

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5384406号
(P5384406)

(45) 発行日 平成26年1月8日 (2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日 (2013.10.11)

(51) Int.Cl.

F I

H03H 3/02 (2006.01)

H03H 3/02 B

H03H 9/19 (2006.01)

H03H 9/19 J

H03H 9/215 (2006.01)

H03H 9/215

H01L 41/09 (2006.01)

H01L 41/08 C

H01L 41/18 (2006.01)

H01L 41/08 L

請求項の数 4 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-76503 (P2010-76503)
 (22) 出願日 平成22年3月30日 (2010.3.30)
 (65) 公開番号 特開2011-211452 (P2011-211452A)
 (43) 公開日 平成23年10月20日 (2011.10.20)
 審査請求日 平成24年1月24日 (2012.1.24)

前置審査

(73) 特許権者 000232483
 日本電波工業株式会社
 東京都渋谷区笹塚一丁目50番1号 笹塚
 NAビル
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和
 (72) 発明者 天野 芳明
 埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2
 日本電波工業株式会社狭山事業所内

審査官 ▲高▼橋 徳浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音叉型水晶振動片の製造方法、水晶デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ZカットされてX軸、Y軸及びZ軸の結晶軸を有する水晶材からなり、表裏面を有する基部と、その基部からY軸方向に伸びる一对の振動腕と、前記一对の振動腕の表裏面に前記Y軸方向に伸びる溝部とを有する音叉型水晶振動片の製造方法において、

前記水晶材に成膜された耐食膜にレジストを塗布し、前記レジストを露光して前記基部と前記振動腕と前記溝部とに対応する領域を露光するフォトリソグラフィ工程と、

前記基部と前記振動腕と前記溝部とに対応する領域の以外の前記耐食膜をエッチングし且つ前記水晶材を前記Z軸方向にエッチングして、前記音叉型水晶振動片の外形を形成する第1エッチング工程と、

前記水晶材に残っている前記耐食膜および前記レジストを除去する除去工程と、

前記除去工程後に、前記水晶材をエッチング剤に浸漬して、前記一对の振動腕と前記基部との間に形成される第1股部又は前記溝部の前記基部側の端面の少なくとも一方に前記表裏面に垂直な面を含まないように緩斜面を形成する第2エッチング工程と、

前記緩斜面を含むように前記音叉型水晶振動片に電極パターンを形成する電極パターン形成工程と、

を備える音叉型水晶振動片の製造方法。

【請求項2】

前記第1エッチング工程および前記第2エッチング工程が同じ温度および同じエッチング剤を使用し、前記第2エッチング工程のエッチング時間は、前記第1エッチング工程の

エッチング時間よりも短い請求項 1 に記載の音叉型水晶振動片の製造方法。

【請求項 3】

前記第 2 エッチング工程は、前記除去工程で露出した前記音叉型水晶振動片の表裏面全体をエッチング剤に浸漬する請求項 1 または請求項 2 に記載の音叉型水晶振動片の製造方法。

【請求項 4】

前記第 2 エッチング工程は、前記音叉型水晶振動片における前記第 1 股部又は前記端面の少なくとも一方以外をマスクで覆ってエッチング剤に浸漬する請求項 1 または請求項 2 に記載の音叉型水晶振動片の製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、一对の振動腕を有する音叉型水晶振動片の製造方法およびその音叉型水晶振動片を備える水晶デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

音叉型水晶振動片は、小型化されると C I 値（クリスタルインピーダンス）又は等価直列抵抗が大きくなってしまふ。そこで、特許文献 1 のように、音叉型水晶振動片の一对の振動腕の表裏面に溝部を形成する技術が提案されている。特許文献 1 の音叉型水晶振動片は、水晶振動片の C I 値の上昇を低く抑えることができる。その一方で、振動腕の表裏面に底面および側面を含む溝部を形成し、その底面および側面に励振電極を形成すると、振動腕の表裏面から側面へ角度が 90 度折れ曲がる箇所では励振電極に断線等が生じてしまう問題が生じていた。

20

【0003】

特許文献 2 は、この問題を解決するため、振動腕の表裏面から側面へ角度が小さく変わるように、溝部の基部側を基部に近づくにつれてその溝部の幅を狭くしている。このような溝部の形状にすることにより、振動腕の表裏面から側面への角度を緩やかにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

30

【特許文献 1】特開 2002 - 204141 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 133895 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に C I 値を低減するには、振動腕における溝部の深さを一定値以上に深くする必要がある。したがって、溝部を形成するためのエッチングを一定時間以上行う必要がある。しかし、溝部における開口部の形状を、基部側に近づくにつれて幅狭として、エッチングを行った場合、前記の一定時間が経過すると、溝部における振動腕の表裏面から側面へ角度は 90 度近くなる場合があるという問題があった。

40

【0006】

本発明は、振動腕の表裏面から側面へ角度が緩やかな音叉型水晶振動片の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

第 1 観点の音叉型水晶振動片の製造方法において、音叉型水晶振動片は水晶材からなり、表裏面を有する基部と、その基部から Y 軸方向に伸びる一对の振動腕と、一对の振動腕の表裏面に Y 軸方向に伸びる溝部とを有する。この音叉型水晶振動片の製造方法は、水晶材に成膜された耐食膜にレジストを塗布しレジストを露光して基部と振動腕と溝部とに対応する領域を露光するフォトリソグラフィ工程と、基部と振動腕と溝部とに対応する領域

50

の以外の耐食膜をエッチングし且つ水晶材をエッチングして音叉型水晶振動片の外形を形成する第1エッチング工程と、水晶材に残っている耐食膜およびレジストを除去する除去工程と、除去工程後に水晶材をエッチング剤に浸漬して一对の振動腕と基部との間に形成される第1股部又は溝部の基部側の端面の少なくとも一方をエッチングする第2エッチング工程とを備える。

【0008】

第2観点の音叉型水晶振動片の製造方法において、第1エッチング工程および第2エッチング工程が同じ温度および同じエッチング剤を使用し、第2エッチング工程のエッチング時間は、第1エッチング工程のエッチング時間よりも短い。

【0009】

第3観点の音叉型水晶振動片の製造方法において、第2エッチング工程は除去工程で露出した音叉型水晶振動片の表裏面全体をエッチング剤に浸漬する。

【0010】

第4観点の音叉型水晶振動片の製造方法において、第2エッチング工程は音叉型水晶振動片における第1股部又は端面の少なくとも一方以外をマスクで覆ってエッチング剤に浸漬する。

【0011】

第5観点の圧電デバイスは、第1観点から第4観点のいずれか一項により製造された音叉型圧電振動片を収納するキャビティを有するパッケージを備える。

【0012】

第6観点の圧電デバイスは、第1凹み部を有するリッド板と第2凹み部を有するベース板とを備え、第1観点から第4観点のいずれか一項により製造された音叉型圧電振動片をリッド板とベース板とで挟み込む。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、振動腕の表裏面から股部又は溝部の基部側の端面への角度が緩やかな音叉型水晶振動片の製造方法を提供できる。また、フォトリソグラフィ工程での光が角度の緩やかな股部又は端面に露光されるため、不要な金属膜が残って電氣的な短絡が生じるという問題が発生しない。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1音叉型水晶振動片10Aの斜視図である。

【図2】図1のA-A断面図である。

【図3】図1のB-B断面図である。

【図4】図1の点線Cに囲まれた部分を+Z側から見た拡大平面図である。

【図5】図1のD-D断面図である。

【図6】第1音叉型水晶振動片10Aの製造方法を示したフローチャートである。

【図7】第1音叉型水晶振動片半製品10A-sを示した平面図である。

【図8】(a)は、第1音叉型水晶振動片10Aの外形を形成する円形的水晶ウエハ20-1を示した平面図である。(b)は、第1音叉型水晶振動片10Aの外形を形成する矩形の水晶ウエハ20-2を示した平面図である。

【図9】第2音叉型水晶振動片10Bの平面図である。

【図10】図9の破線Gに囲まれた部分の拡大図である。

【図11】第3音叉型水晶振動片10Cの平面図である。

【図12】第1変形例における第2音叉型水晶振動片半製品10B-sを示した平面図である。

【図13】第2変形例における第3音叉型水晶振動片半製品10C-sを示した平面図である。

【図14】第3変形例の第4音叉型水晶振動片10Dを示した平面図である。

【図15】第4変形例の第5音叉型水晶振動片10Eを示した平面図である。

10

20

30

40

50

【図16】(a)は、第1音叉型圧電振動片10Aを備えた圧電振動子100の側面図である。(b)は、第4音叉型圧電振動片10Dを備えた圧電振動子200の側面図である。

【図17】(a)は、第5音叉型圧電振動片10Eを備えた圧電振動子300の分解斜視図である。(b)は、第5音叉型圧電振動片10Eを備えた圧電振動子300のK-K断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の各実施形態について図面を参照しながら説明する。

以下の各実施形態において、水晶の結晶軸に合わせて振動腕が伸びる方向をY軸方向とし、振動腕の腕幅方向をX軸方向とし、そのX軸およびY軸方向と直交する方向をZ軸方向とする。

【0016】

(第1実施形態)

<第1音叉型水晶振動片10Aの全体構成>

図1は、第1音叉型水晶振動片10Aの斜視図である。なお、図1において第1音叉型水晶振動片10Aの+Z側の面を「表面Me」とし、-Z側の面を「裏面Mi」とする。また、第1音叉型水晶振動片10Aは、表面Meから見た形状と裏面Miから見た形状とが同じであるため、表面Meから見た第1音叉型水晶振動片10Aの斜視図を一例として説明する。同様に、以降に言及される平面図においても、基本的に表面Meから見た平面図のみを一例として説明する。

【0017】

図1に示された第1音叉型水晶振動片10Aは、例えば32.768kHzで振動し、極めて小型となっている。例えば、第1音叉型水晶振動片10AのY軸方向の全体長さが1.7mm程度、X軸方向の全体幅が0.5mm程度、Z軸方向の厚さが0.4mm程度である。また、第1音叉型水晶振動片10Aはほぼ矩形状の基部11と、基部11から+Y軸方向に伸びて形成されている一对の振動腕12Aとを有している。また、一对の振動腕12Aの+Y側の先端にはX軸方向の幅が振動腕12Aより大きく形成された拡幅部(不図示)がそれぞれ形成されてもよい。拡幅部は第1音叉型水晶振動片10Aの一对の振動腕12Aを振動しやすくすることができる。

【0018】

一对の振動腕12Aの表面Me及び裏面Miには、その表面Me及び裏面Miから凹んだY軸方向に伸びる溝部13Aがそれぞれ形成されているので、振動腕12AのA-A断面はほぼ「H」型(図2を参照)となっている。溝部13Aについては、以降の図2~図4で詳しく説明する。

【0019】

基部11の-Y側の両隅には互いに極性の異なる(図1では斜線及び網状線で示す)矩形状の基部電極111がそれぞれ形成される。一对の溝部13Aには互いに極性が異なる溝部励振電極131がそれぞれ形成されている。また、-X側の振動腕12AのX軸方向の両外側には極性が同じ側面励振電極121がそれぞれ形成され、+X側の振動腕12AのX軸方向の両外側には-X側の振動腕12Aの側面励振電極121と極性の異なる側面励振電極121がそれぞれ形成されている。一对の振動腕12Aの+Y軸側の先端には振動腕12Aの両外側の側面励振電極121を接続させる金属膜151がそれぞれ形成されている。

【0020】

また、基部電極111は接続電極141を介して側面励振電極121、溝部励振電極131にそれぞれ接続されている。このような構成によって、基部電極111は、側面励振電極121及び溝部励振電極131に導電している。また、基部電極111が導電性接着剤116(図16(a)を参照)を介して外部電極118(図16(a)を参照)に接続されれば、外部電極118と側面励振電極121及び溝部励振電極131とがそれぞれ導

10

20

30

40

50

電し、第1音叉型水晶振動片10Aの振動腕12Aは励振する。

【0021】

また各電極パターンは、50オングストローム～700オングストロームのクロム(Cr)層の上に200オングストローム～3000オングストロームの金(Au)層が形成された構成になっている。クロム(Cr)層の代わりに、タングステン(W)層、ニッケル(Ni)層又はチタン(Ti)層を使用してもよく、また金(Au)層の代わりに、銀(Ag)層を使用してもよい。

【0022】

<溝部13Aの構成>

図1に示されたように、一对の溝部13Aは底面M1と、その底面M1に接続された第1長側面M21(図2を参照)、第2長側面M22、第1短側面M31及び第2短側面M32とをそれぞれ有している。なお、Y軸方向に伸びた第1長側面M21(図2を参照)は底面M1の+X側に設けられ、Y軸方向に伸びた第2長側面M22は底面M1の-X側に設けられている。また、第1短側面M31は底面M1の-Y側に設けられ、第2短側面M32は底面M1の+Y側に設けられる。

【0023】

図2は、図1のA-A断面図である。図2に示されたように溝部13Aが第1音叉型水晶振動片10Aの表面Me及び裏面Miから凹んで形成されているので、振動腕12AのA-A断面はほぼ「H」型となっている。また図2において、溝部13AはウエットエッチングによりZ軸方向で第1音叉型水晶振動片10Aの表面Me及び裏面Miから中央に向かって幅狭くなるように形成されている。また、溝部13Aの深さW2は、第1音叉型水晶振動片10Aの厚さW1の約35～45%である。

【0024】

ここで、溝部励振電極131と側面励振電極121とに交番電圧を印加すれば、溝部励振電極131と側面励振電極121との間で電界Exが矢印方向に沿って発生する。この電界Exは振動腕12A内で電極に垂直に、すなわち直線的に働くので、電界Exが大きくなる。その結果、第1音叉型水晶振動片10Aを小型化した場合でも等価直列抵抗の小さい水晶振動片が得られる。

【0025】

図3は、図1のB-B断面図である。振動腕12A内に形成される溝部13Aはウエットエッチングにより形成される。基部11側の第1短側面M31は表面Me又は裏面Miに対して所定の傾斜角度1に傾いて形成された緩斜面となり、振動腕12Aの先端側の第2短側面M32は表面Me又は裏面Miに対して所定の傾斜角度2に傾いて形成された緩斜面となる。ここで、傾斜角度1は120°～160°程度であることが好ましい。第1短側面M31は、ウエットエッチングで溝部13Aが形成された後再びウエットエッチングされることで緩斜面になる。

【0026】

このような構成によれば、溝部13Aに溝部励振電極131を形成する際、エッジ部分E(後述する第1短辺S11、第2短辺S12及び第3短辺S13)において電極用金属膜の上にフォトレジストを均一の厚さで塗布することができる。またフォトリソグラフィで電極を形成する際に、紫外線が金属膜に照射されやすい。したがって、完成した電極パターンは断線などが発生することが少なくなる。

【0027】

図4は、図1の点線Cに囲まれた部分を+Z側から見た拡大平面図である。図を見やすくするために、各電極は図4では描かれていない。図4に示されたように、第1長側面M21と表面MeとはY軸方向に伸びた第1長辺L11で交差し、第2長側面M22と表面MeとはY軸方向で伸びた第2長辺L12で交差する。また、第1短側面M31と表面Meとは、第1長辺L11に接続された第1短辺S11で交差し、第2長辺L12に接続された第2短辺S12で交差し、第1短辺S11と第2短辺S12とを連結するX軸方向に

伸びた第3短辺S13で交差する。

【0028】

ここで、第1長辺L11と第1短辺S11とからなす第1角度 1は第2長辺L12と第2短辺S12とからなす第2角度 2より小さい。

【0029】

<第1股部14Aの構成>

以下、第1股部14Aについて、図4及び図5を参照しながら詳しく説明する。図4に示されたように、第1股部14Aは一对の振動腕12A及び基部11により構成されている。

【0030】

図5は、図1のD-D断面図である。図5に示された第1股部14Aは、表面Me及び裏面MiからZ軸方向の中央に斜めに伸びた2つの股部面M41と、この2つの股部面M41が第1音叉型水晶振動片10Aの厚さ方向のほぼ中央位置で交差するように形成された第1境界辺Sbとを有している。ここで、股部面M41と表面Me及び裏面Miとからなす傾斜角度 3は120°～160°程度であることが好ましい。股部面M41は、ウエットエッチングで第1股部14Aが形成された後、再びウエットエッチングされることで緩斜面になる。

【0031】

このような構成によれば、第1股部14Aに接続電極141を形成する際、エッジ部分E（後述する第1股部辺S14、第2股部辺S15及び第3股部辺S16）において電極用金属膜の上にフォトレジストを均一の厚さで塗布することができ、フォトリソグラフィの紫外線も照射しやすい。したがって、完成した電極パターンは断線などが発生することが少なくなる。

【0032】

図4に戻り第1股部14Aを引き続き説明する。股部面M41と表面Meとは第1股部辺S14、第2股部辺S15及び第3股部辺S16で交差する。ここで、第1股部辺S14とY軸とからなす第1鈍角 3は第2股部辺S15とY軸とからなす第2鈍角 4より小さい。

【0033】

<第1音叉型水晶振動片10Aの製造方法>

第1音叉型水晶振動片10Aの製造方法について、図6～図8を参照しながら説明する。図6は、第1音叉型水晶振動片10Aの製造方法を示したフローチャートである。図7は、第1音叉型水晶振動片半製品10A-sを示した平面図である。図8(a)は第1音叉型水晶振動片10Aの外形を形成する円形的水晶ウエハ20-1を示した平面図で、図8(b)は第1音叉型水晶振動片10Aの外形を形成する矩形の水晶ウエハ20-2を示した平面図である。

【0034】

図6に示されたステップS111において、まずZカットされた水晶ウエハ20（図8を参照。ただし、図8は第1音叉型水晶振動片10Aが形成された後のウエハが描かれている。）が用意される。ここで水晶ウエハ20は鏡面状に研磨された円形又は矩形のウエハである。そして、スパッタリングもしくは蒸着などの手法により、水晶ウエハ20の全面に耐食膜としての金属膜が形成する。耐食膜としてクロム（Cr）層の上に金（Au）層を重ねた金属膜が使用される。

【0035】

ステップS112において、耐食膜を形成した水晶ウエハ20に、全面にスピンコートなどの手法でフォトレジスト層が均一に塗布される。フォトレジスト層としては、たとえば、ノボラック樹脂によるポジフォトレジストが使用される。

【0036】

ステップS113において、露光装置（図示しない）を用いて、フォトマスクに描かれた第1音叉型水晶振動片10Aの外形パターンをフォトレジスト層が塗布された水晶ウエ

10

20

30

40

50

ハ 2 0 の両面に露光する。露光されたフォトレジストは、現像することで除去される。フォトレジスト層から露出した金属層を、たとえばヨウ素とヨウ化カリウムの水溶液を用いて、金属層をエッチングする。次いで、金属層が除去されて露出したクロム層を、たとえば硝酸第二セリウムアンモニウムと酢酸との水溶液でエッチングする。これらのウエットエッチングは水溶液の濃度、温度および水溶液に浸している時間を調整して余分な箇所が侵食されないようにする。その後、露出された水晶ウエハ 2 0 を第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A の平面外形（溝部なし）が形成されるようにウエットエッチング剤に浸漬させてウエットエッチングする。ここで水晶ウエハ 2 0 に対するウエットエッチングにより、図 7 の実線で示されたように、股部と表面 M e との交差辺が一直線となっている第 1 股部半製品 1 4 A - s が形成される。

10

【 0 0 3 7 】

ステップ S 1 1 4 において、ウエットエッチングされた水晶ウエハ 2 0 全面にフォトレジスト層がスプレーなどの手法で均一に塗布される。

【 0 0 3 8 】

ステップ S 1 1 5 において、露光装置（図示しない）を用いて、フォトレジスト層が塗布された水晶ウエハ 2 0 の両面にフォトマスクに描かれた溝部半製品 1 3 A - s（図 7 の実線を参照）のパターンが露光される。フォトマスクに描かれた溝部半製品 1 3 A - s のパターンは Z 方向から見て長方形である。その後、フォトレジスト層から露出した金属層が、ウエットエッチングされる。次いで、金属層が除去されて露出したクロム層がウエットエッチングされる。そして、露出された水晶ウエハ 2 0 がウエットエッチングされて図 7 の実線に示されたような溝部半製品 1 3 A - s が形成される。以上の工程によって、図 7 の実線に示されたように溝部半製品 1 3 A - s 及び第 1 股部半製品 1 4 A - s を有している第 1 音叉型水晶振動片半製品 1 0 A - s が形成される。

20

【 0 0 3 9 】

次にステップ S 1 1 6 において、第 1 音叉型水晶振動片半製品 1 0 A - s に残った耐食膜及びフォトレジストが除去される。これにより第 1 音叉型水晶振動片半製品 1 0 A - s 全体に耐食膜が無い状態となる。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 1 7 において、第 1 音叉型水晶振動片半製品 1 0 A - s 全体がマスクなしでウエットエッチング剤に浸漬させられてウエットエッチングされる。なお、ステップ S 1 1 7 ではステップ S 1 1 3 または S 1 1 5 と同じ温度および同じバッファードフッ酸、又はフッ酸を用いてエッチングするが、そのエッチング時間がステップ S 1 1 3 または S 1 1 5 のエッチング時間より短い。これにより、第 1 音叉型水晶振動片半製品 1 0 A - s 全体がエッチングされ、溝部 1 3 A 及び第 1 股部 1 4 A は図 4 で示された形状になる。

30

【 0 0 4 1 】

ここで、第 1 音叉型水晶振動片半製品 1 0 A - s 全体をマスクなしでウエットエッチング剤に浸してウエットエッチングするが、図 7 の破線 F に示された部分のみに対してウエットエッチングされるようにゴム製のマスクを用いて図 7 の点線に示された溝部 1 3 A 及び第 1 股部 1 4 A（図 4 を参照）を形成してもよい。

【 0 0 4 2 】

40

以上の工程を経て、図 8（a）又は図 8（b）に示されたような水晶ウエハ 2 0 - 1、2 0 - 2 が形成される。円形的水晶ウエハ 2 0 - 1 において、第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A を 3 個 1 ブロックとして、1 3 ブロック配置した状況を示している。円形的水晶ウエハ 2 0 - 1 は、軸方向が特定できるように、水晶ウエハ 2 0 - 1 の周辺部の一部には、水晶の結晶方向を特定するオリエンテーションフラット 2 1 c が形成されている。なお、説明の都合上水晶ウエハ 2 0 - 1 には 3 9 個の第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A が描かれているが、実際には水晶ウエハ 2 0 - 1 に数百数千もの第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A が形成される。また矩形の水晶ウエハ 2 0 - 2 も同様である。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 1 1 8 において、溝部 1 3 A 及び第 1 股部 1 4 A が形成された水晶ウエハ 2

50

0 が純水で洗浄される。そして、基部電極 1 1 1、側面励振電極 1 2 1、溝部励振電極 1 3 1、接続電極 1 4 1 及び金属膜 1 5 1 (図 1 を参照) を形成するため、蒸着またはスパッタリング等の手法により例えば Au/Cr などの電極用金属膜が水晶ウエハ 2 0 に形成される。そして、電極用金属膜の上に均一にフォトレジストが塗布される。

【0044】

ここで、ステップ S 1 1 7 のウエットエッチングにより溝部 1 3 A 及び第 1 股部 1 4 A に、緩斜面となる第 1 短側面 M 3 1 (図 3 を参照) 及び股部面 M 4 1 (図 5 を参照) が形成されている。それらのエッジ部分 E (図 3 及び図 5 を参照) にフォトレジストを均一の厚さで塗布することができる。

【0045】

次に、各電極パターンと対応したフォトマスクが用意され、各電極パターンをフォトレジスト層が塗布された水晶ウエハ 2 0 に露光する。ここで、各電極パターンは第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A の両面に形成される。エッジ部分 E (図 3 及び図 5 を参照) が鈍角であるため、フォトレジストに紫外線が適切に照射される。フォトレジスト層を現像後、感光したフォトレジスト層が除去される。残るフォトレジストは電極パターンと対応したフォトレジスト層になる。さらに電極となる金属膜のウエットエッチングが行われる。これにより、第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A の表裏面には基部電極 1 1 1、側面励振電極 1 2 1、溝部励振電極 1 3 1、接続電極 1 4 1 及び金属膜 1 5 1 (図 1 を参照) が形成される。エッジ部分 E (図 3 及び図 5 を参照) が鈍角であるため、断線などのない電極パターンが形成される。

【0046】

ステップ S 1 1 9 において、ダイシングソーで第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A を単位として水晶ウエハ 2 0 が切断され、図 1 に示された第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A が完成する。

【0047】

(第 2 実施形態)

図 9 は、第 2 実施形態の第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B を示す。第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B は、溝部 1 3 B 及び第 1 股部 1 4 B を除いた他の部分は第 1 実施形態と同じである。以下、第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の溝部 1 3 B 及び第 1 股部 1 4 B について、図 9 及び図 1 0 を参照しながら説明する。

【0048】

< 溝部 1 3 B の構成 >

図 9 は、第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の平面図である。図 1 0 は、図 9 の破線 G に囲まれた部分の拡大図である。また、図 9 及び図 1 0 では理解を助けるため電極が図示されていない。

【0049】

まず、振動腕 1 2 B の溝部 1 3 B は、底面 M 1 と、その底面 M 1 に接続された第 1 長側面 M 2 1、第 2 長側面 M 2 2、第 1 短側面 M 6 1 及び第 2 短側面 M 6 2 とをそれぞれ有している。なお、第 1 長側面 M 2 1 は底面 M 1 の + X 側に設けられ Y 軸方向に沿って伸び、第 2 長側面 M 2 2 は底面 M 1 の - X 側に設けられ Y 軸方向に沿って伸びている。また、第 1 短側面 M 6 1 は底面 M 1 の - Y 側に設けられ、第 2 短側面 M 6 2 は底面 M 1 の + Y 側に設けられる。

【0050】

また、第 1 長側面 M 2 1 と表面 M e とは Y 軸方向に伸びた第 1 長辺 L 1 1 で交差し、第 2 長側面 M 2 2 と表面 M e とは Y 軸方向で伸びた第 2 長辺 L 1 2 で交差する。また、第 1 短側面 M 6 1 と表面 M e とは、第 1 長辺 L 1 1 に接続された第 1 短辺 S 2 1 と、第 2 長辺 L 1 2 に接続された第 2 短辺 S 2 2 とで交差する。

【0051】

また、図 1 0 に示されたように第 1 長辺 L 1 1 と第 1 短辺 S 2 1 とからなす第 1 角度 5 は第 2 長辺 L 1 2 と第 2 短辺 S 2 2 とからなす第 2 角度 6 より小さい。

【0052】

10

20

30

40

50

< 第 1 股部 1 4 B の構成 >

図 9 に示されたように、第 1 股部 1 4 B は表面 M e 及び裏面 M i から Z 軸方向の中央に伸びた 2 つの股部面 M 7 1 と、その 2 つの股部面 M 7 1 が第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の厚さ方向のほぼ中央で交差するように形成された第 1 境界辺 S b とを有している（図 5 を参照）。また、股部面 M 7 1 と表面 M e とは第 1 股部辺 S 2 4 及び第 2 股部辺 S 2 5 で交差する。

【 0 0 5 3 】

また、図 1 0 に示されたように第 1 股部辺 S 2 4 と Y 軸とからなす第 1 鈍角 7 は第 2 股部辺 S 2 5 と Y 軸とからなす第 2 鈍角 8 より小さい。

【 0 0 5 4 】

< 第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の製造方法 >

第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の製造方法において、図 6 のステップ S 1 1 7 を除いた他のステップは第 1 音叉型水晶振動片 1 0 A の製造方法と同じであるため、ステップ S 1 1 7 のみについて説明する。

【 0 0 5 5 】

図 6 に示されたステップ S 1 1 7 において、図 9 に示された溝部 1 3 B 及び第 1 股部 1 4 B が形成する。ここで、第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B 全体をマスクなしでウエットエッチング剤に浸漬させてウエットエッチングしてもよいしマスクを用いて一部のみがウエットエッチング剤に浸漬させて、溝部 1 3 B 及び第 1 股部 1 4 B を形成してもよい。

【 0 0 5 6 】

(第 3 実施形態)

図 1 1 は、第 3 実施形態の第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C を示す。第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C は、溝部 1 3 C を除いた他の部分が第 1 実施形態と同じである。以下、第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C の溝部 1 3 C のみについて、図 1 1 を参照しながら説明する。

【 0 0 5 7 】

< 溝部 1 3 C の構成 >

図 1 1 に示されたように、一对の振動腕 1 2 C に設けられた溝部 1 3 C は - Y 側の第 1 溝部ユニット 1 3 C a 及び + Y 側の第 2 溝部ユニット 1 3 C b にそれぞれ分けて形成される。この構成は、一对の振動腕 1 2 C の強度を強化することができる。

【 0 0 5 8 】

詳しく説明すると、第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C の第 1 溝部ユニット 1 3 C a は底面 M 1 1 と、その底面 M 1 1 に接続された第 1 長側面 M 2 3、第 2 長側面 M 2 4、第 1 短側面 M 8 1 及び第 2 短側面 M 8 2 とをそれぞれ有している。

【 0 0 5 9 】

Y 軸方向に伸びた第 1 長側面 M 2 3 は底面 M 1 1 の + X 側に設けられ、Y 軸方向に沿って伸びた第 2 長側面 M 2 4 は底面 M 1 1 の - X 側に設けられている。また、第 1 短側面 M 8 1 は底面 M 1 1 の - Y 側に設けられ、第 2 短側面 M 8 2 は底面 M 1 1 の + Y 側に設けられている。

【 0 0 6 0 】

第 1 長側面 M 2 3 と表面 M e とは Y 軸方向に伸びた第 1 長辺 L 2 1 で交差し、第 2 長側面 M 2 4 と表面 M e とは Y 軸方向で伸びた第 2 長辺 L 2 2 で交差する。また、第 1 短側面 M 8 1 と表面 M e とは、第 1 長辺 L 2 1 に接続された第 1 短辺 S 3 1 と、第 2 長辺 L 2 2 に接続された第 2 短辺 S 3 2 と、第 1 短辺 S 3 1 と第 2 短辺 S 3 2 とを連結する X 軸方向に伸びた第 3 短辺 S 3 3 とで交差する。

【 0 0 6 1 】

ここで、第 1 長辺 L 2 1 と第 1 短辺 S 3 1 とからなす第 1 角度 9 は第 2 長辺 L 2 2 と第 2 短辺 S 3 2 とからなす第 2 角度 10 より小さい。

【 0 0 6 2 】

また、第 2 短側面 M 8 2 と表面 M e とは、第 1 長辺 L 2 1 に接続された第 4 短辺 S 4 1 と、第 2 長辺 L 2 2 に接続された第 5 短辺 S 4 2 と、第 4 短辺 S 4 1 と第 5 短辺 S 4 2 と

10

20

30

40

50

を連結するX軸方向に伸びた第6短辺S43とで交差する。

【0063】

ここで、第1長辺L21と第4短辺S41とからなす第3角度 11は第2長辺L22と第5短辺S42とからなす第4角度 12より小さい。

【0064】

また図11に示されたように、第3音叉型水晶振動片10Cの第2溝部ユニット13Cbは底面M12と、その底面M12に接続された第1長側面M25、第2長側面M26、第1短側面M91及び第2短側面M92とをそれぞれ有している。

【0065】

第1長側面M25と表面MeとはY軸方向に伸びた第1長辺L31で交差し、第2長側面M26と表面MeとはY軸方向で伸びた第2長辺L32で交差する。また、第1短側面M91と表面Meとは、第1長辺L31に接続された第1短辺S51と、第2長辺L32に接続された第2短辺S52と、第1短辺S51と第2短辺S52とを連結するX軸方向に伸びた第3短辺S53とで交差する。

10

【0066】

ここで、第1長辺L31と第1短辺S51とからなす第1角度 13は第2長辺L32と第2短辺S52とからなす第2角度 14より小さい。このため、第1短辺S51と第2短辺S52とを連結しX軸方向に伸びた第3短辺S53の垂直二等分線Gxは、振動腕12CのX軸方向での中心線Bxより-X側にずれている。

【0067】

20

上述のように、第3音叉型水晶振動片10Cにおいて、第1溝部ユニット13Caの第1短側面M81、第2短側面M82及び第2溝部ユニット13Cbの第1短側面M91は表面Meとの角度が120°～160°である緩斜面を形成する。第1溝部ユニット13Ca及び第2溝部ユニット13Cbに溝部励振電極(図示しない)を形成する際、エッジ部分(図3を参照)に電極用金属膜の上にフォトレジストを均一の厚さで塗布することができ、またフォトレジストに紫外線を照射しやすい。このため、完成した電極パターンは断線などが生じることが極めて少ない。

【0068】

また、第3実施形態では短側面と表裏面とが第1短辺、第2短辺及び第3短辺で交差する場合について説明したが、第2実施形態で説明されたように短側面と表裏面とが第1短辺及び第2短辺のみで交差してもよい。また、第3実施形態では股部面が第1実施形態で説明された第1股部14Aの形状となっているが、第2実施形態で説明された第1股部14Bの形状となってもよい。

30

【0069】

<第3音叉型水晶振動片10Cの製造方法>

第3音叉型水晶振動片10Cの製造方法において、図6のステップS115～S117を除いた他のステップは第1音叉型水晶振動片10Aの製造方法と同じである。

【0070】

図6に示されたステップS115において、露光装置(図示しない)を用いて、フォトマスクに描かれた矩形の第1溝部ユニット13Ca及び第2溝部ユニット13Cbの半製品(図示しない)のパターンがフォトレジスト層が塗布された水晶ウエハ20の両面に露光される。次にフォトレジスト層から露出した金属層がウエットエッチングされる。次いで、金属層が除去されて露出したクロム層がウエットエッチングされる。そして、露出された水晶ウエハ20がウエットエッチングされ、矩形の第1溝部ユニット13Ca及び第2溝部ユニット13Cbの半製品(図示しない)が形成される。

40

【0071】

ステップS116において、第3音叉型水晶振動片10Cの半製品(図示しない)に残った耐食膜及びフォトレジストが除去される。

ステップS117において、第3音叉型水晶振動片10Cの半製品(図示しない)全体がマスクなしでウエットエッチング剤に浸漬してウエットエッチングされる。これにより

50

、図 1 1 に示された溝部 1 3 C 及び第 1 股部 1 4 A が形成される。なお、図 1 1 に示された第 1 溝部ユニット 1 3 C a の第 1 短側面 M 8 1、第 2 短側面 M 8 2 及び第 2 溝部ユニット 1 3 C b の第 1 短側面 M 9 1 部分のみに対してウエットエッチングされるようにマスクを用いて図 1 1 に示された溝部 1 3 C 及び第 1 股部 1 4 A を形成してもよい。

【 0 0 7 2 】

(第 1 変形例)

ここまで説明された第 1 ~ 第 3 実施形態の水晶振動片は、図 7 の実線で示されたように、その溝部の形状が矩形となっている。しかし、図 6 のステップ S 1 1 1 ~ S 1 1 5 を経て形成される溝部の形状は矩形に限られない。以下、第 2 実施形態の第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の変形例を一例として、第 1 変形例を説明する。図 1 2 は、第 1 変形例における第 2 音叉型水晶振動片半製品 1 0 B - s を示した平面図である。

10

【 0 0 7 3 】

図 6 で説明されたステップ S 1 1 3 までの工程により形成された第 1 股部半製品 1 4 B - s と表面 M e との交差形状は、図 1 2 の実線に描かれたように円弧状 (U 字型) となっている。これは第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B の外形パターンを形成される際のフォトマスクが、円弧状に形成されているからである。なお、ステップ S 1 1 3 までの工程では、図 1 2 に示された溝部半製品 1 3 B - s は形成されておらず、第 2 音叉型水晶振動片 1 0 B は平面形状である。

【 0 0 7 4 】

また、ステップ S 1 1 5 の工程により溝部半製品 1 3 B - s の短辺側は円弧状 (U 字型) に形成される。つまり、溝部半製品 1 3 B - s と表面 M e との交差形状は、図 1 2 の実線に描かれたように、 Y 軸方向の両側状が円弧で X 軸方向の両側が直線である角丸長方形となっている。フォトマスクの溝パターン形状が円弧に形成されているためである。

20

【 0 0 7 5 】

その後、図 1 2 の実線に示された状態でステップ S 1 1 7 を行い、図 1 2 の点線に示されたような溝部 1 3 B 及び第 1 股部 1 4 B を形成する。

【 0 0 7 6 】

また、第 1 変形例は第 2 実施形態の変形例となっているが、第 1 実施形態にも適用される。すなわち、図 6 で説明されたステップ S 1 1 3 及び S 1 1 5 において図 1 2 に示された第 1 股部半製品 1 4 B - s 及び溝部半製品 1 3 B - s を形成した状態で、ステップ S 1 1 7 を行って第 1 実施形態で説明された溝部 1 3 A 及び第 1 股部 1 4 A (図 4 を参照) を形成してもよい。同様に、第 3 実施形態にも適用される。

30

【 0 0 7 7 】

(第 2 変形例)

以下、第 3 実施形態の第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C ' の変形例を一例として、第 2 変形例について説明する。図 1 3 は、第 2 変形例における第 3 音叉型水晶振動片半製品 1 0 C ' - s を示した平面図である。

【 0 0 7 8 】

図 6 で説明されたステップ S 1 1 3 までの工程により形成された第 1 股部半製品 1 4 C ' - s は図 1 3 の実線に描かれたように 2 つの直線より構成された「 V 」字型となっている。これは第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C ' の外形パターンを形成される際のフォトマスクが、「 V 」字に形成されているからである。なお、ステップ S 1 1 3 までの工程では、図 1 3 に示された溝部半製品 1 3 C ' - s は形成されておらず、第 3 音叉型水晶振動片 1 0 C ' は平面形状である。

40

【 0 0 7 9 】

また、ステップ S 1 1 5 の工程により溝部半製品 1 3 C ' - s の短辺側は図 1 3 の実線に示されたように、「 V 」字型に形成される。フォトマスクの溝パターン形状が「 V 」字弧に形成されているためである。

【 0 0 8 0 】

その後、ステップ S 1 1 7 を行い、図 1 3 の点線に示されたような溝部 1 3 C ' 及び第

50

1 股部 1 4 A を形成する。また、第 2 変形例は第 3 実施形態の変形例となっているが、第 1 実施形態及び第 2 実施形態にも適用される。

【 0 0 8 1 】

(第 3 変形例)

以下、第 3 変形例の第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D について説明する。図 1 4 は、第 3 変形例の第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D を示した平面図である。第 1 実施形態と同じ構成要件に対して同じ符号を付して説明する。

【 0 0 8 2 】

< 第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D の全体構成 >

図 1 4 に示されたように、第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D は Y 軸方向に沿って伸びた軸 A x により線対称となる。第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D はほぼ矩形状の基部 2 1 と基部 2 1 から + Y 軸方向に伸びて形成されている一对の振動腕 1 2 A を有している。一对の振動腕 1 2 A の表面には、一对の溝部 1 3 A が形成されている。

【 0 0 8 3 】

また、第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D は一对の振動腕 1 2 A の両外側に基部 2 1 から + Y 軸方向に伸びて形成されている一对の支持腕 2 2 を有している。一对の支持腕 2 2 は、振動腕 1 2 A の振動が第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D の外部へ漏れる振動漏れを小さくする効果を有する。また一对の支持腕 2 2 は、パッケージ P K (図 1 6 (b) を参照) の外部の温度変化、または衝撃の影響を受けづらくさせる効果を有する。ここで、一对の振動腕 1 2 A 同士の距離 W と、振動腕 1 2 A と支持腕 2 2 との X 軸方向の距離 W とは同じになるように構成されている。

【 0 0 8 4 】

また、支持腕 2 2 はその + Y 側の先端に、支持腕 2 2 の幅より幅広い幅広腕部 2 2 2 が形成されている。幅広腕部 2 2 2 は、パッケージ P K の連結電極 2 1 6 (図 1 6 (b) を参照) と接続される箇所である。幅広腕部 2 2 2 が広い面積を有すると導電性接着剤 2 1 5 (図 1 6 (b)) が塗布される接続領域の面積が大きくなる。これにより、接続領域がより大きくなって第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D がより確実にパッケージ P K 中に載置できる。

【 0 0 8 5 】

第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D は、X 軸方向で一对の振動腕 1 2 A の両外側に振動腕 1 2 A と支持腕 2 2 と基部 2 1 とから構成された第 2 股部 2 4 を有している。また、一对の溝部 1 3 A には互いに極性が異なる溝部励振電極 1 3 1 (図 1 4 では斜線と網状線とで示す) がそれぞれ形成される。一对の振動腕 1 2 A の X 軸方向の両外側にはそれぞれに側面励振電極 1 2 1 が形成される。

【 0 0 8 6 】

一对の支持腕 2 2 には Y 軸方向に沿って伸びた引出電極 2 2 1 が形成されている。引出電極 2 2 1 は + Y 軸方向において幅広腕部 2 2 2 まで伸び、 - Y 軸方向において基部 2 1 まで伸びている。また、引出電極 2 2 1 は接続電極 1 4 1 を介して側面励振電極 1 2 1 及び溝部励振電極 1 3 1 に接続されている。

【 0 0 8 7 】

このような構成によって、引出電極 2 2 1 は、側面励振電極 1 2 1 及び溝部励振電極 1 3 1 に導電されている。引出電極 2 2 1 が導電性接着剤 2 1 5 (図 1 6 (b) を参照) を介して外部電極 2 1 7 (図 1 6 (b) を参照) に接続されれば外部電極と励振電極とがそれぞれ導電し、第 4 音叉型圧電振動片 1 0 D の振動腕 1 2 A は振動する。

【 0 0 8 8 】

< 第 2 股部 2 4 の構成 >

図 1 4 に示された第 2 股部 2 4 は、表面 M e 及び裏面 M i から Z 軸方向の中央に斜めに伸びた 2 つの股部面 M 1 0 1 と、この 2 つの股部面 M 1 0 1 が第 4 音叉型水晶振動片 1 0 D の厚さ方向のほぼ中央位置で交差するように形成された第 2 境界辺 S b とを有している。ここで、股部面 M 1 0 1 と表面 M e 及び裏面 M i とから成す傾斜角度 (図 5 を参照) は

10

20

30

40

50

120°～160°であることが好ましい。このような構成によれば、第2股部24に接続電極141を断線なく形成できる。

【0089】

また、股部面M101と表面Meとは第4股部辺S17、第5股部辺S18及び第3股部辺S18で交差する。ここで、第4股部辺S17とY軸とからなす第3鈍角15は第5股部辺S18とY軸とからなす第4鈍角16より小さい。このため、第4股部辺S17と第5股部辺S18とを連結するX軸方向に伸びた第6股部辺S19の垂直二等分線Jxは、隣接した振動腕12A及び支持腕22間の中心線Kxより-X側にずれている。また、第3変形例の第2股部24は、第2実施形態で説明された第1股部14Bと同じ構成となってもよい。

10

【0090】

<第4音叉型水晶振動片10Dの製造方法>

第3変形例の第4音叉型水晶振動片10Dは、第1実施形態で説明された図6のステップS113で基部21、振動腕12Aおよび支持腕22を形成することができる。また、第2股部24は第1実施形態の第1股部14Aと同じ工程で形成することができる。すなわち、第1実施形態で説明された図6のステップS113及びステップS117を介して図14に示された第2股部24を形成することができる。

【0091】

(第4変形例)

以下、第4変形例の第5音叉型水晶振動片10Eについて、図15を参照しながら説明する。図15は、第4変形例の第5音叉型水晶振動片10Eを示した平面図である。第3変形例と同じ構成要件に対して同じ符号を付して説明する。

20

【0092】

図15に示されたように、第5音叉型圧電振動片10Eはほぼ第3変形例と同じ構成である。第5音叉型圧電振動片10EはX軸方向で一对の振動腕12Aの両外側に励振基部21から+Y軸方向に伸びて形成されている一对の支持腕32を有している。また、第5音叉型圧電振動片10Eはその外側に矩形状の外枠部30をさらに有している。この外枠部30は一对の支持腕32を介して励振基部21と連結されている。

【0093】

第5音叉型圧電振動片10Eにおいて、一对の支持腕32の表裏面には引出電極321が形成されている。引出電極321は、それぞれに外枠部30の一隅(+X側、+Y側)及び外枠部30の別の一隅(-X側、-Y側)まで伸びて形成される。また、引出電極321は接続電極141を介して側面励振電極121及び溝部励振電極131に接続されている。

30

【0094】

このような構成によって、引出電極321が貫通電極314(図17を参照)を介して外部電極315(図17を参照)に接続されれば外部電極315と励振電極とがそれぞれ導電し第5音叉型圧電振動片10Eの振動腕12Aは振動する。

【0095】

第4変形例の第5音叉型水晶振動片10Eの枠部30は、第1実施形態で説明された図6のステップS113で基部21、振動腕12Aなどと同時に形成することができる。

40

【0096】

(第1圧電デバイス)

第1圧電デバイスとして第1実施形態で説明された第1音叉型水晶振動片10Aを用いた圧電振動子100について説明する。図16(a)は、第1音叉型水晶振動片10Aを備えた圧電振動子100の側面図である。

【0097】

図16(a)に示されたように、圧電振動子100はベース112と、壁113と、蓋体114とにより構成されたキャビティCTを有するパッケージPKを備えている。パッ

50

ケージPKは第1音叉型水晶振動片10AをキャビティCT内に収納している。ベース112及び壁113は、例えば圧電体、セラミック又はガラスなどで形成されている。また、蓋体114は、圧電体、Fe-Ni-Co合金(コバール)などの平板状の金属、又はガラスなどにより構成される。キャビティCT内は窒素ガスや真空などでシーム溶接などの手法により気密的に封止する。

【0098】

また、ベース112の-Y側にはベース112及び壁113に接触するように台座115が設けられている。台座115もベース112及び壁113と同じに圧電体、セラミック又はガラスなどで形成される。また、第1音叉型水晶振動片10Aは基部11を台座115に載置し導電性接着剤116を介して台座115に固定される。

10

【0099】

基部11に形成された基部電極111(図1を参照)は、導電性接着剤116及び連結電極117を介して外部電極118にそれぞれ接続されている。連結電極117はベース112と壁113との間を通過してベース112の底面に設けられた一対の外部電極118に接続される。このような構成にすれば、一対の外部電極118に交番電圧が印加された場合第1音叉型水晶振動片10Aの振動腕12が励振される。

【0100】

また、第1音叉型水晶振動片10Aを用いた圧電振動子100について説明したが、第1音叉型水晶振動片10Aの替わりに第2~第3実施形態又は第1、第2変形例で説明された音叉型水晶振動片を用いてもよい。

20

【0101】

(第2圧電デバイス)

第2圧電デバイスとして第3変形例で説明された第4音叉型圧電振動片10Dを用いた圧電振動子200について説明する。図16(b)は、第4音叉型圧電振動片10Dを備えた圧電振動子200の側面図である。

【0102】

図16(b)に示されたように、圧電振動子200はベース211と、壁212と、蓋体213とにより構成されたキャビティCTを有するパッケージPKを備えている。パッケージPKは第4音叉型圧電振動片10DをキャビティCT内に収納している。ベース211のY軸方向のほぼ中央部には台座214が設けられている。台座214もベース211及び壁212と同じに圧電体、セラミック又はガラスなどで形成される。また、第4音叉型圧電振動片10Dは支持腕22の幅広腕部222を台座214に載置し導電性接着剤215を介して台座214に固定される。支持腕22に形成された引出電極221(図14を参照)は、導電性接着剤215及び連結電極216を介して外部電極217に接続されている。

30

【0103】

(第3デバイス)

第3圧電デバイスとして第4変形例で説明された第5音叉型圧電振動片10Eを用いた圧電振動子300について、図17を参照しながら説明する。図17(a)は、第5音叉型圧電振動片10Eを備えた圧電振動子300の分解斜視図であり、図17(b)は、第5音叉型圧電振動片10Eを備えた圧電振動子300のK-K断面図である。

40

【0104】

図17(a)に示されたように、圧電振動子300は、最上部のリッド部301、最下部のベース部302及び中央部の第5音叉型圧電振動片10Eから構成される。リッド部301、ベース部302及び第5音叉型圧電振動片10Eは圧電材から形成される。リッド部301はウエットエッチングにより形成されたリッド用凹部311を第5音叉型圧電振動片10E側の片面に有している。ベース部302は、ウエットエッチングにより形成されたベース用凹部312を第5音叉型圧電振動片10E側の片面に有している。したがって、リッド用凹部311及びベース用凹部312によりキャビティCTが形成される。

【0105】

50

また、ベース部 302 の + Z 側の Y 軸方向の両側にはベース部接続電極 313 がそれぞれ設けられている。ベース部接続電極 313 の下には貫通電極 314 がそれぞれ設けられている。さらに、図 17 (b) に示されたように貫通電極 314 は外部電極 315 にそれぞれ接続され、貫通電極 314 は外部電極 315 に接続されている。

【0106】

圧電振動子 300 は、図 17 (b) に示されたように第 5 音叉型圧電振動片 10E を中心として、その裏面にベース部 302 が接合され、その表面にリッド部 301 が接合されている。つまり、リッド部 301 は第 5 音叉型圧電振動片 10E に、ベース部 302 は第 5 音叉型圧電振動片 10E にシロキサン結合 (Si-O-Si) 技術により封止した構成になっている。

10

【0107】

このような構成によれば、第 5 音叉型圧電振動片 10E において引出電極 321 がベース部接続電極 313 及び貫通電極 314 を介して外部電極 315 に導電される。また、リッド部 301、第 5 音叉型圧電振動片 10E 及びベース部 302 は、例えば陽極接合技術などによって接合されてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0108】

以上、本発明の最適な実施形態について詳細に説明したが、当業者に明らかなように、本発明はその技術的範囲内において実施形態に様々な変更・変形を加えて実施することができる。たとえば、本発明は、圧電振動子以外にも、発振回路を組み込んだ IC など

20

【符号の説明】

【0109】

10A ~ 10E ... 音叉型水晶振動片

10A - s、10B - s、10C' - s ... 音叉型水晶振動片半製品

11、21 ... 基部

12A、12B、12C ... 振動腕

12A - s、12B - s、12C' - s ... 振動腕半製品

13A、13B、13C ... 溝部

13Ca、13Cb ... 溝部ユニット

30

13A - s、13B - s、13C' - s ... 溝部半製品

14A、14B、24 ... 股部

14A - s、14B - s、14B' - s ... 第 1 股部半製品

22、32 ... 支持腕

100、200、300 ... 圧電振動子

111 ... 基部電極、121 ... 側面励振電極、131 ... 溝部励振電極、

141 ... 接続電極、151 ... 金属膜

Ax、Bx ... 対称線

M1、M11、M12 ... 底面

M21、M22、M23、M24、M25、M26 ... 長側面

40

M31、M32、M61、M62、M81、M82、M91、M92 ... 短側面

M41、M71 ... 股部面

Me ... 表面、Mi ... 裏面

L11、L12、L21、L22、L31、L32 ... 長辺

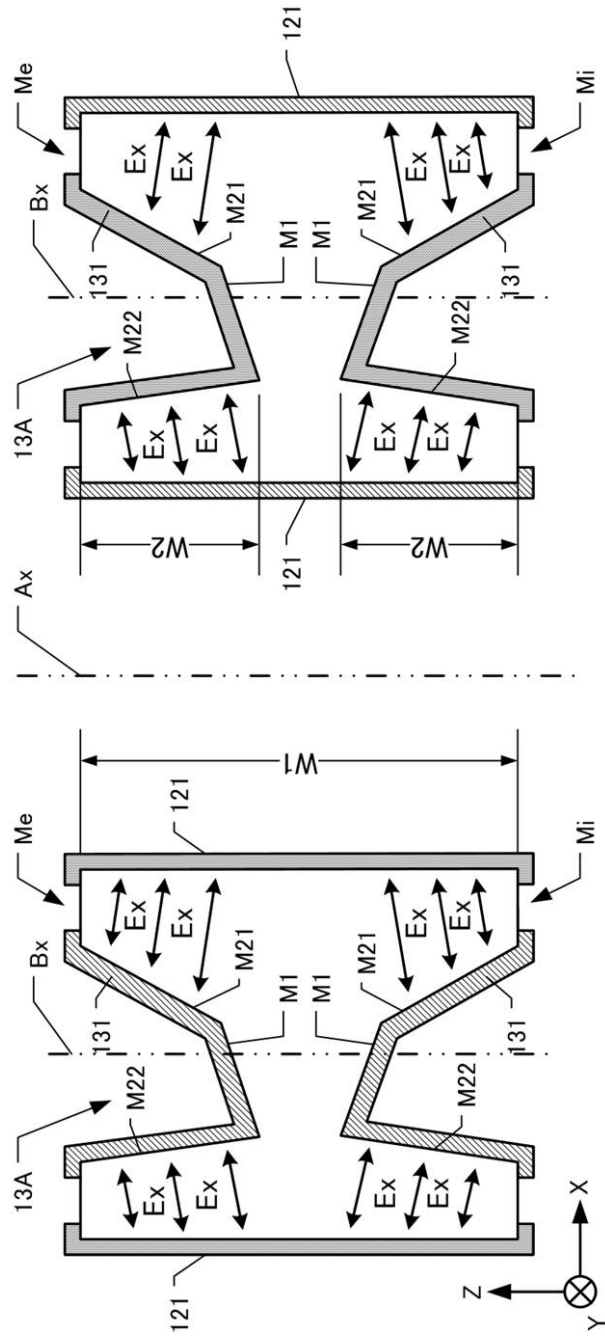
S11、S12、S13、S21、S22、S31、S32、S33、S41、S42、
S43、S51、S52、S53 ... 短辺

S14、S15、S16、S17、S18、S19、S24、S25 ... 股部辺

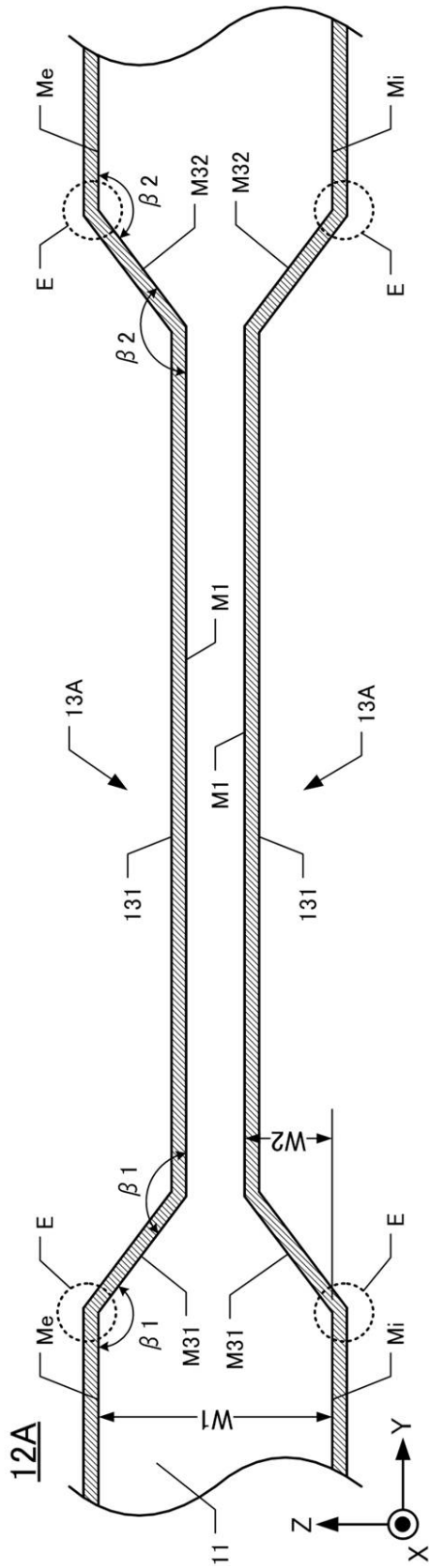
1 ~ 16、1、2、3 ... 角度

【図2】

12A

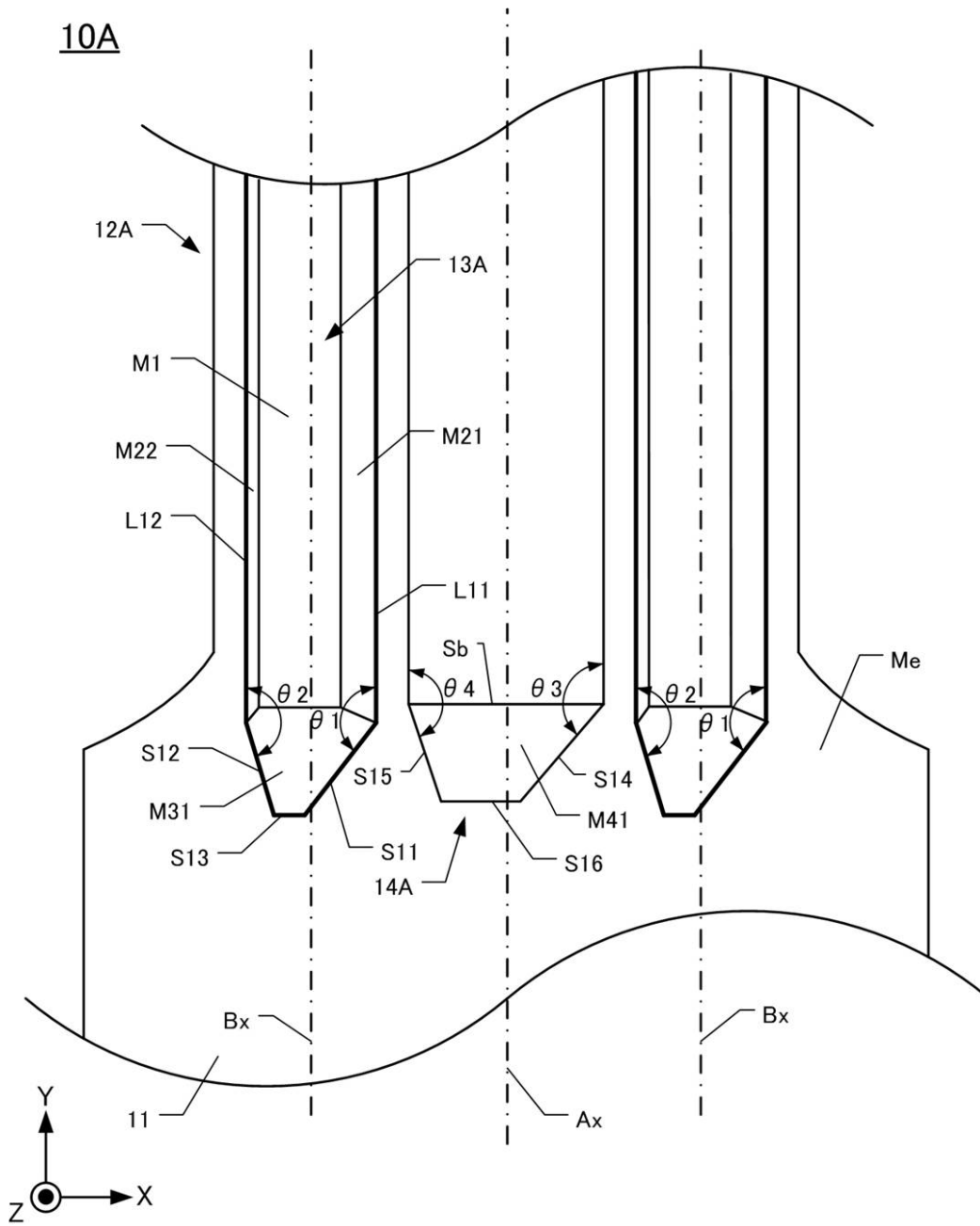


【図 3】

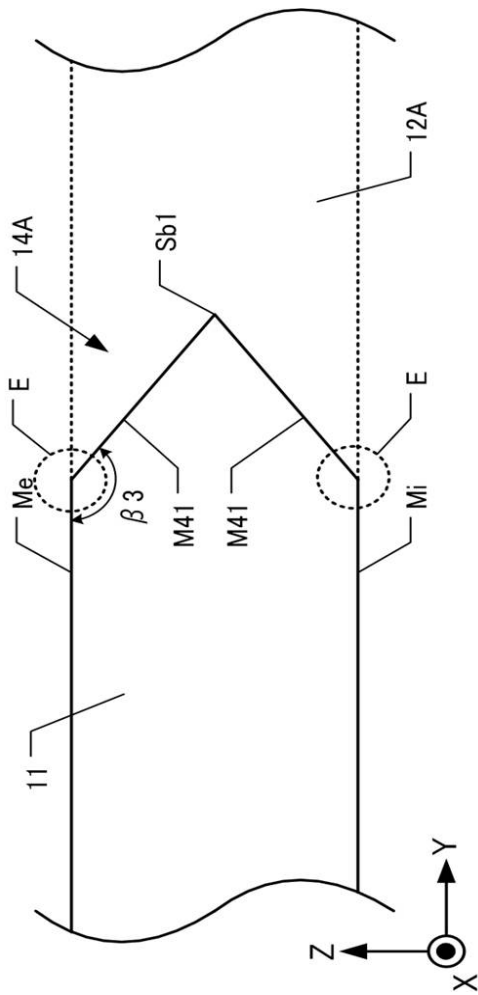


【図4】

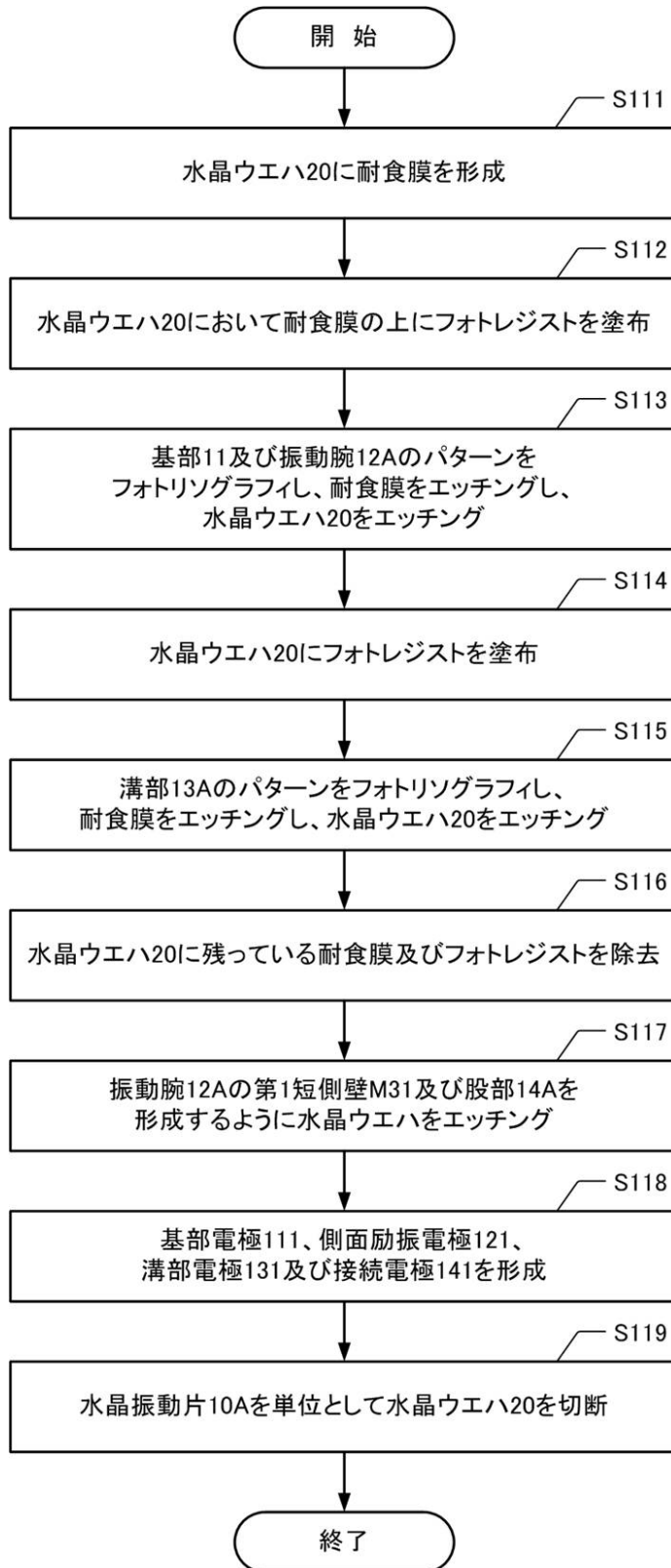
10A



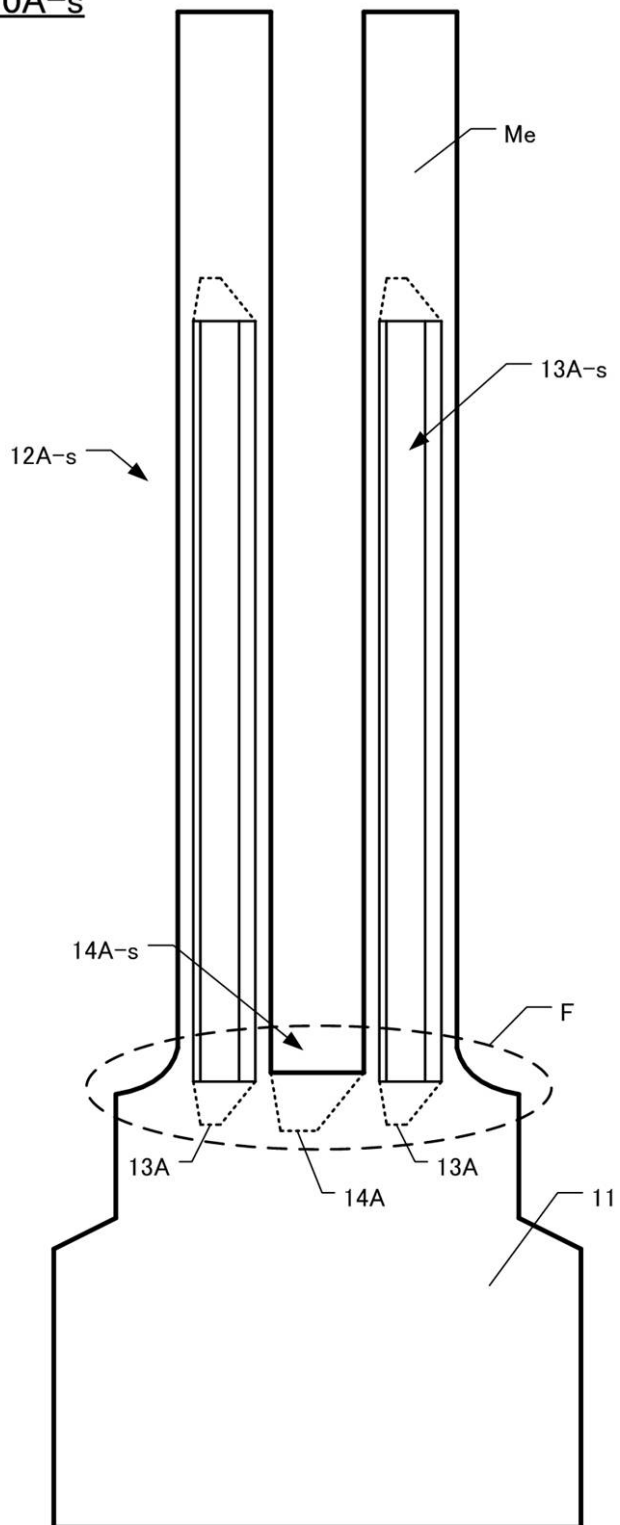
【図 5】



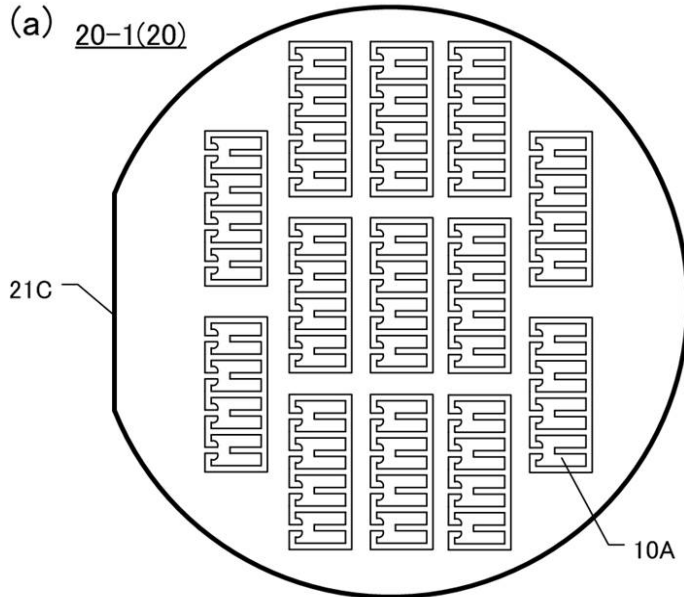
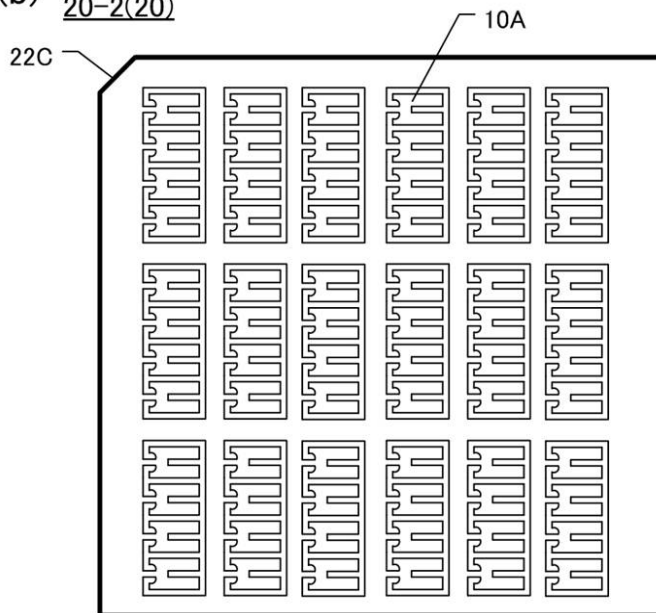
【図 6】



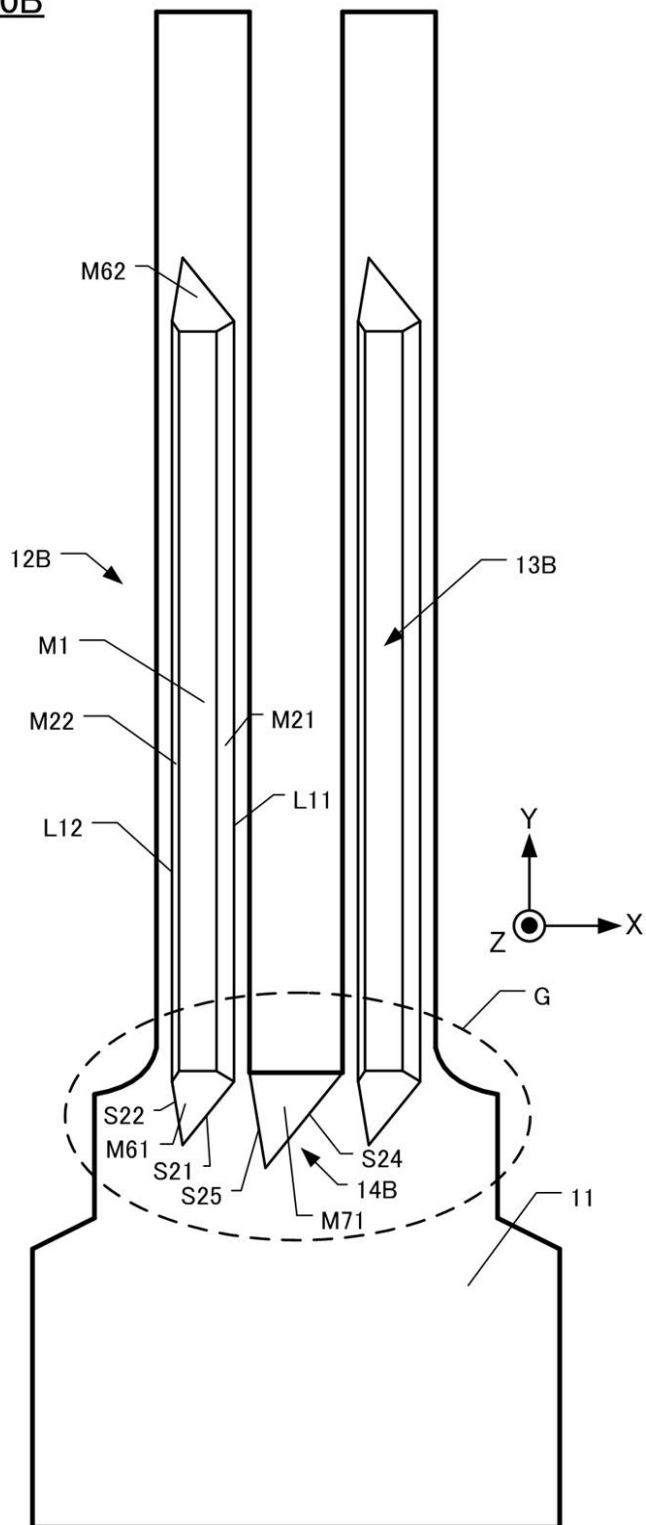
【図 7】

10A-s

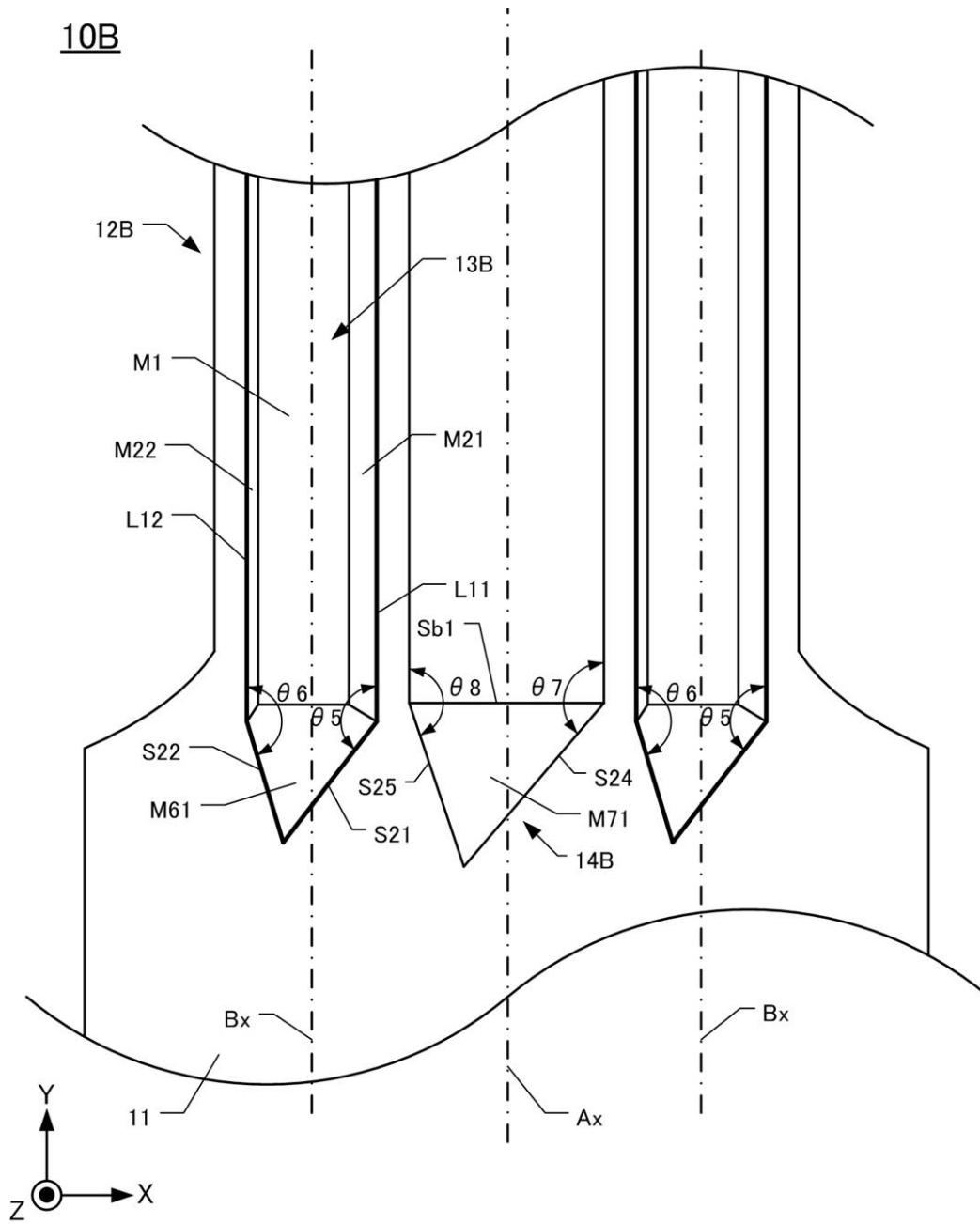
【図 8】

(a) 20-1(20)(b) 20-2(20)

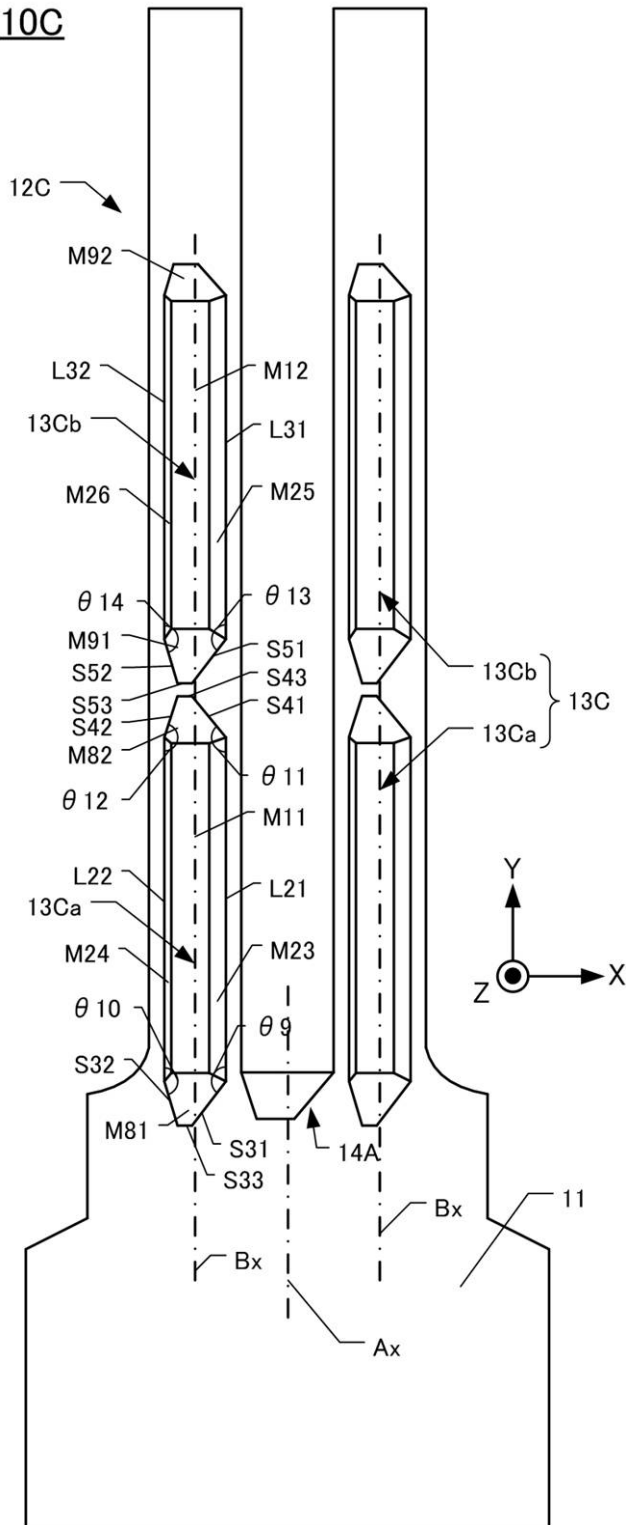
【図 9】

10B

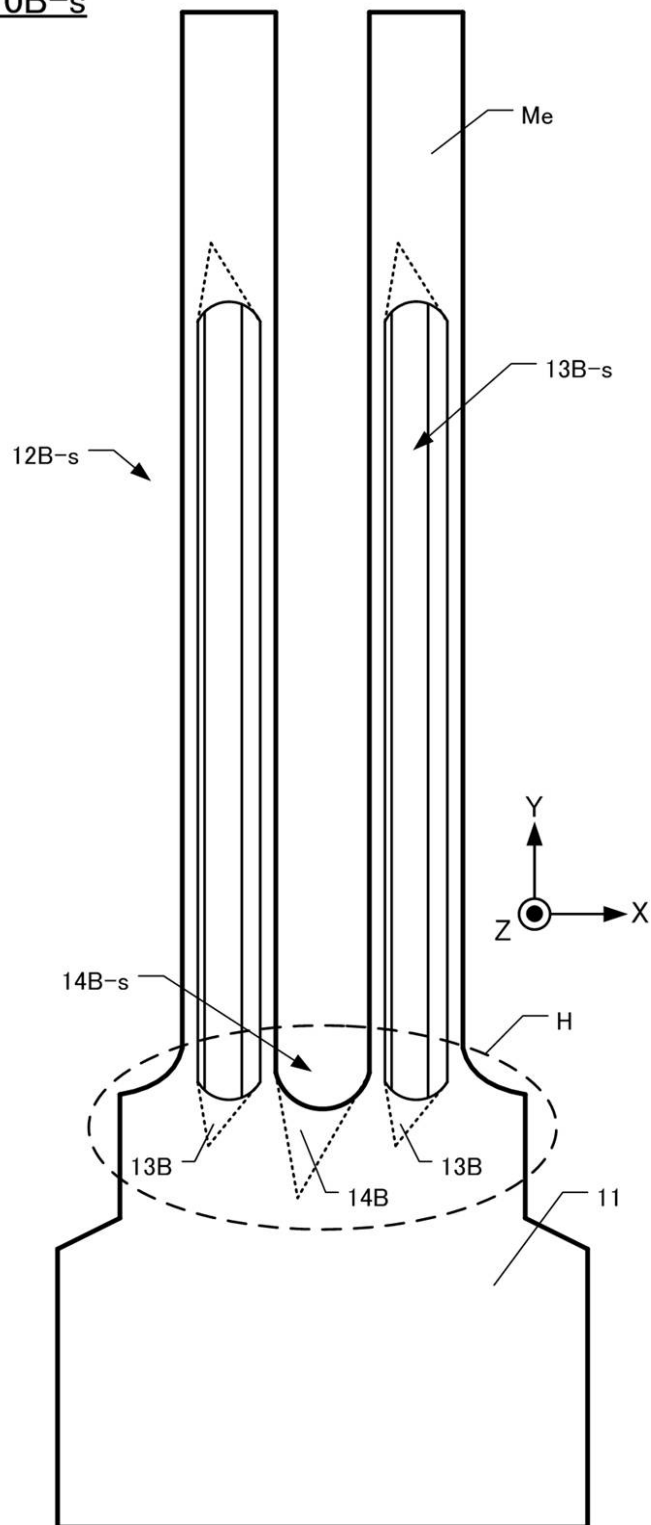
【図 10】

10B

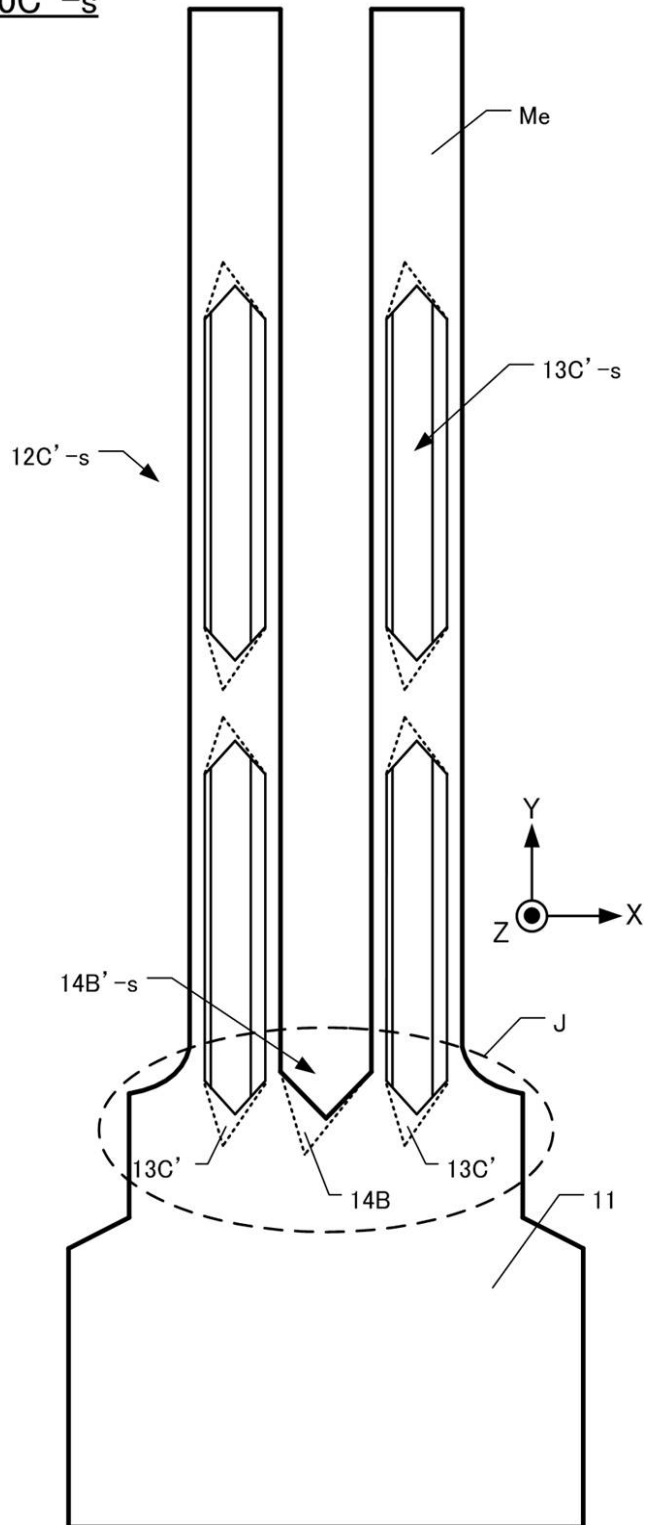
【図 11】

10C

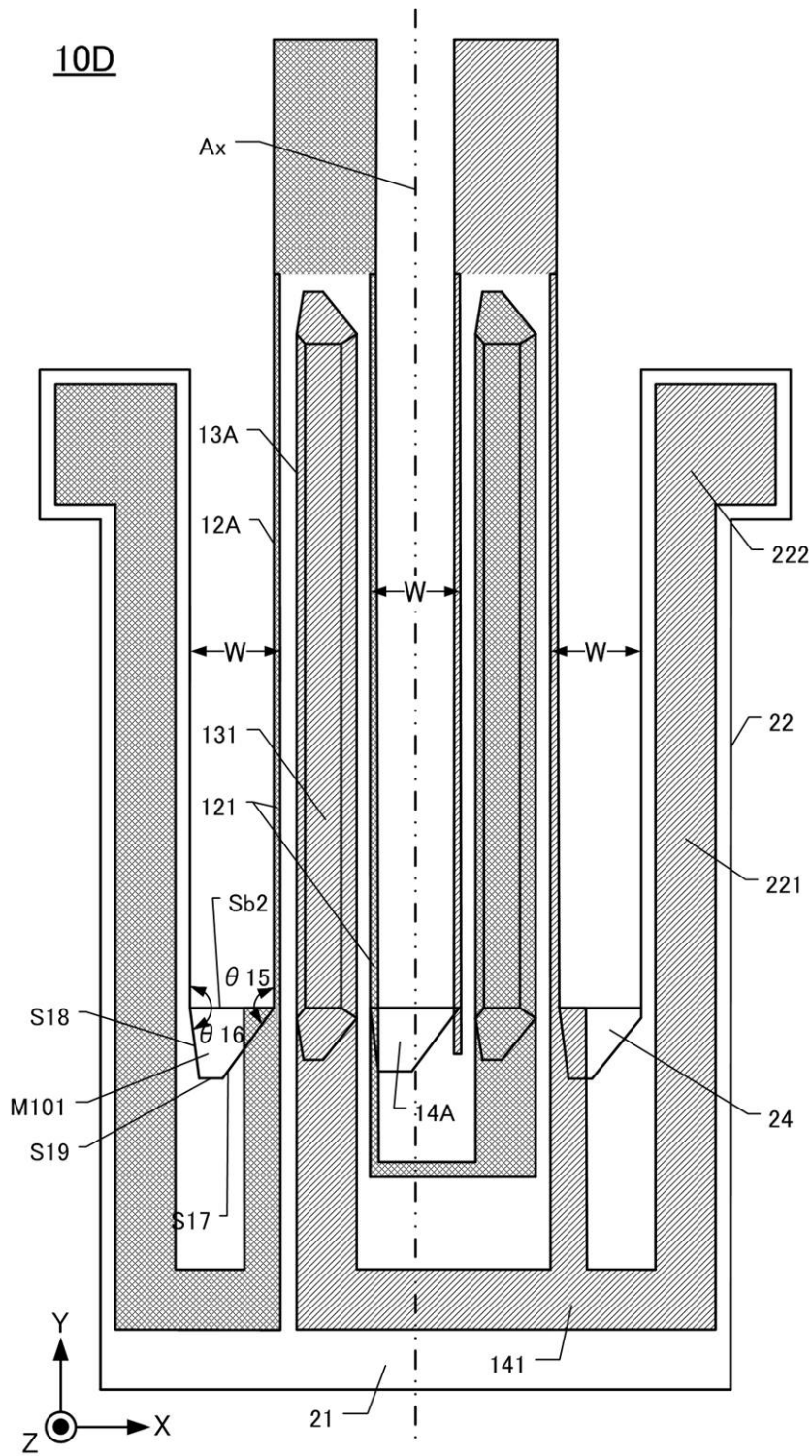
【図 12】

10B-s

【図 13】

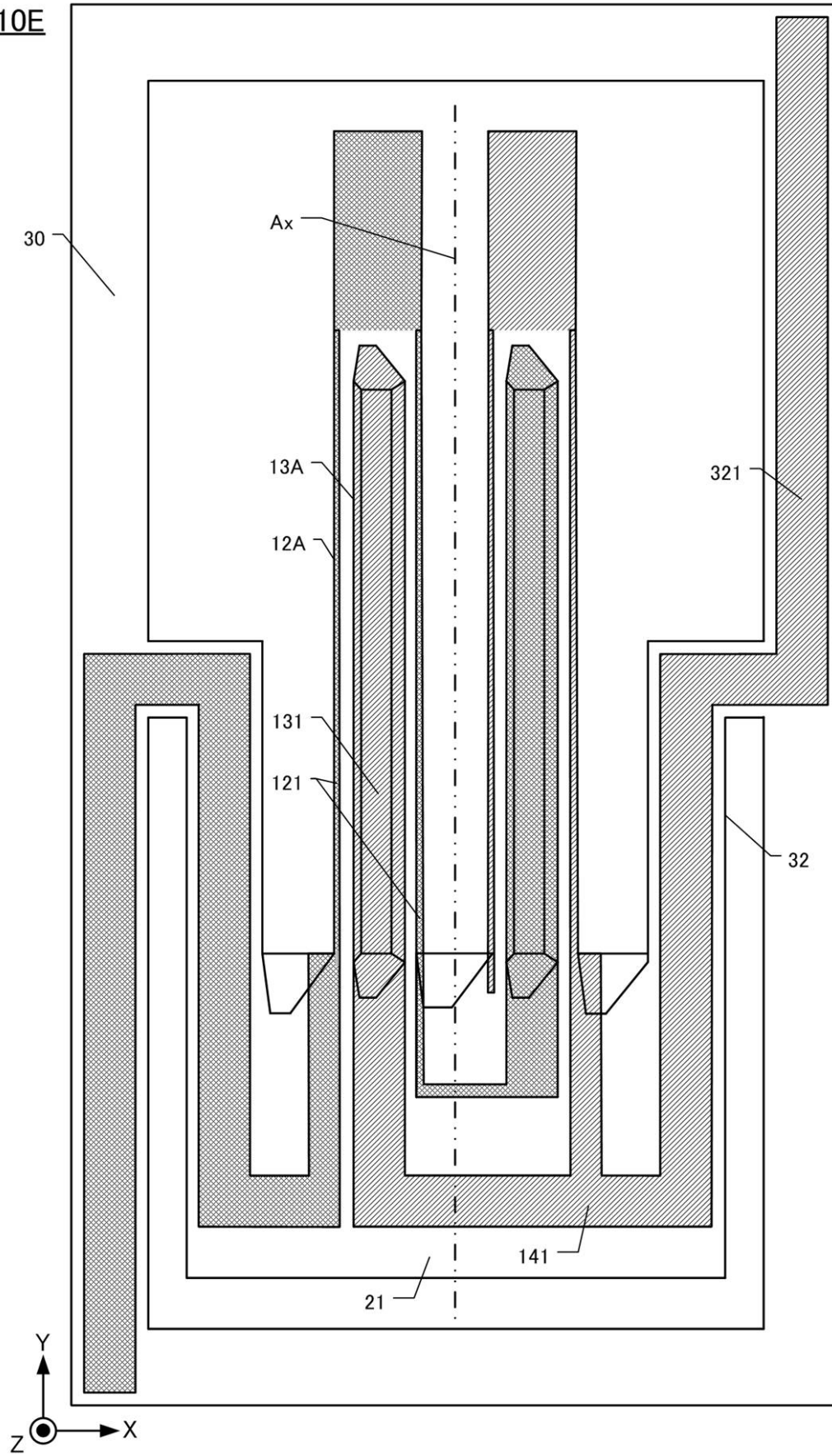
10C'-s

【 図 1 4 】

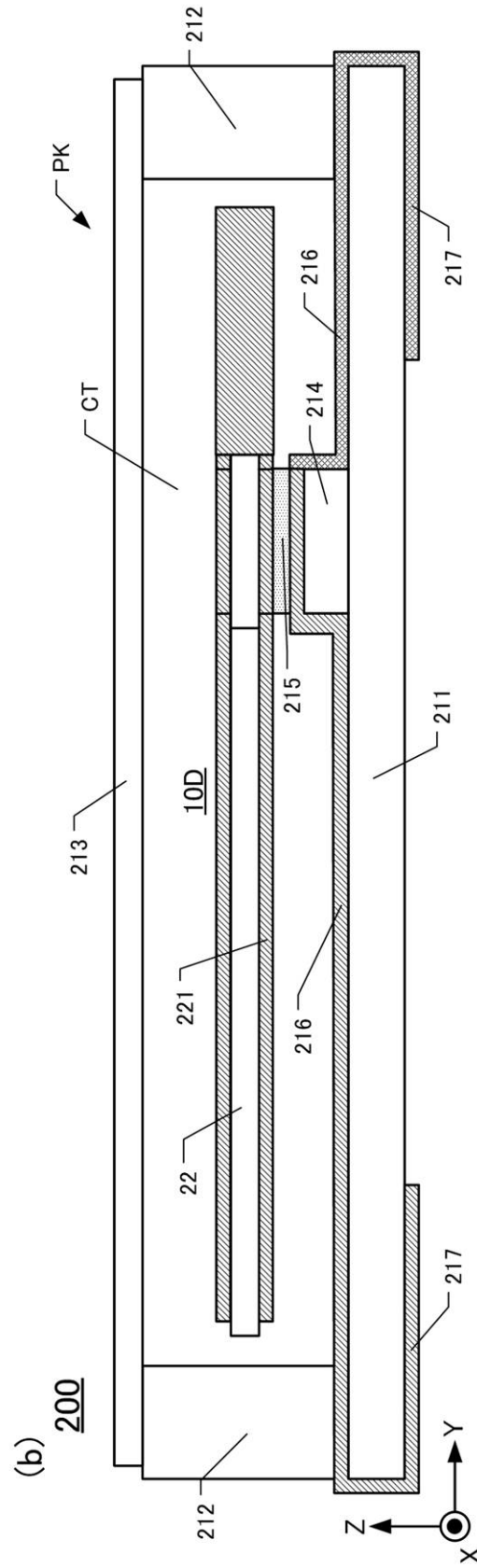
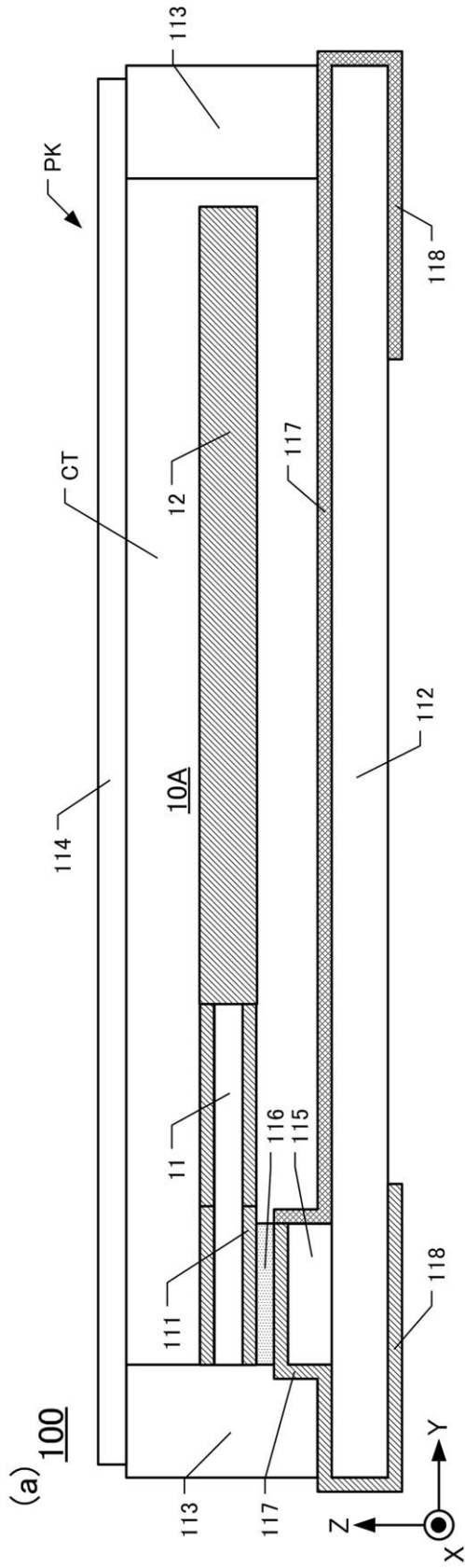
10D

【図 15】

10E

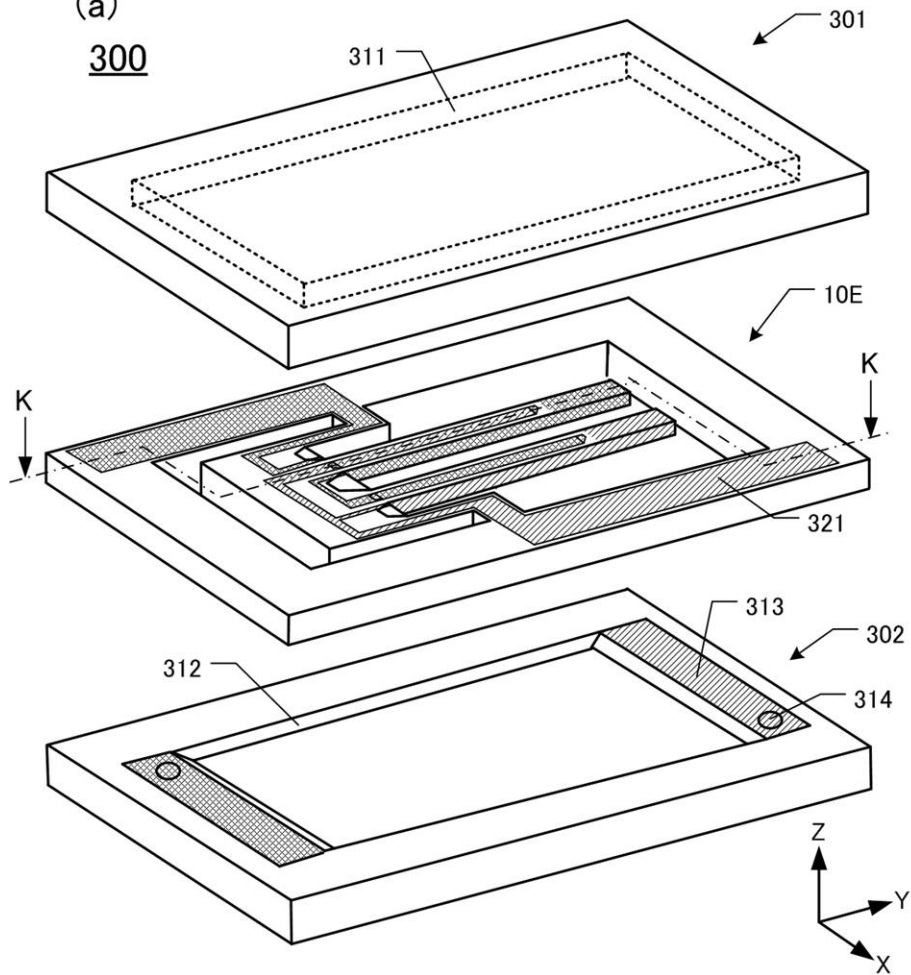


【図 16】

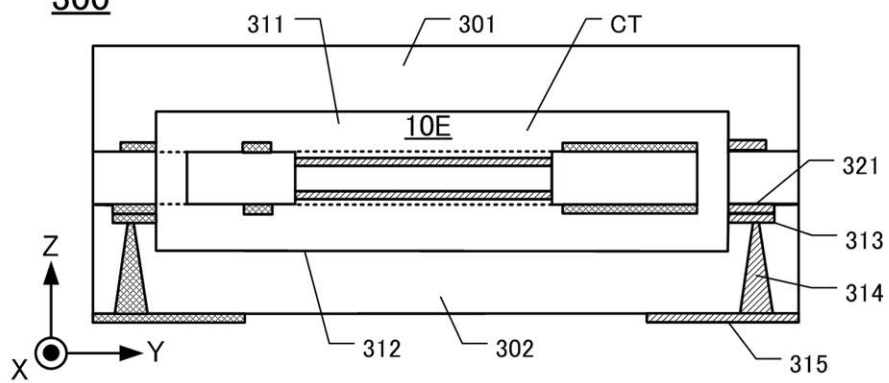


【図 17】

(a)

300

(b)

300

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
H 0 1 L 41/22 (2013.01)		H 0 1 L 41/18	1 0 1 A	
		H 0 1 L 41/22	Z	

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 1 3 3 8 9 5 (J P , A)
 特開 2 0 0 9 - 1 6 5 0 0 6 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 3 3 9 7 2 9 (J P , A)
 特開平 0 6 - 2 0 4 7 8 4 (J P , A)
 特開 2 0 0 8 - 3 0 1 0 2 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 8 - 1 8 7 3 2 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 0 - 0 0 4 1 3 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 7 - 2 5 9 0 5 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 2 3 6 0 0 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 1 4 8 8 5 6 (J P , A)
 特開 2 0 0 8 - 1 1 3 3 8 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
 H 0 3 H 3 / 0 0 7 - H 0 3 H 3 / 1 0
 H 0 3 H 9 / 0 0 - H 0 3 H 9 / 7 6
 H 0 1 L 4 1 / 0 9
 H 0 1 L 4 1 / 1 8