

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-169865

(P2012-169865A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/19 (2006.01)	H03H 9/19 L	5J079
H03H 9/215 (2006.01)	H03H 9/215	5J108
H03H 9/02 (2006.01)	H03H 9/02 K	
H03B 5/32 (2006.01)	H03B 5/32 H	
	H03B 5/32 E	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)		

(21) 出願番号 特願2011-29129 (P2011-29129)
 (22) 出願日 平成23年2月14日 (2011.2.14)

(71) 出願人 000002325
 セイコーインスツル株式会社
 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
 (74) 代理人 100154863
 弁理士 久原 健太郎
 (74) 代理人 100142837
 弁理士 内野 則彰
 (74) 代理人 100123685
 弁理士 木村 信行
 (72) 発明者 小林 高志
 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
 Fターム(参考) 5J079 AA02 AA04 BA14 BA39 DA01
 FA01 HA03 HA06 HA14 HA22
 HA25 KA01 KA02
 最終頁に続く

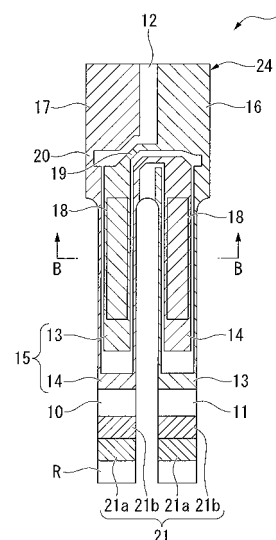
(54) 【発明の名称】 圧電振動片、圧電振動子、発振器、電子機器、及び電波時計

(57) 【要約】

【課題】 重り金属膜の剥がれを抑制して、周波数の変動を抑制できる圧電振動片、圧電振動子、発振器、電子機器、及び電波時計を提供する。

【解決手段】 幅方向に並んで配置された一对の振動腕部10、11と、一对の振動腕部10、11における延在方向の基端側が接続された基部12と、振動腕部10、11の外表面に形成された重り金属膜21と、を備えた圧電振動片4において、振動腕部10、11における長手方向の先端部の回避領域Rを避けた位置に重り金属膜21を形成することを特徴とする。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

幅方向に並んで配置された一対の振動腕部と、
前記一対の振動腕部における延在方向の基端側が接続された基部と、
前記振動腕部の外表面に形成された重り金属膜と、を備えた圧電振動片において、
前記重り金属膜は、前記振動腕部における前記延在方向の先端部の回避領域を避けて形成されていることを特徴とする圧電振動片。

【請求項 2】

前記重り金属膜は、レーザ照射により部分的に除去されることで、前記振動腕部の周波数が目標周波数となるように調整され、

前記回避領域の前記延在方向における長さは、前記レーザ照射による誤差よりも大きくなるように設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の圧電振動片。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 記載の圧電振動片がパッケージに気密封止されてなることを特徴とする圧電振動子。

【請求項 4】

請求項 3 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。

【請求項 5】

請求項 3 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。

【請求項 6】

請求項 3 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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電振動片、圧電振動子、発振器、電子機器、及び電波時計に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、携帯電話や携帯情報端末には、時刻源や制御信号などのタイミング源、リファレンス信号源などとして水晶等を利用した圧電振動子を用いる場合が多い。この種の圧電振動子として、キャビティが形成されたパッケージ内に音叉型の圧電振動片を気密封止したものがある。

【0003】

パッケージは、一対のガラス基板のうちの一方に凹部を形成した状態で互いに重ね合わせ、両者を直接接合することにより、凹部をキャビティとして機能させる構造になっている。また、圧電振動片は、長手方向に延在するとともに幅方向に並んで配置された一対の振動腕部と、これらの両振動腕部の基端側を連結する基部と、を備えており、両振動腕部が、基端側を起点として接近、離間する方向に、所定の共振周波数で振動（揺動）する構成となっている。

【0004】

このように構成された圧電振動子を製造する場合の振動腕部の周波数調整方法として、圧電振動片における振動腕部の先端に Cr、Au、Ag 等からなる重り金属膜を予め形成し、レーザ照射により重り金属膜を部分的に除去（トリミング）することで、振動腕部の周波数が目標周波数となるように調整する方法がある（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-164759号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上述した圧電振動子にあっては、携帯電話や携帯情報端末機器の小型化に伴い、更なる小型、薄型化が望まれている。そのため、圧電振動片とパッケージの内面との厚さ方向でのクリアランスが非常に狭いものとなっている（例えば、 $20\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度）。

この場合、気密封止後に圧電振動子を落下させて行う衝撃特性試験時等において、振動腕部が厚さ方向に振動することで、振動腕部の先端部がパッケージの内面に接触する虞がある。すると、振動腕部がパッケージの内面に接触する際の衝撃により、振動腕部の先端部に形成された重り金属膜が剥がれ、振動腕部の周波数が変動してしまうという問題がある。

これに対して、振動腕部の先端部における重り金属膜をレーザ照射により積極的に除去しておくことも考えられるが、レーザ照射の位置精度（例えば、 $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 程度）により、先端部には少なからず重り金属膜が残存してしまう。

【0007】

そこで、本発明は、上述した問題に鑑みてなされたものであり、重り金属膜の剥がれを抑制して、周波数の変動を抑制できる圧電振動片、圧電振動子、発振器、電子機器、及び電波時計を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した課題を解決するために、本発明は以下の手段を提供する。

本発明に係る圧電振動片は、幅方向に並んで配置された一对の振動腕部と、前記一对の振動腕部における延在方向の基端側が接続された基部と、前記振動腕部の外表面に形成された重り金属膜と、を備えた圧電振動片において、前記重り金属膜は、前記振動腕部における前記延在方向の先端部の回避領域を避けて形成されていることを特徴としている。

【0009】

この構成によれば、振動腕部の先端部における回避領域を避けた位置に重り金属膜を形成することで、圧電振動片をパッケージ内に気密封止した場合に圧電振動片（振動腕部の先端）が厚さ方向に振動した際、振動腕部の先端がパッケージの内面に接触したとしても、振動腕部から重り金属膜が剥がれるのを抑制できる。そのため、周波数調整後に周波数が変動することを抑制できるので、振動特性に優れた高品質な圧電振動片を提供できる。

また、予め回避領域を避けて重り金属膜を形成しておくことで、振動腕部の先端部に形成された重り金属膜を除去するために高精度なレーザ装置を用いることがない。その結果、製造コストの増加も抑制できる。

【0010】

また、前記重り金属膜は、レーザ照射により部分的に除去されることで、前記振動腕部の周波数が目標周波数となるように調整され、前記回避領域の前記延在方向における長さは、前記レーザ照射による誤差よりも大きくなるように設定されていることを特徴としている。

この構成によれば、回避領域の重り金属膜をレーザ照射により除去する場合に、回避領域の重り金属膜をレーザ装置の位置精度に関わらず確実に除去しておくことができる。これにより、振動腕部から重り金属膜が剥がれるのを抑制できる。

【0011】

また、本発明に係る圧電振動子は、上記本発明の圧電振動片がパッケージに気密封止されてなることを特徴としている。

この構成によれば、上記本発明の圧電振動片がパッケージに気密封止されているため、小型、薄型化を図った上で、振動特性に優れた高品質な圧電振動子を提供することができる。

10

20

30

40

50

【0012】

また、本発明の発振器は、上記本発明の圧電振動子が、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している。

【0013】

また、本発明の電子機器は、上記本発明の圧電振動子が、計時部に電氣的に接続されていることを特徴としている。

【0014】

また、本発明の電波時計は、上記本発明の圧電振動子が、フィルタ部に電氣的に接続されていることを特徴としている。

【0015】

本発明に係る発振器、電子機器及び電波時計においては、信頼性の高い発振器、電子機器及び電波時計を提供することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明の圧電振動片によれば、周波数調整後に周波数が変動することを抑制できるので、振動特性に優れた高品質な圧電振動片を提供できる。

本発明の圧電振動子によれば、振動特性に優れた高品質な圧電振動子を提供できる。

本発明の発振器、電子機器及び電波時計においては、信頼性の高い発振器、電子機器及び電波時計を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態に係る圧電振動子を示す外観斜視図である。

【図2】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の平面図である。

【図3】図2のA-A線における断面図である。

【図4】図1に示す圧電振動子の分解斜視図である。

【図5】圧電振動片の平面図である。

【図6】圧電振動片の底面図である。

【図7】図5のB-B線における断面図である。

【図8】圧電振動子の製造方法を示すフローチャートである。

【図9】圧電振動片の製造方法を示すフローチャートである。

【図10】ウエハ接合体の分解斜視図である。

【図11】本発明の実施形態における発振器の概略構成図である。

【図12】本発明の実施形態における携帯情報機器の概略構成図である。

【図13】本発明の実施形態における電波時計の概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

(圧電振動子)

図1は、本実施形態における圧電振動子をリッド基板側から見た外観斜視図である。また図2は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ある。また、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り、図4は圧電振動子の分解斜視図である。

図1～図4に示すように、本実施形態の圧電振動子1は、ベース基板2とリッド基板3とが接合材35を介して陽極接合された箱状のパッケージ5を有し、このパッケージ5の内部のキャビティC内に圧電振動片4が封止された表面実装型の圧電振動子である。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15、引き出し電極19、20、マウント電極16、17、及び重り金属膜21の図示を省略している。

【0019】

図5は、圧電振動子1を構成する圧電振動片4の平面図、図6は、圧電振動片4の底面

10

20

30

40

50

図、図 7 は、図 5 の B-B 線に沿う断面図である。

図 5～図 7 に示すように、圧電振動片 4 は、所定の電圧が印加されたときに振動するのであって、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圧電板 2 4 を備えている。

【0020】

この圧電板 2 4 は、平行に配置された一对の振動腕部 1 0、1 1 と、一对の振動腕部 1 0、1 1 の基端側を一体的に固定する基部 1 2 と、を有している。また、圧電板 2 4 の外表面上には、一对の振動腕部 1 0、1 1 を振動させる第 1 の励振電極 1 3、及び第 2 の励振電極 1 4 からなる励振電極 1 5 と、第 1 の励振電極 1 3、及び第 2 の励振電極 1 4 に電氣的に接続されたマウント電極 1 6、1 7 と、が設けられている。

10

また、圧電板 2 4 には、一对の振動腕部 1 0、1 1 の両主面上に、振動腕部 1 0、1 1 の長手方向（延在方向）に沿ってそれぞれ形成された溝部 1 8 が形成されている。この溝部 1 8 は、振動腕部 1 0、1 1 の基端側から略中間付近に至る間に形成されている。

【0021】

第 1 の励振電極 1 3、第 2 の励振電極 1 4 からなる励振電極 1 5 は、一对の振動腕部 1 0、1 1 を互いに接近または離間する方向に所定の周波数で振動させる電極であり、一对の振動腕部 1 0、1 1 の外表面上に、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、一方の振動腕部 1 0 の溝部 1 8 上と、他方の振動腕部 1 1 の両側面上とに、第 1 の励振電極 1 3 が主に形成されている。また、一方の振動腕部 1 0 の両側面上と、他方の振動腕部 1 1 の溝部 1 8 上とに、第 2 の励振電極 1 4 が主に形成されている。

20

【0022】

さらに、第 1 の励振電極 1 3、及び第 2 の励振電極 1 4 は、基部 1 2 の両主面上において、それぞれ引き出し電極 1 9、2 0 を介してマウント電極 1 6、1 7 に電氣的に接続されている。圧電振動片 4 は、このマウント電極 1 6、1 7 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 1 5、マウント電極 1 6、1 7、及び引き出し電極 1 9、2 0 は、例えば、クロム（Cr）等からなる下地膜（不図示）と、金（Au）等からなる仕上膜（不図示）と、が圧電板 2 4 の外表面上に順次積層されて構成されている。下地膜は、仕上膜と圧電振動片 4 との密着性を向上させるためのものである。

【0023】

30

また、一对の振動腕部 1 0、1 1 の外表面上には、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周波数調整用の重り金属膜 2 1 が被膜されている。この重り金属膜 2 1 は、周波数を粗く調整する際に使用される粗調膜 2 1 a と、微小調整する際に使用される微調膜 2 1 b とに分かれている。これら粗調膜 2 1 a、及び微調膜 2 1 b の重量を利用して周波数調整を行うことで、一对の振動腕部 1 0、1 1 の周波数をデバイスの目標周波数の範囲内に収めることができる。

【0024】

重り金属膜 2 1 のうち、振動腕部 1 0、1 1 の先端側に形成された粗調膜 2 1 a は、下地膜（不図示）、及び仕上膜（不図示）が順次積層されて構成されている。これに対して、粗調膜 2 1 a よりも基端側に形成された微調膜 2 1 b は、下地膜により構成されている。すなわち、重り金属膜 2 1 を構成する下地膜、及び仕上膜は、上述した励振電極 1 5、マウント電極 1 6、1 7、及び引き出し電極 1 9、2 0 と同一材料により構成されている。

40

【0025】

ここで、これら重り金属膜 2 1 は、振動腕部 1 0、1 1 における長手方向の先端部を回避した位置に形成されている。具体的に、振動腕部 1 0、1 1 の先端部は、振動腕部 1 0、1 1 の短手方向（幅方向）の全域に亘って重り金属膜 2 1 が形成されていない回避領域 R となっており、この回避領域 R よりも基端側に粗調膜 2 1 a、及び微調膜 2 1 b が振動腕部 1 0、1 1 の長手方向に沿って並んで形成されている。なお、振動腕部 1 0、1 1 の長手方向における回避領域 R の長さは、後述するトリミング工程におけるレーザ光の位置

50

精度 ($20\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$) よりも長く、例えば $25\ \mu\text{m} \sim 55\ \mu\text{m}$ 程度に設定することが好ましい。

【0026】

このように構成された圧電振動片 4 は、図 3、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、ベース基板 2 の上面にパターニングされた後述する引き回し電極 36、37 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 16、17 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ともに、マウント電極 16、17 と引き回し電極 36、37 とがそれぞれ電氣的に接続された状態となっている。

10

【0027】

図 1、図 3、図 4 に示すように、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って、板状に形成されている。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である。

【0028】

リッド基板 3 の下面全体には、陽極接合用の接合材 35 が形成されている。具体的に、接合材 35 は、ベース基板 2 との接合面及び凹部 3a の内面全体に亘って形成されている。本実施形態の接合材 35 は Si 膜で形成されているが、接合材 35 を Al で形成することも可能である。なお接合材として、ドーピング等により低抵抗化した Si バルク材を採用することも可能である。そして、凹部 3a をベース基板 2 側に対向させた状態で、接合材 35 とベース基板 2 とが陽極接合されることで、キャビティ C が気密封止されている。

20

【0029】

図 1～図 4 に示すように、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って、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 30、31 が形成されている。この際、一对のスルーホール 30、31 は、キャビティ C 内に収まるように形成されている。

30

【0030】

より詳しく説明すると、本実施形態のスルーホール 30、31 のうち、一方のスルーホール 30 は、マウントされた圧電振動片 4 の基部 12 側に対応した位置に形成されている。また、他方のスルーホール 31 は、振動腕部 10、11 の先端側に対応した位置に形成されている。また、これらスルーホール 30、31 は、ベース基板 2 の下面から上面に向かって漸次径が縮径した断面テーパ状に形成されている。

なお、本実施形態では、各スルーホール 30、31 が断面テーパ状に形成されている場合について説明したが、これに限られるものではなく、ベース基板 2 を真っ直ぐに貫通するスルーホールでもよい。いずれにしても、ベース基板 2 を貫通していればよい。

【0031】

40

そして、これら一对のスルーホール 30、31 には、各スルーホール 30、31 を埋めるように形成された一对の貫通電極 32、33 が形成されている。

図 3 に示すように、これら貫通電極 32、33 は、焼成によってスルーホール 30、31 に対して一体的に固定された筒体 6、及び芯材部 7 によって形成されたものである。各貫通電極 32、33 は、スルーホール 30、31 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ともに、後述する外部電極 38、39 と引き回し電極 36、37 とを導通させる役割を担っている。

【0032】

筒体 6 は、ペースト状のガラスフリットが焼成されたものである。筒体 6 は、両端が平坦で、かつベース基板 2 と略同じ厚みの円筒状に形成されている。そして、筒体 6 の中心

50

には、芯材部 7 が筒体 6 を貫通するように配されている。また、本実施形態ではスルーホール 30, 31 の形状に合わせて、筒体 6 の外形が円錐状（断面テーパ状）となるように形成されている。そして、この筒体 6 は、スルーホール 30, 31 内に埋め込まれた状態で焼成されており、これらスルーホール 30, 31 に対して強固に固着されている。

【0033】

芯材部 7 は、金属材料により円柱状に形成された導電性の芯材であり、筒体 6 と同様に両端が平坦で、かつベース基板 2 の厚みと略同じ厚さとなるように形成されている。

なお、図 3 に示すように、貫通電極 32, 33 が完成品として形成された場合には、芯材部 7 は、ベース基板 2 の厚みと略同じ厚さとなるように形成される。しかしながら、製造過程においては、芯材部 7 の長さは、製造過程の当初のベース基板 2 の厚さよりも 0.02 mm だけ短い長さに設定されたものを採用している。そして、この芯材部 7 は、筒体 6 の中心孔 6c に位置しており、筒体 6 の焼成によって筒体 6 に対して強固に固着される。

また、貫通電極 32, 33 は、導電性の芯材部 7 を通して電気導通性が確保されている。

【0034】

図 1～図 4 に示すように、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、導電性材料（例えば、アルミニウム）により、一対の引き回し電極 36, 37 がパターンニングされている。一対の引き回し電極 36, 37 は、一対の貫通電極 32, 33 のうち、一方の貫通電極 32 と圧電振動片 4 の一方のマウント電極 16 とを電氣的に接続するとともに、他方の貫通電極 33 と圧電振動片 4 の他方のマウント電極 17 とを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、一方の引き回し電極 36 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 32 の真上に形成されている。また、他方の引き回し電極 37 は、一方の引き回し電極 36 に隣接した位置から、振動腕部 10, 11 に沿ってこれら振動腕部 10, 11 の先端側に引き回された後、他方の貫通電極 33 の真上に位置するように形成されている。

【0035】

そして、これら一対の引き回し電極 36, 37 上にそれぞれパンプ B が形成されており、このパンプ 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、一方の貫通電極 32 に、圧電振動片 4 の一方のマウント電極 16 が一方の引き回し電極 36 を介して導通される。また、他方の貫通電極 33 に、他方のマウント電極 17 が他方の引き回し電極 37 を介して導通される。

【0036】

図 1, 図 3, 図 4 に示すように、ベース基板 2 の下面には、一対の貫通電極 32, 33 に対してそれぞれ電氣的に接続される外部電極 38, 39 が形成されている。つまり、一方の外部電極 38 は、一方の貫通電極 32、及び一方の引き回し電極 36 を介して圧電振動片 4 の第 1 の励振電極 13 に電氣的に接続されている。

また、他方の外部電極 39 は、他方の貫通電極 33、及び他方の引き回し電極 37 を介して、圧電振動片 4 の第 2 の励振電極 14 に電氣的に接続されている。

【0037】

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 38, 39 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 の第 1 の励振電極 13、及び第 2 の励振電極 14 からなる励振電極 15 に電流を流すことができ、一対の振動腕部 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、この一対の振動腕部 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。

【0038】

（圧電振動子の製造方法）

次に、上述した圧電振動子 1 の製造方法について説明する。図 8 は圧電振動子の製造方法を示すフローチャート、図 9 は圧電振動片作製工程を示すフローチャート、図 10 はウ

10

20

30

40

50

エハ接合体の分解斜視図である。

図 8、図 10 に示すように、この圧電振動子 1 の製造方法においては、複数のベース基板 2 が連なるベース基板用ウエハ 40 と、複数のリッド基板 3 が連なるリッド基板用ウエハ 50 との間に、複数の圧電振動片 4 を封入してウエハ接合体 60 を形成し、ウエハ接合体 60 を切断することにより複数の圧電振動子 1 を同時に製造する方法について説明する。なお、図 10 に示す破線 M は、切断工程で切断する切断線を図示したものである。

【0039】

本実施形態における圧電振動子 1 の製造方法は、主に、圧電振動片作製工程 (S10) と、リッド基板用ウエハ作製工程 (S20) と、ベース基板用ウエハ作製工程 (S30) と、組立工程 (S40 以下) とを有している。これらのうち、圧電振動片作製工程 (S10)、リッド基板用ウエハ作製工程 (S20)、及びベース基板用ウエハ作製工程 (S30) は、並行して実施することが可能である。

【0040】

(圧電振動片作製工程)

まず、図 8、図 9 に示すように、圧電振動片作製工程 (S10) を行って圧電振動片 4 (図 5、図 6 参照) を作製する。具体的には、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 (不図示) とする。続いて、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加工を行なって、所定の厚みとする (S110)。

【0041】

次に、ウエハから複数の圧電板 24 の外形形状をパターニングするための外形パターン (不図示) を形成する (外形パターン形成工程、S120)。外形パターンは、ポリッシングが終了したウエハの両面に一对の振動腕部 10、11、及び基部 12 の外形形状に倣って金属膜をパターニングすることにより行われる。この際、ウエハに形成する複数の圧電振動片 4 の数だけ、一括してパターニングを行う。

【0042】

次いで、パターニングされた外形パターンをマスクとして、ウエハの両面からそれぞれエッチング加工を行う (S130)。これにより、外形パターンでマスクされていない領域が選択的に除去される。この結果、外形パターンによってパターニングされたウエハが圧電板 24 の外形形状に形成される。

続いて、一对の振動腕部 10、11 (図 5、図 6 参照) の両主面上に溝部 18 を形成する溝部形成工程を行う (S140)。溝部 18 は、振動腕部 10、11 にエッチング加工を施すことにより形成することができる。

【0043】

次いで、複数の圧電板 24 の外表面上に電極膜をパターニングして、励振電極 13、14、引き出し電極 19、20、及びマウント電極 16、17 をそれぞれ形成する電極形成工程を行う (S150)。具体的には、溝部 18 が形成された圧電板 24 の外表面上に、蒸着法やスパッタリング法等により電極膜を成膜し、この後、電極膜にエッチング加工を施すことにより形成する。

【0044】

電極形成工程 (S150) が終了した後、一对の振動腕部 10、11 の先端に周波数調整用の粗調膜 21a、及び微調膜 21b からなる重り金属膜 21 を形成する (重り金属膜形成工程、S160)。重り金属膜 21 は、まず粗調膜 21a 及び微調膜 21b の形成領域に下地膜を形成した後、下地膜における粗調膜 21a の形成領域上に仕上膜を形成するようになっている。この際、振動腕部 10、11 における先端部の回避領域 R よりも基端側に重り金属膜 21 が形成されるようにパターニングする。なお、微調膜 21b は、この膜厚が例えば約 1500 Å 程度に設定されている一方、粗調膜 21a は、この膜厚が例えば約 3 μm 程度に設定されている。また、本実施形態では、励振電極 13、14 や、引き出し電極 19、20、マウント電極 16、17 の電極部と、重り金属膜 21 と、をそれぞれ別工程で形成する場合について説明したが、上述した電極部及び重り金属膜 21 を同一

工程で一括して形成しても構わない。

【0045】

続いて、ウエハに形成された全ての振動腕部10, 11に対して、周波数を粗く調整する粗調工程を行う(S170)。これは、重り金属膜21の粗調膜21a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。具体的には、まず、ウエハに形成された全ての振動腕部10, 11の周波数をまとめて測定し、測定された周波数と予め定められた目標周波数との差に応じて、トリミング量を計算する。その後、トリミング量の計算結果に基づいて、重り金属膜21の粗微調膜21aの先端にレーザ光を照射して粗微調膜21aを除去(トリミング)する。なお、共振周波数をより高精度に調整する微調に関しては、マウント後に行う。

10

【0046】

粗調工程(S170)が終了した後、最後にウエハと圧電板24とを連結していた連結部を切断して、複数の圧電板24をウエハから切り離して個片化する切断工程を行う(S180)。これにより、1枚のウエハから、音叉型の圧電振動片4を一度に複数製造することができる。

この時点で、圧電振動片4の製造工程が終了し、図5に示す圧電振動片4を得ることができる。

【0047】

(リッド基板用ウエハ作成工程)

次に、図8、図10に示すように、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リッド基板用ウエハ作製工程を行う(S20)。

20

具体的には、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リッド基板用ウエハ50を形成する(S21)。

【0048】

次いで、リッド基板用ウエハ50の裏面50a(図6における下面)に、エッチング等により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形成工程を行う(S22)。

続いて、後述するベース基板用ウエハ40との間の気密性を確保するために、ベース基板用ウエハ40との接合面となるリッド基板用ウエハ50の裏面50a側を少なくとも研磨する研磨工程(S23)を行い、裏面50aを鏡面加工する。

30

【0049】

次に、リッド基板用ウエハ50の裏面50a全体(ベース基板用ウエハ40との接合面及び凹部3aの内面)に接合材35を形成する接合材形成工程(S24)を行う。このように、接合材35をリッド基板用ウエハ50の裏面50a全体に形成することで、接合材35のパターニングが不要になり、製造コストを低減することができる。なお、接合材35の形成は、スパッタやCVD等の成膜方法によって行うことができる。また、接合材形成工程(S24)の前に接合面を研磨しているので、接合材35の表面の平面度が確保され、ベース基板用ウエハ40との安定した接合を実現することができる。

40

以上により、リッド基板用ウエハ作成工程(S20)が終了する。

【0050】

(ベース基板用ウエハ作成工程)

次に、上述した工程と同時、また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ベース基板用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)。

【0051】

50

次いで、例えばプレス加工等により、ベース基板用ウエハに一对の貫通電極 3 2, 3 3 を配置するためのスルーホール 3 0, 3 1 を複数形成するスルーホール形成工程を行う (S 3 2)。具体的には、プレス加工等によりベース基板用ウエハ 4 0 の裏面 4 0 b から凹部を形成した後、少なくともベース基板用ウエハ 4 0 の表面 4 0 a 側から研磨することで、凹部を貫通させ、スルーホール 3 0, 3 1 を形成することができる。

【0052】

続いて、スルーホール形成工程 (S 3 2) で形成されたスルーホール 3 0, 3 1 内に貫通電極 3 2, 3 3 を形成する貫通電極形成工程 (S 3 3) を行う。

これにより、スルーホール 3 0, 3 1 内において、芯材部 7 がベース基板用ウエハ 4 0 の両面 4 0 a, 4 0 b に対して面一な状態で保持される。以上により、貫通電極 3 2, 3 3 を形成することができる。

10

【0053】

次に、ベース基板用ウエハ 4 0 の表面 4 0 a に導電性膜からなる引き回し電極 3 6, 3 7 を形成する引き回し電極形成工程を行う (S 3 4)。このようにして、ベース基板用ウエハ製作工程 (S 3 0) が終了する。

【0054】

続いて、ベース基板用ウエハ作成工程 (S 3 0) で作成されたベース基板用ウエハ 4 0 の各引き回し電極 3 6, 3 7 上に、圧電振動片作成工程 (S 1 0) で作成された圧電振動片 4 を、それぞれ金等のバンプ B を介してマウントする (マウント工程、S 4 0)。

そして、上述した各ウエハ 4 0, 5 0 の作成工程で作成されたベース基板用ウエハ 4 0、及びリッド基板用ウエハ 5 0 を重ね合わせる、重ね合わせ工程を行う (重ね合わせ工程、S 5 0)。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 4 0, 5 0 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、リッド基板用ウエハ 5 0 に形成された凹部 3 a とベース基板用ウエハ 4 0 とで囲まれるキャビティ C 内に収納された状態となる。

20

【0055】

重ね合わせ工程後、重ね合わせた 2 枚のウエハ 4 0, 5 0 を図示しない陽極接合装置に入れ、図示しない保持機構によりウエハの外周部分をクランプした状態で、所定の温度雰囲気中で所定の電圧を印加して陽極接合する接合工程を行う (S 6 0)。具体的には、接合材 3 5 とリッド基板用ウエハ 5 0 との間に所定の電圧を印加する。すると、接合材 3 5 とリッド基板用ウエハ 5 0 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 4 0 とリッド基板用ウエハ 5 0 とが接合されたウエハ接合体 6 0 を得ることができる。

30

【0056】

そして、本実施形態のように両ウエハ 4 0, 5 0 同士を陽極接合することで、接着剤等で両ウエハ 4 0, 5 0 を接合した場合に比べて、経時劣化や衝撃等によるずれ、ウエハ接合体 6 0 の反り等を防ぎ、両ウエハ 4 0, 5 0 をより強固に接合することができる。

【0057】

そして、上述した陽極接合が終了した後、ベース基板用ウエハ 4 0 の裏面 4 0 b に導電性材料をパターンニングして、一对の貫通電極 3 2, 3 3 にそれぞれ電氣的に接続された一对の外部電極 3 8, 3 9 を複数形成する外部電極形成工程を行う (S 7 0)。この工程により、外部電極 3 8, 3 9 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。

40

【0058】

続いて、図 8 に示すように、パッケージ 5 内に封止された個々の圧電振動片 4 の周波数を微調整して目標周波数の範囲内に収める微調工程を不図示のトリミング装置を用いて行う (S 8 0)。具体的には、外部電極 3 8, 3 9 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 5 0 を通して外部からレーザ光を照射し、重り金属膜 2 1 の微調膜 2 1 b を蒸発させる。これにより、一对の振動腕部 1

50

0, 11の先端側の重量が変化するため、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。

【0059】

微調工程(S80)が終了した後、接合されたウエハ接合体60を切断線Mに沿って切断して個片化する個片化工程を行う(S90)。

【0060】

続いて、個片化された圧電振動子1の内部の電気特性検査を行う(S100)。

電気特性検査(S100)では、圧電振動片4の周波数、抵抗値、ドライブレベル特性(周波数、及び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、絶縁抵抗特性や圧電振動子1を落下させて行う衝撃特性等を併せてチェックする。そして、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。

【0061】

このように、本実施形態では、振動腕部10, 11における長手方向の先端部の回避領域Rを避けた位置に重り金属膜21を形成する構成とした。

この構成によれば、例えば衝撃特性の試験時等により振動腕部10, 11が厚さ方向に振動した際、振動腕部10, 11の先端部がパッケージ5の内面に接触した場合であっても、振動腕部10, 11から重り金属膜21が剥がれるのを抑制できる。そのため、周波数調整後に周波数が変動することがないので、振動特性に優れた高品質な圧電振動片4を提供できる。

また、パターニングにより予め回避領域Rを避けて重り金属膜21を形成しておくことで、振動腕部10, 11の先端部に形成された重り金属膜21を除去するために高精度なレーザ装置を用いることがない。その結果、製造コストの増加も抑制できる。

そして、この圧電振動片4がパッケージ5に気密封止されているため、小型、薄型化を図った上で、長期に亘って振動特性に優れた高品質な圧電振動子1を提供することができる。

【0062】

(発振器)

次に、本発明に係る発振器の一実施形態について、図11を参照しながら説明する。

本実施形態の発振器100は、図11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、発振器用の上述した集積回路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。

【0063】

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、この圧電振動子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。

【0064】

上述したように、本実施形態の発振器100によれば、上述した圧電振動子1を備えているので、特性及び信頼性に優れた高品質な発振器100を提供できる。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。

【0065】

(電子機器)

次に、本発明に係る電子機器の一実施形態について、図12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。

10

【0066】

(携帯情報機器)

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12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。

20

【0067】

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、この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、この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。

【0068】

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、この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。

30

【0069】

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。

40

【0070】

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

50

、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。

【0071】

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。さらに、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。

10

【0072】

すなわち、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。

【0073】

上述したように、本実施形態の携帯情報機器110によれば、上述した圧電振動子1を備えているので、特性及び信頼性に優れた高品質な携帯情報機器110を提供できる。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。

20

【0074】

（電波時計）

次に、本発明に係る電波時計の一実施形態について、図13を参照して説明する。

本実施形態の電波時計130は、図13に示すように、フィルタ部131に電気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。

30

【0075】

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、上述した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。

40

【0076】

さらに、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。

【0077】

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

50

、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。

【0078】

上述したように、本実施形態の電波時計 130 によれば、上述した圧電振動子 1 を備えているので、特性及び信頼性に優れた高品質な電波時計 130 を提供できる。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。

【0079】

なお、本発明の技術範囲は上述した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。

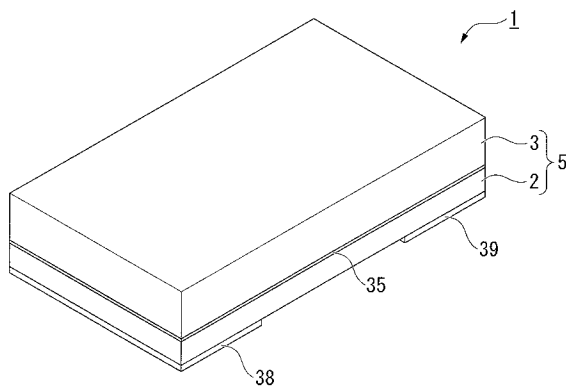
例えば、上述した実施形態では、重り金属膜形成工程（S160）において、パターニングにより回避領域 R を避けて重り金属膜 21 を形成する場合について説明したが、これに限らず、振動腕部 10、11 における回避領域 R を含む先端部に重り金属膜 21 を形成した後、粗調工程におけるレーザ照射により回避領域 R の重り金属膜 21（粗調膜 21a）を除去しても構わない。この場合、回避領域 R の長手方向における長さをレーザ光の位置精度よりも大きく設定することで、回避領域 R の重り金属膜 21 を除去する際に、回避領域 R の重り金属膜 21 をレーザ装置の位置精度に関わらず確実に除去しておくことができる。その結果、上述したように重り金属膜 21 の剥がれを防止し、振動特性に優れた高品質な圧電振動子 1 を提供することができる。

【符号の説明】

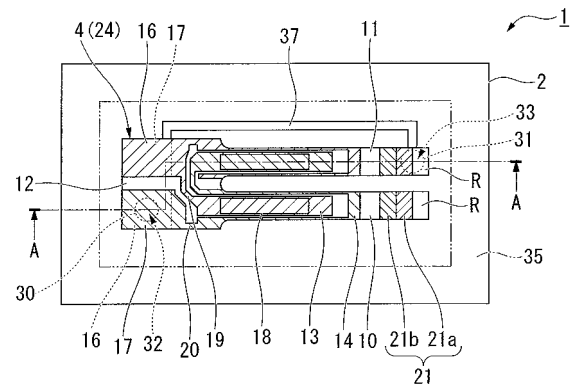
【0080】

1…圧電振動子 4…圧電振動片 5…パッケージ 10, 11…振動腕部 12…基部
21…重り金属膜 100…発振器 101…発振器の集積回路 110…携帯情報機器
（電子機器） 113…電子機器の計時部 130…電波時計 131…電波時計のフィルタ部
C…キャビティ R…回避領域

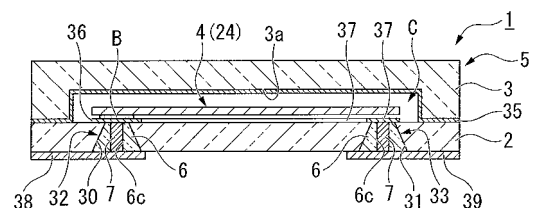
【図 1】



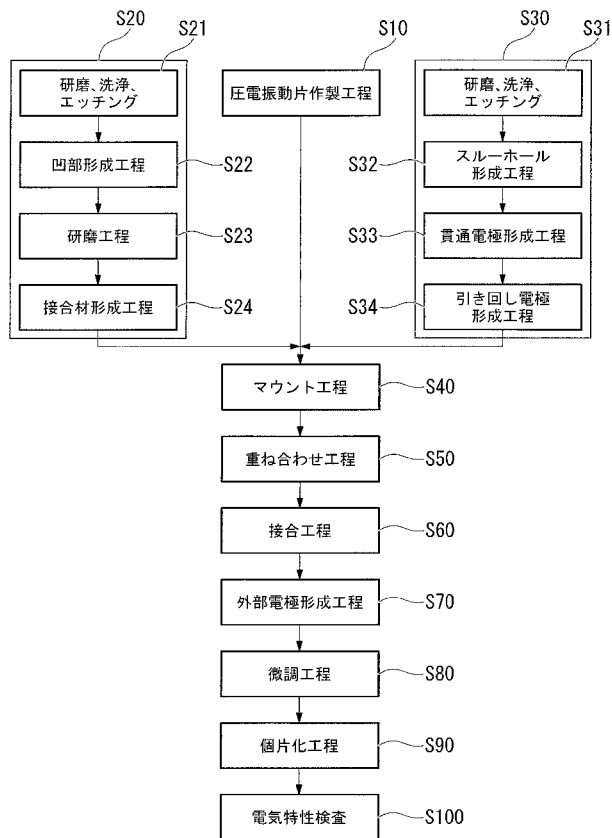
【図 2】



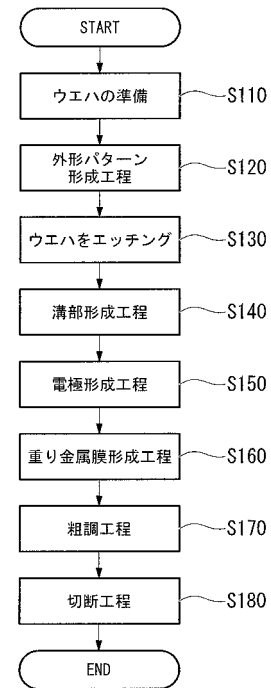
【図 3】



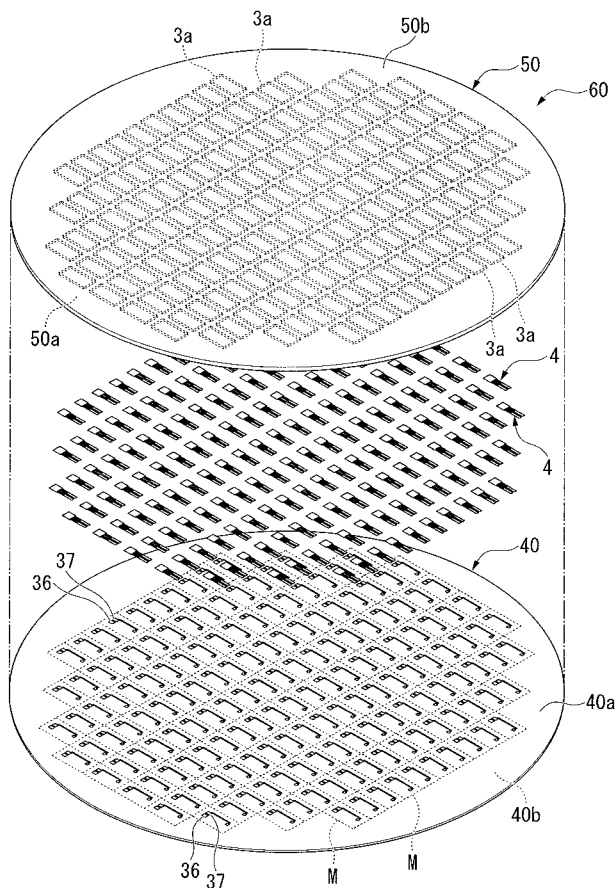
【図 8】



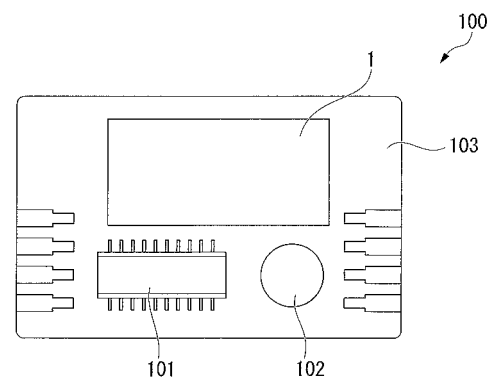
【図 9】



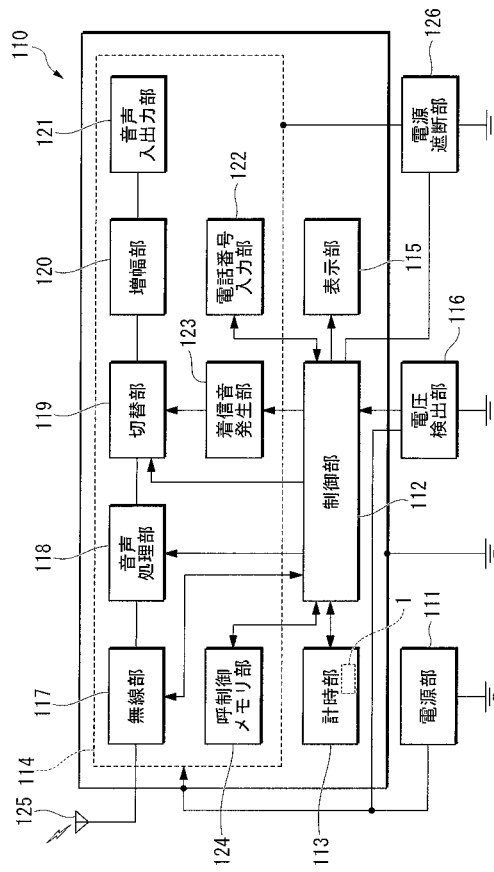
【図 10】



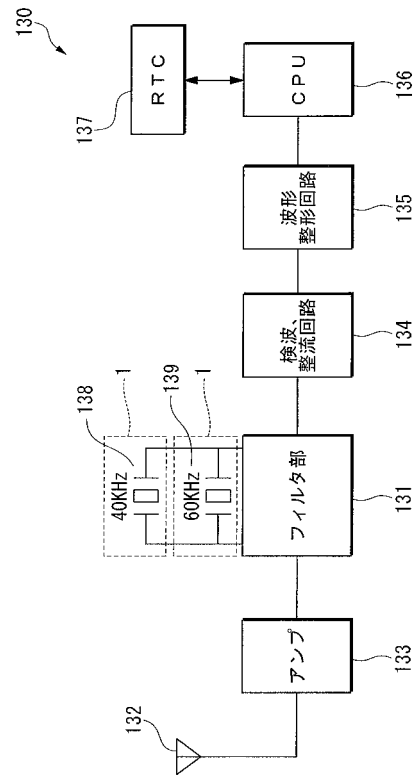
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J108 AA02 BB02 CC06 CC09 EE03 EE04 EE07 EE14 EE18 FF05
FF11 GG03 GG17 KK02 KK06