40がパッド66の表面に接地するかどうかをサーチしながら更にキャピラリ20を降下させていく。そして、制御部31のCPU32は、図6の時刻t3にキャピラリ20が高さC4となり、フリーエアボール40がパッド66の表面に接地した信号を検出したら、更に、キャピラリ20を降下させてフリーエアボール40をパッド66の表面に押し付けて図6Bに示すように圧着ボール90とする。それと共に、制御部31のCPU32は、図1に示す超音波振動子15に通電して超音波振動を発生させ、キャピラリ20によって所定の時間だけ圧着ボール90を超音波加振してパッド66の表面に金属接合する。接地の検出は、例えば、キャピラリ高さ検出器29により検出される信号が所定の単位時間当たりに変化しない場合に接地と判断してもよく、また、半導体チップ56とワイヤ12との間に電圧をかけておき、半導体チップ56とワイヤ12との間に電流が流れることを検出するようにしてもよい。

[0037] 制御部31のCPU32は、図7に示す時刻t4にボールボンディングが終了したら、図6C、図6Dに示すようにセカンドボンディングを開始する。制御部31のCPU32は、キャピラリ20を高さC2まで上昇させた後、次の段の半導体チップ55のパッド65の上に形成されたバンプ45eに向けてキャピラリ20の先端25を弧状に動かしてキャピラリ20をバンプ45eの直上まで移動させると共に、キャピラリ20を高さC5まで降下さ

せる。そして、制御部31のCPU32は、図7に示す時刻t5にキャピラリ20の高さがC5となったら、キャピラリ20の降下速度を遅くして、キャピラリ20の先端25のワイヤ12の側面がバンプ45eの表面に接地するかどうかをサーチしながら更にキャピラリ20を降下させていく。そして、制御部31のCPU32は、図7に示す時刻t6にキャピラリ20が高さC8となり、ワイヤ12の側面がバンプ45eの表面に接地した信号を検出したら、図6Dに示すように、キャピラリ20の先端25のフェイス部23をワイヤ12の側面に押し付けて接合工程を開始する。制御部31のCPU32は図1に示すキャピラリ高さ検出器29によってキャピラリ20の沈み込み量、すなわち、ワイヤ12の押しつぶし量を検出し、ワイヤ12の直径Dの2/3程度ワイヤ12を押しつぶし、接合部75の厚さ（高さ）H1がワイヤ12の直径Dの1/3程度となるまでワイヤ12を押圧する。そして、接合部75の厚さ（高さ）H1がワイヤ12の直径Dの1/3程度となると押圧を停止する。また、ワイヤ12の押圧と共に、制御部31のCPU32は、図1に示す超音波振動子15に通電して超音波振動を発生させ、バンプ45eの表面との間に接合部75を形成する。図7に示す時刻t7に接合部75が形成されると、パッド66とパッド65の上に形成されたバンプ45eとがルーピング部86によって接続される。ルーピング部86は、図2、図3を参照して説明したようにパッド66の側の始端部86aとパッド65の側の終端部86bとを備えており、終端部86bは接合部75につながっている。接合部75を形成すると、パッド65の上に形成されたバンプ45eへのセカンドボンディングと接合工程が終了する。

[0038] バンプ45eへのセカンドボンディングが終了したら、制御部31のCPU32は、図8に示す時刻t7にキャピラリ20の先端25を移動させるルーピング工程を開始する。制御部31のCPU32は、図9中の矢印92aに示すように、バンプ45eから垂直上方にキャピラリ20を図9の点pまで上昇させる（第一上昇工程）。次に図9に示す点pから点qに向って、つまり、バンプ45eから次にボンディングを行うバンプ45dの方向に向か

って、図9中に示す矢印92bの様に、キャピラリ20を円弧状に斜め下方向に移動させる（第一の斜め移動工程）。次に、制御部31のCPU32は、図9中の矢印92cに示すように、キャピラリ20を点qから点rまで垂直に上昇させる（第二上昇工程）。キャピラリ20を点rまで移動させたら、制御部31のCPU32は、リバース工程を行う。リバース工程は、図9中の矢印92dに示すように、点rから次のバンプ45dと反対側に向ってキャピラリ20を円弧状に斜め下方向に点sまで移動させる。点sは、接合部75を通るパッド65に垂直な線（第一上昇工程の際のキャピラリ20の軌跡）に対する角度 $\theta 2$ が $10 \sim 20^\circ$ となる点である。キャピラリ20が点sまで移動すると、図6Eに示すように、キャピラリ20の先端25には曲げ癖がついたワイヤ12が接合部75から伸びた状態となっている。次に、制御部31のCPU32は、図9中の矢印92eに示すように、先のリバース工程における点rから点sまでのキャピラリ20の軌跡に沿ってキャピラリ20を次のバンプ45dに向って斜め上方向に移動させ、キャピラリ20の位置をバンプ45eの直上の点tとする（第二の斜め移動工程）。そして、制御部31のCPU32は、図9中の矢印92fに示すように、点tから点uまでキャピラリ20を再度垂直に上昇させる（第三上昇工程）。その後、制御部31のCPU32は、図9中の矢印92gに示すように、点uからバンプ45dの直上の点vまでキャピラリ20を弧状に移動させる（弧状移動工程）。このように、バンプ45eから、第一上昇工程、第一の斜め移動工程、第二上昇工程、リバース工程、第二の斜め移動工程、第三上昇工程のようにキャピラリ20を移動させた後、キャピラリ20をバンプ45d直上の点gに向って弧状に移動させる弧状移動工程によって、図2、図3を参照して説明したような形状のヒール部75b～71bとルーピング部85の始端部85aが形成される。特に、リバース工程において、接合部75を通るパッド65に垂直な線（第一上昇工程の際のキャピラリ20の軌跡）に対する角度 $\theta 2$ が $10 \sim 20^\circ$ となる点sまでキャピラリ20を移動させることによって、ヒール部75bの厚さ（高さ）H2と斜め上方 $45 \sim 60^\circ$ の

角度 $\theta 1$ とが形成される。

[0039] そして、図8に示す時刻 $t 8$ にキャピラリ20が高さ $C 9$ まで降下してくると、先にバンプ45eへの接合部75の形成と同様、キャピラリ20の降下速度を小さくして、キャピラリ20の先端25のワイヤ12の側面がバンプ45dに接地したかどうかを検出するサーチ動作を行い、図8の時刻 $t 9$ にキャピラリ20が高さ $C 10$ となり、ワイヤ12の側面がバンプ45dの表面に接地した信号を検出したら、図6Fに示すように、キャピラリ20の先端25のフェイス部23をワイヤ12の側面に押し付けて接合工程を開始する。制御部31のCPU32は、キャピラリ高さ検出器29によってキャピラリ20の沈み込み量を制御しながら、接合部74の厚さ（高さ） $H 1$ がワイヤ12の直径 D の $1/3$ 程度となるまでワイヤ12を押圧すると共に超音波振動子15に通電して超音波振動を発生させ、キャピラリ20によって所定の時間だけ接合部74を超音波加振してバンプ45dの表面との間に接合部74を形成する。図8の時刻 $t 10$ に接合部74が形成されると、バンプ45eとバンプ45dとが始端部85aと終端部85bを有するルーピング部85によって接続される。接合部74を形成すると、バンプ45dへのセカンドボンディングと接合工程が終了する。

[0040] 図8に示す時刻 $t 10$ にバンプ45dへのセカンドボンディングが終了したら、制御部31のCPU32は、先に説明したバンプ45eとバンプ45dとの間の接続と同様、図6G、図6Hに示すように、バンプ45dから図9に示す点pから点uのような軌跡でキャピラリ20を移動させた後、バンプ45cに向ってキャピラリ20をルーピングさせるルーピング工程を行い、図8に示す時刻 $t 11$ にキャピラリ20が高さ $C 11$ となったらキャピラリ20の降下速度を小さくしてサーチを行いながらワイヤ12の側面がバンプ45cの表面に接するまでキャピラリ20を降下させ、図8に示す時刻 $t 12$ に接地を検出したら、キャピラリ高さ検出器29によってキャピラリ20の高さを検出しながらワイヤ12をバンプ45cに押圧すると共に超音波振動子15に電圧を印加し、超音波加振して図2に示す接合部73を形成す

る接合工程を行う。

[0041] 以下、同様に、接合工程とルーピング工程とを交互に繰り返して実行し、バンプ45cとバンプ45b、バンプ45bとバンプ45aとを1本の共通のワイヤ12によって順次接続していく。そして、バンプ45aへのセカンドボンディングが終了したら、制御部31のCPU32は、キャピラリ20を基板10の電極70に向ってルーピングし、基板10の電極70の上に通常のセカンドボンディングを行った後、キャピラリ20を上昇させて、図1に示すワイヤクランパ17を閉じてキャピラリ20を更に上昇させて、ワイヤ12を切断し、1本のワイヤ12のボンディングを終了する。ここで、基板10の電極70への通常のセカンドボンディングは、ワイヤ12への切断がスムーズに行えるように、ワイヤ12の押しつぶし量が接合部75～71を形成する際のワイヤ12の押しつぶし量の2倍以上であり、押圧荷重も接合部75～71を形成する際の押圧荷重よりも非常に大きくなっている。一方、押圧荷重が大きいため、超音波加振が少なくても十分にワイヤ12と電極70とを金属接合できることから、超音波振動子15に印加する電圧は接合部75～71を形成する際の電圧よりも小さく、例えば、1/1.5程度となっている。

[0042] 以上説明したように、実施形態の半導体装置100の製造方法は、共通のワイヤ12で3つ以上のパッド65～61の上のバンプ45e～45aを順次接続するので、短い時間で半導体チップ55～51のパッド65～61と基板10の電極70とを接続することができる。

[0043] 実施形態の半導体装置100の製造方法では、バンプ形成工程において、バンプ45e～45aの上端が半導体チップ55～51の表面よりも高くなるように各パッド65～61の上に各バンプ45e～45aを形成している。これにより、半導体チップ55～51のパッド65～61が表面よりも凹んでいる場合に、キャピラリ20でワイヤ12をバンプ45e～45aに接合する際に、キャピラリ20の先端25のフェイス部23が半導体チップ55～51の表面の保護膜に接触することを抑制できる。

[0044] 以上説明した実施形態の半導体装置 100 の製造方法では、最上段の半導体チップ 56 のパッド 66 にボールボンディングを行い、その後、各段の半導体チップ 55 ～ 51 の各パッド 65 ～ 61 の上に形成された各バンプ 45 e ～ 45 a を上側の段から順に共通のワイヤ 12 で接続し、最後にワイヤ 12 を基板 10 の電極 70 にボンディングすることとして説明したがこれに限らない。例えば、各パッド 61 ～ 66 の上に各バンプ 45 a ～ 45 f (バンプ 45 f は図示せず) を形成し、基板 10 の電極 70 にボールボンディングを行った後、各バンプ 45 a ～ 45 f を下側の段から順に共通のワイヤ 12 で接続するようにしてもよい。また、基板 10 の電極 70 の上にバンプ 45 を形成し、ボールボンディングを行わずに、基板 10 の電極 70 の上のバンプ 45 と、各半導体チップ 51 ～ 56 の各パッド 61 ～ 66 の上に形成した各バンプ 45 a ～ 45 f を共通のワイヤ 12 で順次接続してもよい。

符号の説明

[0045] 10 基板、12 ワイヤ、13 ボンディングアーム、13a 根元部、14 ボンディングステージ、15 超音波振動子、16 超音波ホーン、17 ワイヤクランプ、18 移動機構、18a ボンディングヘッド、18s 固定子、18x XYテーブル、18z Z方向モータ、19 放電電極、20 キャピラリ、21 貫通孔、22 チャンファア部、23 フェイス部、24 中心線、25 先端、27 クランプ開閉機構、28 回転中心、29 キャピラリ高さ検出器、31 制御部、32 CPU、33 メモリ、40、40a フリーエアボール、41a、90 圧着ボール、42a ボールネック、43a、44a 押し潰し部、45、45a～45e バンプ、46a 接続部、47a ワイヤテール、51～56 半導体チップ、61～66 パッド、61a 中心線、70 電極、71～75 接合部、75b～71b ヒール部、85～81 ルーピング部、85a～81a 始端部、86b～82b 終端部、100 半導体装置、101 ワイヤボンディング装置。

請求の範囲

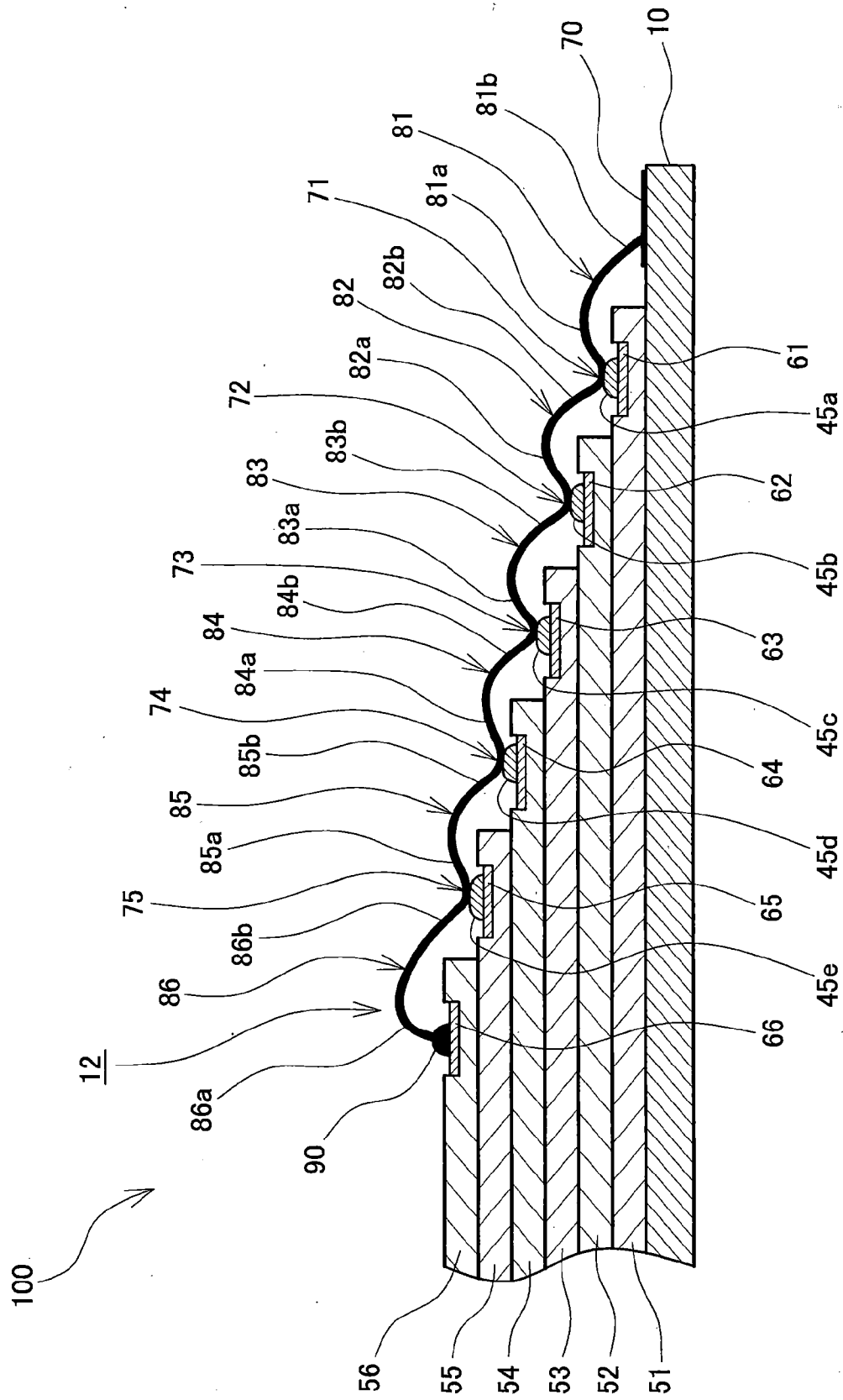
- [請求項1] 半導体チップ又は基板の3つ以上の電極を共通のワイヤによって順次接続する半導体装置の製造方法であって、
- キャピラリによって各電極にバンプを形成するバンプ形成工程と、
- 前記バンプ形成工程の後、前記キャピラリによって前記ワイヤの側面を一の電極の上に形成された一のバンプに押し付けて、前記ワイヤの側面を前記一のバンプに接合する接合工程と、前記接合工程の後、前記キャピラリによって前記ワイヤを他の電極の他のバンプの上までルーピングするルーピング工程と、を交互に繰り返して各電極を共通の前記ワイヤによって順次接続すること、
- を特徴とする半導体装置の製造方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の半導体装置の製造方法であって、
- 各電極は、前記半導体チップ又は前記基板の表面から凹んでおり、
- 前記バンプ形成工程は、各バンプの上端が前記半導体チップ又は前記基板の前記表面よりも高くなるように各電極の上に各バンプをそれぞれ形成すること、
- を特徴とする半導体装置の製造方法。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の半導体装置の製造方法であって、
- 前記ルーピング工程は、
- 前記接合工程の後、一の電極の上の一のバンプから前記キャピラリを垂直に上昇させる第一上昇工程と、
- 前記第一上昇工程の後、他の電極の上の他のバンプの方に向って斜め下方向に前記キャピラリを移動させる第一の斜め移動工程と、
- 前記第一の斜め移動工程の後、再度、前記キャピラリを垂直に上昇させる第二上昇工程と、
- 前記第二上昇工程の後、他の電極の上の他のバンプと反対側に向って斜め下方向に前記キャピラリを移動させるリバース工程と、
- 前記リバース工程の後、一の電極の上の一のバンプの直上まで斜め

上方向に前記キャピラリを移動させる第二の斜め移動工程と、

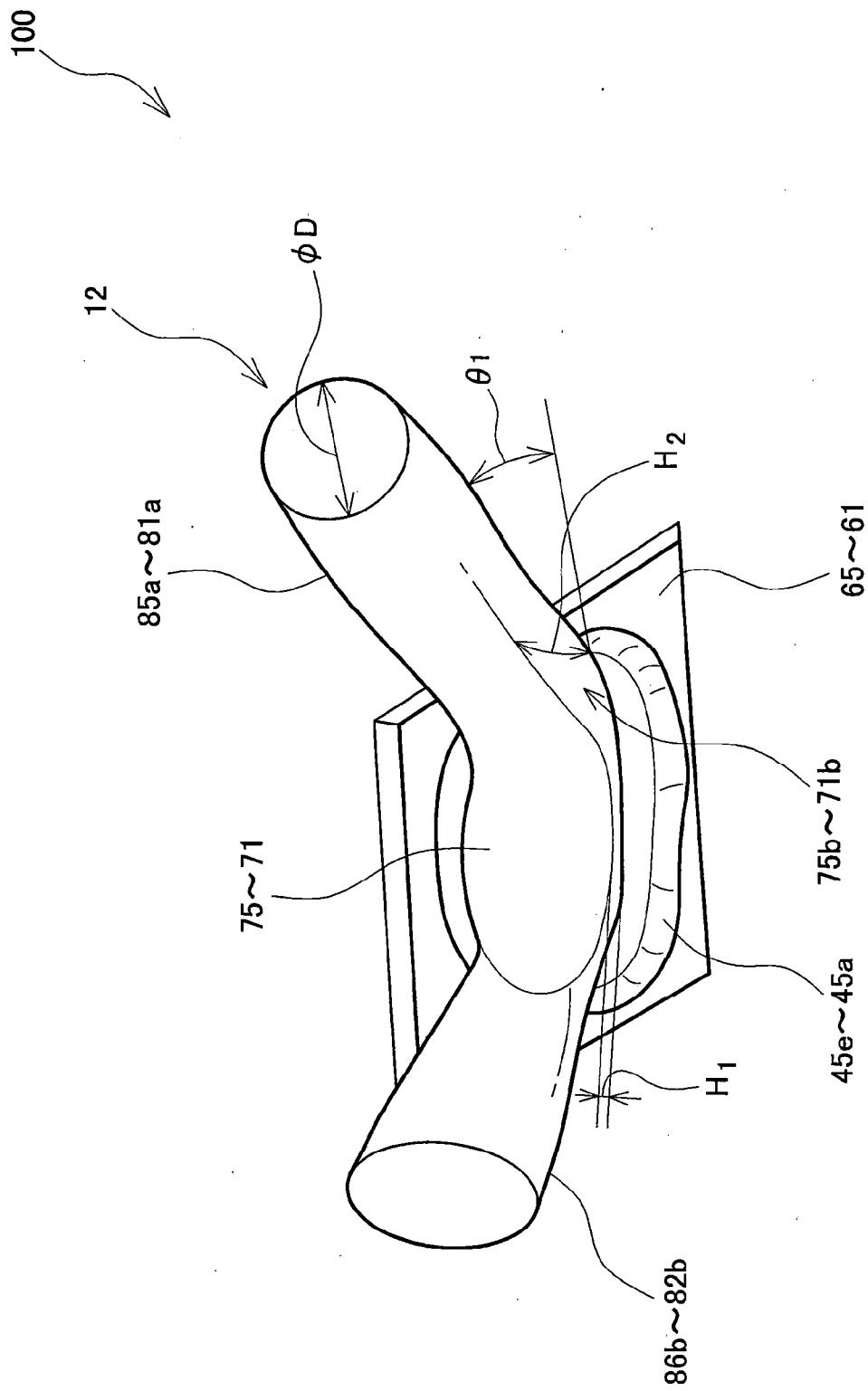
前記第二の斜め移動工程の後、再度、前記キャピラリを垂直に上昇させる第三上昇工程と、

前記第三上昇工程の後、他の電極の上の他のバンプの直上に向って弧状に前記キャピラリを移動させる弧状移動工程と、を含むこと、
を特徴とする半導体装置の製造方法。

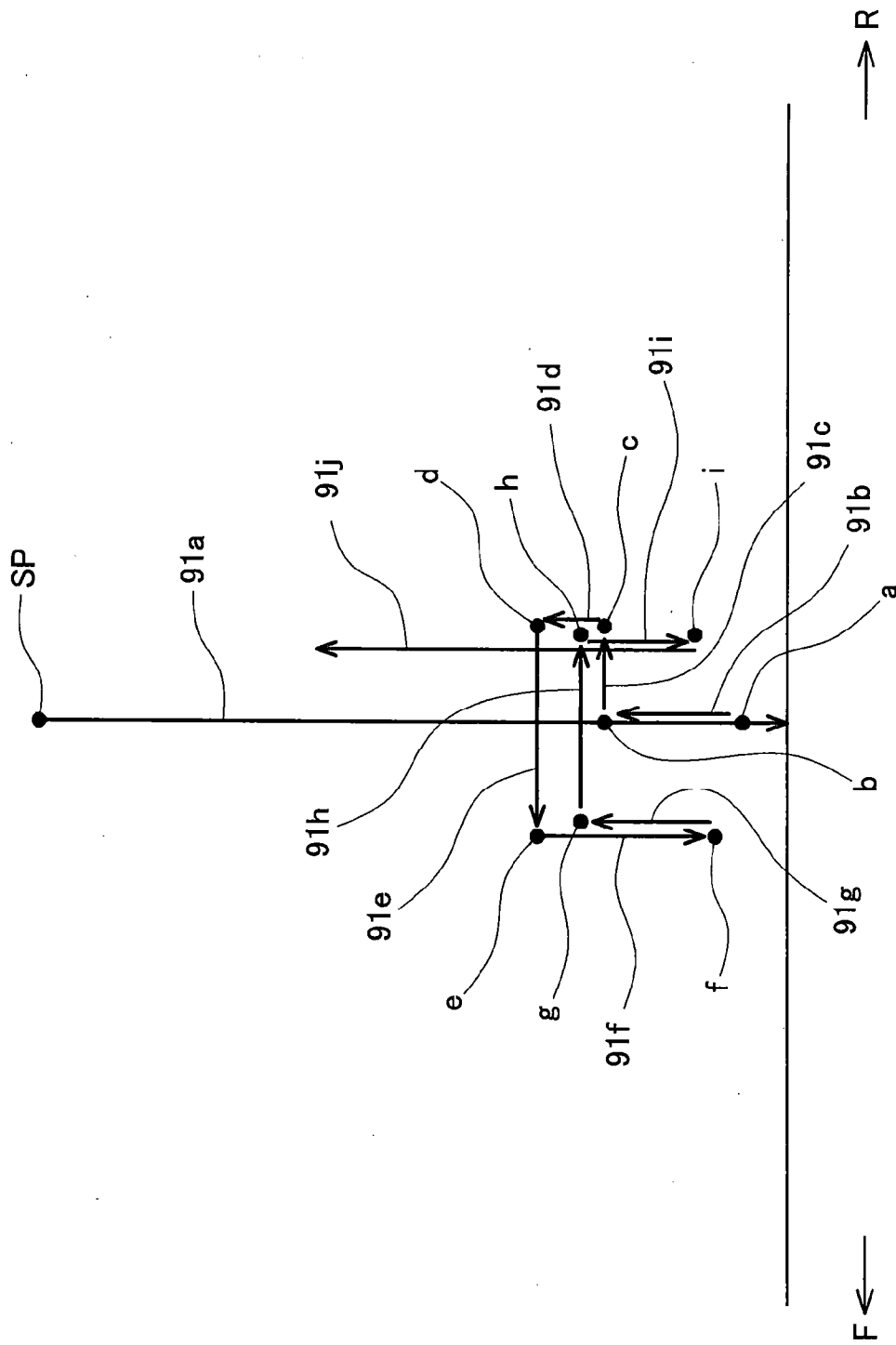
[図2]



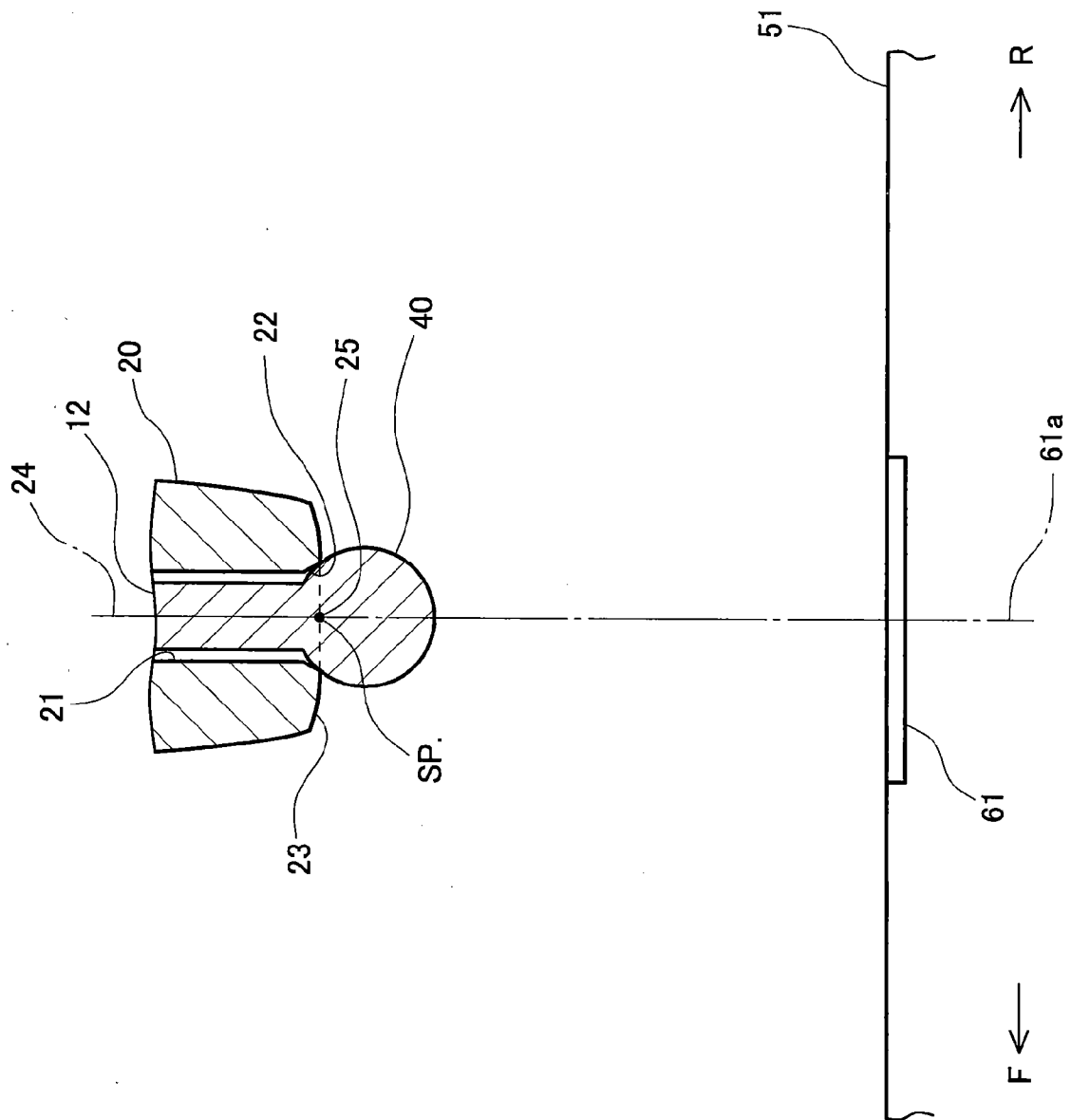
[図3]



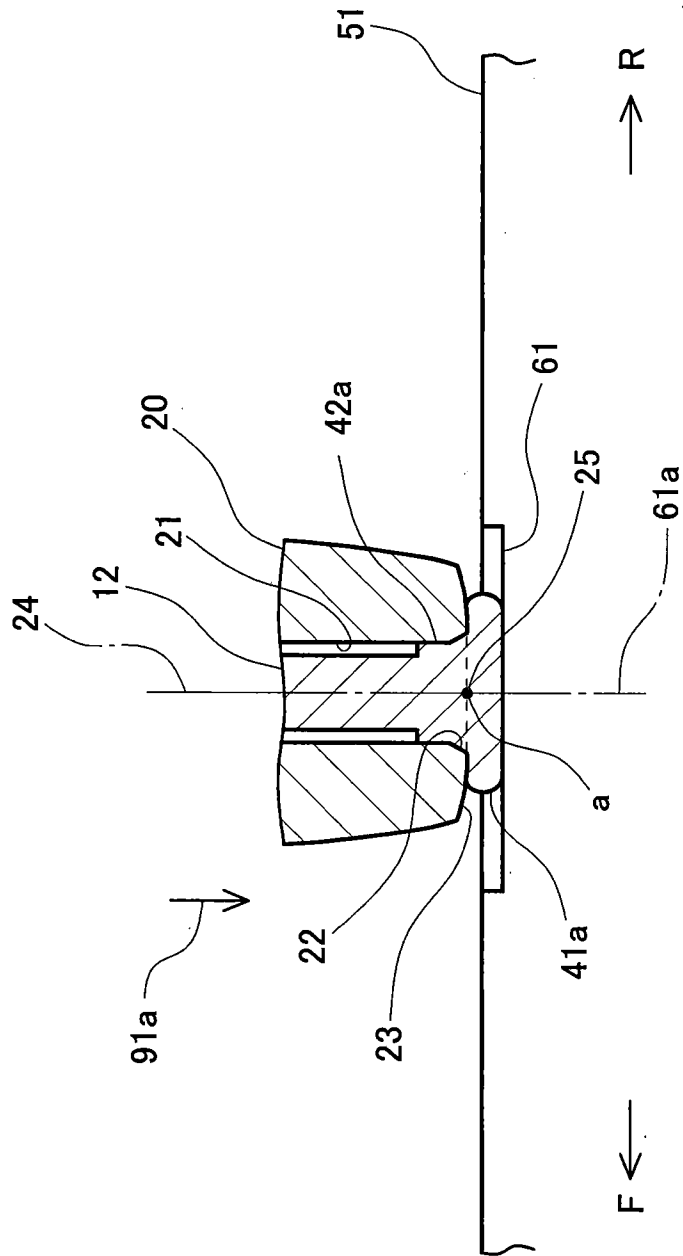
[図4]



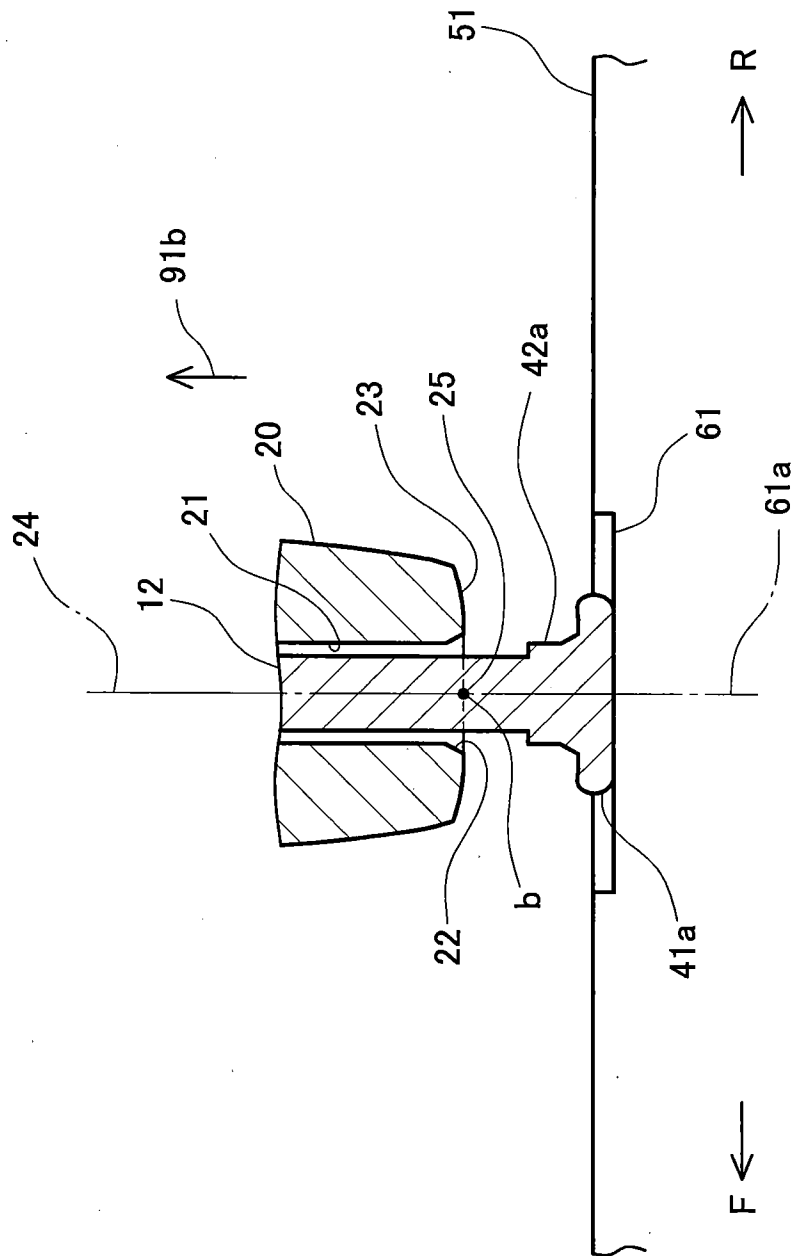
[図5A]



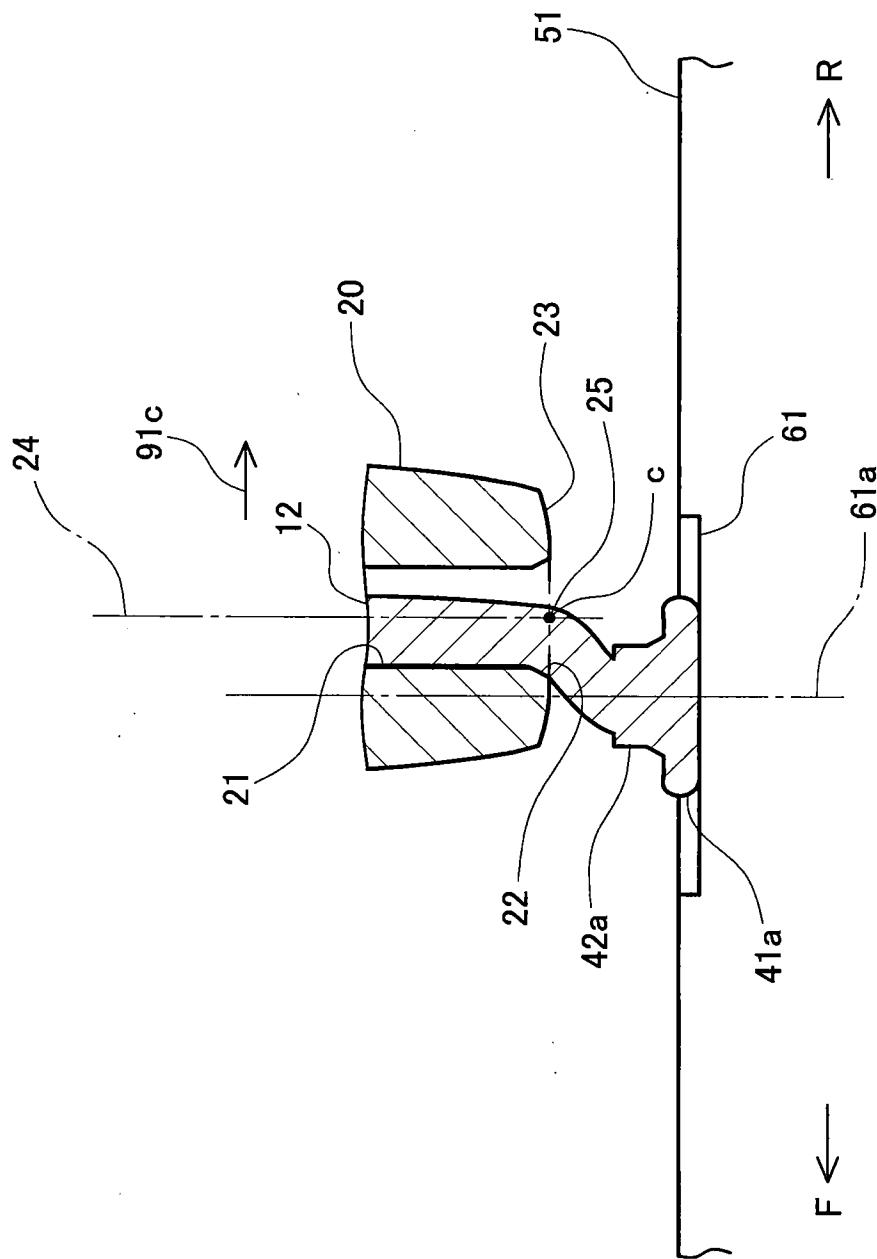
[図5B]



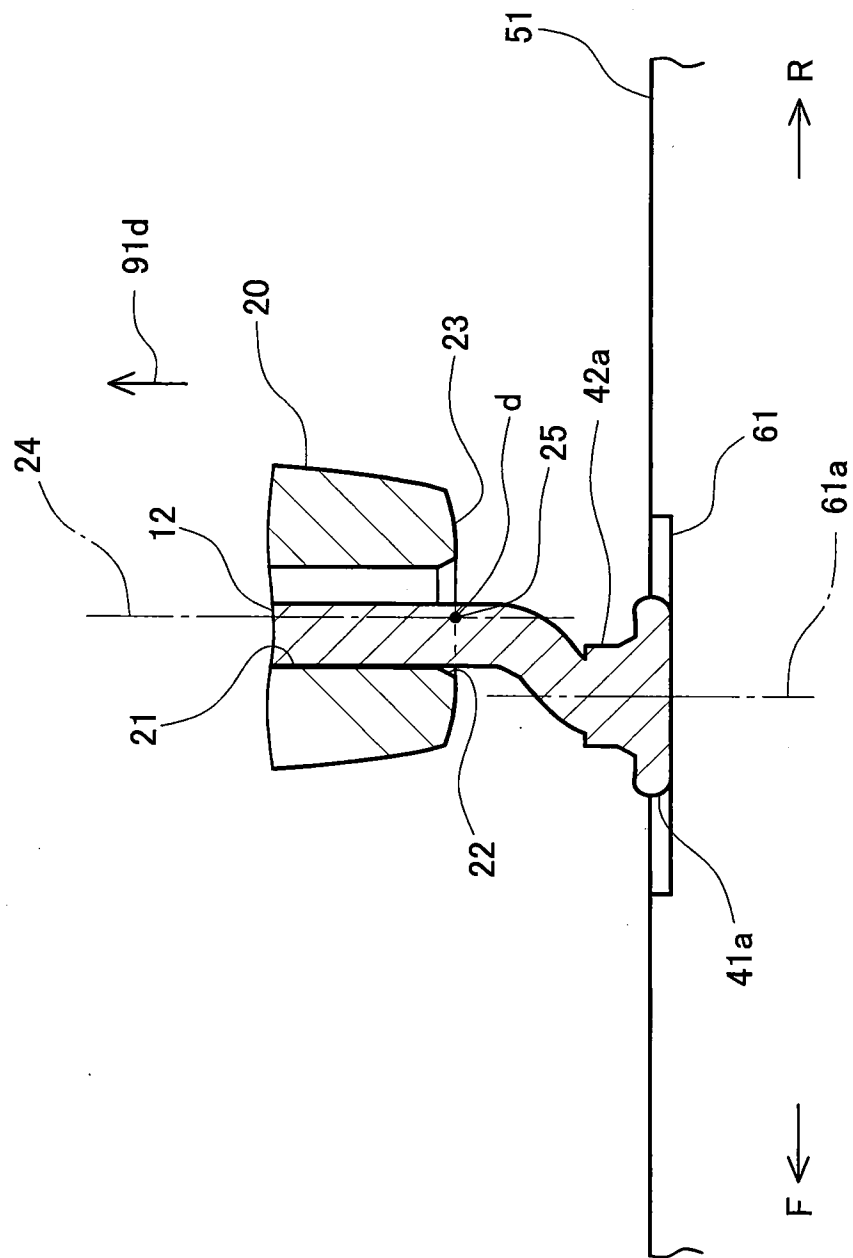
[図5C]



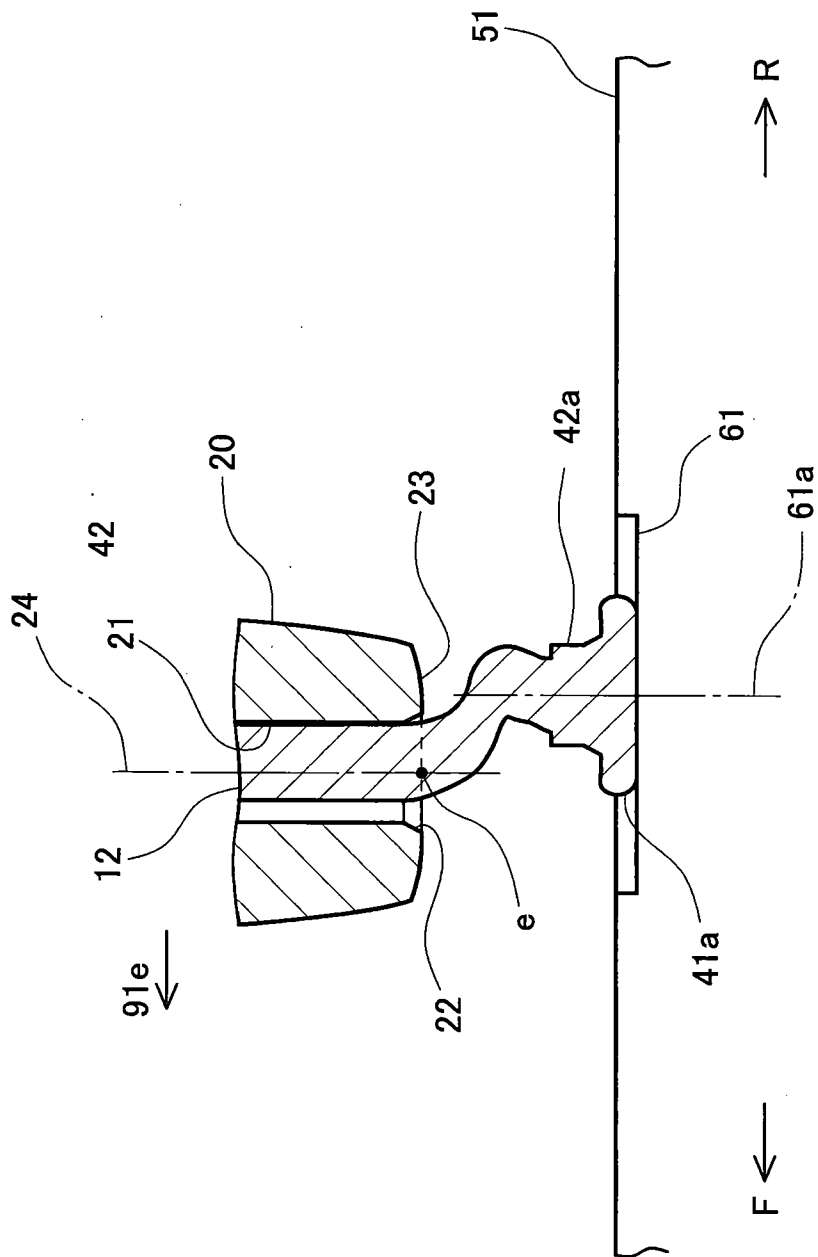
[図5D]



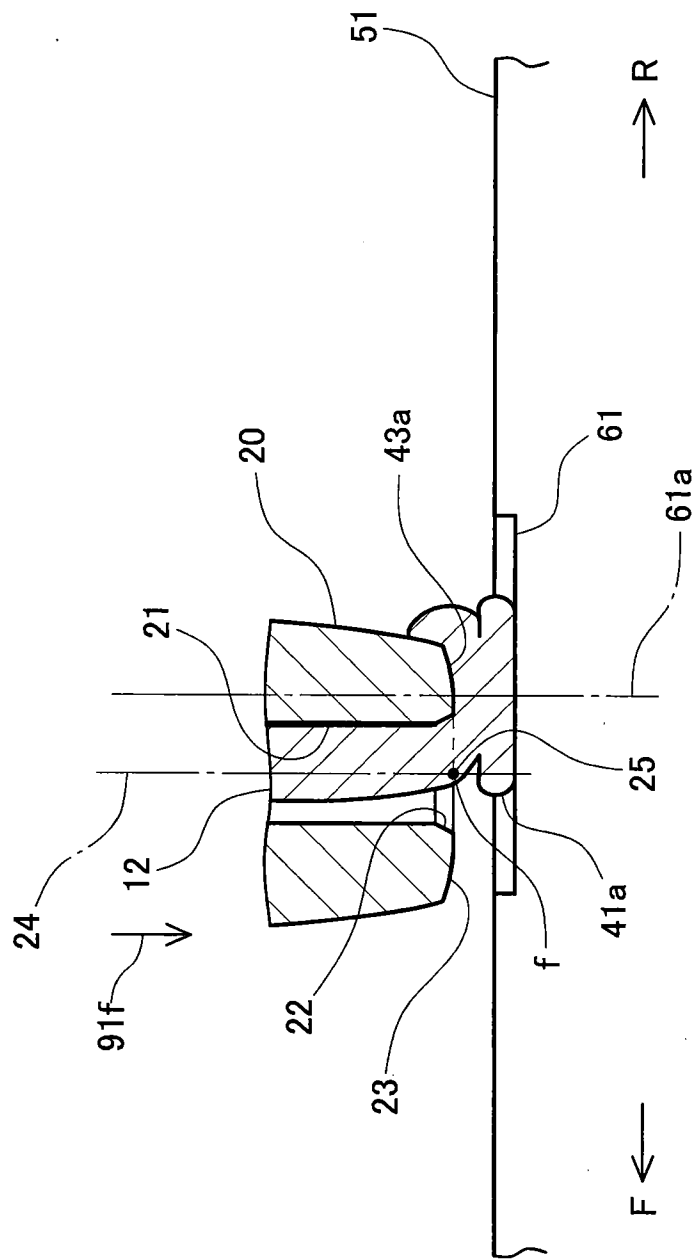
[図5E]



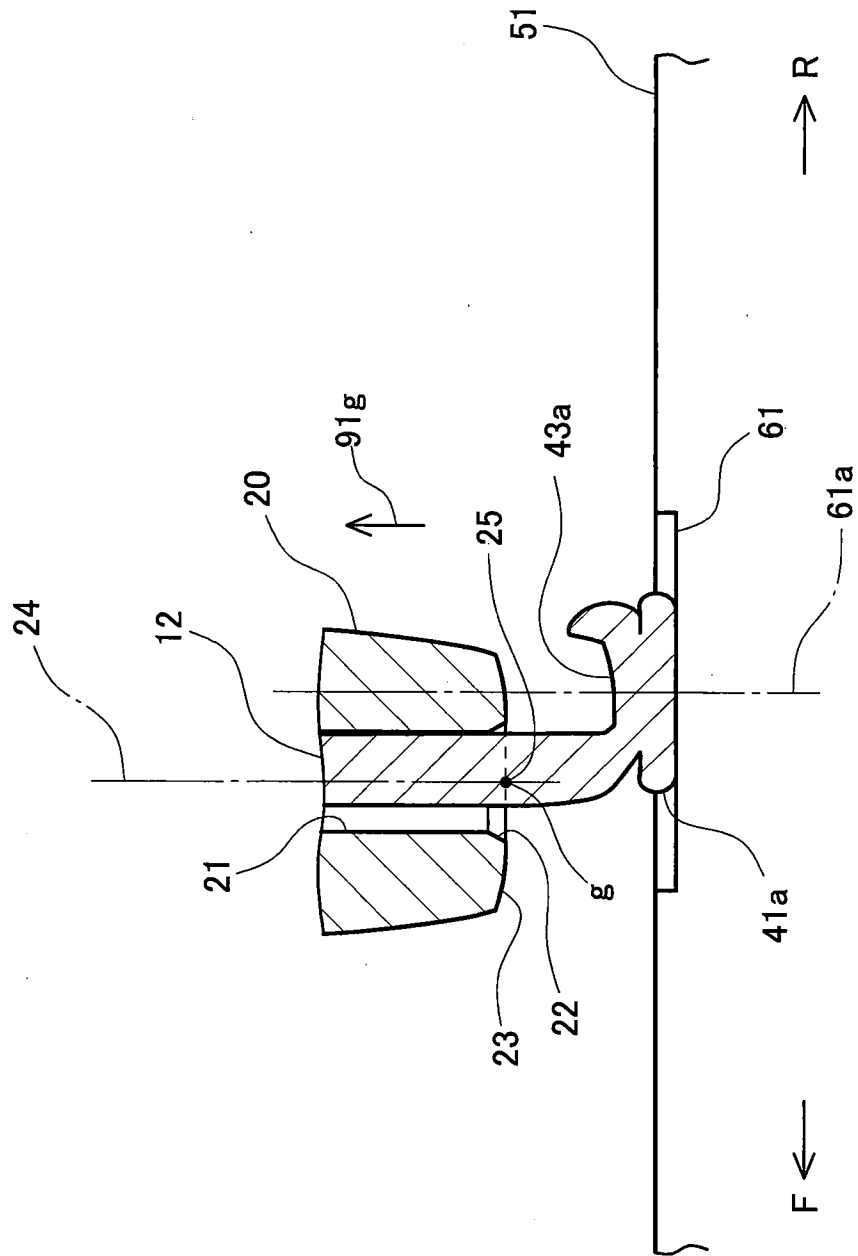
[図5F]



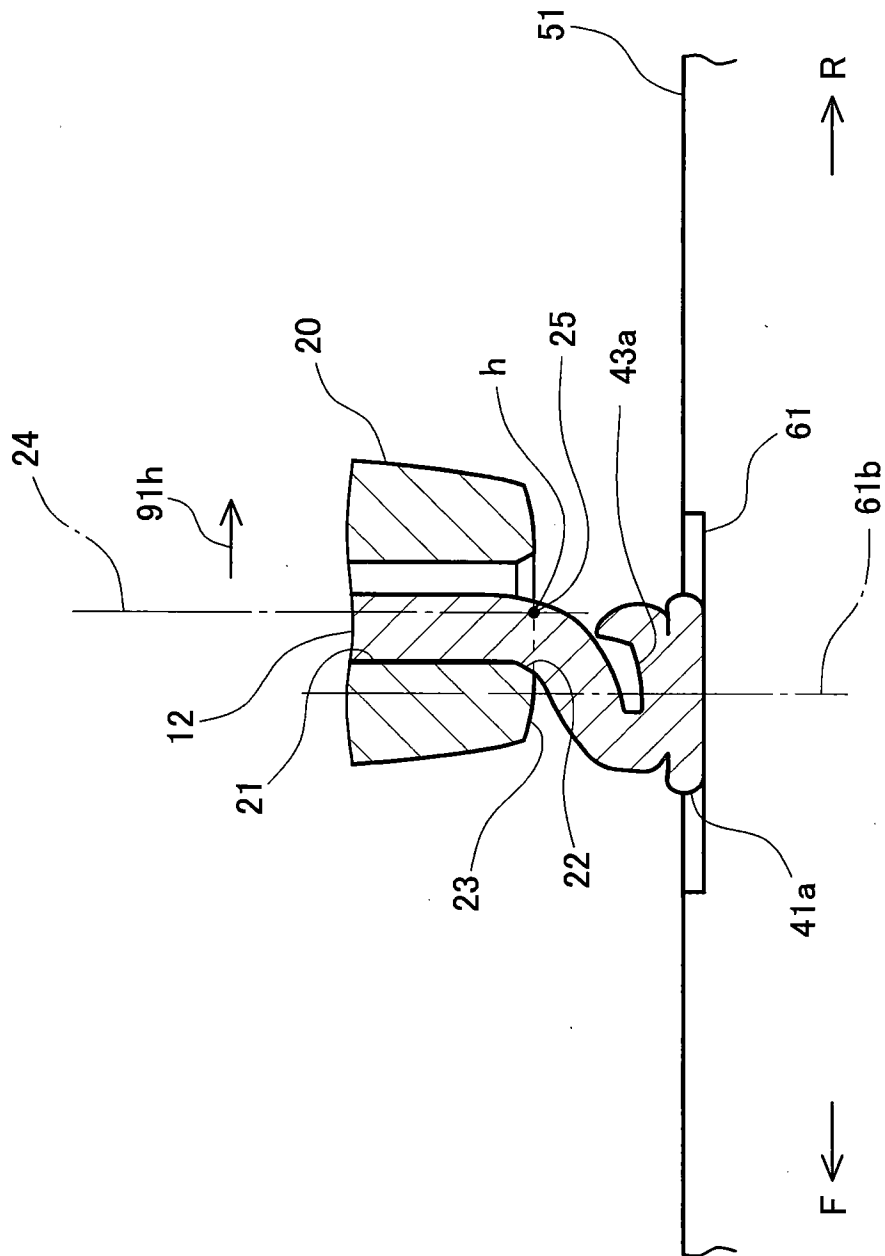
[図5G]



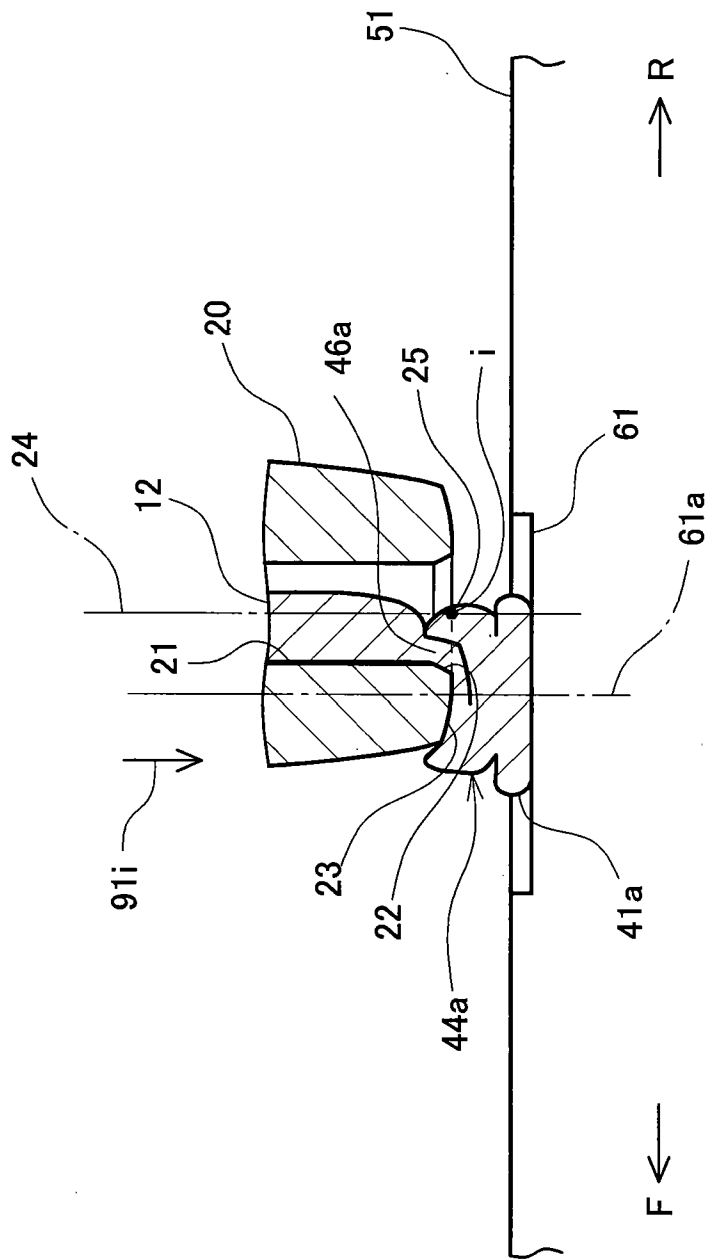
[図5H]



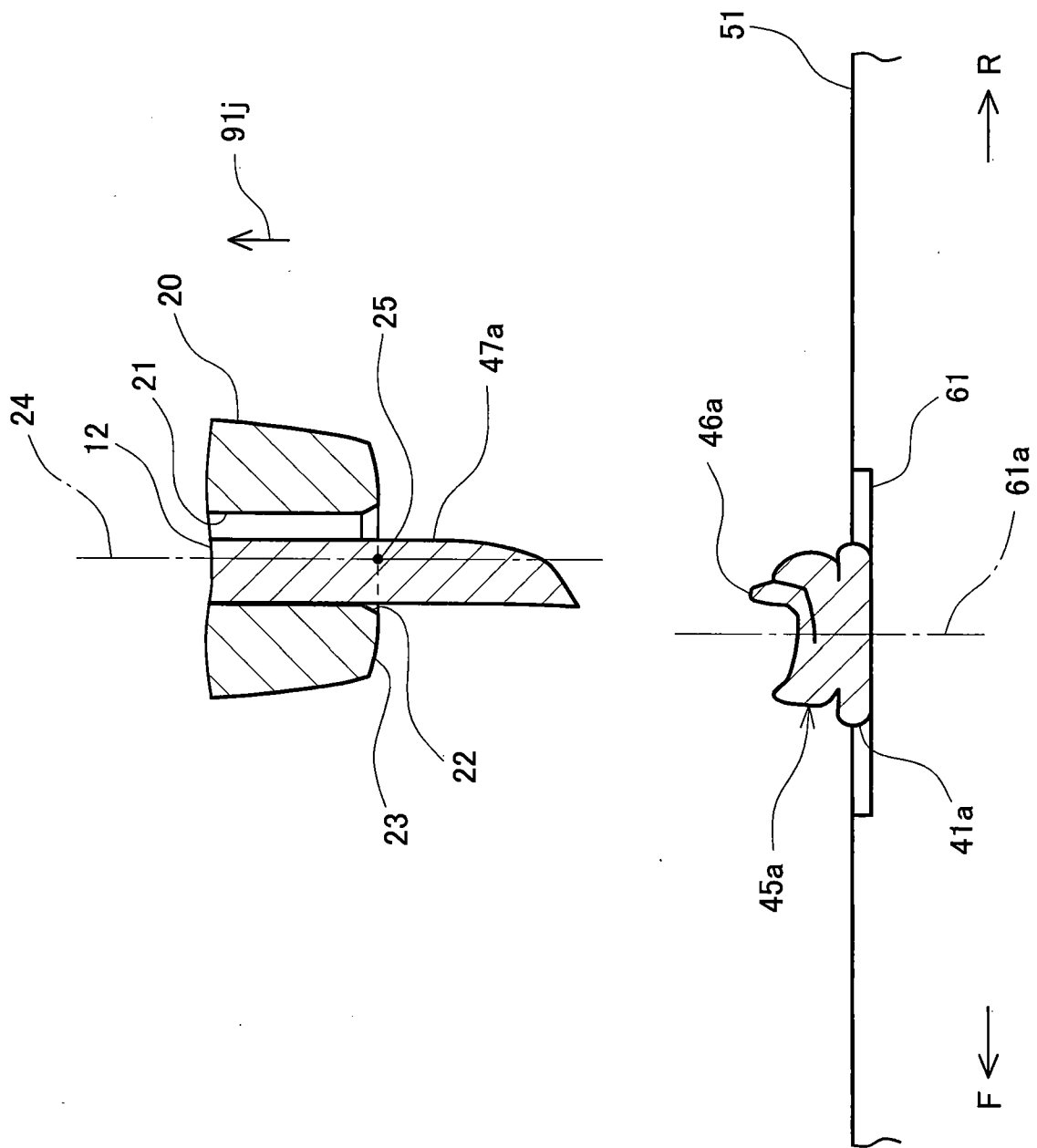
[図5I]



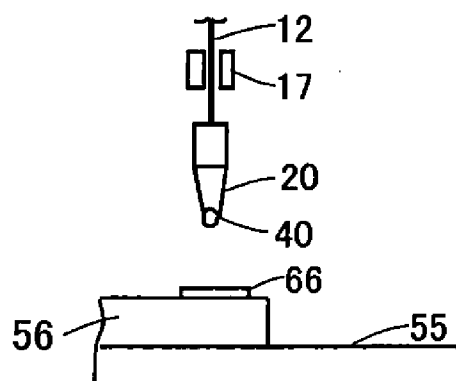
[図5J]



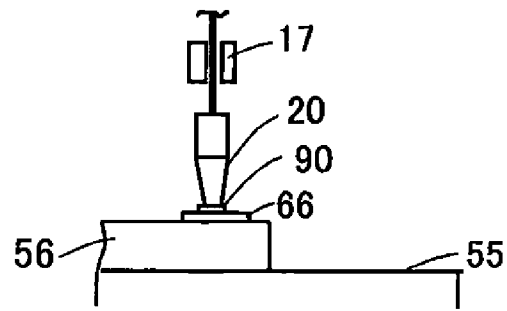
[図5K]



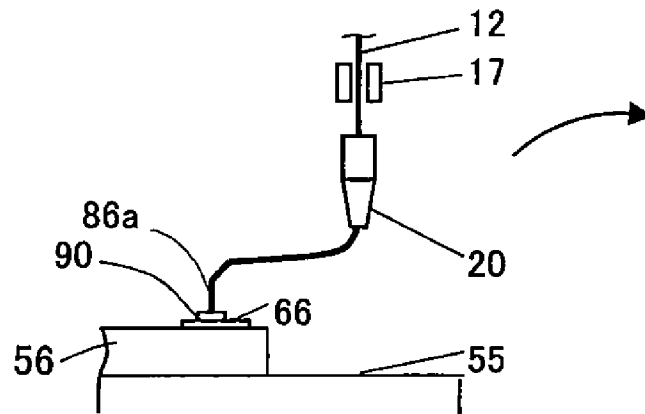
[図6A]



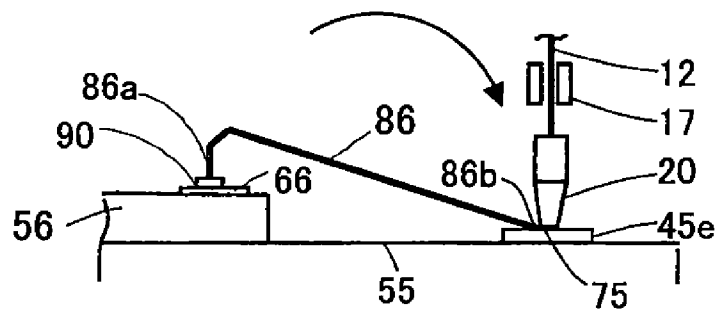
[図6B]



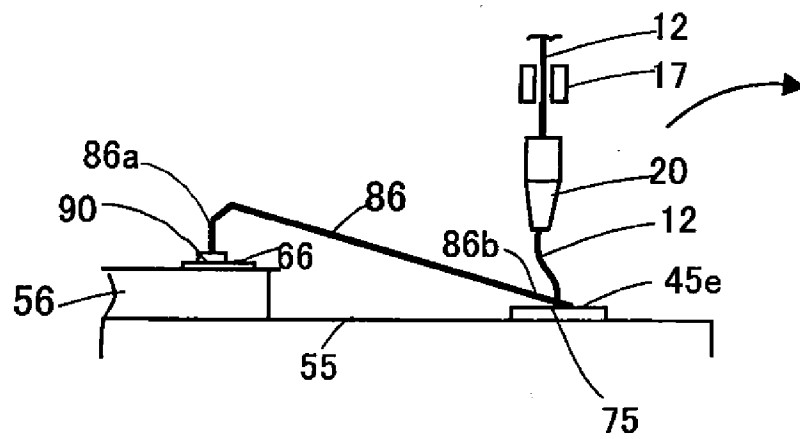
[図6C]



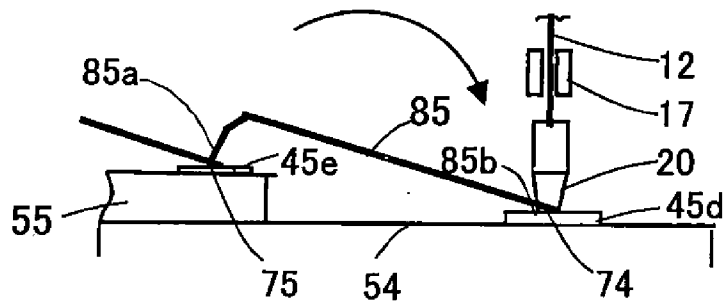
[図6D]



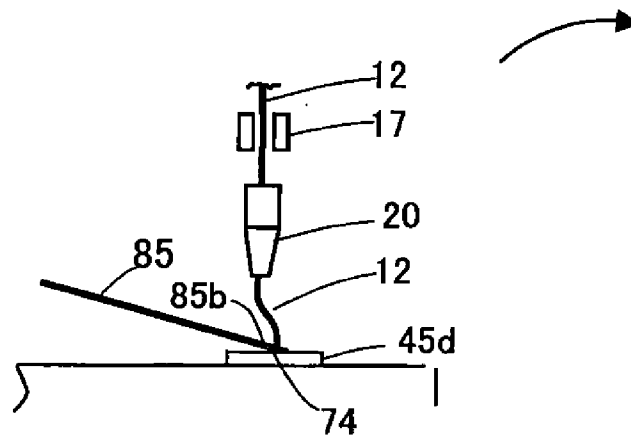
[図6E]



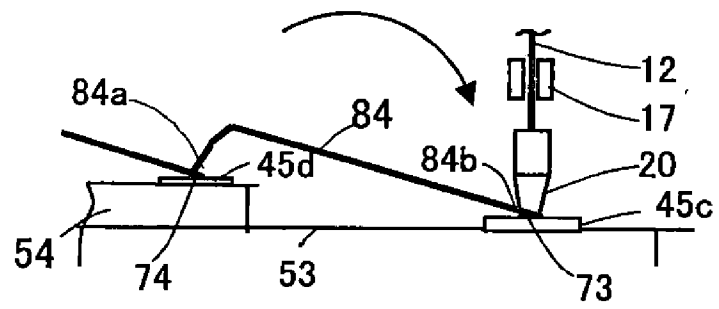
[図6F]



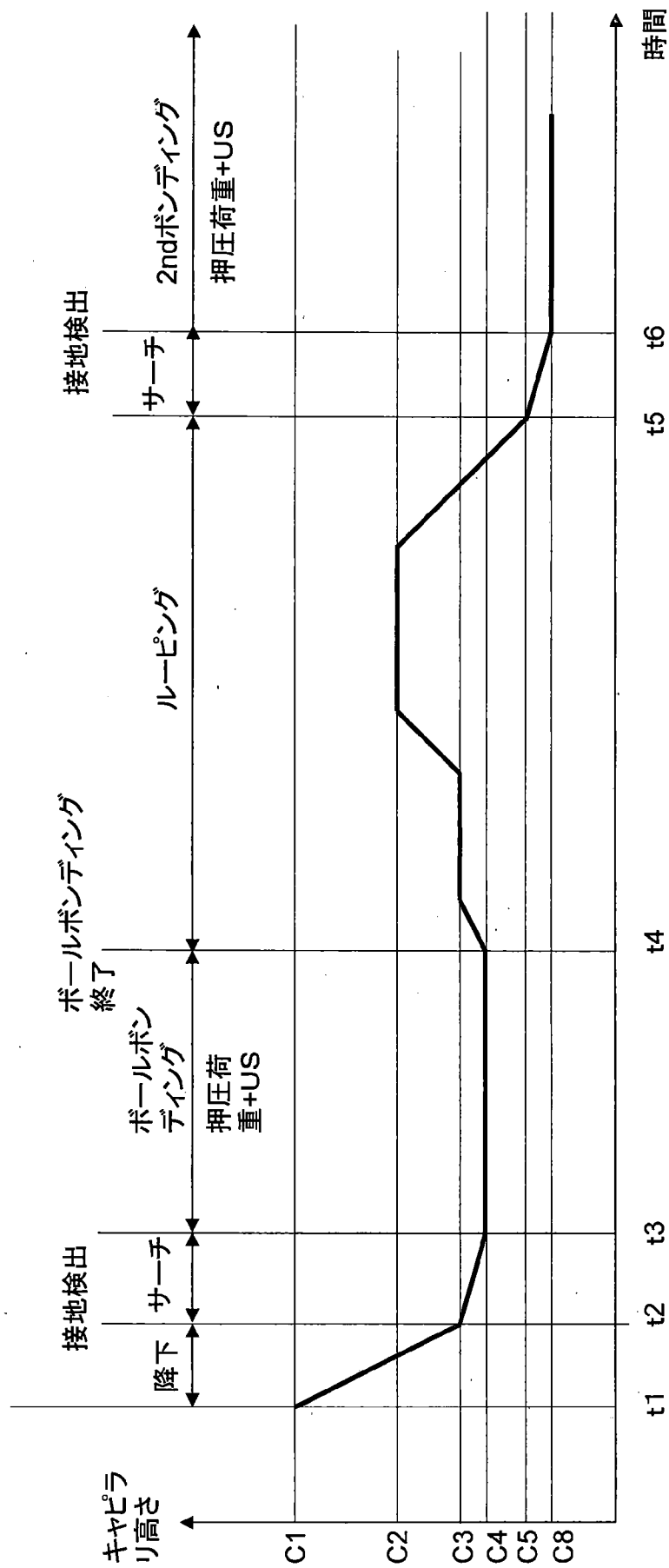
[図6G]



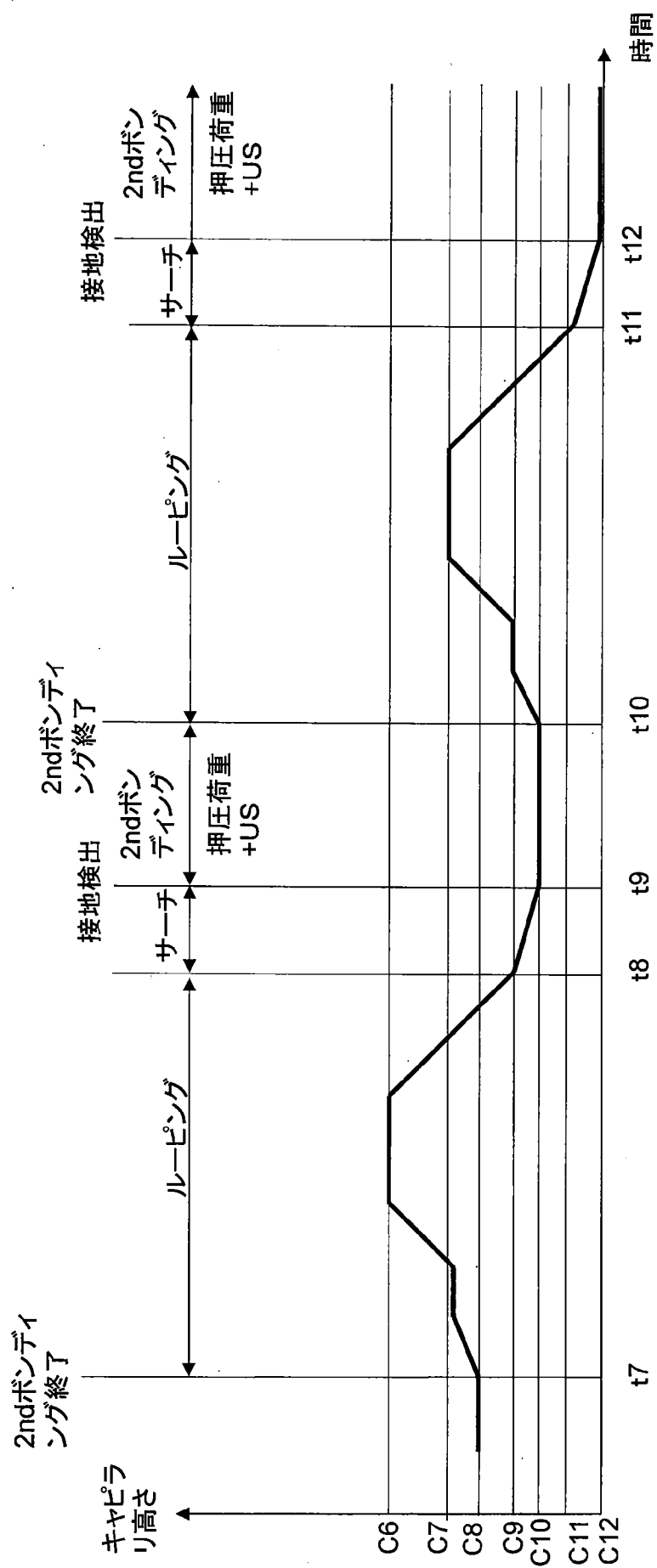
[図6H]



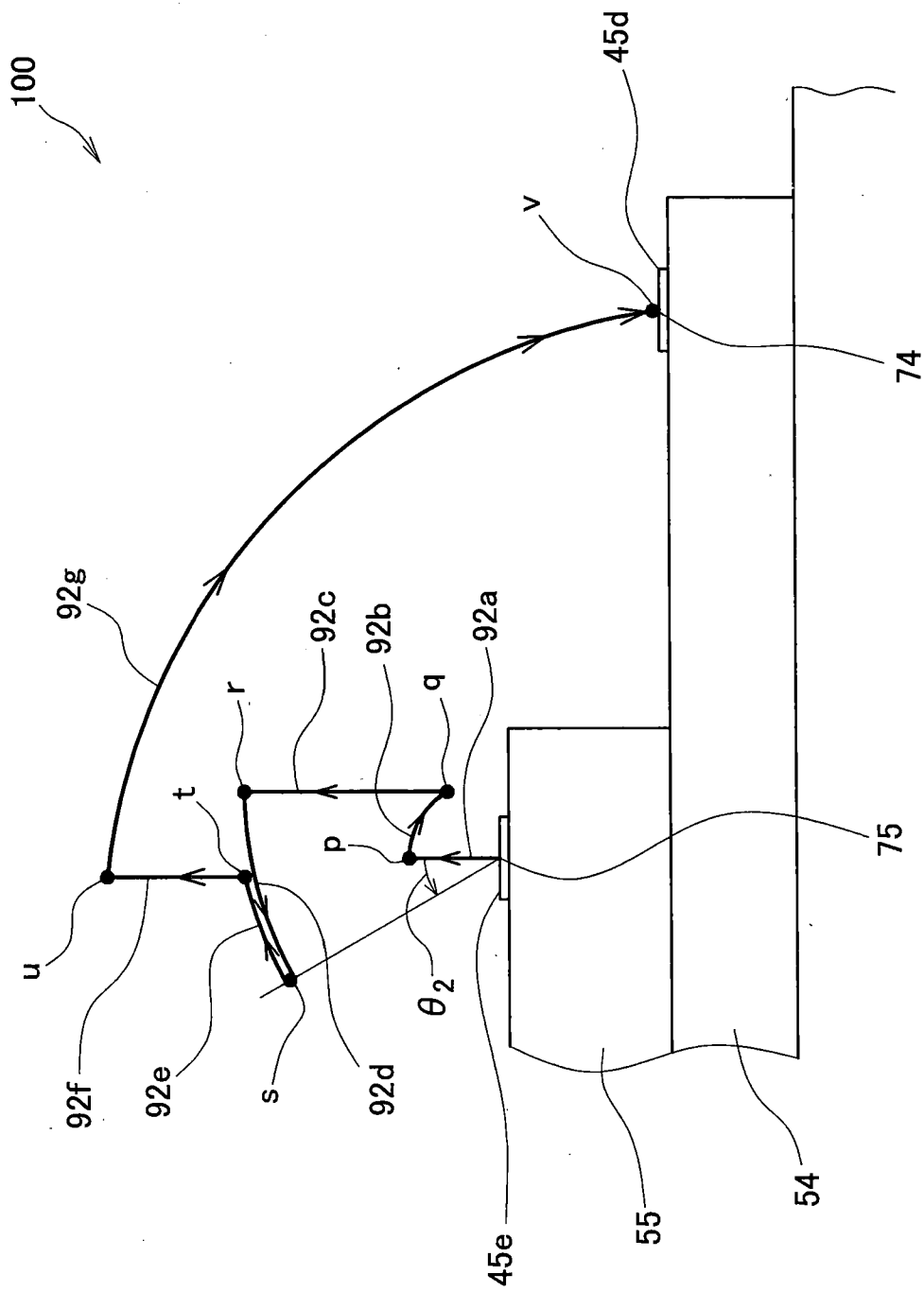
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/020152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/60(2006.01)i

FI: H01L21/60 301D

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
Y	WO 2018/038113 A1 (SHINKAWA KK) 01 March 2018 (2018-03-01) paragraphs [0024], [0051], [0052], [0085], fig. 13	1-3
Y	JP 2005-303152 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 27 October 2005 (2005-10-27) paragraphs [0016]-[0018], fig. 1	1-3
Y	WO 2014/171160 A1 (SHINKAWA LTD) 23 October 2014 (2014-10-23) paragraph [0033], fig. 8	3

☐ 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
15 July 2021 (15.07.2021)

Date of mailing of the international search report
27 July 2021 (27.07.2021)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/020152

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/038113 A1	01 Mar. 2018	US 2019/0287941 A1 paragraphs [0036], [0063], [0064], [0107], fig. 13 KR 10-2019-0040501 A CN 109844914 A TW 201810468 A (Family: none)	
JP 2005-303152 A	27 Oct. 2005	US 2016/0035695 A1 paragraph [0039], fig. 8 KR 10-2015-0046161 A CN 104885208 A SG 11201508291Q A TW 201440151 A	
WO 2014/171160 A1	23 Oct. 2014		

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/60(2006.01)i FI: H01L21/60 301D		
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）） 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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 請求項の番号
Y	WO 2018/038113 A1（株式会社新川） 01.03.2018（2018-03-01） 段落[0024], [0051], [0052], [0085], [図13]	1-3
Y	JP 2005-303152 A（松下電器産業株式会社） 27.10.2005（2005-10-27） 段落[0016]-[0018], [図1]	1-3
Y	WO 2014/171160 A1（株式会社新川） 23.10.2014（2014-10-23） 段落[0033], [図8]	3
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 15.07.2021		国際調査報告の発送日 27.07.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山口 祐一郎 5F 5093 電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/020152

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/038113	A1	01.03.2018	US 2019/0287941 A1 [0036], [0063], [0064], [0107], Fig. 13 KR 10-2019-0040501 A CN 109844914 A TW 201810468 A	
JP	2005-303152	A	27.10.2005	(ファミリーなし)	
WO	2014/171160	A1	23.10.2014	US 2016/0035695 A1 [0039], Fig. 8 KR 10-2015-0046161 A CN 104885208 A SG 11201508291Q A TW 201440151 A	