

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4075833号
(P4075833)

(45) 発行日 平成20年4月16日 (2008. 4. 16)

(24) 登録日 平成20年2月8日 (2008. 2. 8)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 C 19/56 (2006. 01)

G O 1 C 19/56

G O 1 P 9/04 (2006. 01)

G O 1 P 9/04

H O 1 L 41/08 (2006. 01)

H O 1 L 41/08

Z

H O 1 L 41/18 (2006. 01)

H O 1 L 41/18

I O 1 A

H O 1 L 41/22 (2006. 01)

H O 1 L 41/22

Z

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-93764 (P2004-93764)
 (22) 出願日 平成16年3月26日 (2004. 3. 26)
 (65) 公開番号 特開2005-17273 (P2005-17273A)
 (43) 公開日 平成17年1月20日 (2005. 1. 20)
 審査請求日 平成17年6月22日 (2005. 6. 22)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-159720 (P2003-159720)
 (32) 優先日 平成15年6月4日 (2003. 6. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100098062
 弁理士 梅田 明彦
 (72) 発明者 川内 修
 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 渡邊 康治
 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 谷口 智利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電振動ジャイロ素子、その製造方法、及び圧電振動ジャイロセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中央支持部から両側へ延出しかつ表裏主面に第1検出電極を及び側面に第2検出電極を有する1対の検出用振動腕と、

前記中央支持部から前記検出用振動腕と直交して両側へ延出する1対の連結腕と、

前記各連結腕の先端部からそれと直交して両側へ前記検出用振動腕と平行に延出しかつ表裏主面に第1駆動電極を及び側面に第2駆動電極をそれぞれ有する各1対の駆動用振動腕と、

前記各連結腕先端部からそれぞれ前記連結腕の延出方向に沿って更に延出する延長部とを備え、

前記各延長部の側面が、該延長部の延出方向に沿って両側にそれぞれ前記駆動用振動腕の前記側面に直交する平面部と、前記平面部間にそれらと交差する先端面とを有し、

前記各駆動用振動腕の表側主面の前記第1駆動電極と裏側主面の前記第1駆動電極とが、前記延長部の表側主面の配線と、その裏側主面の配線と、前記延長部先端面を厚み方向に横断して前記延長部の表裏主面の前記配線間を連絡する電極膜とからなる配線パターンを介して互いに電氣的に接続され、

前記各駆動用振動腕の前記第2駆動電極と前記延長部の前記配線パターンとが、前記延長部側面の前記平面部により互いに電氣的に分離されていることを特徴とする圧電振動ジャイロ素子。

【請求項 2】

前記中央支持部の側面が、前記検出用振動腕の延出方向に直交する向きの第1の平面部と、前記検出用振動腕の延出方向に平行な向きの第2の平面部とを有し、

前記検出用振動腕の表裏主面の前記第1検出電極が、前記第1の平面部を厚み方向に横断して前記中央支持部の表裏主面間を連絡する配線パターンを介して互いに電氣的に接続されていることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動ジャイロ素子。

【請求項3】

前記中央支持部の側面が、前記検出用振動腕の延出方向に直交する向きの第1の平面部と、前記検出用振動腕の延出方向に平行な向きの第2の平面部と、前記第1及び第2の平面部の間にこれらと斜めに交差するテーパ部とを有し、

前記検出用振動腕の表側主面の前記第1検出電極と裏側主面の前記第1検出電極とが、前記中央支持部の表側主面の配線と、その裏側主面の配線と、前記テーパ部を厚み方向に横断して前記中央支持部の表裏主面の前記配線間を連絡する電極膜とからなる配線パターンを介して互いに電氣的に接続され、

前記各検出用振動腕の前記第2検出電極と前記検出用振動腕の表裏主面の前記第1検出電極間を接続する前記配線パターンとが、前記中央支持部の前記テーパ部により互いに電氣的に分離されていることを特徴とする請求項1に記載の圧電振動ジャイロ素子。

【請求項4】

中央支持部から両側へ延出する1対の検出用振動腕と、前記中央支持部から前記検出用振動腕と直交して両側へ延出する1対の連結腕と、前記各連結腕の先端部からそれと直交して両側へ前記検出用振動腕と平行に延出する各1対の駆動用振動腕と、前記各連結腕先端部からそれぞれ前記連結腕の延出方向に沿って更に延出する延長部とを備え、前記延長部の側面が該延長部の延出方向に沿って両側にそれぞれ前記駆動用振動腕の前記側面に直交する平面部と、前記平面部間にそれらと交差する先端面とを有する圧電素子片の外形を加工する工程と、

前記圧電素子片の全表面に電極膜を形成しかつその上にフォトレジスト膜を塗布する工程と、

前記圧電素子片の一方の主面側から前記フォトレジスト膜を1回だけ露光し、かつ前記圧電素子片の他方の主面側から前記フォトレジスト膜を1回だけ露光する工程と、

前記フォトレジスト膜の露光部分を除去して前記電極膜を露出させ、露出した前記電極膜をウェットエッチングにより除去して、電極分割する工程を有し、

それにより、前記各検出用振動腕の表裏主面に第1検出電極を及び側面に第2検出電極を形成し、かつ前記各駆動用振動腕の表裏主面に第1駆動電極を及び側面に第2駆動電極を形成すると共に、

前記各駆動用振動腕の表側主面の前記第1駆動電極と裏側主面の前記第1駆動電極とを電氣的に接続するために、前記表側主面の前記第1駆動電極に接続される前記延長部の表側主面の配線と、前記裏側主面の前記第1駆動電極に接続される前記延長部の裏側主面の配線と、前記延長部先端面を厚み方向に横断して前記延長部の表裏主面の前記配線間を連絡する電極膜とからなる配線パターンを、該配線パターンが前記各駆動用振動腕の前記第2駆動電極とは電氣的に分離されるように、前記ウェットエッチングにより前記延長部の前記平面部から前記電極膜を除去して形成することを特徴とする圧電振動ジャイロ素子の製造方法。

【請求項5】

前記露光工程において、前記延長部の前記平面部に対して前記延長部の延出方向に関して直角方向に、かつ前記駆動用振動腕の主面に対して垂直方向から或る角度傾けた斜め上方から露光することを特徴とする請求項4に記載の圧電振動ジャイロ素子の製造方法。

【請求項6】

前記圧電素子片の前記中央支持部の側面が、前記検出用振動腕の延出方向に直交する向きの第1の平面部と前記検出用振動腕の延出方向に平行な向きの第2の平面部とを有し、

前記検出用振動腕の表裏主面の前記第1検出電極を互いに電氣的に接続するために、前記表側主面の前記第1検出電極に接続される前記中央支持部の表側主面の配線と、前記裏

10

20

30

40

50

側主面の前記第1検出電極に接続される前記中央支持部の裏側主面の配線と、前記中央支持部の側面を厚み方向に横断して前記中央支持部の表裏主面間を連絡する電極膜とからなる配線パターンを形成し、該配線パターンが前記検出用振動腕の前記第2検出電極とは電氣的に分離されるように、前記ウエットエッチングにより前記第1及び第2の平面部から前記電極膜を除去するように、前記露光工程において、前記中央支持部の前記第1の平面部に対して直角方向に、かつ前記中央支持部の主面に対して垂直方向から前記或る角度傾けた斜め上方から露光することを特徴とする請求項5に記載の圧電振動ジャイロ素子の製造方法。

【請求項7】

前記圧電素子片の前記フォトレジスト膜を、その表裏両側から同時に露光することを特徴とする請求項4乃至6のいずれかに記載の圧電振動ジャイロ素子の製造方法。

10

【請求項8】

水晶ウエハをウエットエッチングすることにより、前記圧電素子片の外形を加工することを特徴とする請求項4乃至7のいずれかに記載の圧電振動ジャイロ素子の製造方法。

【請求項9】

請求項1乃至3に記載の圧電振動ジャイロ素子と、前記圧電振動ジャイロ素子を駆動・制御する半導体集積回路素子と、これらを収容するパッケージとを備えることを特徴とする圧電振動ジャイロセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、駆動用振動腕と検出用振動腕とを有する圧電振動ジャイロ素子及びその製造方法、並びにこれを用いた圧電振動ジャイロセンサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、船舶・航空機・自動車等の姿勢制御やナビゲーションシステム、ビデオカメラ等の手振れ防止及び検出等における回転角速度センサとして、また3次元立体マウス等の回転方向センサなどに圧電振動ジャイロが広く利用されている。圧電振動ジャイロは、両側音叉型の回転速度センサ（例えば、特許文献1を参照）や、略T字型の駆動振動系を中央の検出振動系に関して左右対称に配置した所謂ダブルT字型の圧電振動子（例えば、特許文献2，3を参照）など、様々な構造のものが提案されている。

30

【0003】

図11（A）～（C）は、ダブルT字型の圧電振動ジャイロ素子の一例を示している。図11（A）に示すように、圧電振動ジャイロ素子1は横置き型で、中央支持部2から図中上下両側へ延出する1対の検出用振動腕3，3と、中央支持部2から該検出用振動腕と直交する向きに図中左右両側へ延出する1対の連結腕4a，4bと、各連結腕の先端部を基部5a，5bとして、それから検出用振動腕と平行に図中上下両側へ延出する左右各1対の駆動用振動腕6a，6a，6b，6bとを有する。図11（B）及び（C）に示すように、前記各検出用振動腕にはその表裏主面及び側面に第1及び第2検出電極7，8が、前記各駆動用振動腕にはその表裏主面及び側面に第1及び第2駆動電極9，10がそれぞれ形成されている。

40

【0004】

中央支持部2上面の電極パッドを介して前記駆動電極に交流電流を印加すると、駆動用振動腕6a，6a，6b，6bは、その主面を含むXY平面内で矢印で示すように屈曲振動する。この状態で圧電振動ジャイロ素子1がXY平面内で即ちZ軸周りに回転すると、前記駆動用振動腕の長手方向に沿ってコリオリ力が交互に逆向きに発生し、その作用によって連結腕4a，4bが同じくXY平面内で矢印で示すように屈曲振動する。これが中央支持部2を介して伝達され、検出用振動腕3，3を同じくXY平面内で矢印で示すように屈曲振動させる。前記検出用振動腕の屈曲振動による圧電材料の歪みを前記検出電極が検出して信号を発生し、これを電子的に処理することによって、Z軸周りの面内での回転及

50

び角速度等が求められる。

【0005】

更に特許文献3には、同様のダブルT字型の圧電振動子において、同文献における「支持部の先端部」即ち図11(A)における連結腕4a、4b先端の基部5a、5bから、該支持部(即ち連結腕4a、4b)の延長線上に、図11(A)に想像線で示すような延長部11a、11bをそれぞれ設け、かつ、前記各検出用振動腕及び前記各連結腕の中央支持部2への付け根並びに前記各駆動用振動腕と前記各連結腕との間と同様に、前記駆動用振動腕に隣接する延長部11a、11bの各側面にそれぞれテーパ部12a、12a、12b、12bを設けた構成が開示されている。これら延長部及びテーパ部によって、駆動用振動腕の屈曲振動の対称性が向上し、それにより温度変化による振動状態の変化が小さくなって、共振周波数の温度ドリフトが減少するというものである。

10

【0006】

一般にダブルT字型構造の駆動用振動腕6a、6bは、図12にはその一方のみを示すが、表裏主面の第1駆動電極9、9が、連結腕4a(4b)の先端面に形成した電極膜13からなる配線を介して互いに接続される。第2駆動電極10、10と電極膜13とは、同一面上にある駆動用振動腕6a(6b)の側面及び連結腕4a(4b)の先端面即ち基部5a(5b)の側面において、電極分割されている。

【0007】

このような圧電振動子の側面に分割された電極を形成するために、従来から様々な方法が利用されている。例えば、外形加工した薄板状水晶音叉の表面に電極膜を形成し、予め側面電極の分割個所に形成した突起を機械的に切断除去する方法や、側面の電極膜の分割個所にレーザ光を照射して電極膜を部分的に除去する方法がある(例えば、特許文献4を参照)。また、圧電振動子の側面の電極分割個所に予め形成した凹部内を垂直方向の光で露光し、該凹部内の導電性薄膜をエッチング加工することにより、側面電極を分割する方法が知られている(例えば、特許文献5を参照)。また、電極パターンに対応する窓を設けた蒸着マスクを用い、水晶片の表裏主面及び側面に真空蒸着などにより電極膜を形成する方法もある(例えば、特許文献6を参照)。

20

【0008】

更に、外形加工した圧電振動子の全表面に電極膜を形成し、その上に塗布したフォトリジスト膜を、電極パターンを形成したマスクで露光し、電極膜をウェットエッチングすることにより、圧電振動子の表裏主面及び側面に電極及び配線を形成する方法が知られている(例えば、特許文献7を参照)。このフォトリジスト膜を利用した側面電極の分割方法では、表裏主面と側面とで別個の露光用マスクを用いて別個に露光したり、1個の露光用マスクを用いて斜め上方向から一度に露光することができる(特許文献5、7を参照)。上述した特許文献4乃至6に記載の方法は、圧電振動子が小型化すると、側面電極の分割加工が比較的困難になるのに対し、フォトリジスト膜を利用した側面電極の分割方法は、圧電振動子の小型化に対応し得る点において有利である。

30

【0009】

【特許文献1】特開平7-55479号公報

【特許文献2】特開2003-166828号公報

40

【特許文献3】特開2001-12952号公報

【特許文献4】特開昭54-29596号公報

【特許文献5】特開昭59-104813号公報

【特許文献6】特開平8-23249号公報

【特許文献7】特開2003-218657号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ダブルT字型の圧電振動子において、図12に示すように、駆動用振動腕6a(6b)側面と連結腕4a(4b)先端面とが同一面上にある構成では、第2駆動電極10、10

50

と電極膜 13 とを上述した従来のフォトエッチングによる側面電極分割方法で、比較的簡単に形成できる。これに対し、図 11 (A) に関連して上述したように連結腕 4a, 4b の先端部にテーパ部付き延長部 11a, 11b を設けた構成では、側面電極の分割過程において次のような問題が発生する。

【0011】

この圧電振動子は、図 13 に示すように、表裏主面の第 1 駆動電極 9, 9 が、図 12 の場合と同様に、延長部 11a (11b) の表裏主面間を連絡するように形成した、その先端面の電極膜 14 を含む配線により、互いに接続される。この場合、駆動用振動腕側面の第 2 駆動電極 10, 10 と電極膜 14 とは、テーパ部 12a (12b) に形成した電極膜をウェットエッチングで除去することにより分割加工する。

10

【0012】

電極及び配線パターンを形成するための露光工程では、図 14 (A) ~ (C) に例示するように、全表面に電極膜 15 を形成しかつその上にフォトレジスト膜 16 を塗布した圧電素子片 17 の上に、露光用マスク 18 を配置する。露光用マスク 18 は、電極及び配線パターンに対応する遮光部 19 が、透明ガラス薄板の表面にクロムなどの金属膜を蒸着させて形成される。露光用マスク 18 の上方に光源 20 を配置し、圧電素子片 17 に対してその主面及び側面を同時に露光するべく、斜め上方から紫外光を照射する。

【0013】

この斜め上方からの露光では、図 14 (B) に示すように、駆動用振動腕 6a (6b) の主面だけでなく、側面及びこれに平行な面に対しても、直角方向に近い角度で光を照射できる。従って、一回の露光工程で十分な露光量が得られ、駆動用振動腕側面のフォトレジスト膜 16 を正確に露光することができる。しかしながら、延長部 11a (11b) のテーパ部 12a, 12a (12b, 12b) は、駆動用振動腕の側面に関して傾斜しているため、光の照射角度がより浅くなる。そのため、テーパ部 12a, 12a (12b, 12b) は十分に露光されないという問題を生じる。最悪の場合には、フォトレジスト膜 16 が残存して電極膜 15 を十分にエッチングできず、第 2 駆動電極 10, 10 と電極膜 12 とを電氣的にショートさせる虞がある。

20

【0014】

特に、圧電素子片が水晶からなる場合には、その外形をウェットエッチングで加工することにより、側面に「ヒレ」と呼ばれる突起が生じる。従って、水晶素子片の側面を十分に露光するためには、光の照射角度を適正に設定する必要がある。ところが、テーパ部 12a, 12b は、上述したように光の照射角度が浅くなるから、前記ヒレが陰となって全く又は十分に露光されない部分が生じ、電極膜 15 の一部がエッチングされずに残存する可能性が高くなる。

30

【0015】

これに対し、前記テーパ部の露光量を増やすために照射光の強度を大きくしたり露光時間を長くすると、テーパ部以外の部分で露光過多となり、フォトレジスト膜 16 の正確なパターンニングに影響を及ぼす虞がある。また、テーパ部を他の部分とは別個に露光することも可能であるが、テーパ部専用で別個の露光用マスクを用意して別個の露光工程を行うことが必要であり、光源の配置変更やマスクの正確な位置合わせなど、作業が面倒になりかつ工数が増加するので、生産性及び歩留まりを低下させる虞がある。

40

【0016】

そこで本発明は、上述した従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、中央支持部から両側へ延出する 1 対の検出用振動腕と、中央支持部から両側へ検出用振動腕と直交する向きに延出する 1 対の連結腕と、各連結腕の先端部からそれと直交して両側へ延出する各 1 対の駆動用振動腕とを備え、更に連結腕先端部から延長部を延出させた所謂ダブル T 字型の圧電振動ジャイロ素子において、装置の小型化に対応しつつ、各振動腕における屈曲振動の対称性確保に加えて、正確な電極分割を可能にした圧電振動ジャイロ素子を提供することにある。

【0017】

50

更に本発明の目的は、かかる圧電振動ジャイロ素子の製造において、特にフォトエッチングによる電極分割工程を簡単にし、生産性及び歩留まりを向上させ、かつコストを低減し得る製造方法を提供することにある。

【0018】

また、本発明の目的は、各振動腕における屈曲振動の対称性を確保しつつ、特に駆動用振動腕の側面で駆動電極の電氣的ショートが無くした、信頼性の高い圧電振動ジャイロセンサをより低コストで提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明によれば、上記目的を達成するために、中央支持部から両側へ延出しかつ表裏主面に第1検出電極を及び側面に第2検出電極を有する1対の検出用振動腕と、中央支持部から検出用振動腕と直交して両側へ延出する1対の連結腕と、各連結腕の先端部からそれぞれ直交して両側へ延出しかつ表裏主面に第1駆動電極を及び側面に第2駆動電極をそれぞれ有する各1対の駆動用振動腕と、各連結腕の先端部から連結腕の延出方向に沿って更に延出する延長部とを備え、該延長部の側面が、先端面と、その延出方向に沿って両側に駆動用振動腕の延出方向に直交する向きの平面部とを有し、駆動用振動腕の表裏主面の第1駆動電極が、延長部先端面を厚み方向に横断して先端部及び延長部の表裏主面間を連絡する配線パターンを介して互いに電氣的に接続されている圧電振動ジャイロ素子が提供される。

【0020】

連結腕に延長部を設けることにより駆動用振動腕の屈曲振動の対称性が確保されることに加えて、延長部側面の平面部は、駆動用振動腕の延出方向に直交する向きに形成されるので、フォトエッチングによる圧電振動ジャイロ素子の電極分割加工において、その主面及び側面の均一な露光が可能であり、正確な形状・寸法に電極及び配線パターンを形成することが可能になる。従って、この平面部から電極膜を確実に除去することができ、それによって駆動用振動腕の表裏主面の第1駆動電極を接続する配線パターンと側面の第2駆動電極とは、電氣的にショートしないように完全に分割される。このように、本発明によれば、圧電振動ジャイロ素子の小型化に対応しつつ、各振動腕における屈曲振動の対称性を確保できることに加え、正確な電極分割を可能になる。

【0021】

或る実施例では、前記中央支持部の側面が、検出用振動腕の延出方向に直交する向きの第1の平面部と、検出用振動腕の延出方向に平行な向きの第2の平面部とを有し、検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極が、第1の平面部を厚み方向に横断して中央支持部の表裏主面間を連絡する配線パターンを介して互いに電氣的に接続される。中央支持部の第1の平面部は、その主面と同様に均一な露光が可能であり、正確な形状・寸法に電極及び配線パターンを形成することが可能になる。従って、延長部の平面部と同様に、第1の平面部は電極膜を所望のパターンに除去できるので、検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極を接続する配線パターンと側面の第2検出電極とは、電氣的にショートしないように完全に分割される。

【0022】

別の実施例では、前記中央支持部の側面が、検出用振動腕の延出方向に直交する向きの第1の平面部と、検出用振動腕の延出方向に平行な向きの第2の平面部と、第1及び第2の平面部の間にこれらと斜めに交差するテーパ部とを有し、検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極が、前記テーパ部を厚み方向に横断して中央支持部の表裏主面間を連絡する配線パターンを介して互いに電氣的に接続される。このテーパ部はもとより十分に露光され難いのに対し、第1及び第2の平面部は主面と同様に均一な露光が可能であり、電極膜を確実に除去できる。従って、検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極を接続する配線パターンと側面の第2検出電極とは、電氣的にショートしないように完全に分割される。

【0023】

更に別の実施例では、前記連結腕の先端部において、各駆動用振動腕とそれに隣接する

連結腕及び延長部との結合部側面にそれぞれテーパ部が設けられ、かつ中央支持部において、検出用振動腕及び連結腕との結合部側面にそれぞれテーパ部が設けられている。これにより、圧電振動ジャイロ素子の駆動振動系及び検出振動系全体について、各振動腕の屈曲振動の対称性を確保することができる。

【0024】

本発明の別の側面によれば、中央支持部から両側へ延出する1対の検出用振動腕と、中央支持部から検出用振動腕と直交して両側へ延出する1対の連結腕と、各連結腕の先端部からそれと直交して両側へ延出する各1対の駆動用振動腕と、各連結腕先端部から連結腕の延出方向に沿って更に延出する延長部とを備え、延長部の側面が先端面と、その延出方向に沿って両側に駆動用振動腕の延出方向に直交する向きの平面部とを有する圧電素子片の外形を加工する工程と、圧電素子片の全表面に電極膜を形成しかつその上にフォトレジスト膜を塗布する工程と、圧電素子片の一方の主面側からフォトレジスト膜を露光し、かつ圧電素子片の他方の主面側からフォトレジスト膜を露光する工程と、フォトレジスト膜の露光部分を除去して電極膜を露出させ、露出した電極膜をウェットエッチングにより除去して、電極分割する工程を有し、

それにより、各検出用振動腕の表裏主面に第1検出電極を及び側面に第2検出電極を形成し、かつ各駆動用振動腕の表裏主面に第1駆動電極を及び側面に第2駆動電極を形成すると共に、延長部の平面部から電極膜を除去して、先端部及び延長部に、駆動用振動腕の表裏主面の第1駆動電極を互いに電氣的に接続するために延長部先端面を厚み方向に横断してその表裏主面間を連絡する配線パターンを形成する圧電振動ジャイロ素子の製造方法が提供される。

【0025】

このようにフォトエッチングによる電極分割加工を用いることにより、特定の露光部分に専用の露光用マスクを別個に用意したり別個の露光工程を行う必要がなく、作業を面倒かつ複雑にしたり工数を増加させることなく、上述した本発明の圧電振動ジャイロ素子を簡単に製造することができる。従って、生産性及び歩留まりが向上し、コストを低減させることができる。特に圧電材料として従来多用されている水晶を使用した場合には、水晶ウエハをウェットエッチングすることによって、圧電素子片の外形を正確にかつ簡単に加工することができる。

【0026】

或る実施例では、前記露光工程において、延長部の平面部に対して延長部の延出方向に関して直角方向に、かつ駆動用振動腕の主面に対して垂直方向から或る角度傾けた斜め上方から露光する。このような斜め上方からの露光によって、圧電素子片の表側主面及び側面を同時にかつ一様に露光することができる。特に延長部側面の平面部に対しても、略直角方向から光を照射することができ、必要な部分を正確に露光できるので、高い寸法・形状精度での電極分割が可能になる。従って、駆動用振動腕の表裏主面の第1駆動電極を接続する配線パターンと側面の第2駆動電極とを、電氣的にショートしないように確実にかつ完全に分割することができる。

【0027】

また、或る実施例では、前記圧電素子片の中央支持部の側面が、検出用振動腕の延出方向に直交する向きの第1の平面部と検出用振動腕の延出方向に平行な向きの第2の平面部とを有し、第1及び第2の平面部から電極膜を除去して、検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極を互いに電氣的に接続するために中央支持部の側面を厚み方向に横断して中央支持部の表裏主面間を連絡する配線パターンを形成するように、前記露光工程において、中央支持部の第1の平面部に対して直角方向に、かつ中央支持部の主面に対して垂直方向から前記或る角度傾けた斜め上方から露光する。これにより、中央支持部の側面に対しても必要な部分を正確に露光でき、高い寸法・形状精度での電極分割が可能になる。従って、検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極を接続する配線パターンと側面の第2検出電極とを、電氣的にショートしないように確実にかつ完全に分割することができる。

【0028】

別の実施例では、前記圧電素子片のフォトレジスト膜を、その表裏両側から同時に露光することにより、1回の露光工程で水晶素子片全表面のフォトレジスト膜の露光を完了することができる。

【0029】

本発明の更に別の側面によれば、上述した本発明の圧電振動ジャイロ素子と、該圧電振動ジャイロ素子を駆動・制御する半導体集積回路素子と、これらを収容するパッケージとを備えることにより、各振動腕における屈曲振動の対称性を確保しつつ、特に駆動用振動腕の側面で駆動電極の電氣的ショートが無くした、信頼性の高い圧電振動ジャイロセンサ圧電振動ジャイロセンサが低コストで提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0030】

以下に、本発明の好適な実施態様を添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

図1は、本発明による圧電振動ジャイロ素子21を概略的に示している。圧電振動ジャイロ素子21は、検出振動系として、概ね正方形の中央支持部22の上下各辺中央から上下両側へそれぞれ延出する1対の検出用振動腕23、23を有する。また圧電振動ジャイロ素子21は、駆動振動系として、中央支持部22の左右各辺中央から左右両側へ前記検出用振動腕と直交する向きにそれぞれ延出する1対の連結腕24a、24bと、各連結腕の先端部を基部25a、25bとしてそれと直交する向きに前記検出用振動腕と平行に上下両側へそれぞれ延出する左右各1対の駆動用振動腕26a、26a、26b、26bとを有する。圧電振動ジャイロ素子21は、前記検出用振動腕の中心を通るY方向の軸線、及び前記連結腕の中心を通るX方向の軸線に関して、それぞれ対称に構成されている。

20

【0031】

更に圧電振動ジャイロ素子21は、各連結腕24a、24b先端の基部25a、25bから、それぞれ前記連結腕の延出方向に沿って更に真っ直ぐ延出する延長部27a、27bを有する。延長部27a、27bは、その両側の側面に前記連結腕の延出方向に沿って平行に延在する平面部28a、28a、28b、28bを有する。前記延長部は、各振動腕及び連結腕の屈曲振動に実質的に影響を与えないように、前記連結腕の長さの1/3程度以内の長さで設けることが好ましい。

【0032】

基部25a、25bには、前記各駆動用振動腕とそれに隣接する前記連結腕及び延長部とを結合する各隅部に、それぞれテーパ部29a、29b、30a、30bが設けられている。これらテーパ部は、前記連結腕及び延長部を挟んでそれぞれ対称に形成することが好ましく、更に前記駆動用振動腕を挟んでそれぞれ対称に形成することが好ましい。中央支持部22には、前記検出用振動腕及び連結腕と結合される各隅部に、同様にそれぞれテーパ部31a、31b、32a、32bが設けられている。これらテーパ部も、前記検出用振動腕及び連結腕を挟んでそれぞれ対称に形成することが好ましい。

30

【0033】

検出用振動腕23、23には、図2(A)・(B)及び図3に示すように、その表裏主面及び側面に第1及び第2検出電極33、34がそれぞれ形成されている。第1及び第2検出電極33、34は、それぞれ中央支持部22の表面に形成した電極パッド33a、34aに接続されている。また、表裏主面の第1検出電極33、33は、後述するように中央支持部22の側面を通る配線により、互いに電氣的に接続されている。

40

【0034】

駆動用振動腕26a、26bには、図2(A)・(C)及び図3に示すように、その表裏主面及び側面に第1及び第2駆動電極35、36がそれぞれ形成されている。一方の駆動用振動腕26aの第1駆動電極35は、隣接する連結腕24aの表側主面に形成した配線37aを介して中央支持部22表面の電極パッド38に接続され、更に反対側の連結腕24bの裏側主面及び側面に形成した配線39bを介して、他方の駆動用振動腕26bの第2駆動電極36と接続されている。逆に、前記他方の駆動用振動腕26bの第1駆動電極35は、隣接する連結腕24bの表側主面に形成した配線39aを介して、中央支持部

50

22表面の電極パッド40に接続され、更に反対側の連結腕24aの裏側主面及び側面に形成した配線37bを介して、前記一方の駆動用振動腕26aの第2駆動電極36と接続されている。

【0035】

延長部27a, 27bには、図4にはその一方のみを示すが、両平面部28a, 28a(28b, 28b)と交差する先端面にこれを厚み方向に横断する電極膜41が形成されている。基部25a(25b)には、その表裏主面間を連絡するように電極膜41を含む配線42が形成され、前記駆動用振動腕の表裏主面の第1駆動電極35, 35を互いに電氣的に接続している。他方、第2駆動電極36は、前記各駆動用振動腕の側面からテーパ部29a, 29a(29b, 29b)にまで設けられている。前記延長部の両平面部28a, 28a(28b, 28b)には全く電極膜が設けられていないので、第2駆動電極36と電極膜41即ち配線42とは、前記平面部によって完全に分割され、電氣的にショートする虞が無い。

10

【0036】

概ね正方形をなす中央支持部22は、図5(A)に示すように、その側面に、テーパ部31a, 31b, 32a, 32bを除いて、検出用振動腕23, 23の延出方向と直交する向きの平面部43と、該延出方向に平行な向きの平面部44とを有する。一方の平面部43には、その一部にこれを厚み方向に横断する電極膜45が形成されている。中央支持部22には、その表裏主面間を連絡するために電極膜45を含む配線46が形成され、前記検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極33, 33を互いに電氣的に接続している。他方、第2検出電極34は、前記各検出用振動腕の側面からテーパ部31a, 31bにまで設けられている。電極膜45は、隣接するテーパ部31aから十分に離隔して配置されるので、第2検出電極34と配線46とは、電極膜の無い平面部43の部分によって完全に分割され、電氣的にショートする虞が無い。

20

【0037】

図5(B)は、本実施例の変形例による中央支持部22を示している。この変形例の中央支持部22は、正方形の各角部が斜めに真っ直ぐ切除され、テーパ部47a, 47bが形成されている。一方のテーパ部47aには、これを厚み方向に横断する電極膜48が形成されており、これを含んで表裏主面間を連絡する配線49によって、前記検出用振動腕の表裏主面の第1検出電極33aが互いに電氣的に接続されている。この場合、テーパ部47aに隣接する平面部43, 44には全く電極膜が設けられていないので、第2検出電極34と配線49とは完全に分割され、電氣的にショートする虞が無い。

30

【0038】

各駆動用振動腕26a, 26bは、前記駆動電極に所定の交流電流を印加すると、図1に矢印Aで示すように、その主面を含むXY平面内で屈曲振動する。この状態で圧電振動ジャイロ素子21がXY平面内で即ちZ軸周りに回転すると、各駆動用振動腕の長手方向に沿ってコリオリ力が交互に逆向きに発生する。その作用によって、連結腕24a, 24bは同じくXY平面内で矢印Bで示すように屈曲振動する。これが中央支持部22を介して伝達されて検出用振動腕23, 23を共振させ、同じくXY平面内で矢印Cで示すように屈曲振動させる。前記検出用振動腕の屈曲振動は、その圧電材料の歪みが前記検出電極により検出されて信号を発生させ、これを電子的に処理して得られた検出用振動腕の共振周波数から、Z軸周りの前記平面内での回転及び角速度等が求められる。

40

【0039】

上述した本実施例の圧電振動ジャイロ素子21は、フォトエッチングを用いて水晶ウエハから一体に形成される。しかし、本発明の圧電振動ジャイロ素子は、水晶材料に限定されるものでなく、例えばニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体、ほう酸リチウム、ランガサイト等、従来から知られた様々な圧電材料で形成することができる。本実施例では、水晶のX-Y平面を主面としかつその厚み方向をZ軸にした、一般にZ基板と呼ばれる水晶ウエハを使用する。

【0040】

50

まず、前記水晶ウエハから圧電振動ジャイロ素子21の外形を加工する。この外形加工は、従来公知のフォトエッチングにより、水晶ウエハ全面に形成した耐蝕膜に圧電振動ジャイロ素子21の外形形状を転写し、露出した水晶面をウェットエッチングすることによって行うことができる。外形加工した水晶素子片は、その全表面に電極膜を形成しかつその上にフォトレジスト膜を付着させる。前記電極膜は、例えば水晶表面にクロム及びその上に金をスパッタリング又は蒸着などにより成膜する。

【0041】

次に、前記フォトレジスト膜の上に露光用マスクを配置し、紫外光で露光することにより前記各電極及び配線パターンを転写する。図6及び図7(A)・(B)は、特に駆動用振動腕26a(26b)に第1及び第2駆動電極35、36を、及び延長部27a(27b)に電極膜41及び配線42を分割加工するための露光工程を示している。図示するように、外形加工した水晶素子片50の全表面に電極膜51及びその上にフォトレジスト膜52を形成した後、その一方の主面、本実施例では表側主面の上に露光用マスク53を配置する。

【0042】

露光用マスク53は、従来公知のように透明なガラス薄板で形成され、その表面には、クロムなどの金属膜を蒸着させて遮光部54が設けられている。遮光部54は、前記第1及び第2駆動電極並びに電極膜41及び配線42を含めて、水晶素子片50の主面及び側面に形成しようとする全ての前記電極及び配線に対応するフォトレジスト膜52の領域を完全に覆うように形成される。図6に示すように、延長部27a(27b)の平面部28a, 28a(28b, 28b)は、その略全面が露光用マスク53の上から透視できるように、遮光部54が形成される。しかしながら、テーパ部29a, 29a(29b, 29b)は、電極膜36を除去する必要がないので、遮光部を設けなくて良い。

【0043】

露光用マスク53の上方に延長部27a(27b)を挟んでその両側に光源55, 55を配置し、水晶素子片50の表側主面及び側面に向けて紫外光を所定時間照射する。前記各光源は、紫外光が水晶素子片50主面には垂直方向から所定の角度傾けた斜め上方から照射され、かつ延長部27a(27b)の側面にはその延出方向に対して直角方向を向くように配置される。このように斜め上方から露光することによって、1回の露光工程で、水晶素子片50の表側主面及び側面を同時にかつ一様に露光することができる。特に、延長部27a(27b)の側面に対して略直角方向から光を照射することにより、必要な部分を正確に露光でき、高い寸法・形状精度での電極分割が可能になる。

【0044】

次に、同様にして水晶素子片50を裏側から露光する。このように本実施例では、2回の露光工程で、水晶素子片50の全表面に形成したフォトレジスト膜52の露光を完了することができる。別の実施例では、水晶素子片50の表裏主面にそれぞれ露光用マスクを配置し、かつ表裏両側から同時に露光することができる。この場合には、1回の露光工程で水晶素子片全表面のフォトレジスト膜の露光を完了することができる。

【0045】

次にフォトレジスト膜52を現像し、その露光部分を除去し、未露光部分を残して電極膜51を露出させる。図8(A)及び(B)に示すように、延長部27a(27b)の平面部28a, 28a(28b, 28b)はフォトレジスト膜52が除去されて、電極膜51が露出している。露出した電極膜51を適当なエッチング液で除去し、所望の電極分割加工を行う。最後に、残存する前記フォトレジスト膜を完全に除去すると、本実施例の圧電振動ジャイロ素子21が得られる。図9(A)及び(B)に示すように、延長部27a(27b)は、平面部28a, 28a(28b, 28b)の電極膜が完全に除去され、延長部先端面の電極膜41とテーパ部29a, 29a(29b, 29b)にまで至る第2駆動電極36とが完全に分割されている。

【0046】

中央支持部22における電極分割加工は、図示しないが、図6乃至図9に関連して上述した延長部27a, 27bの場合と同様に、水晶素子片50の表側及び裏側から行う各1回の露光工程でフォトレジスト膜の露光が完了する。光源は、紫外光が水晶素子片50主面には垂直方向から所定の角度傾けた斜め上方から照射され、かつ中央支持部22の側面には平面部43に対して直角方向を向くように配置される。露光用マスクは、電極膜45を形成する部分が完全に遮光されかつ該部分を除く平面部43が透視できるように、遮光部を形成する。これにより、電極膜45形成部分を除く平面部43から電極膜が完全に除去され、配線46と第2駆動電極36とが完全に分割される。

【0047】

10

また、中央支持部22が図5(B)に示す変形例の場合、露光用マスクは、正方形の角部のテーパ部47aを完全に遮光しかつ平面部43, 44を透視できるように、遮光部を形成する。同様に、光源は平面部43に対して直角方向を向くように配置して、水晶素子片50の斜め上方から紫外光を照射する。平面部43, 44は十分に露光されて電極膜を完全に除去できるのに対し、テーパ部47aはもとより十分に露光され難いので、電極膜48は確実に分割される。

【0048】

図10は、本実施例の圧電振動ジャイロ素子21を搭載した圧電振動ジャイロセンサ60を概略的に示している。圧電振動ジャイロセンサ60は、パッケージ61の内部に圧電振動ジャイロ素子21とこれを駆動制御するICチップ62とが実装されている。パッケージ61は、複数のセラミック薄板を積層した矩形箱型構造をなしかつその中に画定される空所の底部にICチップ62を固定したベース63と、その上端にシールリング64を介して気密に接合された金属製の蓋65とを有する。パッケージ61内部は、圧電振動ジャイロ素子21の屈曲振動を妨げないように、真空状態に封止される。

20

【0049】

圧電振動ジャイロ素子21は、ICチップ62の直ぐ上方に水平に配置した回路基板66の上方に金属タブテープ67で水平に固定支持されている。タブテープ67は、一端が回路基板66上に接着固定され、かつ折曲されて斜め上方へ延長している。タブテープ67の他端は、圧電振動ジャイロ素子21の中央支持部22下面と平行に折曲され、かつ上述した中央支持部22下面の駆動信号用、検出信号用及び接地用電極パッド33a, 33a, 34a, 34b, 38, 40と電氣的に接続されている。回路基板66は、パッケージ61の内部配線を介してICチップ62及びパッケージ61外面の外部電極と接続されている。この外部電極を介して接続された外部回路及び電源から一定の駆動電圧を印加することによって、圧電振動ジャイロ素子21は所定の周波数で正確に振動する。

30

【0050】

別の実施例では、圧電振動ジャイロ素子21は、中央支持部22の下面をICチップ62の上面に直接、例えば絶縁性を有するエポキシ系樹脂接着剤で接着することにより固定することができる。このように構成することによって、圧電振動ジャイロセンサの高さを低くすることができる。この場合、中央支持部22の前記電極パッドとICチップ62上面の電極パッドとは、例えば前記電極パッドが中央支持部22上面に配置されるようにしてワイヤボンディングにより、又は中央支持部22下面に配置されるようにしてフェイスダウンボンディングにより、電氣的に接続することができる。

40

【0051】

また、別の実施例では、蓋65をガラス板などの透明材料で形成することができる。これにより、パッケージ61の封止後に例えばレーザ光を外部から蓋65を通して照射することにより、各振動腕の電極を部分的に削除するトリミング加工を行うことができ、より正確な周波数調整が可能となる。

【0052】

以上、本発明の好適な実施例について詳細に説明したが、本発明はその技術的範囲において上記実施例に様々な変形・変更を加えて実施することができる。例えば、圧電振動ジ

50

ャイロ素子 2 1 は、駆動側において電界効率を大幅に向上させて C I 値を低く抑制するため、及び検出側において振動をより高精度かつ確実に検出するために、各検出用振動腕及び駆動用振動腕の上下主面にそれぞれ長手方向の溝を形成し、その内面に主面側の電極を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図 1】本発明による圧電振動ジャイロ素子の実施例を概略的に示す平面図。

【図 2】（A）図は図 1 の圧電振動ジャイロ素子の一方の駆動用振動腕及びその駆動電極、検出用振動腕及びその検出電極、中央支持部及びその配線パターンを示す平面図、（B）図はその IIB-IIB 線における断面図、（C）図は IIC-IIC 線における断面図。

10

【図 3】図 2 の駆動用振動腕の裏面及び駆動電極を示す部分平面図。

【図 4】図 2 の駆動用振動腕及び駆動電極を示す部分斜視図。

【図 5】（A）図は図 1 の圧電振動ジャイロ素子の中央支持部及び配線パターンを示す部分斜視図、（B）図は中央支持部の変形例を示す（A）図と同様の部分斜視図。

【図 6】図 2 の駆動用振動腕に駆動電極を形成するための露光工程を概略的に示す部分斜視図。

【図 7】（A）図は図 6 の VIIA-VIIA 線における断面図、（B）図は VIIB-VII B 線における断面図。

【図 8】（A）図及び（B）図はそれぞれフォトリソスト剥離工程を示す図 7（A）及び（B）と同様の断面図。

20

【図 9】（A）図及び（B）図はそれぞれ電極膜エッチング工程を示す図 8（A）及び（B）と同様の断面図。

【図 10】本発明による圧電振動ジャイロセンサの縦断面図。

【図 11】（A）図は従来の圧電振動ジャイロ素子を概略的に示す平面図、（B）図はその駆動用振動腕の XI B-XI B 線における断面図、（C）図はその検出用振動腕の XIC-XI C 線における拡大図。

【図 12】図 11 の一方の駆動用振動腕及びその駆動電極を示す斜視図。

【図 13】駆動用振動腕の基部にテーパ部付き延長部を形成した場合における駆動電極を示す図 12 と同様の斜視図。

【図 14】（A）図は図 13 の駆動用振動腕に駆動電極を形成するための露光工程を概略的に示す部分平面図、（B）図はその XIV B-XIV B 線における断面図、（C）図は XIV C-XIV C 線における断面図。

30

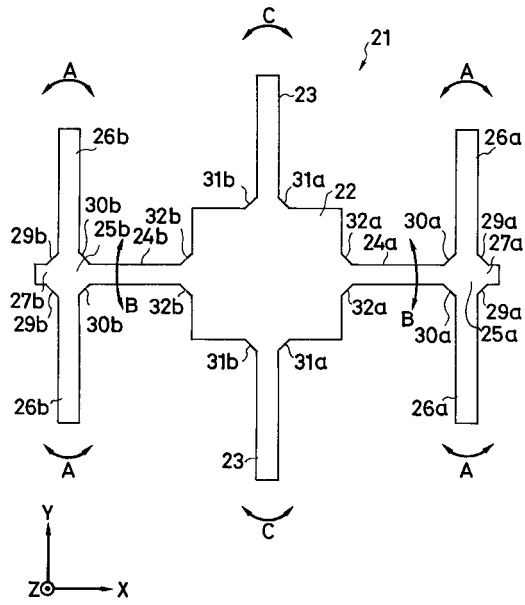
【符号の説明】

【0054】

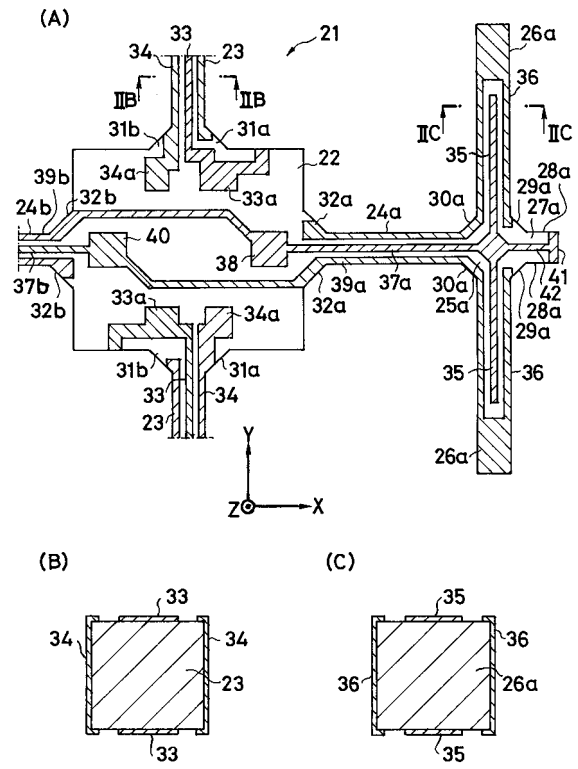
1, 2 1…圧電振動ジャイロ素子、2, 2 2…中央支持部、3, 2 3…検出用振動腕、4 a, 4 b, 2 4 a, 2 4 b…連結腕、5 a, 5 b, 2 5 a, 2 5 b…基部、6 a, 6 b, 2 6 a, 2 6 b…駆動用振動腕、7, 3 3…第 1 検出電極、8, 3 4…第 2 検出電極、9, 3 5…第 1 駆動電極、10, 3 6…第 2 駆動電極、11 a, 11 b, 2 7 a, 2 7 b…延長部、12 a, 12 b, 2 9 a, 2 9 b, 30 a, 30 b, 31 a, 31 b, 32 a, 32 b, 47 a, 47 b…テーパ部、13~15, 41, 43, 45, 51…電極膜、16, 52…フォトリソスト膜、17…圧電素子片、18, 53…露光用マスク、19, 54…遮光部、20, 50…光源、28 a, 28 b, 43, 44…平面部、33 a, 34 a, 38, 40…電極パッド、37 a, 37 b, 39 a, 39 b, 42, 46, 49…配線、50…水晶素子片、60…ジャイロセンサ、61…パッケージ、62…ICチップ、63…ベース、64…シールリング、65…蓋、66…回路基板、67…タブテープ。

40

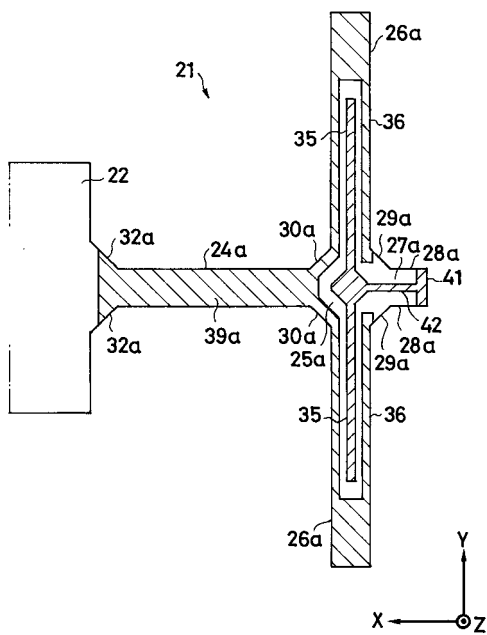
【図 1】



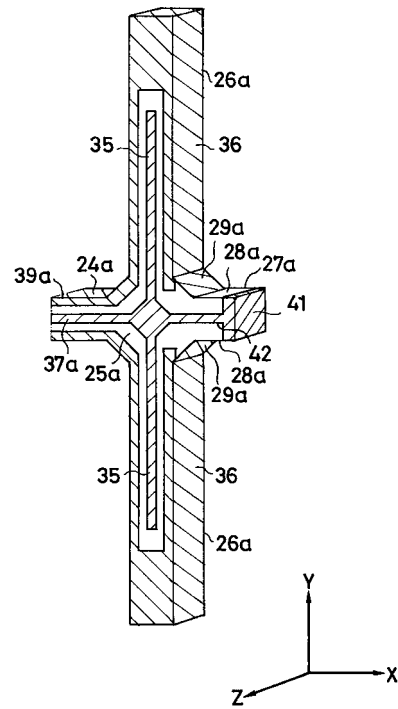
【図 2】



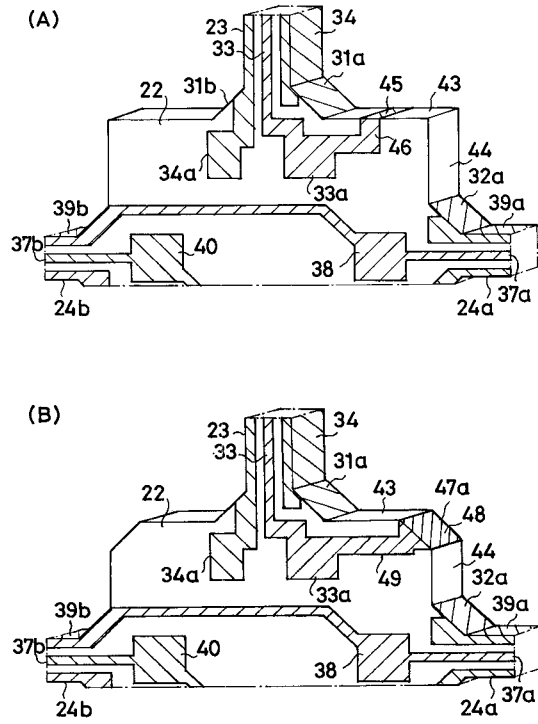
【図 3】



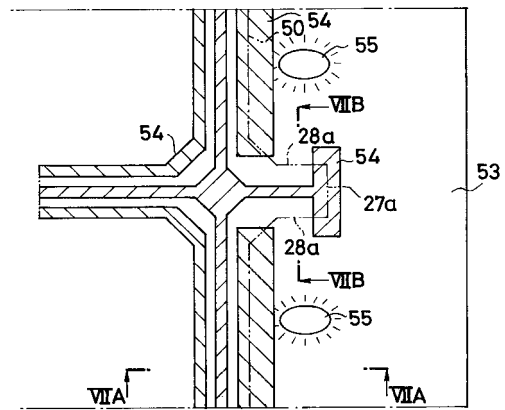
【図 4】



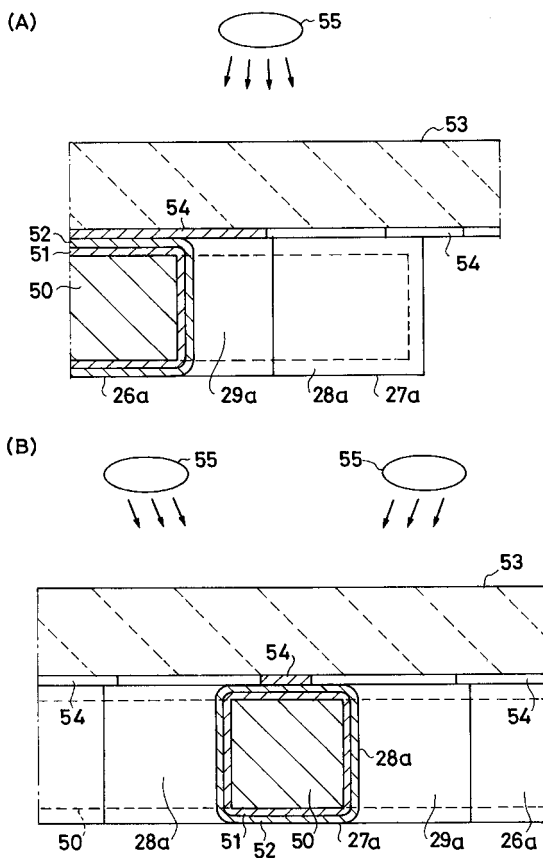
【図 5】



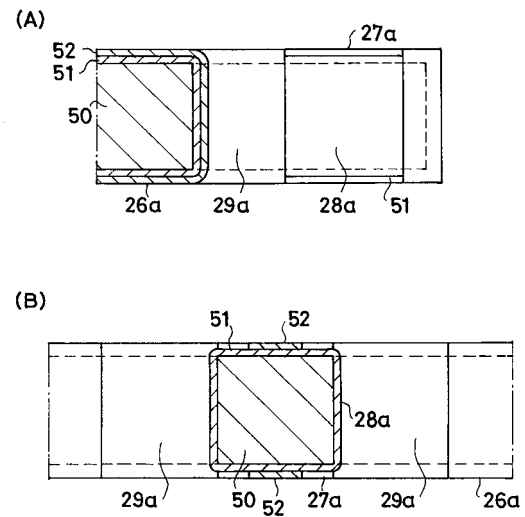
【図 6】



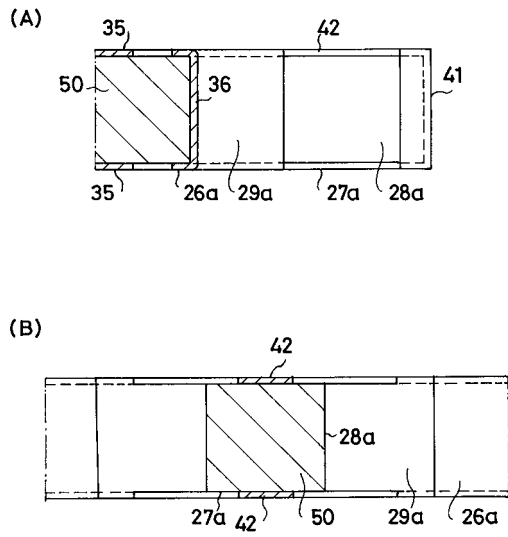
【図 7】



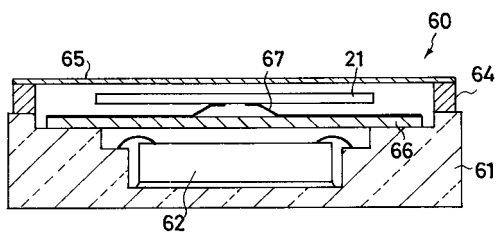
【図 8】



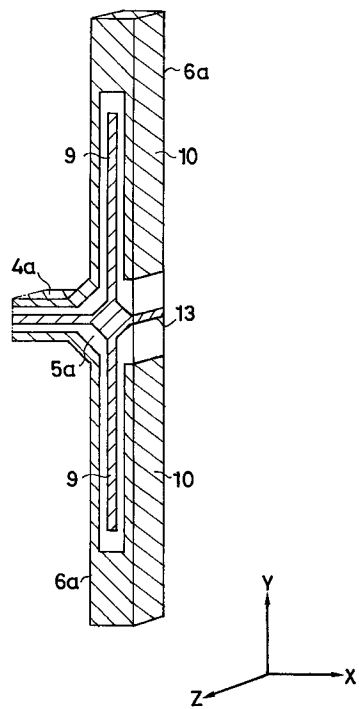
【図 9】



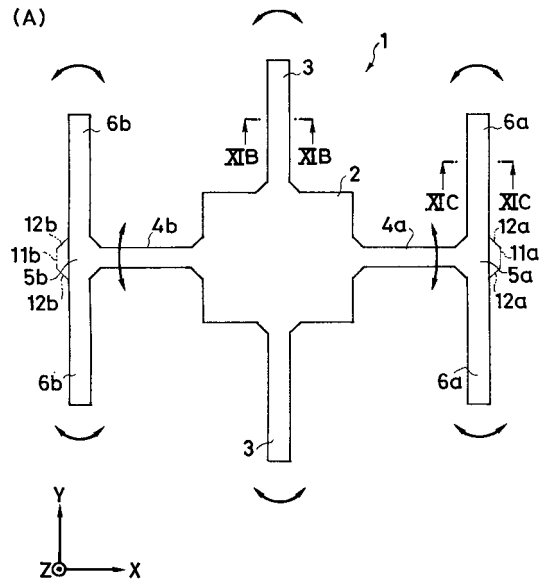
【図 10】



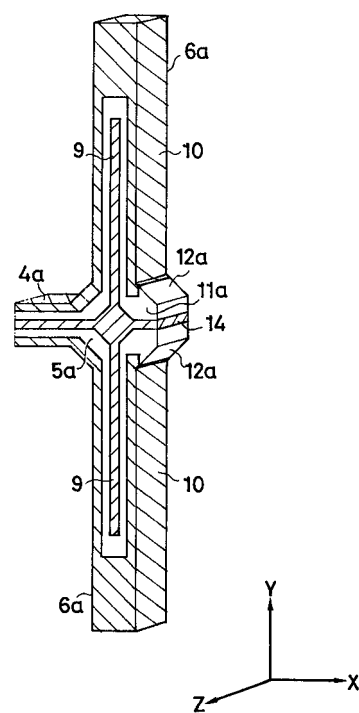
【図 12】



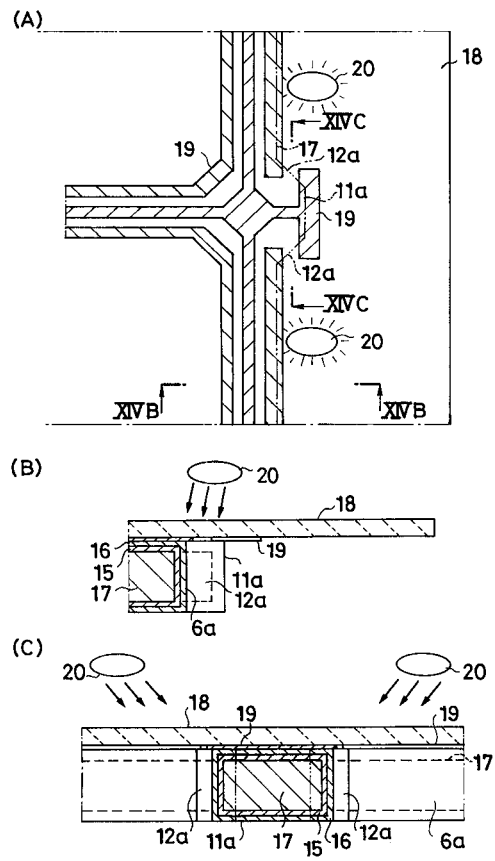
【図 11】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-071353 (JP, A)
特開2001-041749 (JP, A)
特開平11-160074 (JP, A)
特開2002-181550 (JP, A)
特開2001-264066 (JP, A)
特開2004-072609 (JP, A)
特開2003-240558 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C 19/56
G01P 9/04
H01L 41/08
H01L 41/18
H01L 41/22