

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2025-2811
(P2025-2811A)

(43)公開日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類

G 0 4 B 13/02 (2006.01)

F I

G 0 4 B 13/02

Z

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全16頁)

(21)出願番号 特願2023-103171(P2023-103171)
(22)出願日 令和5年6月23日(2023.6.23)

(71)出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74)代理人 100179475
弁理士 仲井 智至
(74)代理人 100216253
弁理士 松岡 宏紀
(74)代理人 100225901
弁理士 今村 真之
(72)発明者 舟川 剛夫
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 永坂 栄一
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

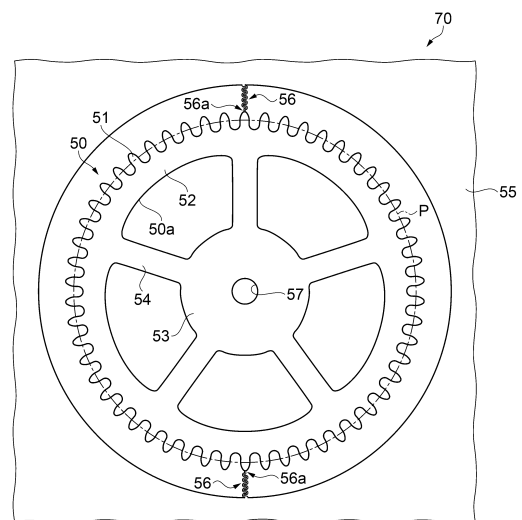
(54)【発明の名称】 時計用歯車の製造方法、板状部材、時計用歯車、及び時計

(57)【要約】

【課題】歯車の歯の間隔が小さい場合であっても、歯車に接続部を接続することが可能な時計用歯車の製造方法、板状部材、時計用歯車、及び時計を提供する。

【解決手段】歯車50の製造方法は、脆性材料のシリコンウエハー70をエッチングすることにより、複数の歯51を備える歯車50と、歯車50の外側に配置される枠部55と、歯51よりも可撓性が高く、枠部55と歯51の先端部とを接続する接続部56と、を形成する外形形成工程と、接続部56と歯車50とを切断する切断工程と、を含む。

【選択図】図4



10

20

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

脆性材料の板状部材をエッチングすることにより、複数の歯を備える時計用歯車と、前記時計用歯車の外側に配置される枠部と、前記歯よりも可撓性が高く、前記枠部と前記歯の先端部とを接続する接続部と、を形成する工程と、

前記接続部と前記時計用歯車とを切断する工程と、を含むことを特徴とする時計用歯車の製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の時計用歯車の製造方法であって、

前記接続部の幅は、前記歯の歯厚よりも小さく、前記接続部の形状は、曲線状であることを特徴とする時計用歯車の製造方法。 10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の時計用歯車の製造方法であって、

前記接続部の幅は、前記歯の歯厚よりも小さく、前記接続部の形状は、波線状であることを特徴とする時計用歯車の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の時計用歯車の製造方法であって、

前記接続部の幅は、前記歯の歯厚よりも小さく、前記接続部の形状は、直線状の部位が相反する方向に交互に屈曲した形状であることを特徴とする時計用歯車の製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の時計用歯車の製造方法であって、

前記接続部には、前記歯の先端部に接続する端部に、くびれが形成されていることを特徴とする時計用歯車の製造方法。 20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の時計用歯車の製造方法であって、

前記接続部と前記時計用歯車とを切断する工程は、ツールにより前記枠部に対して前記時計用歯車を変位させることによって切断し、

前記ツールは、前記時計用歯車の前記歯以外の部位に接触することを特徴とする時計用歯車の製造方法。

【請求項 7】

脆性材料からなる板状部材であって、

複数の歯を備える時計用歯車と、

前記時計用歯車の外側に配置される枠部と、

前記歯よりも可撓性が高く、前記枠部と前記歯の先端部とを接続する接続部と、を備えることを特徴とする板状部材。 30

【請求項 8】

脆性材料からなる板状部材から切断されることによって生成され、複数の歯を備える時計用歯車であって、

前記複数の歯には、前記板状部材から切断される際に形成される切断面を先端部に有する歯が含まれることを特徴とする時計用歯車。 40

【請求項 9】

請求項 8 に記載の時計用歯車を備えることを特徴とする時計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、時計用歯車の製造方法、板状部材、時計用歯車、及び時計に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、脆性材料であるシリコンウエハーを用いて時計用の歯車を製造する製造方法が記載されている。この製造方法では、シリコンウエハーをエッチングすることに 50

より、歯車と、歯車の外側に配置される枠部と、歯車と枠部とを接続するタイバーとが形成される。そして、歯車とタイバーとが切断されることにより、歯車を取り出される。タイバーは、切断される前において、歯車の歯と歯の間の外周面に接続されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2020-46348号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1では、タイバーが歯と歯の間に接続されることから、他の歯車と噛み合う歯車のような、歯の間隔がさほど大きくない歯車には、適用が困難であるという課題がある。具体的には、歯の間隔が小さい歯車では、タイバーを設けること自体が困難であるうえ、タイバーが切断された部位が突出してしまうと、他の歯車と正常に噛み合うことができなくなる恐れがある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

時計用歯車の製造方法は、脆性材料の板状部材をエッチングすることにより、複数の歯を備える時計用歯車と、前記時計用歯車の外側に配置される枠部と、前記歯よりも可撓性が高く、前記枠部と前記歯の先端部とを接続する接続部と、を形成する工程と、前記接続部と前記時計用歯車とを切断する工程と、を含む。

【0006】

板状部材は、脆性材料からなる板状部材であって、複数の歯を備える時計用歯車と、前記時計用歯車の外側に配置される枠部と、前記歯よりも可撓性が高く、前記枠部と前記歯の先端部とを接続する接続部と、を備える。

【0007】

時計用歯車は、脆性材料からなる板状部材から切断されることによって生成され、複数の歯を備える時計用歯車であって、前記複数の歯には、前記板状部材から切断される際に形成される切断面を先端部に有する歯が含まれる。

【0008】

時計は、上記の時計用歯車を備える。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】機械式時計のムーブメントを表側から見た平面図。

【図2】三番車の構成を示す平面図。

【図3】エッチング後のシリコンウエハーを示す平面図。

【図4】シリコンウエハーに含まれる1つの歯車を拡大した拡大平面図。

【図5】接続部を示す拡大平面図。

【図6】歯車の製造方法を示すフローチャート。

【図7】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図8】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図9】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図10】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図11】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図12】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図13】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図14】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図15】歯車の製造方法を説明するための工程断面図。

【図16】異方性エッチング装置の概略構成を示す説明図。

【図17】機械式時計の製造方法を示すフローチャート。

10

20

30

40

50

【図 18】変形例に係る接続部を示す拡大平面図。

【図 19】変形例に係る接続部を示す拡大平面図。

【図 20】変形例に係る接続部を示す拡大平面図。

【図 21】変形例に係るシリコンウエハーに含まれる 1 つの歯車を拡大した拡大平面図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本実施形態の時計及び時計用歯車、並びにこれらの製造方法について、図面を参照して説明する。

以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにするため、各層や各部材について実際とは異なる尺度で示している場合がある。

【0011】

図 1 は、機械式時計 1 のムーブメント 10 を表側から見た平面図である。

本実施形態では、時刻を示す針が配置される側を裏側とし、針を駆動するぜんまい等が配置される側を表側とする。図 1 では、紙面の手前側が表側であり、紙面の奥側が裏側である。

【0012】

機械式時計 1 は、図 1 に示されるムーブメント 10 と、ムーブメント 10 を収納する図示しないケーシングとにより構成される。機械式時計 1 は、時計の一例である。

【0013】

ムーブメント 10 は、地板 11 を有している。地板 11 は、各部品を支持したり位置決めしたりするための板部材である。地板 11 の裏側には、図示しない文字板が配置される。地板 11 の表側及び裏側には、複数の歯車からなる輪列が配置される。地板 11 の表側に配置される輪列は、表輪列とも呼ばれ、地板 11 の裏側に配置される輪列は、裏輪列とも呼ばれる。

【0014】

地板 11 には、地板 11 と平行で、外縁から中央に向かう方向に、軸状の巻真 12 を案内する巻真案内穴 11a が形成されている。そして、巻真 12 は、巻真案内穴 11a に対して、軸方向への移動と、軸回りの回転とが可能に組み込まれている。巻真 12 の近くには、おしどり 13、かんぬき 14、かんぬきばね 15 及び裏押さえ 16 が配置されている。おしどり 13、かんぬき 14、かんぬきばね 15 及び裏押さえ 16 は、巻真 12 の回転力の伝達先を切り換える切換機構を構成する。

【0015】

巻真 12 は、巻真 12 と同軸で回転可能なきち車 17 に挿通されている。また、巻真 12 には、巻真 12 とともに回転する図示しないつづみ車が配置されている。つづみ車は、巻真 12 と同軸で回転するとともに、切換機構によって巻真 12 の軸方向に沿って移動可能である。巻真 12 が軸方向に位置を変えると、切換機構は、つづみ車ときち車 17 とが噛み合う状態と、噛み合わない状態とを切り替える。また、地板 11 には、きち車 17 と噛み合う丸穴車 20 と、丸穴車 20 と噛み合う角穴車 21 と、ぜんまいを収納する香箱車 22 とが回転可能に設置されている。

【0016】

巻真 12 が軸方向に沿って移動し、ムーブメント 10 の中央に最も近い第 1 巻真位置に配置されると、つづみ車ときち車 17 とが噛み合う。この状態で操作者が巻真 12 を回転させると、つづみ車とともにきち車 17 が回転する。そして、きち車 17 が回転することにより、丸穴車 20 が回転する。そして、丸穴車 20 が回転することにより、角穴車 21 が回転する。さらに、角穴車 21 が回転することにより、香箱車 22 に収容されたぜんまいが巻き上がる。ぜんまいは、ムーブメント 10 を駆動する動力源である。なお、巻真 12 が第 1 巻真位置よりも外側の位置に配置されると、つづみ車ときち車 17 との噛み合いは解除され、つづみ車は、時刻合わせ等を行うための図示しない小鉄車と噛み合う。

【0017】

地板 11 には、二番車 25、三番車 26 及び四番車 27 が回転可能に配置されている。

10

20

30

40

50

二番車 25、三番車 26 及び四番車 27 のそれぞれは、一体的に回転する歯車及びかなを備えている。上述した表輪列は、香箱車 22、二番車 25、三番車 26 及び四番車 27 により構成される。表輪列は、香箱車 22 の回転力を伝達する機能を有している。また、ムーブメント 10 の表側において、地板 11 には、脱進機構 30 及び調速機構 31 が配置されている。脱進機構 30 及び調速機構 31 は、表輪列の回転速度を調整する。

【0018】

二番車 25 のかなには、香箱車 22 が噛み合う。二番車 25 には、図示しない分針が接続される。三番車 26 のかなには、二番車 25 の歯車が噛み合う。四番車 27 のかなには、三番車 26 の歯車が噛み合う。四番車 27 には、図示しない秒針が接続される。脱進機構 30 は、表輪列の回転を制御する機構である。脱進機構 30 は、がんぎ車 35 及びアンクル 36 を備えている。がんぎ車 35 は、四番車 27 の歯車と噛み合うかなを有し、四番車 27 のトルクを受けて回転する。アンクル 36 は、調速機構 31 の動作に従って、がんぎ車 35 を規則正しく回転させる。調速機構 31 は、一定の周期で揺動するてんぷ 40 等を備え、がんぎ車 35 の回転速度を調整することにより、がんぎ車 35 と噛み合う表輪列の回転速度を調整する。

10

【0019】

次に、上述した各種部品のうち、三番車 26 について詳述する。

図 2 は、三番車 26 の構成を示す平面図である。

図 2 に示すように、三番車 26 は、歯車 50 と、歯車 50 の回転軸となる軸部 60 とを含んでいる。歯車 50 は、外周面に複数の歯 51 を備える円環状のリム部 52 と、軸部 60 が挿通される保持部 53 と、保持部 53 から放射状に延出してリム部 52 と保持部 53 とを連結する複数の連結部 54 とにより構成されている。歯車 50 には、リム部 52 と、保持部 53 と、隣り合う 2 つの連結部 54 とに囲まれる開口部 50a が形成されている。具体的には、歯車 50 には、周方向に沿って、連結部 54 と同数の開口部 50a が形成されている。歯車 50 は、四番車 27 が備えるかな 28 (図 1 参照) と噛み合う。歯車 50 は、時計用歯車の一例である。

20

【0020】

軸部 60 には、二番車 25 の歯車と噛み合うかな 61 が一体的に形成されている。軸部 60 は、歯車 50 の中央に形成されている孔部 57 (図 4 参照) に挿通され、歯車 50 に固定される。このため、歯車 50 は、かな 61 と一体となって回転する。

30

【0021】

歯車 50 は、板状であり、全面に亘って略均一な厚みを有する。歯車 50 は、単結晶シリコン等、結晶方位を有する脆性材料からなる。本実施形態の歯車 50 の材質は、単結晶シリコンである。具体的には、歯車 50 は、単結晶シリコンからなるシリコンウエハーをエッチングすることによって形成される。歯車 50 の製造方法については、後述する。

【0022】

図 3 は、エッチング後のシリコンウエハー 70 を示す平面図であり、図 4 は、1 つの歯車 50 を拡大した拡大平面図である。図 3 及び図 4 には、互いに直交する X 軸、Y 軸及び Z 軸が示されている。X 軸は、シリコンウエハー 70 の表面に平行な座標軸である。Y 軸は、シリコンウエハー 70 の表面に平行で、X 軸に直交する座標軸である。Z 軸は、シリコンウエハー 70 の表面、即ち X Y 平面に直交する座標軸である。これ以降、X Y 平面に平行な方向のことを、平面方向とも呼び、X Y 平面に交差する方向のことを交差方向とも呼ぶ。

40

【0023】

図 3 に示すように、シリコンウエハー 70 は、複数の歯車 50 を形成可能な円板状のマザー基板である。シリコンウエハー 70 は、板状部材の一例である。1 つのシリコンウエハー 70 には、X 軸及び Y 軸に沿って、複数の歯車 50 がマトリクス状に配置されている。各歯車 50 は、シリコンウエハー 70 の周縁部と連続する枠部 55 によって囲まれている。つまり、枠部 55 は、歯車 50 の外側に配置されている。

【0024】

50

本実施形態において、シリコンウエハー70のZ軸に沿う方向の寸法、即ちシリコンウエハー70の厚さは、 $100\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ 程度である。シリコンウエハー70の厚さは、歯車50の歯幅に対応する。また、図示しない歯先円、即ち歯51の先端を通る円の直径は、 $5\text{mm} \sim 6\text{mm}$ 程度であり、歯厚S（図5参照）、即ちピッチ円Pに沿った歯51の寸法は、 $100\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ 程度である。ただし、歯幅、歯先円の直径、及び歯厚Sは、上記の範囲内に限定されず、上記の範囲外であってもよい。

【0025】

歯車50は、接続部56を介して枠部55に接続されている。つまり、接続部56は、歯車50と枠部55とを接続するものであり、歯車50は、接続部56を介して枠部55に支持される。接続部56は、歯車50が備える複数の歯51のうち、2つの歯51の先端部に接続されている。本実施形態において、接続部56が接続する2つの歯51の延出方向がなす角度は、略 180° である。

10

【0026】

図5は、接続部56を示す拡大平面図である。

図5に示すように、接続部56は、全体として、歯51の先端部から、歯51の延出方向と略同じ方向に延出し、枠部55に至る。つまり、接続部56の両端のうち、歯51の先端部と接続する端部を第1端部56aとし、枠部55と接続する端部を第2端部56bとすると、第1端部56aから第2端部56bに向かう方向Dは、歯51の延出方向と略等しい。

【0027】

Z軸に沿って見た場合の接続部56の形状は、ミアンダ状、即ち波線状である。つまり、接続部56は、図5に示す平面視において、反時計回りの屈曲と、時計回りの屈曲とを交互に繰り返しながら方向Dに向かう。このため、接続部56の形状は、相反する方向に交互に屈曲した形状と言い換えることもできる。

20

【0028】

波線の線幅に相当する接続部56の幅Aは、第1端部56a及び第2端部56bを除く範囲の全体において略均一である。本実施形態では、接続部56の幅Aは、略 $30\mu\text{m}$ であり、歯51の歯厚Sに比べて十分に小さい。第1端部56aには、くびれが形成されている。このため、第1端部56aは、接続部56の他の部位に比べて幅が小さい。具体的には、第1端部56aは、くさび状になっており、先端に向かうほど幅が小さくなる。つまり、第1端部56aの先端の幅Bは、接続部56の幅Aよりも小さい。一方、第2端部56bの幅Cは、接続部56の幅Aよりも大きい。

30

【0029】

接続部56は、可撓性を有しており、XY平面に平行な平面方向に撓むことが可能である。歯車50の歯51も、厳密には可撓性を有し得るが、歯51の歯厚Sに比べて、接続部56の幅Aが十分に小さいことから、接続部56は、歯51に比べて十分に高い可撓性を有している。接続部56の幅Aは、可撓性を高める観点では、できるだけ小さいほうが望ましい。一方で、接続部56の幅Aを小さくしすぎると、エッチングによって接続部56を形成することが困難になる。このため、接続部56の幅Aは、 $10\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ であることが好ましく、 $20\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ であることがより好ましい。

40

【0030】

接続部56を介して枠部55に接続された状態の歯車50は、接続部56の第1端部56aで切断されることにより、シリコンウエハー70から分離される。このため、分離した後の歯車50には、接続部56と接続されていた2つの歯51の先端部に、切断面58が形成される（図2参照）。つまり、切断面58は、接続部56の第1端部56aと接続されていた面である。切断面58は、歯51の先端部よりも外側に突出し得るが、噛み合いの対象である四番車27のかな28に接触しない程度の突出であれば、動作に影響はない。

【0031】

なお、歯車50の素材である単結晶シリコンは、複数の結晶面を有しており、結晶面で

50

劈開しやすい性質を有している。つまり、単結晶シリコンは、結晶面以外の面で切断する場合に比べて、結晶面に沿って切断する場合のほうが小さい力で切断可能である。また、結晶面に沿って切断する場合には、切断により生ずるヒビが結晶面以外の方向へ広がることが抑制される。このため、XY平面に平行な歯車50の表裏両面と、接続部56に接続されていた2つの切断面58とは、結晶面になっていることが好ましい。

【0032】

次に、三番車26に備わる歯車50の製造方法について説明する。

図6は、歯車50の製造方法を示すフローチャートであり、図7～図15は、歯車50の製造方法を説明するための工程断面図である。

図6に示すように、歯車50の製造方法は、ステップS1～S6の各工程を含む。つまり、歯車50は、ステップS1～S6の各工程が順に実施されることによって製造される。

【0033】

ステップS1は、酸化膜形成工程である。図7に示すように、この工程は、シリコンウエハー70の一方の平面上に、シリコン酸化膜71を形成する工程である。シリコンウエハー70は、歯車50の歯幅が所望の寸法になるように、予め適切な厚さに研削され、表面が研磨されている。

【0034】

シリコンウエハー70は、第1面70a及び第2面70bの2つの平面を表裏に有する。ステップS1では、このうち第2面70bにシリコン酸化膜71が成膜される。シリコン酸化膜71の成膜には、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法が用いられる。シリコン酸化膜71の膜厚は、特に限定されないが、例えば、1 μ m程度である。シリコン酸化膜71は、後述するステップS4のエッチング工程で形成される穴70cが表裏を貫通することを抑制するために形成される。

【0035】

ステップS2は、フォトリソスト塗布工程である。図8に示すように、この工程は、シリコンウエハー70の第1面70a上にレジスト膜72を成膜する工程である。まず、シリコンウエハー70の第1面70aに、スピコート法やスプレーコート法等により、感光性の樹脂を溶解した樹脂溶液が塗布される。次に、樹脂溶液を乾燥させて溶媒を除去することにより、レジスト膜72が形成される。感光性の樹脂には、ネガ型及びポジ型のいずれの材料を採用してもよい。

【0036】

ステップS3は、露光・現像工程である。この工程は、歯車50を形成するためのエッチングマスクを形成する工程である。まず、図3に示したような、複数の歯車50と、枠部55と、これらを接続する複数の接続部56とに対応するパターンが形成されたフォトリソマスクを用いて、レジスト膜72に露光が行われる。その後、不要なレジスト膜72を除去する現像が行われると、レジスト膜72には、図9に示すように、フォトリソマスクのパターンに対応する開口部72aが形成される。開口部72aは、エッチングによってシリコンウエハー70からシリコンが除去される部分に対応する。つまり、開口部72aが形成されたレジスト膜72は、エッチングマスクとして機能する。

【0037】

ステップS4は、エッチング工程である。この工程は、レジスト膜72をエッチングマスクとして、シリコンウエハー70をエッチングすることにより、歯車50、枠部55及び接続部56の形状を形成する工程である。エッチングとしては、例えば、誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasma: ICP) によるディープ・リアクティブ・イオンエッチング (Deep Reactive Ion Etching: DRIE) 等の異方性エッチングが用いられる。

【0038】

図16は、ICPによるDRIEを行う異方性エッチング装置81の概略構成を示す説明図である。

10

20

30

40

50

図 16 に示すように、異方性エッチング装置 81 は、ステージ 82 とコイル 83 とを備えている。ステージ 82 上には、レジスト膜 72 が形成された第 1 面 70 a がコイル 83 側を向くようにシリコンウエハー 70 が載置される。異方性エッチング装置 81 は、SF₆ ガスを供給しながら、コイル 83 に高周波数の大電流を流すことによって、プラズマ 84 を発生させる。そして、ステージ 82 にバイアスをかけると、プラズマ 84 の粒子は、レジスト膜 72 の開口部 72 a からシリコンウエハー 70 の第 1 面 70 a に引き込まれる。これにより、シリコンウエハー 70 は、第 1 面 70 a 側から開口部 72 a の形状で、交差方向に略垂直にエッチングされる。エッチングされたシリコンは、SiF₄ となって除去される。シリコンウエハー 70 の過昇温を防止するために、異方性エッチング装置 81 は、例えば、ヘリウムガスを用いてシリコンウエハー 70 を第 2 面 70 b 側から冷却する。

10

【0039】

図 10 に示すように、シリコンウエハー 70 が所定の深さまで削られると、異方性エッチング装置 81 は、図 11 に示すように、シリコンウエハー 70 の表面に C₄F₈ ガスを供給することにより、シリコンが露出する面に保護膜 85 を形成する。保護膜 85 を形成することは、コーティングとも呼ばれる。

【0040】

その後、異方性エッチング装置 81 は、図 12 に示すように、シリコンウエハー 70 を再度エッチングして、シリコンを露出させ、次に、図 13 に示すように、保護膜 85 を再度コーティングする。このように、異方性エッチング装置 81 は、シリコンウエハー 70 のエッチングと保護膜 85 のコーティングとを複数回反復する。この方法は、ボッシュプロセスと呼ばれる。このボッシュプロセスにより、シリコンウエハー 70 には、図 14 に示すように、レジスト膜 72 で覆われていない部位に、シリコン酸化膜 71 に到達する穴 70 c が形成される。ここで、穴 70 c には、歯車 50 と枠部 55 との間の隙間や、歯車 50 内に形成される開口部 50 a 及び孔部 57 が含まれる。

20

【0041】

ステップ S5 は、酸化膜除去工程である。この工程は、図 15 に示すように、シリコンウエハー 70 に配置されているシリコン酸化膜 71 及びレジスト膜 72 を除去する工程である。レジスト膜 72 の除去は、レジスト膜 72 の溶解及び剥離が可能な発煙硝酸や有機溶剤等でのウエットエッチング、或いは酸素プラズマアッシング等により行うことができる。本実施形態では、酸素プラズマアッシングでアッシングした後で、さらに、有機剥離液を用いて残渣を除去する。

30

【0042】

シリコン酸化膜 71 の除去は、BHF (Buffered Hydrogen Fluoride) 溶液にシリコンウエハー 70 を浸漬するウエットエッチングによって行われる。なお、シリコン酸化膜 71 の除去は、平行平板によるリアクティブ・イオンエッチングによって行われてもよい。

【0043】

以上、ステップ S1 ~ S5 により、図 3 に示した複数の歯車 50 と、枠部 55 と、これらを接続する複数の接続部 56 とが形成される。つまり、ステップ S1 ~ S5 を含む一連の工程は、シリコンウエハー 70 をエッチングすることによって、歯車 50、枠部 55 及び接続部 56 を形成する外形形成工程である。

40

【0044】

ステップ S6 は、切断工程である。この工程は、接続部 56 と歯車 50 とを切断する工程である。接続部 56 と歯車 50 とを切断する作業は、ピンセット等の先端が細かいツールを用いて行われる。具体的には、作業者は、図 3 及び図 4 に示したシリコンウエハー 70 を図示しない作業台上に載置し、枠部 55 を作業台上に固定する。そして、歯車 50 内の開口部 50 a にツールを挿入して、ツールを開口部 50 a に接触させながら、歯車 50 を平面方向に変位させる。つまり、ツールにより枠部 55 に対して歯車 50 を平面方向に変位させる。このとき、歯車 50 の変位に追従して、接続部 56 の第 1 端部 56 a も変位す

50

るが、接続部 5 6 は、可撓性により撓むため、接続部 5 6 の途中で折れることはない。そして、第 1 端部 5 6 a に作用する力が所定値に達すると、第 1 端部 5 6 a が破断し、接続部 5 6 と歯車 5 0 とが切断される。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 6 により、シリコンウエハー 7 0 から歯車 5 0 が分離され、これにより、歯車 5 0 が完成する。つまり、歯車 5 0 は、シリコンウエハー 7 0 から切断されることによって生成される。そして、接続部 5 6 が接続されていた 2 つの歯 5 1 の先端部には、シリコンウエハー 7 0 から切断される際に切断面 5 8 が形成される。このため、歯車 5 0 が備える複数の歯 5 1 には、先端部に切断面 5 8 を有する 2 つの歯 5 1 が含まれる。

【 0 0 4 6 】

なお、2 つの接続部 5 6 を、1 つずつ順次切断するようにしてもよいが、2 つの接続部 5 6 を 1 回の作業で切断するようにしてもよい。例えば、歯車 5 0 の中央の孔部 5 7 に、軸を挿通し、この軸回りに歯車 5 0 を回動させるようにすれば、1 回の作業で 2 つの接続部 5 6 を切断することが容易になる。また、歯車 5 0 を変位させる方向は、平面方向に限定されず、歯車 5 0 を交差方向に変位させることによって接続部 5 6 を切断するようにしてもよい。

【 0 0 4 7 】

次に、機械式時計 1 の製造方法について説明する。

図 1 7 は、機械式時計 1 の製造方法を示すフローチャートである。

図 1 7 に示すように、機械式時計 1 の製造方法は、ステップ S 1 1 ~ S 1 3 の各工程を含む。つまり、機械式時計 1 は、ステップ S 1 1 ~ S 1 3 の各工程が順に実施されることによって製造される。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 1 1 は、部品組立工程であり、機械式時計 1 を構成する各種部品を組み立てる工程である。例えば、部品の 1 つである三番車 2 6 は、上記のステップ S 1 ~ S 6 によって形成された歯車 5 0 の孔部 5 7 に軸部 6 0 を挿通することによって組み立てられる。三番車 2 6 以外の部品についても、必要に応じて、組み立てが実施される。

【 0 0 4 9 】

ステップ S 1 2 は、ムーブメント組立工程であり、ムーブメント 1 0 を組み立てる工程である。この工程は、三番車 2 6 等の各種部品を地板 1 1 に組み付ける工程を含む。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 1 3 は、時計組立工程であり、機械式時計 1 を組み立てる工程である。この工程は、図示しないケーシングにムーブメント 1 0 を収納する工程を含む。以上の工程により、機械式時計 1 が完成する。

【 0 0 5 1 】

以上説明したように、本実施形態の歯車 5 0 及びその製造方法によれば、以下の効果を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

本実施形態によれば、接続部 5 6 が歯 5 1 の先端部に接続されるため、歯 5 1 の間隔が小さい場合であっても歯車 5 0 に接続部 5 6 を接続することが可能となる。また、接続部 5 6 が歯 5 1 の先端部に接続されるため、接続部 5 6 が切断された後の切断面 5 8 が、他の歯車との噛み合いに影響を与えてしまうことを抑制できる。

【 0 0 5 3 】

なお、可撓性を有する接続部 5 6 が歯 5 1 と歯 5 1 の間に接続される場合には、ステップ S 6 の切断工程において、撓んだ接続部 5 6 が歯 5 1 に接触してしまったり、歯 5 1 にダメージを与えてしまったりする恐れがある。これに対して、本実施形態では、接続部 5 6 が歯 5 1 の先端部に接続されるため、切断工程において、接続部 5 6 が途中で折れてしまったり、歯 5 1 にダメージを与えてしまったりすることを抑制できる。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

また、接続部 5 6 が歯 5 1 と歯 5 1 の間に接続される場合には、接続部 5 6 の周辺でエッチングのパターンが密になる。この結果、マイクロローディング効果により、接続部 5 6 の周辺の歯 5 1 の形状と、それ以外の歯 5 1 の形状とに差異が生じてしまう恐れがある。これに対して、本実施形態では、接続部 5 6 が歯 5 1 の先端部に接続されるため、エッチングのパターンが局所的に密になることが抑制され、歯 5 1 の形状に差異が生じてしまうことを抑制できる。

【 0 0 5 5 】

また、本実施形態によれば、接続部 5 6 の形状が波線状であるため、直線状である場合に比べて、接続部 5 6 を大きく撓ませることができる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態によれば、接続部 5 6 の第 1 端部 5 6 a に、くびれが形成されている。つまり、第 1 端部 5 6 a は、接続部 5 6 の他の部位よりも細くなっているため、接続部 5 6 と歯車 5 0 とを切断する際に、第 1 端部 5 6 a で切断することが容易になる。

【 0 0 5 7 】

また、本実施形態によれば、ステップ S 6 の切断工程において、歯車 5 0 を変位させる際に、ツールを歯 5 1 に接触させず、開口部 5 0 a に接触させている。このように、切断の際に、ツールを歯 5 1 以外の部位に接触させるため、ツールによって歯 5 1 にダメージを与えてしまうことを抑制できる。

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態の外形形成工程を経て、歯車 5 0、枠部 5 5 及び接続部 5 6 の外径が形成された状態のシリコンウエハー 7 0 によれば、上述した効果を奏する歯車 5 0 を容易に形成することができる。

【 0 0 5 9 】

また、本実施形態の機械式時計 1 によれば、上述した効果を奏する歯車 5 0 が使用されているため、安定した動作を実現することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

上記の実施形態は、以下のように変更してもよい。

【 0 0 6 1 】

上記の実施形態では、接続部 5 6 の形状を波線状としているが、波線における波の数や、波の振幅は、図 5 に示した態様に限定されない。例えば、図 1 8 に示すように、波の数がより少ない形状であってもよいし、図 1 9 に示すように、波の振幅がより大きい形状であってもよい。なお、図 1 9 に示す形状は、直線状の部位が相反する方向に交互に屈曲した形状、或いは、XY 平面に平行で方向 D に交差する方向に沿う直線状の部位が相反する方向に交互に屈曲しながら方向 D に向かう形状と言い換えることもできる。また、接続部 5 6 の形状は、波線状に限定されず、図 2 0 に示すように、波線とは異なる曲線状であってもよい。このように、接続部 5 6 は、可撓性によって歯車 5 0 の平面方向への変位に、ある程度追従できればよく、その形状は、特に限定されない。

【 0 0 6 2 】

上記の実施形態では、各歯車 5 0 に 2 つの接続部 5 6 が接続されており、接続部 5 6 が接続する 2 つの歯 5 1 の延出方向がなす角度は、略 1 8 0 ° であるが、これに限定されない。例えば、図 2 1 に示すように、接続部 5 6 が接続する 2 つの歯 5 1 の延出方向がなす角度は、略 9 0 ° であってもよいし、それ以外の角度であってもよい。また、接続部 5 6 の数は、2 つに限定されず、1 つでも、3 つ以上であってもよい。また、1 つの歯車 5 0 に複数の接続部 5 6 が接続される構成において、複数の接続部 5 6 の形状や寸法は、同一であってもよいし、異なってもよい。

【 0 0 6 3 】

上記の実施形態では、接続部 5 6 の第 1 端部 5 6 a から第 2 端部 5 6 b に向かう方向 D は、接続部 5 6 が接続される歯 5 1 の延出方向と略等しい方向としているが、方向 D は、歯 5 1 の延出方向と異なる方向であってもよい。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

上記の実施形態において、ステップ S 4 のエッチング工程で、ボッシュプロセスにより穴 7 0 c を形成する際に、エッチングした面にスキヤロップと呼ばれる凹凸が形成される。このスキヤロップを除去する工程を追加で実行してもよい。この工程は、例えば、熱酸化により、1 μm 以上の深さの酸化膜をシリコンウエハー 7 0 に形成した後で、シリコンウエハー 7 0 を B H F 溶液に浸漬することにより、酸化膜をエッチングする工程であってもよい。

【 0 0 6 5 】

上記の実施形態において、ステップ S 1 1 の部品組立工程で、歯車 5 0 に軸部 6 0 を挿通した後で、歯車 5 0 の表面に、二酸化ケイ素 (S i O ₂) からなるシリコン酸化膜を形成する酸化処理を行ってもよい。歯車 5 0 に酸化処理を行うと、シリコンを含む材料からなる歯車 5 0 の表面に形成されるシリコン酸化膜により、歯車 5 0 の機械的強度が向上する。酸化処理を行う場合は、例えば、1 0 0 0 以上の高温で行う熱酸化処理を行うことが好ましい。

10

【 0 0 6 6 】

上記の実施形態では、歯車 5 0 の材料として、脆性材料の板状部材であるシリコンが用いられているが、歯車 5 0 の材料は、シリコンに限定されない。例えば、炭化シリコン、水晶、ガラス、サファイア等であってもよい。

【 0 0 6 7 】

上記の実施形態では、機械式時計 1 の表輪列を構成する三番車 2 6 の歯車 5 0 について例示したが、上記の実施形態に示した歯車 5 0 の構造及び製造方法は、表輪列を構成する他の歯車や、裏輪列を構成する歯車等、様々な歯車に適用可能である。また、時計は、機械式時計 1 に限定されず、電子式時計等、他の時計であってもよい。つまり、上記の実施形態に示した歯車 5 0 の構造及び製造方法は、電子式時計等に含まれる歯車にも適用可能である。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 6 8 】

1 ... 機械式時計、1 0 ... ムーブメント、1 1 ... 地板、1 1 a ... 巻真案内穴、1 2 ... 巻真、1 3 ... おしどり、1 4 ... かんぬき、1 5 ... かんぬきばね、1 6 ... 裏押さえ、1 7 ... きち車、2 0 ... 丸穴車、2 1 ... 角穴車、2 2 ... 香箱車、2 5 ... 二番車、2 6 ... 三番車、2 7 ... 四番車、3 0 ... 脱進機構、3 1 ... 調速機構、3 5 ... がんぎ車、3 6 ... アンクル、4 0 ... てんぷ、5 0 ... 歯車、5 0 a ... 開口部、5 1 ... 歯、5 2 ... リム部、5 3 ... 保持部、5 4 ... 連結部、5 5 ... 枠部、5 6 ... 接続部、5 6 a ... 第 1 端部、5 6 b ... 第 2 端部、5 7 ... 孔部、5 8 ... 切断面、6 0 ... 軸部、7 0 ... シリコンウエハー、7 0 a ... 第 1 面、7 0 b ... 第 2 面、7 0 c ... 穴、7 1 ... シリコン酸化膜、7 2 ... レジスト膜、7 2 a ... 開口部、8 1 ... 異方性エッチング装置、8 2 ... ステージ、8 3 ... コイル、8 4 ... プラズマ、8 5 ... 保護膜、A , B , C ... 幅、D ... 方向、P ... ピッチ円、S ... 歯厚。

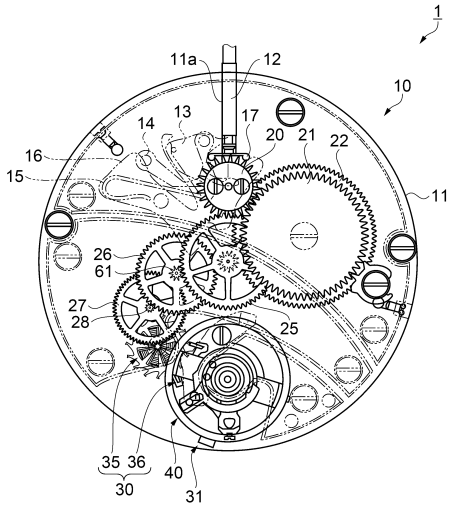
30

40

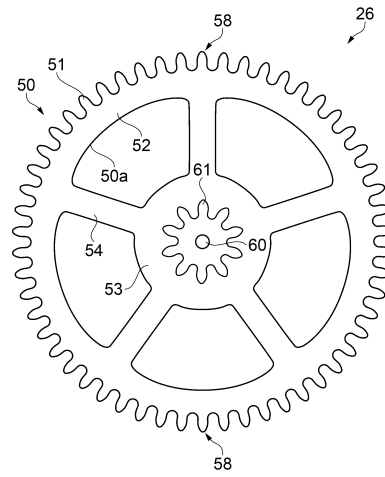
50

【 図面 】

【 図 1 】



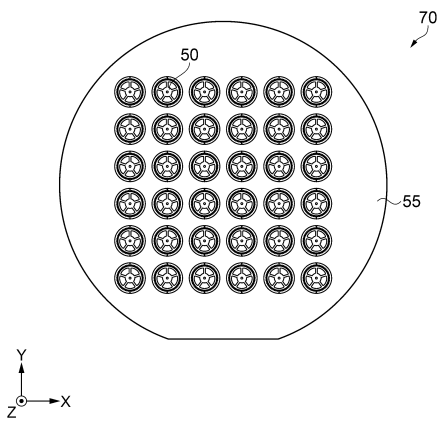
【 図 2 】



10

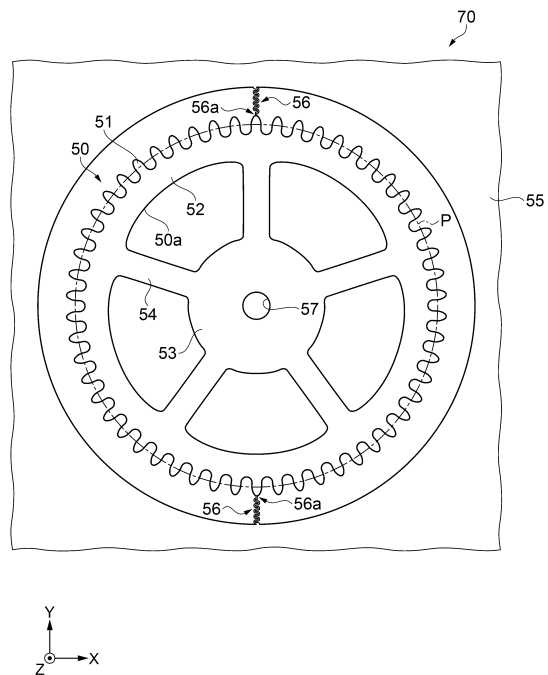
20

【 図 3 】



30

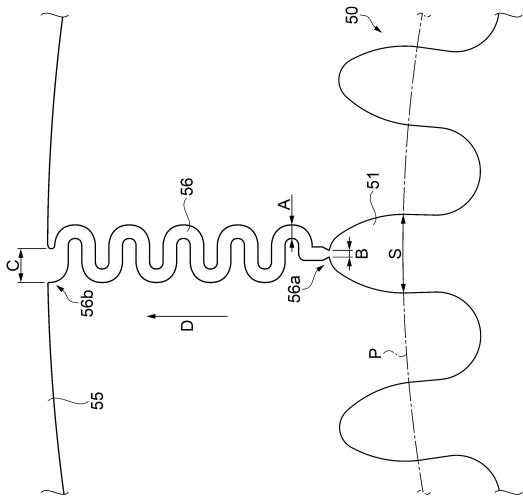
【 図 4 】



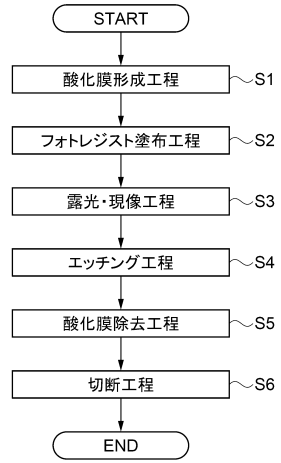
40

50

【 図 5 】



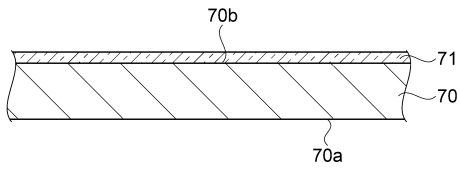
【 図 6 】



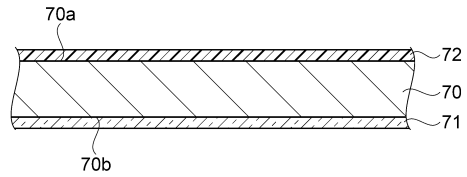
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

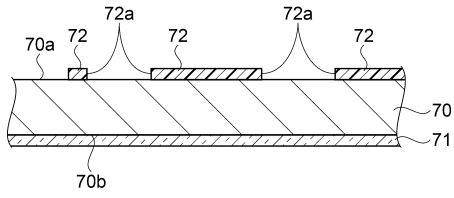


30

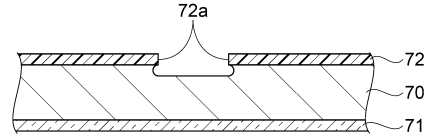
40

50

【 図 9 】

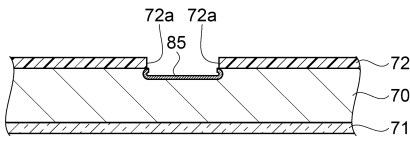


【 図 10 】

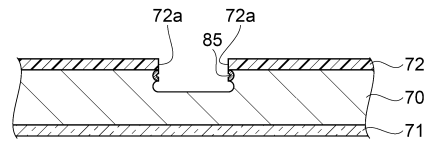


10

【 図 11 】

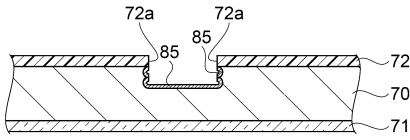


【 図 12 】

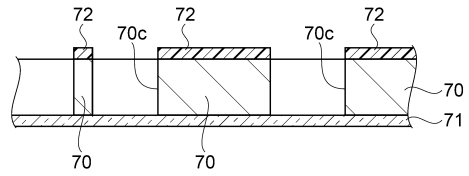


20

【 図 13 】



【 図 14 】

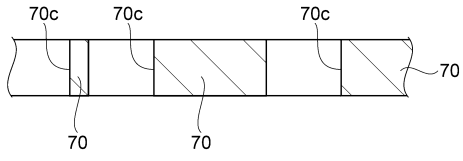


30

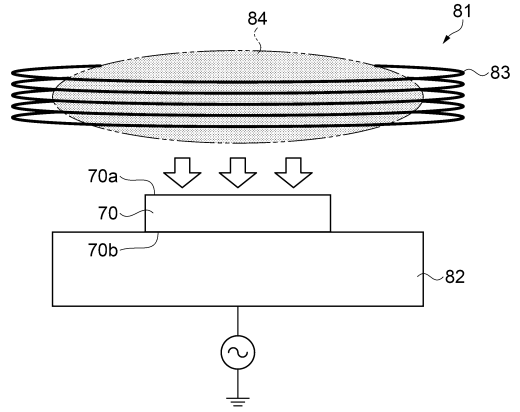
40

50

【 図 1 5 】

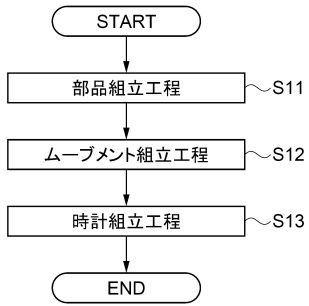


【 図 1 6 】

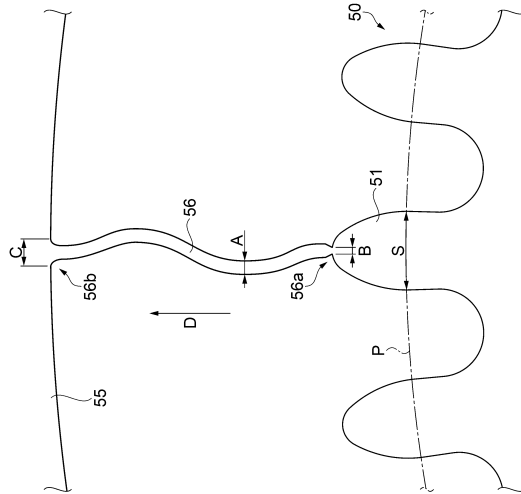


10

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



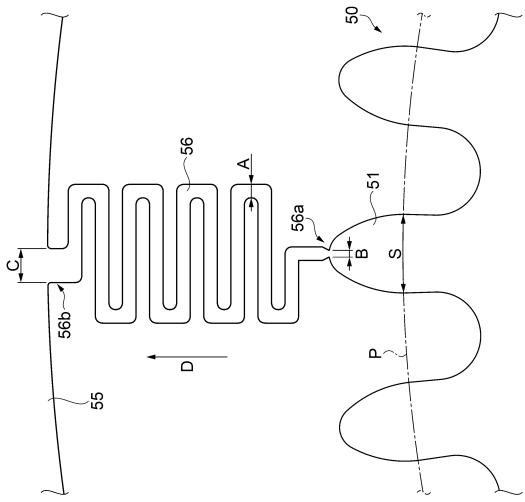
20

30

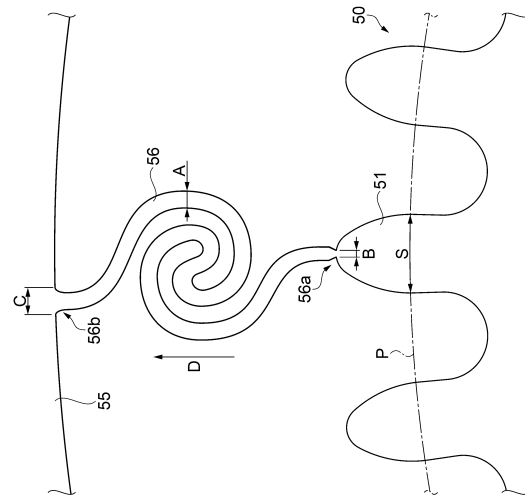
40

50

【 図 1 9 】



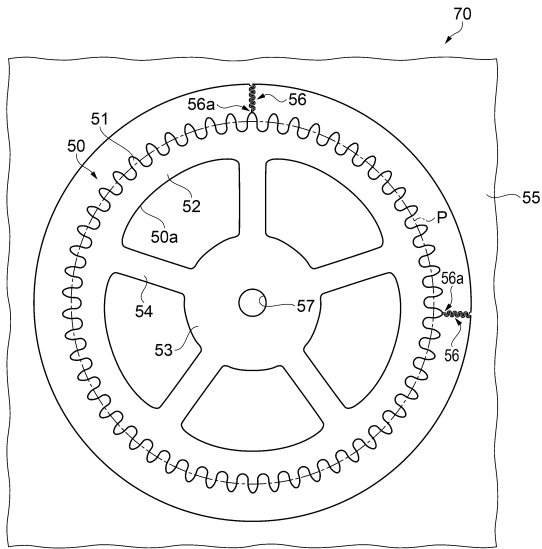
【 図 2 0 】



10

20

【 図 2 1 】



30

40



50