

(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
2010年3月4日(04.03.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/023733 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 3/02 (2006.01) H03H 9/19 (2006.01)
H03H 9/02 (2006.01) H03H 9/215 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/065252
- (22) 国際出願日: 2008年8月27日(27.08.2008)
- (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(米国を除く全ての指定国について): セイコーインスツル株式会社 (SEIKO INSTRUMENTS INC.) [JP/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 Chiba (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 須釜 一義 (SUGAMA, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内 Chiba (JP). 荒武 潔 (ARATAKE, Kiyoshi) [JP/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内 Chiba (JP). 沼田 理志 (NUMATA, Masashi) [JP/JP]; 〒2618507 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内 Chiba (JP).

- (74) 代理人: 松下 義治 (MATSUSHITA, Yoshiharu); 〒1500012 東京都渋谷区広尾1丁目11番2号 A1 O S 広尾ビル807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, JP, 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, ST, 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, 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:

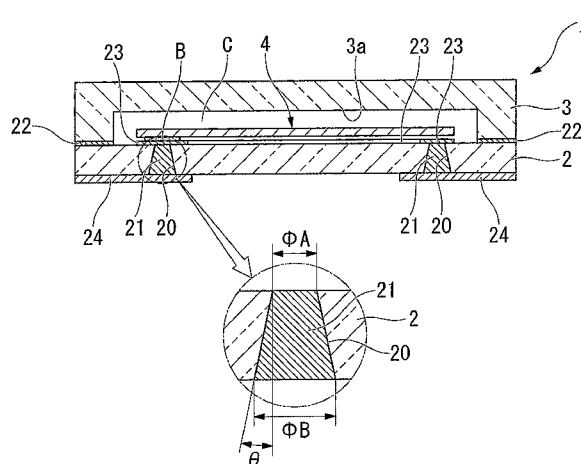
— 国際調査報告(条約第21条(3))

[続葉有]

(54) Title: PIEZOELECTRIC VIBRATOR, OSCILLATOR, ELECTRONIC APPARATUS, WAVE CLOCK, AND METHOD FOR MANUFACTURING PIEZOELECTRIC VIBRATOR

(54) 発明の名称: 圧電振動子、発振器、電子機器及び電波時計並びに圧電振動子の製造方法

[図3]



(57) Abstract: A piezoelectric vibrator includes a base substrate and a lid substrate which are bonded with each other and between which a cavity is formed, a piezoelectric vibrating strip mounted on the base substrate within the cavity, an external electrode formed on the undersurface of the base substrate, and a feedthrough electrode which is formed to run through the base substrate and maintains the air tight within the cavity, while making the piezoelectric vibrating strip and the external electrode conductive with each other. The feedthrough electrode, which is formed by a press molding using a molding die having a pin, includes a through-hole with a tapered cross-sectional surface the taper angle of which falls in the range of at least 15 degrees but no more than 20 degrees, and a conductive paste which is cured after infilling into the through-hole.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/023733 A1



この圧電振動子は、互いに接合され、間にキャビティが形成されたベース基板及びリッド基板と前記キャビティ内で前記ベース基板上にマウントされた圧電振動片と前記ベース基板の下面に形成された外部電極と前記ベース基板を貫通するように形成され、前記キャビティ内の気密を維持すると共に、前記圧電振動片と前記外部電極とを導通させる貫通電極とを備えている。前記貫通電極は、ピンを有する成形型によるプレス成形によって形成され、テーパ角度が 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まった断面テーパ状の貫通孔と前記貫通孔内に充填された後に硬化された導電ペーストとを備えている。

明 細 書

圧電振動子、発振器、電子機器及び電波時計並びに圧電振動子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、接合された2枚の基板の間に形成されたキャビティ内に圧電振動片が封止された表面実装型(SMD)の圧電振動子と、この圧電振動子を製造する圧電振動子の製造方法と、圧電振動子を有する発振器、電子機器及び電波時計とに関する。

背景技術

[0002] 近年、携帯電話や携帯情報端末機器には、時刻源や制御信号等のタイミング源、リファレンス信号源等として水晶等を利用した圧電振動子が用いられている。この種の圧電振動子は、様々なものが知られているが、その1つとして、表面実装型の圧電振動子が知られている。この種の圧電振動子としては、一般的に圧電振動片が形成された圧電基板を、ベース基板とリッド基板とで上下から挟み込むように接合した3層構造タイプのものが知られている。この場合、圧電振動子は、ベース基板とリッド基板との間に形成されたキャビティ(密閉室)内に収納されている。また、近年では、上述した3層構造タイプのものではなく、2層構造タイプのものも開発されている。

[0003] このタイプの圧電振動子は、ベース基板とリッド基板とが直接接合されることで2層構造になっており、両基板の間に形成されたキャビティ内に圧電振動片が収納されている。

この2層構造タイプの圧電振動子は、3層構造のものに比べて薄型化を図ることができる等の点において優れており、好適に使用されている。このような2層構造タイプの圧電振動子の1つとして、ベース基板を貫通するように形成された導電部材を利用して、圧電振動片とベース基板に形成された外部電極とを導通させた圧電振動子が知られている(特許文献1及び特許文献2参照)。

[0004] この圧電振動子200は、図26及び図27に示すように、接合膜207を介して互いに陽極接合されたベース基板201及びリッド基板202と、両基板201、202の間に形成

されたキャビティC内に封止された圧電振動片203と、を備えている。

圧電振動片203は、例えば音叉型の振動片であって、キャビティC内においてベース基板201の上面に導電性接着剤Eを介してマウントされている。ベース基板201及びリッド基板202は、例えばセラミックやガラス等からなる絶縁基板である。両基板201、202のうちベース基板201には、基板201を貫通する貫通孔204が形成されている。そして、この貫通孔204内には、貫通孔204を塞ぐように導電部材205が埋め込まれている。この導電部材205は、ベース基板201の下面に形成された外部電極206に電氣的に接続されていると共に、キャビティC内にマウントされている圧電振動片203に電氣的に接続されている。

[0005] ところで、上述した2層構造タイプの圧電振動子において、導電部材は、導電ペースト(AgペーストやAu-Snペースト等)を貫通孔内に充填することで形成されている。この際、貫通孔を確実に塞いでキャビティ内の気密を維持すると共に、圧電振動片と外部電極とを導通させて確実な導通性を確保するためにも、導電ペーストを安定して貫通孔内に充填させる必要がある。

そのためには、貫通孔の形成が非常に重要な作業とされている。

[0006] 一般的に貫通孔を形成する方法としては、ドリルを利用して機械的に穴あけを行う方法や、レーザ光を照射して穴あけを行う方法や、サンドブラスト法を利用して穴あけを行う方法等が知られている。

しかしながら、ドリルを利用して貫通孔を形成する場合には、ドリルの状態(切れ味等)によって貫通孔の形成具合が左右されてしまうので、品質にばらつきが生じ易かった。また、内周面が粗れ易く、平坦な面に仕上げるのが困難であった。そのため、導電ペーストを安定して充填することが難しいうえ、気密の信頼性に劣るものであった。しかも、貫通孔は、通常ウエハの段階で複数形成されるものであるので、ドリルを利用する場合には非常に時間がかかってしまい効率的ではなかった。

[0007] また、レーザ光を利用して貫通孔を形成する場合には、レーザ光の影響を受けて内周面に加工変質層が生じてしまうので好ましい方法ではない。

また、サンドブラスト法を利用して貫通孔を形成する場合には、製法上どうしても内周面が粗れ易く、平坦な面に仕上げるのが困難であった。そのため、導電ペースト

を安定して充填することが難いというえ、気密の信頼性に劣るものであった。

- [0008] ここで、貫通孔を形成する別の方法として、特許文献1にも記載されているように、ベース基板を加熱しながら成形型を利用してプレス成形することで貫通孔を形成する方法も知られている。この方法によれば、一度に効率良く、均一な品質で貫通孔を形成することができるうえ、内周面を平坦な面に仕上げることができる。従って、導電ペーストを安定して充填できると共に、気密の信頼性も確保することができる。

よって、この方法は、上述した他の方法に比べて貫通孔の形成に優れている。

特許文献1:特開2002-124845号公報

特許文献2:特開2006-279872号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0009] しかしながら、プレス成形で貫通孔を形成する方法には、まだ以下の課題が残されていた。

まず、プレス成形後、成形型とベース基板とを分離させる際に、貫通孔を形成するための成形型のピンが抜け難く、ピンが変形或いは折れてしまう可能性があった。また、ピンが抜け難いため、貫通孔側に負荷がかかってしまい貫通孔の内周面に傷が付く等の品質低下を引き起こす可能性もあった。

- [0010] また、成形型のピンは、プレスし易くするため先端に向けて漸次縮径するテーパ形状に形成されているため、貫通孔もテーパ形状に形成される。よって、貫通孔は、ストレートの場合に比べて開口の径がどうしても大きくなり易い。従って、貫通電極自体を小型化することが難しい。

ところが、近年の電子機器の小型化に伴って、これら各種の電子機器に搭載される圧電振動子に関しても今後に向けてさらなる小型化が求められている。しかしながら、貫通電極自体の小型化が難しくなってしまうと、圧電振動子のサイズをより小型化にすることが難しくなってしまうので、上述したニーズに応えることができなかった。

- [0011] 本発明は、このような事情に考慮してなされたもので、その目的は、成形型のピンに何ら影響を与えることなくプレス成形により製造可能であると共に、気密性が高く小型化が図られた貫通電極を有する圧電振動子を提供することである。

また、この圧電振動子を有する発振器、電子機器及び電波時計と、圧電振動子を製造する製造方法とを提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明は、前記課題を解決して係る目的を達成するために以下の手段を提供する。

(1) 本発明に係る圧電振動子の製造方法は、互いに接合されたベース基板とリッド基板と間に形成されたキャビティ内に圧電振動片が封止された圧電振動子を、ベース基板用ウエハとリッド基板用ウエハとを利用して一度に複数製造する方法であって、下型と、下型に向けて突出すると共にテーパ角度が 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まった断面テーパ状のピンを有する上型とからなる成形型を用意した後、下型と上型との間に前記ベース基板用ウエハをセットするセット工程と前記ベース基板用ウエハを所定温度に加熱して軟化させた状態で前記下型と前記上型とでプレス成形し、前記ピンを利用してベース基板用ウエハに貫通孔を形成するプレス工程と前記ベース基板用ウエハを冷却固化させた後、前記貫通孔内に導電ペーストを埋め込んで貫通孔を塞いだ後、導電ペーストを所定の温度で焼成して硬化させることで断面テーパ状の貫通電極を形成する焼成工程と前記貫通電極に対して導通するように、前記ベース基板用ウエハの上面に前記圧電振動片を接合するマウント工程と前記ベース基板用ウエハと前記リッド基板用ウエハとを重ね合わせて接合し、前記圧電振動片を前記キャビティ内に封止する接合工程と前記ベース基板用ウエハの下面に、前記貫通電極に対して導通するように外部電極を形成する外部電極形成工程と接合された前記両ウエハを切断して、複数の前記圧電振動子に小片化する切断工程とを備えている。

[0013] 上記製造方法によれば、まず、セット工程、プレス工程及び焼成工程を行って、ベース基板用ウエハに貫通電極を形成する。各工程について、詳細に説明する。

[0014] はじめに、下型と、下側に向けて突出するピンを有する上型とからなる成形型を用意する。この際、上型のピンは、先端に向かうに連れて漸次径が縮径する断面テーパ状であると共に、テーパ角度が 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まったものである。そして、下型と上型との間にベース基板用ウエハをセットする。このセット工程

が終了した後、ベース基板用ウエハを所定温度に加熱して軟化させた状態で、ベース基板用ウエハを下型と上型とでプレス成形する。これにより、上型のピンを利用してベース基板用ウエハに断面テーパ状の貫通孔を形成することができる。このプレス工程が終了した後、ベース基板用ウエハを冷却固化させ、その後、下型及び上型を取り外す。そして、ベース基板用ウエハの貫通孔内に導電ペーストを充填して貫通孔を塞ぐ。そして、埋め込んだ導電ペーストを所定の温度で焼成して硬化させる。この焼成工程を行うことで、ベース基板用ウエハを貫通する断面テーパ状の貫通電極を形成することができる。

[0015] 続いて、貫通電極を形成した後、ベース基板用ウエハの上面に貫通電極に対して導通するように圧電振動片を接合するマウント工程を行う。この工程が終了した後、ベース基板用ウエハとリッド基板用ウエハとを重ね合わせる。これにより、圧電振動片は、両ウエハの間に形成されたキャビティ内に収納された状態となる。そして、重ね合わせた両ウエハを接合する。この工程を行うことで、両ウエハが強固に密着するので、圧電振動片をキャビティ内に封止することができる。

[0016] 続いて、ベース基板用ウエハの下面に、貫通電極に導通するように外部電極を形成する外部電極形成工程を行う。この工程により、圧電振動片は、貫通電極を介して外部電極と導通する。よって、外部電極を利用して、キャビティ内に封止された圧電振動片を作動させることができる。最後に、接合されたベース基板用ウエハ及びリッド基板用ウエハを切断して、複数の圧電振動子を小片化する切断工程を行う。

その結果、互いに接合されたベース基板とリッド基板との間に形成されたキャビティ内に圧電振動片が封止された2層構造タイプの表面実装型の圧電振動子を一度に複数製造することができる。

[0017] 特に、下型及び上型からなる成形型によるプレス成形で貫通孔を形成するので、一度に効率良く、均一な品質で貫通孔を形成することができる。しかも、貫通孔の内周面を平坦な面に仕上げるできるので、導電ペーストを安定して充填できるうえ貫通電極の気密性を高めることができる。

しかも、上型のピンは、テーパ角度が 15° 以上あるので、貫通孔も同様にテーパ角度が 15° 以上となる。よって、ベース基板用ウエハを冷却固化させた後、下

型及び上型を取り外す際に、ピンを引っ掛けることなく容易に抜くことができる。そのため、ピンに無理な力が加わって、変形したり折れたりしてしまうことを未然に防止することができる。また、ピンを引っ掛けることなく抜くことができるので、貫通孔の内周面に傷等が付き難い。よって、貫通孔の品質を高めることができると共に、気密性を従来よりも高めることができる。そのため、圧電振動片の作動の信頼性を高めることができる。

[0018] 更に、上型のピンは、テーパ角度が 20° 以下であるので、貫通孔も同様にテーパ角度が 20° 以下となる。よって、ベース基板用ウエハの上面側に露出する開口の径と、下面側に露出する開口の径との差を極力小さくすることができる。よって、貫通電極自体の小型化を図ることができる。従って、圧電振動子自体のサイズを従来よりも小型化することができる。

[0019] (2)また、本発明に係る圧電振動子は、互いに接合され、間にキャビティが形成されたベース基板及びリッド基板と前記キャビティ内で前記ベース基板上にマウントされた圧電振動片と前記ベース基板の下面に形成された外部電極と前記ベース基板を貫通するように形成され、前記キャビティ内の気密を維持すると共に、前記圧電振動片と前記外部電極とを導通させる貫通電極とを備え、前記貫通電極が、ピンを有する成形型によるプレス成形によって形成され、テーパ角度が 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まった断面テーパ状の貫通孔と貫通孔内に充填された後に硬化された導電ペーストとを備えている。

[0020] 上記圧電振動子によれば、上記(1)に記載の圧電振動子の製造方法と同様の作用効果を奏することができる。

[0021] (3)また、本発明に係る発振器は、上記(2)に記載の圧電振動子が、発振子として集積回路に電氣的に接続されている。

[0022] (4)また、本発明に係る電子機器は、上記(2)に記載の圧電振動子が、計時部に電氣的に接続されている。

[0023] (5)また、本発明に係る電波時計は、上記(2)に記載の圧電振動子が、フィルタ部に電氣的に接続されている。

[0024] 上記発振器、電子機器及び電波時計によれば、作動の信頼性が向上して高品質

化が図られているうえ小型化されている圧電振動子を備えているので、同様に高品質化及び小型化を図ることができる。

発明の効果

[0025] 本発明に係る圧電振動子によれば、従来よりも気密性が高く、小型化が図られた貫通電極を有しているので、作動の信頼性が向上して高品質化を図ることができるうえ、小型化を図ることができる。

[0026] また、本発明に係る圧電振動子の製造方法によれば、成形型のピンに何ら影響を与えることなく、プレス成形で一度に均一な品質で貫通孔を形成できるので、従来よりも効率良く製造することができる。従って、低コスト化に繋げることもできる。

[0027] また、本発明に係る発振器、電子機器及び電波時計によれば、同様に高品質化及び小型化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、本発明の一実施形態を示す図であって、圧電振動子の外観斜視図である。

[図2]図2は、図1に示す圧電振動子の内部構成図であって、リッド基板を取り外した状態で圧電振動片を上方から見た図である。

[図3]図3は、図2に示すA-A線に沿った圧電振動子の断面図である。

[図4]図4は、図1に示す圧電振動子の分解斜視図である。

[図5]図5は、図1に示す圧電振動子を構成する圧電振動片の上面図である。

[図6]図6は、図5に示す圧電振動片の下面図である。

[図7]図7は、図5に示す断面矢視B-B図である。

[図8]図8は、図3に示す貫通電極の元となる導電ペーストの拡大図である。

[図9]図9は、図1に示す圧電振動子を製造する際の流れを示すフローチャートである。

[図10]図10は、図9に示すフローチャートに沿って圧電振動子を製造する際の一工程を示す図であって、リッド基板の元となるリッド基板用ウエハに凹部を形成した状態を示す図である。

[図11]図11は、図9に示すフローチャートに沿って圧電振動子を製造する際の一工

程を示す図であって、ベース基板の元となるベース基板用ウエハを下型と上型との間にセットした状態を示す図である。

[図12]図12は、図11に示す状態の後、ベース基板用ウエハを下型と上型とでプレスした状態を示す図である。

[図13]図13は、図12に示す状態の後、ベース基板用ウエハに一对のスルーホールを形成した状態を示す図である。

[図14]図14は、図13に示す断面矢視C-C図である。

[図15]図15は、図14に示す状態の後、スルーホール内に導電ペーストを充填し、その後、焼成することで貫通電極を形成した状態を示す図である。

[図16]図16は、焼成によって導電ペーストの体積が減少した状態を示す図である。

[図17]図17は、減少した導電ペーストの分だけベース基板用ウエハの両面を研磨加工している状態を示す図である。

[図18]図18は、研磨加工した後の状態を示す図である。

[図19]図19は、図18に示す状態の後、ベース基板用ウエハの上面に接合膜及び引き出し電極をパターンニングした状態を示す図である。

[図20]図20は、図19に示す状態のベース基板用ウエハの全体図である。

[図21]図21は、図9に示すフローチャートに沿って圧電振動子を製造する際の一工程を示す図であって、圧電振動片をキャビティ内に収容した状態でベース基板用ウエハとリッド基板用ウエハとが陽極接合されたウエハ体の分解斜視図である。

[図22]図22は、本発明の一実施形態を示す図であって、発振器の構成図である。

[図23]図23は、本発明の一実施形態を示す図であって、電子機器の構成図である。

[図24]図24は、本発明の一実施形態を示す図であって、電波時計の構成図である。

[図25]図25は、本発明に係る圧電振動子の製造方法の変形例を示す工程図である。

[図26]図26は、従来の圧電振動子の内部構成図であって、リッド基板を取り外した状態で圧電振動片を上方から見た図である。

[図27]図27は、図26に示す圧電振動子の断面図である。

符号の説明

- [0029] C キャビティ
P 導電ペースト
 θ テーパー角度
1 圧電振動子
2 ベース基板
3 リッド基板
4 圧電振動片
20 スルーホール(貫通孔)
21 貫通電極
24 外部電極
31 下型
32 上型
33 上型のピン
30 成形型
40 ベース基板用ウエハ
50 リッド基板用ウエハ
101 発振器の集積回路
100 発振器
113 電子機器の計時部
110 携帯情報機器(電子機器)
131 電波時計のフィルタ部
130 電波時計

発明を実施するための最良の形態

[0030] 以下、本発明に係る一実施形態を、図1から図21を参照して説明する。

本実施形態の圧電振動子1は、図1から図4に示すように、ベース基板2とリッド基板3とで2層に積層された箱状に形成されており、内部のキャビティC内に圧電振動片4が収納された表面実装型の圧電振動子1である。

なお、図4においては、図面を見易くするために後述する励振電極13、引き出し電

極16、マウント電極14及び重り金属膜17の図示を省略している。

[0031] 圧電振動片4は、図5から図7に示すように、水晶、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウム等の圧電材料から形成された音叉型の振動片であり、所定の電圧が印加されたときに振動するものである。

この圧電振動片4は、平行に配置された一对の振動腕部10、11と、この一对の振動腕部10、11の基端側を一体的に固定する基部12と、一对の振動腕部10、11の外表面上に形成されて一对の振動腕部10、11を振動させる励振電極13と、この励振電極13に電氣的に接続されたマウント電極14とを有している。

また、本実施形態の圧電振動片4は、一对の振動腕部10、11の両主面上に、振動腕部10、11の長手方向に沿ってそれぞれ形成された溝部15を備えている。この溝部15は、振動腕部10、11の基端側から略中間付近まで形成されている。

[0032] 上記励振電極13は、一对の振動腕部10、11を互いに接近又は離間する方向に所定の共振周波数で振動させる電極であり、一对の振動腕部10、11の外表面に、それぞれ電氣的に切り離された状態でパターンニングされて形成されている。具体的には、図7に示すように、一方の励振電極13が、一方の振動腕部10の溝部15上と、他方の振動腕部11の両側面上とに主に形成され、他方の励振電極13が、一方の振動腕部10の両側面上と他方の振動腕部11の溝部15上とに主に形成されている。

[0033] 励振電極13は、図5及び図6に示すように、基部12の両主面上において、それぞれ引き出し電極16を介してマウント電極14に電氣的に接続されている。そして圧電振動片4は、このマウント電極14を介して電圧が印加されるようになっている。

なお、上述した励振電極13、マウント電極14及び引き出し電極16は、例えば、クロム(Cr)、ニッケル(Ni)、アルミニウム(Al)やチタン(Ti)等の導電性膜の被膜により形成されたものである。

[0034] 一对の振動腕部10、11の先端には、自身の振動状態を所定の周波数の範囲内で振動するように調整(周波数調整)を行うための重り金属膜17が被膜されている。なお、この重り金属膜17は、周波数を粗く調整する際に使用される粗調膜17aと、微小に調整する際に使用される微調膜17bとに分かれている。これら粗調膜17a及び微調膜17bを利用して周波数調整を行うことで、一对の振動腕部10、11の周波数をデ

バイスの公称周波数の範囲内に収めることができる。

[0035] このように構成された圧電振動片4は、図2から図4に示すように、金等のバンプBを利用して、ベース基板2の上面にバンプ接合されている。より具体的には、後述する引き回し電極23上に形成された2つのバンプB上に、一对のマウント電極14がそれぞれ接触した状態でバンプ接合されている。これにより、圧電振動片4は、ベース基板2の上面から浮いた状態で支持されると共に、マウント電極14と引き回し電極23とがそれぞれ電氣的に接続された状態となっている。

[0036] 上記リッド基板3は、ガラス材料、例えばソーダ石灰ガラスからなる透明の絶縁基板であり、図1、図3及び図4に示すように、板状に形成されている。そして、リッド基板3の下面側(ベース基板2が接合される接合面側)には、圧電振動片4が収まる矩形状の凹部3aが形成されている。この凹部3aは、両基板2、3が重ね合わされたときに、圧電振動片4を収容するキャビティCとなるキャビティ用の凹部3aである。そして、リッド基板3は、この凹部3aをベース基板2側に対向させた状態でベース基板2に対して陽極接合されている。

[0037] 上記ベース基板2は、リッド基板3と同様にガラス材料、例えばソーダ石灰ガラスからなる透明な絶縁基板であり、図1から図4に示すように、リッド基板3に対して重ね合わせ可能な大きさで板状に形成されている。

このベース基板2には、ベース基板2を貫通する一对のスルーホール(貫通孔)20が形成されている。この際、一对のスルーホール20は、キャビティC内に収まるように形成されている。より詳しく説明すると、マウントされた圧電振動片4の基部12側に一方のスルーホール20が位置し、振動腕部11の先端側に他方のスルーホール20が位置するように形成されている。

[0038] 本実施形態のスルーホール20は、後述するピン33を有する成型型30によるプレス成形によって形成されたものであり、図3に示すように、ベース基板2の下面に向かって漸次径が拡径する断面テーパ状に形成されている。この際、テーパ角度 θ は、 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まった状態となっている。

[0039] これら一对のスルーホール20には、スルーホール20を埋めるように形成された一对の貫通電極21が形成されている。これら貫通電極21は、複数の金属微粒子P1を

含んだ図8に示す導電ペーストPの硬化によって形成されたものであり、スルーホール20を完全に塞いでキャビティC内の気密を維持していると共に、後述する外部電極24と引き回し電極23とを導通させる役割を担っている。

なお、導電ペーストPは、複数の金属微粒子P1が互いに接触し合っていることで、電気導通性が確保されている。

[0040] ベース基板2の上面側(リッド基板3が接合される接合面側)には、図1から図4に示すように、導電性材料(例えば、アルミニウム)により、陽極接合用の接合膜22と、一对の引き回し電極23とがパターンニングされている。このうち接合膜22は、リッド基板3に形成された凹部3aの周囲を囲むようにベース基板22の周縁に沿って形成されている。

一对の引き回し電極23は、一对の貫通電極21と圧電振動片4の一对のマウント電極14とをそれぞれ電氣的に接続するようにパターンニングされている。より詳しく説明すると、図2及び図4に示すように、一方の引き回し電極23は、圧電振動片4の基部12の真下に位置するように一方の貫通電極21の真上に形成されている。また、他方の引き回し電極23は、一方の引き回し電極23に隣接した位置から、振動腕部11に沿って振動腕部11の先端側に引き回された後、他方の貫通電極21の真上に位置するように形成されている。

[0041] そして、これら一对の引き回し電極23上にバンブBが形成されており、バンブBを利用して圧電振動片4がマウントされている。これにより、圧電振動片4は、バンブB及び引き回し電極23を介して貫通電極21に導通するようになっている。

また、ベース基板2の下面には、図1、図3及び図4に示すように、貫通電極21に対してそれぞれ電氣的に接続される外部電極24が形成されている。その結果、圧電振動片4は、貫通電極21を介して外部電極24に導通している。

[0042] このように構成された圧電振動子1を作動させる場合には、ベース基板2に形成された外部電極24に対して、所定の駆動電圧を印加する。これにより、圧電振動片4の励振電極13に電流を流すことができ、一对の振動腕部10、11を接近・離間させる方向に所定の周波数で振動させることができる。そして、この一对の振動腕部10、11の振動を利用して、時刻源、制御信号のタイミング源やリファレンス信号源等として

利用することができる。

[0043] 次に、上述した圧電振動子11を、図9に示すフローチャートを参照しながら、ベース基板用ウエハ40とリッド基板用ウエハ50とを利用して一度に複数製造する製造方法について以下に説明する。

[0044] はじめに、圧電振動片作製工程を行って図5から図7に示す圧電振動片4を作製する(S10)。具体的には、まず水晶のランバート原石を所定の角度でスライスして一定の厚みのウエハとする。続いて、このウエハをラッピングして粗加工した後、加工変質層をエッチングで取り除き、その後ポリッシュ等の鏡面研磨加工を行って、所定の厚みのウエハとする。続いて、ウエハに洗浄等の適切な処理を施した後、ウエハをフォトリソグラフィ技術によって圧電振動片4の外形形状でパターンニングすると共に、金属膜の成膜及びパターンニングを行って、励振電極13、引き出し電極16、マウント電極14及び重り金属膜17を形成する。これにより、複数の圧電振動片4を作製することができる。

[0045] 圧電振動片4を作製した後、共振周波数の粗調を行っておく。これは、重り金属膜17の粗調膜17aにレーザ光を照射して一部を蒸発させ、重量を変化させることで行う。これにより、目標とする公称周波数よりも若干広い範囲に周波数を収めることができる。なお、共振周波数をより高精度に調整して、周波数を最終的に公称周波数の範囲内に追い込む微調に関しては、マウント後に行う。これについては、後に説明する。

[0046] 次に、後にリッド基板3となるリッド基板用ウエハ50を、陽極接合を行う直前の状態まで作製する第1のウエハ作製工程を行う(S20)。まず、ソーダ石灰ガラスを所定の厚さまで研磨加工して洗浄した後に、図10に示すように、エッチング等により最表面の加工変質層を除去した円板状のリッド基板用ウエハ50を形成する(S21)。次いで、リッド基板用ウエハ50の接合面に、行列方向にキャビティC用の凹部3aを複数形成する凹部3a形成工程を行う(S22)。

[0047] この際、リッド基板用ウエハ50をエッチング加工することで、凹部3aを形成しても構わない。また、治具を利用して、リッド基板用ウエハ50を加熱しながら上下からプレスすることで、凹部3aを形成しても構わない。更には、リッド基板用ウエハ50上の必要

箇所にはガラスペーストをスクリーン印刷することで、凹部3aを形成しても構わない。いずれの方法であっても構わない。この時点で、第1のウエハ作製工程が終了する。

[0048] 次に、上記工程と同時或いは前後のタイミングで、後にベース基板2となるベース基板用ウエハ40を、陽極接合を行う直前の状態まで作製する第2のウエハ作製工程を行う(S30)。まず、ソーダ石灰ガラスを所定の厚さまで研磨加工して洗浄した後に、エッチング等により最表面の加工変質層を除去した円板状のベース基板用ウエハ40を形成する(S31)。次いで、ベース基板用ウエハ40を貫通する一対の貫通電極21を複数形成する貫通電極形成工程(S32)を行う。

[0049] この貫通電極形成工程は、セット工程(S32a)、プレス工程(S32b)及び焼成工程(S32c)からなる工程である。これら各工程について、詳細に説明する。

はじめに、図11に示すように、下型31と、下型31に向けて突出するピン33を有する上型32とからなる成形型30を用意する。この際、上型32のピン33は、先端に向かって連れて漸次径が縮径する断面テーパ状であると共に、テーパ角度 θ が 15° 以上 20° 以下の範囲に収まったものを用意する。なお、上型32には、ピン33とは別に、下型31に設けられた位置決め孔31a内に入り込む位置決めピン32aが取り付けられている。

成形型30を用意した後、下型31と上型32との間にベース基板用ウエハ40をセットする。この際、ベース基板用ウエハ40に位置決めピン32aが挿通する挿通孔40aを開けておき、挿通孔40aが位置決め孔31aに対向するようにセットする。

[0050] このセット工程(S32a)が終了した後、全体を炉の中に入れてベース基板用ウエハ40を所定温度(ガラス軟化点以上の温度)に加熱して軟化させる共に、図12に示すように、下型31と上型32とでプレス成形する。これにより、上型32のピン33を利用してベース基板用ウエハ40に断面テーパ状のスルーホール20を形成することができる。しかも、この工程を行う際、上型32の位置決め用ピン33が、ベース基板用ウエハ40の挿通孔40aを挿通すると共に下型31の位置決め孔31aに入り込む。従って、下型31と上型32とベース基板用ウエハ40とがそれぞれ確実に位置決めされるので、スルーホール20を所望する位置に高精度に形成することができる。

[0051] そして、上記プレス工程(S32b)が終了した後、ベース基板用ウエハ40を冷却固化

させ、その後、下型31及び上型32を取り外す。これにより、図13及び図14に示すように、ベース基板用ウエハ40に一对のスルーホール20を複数形成することができる。なお、図13に示す点線Mは、後に行う切断工程で切断する切断線を図示している。また、スルーホール20を形成する場合には、後に両ウエハ40、50を重ね合わせたときに、リッド基板用ウエハ50に形成した凹部3a内に収まるように形成する。しかも、一方のスルーホール20が圧電振動片4の基部12側に位置し、他方のスルーホール20が振動腕部11の先端側に位置するように形成する。

[0052] 続いて、図15に示すように、形成したスルーホール20内に金属微粒子P1を含んだ導電ペーストPを隙間なく充填してスルーホール20を塞ぐ。続いて、埋め込んだペーストを所定の温度で焼成して硬化させる焼成工程を行う。この焼成工程を行うことで、スルーホール20の内周面に導電ペーストPが強固に固着するので、断面テーパ状の貫通電極21を形成することができる。この時点で、貫通電極形成工程が終了する。

[0053] なお、硬化した導電ペーストPは、焼成時に図示しない導電ペーストP内の有機物が蒸発してしまうので、図16に示すように、充填時に比べて体積が減少してしまう。そのため、導電ペーストPの表面には、どうしても凹みが生じてしまう。

そこで、本実施形態では焼成後に、図17に示すように、ベース基板用ウエハ40の両面をそれぞれ所定の厚みだけ研磨する研磨工程(S33)を行う。この工程を行うことで、焼成によって硬化した導電ペーストPの両面も同時に研磨できるので、凹んでしまった部分の周囲を削り取ることができる。つまり、導電ペーストPの表面を平坦にすることができる。

よって、図18に示すように、ベース基板用ウエハ40の表面と、貫通電極21の表面とをほぼ面一の状態にすることができる。

[0054] 続いて、ベース基板用ウエハ40の上面に導電性材料をパターンニングして、図19及び図20に示すように、接合膜22を形成する接合膜形成工程(S34)を行うと共に、一对の貫通電極21にそれぞれ電氣的に接続された引き回し電極23を複数形成する引き回し電極形成工程を行う(S35)。なお、図19及び図20に示す点線Mは、後に行う切断工程で切断する切断線を図示している。また、図20では、接合膜22の図示

を省略している。

この工程を行うことにより、一方の貫通電極21と一方の引き回し電極23とが導通すると共に、他方の貫通電極21と他方の引き回し電極23とが導通した状態となる。この時点で第2のウエハ作製工程が終了する。

[0055] ところで、図9では、接合膜形成工程(S34)の後に、引き回し電極形成工程(S35)を行う工程順序としているが、これとは逆に、引き回し電極形成工程(S35)の後に、接合膜形成工程(S34)を行っても構わないし、両工程を同時に行っても構わない。いずれの工程順序であっても、同一の作用効果を奏することができる。よって、必要に応じて適宜、工程順序を変更して構わない。

[0056] 次に、作製した複数の圧電振動片4を、貫通電極21に対して導通するようにベース基板用ウエハ40の上面に接合するマウント工程(S40)を行う。具体的には、引き回し電極23を介してベース基板用ウエハ40の上面に圧電振動片4をバンプ接合する。まず、一对の引き回し電極23上にそれぞれ金等のバンプBを形成する。そして、圧電振動片4の基部12をバンプB上に載置した後、バンプBを所定温度に加熱しながら圧電振動片4をバンプBに押し付ける。これにより、圧電振動片4は、バンプBに機械的に支持されると共に、マウント電極14と引き回し電極23とが電氣的に接続された状態となる。よって、圧電振動片4は、貫通電極21に対して導通した状態となる。

特に、圧電振動片4は、バンプ接合されるので、ベース基板用ウエハ40の上面から浮いた状態で支持される。

[0057] 圧電振動片4のマウントが終了した後、ベース基板用ウエハ40に対してリッド基板用ウエハ50を重ね合わせる重ね合わせ工程を行う(S50)。具体的には、図示しない基準マーク等を指標としながら、両ウエハ40、50を正しい位置にアライメントする。これにより、マウントされた圧電振動片4が、ベース基板用ウエハ40に形成された凹部3aと両ウエハ40、50とで囲まれるキャビティC内に收容された状態となる。

[0058] そして、重ね合わせた2枚のウエハ40、50を図示しない陽極接合装置に入れ、所定の温度雰囲気です定の電圧を印加して陽極接合する接合工程を行う(S60)。具体的には、接合膜22とリッド基板用ウエハ50との間に所定の電圧を印加する。すると、接合膜22とリッド基板用ウエハ50との界面に電気化学的な反応が生じ、両者がそ

れぞれ強固に密着して陽極接合される。これにより、圧電振動片4をキャビティC内に封止することができ、ベース基板用ウエハ40とリッド基板用ウエハ50とが接合した図21に示すウエハ体60を得ることができる。

[0059] なお、図21においては、図面を見易くするために、ウエハ体60を分解した状態を図示しており、ベース基板用ウエハ40から接合膜22の図示を省略している。なお、図21に示す点線Mは、後に行う切断工程で切断する切断線を図示している。

ところで、陽極接合を行う際、ベース基板用ウエハ40に形成されたスルーホール20は、貫通電極21によって完全に塞がれているので、キャビティC内の気密がスルーホール20を通じて損なわれることがない。

[0060] そして、陽極接合が終了した後、ベース基板用ウエハ40の下面に導電性材料をパターンニングして、一对の貫通電極21にそれぞれ電氣的に接続された一对の外部電極24を複数形成する外部電極形成工程を行う(S70)。この工程により、圧電振動片4は、貫通電極21を介して外部電極24と導通する。よって、外部電極24を利用してキャビティC内に封止された圧電振動片4を作動させることができる。

[0061] 次に、ウエハ体60の状態、キャビティC内に封止された個々の圧電振動子1の周波数を微調整して所定の範囲内に収める微調工程を行う(S80)。具体的に説明すると、外部電極24に電圧を印加して圧電振動片4を振動させる。そして、周波数を計測しながらリッド基板用ウエハ50を通して外部からレーザ光を照射し、重り金属膜17の微調膜17bを蒸発させる。これにより、一对の振動腕部10、11の先端側の重量が変化するので、圧電振動片4の周波数を、公称周波数の所定範囲内に収まるように微調整することができる。

[0062] 周波数の微調が終了した後、接合されたウエハ体60を図21に示す切断線Mに沿って切断して小片化する切断工程を行う(S90)。その結果、互いに陽極接合されたベース基板2とリッド基板3との間に形成されたキャビティC内に圧電振動片4が封止された、図1に示す表面実装型の圧電振動子1を一度に複数製造することができる。

なお、切断工程(S90)を行って個々の圧電振動子1に小片化した後に、微調工程(S80)を行う工程順序でも構わない。但し、上述したように、微調工程(S80)を先に行うことで、ウエハ体60の状態、キャビティCで微調を行うことができるので、複数の圧電振動子1を

より効率よく微調することができる。よって、スルーホールの向上化を図ることができるので、より好ましい。

[0063] その後、内部の電気特性検査を行う(S100)。即ち、圧電振動片4の共振周波数、共振抵抗値、ドライブレベル特性(共振周波数及び共振抵抗値の励振電力依存性)等を測定してチェックする。また、絶縁抵抗特性等を併せてチェックする。そして、最後に圧電振動子1の外観検査を行って、寸法や品質等を最終的にチェックする。これをもって圧電振動子1の製造が終了する。

[0064] 特に、本実施形態によれば、下型31及び上型32からなる成型型30によるプレス成形でスルーホール20を形成するので、一度に効率良く均一な品質でスルーホール20を形成することができる。しかも、スルーホール20の内周面を平坦な面に仕上げるので、導電ペーストPを安定して充填できるうえ貫通電極21の気密性を高めることができる。

[0065] しかも、上型32のピン33は、テーパ角度 θ が 15° 以上あるので、スルーホール20も同様にテーパ角度 θ が 15° 以上となる。よって、ベース基板用ウエハ40を冷却固化させた後、下型31及び上型32を取り外す際に、ピン33を引っ掛けることなく容易に抜くことができる。そのため、ピン33に無理な力が加わって、変形したり折れたりしてしまうことを未然に防止することができる。また、ピン33を引っ掛けることなく抜くことができるので、スルーホール20の内周面に傷等が付き難い。よって、スルーホール20の品質を高めることができると共に、気密性を従来よりも高めることができる。そのため、圧電振動片4の作動の信頼性を高めることができる。

[0066] 更に、上型32のピン33は、テーパ角度 θ が 20° 以下であるので、スルーホール20も同様にテーパ角度 θ が 20° 以下となっている。よって、図3に示すように、ベース基板用ウエハ40の上面側に露出する開口の径 ϕA と、下面側に露出する開口の径 ϕB との差を極力小さくすることができる。よって、貫通電極21自体の小型化を図ることができる。従って、圧電振動子1自体のサイズを従来よりも小型化することができる。

[0067] 上述したように、本実施形態の圧電振動子1によれば、従来よりも気密性が高く、小型化が図られた貫通電極21を有しているので、作動の信頼性が向上して高品質化

を図ることができるうえ、小型化を図ることができる。

また、圧電振動子1の製造方法によれば、成形型30のピン33に何ら影響を与えることなく、プレス成形で一度に均一な品質でスルーホール20を形成できるので、従来よりも効率良く製造することができる。

[0068] 次に、本発明に係る発振器の一実施形態について、図23を参照しながら説明する。

本実施形態の発振器100は、図23に示すように、圧電振動子1を、集積回路101に電氣的に接続された発振子として構成したものである。この発振器100は、コンデンサ等の電子部品102が実装された基板103を備えている。基板103には、発振器用の上記集積回路101が実装されており、この集積回路101の近傍に、圧電振動子1の圧電振動片4が実装されている。これら電子部品102、集積回路101及び圧電振動子1は、図示しない配線パターンによってそれぞれ電氣的に接続されている。なお、各構成部品は、図示しない樹脂によりモールドされている。

[0069] このように構成された発振器100において、圧電振動子1に電圧を印加すると、圧電振動子1内の圧電振動片4が振動する。この振動は、圧電振動片4が有する圧電特性により電気信号に変換されて、集積回路101に電気信号として入力される。入力された電気信号は、集積回路101によって各種処理がなされ、周波数信号として出力される。これにより、圧電振動子1が発振子として機能する。

また、集積回路101の構成を、例えば、RTC(リアルタイムクロック)モジュール等を要求に応じて選択的に設定することで、時計用単機能発振器等の他、当該機器や外部機器の動作日や時刻を制御したり、時刻やカレンダー等を提供したりする機能を付加することができる。

[0070] 上述したように、本実施形態の発振器100によれば、高品質化及び小型化された圧電振動子1を備えているので、発振器100自体も同様に高品質化及び小型化することができる。さらにこれに加え、長期にわたって安定した高精度な周波数信号を得ることができる。

[0071] 次に、本発明に係る電子機器の一実施形態について、図23を参照して説明する。なお電子機器として、上述した圧電振動子1を有する携帯情報機器110を例にして

説明する。始めに本実施形態の携帯情報機器110は、例えば、携帯電話に代表されるものであり、従来技術における腕時計を発展、改良したものである。外観は腕時計に類似し、文字盤に相当する部分に液晶ディスプレイを配し、この画面上に現在の時刻等を表示させることができるものである。また、通信機として利用する場合には、手首から外し、バンドの内側部分に内蔵されたスピーカ及びマイクロフォンによって、従来技術の携帯電話と同様の通信を行うことが可能である。しかしながら、従来の携帯電話と比較して、格段に小型化及び軽量化されている。

[0072] 次に、本実施形態の携帯情報機器110の構成について説明する。この携帯情報機器110は、図23に示すように、圧電振動子1と、電力を供給するための電源部111とを備えている。電源部111は、例えば、リチウム二次電池からなっている。この電源部111には、各種制御を行う制御部112と、時刻等のカウントを行う計時部113と、外部との通信を行う通信部114と、各種情報を表示する表示部115と、それぞれの機能部の電圧を検出する電圧検出部116とが並列に接続されている。そして、電源部111によって、各機能部に電力が供給されるようになっている。

[0073] 制御部112は、各機能部を制御して音声データの送信及び受信、現在時刻の計測や表示等、システム全体の動作制御を行う。また、制御部112は、予めプログラムが書き込まれたROMと、ROMに書き込まれたプログラムを読み出して実行するCPUと、CPUのワークエリアとして使用されるRAM等とを備えている。

[0074] 計時部113は、発振回路、レジスタ回路、カウンタ回路及びインターフェース回路等を内蔵する集積回路と、圧電振動子1とを備えている。圧電振動子1に電圧を印加すると圧電振動片4が振動し、振動が水晶の有する圧電特性により電気信号に変換されて、発振回路に電気信号として入力される。発振回路の出力は二値化され、レジスタ回路とカウンタ回路とにより計数される。そして、インターフェース回路を介して、制御部112と信号の送受信が行われ、表示部115に、現在時刻や現在日付或いはカレンダー情報等が表示される。

[0075] 通信部114は、従来の携帯電話と同様の機能を有し、無線部117、音声処理部118、切替部119、増幅部120、音声入出力部121、電話番号入力部122、着信音発生部123及び呼制御メモリ部124を備えている。

無線部117は、音声データ等の各種データを、アンテナ125を介して基地局と送受信のやりとりを行う。音声処理部118は、無線部117又は増幅部120から入力された音声信号を符号化及び複号化する。増幅部120は、音声処理部118又は音声入出力部121から入力された信号を、所定のレベルまで増幅する。音声入出力部121は、スピーカやマイクロフォン等からなり、着信音や受話音声を拡声したり、音声を集音したりする。

[0076] また、着信音発生部123は、基地局からの呼び出しに応じて着信音を生成する。切替部119は、着信時に限って、音声処理部118に接続されている増幅部120を着信音発生部123に切り替えることによって、着信音発生部123において生成された着信音が増幅部120を介して音声入出力部121に出力される。

なお、呼制御メモリ部124は、通信の発着呼制御に係るプログラムを格納する。また、電話番号入力部122は、例えば、0から9の番号キー及びその他のキーを備えており、これら番号キー等を押下することにより、通話先の電話番号等が入力される。

[0077] 電圧検出部116は、電源部111によって制御部112等の各機能部に対して加えられている電圧が、所定の値を下回った場合に、その電圧降下を検出して制御部112に通知する。このときの所定の電圧値は、通信部114を安定して動作させるために必要な最低限の電圧として予め設定されている値であり、例えば、3V程度となる。電圧検出部116から電圧降下の通知を受けた制御部112は、無線部117、音声処理部118、切替部119及び着信音発生部123の動作を禁止する。特に、消費電力の大きな無線部117の動作停止は、必須となる。更に、表示部115に、通信部114が電池残量の不足により使用不能になった旨が表示される。

[0078] 即ち、電圧検出部116と制御部112とによって、通信部114の動作を禁止し、その旨を表示部115に表示することができる。この表示は、文字メッセージであっても良いが、より直感的な表示として、表示部115の表示面の上部に表示された電話アイコンに、×(バツ)印を付けるようにしても良い。

なお、通信部114の機能に係る部分の電源を、選択的に遮断することができる電源遮断部126を備えることで、通信部114の機能をより確実に停止することができる。

[0079] 上述したように、本実施形態の携帯情報機器110によれば、高品質化及び小型化

された圧電振動子1を備えているので、携帯情報機器自体も同様に高品質化及び小型化することができる。さらにこれに加え、長期にわたって安定した高精度な時計情報を表示することができる。

[0080] 次に、本発明に係る電波時計の一実施形態について、図24を参照して説明する。

本実施形態の電波時計130は、図24に示すように、フィルタ部131に電氣的に接続された圧電振動子1を備えたものであり、時計情報を含む標準の電波を受信して、正確な時刻に自動修正して表示する機能を備えた時計である。

日本国内には、福島県(40kHz)と佐賀県(60kHz)とに、標準の電波を送信する送信所(送信局)があり、それぞれ標準電波を送信している。40kHz若しくは60kHzのような長波は、地表を伝播する性質と、電離層と地表とを反射しながら伝播する性質とを併せもつため、伝播範囲が広く、上述した2つの送信所で日本国内を全て網羅している。

[0081] 以下、電波時計130の機能的構成について詳細に説明する。

アンテナ132は、40kHz若しくは60kHzの長波の標準電波を受信する。長波の標準電波は、タイムコードと呼ばれる時刻情報を、40kHz若しくは60kHzの搬送波にAM変調をかけたものである。受信された長波の標準電波は、アンプ133によって増幅され、複数の圧電振動子1を有するフィルタ部131によって濾波、同調される。

本実施形態における圧電振動子1は、上記搬送周波数と同一の40kHz及び60kHzの共振周波数を有する水晶振動子部138、139をそれぞれ備えている。

[0082] 更に、濾波された所定周波数の信号は、検波、整流回路134により検波復調される。続いて、波形整形回路135を介してタイムコードが取り出され、CPU136でカウントされる。CPU136では、現在の年、積算日、曜日、時刻等の情報を読み取る。読み取られた情報は、RTC137に反映され、正確な時刻情報が表示される。

搬送波は、40kHz若しくは60kHzであるから、水晶振動子部138、139は、上述した音叉型の構造を持つ振動子が好適である。

[0083] なお、上述の説明は、日本国内の例で示したが、長波の標準電波の周波数は、海外では異なっている。例えば、ドイツでは77.5kHzの標準電波が用いられている。従って、海外でも対応可能な電波時計130を携帯機器に組み込む場合には、さらに

日本の場合とは異なる周波数の圧電振動子1を必要とする。

- [0084] 上述したように、本実施形態の電波時計130によれば、高品質化及び小型化された圧電振動子1を備えているので、電波時計自体も同様に高品質化及び小型化することができる。さらにこれに加え、長期にわたって安定して高精度に時刻をカウントすることができる。
- [0085] なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。
- [0086] 例えば、上記実施形態において、スルーホール20を形成する際、図25に示すようにプレス成形によってベース基板用ウエハ40に一旦凹部70を形成し、その後、ベース基板用ウエハ40の両面を研磨加工することで、スルーホール20を形成しても構わない。
- [0087] また、上記実施形態では、圧電振動片4の一例として振動腕部10、11の両面に溝部15が形成された溝付きの圧電振動片4を例に挙げて説明したが、溝部15がないタイプの圧電振動片でも構わない。但し、溝部15を形成することで、一对の励振電極13に所定の電圧を印加させたときに、一对の励振電極13間における電界効率を上げることができるので、振動損失をより抑えて振動特性をさらに向上することができる。つまり、CI値(Crystal Impedance)をさらに低くすることができ、圧電振動片4のさらなる高性能化を図ることができる。この点において、溝部15を形成する方が好ましい。
- [0088] また、上記実施形態では、音叉型の圧電振動片4を例に挙げて説明したが、音叉型に限られるものではない。例えば、厚み滑り振動片としても構わない。
- [0089] また、上記実施形態では、ベース基板2とリッド基板3とを接合膜22を介して陽極接合したが、陽極接合に限定されるものではない。但し、陽極接合することで、両基板2、3を強固に接合できるので好ましい。
- [0090] また、上記実施形態では、圧電振動片4をバンプ接合したが、バンプ接合に限定されるものではない。例えば、導電性接着剤により圧電振動片4を接合しても構わない。但し、バンプ接合することで、圧電振動片4をベース基板2上から浮かすことができ、振動に必要な最低限の振動ギャップを自然と確保することができる。よって、この点

において、バンプ接合することが好ましい。

請求の範囲

- [1] 互いに接合されたベース基板とリッド基板と間に形成されたキャビティ内に圧電振動片が封止された圧電振動子を、ベース基板用ウエハとリッド基板用ウエハとを利用して一度に複数製造する方法であって、
- 下型と、下型に向けて突出すると共にテーパー角度が 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まった断面テーパー状のピンを有する上型とからなる成形型を用意した後、下型と上型との間に前記ベース基板用ウエハをセットするセット工程と
- 前記ベース基板用ウエハを所定温度に加熱して軟化させた状態で前記下型と前記上型とでプレス成形し、前記ピンを利用してベース基板用ウエハに貫通孔を形成するプレス工程と
- 前記ベース基板用ウエハを冷却固化させた後、前記貫通孔内に導電ペーストを埋め込んで貫通孔を塞いだ後、導電ペーストを所定の温度で焼成して硬化させることで断面テーパー状の貫通電極を形成する焼成工程と
- 前記貫通電極に対して導通するように、前記ベース基板用ウエハの上面に前記圧電振動片を接合するマウント工程と
- 前記ベース基板用ウエハと前記リッド基板用ウエハとを重ね合わせて接合し、前記圧電振動片を前記キャビティ内に封止する接合工程と
- 前記ベース基板用ウエハの下面に、前記貫通電極に対して導通するように外部電極を形成する外部電極形成工程と
- 接合された前記両ウエハを切断して、複数の前記圧電振動子に小片化する切断工程とを備えている
- ことを特徴とする圧電振動子の製造方法。
- [2] 互いに接合され、間にキャビティが形成されたベース基板及びリッド基板と
- 前記キャビティ内で前記ベース基板上にマウントされた圧電振動片と
- 前記ベース基板の下面に形成された外部電極と
- 前記ベース基板を貫通するように形成され、前記キャビティ内の気密を維持すると共に、前記圧電振動片と前記外部電極とを導通させる貫通電極とを備え、

前記貫通電極は、ピンを有する成形型によるプレス成形によって形成され、テーパ角度が 15° 以上 20° 以下の範囲内に収まった断面テーパ状の貫通孔と前記貫通孔内に充填された後に硬化された導電ペーストとを備えていることを特徴とする圧電振動子。

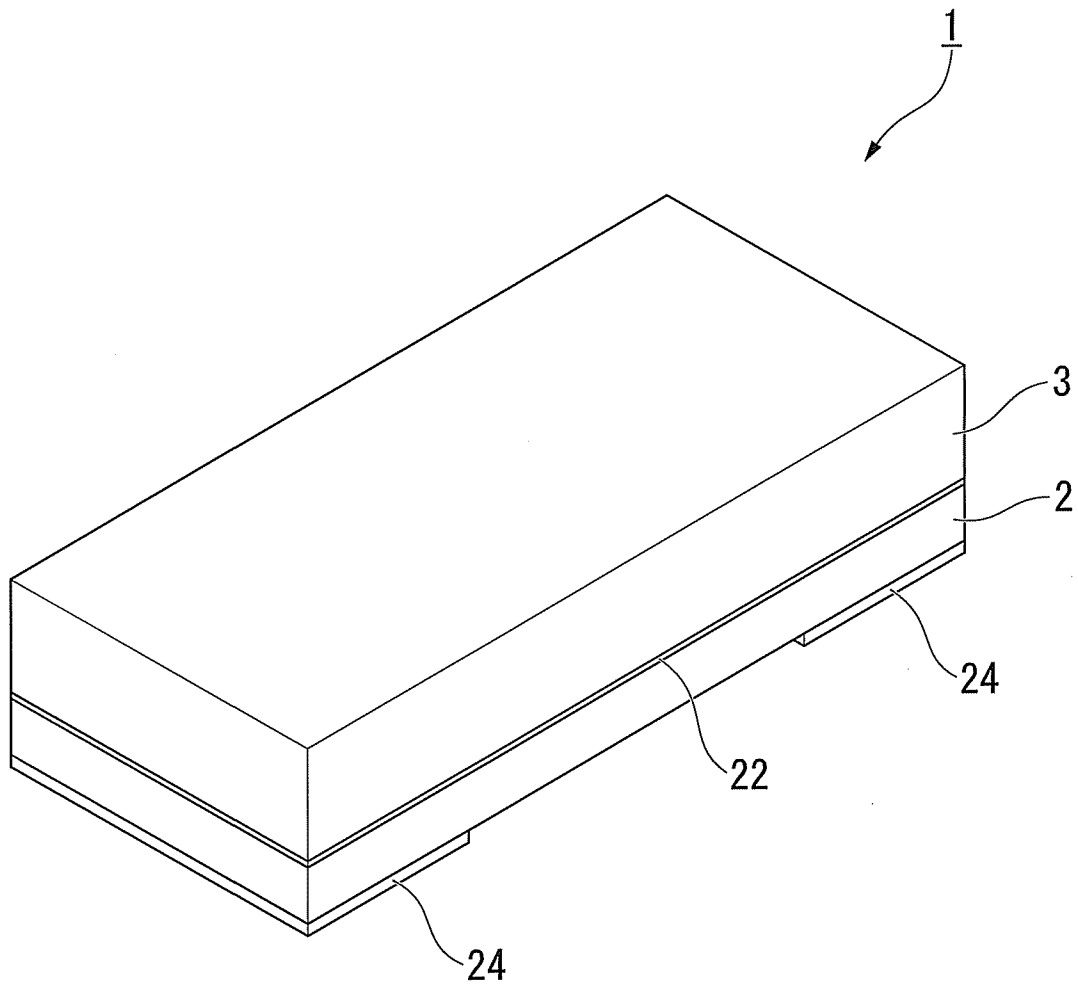
- [3] 請求項1に記載の圧電振動子が、発振子として集積回路に電氣的に接続されている

ことを特徴とする発振器。

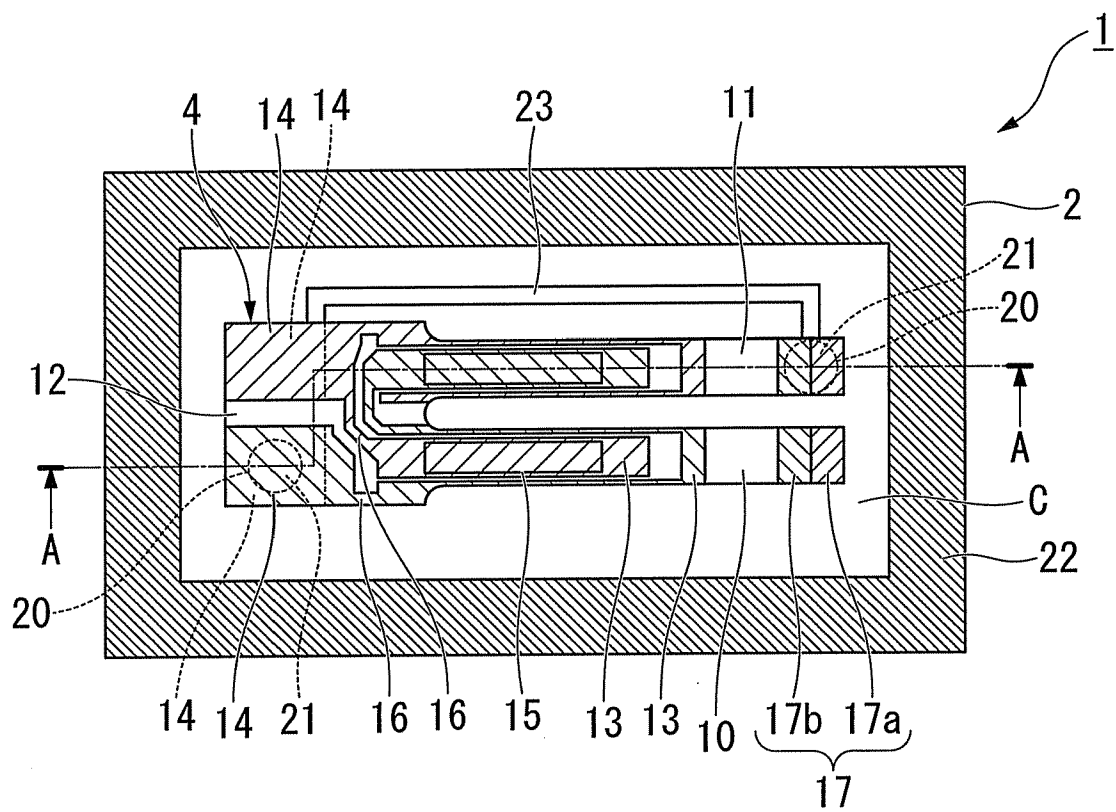
- [4] 請求項1に記載の圧電振動子が、計時部に電氣的に接続されていることを特徴とする電子機器。

- [5] 請求項1に記載の圧電振動子が、フィルタ部に電氣的に接続されていることを特徴とする電波時計。

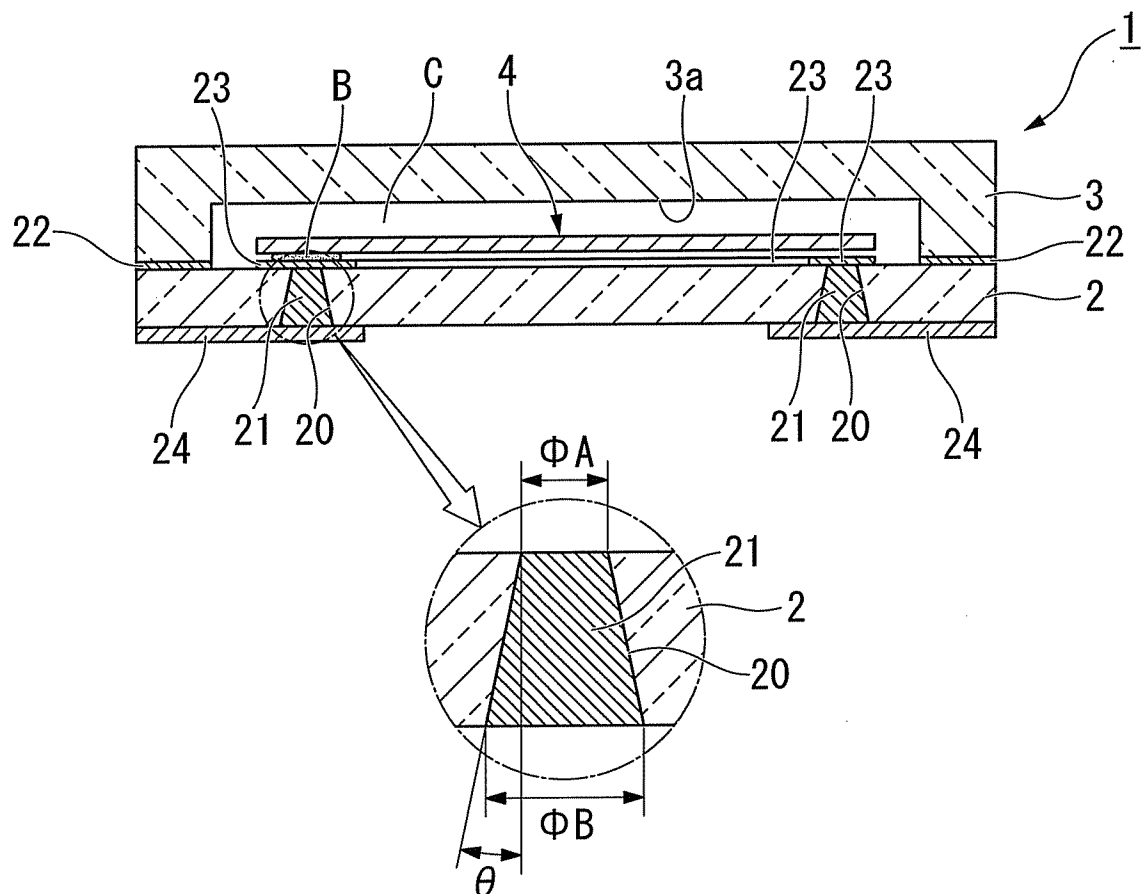
[図1]



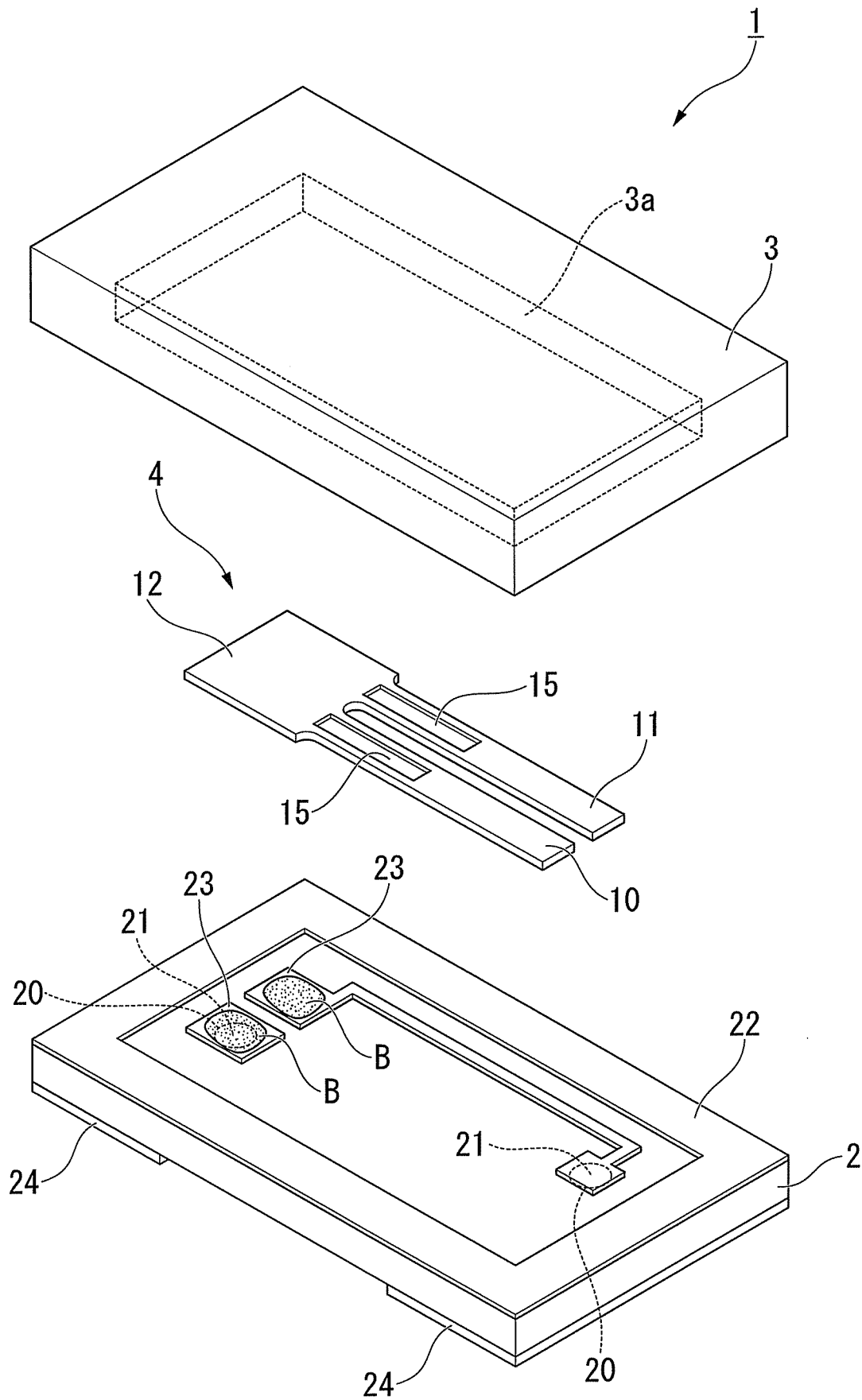
[図2]



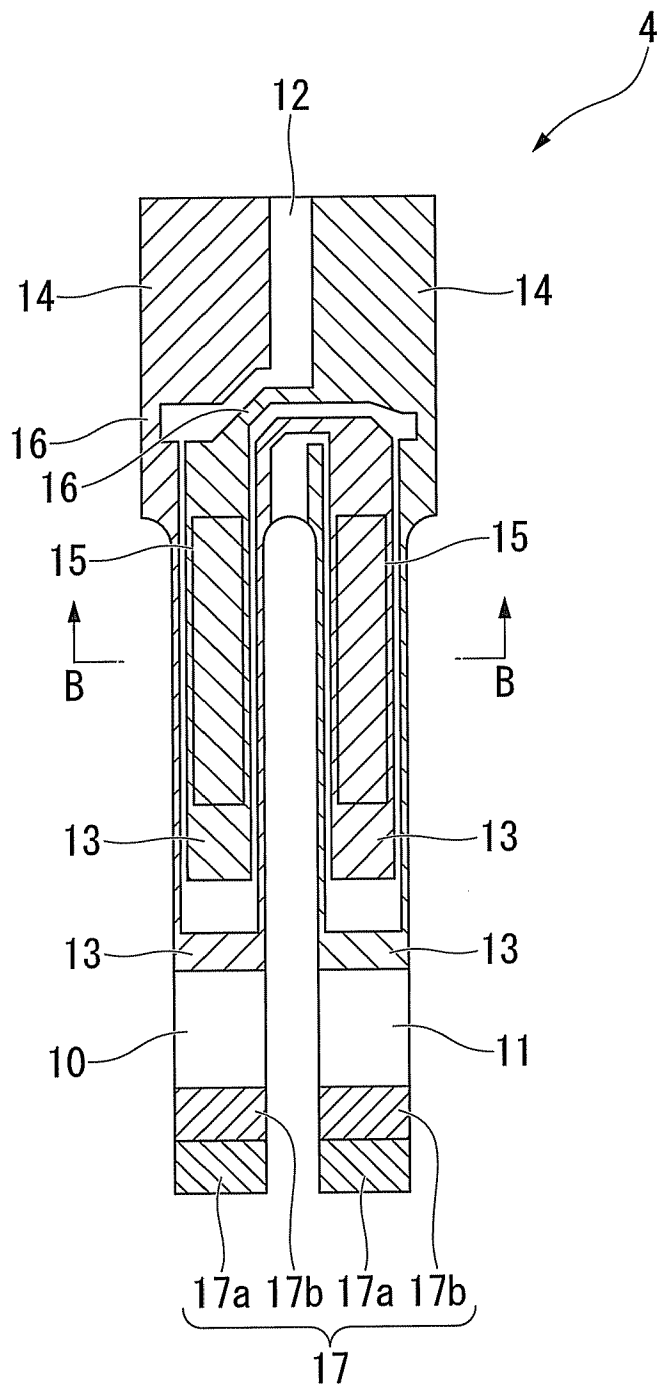
[図3]



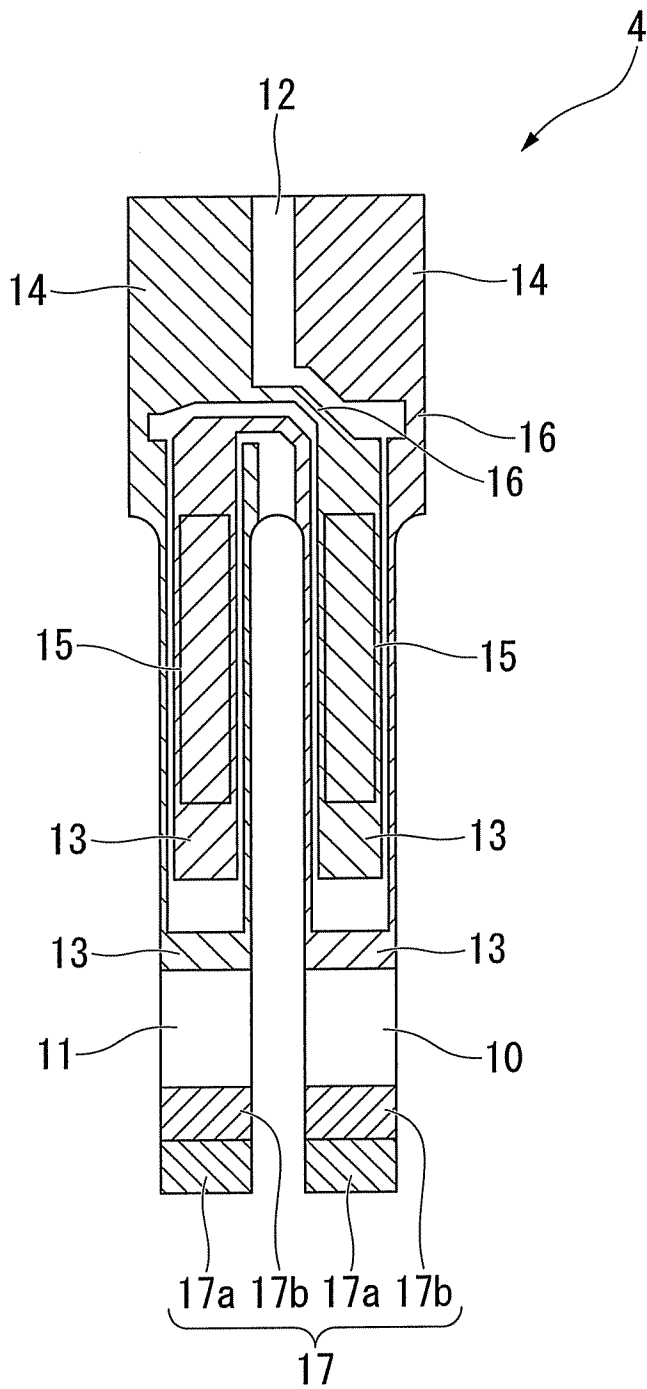
[図4]



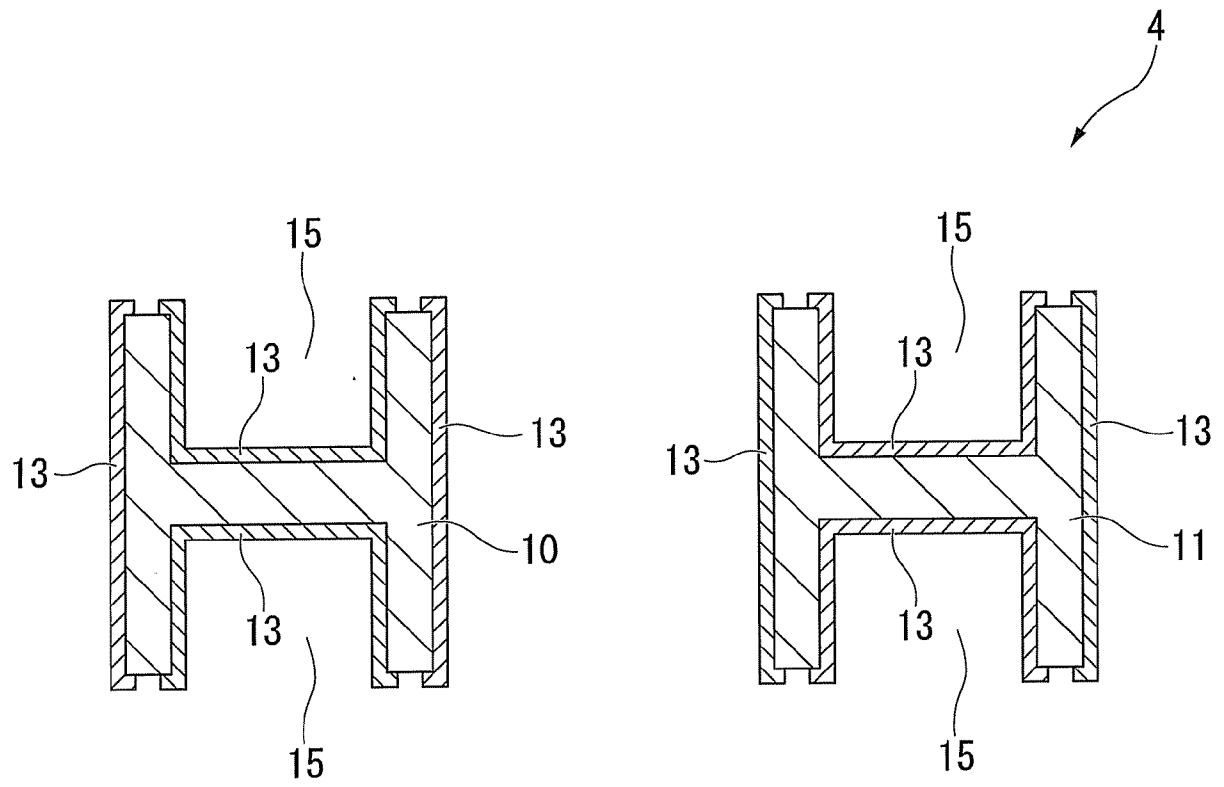
[図5]



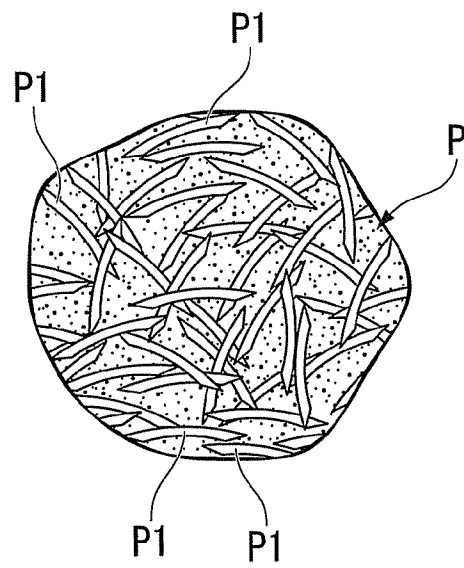
[図6]



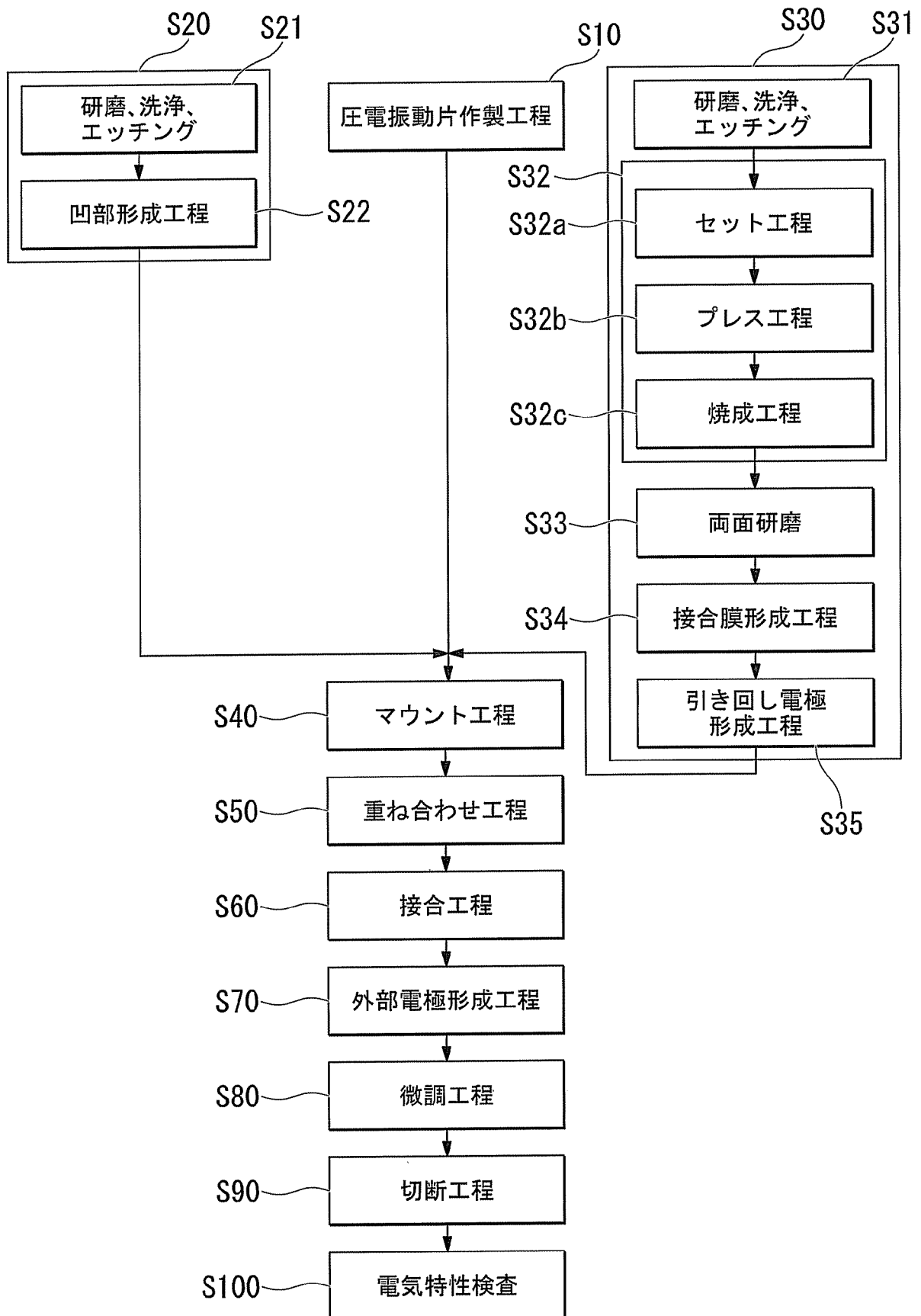
[図7]



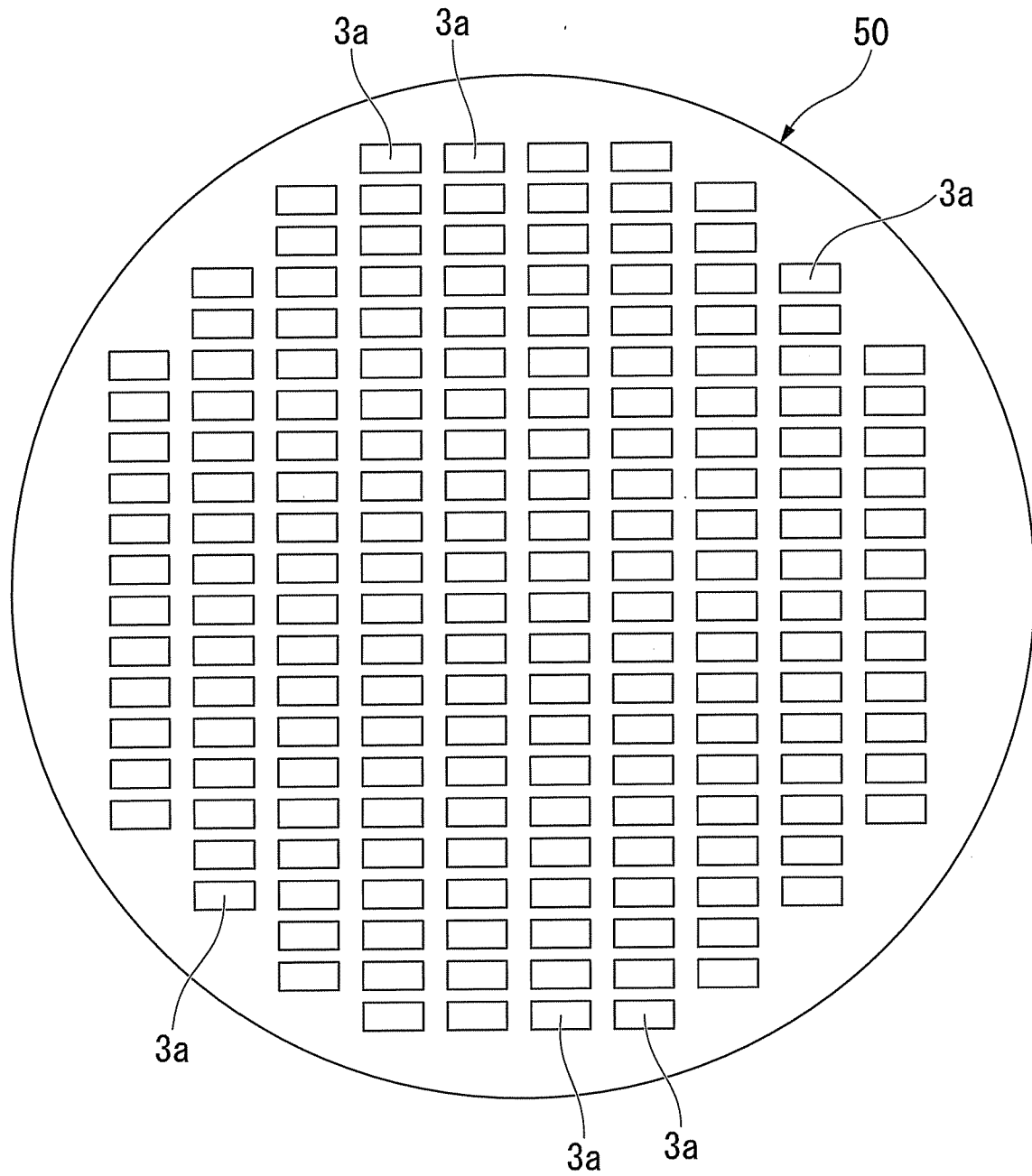
[図8]



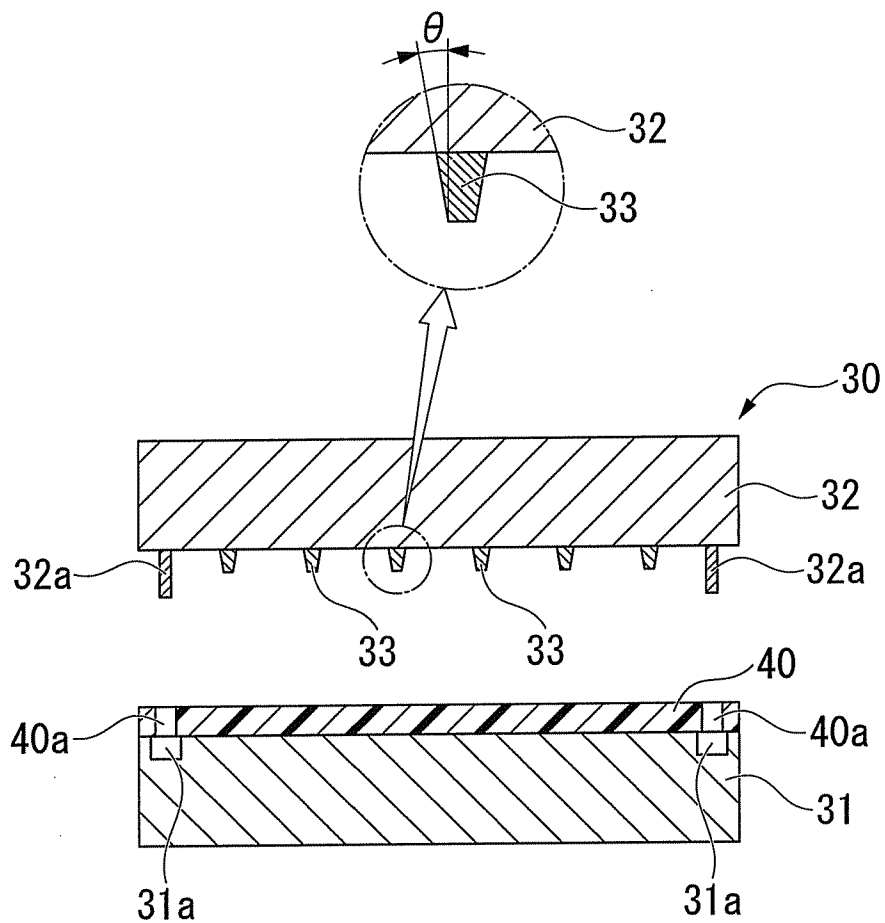
[図9]



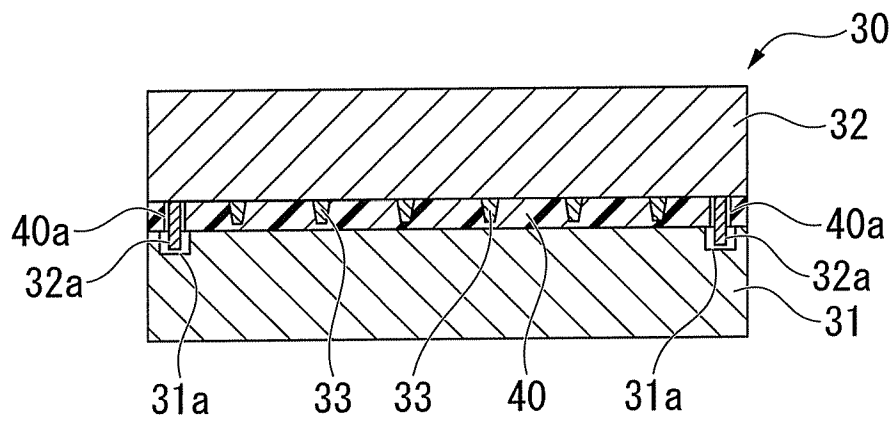
[図10]



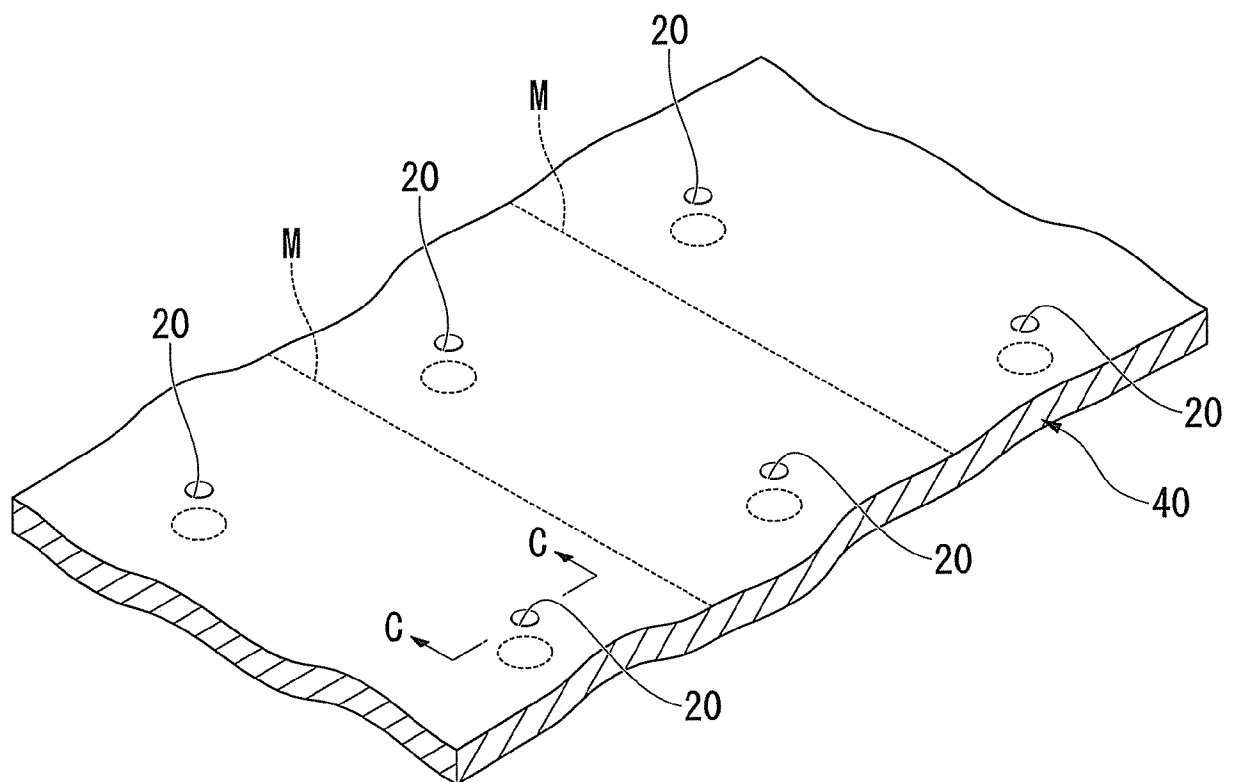
[図11]



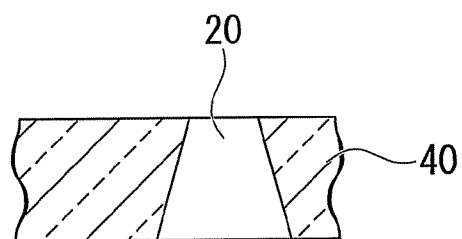
[図12]



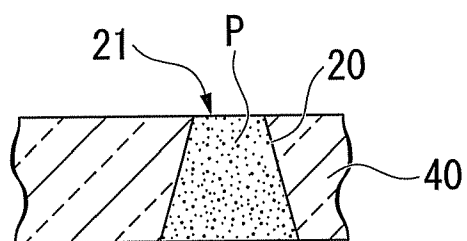
[図13]



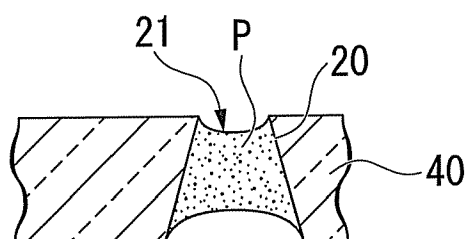
[図14]



[図15]

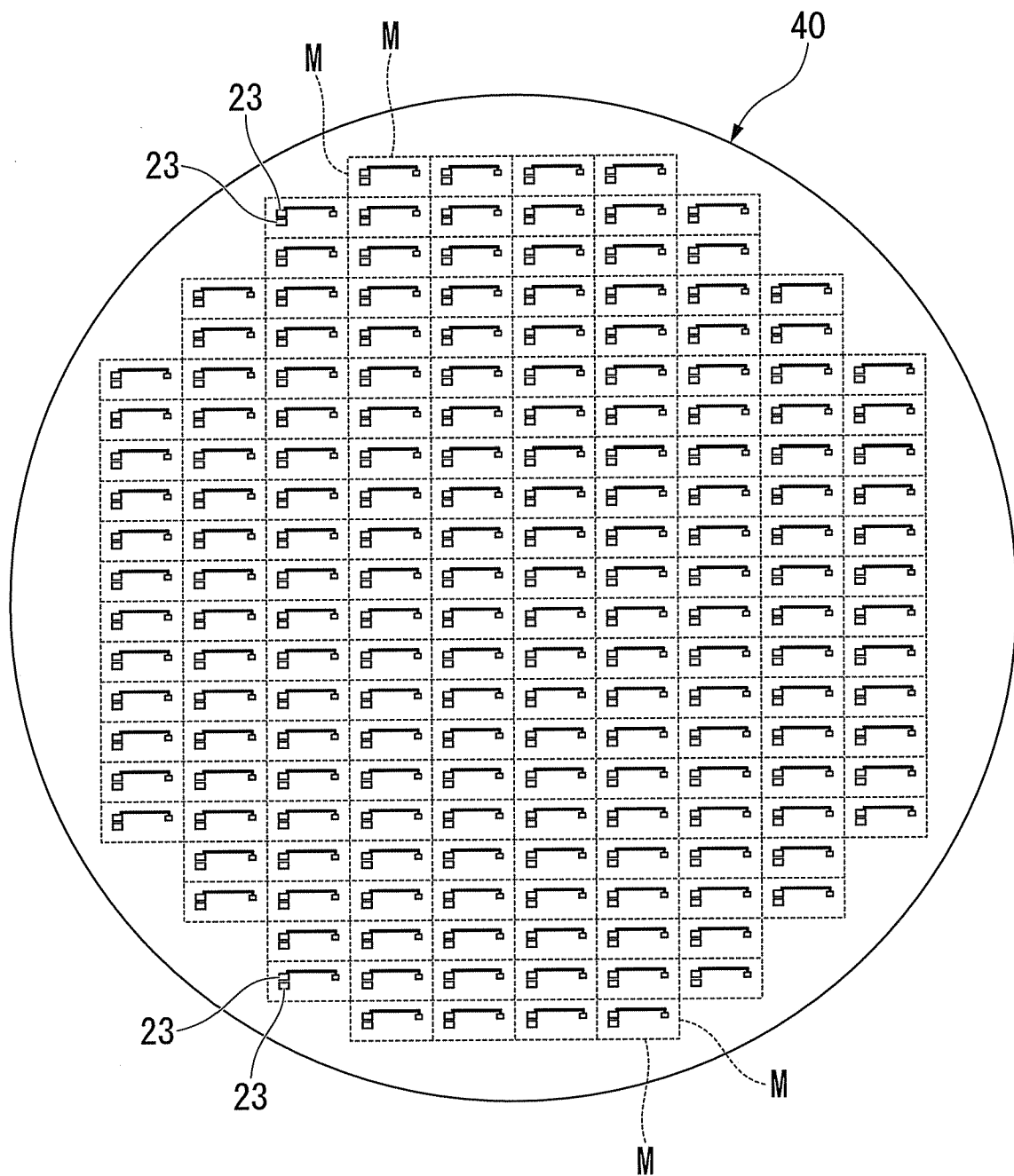


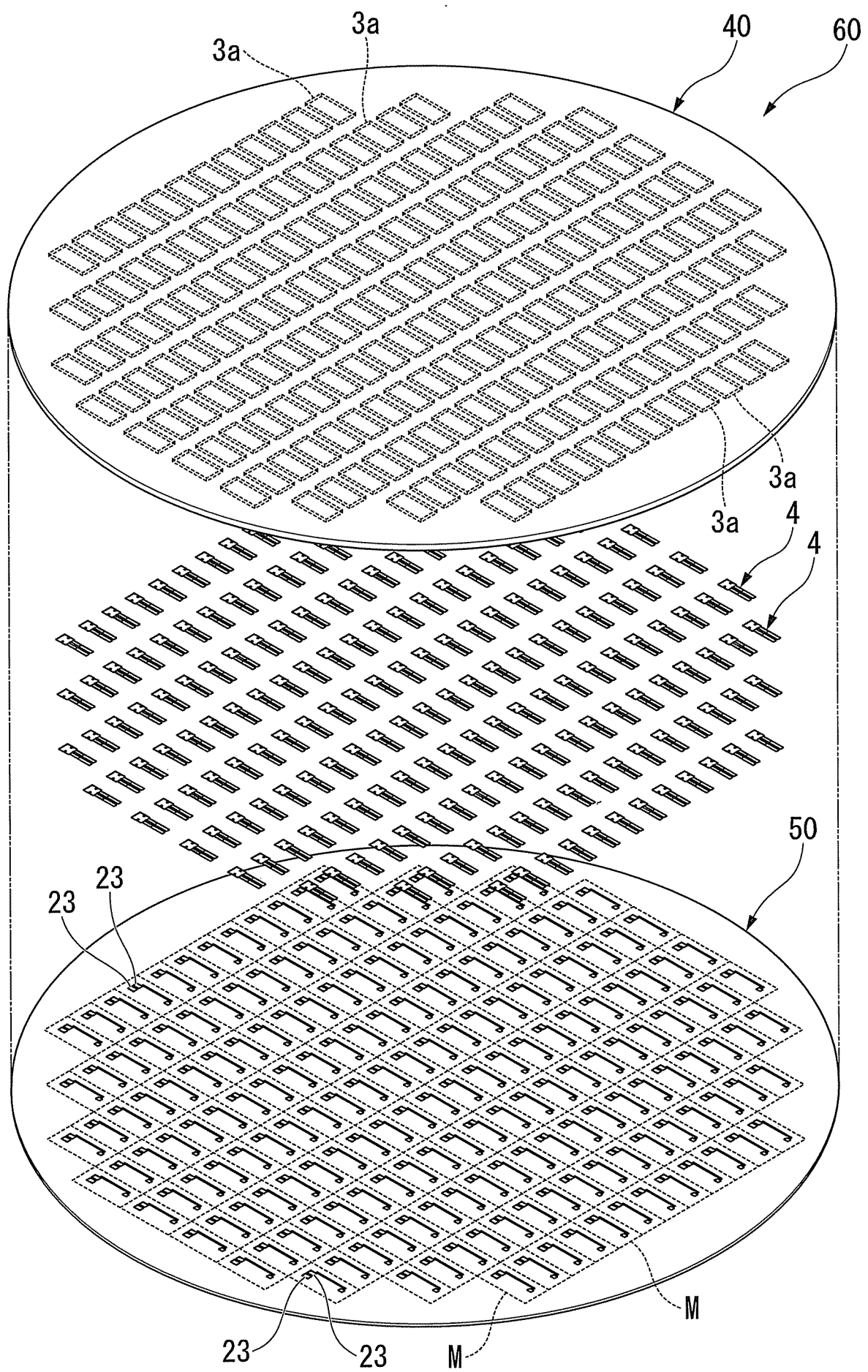
[図16]



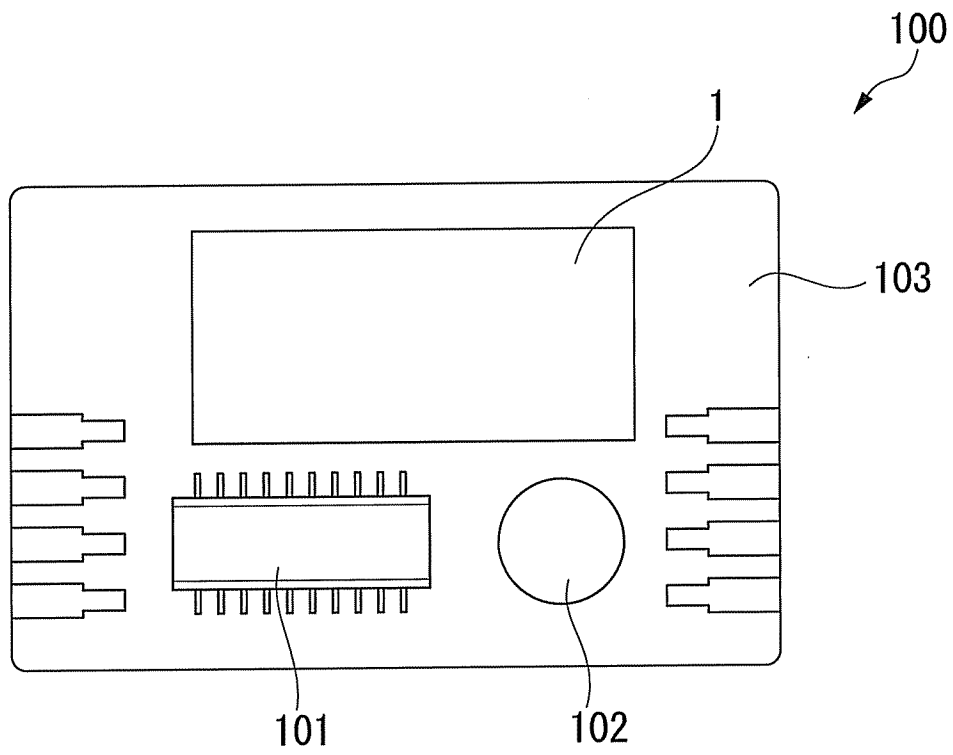
A cross-sectional view of a substrate 40. A central layer 20 is formed on the substrate. A central opening 21 is formed in the central layer 20. A pressure P is applied to the central opening 21.

[図20]

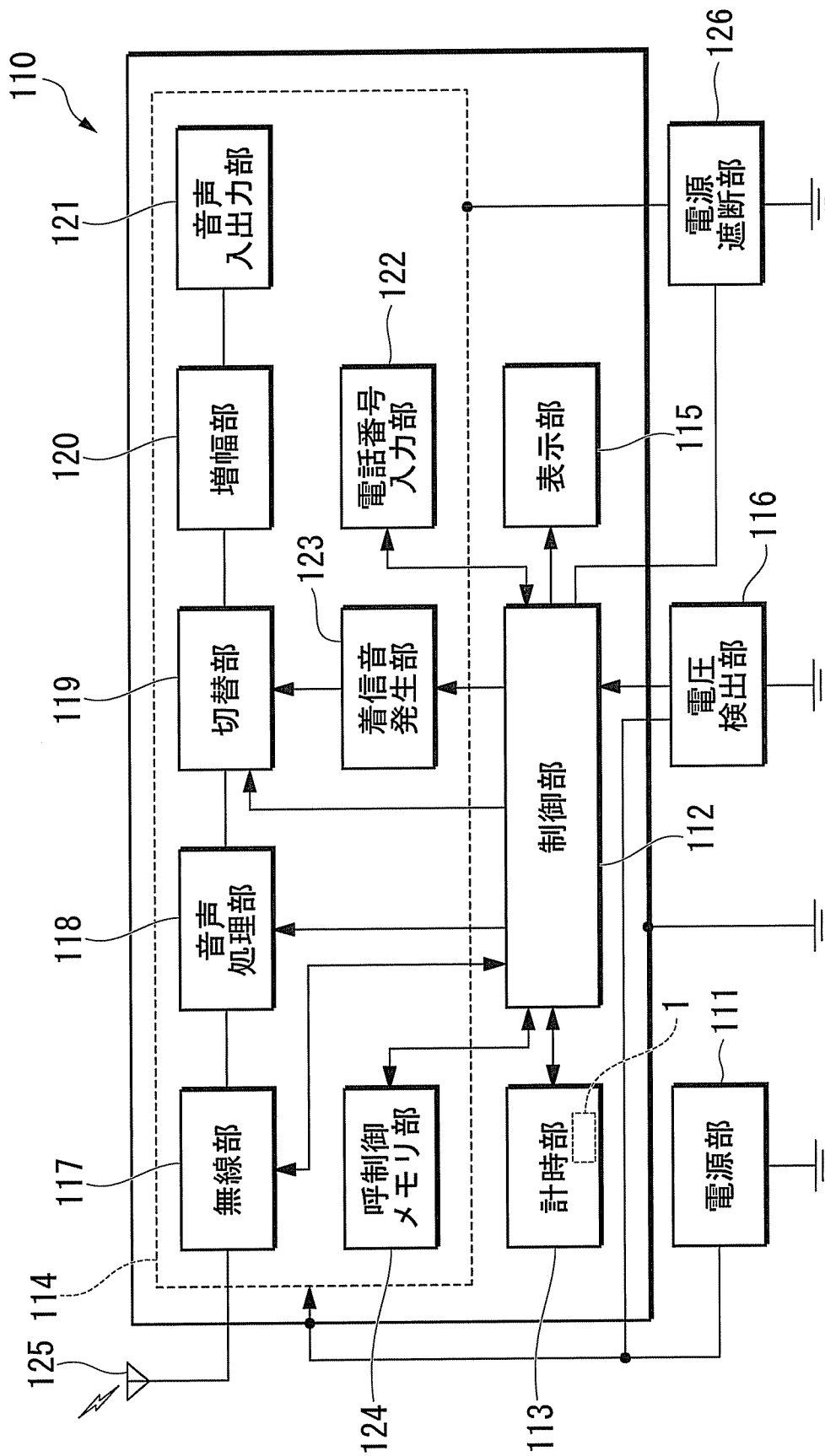




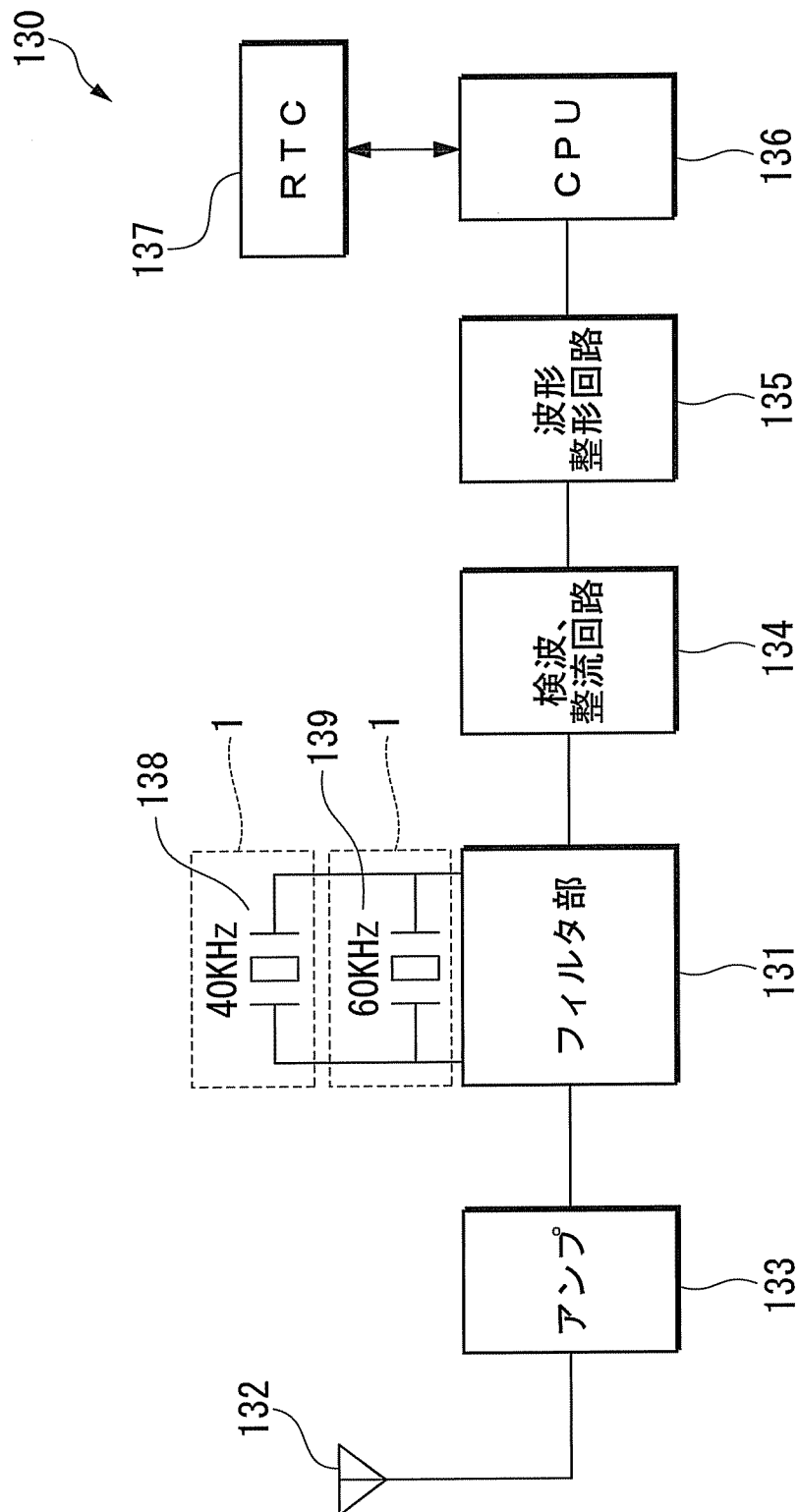
[図22]



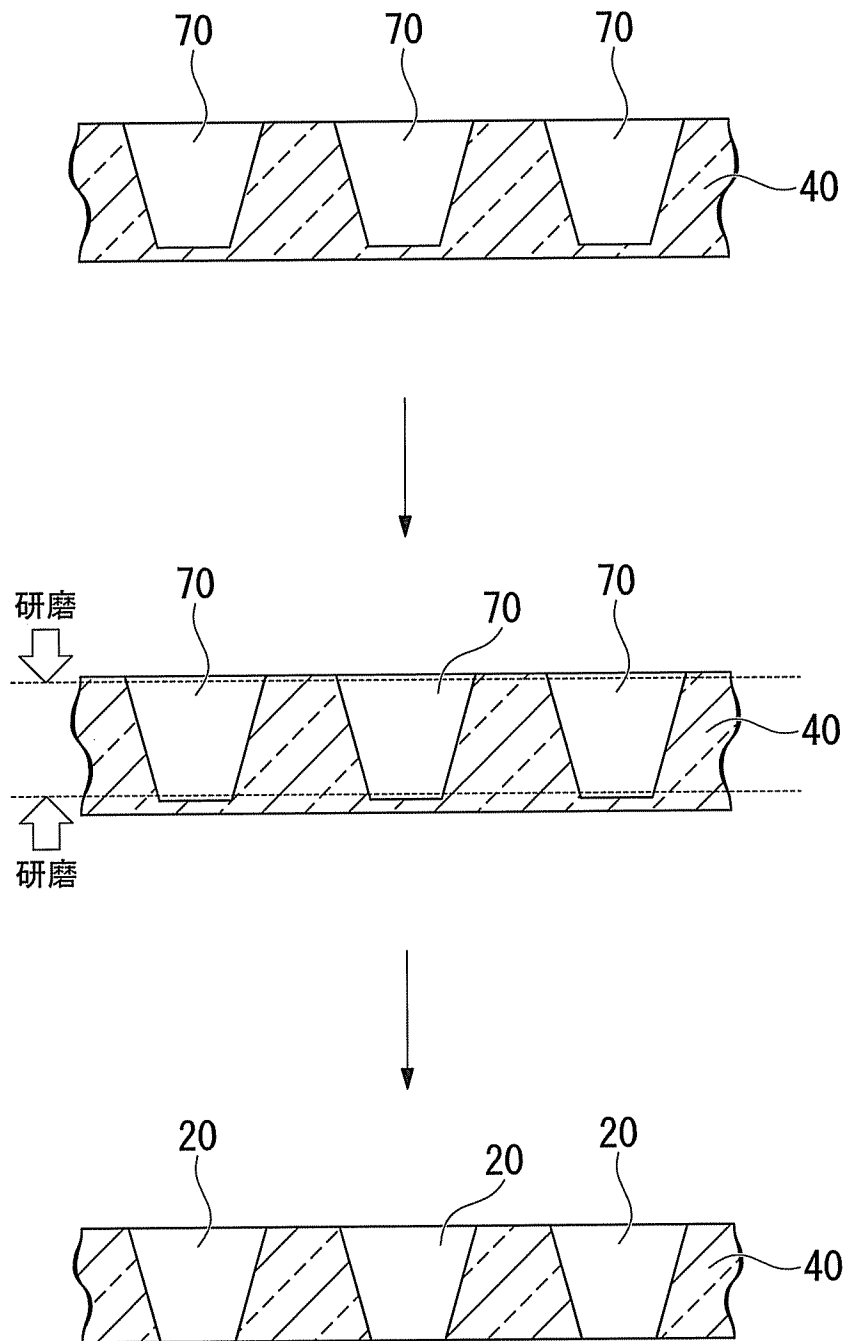
[図23]



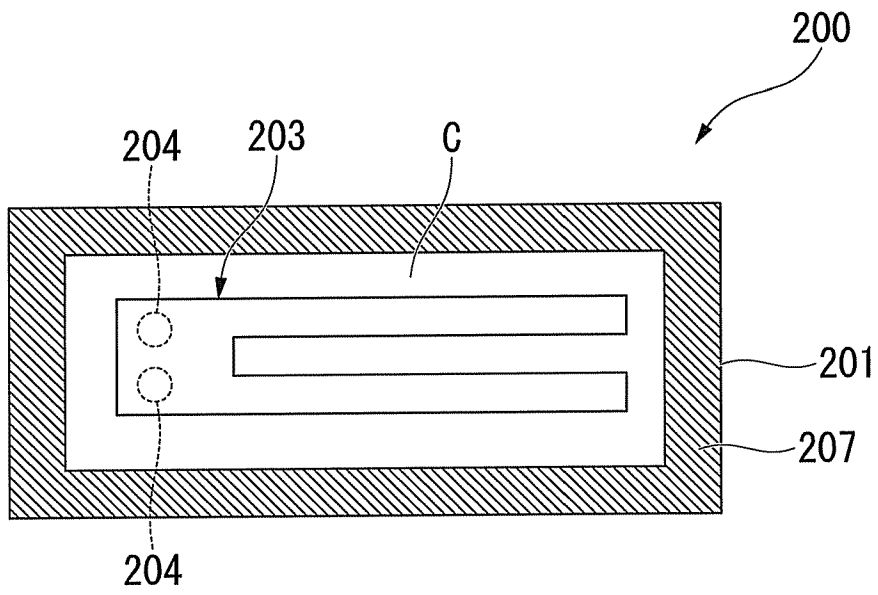
[図24]



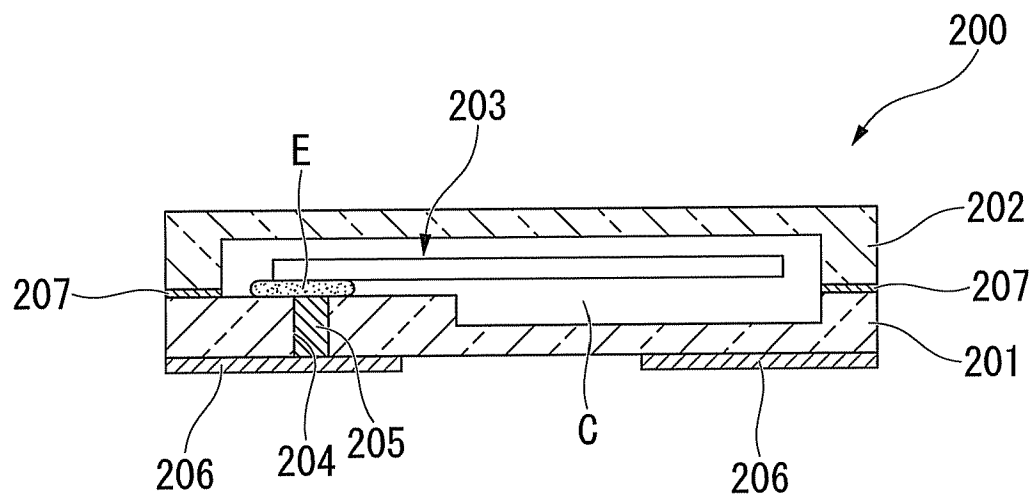
[図25]



[[図26]]



[[図27]]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/065252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H3/02(2006.01) i, H03H9/02(2006.01) i, H03H9/19(2006.01) i, H03H9/215(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)

H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76, H05K1/09, H05K1/11, H05K1/18

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.
Y	JP 2002-121037 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 23 April, 2002 (23.04.02), Par. Nos. [0013] to [0024]; Figs. 1 to 8 & CN 1349304 A	1-5
Y	JP 2007-516602 A (Tessera, Inc.), 21 June, 2007 (21.06.07), Par. No. [0107]; Figs. 1 to 3 & WO 2005/031861 A1 & US 2005/0067681 A1 & EP 1720794 A	1-5
Y	JP 8-148797 A (Sony Corp.), 07 June, 1996 (07.06.96), Par. Nos. [0028] to [0031]; Figs. 2 to 3 (Family: none)	1-5

☒ 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
11 November, 2008 (11.11.08)

Date of mailing of the international search report
25 November, 2008 (25.11.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/065252

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-266763 A (Seiko Epson Corp.), 24 September, 2004 (24.09.04), Par. No. [0041]; Fig. 7 (Family: none)	1-5
Y	JP 61-66303 A (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 05 April, 1986 (05.04.86), Page 1, right column (Family: none)	1-5
Y	JP 3-55893 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 11 March, 1991 (11.03.91), Page 2, lower right column (Family: none)	1-5
Y	JP 2007-13636 A (Kyocera Kinseki Corp.), 18 January, 2007 (18.01.07), Par. Nos. [0015] to [0042]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H03H3/02(2006.01)i, H03H9/02(2006.01)i, H03H9/19(2006.01)i, H03H9/215(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（I P C））

Int.Cl. H03H3/007-H03H3/10, H03H9/00-H03H9/76, H05K1/09, H05K1/11, H05K1/18

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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
Y	JP 2002-121037 A（日本板硝子株式会社） 2002.04.23, [0013]-[0024]、図 1-図 8 & CN 1349304 A	1-5
Y	JP 2007-516602 A（テッセラ、インコーポレイテッド） 2007.06.21, [0107]、図 1-図 3 & WO 2005/031861 A1 & US 2005/0067681 A1 & EP 1720794 A	1-5

☒ 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

1 1 . 1 1 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

2 5 . 1 1 . 2 0 0 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

崎間 伸洋

5 W

3 5 7 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6

C (続き) . 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
Y	JP 8-148797 A (ソニー株式会社) 1996. 06. 07, [0028]-[0031]、図 2-図 3 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2004-266763 A (セイコーエプソン株式会社) 2004. 09. 24, [0041]、図 7 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 61-66303 A (太陽誘電株式会社) 1986. 04. 05, 第 1 頁右欄 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 3-55893 A (株式会社村田製作所) 1991. 03. 11, 第 2 頁右下欄 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2007-13636 A (京セラキンセキ株式会社) 2007. 01. 18, [0015]-[0042]、図 1-図 6 (ファミリーなし)	1-5