

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 11 月 18 日 (18.11.2004)

PCT

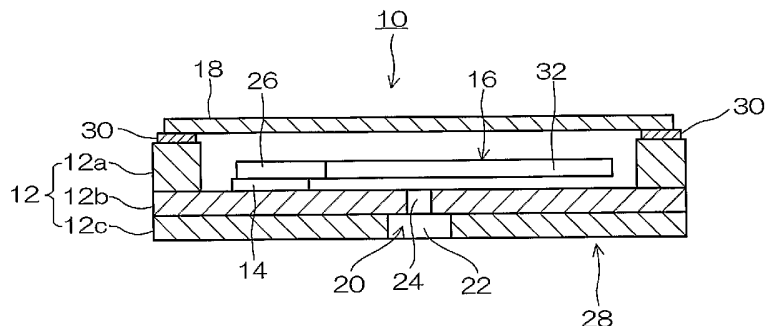
(10) 国際公開番号
WO 2004/100364 A1

- (51) 国際特許分類: **H03H 3/02**, 9/10, 9/215, H01L 23/08 (72) 発明者: 川内 修 (KAWAUCHI, Osamu); 〒3928502 長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 菊島 正幸 (KIKUSHIMA, Masayuki); 〒3928502 長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 森田 喜夫 (MORITA, Yoshio); 〒3928502 長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006273
- (22) 国際出願日: 2004 年 4 月 30 日 (30.04.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2003-129184 2003 年 5 月 7 日 (07.05.2003) JP (74) 代理人: 村上 友一, 外 (MURAKAMI, Tomokazu et al.); 〒1710021 東京都豊島区西池袋 5 丁目 1 0 番 2 号 椿ビル 4 階 Tokyo (JP).
- (71) 出願人: セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1630811 東京都新宿区西新宿二丁目 4 番 1 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

/ 続葉有 /

(54) Title: TUNING-FORK PIEZOELECTRIC DEVICE MANUFACTURING METHOD AND TUNING-FORK PIEZOELECTRIC DEVICE

(54) 発明の名称: 音叉型圧電デバイスの製造方法および音叉型圧電デバイス



- | | |
|---------------|------------|
| 10: 音叉型圧電デバイス | 22: 第一孔部 |
| 12: パッケージベース | 24: 第二孔部 |
| 14: 導電性接着剤 | 26: 基部 |
| 16: 音叉型圧電振動片 | 28: パッケージ |
| 18: 蓋体 | 30: 低融点ガラス |
| 20: 封止孔 | 32: 振動腕部 |

(57) Abstract: A method of manufacturing tuning-fork piezoelectric device (10), comprising a step of mounting a tuning-fork piezoelectric vibratory piece (16) on a package base (12) having a sealing hole (20) with a conductive adhesive (14) having a Young's modulus of 1×10^{-2} GPa or less, a step of bonding a lid (18) to the top face of the package base (12) with a low-melting glass (30), a step of evacuating the inside of a package (28) to a vacuum using the sealing hole (20) and sealing the sealing hole (20) with a sealer, and a step of adjusting the frequency by applying a laser beam to the tuning-fork piezoelectric vibratory piece (16) through the lid (18).

(57) 要約: 音叉型圧電デバイス 10 の製造方法は、封止孔 20 を有するパッケージベース 12 にヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤 14 を用いて音叉型圧電振動片 16 を実装する工程と、前記パッケージベース 12 の上面に低融点ガラス 30 を用いて蓋体 18 を接合する工程と、前記封止孔 20 を用いてパッケージ 28 内部を真空にし、封止材により前記封止孔 20 を真空封止する工程と、前記蓋体 18 を介してレーザ光を音叉型圧電振動片 16 に照射して周波

数調整する工程と、を有する構成とした。



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (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,

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

音叉型圧電デバイスの製造方法および音叉型圧電デバイス

5 技術分野

本発明は、音叉型圧電デバイスの製造方法および音叉型圧電デバイスに係り、特に音叉型圧電振動片の周波数特性を劣化することなくパッケージを真空封止するのに好適な音叉型圧電デバイスの製造方法および音叉型圧電デバイスに関する。

10

背景技術

音叉型圧電デバイスは、正確なクロック周波数を簡易に得ることができるものとして知られている。また、近年、音叉型圧電デバイスは、物体の位置検出や姿勢制御に使用されるジャイロセンサの検出素子として用いられている。このような音叉型圧電デバイスは、電子機器の小型化および薄型化に対応して小型化および薄型化が図られており、いわゆる表面実装型が開発されている。この表面実装型の音叉型圧電デバイスは、音叉型圧電振動片がパッケージベースの底面と平行となるように、かつパッケージベースの底面に片持ち梁状に支持することにより実装されている。

20 この音叉型圧電デバイスは、音叉型圧電振動片を内部に実装したパッケージベースの上部に、低融点ガラスを介して蓋体が接合されている。この蓋体の接合は、 320°C ～ 370°C に加熱して行なうので、パッケージ内部も前記接合温度と同様に高温となる。このため、パッケージベースに音叉型圧電振動片を実装する導電性接着剤は、耐熱温度が前記接合温度よりも低い物
25 を使用できず、耐熱温度の高いポリイミド系の導電性接着剤しか使用できなかった。しかし、ポリイミド系の導電性接着剤は硬度が高く、強固に音叉型圧電振動片の基部をパッケージベースに接着固定しているので、音叉型圧電振動片が屈曲振動すると基部を介してパッケージに振動が伝わり周波数特性を劣化させ、クリスタルインピーダンス値が高くなっていた。

30 また、圧電振動片の材料に水晶を使用した場合に、音叉型圧電振動片は主

振動である屈曲モード（32.768 kHz）で振動する。この音叉型圧電振動片は、片持ち梁状に支持する導電性接着剤に半田系またはエポキシ系を使用した場合、これらの導電性接着剤のヤング率と圧電結晶軸であるx軸方向の非対称モード（x-mode）とが接近している。このため、音叉型圧電振動片の屈曲振動は、前記x-modeの影響を受けてエネルギーを損失し、周波数特性が悪化してしまう。しかし、屈曲振動は、ヤング率が 1×10^{-2} GPa以下の導電性接着剤を用いると、x-mode等の他の振動による悪影響を受けない。ヤング率が 1×10^{-2} GPa以下の導電性接着剤としては、シリコン系およびブタジエン系の導電性接着剤が挙げられる。

シリコン系の導電性接着剤を用いて圧電振動片をパッケージベースに実装する技術としては、特開平10-256409号公報に記載の技術が挙げられる。この技術は、圧電振動片をパッケージベースにシリコン系の導電性接着剤により実装し、前記パッケージベース上に低融点ガラスを用いて蓋体を接合し、パッケージを気密封止するものである。そして、蓋体をパッケージベースに接合するときは、蓋体をパッケージベースから十分に離間させるとともに、窒素雰囲気中で蓋体を低融点ガラスの融点よりも高い温度に加熱し、パッケージベース上に接合している。この技術により、シリコン系導電性接着剤を劣化させることなく、低融点ガラスを用いて蓋体をパッケージベースに接合できるとしている。

しかしながら、特開平10-256409号公報に記載の技術は、蓋体を加熱する作業および封止作業を窒素雰囲気中で行っているため、パッケージ内を真空しなければならない圧電デバイスに利用できない。すなわち、音叉型圧電振動片は、屈曲モードの振動を使用しているため、窒素雰囲気中では屈曲振動時に空気抵抗でクリスタルインピーダンス値が悪くなる問題が発生する。このため、音叉型圧電デバイスは、パッケージ内部を真空封止する必要がある。また、特開平10-256409号公報に記載の技術は、蓋体を加熱する作業および封止作業を窒素雰囲気中でなく真空中で行っても、低融点ガラス等からガスが発生する。そして、この技術は、蓋体とパッケージベースとの接合時に、低融点ガラス等から発生したガスがパッケージ内に残留してしまい、パッケージを真空封止することができない。

また、パッケージを真空封止する方法として、蓋体の周縁部に封止材となる金-錫ろう材をプレフォーミングし、金-錫の封止材の融点以上（280℃程度）で蓋体を加熱してパッケージベースに接合するシングル封止方法がある。しかしながら、金-錫の封止材の融点以上で蓋体を加熱するため、パッケージベースに音叉型圧電振動片を実装する接着剤に、高温でも劣化しない導電性接着剤を使用しなければならない制約があった。また、封止材やパッケージ等より発生するガスを完全に除去できないため、クリスタルインピーダンス値を下げるのが困難であった。さらに、金-錫の封止材は、金を含有しているためコストが高くなってしまう問題点があった。

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、音叉型圧電振動片をパッケージベースに実装するのに適した導電性接着剤を用いた場合でも、低融点ガラスを用いてパッケージベースと蓋体とを接合し、パッケージを真空封止できる音叉型圧電デバイスの製造方法および音叉型圧電デバイスを提供することを目的とする。

発明の開示

上記目的を達成するために、本発明に係る音叉型圧電デバイスの製造方法は、封止孔を有するパッケージベースにヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤を用いて音叉型圧電振動片を実装する工程と、前記パッケージベースの上面に低融点ガラスを用いて蓋体を接合する工程と、前記封止孔を用いてパッケージ内部を真空にし、封止材により前記封止孔を真空封止する工程と、前記蓋体を介してレーザ光を音叉型圧電振動片に照射して周波数調整する工程と、を有することを特徴としている。この場合、前記ヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤は、ブタジエン系導電性接着剤またはシリコン系導電性接着剤を用いることができる。

これにより、蓋体をパッケージベースへ接合するとガスが発生するが、蓋体の接合後にパッケージ内部を真空にして封止するので、パッケージ内部を音叉型圧電振動片の屈曲振動に適した真空にすることができる。また、導電性接着剤は、ヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の材料を用いるので、音叉型圧電振動片が屈曲振動しても導電性接着剤により振動を吸収できる。また

、本発明は、パッケージを真空封止した後に音叉型圧電振動片の周波数を調整するので、周波数の精度が高い音叉型圧電デバイスを実現できる。

また、本発明は、前記蓋体の材質はガラスであることを特徴としている。ガラスからなる蓋体は、音叉型圧電振動片の周波数を調整するレーザ光を透過するので、蓋体をパッケージベースへ接合した後に音叉型圧電振動片の周波数調整を行なうことができる。

また、本発明は、前記音叉型圧電振動片は、振動腕部の両面に長手方向に沿った溝を有していることを特徴としている。このようになっている本発明は、振動腕部部の屈曲振動の効率が向上してクリスタルインピーダンス（C I）値が低下し、音叉型圧電振動片の小型化を図ることができる。

また、前記封止孔は第一孔部と、前記第一孔部よりも小さな開口の第二孔部とからなるとともに、金属被膜されてなることを特徴としている。第一孔部に封止材を置いて溶融すると金属被膜に溶着して封止孔を封止できる。

また、前記封止材は、金－錫、金－ゲルマニウムまたは銀ロウのいずれかの材料を用いた金属ボールであることを特徴としている。これらの封止材は、溶融すると前記金属被膜上に濡れ広がるので、パッケージ内部に突出することなく封止孔を真空封止できる。

また、本発明に係る音叉型圧電デバイスは、上述した音叉型圧電デバイスの製造方法を用いて製造されてなることを特徴としている。これにより、音叉型圧電振動片が屈曲振動しても導電性接着剤により振動を吸収するので、外部に振動が漏れることがない。よって、音叉型圧電デバイスは安定した屈曲振動ができる。

また、本発明は、上述した音叉型圧電デバイスにおいて、半導体集積回路を実装してなることを特徴としている。これにより、より安定した音叉型圧電デバイスを実現できる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本実施の形態に係る音叉型圧電デバイスの断面図である。

図 2 は、本実施の形態に係る音叉型圧電デバイスの製造工程を説明するフローである。

図 3 は、本実施の形態に係る音叉型圧電デバイスと、従来技術に係る音叉型圧電デバイスとのクリスタルインピーダンス値を比較する図である。

図 4 は、本実施の形態に係る音叉型圧電デバイスの振動漏れを測定した結果を示す図である。

5 図 5 は、導電性接着剤の違いによる音叉型圧電デバイスの振動漏れを測定した結果を示す図である。

図 6 は、本実施の形態の封止孔に設けた金属被膜を示す図である。

図 7 は、封止孔に設けた金属被膜の他の例を示す図である。

図 8 は、他の実施形態に係る音叉型圧電振動片の平面図である。

10 図 9 は、図 8 の A - A 線に沿った断面図である。

図 10 は、封止孔の封止方法を説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明に係る音叉型圧電デバイスの製造方法および音叉型圧電デバイスについて説明する。なお、以下に記載するものは本発明の実施の一形態にすぎず、本発明はこれに限定されるものでない。

図 1 は、実施の形態に係る音叉型圧電デバイスの断面図である。音叉型圧電デバイス 10 は、主にパッケージベース 12 に導電性接着剤 14 を介して音叉型圧電振動片 16 が実装され、前記パッケージベース 12 の上部に蓋体 18 が接合されてなる構成である。

パッケージベース 12 は、複数の平面形状のセラミック絶縁基板に枠型のセラミック絶縁基板を積層してなる構成である。このパッケージベース 12 は、底面に二段構造の封止孔 20 が設けられている。この封止孔 20 は、パッケージベース 12 の底面を構成する平面状のセラミック絶縁基板にプレス加工等を行うことで形成される。封止孔 20 は、第一孔部 22 と第二孔部 24 からなっている。すなわち、封止孔 20 は、第一孔部 22 がパッケージベース 12 の底面となる第三層 12c のセラミック絶縁基板に、第二孔部 24 がパッケージベース 12 の内面となる第二層 12b のセラミック絶縁基板に設けてある。第二孔部 24 の開口は、第一孔部 22 の開口よりも小さく形成されている。そして、第一孔部 22 および第二孔部 24 の開口の中心は、ほ

ば同じ位置に来るよう調整されている。

封止孔 20 は、実施形態の場合、図 6 に示したように、タングステンメタライズされた上に、ニッケルメッキおよび金メッキを施した金属被膜 36 が設けてある。この金属被膜 36 は、大径の第一孔部 22 の底面となる前記第二層 12 b の底面、および第一孔部 22 の周面である第三層 12 c の側面に形成されてある。ただし、金属被膜 36 は、第 2 孔部 24 の周面には形成されていない。これは、後述する金属からなる封止材がパッケージ 28 内に垂れ込むのを防止するためである。

このように、実施形態は、金属被膜 36 が第二層 12 b の底面と第三層 12 c の側面とに形成されているため、後述する金属ボールからなる封止材を溶融したときに、封止材が金属被膜 36 に沿って濡れ広がって溶着するため、封止孔 20 を良好に封止することができる。なお、金属被膜 36 は、図 7 に示したように、第二層 12 b の底面だけであってもよい。

また、パッケージベース 12 の内面には音叉型圧電振動片 16 を実装するパッケージ側マウント電極（図示しない）が形成されている。前記マウント電極は、パッケージベース 12 の底面に形成された外部電極（図示しない）と導通している。

そして音叉型圧電振動片 16 は、基部 26 と一対の振動腕部部 32 とからなり、基部 26 に形成された接続電極（図示しない）と、前記マウント電極とを導電性接着剤 14 により接着固定し、パッケージ 28 内部に実装される。この導電性接着剤 14 には、ヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の材料、例えばブタジエン系導電性接着剤やシリコン系導電性接着剤を用いることができる。このブタジエン系導電性接着剤のヤング率は 1×10^{-2} GPa 程度であり、シリコン系導電性接着剤のヤング率は 1×10^{-3} GPa 程度である。

また、パッケージベース 12 の上面、すなわち、枠型の第一層 12 a セラミック絶縁基板には封止材となる低融点ガラス 30 を介して蓋体 18 が接合されている。この蓋体 18 は、音叉型圧電振動片 16 の周波数を調整するためのレーザ光を透過する材質、例えばガラスやサファイア等が用いられている。

次に、音叉型圧電デバイス 10 の製造方法について説明する。図 2 は、音叉型圧電デバイス 10 の製造工程を説明するフローチャートである。音叉型圧電デバイス 10 のパッケージベース 12 は、上述したように複数のセラミック絶縁基板を積層してなり、パッケージベース 12 の底面を構成する第二層 12 b および第三層 12 c の平面状のセラミック絶縁基板には、開口の大きさの異なる孔部 22、24 がプレス加工等により形成されている。この孔部 22、24 は、パッケージを真空封止する封止孔 20 を構成しており、第一孔部 22 の底面と周面とに厚膜印刷およびメッキ等により金属被膜 36 が設けてある（図 6 参照）。また、第二層 12 b の上面には前記パッケージ側マウント電極が、第三層 12 c の底面には前記外部電極が設けてある（何れも図示しない）。これらの電極は、例えば厚膜印刷等によりタングステン層を形成し、このタングステン層の上にニッケルメッキおよび金メッキを施して形成してある。そして、パッケージベース 12 は、第二層 12 b のセラミック絶縁基板上に、第一層 12 a となる枠型のセラミック絶縁基板を積層し、これらを焼成することで一体化している（ステップ 110）。

また、音叉型圧電振動片 16 には、振動腕部部 32 に設けた励振電極（図示しない）と、この励振電極に接続し、音叉型圧電振動片 16 の基部 26 に形成された前記接続電極とが、スパッタまたは蒸着等の成膜により形成される（ステップ 120）。これらの電極は、例えばクロム上に金を積層して形成される。

このようにして形成されたパッケージベース 12 は、ヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤 14 により音叉型圧電振動片 16 が実装される（ステップ 130）。このとき、音叉型圧電振動片 16 は、前記接続電極がパッケージベース 12 の前記マウント電極に接着固定され、片持ち梁状に支持される。また、ヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤 14 として、ブタジエン系導電性接着剤またはシリコン系導電性接着剤を用いることができる。そして、導電性接着剤 14 を 200℃、1 時間程度加熱して硬化させる。

次に、音叉型圧電振動片 16 が実装されたパッケージベース 12 の上部に低融点ガラス 30 を用いて蓋体 18 を接合する（ステップ 140）。このと

き、低融点ガラス30を320℃～350℃程度で加熱することにより熔融し、蓋体18をパッケージベース12の上部に接合してパッケージ28を形成する。

次に、パッケージ28を真空容器の中に置いて前記容器を減圧する。パッケージ28は、図10に示したように、上下を逆にして配置される。これにより、前記容器が減圧されるとともにパッケージ28の内部も封止孔20を介して減圧される。そして、封止孔20の第一孔部22に金属ボールからなる封止材50を配置し、封止材50をレーザや電子ビームにより局所加熱して熔融する。熔融した封止材50は、前記金属被膜36上に濡れ広がって溶着し、封止孔20を真空封止する（ステップ150）。

封止材50には、金－錫、金－ゲルマニウムまたは銀ロウ等からなる金属ボールが用いられるが、前記封止材の形状として板状のペレットを用いることもできる。封止材50は、金－錫合金からなる場合、例えば金（Au）80wt%、錫（Sn）20wt%のものをを用いることができる。このような組成の金－錫からなる封止材は、融点が278℃である。また、封止材50が金－ゲルマニウム（Ge）である場合、Au87.5wt%、Ge12.5wt%のものをを用いることができる。この金－ゲルマニウム封止材の融点は、361℃である。なお、ステップ150の工程により真空封止されたパッケージ28の内部は0.13Pa以下の真空度になっている。

次に、パッケージ12内部に実装された音叉型圧電振動片16の周波数を調整する。すなわち、音叉型圧電振動片16の振動腕部部32の先端部に形成された錘部（図示しない）に蓋体18を介してレーザ光を照射し、前記錘部を加工して所望の周波数に調整し（ステップ160）、音叉型圧電デバイス10が形成される。

このようにして形成された音叉型圧電デバイス10のクリスタルインピーダンス（CI）値の分布を測定した。図3にCI値の分布を示す。図3の横軸はCI値であり、縦軸は確率密度である。この図は、CI値が低いほど特性が良いことを示す。そして、同図中の実線は上記の方法により製造した音叉型圧電デバイス10の測定結果を示し、点線は従来技術のシングル封止方法で製造した音叉型圧電デバイスの測定結果を示す。なお、これらの音叉型

圧電デバイスの音叉型圧電振動片およびシリコン系導電性接着剤は同一のものを使用している。

シングル封止方法で製造した音叉型圧電デバイスは、C I 値が 80 k Ω を
5 生したガスがパッケージ内に残ってしまうため、真空度が悪くなり音叉型圧
電振動片が屈曲振動する際に、このガスが抵抗になってしまうことによる。
このため、シングル封止方法で製造した音叉型圧電デバイスは、商品として
使用できない。

これに対して、本実施形態の方法で製造した音叉型圧電デバイス 10 は C
10 I 値が平均 50 k Ω で安定しバラツキも少ない。これはパッケージベース 1
2 に蓋体 18 を接合するときにガスが発生しても、封止孔 20 よりガスが排
気されるため、パッケージ 28 内部には発生したガスが残留しない。その後
、封止材 50 を熔融して封止孔 20 を封止することによって、パッケージ 2
8 内部を真空封止するときは、封止孔 20 の周囲にのみ熱がかかるだけなの
15 で、ガスがほとんど発生せずに封止でき、音叉型圧電振動片 16 はガスの抵
抗がなく安定して屈曲振動する。これにより、本実施形態の音叉型圧電デバ
イス 10 の製造方法は、従来のシングル封止方法に比べて優れていることが
わかる。

次に、本実施形態の方法により製造した音叉型圧電デバイス 10 において
20 、導電性接着剤 14 の違いによる振動漏れを測定した。これは音叉型圧電デ
バイス 10 を測定回路に複数回セットおよびリセットを繰り返し、その回数
毎に周波数および C I 値を測定して振動漏れを測定したものである。そして
、測定方法は 1 回目を基準としたときに、これ以降の測定回数毎のバラツキ
を評価している。図 4 は音叉型圧電振動片 16 をシリコン系導電性接着剤
25 によりパッケージベース 12 へ実装した音叉型圧電デバイス 10 の振動漏れ
を測定した結果を示し、図 5 はポリイミド系導電性接着剤を用いた音叉型圧
電デバイスの振動漏れを測定した結果を示す。図 4 (a) および図 5 (a)
は測定回数毎の周波数のバラツキを示し、図 4 (b) および図 5 (b) は測
定回数毎の C I 値のバラツキを示している。なお、ポリイミド系導電性接着
30 剤のヤング率は 3 G P a 程度である。

シリコン系導電性接着剤を用いた場合と、ポリイミド系導電性接着剤を用いた場合とを比較すると、シリコン系導電性接着剤を用いた場合は測定回数毎のバラツキが周波数およびC I 値とも小さく安定しているのに対して、ポリイミド系導電性接着剤を用いた場合は測定回数毎のバラツキが周波数およびC I 値とも大きく安定していない。これは、シリコン系導電性接着剤はヤング率が 1×10^{-3} GPa程度なので音叉型圧電振動片16の屈曲振動を吸収することができ、振動が外部に漏れることがない。このため、振動のエネルギーが損失せず、安定して音叉型圧電振動片16が屈曲振動し、測定回数毎のバラツキが発生しない。

これに対して、ポリイミド系導電性接着剤はヤング率が3 GPa程度なので音叉型圧電振動片の屈曲振動を吸収することができず、振動が外部に漏れて測定回数毎にバラツキを発生する。すなわち、外部に振動が漏れるために振動のエネルギーを損失し、音叉型圧電振動片が安定した屈曲振動をできない。これにより、シリコン系導電性接着剤を用いた音叉型圧電デバイス10は、ポリイミド系導電性接着剤等のヤング率が 1×10^{-2} GPaより大きい導電性接着剤を用いた音叉型圧電デバイスに比べて振動の損失がなく、安定して振動することがわかる。

このような実施の形態によれば、音叉型圧電振動片16をパッケージベース12に実装する導電性接着剤14は、ブタジエン系導電性接着剤またはシリコン系導電性接着剤等のヤング率が 1×10^{-2} GPa以下の導電性接着剤14である。このため、音叉型圧電振動片16が屈曲振動しても前記導電性接着剤14で振動を吸収するので、外部に振動漏れを生じることのない安定した音叉型圧電デバイス10を実現できる。

また、低融点ガラス30を用いて蓋体18をパッケージベース12の上部へ接合するのでガスが発生するが、パッケージベース12の底部に真空封止用の封止孔20を設けているので、封止孔20からガスが排気されパッケージ28内部にガスは残留しない。また、封止孔20を真空封止するときには封止材50を局所加熱して熔融させるので、パッケージ28に熱の影響を与えずに真空封止することができる。これにより、音叉型圧電振動片16が振動するときに空気抵抗の影響を受けずC I 値も低くなる。よって、高精度で安

定した音叉型圧電デバイス 10 を実現できる。

また、蓋体 18 をガラスまたはサファイア等のレーザ光を透過する材質で構成されている。従来のシングル封止方法では、音叉型圧電振動片の周波数調整をした後にパッケージを封止しているので、応力バラツキおよび加熱バラツキの影響により初期周波数はかなり広く分布していた。これに対し、蓋体 18 はレーザ光を透過するので、パッケージ 28 を真空封止した後に音叉型圧電振動片 16 の周波数を高精度に調整することができ、一定の初期周波数を有する音叉型圧電デバイス 10 を実現できる。

また、本実施の形態の音叉型圧電デバイス 10 に、発振回路、温度補償回路等の半導体集積回路を実装することもできる。これにより、より安定した音叉型圧電デバイスを実現できる。

また、本実施の形態の音叉型圧電振動片 16 において、基部 26 から延びる振動腕部部 32 に断面 H 構造となる溝を設けることもできる。図 8、図 9 は、振動腕部部に溝を設けた音叉型圧電振動片の説明図である。これらの図において、音叉型圧電振動片 60 は、基部 62 と、この基部 62 の一端から延設している一対の振動腕部部 32 とからなっている。そして、音叉型圧電振動片 60 は、振動腕部部 32 の基端部側に矩形状の溝部 40 が設けてある。溝部 40 は、図 9 に示したように、振動腕部部 32 の表裏面の対応位置に形成してあり、振動腕部 32 の断面が H 形をしている。さらに、音叉型圧電振動片 60 は、各振動腕部 32 の対向面と外側面、および溝部 40 の内側面とに励振電極（図示しない）が形成してある。このため、音叉型圧電振動片 60 は、振動腕部 32 の振動効率が向上し、従来より C I 値が小さくなる。また、音叉型圧電振動片 60 は、基部 26 の両側部に矩形溝 42 が形成してあり、音叉型圧電振動片 60 を実装したときに、基部 26 からの振動漏れを低減するようにしてある。

このようになっている音叉型圧電振動片 60 は、溝部 40 を形成して振動腕部 32 を H 形構造としたため、C I 値を低下させることができる。C I 値は、溝部 40 が深くなるほど低下していく。そして、振動腕部 32 を細く形成しても、この振動腕部 32 に溝部 40 を設けることにより C I 値を低下させることができる。このため、音叉型圧電振動片を小型化できるので、音叉

型圧電デバイスも小型化できる。この溝部40を有する音叉型圧電デバイスの外形寸法は3.2mm×1.5mm×0.8mmであり、従来の音叉型圧電デバイスに比べて60%以下の大きさを実現できる。

産業上の利用可能性

- 5 本発明は、通信機器などの各種電子機器やセンサなどに使用する音叉型圧電デバイスの製造に適用することができる。

請求の範囲

1. 封止孔を有するパッケージベースにヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤を用いて音叉型圧電振動片を実装する工程と、

5 前記パッケージベースの上面に低融点ガラスを用いて蓋体を接合する工程と、

前記封止孔を用いてパッケージ内部を真空にし、封止材により前記封止孔を真空封止する工程と、

10 前記蓋体を介してレーザ光を音叉型圧電振動片に照射して周波数調整する工程と、

を有することを特徴とする音叉型圧電デバイスの製造方法。

2. 請求の範囲 1 に記載の音叉型圧電デバイスの製造方法において、

15 前記ヤング率が 1×10^{-2} GPa 以下の導電性接着剤は、プタジエン系導電性接着剤またはシリコン系導電性接着剤であることを特徴とする音叉型圧電デバイスの製造方法。

3. 請求の範囲 1 または 2 に記載の音叉型圧電デバイスの製造方法において、

前記蓋体の材質はガラスであることを特徴とする音叉型圧電デバイスの製造方法。

20 4. 請求の範囲 1 ないし 3 のいずれかに記載の音叉型圧電デバイスの製造方法において、

前記封止孔は第一孔部と、前記第一孔部よりも小さな開口の第二孔部とからなるとともに、金属被膜されてなることを特徴とする音叉型圧電デバイスの製造方法。

25 5. 請求の範囲 1 ないし 4 のいずれかに記載の音叉型圧電デバイスの製造方法において、

前記封止材は金-錫、金-ゲルマニウムまたは銀ロウのいずれかの材料を用いた金属ボールであることを特徴とする音叉型圧電デバイスの製造方法。

30 6. 請求の範囲 1 ないし 5 のいずれかに記載の音叉型圧電デバイスの製造方法において、

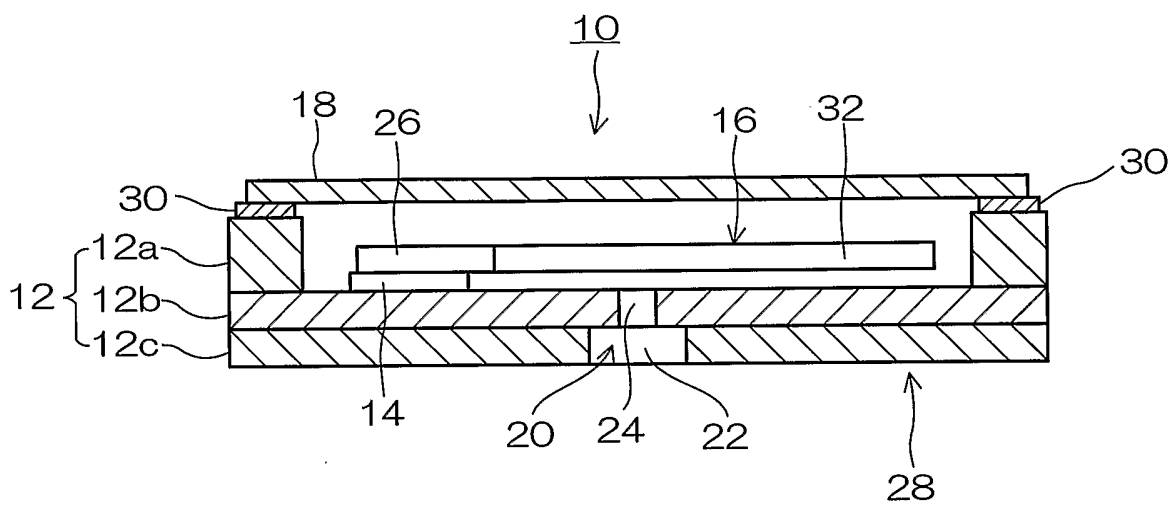
前記音叉型圧電振動片は、振動腕部の両面に長手方向に沿った溝を有していることを特徴とする音叉型圧電デバイスの製造方法。

7. 請求の範囲 1 ないし 6 のいずれかに記載の音叉型圧電デバイスの製造方法を用いて製造されてなることを特徴とする音叉型圧電デバイス。

- 5 8. 請求の範囲 7 に記載の音叉型圧電デバイスにおいて、
半導体集積回路を実装してなることを特徴とする音叉型圧電デバイス。

1/8

図1



10:音叉型圧電デバイス
 12:パッケージベース
 14:導電性接着剤
 16:音叉型圧電振動片
 18:蓋体
 20:封止孔

22:第一孔部
 24:第二孔部
 26:基部
 28:パッケージ
 30:低融点ガラス
 32:振動腕部

図2

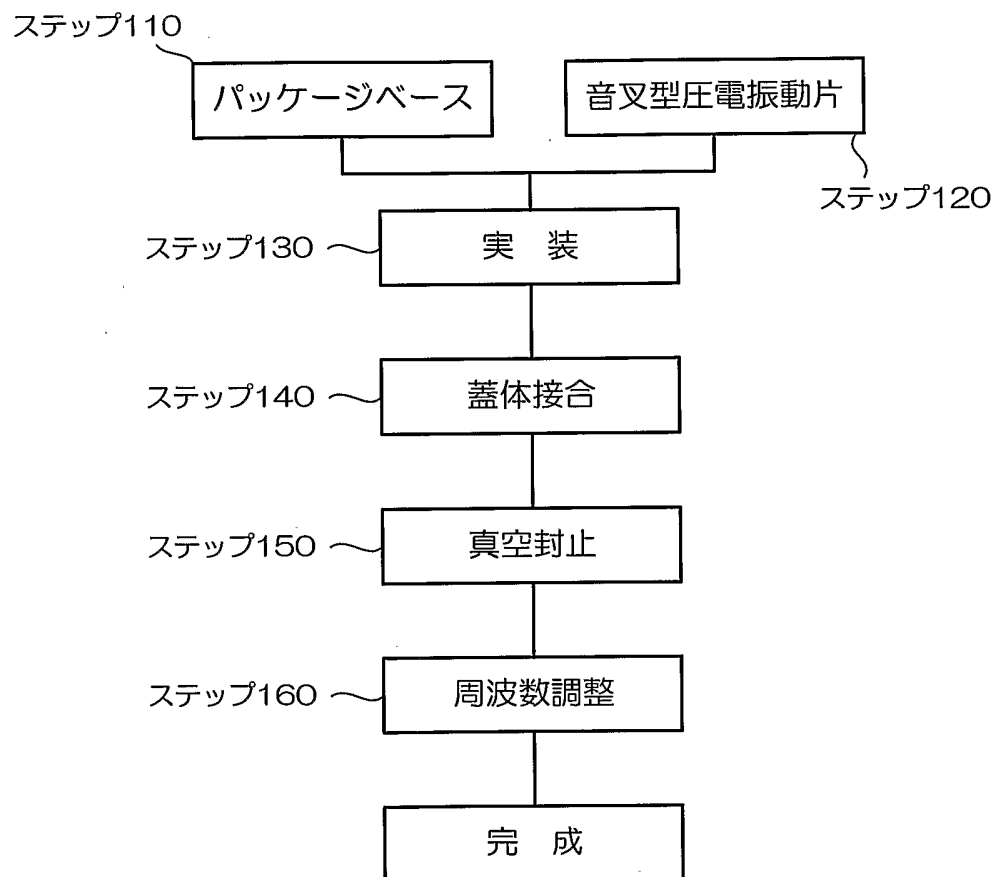


図3

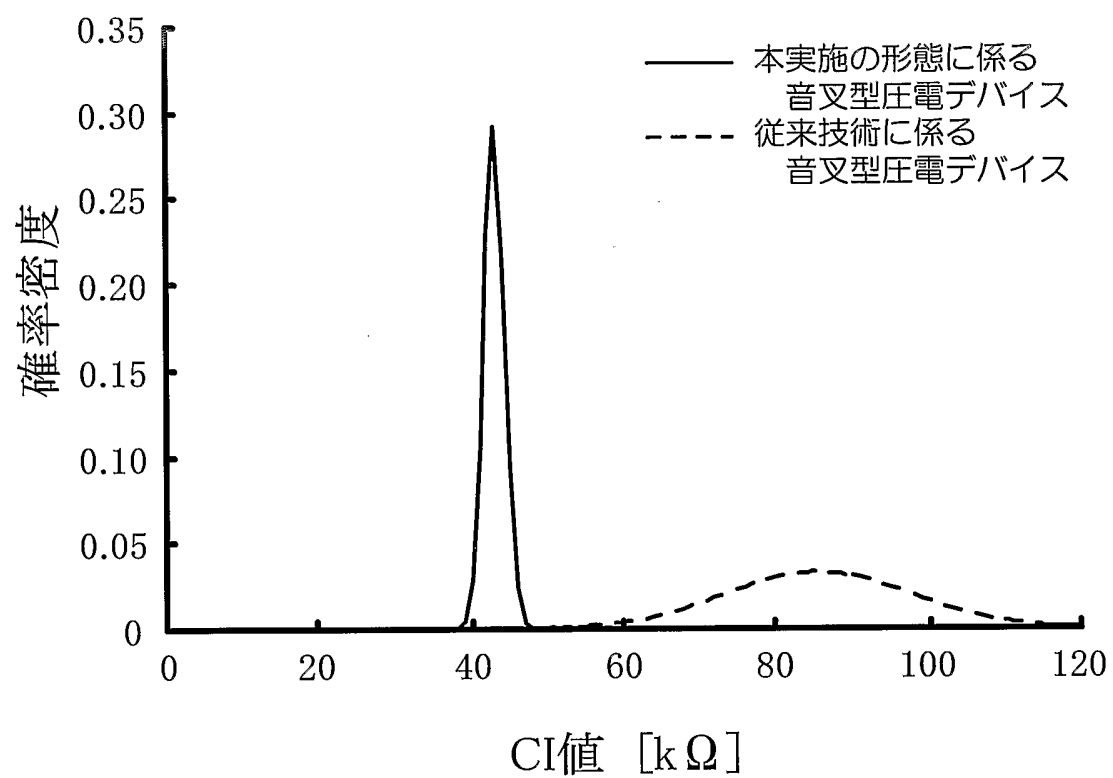
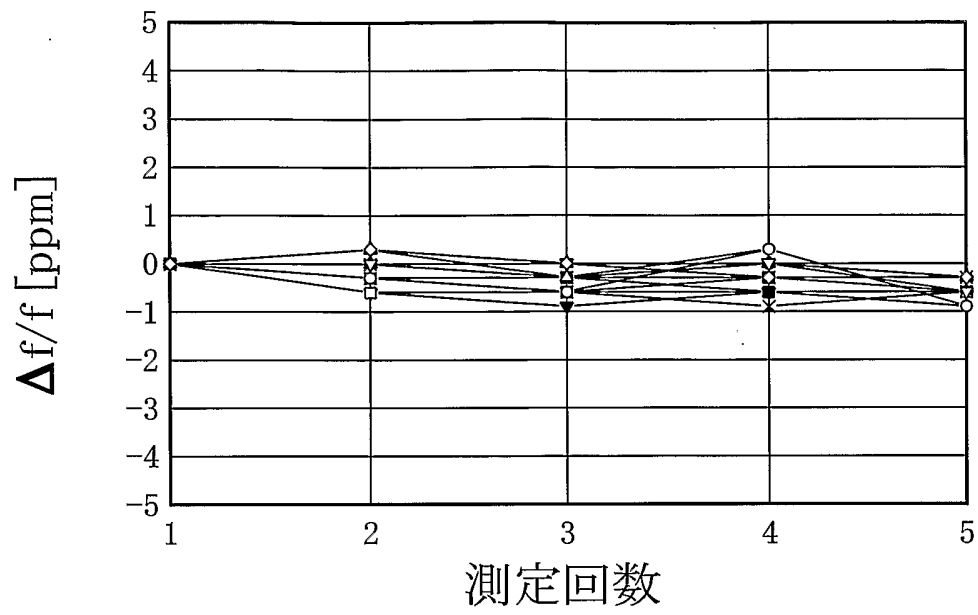


図 4

(a)



(b)

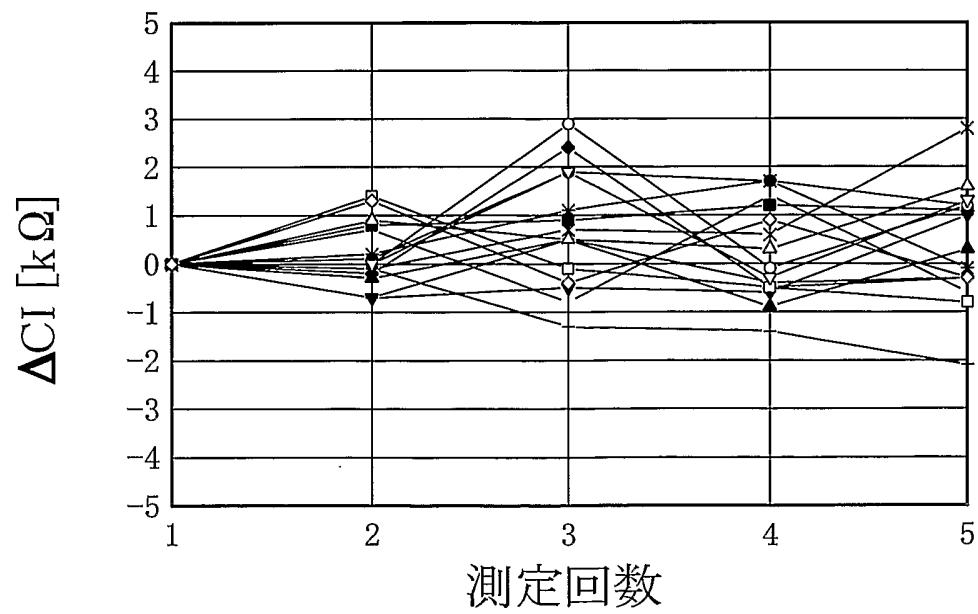
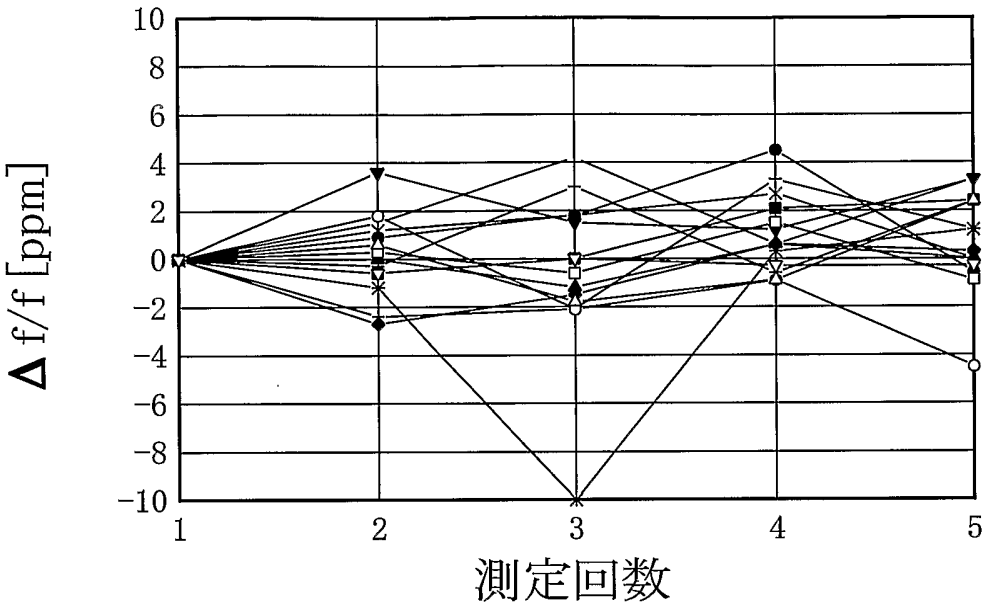


図5

(a)



(b)

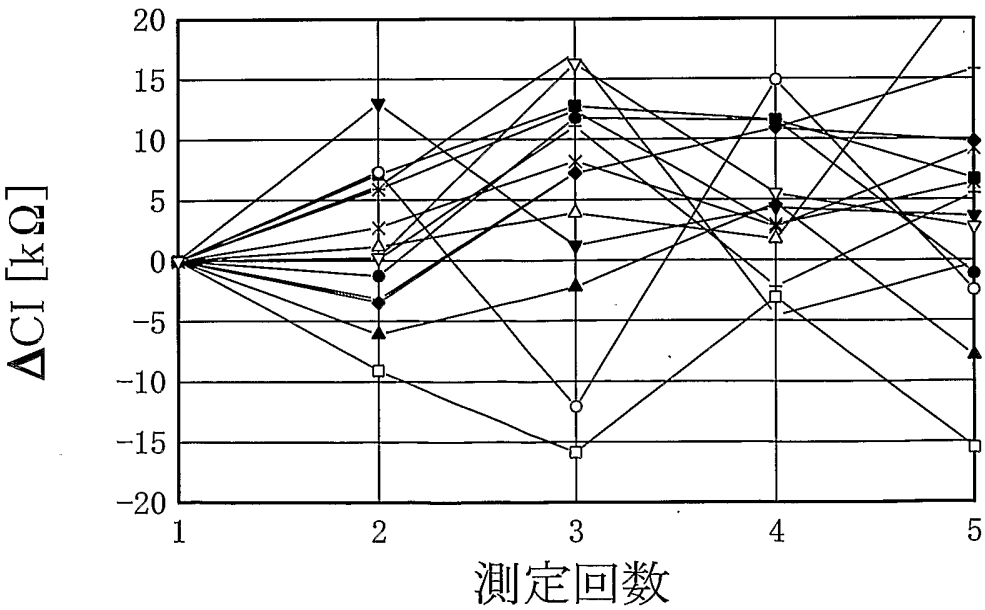


図6

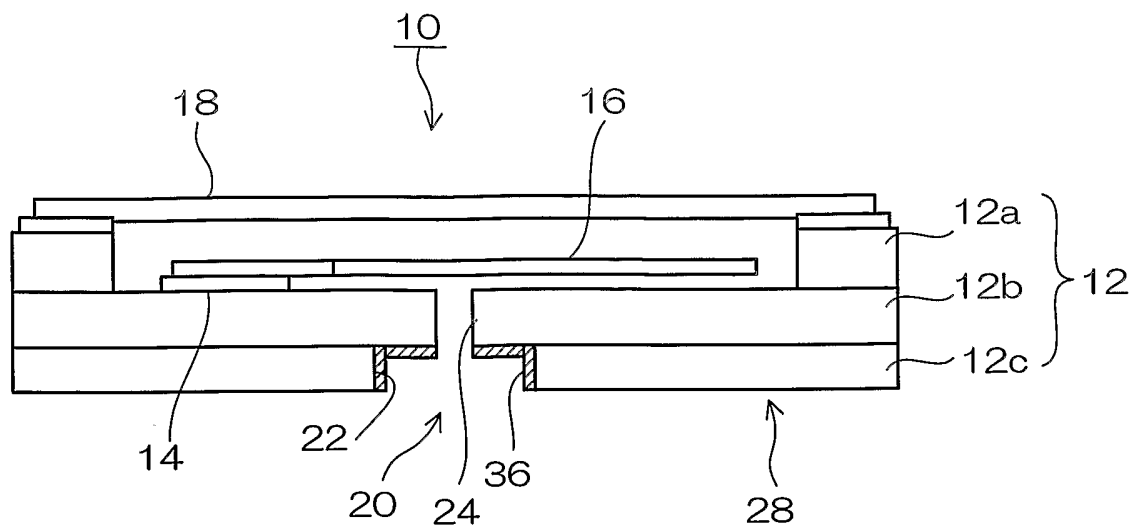


図7

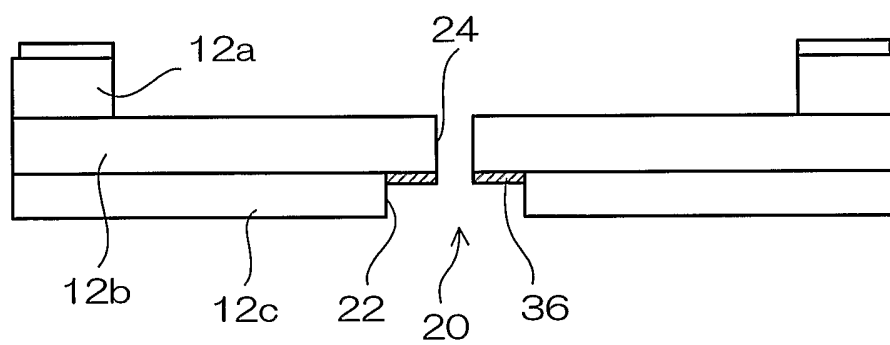


図8

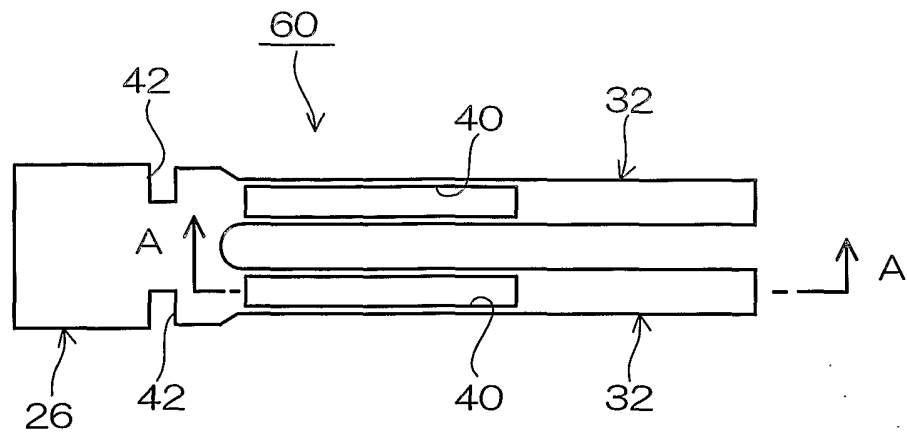


図9

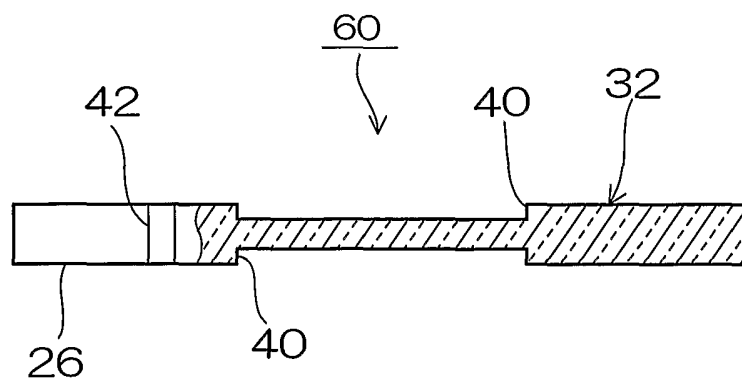
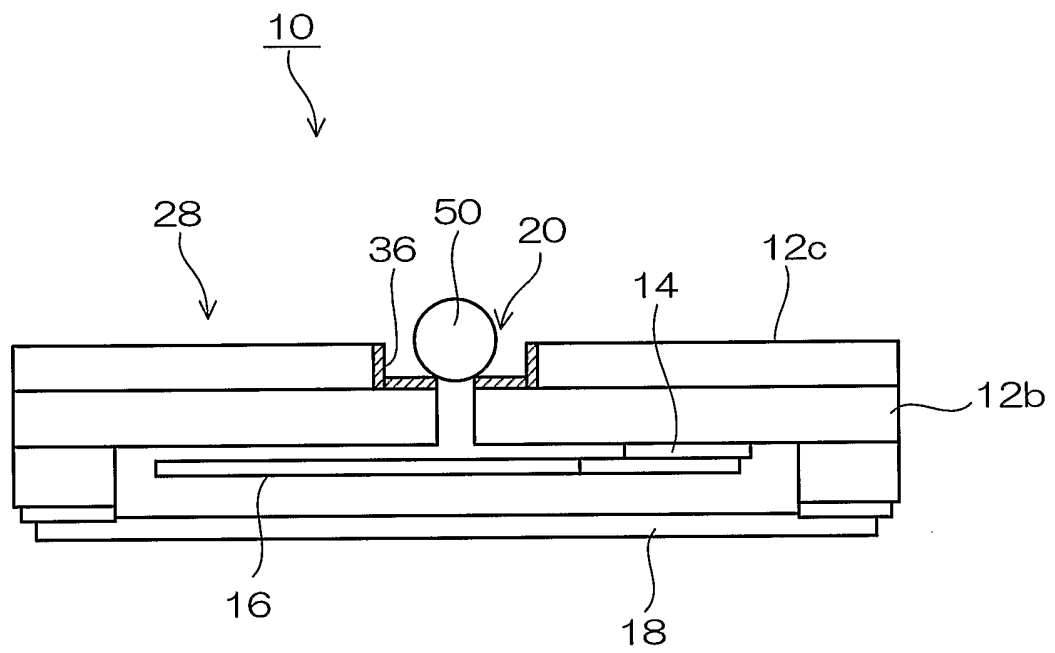


图10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006273

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H03H3/02, H03H9/10, H03H9/215, H01L23/08

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)

Int.Cl⁷ H03H3/007-3/06, H03H9/00-9/74, H01L23/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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 2003-8382 A (Seiko Epson Corp.), 10 January, 2003 (10.01.03), Par. Nos. [0013] to [0032]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-8
Y	JP 8-507429 A (Motorola, Inc.), 06 August, 1996 (06.08.96), Page 12, line 20 to page 13, line 9 & US 5406682 A & EP 0686310 A1 & WO 1995/17769 A1	1-8
Y	JP 2002-76827 A (Seiko Epson Corp.), 15 March, 2002 (15.03.02), Par. Nos. [0002] to [0006]; Fig. 11 (Family: none)	6-8

☐ 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

09 August, 2004 (09.08.04)

Date of mailing of the international search report

24 August, 2004 (24.08.04)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H03H3/02, H03H9/10, H03H9/215, H01L23/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H03H3/007-3/06, H03H9/00-9/74, H01L23/08

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 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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	J P 2003-8382 A (セイコーエプソン株式会社) 2003. 01. 10, 段落【0013】～【0032】, 【図1】, 【図2】 (ファミリーなし)	1-8
Y	J P 8-507429 A (モトローラ・インコーポレイテッド) 1996. 08. 06, 第12頁第20行～第13頁第9行 & US 5406682 A & EP 0686310 A1 & WO 1995/17769 A1	1-8

☒ 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

09. 08. 2004

国際調査報告の発送日

24. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

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)

甲斐哲雄

5 W

3 1 3 9

電話番号・03-3581-1101 内線 3574

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 2002-76827 A (セイコーエプソン株式会社) 2002.03.15, 段落【0002】～【0006】 , 【図11】 (ファミリーなし)	6-8