

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7105295号
(P7105295)

(45)発行日 令和4年7月22日(2022.7.22)

(24)登録日 令和4年7月13日(2022.7.13)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 G 19/03 (2006.01)

G 0 1 G 19/03

G 0 1 G 3/13 (2006.01)

G 0 1 G 3/13

請求項の数 15 外国語出願 (全18頁)

(21)出願番号	特願2020-207556(P2020-207556)	(73)特許権者	502281471
(22)出願日	令和2年12月15日(2020.12.15)		キストラー ホールディング アクチエン
(65)公開番号	特開2021-96256(P2021-96256A)		ゲゼルシャフト
(43)公開日	令和3年6月24日(2021.6.24)		スイス国 8 4 0 8 チューリッヒ、ヴィ
審査請求日	令和3年2月24日(2021.2.24)		ンタートゥール、オイラッハシュトラ
(31)優先権主張番号	19216564.5		セ 2 2
(32)優先日	令和1年12月16日(2019.12.16)	(74)代理人	110000855
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		特許業務法人浅村特許事務所
		(72)発明者	キム プフルガー
			スイス連邦、ビンタートゥール、オイラ
			ッハシュトラセ 2 2
		審査官	森 雅之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 W I M力変換器及びそのようなW I M力変換器のハウジング・プロファイル

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジング・プロファイル（1）と、圧電測定構成（5）とを備えるW I M力変換器（100）であって、前記圧電測定構成（5）は、測定されるべき反力（K）の影響下で分極電荷を発生させ、前記ハウジング・プロファイル（1）は、管状部分（2）と、前記管状部分（2）の内部の空洞（22）とを備え、前記反力は、力導入軸（Y）に沿って前記ハウジング・プロファイル（1）を介して前記圧電測定構成（5）に作用し、前記圧電測定構成（5）は、前記力導入軸（Y）に沿った機械的プレストレス（V）の下で前記空洞（22）内に取り付けられ、取り付け力軸（X）に沿って作用する取り付け力（M）を前記管状部分（2）に加えることができ、前記圧電測定構成（5）を前記空洞（22）内に取り付けるために、前記管状部分（2）は、加えられる取り付け力（M）によって、前記力導入軸（Y）に沿って拡張することができ、前記力導入軸（Y）及び前記取り付け力軸（X）によって規定される断面平面（XY）において、前記管状部分（2）は、前記取り付け力軸（X）に沿って延在する長半軸（a）及び前記力導入軸（Y）に沿って延在する短半軸（b）を有する楕円の形状であることを特徴とする、W I M力変換器（100）。

【請求項 2】

前記管状部分（2）は、外面（210）及び中心点（C）を有し、前記外面（210）は、前記中心点（C）から外方に向かって楕円形に形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載のW I M力変換器（100）。

【請求項 3】

前記管状部分(2)は、少なくとも1つの取り付け領域(25)及び内面(200)を備え、前記取り付け領域(25)は前記取り付け力軸(X)上にあること、及び、前記取り付け領域(25)内で、前記内面(200)は、前記中心点(C)に向かって凹状になるように形成されていることを特徴とする、請求項2に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項4】

前記取り付け領域(25)は、前記内面(200)上で2つの転換点(P20)の間に延在すること、及び、前記内面(200)上で、前記取り付け領域(25)は一定の凹状補強半径(R25)を有することを特徴とする、請求項3に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項5】

前記取り付け領域(25)は、半径方向軸(R)に沿って、取り付け領域角度(α 25)にわたって延在すること、又は、前記取り付け領域(25)は、補強高さ(251)にわたって前記力導入軸(Y)に沿って延在することを特徴とする、請求項3又は4のいずれか一項に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項6】

前記管状部分(2)は、複数の壁領域(20)を有し、前記壁領域(2)内の前記外面(210)は、前記中心点(C)から外方に向かって楕円形に形成されており、前記壁領域(20)内の前記管状部分(2)の内面(200)は、前記中心点(C)から外方に向かって楕円形に形成されていること、及び、前記壁領域(20)は、壁厚(W20)を有し、前記壁厚(W20)は実質的に一定であることを特徴とする、請求項3から5までのいずれか一項に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項7】

前記壁領域(20)は、壁厚(W20)を有すること、前記取り付け領域(25)は、補強壁厚(W25)を有すること、及び、前記補強壁厚(W25)は、前記壁厚(W20)よりも大きいことを特徴とする、請求項6に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項8】

前記取り付け領域(25)は、前記内面(200)上で2つの転換点(P20)の間に延在すること、及び、転換点(P20)において、前記取り付け領域(25)は壁領域(20)と連続していることを特徴とする、請求項6又は7のいずれか一項に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項9】

前記力導入軸(Y)に沿った前記圧電測定構成(5)の寸法は、前記空洞(22)と比較して垂直方向にオーバーサイズになるように製造されることを特徴とする、請求項1から8までのいずれか一項に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項10】

前記力導入軸(Y)に沿って、前記空洞(22)は、内側力導入面(260)によって境界を定められること、前記内側力導入面(260)は、互いからの垂直距離(261)を有すること、前記圧電測定構成(5)は、前記力導入軸(Y)に沿って垂直高さ(551)を有すること、及び、前記垂直距離(261)と前記垂直高さ(551)との間の差が、前記垂直方向のオーバーサイズであることを特徴とする、請求項9に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項11】

前記圧電測定構成(5)を前記空洞(22)内に取り付けるために、前記短半軸(b)を、前記力導入軸(Y)に沿って、拡張短半軸(b++)まで拡張することができ、前記拡張の大きさは少なくとも、前記垂直方向のオーバーサイズ、並びに、前記力導入軸(Y)に沿った前記管状部分(2)及び前記圧電測定構成(5)の製造公差程度であることを特徴とする、請求項9に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項12】

前記圧電測定構成(5)は、拡張短半軸(b++)を有する前記管状部分(2)内に取り付けることができることを特徴とする、請求項1から11までのいずれか一項に記載のW

10

20

30

40

50

WIM力変換器(100)。

【請求項13】

前記取り付けられた圧電測定構成(5)を有する前記拡張短半軸(b++)は、残留拡張短半軸(b+)まで変形することができ、前記残留拡張短半軸(b+)の拡張の量は、前記力導入軸(Y)に沿った前記圧電測定構成(5)の寸法の前記空洞(22)に対する垂直方向のオーバーサイズ、並びに、前記力導入軸(Y)に沿った前記管状部分(2)及び前記圧電測定構成(5)の製造公差と同じであることを特徴とする、請求項12に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項14】

前記取り付けられた圧電測定構成(5)を有する前記拡張短半軸(b++)は、力導入軸(Y)に沿って作用する取り付け力(M)を解放することによって、前記残留拡張短半軸(b+)まで変形することができること、及び、前記残留拡張短半軸(b+)が、前記機械的プレストレス(V)を発生させることを特徴とする、請求項13に記載のWIM力変換器(100)。

【請求項15】

前記長半軸(a)が、前記短半軸(b)よりも実質的に5%大きいことを特徴とする、請求項1から14までのいずれか一項に記載のWIM力変換器(100)のためのハウジング・プロファイル(1)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、独立請求項のプリアンブルに記載のWIM力変換器に関する。本発明はまた、そのようなWIM力変換器のハウジング・プロファイルにも関する。

【背景技術】

【0002】

力変換器が一般的に知られている。測定されるべき力が力変換器に作用し、力変換器は、この力の作用の下で測定信号を生成する。

【0003】

より詳細には、力変換器は、無停止検量(WIM: Weigh-In-Motion)力変換器の形態で知られている。そのようなWIM力変換器は、道路に設置され、道路上を走行する車両がWIM力変換器を横切るときに、車両の反力を測定する。本出願人は、WIM力変換器の市場の大手であり、WIM力変換器においては、圧電測定構成が反力の影響下で分極電荷の形態の測定信号を生成する。分極電荷は電極によって受け取られる。分極電荷の数は、反力の量に比例する。反力の測定は動的である、すなわち、反力は、2 km/hから最大200 km/h以上に及ぶ車両速度において測定される。測定信号から、軸重、総重量、中心間距離、車両長さ、車両速度などのような、広範な交通情報を決定することが可能である。

【0004】

特許文献1において、本出願人は、そのようなWIM力変換器を開示している。WIM力変換器は、力導入フランジ、管状部分及び力固定フランジを含むハウジング・プロファイルを備える。圧電測定構成が、管状部分内の空洞内に配置される。道路は、水平軸に沿って延在する。力導入フランジは、路面の数cm下の距離において配置される。測定されるべき反力は、垂直軸に沿ってハウジング・プロファイルを介して圧電測定構成へと誘導される。垂直軸は、力導入軸とも呼ばれる。WIM力変換器は、力固定フランジによって、道路の表面下に永続的に機械的に固定される。

【0005】

管状部分は壁を備える。壁は、汚染、塵芥及び湿気などの有害な環境条件から圧電測定構成を保護する。

【0006】

管状部分は、2つの取り付け部材を備える。取り付け部材は、壁と一体的に作製される。

取り付け部材は、管状部分の内部で圧電測定構成を収容するための空洞の境界を定める。

【0007】

さらに、取り付け部材は、空洞内の機械的プレストレスの下で圧電測定構成を保持する。この機械的プレストレスのため、圧電測定素子の表面及び圧電測定構成の電極はフォースロック式に順に重なり合って、互いに電氣的に接触していない領域及び部分的な電荷タップがなくなり、これらの表面上の粗さ及び不均一性が封じられ、結果として、WIM力変換器の測定再現性及び線形性が高くなる。測定再現性は、同一の条件下で測定を再現することができる正確度に関係する。線形性は、反力の増加とともに分極電荷の数がどれだけ均一に増加するかを示す。

【0008】

機械的プレストレスを発生させるために、力導入軸の方向における圧電測定構成のサイズは、空洞のサイズに対して一定程度オーバーサイズにされる。圧電測定構成を空洞内に取り付けするために、管状部分は、水平方向に作用する取り付け力によって、力導入軸の方向に弾性的に拡張される。水平軸は、取り付け力軸としても参照される。取り付け力は、圧電測定構成が空洞内に取り付けられた後に、解放される。したがって、力導入軸に沿った管状部分の弾性拡張は部分的に反転され、オーバーサイズであることに起因して、この時点で機械的プレストレスが力導入軸の方向に作用する。

【0009】

特許文献1の教示によれば、管状部分は、力導入軸及び取り付け力軸によって規定される断面において円形の形状を有し、壁は均一な壁厚である。

【0010】

取り付け部材の間の空洞の寸法は、高い精度で製造されなければならないことが分かっている。オーバーサイズにしすぎると、管状部分を拡張するためにより大きい取り付け力を加えなければならず、これには、組み立て中に管状部分が部分的に塑性拡張するリスクが伴う。部分的な塑性拡張を受ける管状部分は、取り付け力が解放されたときに、予測不可能な形状をとり、結果、優勢な機械的プレストレスが小さくなりすぎことになる。加えて、オーバーサイズが十分でない場合、取り付け力が解放された後に作用する機械的プレストレスが小さくなりすぎる。

【0011】

これに関連して、特許文献2は、WIM力変換器を教示しており、管状部分が、取り付け部材からの距離が増加するに伴って一定に増加する壁厚を有する壁を備える。取り付け力軸に沿って取り付け力が壁に作用する2つの取り付け点において、壁は最大の壁厚を有する。取り付け部材から取り付け点までの壁厚は余弦関数的に増加する。この結果として、塊状で菱形形状の管状部分がもたらされる。

【0012】

WIM力変換器の可能な最も高い感度を得るために、圧電測定構成は、主力経路内に配置されるべきである。感度とは、分極電荷の数と、反力の大きさとの比である。主力経路において、反力の可能な最も高い割合が、ハウジング・プロファイルを介して圧電測定構成に伝達される。特許文献2の教示による塊状で菱形形状の管状部分は、WIM力変換器の感度を低減する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【文献】欧州特許出願公開第0654654号明細書

中国特許出願公開第102928005号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明の第1の目的は、高い測定再現性及び高い線形性を以て測定信号を生成するWIM力変換器を提供することである。本発明の第2の目的は、非常に感度の高いWIM力変換

10

20

30

40

50

器を提供することである。さらに、第3の目的は、そのようなWIM力変換器のハウジング・プロファイルをコスト効率的に製造することを可能にすることである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

これらの目的の少なくとも1つは、独立請求項の特徴によって達成されている。

【0016】

本発明は、ハウジング・プロファイルと、圧電測定構成とを備えるWIM力変換器であって、上記圧電測定構成は、測定されるべき反力の影響下で分極電荷を発生させ、上記ハウジング・プロファイルは、管状部分と、管状部分の内部の空洞とを備え、上記反力は、力導入軸に沿ってハウジング・プロファイルを介して圧電測定構成に作用し、上記圧電測定構成は、力導入軸に沿った機械的プレストレスの下で空洞内に取り付けられ、取り付け力軸に沿って作用する取り付け力を管状部分に加えることができ、圧電測定構成を空洞内に取り付けるために、上記管状部分は、加えられる取り付け力によって、力導入軸に沿って拡張可能であり、力導入軸及び取り付け力軸によって規定される断面平面において、管状部分は、取り付け力軸に沿って延在する長半軸及び力導入軸に沿って延在する短半軸を有する楕円の形状である、WIM力変換器に関する。

【0017】

本発明によれば、WIM力変換器の管状部分は、もはや、特許文献1に教示されているように、断面において円形の形状を有しない。代わりに、本発明による管状部分は、断面が楕円形である。

【0018】

本出願人は、断面が楕円形であり、力導入軸に沿ってよりも取り付け力軸に沿ってより大きい寸法を有する管状部分に、特許文献1の円形管状部分の場合と同じ量の取り付け力が加えられることによって、管状部分の塑性拡張を回避しながら、力導入軸に沿ってより大きい拡張がもたらされることを見出した。

【0019】

比較すると、同じ量の取り付け力が引き起こす管状部分の垂直拡張は、実質的に30%大きい。結果として、本発明による管状部分及び圧電測定構成の製造公差はそれほど厳密ではなく、それらの製造がよりコスト効率的になっている。

【0020】

有利な実施例において、WIM力変換器の管状部分は、外面及び中心点を備え、上記外面は、中心点から外方に向かって楕円形に形成されており、管状部分は、少なくとも取り付け領域及び内面を備え、取り付け領域は、取り付け力軸上に配置され、内面は、取り付け領域内で中心点に向かって凹状になるように形成されている。

【0021】

取り付け力を加えることができる取り付け領域において、管状部分は、特別な設計によって特定の領域において機械的に強化されている。外面は、中心点から外方に向かって楕円形に形成されており、内面は、中心点に向かって凸状になるように形成されている。この理由は、取り付け力が取り付け領域内で局所的に作用し、取り付け領域を変形させることである。取り付け力は、外面に対する圧縮力をもたらし、取り付け力は、内面に対する張力をもたらし、外面上で、圧縮力は、取り付け領域に向かって接線方向に作用する。内面上で、張力は、取り付け領域から外方に向かって接線方向に作用する。外面の楕円形状及び内面の凹形状は特に、圧縮力及び張力の影響下での取り付け領域の塑性変形を回避する。

【0022】

取り付け領域は、特許文献1の管状部分に加えられるものと等しい量の取り付け力が発生させる管状部分の塑性拡張の割合が実質的に25%小さくなるように、補強される。結果として、この取り付け領域の補強によって、取り付け力が解放された後に所望の機械的プレストレスが達成され、それによって力変換器のより高い測定再現性及びより高い線形性がもたらされる可能性がより高くなる。

【0023】

別の有利な実施例によれば、WIM力変換器の管状部分の取り付け領域は、内面上で2つの転換点の間に延在し、内面上で、取り付け領域は一定の凹状補強半径を含む。

【0024】

これには、取り付け力軸に沿った取り付け領域の軸方向の拡張を、補強半径のサイズによって精密に調整することができるという利点がある。したがって、補強取り付け領域のサイズは、特に、取り付け力の大きさに対して調整される。補強取り付け領域のサイズは、補強取り付け領域にわたって散逸される、測定されるべき反力が可能な最小の割合になり、圧電測定構成に作用する反力が可能な最大の割合になり、結果としてWIM力変換器の可能な最高の感度がもたらされるように、必要なだけ小さく維持される。

【0025】

別の有利な実施例によれば、WIM力変換器の管状部分の取り付け領域は、半径方向軸に沿って、取り付け領域角度にわたって延在し、又は、WIM力変換器の管状部分の取り付け領域は、補強高さにわたって力導入軸に沿って延在する。

【0026】

これには、半径方向軸に沿った取り付け領域の半径方向の拡張を、取り付け領域角度のサイズによって精密に調整することができ、力導入軸に沿った取り付け領域の軸方向の拡張を、補強高さのサイズによって精密に調整することができるという利点がある。これによってまた、補強取り付け領域のサイズが、必要なだけ小さくなり、補強取り付け領域にわたって散逸される、測定されるべき反力が可能な最小の割合になり、圧電測定構成に作用する反力が可能な最大の割合になる。併せて、この結果として、WIM力変換器の可能な最も高い感度がもたらされる。

【0027】

別の有利な実施例によれば、WIM力変換器の管状部分は、複数の壁領域を備え、壁領域の外側は、中心点から外方に向かって楕円形に成形されており、壁領域の内側は、中心点から外方に向かって楕円形に成形されており、壁領域は壁厚を有し、上記壁厚は実質的に一定である。

【0028】

特許文献2の教示とは対照的に、WIM力変換器の管状部分は、一定の壁厚を有するいくつかの壁領域を備える。この壁厚は、壁領域にわたって散逸される、測定されるべき反力が可能な最小の割合になり、圧電測定構成に達する、測定されるべき反力が可能な最大の割合になり、結果としてWIM力変換器の可能な最高の感度がもたらされるように、必要なだけ小さく維持される。

【0029】

本発明はさらに、そのようなWIM力変換器のハウジング・プロファイルに関する。

【0030】

課題に対するさらなる有利な解決策は、さらなる従属請求項の特徴によって達成される。

【0031】

以下において、図面を参照しながら、例として、本発明をより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明によるWIM力変換器のハウジング・プロファイルの一実施例の一部分を通る断面図である。

【図2】図1によるWIM力変換器の圧電測定構成の一実施例の一部分を通る断面図である。

【図3】取り付け力によって拡張されている、図1によるWIM力変換器のハウジング・プロファイルの部分を通る断面図である。

【図4】図3によるWIM力変換器の拡張されたハウジング・プロファイル内に取り付けられた後の、図2による力変換器の圧電測定構成の部分の断面図である。

【図5】取り付け力が解放された後の、図4によるWIM力変換器の部分を通る断面図である。

10

20

30

40

50

【図 6】モデル化された円形管状部分の圧縮及び拡張の表現を示す図である。

【図 7】モデル化された楕円形管状部分の圧縮及び拡張の表現を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

図面内の同じ部分は常に同じ参照符号によって示されている。

【0034】

図 1 は、本発明による WIM 力変換器 100 のハウジング・プロファイル 1 の一実施例の一部分を通る断面図を示す。そのような WIM 力変換器 100 は、道路内に挿入され、道路上を運転する車両が WIM 力変換器の上を横切るときに、車両からの反力を測定する。しかしながら、本発明を知った当業者には、ハウジング・プロファイルを有する他の力変換器において本発明を実行することも可能である。

10

【0035】

水平軸又は取り付け力軸 X 及び垂直軸又は力導入軸 Y が、図 1 に示されている。これら 2 つの軸は、力変換器 100 の中心点 C において交差する。この断面は、取り付け力軸 X 及び力導入軸 Y によって規定される断面平面 XY において示されている。長手方向軸は示されていない。取り付け力軸 X、力導入軸 Y 及び長手方向軸は、互いに垂直である。道路は、取り付け力軸 X に平行に延在する。

【0036】

ハウジング・プロファイル 1 は、鉄、鉄合金、鋼、アルミニウムなどのような、機械的に抵抗性のある材料から作成される。ハウジング・プロファイル 1 は、例えば、取り付け力軸 X に沿って 35 mm の幅を有する。ハウジング・プロファイル 1 は、例えば、力導入軸 Y に沿って 35 mm の高さを有する。ハウジング・プロファイル 1 は、長手方向軸に沿って 1000 mm 又は 2000 mm の長さを有することができる。ハウジング・プロファイル 1 は、好ましくはアルミニウムから作成される。好ましくは、ハウジング・プロファイル 1 は一体的に製造される。一個のアルミニウム片から作成されるハウジング・プロファイル 1 は、コスト効率的に製造することができ、鉄、鉄合金、鋼などと比較して軽量であるため、容易に輸送し、道路に設置することができる。

20

【0037】

ハウジング・プロファイル 1 は、力導入フランジ 3、管状部分 2 及び力固定フランジ 4 を備える。力導入軸 Y に関して、管状部分 2 は、力導入フランジ 3 と力固定フランジ 4 との間に配置される。力導入フランジ 3 の力導入面 30 は、取り付け力軸 X に平行であり、路面の数 cm 下の距離において配置される。測定されるべき反力は、力導入フランジ 3 の力導入面 30 から力導入軸 Y に沿って管状部分 2 へと誘導される。力変換器 100 は永続的に、力固定フランジ 4 によって、道路の表面下に機械的に固定される。力固定フランジ 4 の力固定面 40 は、取り付け力軸 X に平行である。

30

【0038】

中心点 C の領域において、管状部分 2 は内部が中空である。断面において、管状部分 2 は、半径方向軸 R に沿って空洞 22 を 360° 完全に取り囲む。半径方向軸 R は、断面平面 XY 内に延在する。管状部分 2 は、内面 200 を備え、内面 200 は中心点 C に面し、内面 200 は空洞 22 の境界を定める。管状部分 2 は、外面 210 を備え、外面 210 は中心点 C の反対方向に面し、外面 210 は外側に向かって管状部分 2 の境界を定める。

40

【0039】

外面 210 は、中心点 C から外方に向かって楕円形に成形されている。外面 210 は、長半軸 a 及び短半軸 b を有する。長半軸 a は、取り付け力軸 X と一致し、短半軸 b は、力導入軸 Y と一致する。加えて、楕円形外面 210 の第 1 の焦点 F1 及び楕円形外面 210 の第 2 の焦点 F2 は、取り付け力軸 X 上に位置する。

【0040】

長半軸 a は取り付け力軸 X 上で、中心点 C と外面 210 上の取り付け点 252 との間で測定される。長半軸 a は、例えば、12.5 mm 長である。短半軸 b は、力導入軸 Y 上で、中心点 C と、遷移領域 23 の遷移線 230 上の一点との間で測定される。短半軸 b は、例

50

例えば、12.0mm長である。

【0041】

管状部分2は、種々の領域20、23、25を備える。したがって、管状部分2は、複数の壁領域20、複数の遷移領域23及び複数の取り付け領域25を備える。種々の領域20、23、25によって、管状部分2は、半径方向軸Rに沿って空洞22を360°完全に取り囲む。種々の領域20、23、25は、内面200及び外面210を有する。種々の領域20、23、25の各々は、特別な機能向けに最適化されている。

【0042】

好ましくは、管状部分2は、力導入軸Yと取り付け力軸Xとの間に4つの壁領域20を備える。壁領域20は、管状部分2の壁厚が可能な限り小さくなるように最適化されている。壁厚は可能な限り小さくなっているため、測定されるべき反力の相対的に小さい割合のみが壁領域20に伝達される。各壁領域20は、半径方向軸Rに沿って、壁領域角度 $\alpha_{20} = 50^\circ$ にわたって延在する。壁領域20内で、外面210は、中心点Cから外方に向かって実質的に楕円形に成形されている。壁領域20内で、内面200は、中心点Cから外方に向かって実質的に楕円形に成形されている。本発明の目的のために、副詞「実質的に」は、少なくとも90%達成されていることを意味する。

【0043】

壁領域20は、壁厚W20を有する。壁厚W20は図1に示されている。壁厚W20は、外面210上の一点と、内面200上の一点との間で測定される。好ましくは、壁厚W20は実質的に一定である。壁厚W20は、管状部分2の最小の壁厚である。壁厚W20は、例えば2.0mmである。

【0044】

壁領域20は、遷移領域23に連続している。さらに、壁領域20は、取り付け領域25に連続している。本発明の目的のために、連続しているとは、壁厚W20が遷移領域23の遷移壁厚W23へと連続的且つ無段階に変化すること、及び、壁厚W20が取り付け領域25の補強壁厚W25へと連続的且つ無段階に変化することを意味する。そのような連続的な遷移は、機械的態様において、取り付け力の作用下で特に安定的であり、その量の取り付け力に対して塑性変形を示さない。内面200上で、壁領域20の各々は、遷移領域23の頂点P23と取り付け領域25の転換点P20との間に延在する。

【0045】

好ましくは、管状部分2は、2つの遷移領域23を備え、遷移領域23は力導入軸Y上にある。各遷移領域23は、半径方向軸Rに沿って、遷移領域角度 $\alpha_{23} = 20^\circ$ にわたって延在する。遷移領域23は、圧電測定構成への可能な最も高い力変換のために最適化されている。可能な最も高い力変換によって、相対的に高い割合の測定されるべき反力が、圧電測定構成に伝達される。

【0046】

第1の遷移領域23において、管状部分2は力導入フランジ3に機械的に接続される。第2の遷移領域23において、管状部分2は力固定フランジ4に機械的に接続される。したがって、管状部分2は遷移領域23において外面を有しない。代わりに、管状部分2は遷移領域23において遷移線230を有する。遷移線230は、隣接する壁20の外面210から連続的に延伸する破線として示されている。遷移線230は、管状部分2の、力導入フランジ3及び力固定フランジ4に対する境界を表す。遷移領域23において、管状部分2は、好ましくは材料接合によって、力導入フランジ3及び力固定フランジ4に接続されている。

【0047】

第1の遷移領域23は、第1の取り付け部材26に機械的に接続される。第2の遷移領域23は、第2の取り付け部材26に機械的に接続される。好ましくは、管状部分2は、2つの取り付け部材26を備え、取り付け部材26は力導入軸Y上にある。2つの取り付け部材26は、断面がパンチ形状である。2つの取り付け部材26は、同一の断面寸法を有する。2つの取り付け部材26は、2つの内側力導入面260が互いに向き合う。2つの

10

20

30

40

50

内側力導入面 260 は、力導入軸 Y に沿って空洞 22 を境界を定める。2 つの内側力導入面 260 は、内面 200 の一部である。好ましくは、内側力導入面 200 は、取り付け力軸 X に平行な平面内にある。内側力導入面 260 は、好ましくは 0.02 mm の、それほど厳密ではない均一性で製造される。内側力導入面 260 は、好ましくは 0.02 mm の、それほど厳密ではない平行性で製造される。内側力導入面 260 は、好ましくは 0.02 mm の、それほど厳密ではない厚さ公差で製造される。内側力導入面 260 は、例えば、力導入軸 Y に沿って 5.9 mm の垂直距離 261 を有する。

【0048】

内面 200 の一部は、遷移領域 23 において放物線形状である。各遷移領域 23 が、2 つの放物線を有する。各放物線が、頂点 P23 を有する。

【0049】

遷移領域 23 は、遷移壁厚 W23 を有する。遷移壁厚 W23 は図 1 に示されている。遷移壁厚 W23 は、力導入軸 Y 上で、遷移線 230 上の一点と、内側力導入面 260 上の一点との間で測定される。遷移壁厚 W23 は、管状部分 2 の最大の壁厚である。遷移壁厚 W23 は、例えば 10 mm である。

【0050】

好ましくは、管状部分 2 は、2 つの取り付け領域 25 を備え、取り付け領域 25 は取り付け力軸 X 上にある。取り付け領域 25 は、管状部分 2 の特定の局所的な機械的補強のために最適化されている。各取り付け領域 25 は好ましくは、外面 210 上に位置する取り付け点 252 と、内面 200 上に位置する補強点 253 とを備える。取り付け点 252 において、外面 210 は、中心点 C から外方に向かって楕円形に形成されている。補強点 253 において、内面 200 は、中心点 C に向かって凹状になっている。外面の楕円形状及び内面の凹形状は、特に、圧縮力及び張力の作用下での取り付け領域の塑性変形を回避する。

【0051】

各取り付け領域 25 は、半径方向軸 R に沿って、取り付け領域角度 $\alpha 25 = 20^\circ$ にわたって延在する。半径方向軸 R に沿った取り付け領域 25 の半径方向の広がり、取り付け領域角度 $\alpha 25$ のサイズによって精密に調整され得る。各取り付け領域 25 は、内面 200 上の 2 つの転換点 P20 の間に延在する。各取り付け領域 25 は、補強高さ 251 にわたって力導入軸 Y に沿って延在する。力導入軸 Y に沿った取り付け領域 25 の軸方向寸法は、補強高さ 251 のサイズによって精密に調整され得る。補強高さ 251 は、例えば、6.0 mm である。補強点 253 において、内面 200 は好ましくは、一定の凹状補強半径 R25 を有し、補強半径 R25 は参照点 P25 から測定され、上記参照点 P25 は、取り付け力軸 X 上で管状部分 2 の外側にある。取り付け力軸 Y に沿った取り付け領域 25 の軸方向寸法は、補強半径 R25 のサイズによって精密に調整され得る。補強半径 R25 は、例えば、16.0 mm である。

【0052】

取り付け領域 25 は、補強壁厚 W25 を有する。補強壁厚 W25 は図 1 に示されている。補強壁厚 W25 は取り付け力軸 X 上で、外面 210 上の取り付け点 252 と内面 200 上の補強点 253 との間に測定される。補強壁厚 W25 は、例えば、2.5 mm である。

【0053】

図 2 は、本発明による力変換器 100 の圧電測定構成 5 の一実施例の一部分を通る断面図を示す。

【0054】

圧電測定構成 5 は、少なくとも 1 つの圧電測定素子 50 と、少なくとも 1 つの電極 51 とを備える。圧電測定構成 5 は、例えば、力導入軸 Y に沿って 6.00 mm の垂直高さ 551 を有する。圧電測定構成 5 は、例えば、取り付け力軸 X に沿って 12.0 mm の幅を有する。圧電測定構成 5 は、例えば、長手方向軸に沿って 12.0 mm の長さを有する。

【0055】

圧電測定構成 5 は、測定されるべき力 K が力導入軸 Y に沿って作用する外側力導入面 500 を備える。力 K は、図 2 に黒い矢印として示されている。好ましくは、圧電測定構成 5

10

20

30

40

50

は、測定されるべき力 K が力導入軸 Y に沿って作用する2つの外側力導入面500を備える。外側力導入面500は、取り付け力軸 X に平行な平面内にある。外側力導入面500の均一性、平行性、厚さ公差などのような製造公差はそれほど厳密ではなく、コスト効率的な生産が可能である。外側力導入面500は、好ましくは0.03mmの、それほど厳密ではない均一性で製造される。外側力導入面500は、好ましくは0.03mmの、それほど厳密ではない平行性で製造される。外側力導入面500は、好ましくは0.03mmの、それほど厳密ではない厚さ公差で製造される。

【0056】

圧電測定素子50はディスク形状であり、石英(SiO_2 単結晶)、ガロゲルマニウム酸カルシウム($\text{Ca}_3\text{Ga}_2\text{Ge}_4\text{O}_{14}$ 又はCGG)、ランガサイト($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ 又はLGS)、トルマリン、オルトリン酸ガリウム、圧電セラミックなどの圧電結晶材料から構成される。圧電測定素子50は、測定されるべき力 K に対して高い感度を有するような結晶方位に切断される。感度は、測定されるべき一定量の力 K に対して発生する分極電荷の数の測度である。好ましくは、圧電測定素子50は、力 K が力導入軸 Y に沿って作用する表面上で負及び正の分極電荷が発生するような縦効果に従って配向される。分極電荷の数は、力 K のサイズに比例する。分極電荷の数は、力 K が力導入軸 Y に沿って作用する表面のサイズの2乗とともに増加する。表面が大きくなるほど、圧電測定構成5の感度は高くなる。しかしながら、本発明を理解した当業者はまた、分極電荷が力が作用する表面に垂直に発生する横効果に基づくもののような、異なる配向を有する圧電測定素子を使用することもできる。

【0057】

図2による圧電測定構成5は、好ましくは2つの圧電測定素子50を備える。2つの圧電測定素子50は、互いに対して対抗する結晶方位で配置される。結果として、極性の同じ分極電荷が発生する2つの圧電測定素子50の表面は、互いに向き合う。電極51は、力導入軸 Y に関して2つの圧電測定素子50のこれらの表面の間に配置される。電極51は、2つの圧電測定素子50のこれらの表面と直に機械的に接触する。電極51は、2つの圧電測定素子50のこれらの表面から分極電荷を受け取る。タップされた分極電荷は、電気信号として、導電体を介して、それらを評価する評価ユニットへと送信される。導電体及び評価ユニットは、図面に示されていない。

【0058】

圧電測定構成5の寸法は、圧電測定素子50の表面を、感度を高めるために可能な限り大きくし、外側力導入面500の、均一性、平行性及び厚さ公差のような製造公差を、コスト効率的な製造を可能にするためにそれほど厳密にならないように選択するように、最適化される。

【0059】

力導入軸 Y に沿った圧電測定構成5の寸法は、特に、空洞22と比較して垂直方向にオーバーサイズになるように製造される。図示されている例示的な実施例において、圧電測定構成5は、力導入軸 Y に沿って6.00mmの垂直高さ551を有し、一方、中空プロファイル2のために、内側力導入面260の間の垂直距離261は、力導入軸 Y に沿って5.90mmである。垂直高さ551と垂直距離261との間の差が、垂直方向のオーバーサイズである。この例示的な実施例において、垂直方向のオーバーサイズは0.10mmである。

【0060】

圧電測定構成5は、空洞22内に取り付けることができる。圧電測定構成5を管状部分2の空洞22内に取り付けのために、管状部分2は、力導入軸 Y に沿って拡張される。この拡張の大きさは少なくとも、垂直方向のオーバーサイズ、並びに、力導入軸 Y に沿った管状部分2及び圧電測定構成5の製造公差程度である。取り付け力軸 X に沿った作用する取り付け力 M が、図3及び図4に示すように、この目的のために加えられる。好ましくは、取り付け力 M は、2つの取り付け点252において外側から加えられる。取り付け力 M は、図3及び図4に黒い矢印として示されている。取り付け力 M の作用下で、管状部分2は

取り付け力軸 X の水平方向において圧縮され、力導入軸 Y の垂直方向において拡張される。水平圧縮 x は、管状部分 2 の弾性的に圧縮された長半軸 $a - -$ をもたらす。垂直拡張 y は、管状部分 2 の弾性的に拡張された短半軸 $b + +$ をもたらす。管状部分 2 の水平圧縮 x 及び垂直拡張 y は、図 3 及び図 4 において、破線の内面 2 0 0 及び破線の外面 2 1 0 として表されている。

【0061】

取り付け領域 2 5 は、壁領域 2 0 と比較して局所的に補強されている。取り付け領域 2 5 の補強壁厚 $W 2 5$ は、壁領域 2 0 の壁厚 $W 2 0$ よりも大きい。壁厚 $W 2 5$ の増加のみに起因して、取り付け点 2 5 2 及び補強点 2 5 3 における圧縮は弾性的である。図 3 及び図 4 の黒い矢印によって示すように、取り付け点 2 5 2 における取り付け力 M は、外面 2 1 0 上の圧縮力 D 、及び、内面 2 1 0 上の補強点 2 5 3 における張力 Z をもたらす。圧縮力 D は、外面上 2 1 0 で、取り付け点 2 5 2 に向かって、及び、遷移領域 2 3 から外方に向かって接線方向に作用する。張力 Z は、内面上 2 0 0 で、補強点 2 5 3 から外方に向かって、及び、遷移領域 2 3 に向かって接線方向に作用する。

【0062】

例示的な実施例において、管状部分 2 及び圧電測定構成 5 の均一性及び平行性に関する製造公差を考慮に入れて、管状部分 2 は、力導入軸 Y に沿って 0.15 mm の垂直拡張 y だけ広げられる。拡張されている管状部分 2 の内側力導入面 2 6 0 の間の拡張垂直距離 $2 6 0 + +$ は 6.05 mm である。その後、圧電測定構成 5 が、垂直方向に拡張されている管状部分 2 に挿入される。好ましくは、圧電測定構成 5 は、拡張されている管状部分 2 の内側力導入面 2 6 0 の間の 6.00 mm の垂直高さ $5 5 1$ をもって設置される。

【0063】

圧電測定構成 5 が中に挿入されると、取り付け力 M は管状部分 2 から解放される。圧電測定構成 5 の寸法と比較しての、力導入軸 Y に沿った空洞 2 2 の 0.10 mm の垂直方向のオーバーサイズに起因して、管状部分 2 の水平圧縮及び垂直拡張は部分的に維持される。図 5 に示すように、取り付け力が解放されることによって、圧縮されている水平拡張 $a - -$ が変形して、残留圧縮水平拡張 $a -$ になり、拡張垂直拡張 $b + +$ が、残留拡張垂直拡張 $b +$ になる。したがって、 0.10 mm の、管状部分 2 の残留拡張垂直拡張 $b 1$ が維持される。

【0064】

残留拡張垂直拡張 $b +$ は、管状部分 2 内の圧電測定構成 5 の機械的プレストレス V を発生させる。図 5 から分かるように、力導入軸 Y に沿った機械的プレストレス V によって、圧電測定素子 5 0 の表面及び電極 5 1 はフォースロック式に順に重なり合い、結果、不完全な電荷タップをもたらす、互いに電氣的に接触していない領域がなくなり、これらの表面上の粗さ及び不均一性が封じられ、結果として、力変換器 1 0 0 の測定再現性及び線形性が高くなる。

【0065】

しかしながら、管状部分 2 の材料には材料特有の弾性限界があり、管状部分 2 が組み立て中に部分的な塑性拡張を呈する可能性があるというリスクがある。取り付け力 M が解放された後、部分的な塑性拡張を受ける管状部分 2 は、予測不可能な形状をとり、その結果、優勢な機械的プレテンションが小さくなりすぎることになる。加えて、垂直方向のオーバーサイズが小さすぎる場合も、取り付け力 M が解放された後に作用する機械的プレストレス V はいずれにしても小さくなりすぎる。例示的な実施例においてハウジング・プロファイル 1 の材料として使用されるアルミニウムは、鉄、鉄合金、銅などと比較して、特に弾性限界が低い。

【0066】

本発明による管状部分 2 は、楕円形である。短半軸 b よりも長い長半軸 a を有する楕円形の管状部分 2 について、取り付け力軸 X に沿った取り付け力 M は、取り付け力軸及び力導入軸に沿って同じ円半径を有する特許文献 1 の円形の管状部分の場合よりも、力導入軸 Y に沿って大きい垂直拡張 y を生じる。短半軸 b よりも 5% 長い長半軸 a について、取り付

け力Mは好ましくは、取り付け力軸及び力導入軸に沿って同じ円半径を有する円形の管状部分の場合よりも、実質的に30%大きい拡張垂直拡張yを生じる。0.15mmの垂直拡張yを達成するために、楕円形の管状部分2は、0.12mmの水平圧縮xを引き起こす取り付け力Mを加えることを必要とする。対照的に、特許文献1による円形の管状部分について、取り付け力Mは、0.15mmの水平圧縮を達成しなければならない。

【0067】

力導入軸Yに沿った垂直拡張yが大きくなることは、本発明による管状部分2の2つの幾何学関連効果によって説明することができる。これら2つの幾何学関連効果は、下記により詳細に説明する。

【0068】

これに関連して、図6及び図7は、モデル化された管状部分2'の圧縮及び拡張の2つの表現を示す。図6は、円半径rを有するモデル化された円形管状部分2'の水平圧縮及び垂直拡張を示す。図7は、短半軸b及び長半軸aを有するモデル化された楕円形管状部分2'の水平圧縮及び垂直拡張を示す。

【0069】

取り付け力軸に沿って作用する取り付け力Xの影響下で、モデル化された管状部分2'は、力導入軸Yに沿って拡張される。モデル化された管状部分2'の垂直拡張は、破線によって表されている。

【0070】

図6によるモデル化された円形管状部分2'の垂直拡張yの結果として、拡張した楕円形がもたらされる。力導入軸Yに沿って、拡張した楕円形の円半径rは垂直拡張yだけ拡大され、一方、取り付け力軸Xに沿って、拡張した楕円形の円半径rは水平圧縮xだけ縮小される。図7によるモデル化された楕円形管状部分2'の垂直拡張yの結果として、拡張した楕円形がもたらされる。拡張した楕円形は、破線によって表されている。力導入軸Yに沿って、拡張した楕円形の短半軸bは垂直拡張yだけ拡大され、一方、取り付け力軸Xに沿って、拡張した楕円形の長半軸aは水平圧縮xだけ縮小される。

【0071】

剛体について、拡張されるとき、斜辺cの長さは変化しないままである。

【0072】

図6によるモデル化された円形管状部分2'について、取り付け力Mの結果として、水平圧縮xと同じ量の垂直拡張yがもたらされる。

【0073】

しかしながら、これは、図7によるモデル化された楕円形管状部分2'の拡張については異なる。ピタゴラスの定理によれば、以下のように述べられる。

$$c^2 = a^2 + b^2 = (a - x)^2 + (b + y)^2$$

この式を垂直拡張yについて解くと、以下のようになる。

【数1】

$$y = \sqrt{b^2 + 2ax - x^2} - b$$

$a > b$ 、すなわちnを正の百分率として、 $a = (1 + n)b$ である場合、以下が当てはまる。

【数2】

$$y = \sqrt{b^2 + 2(1 + n)bx - x^2} - b$$

この式は、任意の正の百分率nについて解くことができ、ここで、垂直拡張yの量は常に水平圧縮xの量よりも大きい。

【0074】

楕円形の管状部分2について、長半軸 a は好ましくは、短半軸 b よりも5%大きく、これは、 $n = 5\%$ であることを意味する。さらに、楕円形の管状部分2の場合の短半軸 $b = 12.0\text{ mm}$ 且つ水平圧縮 $x = 1.2\%$ について、垂直拡張 $y = 1.26\%$ となり、これは、特許文献1の円形の管状部分の場合よりも実質的に6%大きい。

【0075】

しかしながら、剛体は、無限に高い引張剛性 ε を有する。しかしながら、本発明による楕円形の管状部分2及び特許文献1による円形の管状部分は、引張剛性 ε が管状部分材料の弾性率 E と管状部分の特定の幾何学的形状の両方に依存するため、有限の引張剛性 ε を有する。

10

【0076】

引張剛性 ε は、フックの法則から得られる。 l の長さを有する円筒中実体について、中実体の長手方向の拡張 $\Delta l / l$ は、中実体に作用する張力又は圧縮力 K に比例する。比例係数は引張剛性 ε である。

【数3】

$$\varepsilon = \frac{l * M}{\Delta l}$$

これが図6によるモデル化された円形管状部分2'に適用されるとき、取り付け力軸 X に沿った引張剛性 ε_k は、円半径 r と取り付け力 M との積を、水平圧縮 x で除算した値である。したがって、円形の管状部分2'の引張剛性 ε_k は、以下ようになる。

20

【数4】

$$\varepsilon_k = \frac{r * M}{x}$$

さらに、図7によるモデル化された楕円形管状部分2'はしたがって、取り付け力軸 X に沿った引張剛性 ε_e は、長半軸 a と取り付け力 M との積を、水平圧縮 x で除算した値である。したがって、楕円形の管状部分2'の引張剛性 ε_e は、以下ようになる。

30

【数5】

$$\varepsilon_e = \frac{a * M}{x}$$

【0077】

しかしながら、楕円形の管状部分2について、取り付け力軸 X に沿った長半軸 a は、力導入軸 Y に沿った短半軸 b よりも長く、一方、特許文献1の円形の管状部分について、円半径 r は、取り付け力軸 X 及び力導入軸 Y に沿って同じである。さらに、楕円形の管状部分2及び円形の管状部分は、力導入軸 Y に沿って実質的に同じ幾何学的形状を有し、結果、力導入軸 Y に沿って、短半軸 b の長さは円半径 r と同じである。好ましくは、楕円形の管状部分2について、長半軸 b は短半軸 a よりも5%長く、したがってまた、円半径 r よりも5%長い。したがって、楕円形の管状部分2の引張剛性 ε_e は、円形の管状部分の引張剛性 ε_k よりも5%大きい。同じ量の取り付け力 M が、円形の管状部分と比較して、楕円形の管状部分2に対しては5%だけより大きい水平圧縮 x をもたらす。

40

【0078】

したがって、楕円形の管状部分2と、特許文献1による円形の管状部分とは、2つの幾何学関連効果によって異なる。第1の幾何学関連効果は、楕円形の管状部分2の力導入軸 Y に沿った、相対的により大きい垂直拡張 y であり、第2の幾何学関連効果は、楕円形の管

50

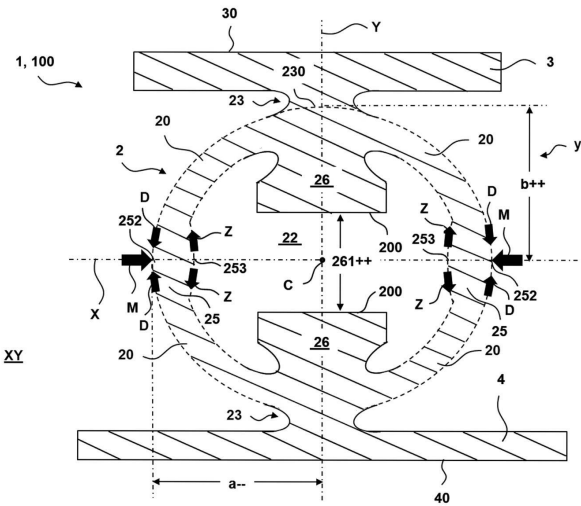
状部分 2 の取り付け力軸 X に沿った、相対的により大きい引張剛性 ε_e である。これら 2 つの幾何学関連効果は相乗的に作用し、それらは互いに独立して生じるため、2 つの幾何学関連効果は相乗して、楕円形の管状部分 2 の場合に実質的に 30 % だけより大きい垂直拡張 y が達成される。

【符号の説明】

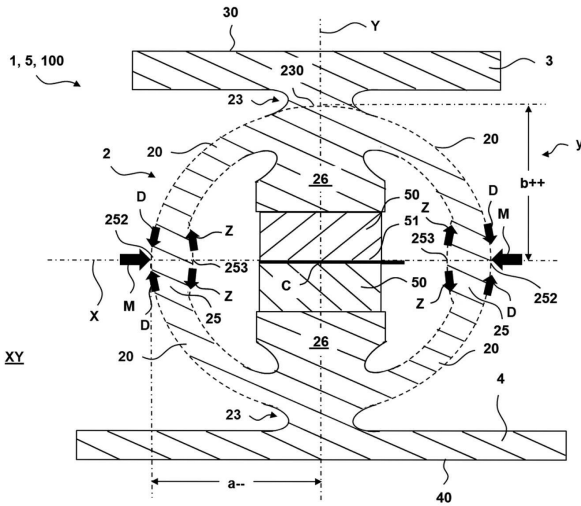
【0079】

1	ハウジング・プロファイル	
2	管状部分	
2'	モデル化された管状部分	
3	力導入フランジ	10
4	力固定フランジ	
5	圧電測定構成	
20	壁領域	
22	空洞	
23	遷移領域	
25	取り付け領域	
26	取り付け部材	
30	力導入面	
40	力固定面	
50	圧電測定素子	20
51	電極	
100	力変換器	
200	内面	
210	外面	
230	遷移線	
251	補強高さ	
252	取り付け点	
253	補強点	
260	内側力導入面	
261	垂直距離	30
261++	拡張垂直距離	
500	外側力導入面	
551	垂直高さ	
$\alpha 20$	壁領域角度	
$\alpha 23$	遷移領域角度	
$\alpha 25$	取り付け領域角度	
a	長半軸	
a-	残留圧縮長半軸	
a--	圧縮長半軸	
b	短半軸	40
b+	残留拡張短半軸	
b++	拡張短半軸	
c	斜辺	
C	中心点	
D	圧縮力	
F1	第 1 の焦点	
F2	第 2 の焦点	
n	正の百分率	
K	力	
M	取り付け力	50

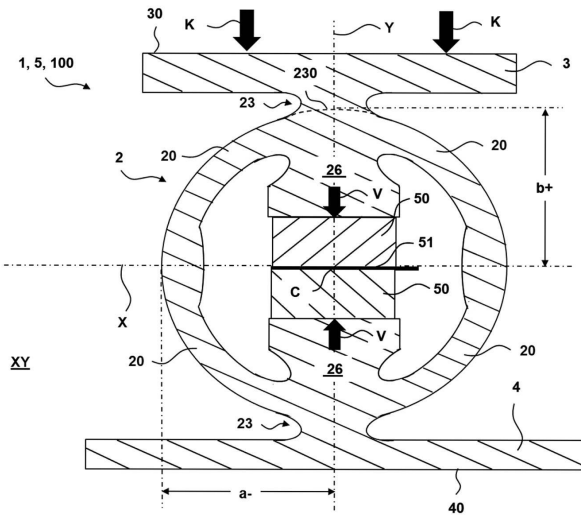
【図 3】



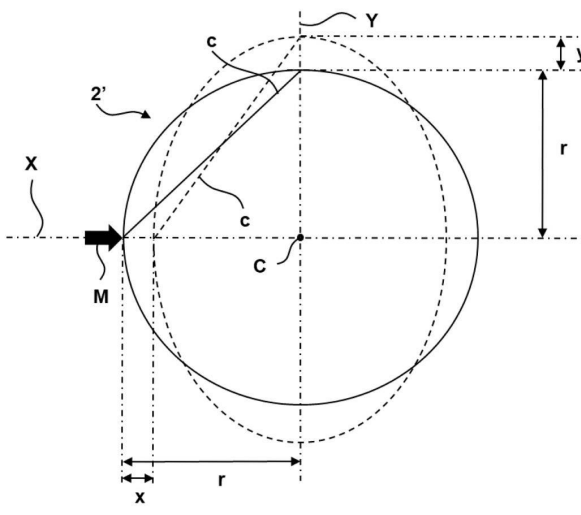
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

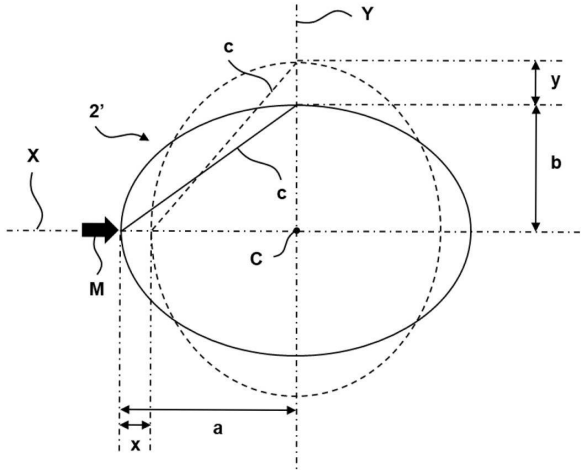
20

30

40

50

【圖 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特許第4028016(JP, B2)
特許第3101637(JP, B2)
米国特許出願公開第2014/0251700(US, A1)
中国実用新案第205620011(CN, U)
米国特許出願公開第2015/0075297(US, A1)
中国特許第102928005(CN, B)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01G 19/03
G01G 3/13