

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010年8月19日(19.08.2010)



PCT



(10) 国際公開番号
WO 2010/092842 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 19/56 (2006.01) H01L 41/08 (2006.01)
G01P 9/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/050063
- (22) 国際出願日: 2010年1月6日(06.01.2010)
- (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 2009-029188 2009年2月11日(11.02.2009) JP
特願 2009-173977 2009年7月27日(27.07.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友精密工業株式会社(SUMITOMO PRECISION PRODUCTS Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 荒木 隆太(ARAKI, Ryuta) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 池田 隆志(IKEDA, Takashi) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 西田 宏(NISHIDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).

市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 森口 孝文(MORIGUCHI, Takafumi) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 平田 泰之(HIRATA, Yasuyuki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).

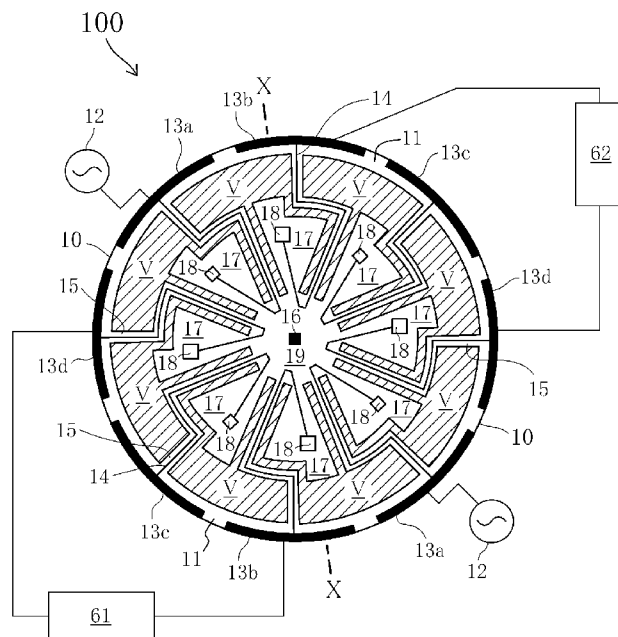
- (74) 代理人: 河野 広明(KOUNO, Hiroaki); 〒5300036 大阪府大阪市北区与力町4-8 末広センタービル7F Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: VIBRATORY GYRO USING PIEZOELECTRIC FILM AND METHOD FOR MANUFACTURING THEREOF

(54) 発明の名称: 圧電体膜を用いた振動ジャイロ及びその製造方法

[図1]



(57) Abstract: A vibratory gyro which is provided with a ring-shaped vibrating body (11), a leg portion (15) flexibly supporting the ring-shaped vibrating body (11), a plurality of electrodes (13a-13d) formed by having a piezoelectric film sandwiched between an upper-layer metallic film and a lower-layer metallic film in the thickness direction, and a fixed potential electrode (16). The plurality of electrodes (13a-13d) include a bank of driving electrodes (13a) for exciting primary vibration, detection electrodes (13b) for detecting secondary vibration, and suppression electrodes (13d) for suppressing the secondary vibration on the basis of a voltage signal from the detection electrodes (13b). The driving electrodes (13a), the detection electrodes (13b) and the suppression electrodes (13d) are arranged in the region from the outer peripheral edge of the ring-shaped vibrating body (11) to the vicinity of the outer peripheral edge and/or the region from the inner peripheral edge thereof to the vicinity of the inner peripheral edge.

(57) 要約: 本発明の1つの振動ジャイロは、リング状振動体11と、リング状振動体11を柔軟に支持するレッグ部15と、上層金属膜及び下層金属膜により圧電体膜を厚み方向に挟む複数の電極13a~13d及び固定電位電極16とを備えている。複数の電極13a~13dは、一次振動を励起する一群の駆動電極13aと、二次振動を検出する検出電極13bと、検

出電極13bからの電圧信号に基づいてその二次振動を抑制する抑制電極13dとを含み、駆動電極13a、検出電極13b、及び抑制電極13dは、リング状振動体11の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及び/又は内周縁から内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称： 圧電体膜を用いた振動ジャイロ及びその製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、圧電体膜を用いた振動ジャイロ及びその振動ジャイロの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、圧電材料を用いた振動ジャイロすなわち振動を利用するジャイロスコープ又は角速度センサが盛んに開発されている。従来から、特許文献 1 に記載されているような振動体自体が圧電材料で構成されるジャイロが開発される。その一方、振動体上に形成される圧電体膜を利用するジャイロも存在する。例えば、特許文献 2 では、圧電材料である P Z T 膜を用いることによって、振動体の一次振動を励起するとともに、その振動体に角速度が与えられた際に、その振動体に発生するコリオリ力によってジャイロの一部に生じる歪みをも検出する技術が開示されている。

[0003] 他方、ジャイロが搭載される各種機器のサイズが日進月歩で小型化されている中で、ジャイロそれ自体の小型化も重要な課題である。ジャイロの小型化を達成するためには、ジャイロを構成する各部材の加工精度を格段に高めることが必要となる。また、単に小型化をするだけでなく、ジャイロとしての性能、換言すれば、角速度の検出精度を更に高めることが産業界の強い要望といえる。しかしながら、特許文献 2 に示されているジャイロの構造は、ここ数年来の小型化及び高性能化の要求を満足するものではない。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開平 8－2 7 1 2 5 8 号公報

特許文献 2：特開 2 0 0 0－9 4 7 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述の通り、圧電体膜を用いた振動ジャイロの小型化と高い加工精度とを達成しつつ、ジャイロとしての高性能化の要求を同時に満足することは非常に難しい。一般的には、ジャイロが小型化されると、振動体に角速度が与えられた場合に、ジャイロの検出電極によって検出される信号が微弱になるという問題がある。従って、小型化された振動ジャイロは本来検出すべき信号と外部からの不意の衝撃（外乱）によって発生する信号との差が小さくなるため、ジャイロとしての検出精度を高めることが難しくなる。

[0006] ところで、外部からの不意の衝撃の中には、様々な種類の衝撃が存在する。例えば、上述の特許文献2に記載されたリング状の振動体では、リングの中心の固定ポストを軸として、リングの存在する面の上下方向にシーソーのような動きを与える衝撃がある。この衝撃により、ロッキングモードと呼ばれる振動が励起される。他方、前述の固定ポストに支持された振動体のリング状部材の全周が同時に、リングの存在する面の上方又は下方に曲げられる衝撃も存在する。この衝撃により、バウンスモードと呼ばれる振動が励起される。これらのような衝撃が振動ジャイロに生じたとしても、正確な角速度を検出する技術を確立することは極めて困難である。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、上述の技術課題を解決することにより、圧電体膜を用いた振動ジャイロすなわち振動を利用するジャイロスコープ又は角速度センサの小型化及び高性能化に大きく貢献するものである。発明者らは、まず、上記の技術課題のうち、外乱に対する影響が比較的小さいと考えられるリング状の振動ジャイロを基本構造として採用した。その上で、発明者らは、一次振動の励起とコリオリ力により形成される二次振動の検出を圧電体膜に担わせることによって、上記各技術課題を解決する構造について鋭意研究を行った。その結果、高い加工精度を達成しうるドライプロセスを圧電体膜を用いた振動ジャイロに適用するためには、振動ジャイロにおける各種電極の特有の配置が必要であることを見出した。加えて、発明者らは、振動ジャイロに対して角速度が与えられたときに発生する二次振動による電気信号の処理を工夫す

ることにより、従来に比べて、応答性を犠牲にすることなく、S/N比が飛躍的に高まることを見出した。本発明はこのような視点で創出された。なお、本出願では、「円環状又は多角形状の振動ジャイロ」を、簡略化して「リング状振動ジャイロ」とも呼ぶ。

[0008] 本発明の1つの振動ジャイロは、一様な平面を備えたリング状振動体と、そのリング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、そのリング状振動体の平面上又は上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれにより形成される複数の電極とを備えている。ここで、前述の複数の電極は、Nを2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードでそのリング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前述の駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前述のリング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前述の駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前述の検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前述の検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含んでいる。さらに、前述の駆動電極、前述の検出電極、及び前述の抑制電極は、前述のリング状振動体の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。

[0009] この振動ジャイロによれば、リング状振動体が備える平面上であって、上記の特有の領域に圧電素子に対して電圧を印加したり圧電素子のひずみによって生じた電圧信号を拾ったりするための電極が形成されているため、一軸の角速度センサとして一次振動の励起と二次振動の検出が可能となる。つまり、この振動ジャイロでは、リング状振動体の側面に圧電素子を形成せずに、リング状振動体上の圧電素子が配置される平面と同一平面内で一次振動が励起され、かつリング状振動体の動きを制御する構造を有しているため、ドライプロセス技術を用いて高精度に電極及びリング状振動体の加工を行うこ

とが可能となる。また、この振動ジャイロでは、上記の特有な領域に圧電素子を配置することにより、 N を2以上の自然数とした場合の $\cos N\theta$ の振動モードに適用しうる自由度を備えている。すなわち、上記の特有の領域に圧電素子を配置することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮される。さらに、この振動ジャイロは、二次振動を検出する検出電極からの電圧信号に基づいてその二次振動を抑制する抑制電極を備えているため、外部からのノイズに対する出力信号の強度の比率、すなわち、 S/N 比が飛躍的に高まる。なお、 $\cos N\theta$ の振動モードの複数の例は、例えば、特表2005-529306号公報、又は、本願出願人による特許出願である特願2007-209014に記載されている。また、本出願において、「柔軟な」とは「振動体が振動可能な程度に」という意味である。また、本出願では、電極の配置を記述するために、基準となる電極から「離れた角度」との表現が用いられる。ここでの角度は、基準となる電極の方位角を0度としたときの各電極の方位角の値である。各電極の方位角は、リング状振動体の円周又は円環の中央部にとった任意の点（例えば、リング状振動体が円形のときは、例えばその円の中心である。以下、この中心を「基準点」という。）からその電極に向かう直線の方位角とすることができる。この直線は、各電極を通過するような任意の直線とすることができ、代表的には、各電極の図形的な中心、重心、又は、いずれかの頂点と上記の基準点とを通過する直線とすることができる。例えば、基準駆動電極から 30° 離れた角度に配置された電極とは、その電極の中心と、基準駆動電極の中心とが、上記の基準となる電極の方位角に対して 30° の角をなすような配置にある電極をいう。なお、特に断りのない限り、角度の表記は時計回りの向きを角度が増加する方向にとって説明するが、角度が増加する方向を反時計回りに定めても、規定された角度の条件を満たす限り、その角度の表記は本発明の範囲内である。

[0010] 本発明のもう1つの振動ジャイロは、一様な平面を備えたリング状振動体と、そのリング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、そのリング状振動体

の平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備えている。ここで、前述の複数の電極は、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードでそのリング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前記各々の駆動電極から $\{(180/N) - (45/N)\}^\circ$ 超 $\{(180/N) + (45/N)\}^\circ$ 未満に離れた角度の領域内に配置された一群のモニター電極と、前述の駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前述のリング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前述の駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前述の検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前述の検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含んでいる。さらに、前述の各々の駆動電極、前述の各々のモニター電極、前述の検出電極、及び前述の抑制電極は、前述のリング状振動体の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。

[0011] この振動ジャイロによれば、リング状振動体が備える平面上であって上記の特有の領域に、圧電素子に対して電圧を印加したり圧電素子のひずみによって生じた電圧信号を拾ったりするための電極が形成されているため、一軸の角速度センサとして一次振動の励起と二次振動の検出が可能となる。つまり、この振動ジャイロでは、リング状振動体の側面に圧電素子を形成せずに、リング状振動体上の圧電素子が配置される平面と同一平面内で一次振動が励起され、かつリング状振動体の動きを制御する構造を有しているため、ドライプロセス技術を用いて高精度に電極及びリング状振動体の加工を行うことが可能となる。また、この振動ジャイロでは、上記の特有な領域に圧電素子を配置することにより、 N を2以上の自然数とした場合の $\cos N\theta$ の振動モードに適用しうる自由度を備えている。すなわち、上記の特有の領域に

圧電素子を配置することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮される。さらに、この振動ジャイロは、二次振動を検出する検出電極からの電圧信号に基づいてその二次振動を抑制する抑制電極を備えているため、S/N比が飛躍的に高まる。

[0012] 本発明のもう1つの振動ジャイロは、一様な平面を備えたリング状振動体と、そのリング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、そのリング状振動体の平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備えている。ここで、前述の複数の電極は、Nを2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードでそのリング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前述の各々の駆動電極によって生じる一次振動の振動軸に対して $(90/N)^\circ$ 傾いた、前述のリング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動の振動軸に沿ういずれかの角度に配置された、その二次振動を検出する検出電極及びその検出電極からの電圧信号に基づいてその二次振動を抑制する抑制電極とを含んでいる。さらに、前述の各々の駆動電極、前述の検出電極、及び前述の抑制電極は、前述のリング状振動体の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。なお、本出願において、振動軸とは、記述している振動の振幅が最も大きくなるような方位をいい、リング状振動体上の方向によって示す。

[0013] この振動ジャイロによれば、リング状振動体が備える平面上であって上記の特有の領域に、圧電素子に対して電圧を印加したり圧電素子のひずみによって生じた電圧信号を拾ったりするための電極が形成されているため、一軸の角速度センサとして一次振動の励起と二次振動の検出が可能となる。つまり、この振動ジャイロでは、リング状振動体の側面に圧電素子を形成せずに、リング状振動体上の圧電素子が配置される平面と同一平面内で一次振動が励起され、かつリング状振動体の動きを制御する構造を有しているため、ド

ライプロセス技術を用いて高精度に電極及びリング状振動体の加工を行うことが可能となる。また、この振動ジャイロでは、上記の特有な領域に圧電素子を配置することにより、 N を2以上の自然数とした場合の $\cos N\theta$ の振動モードに適用しうる自由度を備えている。すなわち、上記の特有の領域に圧電素子を配置することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮される。さらに、この振動ジャイロは、二次振動を検出する検出電極からの電圧信号に基づいてその二次振動を抑制する抑制電極を備えているため、 S/N 比が飛躍的に高まる。

- [0014] また、本発明の1つの振動ジャイロの製造方法は、シリコン基板上に、一様に絶縁膜を形成する工程と、その絶縁膜上に、一様に下層金属膜を形成する工程と、その下層金属膜上に、一様に圧電体膜を形成する工程と、その圧電体膜上に、一様に上層金属膜を形成する工程と、その上層金属膜上に第1レジスト膜をパターニングする工程と、その上層金属膜をドライエッチングして前述の圧電体膜を露出させる工程と、その上層金属膜及びその圧電体膜上に第2レジスト膜をパターニングする工程と有している。さらに、本発明の1つの振動ジャイロの製造方法は、そのパターニングの後、前述の第2レジスト膜、前述の上層金属膜、又は前述の圧電体膜をエッチングマスクとして、その下層金属膜、その絶縁膜、及びそのシリコン基板をドライエッチングすることにより、リング状振動体及びそのリング状振動体を柔軟に支持するとともに固定端を有するレッグ部、並びに、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードでそのリング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前述の各々の駆動電極から時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつそのリング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前述の各々の駆動電極から時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前述の検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とが形成される工程を

有している。

[0015] この振動ジャイロの製造方法によれば、ドライプロセス技術による高精度の加工が可能となるため、リング状振動体が備える平面上の特有の領域に圧電素子を形成することが可能となる。その結果、圧電素子をリング状振動体の側面に配置することなく、その平面上の圧電素子のみが一軸の角速度センサとしての一次振動の励起と二次振動の検出の役割を担うことができる、 S/N 比が飛躍的に高められた振動ジャイロが製造される。

[0016] また、リング状振動体をシリコン基板から形成するため、レジスト膜との選択比も十分に高い公知のシリコントレンチエッチング技術が適用できる。なお、仮にそのレジスト膜が消失しても、その下層にある上層金属膜又は圧電体膜がシリコンのエッチングの際のマスクとしての役割を果たす十分な選択比を備えている。

[0017] また、本発明のもう1つの振動ジャイロの製造方法は、シリコン基板上に、一様に絶縁膜を形成する工程と、その絶縁膜上に、一様に下層金属膜を形成する工程と、その下層金属膜上に、一様に圧電体膜を形成する工程と、その圧電体膜上に、一様に上層金属膜を形成する工程と、その上層金属膜上に第1レジスト膜をパターニングする工程と、その第1レジスト膜をエッチングマスクとして、前述の上層金属膜及び前述の圧電体膜をドライエッチングして前述の下層金属膜を露出させる工程と、その上層金属膜及びその下層金属膜上に第2レジスト膜をパターニングする工程とを有している。さらに、本発明のもう1つの振動ジャイロの製造方法は、そのパターニングの後、前述の第2レジスト膜、前述の上層金属膜、又は前述の下層金属膜をエッチングマスクとして、その絶縁膜、及びそのシリコン基板をドライエッチングすることにより、リング状振動体及び前記リング状振動体を柔軟に支持するとともに固定端を有するレッグ部、並びに、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前述のリング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前述の各々の駆動電極から時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N$

)°。離れた角度に配置され、かつ前述のリング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前述の各々の駆動電極から時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前述の検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とが形成される工程を有している。

[0018] この振動ジャイロの製造方法によっても、ドライプロセス技術による高精度の加工が可能となるため、リング状振動体が備える平面上の特有の領域に圧電素子を形成することが可能となる。その結果、圧電素子をリング状振動体の側面に配置することなく、その平面上の圧電素子のみが一軸の角速度センサとしての一次振動の励起と二次振動の検出の役割を担うことができる、 S/N 比が飛躍的に高められた振動ジャイロが製造される。

発明の効果

[0019] 本発明の1つの振動ジャイロによれば、リング状振動体の側面に圧電素子を形成せずに、リング状振動体上の圧電素子が配置される平面と同一平面内で一次振動が励起され、かつリング状振動体の動きも制御され得る。また、リング状振動体が備える平面に対するドライプロセス技術を用いて高精度に電極及びリング状振動体の加工を行うことが可能となる。また、この振動ジャイロは、特有な領域に圧電素子を配置することにより、 N を2以上の自然数とした場合の $\cos N\theta$ の振動モードに適用しうる自由度を備えている。すなわち、上記の特有の領域に圧電素子を配置することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮される。

[0020] 一方、本発明の1つの振動ジャイロの製造方法によれば、ドライプロセス技術による高精度の加工が可能となるため、リング状振動体が備える平面上の特有の領域に圧電素子を形成することが可能となる。その結果、圧電素子をリング状振動体の側面に配置することなく、その平面上の圧電素子のみが一軸の角速度センサとしての一次振動の励起と二次振動の検出の役割を担うことができる、 S/N 比が飛躍的に高められた振動ジャイロが製造される。

図面の簡単な説明

[0021] [図1] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図2A] 図 1 に示す構造体の斜視図である。

[図2B] 図 2 A の一部 (W部) の拡大図である。

[図3] 図 1 の X-X 断面図である。

[図4A] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの一部の製造工程の過程を示す断面図である。

[図4B] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの一部の製造工程の過程を示す断面図である。

[図4C] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの一部の製造工程の過程を示す断面図である。

[図4D] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの一部の製造工程の過程を示す断面図である。

[図4E] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの一部の製造工程の過程を示す断面図である。

[図4F] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの一部の製造工程の過程を示す断面図である。

[図5] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図6] 図 5 の Y-Y 断面図である。

[図7] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図8] 図 7 の Z-Z 断面図である。

[図9] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図10] 本発明の 1 つの実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図11] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図12] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図13] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図14A] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図14B] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図15] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図16] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図17] 第1検出電極と第2検出電極の電気的信号の正負を概念的に説明する図である。

[図18] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図19] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図20A] 本発明の他の実施形態におけるリング状振動ジャイロの中心的役割を果たす構造体の正面図である。

[図20B] 図20AのT-T断面図である。

[図21A] 本発明の他の実施形態における $\cos 3\theta$ の振動モードの一次振動を概念的に説明する図である。

[図21B] 本発明の他の実施形態における $\cos 3\theta$ の振動モードの二次振動を概念的に説明する図である。

[図22] 本発明の他の実施形態における振動体形状を説明する図である。

符号の説明

[0022]	1 0	シリコン基板
	1 1, 1 1 a, 1 1 b	リング状振動体
	1 2	交流電源
	1 3 a	駆動電極
	1 3 b	検出電極又は第 1 検出電極
	1 3 c, 4 1 3 c, 5 1 3 c, 6 1 3 c, 7 1 3 c, 7 5 3 c	モニタ電極
	1 3 d	抑制電極
	1 3 e	第 2 検出電極
	1 4	引き出し電極
	1 5	レッグ部
	1 6	固定電位電極（グラウンド電極）
	1 7	電極パッド用固定端部
	1 8	電極パッド
	1 9	支柱
	2 0	シリコン酸化膜
	3 0	下層金属膜
	4 0	圧電体膜
	5 0	上層金属膜
	6 1, 6 2	フィードバック制御回路
	6 3	演算回路
	1 0 0, 1 1 0, 1 2 0, 2 0 0, 3 0 0, 4 0 0, 5 0 0, 6 0 0, 7 0 0, 7 5 0, 8 0 0, 8 2 0, 8 3 0, 8 4 0, 9 0 0, 9 5 0	リング状振動ジャイロ

発明を実施するための形態

[0023] つぎに、本発明の実施形態を、添付する図面に基づいて詳細に述べる。尚、この説明に際し、全図にわたり、特に言及がない限り、共通する部分には共通する参照符号が付されている。また、図中、本実施形態の要素は必ずし

もスケール通りに示されていない。また、各図面を見やすくするために、一部の符号又は構成が省略され得る。

[0024] <第1の実施形態>

図1は、本実施形態におけるリング状振動ジャイロ100の中心的役割を果たす構造体の正面図である。図2Aは、図1に示す構造体の斜視図であり、図2Bは、図2Aの一部(W部)の拡大図である。また、図3は、図1のX-X断面図である。

[0025] 図1乃至図3に示すとおり、本実施形態のリング状振動ジャイロ100は、大きく3つの領域に分類される。第1の領域は、シリコン基板10から形成されるリング状振動体11の上部の平面（以下、上面という）上に、シリコン酸化膜20を備え、さらにその上に、圧電体膜40が下層金属膜30及び上層金属膜50に挟まれることにより形成される複数の電極13a～13dを備えた領域である。本実施形態では、複数の電極13a～13dを構成する上層金属膜50の外側端部は、約40μm幅のリング状平面を有するリング状振動体11の外周縁から約1μm内側に形成され、その幅は約18μmである。また、その上層金属膜50は、リング状振動体11の上面であるリング状平面の幅の両端間の中央を結ぶ線（以下、単に中央線という）よりも外側に形成されている。

[0026] ところで、本実施形態では、 $\cos 2\theta$ の振動モードでリング状振動ジャイロ100の一次振動が励起される。従って、前述の複数の電極13a～13dの内訳は、以下の（a）乃至（d）のとおりである。

（a）互いに円周方向に180°離れた角度に配置された2つの駆動電極13a, 13a

（b）駆動電極13a, 13aから円周方向であって90°離れた角度に配置された2つのモニター電極13c, 13c

（c）リング状振動ジャイロ100に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する、検出電極13b, 13b

（d）前述の検出電極からの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する抑

制電極 13d, 13d

[0027] 本実施形態では、検出電極 13b, 13bは、駆動電極 13a, 13aから円周方向であって時計回りに45°離れた角度に配置される。また、抑制電極 13d, 13dは、検出電極から円周方向であって90°離れた角度、換言すれば、駆動電極 13a, 13aから円周方向であって反時計回りに45°離れた角度に配置される。更に、別の言葉で表現すれば、検出電極 13b, 13b及び抑制電極 13d, 13dは、駆動電極 13a, 13aによって生じる一次振動の振動軸に対して45°傾いた、リング状振動体 11に角速度が与えられたときに発生する二次振動の振動軸上に配置されている。

[0028] また、本実施形態では、下層金属膜 30及び上層金属膜 50の厚みは100nmであり、圧電体膜 40の厚みは、3μmである。また、シリコン基板 10の厚みは100μmである。なお、図1においてVで示される斜線領域又は図2BにおいてVで示される領域は、リング状振動ジャイロ 100を構成する構造体が何も存在しない空間又は空隙部分であり、図面を分かりやすくするために便宜上設けられた領域である。

[0029] 第2の領域は、リング状振動体 11の一部と連結しているレッグ部 15, . . . , 15である。このレッグ部 15, . . . , 15もシリコン基板 10から形成されている。また、レッグ部 15, . . . , 15上には、リング状振動体 11上のそれらと連続する上述のシリコン酸化膜 20、下層金属膜 30、及び圧電体膜 40がレッグ部 15, . . . , 15の上面全体に形成されている。さらに、圧電体膜 40の上面の中央線上には、幅約8μmの引き出し電極 14, . . . , 14である上層金属膜 50が形成されている。

[0030] 第3の領域は、上述のレッグ部 15, . . . , 15に連結しているシリコン基板 10から形成される支柱 19及び電極パッド 18, . . . , 18を備えた電極パッド用固定端部 17, . . . , 17である。本実施形態では、支柱 19が、図示しないリング状振動ジャイロ 100のパッケージ部に連結し、固定端としての役割を果たしている。また、本実施形態のリング状振動ジャイロ 100は、支柱 19以外の固定端として、電極パッド用固定端部 17

、・・・、１７を備えている。この電極パッド用固定端部１７、・・・、１７は、支柱１９及び上述のパッケージ部のみに連結しているため、実質的にリング状振動体１１の動きを阻害しない。また、図３に示すように、支柱１９及び電極パッド用固定端部１７、・・・、１７の上面には、グラウンド電極である固定電位電極１６を除き、レッグ部１５、・・・、１５上のそれらと連続する上述のシリコン酸化膜２０、下層金属膜３０、及び圧電体膜４０が形成されている。ここで、シリコン酸化膜２０上に形成された下層金属膜３０が固定電位電極１６の役割を担っている。また、支柱１９及び電極パッド用固定端部１７、・・・、１７上に形成されている圧電体膜２０の上面には、レッグ部１５、・・・、１５上のそれと連続する前述の引き出し電極１４、・・・、１４及び電極パッド１８、・・・、１８が形成されている。

[0031] 次に、本実施形態のリング状振動ジャイロ１００の製造方法について、図４Ａ乃至図４Ｆに基づいて説明する。なお、図４Ａ乃至図４Ｆは、図３における一部の範囲に対応する断面図である。

[0032] まず、図４Ａに示すように、シリコン基板１０上に、シリコン酸化膜２０、下層金属膜３０、圧電体膜４０、及び上層金属膜５０が積層されている。前述の各膜は公知の成膜手段によって形成されている。本実施形態では、シリコン酸化膜２０は公知の手段による熱酸化膜である。また、下層金属膜３０、圧電体膜４０、及び上層金属膜５０は、いずれも公知のスパッタリング法により形成されている。なお、これらの膜の形成は、前述の例に限定されず、他の公知の手段によっても形成され得る。

[0033] 次に、上層金属膜５０の一部がエッチングされる。本実施形態では、上層金属膜５０上に公知のレジスト膜を形成した後、フォトリソグラフィ技術により形成されたパターンに基づいてドライエッチングを行うことにより、図４Ｂに示される上層金属膜５０が形成される。ここで、上層金属膜５０のドライエッチングは、アルゴン（Ａｒ）又はアルゴン（Ａｒ）と酸素（Ｏ₂）の混合ガスを用いた公知のリアクティブイオンエッチング（ＲＩＥ）条件によって行われた。

[0034] その後、図 4 C に示すように、圧電体膜 40 の一部がエッチングされる。

まず、上述の同様、フォトリソグラフィ技術によりパターニングがされたレジスト膜に基づいて、圧電体膜 40 がドライエッチングされる。なお、本実施形態の圧電体膜 40 のドライエッチングは、アルゴン (Ar) と C_2F_6 ガスの混合ガス、又はアルゴン (Ar) と C_2F_6 ガスと CHF_3 ガスの混合ガスを用いた公知のリアクティブイオンエッチング (RIE) 条件によって行われた。

[0035] 続いて、図 4 D に示すように、下層金属膜 30 の一部がエッチングされる。本実施形態では、下層金属膜 30 を利用した固定電位電極 16 が形成されるように、再度、フォトリソグラフィ技術によってパターニングされたレジスト膜を用いてドライエッチングされる。本実施形態では、固定電位電極 16 は、グラウンド電極として利用される。なお、本実施形態の下層金属膜 30 のドライエッチングは、アルゴン (Ar) 又はアルゴン (Ar) と酸素 (O_2) の混合ガスを用いた公知のリアクティブイオンエッチング (RIE) 条件によって行われた。

[0036] ところで、本実施形態では、前述の再び形成されたレジスト膜をエッチングマスクとして、その後のシリコン酸化膜 20 及びシリコン基板 10 を連続的にエッチングするため、このレジスト膜の厚みは、約 $4\ \mu m$ になるように形成されている。但し、万一、このレジスト膜がシリコン基板 10 のエッチング中に消失した場合であっても、シリコン基板 10 に用いられるエッチャントに対するエッチングレートの選択比が有利に働くため、前述のエッチングによって下層金属膜 30 の性能は実質的に影響を受けない。

[0037] 次に、図 4 E 及び図 4 F に示すように、上述の通り、下層金属膜 30 をエッチングするためのレジスト膜を利用して、シリコン酸化膜 20 及びシリコン基板 10 をドライエッチングする。本実施形態のシリコン酸化膜 20 のドライエッチングは、アルゴン (Ar) 又はアルゴン (Ar) と酸素 (O_2) の混合ガスを用いた公知のリアクティブイオンエッチング (RIE) 条件によって行われた。また、本実施形態のシリコン基板 10 のドライエッチングの

条件は、公知のシリコントレンチエッチング技術が適用される。ここで、シリコン基板 10 は貫通エッチングされる。従って、前述のドライエッチングは、貫通時にシリコン基板 10 を載置するステージをプラズマに曝さないようにするための保護基板をシリコン基板 10 の下層に伝熱性の優れたグリース等により貼り付けた状態で行われる。そのため、例えば、貫通後にシリコン基板 10 の厚さ方向に垂直な方向の面、換言すればエッチング側面が侵食されることを防ぐために、特開 2002-158214 号公報に記載されているドライエッチング技術が採用されることは好ましい一態様である。

[0038] 上述の通り、シリコン基板 10 及びシリコン基板 10 上に積層された各膜のエッチングによって、リング状振動ジャイロ 100 の中心的な構造部が形成されたのち、公知の手段によるパッケージへの收容工程、及び配線工程を経ることにより、リング状振動ジャイロ 100 が形成される。

[0039] 次に、リング状振動ジャイロ 100 が備える各電極の作用について説明する。上述の通り、本実施形態は $\cos 2\theta$ の振動モードの一次振動が励起される。なお、固定電位電極 16 が接地されるため、固定電位電極 16 と連続して形成されている下層電極膜 30 は一律に 0V になっている。

[0040] 最初に、図 1 に示すように、2つの駆動電極 13a, 13a に 1V_P-0 の交流電圧が印加される。その結果、圧電体膜 40 が伸縮して一次振動が励起される。ここで、本実施形態では上層金属膜 50 がリング状振動体 11 の上面における中央線よりも外側に形成されているため、リング状振動体 11 の側面に形成されることなく圧電体膜 40 の伸縮運動をリング状振動体 11 の一次振動に変換することが可能となる。

[0041] 次に、図 1 に示すモニター電極 13c, 13c が、上述の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。このフィードバック制御回路は、駆動電極 13a, 13a に印加される交流電圧の周波数とリング状振動体 11 が持つ固有周波数が一致するように制御するとともに、リング状振動体 11 の振幅がある一定の値となるようにモニター電極 13c, 13c の信号を用いて制御している。その

結果、リング状振動体 11 は、一定の振動が持続される。

[0042] 上述の一次振動が励起された後、図 1 に示すリング状振動ジャイロ 100 の配置された平面に垂直な軸（紙面に垂直な方向の軸、以下、単に「垂直軸」ともいう）の回りで角速度が加わると、 $\cos 2\theta$ の振動モードである本実施形態では、コリオリ力により一次振動の振動軸に対して両側に 45° 傾いた新たな振動軸を有する二次振動が生じる。

[0043] この二次振動が 2 つの検出電極 13b, 13b によって検出される。ここで、本実施形態のリング状振動ジャイロ 100 は、これらの検出電極 13b, 13b によって検出された二次振動に関する電圧信号を打ち消すために、換言すればそれらの電圧信号の値をゼロにするために、抑制電極 13d, 13d に対して特定の電圧を与えるように指示又は制御するフィードバック制御回路 61, 62 を備えている。なお、この特定の電圧が、振動ジャイロとしての結果出力として用いられる。

[0044] 前述のとおり、検出電極 13b, 13b からの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する抑制電極 13d, 13d を備えることにより、リング状振動ジャイロ 100 は、そのリング状振動体 11 の二次振動を殆ど振動させることなく、振動ジャイロとしての性能を発揮することができる。なお、本実施形態のリング状振動ジャイロ 100 は、抑制電極 13d, 13d 及びフィードバック制御回路 61, 62 が設けられていない振動ジャイロと比べて、非常にノイズ性能に優れている。具体的には、本実施形態のリング状振動ジャイロ 100 は、本願出願人が以前に提案した PCT/JP2008/071372 に記載された振動ジャイロの一例（第 1 の実施形態の振動ジャイロ）と比較して、特に、低周波領域のノイズの大きさが半分以下となる。従って、応答性を犠牲にすることなく、S/N 比が飛躍的に高められる。なお、上述のフィードバック制御回路 61, 62 は、公知のフィードバック制御回路が適用できる。

[0045] 他方、本実施形態においてロッキングモードを励起する振動を伴う外乱が発生した場合、例えば図 1 に示すとおり、検出電極 13b, 13b は、それぞ

れ円周方向に 180° 離れた場所に配置されているため、各々の検出電極 13b, 13b に連結するレッグ部上の圧電体膜 40 の伸縮は、仮に発生したとしても逆になる。その結果、各検出電極 13b の電気信号の正負が逆になる。従って、それらの電気信号は互いに相殺し合うことになる。このため、実質的に、ロッキングモードの振動によるリング状振動ジャイロ 100 の動作への悪影響はなくなる。

[0046] 上述の通り、本実施形態のリング状振動ジャイロ 100 は、2 つの検出電極 13b, 13b 及び 2 つの抑制電極 13d, 13d を備えることにより、二次振動の検出能力が高められるとともに、ロッキングモードの振動を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性も高められる。

[0047] <第 2 の実施形態>

図 5 は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ 200 の中心的役割を果たす構造体の正面図である。また、図 6 は、図 5 の Y-Y 断面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ 200 は、第 1 の実施形態における圧電体膜 40 及び上層金属膜 50 を除き、第 1 の実施形態のリング状振動ジャイロ 100 と同一の構成を備える。また、その製造方法は一部を除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 5 では、図面を見易くするため、便宜的に図 1 におけるフィードバック制御回路 61, 62 が省略されている。

[0048] 図 5 及び図 6 に示すとおり、本実施形態のリング状振動ジャイロ 200 は、第 1 の実施形態の抑制電極 13d, 13d の代わりに、抑制電極 213d, 213d を備える。本実施形態の抑制電極 213d, 213d の上層金属膜 50 の外側端部は、リング状振動体 11 の内周縁から約 $1\mu\text{m}$ 内側に形成され、その幅は約 $18\mu\text{m}$ である。また、それらの上層金属膜 50 は、リング状振動体 11 のリング状平面の中央線よりも内側に形成されている。

[0049] 本実施形態では、図 6 に示すように、実質的に上層金属膜 50 が形成され

ている領域に合わせて圧電体膜 40 がエッチングされている。このため、下層金属膜 30 が形成されている領域に影響されずに、上層金属膜 50 に印加された交流電圧が鉛直下向きのみに印加されるため、圧電体膜 40 の望ましくない伸縮や電気信号の発信を防止することができる。なお、本実施形態では、上層金属膜 50 のドライエッチング工程の後、上層金属膜 50 上の残留レジスト膜又は上記金属膜 50 それ自体をエッチングマスクとして、引き続いて第 1 の実施形態と同条件によるドライエッチングを行うことにより、前述の圧電体膜 40 が形成される。また、図 6 に示すように、本実施形態では圧電体膜 40 が傾斜状（例えば、傾斜角が 75° ）にエッチングされている。しかしながら、図 6 のような急峻な傾斜を有する圧電体膜 40 は、図 5 に示すリング状振動ジャイロ 200 の正面視においては、他の領域と比較して実質的に視認されないものとして本出願では取り扱われる。

[0050] ここで、第 1 の実施形態と同様の一次振動が励起されたリング状振動ジャイロ 200 に対し、リング状振動ジャイロ 200 の垂直軸（紙面に垂直な方向）の回りの角速度が加わると、その二次振動が 2 つの検出電極 13 b, 13 b によって検出される。ここで、本実施形態のリング状振動ジャイロ 200 も、抑制電極 213 d, 213 d に対して、前述の検出電極 13 b, 13 b によって検出された二次振動に関する電圧信号を低減又は打ち消すための特定の電圧を与えるように指示又は制御するフィードバック制御回路（図示されていない）を備えている。なお、この特定の電圧が、振動ジャイロとしての結果出力として用いられる。

[0051] 従って、検出電極 13 b, 13 b からの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する抑制電極 213 d, 213 d を備えることにより、リング状振動ジャイロ 200 は、そのリング状振動体 11 の二次振動を殆ど振動させることなく、非常に応答性と検出能力に優れた振動ジャイロとしての性能を発揮することができる。

[0052] ところで、本実施形態では、レッグ部 15, . . . , 15 上に、引き出し電極 14 としての上層金属膜 50、圧電体膜 40、及び下層金属膜 30 が形

成されている。ここで、ロッキングモードを励起する振動を伴う外乱が発生した場合、例えば図5に示すとおり、検出電極13b, 13bは、それぞれ円周方向に180°離れた場所に配置されているため、検出電極13b, 13bに連結するレッグ部上の圧電体膜40の伸縮は、仮に発生したとしても逆になる。その結果、各検出電極13bの電気信号の正負が逆になる。従って、それらの電気信号は互いに相殺し合うことになる。

[0053] 上述の通り、本実施形態のリング状振動ジャイロ200は、2つの検出電極13b, 13b及び2つの抑制電極213d, 213dを備えることにより、二次振動の検出能力が高められるとともに、ロッキングモードの振動を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性も高められる。

[0054] <第3の実施形態>

図7は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ300の中心的役割を果たす構造体の正面図である。また、図8は、図7のZ-Z断面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ300は、第1の実施形態における第1の領域の上層金属膜50の配置を除き、第1の実施形態のリング状振動ジャイロ100と同一の構成を備える。また、その製造方法は一部を除いて第1の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第1の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第1の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図7でも、図面を見易くするため、便宜的に図1におけるフィードバック制御回路61, 62が省略されている。

[0055] 図7及び図8に示すとおり、本実施形態のリング状振動ジャイロ300は、第1の実施形態の検出電極13b, 13bの代わりに検出電極313b, 313bを備えるとともに、第1の実施形態の抑制電極13d, 13dの代わりに抑制電極313d, 313dを備える。本実施形態の検出電極313b, 313b及び抑制電極313d, 313dの上層金属膜50の外側端部は、リング状振動体11の内周縁から約1 μ m内側に形成され、その幅は約18 μ mである。また、それらの上層金属膜50は、リング状振動体11の上面にお

ける中央線よりも内側に形成されている。

[0056] ここで、第1の実施形態と同様の一次振動が励起されたリング状振動ジャイロ300に対し、リング状振動ジャイロ300の垂直軸（紙面に垂直な方向）の回りで角速度が加わると、その二次振動が2つの検出電極313b, 313bによって検出される。ここで、本実施形態のリング状振動ジャイロ300も、抑制電極313d, 313dに対して、前述の検出電極313b, 313bによって検出された二次振動に関する電圧信号を低減又は打ち消すための特定の電圧を与えるように指示又は制御するフィードバック制御回路（図示されていない）を備えている。なお、この特定の電圧が、振動ジャイロとしての結果出力として用いられる。

[0057] 従って、検出電極313b, 313bからの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する抑制電極313d, 313dを備えることにより、リング状振動ジャイロ300は、そのリング状振動体11の二次振動を殆ど振動させることなく、非常に応答性と検出能力に優れた振動ジャイロとしての性能を発揮することができる。

[0058] ところで、本実施形態では、レッグ部15, . . . , 15上に、引き出し電極14としての上層金属膜50、圧電体膜40、及び下層金属膜30が形成されている。ロッキングモードを励起する振動を伴う外乱が発生した場合、例えば図7に示すとおり、検出電極313b, 313bは、それぞれ円周方向に180°離れた場所に配置されているため、検出電極313b, 313bに連結するレッグ部上の圧電体膜40の伸縮は、仮に発生したとしても逆になる。その結果、各検出電極313bの電気信号の正負が逆になる。従って、それらの電気信号は互いに相殺し合うことになる。このため、実質的に、ロッキングモードの振動によるリング状振動ジャイロ200の動作への悪影響はなくなる。

[0059] 上述の通り、本実施形態のリング状振動ジャイロ300は、2つの検出電極313b, 313b及び2つの抑制電極313d, 313dを備えることにより、二次振動の検出能力が高められるとともに、ロッキングモードの振動

を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性も高められる。

[0060] <第4の実施形態>

図9は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ110の中心的役割を果たす構造体の正面図である。このリング状振動ジャイロ110は、図1乃至図4に示したリング状振動ジャイロ100において、9時方向には抑制電極を設けず、3時方向のみに抑制電極13dを設けるようにした変形例である。それに伴って、フィードバック制御回路61を用いず、6時方向に設ける検出電極13bからの出力を12時方向に設ける検出電極13bからの出力とともにフィードバック制御回路62に入力する。このフィードバック制御回路62は、3時方向に設ける抑制電極13dへ印加する電圧を生成するためにも用いる。このリング状振動ジャイロ110は、上記変更点以外、第1の実施形態のリング状振動ジャイロ100と同一の構成を備える。また、その製造方法は一部を除いて第1の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第1の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第1の実施形態と重複する説明は省略され得る。

[0061] このように、抑制電極13dを3時方向のみに1つだけ設ける構成を有するリング状振動ジャイロ110においても、抑制電極13dによって二次振動を抑制することができる。

[0062] また、リング状振動ジャイロ110は、ロッキングモードを励起する振動を伴う外乱が発生した場合に、そのロッキングモードの振動が動作への悪影響を実質的に生じさせない点もリング状振動ジャイロ100と同様である。これは、図9に示すとおり、検出電極13b, 13bがそれぞれ円周方向に180°離れた場所に配置されているため、検出電極13b, 13bに連結するレッグ部上の圧電体膜40の伸縮が逆になるためである。なお、リング状振動ジャイロ110においては、3時と9時の方向に抑制電極13b, 13bを設けるリング状振動ジャイロ100に比べ、電氣的配線やフィードバック制御回路が簡便なる利点がある。

[0063] 逆に、リング状振動ジャイロ100は、リング状振動ジャイロ110と比

較して、二次振動を抑制する効果に優れ、応答性のよいジャイロを実現することができる。これは、第1の実施形態として説明したリング状振動ジャイロ100においては、リング状振動ジャイロ110と比較して、二次振動を抑制するための抑制電極13d、13dが3時と9時の方向に設けられているためである。二次振動の抑制のための駆動力がリング状振動体11に対して対称性よく作用する。なお、リング状振動ジャイロ100では、リング状振動ジャイロ110に比べて、 180° 互いに離れた角度となるように抑制電極13d、13dを配置しているが、これは一次振動が $\cos 2\theta$ モードであるためであり、一次振動が $\cos N\theta$ モード（Nは2以上の自然数）の場合には、に対しては、複数の抑制電極13d、 $\dots$ 13dを $(360/N)^\circ$ 互いに離れた角度となるように配置することができる。

[0064] <第5の実施形態>

図10は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ120の中心的役割を果たす構造体の正面図である。このリング状振動ジャイロ120は、図1乃至図4に示したリング状振動ジャイロ100において、6時方向には検出電極を設けず、12時方向のみに検出電極13bを設けるようにした変形例である。それに伴って、フィードバック制御回路61を用いず、12時方向に設ける検出電極13bからの出力をフィードバック制御回路62に入力する。このフィードバック制御回路62は、3時および9時方向に設ける抑制電極13dへ印加する電圧を生成するために用いる。このリング状振動ジャイロ120は、上記変更点以外、第1の実施形態のリング状振動ジャイロ100と同一の構成を備える。また、その製造方法は一部を除いて第1の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第1の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第1の実施形態と重複する説明は省略され得る。

[0065] このように、12時方向に設けた検出電極13bのみを用いる構成を有するリング状振動ジャイロ120においても、二次振動を抑制電極13d、13dによって抑制することが可能となる。

[0066] また、リング状振動ジャイロ 120 では、12 時と 6 時の方向に検出電極 13b, 13b を設けるリング状振動ジャイロ 100 に比べ、二次振動を抑制する能力をほぼ同等に確保して電氣的配線やフィードバック制御回路を簡便にすることができる利点がある。

[0067] 逆に、第 1 の実施形態として説明したリング状振動ジャイロ 100 は、リング状振動ジャイロ 120 と比較して、ロッキングモードの振動がリング状振動ジャイロ 100 の動作へ実質的な悪影響を生じさせない効果に優れる。これは、二次振動を検出するための検出電極 13b, 13b が 12 時と 6 時の方向に設けられていることにより、ロッキングモードを励起する振動を伴う外乱が発生した場合において、検出電極 13b, 13b に連結するレッグ部上の圧電体膜 40 の伸縮が逆になるためである。なお、リング状振動ジャイロ 100 では、リング状振動ジャイロ 120 に比べて、 180° 互いに離れた角度となるように検出電極 13b, 13b を配置しているが、これは一次振動が $\cos 2\theta$ モードであるためであり、一次振動が $\cos N\theta$ モード (N は 2 以上の自然数) の場合には、に対しては、複数の検出電極 13b, $\dots$ 13b を $(360/N)^\circ$ 互いに離れた角度となるように配置することができる。

[0068] <第 6 の実施形態>

図 11 は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ 400 の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ 400 は、第 1 の実施形態におけるモニター電極に関わる第 1 の領域の上層金属膜 50 の配置を除き、第 1 の実施形態のリング状振動ジャイロ 100 と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 11 でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路 61, 62 が省略されている。

[0069] 本実施形態のリング状振動ジャイロ400は、図11に示すように4つのモニター電極413c, ..., 413cを備えており、それぞれのモニター電極413c, ..., 413cが引き出し電極を介して電極パッド18, ..., 18と接続している。これらのモニター電極413c, ..., 413cは、第1の実施形態と同様、リング状振動体11の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。その結果、リング状振動体11は、一定の振動が持続される。

[0070] 図11に示すように、モニター電極413c, ..., 413cは、必ずしも各々の駆動電極13a, 13aから $(180/2)^\circ$ 、すなわち 90° 離れた角度に配置される必要はない。図11に示すモニター電極413c, ..., 413cの配置であっても、本発明の主たる効果は奏される。すなわち、本実施形態の構造を採用することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮されるとともに、応答性を犠牲にすることなくS/N比が飛躍的に高められた振動ジャイロが得られる。なお、本実施形態では、モニター電極413c, ..., 413cが、各駆動電極13a, 13aから 90° 離れた角度を中心に、それぞれが等角度(22.5° 未満)ずつ離れた角度に配置されている。このため、製造工程のバラつきが引き起こすモニター電極413c, ..., 413cの位置ずれに伴う検出感度の不均一性の影響が低減される。加えて、リング状振動体11の二次振動による逆位相の出力が相互に抑制し合うため、新たに発生する二次振動の影響を受けることなく、一次振動の大きさを一定に保つことが可能となる。

[0071] <第7の実施形態>

図12は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ500の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ500は、第1の実施形態における第1の領域の上層金属膜50の配置を除き、第1の実施形態のリング状振動ジャイロ100と同一の構成を備え

る。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第1の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第1の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第1の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図12でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路61、62が省略されている。

[0072] 本実施形態のリング状振動ジャイロ500は、図12に示すように2つのモニター電極513c、513cを備えており、それぞれのモニター電極513c、513cが引き出し電極を介して電極パッド18、18と接続している。これらのモニター電極513c、513cは、第1の実施形態と同様、リング状振動体11の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。その結果、リング状振動体11は、一定の振動が持続される。

[0073] 図12に示すように、モニター電極513c、513cは、必ずしも各々の駆動電極13a、13aから $(180/2)^\circ$ 、すなわち 90° 離れた角度に配置される必要はない。図12に示すモニター電極513c、513cの配置であっても、本発明の主たる効果は奏される。すなわち、本実施形態の構造を採用することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮されるとともに、応答性を犠牲にすることなくS/N比が飛躍的に高められた振動ジャイロが得られる。ここで、本実施形態では、モニター電極513c、513cが、各駆動電極13a、13aから 90° 離れた角度を中心に、それぞれが時計周りに等角度 $(22.5^\circ$ 未満)ずつ離れた角度に配置されている。このため、製造工程のバラつきが引き起こすモニター電極513c、513cの位置ずれに伴う検出感度の不均一性の影響を低減することが可能となる。なお、モニター電極513c、513cが、各駆動電極13a、13aから 90° 離れた角度を中心に、それぞれが反時計周りに等角度ずつ離れた角度に配置されていても前述と同様の効果が奏される。

[0074] <第 8 の実施形態>

図 1 3 は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ 6 0 0 の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ 6 0 0 は、第 1 の実施形態における第 1 の領域の上層金属膜 5 0 の配置を除き、第 1 の実施形態のリング状振動ジャイロ 1 0 0 と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 1 3 でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路 6 1, 6 2 が省略されている。

[0075] 本実施形態のリング状振動ジャイロ 6 0 0 は、図 1 3 に示すように 2 つのモニター電極 6 1 3 c, 6 1 3 c を備えており、それぞれのモニター電極 6 1 3 c, 6 1 3 c が引き出し電極を介して電極パッド 1 8, 1 8 と接続している。これらのモニター電極 6 1 3 c, 6 1 3 c は、第 1 の実施形態と同様、リング状振動体 1 1 の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。その結果、リング状振動体 1 1 は、一定の振動が持続される。

[0076] 図 1 3 に示すように、モニター電極 6 1 3 c, 6 1 3 c は、必ずしも各々の駆動電極 1 3 a, 1 3 a から $(180/2)^\circ$ 、すなわち 90° 離れた角度に配置される必要はない。図 1 3 に示すモニター電極 6 1 3 c, 6 1 3 c の配置であっても、本発明の主たる効果は奏される。すなわち、本実施形態の構造を採用することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮されるとともに、応答性を犠牲にすることなく S/N 比が飛躍的に高められた振動ジャイロが得られる。ここで、本実施形態では、モニター電極 6 1 3 c, 6 1 3 c が、各駆動電極 1 3 a, 1 3 a から 90° 離れた角度を中心に、1 つが反時計周りに、他方が時計回りに等角度 (22.5° 未満) ずつ離れた角度に配置されている。その結果、リン

グ状振動体 11 の二次振動が仮に発生したとしても、それによる逆位相の出力が相互に抑制し合うため、新たに発生する二次振動の影響を受けることなく、一次振動の大きさを一定に保つことが可能となる。

[0077] <第 9 の実施形態>

図 14 A は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ 700 の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ 700 は、第 1 の実施形態における第 1 の領域の上層金属膜 50 の配置を除き、第 1 の実施形態のリング状振動ジャイロ 100 と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 14 A でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路 61, 62 が省略されている。

[0078] 本実施形態のリング状振動ジャイロ 700 は、図 14 A に示すように 2 つのモニター電極 513c, 513c を備えており、それぞれのモニター電極 713c, 713c が引き出し電極を介して電極パッド 18, 18 と接続している。これらのモニター電極 713c, 713c は、第 1 の実施形態と同様、リング状振動体 11 の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。その結果、リング状振動体 11 は、一定の振動が持続される。

[0079] 図 14 A に示すように、モニター電極 713c, 713c は、必ずしも各々の駆動電極 13a, 13a から $(180/2)^\circ$ 、すなわち 90° 離れた角度に配置される必要はない。図 14 A に示すモニター電極 713c, 713c の配置であっても、本発明の主たる効果は奏される。すなわち、本実施形態の構造を採用することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮されるとともに、応答性を犠牲にすることなく、S/N 比が飛躍的に高められた振動ジャイロが得られる。ここで、

本実施形態では、モニター電極 713c, 713c が、各駆動電極 13a, 13a から 90° 離れた角度を中心に、それぞれが反時計周りに等角度 (22.5° 未満) ずつ離れた角度に配置されている。このため、製造工程のバラつきが引き起こすモニター電極 413c, ..., 413c の位置ずれに伴う検出感度の不均一性の影響が低減される。なお、モニター電極 713c, 713c が、各駆動電極 13a, 13a から 90° 離れた角度を中心に、それぞれが時計周りに等角度ずつ離れた角度に配置されていても前述と同様の効果が奏される。

[0080] <第9の実施形態の変形例>

図14Bは、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ750の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ750は、第1の実施形態における第1の領域の上層金属膜50の配置を除き、第1の実施形態のリング状振動ジャイロ100と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第1の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第1の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第1の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図14Bでも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路61, 62が省略されている。

[0081] 本実施形態のリング状振動ジャイロ750は、図14Bに示すように2つのモニター電極 753c, 753c を備えており、それぞれのモニター電極 753c, 753c が引き出し電極を介して電極パッド18, 18と接続している。これらのモニター電極 753c, 753c は、第1の実施形態と同様、リング状振動体11の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。その結果、リング状振動体11は、一定の振動が持続される。

[0082] 図14Bに示すように、モニター電極 753c, 753c は、必ずしも各々の駆動電極 13a, 13a から $(180/2)^\circ$ 、すなわち 90° 離れた

角度に配置される必要はない。図 1 4 B に示すモニター電極 7 5 3 c, 7 5 3 c の配置であっても、本発明の主たる効果は奏される。ここで、本実施形態では、モニター電極 7 5 3 c, 7 5 3 c が、各駆動電極 1 3 a, 1 3 a から 90° 離れた角度を中心に、リング状振動体 1 1 の外周側にある 1 つが反時計周りに、リング状振動体 1 1 の内周側にある他方が時計回りに等角度 (22.5° 未満) ずつ離れた角度に配置されている。その結果、このため、製造工程のバラつきが引き起こすモニター電極 4 1 3 c, ..., 4 1 3 c の位置ずれに伴う検出感度の不均一性の影響が低減される。

[0083] 上述の第 7 乃至第 9 の実施形態及び第 9 の実施形態の変形例に示すように、モニター電極は、必ずしも各々の駆動電極 1 3 a, 1 3 a から $(180/2)^\circ$ 、すなわち 90° 離れた角度に配置される必要はない。具体的には、 $\cos N\theta$ の振動モードの場合、各モニター電極が、各駆動電極から $\{ (180/N) - (45/N) \}^\circ$ 超 $\{ (180/N) + (45/N) \}^\circ$ 未満に離れた角度の領域内に配置され、且つその各々のモニター電極が、リング状振動体 1 1 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又はその内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されていることにより、本発明の主たる効果が奏される。加えて、特に小型化されたリング状振動体の限定された平面領域の中では、前述の範囲にモニター電極が配置されることが、他の電極群の配置及び／又は引き出し電極の配置を最も容易にすることになる。

[0084] <第 10 の実施形態>

図 1 5 は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ 8 0 0 の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ 8 0 0 は、第 1 の実施形態におけるレッグ部 1 5, ..., 1 5 の配置及び第 1 の領域の上層金属膜 5 0 の配置を除き、第 1 の実施形態のリング状振動ジャイロ 1 0 0 と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos$

2θの振動モードである。従って、第1の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図15でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路61、62が省略されている。

[0085] 本実施形態のリング状振動ジャイロ800は、図15に示すように、各々の駆動電極13a、・・・、13a（一部の交流電源12は省略されている）、各々の検出電極13b、・・・、13b、及び各々の抑制電極13d、・・・、13dが、リング状振動体11の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及びその内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。また、各々のモニター電極13c、13cは、リング状振動体11の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。

[0086] 本実施形態では、 $\cos 2\theta$ の振動モードでリング状振動ジャイロ800の一次振動が励起される。従って、前述の複数の電極13a～13dの内訳は、以下の（a）乃至（d）のとおりである。

（a）リング状振動体11の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に、互いに円周方向に180°離れた角度に配置された2つの駆動電極13a、13aと、リング状振動体11の内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に、互いに円周方向に180°離れた角度に配置された2つの駆動電極13a、13a

（b）駆動電極13a、13aから円周方向であって90°離れた角度に配置された2つのモニター電極13c、13c

（c）リング状振動ジャイロ800に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する、検出電極13b、・・・、13b

（d）前述の検出電極からの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する抑制電極13d、・・・、13d

[0087] また、本実施形態では、検出電極13b、・・・、13bは、駆動電極13a、・・・、13aから円周方向であって時計回りに45°離れた角度であり、且つリング状振動体11の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域と、駆動電極13a、・・・、13aから円周方向であって反時計回り

に 45° 離れた角度であり、且つリング状振動体 11 の内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置される。また、抑制電極 13 d, . . . , 13 d は、各検出電極 13 b, . . . , 13 b から円周方向であって 90° 離れた角度に配置される。換言すれば、検出電極 13 b, . . . , 13 b 及び抑制電極 13 d, . . . , 13 d は、駆動電極 13 a, . . . , 13 a によって生じる一次振動の振動軸に対して 45° 傾いた、リング状振動体 11 に角速度が与えられたときに発生する二次振動の振動軸上に配置されている。

[0088] なお、本実施形態では、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域の駆動電極 13 a, . . . , 13 a に対する駆動電圧の位相は、その内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域の駆動電極 13 a, . . . , 13 a に対する駆動電圧の位相と逆となる。また、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域内に配置される検出電極 13 b, . . . , 13 b が検出する位相は、その内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域の検出電極 13 b, . . . , 13 b が検出する位相と同じになる。

[0089] 本実施形態のように、各種の電極が、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されると共に、その内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置された場合であっても、上述の各実施形態の効果と同様の効果が奏される。すなわち、本実施形態の構造を採用することにより、平面内振動を利用する振動ジャイロの駆動力、検出能力、及び抑制力が発揮されるとともに、応答性を犠牲にすることなく、S/N 比が飛躍的に高められた振動ジャイロが得られる。特に、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されると共に、その内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置された場合、各種の電極の配置が多少複雑化するが、リング状振動体 11 の駆動能力や二次振動の検出能力が向上するため、本実施形態のリング状振動ジャイロ 800 も好ましい態様である。

[0090] また、本実施形態のリング状振動ジャイロ 800 のモニター電極 13 c, 13 c の一部又は全部の配置を、第 6 乃至第 10 の実施形態のように配置した場合であっても、第 4 乃至第 10 の実施形態の効果と同様の効果が奏される。

[0091] 加えて、本実施形態では、検出電極 13 b, . . . , 13 b 及び抑制電極 13 d, . . . , 13 d は、上述の一次振動の振動軸に対して時計回り及び反時計回りに 45° 傾いた二次振動の振動軸上に配置されているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、上述の一次振動の振動軸に対して 45° 傾いた、時計回り又は反時計回りのいずれか一方のみの二次振動の振動軸上に配置されていても、本実施形態の少なくとも一部の効果が奏される。但し、二次振動の検出感度（電気信号の強度）を高める観点から、本実施形態の方が、上述の一次振動の振動軸に対して 45° 傾いた、時計回り又は反時計回りのいずれか一方のみの二次振動の振動軸上に配置されている場合よりも好ましい。

[0092] <第 10 の実施形態の変形例（1）>

図 16 は、本実施形態におけるもう 1 つのリング状振動ジャイロ 820 の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ 820 は、一部の電極の配置及び機能、並びに幾つかの電極に接続する演算回路 63 を備えている点を除き、第 10 の実施形態のリング状振動ジャイロ 800 と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 16 でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路 61, 62 が省略されている。

[0093] 本実施形態のリング状振動ジャイロ 820 は、図 16 に示すように、各々の駆動電極 13 a, . . . , 13 a（一部の交流電源 12 は省略されている）、各々の第 1 検出電極 13 b, 13 b が、リング状振動体 11 の外周縁か

らその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。また、各々のモニター電極 13 c, 13 c が、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。また、各々の抑制電極 13 d, 13 d が、リング状振動体 11 の内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。加えて、各々の第 2 検出電極 13 e, 13 e が、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。すなわち、第 10 の実施形態との違いは、第 10 の実施形態の第 1 検出電極のうちの 2 つが取り除かれた点、及び抑制電極 13 d, . . . , 13 d の内の 2 つが、リング状振動ジャイロ 820 に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する第 2 検出電極 13 e, 13 e に置き換えられている点である。なお、本実施形態の第 1 検出電極 13 b は、第 10 の実施形態の検出電極 13 b に相当する。

[0094] 本実施形態では、駆動電極 13 a, . . . , 13 a による一次振動が励起された後、図 16 に示すリング状振動ジャイロ 820 の配置された垂直軸（紙面に垂直な方向）の回りで角速度が加わると、 $\cos 2\theta$ の振動モードである本実施形態では、コリオリ力により一次振動の振動軸に対して両側に 45° 傾いた新たな振動軸を有する二次振動が生じる。この二次振動が 2 つの第 1 検出電極 13 b, 13 b と、2 つの第 2 検出電極 13 e, 13 e によって検出される。上述の各実施形態と同様、本実施形態も図示しないフィードバック制御回路を備えている。

[0095] また、本実施形態では、図 16 に示すように、第 1 検出電極 13 b, 13 b 及び第 2 検出電極 13 e, 13 e は、それぞれ二次振動の振動軸に対応して配置されている。ここで、第 1 検出電極 13 b, 13 b 及び第 2 検出電極 13 e, 13 e は、リング状振動体 11 の上面における中央線よりも外側に形成されている。ところで、図 17 に示すように、例えば、リング状振動体 11 が縦に楕円となる振動体 11 a の振動状態に変化した場合、中央線より外側に配置されている第 1 検出電極 13 b の位置の圧電体膜 40 は、A1 に示す矢印の方向に伸びる一方、中央線より外側に配置されている第 2 検出電極 1

3 e の位置の圧電体膜 4 0 は、A 2 に示す矢印の方向に縮むため、それらの電氣的信号は逆になる。同様に、リング状振動体 1 1 が横に楕円となる振動体 1 1 b の振動状態に変化した場合、第 1 検出電極 1 3 b の位置の圧電体膜 4 0 は、B 1 に示す矢印の方向に縮む一方、第 2 検出電極 1 3 e の位置の圧電体膜 4 0 は、B 2 に示す矢印の方向に伸びるため、この場合も、それらの電氣的信号が逆になる。なお、図 1 7 によって説明される前述の内容は、本実施形態以外の $\cos 2\theta$ の振動モードのリング状振動ジャイロにも当てはまる。

[0096] ここで、公知の差分回路である演算回路 6 3 において、リング状振動体 1 1 の上面における中央線よりも外側に形成されている第 1 検出電極 1 3 b, 1 3 b と第 2 検出電極 1 3 e, 1 3 e の電気信号の差が算出される。その結果、二次振動の検出信号は、第 1 検出電極 1 3 b, 1 3 b のみの場合よりも高い検出能力を備えることになる。

[0097] 具体的には、本実施形態では、レッグ部 1 5, . . . , 1 5 上に、引き出し電極 1 4 としての上層金属膜 5 0、圧電体膜 4 0、及び下層金属膜 3 0 が形成されている。ここで、仮にリング状振動ジャイロ 8 2 0 に対して既に述べたバウンスモードを励起する振動を伴う外乱（衝撃）が発生した場合、レッグ部 1 5, . . . , 1 5 がリング状振動ジャイロ 8 2 0 の垂直軸の一方向に動くため、レッグ部 1 5, . . . , 1 5 上の圧電体膜 4 0 の伸縮に伴う電気信号が発生する。しかしながら、この場合は、二次振動を検出するための全ての電極に連結するレッグ部の前述の電気信号の正負は一致しているため、演算回路 6 3 においてそれらの差分を算出することにより、少なくともリング状振動体 1 1 の上面における中央線よりも外側に形成されている第 1 検出電極 1 3 b, 1 3 b と第 2 検出電極 1 3 e, 1 3 e に連結する各レッグ部 1 5 からの信号は実質的にキャンセルされることになる。

[0098] 他方、ロッキングモードの振動を励起する外乱が発生した場合、例えば、図 1 6 に示すとおり、リング状振動体 1 1 の上面における中央線よりも外側に形成されている第 1 検出電極 1 3 b, 1 3 b は、それぞれ円周方向に 1 8 0

° 離れた場所に配置されているため、それらの第1検出電極13b, 13bに連結するレッグ部上の圧電体膜40の伸縮は逆になる。その結果、それらの第1検出電極13bの電気信号の正負が逆になるため、それらの電気信号は互いに相殺し合うことになる。上述の現象は、各第2検出電極13dに連結するレッグ部の前述の電気信号にも当てはまる。このため、ロッキングモードの振動によるリング状振動ジャイロ820への実質的な影響はなくなる。

[0099] 上述の通り、本実施形態のリング状振動ジャイロ820は、4つの第1検出電極13b, 13b及び2つの第2検出電極13e, 13eを備えることにより、二次振動の検出能力が高められるとともに、バウンスモードやロッキングモードの振動を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性も高められる。

[0100] ところで、本実施形態では、各々の駆動電極13a, . . . , 13aが4つ配置されていたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、駆動電極13aが、リング状振動体11の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域又はその内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域のいずれか一方のみに配置されていても良い。但し、一次振動の駆動効率及び二次振動の検出能力の向上を図る観点から、本実施形態の方が好ましい。また、本実施形態では、各々の第1検出電極13b, 13bが2つ配置されていたが、本発明はこれに限定されない。例えば、図18のように、各々の第1検出電極13b, . . . , 13bが4つ配置されていても良い。但し、この場合は、各々の第1検出電極13b, . . . , 13bの数と第2検出電極13e, 13eの数が一致しないため、特にバウンスモードを励起する振動を伴う外乱（衝撃）が発生した場合に、上述の差分回路による十分なキャンセル効果が生じないため、本実施形態のように、第1検出電極13bの数と第2検出電極13eの数が一致する実施形態の方が好ましい。

[0101] <第10の実施形態の変形例（2）>

図19は、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ840の中心的役割を果たす構造体の正面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ840は、一部の電極の配置及び機能を除き、第10の実施形態のリン

グ状振動ジャイロ 800 と同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。さらに、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態と同様、 $\cos 2\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 19 でも、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路 61, 62 が省略されている。

[0102] 本実施形態のリング状振動ジャイロ 840 は、図 19 に示すように、各々の駆動電極 13a, ..., 13a (一部の交流電源 12 は省略されている)、各々の第 1 検出電極 13b, 13b が、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域及びその内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。また、各々のモニター電極 13c, 13c が、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。また、各々の抑制電極 13d, 13d が、リング状振動体 11 の外周縁からその外周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。加えて、各々の第 2 検出電極 13e, 13e が、リング状振動体 11 の内周縁からその内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている。すなわち、第 10 の実施形態の変形例 (1) との違いは、第 10 の実施形態の変形例 (1) の第 2 検出電極 13e を、同実施形態の抑制電極 13d と置き換えた点である。なお、本実施形態の第 1 検出電極 13b は、第 10 の実施形態の検出電極 13b に相当する。

[0103] 本実施形態でも、駆動電極 13a, ..., 13a による一次振動が励起された後、図 19 に示すリング状振動ジャイロ 840 の配置された垂直軸 (紙面に垂直な方向) の回りで角速度が加わると、 $\cos 2\theta$ の振動モードである本実施形態では、コリオリ力により一次振動の振動軸に対して両側に 45° 傾いた新たな振動軸を有する二次振動が生じる。

[0104] この二次振動が 2 つの第 1 検出電極 13b, 13b と、2 つの第 2 検出電極 13e, 13e によって検出される。上述の各実施形態と同様、本実施形態も図示しないフィードバック制御回路を備えており、フィードバック制御回

路が第1および第2の検出電極13b, 13eから信号に応じて、二次振動を抑制するための信号を抑制電極13d, 13dに出力する。

[0105] 本実施形態では、図19に示すように、第1検出電極13b, 13b及び第2検出電極13e, 13eは、それぞれ二次振動の振動軸に対応して配置されている。ここで、第1検出電極13b, 13bは、リング状振動体11の上面における中央線よりも外側に形成され、第2検出電極13e, 13eは、リング状振動体11の上面における中央線よりも内側に形成されている。

[0106] 従って、公知の差分回路である演算回路63において、リング状振動体11の上面における中央線よりも外側に形成されている第1検出電極13b, 13bとその中央線よりも内側に形成されている第2検出電極13e, 13eの電気信号の差を算出することにより、二次振動の検出信号は、第1検出電極13b, 13bのみの場合よりも高い検出能力を備えることになる。

[0107] 加えて、第10の実施形態の変形例(1)と同様に、本実施形態のリング状振動ジャイロ840は、二次振動の検出能力が高められるとともに、バウンスモードやロッキングモードの振動を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性も高められる。

[0108] さらに、本実施形態においても、第10の実施形態の変形例(1)と同様に、各々の駆動電極13a, . . . , 13aが4つ配置されていたが、本発明はこれに限定されるものではない。また、本実施形態は、第1および第2の検出電極13b, 13eを用い、また、抑制電極13d, 13dを二つ用いるものであるが、第1の検出電極13bまたは第2の検出電極13eのうちのいずれか一つだけを用いるような構成や、抑制電極13dをただひとつだけ用いるような構成も本発明の範囲に含まれる。

[0109] <第11の実施形態>

図20Aは、本実施形態におけるもう一つのリング状振動ジャイロ900の中心的役割を果たす構造体の正面図である。また、図20Bは、図20AのT-T断面図である。本実施形態のリング状振動ジャイロ900は、第1の実施形態における第1の領域の上層金属膜50の配置及び電極パッド用固

定端部 17, . . . , 17 を除き、第 1 の実施形態のリング状振動ジャイロ 100 と実質的に同一の構成を備える。また、その製造方法はフォトリソグラフィ技術により形成された各種パターンを除いて第 1 の実施形態と同じである。他方、本実施形態の振動モードは、第 1 の実施形態とは異なり、 $\cos 3\theta$ の振動モードである。従って、第 1 の実施形態と重複する説明は省略され得る。なお、図 20A では、図面を見易くするため、便宜的にフィードバック制御回路 61, 62 が省略されている。また、説明の便宜上、図 20A には、X 軸及び Y 軸が表記されている。加えて、本実施形態では、他の実施形態の図面内に記載される斜線及び V の文字が省略されている。

[0110] 図 20A に示すとおり、本実施形態のリング状振動ジャイロ 900 の各上層金属膜 50 は、中央線よりも外側に形成されている。

[0111] ところで、本実施形態の一次振動の振動モードは、図 21A に示すイン・プレーンの $\cos 3\theta$ の振動モードである。また、本実施形態の二次振動の振動モードとは、図 21B に示す $\cos 3\theta$ のイン・プレーンの振動モードである。従って、複数の電極 13a ~ 13e の内訳は、以下の (a) 乃至 (d) のとおりである。

(a) 互いに円周方向に 120° 離れた角度に配置された 3 つの駆動電極 13a, 13a, 13a

(b) 前述の 3 つの駆動電極 13a, 13a の内の 1 つの駆動電極 13a (例えば、図 21A において時計の 12 時方向の駆動電極 13a) を基準電極とした場合に、その基準電極から円周方向であって時計回りに 60° 、 180° 、及び 300° 離れた角度に配置されたモニター電極 13c, 13c, 13c

(c) リング状振動ジャイロ 100 に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する、その基準電極から円周方向であって時計回りに 30° 、 150° 、及び 270° 離れた角度に配置された検出電極 13b, 13b, 13b

(d) 前述の検出電極からの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する、

その基準電極から円周方向であって時計回りに 90° 、 210° 、及び 330° 離れた角度に配置された抑制電極13d, 13d, 13d

[0112] なお、本実施形態では、図20Aに示すように、各種の電極の1つについて、電気信号の偏りを解消するために、それぞれの両端部から引き出し電極14, 14が形成されている。なお、各種の電極の片側のみから引き出し電極14が形成されている場合であっても、振動ジャイロとしての機能を失うことはない。

[0113] また、本実施形態の第3の領域に相当する領域は、上述のレッグ部15, . . . , 15に連結しているシリコン基板10から形成される支柱19である。本実施形態では、この支柱19が第1の実施形態における電極パッド用固定端部17の機能を兼ねている。また、支柱19の上面には、グラウンド電極である固定電位電極16を除き、レッグ部15, . . . , 15上のそれらと連続する上述のシリコン酸化膜20、下層金属膜30、及び圧電体膜40が形成されている。ここで、シリコン酸化膜20上に形成された下層金属膜30は、固定電位電極16と同電位となっている。また、支柱19の上方に形成されている圧電体膜40の上面には、レッグ部15, . . . , 15上のそれと連続する前述の引き出し電極14, . . . , 14及び電極パッド18, . . . , 18が形成されている。

[0114] 次に、リング状振動ジャイロ900が備える各電極の作用について説明する。上述の通り、本実施形態はイン・プレーンの $\cos 3\theta$ の振動モードの一次振動が励起される。なお、固定電位電極16が接地されるため、固定電位電極16と連続して形成されている下層電極膜30は一律に0Vになっている。

[0115] 最初に、3つの駆動電極13a, 13a, 13aに1VP-0の交流電圧が印加される。その結果、圧電体膜40が伸縮して一次振動が励起される。ここで、本実施形態では上層金属膜50がリング状振動体11の上面における中央線よりも外側に形成されているため、リング状振動体11の側面に形成されることなく圧電体膜40の伸縮運動をリング状振動体11の一次振動

に変換することが可能となる。なお、実際の交流電源 12 は、導電性ワイヤに接続される電極パッド 18 を介して駆動電極 13a に印加するが、本実施形態及び他の実施形態では、説明の便宜上、省略され得る。

[0116] 次に、図 20A に示すモニター電極 13c, 13c, 13c が、上述の一次振動の振幅及び共振周波数を検出して、図示しない公知のフィードバック制御回路に信号を送信する。本実施形態のフィードバック制御回路は、駆動電極 13a, 13a, 13a に印加される交流電圧の周波数とリング状振動体 11 が持つ固有周波数が一致するように制御するとともに、リング状振動体 11 の振幅がある一定の値となるようにモニター電極 13c, 13c, 13c の信号を用いて制御している。その結果、リング状振動体 11 は、一定の振動が持続される。

[0117] ここで、リング状振動ジャイロ 900 に対し、リング状振動ジャイロ 900 の垂直軸（紙面、すなわち X-Y 平面に垂直な方向）の回りで角速度が加わると、イン・プレーンの $\cos 3\theta$ の振動モードである本実施形態では、コリオリ力により、図 20A に示す一次振動の振動軸に対して両側に 30° 傾いた新たな振動軸を有する図 20B に示す二次振動が生じる。

[0118] この二次振動が、3つの検出電極 13b, 13b, 13b によって検出される。ここで、本実施形態のリング状振動ジャイロ 900 は、これらの検出電極 13b, 13b, 13b によって検出された二次振動に関する電圧信号を打ち消すために、換言すればそれらの電圧信号の値をゼロにするために、抑制電極 13d, 13d, 13d に対して特定の電圧を与えるように指示又は制御する図示しないフィードバック制御回路を備えている。なお、この特定の電圧が、振動ジャイロとしての結果出力として用いられる。

[0119] 前述のとおり、検出電極 13b, 13b, 13b からの電圧信号に基づいて二次振動を抑制する抑制電極 13d, 13d, 13d を備えることにより、リング状振動ジャイロ 900 は、そのリング状振動体 11 の二次振動を殆ど振動させることなく、振動ジャイロとしての性能を発揮することができる。なお、本実施形態のリング状振動ジャイロ 900 は、抑制電極 13d, 1

3 d, 1 3 d 及びフィードバック制御回路が設けられていない振動ジャイロと比べて、非常にノイズ性能に優れている。具体的には、本実施形態のリング状振動ジャイロ 9 0 0 は、本願出願人が以前に提案した P C T / J P 2 0 0 8 / 0 7 1 3 7 2 に記載された振動ジャイロの一例（第 1 1 の実施形態の振動ジャイロ）と比較して、特に、低周波領域のノイズの大きさが半分以下となる。従って、応答性を犠牲にすることなく、S / N 比が飛躍的に高められる。

[0120] 上述の通り、本実施形態のリング状振動ジャイロ 9 0 0 は、検出電極 1 3 b, 1 3 b, 1 3 b 及び抑制電極 1 3 d, 1 3 d, 1 3 d を備えることにより、 $\cos 3 \theta$ の振動モードであっても、二次振動の検出能力が高められるとともに、ロッキングモードの振動を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性も高められる。

[0121] なお、本実施形態のリング状振動ジャイロ 9 0 0 のモニター電極 1 3 c, 1 3 c, 1 3 c の一部又は全部の配置を、第 6 乃至第 1 0 の実施形態のように配置した場合であっても、第 6 乃至第 1 0 の実施形態の効果と同様の効果が奏される。

[0122] ところで、上述の第 2 の実施形態以外の実施形態では、圧電体膜 4 0 はエッチングされずに、上層金属膜 5 0 のパターニングによって各電極が形成されていたが、これに限定されない。上述の第 2 の実施形態以外の実施形態においても、第 2 の実施形態のように、実質的に上層金属膜 5 0 が形成されている領域に合わせて圧電体膜 4 0 がエッチングされることにより、圧電体膜 4 0 の望ましくない伸縮や電気信号の発振が防がれる。

[0123] また、上述の第 1 0 の実施形態について、その変形例（1）及び変形例（2）を示したが、それらの変形例は第 1 0 の実施形態に限定されない。第 1 検出電極 1 3 a、第 2 検出電極 1 3 e、及び演算回路 6 3 を備えることにより、第 1 0 の実施形態以外の実施形態であっても、バウンスモードやロッキングモードの振動を励起する外部衝撃に対する耐衝撃性を高めたリング状振動ジャイロを得ることができる。

- [0124] また、上述の各実施形態では、シリコン基板上の絶縁膜としてシリコン酸化膜が採用されているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、シリコン酸化膜の代わりに、シリコン窒化膜や、シリコン酸窒化膜が形成されていても、本発明の効果と実質的に同様の効果が奏される。
- [0125] また、上述の第1乃至第10の実施形態及び第10の実施形態の各変形例では、 $\cos 2\theta$ の振動モードが採用されているが、本発明はこれに限定されるものではない。Nを2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する駆動電極を採用することにより、本発明の効果と実質的に同様の効果が奏される。例えば、 $\cos 3\theta$ の振動モードが採用される第11の実施形態の各電極の配置は、当業者にとって、上述の第1乃至第10の実施形態及び第10の実施形態の各変形例に相当する $\cos 3\theta$ の振動モードの各電極の配置を十分に開示するものである。すなわち、Nを2以上の自然数とした場合の $\cos N\theta$ の振動モードの各電極の配置は、上述の各実施形態の説明によって十分に開示されている。
- [0126] また、上述の各実施形態は、円環状の振動体を用いた振動ジャイロで説明されているが、円環状の代わりに、多角形状の振動体であってもよい。例えば、正六角形、正八角形、正十二角形、正二十角形等の正多角形状の振動体であっても、本発明の効果と実質的に同様の効果が奏される。また、図22に示すリング状振動ジャイロ950の八角形状の振動体111のような振動体であってもよい。振動体の正面視において、例えば既述の基準点などの任意の点を対称の中心として点対称形状またはn回対称形状（nは任意の自然数）となる多角形を外周縁又は内周縁とするようなリング形状の振動体が採用されれば、振動体の振動時の安定性の観点で好ましい。なお、「円環状」には楕円形状が含まれる。
- [0127] さらに、上述の各実施形態では、シリコンを母材とするリング状振動ジャイロが採用されているが、これにも限定されない。例えば、振動ジャイロの母材がゲルマニウム又はシリコンゲルマニウムであってもよい。上述のうち、特に、シリコン又はシリコンゲルマニウムの採用は、公知の異方性ドライ

エッチング技術を適用することができるため、振動体を含めたジャイロ全体の加工精度の向上に大きく寄与する。

[0128] また、上述の各実施形態では、上層金属膜をパターンングすることによって各電極が形成されていたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、下層金属膜のみ、又は上層金属膜及び下層金属膜の両方がパターンングされることによって各電極が形成されても、本発明の効果と同等の効果が奏され得る。但し、製造の容易性を考慮すれば、上述の各実施形態のように上層金属膜のみがパターンングされることは好ましい一態様である。

[0129] さらに、上述の各実施形態では、例えば、検出電極と抑制電極とをそれぞれ一つずつ用いる実施形態は記載していないが、このような構成も、本発明の実施態様に含まれる。すなわち、本発明の範囲内に存在する変形例もまた、特許請求の範囲に含まれるものである。

産業上の利用可能性

[0130] 本発明は、振動ジャイロとして、自動車、航空機、ロボット等、種々のデバイスの一部に適用され得る。

請求の範囲

[請求項1]

一様な平面を備えたリング状振動体と、

前記リング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、

前記リング状振動体の前記平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備え、

前記複数の電極は、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前記検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含み、

前記各々の駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極は、前記リング状振動体の外周縁から前記外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁から前記内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている振動ジャイロ。

[請求項2]

一様な平面を備えたリング状振動体と、

前記リング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、

前記リング状振動体の前記平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備え、

前記複数の電極は、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と

、前記各々の駆動電極から $\{ (180/N) - (45/N) \}^\circ$ 超 $\{ (180/N) + (45/N) \}^\circ$ 未満に離れた角度の領域内に配置された一群のモニター電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前記検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含み、

前記各々の駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極は、前記リング状振動体の外周縁から前記外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁から前記内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている振動ジャイロ。

[請求項3]

一様な平面を備えたリング状振動体と、

前記リング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、

前記リング状振動体の前記平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備え、

前記複数の電極は、 N を 2 以上の自然数とした場合に、

$\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、

前記各々の駆動電極によって生じる一次振動の振動軸に対して $(90/N)^\circ$ 傾いた、前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動の振動軸に沿ういずれかの角度に配置された、前記二次振動を検出する検出電極及び前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含み、

前記各々の駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極は、前記リ

ング状振動体の外周縁から前記外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁から前記内周縁の近傍に至るまでの領域に配置されている振動ジャイロ。

[請求項4] 前記検出電極を第1検出電極としたときに、
前記複数の電極が、前記駆動電極の各々から時計回り又は反時計回りに $(90/N)^{\circ}$ 離れた角度あるいは前記第1検出電極から $(180/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置され、前記二次振動を検出する第2検出電極をさらに含んでおり、

演算回路によって前記第1検出電極及び前記第2検出電極から出力される信号の差分を算出する

請求項1又は請求項2に記載の振動ジャイロ。

[請求項5] 前記複数の電極が、互いに $(360/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置される複数の抑制電極を含む

請求項1又は請求項2に記載の振動ジャイロ。

[請求項6] 前記複数の電極が、互いに $(360/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置される複数の検出電極を含む

請求項1又は請求項2に記載の振動ジャイロ。

[請求項7] 前記リング状振動体がシリコン基板から形成され、
正面視で実質的に前記上層金属膜、前記圧電体膜、及び前記下層金属膜のみが観察される

請求項1乃至請求項3に記載の振動ジャイロ。

[請求項8] 前記リング状振動体がシリコン基板から形成され、
正面視で実質的に前記上層金属膜及び前記下層金属膜のみが観察される

請求項1乃至請求項3に記載の振動ジャイロ。

[請求項9] シリコン基板上に、一様に絶縁膜を形成する工程と、
前記絶縁膜上に、一様に下層金属膜を形成する工程と、
前記下層金属膜上に、一様に圧電体膜を形成する工程と、

前記圧電体膜上に、一様に上層金属膜を形成する工程と、
前記上層金属膜上にレジスト膜をパターニングする工程と、
前記上層金属膜をドライエッチングして前記圧電体膜を露出させる工程と、

前記上層金属膜及び前記圧電体膜上に第2レジスト膜をパターニングする工程と有し、

前記第2レジスト膜、前記上層金属膜、又は前記圧電体膜をエッチングマスクとして、前記下層金属膜、前記絶縁膜、及び前記シリコン基板をドライエッチングすることにより、リング状振動体及び前記リング状振動体を柔軟に支持するとともに固定端を有するレッグ部、並びに、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前記検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とが形成される

振動ジャイロの製造方法。

[請求項10]

シリコン基板上に、一様に絶縁膜を形成する工程と、
前記絶縁膜上に、一様に下層金属膜を形成する工程と、
前記下層金属膜上に、一様に圧電体膜を形成する工程と、
前記圧電体膜上に、一様に上層金属膜を形成する工程と、
前記上層金属膜上に第1レジスト膜をパターニングする工程と、
前記第1レジスト膜をエッチングマスクとして、前記上層金属膜及び前記圧電体膜をドライエッチングして前記下層金属膜を露出させる

工程と、

前記上層金属膜及び前記下層金属膜上に第2レジスト膜をパターンニングする工程と有し、

前記第2レジスト膜、前記上層金属膜、又は前記下層金属膜をエッチングマスクとして、前記絶縁膜及び前記シリコン基板をドライエッチングすることにより、リング状振動体及び前記リング状振動体を柔軟に支持するとともに固定端を有するレッグ部、並びに、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前記検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とが形成される振動ジャイロの製造方法。

補正された請求の範囲
[2010年5月11日 (11.05.2010) 国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 一様な平面を備えたリング状振動体と、
 前記リング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、
 前記リング状振動体の前記平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備え、
 前記複数の電極は、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前記検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含み、
 前記各々の駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極は、前記リング状振動体の外周縁から前記外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁から前記内周縁の近傍に至るまでの領域に配置され、且つ、前記駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極のそれぞれに電氣的に接続する引き出し電極が前記レッグ部上に形成されている
 振動ジャイロ。

[請求項 2] (補正後) 一様な平面を備えたリング状振動体と、
 前記リング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、
 前記リング状振動体の前記平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備え、
 前記複数の電極は、 N を2以上の自然数とした場合に、 $\cos N\theta$

の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と

、前記各々の駆動電極から $\{ (180/N) - (45/N) \}^\circ$ 超 $\{ (180/N) + (45/N) \}^\circ$ 未満に離れた角度の領域内に配置された一群のモニター電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り及び／又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動を検出する検出電極と、前記駆動電極のいずれかから時計回り又は反時計回りに $(90/N)^\circ$ 離れた角度あるいは前記検出電極から $(180/N)^\circ$ 離れた角度に配置され、かつ前記検出電極からの電圧信号に基づいて前記二次振動を抑制する抑制電極とを含み、

前記各々の駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極は、前記リング状振動体の外周縁から前記外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁から前記内周縁の近傍に至るまでの領域に配置され、且つ、前記駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極のそれぞれに電氣的に接続する引き出し電極が前記レッグ部上に形成されている

振動ジャイロ。

[請求項 3] (補正後) 一様な平面を備えたリング状振動体と、

前記リング状振動体を柔軟に支持するレッグ部と、

前記リング状振動体の前記平面上又はその上方に置かれ、圧電体膜を厚み方向に挟む上層金属膜及び下層金属膜の少なくともいずれかにより形成される複数の電極とを備え、

前記複数の電極は、 N を 2 以上の自然数とした場合に、

$\cos N\theta$ の振動モードで前記リング状振動体の一次振動を励起する、互いに円周方向に $(360/N)^\circ$ 離れた角度に配置された一群の駆動電極と、

前記各々の駆動電極によって生じる一次振動の振動軸に対して $(90/N)^\circ$ 傾いた、前記リング状振動体に角速度が与えられたときに発生する二次振動の振動軸に沿ういずれかの角度に配置された、前記二次振動を検出する検出電極及び前記検出電極からの電圧信号に基づいて

前記二次振動を抑制する抑制電極とを含み、

前記各々の駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極は、前記リ

ング状振動体の外周縁から前記外周縁の近傍に至るまでの領域及び／又は内周縁から前記内周縁の近傍に至るまでの領域に配置され、且つ、前記駆動電極、前記検出電極、及び前記抑制電極のそれぞれに電氣的に接続する引き出し電極が前記レッグ部上に形成されている

振動ジャイロ。

[請求項 4]

前記検出電極を第 1 検出電極としたときに、

前記複数の電極が、前記駆動電極の各々から時計回り又は反時計回りに $(90/N)^{\circ}$ 離れた角度あるいは前記第 1 検出電極から $(180/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置され、前記二次振動を検出する第 2 検出電極をさらに含んでおり、

演算回路によって前記第 1 検出電極及び前記第 2 検出電極から出力される信号の差分を算出する

請求項 1 又は請求項 2 に記載の振動ジャイロ。

[請求項 5]

前記複数の電極が、互いに $(360/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置される複数の抑制電極を含む

請求項 1 又は請求項 2 に記載の振動ジャイロ。

[請求項 6]

前記複数の電極が、互いに $(360/N)^{\circ}$ 離れた角度に配置される複数の検出電極を含む

請求項 1 又は請求項 2 に記載の振動ジャイロ。

[請求項 7]

前記リング状振動体がシリコン基板から形成され、
正面視で実質的に前記上層金属膜、前記圧電体膜、及び前記下層金属膜のみが観察される

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の振動ジャイロ。

[請求項 8]

前記リング状振動体がシリコン基板から形成され、
正面視で実質的に前記上層金属膜及び前記下層金属膜のみが観察される

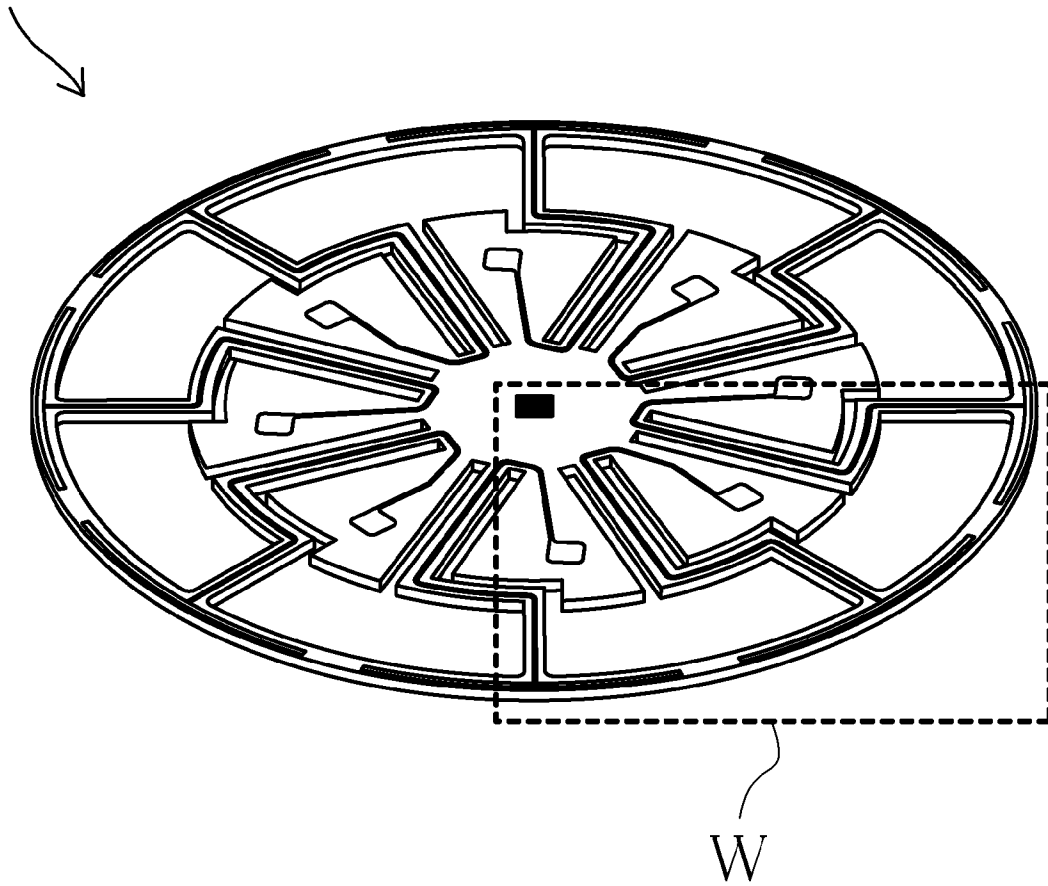
請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の振動ジャイロ。

[請求項 9] (削除)

[請求項 10] (削除)

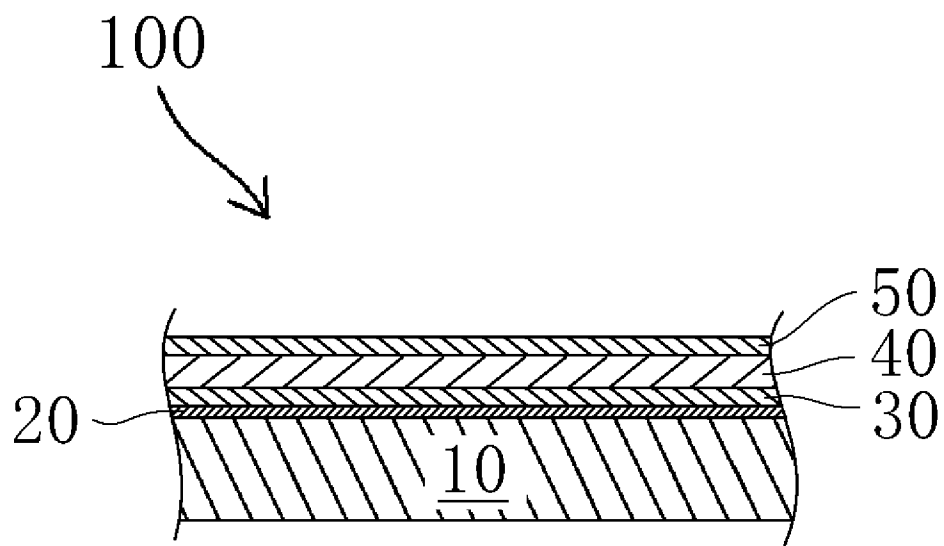
[図2A]

100

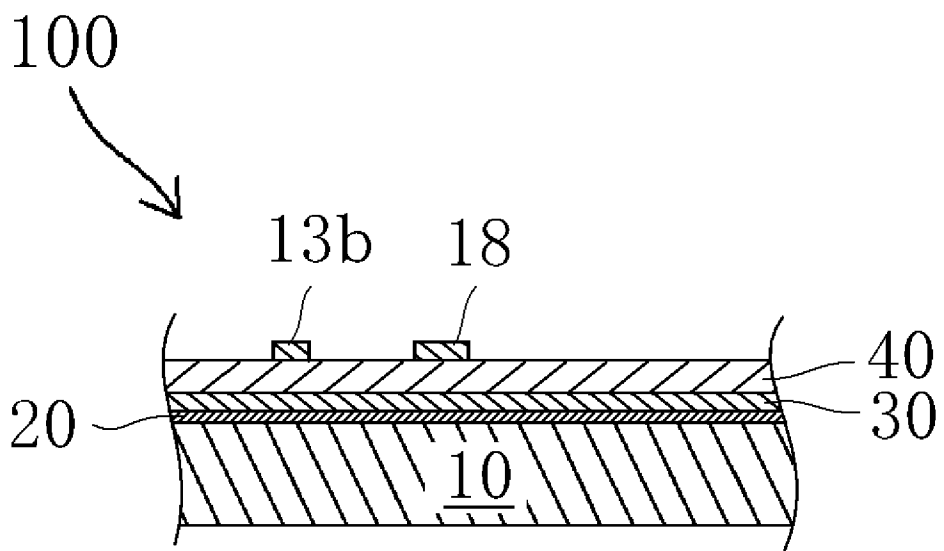


[illegible]

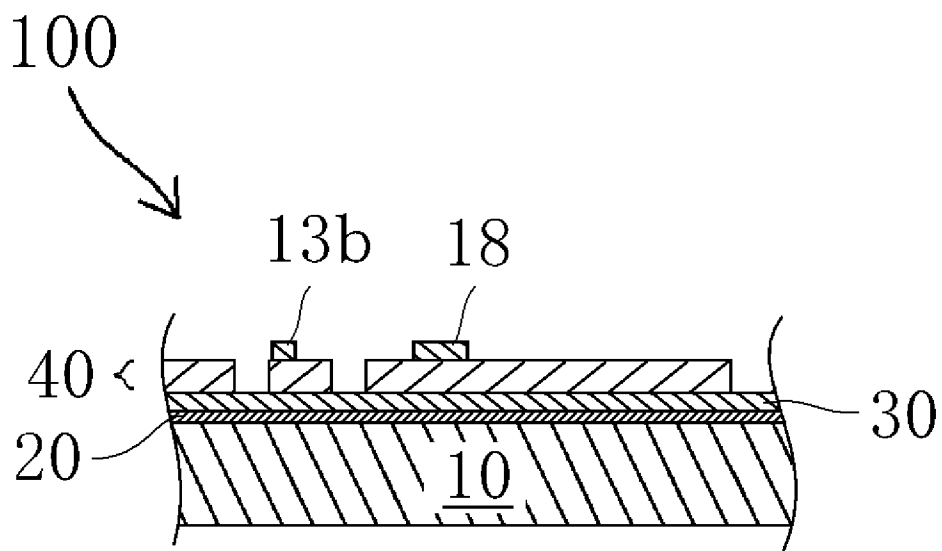
[図4A]



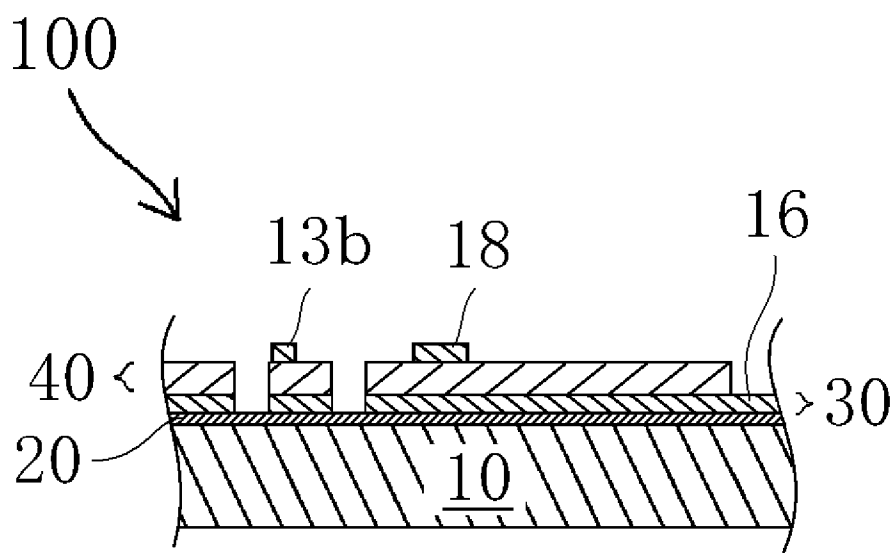
[図4B]



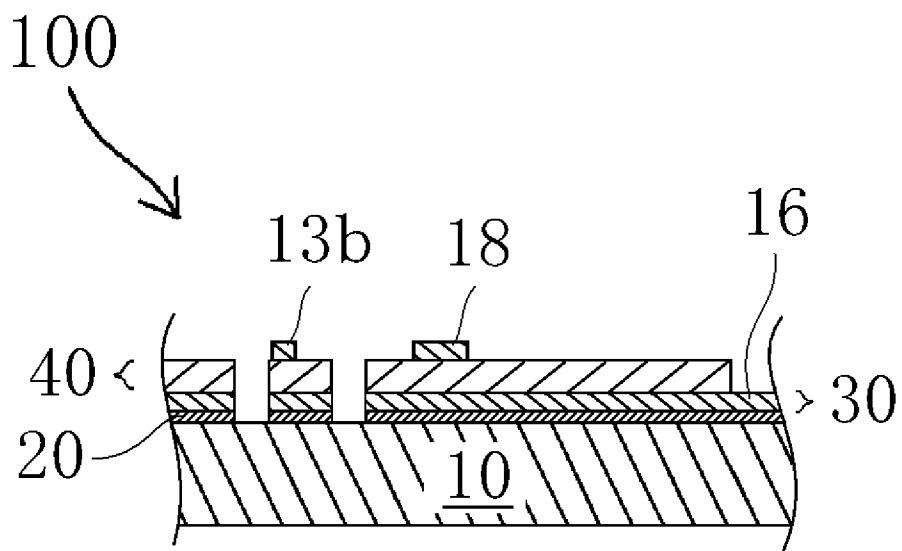
[図4C]



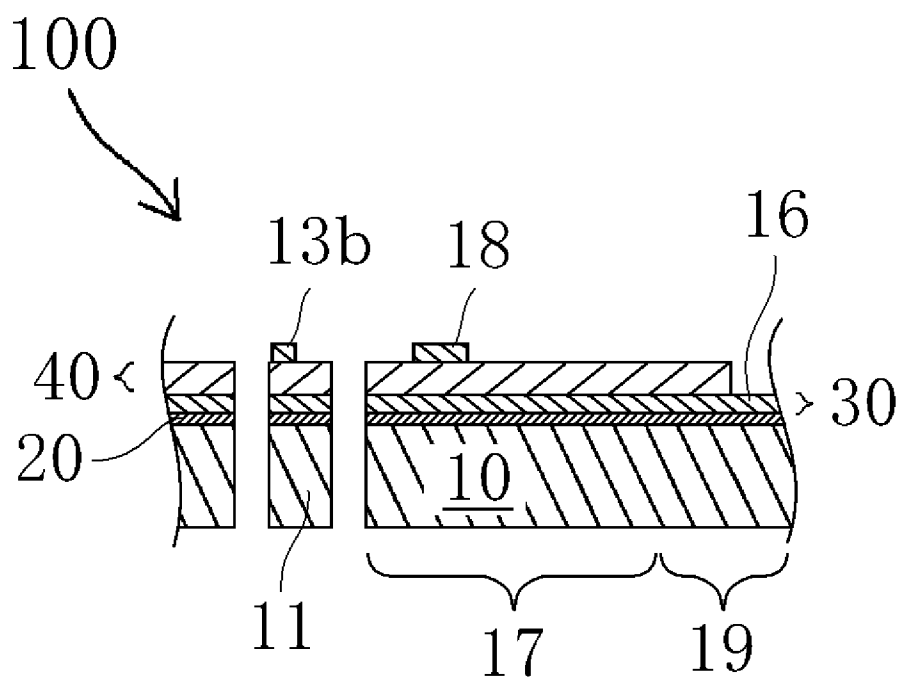
[図4D]



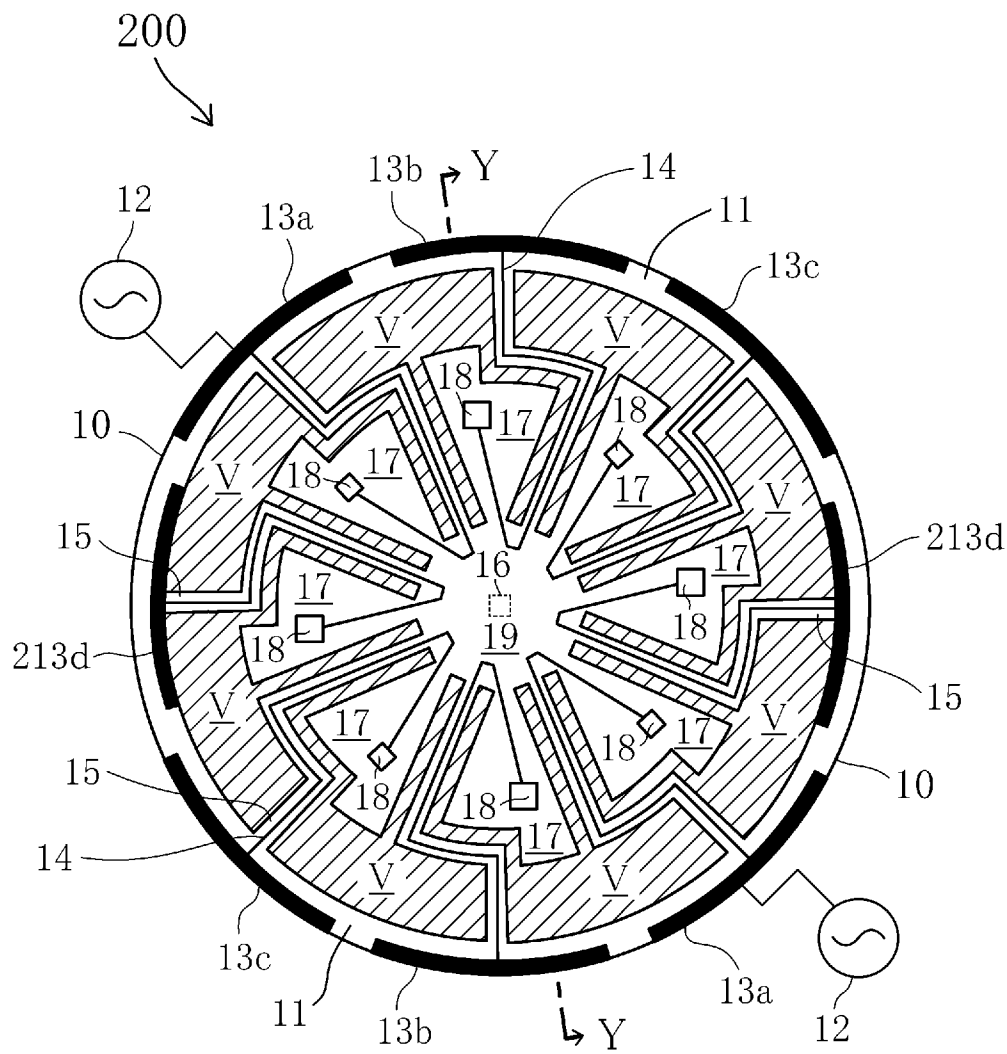
[図4E]



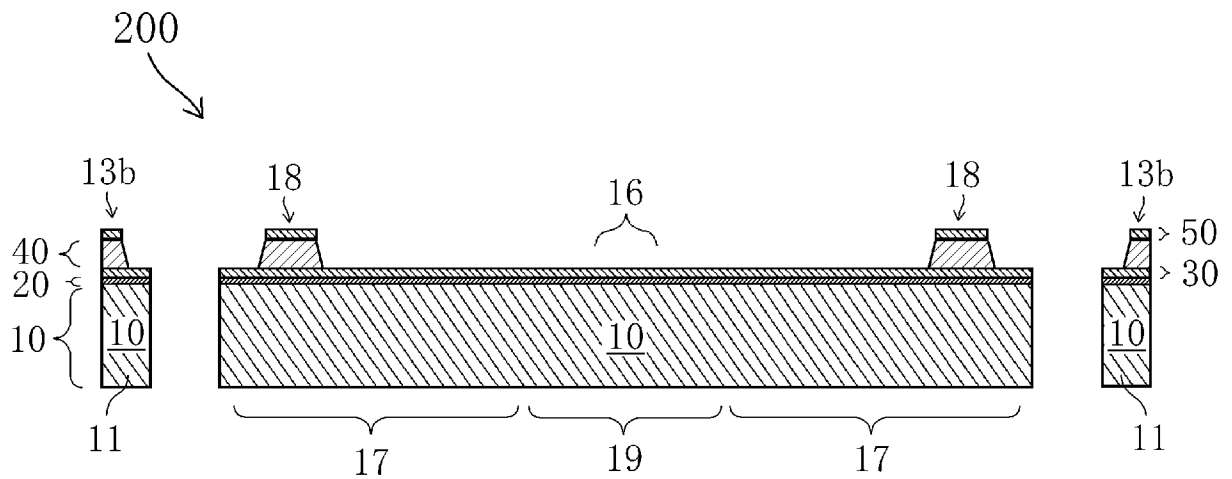
[図4F]



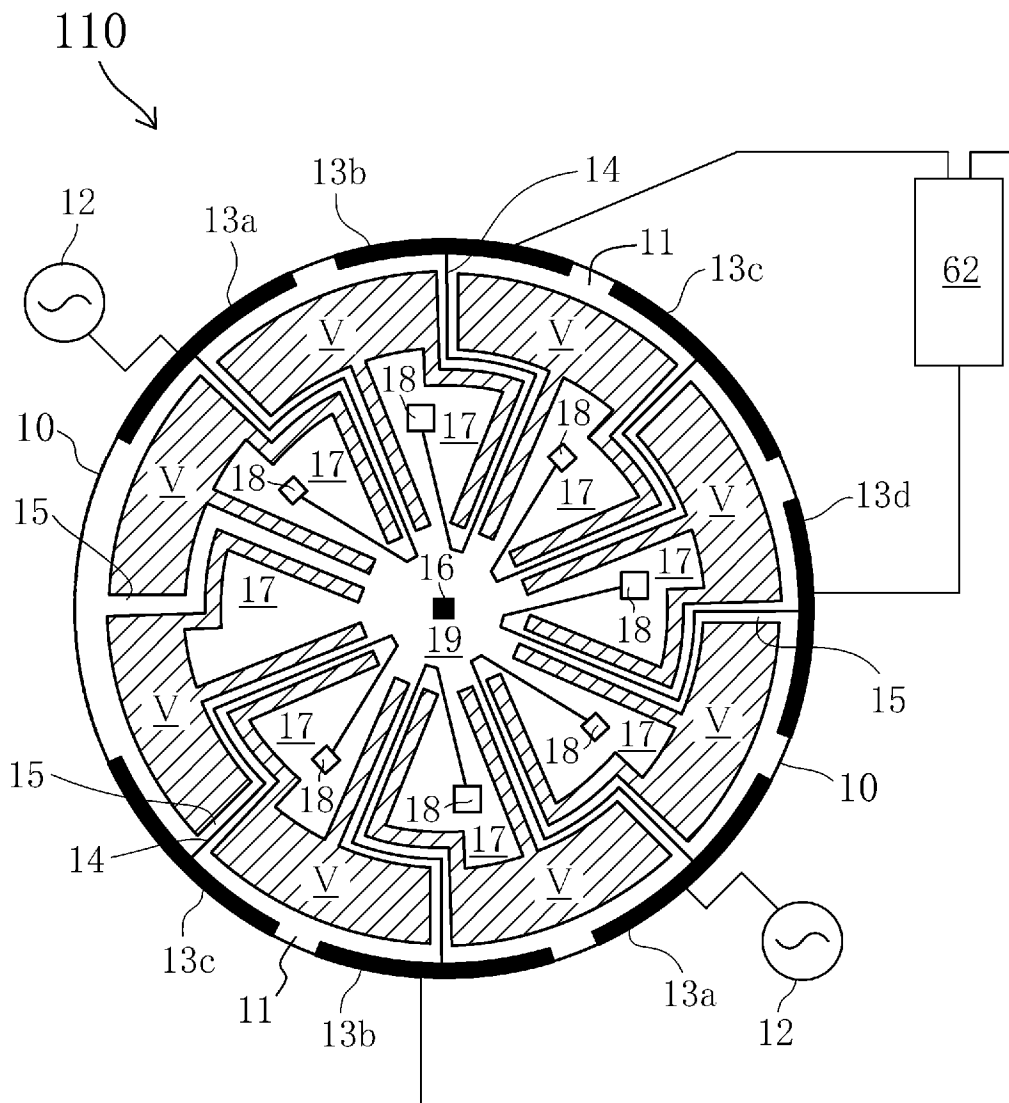
[図5]



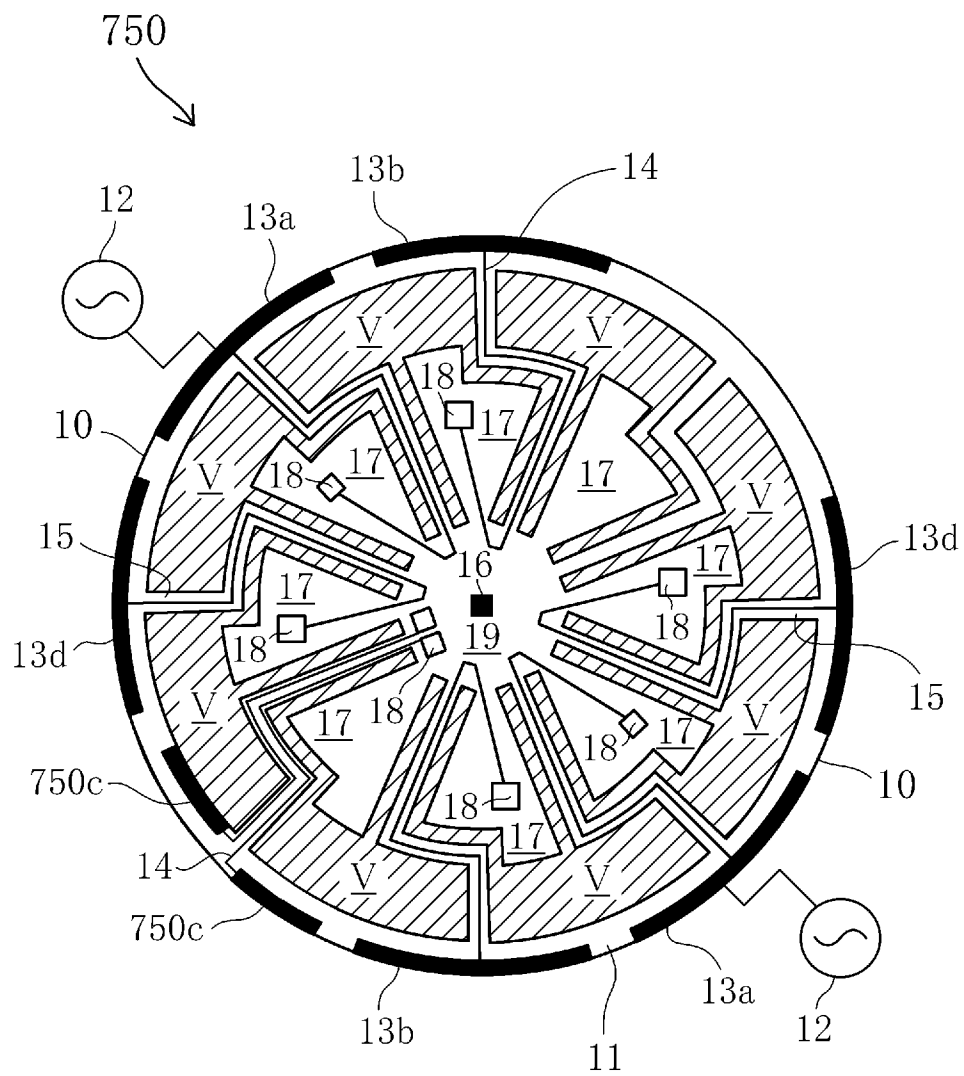
[図6]



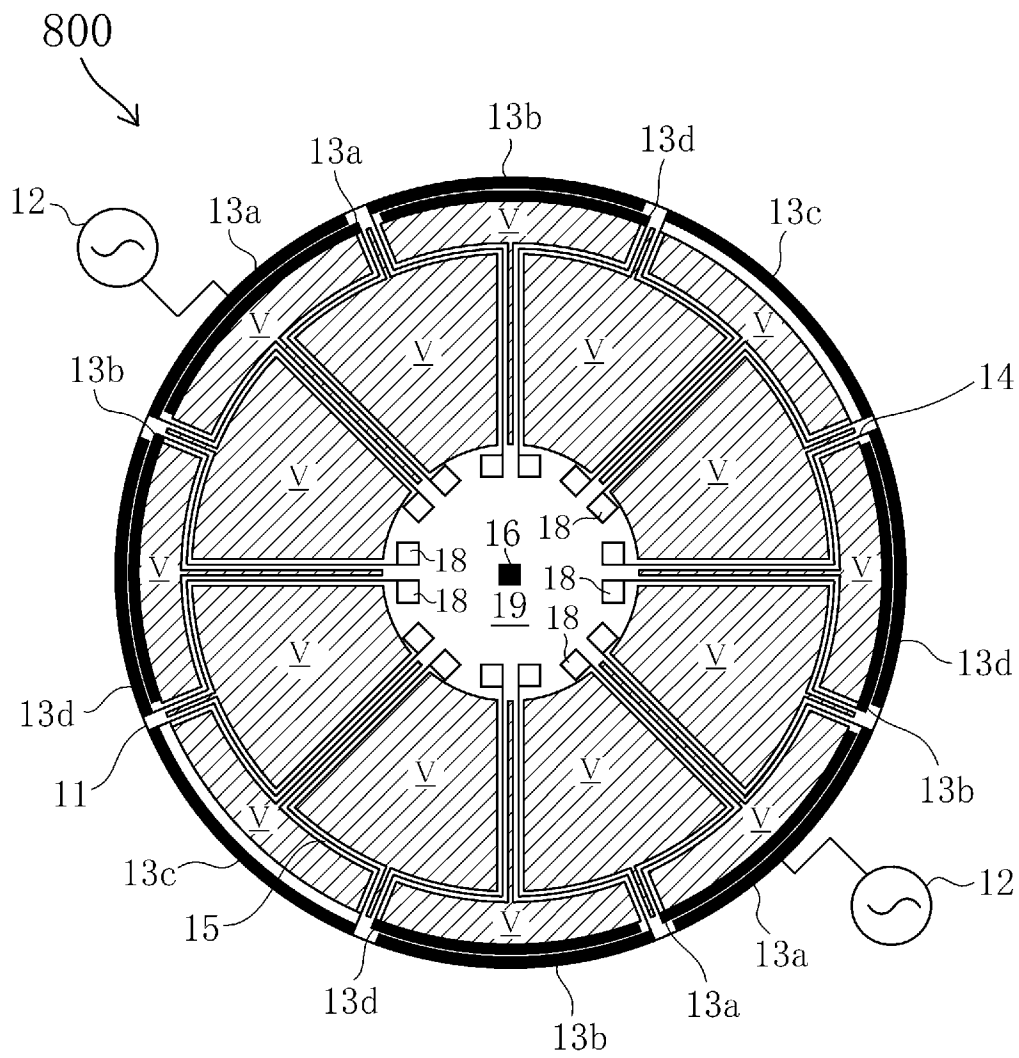
[図9]



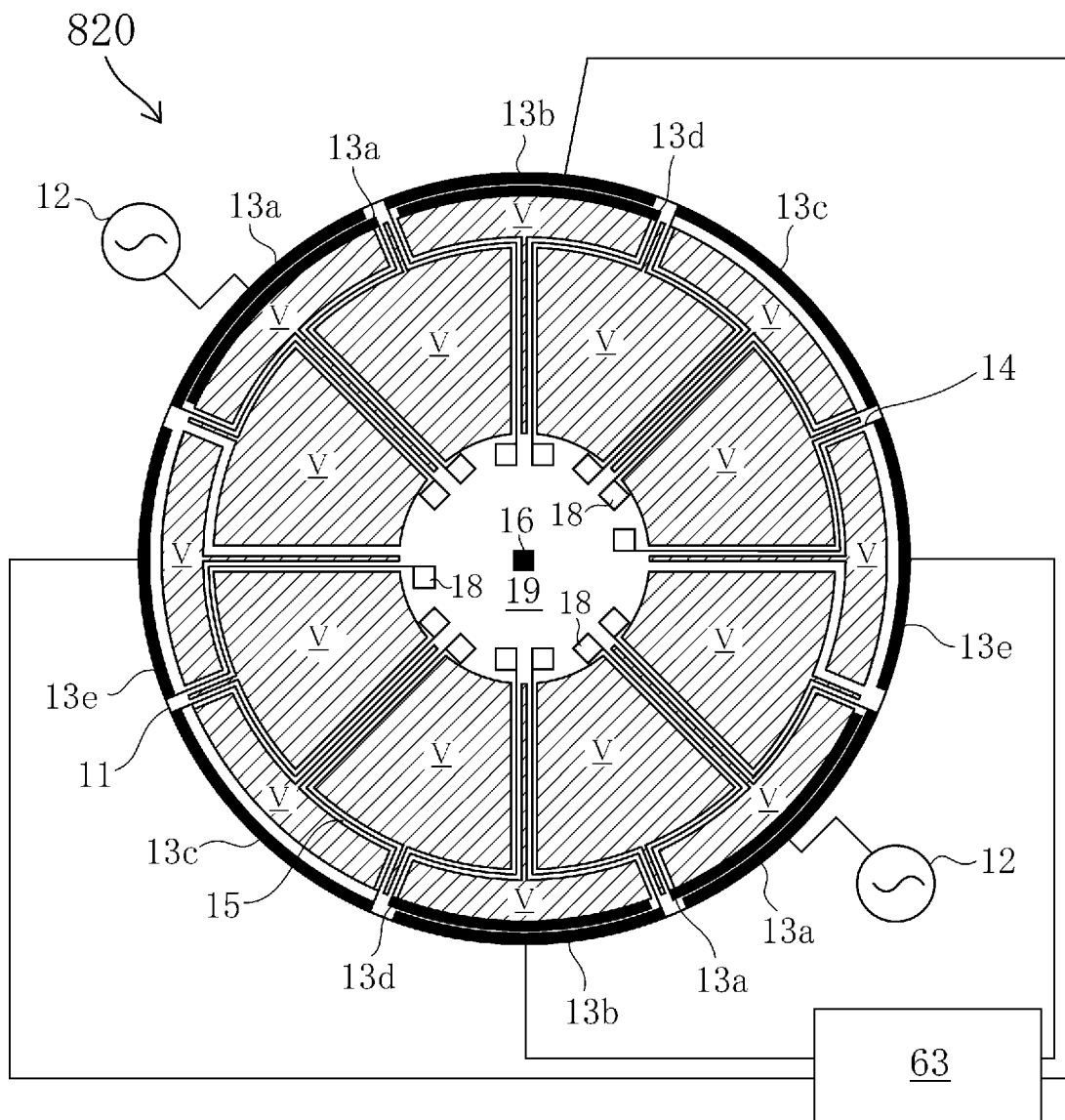
[図14B]



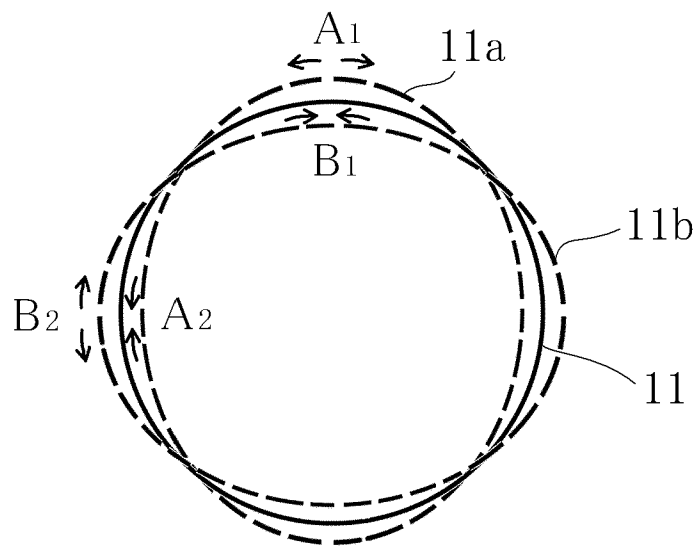
[図15]



[図16]

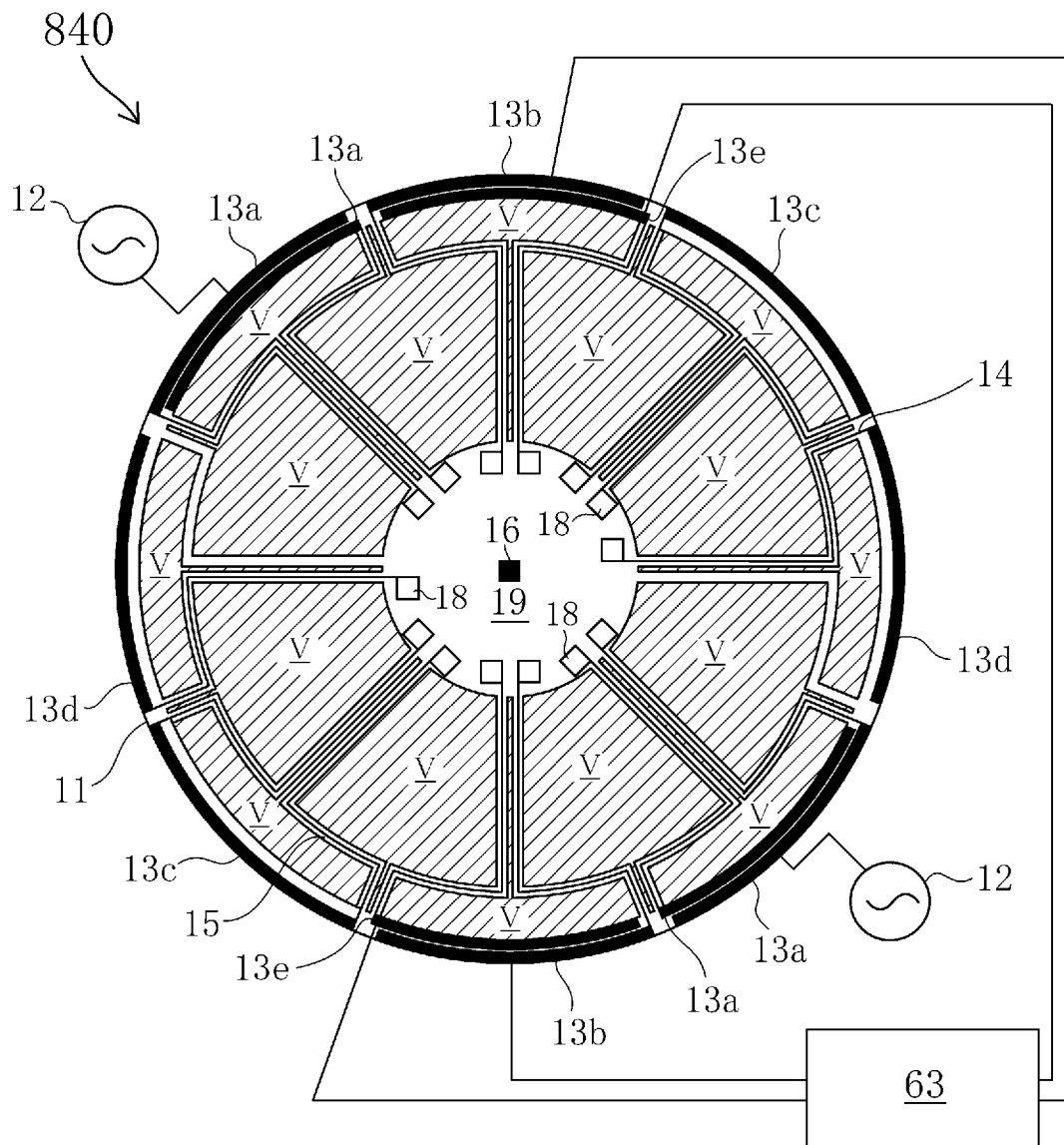


[図17]

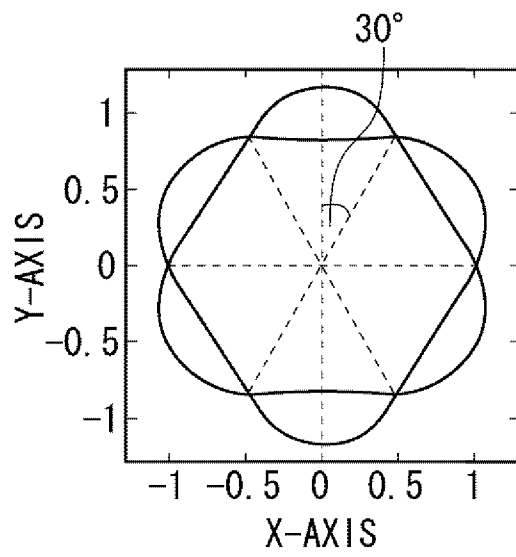


[illegible]

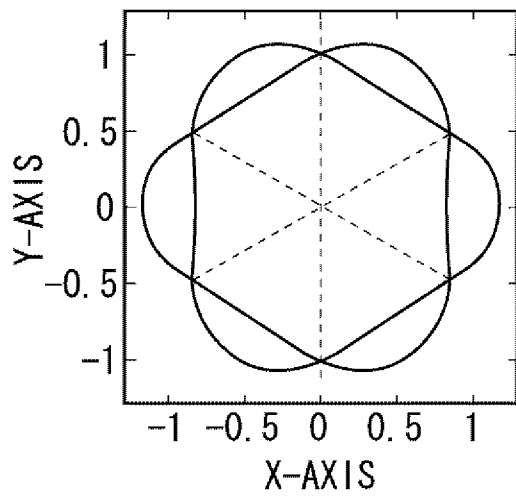
[図19]



[図21A]



[図21B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050063

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C19/56(2006.01)i, G01P9/04(2006.01)i, H01L41/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C19/00-19/72, G01P9/00-9/04, H01L41/00-41/26

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	EP 2008966 A2 (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 31 December 2008 (31.12.2008), paragraphs [0031] to [0032]; fig. 1 to 3 & US 2009/0001565 A1 & JP 2009-28891 A	1-10
Y	JP 8-68638 A (Taiyo Yuden Co., Ltd.), 12 March 1996 (12.03.1996), paragraphs [0032], [0037], [0039], [0046]; fig. 9(A1), 9(B1), 10(A3), 10(B3), 11(A1), 11(B1), 13 (Family: none)	1-10

☒ 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
29 March, 2010 (29.03.10)

Date of mailing of the international search report
06 April, 2010 (06.04.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050063

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/006597 A1 (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 19 January 2006 (19.01.2006), entire text; all drawings & US 2007/0220972 A1 & EP 1775551 A1 & CN 1985149 A & KR 10-2007-0083478 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01C19/56(2006.01)i, G01P9/04(2006.01)i, H01L41/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01C19/00-19/72, G01P9/00-9/04, H01L41/00-41/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 請求項の番号
Y	EP 2008966 A2 (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.) 2008.12.31, 段落[0031]-[0032], FIG.1-3 & US 2009/0001565 A1 & JP 2009-28891 A	1-10
Y	JP 8-68638 A (太陽誘電株式会社) 1996.03.12, 段落【0032】,【0037】,【0039】,【0046】,【 図 9(A1), (B1), 図 10(A3), (B3), 図 11(A1), (B1), 図 13 (ファミリーなし)	1-10

☒ 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

2 9 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 6 . 0 4 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大和田 有軌

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

2 S

3 0 0 4

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 請求項の番号
A	WO 2006/006597 A1 (住友精密工業株式会社) 2006. 01. 19, 全文, 全図 & US 2007/0220972 A1 & EP 1775551 A1 & CN 1985149 A & KR 10-2007-0083478 A	1-10