

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6025203号
(P6025203)

(45) 発行日 平成28年11月16日(2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 4 B 17/22 (2006.01) G 0 4 B 17/22 Z

請求項の数 11 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-34704 (P2013-34704)	(73) 特許権者	000002325
(22) 出願日	平成25年2月25日 (2013. 2. 25)		セイコーインスツル株式会社
(65) 公開番号	特開2014-163785 (P2014-163785A)		千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(43) 公開日	平成26年9月8日 (2014. 9. 8)	(74) 代理人	100142837
審査請求日	平成27年12月8日 (2015. 12. 8)		弁理士 内野 則彰
		(74) 代理人	100123685
			弁理士 木村 信行
		(74) 代理人	100166305
			弁理士 谷川 徹
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100126664
			弁理士 鈴木 慎吾
		(74) 代理人	100161207
			弁理士 西澤 和純

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度補償型てんぷ、時計用ムーブメント、機械式時計、及び温度補償型てんぷの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸中心に回転するてん真と、

前記てん真の回転軸回りに周方向に並んで配置され、該回転軸の周方向に沿って円弧状に延びた複数のバイメタル部、及びこれら複数のバイメタル部と前記てん真とをそれぞれ径方向に連結する連結部材を有するてん輪と、を備え、

前記バイメタル部は、第1部材と、該第1部材よりも径方向外側に配置された第2部材とが径方向に重なった積層体とされると共に、周方向の一端部が前記連結部材に連結された固定端とされ、周方向の他端部が自由端とされ、

前記第1部材は、セラミックス材料により形成され、

前記第2部材は、前記第1部材とは熱膨張率が異なる金属材料により形成されることを特徴とする温度補償型てんぷ。

【請求項2】

請求項1に記載の温度補償型てんぷにおいて、

前記第1部材及び前記連結部材は、セラミックス材料により一体に形成され、

前記第2部材は、前記第1部材とは熱膨張率が異なる金属材料からなる電鍍物であることを特徴とする温度補償型てんぷ。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の温度補償型てんぷにおいて、

前記第2部材は、前記第1部材に形成された第1係合部に係合する第2係合部を備え、

10

20

該係合を維持したまま前記第 1 部材に対して接合していることを特徴とする温度補償型てんぷ。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の温度補償型てんぷにおいて、

前記第 1 部材と前記第 2 部材は、合金層を介して接合されていることを特徴とする温度補償型てんぷ。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の温度補償型てんぷにおいて、

前記パイメタル部の自由端には、錘部が設けられていることを特徴とする温度補償型てんぷ。

10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の温度補償型てんぷにおいて、

前記第 1 部材及び前記連結部材は、Si、SiC、SiO₂、Al₂O₃、ZrO₂、又は C のうちのいずれかの材料で形成されていることを特徴とする温度補償型てんぷ。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の温度補償型てんぷにおいて、

前記第 2 部材は、Au、Cu、Ni、Ni 合金、Sn、又は Sn 合金のうちのいずれかの材料で形成されていることを特徴とする温度補償型てんぷ。

【請求項 8】

動力源を有する香箱車と、

前記香箱車の回転力を伝達する輪列と、

前記輪列の回転を制御する脱進機構と、

前記脱進機構を调速する請求項 1 に記載の温度補償型てんぷと、を備えていることを特徴とする時計用ムーブメント。

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載の時計用ムーブメントを備えることを特徴とする機械式時計。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の温度補償型てんぷを製造する方法であって、

セラミックス基板を半導体製造技術により加工して、前記連結部材に複数の前記第 1 部材が一体に連結されると共に、それぞれの前記第 1 部材との間に電鍍用開放空間を画成させる電鍍用ガイド壁が、それぞれの前記第 1 部材に一体に連結された前駆体を形成する基板加工工程と、

30

前記前駆体における前記電鍍用開放空間内に前記金属材料を電鍍により成長させることで前記第 2 部材を形成し、前記第 1 部材と前記第 2 部材とが径方向に重なった接合された前記パイメタル部を形成する電鍍工程と、

前記電鍍用ガイド壁を前記第 1 部材から除去する除去工程と、を備えていることを特徴とする温度補償型てんぷの製造方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の温度補償型てんぷの製造方法において、

前記電鍍工程後、前記パイメタル部が形成された前記前駆体を、所定温度雰囲気下で所定時間の間、熱処理する熱処理工程を行うことを特徴とする温度補償型てんぷの製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度補償型てんぷ、時計用ムーブメント、機械式時計、及び温度補償型てんぷの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

機械式時計の调速機としては、一般的にてんぷ及びひげぜんまいで構成されている。こ

50

のうちのんぷは、てん真の回転軸回りに周期的に正逆回転して振動する部材であり、その振動周期は予め決められた規定値内に設定されていることが重要とされている。仮に、振動周期が規定値からずれてしまうと、機械式時計の歩度（時計の遅れ、進みの度合い）が変化するためである。ところが、上記振動周期は各種の原因によって変化し易く、例えば温度変化によっても変化してしまう。

ここで、上記振動周期 T は、次式（１）で表される。

【 0 0 0 3 】

【数 1】

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}} \quad \dots (1)$$

10

【 0 0 0 4 】

上記式（１）において、 I は「てんぷの慣性モーメント」、 K は「ひげぜんまいのばね定数」を示す。従って、てんぷの慣性モーメント、又はひげぜんまいのばね定数が変化すると、振動周期も変化してしまう。

ここで、てんぷに用いられる金属材料としては、一般的に線膨張係数が正の材料とされており、温度上昇によって膨張する。そのため、てん輪が拡径し、慣性モーメントを増加させてしまう。また、ひげぜんまいに一般的に用いられる鋼材料のヤング率は負の温度係数を有しているため、温度上昇によればね定数を低下させてしまう。

【 0 0 0 5 】

20

以上のことにより、温度上昇すると、これに伴って慣性モーメントが増加し且つひげぜんまいのばね定数が低下することとなる。従って、上記式（１）から明らかなように、てんぷの振動周期は、低温で短く、高温で長くなる特性となってしまう。そのため、時計の温度特性としては、低温で進み、高温で遅れるという特性になってしまうものであった。

【 0 0 0 6 】

そこで、てんぷの振動周期の温度特性を改善するための対策として、例えば下記の２つの方法が知られている。

第１の方法としては、てん輪を完全な閉ループをなす円形にする代わりに、てん輪を周方向の二か所で分断して円弧状部とすると共に、各円弧状部を熱膨張率が異なる材料からなる金属板を径方向に接合したバイメタルで形成し、且つ円弧状部の周方向の一端部を固定端、周方向の他端部を自由端とする方法が知られている（特許文献１参照）。

30

【 0 0 0 7 】

通常、上述したように、温度上昇に伴っててん輪は熱膨張により拡径するので、実効的な慣性モーメントを増大させてしまうが、第１の方法によれば、温度上昇時、バイメタルからなる円弧状部は熱膨張率の差により自由端側が径方向の内側に向けて移動するように内向き変形する。これにより、てん輪の平均径を縮径させて、実効的な慣性モーメントを低下させることができ、慣性モーメントの温度特性に負の傾きを持たせることができる。その結果、ひげぜんまいの温度依存性を相殺する程度に慣性モーメントを変化させることができ、てんぷの振動周期の温度依存性を低く抑えることが可能となる。

【 0 0 0 8 】

40

第２の方法としては、ひげぜんまいの材料としてコエリンパー等の恒弾性材料を採用することにより、時計の使用温度範囲（例えば、 23 ± 15 ）付近でのヤング率の温度係数を正の特性とする方法である。

この第２の方法によれば、上記使用温度範囲内において、てん輪の線膨張係数とひげぜんまいの線膨張係数とを相殺させることで、温度に対するてんぷの慣性モーメントの変化をキャンセルすることができ、てんぷの振動周期の温度依存性を低く抑えることが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 9 】

50

【特許文献1】特公昭43-26014号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、上記した第1の方法では、熱膨張率が互いに異なる、径方向内側の金属板と径方向外側の金属板とを接合することで、バイメタルの円弧状部を形成するものであるが、その接合方法としてはろう付けや圧着等が挙げられる。ところが、これらの方法では、そのときの接合条件等によって仕上がりが左右されてしまうので、一定の形状精度を確保することが難しい。しかも、2つの金属板で円弧状部を構成するので、ろう付けや圧着時、又は切断によって各円弧状部を形成する際に、2つの金属板が塑性変形するおそれがあった。

10

【0011】

これらのことにより、バイメタルである円弧状部を高精度の形状精度で仕上げるのが難しく、慣性モーメントの調整及び温度補償量の設定が不安定になり易かった。加えて、径方向内側に配置される金属板の材料としては、インバー等の鉄系材料（低熱膨張材料）を一般的に採用するが、メッキ工程等を施さないと錆びが発生する問題があった。従って、製造に手間がかかってしまい、改善の余地があった。

【0012】

また、上記した第2の方法では、コエリンバー等の恒弾性材料でひげぜんまいを作製する際、溶解時における組成や熱処理等の各種加工条件によってヤング率の温度係数が大きく変化する恐れがある。従って、厳密な製造管理工程が必要とされ、ひげぜんまいの製造が容易ではなかった。よって、時計の使用温度範囲付近においてヤング率の温度係数を正にすることが難しい場合があった。

20

【0013】

本発明は、このような事情に考慮してなされたもので、その目的は、形状精度が優れ、温度補正作業を狙い通りに安定して行うことができると共に、錆び難く、余計な外力（ストレス）が加わることを抑制しながら効率良く製造することができる温度補償型てんぷ、これを具備する時計用ムーブメント、機械式時計、及び温度補償型てんぷの製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

30

【0014】

本発明は、前記課題を解決するために以下の手段を提供する。

(1) 本発明に係る温度補償型てんぷは、軸中心に回動するてん真と、前記てん真の回動軸回りに周方向に並んで配置され、該回動軸の周方向に沿って円弧状に延びた複数のバイメタル部、及びこれら複数のバイメタル部と前記てん真とをそれぞれ径方向に連結する連結部材を有するてん輪と、を備え、前記バイメタル部は、第1部材と、該第1部材よりも径方向外側に配置された第2部材とが径方向に重なった積層体とされると共に、周方向の一端部が前記連結部材に連結された固定端とされ、周方向の他端部が自由端とされ、前記第1部材は、セラミックス材料により形成され、前記第2部材は、前記第1部材とは熱膨張率が異なる金属材料により形成されることを特徴とする。

40

【0015】

本発明に係る温度補償型てんぷによれば、温度変化が生じると、第1部材と第2部材との熱膨張率の差によってバイメタル部が固定端を基点として径方向に屈曲変形するので、バイメタル部の自由端を径方向の内側又は外側に向かって移動させることができる。これにより、バイメタル部の自由端の位置を径方向に変化させることができる。そのため、てん輪の平均径を縮径又は拡径させることができ、てん真の回動軸からの距離を変化させててんぷ全体の慣性モーメントを変化させることができる。これにより、慣性モーメントの温度特性の傾きを変化させることができ、温度補正を行うことができる。

【0016】

特に、バイメタル部の第1部材がセラミックス材料で形成されているので、バイメタル

50

部の塑性変形を抑制でき、温度補正により自由端の変形が繰り返されたとしても、経時的に安定した精度のバイメタル部を形成することが可能となる。

【0017】

上記したように、塑性変形を防止しながら優れた形状精度でバイメタル部を形成できるので、温度補正作業を狙い通りに安定して行わせることができ、温度変化によって歩度の変化し難い、温度補償性能に優れた高品質なてんぷとすることができる。

また、バイメタル部の形状を規定できるので、バイメタル部の形状自由度を高めることができ、例えば変位量を大きくする等による温度補償量の制御を容易に行い易い。また、第1部材については、セラミックス材料であるのでメッキ等を施さなくても錆び難い。よって、メッキ工程等が不要であり、効率良く製造することが可能となる。

10

また、径方向に相互に重なる第1部材と第2部材とにより構成されたバイメタル部において内側の第1部材がセラミックス材で形成されているので、温度変化に伴う第1部材の熱変形が抑制されることになり、温度変化に応じたバイメタル部の変形を小さく抑えつつ所望の慣性モーメント調整量を得ることができるようになる。つまり、バイメタル部の内側部材が金属等ではなくセラミックス材であるので、当該内側部材の熱変形量の大きさを考慮しすぎることなく、バイメタル自由端部の変形量を設計することができるようになる。よって、慣性モーメントの温度補正が容易となり、当該補正精度を向上させることができる。

【0018】

(2) 上記本発明に係る温度補償型てんぷにおいて、前記第1部材及び前記連結部材は、セラミックス材料により一体に形成され、前記第2部材は、前記第1部材とは熱膨張率が異なる金属材料からなる電鍍物であることが好ましい。

20

【0019】

この場合には、てん輪のうち連結部材及びバイメタル部を構成する第1部材が、セラミックス材料で一体に形成されているので、半導体製造技術(フォトリソグラフィ技術やエッチング加工技術等を含む技術)を利用して、例えばシリコン基板から優れた形状精度で一体に形成することができる。しかも、半導体製造技術を利用するので、連結部材及び第1部材に対して余計な外力を加えることなく所望する微細な形状で形成することができる。

一方、バイメタル部を構成する第2部材は電鍍物であるので、金属材料を電鍍により成長させるだけの簡便な作業で第1部材に対して接合させることができる。従って、従来のろう付けや圧着等による方法とは異なり、やはり第1部材に対して余計な外力を加えることなく、第2部材を接合することができる。そのため、バイメタル部の塑性変形を防止できるうえ、優れた形状精度でバイメタル部を形成することが可能となる。

30

【0020】

(3) 上記本発明に係る温度補償型てんぷにおいて、前記第2部材は、前記第1部材に形成された第1係合部に係合する第2係合部を備え、該係合を維持したまま前記第1部材に対して接合していることが好ましい。

【0021】

この場合には、第1係合部と第2係合部との係合によって、第1部材と第2部材との接合強度を高めることができるので、バイメタル部としての作動信頼性を向上することができる。また、両係合部の係合によって、第2部材が第1部材に対して周方向に位置決めされるので、第1部材の狙った領域に第2部材を接合できる。この点においても、バイメタル部としての作動信頼性を向上できる。

40

【0022】

(4) 上記本発明に係る温度補償型てんぷにおいて、前記第1部材と前記第2部材は、合金層を介して接合されていることが好ましい。

【0023】

この場合には、第1部材と第2部材とが合金層を介して接合されているので、両部材の接合強度を高めることができ、バイメタル部としての作動信頼性を向上することができる

50

。

【0024】

(5) 上記本発明に係る温度補償型てんぷにおいて、前記バイメタル部の自由端には、錘部が設けられていることが好ましい。

【0025】

この場合には、錘部によってバイメタル部の自由端の重量を増大させることができるので、自由端における径方向の変化量に対して、より効果的に慣性モーメントの温度補正を行うことができる。従って、温度補償性能をより向上させ易い。

【0026】

(6) 上記本発明に係る温度補償型てんぷにおいて、前記第1部材及び前記連結部材は、Si、SiC、SiO₂、Al₂O₃、ZrO₂、又はCのうちのいずれかの材料で形成されていることが好ましい。

10

【0027】

この場合には、セラミックス材料として、Si、SiC、SiO₂、Al₂O₃、ZrO₂、又はCを採用するので、エッチング加工、特にドライエッチング加工を好適に行うことが可能である。従って、連結部材及び第1部材を、より簡便且つ効率良く形成でき、製造効率をさらに高め易い。

【0028】

(7) 上記本発明に係る温度補償型てんぷにおいて、前記第2部材は、Au、Cu、Ni、Ni合金、Sn、又はSn合金のうちのいずれかの材料で形成されていることが好ましい。

20

【0029】

この場合には、金属材料として、Au、Cu、Ni、Ni合金、Sn、又はSn合金を採用するので、電鍍によりスムーズに金属材料を成長させることができ、効率良く第2部材を形成することが可能である。従って、製造効率をさらに高め易い。

【0030】

(8) 本発明に係る時計用ムーブメントは、動力源を有する香箱車と、前記香箱車の回転力を伝達する輪列と、前記輪列の回転を制御する脱進機構と、前記脱進機構を调速する上記本発明に係る温度補償型てんぷと、を備えていることを特徴とする。

【0031】

本発明に係る時計用ムーブメントによれば、上述したように温度補償性能が高い温度補償型てんぷを具備しているので、歩度の誤差が少ない高品質な時計用ムーブメントとすることができる。

30

【0032】

(9) 本発明に係る機械式時計は、上記本発明に係る時計用ムーブメントを備えることを特徴とする。

【0033】

本発明に係る機械式時計によれば、上記した時計用ムーブメントを具備しているので、歩度の誤差の少ない高品質な機械式時計とすることができる。

【0034】

(10) 本発明に係る温度補償型てんぷの製造方法は、上記本発明に係る温度補償型てんぷを製造する方法であって、セラミックス基板を半導体製造技術により加工して、前記連結部材に複数の前記第1部材が一体に連結されると共に、それぞれの前記第1部材との間に電鍍用開放空間を画成させる電鍍用ガイド壁が、それぞれの前記第1部材に一体に連結された前駆体を形成する基板加工工程と、前記前駆体における前記電鍍用開放空間内に前記金属材料を電鍍により成長させることで前記第2部材を形成し、前記第1部材と前記第2部材とが径方向に重なった接合された前記バイメタル部を形成する電鍍工程と、前記電鍍用ガイド壁を前記第1部材から除去する除去工程と、を備えていることを特徴とする。

40

【0035】

本発明に係る温度補償型てんぷの製造方法によれば、上述した温度補償型てんぷと同様

50

の作用効果を奏功することができる。すなわち、塑性変形を防止しながら優れた形状精度でバイメタル部を形成できるので、温度補正作業を狙い通りに安定して行わせることができ、温度変化によって歩度に変化し難い高品質な温度補償性能に優れたてんぷとすることができる。

特に、基板加工工程の際、連結部材及び第1部材に加えて、電鑄用ガイド壁が一体に連結された前駆体を形成している。そのため、この電鑄用ガイド壁と第1部材との間に画成される電鑄用開放空間を優れた形状精度で形成することができる。そして、電鑄工程の際、この電鑄用開放空間内に金属材料を成長させて第2部材を形成するので、優れた形状精度の第2部材を形成することができ、結果として所望の形状を有する高品質なバイメタル部を得ることができる。これにより、上述した作用効果をより顕著に奏功することができる。

10

【0036】

(11) 上記本発明に係る温度補償型てんぷの製造方法において、前記電鑄工程後、前記バイメタル部が形成された前記前駆体を、所定温度雰囲気下で所定時間の間、熱処理する熱処理工程を行うことが好ましい。

【0037】

この場合には、電鑄により第1部材に対して第2部材を接合させてバイメタル部を形成した後、熱処理を行うので、電鑄物である第2部材を形成する金属材料を、第1部材との接合界面に沿って拡散させることができ、この拡散を利用して第1部材と第2部材との間に合金層を形成することができる。これにより、第1部材と第2部材とを合金層を介して接合させることができ、両部材の接合強度を高めることができる。従って、バイメタル部としての作動信頼性を向上することができる。

20

【発明の効果】

【0038】

本発明によれば、形状精度が優れ、温度補正作業を狙い通りに安定して行うことができると共に、錆び難く、余計な外力(ストレス)が加わることを抑制しながら効率良く製造することができ、温度補償性能が高まった温度補償型てんぷを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明に係る実施形態を示す図であって、機械式時計のムーブメントの構成図である。

30

【図2】図1に示すムーブメントを構成するてんぷ(温度補償型てんぷ)の斜視図である。

【図3】図2に示すA-A断面図である。

【図4】図2に示すてんぷを構成するてん輪の斜視図である。

【図5】図4に示すB-B断面図である。

【図6】図4に示すてん輪を製造する際の一工程図であって、シリコン基板上にシリコン酸化膜を形成した状態を示す断面図である。

【図7】図6に示す状態から、シリコン酸化膜に円弧状の溝部を形成した状態を示す断面図である。

40

【図8】図7に示す状態の斜視図である。

【図9】図7に示す状態から、シリコン酸化膜上にレジストパターンを形成した状態を示す断面図である。

【図10】図9に示す状態の斜視図である。

【図11】図9に示す状態の上面図である。

【図12】図9に示す状態から、レジストパターンをマスクとしてシリコン酸化膜を選択的に除去した状態を示す断面図である。

【図13】図12に示す状態の斜視図である。

【図14】図12に示す状態から、レジストパターン及びシリコン酸化膜をマスクとしてシリコン基板を選択的に除去した状態を示す断面図である。

50

【図 15】図 14 に示す状態の斜視図である。

【図 16】図 14 に示す状態から、レジストパターンを除去して前駆体を形成した状態を示す断面図である。

【図 17】図 16 に示す状態の斜視図である。

【図 18】図 16 に示す前駆体を表裏反転させた後、第 1 支持基板の接着層に貼り合わせた状態を示す断面図である。

【図 19】図 18 に示す状態の斜視図である。

【図 20】図 18 に示す状態から、前駆体の電鍍用開放空間内に電鍍により金を成長させて、第 2 部材を形成した状態を示す断面図である。

【図 21】図 20 に示す状態の斜視図である。

10

【図 22】図 20 に示す状態から、前駆体を第 1 支持基板から取り外し、再度表裏反転させた後、第 2 支持基板の接着層に貼り合わせた状態を示す断面図である。

【図 23】図 22 に示す状態から電鍍用ガイド壁を除去した状態を示す断面図である。

【図 24】図 23 に示す状態から第 2 支持基板を取り外した状態を示す斜視図である。

【図 25】図 24 に示す状態からシリコン酸化膜を除去した状態を示す断面図である。

【図 26】図 25 に示す状態の斜視図である。

【図 27】本発明に係るてん輪の変形例を示す斜視図である。

【図 28】本発明に係るてんぶの変形例を示す斜視図である。

【図 29】図 28 に示すてんぶにおけるパイメタル部の拡大上面図である。

【図 30】本発明に係るてんぶの別の変形例を示す斜視図である。

20

【図 31】図 30 に示すてんぶにおけるパイメタル部の拡大上面図である。

【図 32】本発明に係るパイメタル部を構成する、第 1 部材の材料と第 2 部材の材料との組み合わせの一例を示すと共に、各組み合わせにおける最適な熱処理温度を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0040】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照して説明する。

〔機械式時計、時計用ムーブメント、温度補償型てんぶの構成〕

図 1 に示すように、本実施形態の機械式時計 1 は、例えば腕時計であって、ムーブメント（時計用ムーブメント）10 と、このムーブメント 10 を収納する図示しないケーシングと、により構成されている。

30

【0041】

（ムーブメントの構成）

このムーブメント 10 は、基板を構成する地板 11 を有している。この地板 11 の裏側には図示しない文字板が配されている。なお、ムーブメント 10 の表側に組み込まれる輪列を表輪列 28 と称し、ムーブメント 10 の裏側に組み込まれる輪列を裏輪列と称する。

上記地板 11 には、巻真案内穴 11a が形成されており、ここに巻真 12 が回転自在に組み込まれている。この巻真 12 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 を有する切換装置により、軸方向の位置が決められている。また、巻真 12 の案内軸部には、きち車 17 が回転自在に設けられている。

40

【0042】

このような構成のもと、巻真 12 が、例えば回転軸方向に沿ってムーブメント 10 の内側に一番近い方の第 1 の巻真位置（0 段目）にある状態で巻真 12 を回転させると、図示しないつづみ車の回転を介してきち車 17 が回転する。そして、このきち車 17 が回転することにより、これと噛合う丸穴車 20 が回転する。そして、この丸穴車 20 が回転することにより、これと噛合う角穴車 21 が回転する。更に、この角穴車 21 が回転することにより、香箱車 22 に収容された図示しないぜんまい（動力源）を巻き上げる。

【0043】

ムーブメント 10 の表輪列 28 は、上記香箱車 22 の他に、二番車 25、三番車 26 及び四番車 27 により構成されており、香箱車 22 の回転力を伝達する機能を果している。

50

また、ムーブメント 10 の表側には、表輪列 28 の回転を制御するための脱進機構 30 及び調速機構 31 が配置されている。

【 0044 】

二番車 25 は、香箱車 22 に噛合う歯車とされている。三番車 26 は、二番車 25 に噛合う歯車とされている。四番車 27 は、三番車 26 に噛合う歯車とされている。

脱進機構 30 は、上記した表輪列 28 の回転を制御する機構であって、四番車 27 と噛み合うがんぎ車 35 と、このがんぎ車 35 を脱進させて規則正しく回転させるアングル 36 と、を備えている。

調速機構 31 は、上記脱進機構 30 を調速する機構であって、てんぶ（温度補償型てんぶ）40 を具備している。

10

【 0045 】

（てんぶの構成）

てんぶ 40 は、図 2 及び図 3 に示すように、軸線（回動軸）O を中心に回動する（軸中心に回動する）てん真 41 と、てん真 41 に取り付けられたてん輪 42 と、ひげぜんまい（てんぶばね）43 と、を備え、ひげぜんまい 43 から伝えられた動力によって、軸線 O 回りに一定の振動周期で正逆回転させられる部材とされている。

なお、本実施形態では、軸線 O に直交する方向を径方向、軸線 O を周回する方向を周方向という。

【 0046 】

てん真 41 は、軸線 O に沿って上下に延在した回轉軸体であり、上端部及び下端部が上記したムーブメント 10 を構成する図示しない地板やてんぶ受等の部材によって軸支されている。てん真 41 における上下方向の略中間部分は、径が最も大きい大径部 41a とされている。また、このてん真 41 には、大径部 41a の下方に位置する部分に筒状の振り座 45 が軸線 O と同軸に外装されている。この振り座 45 は、径方向の外側に向けて突設された環状の鏝部 45a を有しており、該鏝部 45a に上記アングル 36 を揺動させるための振り石 46 が固定されている。

20

【 0047 】

ひげぜんまい 43 は、例えば一平面内で渦巻状に巻かれた平ひげであって、ひげ玉 47 を介してその内端部がてん真 41 における大径部 41a の上方に位置する部分に固定されている。そして、このひげぜんまい 43 は、四番車 27 からがんぎ車 35 に伝えられた動力を蓄え、上述したように該動力をてん輪 42 に伝える役割を果たしている。

30

なお、本実施形態のひげぜんまい 43 は、ヤング率が負の温度係数を有する一般的な鋼材料で形成されており、温度上昇によってばね定数が低下する特性を有している。

【 0048 】

てん輪 42 は、図 4 及び図 5 に示すように、てん真 41 の軸線 O 回りに周方向に並んで配置された 3 つのバイメタル部 50 と、これら 3 つのバイメタル部 50 とてん真 41 とをそれぞれ径方向に連結する連結部材 51 と、を備えている。

【 0049 】

連結部材 51 は、軸線 O と同軸に配設されており、中心に軸孔 55a が形成された連結円板 55 と、該連結円板 55 を径方向の外側から間隔をあけて囲繞する連結リング 56 と、連結円板 55 の外周部と連結リング 56 の内周部とを連結する 3 つ連結ブリッジ 57 と、を備えている。

40

そして、この連結部材 51 は、軸孔 55a を介しててん真 41 の大径部 41a に例えば圧入等により固定されることで、てん真 41 に対して一体に取り付けられる。

【 0050 】

連結リング 56 の外周部には、径方向の外側に向けて 3 つの支持突起 58 が突出している。これら 3 つの支持突起 58 は、周方向に一定の間隔をあけて均等配置されている。また、各支持突起 58 には、連結リング 56 の外周部から径方向の外側に向かうにしたがって、周方向の一方側（図 4 に示す矢印 T 方向）に向けて傾斜した傾斜面 58a が形成されている。

50

【 0 0 5 1 】

連結ブリッジ 5 7 は、連結円板 5 5 と連結リング 5 6 とを径方向に繋ぐ部材であり、周方向に一定の間隔をあけて均等配置されている。図示の例では、3 つの連結ブリッジ 5 7 と 3 つの支持突起 5 8 とは、互いに周方向に位置がずれた状態で配設されているが、この場合に限定されるものではない。

【 0 0 5 2 】

上記バイメタル部 5 0 は、径方向の内側に位置する第 1 部材 6 0 と、この第 1 部材 6 0 の径方向の外側に位置する第 2 部材 6 1 とが互いに径方向に重なって接合された積層体であり、周方向に沿って円弧状に延びる帯状に形成されている。そして、このバイメタル部 5 0 は、連結リング 5 6 の径方向の外側に間隔をあけ、且つ周方向に並んだ状態で配置されており、周方向の一端部が連結部材 5 1 に連結された固定端 5 0 A とされている。

10

【 0 0 5 3 】

具体的には、バイメタル部 5 0 の固定端 5 0 A は、連結リング 5 6 から突出した支持突起 5 8 における、傾斜面 5 8 a とは周方向の反対の面に連結されている。そして、バイメタル部 5 0 は、この支持突起 5 8 から周方向に沿いながら矢印 T 方向に向かって延びている。これにより、3 つのバイメタル部 5 0 は、周方向に均等配置されている。

【 0 0 5 4 】

また、バイメタル部 5 0 の周方向の他端部は、温度変化に伴う屈曲変形によって径方向に移動可能とされた自由端 5 0 B とされている。この自由端 5 0 B は、主に第 1 部材 6 0 で形成されており、径方向の内側に向けて突出することで、バイメタル部 5 0 の他の部分よりも径方向に幅広に形成されている。

20

これにより、自由端 5 0 B の重量は、バイメタル部 5 0 の他の部分よりも重く設計されている。しかも、本実施形態の自由端 5 0 B には錘孔 6 2 が形成されており、この錘孔 6 2 に錘部 6 5 (図 2、図 3 参照) が例えば圧入により取り付けられている。そのため、自由端 5 0 B には錘部 6 5 による重量も加わって、バイメタル部 5 0 の他の部分よりも十分重く設計されている。

【 0 0 5 5 】

なお、錘部 6 5 は、図 2 及び図 3 に示すように、錘孔 6 2 に挿入される軸部 6 5 a と、自由端 5 0 B の上面に露出するヘッド部 6 5 b と、でリベットのごとく形成されている場合を例にしている。

30

また、図 4 に示すように、自由端 5 0 B における径方向の内側を向いた部分には、支持突起 5 8 における傾斜面 5 8 a に対向し、該傾斜面 5 8 a の傾斜に倣って傾斜した対向傾斜面 6 6 とされている。

【 0 0 5 6 】

ところで、上述したようにバイメタル部 5 0 は、図 4 及び図 5 に示すように、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とが径方向に重なって積層されることで形成されているが、これらは熱膨張率の異なる材料で形成されている。

【 0 0 5 7 】

具体的には、径方向の内側に位置する第 1 部材 6 0 は、低熱膨張材料であるセラミックス材料、本実施形態ではシリコン (Si) で形成されている。一方、径方向の外側に位置する第 2 部材 6 1 は、第 1 部材 6 0 よりも熱膨張率が大きい高熱膨張材料であって、且つ電鍍可能な金属材料、本実施形態では金 (Au) で形成されている。

40

従って、温度上昇した場合には、第 1 部材 6 0 よりも第 2 部材 6 1 の方が熱膨張するので、バイメタル部 5 0 は、固定端 5 0 A を基点として自由端 5 0 B が径方向の内側に向けて移動するように屈曲変形する。

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態の第 1 部材 6 0 は、連結部材 5 1 と一体に形成されている。従って、連結部材 5 1 についても、第 1 部材 6 0 と同様にシリコンにより形成されている。つまり、てんぷ 4 0 を構成するてん輪 4 2 は、連結部材 5 1 と第 1 部材 6 0 とがシリコンにより形成され、第 2 部材 6 1 だけが金で形成されている。

50

【 0 0 5 9 】

しかも、この第 2 部材 6 1 は電鋳によって形成された電鋳物とされており、電鋳による金の成長過程で第 1 部材 6 0 に対して密着接合する。加えて、第 2 部材 6 1 における周方向の両端部は、径方向の内側に向かうにしたがって周方向に漸次延びた平面視 V 字状の楔部（第 2 係合部）6 7 が形成されており、第 1 部材 6 0 側に形成された平面視 V 字状の凹部（第 1 係合部）6 8 に係合した状態で接合されている。

これにより、第 2 部材 6 1 は、第 1 部材 6 0 に対して周方向に位置決めがなされた状態で接合している。

【 0 0 6 0 】

〔温度補正方法〕

次に、上記したてんぷ 4 0 を利用した、慣性モーメントの温度補正方法について説明する。

本実施形態のてんぷ 4 0 によれば、図 2 に示すように、温度変化が生じると、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 との熱膨張率の差によってバイメタル部 5 0 が固定端 5 0 A を基点として径方向に屈曲変形するので、バイメタル部 5 0 の自由端 5 0 B を径方向の内側又は外側に向かって移動させることができる。即ち、温度上昇した場合には、バイメタル部 5 0 が径方向の内側に屈曲変形するので、自由端 5 0 B を径方向の内側に向けて移動させることができ、温度低下した場合には、その逆に径方向の外側に向けて移動させることができる。

【 0 0 6 1 】

そのため、てん輪 4 2 の平均径を縮径又は拡径させることができ、てん真 4 1 の軸線 O からの距離を変化させててんぷ 4 0 全体の慣性モーメントを変化させることができる。つまり、温度上昇した場合には、てん輪 4 2 の平均径を縮径させて慣性モーメントを小さくすることができ、温度低下した場合には、てん輪 4 2 の平均径を拡径させて慣性モーメントを大きくすることができる。これにより、慣性モーメントの温度特性の傾きを負の傾きに変化させることができ、温度補正を行うことができる。

【 0 0 6 2 】

すなわち、ヤング率が負の温度係数を有するひげぜんまい 4 3 を備えていたとしても、温度上昇時、ひげぜんまい 4 3 のヤング率の低下と同時に、慣性モーメントを小さくすることができるので、てんぷ 4 0 の振動周期を一定に保つことができ、温度補正を行える。また、温度低下時、ひげぜんまい 4 3 のヤング率の増加と同時に、慣性モーメントを大きくすることができるので、やはりてんぷ 4 0 の振動周期を一定に保つことができ、温度補正を行える。

【 0 0 6 3 】

〔てんぷの製造方法〕

次に、上記したてんぷ 4 0 の製造方法について、図面を参照して説明する。

てんぷ 4 0 の製造方法としては、てん真 4 1 を製造する工程と、てん輪 4 2 を製造する工程と、ひげぜんまい 4 3 を製造する工程と、これらを一体に組み付ける工程と、を備える。ここでは、主にてん輪 4 2 を製造する工程を詳細に説明する。

【 0 0 6 4 】

はじめに、図 6 に示すように、後に連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 となるシリコン基板（セラミックス基板）7 0 を準備した後、その表面にシリコン酸化膜（ SiO_2 ）7 1 を形成する。この際、シリコン基板 7 0 としては、てん輪 4 2 の厚みよりも厚いものを用いる。また、シリコン酸化膜 7 1 は、例えばプラズマ化学気相形成法（PCVD）や熱酸化等による方法で形成する。

【 0 0 6 5 】

なお、ここでは説明を簡略化するために、平面視正方形のシリコン基板 7 0 から、てん輪 4 2 を 1 つだけ製造する場合を例に挙げて説明する。但し、ウエハ状のシリコン基板を用意し、てん輪 4 2 を一度に複数個同時に製造しても構わない。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

続いて、図 7 及び図 8 に示すように、シリコン酸化膜 7 1 の一部をエッチング等により選択的に除去して、3 つの円弧状の溝部 7 2 を、周方向に間隔をあけて並ぶように形成する。この溝部 7 2 は、後に形成される電鍍用ガイド壁 7 0 A を形成するための溝であり、第 2 部材 6 1 よりも径方向外側に位置するように形成する。

【 0 0 6 7 】

続いて、図 9 ~ 図 1 1 に示すように、シリコン酸化膜 7 1 上における、上記 3 つの溝部 7 2 で囲まれる内側領域にフォトレジストを形成した後、該フォトレジストをパターンニングしたレジストパターン 7 3 を形成する。このとき、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 の形状に倣ってパターンニングしたレジストパターン本体 7 3 A と、上記した 3 つの溝部 7 2 に入り込むと共に、周方向の両端部がレジストパターン 7 3 と連結したガイド壁用パターン 7 3 B と、で構成されるようにレジストパターン 7 3 を形成する。

10

【 0 0 6 8 】

なお、フォトレジストは、スピンコートやスプレーコート等の一般的な方法により形成すれば良い。また、レジストパターン 7 3 は、フォトレジストをフォトリソグラフィ技術等の一般的な方法によりパターンニングすることで形成すれば良い。

【 0 0 6 9 】

続いて、図 1 2 及び図 1 3 に示すように、シリコン酸化膜 7 1 のうち、上記レジストパターン 7 3 でマスクされていない領域を選択的に除去する。具体的には、緩衝フッ酸水溶液を用いたウェットエッチングや、リアクティブイオンエッチング (R I E) 等のドライエッチングによるエッチング加工によりシリコン酸化膜 7 1 を除去する。

20

これにより、レジストパターン 7 3 の下だけにシリコン酸化膜 7 1 を残すことができ、該シリコン酸化膜 7 1 をレジストパターン 7 3 に倣った形状にパターンニングすることができる。

【 0 0 7 0 】

続いて、図 1 4 及び図 1 5 に示すように、シリコン基板 7 0 のうち、上記レジストパターン 7 3 及びシリコン酸化膜 7 1 でマスクされていない領域を選択的に除去する。具体的には、ディープリアクティブイオンエッチング (D R I E) 等のドライエッチングによるエッチング加工によりシリコン基板 7 0 を除去する。

これにより、レジストパターン 7 3 及びシリコン酸化膜 7 1 の下だけにシリコン基板 7 0 を残すことができ、該シリコン基板 7 0 をレジストパターン 7 3 に倣った形状にパターンニングすることができる。

30

【 0 0 7 1 】

特に、パターンニングされたシリコン基板 7 0 のうち、ガイド壁用パターン 7 3 B の下に残された部分は、電鍍用ガイド壁 7 0 A として機能する。

【 0 0 7 2 】

続いて、図 1 6 及び図 1 7 に示すように、マスクとして利用していたレジストパターン 7 3 を除去する。この除去方法としては、例えば発煙硝酸によるドライエッチングや、酸素プラズマを用いたドライエッチング等の方法が挙げられる。

【 0 0 7 3 】

以上の工程により、シリコン基板 7 0 を半導体技術により加工して、連結部材 5 1 に 3 つの第 1 部材 6 0 が一体に連結されると共に、各第 1 部材 6 0 との間に電鍍用開放空間 S を画成させる電鍍用ガイド壁 7 0 A が、各第 1 部材 6 0 に一体に連結された前駆体 7 5 を得ることができる。(従って、上述した各工程が本発明における基板加工工程となる。)

40

【 0 0 7 4 】

上記前駆体 7 5 を形成した後、電鍍用開放空間 S 内に金を電鍍により成長させることで第 2 部材 6 1 を形成し、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とが接合されたバイメタル部 5 0 を形成する電鍍工程を行う。この電鍍工程について、具体的に説明する。

【 0 0 7 5 】

まず、図 1 8 及び図 1 9 に示すように、基板本体 8 0 A 上に電極層 8 0 B を介して接着層 8 0 C が例えば貼り合わされた第 1 支持基板 8 0 を用意した後、上記前駆体 7 5 を表裏

50

反転させて、パターンニングされたシリコン酸化膜 7 1 を接着層 8 0 C に張り合わせる。図示の例では、シリコン酸化膜 7 1 が接着層 8 0 C 内に埋め込まれる程度、前駆体 7 5 と第 1 支持基板 8 0 とを貼り合わせている。

【 0 0 7 6 】

なお、接着層 8 0 C としては、特に限定されるものではないが、例えばフォトレジストを用いることが好ましい。この場合には、フォトレジストがペースト状の状態貼り合わせを行い、その後、フォトレジストがペーストを脱する状態まで硬化させれば良い。

【 0 0 7 7 】

そして、上記貼り合わせを行った後、図 1 8 に示すように、接着層 8 0 C のうち、前駆体 7 5 の電鍍用開放空間 S に連通している部分を選択的に除去する。これにより、電鍍用開放空間 S 内に、電極層 8 0 B を露出させることができる、

この際、例えば接着層 8 0 C をフォトレジストとしている場合には、フォトリソグラフィ技術によって選択的に除去する作業を容易に行うことが可能である。

【 0 0 7 8 】

続いて、図 2 0 及び図 2 1 に示すように、電極層 8 0 B を利用して電鍍を行い、電鍍用開放空間 S 内において電極層 8 0 B から金を徐々に成長させ、電鍍用開放空間 S 内を満たし、さらに電鍍用開放空間 S を膨出する程度の電鍍物 8 1 を生成する。そして、この膨出した電鍍物 8 1 を前駆体 7 5 と面一となるように研磨する。これにより、この電鍍物 8 1 を第 2 部材 6 1 とすることができ、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とが接合されたバイメタル部 5 0 を形成することができる。

なお、上記研磨を行う際、前駆体 7 5 のシリコン基板 7 0 を同時に研磨しても構わない。

【 0 0 7 9 】

この段階で、上記した電鍍工程が終了する。なお、図 2 0 及び図 2 1 では電鍍に必要な一般的な構成部材（電鍍槽等）の図示は省略している。

電鍍が終了した後、電鍍用ガイド壁 7 0 A を第 1 部材 6 0 から除去する除去工程を行う。この除去工程について、具体的に説明する。

【 0 0 8 0 】

まず、図 2 2 に示すように、基板本体 8 5 A 上に接着層 8 5 B が形成された第 2 支持基板 8 5 を用意した後、第 1 支持基板 8 0 から取り外した上記前駆体 7 5 を再度表裏反転させて、シリコン基板 7 0 のうち、シリコン酸化膜 7 1 が形成された側とは反対側の面を接着層 8 5 B に張り合わせる。

【 0 0 8 1 】

続いて、図 2 3 に示すように、前駆体 7 5 のうち電鍍用ガイド壁 7 0 A だけを選択的に除去する。具体的には、前駆体 7 5 のうち、例えば電鍍用ガイド壁 7 0 A 以外の領域を図示しないマスクで上方から覆い、ディープリアクティブイオンエッチング（DRIE）等のドライエッチングによるエッチング加工により、マスクされていない電鍍用ガイド壁 7 0 A を除去する。

この段階で、上記除去工程が終了する。

【 0 0 8 2 】

続いて、図 2 4 に示すように第 2 支持基板 8 5 を取り外した後、図 2 5 及び図 2 6 に示すように、残ったシリコン酸化膜 7 1 を例えば BHF を用いたウェットエッチングにより除去する。

なお、シリコン酸化膜 7 1 は必ずしも除去する必要がないが、除去することが好ましい。また、図 2 5 及び図 2 6 では、シリコン酸化膜 7 1 の膜厚を誇張して図示しているため、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 との間に段差が生じているが、この段差量は僅か（例えば 1 μm 程度）であり、実質的には図 3 に示すように第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 との間に段差はないに等しい。

【 0 0 8 3 】

そして、最後に、錘孔 6 2 に錘部 6 5 を圧入等により固定することで、図 2 に示すてん

10

20

30

40

50

輪 4 2 を製造することができる。

その後、先に説明したように、別途製造されたてん真 4 1 及びひげぜんまい 4 3 と、てん輪 4 2 とを一体に組み付けることで、てんぷ 4 0 の製造が終了する。

【 0 0 8 4 】

(作用効果)

上述したように、本実施形態のてんぷ 4 0 によれば、バイメタル部 5 0 の第 1 部材 6 0 がセラミックス材で形成されるので、バイメタル部 5 0 の塑性変形を抑制でき、温度補正により自由端 5 0 B の変形が繰り返されたとしても、経時的に安定した精度のバイメタル部 5 0 を形成することが可能となる。

また、径方向に相互に重なる第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とにより構成されたバイメタル部 5 0 において内側の第 1 部材 6 0 がセラミックス材で形成されているので、温度変化に伴う第 1 部材 6 0 の熱変形が抑制されることになり、温度変化に応じたバイメタル部 5 0 の変形を小さく抑えつつ所望の慣性モーメント調整量を得ることができるようになる。つまり、バイメタル部 5 0 の内側部材が金属等ではなくセラミックス材なので、当該内側部材の熱変形量の大きさを考慮しすぎることなく、バイメタル部 5 0 の自由端 5 0 B の変形量を設計することができるようになる。よって、慣性モーメントの温度補正が容易となり、当該補正精度を向上させることができる。

【 0 0 8 5 】

また、所望の慣性モーメント調整幅を確保する際に、バイメタル部 5 0 の自由端 5 0 B の変形量を低減できるので、自由端 5 0 B 周囲の空隙 (バイメタル部 5 0 と連結部材 5 1 とにより挟まれた空間) を小さくすることができ、てんぷ 4 0 の高密度形成が可能となる。よって、セラミックス材で形成されるてんぷ 4 0 においても所望の剛性を確保できるようになる。

また、密度の高いバイメタル部 5 0 が最外周のみに形成されているため、全体の重量を抑えつつ所望の慣性モーメントを得ることができ、つまり、シリコン材 (セラミックス材) によりてんぷ 4 0 の重量を抑えることによって時計を落下させた時にてん真 4 1 に加わる衝撃を少なくすることができる。よって、てん真曲がりやてん真折れの発生頻度を抑えられ、時計としての信頼性を向上させることができるようになる。

【 0 0 8 6 】

また、てん輪 4 2 のうち、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 がシリコンで一体に形成されているので、半導体製造技術 (フォトリソグラフィ技術やエッチング加工技術等を含む技術) を利用して、シリコン基板 7 0 から優れた形状精度で一体に形成することができる。しかも、半導体製造技術を利用するので、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 に対して余計な外力を加えることなく所望する微細な形状で形成することができる。

【 0 0 8 7 】

一方、バイメタル部 5 0 を構成する第 2 部材 6 1 は電鍍物であるので、金を電鍍により成長させるだけの簡便な作業で第 1 部材 6 0 に対して接合させることができる。従って、従来のように付けや圧着等による方法とは異なり、やはり第 1 部材 6 0 に対して余計な外力を加えることなく第 2 部材 6 1 を接合することができる。そのため、バイメタル部 5 0 の塑性変形を防止できるうえ、優れた形状精度でバイメタル部 5 0 を形成することが可能となる。しかも、シリコンをはじめとするセラミックス材は、塑性変形し難い。この点においても、バイメタル部 5 0 の塑性変形を防止できる。

【 0 0 8 8 】

上記のように、塑性変形を防止しながら優れた形状精度でバイメタル部 5 0 を形成できるので、温度補正作業を狙い通りに安定して行わせることができ、温度変化によって歩度に変化し難い、温度補償性能に優れた高品質なてんぷ 4 0 とすることができる。

また、バイメタル部 5 0 の形状を規定できるので、バイメタル部 5 0 の形状自由度を高めることができ、例えば変位量を大きくする等による温度補償量の制御を容易に行い易い。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

さらに、てん輪 4 2 を製造する際、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 に加えて、電鑄用ガイド壁 7 0 A が一体に形成された前駆体 7 5 を形成している。そのため、この電鑄用ガイド壁 7 0 A と第 1 部材 6 0 との間に画成される電鑄用開放空間 S を優れた形状精度で形成することができる。そして、電鑄の際、この電鑄用開放空間 S 内に金を成長させて第 2 部材 6 1 を形成するので、優れた形状精度の第 2 部材 6 1 を形成することができ、結果として所望の形状を有する高品質なバイメタル部 5 0 を得ることができる。

これにより、上述した作用効果をより顕著に奏功することができる。

【 0 0 9 0 】

また、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 については、シリコンであるのでメッキ等を施さなくても錆び難い。加えて、第 2 部材 6 1 が金であるので、防錆に優れている。これらのことにより、メッキ工程等が不要であり、効率良く製造することが可能となる。

10

【 0 0 9 1 】

また、バイメタル部 5 0 を構成する第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とは、楔部 6 7 と凹部 6 8 との係合によっても互いに係合しているので、接合強度を高めることができ、バイメタル部 5 0 としての作動信頼性を向上することができる。また、上記係合によって、第 2 部材 6 1 が第 1 部材 6 0 に対して周方向に位置決めされるので、第 1 部材 6 0 の狙った領域に第 2 部材 6 1 を接合できる。この点においても、バイメタル部 5 0 としての作動信頼性を向上することができる。

【 0 0 9 2 】

また、本実施形態のムーブメント 1 0 によれば、温度補償性能が高い上記した温度補償型てんぶ 4 0 を具備しているので、歩度の誤差が少ない高品質なムーブメントとすることができる。

20

さらに、このムーブメント 1 0 を具備する本実施形態の機械式時計 1 によれば、同様に歩度の誤差の少ない高品質な時計となる。

【 0 0 9 3 】

(変形例)

上記実施形態では、バイメタル部 5 0 の自由端 5 0 B に錘部 6 5 を設けたが、この錘部 6 5 は必須ではなく具備しなくても構わない。但し、錘部 6 5 を設けることで、自由端 5 0 B の重量を増大させることができるので、自由端 5 0 B における径方向の変化量に対して、より効果的に慣性モーメントの温度補正を行うことができ、温度補償性能をより向上させ易い。

30

なお、錘部 6 5 の形状は、錘部 6 5 の重量と錘部 6 5 に必要とされる慣性モーメントの量から決定すれば良い。

【 0 0 9 4 】

また、錘部 6 5 を設ける場合には、上記実施形態のような錘孔 6 2 に圧入等により固定する錘部 6 5 に限られるものではなく、自由に変更して構わない。

例えば、図 2 7 に示すように、錘孔 6 2 内に電鑄により金を成長させた電鑄物を錘部 9 0 としても構わない。

この場合には、製造時、接着層 8 5 B の一部を除去して、電極層 8 0 B を電鑄用開放空間 S に露出させる際、同時に、錘孔 6 2 に相当する部分の接着層 8 5 B を除去して電極層 8 0 B を露出させる。そして、電鑄により金を成長させて第 2 部材 6 1 を形成する際に、同時に錘孔 6 2 内にも金を成長させて錘部 9 0 を形成すれば良い。

40

【 0 0 9 5 】

このようにすることで、1 度の電鑄工程で、第 2 部材 6 1 と錘部 9 0 とを同時に形成することができるので、製造効率をさらに高めることができる。また、バイメタル部 5 0 の自由端 5 0 B に外力を加えることなく錘部 9 0 を形成することができるので、より好ましい。

【 0 0 9 6 】

また、上記実施形態では、第 2 部材 6 1 の周方向の両端部に設けられた楔部 6 7 を、第 1 部材 6 0 側の凹部 6 8 に係合させた状態で、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とが接合され

50

ている場合を説明したが、楔部 6 7 及び凹部 6 8 による係合は必須なものではなく、具備しなくても構わない。但し、接合強度を高め、第 1 部材 6 0 からの第 2 部材 6 1 の剥がれや、第 1 部材 6 0 に対する径方向及び周方向への位置ずれを規制することが可能となるので、設けることが好ましい。

さらに、上記楔部 6 7 及び凹部 6 8 に代えて、別の係合部材を第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 に設けても構わないし、上記楔部 6 7 及び凹部 6 8 に加えて、別の係合部材を第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 に追加しても構わない。

【 0 0 9 7 】

例えば、図 2 8 及び図 2 9 に示すように、第 1 部材 6 0 の外周部に径方向の外側に開口する係合凹部（第 1 係合部）9 1 を周方向に間隔をあけて 2 つ設け、第 2 部材 6 1 の内周部に径方向の内側に向けて突出し、係合凹部 9 1 に係合する係合凸部（第 2 係合部）9 2 を周方向に間隔をあけて 2 つ設けても構わない。

10

このように、係合凹部 9 1 及び係合凸部 9 2 をさらに加えることで、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 との接合強度をさらに高めることができるので、より好ましい。なお、係合凹部 9 1 及び係合凸部 9 2 の数は、2 つに限定されるものではない。

【 0 0 9 8 】

また、図 3 0 及び図 3 1 に示すように、第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 とを合金層 9 5 を介して接合させても構わない。

この合金層 9 5 を形成する場合には、電鋳工程によって第 2 部材 6 1 を形成させた後、バイメタル部 5 0 が形成された前駆体 7 5 を、所定温度雰囲気下で所定時間の間、熱処理する熱処理工程を行う。このように熱処理を行うことで、電鋳物である第 2 部材 6 1 の金を、第 1 部材 6 0 との接合界面に沿って拡散させることができ、この拡散を利用して第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 との間に合金層 9 5 を形成することができる。

20

やはり、この場合であっても第 1 部材 6 0 と第 2 部材 6 1 との間の接合強度を高めることができ、バイメタル部 5 0 としての作動信頼性を高めることができる。

【 0 0 9 9 】

なお、上記熱処理を行うタイミングとしては、電鋳工程の後であれば良く、電鋳用ガイド壁 7 0 A を除去する前でも良いし、除去した後でも良い。但し、熱処理によって、電鋳用ガイド壁 7 0 A と第 2 部材 6 1 との間にも合金層 9 5 が形成されるので、電鋳用ガイド壁 7 0 A を除去した後に行うことが好ましい。

30

【 0 1 0 0 】

また、上記実施形態の場合には、第 1 部材 6 0 がシリコン、第 2 部材 6 1 が金であるので、熱処理温度としては 1 0 0 0 程度で行うことが可能である。また、熱処理は大気中でも可能であるが、酸化を防止するために真空雰囲気中、又はアルゴンガスや窒素ガス雰囲気中에서도行うことが好ましい。

【 0 1 0 1 】

なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

【 0 1 0 2 】

例えば、上記実施形態では、バイメタル部 5 0 の数を 3 つとしたが、2 つでも構わないし、4 つ以上でも構わない。これらの場合であっても、各バイメタル部 5 0 を周方向に均等配置させれば良く、同様の作用効果を奏効することができる。また、連結部材 5 1 の形状は一例であり、適宜変更して構わない。

40

【 0 1 0 3 】

また、上記実施形態において、ひげぜんまい 4 3 の材料としてエリンパー等の恒弾性材料を用い、バイメタル部 5 0 における第 2 部材 6 1 を、セラミックス材料からなる第 1 部材 6 0 よりも熱膨張率が低い金属材料で形成しても構わない。この場合であっても、ひげぜんまい 4 3 の正の温度係数をキャンセルするように慣性モーメントの温度特性を微調整することが可能である。

【 0 1 0 4 】

50

また、上記実施形態では、てん輪 4 2 を構成する連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 をシリコンとしたが、セラミックス材料で形成されていれば良く、シリコンに限定されるものではない。

例えば、セラミックス材料として、シリコンカーバイド (SiC)、二酸化ケイ素 (SiO₂)、サファイア、アルミナ (Al₂O₃)、ジルコニア (ZrO₂) や、グラッシーカーボン (C) 等を採用しても構わない。これらいずれのものを採用したとしても、エッチング加工、特にドライエッチング加工を好適に行うことが可能であり、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 を、より簡便且つ効率良く形成でき、製造効率をさらに高め易い。

【0105】

なお、本実施形態におけるセラミックス材料としては、電気抵抗の高い絶縁性を有していることが好ましい。また、連結部材 5 1 及び第 1 部材 6 0 の表面に、例えば酸化膜や窒化膜等のコーティング膜を施しても構わない。

【0106】

また、てん輪 4 2 を構成する第 2 部材 6 1 を金としたが、第 1 部材 6 0 とは熱膨張率が異なり (好ましくは大きく)、且つ電鍍可能な金属材料であれば良く、金に限定されるものではない。

例えば、Au、Ni、Ni合金 (Ni-Fe等)、Sn、Sn合金 (Sn-Cu等) 等を採用して構わない。これらのいずれのものを採用したとしても、電鍍によりスムーズに金属材料を成長させることができ、効率良く第 2 部材 6 1 を形成することが可能である。

【0107】

特に、上記したいずれの金属材料を採用したとしても、熱処理によって合金層 9 5 を形成することが可能となる。その場合における、第 1 部材 6 0 側のセラミックス材料の組み合わせとしては、特にシリコン (Si)、シリコンカーバイド (SiC) が好ましい。

なお、これらの組み合わせを行った場合における、熱処理工程時の好ましい熱処理温度を図 3 2 に示す。この図 3 2 に示す熱処理温度で熱処理を行うことで、接合強度を高めるのに十分な合金層 9 5 を形成することが可能である。

【符号の説明】

【0108】

- O ... 軸線 (回動軸)
- S ... 電鍍用開放空間
- 1 ... 機械式時計
- 10 ... ムーブメント (時計用ムーブメント)
- 22 ... 香箱車
- 28 ... 表輪列 (輪列)
- 30 ... 脱進機構
- 40 ... てんぶ (温度補償型てんぶ)
- 41 ... てん真
- 42 ... てん輪
- 50 ... バイメタル部
- 50A ... 固定端
- 50B ... 自由端
- 51 ... 連結部材
- 60 ... 第 1 部材
- 61 ... 第 2 部材
- 65、90 ... 錘部
- 67 ... 楔部 (第 2 係合部)
- 68 ... 凹部 (第 1 係合部)
- 70 ... シリコン基板 (セラミックス基板)
- 70A ... 電鍍用ガイド壁
- 75 ... 前駆体

10

20

30

40

50

- 9 1 ...係合凹部 (第 1 係合部)
- 9 2 ...係合凸部 (第 2 係合部)
- 9 5 ...合金層

【 図 1 】

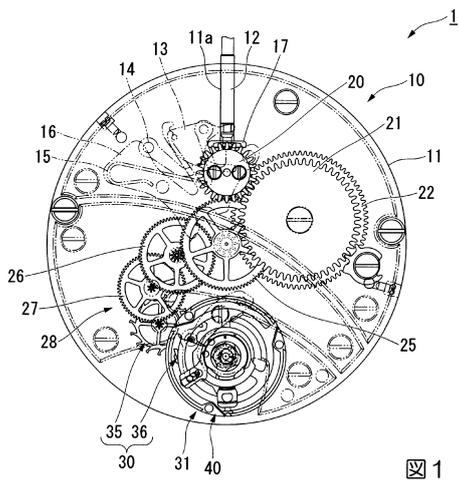


図 1

【 図 2 】

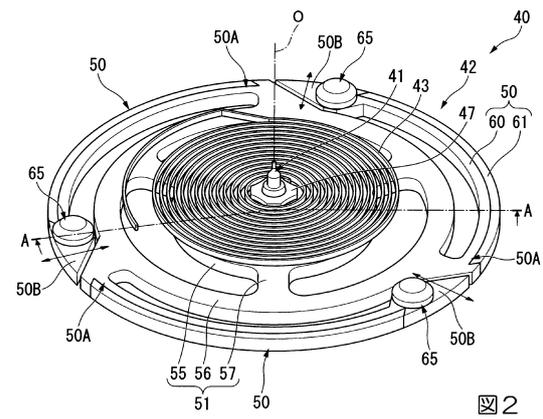


図 2

【 図 3 】

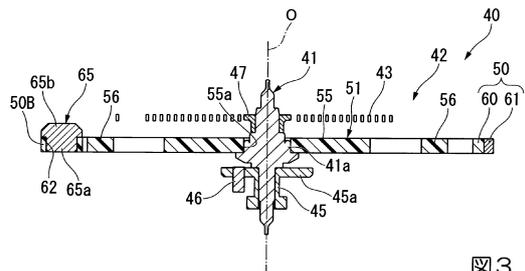


図 3

【図4】

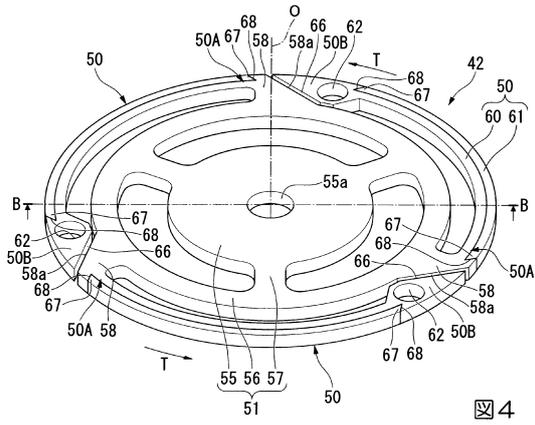


図4

【図5】

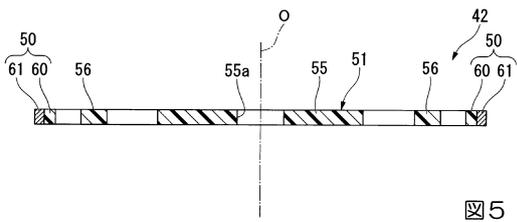


図5

【図6】



図6

【図10】

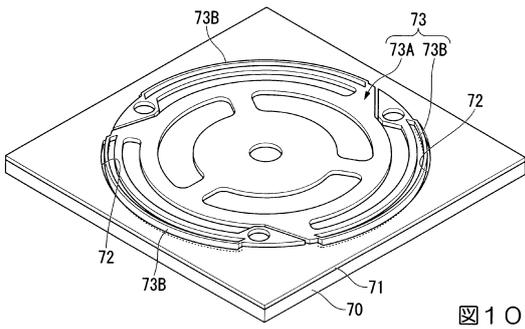


図10

【図7】

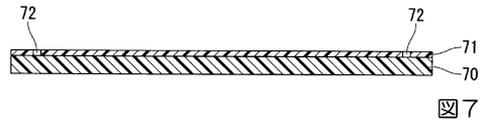


図7

【図8】

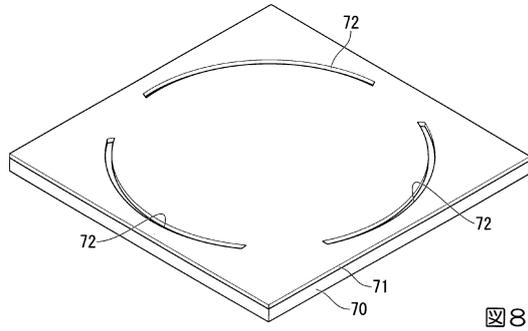


図8

【図9】

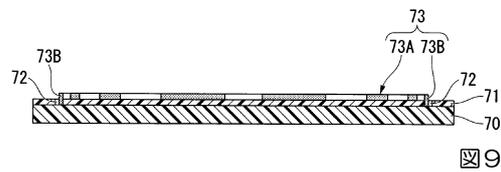


図9

【図11】

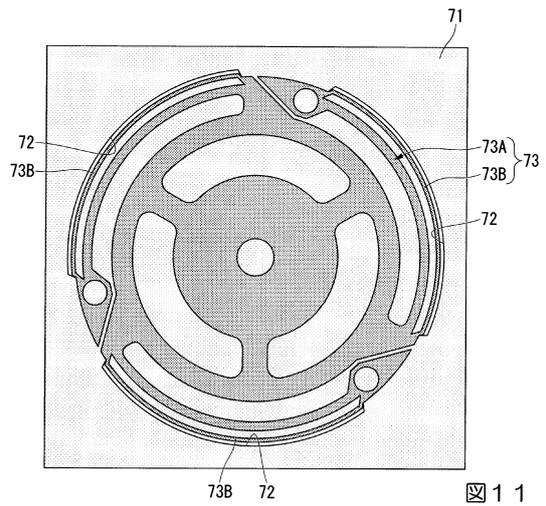


図11

【図12】

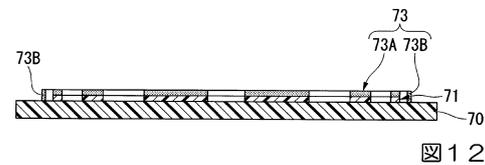


図12

【図13】

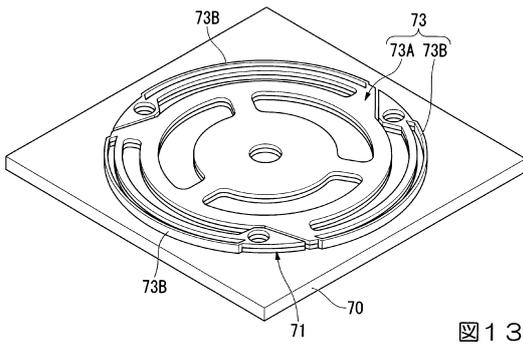


図13

【図15】

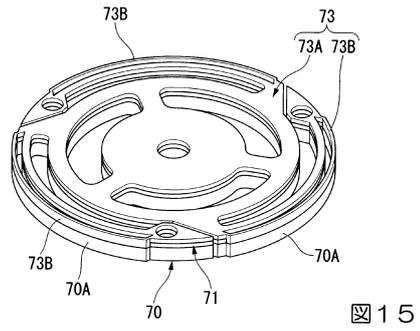


図15

【図14】

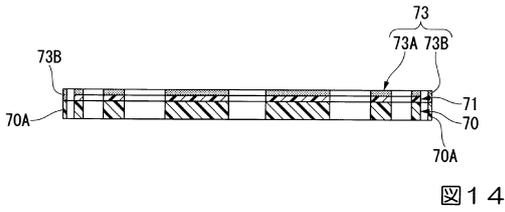


図14

【図16】

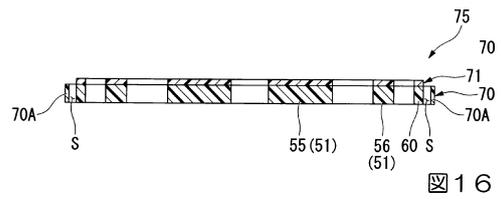


図16

【図17】

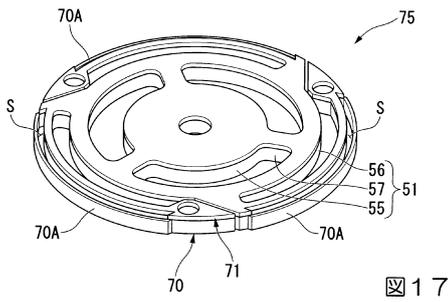


図17

【図19】

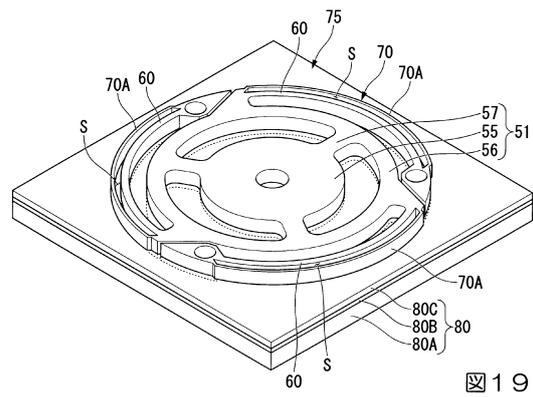


図19

【図18】

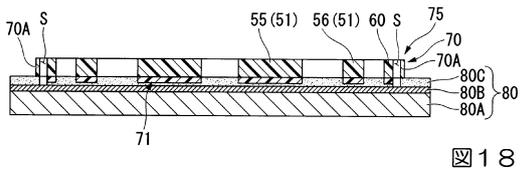


図18

【図20】

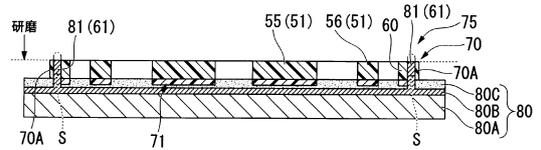


図20

【図 2 1】

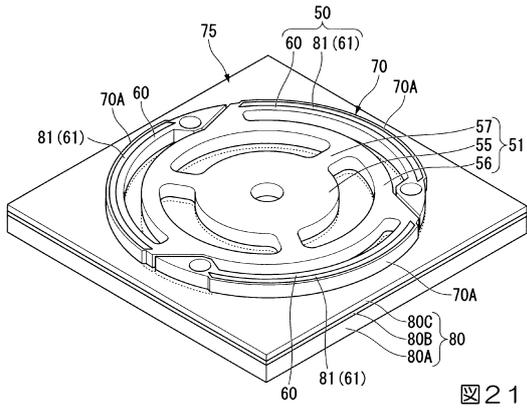


図 2 1

【図 2 2】

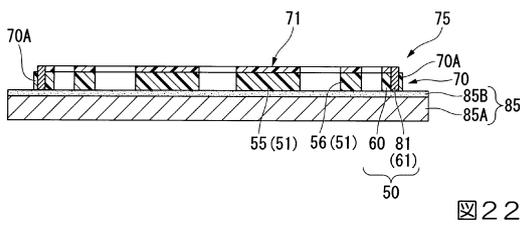


図 2 2

【図 2 3】

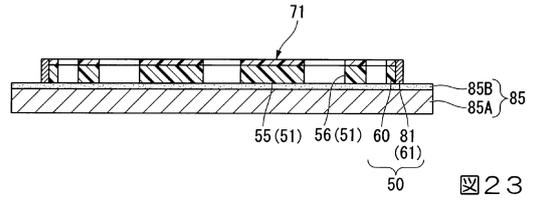


図 2 3

【図 2 4】

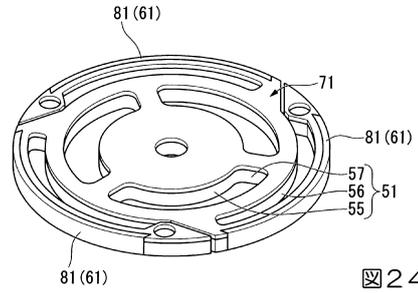


図 2 4

【図 2 5】

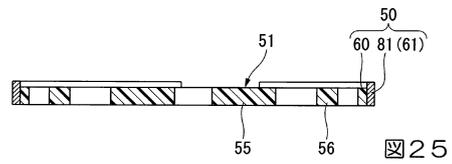


図 2 5

【図 2 6】

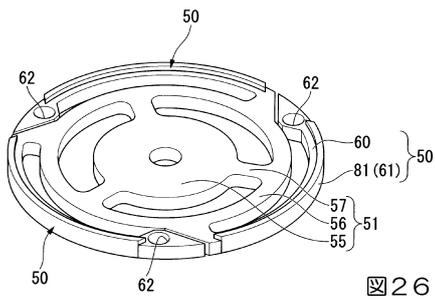


図 2 6

【図 2 7】

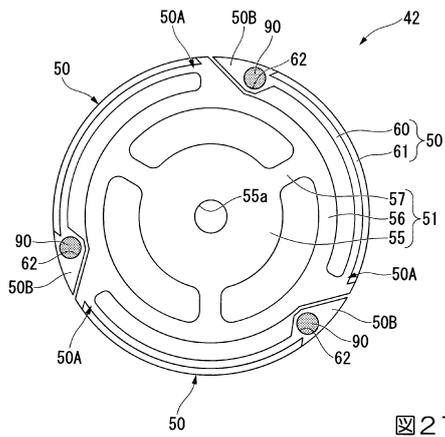


図 2 7

【図 2 8】

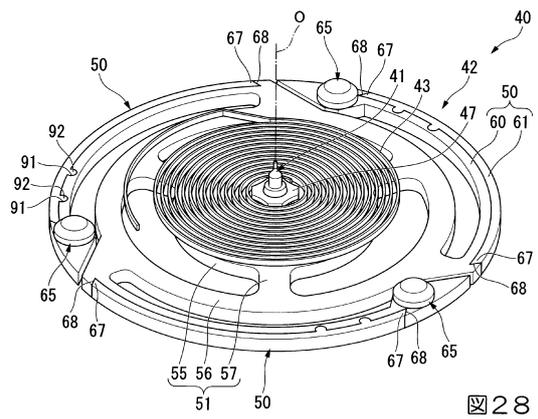


図 2 8

【図 2 9】

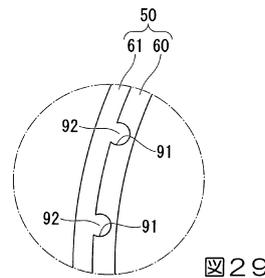


図 2 9

フロントページの続き

- (72)発明者 新輪 隆
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 中嶋 正洋
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 川内谷 卓磨
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 藤枝 久
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 新家 学
千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内

審査官 深田 高義

- (56)参考文献 特許第 7 8 4 2 4 (J P , C 1)
米国特許第 2 9 3 6 5 7 2 (U S , A)
米国特許第 1 1 7 6 5 2 7 (U S , A)
特開 2 0 1 2 - 0 8 8 3 1 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 3 4 0 5 7 (U S , A 1)
特表 2 0 0 8 - 5 1 8 2 2 1 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
G 0 4 B 1 7 / 2 2