

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6175743号
(P6175743)

(45) 発行日 平成29年8月9日 (2017.8.9)

(24) 登録日 平成29年7月21日 (2017.7.21)

(51) Int.Cl.

F I

H03H 9/19 (2006.01)

H03H 9/19 F

H03H 3/02 (2006.01)

H03H 9/19 D

H03B 5/32 (2006.01)

H03H 3/02 B

H01L 41/18 (2006.01)

H03B 5/32 H

H01L 41/22 (2013.01)

H01L 41/18 I O I A

請求項の数 4 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-128662 (P2012-128662)
 (22) 出願日 平成24年6月6日 (2012.6.6)
 (65) 公開番号 特開2013-255052 (P2013-255052A)
 (43) 公開日 平成25年12月19日 (2013.12.19)
 審査請求日 平成27年5月20日 (2015.5.20)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (72) 発明者 藤原 良孝
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

厚み滑り振動する振動部および前記振動部の周囲に配置され前記振動部の厚さよりも薄い外縁部を備え、材料の異なる二層以上の導電層が積層されている基板を準備する工程と、

積層されている前記導電層の内の上層の導電層をエッチング加工する工程と、

前記導電層の面積が前記振動部の面積よりも大きくなるように、前記上層の導電層よりも前記基板側に設けられている下層の導電層をエッチング加工する工程と、

前記上層の導電層を、前記下層の導電層よりも前記上層の導電層に対してエッチング速度が大きいエッチング液でエッチング加工する工程と、
 を含むことを特徴とする振動素子の製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記上層の導電層をエッチング加工する工程で使用されるエッチング液に対して、前記下層の導電層のエッチング速度は、前記上層の導電層のエッチング速度よりも遅く、

前記下層の導電層をエッチング加工する工程で使用されるエッチング液に対して、前記上層の導電層のエッチング速度は、前記下層の導電層のエッチング速度よりも遅いことを特徴とする振動素子の製造方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記上層の導電層と前記下層の導電層は材料が異なることを特徴とする振動素子の製造方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記上層の導電層の材料が、Au、Ag、及びPt のいずれかであり、

前記下層の導電層の材料が、Cr、Ni、Ti、及びNiCr 合金のいずれかであることを特徴とする振動素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、厚み滑り振動を励振する振動素子、振動子、電子デバイス、電子機器、移動体および振動素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

主振動が厚み滑り振動で励振する水晶振動素子が用いられている水晶振動子は、小型化、高周波数化に適し、且つ、周波数温度特性が優れているので、発振器、電子機器等の多方面で使用されている。特に、近年では携帯電話やコンピューター等の様々な電子機器の小型化、薄型化に伴い、それに用いられる水晶振動子に対してもより一層の小型化、薄型化の要求が強まっている。

特許文献 1 には、水晶振動素子の外形形状と励振電極の形成をフォトリソグラフィー技法とエッチング技法を用いて、大型の水晶基板から複数個の水晶振動素子をバッチ処理方式で製造する方法が開示されている。

20

【0003】

ところが、水晶振動子の小型化を図ろうとすると、振動領域と保持部との間隔が近くなるため振動エネルギーが漏洩し C I (クリスタル・インピーダンス = 水晶振動子の等価抵抗) が低減することや主振動である厚み滑り振動の共振周波数近傍に、振動部の輪郭寸法に依存した厚み屈曲振動等の不要なスプリアスが発生し、温度変化に対する周波数および C I の非連続的な変動、所謂、特異現象 (Anomalous Activity Dip) 等が生じるという問題があった。そこで、特許文献 2 には、水晶振動素子をメサ構造とすることにより、小型化に伴う C I 低減や特異現象を回避することが提案され、且つ、量産化や低コスト化を図るために、水晶振動素子の外形形状と励振電極の形成をフォトリソグラフィー技法とエッチング技法を用いて、大型の水晶基板から複数個の水晶振動素子をバッチ処理方式で製造する方法が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011 - 19206 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 62723 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

上述の特許文献 1 や 2 に開示されている製造方法で水晶振動素子を製造すると、外形形状が均一で、所定の位置に高精度で配置された励振電極を有するので、C I や温度特性等の仕様規格を十分満足する水晶振動素子を得ることができる。しかしながら、水晶振動素子が搭載される発振器の起動に影響を与える水晶振動素子の D L D (Drive Level Dependence) 特性が非常に悪く、製造歩留りを著しく低下させるという課題があった。

そこで、フォトリソグラフィー技法とエッチング技法により大型の基板から複数個の振動素子を製造する方法において、D L D 特性検査の歩留りを向上することを可能とする、小型の振動素子および振動素子の製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

〔形態 1〕本形態に係る振動素子は、基板と、前記基板の表面と直交する方向から見た場合に、前記表面に設けられている下層の導電層、および前記下層の導電層の表面に設けられ、且つ下層の導電層の外縁内に収まる形状である上層の導電層を有する電極と、を含むことを特徴とする。

本形態によれば、厚み滑り振動で励振する振動素子において、D L D 特性の劣化要因となる電極の上層の導電層と下層の導電層との間に密着していない空隙部がないので、D L D 特性の劣化を防止でき、D L D 特性検査の歩留りを向上した、振動素子が得られるという効果がある。

10

〔形態 2〕上記形態に記載の振動素子において、前記基板の表面と直交する方向から見た場合に、前記上層の導電層の外形は、前記下層の導電層の外形よりも小さいことを特徴とする。

本形態によれば、電極の上層の導電層と下層の導電層とが全て密着しているため、D L D 特性の劣化を防止でき、D L D 特性検査の歩留りを向上した、振動素子が得られるという効果がある。

〔形態 3〕上記形態に記載の振動素子において、前記電極は、少なくとも励振電極であることを特徴とする。

本形態によれば、上層の導電層と下層の導電層とが全て密着した電極を励振電極として用いているため、D L D 特性の劣化を防止でき、安定した共振特性を有する振動素子が得られるという効果がある。

20

〔形態 4〕上記形態に記載の振動素子において、前記基板は、厚み滑り振動で振動する基板であることを特徴とする。

本形態によれば、厚み滑り振動は小型化、高周波数化に適し、且つ優れた三次曲線を有する周波数温度特性が得られるので、小型、高周波で周波数温度特性に優れた振動素子が得られるという効果がある。

〔形態 5〕上記形態に記載の振動素子において、厚み滑り振動で振動する振動部と、前記振動部の外縁と一体化され、前記振動部の厚さよりも薄い外縁部と、を含むことを特徴とする。

30

本形態によれば、振動部がメサ構造であるため、輪郭系スプリアスとの結合を回避し、主振動のみの振動エネルギーを閉じ込めることができるため、C I が小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子が得られるという効果がある。

〔形態 6〕上記形態に記載の振動素子において、厚み滑り振動で振動する振動部と、前記振動部の外縁と一体化され、前記振動部の厚さよりも厚い外縁部と、を含むことを特徴とする。

本形態によれば、振動部が非常に薄い高周波の振動素子であっても、振動部と一体化された厚い外縁部でマウントができるので、耐衝撃性や耐振動性に優れた高信頼性を有する振動素子が得られるという効果がある。

〔形態 7〕本形態に係る振動子は、上記形態に記載の振動素子と、前記振動素子を収容するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

40

本形態によれば、振動素子をパッケージに収容することで、温度変化や湿度変化等の外乱の影響や汚染による影響を防ぐことができるため、周波数再現性、周波数温度特性、C I 温度特性および周波数エージング特性に優れ、D L D 特性の良好な小型の振動素子が得られるという効果がある。

〔形態 8〕本形態に係る電子デバイスは、上記形態に記載の振動素子と、電子素子と、前記振動素子および前記電子素子を搭載するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、D L D 特性の良好な振動素子を各種の電子素子を用いて構成した発振回路に搭載することにより、起動特性に優れた発振器等の電子デバイスが得られるという

50

効果がある。

〔形態 9〕上記形態に記載の電子デバイスにおいて、前記電子素子が、サーミスター、コンデンサー、リアクタンス素子、および半導体素子の少なくともいずれかであることを特徴とする。

本形態によれば、周波数温度特性に優れ、D L D 特性の良好な振動素子を各種の電子素子を用いて構成した温度補償回路や電圧制御回路を含む発振回路に搭載することにより、起動特性に優れた小型の温度補償型発振器や電圧制御型発振器等の電子デバイスが得られるという効果がある。

〔形態 10〕本形態に係る電子機器は、上記形態に記載の振動素子を備えていることを特徴とする。

10

本形態によれば、D L D 特性の良好な振動素子を C O B (Chip On Board) 技術により、直接実装基板へ実装できるので、実装面積が小さくなり、発振の起動特性に優れ、良好な基準周波数源を備えた小型の電子機器が構成できるという効果がある。

〔形態 11〕上記形態に記載の電子機器において、上記形態に記載の振動子を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、C I や温度特性等の仕様規格を十分満足し、且つ D L D 特性の良好な振動素子を有する振動子を用い、発振の起動特性に優れ、良好な基準周波数源を備えた電子機器が構成できるという効果がある。

〔形態 12〕上記形態に記載の電子機器において、上記形態に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

20

本形態によれば、C I や温度特性等の仕様規格を十分満足し、且つ D L D 特性の良好な振動素子を有する電子デバイスを電子機器に用いることにより、発振の起動特性に優れ、良好な基準周波数源を備えた電子機器が構成できるという効果がある。

〔形態 13〕本形態に係る移動体は、上記形態に記載の振動素子を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、周波数温度特性の良好な振動素子を用いることで、安定な基準周波数源が構成でき、安定で正確な電子制御ユニットを備えた移動体が構成できるという効果がある。

〔形態 14〕本形態に係る振動素子の製造方法は、材料の異なる二層以上の導電層が積層されている基板を準備する工程と、積層されている前記導電層の内の上層の導電層をエッチング加工する工程と、前記上層の導電層より前記基板側に設けられている下層の導電層をエッチング加工する工程と、前記上層の導電層を、前記下層の導電層よりも前記上層の導電層に対してエッチン速度が大きいエッチング溶液でエッチング加工する工程と、を含むことを特徴とする。

30

本形態によれば、励振電極の下層の導電層をエッチングする際に生じた上層の導電層のアンダーエッチング部分を、再度上層の導電層の側面をエッチングする工程を行うことで除去することができるので、上層の導電層と下層の導電層との密着性を高め、D L D 特性の良好な振動素子を製造できるという効果がある。

〔形態 15〕上記形態に記載の振動素子の製造方法において、前記上層の導電層をエッチング加工する工程で使用されるエッチング液に対して、前記下層の導電層のエッチング速度は、前記上層の導電層のエッチング速度よりも遅く、前記下層の導電層をエッチング加工する工程で使用されるエッチング液に対して、前記上層の導電層のエッチング速度は、前記下層の導電層のエッチング速度よりも遅いことを特徴とする。

40

本形態によれば、上層の導電層と下層の導電層とを選択的にエッチングできるため、夫々の導電層の外形寸法精度の高い励振電極が形成でき、諸特性のばらつきが小さく、D L D 特性の良好な小型の振動素子を製造できるという効果がある。

〔形態 16〕上記形態に記載の振動素子の製造方法において、前記上層の導電層と前記下層の導電層は材料が異なることを特徴とする。

本形態によれば、上層の導電層と下層の導電層の材料が異なることで、夫々の導電層に対応したエッチング液を用いることができるので、夫々の導電層を選択的にエッチングし

50

、外形寸法精度の高い励振電極が形成でき、諸特性のばらつきが小さく、DLD特性の良好な小型の振動素子を製造できるという効果がある。

【形態17】上記形態に記載の振動素子の製造方法において、前記上層の導電層の材料が、Au、Ag、Ptのいずれかであり、前記下層の導電層の材料が、Cr、Ni、Ti、NiCr合金のいずれかであることを特徴とする。

本形態によれば、上層の導電層と下層の導電層との材料を使用目的に適した周波数温度特性やCIを有するように組み合わせることができるので、優れた周波数温度特性を有し、CIの小さい小型の振動素子を製造できるという効果がある。

【0007】

【適用例1】本適用例に係る振動素子は、基板と、前記基板の表面と直交する方向から見た場合に、前記表面に設けられている下層の導電層、前記下層の導電層の表面に設けられ、且つ下層の導電層の外縁内に収まる形状である上層の導電層からなる電極と、を含むことを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、厚み滑り振動で励振する振動素子において、DLD特性の劣化要因となる電極の上層の導電層と下層の導電層との間に密着していない空隙部がないので、DLD特性の劣化を防止でき、DLD特性検査の歩留りを向上した、振動素子を得られるという効果がある。

【0009】

【適用例2】上記適用例に記載の振動素子において、前記基板の表面と直交する方向から見た場合に、前記上層の導電層の外形は、前記下層の導電層の外形よりも小さいことを特徴とする。

【0010】

本適用例によれば、電極の上層の導電層と下層の導電層とが全て密着しているので、DLD特性の劣化を防止でき、DLD特性検査の歩留りを向上した、振動素子を得られるという効果がある。

【0011】

【適用例3】上記適用例に記載の振動素子において、前記電極は励振電極であることを特徴とする。

【0012】

本適用例によれば、上層の導電層と下層の導電層とが全て密着した電極を励振電極として用いているので、DLD特性の劣化を防止でき、安定した共振特性を有する振動素子を得られるという効果がある。

【0013】

【適用例4】上記適用例に記載の振動素子において、前記基板は、厚み滑り振動で振動する基板であることを特徴とする。

【0014】

本適用例によれば、厚み滑り振動は小型化、高周波数化に適し、且つ優れた三次曲線を有する周波数温度特性が得られるので、小型、高周波で周波数温度特性に優れた振動素子を得られるという効果がある。

【0015】

【適用例5】上記適用例に記載の振動素子において、厚み滑り振動で振動する振動部と、前記振動部の外縁と一体化され、前記振動部の厚みよりも薄い外縁部と、を含むことを特徴とする。

【0016】

本適用例によれば、振動部がメサ構造であるため、輪郭系スプリアスとの結合を回避し、主振動のみの振動エネルギーを閉じ込めることができるため、CIが小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した振動素子を得られるという効果がある。

【0017】

【適用例6】上記適用例に記載の振動素子において、厚み滑り振動で振動する振動部と

10

20

30

40

50

、前記振動部の外縁と一体化され、前記振動部の厚みよりも厚い外縁部と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

本適用例によれば、振動部が非常に薄い高周波の振動素子であっても、振動部と一体化された厚い外縁部でマウントができるので、耐衝撃性や耐振動性に優れた高信頼性を有する振動素子が得られるという効果がある。

【 0 0 1 9 】

[適用例 7] 本適用例に係る振動子は、上記適用例に記載の振動素子と、該振動素子を収容するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本適用例によれば、振動素子をパッケージに収容することで、温度変化や湿度変化等の外乱の影響や汚染による影響を防ぐことができるため、周波数再現性、周波数温度特性、C I 温度特性および周波数エージング特性に優れ、D L D 特性の良好な小型の振動子が得られるという効果がある。

【 0 0 2 1 】

[適用例 8] 本適用例に係る電子デバイスは、上記適用例に記載の振動素子と、電子素子と、前記振動素子および前記電子素子を搭載するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本適用例によれば、D L D 特性の良好な振動素子を各種の電子素子を用いて構成した発振回路に搭載することにより、起動特性に優れた発振器等の電子デバイスが得られるという効果がある。

【 0 0 2 3 】

[適用例 9] 上記適用例に記載の電子デバイスにおいて、前記電子素子が、サーミスター、コンデンサー、リアクタンス素子、および半導体素子の少なくともいずれかであることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

本適用例によれば、周波数温度特性に優れ、D L D 特性の良好な振動素子を各種の電子素子を用いて構成した温度補償回路や電圧制御回路を含む発振回路に搭載することにより、起動特性に優れた小型の温度補償型発振器や電圧制御型発振器等の電子デバイスが得られるという効果がある。

【 0 0 2 5 】

[適用例 1 0] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動素子を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

本適用例によれば、D L D 特性の良好な振動素子をC O B (Chip On Board) 技術により、直接実装基板へ実装できるので、実装面積が小さくなり、発振の起動特性に優れ、良好な基準周波数源を備えた小型の電子機器が構成できるという効果がある。

【 0 0 2 7 】

[適用例 1 1] 上記適用例に記載の電子機器において、上記適用例に記載の振動子を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

本適用例によれば、C I や温度特性等の仕様規格を十分満足し、且つD L D 特性の良好な振動素子を有する振動素子を用い、発振の起動特性に優れ、良好な基準周波数源を備えた電子機器が構成できるという効果がある。

【 0 0 2 9 】

[適用例 1 2] 上記適用例に記載の電子機器において、上記適用例に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

本適用例によれば、C I や温度特性等の仕様規格を十分満足し、且つD L D 特性の良好

10

20

30

40

50

な振動素子を有する電子デバイスを電子機器に用いることにより、発振の起動特性に優れ、良好な基準周波数源を備えた電子機器が構成できるという効果がある。

【0031】

〔適用例13〕本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の振動素子を備えていることを特徴とする。

【0032】

本適用例によれば、周波数温度特性の良好な振動素子を用いることで、安定な基準周波数源が構成でき、安定で正確な電子制御ユニットを備えた移動体が構成できるという効果がある。

【0033】

〔適用例14〕本適用例に係る振動素子の製造方法は、材料の異なる二層以上の導電層が積層されている基板を準備する工程と、積層されている前記導電層の内の上層の導電層をエッチング加工する工程と、前記上層の導電層より前記基板側に設けられている下層の導電層をエッチング加工する工程と、前記エッチング加工されている前記上層の導電層を前記下層の導電層よりも前記上層の導電層に対してエッチン速度が大きいエッチング溶液でエッチング加工する工程と、を含むことを特徴とする。

【0034】

本適用例によれば、励振電極の下層の導電層をエッチングする際に生じた上層の導電層のアンダーエッチング部分を、再度上層の導電層の側面をエッチングする工程を行うことで除去することができるので、上層の導電層と下層の導電層との密着性を高め、DLD特性の良好な振動素子を製造できるという効果がある。

【0035】

〔適用例15〕上記適用例に記載の振動素子の製造方法において、前記上層の導電層をエッチング加工する工程にて使用されるエッチング液に対し、前記下層の導電層のエッチング速度は、前記上層の導電層のエッチング速度よりも遅く、前記下層の導電層をエッチング加工する工程にて使用されるエッチング液に対し、前記上層の導電層のエッチング速度は、前記下層の導電層のエッチング速度よりも遅いことを特徴とする。

【0036】

本適用例によれば、上層の導電層と下層の導電層とを選択的にエッチングできるため、夫々の導電層の外形寸法精度の高い励振電極が形成でき、諸特性のばらつきが小さく、DLD特性の良好な小型の振動素子を製造できるという効果がある。

【0037】

〔適用例16〕上記適用例に記載の振動素子の製造方法において、前記上層の導電層と前記下層の導電層は材料が異なることを特徴とする。

【0038】

本適用例によれば、上層の導電層と下層の導電層の材料が異なることで、夫々の導電層に対応したエッチング液を用いることができるので、夫々の導電層を選択的にエッチングし、外形寸法精度の高い励振電極が形成でき、諸特性のばらつきが小さく、DLD特性の良好な小型の振動素子を製造できるという効果がある。

【0039】

〔適用例17〕上記適用例に記載の振動素子の製造方法において、前記上層の導電層の材料が、Au、Ag、Ptのいずれかであり、前記下層の導電層の材料が、Cr、Ni、Ti、NiCr合金のいずれかであることを特徴とする。

【0040】

本適用例によれば、上層の導電層と下層の導電層との材料を使用目的に適した周波数温度特性やCIを有するように組み合わせることができるので、優れた周波数温度特性を有し、CIの小さい小型の振動素子を製造できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の一実施形態に係る振動素子の構造を示した概略図であり、(a)は平面

10

20

30

40

50

図、(b)はP-P断面図。

【図2】ATカット水晶基板と結晶軸との関係を説明するための図。

【図3】本発明の一実施形態に係る振動素子の製造方法の一例を示すフローチャートの概略断面図。

【図4】本発明の一実施形態に係る振動素子の電極の構成を説明する拡大断面図であり、(a)は本実施形態に係る製造方法により製造した振動素子の断面図、(b)は従来の製造方法により製造した振動素子の断面図。

【図5】本発明の一実施形態に係る製造方法により製造した振動素子のDL特性であり、(a)は周波数変化量を示す図、(b)はCI変化量を示す図。

【図6】従来の製造方法により製造した振動素子のDL特性であり、(a)は周波数変化量を示す図、(b)はCI変化量を示す図。

【図7】本発明の一実施形態に係る振動素子の構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)はP-P断面図。

【図8】本発明の一実施形態に係る振動素子の別の構造を示した概略図であり、(a)は変形例1の平面図、(b)は変形例2の平面図、(c)は変形例3の平面図。

【図9】本発明の一実施形態に係る振動素子の変形例4の構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)はP-P断面図。

【図10】本発明の一実施形態に係る振動子の構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)は縦断面図。

【図11】本発明の一実施形態に係る電子デバイスの構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)は縦断面図。

【図12】本発明の一実施形態に係る電子デバイスの変形例の構造を示した概略図であり、(a)は変形例1の縦断面図、(b)は変形例2の縦断面図。

【図13】本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのモバイル型(又はノート型)のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図。

【図14】本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としての携帯電話機(PHSも含む)の構成を示す斜視図。

【図15】本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのデジタルカメラの構成を示す斜視図。

【図16】本発明の一実施形態に係る振動素子を備える振動子や電子デバイスを適用した移動体としての自動車の構成を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0042】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る振動素子の構成を示す概略図であり、図1(a)は振動素子の平面図、図1(b)は図1(a)のP-P断面図である。

【0043】

(振動素子の構成)

振動素子1は、振動部12を有する基板10と、基板10の両主面(±Y'方向の表裏面)に夫々対向するように積層された下位層の導電層としての下地電極層29と、最上位層の導電層としての電極層28と、を有している。なお、本実施形態では、二層の導電層が積層された構成で説明する。

振動素子1は、下地電極層29と電極層28とを含む励振電極20と、リード電極23と、パッド電極24と、接続電極26と、を備えている。

励振電極20は、振動部12を駆動する電極であり、振動部12の両主面(±Y'方向の表裏面)のほぼ中央部に夫々対向して形成されている。励振電極20は電極層28の一部である主電極21と下地電極層29の一部である主電極下地部22を含み、主電極21の外縁が主電極下地部22の外縁内に収まるように形成されている。

リード電極23は、励振電極20から延出されて基板10の端部に形成されたパッド電極24に導通接続されている。

10

20

30

40

50

パッド電極 24 は、基板 10 の両主面の端部に夫々対向して形成されている。両主面のパッド電極 24 は、基板 10 の側面部 13 に形成された接続電極 26 により導通接続されている。

【0044】

図 1 (a) に示した実施形態では、振動部 12 のほぼ中央部の主面に夫々対向して形成された励振電極 20 の形状が矩形の例を示したが、これに限定する必要はなく、励振電極の形状は円形や楕円形であってもよい。

また、励振電極 20、リード電極 23、パッド電極 24 および接続電極 26 は、蒸着装置、或いはスパッタ装置等を用いて、例えば、下位層にクロム (Cr) を成膜し、最上位層に金 (Au) を重ねて成膜してある。なお、電極材料として、下位層にクロム (Cr) の代わりにニッケル (Ni)、チタン (Ti)、ニッケルクロム合金 (NiCr)、また、最上位層に金 (Au) の代わりに銀 (Ag)、白金 (Pt) を用いても構わない。

更に、二層の導電層が積層された構成で説明したが、これに限らない。三層以上が積層された構成であってもよい。

【0045】

基板 10 が圧電材料である場合、振動素子 1 は、パッド電極 24 から入力された励振電流によって、励振電極 20 との間の振動部 12 に電界が生じ、圧電効果により振動部 12 が振動する。基板 10 を、三方晶系の圧電材料に属する水晶を用いて形成する場合、図 2 に示すように、互いに直交する結晶軸 X, Y, Z を有する。X 軸は電気軸、Y 軸は機械軸、Z 軸は光学軸と、夫々呼称され、XZ 面を X 軸の回りに所定の角度 だけ回転させた平面に沿って切り出された、所謂回転 Y カット水晶基板からなる平板が基板 10 として用いられる。

【0046】

例えば、回転 Y カット水晶基板が AT カット水晶基板の場合、角度 は 35.25° ($35^\circ 15'$) である。ここで、Y 軸と Z 軸とを X 軸の回りに角度 回転させ、Y' 軸および Z' 軸とすると、AT カット水晶基板は、直交する結晶軸 X, Y', Z' を有する。従って AT カット水晶基板は、厚み方向が Y' 軸であり、Y' 軸に直交する X 軸と Z' 軸を含む面が主面であり、主面に厚み滑り振動が主振動として励振される。このように形成される AT カット水晶基板から基板 10 が形成される。なお、本実施形態に係る基板 10 は、図 2 に示す角度 が 35.25° の AT カットに限定されず、例えば、厚み滑り振動を励振する BT カット等の基板 10 であってもよい。

【0047】

(振動素子の製造方法)

次に、本発明の一実施形態に係る振動素子の製造方法について、図 3 のフローチャートを参照しながら説明する。振動素子 1 は量産性や製造コストを考慮し、大型基板から複数個の振動素子 1 をバッチ処理方式で製造されるのが一般的である。ここでは、一個の振動素子 1 の概略断面図で説明する。製造工程は、振動素子 1 の外形形状を形成する外形形成工程と、振動素子 1 の基板 10 の両主面に電極パターンを形成する電極形成工程と、で構成されている。

外形形成工程は、まず、基板 10 を純水で洗浄し (ST11)、続いて、基板 10 の表裏面に、下地膜 34 が設けられる。これは耐食膜 36 となる金 (Au) が基板 10 への付着性が弱いことを補うために設けられ、下地膜 34 としては、例えば、スパッタリングや蒸着等によりクロム (Cr) が成膜されている。その上には、耐食膜 36 として金 (Au) をスパッタリング又は蒸着等により成膜する (ST12)。

次に、耐食膜 36 の表面全体にレジスト 32 を塗布し (ST13)、露光・現像することで、振動素子外形マスクを形成する (ST14)。

【0048】

続いて、マスク開口から露出した耐食膜 36 である金 (Au) を、例えば、よう化カリウム溶液を用いて、エッチングし、次いで、硝酸 2 セリウムアンモニウム溶液により、下地膜 34 であるクロム (Cr) をエッチングする (ST15)。

ここで、耐食膜 36 である金 (Au) のエッチング液であるよう化カリウム溶液は、金 (Au) を選択的にエッチングし、下地膜 34 であるクロム (Cr) をエッチングしない、または、エッチングしたとしてもエッチング速度は金 (Au) の 1 / 10 以下である。

また、下地膜 34 であるクロム (Cr) のエッチング液である硝酸 2 セリウムアンモニウム溶液についても、クロム (Cr) を選択的にエッチングし、耐食膜 36 である金 (Au) をエッチングしない、または、エッチングしたとしてもエッチング速度はクロム (Cr) の 1 / 10 以下である。

従って、上層の耐食膜 36 と下層の下地膜 34 とを選択的にエッチングできるため、高い寸法精度の外形マスクが形成でき、高精度の外形寸法を有する振動素子 1 を得ることが可能となる。

10

次に、マスク開口から露出した基板 10 を、例えば水晶基板の場合には、フッ化アンモニウム溶液等を用いてエッチングする (ST16)。これにより、図 1 (a) に示すように、振動素子 1 の外形が形成される。

続いて、レジスト 32 を剥離し、2 種類の前記溶液を用いて耐食膜 36 および下地膜 34 を全て除去する (ST17)。

【0049】

次に、電極形成工程を説明する。電極形成についても外形形成と同様に、基板 10 の表裏面に、最上位層の導電層としての電極層 28 である金 (Au) と基板 10 の付着性を高めるためのクロム (Cr) を下位層の導電層としての下地電極層 29 とを、クロム (Cr)、金 (Au) の順番でスパッタリング又は蒸着等により成膜する (ST18)。

20

次に、電極層 28 の表面全体にレジスト 32 を塗布し (ST19)、露光・現像することで、励振電極マスクを形成する (ST20)。

続いて、励振電極 20 用の金 (Au)、クロム (Cr) のエッチングも外形形成工程で用いた溶液でエッチングする。まず、電極層 28 となる金 (Au) をエッチングし (ST21)、その後、下地電極層 29 のクロム (Cr) をエッチングする (ST22)。この時に、電極層 28 と基板 10 との間に空隙部 70 が生じてしまうので、次に、この空隙部 70 を除去するために、再び電極層 28 となる金 (Au) をエッチングする (ST23)。

ここで、電極層 28 と下地電極層 29 とを選択的にエッチングできるエッチング液を用いているため、高精度の外形寸法を有する振動素子が得られるのと同様に、高精度の外形寸法を有する励振電極 20 を得ることが可能である。

30

その後、レジスト 32 を剥離し (ST24)、振動素子 1 を完成させている。

【0050】

従来の製造方法では、下地電極層 29 のクロム (Cr) をエッチングした後、レジスト 32 を剥離し (ST24 に相当する)、振動素子 1 を完成させていた。そのため、電極層 28 と基板 10 との間に空隙部 70 を有した振動素子 1 であった。

上述した実施形態の製造方法では、下地電極層 29 のクロム (Cr) のエッチング (ST22) 後に、再び電極層 28 となる金 (Au) をエッチングする (ST23)。

これにより、下地電極層 29 のクロム (Cr) をエッチングした後に、電極層 28 と基板 10 との間に生じる空隙部 70 をなくすることができる。この空隙部 70 がなくなることについて次に説明する。

40

【0051】

図 4 は本発明の一実施形態に係る振動素子の電極の構成を説明する拡大断面図であり、図 4 (a) は本実施形態に係る製造方法により製造した振動素子の断面図、図 4 (b) は従来の製造方法により製造した振動素子の断面図である。

図 4 (b) に示す従来の如き製造方法により製造された振動素子 200 では、主電極 221 と基板 210 との間に空隙部 270 があるのに対し、図 4 (a) の本実施形態に係る製造方法における振動素子 1 では、図 3 (ST22) に示す空隙部 70 が生じていない。従来の製造方法で主電極 221 と基板 210 との間に空隙部 270 が生じる要因は、成膜した金属材料が等方性であり、エッチングの際に基板面に垂直な方向だけでなく、基板に

50

平行な方向にもエッチングが進行することにより主電極下地部 2 2 2 の側壁面もエッチングが進行してしまうという現象であるサイドエッチングやエッチング液がマスクの下に回り込んだ腐食現象であるアンダーカットが起こるためである。従って、下地電極層 2 9 の一部である主電極下地部 2 2 2 はクロム (Cr) エッチングにおいて、マスクとなる主電極 2 2 1 よりも外形形状 (外縁) が小さくなり空隙部 2 7 0 を生じる。この空隙部 2 7 0 が D L D 特性を非常に悪くし、製造歩留りを著しく低下させていることが本願発明者らの研究や実験と解析により判明した。

【 0 0 5 2 】

そのため、本実施形態に係る製造方法では、主電極下地部 2 2 のクロム (Cr) エッチング (図 3 に示す S T 2 2) 後に、空隙部 7 0 により主電極下地部 2 2 の外形よりも外側へ突出した領域の主電極 2 1 である金 (Au) を再度エッチングする (図 3 に示す S T 2 3) 工程を追加した。この再度エッチング (S T 2 3) により、少なくとも前記突出した領域の金 (Au) が除去されることによって、空隙部 7 0 がなくなる。これにより、主電極 2 1 の外縁が主電極下地部 2 2 の外縁よりも内側に収まるようになり、主電極 2 1 と主電極下地部 2 2 との界面の全域において、主電極 2 1 が主電極下地部 2 2 に密着した励振電極 2 0 を形成することを実現した。

なお、ここでは図 1 に示す励振電極 2 0 を例に説明したが他の電極 (リード電極 2 3 、パッド電極 2 4 、接続電極 2 6) においても同様な電極構成とすることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

図 5 は本発明の一実施形態に係る製造方法により製造した振動素子の D L D 特性であり、図 5 (a) は周波数変化量、図 5 (b) は C I 変化量である。

また、図 6 は従来の製造方法により製造した振動素子の D L D 特性であり、図 6 (a) は周波数変化量、図 6 (b) は C I 変化量である。

図 5 と図 6 より、本実施形態に係る製造方法による振動素子 1 の D L D 特性は、従来の製造方法のものに比べ、周波数と C I 共にばらつきが小さく、安定している。

これまで、D L D 特性の劣化は、振動素子 1 の加工時に起こる基板への残留応力や汚染等の発生が原因と言われていた。残留応力については、フォトリソ技術による外形加工を施しているためその影響は極力小さいものと考えられ、汚染についてもクリーンルーム内での作業や組み立て時にオーバードライブ (強励振駆動) により金属膜片や基板片を除去する工程を行っていることから影響は小さいものと考えられる。

しかし、従来の如き製造方法により製造された振動素子 2 0 0 の D L D 特性が大きくばらつく要因は、主電極 2 2 1 と基板 2 1 0 との間に生じた空隙部 2 7 0 による影響が大きいことが本願発明者らの研究によって明らかとなってきた。つまり、主電極下地部 2 2 2 が除去されてしまった空隙部 2 7 0 周辺の主電極 2 2 1 の一部があたかも金属片、金属粉などの異物が付着した状態と同様な状態となり、励振時に振動エネルギーを漏洩し、周波数変化や C I 変化を生じさせたものと考えられる。

従って、主電極下地部 2 2 のクロム (Cr) をエッチング (S T 2 2) 後に、再び主電極 2 1 となる金 (Au) をエッチングする (S T 2 3) 工程を追加した本実施形態に係る製造方法は、D L D 特性を劣化すると予想される主電極下地部 2 2 と密着しない主電極 2 1 を生じさせないので、振動素子 1 の D L D 特性検査の歩留りを向上させ、D L D 特性の非常に優れた振動素子を製造できるという非常に大きな効果を発揮する。

【 0 0 5 4 】

図 7 は、本発明の一実施形態に係る振動素子の構成を示す概略図であり、図 7 (a) は振動素子の平面図、図 7 (b) は図 1 (a) の P - P 断面図である。

振動素子 2 は、振動部 1 2 を有する基板 1 0 と、基板 1 0 の両主面 (± Y ' 方向の表裏面) に夫々対向するように積層された下位層の導電層としての下地電極層 2 9 と、最上位層の導電層としての電極層 2 8 と、を有している。

振動素子 2 は、基板 1 0 と、下地電極層 2 9 と電極層 2 8 とを含む励振電極 2 0 と、リード電極 2 3 と、パッド電極 2 4 と、接続電極 2 6 と、を備えている。

基板 1 0 は、振動部 1 2 と、振動部 1 2 より板厚の薄い薄肉部 1 4 と、を備えている。

励振電極 20 は、振動部 12 を駆動する電極であり、振動部 12 の両主面（±Y' 方向の表裏面）のほぼ中央部に夫々対向して形成されている。励振電極 20 は電極層 28 の一部である主電極 21 と下地電極層 29 の一部である主電極下地部 22 を含み、主電極 21 の外縁が主電極下地部 22 の外縁内に収まるように形成されている。

リード電極 23 は、励振電極 20 から延出されて基板 10 の端部に形成されたパッド電極 24 に導通接続されている。

パッド電極 24 は、基板 10 の薄肉部 14 の両主面の端部に夫々対向して形成されている。両主面のパッド電極 24 は、基板 10 の側面部 13 に形成された接続電極 26 により導通接続されている。

【0055】

10

図 7 (a) に示した実施形態では、振動部 12 のほぼ中央部の主面に夫々対向して形成された励振電極 20 の形状が矩形の例を示したが、これに限定する必要はなく、励振電極 20 の形状は円形や楕円形であってもよい。

また、基板 10 の表裏両主面に段差が 1 段のメサ部 16 の例を示したが、これに限定する必要はなく、基板 10 の表裏両主面に多段のメサ形状や基板 10 の表または裏の主面のどちらか一方に 1 段から多段のメサ形状を有していてもよい。更に、メサ部 16 の形状が矩形の例を示したが、これに限定する必要はなく、メサ部 16 の形状も円形や楕円形であってもよい。

図 7 に示すように、振動部 12 にメサ部 16 を有するメサ構造の基板 10 とすると、輪郭系スプリアスとの結合を回避し、主振動のみの振動エネルギーを閉じ込めることができるため、CI が小さく、共振周波数近傍のスプリアスを抑制した小型の振動素子 2 が得られるという効果がある。

20

【0056】

図 8 は、本発明の一実施形態に係る振動素子の別の構造を示す概略図であり、図 8 (a) は変形例 1 の平面図、図 8 (b) は変形例 2 の平面図、図 8 (c) は変形例 3 の平面図である。

図 8 (a) は図 7 に示す本実施の形態の第 1 の変形例を示したものであり、基板 10 の表裏両主面に形成された励振電極 20 とメサ部 16 の X 軸方向と Z' 軸方向の長さがともにメサ部 16 に比べ励振電極 20 の方が長い場合である。図 8 (b) は第 2 の変形例であり、励振電極 20 とメサ部 16 の Z' 軸方向の長さがほぼ同等で、X 軸方向の長さは励振電極 20 が長い場合である。図 8 (c) は第 3 の変形例であり、励振電極 20 とメサ部 16 の X 軸方向の長さがほぼ同等で、Z' 軸方向の長さは励振電極 20 が長い場合である。

30

図 8 (a) ~ 図 8 (c) は図 7 に比べ、励振電極 20 の面積が大きくなることができるため、振動子の容量比を小さくすることができる。そのため、発振器に用いた場合、周波数調整量や周波数可変量を拡大することができるという効果がある。

【0057】

図 9 は、本発明の一実施形態に係る振動素子の変形例 4 の構造を示す概略図であり、図 9 (a) は振動素子の平面図、図 9 (b) は図 9 (a) の P - P 断面図である。

振動素子 3 は、振動部 12 を有する基板 10 と、基板 10 の両主面（±Y' 方向の表裏面）に夫々対向するように積層された下位層の導電層としての下地電極層 29 と、最上位層の導電層としての電極層 28 と、を有している。

40

振動素子 3 は、基板 10 と、下地電極層 29 と電極層 28 とを含む励振電極 20 と、リード電極 23 と、パッド電極 24 と、接続電極 26 と、を備えている。

基板 10 は、振動部 12 と、振動部 12 より板厚の厚い厚肉部 15 と、を備えている。

励振電極 20 は、振動部 12 を駆動する電極であり、振動部 12 の両主面（±Y' 方向の表裏面）のほぼ中央部に夫々対向して形成されている。励振電極 20 は電極層 28 の一部である主電極 21 と下地電極層 29 の一部である主電極下地部 22 を含み、主電極 21 の外縁が主電極下地部 22 の外縁内に収まるように形成されている。

リード電極 23 は、励振電極 20 から延出されて基板 10 の端部に形成されたパッド電極 24 に導通接続されている。

50

パッド電極 24 は、基板 10 の厚肉部 15 の両主面の端部に夫々対向して形成されている。両主面のパッド電極 24 は、基板 10 の側面部 13 に形成された接続電極 26 により導通接続されている。

【0058】

図 9 (a) に示した実施形態では、振動部 12 のほぼ中央部の主面に夫々対向して形成された励振電極 20 の形状と面積が同一の矩形の例を示したが、これに限定する必要はなく、励振電極 20 の形状と面積が上下で異なり、形状も円形や楕円形であってもよい。

また、基板 10 のほぼ中央に形成された凹陥部 17 は、基板 10 の片面からエッチングにより形成されているが、基板 10 の両面からエッチングを施し、夫々対向して凹陥部 17 を形成してもよい。

図 9 に示すように、凹陥部 17 を振動部 12 とする逆メサ構造の基板 10 とすることで、振動部 12 を非常に薄くできるため共振周波数の高周波化が可能となり、また、振動部 12 と一体化された厚肉部 15 でマウントすることができるので、耐衝撃性や耐振動性に優れた高信頼性で高周波の振動素子 3 が得られるという効果がある。

【0059】

図 10 は本発明の一実施形態に係る振動子の構成を示す概略図であり、図 10 (a) は蓋部材を省略した平面図であり、図 10 (b) は縦断面図である。振動子 5 は、振動素子 1 と、振動素子 1 を収容するために矩形の箱状に形成されているパッケージ本体 40 と、金属、セラミック、ガラス等から成る蓋部材 49 と、等で構成されている。

パッケージ本体 40 は、図 10 に示すように、第 1 の基板 41 と、第 2 の基板 42 と、第 3 の基板 43 と、シールリング 44 と、実装端子 45 と、を積層して形成されている。実装端子 45 は、第 1 の基板 41 の外部底面に複数形成されている。第 3 の基板 43 は中央部が除去された環状体であり、第 3 の基板 43 の上部周縁に例えばコパール等のシールリング 44 が形成されている。

第 3 の基板 43 と第 2 の基板 42 とにより、振動素子 1 を収容するキャビティ 84 が形成される。第 2 の基板 42 の上面の所定の位置には、導体 46 により実装端子 45 と電氣的に導通する複数の素子搭載パッド 47 が設けられている。素子搭載パッド 47 は、振動素子 1 を載置した際に基板 10 の端部に形成したパッド電極 24 に対応するように配置されている。

【0060】

振動素子 1 を支持固定する際には、先ず、振動素子 1 のパッド電極 24 を導電性接着剤 30 が塗布された素子搭載パッド 47 に載置して荷重をかける。

次に、導電性接着剤 30 を硬化させるために、所定の温度の高温炉に所定の時間入れる。導電性接着剤 30 を硬化させた後、アニール処理を施し、励振電極 20 に質量を付加するか、又は質量を減じて周波数調整を行う。その後、パッケージ本体 40 の第 3 の基板 43 の上面に形成したシールリング 44 上に、蓋部材 49 を載置し、真空中、又は窒素ガスの雰囲気中で蓋部材 49 をシーム溶接して密封し、振動子 5 が完成する。

又は、パッケージ本体 40 の上面に塗布した低融点ガラスに蓋部材 49 を載置し、溶融して密着する方法もある。この場合もパッケージのキャビティ内は真空にするか、又は窒素ガス等の不活性ガスで充填して、振動子 5 が完成する。

以上の振動子 5 の実施形態では、パッケージ本体 40 に積層板を用いた例を説明したが、パッケージ本体 40 に単層セラミック板を用い、蓋体に絞り加工を施したキャップを用いて振動子 5 を構成してもよい。

【0061】

図 11 は本発明の一実施形態に係る電子デバイスの構成を示す概略図であって、図 11 (a) は蓋部材を省略した平面図であり、図 11 (b) は縦断面図である。

電子デバイス 7 は、パッケージ本体 50 と、蓋部材 49 と、振動素子 1 と、振動素子 1 を励振する発振回路を搭載した IC 部品 51 と、電圧により容量が変化する可変容量素子、温度により抵抗が変化するサーミスター、インダクター等の電子部品 52 の少なくとも 1 つと、を備えている。

パッケージ本体 50 は、図 11 に示すように、第 1 の基板 61 と、第 2 の基板 62 と、第 3 の基板 63 と、を積層して形成されている。実装端子 45 は、第 1 の基板 61 の外部底面に複数形成されている。第 2 の基板 62 と第 3 の基板 63 とは中央部が除去された環状体で形成されている。

第 1 の基板 61 と、第 2 の基板 62 と、第 3 の基板 63 と、により、振動素子 1、IC 部品 51、および電子部品 52 等を収容するキャビティー 84 が形成される。第 2 の基板 62 の上面の所定の位置には、導体 46 により実装端子 45 と電氣的に導通する複数の素子搭載パッド 47 が設けられている。素子搭載パッド 47 の位置は、振動素子 1 を載置した際に基板 10 の端部に形成したパッド電極 24 に対応するように配置されている。

【0062】

振動素子 1 のパッド電極 24 を、導電性接着剤 30 を塗布したパッケージ本体 50 の素子搭載パッド 47 に載置し、所定の温度で導電性接着剤 30 を硬化させることで、パッド電極 24 と素子搭載パッド 47 との導通を図る。IC 部品 51 をパッケージ本体 50 の所定の位置に固定し、IC 部品 51 の端子と、パッケージ本体 50 の電極端子 55 とをボンディングワイヤー BW にて接続する。また、電子部品 52 は、パッケージ本体 50 の所定の位置に載置し、金属バンプ等を用いて導体 46 に接続する。パッケージ本体 50 を真空、或いは窒素等の不活性気体で満たし、パッケージ本体 50 を蓋部材 49 で密封して電子デバイス 7 を完成する。

図 11 に示すように、DLD 特性の良好な振動素子 1 を用いているので、起動特性に優れた小型の電子デバイス 7 が得られる。

また、電子デバイス 7 として、小型の発振器、温度補償型発振器、電圧制御型発振器等を構成することができる。

【0063】

次に、本実施形態に係る別の電子デバイスについて、図面を参照しながら説明する。

図 12 (a) は、図 11 の変形例の電子デバイス 8 の断面図である。電子デバイス 8 は、本発明の振動素子 1 と、感温素子であるサーミスター 53 と、振動素子 1 およびサーミスター 53 を収容するパッケージ 82 と、を概略備えている。パッケージ 82 は、パッケージ本体 80 と、蓋部材 49 とを備えている。パッケージ本体 80 は、上面側に振動素子 1 を収容するキャビティー 84 が形成され、下面側にサーミスター 53 を収容する凹部 86 が形成されている。キャビティー 84 の内底面の端部に複数の素子搭載パッド 47 が設けられ、各素子搭載パッド 47 は導体 46 で複数の実装端子 45 と導通接続されている。素子搭載パッド 47 に導電性接着剤 30 を塗布し、この導電性接着剤 30 の上に振動素子 1 を載置して、パッド電極 24 と、各素子搭載パッド 47 とを導電性接着剤 30 を介して電氣的に接続し、固定する。パッケージ本体 80 の上部には、シールリング 44 が焼成されており、このシールリング 44 に蓋部材 49 を載置し、抵抗溶接機を用いて溶接し、キャビティー 84 を気密封止する。キャビティー 84 内は真空にしてもよいし、不活性ガスを封入してもよい。

一方、パッケージ本体 80 の下面側略中央には凹部 86 が形成され、凹部 86 の上面には電子部品搭載パッド 48 が焼成されている。電子部品搭載パッド 48 にサーミスター 53 を搭載し、半田等を用いて導通接続して電子デバイス 8 を構成する。なお、電子部品搭載パッド 48 は、導体 46 で複数の実装端子 45 と導通接続されている。

【0064】

図 12 (b) は、図 12 (a) の変形例の電子デバイス 9 であって、電子デバイス 8 と異なる点は、パッケージ本体 80 のキャビティー 84 の底面に凹部 86 が形成されており、この凹部 86 の底面に焼成された電子部品搭載パッド 48 に、金属バンプ等を介してサーミスター 53 が接続されている所である。電子部品搭載パッド 48 は実装端子 45 と導通されている。つまり、振動素子 1 と感温素子のサーミスター 53 とが、キャビティー 84 内に収容され、気密封止されている。

以上では、振動素子 1 とサーミスター 53 とをパッケージ 82 に収容した例を説明したが、パッケージ 82 に収容する電子部品としては、サーミスター、コンデンサー、リアク

10

20

30

40

50

タンス素子、半導体素子のうち少なくとも一つを収容した電子デバイス9を構成することが望ましい。

上記のように振動素子を製作できるので電子デバイスの納期を大幅に短縮することが可能となる。また、上記の振動素子と、サーミスター、コンデンサー、リアクタンス素子、半導体素子等を組み合わせることにより、多様な仕様の要求に素早く対応できるという効果がある。

【0065】

次いで、本発明の一実施形態に係る振動素子を適用した電子機器（本発明の電子機器）について、図13～図15に基づき、詳細に説明する。

図13は、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのモバイル型（又はノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピュータ1100は、キーボード1102を備えた本体部1104と、表示部100を備えた表示ユニット1106とにより構成され、表示ユニット1106は、本体部1104に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピュータ1100には、フィルター、共振器、基準クロック等の少なくとも一つとして機能する振動素子1が内蔵されている。

10

【0066】

図14は、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としての携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。この図において、携帯電話機1200は、複数の操作ボタン1202、受話口1204および送話口1206を備え、操作ボタン1202と受話口1204との間には、表示部100が配置されている。このような携帯電話機1200には、フィルター、共振器等として機能する振動素子1が内蔵されている。

20

【0067】

図15は、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのデジタルカメラの構成を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルカメラ1300は、被写体の光像をCCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

デジタルカメラ1300におけるケース（ボディー）1302の背面には、表示部100が設けられ、CCDによる撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部100は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース1302の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）やCCD等を含む受光ユニット1304が設けられている。

30

撮影者が表示部100に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン1306を押下すると、その時点におけるCCDの撮像信号が、メモリ1308に転送・格納される。また、このデジタルカメラ1300においては、ケース1302の側面に、ビデオ信号出力端子1312と、データ通信用の入出力端子1314とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子1312にはテレビモニター1430が、データ通信用の入出力端子1314にはパーソナルコンピュータ1440が、夫々必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリ1308に格納された撮像信号が、テレビモニター1430や、パーソナルコンピュータ1440に出力される構成になっている。このようなデジタルカメラ1300には、フィルター、共振器等として機能する振動素子1が内蔵されている。

40

【0068】

なお、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器は、図13のパーソナルコンピュータ（モバイル型パーソナルコンピュータ）、図14の携帯電話機、図15のデジタルカメラの他にも、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレ

50

ビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシミュレーター等に適用することができる。

【0069】

図16は移動体の一具体例としての自動車106を概略的に示す。自動車106には本発明に係る振動素子を有する振動子や電子デバイスが搭載されている。

例えば、キーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS：Antilock Brake System）、エアバック、タイヤプレッシャーモニタリングシステム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システム、等の電子制御ユニット（ECU：electronic control unit）108に広く適用できる。

【符号の説明】

【0070】

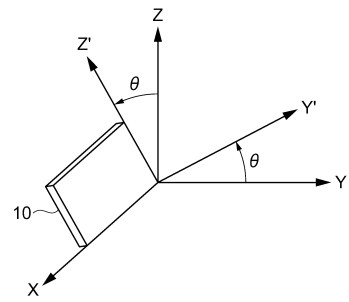
1, 2, 3, 101, 102, 103, 200...振動素子、5...振動子、7, 8, 9...電子デバイス、10, 210...基板、12, 212...振動部、13...側面部、14...薄肉部、15...厚肉部、16...メサ部、17...凹陷部、20...励振電極、21, 221...主電極、22, 222...主電極下地部、23...リード電極、24...パッド電極、26...接続電極、28...電極層、29...下地電極層、30...導電性接着剤、32...レジスト、34...下地膜、36...耐食膜、40, 50, 80...パッケージ本体、41...第1の基板、42...第2の基板、43...第3の基板、44...シールリング、45...実装端子、46...導体、47...素子搭載パッド、48...電子部品搭載パッド、49...蓋部材、50...パッケージ本体、51...IC部品、52...電子部品、53...サーミスター、55...電極端子、61...第1の基板、62...第2の基板、63...第3の基板、70, 270...空隙部、82...パッケージ、84...キャビティ、86...凹部、100...表示部、106...自動車、107...車体、108...電子制御ユニット、109...タイヤ、1100...パーソナルコンピューター、1102...キーボード、1104...本体部、1106...表示ユニット、1200...携帯電話機、1202...操作ボタン、1204...受話口、1206...送話口、1300...デジタルカメラ、1302...ケース、1304...受光ユニット、1306...シャッターボタン、1308...メモリー、1312...ビデオ信号出力端子、1314...入出力端子、1430...テレビモニター、1440...パーソナルコンピューター。

10

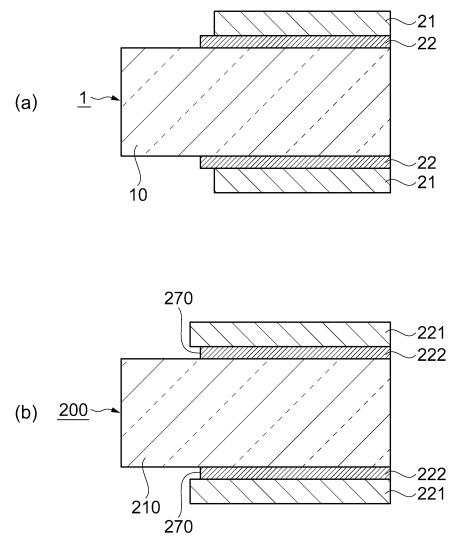
20

30

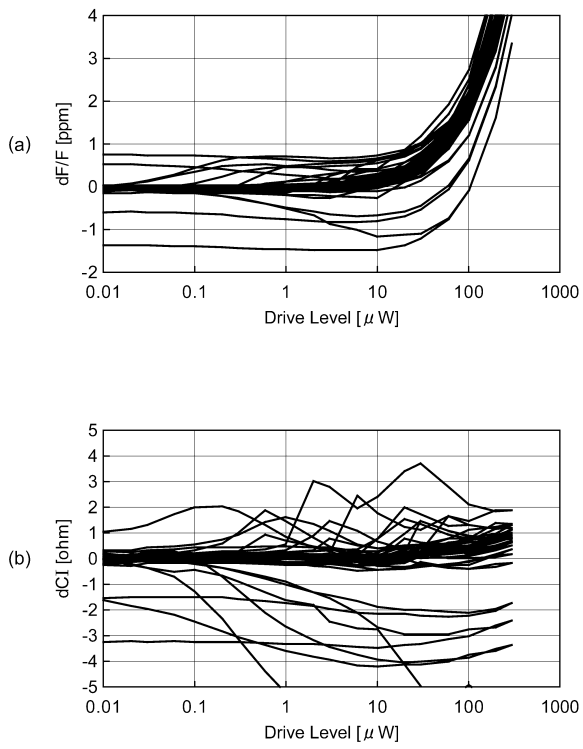
【 図 2 】



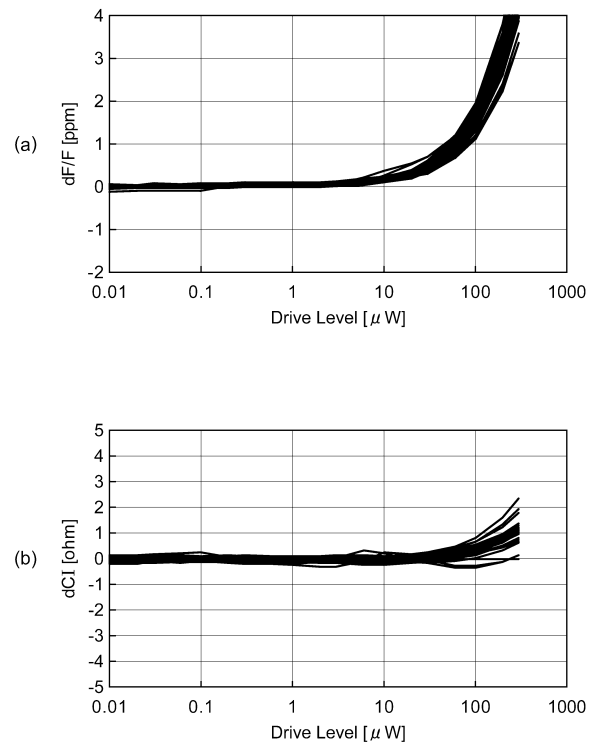
【 図 4 】



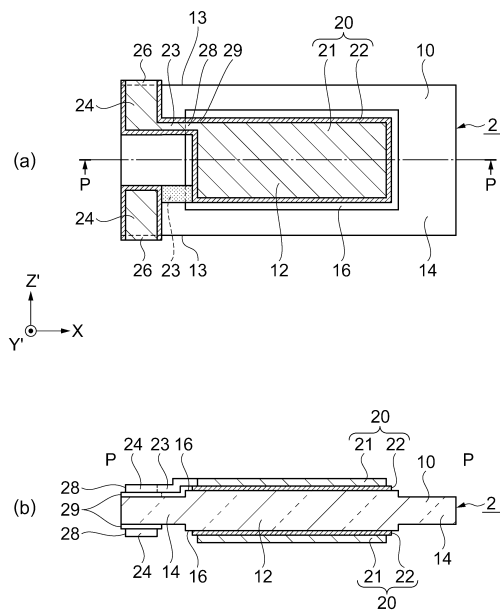
【図 5】



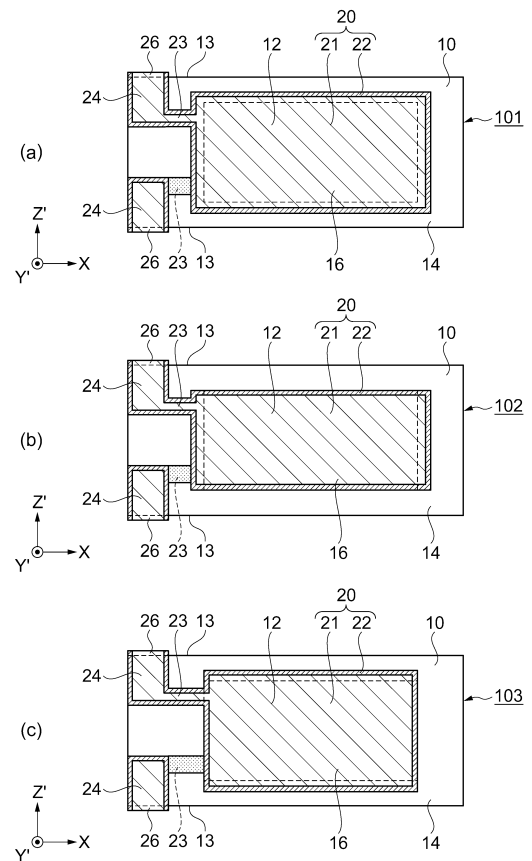
【図 6】



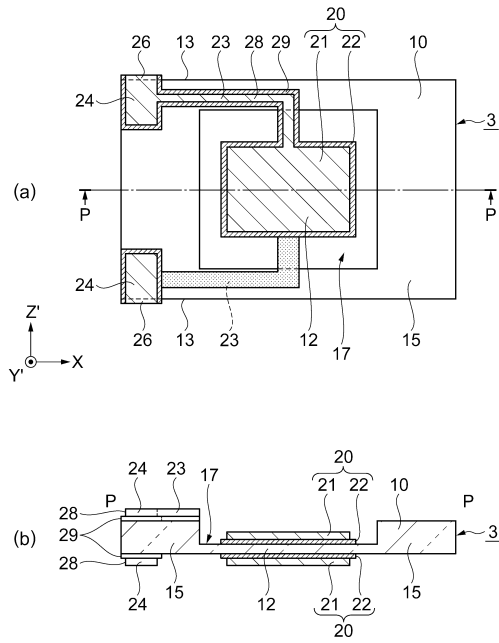
【図 7】



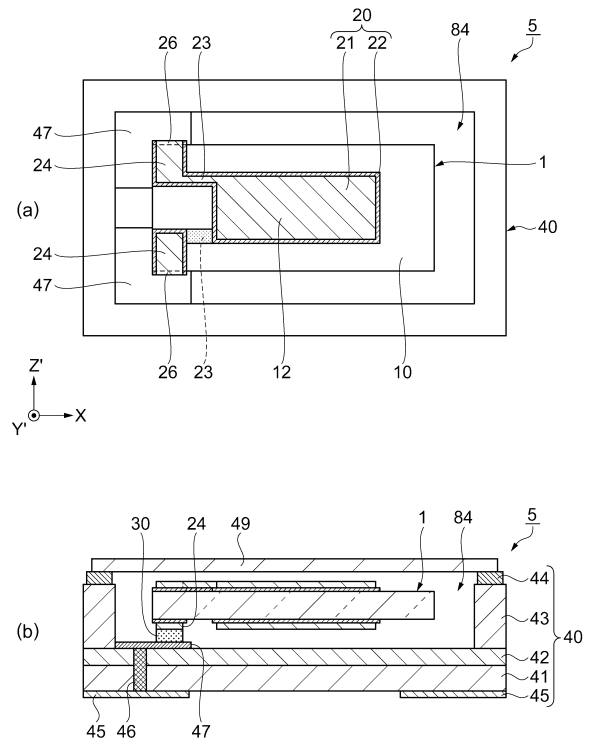
【図 8】



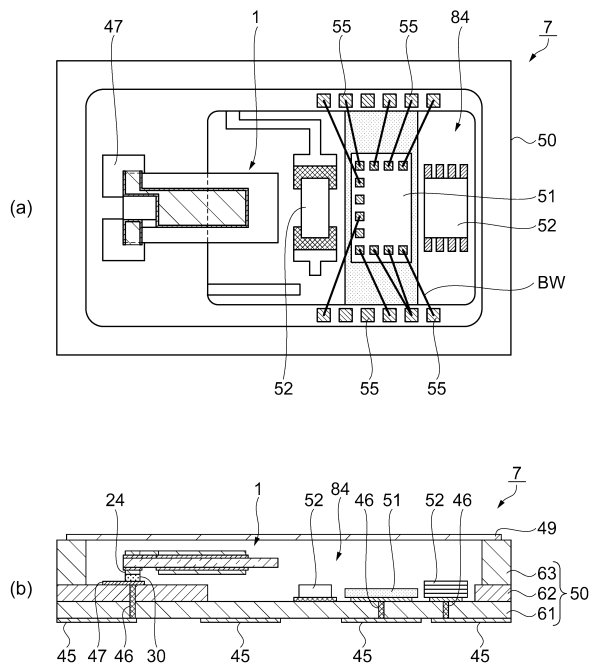
【図 9】



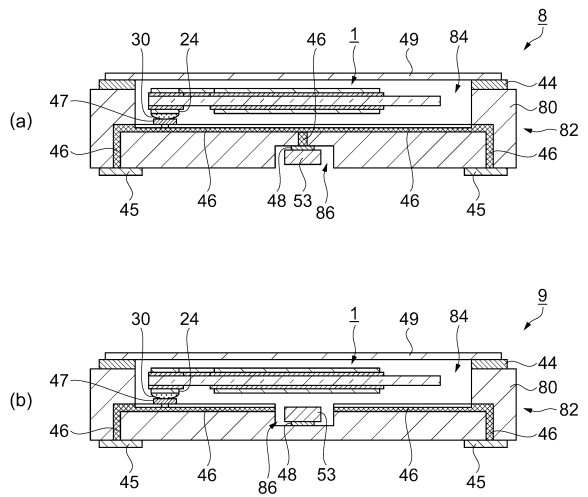
【図 10】



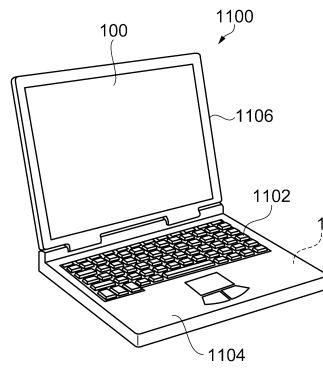
【図 11】



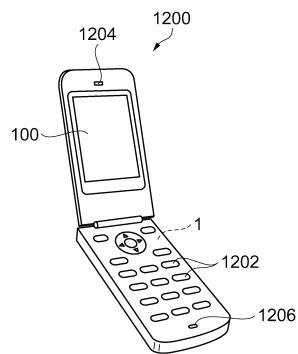
【図 12】



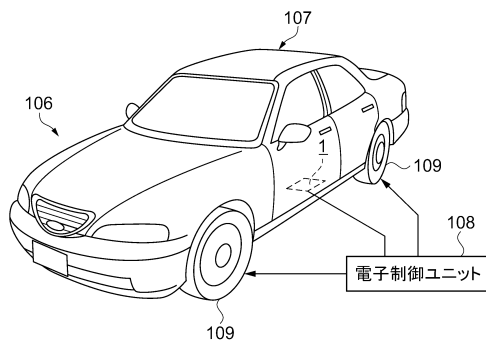
【図 13】



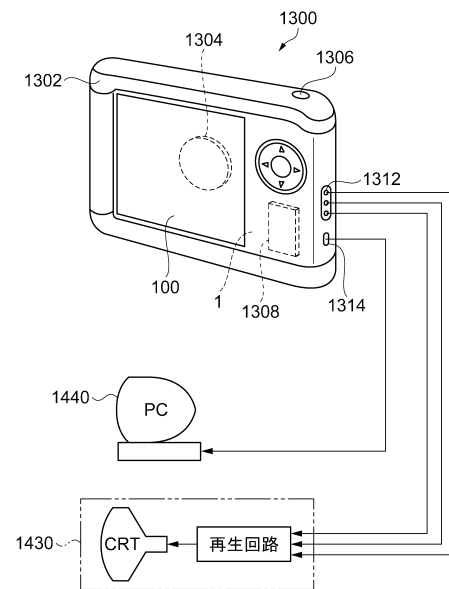
【図 14】



【図 16】



【図 15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 41/09 (2006.01) H 0 1 L 41/22
H 0 1 L 41/08 L

(72)発明者 畑中 和寿
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者 内藤 松太郎
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 石田 昌敏

(56)参考文献 特開2001-024468(JP,A)
特開2008-005333(JP,A)
特開2005-094410(JP,A)
特開2008-306594(JP,A)
特開2010-232806(JP,A)
特開昭57-028415(JP,A)
特開2008-085997(JP,A)
特開2001-251160(JP,A)
特開2006-129383(JP,A)
実開昭57-051331(JP,U)
特開2001-211052(JP,A)
特開2000-295067(JP,A)
特開2008-245243(JP,A)
特開2008-266748(JP,A)
特開2008-263387(JP,A)
特開平11-145768(JP,A)
特開2009-055394(JP,A)
特開昭59-025831(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 3 H 9 / 1 5 - 9 / 2 4
H 0 3 H 3 / 0 0 7 - 3 / 0 6
H 0 3 B 5 / 3 0 - 5 / 4 2
H 0 1 L 4 1 / 0 0 - 4 1 / 2 2