

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 7 月 24 日(24.07.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/112355 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 3/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/000122
- (22) 国際出願日: 2014 年 1 月 14 日(14.01.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-008211 2013 年 1 月 21 日(21.01.2013) JP
特願 2013-147150 2013 年 7 月 15 日(15.07.2013) JP
特願 2013-175446 2013 年 8 月 27 日(27.08.2013) JP
特願 2013-202048 2013 年 9 月 27 日(27.09.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP). 株式会社日本自動車部品総合研究所(NIPPON SOKEN, INC.) [JP/JP]; 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 吉田 俊太郎(YOSHIDA, Shuntaro); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 岩城 隆雄(IWAKI, Takao); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 豊田 稲男(Toyoda, Inao); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デン

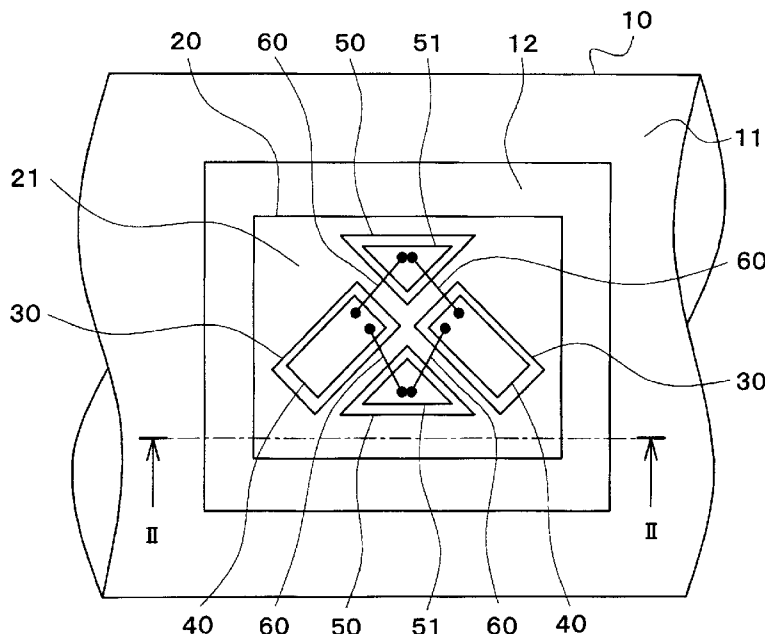
ソー内 Aichi (JP). 石川 卓也(ISHIKAWA, Takuya); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 岡田 明(OKADA, Akira); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 荻野 和正(OGINO, Kazumasa); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 6 階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: TORQUE SENSOR AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: トルクセンサ及びその製造方法



(57) Abstract: A torque sensor is provided with: a pedestal part (20, 70, 100, 110, 120, 130, 140, 150) that is secured to a rod-shaped metallic shaft (10) the strain of which is to be measured; an SAW-type strain detection element (40) that is disposed on the pedestal part (20, 70, 100, 110, 120, 130, 140, 150), and detects the strain of the metallic shaft (10) via the pedestal part (20, 70, 100, 110, 120, 130, 140, 150); and a securing part (30) that is disposed between the pedestal part (20, 70, 100, 110, 120, 130, 140, 150) and the strain detection element (40), and secures the strain detection element (40) to the pedestal part (20, 70, 100, 110, 120, 130, 140, 150).

(57) 要約: トルクセンサは、歪の測定対象である棒状の金属軸（10）に固定された台座部（20、70、100、110、120、130、140、150）と、前記台座部（20、70、100、110、120、130、140、150）に配置されていると共に、前記台座部（20、70、100、110、120、130、140、150）を介して前記金属軸（10）の歪を検出するSAW方式の歪検出素子（40）と、前記台座部（20、70、100、110、120、130、140、150）と前記歪検出素子（40）との間に配置されると共に、前記歪検出素子（40）を前記台座部（20、70、100、110、120、130、140、150）に固定する固定部（30）と、を備えている。

WO 2014/112355 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッ
パ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：トルクセンサ及びその製造方法

関連出願の相互参照

[0001] 本開示は、2013年1月21日に出願された日本出願番号2013-8211号と、2013年7月15日に出願された日本出願番号2013-147150号と、2013年8月27日に出願された日本出願番号2013-175446号と、2013年9月27日に出願された日本出願番号2013-202048号とに基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、SAW (surface acoustic wave) 方式の歪検出素子を備えたトルクセンサ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0003] 従来より、トルクセンサ軸の外表面に当該トルクセンサ軸の歪を検出する歪ゲージが取り付けられたトルク測定装置が、例えば特許文献1で提案されている。具体的には、トルクセンサ軸がねじれて歪が生じると、歪ゲージはこの歪を検出し、この歪による電気抵抗の変化に応じた電気信号を出力し、この電気信号からトルク値が算出される構成が提案されている。

[0004] また、歪ゲージは薄い絶縁体上に金属の抵抗体が形成されて構成されており、トルクセンサ軸に対して接着剤によって貼り付けられている。したがって、トルクセンサ軸の歪を受けても柔軟に変形する。このため、歪ゲージがトルクセンサ軸の変形によって割れることはない。

[0005] ここで、歪を検出する手段として歪ゲージではなくSAW方式のトルクセンサを採用した場合、当該トルクセンサは硬い圧電体のセンサチップとして構成される。したがって、硬い圧電体が接着剤でトルクセンサ軸に直接固定される。このため、接着剤のクリープや劣化が発生すると、トルクセンサ軸の歪がSAW方式の硬いトルクセンサに伝わらず、歪の検出精度が低下してしまうという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 1 1 - 9 4 9 9 4 号公報

発明の概要

[0007] 本開示は、測定対象である金属軸の歪を S A W方式の歪検出素子に確実に伝えることができる構造を備えたトルクセンサを提供することを目的とする。また、当該トルクセンサの製造方法を提供することを目的とする。

[0008] 本開示の第一の態様において、トルクセンサは、歪の測定対象である棒状の金属軸に固定された台座部と、前記台座部に配置されていると共に、前記台座部を介して前記金属軸の歪を検出する S A W方式の歪検出素子と、前記台座部と前記歪検出素子との間に配置されると共に、前記歪検出素子を前記台座部に固定する固定部と、を備えている。

[0009] 上記のトルクセンサにおいて、歪検出素子は台座部に固定部で固定されているので、固定部及び歪検出素子と金属軸との熱膨張係数の差によって固定部や歪検出素子が割れない構成とすることができる。したがって、金属軸の歪を台座部及び固定部を介して歪検出素子に確実に伝えることができる。

[0010] 本開示の第二の態様において、歪の測定対象であると共に棒状である金属軸の歪みを、金属フレームを介して S A W方式の歪検出素子で検出するトルクセンサの製造方法は、当該金属軸の外表面に平坦面を形成し、前記金属フレームとして、一面、当該一面の反対側の他面、前記一面及び前記他面に接する側面を有する板状のものを用意し、ガラスを介して前記歪検出素子を前記金属フレームの一面に固定し、前記歪検出素子が固定された前記金属フレームの他面が前記平坦面側となるように、前記金属フレームを前記平坦面に配置して接合固定することを含んでいる。

[0011] 上記のトルクセンサの製造方法において、歪検出素子は台座部に固定部で固定されているので、固定部及び歪検出素子と金属軸との熱膨張係数の差によって固定部や歪検出素子が割れない構成とすることができる。したがって、金属軸の歪を台座部及び固定部を介して歪検出素子に確実に伝えることが

できる。

図面の簡単な説明

- [0012] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、本開示の第1実施形態に係るトルクセンサの平面図であり、
- [図2]図2は、図1のII-II断面図であり、
- [図3]図3は、歪検出素子の平面図であり、
- [図4]図4は、図3のIV-IV断面図であり、
- [図5]図5は、第1実施形態に係るトルクセンサの一製造工程を示した図であり、
- [図6]図6は、本開示の第2実施形態に係るトルクセンサの断面図であり、
- [図7]図7は、第2実施形態に係るトルクセンサの一製造工程を示した図であり、
- [図8]図8(a)は金属軸の平坦面の歪を計測する場合の金属軸の断面図であり、図8(b)は金属軸の平坦面に設けた窪みに金属フレームを固定して当該金属フレームの歪を計測する場合の金属軸及び金属フレームの断面図であり、
- [図9]図9は、金属軸のトルクと歪みとの関係を示した図であり、
- [図10]図10は、本開示の第3実施形態に係るトルクセンサの平面図であり、
- [図11]図11は、本開示の第4実施形態に係るトルクセンサの平面図であり、
- [図12]図12は、図11のXII-XII断面図であり、
- [図13]図13は、本開示の第5実施形態に係るトルクセンサの断面図であり、
- [図14]図14は、本開示の第6実施形態に係るトルクセンサの断面図であり、
- [図15]図15は、第6実施形態において、ボルト形状に応じて金属軸から受

けるトルクと歪との関係を示した図であり、

[図16]図16は、第7実施形態において、金属軸の表面から底部（設置面）までの距離を示した図であり、

[図17]図17は、第7実施形態において、金属軸の表面から底部（設置面）までの距離と歪み量との関係を示した図であり、

[図18]図18は、本開示の第8実施形態に係るトルクセンサの平面図であり、

[図19]図19は、図18のXIX-XIX断面図であり、

[図20]図20は、第8実施形態に係る金属フレームの一面の平面図であり、

[図21]図21は、図20のXXI-XXI断面図であり、

[図22]図22は、第8実施形態に係る金属軸の平面図であり、

[図23]図23は、図22のXXIII-XXIII断面図であり、

[図24]図24は、第8実施形態に係る金属フレームが金属軸から受けるトルクと歪との関係を示した図であり、

[図25]図25（a）と図25（b）は、本開示の第9実施形態に係る金属フレームの平面図及び側面図であり、

[図26]図26（a）と図26（b）は、本開示の第10実施形態に係る金属フレームの平面図及び側面図であり、

[図27]図27（a）と図27（b）は、本開示の第11実施形態に係る金属フレームの平面図及び側面図であり、

[図28]図28（a）と図28（b）は、本開示の第12実施形態に係る金属フレームの平面図及び側面図であり、

[図29]図29は、本開示の第13実施形態に係るトルクセンサの平面図であり、

[図30]図30は、本開示の第14実施形態に係る金属軸の一端の端面の平面図であり、

[図31]図31は、図30のXXXI-XXXI断面図であり、

[図32]図32（a）と図32（b）は、本開示の第14実施形態に係る金属

フレームの平面図及び側面図であり、

[図33]図33は、第14実施形態に係る金属フレームが金属軸から受けるトルクと歪との関係を示した図であり、

[図34]図34は、本開示の第15実施形態に係る金属軸の一端の端面の平面図であり、

[図35]図35は、図34のXXXV-XXXV断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、図中、同一符号を付してある。

[0014] (第1実施形態)

以下、本開示の第1実施形態について図を参照して説明する。図1に示されるように、本実施形態に係るトルクセンサは、金属軸10と、金属フレーム20と、ガラス30と、歪検出素子40と、プリント基板50と、を備えて構成されている。

[0015] 金属軸10は、棒状のいわゆるシャフトであり、歪の測定対象である。また、金属軸10は表面11に平坦面12を有している。平坦面12はいわゆるザグリである。金属軸10の材質として、例えばS35Cが採用される。このS35Cの熱膨張係数 α は 11.3 ppm/K である。

[0016] 金属フレーム20は、図2に示されるように、一面21、当該一面21の反対側の他面22、一面21及び他面22に接する側面23を有する板状の部品である。図1に示されるように、本実施形態では、金属フレーム20の一面21及び他面22の平面形状は四角形状である。金属フレーム20の厚みは例えば0.5mmである。そして、図2に示されるように、金属フレーム20は、他面22が金属軸10の平坦面12側に向けられた状態で平坦面12に配置され、他面22の外縁部24が金属軸10の平坦面12にレーザ溶接により接合固定されている。

[0017] ここで、金属フレーム20の他面22は、外縁部24において一周するよ

うにレーザ溶接されている。このため、金属フレーム 20 の他面 22 の中央部 25 は金属軸 10 の平坦面 12 に接触しているが、接合されていない。

[0018] 金属フレーム 20 は、オーステナイト系ステンレスを材料として形成されたものである。具体的には、金属フレーム 20 として SUS 304 が採用される。この SUS 304 の熱膨張係数 α は 17.3 ppm/K である。

[0019] ガラス 30 は、金属フレーム 20 の一面 21 と歪検出素子 40 との間に配置されると共に、歪検出素子 40 を金属フレーム 20 の一面 21 に固定するための固定部材である。ガラス 30 の材質として、例えば鉛系が採用される。このような鉛系のガラス 30 の熱膨張係数 α は 10.0 以上、 16.0 以下であり、具体的には 15.4 ppm/K である。さらに、鉛系のガラス 30 の焼成温度は 400°C 未満であり、ガラス転移温度は 220°C である。つまり、ガラス 30 は、低融点ガラスが材料となっている。

[0020] 歪検出素子 40 は、金属フレーム 20 の一面 21 に配置されていると共に、金属フレーム 20 を介して金属軸 10 の歪を検出する SAW 方式の歪計測センサである。具体的には、歪検出素子 40 は、図 3 に示されるように、2 つの第 1、第 2 SAW 共振子 41、42 を備えている。図示しないが、歪検出素子 40 は、第 1 弾性表面波素子としての第 1 SAW 共振子 41 を有する第 1 発振回路と、第 2 弾性表面波素子としての第 2 SAW 共振子 42 を有する第 2 発振回路とを備え、第 1、第 2 発振回路によって 2 つの発振器が形成されている。

[0021] また、歪検出素子 40 は、図 4 に示されるように、圧電材料の単結晶で構成された圧電基板 43 と、この圧電基板 43 の上に形成された櫛歯電極 44、45 及び反射器 46、47 と、を備えて構成されている。圧電材料としては、例えば、ニオブ酸リチウム (LN) が採用される。この圧電基板 43 の熱膨張係数 α は 16.0 ppm/K である。

[0022] また、櫛歯電極 44、45 や反射器 46、47 の材質として、アルミニウム等の金属材料が採用される。このような材質の櫛歯電極 44、45 や反射器 46、47 を保護するため、 450°C 以下で焼成可能な低融点のガラス 3

0として上述のようにガラス転移温度が低い鉛系のものが採用されている。

[0023] 図3に示されるように、櫛歯電極44、45は、圧電基板43に弾性表面波を励振させるものである。具体的には、櫛歯電極44、45は、互いに平行であってX軸方向に延びている複数の櫛歯部44a、45aと、複数の櫛歯部44a、45aを連結するバスバー44b、45bと、を有している。そして、櫛歯電極44、45の櫛歯部44a、45aは同数であり、互いの櫛歯部44a、45aが一本ずつ交互に配置されている。この一对の櫛歯電極44、45によって、櫛歯部44a、45aの延伸方向に垂直な方向すなわちY軸方向に弾性表面波が伝搬する。

[0024] 反射器46、47は、櫛歯電極44、45のY軸方向での両側に配置されており、櫛歯電極44、45から伝搬された弾性表面波を反射するものである。反射器46、47は、Y軸方向に並ぶ複数本の電極によって構成されている。一本の電極は櫛歯部44a、45aと平行に延びており、複数本の電極同士は互いに平行である。

[0025] 本実施形態では、第1、第2SAW共振子41、42は、櫛歯電極44、45の対数、反射器46、47を構成する電極の本数、櫛歯電極44、45及び反射器46、47を構成する各電極幅h1、h2、各電極のピッチp1、p2等については同じである。また、各電極幅h1、h2と各電極のピッチp1、p2とが同じであることから、メタライゼーションレシオ（Y軸方向における各電極の幅と自由表面の幅との比率）も同じである。なお、櫛歯電極44、45の対数とは一对の櫛歯電極44、45がそれぞれ有する櫛歯部44a、45aの数であり、各電極のピッチp1、p2とは隣り合う電極における中心と中心との間隔である。

[0026] そして、第1、第2SAW共振子41、42は、櫛歯電極44、45及び反射器46、47を構成する各電極の交差指幅L1、L2が異なっており、第2SAW共振子42の交差指幅L2が第1SAW共振子41の交差指幅L1よりも長くなっている。これにより、第1SAW共振子41を有する発振回路の発振周波数と、第2SAW共振子42を有する発振回路の発振周波数

とが異なり、両者の差である差周波は微小な周波数となっている。すなわち、各歪検出素子 40 は所望の微小な差周波に設定されている。

[0027] また、図 1 に示されるように、2つの歪検出素子 40 は各歪検出素子 40 の長手方向がそれぞれ所定の角度で交差するようにハの字状に配置されている。このような配置によると、金属軸 10 にねじれ等により歪が生じた場合、圧縮ひずみが一方の歪検出素子 40 に発生し、引張ひずみ他方の歪検出素子 40 に発生する。各歪検出素子 40 は、歪を第 1、第 2 SAW 共振子 41、42 の発振周波数の差の変化として検出する。

[0028] プリント基板 50 は、歪検出素子 40 を外部と電氣的に接続するための中継部品である。このため、プリント基板 50 は端子部 51 を備えている。プリント基板 50 は例えば接着剤で金属フレーム 20 の一面 21 に設置されている。端子部 51 は歪検出素子 40 のバスバー 44b、45b に対してボンディングワイヤ 60 で接続されている。なお、図 1 では、端子部 51 と外部とを接続するためのボンディングワイヤ 60 を省略している。

[0029] 以上が、本実施形態に係るトルクセンサの構成である。上記のトルクセンサは、例えば自動車等の車両に搭載されて車両の制御等に利用される。

[0030] 次に、図 1 に示されたトルクセンサの製造方法について説明する。まず、平坦面 12 が設けられた金属軸 10 を用意する。また、板状の金属フレーム 20 を用意する。

[0031] 続いて、図 3 に示された歪検出素子 40 を用意し、ガラス 30 を介して歪検出素子 40 を金属フレーム 20 の一面 21 に固定する。具体的には、金属フレーム 20 の一面 21 に固形のガラス 30 を配置し、ガラス 30 をガラス転移温度以上に加熱してペースト状になるように溶融する。この状態でガラス 30 に歪検出素子 40 を乗せ、ガラス 30 を冷やすことにより再びガラス 30 を固める。これにより、金属フレーム 20 の一面 21 に歪検出素子 40 を固定する。

[0032] また、端子部 51 が形成されたプリント基板 50 を用意し、金属フレーム 20 の一面 21 の所定の位置に接着剤で固定する。そして、歪検出素子 40

と端子部 5 1 とをボンディングワイヤ 6 0 で接続する。

[0033] この後、歪検出素子 4 0 が固定された金属フレーム 2 0 の他面 2 2 が平坦面 1 2 側となるように金属フレーム 2 0 を金属軸 1 0 の平坦面 1 2 に配置する。そして、図 5 に示されるように、金属フレーム 2 0 の他面 2 2 の外縁部 2 4 を一周するように金属フレーム 2 0 を金属軸 1 0 の平坦面 1 2 にレーザ光でレーザ溶接する。これにより、金属フレーム 2 0 を金属軸 1 0 の平坦面 1 2 に接合固定する。

[0034] 続いて、端子部 5 1 と他の電気回路部品とを図示しないボンディングワイヤ等で接続することにより、歪検出素子 4 0 の信号を外部に出力できるようにする。こうして、トルクセンサが完成する。

[0035] ここで、弾性表面波（SAW）を発生させる圧電基板 4 3 は硬いセラミック材料である。また、金属軸 1 0 のトルクを測定するためには、トルクにより発生した金属軸 1 0 の歪を歪検出素子 4 0 の硬い圧電基板 4 3 に正確に伝える必要がある。そのためには、接着剤のように容易に変形や劣化するものではなく、剛性が高く耐久性に優れる低融点のガラス 3 0 が好ましい。

[0036] また、歪検出素子 4 0 を金属軸 1 0 の平坦面 1 2 にガラス 3 0 で直接固定するのではなく、歪検出素子 4 0 を金属フレーム 2 0 にガラス 3 0 で固定している。これは、上述のように歪検出素子 4 0 と金属軸 1 0 の熱膨張係数は異なるため、ガラス 3 0 を用いて歪検出素子 4 0 を金属軸 1 0 に直接貼り付けると、ガラスペースト焼成後に冷却する際に歪検出素子 4 0 やガラス 3 0 に収縮による応力が発生してしまうからである。すなわち、歪検出素子 4 0 やガラス 3 0 が割れたり剥離してしまう。しかしながら、歪検出素子 4 0 と同じ熱膨張係数を持つ金属フレーム 2 0 を介することで、低融点のガラス 3 0 も同じ熱膨張係数のものが使用可能になる。その結果、歪検出素子 4 0 と金属軸 1 0 との熱膨張係数の違いにより、ガラスペースト焼成後の冷却過程で歪検出素子 4 0 やガラス 3 0 の割れを発生させないようにすることができる。

[0037] なお、金属軸 1 0 と金属フレーム 2 0 は熱膨張係数に差があるが、金属は

伸び縮みするので割れたり裂けたりすることはない。したがって、金属軸 10 と金属フレーム 20 の熱膨張係数の差は問題にならない。

[0038] 以上説明したように、本実施形態では、歪検出素子 40 が金属軸 10 に直接貼り付けられず、金属フレーム 20 上に歪検出素子 40 が低融点のガラス 30 で結合され、さらに金属フレーム 20 が金属軸 10 に接合固定された構成が特徴となっている。

[0039] これによると、歪検出素子 40 と同じ熱膨張係数を持つ金属フレーム 20 に、歪検出素子 40 及び金属フレーム 20 と同じ熱膨張係数を持つ低融点のガラス 30 を用いて接合することができるので、ガラスペーストの焼成時に熱膨張係数の差による歪検出素子 40 の剥がれや割れ、さらにはガラス 30 の割れを防止することができる。すなわち、金属フレーム 20 を設けることにより、ガラス 30 及び歪検出素子 40 と金属軸 10 との熱膨張係数の差によってガラス 30 や歪検出素子 40 が割れないようにすることができる。

[0040] また、金属フレーム 20 の他面 22 の外縁部 24 が一周するように金属軸 10 の平坦面 12 にレーザ溶接されているので、金属フレーム 20 の他面 22 の中央部 25 と金属軸 10 とが接合されていなくても、効率良く歪を伝達することができる。したがって、測定対象である金属軸 10 の歪を SAW 方式の歪検出素子 40 に確実に伝えることができ、ひいては歪の検出精度の低下を抑制することができる。

[0041] なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、ガラス 30 が特許請求の範囲の「固定部」に対応する。

[0042] (第 2 実施形態)

本実施形態では、第 1 実施形態と異なる部分について説明する。図 6 の断面図に示されるように、金属軸 10 は、平坦面 12 に当該平坦面 12 の一部が凹んだ窪み 13 を有している。窪み 13 の平面サイズは金属フレーム 20 の一面 21 及び他面 22 と同じである。また、窪み 13 の深さは金属フレーム 20 の厚みと同じである。なお、窪み 13 は平坦面 12 の一部である。また、図 6 は図 1 の II-II 断面に対応する図である。

- [0043] そして、金属フレーム 20 は金属軸 10 の平坦面 12 の窪み 13 にはめ込まれている。さらに、金属フレーム 20 の側面 23 と窪み 13 の壁面 14 とが一体化するようにレーザ溶接されている。本実施形態では、金属フレーム 20 の他面 22 は窪み 13 の底面 15 に接触している。
- [0044] なお、金属フレーム 20 の他面 22 の外縁部 24 はレーザ溶接の際に多少溶けて金属軸 10 に接合されている場合もあるが、本実施形態では、金属フレーム 20 の側面 23 のみが窪み 13 の壁面 14 に一体化されている。また、窪み 13 の壁面 14 及び底面 15 は平坦面 12 の一部である。
- [0045] 次に、本実施形態に係るトルクセンサの製造方法について説明する。本実施形態では、金属軸 10 として、平坦面 12 に窪み 13 が形成されたものを用意する。上述のように金属フレーム 20 に歪検出素子 40 を固定した後、金属フレーム 20 を窪み 13 にはめ込む。この後、図 7 に示されるように、金属フレーム 20 の側面 23 と窪み 13 の壁面 14 とが一体化するように側面 23 を壁面 14 にレーザ光でレーザ溶接する。これにより、金属フレーム 20 の他面 22 と窪み 13 の底面 15 は接触しているだけとなる。この後の工程は第 1 実施形態と同じである。
- [0046] そして、発明者らは、金属フレーム 20 の側面 23 を金属軸 10 と一体化するだけで、金属フレーム 20 の他面 22 の全体が金属軸 10 に接合されていなくても金属軸 10 の歪を金属フレーム 20 に正確に伝えることができることを実験により確認した。
- [0047] 具体的には、図 8 (a) に示されるように平坦面 12 が形成された金属軸 10 を用意し、当該平坦面 12 に図示しない歪ゲージを設置して金属軸 10 の歪を測定した。また、図 8 (b) に示されるように金属軸 10 の平坦面 12 に形成された窪み 13 に金属フレーム 20 がはめ込まれ、当該金属フレーム 20 の側面 23 が窪み 13 の壁面 14 にレーザ溶接されたものを用意し、当該金属フレーム 20 の一面に図示しない歪ゲージを設置して金属軸 10 の歪を測定した。これらの歪の測定結果を図 9 に示す。
- [0048] 図 9 に示されるように、金属軸 10 の歪から算出されたトルクと金属フレ

ーム 20 の歪から算出されたトルクとがほぼ同じ値を示している。これは、金属フレーム 20 を介していることが歪の検出に影響しないことを明らかにしている。すなわち、金属軸 10 の平坦面 12 に窪み 13 を設け、窪み 13 の壁面 14 と金属フレーム 20 の側面 23 をレーザ溶接で一体化することで、より確実に金属軸 10 の歪を伝達することができる。

[0049] なお、本実施形態に係る実験結果は、第 1 実施形態のように金属フレーム 20 の他面 22 の外縁部 24 を一周するように平坦面 12 にレーザ溶接した形態においても同様である。

[0050] (第 3 実施形態)

本実施形態では、第 2 実施形態と異なる部分について説明する。図 10 に示されるように、金属軸 10 の平坦面 12、窪み 13、金属フレーム 20 の一面 21 及び他面 22 の平面形状がそれぞれ円形になっている。窪み 13、金属フレーム 20 の一面 21 及び他面 22 の円形の平面サイズはそれぞれ同じである。このように、それぞれの平面形状を円形とすることで、金属軸 10 に対する平坦面 12 や窪み 13、金属フレーム 20 を形成しやすくすることができる。このため、歪の検出精度を向上させることができる。

[0051] なお、第 1 実施形態のように金属軸 10 の平坦面 12 に窪み 13 を設けない構造においても、金属軸 10 の平坦面 12、金属フレーム 20 の一面 21 及び他面 22 の平面形状をそれぞれ円形にしても良い。

[0052] (第 4 実施形態)

本実施形態では、第 1 ～ 第 3 実施形態と異なる部分について説明する。図 11 及び図 12 に示されるように、トルクセンサは、金属軸 10 と、ボルト 70 と、ガラス 30 と、歪検出素子 40 と、プリント基板 50 と、を備えて構成されている。

[0053] 金属軸 10 は、平坦面 12 に当該平坦面 12 が凹んだ窪み 13 を有している。窪み 13 の底面 15 は、金属軸 10 の平坦面 12 における平面形状が円形になっている。また、窪み 13 の壁面 14 はネジ切り加工されている。すなわち、窪み 13 の壁面 14 にはボルト 70 を固定するための雌ネジが形成

されている。

[0054] ボルト70は、正六角柱の頭部71と、側面が雄ネジにネジ切り加工されたネジ部72と、で構成されたいわゆる六角ボルトである。頭部71は、ネジ部72側に凹んだ溝部73を有している。歪検出素子40はガラス30を介して溝部73の底部74に固定され、プリント基板50は接着剤を介して溝部73の底部74に固定されている。ボルト70が金属軸10に締結固定されると、溝部73の底部74は金属軸10の表面11よりも高い位置に配置される。

[0055] また、ボルト70は、歪検出素子40等を被覆保護するためのキャップ80を有している。キャップ80にはプリント基板50から配線を外部に取り出すための取り出し部81が設けられている。キャップ80は、溝部73に配置されると共にポッティング材82で覆われることでボルト70の頭部71に固定されている。

[0056] このような構成のボルト70は、ネジ部72が金属軸10の窪み13にネジ止めされることで金属軸10に締結固定される。例えば、窪み13の壁面14とネジ部72との間に嫌気性の接着剤等の埋込部材76を設けることにより、壁面14のネジ山とネジ部72のネジ山とが接触する接触面（フランク部）の滑りを防止することができる。また、歪の検出値のヒステリシスを低減することができる。

[0057] なお、ネジ部72のネジ山は細目のものを用いることが好ましい。これにより、金属軸10に設けられる窪み13の深さを小さくすることができる。もちろん、窪み13の壁面14のネジ山も細目に形成される。

[0058] さらに、金属軸10に対してボルト70をネジ止めにより締結固定するに際し、トルクにより金属軸10に発生した歪を歪検出素子40で検出するためには、歪検出素子40は歪ゲージ同様に金属軸10のねじれ方向に対して $\pm 45^\circ$ 方向に取り付けられる必要がある。このため、ボルト70の頭部71には切り欠き等により第1目印75が設けられている。第1目印75は、金属軸10に対して歪検出素子40の配置方向を指示する役割を果たすもの

である。同様に、金属軸 10 の平坦面 12 にも切り欠き等の第 2 目印 16 が設けられている。第 2 目印 16 は、第 1 目印 75 の位置を指示する役割を果たす。

[0059] 各目印 16、75 は切り欠きの他に、ボルト 70 の形状の一部分や金属軸 10 の形状の一部分を第 1 目印 16、75 として利用しても良い。したがって、ボルト 70 の第 1 目印 75 と金属軸 10 の第 2 目印 16 とを合致させることで、金属軸 10 に対する歪検出素子 40 の位置関係を確保しつつ、所定の締結力を得ることができる。

[0060] ここで、第 1 目印 75 は、ネジ部 72 の雄ネジの切り出し位置に対応して設けられている。例えば、第 1 目印 75 と雄ネジの切り始めの位置とが合うように、ボルト 70 に第 1 目印 75 が設けられている。同様に、金属軸 10 に設けられた第 2 目印 16 は窪み 13 の壁面 14 に形成された雌ネジの切り出し位置に対応して設けられている。例えば、第 2 目印 16 と雌ネジの切り始めの位置とが合うように、金属軸 10 に第 2 目印 16 が設けられている。ボルト 70 のネジ部 72 の雄ネジの切り始めの位置と第 1 目印 75 とを合わせるために、また、金属軸 10 の窪み 13 の雌ネジの切り始めの位置と第 2 目印 16 とを合わせるために、ネジ形状はプラネタリータップで形成されていることが好ましい。

[0061] 以上説明したように、歪検出素子 40 をボルト 70 に設置し、ボルト 70 を金属軸 10 に締結することにより、金属軸 10 で発生した歪による応力が窪み 13 の壁面 14 からボルト 70 のネジ部 72 及び頭部 71 に確実に伝わるようにすることができる。また、ボルト 70 を金属軸 10 に所定の締結力で締結するだけで良いので、ボルト 70 を介して歪検出素子 40 を容易に金属軸 10 に固定することができる。

[0062] (第 5 実施形態)

本実施形態では、第 4 実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、図 13 に示されるように、トルクセンサは、金属軸 10 とボルト 70 との間に設けられたワッシャ 90 を備えている。ワッシャ 90 はボルト 7

0の頭部71と金属軸10の平坦面12とに挟まれている。ワッシャ90は銅等の金属材料によって形成されたものである。なお、図13は図11のXII-XII断面に対応した断面図である。

[0063] このように、金属軸10とボルト70との間にワッシャ90を介することにより、第1目印16、75に基づいて金属軸10に対するボルト70の位置合わせをしたときに、所定の締結力でボルト70を金属軸10に締結することができる。すなわち、金属軸10に対するボルト70の締結力を精度良く管理することができる。特に、ボルト70毎に金属軸10に対する所定位置での締結力のばらつきが大きい場合は、ワッシャ90を介することで締結力のばらつきを抑えることができる。

[0064] (第6実施形態)

本実施形態では、第4、第5実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、図14に示されるように、ボルト70のネジ部72が当該ネジ部72の先端に向かって径が小さくなるようにテーパ形状になっている。これに伴い、金属軸10の平坦面12に設けられた窪み13の壁面14も窪み13の底部74に向かって径が小さくなるようにテーパ形状になっている。

[0065] このように、ボルト70のネジ部72及び窪み13の壁面14がテーパ形状になっているので、各ネジ山の接触面（フランク部）が拘束される。このため、ヒステリシスを低減することができる。

[0066] 具体的に、発明者らは、ボルト形状による歪伝達特性の違いとして、図12に示された平行ネジ形状のボルト70が金属軸10から受けるトルクと歪との関係、及び、図14に示されたテーパ形状のボルト70が金属軸10から受けるトルクと歪との関係をそれぞれ調べた。その結果を図15に示す。なお、図15には参考として金属軸10の平坦面12の歪も表している。

[0067] 図15に示されるように、平行ネジ形状のボルト70では、金属軸10がねじれた際にネジのフランク部で滑りが生じ、金属軸10から歪検出素子40に伝わる歪量にヒステリシスが発生している。一方、テーパ形状のボルト

70の場合はヒステリシスがほぼ発生していないので、正確なトルク測定が行うことができる。すなわち、ネジ部72をテーパ形状にすることで、フランク部が金属軸10の壁面14に拘束されるので、歪のヒステリシスを低減することができる。

[0068] また、第4実施形態で述べた嫌気性の接着剤等の埋込部材76をネジ部72に塗布してから金属軸10に締結することで、フランク部の滑りを防止し、ヒステリシスをさらに低減することができる。以上のように、ボルト70のネジ部72をテーパ形状にすることで、歪のヒステリシスを発生させることなく歪を精度良く測定することができる。

[0069] (第7実施形態)

本実施形態では、第4～第6実施形態と異なる部分について説明する。第4～第6実施形態では、ボルト70の頭部71に設けられた溝部73の底部74の高さは金属軸10の表面11よりも高い位置に配置されていたが、これは一例である。例えば、金属軸10の表面11と溝部73の底部74とが同じ高さになるようにボルト70を金属軸10に取り付けても良い。一方、金属軸10の中心軸から表面11までの距離（つまり金属軸10の径）を r と定義すると、金属軸10の中心軸からボルト70の溝部73の底部74までの高さは、 $0.5r$ 以上、 $0.9r$ 以下となるように、ボルト70が金属軸10に締結固定されていても良い。

[0070] 具体的には、図16に示されるように、 $\phi 55$ の金属軸10に対し、中心軸から例えば24.5mmの位置に平坦面12を設定し、この平坦面12から $\phi 20$ の底部74（設置面）を0、 ± 5 mm、 ± 10 mmに設けた場合の設置面中心の歪み量を調べた。その結果、図17に示されるように、半径 r が0.5から0.9の範囲で歪み量が大きくなることがわかった。この結果から上述のように $0.5r$ 以上、 $0.9r$ 以下とすることが好ましいと言える。これにより、トルクによる金属軸10の歪量が良くなるので、歪の検出精度を向上させることができる。なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、底部74が特許請求の範囲の「設置面」に

対応する。

[0071] (第8実施形態)

本実施形態では、第1～第7実施形態と異なる部分について説明する。図18に示されるように、本実施形態では、トルクセンサは、金属フレーム100と、ボルト110と、歪検出素子40と、ガラス30と、を備えて構成されている。

[0072] 図19に示されるように、金属フレーム100は、一面101と、当該一面101の反対側の他面102と、一面101及び他面102に接する側面103と、を有する板状をなしている。側面103は、一面101から他面102に向かって当該他面102のサイズが小さくなるようにテーパ状に形成されている。

[0073] 図20に示されるように、金属フレーム100の一面101の平面形状は円形になっている。つまり、金属フレーム100は円板状になっている。また、金属フレーム100は、側面103に形成された回り止め部104を有している。回り止め部104は、側面103の一部が金属フレーム100の径方向に突出した部分である。本実施形態では、回り止め部104は、2カ所設けられている。

[0074] 回り止め部104は、ボルト110の中心軸を中心とした当該金属フレーム100の回転を禁止する役割を果たす。また、回り止め部104は、歪検出素子40を金属軸10のねじれ方向に対して $\pm 45^\circ$ 方向に位置させるための位置合わせ手段としての役割を果たす。

[0075] 図21に示されるように、金属フレーム100を一面101に垂直な方向に断面を取ったときの側面103のうちの一方の面及び他方の面にそれぞれ平行な直線によって形成される角度をテーパ角度と定義する。そして、側面103は、テーパ角度が 5° 以上 55° 以下、すなわち $30^\circ \pm 25^\circ$ となるようにテーパ状に形成されている。具体的に、本実施形態では、テーパ角度が 45° になるように側面103が形成されている。

[0076] テーパ角度の下限値を 5° としているのは、テーパ角度が小さ過ぎると金

属フレーム１００が凹部１７に取り付けられた後に金属軸１０の径方向に対する金属フレーム１００の位置が決まらないためである。一方、テーパ角度の上限値を 55° としているのは、テーパ角度が大き過ぎると側面１０３に滑りが生じて金属軸１０から金属フレーム１００に歪が伝わり難くなったり歪のヒステリシスが大きくなるからである。

[0077] ボルト１１０は、金属軸１０の窪み１３にネジ止めされることで金属フレーム１００を金属軸１０に固定する締結手段である。図１９に示されるように、ボルト１１０は、中空部１１１を有する中空円筒状であり、中心軸の軸方向に貫通している。また、ボルト１１０は、外壁面１１２に雄ネジが形成されている。ボルト１１０は、いわゆる六角ボルトである。

[0078] 一方、図２２に示されるように、金属軸１０は、上述の窪み１３と、当該窪み１３の底面１５の一部が凹んだ凹部１７と、を有している。凹部１７は、金属フレーム１００の回り止め部１０４が配置される引っ掛かり部１８を有している。

[0079] また、図２３に示されるように、凹部１７は、窪み１３の底面１５の面方向における当該凹部１７のサイズが当該凹部１７の深さ方向に向かって小さくなるようにテーパ状に形成されたテーパ面１７ａを有している。テーパ面１７ａは、金属フレーム１００の側面１０３と同じテーパ角度となるように形成されている。これにより、凹部１７のテーパ面１７ａと金属フレーム１００の側面１０３とに隙間が発生しないようになっている。

[0080] そして、金属フレーム１００は、側面１０３が凹部１７のテーパ面１７ａに接触すると共に、回り止め部１０４が凹部１７の引っ掛かり部１８に位置するように凹部１７に嵌め込まれている。金属フレーム１００の他面１０２は凹部１７の底部には接触していない。さらに、ボルト１１０が窪み１３にネジ止めされている。これにより、金属フレーム１００が金属軸１０側に押し込まれると共に金属軸１０に固定されている。言い換えると、トルクセンサは金属軸１０に対して脱着可能な構造となっている。

[0081] ここで、金属フレーム１００の回り止め部１０４は、当該金属フレーム１

00が凹部17に嵌め込まれた状態で凹部17の引っ掛かり部18に引っ掛かる。すなわち、金属フレーム100の回り止め部104と金属軸10の凹部17の引っ掛かり部18とが互いに引っ掛かるので、金属フレーム100の回転が禁止される。これにより、ボルト110の締め付け時に金属フレーム100がボルト110と共に回転してしまうことを防止することができる。また、凹部17に対する金属フレーム100の位置を固定することができる。

[0082] 歪検出素子40は、図18及び図19に示されるように、金属フレーム100の一面101のうちボルト110の中空部111に対応する部分にガラス30を介して固定されている。また、金属フレーム100は回り止め部104によって金属軸10に対して回転が禁止されているので、歪検出素子40は金属軸10に対して所定の位置に固定されている。これにより、歪検出素子40は、適切に金属軸10の歪を検出することができる。

[0083] 発明者らは、金属軸10に対するボルト110の締め付けトルクを例えば30Nmとしたとき、金属フレーム100が金属軸10から受けるトルクと歪との関係を調べた。その結果を図24に示す。図24に示されるように、金属軸10から歪検出素子40に伝わる歪量にヒステリシスはほぼ発生していないので、正確なトルク測定を行うことができる。すなわち、歪検出素子40が固定された金属フレーム100と、この金属フレーム100を金属軸10に固定するボルト110と、が分離された構成になっていても、金属フレーム100を介して歪検出素子40に確実に歪みを伝達させることができる。したがって、金属軸10の正確な歪を検出することができる。

[0084] なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、金属フレーム100及びボルト110が特許請求の範囲の「台座部」に対応する。

[0085] (第9実施形態)

本実施形態では、第8実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、図25(a)と図25(b)に示されるように、回り止め部104

は、金属フレーム１００の外縁部の一部が当該金属フレーム１００の中心軸側に窪んだノッチとして構成されている。なお、図２５（ａ）と図２５（ｂ）では、上段に金属フレーム１００の平面図を示し、下段に金属フレーム１００の側面図を示している。以下の図２６（ａ）～図２８（ｂ）についても同様である。

[0086] 一方、金属軸１０の引っ掛かり部１８は、凹部１７に設けられた図示しないノックピンとして構成されている。これにより、金属フレーム１００が凹部１７に嵌め込まれると、金属フレーム１００の回り止め部１０４にノックピンが差し込まれるので、回り止め部１０４とノックピンとが互いに引っ掛かる。したがって、金属フレーム１００の回転を禁止することができる。

[0087] （第１０実施形態）

本実施形態では、第８、第９実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、図２６（ａ）と図２６（ｂ）に示されるように、金属フレーム１００は、一面１０１が四角形状に形成されている。この場合、金属フレーム１００の４つの角部が回り止め部１０４となる。したがって、金属軸１０の凹部１７も四角形状に形成されていると共に、凹部１７の角部が引っ掛かり部１８となる。以上の構成により、金属フレーム１００の角部が凹部１７の角部に引っ掛かることで、金属フレーム１００の回転を禁止することができる。

[0088] （第１１実施形態）

本実施形態では、第８～第１０実施形態と異なる部分について説明する。本実施形態では、図２７（ａ）と図２７（ｂ）に示されるように、金属フレーム１００は外縁部のうちの２カ所が直線状に切り落とされた形状になっている。これにより、金属フレーム１００の一面１０１のうちの直線部が回り止め部１０４となる。

[0089] 一方、金属軸１０の凹部１７は金属フレーム１００の一面１０１と同じ平面形状で形成されている。これにより、金属フレーム１００の直線部が凹部１７の直線部に引っ掛かることで、金属フレーム１００の回転を禁止するこ

とができる。

[0090] (第12実施形態)

本実施形態では、第8～第10実施形態と異なる部分について説明する。
本実施形態では、図28(a)と図28(b)に示されるように、金属フレーム100の他面102の一部が円柱状に突出している。この突出部分が回り止め部104となる。一方、金属軸10の凹部17は、底部に引っ掛かり部18として回り止め部104が差し込まれる図示しない穴を有している。

[0091] したがって、金属フレーム100が凹部17に嵌め込まれると、回り止め部104である突出部分が凹部17の穴に差し込まれる。これにより、金属フレーム100の回転を禁止することができる。

[0092] (第13実施形態)

本実施形態では、第8～第12実施形態と異なる部分について説明する。
図29に示されるように、金属フレーム100は、筒部105と、キャップ106と、取り出し部107と、ポッティング材108と、を有している。

[0093] 筒部105は中空筒状であると共に、一端部105aが一面101に固定された部品である。筒部105の中空部分に歪検出素子40が配置されている。また、キャップ106は、筒部105の中空部分に配置されると共に歪検出素子40を覆う傘状の部品である。言い換えると、キャップ106は、筒部105の中空部分に歪検出素子40を収容するための蓋部品であると言える。

[0094] 取り出し部107はキャップ106に設けられていると共に、プリント基板50から配線を外部に取り出すための部品である。すなわち、取り出し部107は、歪検出素子40の検出信号を外部に取り出すためのコネクタとして形成されている。また、ポッティング材108は、筒部105の中空部分に配置されると共にキャップ106を覆うことで当該キャップ106を金属フレーム100に固定する部品である。

[0095] 一方、ボルト110は、中空部111に金属フレーム100の筒部105が差し込まれている。また、ボルト110は、筒部105のうちの一端部1

０５ a とは反対側の他端部 １０５ b がボルト １１０ に引っ掛けられることで金属フレーム １００ に一体化されている。筒部 １０５ の他端部 １０５ b は、例えばボルト １１０ にかしめられている。

[0096] これにより、トルクセンサが部品毎にばらばらにならずに １ 個にまとまった状態となるので、トルクセンサの輸送を容易にすることができる。また、トルクセンサを測定対象である金属軸 １０ の窪み １３ にネジ止めして取り出し部 １０７ に配線コネクタを接続するだけで良いので、組み付け作業性を向上させることができる。

[0097] さらに、ボルト １１０ は、金属フレーム １００ の一面 １０１ のうちテーパ面 １７ a に対応した部分を金属軸 １０ 側に押し込むリング状の端面 １１３ を有している。したがって、ボルト １１０ は、当該リング状の端面 １１３ によって金属フレーム １００ の一面 １０１ のうちテーパ面 １７ a に対応した部分を重点的に金属軸 １０ に押さえ付ける。これにより、金属フレーム １００ の変形を抑制することができる。また、金属フレーム １００ の変形が抑制されるので、金属フレーム １００ からの歪検出素子 ４０ の剥離を防止することができると共に、金属軸 １０ から金属フレーム １００ に確実に歪を伝達させることができる。

[0098] 以上のように、金属フレーム １００ に筒部 １０５ を設けることで、金属フレーム １００ とボルト １１０ とを予め一体化させた構造を実現することができる。

[0099] （第 １４ 実施形態）

本実施形態では、上記各実施形態と異なる部分について説明する。図 ３０ 及び図 ３１ に示されるように、金属軸 １０ は、一端 １０ a と、この一端 １０ a の端面の一部が当該金属軸 １０ の中心軸に沿って凹んだ穴部 １９ と、を有している。穴部 １９ は金属軸 １０ の中心軸上に設けられている。また、穴部 １９ は金属軸 １０ の中心軸に垂直な方向の平面形状が円形になっている。

[0100] 本実施形態に係る金属軸 １０ は、自動車のエンジンの一部を構成するクランクシャフトとして構成されている。すなわち、金属軸 １０ の一端 １０ a は

、クランクシャフトのうち自動車のリア側に対応している。また、穴部１９は、クランクシャフトのリア側端面に設けられたセンタ穴に対応している。

[0101] そして、図３０に示されるように、穴部１９は当該穴部１９のうち金属軸１０の中心軸に平行な内壁面１９ａにおいて、当該内壁面１９ａの一部が金属軸１０の外径側に凹んだ凹部１９ｂを有している。凹部１９ｂは、当該凹部１９ｂのサイズが当該凹部１９ｂの深さ方向に向かって小さくなるようにテーパ状に形成された一对のテーパ面１９ｃを有している。このような凹部１９ｂは、金属フレーム１００が嵌め込まれる部分である。なお、凹部１９ｂは穴部１９の内壁面１９ａの一部である。

[0102] 図３０～図３２（ｂ）に示されるように、本実施形態に係るトルクセンサは、金属フレーム１００と、ガラス３０と、歪検出素子４０と、プリント基板５２と、第１ブロック１２０と、第２ブロック１３０と、ボルト１４０と、を備えて構成されている。なお、図３０及び図３１ではガラス３０や歪検出素子４０等を省略している。

[0103] 図３２（ａ）と図３２（ｂ）の上段に示されるように、金属フレーム１００は、一面１０１が四角形状に形成されている。また、図３２（ａ）と図３２（ｂ）の下段に示されるように、金属フレーム１００は、一面１０１から他面１０２に向かって当該他面１０２のサイズが小さくなるようにテーパ状に形成された一对の側面１０３を有している。なお、これら一对の側面１０３に隣接する他の一对の側面はテーパ状に形成されていても良いし、テーパ状に形成されていなくても良い。

[0104] そして、図３０に示されるように、金属フレーム１００は、金属軸１０の穴部１９の内壁面１９ａに接触するように穴部１９に配置されている。具体的には、金属フレーム１００は、他面１０２の少なくとも一部すなわち一对の側面１０３が穴部１９の凹部１９ｂに設けられた一对のテーパ面１９ｃに接触するように凹部１９ｂに嵌め込まれている。

[0105] 図３２（ａ）と図３２（ｂ）の上段に示されるように、プリント基板５２は、金属フレーム１００の一面１０１に接着剤で固定されている。また、プ

プリント基板 52 は歪検出素子 40 を外部と電氣的に接続するための配線パターン 53 と、歪検出素子 40 が配置される溝 54 と、を有している。そして、歪検出素子 40 は、プリント基板 52 の溝 54 に配置されたガラス 30 を介して金属フレーム 100 の一面 101 に固定されている。

[0106] 図 30 に示されるように、第 1 ブロック 120 は半筒状の部品であり、金属軸 10 の穴部 19 に配置されている。第 1 ブロック 120 は、金属軸 10 の中心軸に垂直な方向の断面がコの字状になっている。すなわち、第 1 ブロック 120 は、当該第 1 ブロック 120 を構成する板部分から突出した一对の突起部 121 を有している。また、第 1 ブロック 120 のうち一对の突起部 121 の間には空間 122 が構成されている。歪検出素子 40 は、この空間 122 に收容されている。また、この空間 122 を介して配線パターン 53 が外部機器と電氣的に接続される。

[0107] 図 31 に示されるように、第 1 ブロック 120 は、当該第 1 ブロック 120 のうち一对の突起部 121 とは反対側に設けられた第 1 傾斜面 123 を有している。第 1 傾斜面 123 はテーパ面になっており、第 1 傾斜面 123 のうち金属軸 10 の穴部 19 の開口部 19d 側が穴部 19 の底部 19e 側よりも内壁面 19a 側に位置するように傾いている。

[0108] このような第 1 ブロック 120 は、一对の突起部 121 が金属フレーム 100 の一面 101 に接触することで金属フレーム 100 を穴部 19 の内壁面 19a に押さえ付ける役割を果たす。なお、一对の突起部 121 は金属フレーム 100 の一面 101 のうちテーパ状の一对の側面 103 に対応する部分を押さえ付けることが好ましい。

[0109] 第 2 ブロック 130 は、金属軸 10 の穴部 19 に配置されていると共に、第 1 ブロック 120 を金属フレーム 100 側に押し込むための部品である。第 2 ブロック 130 は、ネジ穴 131 と、第 2 傾斜面 132 と、を有している。

[0110] ネジ穴 131 は、第 2 ブロック 130 の一部が金属軸 10 の中心軸に沿って貫通した貫通孔である。このネジ穴 131 にボルト 140 が差し込まれて

いる。

[0111] 第2傾斜面132は、第2ブロック130のうち第1ブロック120に接触する部分に設けられている。第2傾斜面132はテーパ面になっており、第1傾斜面123と同様に、第2傾斜面132のうち穴部19の開口部19d側が穴部19の底部19e側よりも内壁面19a側に位置するように傾いている。そして、第2ブロック130は、第2傾斜面132が第1ブロック120の第1傾斜面123に接触するように穴部19に配置されている。

[0112] なお、本実施形態では、第2ブロック130は、第2ブロックのうち第1ブロック120とは反対側の部分が穴部19の内壁面19aに接するような半円柱状の形状になっている。

[0113] ボルト140は、第2ブロック130のネジ穴131に挿入されると共に、穴部19の底部19eにネジ止めされる締結手段である。ボルト140は、先端部分にネジ部が設けられた六角ボルトである。

[0114] 上記の第1ブロック120、第2ブロック130、及びボルト140は、金属フレーム100を穴部19の内壁面19aに押し込む押し込み手段として機能する。具体的には、ボルト140が締め付けられることで第2ブロック130が穴部19の底部19e側に移動する。これにより、第2ブロック130の第2傾斜面132が第1傾斜面123を滑るので、第2傾斜面132が第1傾斜面123を金属フレーム100側に面で押し込む。したがって、第2ブロック130が第1ブロック120を介して金属フレーム100を金属軸10の穴部19に固定する。ボルト140をネジ締めするだけで良いので、金属フレーム100の組み付け性作業が容易となる。以上の構成により、歪検出素子40は、金属フレーム100を介して金属軸10の歪を検出することができる。

[0115] 発明者らは、例えばM4のボルト140を用いて4Nmの締め付けトルクで第2ブロック130を締め付けたとき、金属フレーム100が金属軸10から受けるトルクと歪との関係を調べた。その結果を図33に示す。図33に示されるように、歪検出素子40によって検出された歪量にヒステリシス

はほぼ発生しなかった。したがって、本実施形態のように、金属軸 10 の穴部 19 に金属フレーム 100 を固定した場合でも金属軸 10 の正確なトルク測定を行うことができる。

[0116] また、上記のように自動車用のクランクシャフトである金属軸 10 の穴部 19 にトルクセンサを搭載することで、クランクシャフトの表面にトルクセンサの搭載スペースを確保することが難しい状況においても歪を検出することができる。すなわち、クランクシャフトのセンタ穴のスペースを有効利用することができる。

[0117] なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、第 1 ブロック 120、第 2 ブロック 130、及びボルト 140 が特許請求の範囲の「押し込み手段」に対応する。

[0118] (第 15 実施形態)

本実施形態では、第 14 実施形態と異なる部分について説明する。図 34 及び図 35 に示されるように、本実施形態に係るトルクセンサは、金属フレーム 100 と、ガラス 30 と、歪検出素子 40 と、プリント基板 52 と、第 1 ブロック 120 と、ボルト 150 と、を備えて構成されている。

[0119] なお、金属軸 10、金属フレーム 100、ガラス 30、歪検出素子 40、及びプリント基板 52 の構造は第 14 実施形態と同じである。また、図 34 及び図 35 ではガラス 30 や歪検出素子 40 等を省略している。

[0120] そして、図 35 に示されるように、第 1 ブロック 120 はネジ穴 124 を有している。ネジ穴 124 は、第 1 ブロック 120 のうち一对の突起部 121 とは反対側に設けられている。なお、図 35 ではネジ穴 124 は第 1 ブロック 120 を貫通しているが、ネジ穴 124 は第 1 ブロック 120 を貫通していなくても良い。

[0121] ボルト 150 は、穴部 19 において第 1 ブロック 120 と内壁面 19a との間に配置されると共に、第 1 ブロック 120 のネジ穴 124 にネジ止めされる締結手段である。ボルト 150 の長手方向は、金属軸 10 の中心軸に垂直な方向に向いている。そして、ボルト 150 の頭部は、穴部 19 の内壁面

19aに接触している。また、ボルト150の締め付け時にボルト150の頭部が内壁面19aに引っ掛からないようにするために、ボルト150の頭部は球面になっていることが好ましい。これにより、ボルト150の頭部が内壁面19aを滑りやすくなる。

[0122] 本実施形態では、上記の第1ブロック120及びボルト150が金属フレーム100を穴部19の内壁面19aに押し込む押し込み手段として機能する。具体的には、ボルト150が第1ブロック120に締め付けられることで、第1ブロック120が穴部19の底部19e側に移動する。これに伴って第1ブロック120の一对の突起部121が金属フレーム100を金属軸10側に押し込む。ボルト150をネジ締めするだけで良いので、金属フレーム100の組み付け性作業が容易となる。以上のように、金属フレーム100を金属軸10に固定することができる。

[0123] なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、第1ブロック120及びボルト150が特許請求の範囲の「押し込み手段」に対応する。

[0124] (他の実施形態)

上記各実施形態で示されたトルクセンサの構成は一例であり、上記で示した構成に限定されることなく、本開示を実現できる他の構成とすることもできる。例えば、トルクセンサは車両に用いられるものであったが、これは利用形態の一例であり、もちろん車両以外にも用いられる。

[0125] また、図3及び図4に示されたSAW方式の歪検出素子40の構成は一例であり、他の構成としても良い。さらに、金属フレーム20に設けられたプリント基板50の配置やボンディングワイヤ60を設ける構成も一例であり、歪検出素子40の信号を外部に取り出す手段は適宜設定すれば良い。

[0126] 上記各実施形態では、金属フレーム20が金属軸10にレーザ溶接されているが、これは金属フレーム20を金属軸10に接合固定するための一つの手段である。したがって、レーザ溶接以外の他の手段によって金属フレーム20が金属軸10に接合固定されていても良い。

- [0127] 第1実施形態では、金属フレーム20の他面22の外縁部24が一周するように金属軸10にレーザ溶接されているが、これは接合方法の一例である。例えば、金属フレーム20の他面22の全体が金属軸10の平坦面12に接合されていても良い。第2、第3実施形態では、金属フレーム20の側面23及び他面22の全体が窪み13の壁面14及び底面15に接合されていても良い。また、金属フレーム20の側面23の全体と他面22の外縁部24が窪み13に接合されている形態でも構わない。
- [0128] 第2実施形態では、金属軸10の平坦面12の窪み13の深さと金属フレーム20の厚みとが同じであったが、これは形状の一例である。したがって、窪み13の深さが金属フレーム20の厚みよりも深くても良いし、逆に、金属フレーム20の厚みが窪み13の深さよりも厚くても良い。
- [0129] また、窪み13にはめ込まれた金属フレーム20は、当該金属フレーム20の他面22が窪み13の底面15に接触している必要はない。すなわち、金属フレーム20の他面22が窪み13の底面15と離間していても良い。そして、少なくとも当該金属フレーム20の側面23が窪み13の壁面14に一体化されていれば良い。
- [0130] 第3実施形態では、平坦面12、窪み13、金属フレーム20の全ての平面形状が円形であったが、平坦面12の平面形状は四角形状であって、金属フレーム20の一面21及び他面22の平面形状が円形でも良い。同様に、平坦面12の平面形状は四角形状であって、窪み13と金属フレーム20の一面21及び他面22の平面形状が円形でも良い。逆に、金属フレーム20や窪み13の平面形状が四角形状であって、金属軸10の平坦面12の平面形状が円形でも良い。もちろん、平面形状は四角形や円形だけでなく、多角形でも良い。このように、平面形状は適宜選択できる。
- [0131] 第4～第7実施形態では、ボルト70の頭部71に溝部73が設けられたものについて説明したが、これはボルト70の形態の一例であり、頭部71に溝部73が設けられていなくても良い。例えば、頭部71の表面に歪検出素子40をガラス30で固定されていても良い。

- [0132] 第4～第7実施形態では、ボルト70のネジ部72と金属軸10との間に埋め込む埋込部材76として嫌気性の接着剤が用いられていたが、これは埋込部材76の一例である。したがって、ネジとネジとの間の隙間を埋めるものであれば接着剤に限らず他の部材が用いられても良い。また、ボルト70のネジ山と金属軸10のネジ山とが滑りにくい場合には埋込部材76を設けなくても良い。
- [0133] 第4実施形態で示された各目印16、75は、第5～第7実施形態の金属軸10及びボルト70に適用しても良い。各目印16、75が設けられていなくても歪検出素子40の位置合わせが可能な場合には各目印16、75は不要である。また、第5実施形態で示されたワッシャ90は、第6、第7実施形態に係るボルト70に適用しても良い。
- [0134] 第4～第7実施形態では、トルクセンサに金属軸10が含まれていたが、これはトルクセンサの構成の一例である。すなわち、第4～第7実施形態では、トルクセンサは、ボルト70と、ガラス30と、歪検出素子40と、プリント基板50と、を備えた構成でも良い。
- [0135] 第8～第13実施形態では、金属フレーム100の回転を禁止するために金属フレーム100に回り止め部104が設けられていたが、これらは回り止め部104の一例である。また、金属フレーム100が金属軸10に対して回転しない場合には金属フレーム100に回り止め部104を設けなくても良い。
- [0136] 第8～第13実施形態では、ボルト110は六角ボルトとして構成されていたが、これはボルト110の形状の一例である。したがって、金属軸10に対してネジ締めすることができる形状であれば他の形状でも良い。
- [0137] 第4～第13実施形態では、ボルト70や金属フレーム100にガラス30を介して歪検出素子40を固定していたが、ガラス30は固定手段の一例である。第4～第13実施形態では、ボルト70や金属フレーム100は第1実施形態のように金属軸10への固定について熱の影響を受けない。したがって、歪検出素子40はボルト70や金属フレーム100に対して接着剤

によって固定されていても良い。第14、第15実施形態についても同様に、歪検出素子40は金属フレーム100に対して接着剤によって固定されていても良い。なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、接着剤が特許請求の範囲の「固定部」に対応する。

[0138] 第4～第13実施形態では、平坦面12が設けられた金属軸10に対してボルト70や金属フレーム100が固定されていたが、平坦面12が設けられていない金属軸10に対してボルト70や金属フレーム100が固定されていても良い。例えば、金属軸10の表面11に窪み13が形成されており、この窪み13にボルト70が直接締結されていても良い。同様に、窪み13に設けられた凹部17に金属フレーム100が嵌め込まれると共にボルト110が窪み13に直接締結されていても良い。

[0139] 第13実施形態では、ボルト110の端面113が金属フレーム100のテーパ面17aに対応するようにリング状に形成されていたが、これは端面113の形状の一例である。例えば、端面113は、金属フレーム100のテーパ面17aに対応する部分を含むように形成されていても良い。また、第13実施形態で示されたボルト110の端面113を第8～第12実施形態に適用しても良い。

[0140] 第14、第15実施形態では、金属フレーム100の一面101は四角形状であったが、これは平面形状の一例であり、上述のように円形等の形状でも良い。この場合、穴部19の凹部19bは金属フレーム100の平面形状に応じて形成されることとなる。また、第1ブロック120は2つの突起部121を有する構成であればコの字状ではなく他の形状でも良い。さらに、金属軸10は自動車のクランクシャフトに限られず、他のシャフトでも良い。

[0141] 第14実施形態では、第2ブロック130は当該第2ブロック130のうち第1ブロック120とは反対側が穴部19の内壁面19aに接する形状になっているが、これは第2ブロック130の形状の一例である。したがって、第2ブロック130は第2傾斜面132を有する形状であれば他の形状でも

良い。

[0142] 第15実施形態では、ボルト150の頭部が穴部19の内壁面19aに接触する押し込み構造となっていたが、例えばボルト150のうち第1ブロック120とは反対側に第3ブロックを設けても良い。この場合、ボルト150は両端がネジ部になっており、第1ブロック120と第3ブロックとにネジ止めされている。そして、ボルト150がネジ締めされることで、第1ブロック120が金属フレーム100側に移動すると共に第3ブロックが穴部19の内壁面19aに押さえ付けられる。これにより、ボルト150のうち第1ブロック120とは反対側を第3ブロックによって安定させることができる。

[0143] なお、第1～第15実施形態では、歪検出素子40の検出方式として発振周波数法を用いているが、位相差法を用いる場合においても同様の効果を得ることができる。

[0144] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 歪の測定対象である棒状の金属軸（１０）に固定された台座部（２０、７０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０）と、
 前記台座部（２０、７０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０）に配置されていると共に、前記台座部（２０、７０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０）を介して前記金属軸（１０）の歪を検出するＳＡＷ方式の歪検出素子（４０）と、
 前記台座部（２０、７０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０）と前記歪検出素子（４０）との間に配置されると共に、
 前記歪検出素子（４０）を前記台座部（２０、７０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０）に固定する固定部（３０）と、
 を備えているトルクセンサ。
- [請求項2] 前記金属軸（１０）は、一端（１０ａ）と、前記一端（１０ａ）の一部が当該金属軸（１０）の中心軸に沿って凹んだ穴部（１９）と、
 を有し、
 前記台座部は、
 一面（１０１）と当該一面（１０１）の反対側の他面（１０２）とを有すると共に、前記他面（１０２）の少なくとも一部が前記穴部（１９）のうち前記中心軸に平行な内壁面（１９ａ）に接触するように前記穴部（１９）に配置された板状の金属フレーム（１００）と、
 前記穴部（１９）に配置されると共に、前記金属フレーム（１００）を前記穴部（１９）の内壁面（１９ａ）に押し込む押し込み手段（１２０、１３０、１４０、１５０）と、
 を有して構成されており、
 前記歪検出素子（４０）は、前記金属フレーム（１００）の一面（１０１）に前記固定部（３０）を介して固定されていると共に、前記金属フレーム（１００）を介して前記金属軸（１０）の歪を検出する請求項１に記載のトルクセンサ。

[請求項3] 前記穴部（１９）は、前記内壁面（１９ａ）において、当該内壁面（１９ａ）の一部が凹んでいると共に前記金属フレーム（１００）が嵌め込まれる凹部（１９ｂ）を有し、

前記凹部（１９ｂ）は、当該凹部（１９ｂ）のサイズが当該凹部（１９ｂ）の深さ方向に向かって小さくなるようにテーパ状に形成された一对のテーパ面（１９ｃ）を有しており、

前記金属フレーム（１００）は、前記一面（１０１）及び前記他面（１０２）に接すると共に前記一面（１０１）から前記他面（１０２）に向かって当該他面（１０２）のサイズが小さくなるようにテーパ状に形成された一对の側面（１０３）を有すると共に、当該一对の側面（１０３）が前記一对のテーパ面（１９ｃ）に接触するように前記凹部（１９ｂ）に嵌め込まれている請求項２に記載のトルクセンサ。

[請求項4] 前記押し込み手段は、一对の突起部（１２１）が設けられていると共に、前記一对の突起部（１２１）が前記金属フレーム（１００）の一面（１０１）に接触することで前記金属フレーム（１００）を前記穴部（１９）の内壁面（１９ａ）に押さえ付ける第１ブロック（１２０）を有し、

前記歪検出素子（４０）は、前記第１ブロック（１２０）のうち前記一对の突起部（１２１）の間に設けられた空間（１２２）に收容されている請求項２または３に記載のトルクセンサ。

[請求項5] 前記第１ブロック（１２０）は、当該第１ブロック（１２０）のうち前記一对の突起部（１２１）とは反対側に設けられた第１傾斜面（１２３）を有し、

前記第１傾斜面（１２３）は、前記穴部（１９）の開口部側が前記穴部（１９）の底部側よりも前記内壁面側に位置するように傾いたテーパ状になっており、

前記押し込み手段は、

前記穴部（１９）の開口部側が前記穴部（１９）の底部側よりも前

記内壁面側に位置するように傾いたテーパ状の第2傾斜面（132）と、前記金属軸（10）の中心軸に沿って貫通したネジ穴（131）と、を有すると共に、当該第2傾斜面（132）が前記第1傾斜面（123）に接触するように前記穴部（19）に配置される第2ブロック（130）と、

前記第2ブロック（130）のネジ穴（131）に挿入されると共に、前記穴部（19）の底部（19e）にネジ止めされることに伴って前記第2ブロック（130）の第2傾斜面（132）を前記第1傾斜面（123）に滑らせることによって前記第1ブロック（120）を前記金属フレーム側に押し込むボルト（140）と、

を有している請求項4に記載のトルクセンサ。

[請求項6] 前記第1ブロック（120）は、当該第1ブロック（120）のうち前記一对の突起部（121）とは反対側に設けられたネジ穴（124）を有し、

前記押し込み手段は、前記穴部（19）において前記第1ブロック（120）と前記内壁面（19a）とは対向する他の内壁面との間に配置されると共に、前記第1ブロック（120）のネジ穴（124）にネジ止めされることに伴って前記第1ブロック（120）を前記金属フレーム側に押し込むボルト（150）を有している請求項4に記載のトルクセンサ。

[請求項7] 前記金属軸（10）は、自動車のエンジンの一部を構成するクランクシャフトであり、

前記穴部（19）は、前記クランクシャフトのうち前記自動車のリア側に位置する前記一端（10a）に設けられている請求項2ないし6のいずれか1つに記載のトルクセンサ。

[請求項8] 前記金属軸（10）は、外表面（11）に設けられた平坦面（12）と、当該平坦面（12）の一部が凹んでいると共に壁面（14）に雌ネジが形成された窪み（13）と、前記窪み（13）の底面（15

）の一部が凹んだ凹部（１７）と、を有し、

前記凹部（１７）は、前記窪み（１３）の底面（１５）に平行な当該凹部（１７）の面積が当該凹部（１７）の深さ方向に向かって小さくなるようにテーパ状に形成されたテーパ面（１７ａ）を有しており、

前記台座部は、

一面（１０１）と、当該一面（１０１）の反対側の他面（１０２）と、前記一面（１０１）及び前記他面（１０２）に接すると共に前記一面（１０１）から前記他面（１０２）に向かって前記台座部のサイズが小さくなるようにテーパ状に形成された側面（１０３）と、を有する板状をなしており、前記側面（１０３）が前記凹部（１７）のテーパ面（１７ａ）に接触するように前記凹部（１７）に嵌め込まれた金属フレーム（１００）と、

中空部（１１１）を有する中空円筒状であると共に、外壁面（１１２）に雄ネジが形成されており、前記窪み（１３）にネジ止めされることで前記金属フレーム（１００）を前記金属軸（１０）に固定するボルト（１１０）と、

を有しており、

前記歪検出素子（４０）は、前記金属フレーム（１００）の一面（１０１）のうち前記中空部（１１１）に対応する部分に前記固定部（３０）を介して固定されていると共に、前記金属フレーム（１００）を介して前記金属軸（１０）の歪を検出する請求項１に記載のトルクセンサ。

[請求項９]

前記金属フレーム（１００）は、前記凹部（１７）に嵌め込まれた状態で当該凹部（１７）に設けられた引っ掛かり部（１８）に引っ掛かると共に、前記ボルト（１１０）の中心軸を中心とした当該金属フレーム（１００）の回転を禁止する回り止め部（１０４）を有している請求項８に記載のトルクセンサ。

[請求項10] 前記金属フレーム（100）を前記一面（101）に垂直な方向に断面を取ったときの前記側面（103）のうちの一方の面及び他方の面にそれぞれ平行な直線によって形成される角度をテーパ角度と定義すると、

前記テーパ角度が 5° 以上 55° 以下となる請求項8または9に記載のトルクセンサ。

[請求項11] 前記金属フレーム（100）は、中空筒状であると共に一端部（105a）が前記一面（101）に固定された筒部（105）と、前記筒部（105）の中空部分に配置されると共に前記歪検出素子（40）を覆う傘状のキャップ（106）と、前記キャップ（106）に設けられていると共に前記歪検出素子（40）の検出信号を外部に取り出すための取り出し部（107）と、前記筒部（105）の中空部分に配置されると共に前記キャップ（106）を覆うことで当該キャップ（106）を前記金属フレーム（100）に固定するポッティング材（108）と、を有し、

前記ボルト（110）は、前記中空部（111）に前記金属フレーム（100）の筒部（105）が差し込まれていると共に、前記筒部（105）のうちの前記一端部（105a）とは反対側の他端部（105b）が前記ボルト（110）に引っ掛けられることで前記金属フレーム（100）に一体化されている請求項8ないし10のいずれか1つに記載のトルクセンサ。

[請求項12] 前記ボルト（110）は、前記金属フレーム（100）の一面（101）のうち前記テーパ面（17a）に対応した部分を前記金属軸側に押し込むリング状の端面（113）を有している請求項8ないし11のいずれか1つに記載のトルクセンサ。

[請求項13] 前記金属軸（10）は、当該金属軸（10）の外表面（11）に設けられた平坦面（12）と、前記平坦面（12）に当該平坦面（12）の一部が凹んでいると共に壁面（14）に雌ネジが形成された窪み

(13)と、を有し、

前記台座部は、頭部(71)と、この頭部(71)に接続されていると共に雄ネジが形成されたネジ部(72)と、を有するボルト(70)であり、

前記歪検出素子(40)は、前記ボルト(70)の頭部(71)に前記固定部(30)を介して固定されており、

前記ボルト(70)は、前記雌ネジと前記雄ネジとによるネジ止めにより前記窪み(13)に対して締結固定されている請求項1に記載のトルクセンサ。

[請求項14] 前記ボルト(70)は、前記金属軸(10)に対して前記歪検出素子(40)の配置方向を指示する第1目印(75)を有し、

前記金属軸(10)は、前記第1目印(75)の位置を指示する第2目印(16)を有しており、

前記ボルト(70)は、前記第1目印(75)が前記金属軸(10)の第2目印(16)に合致するように前記金属軸(10)に締結固定されている請求項13に記載のトルクセンサ。

[請求項15] 前記第1目印(75)は、前記ネジ部(72)の雄ネジの切り出し位置に対応して設けられている請求項14に記載のトルクセンサ。

[請求項16] 前記金属軸(10)において、前記金属軸(10)の中心軸から前記外表面(11)までの距離を r とすると、

前記金属軸(10)の中心軸から前記歪検出素子(40)が固定された設置面(74)までの高さは、 $0.5r$ 以上、 $0.9r$ 以下となるように、前記ボルト(70)が前記金属軸(10)に締結固定されている請求項13ないし15のいずれか1つに記載のトルクセンサ。

[請求項17] 前記ネジ部(72)は、当該ネジ部(72)の先端に向かって径が小さくなるようにテーパ形状になっており、

前記金属軸(10)の窪み(13)は、当該窪み(13)の底面(15)に向かって径が小さくなるようにテーパ形状になっている請求

項 1 3 ないし 1 6 のいずれか 1 つに記載のトルクセンサ。

[請求項18] 前記雄ネジと前記雌ネジとの間の隙間には埋込部材（7 6）が埋め込まれている請求項 1 3 ないし 1 7 のいずれか 1 つに記載のトルクセンサ。

[請求項19] 前記ボルト（7 0）は、ワッシャ（9 0）を介して前記金属軸（1 0）に締結固定されている請求項 1 3 ないし 1 8 のいずれか 1 つに記載のトルクセンサ。

[請求項20] 前記金属軸（1 0）をさらに備えており、

前記金属軸（1 0）は、当該金属軸（1 0）の外表面（1 1）に設けられた平坦面（1 2）を有し、

前記台座部は、一面（2 1）、当該一面（2 1）の反対側の他面（2 2）、前記一面（2 1）及び前記他面（2 2）に接する側面（2 3）を有する板状であり、前記他面（2 2）が前記金属軸（1 0）の平坦面側に向けられた状態で前記他面（2 2）及び前記側面（2 3）のうちの少なくとも一部が前記金属軸（1 0）の平坦面（1 2）に接合固定された金属フレーム（2 0）であり、

前記歪検出素子（4 0）は、前記金属フレーム（2 0）の一面（2 1）に配置されていると共に、前記金属フレーム（2 0）を介して前記金属軸（1 0）の歪を検出し、

前記固定部（3 0）は、前記金属フレーム（2 0）の一面（2 1）と前記歪検出素子（4 0）との間に配置されると共に、前記歪検出素子（4 0）を前記金属フレーム（2 0）の一面（2 1）に固定している請求項 1 に記載のトルクセンサ。

[請求項21] 前記金属フレーム（2 0）は、前記他面（2 2）の外縁部（2 4）が前記金属軸（1 0）の平坦面（1 2）に接合固定されている請求項 2 0 に記載のトルクセンサ。

[請求項22] 前記金属軸（1 0）は、前記平坦面（1 2）に、平面サイズが前記金属フレーム（2 0）の一面（2 1）及び他面（2 2）と同じである

と共に前記平坦面（１２）の一部が凹んだ窪み（１３）を有し、

前記金属フレーム（２０）は、前記窪み（１３）にはめ込まれていると共に、前記側面（２３）と前記窪み（１３）の壁面（１４）とが一体化するようにレーザ溶接されている請求項２０に記載のトルクセンサ。

[請求項23] 前記窪み（１３）の平面形状が円形であり、前記金属フレーム（２０）の一面（２１）及び他面（２２）の平面形状が前記窪み（１３）と同じ円形である請求項２２に記載のトルクセンサ。

[請求項24] 前記金属フレーム（２０）は、オーステナイト系ステンレスにて形成されており、

前記歪検出素子（４０）は、ニオブ酸リチウムを材料とする圧電基板（４３）を有しており、

前記固定部（３０）は、当該固定部（３０）の熱膨張係数が１０．０以上、１６．０以下のものである請求項２０ないし２３のいずれか１つに記載のトルクセンサ。

[請求項25] 前記固定部は、鉛系の材料を含むガラス（３０）で形成されている請求項２０ないし２４のいずれか１つに記載のトルクセンサ。

[請求項26] 歪の測定対象であると共に棒状である金属軸（１０）の歪みを、金属フレーム（２０）を介してＳＡＷ方式の歪検出素子（４０）で検出するトルクセンサの製造方法であって、

当該金属軸（１０）の外表面（１１）に平坦面（１２）を形成し、

前記金属フレーム（２０）として、一面（２１）、当該一面（２１）の反対側の他面（２２）、前記一面（２１）及び前記他面（２２）に接する側面（２３）を有する板状のものを用意し、

ガラス（３０）を介して前記歪検出素子（４０）を前記金属フレーム（２０）の一面（２１）に固定し、

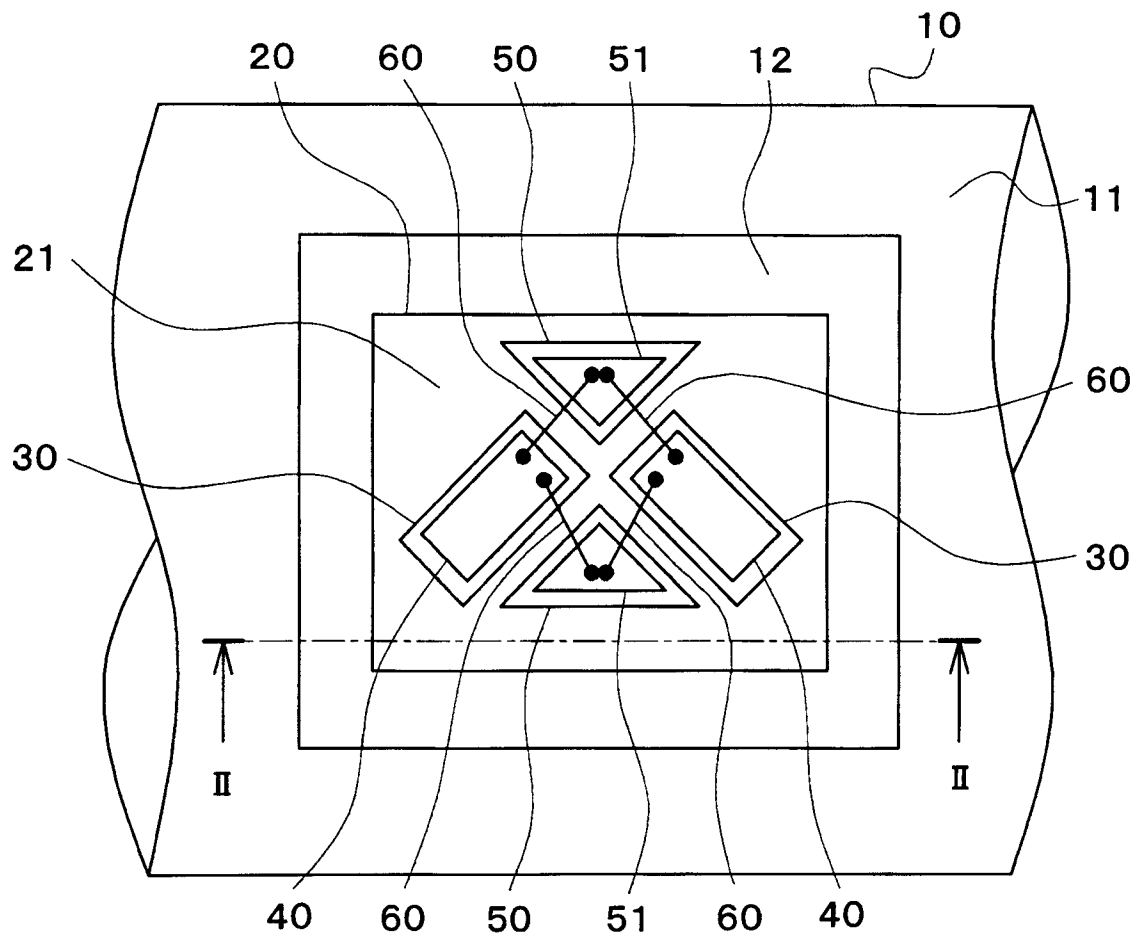
前記歪検出素子（４０）が固定された前記金属フレーム（２０）の他面（２２）が前記平坦面側となるように、前記金属フレーム（２０

)を前記平坦面(12)に配置して接合固定すること、
を含んでいるトルクセンサの製造方法。

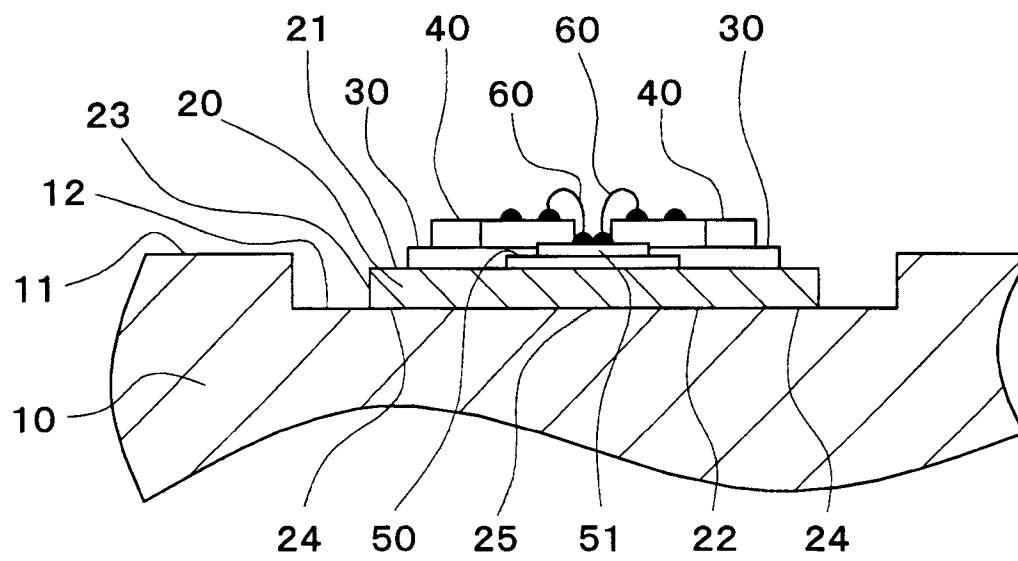
[請求項27] 前記金属フレーム(20)の接合固定では、前記金属フレーム(20)の他面(22)の外縁部(24)の全周を、前記平坦面(12)にレーザ溶接する請求項26に記載のトルクセンサの製造方法。

[請求項28] 前記金属軸(10)の平坦面(12)の形成では、前記金属軸(10)の前記平坦面(12)は、平面サイズが前記金属フレーム(20)の一面(21)及び他面(22)と同じであり、前記平坦面(12)の一部が凹んだ窪み(13)を有し、
前記金属フレーム(20)の接合固定では、前記金属フレーム(20)を前記窪み(13)にはめ込むと共に、前記側面(23)と前記窪み(13)の壁面(14)とが一体化するように前記側面(23)を前記壁面(14)にレーザ溶接する請求項26に記載のトルクセンサの製造方法。

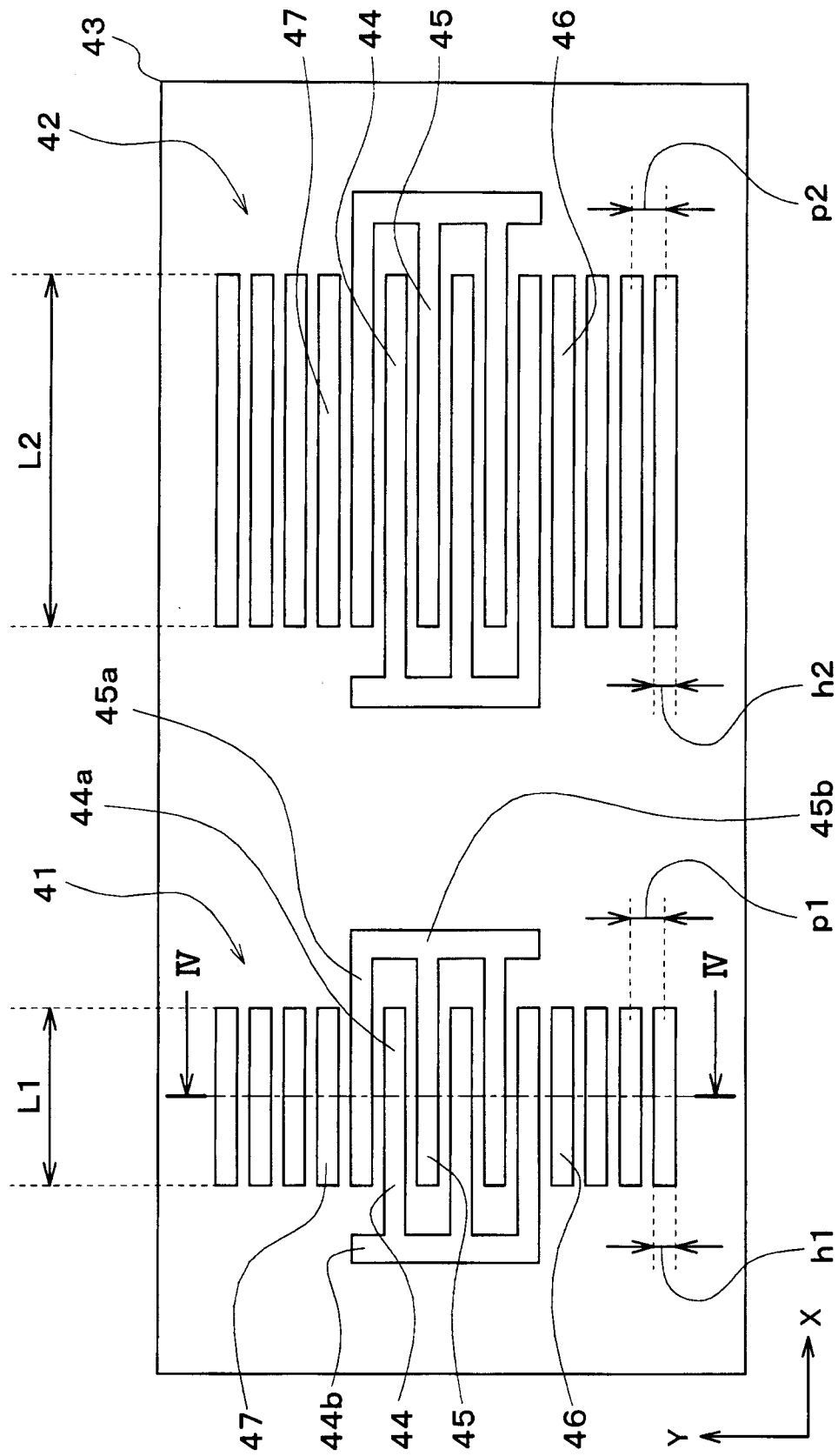
[図1]

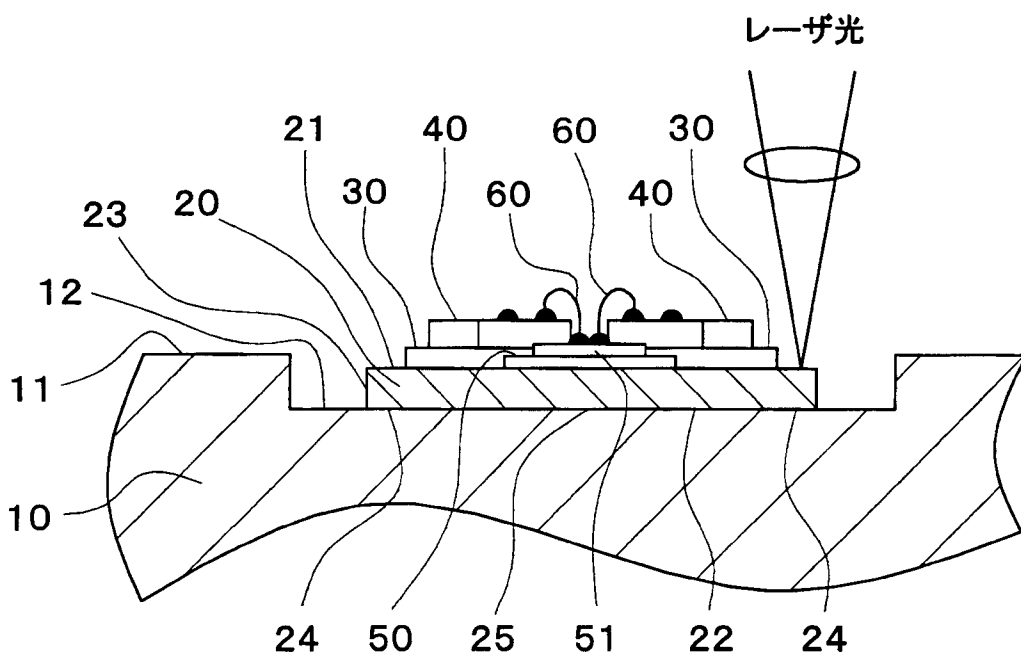
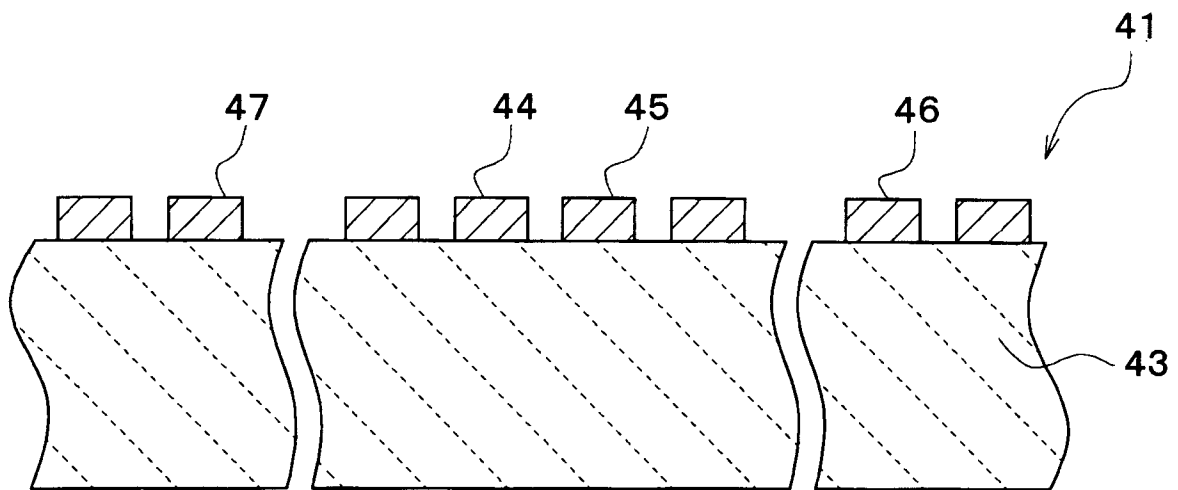


[図2]



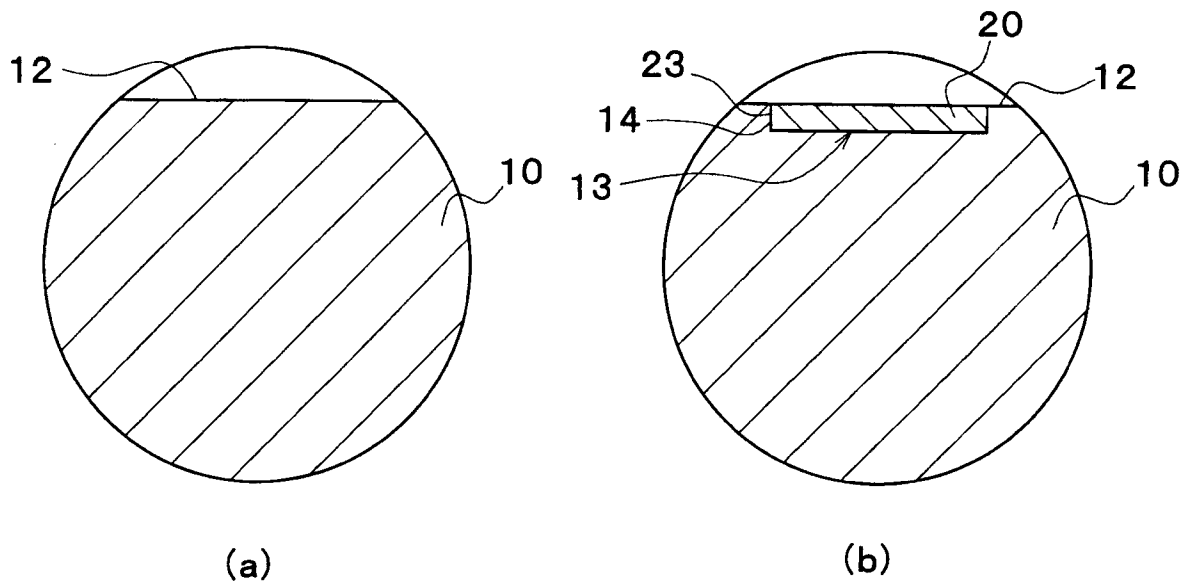
[図3]



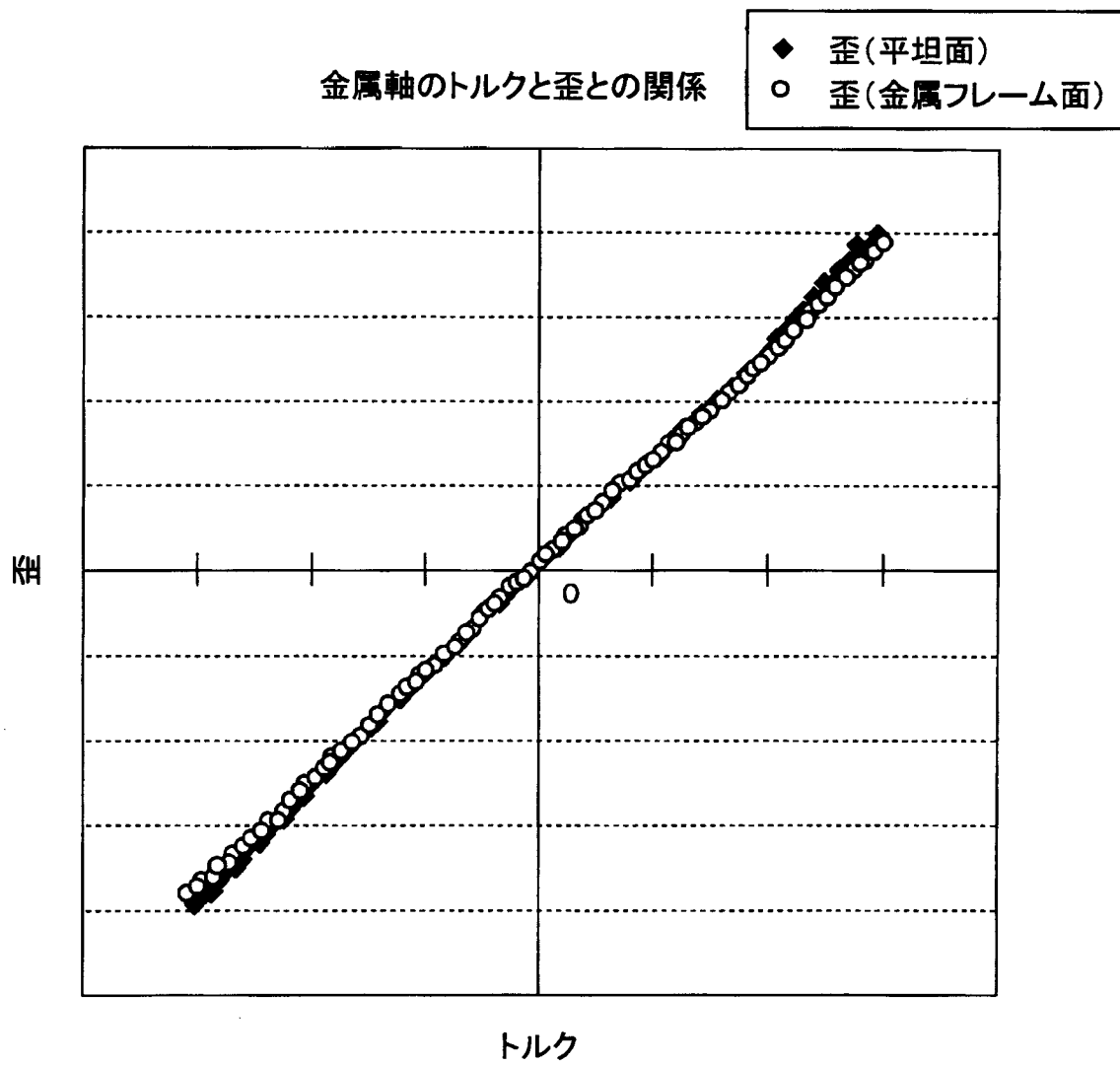


[illegible]

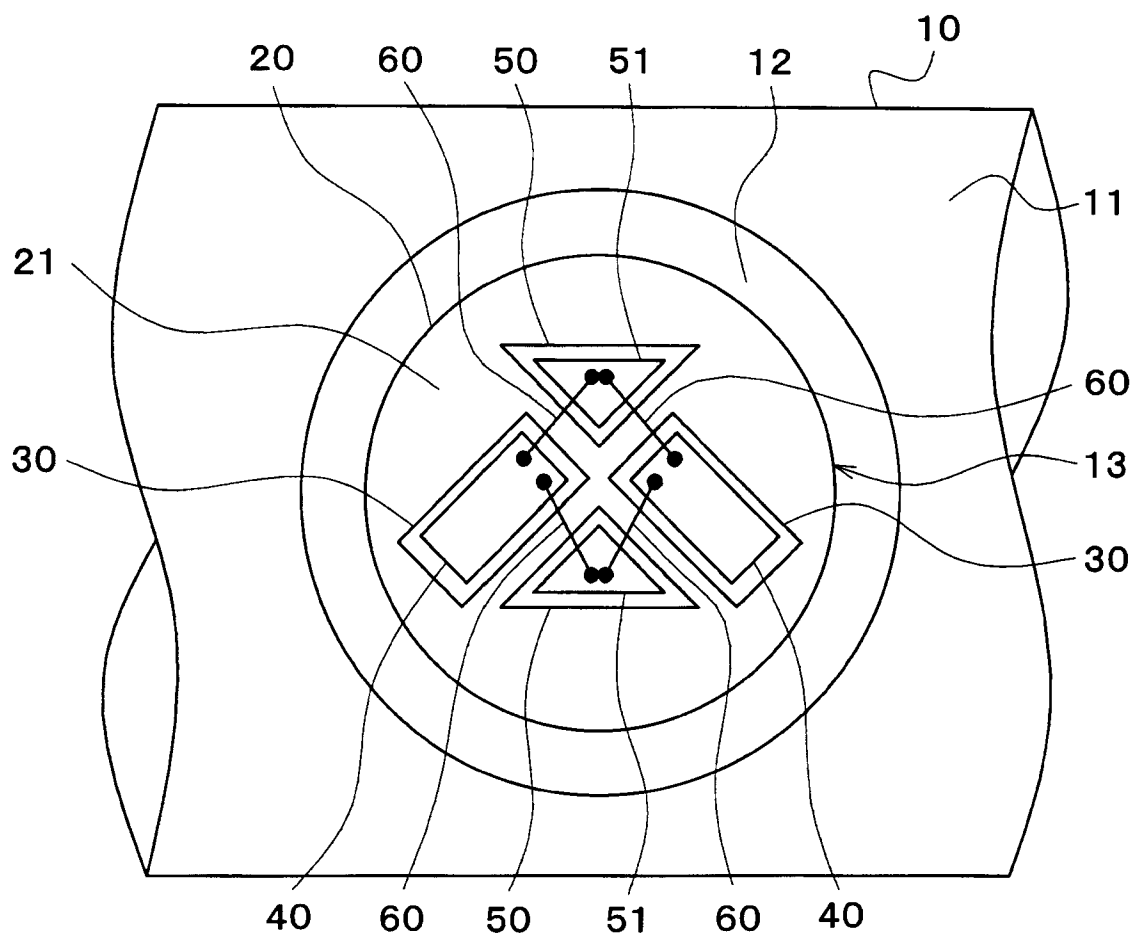
[図8]



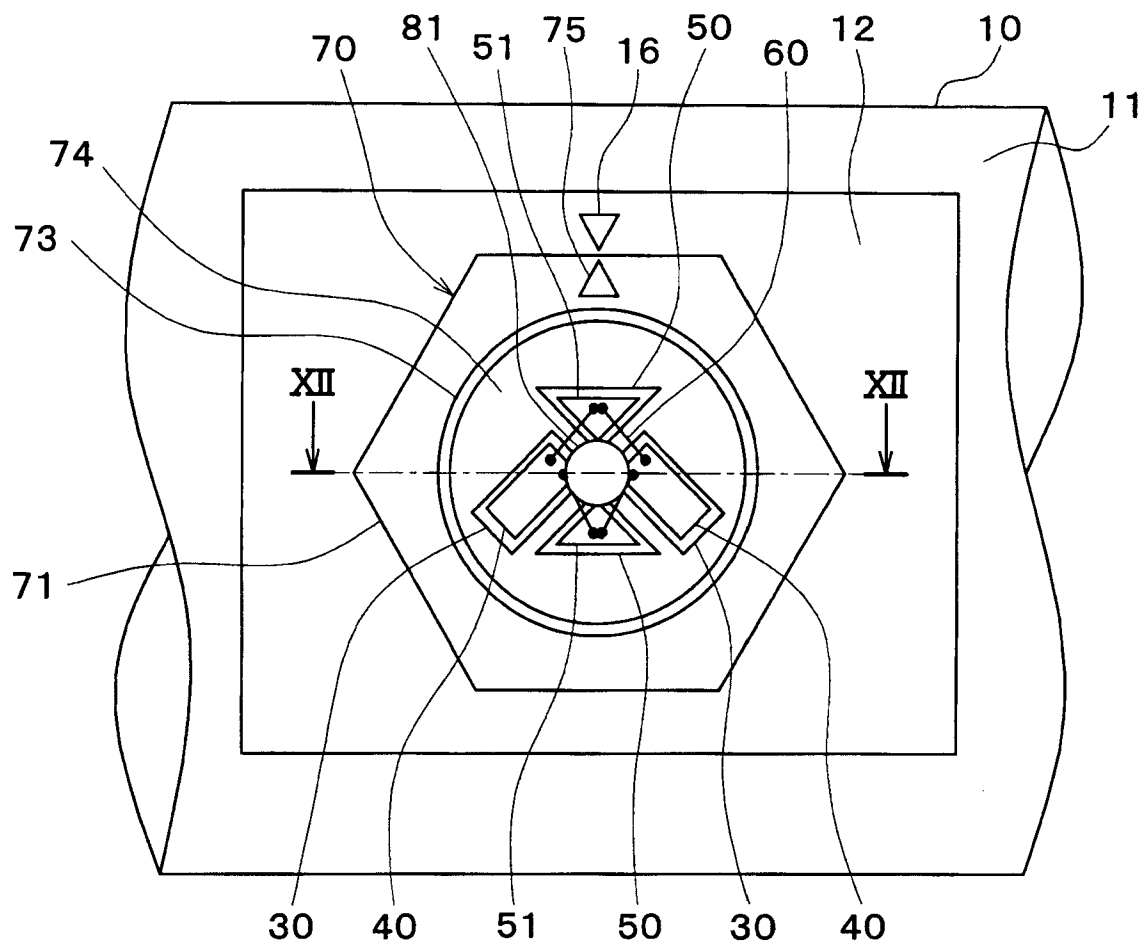
[図9]



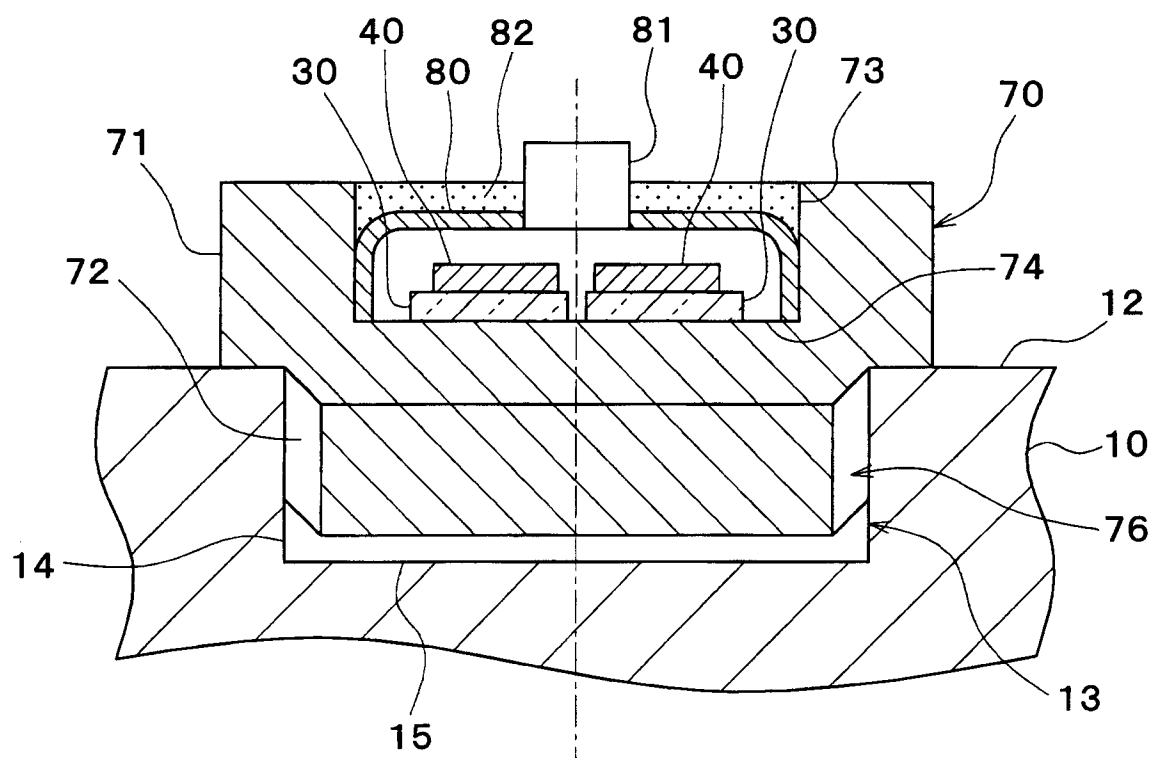
[図10]



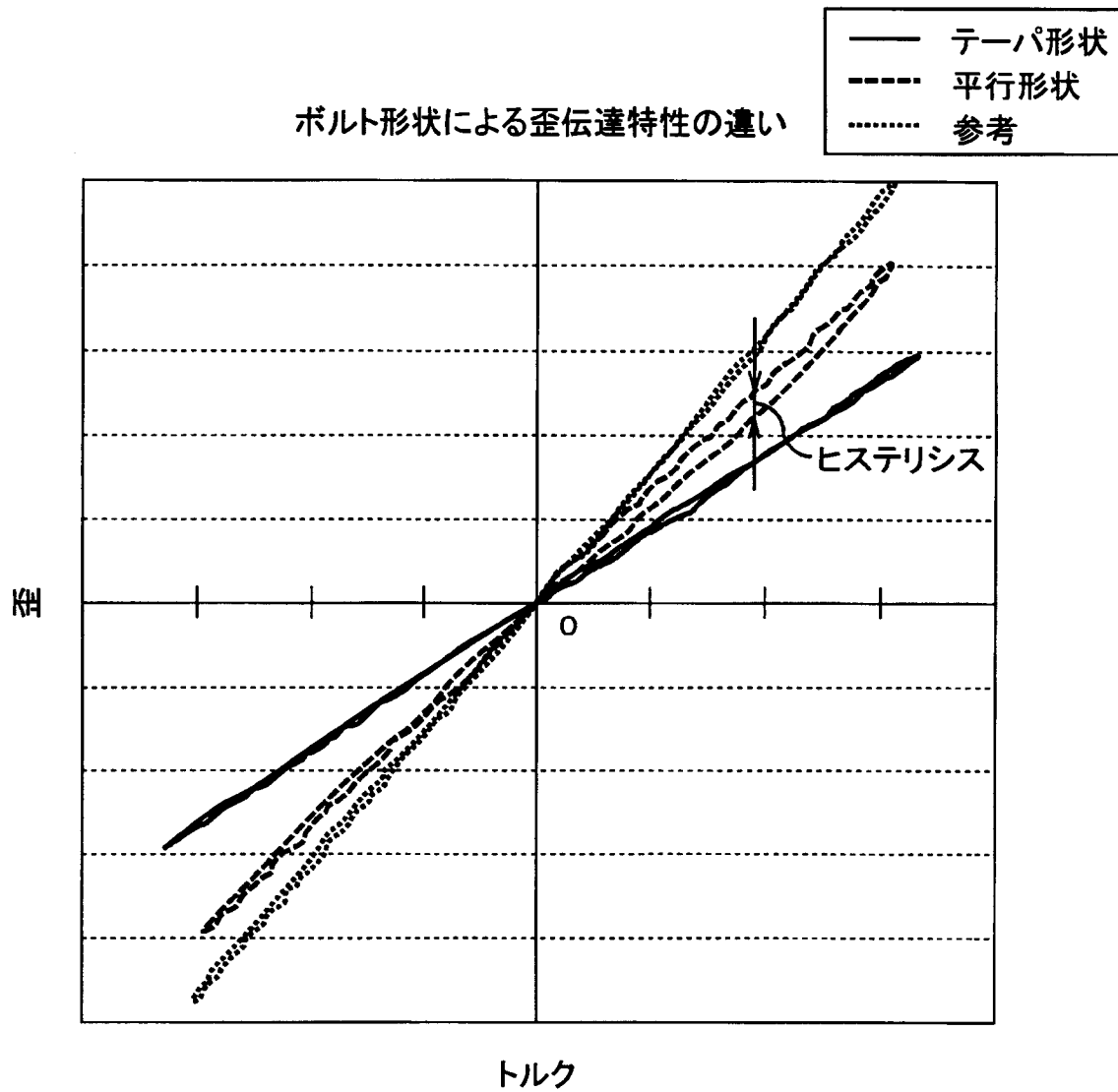
[図11]



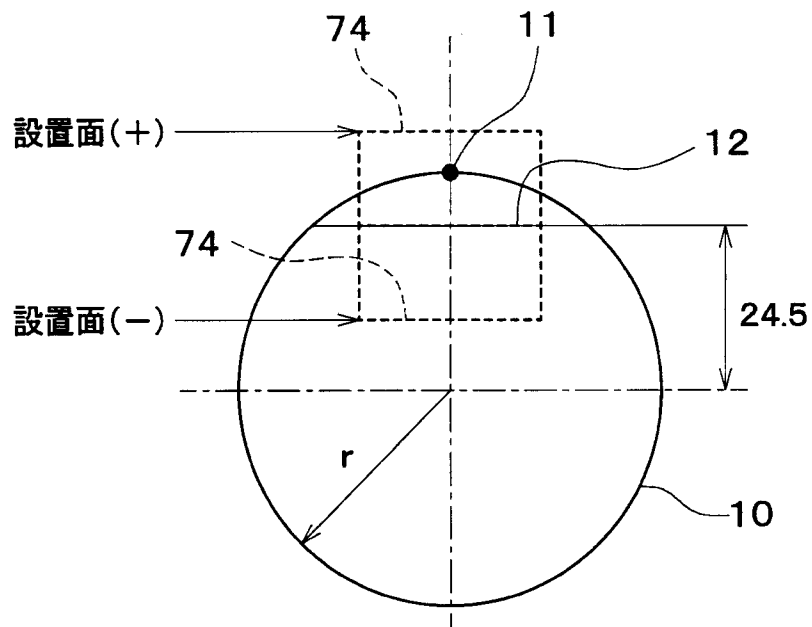
[図12]



[図15]

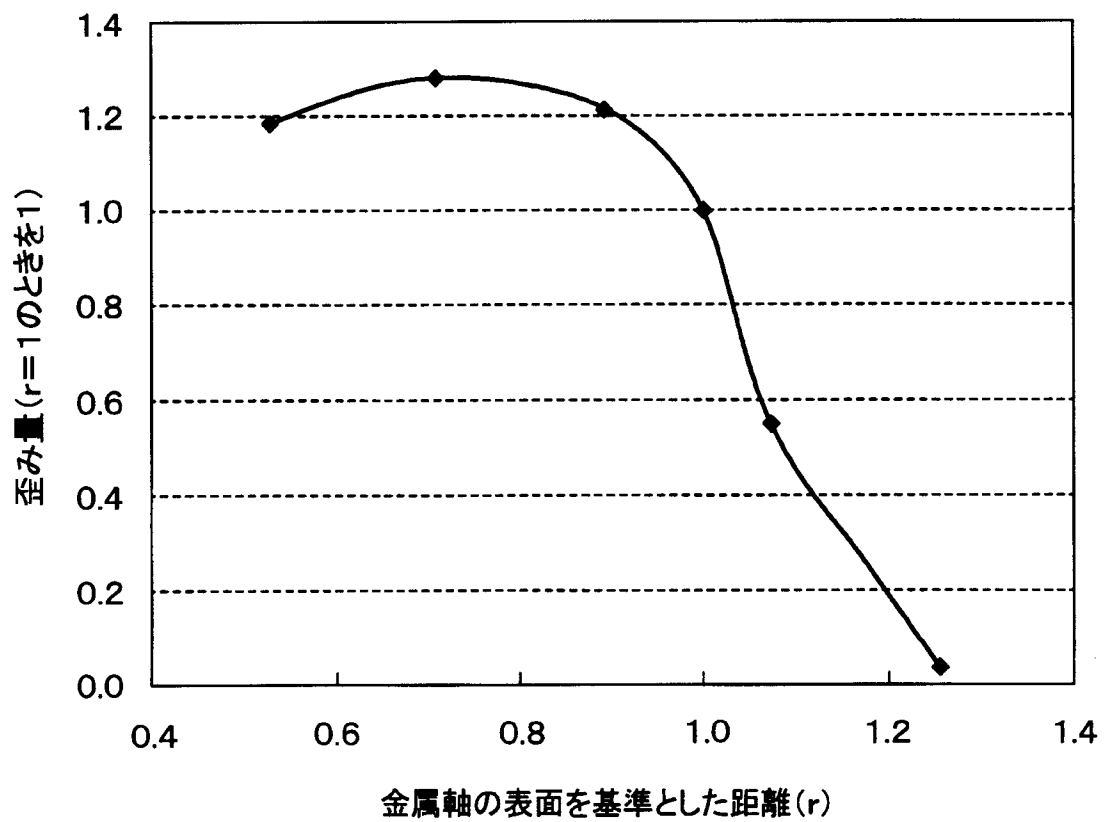


[図16]

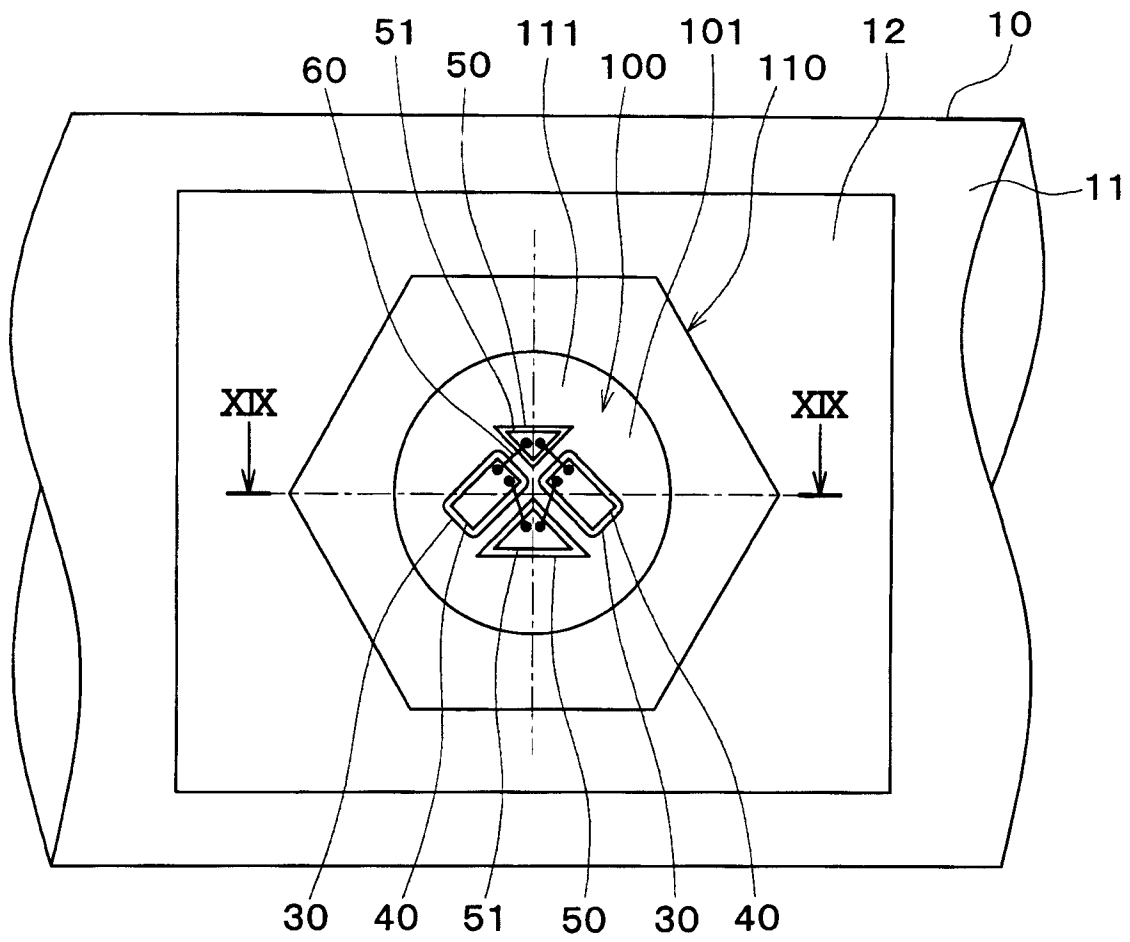


[図17]

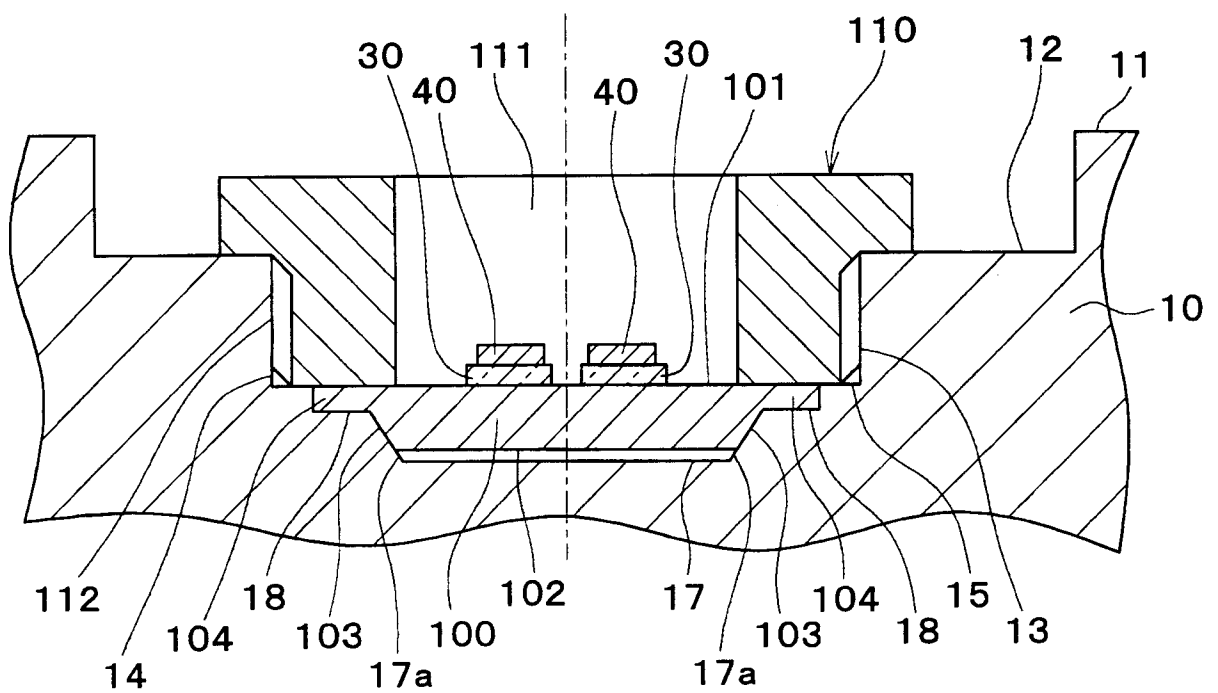
金属軸表面から底部(設置面)までの距離と歪み量の関係



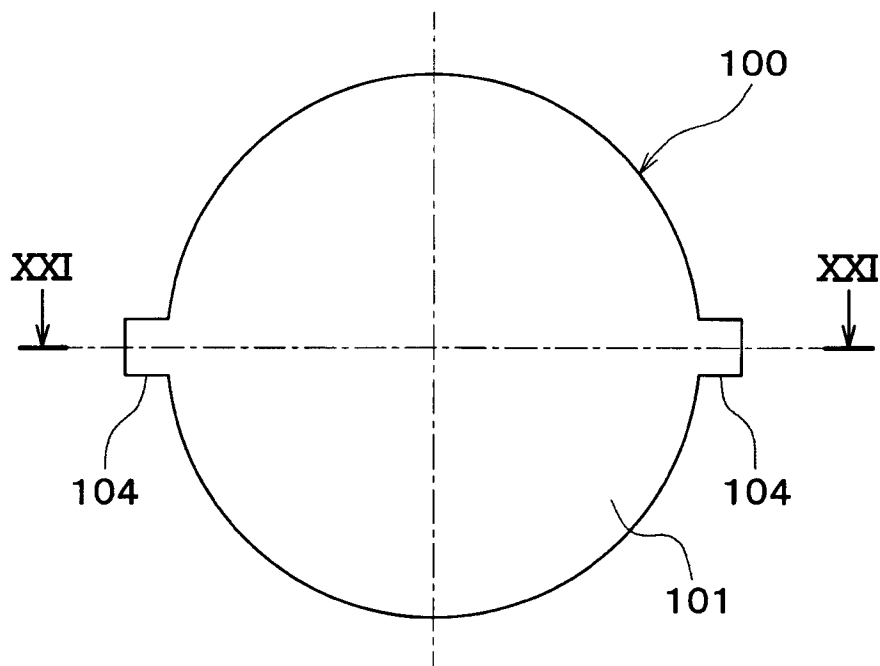
[図18]



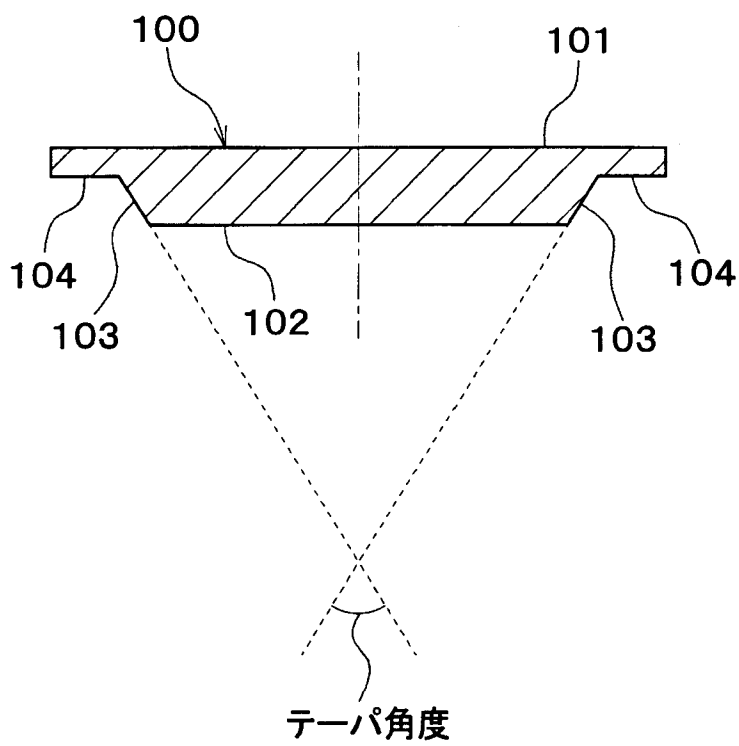
[図19]



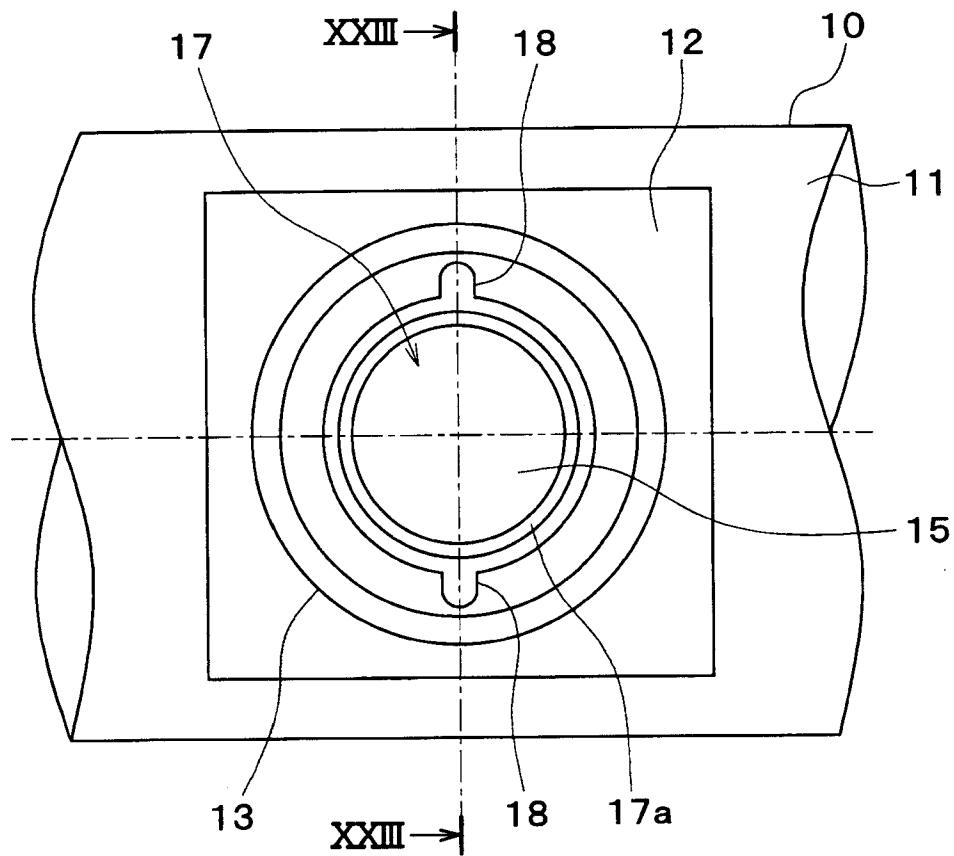
[図20]



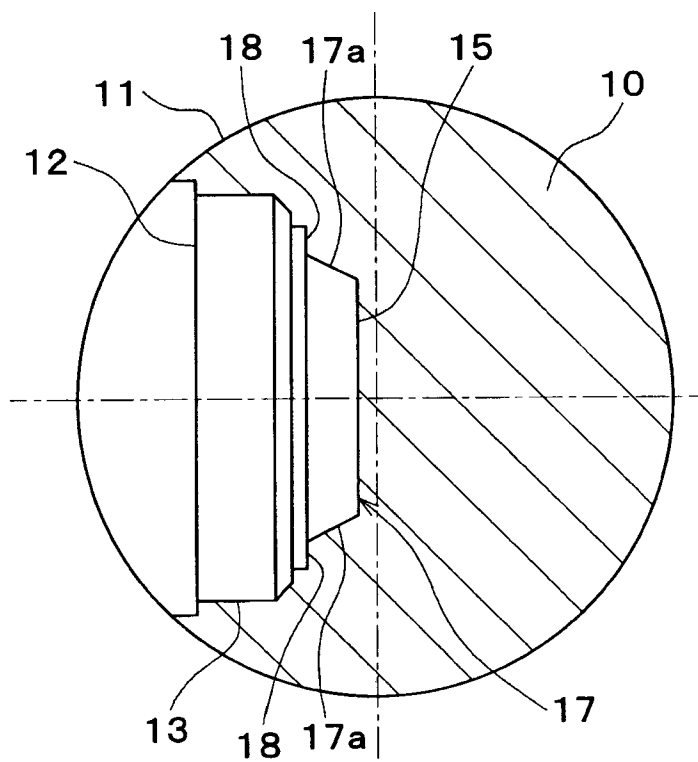
[図21]



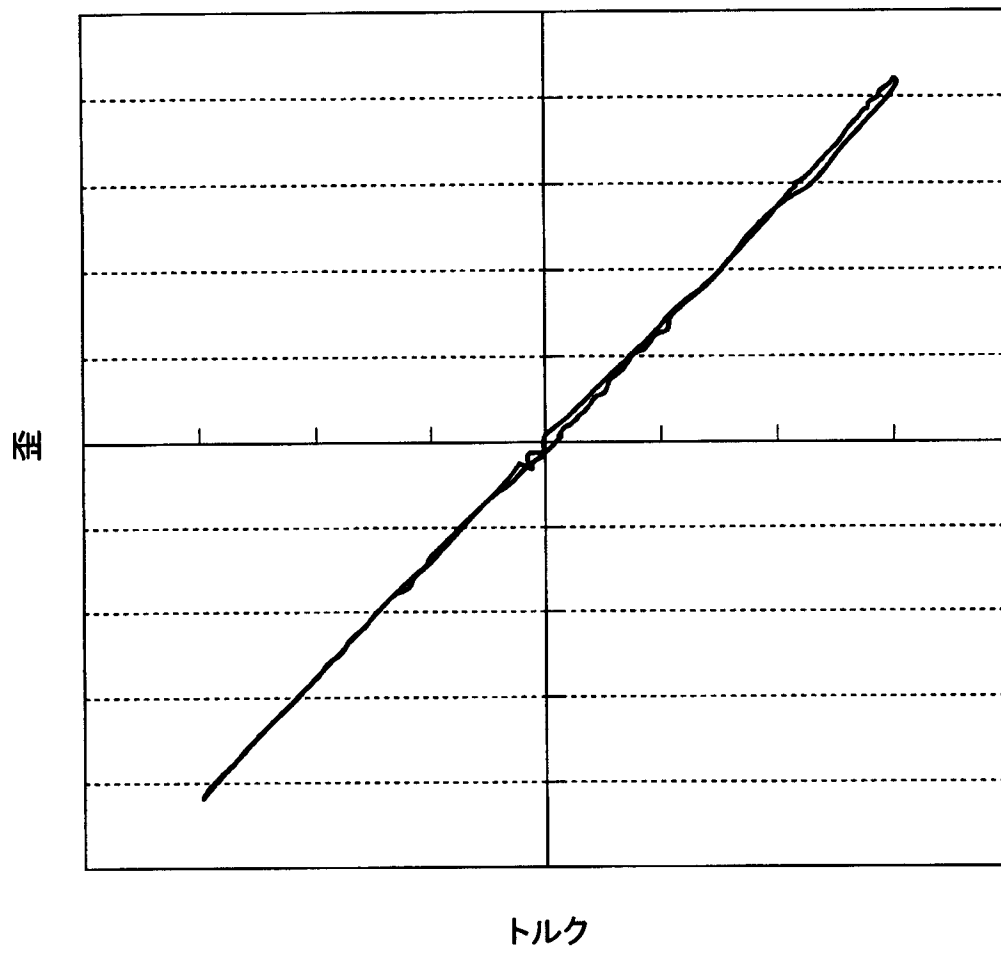
[図22]



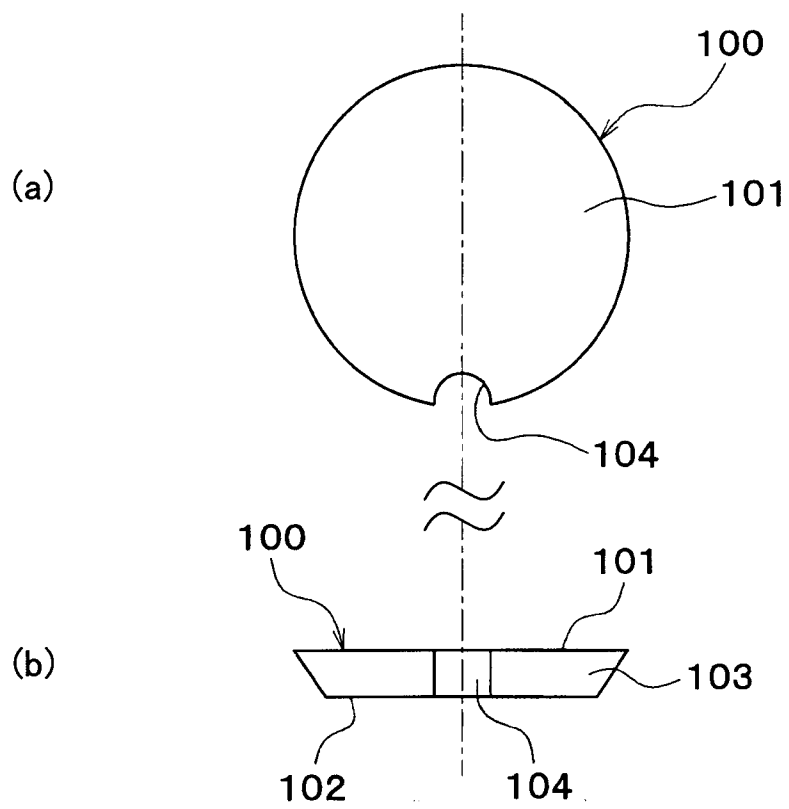
[図23]



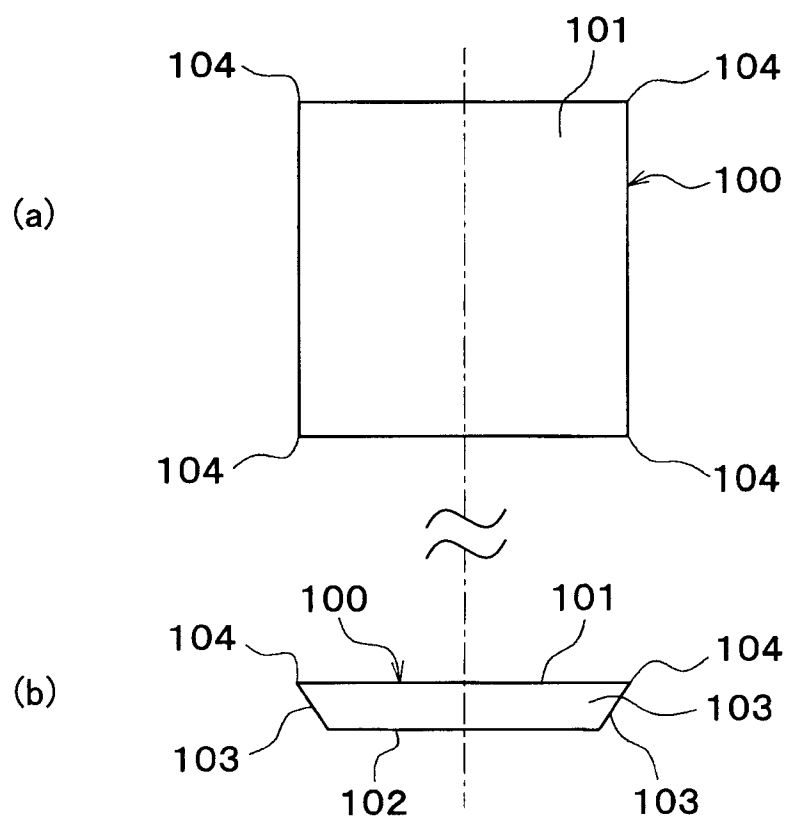
[図24]



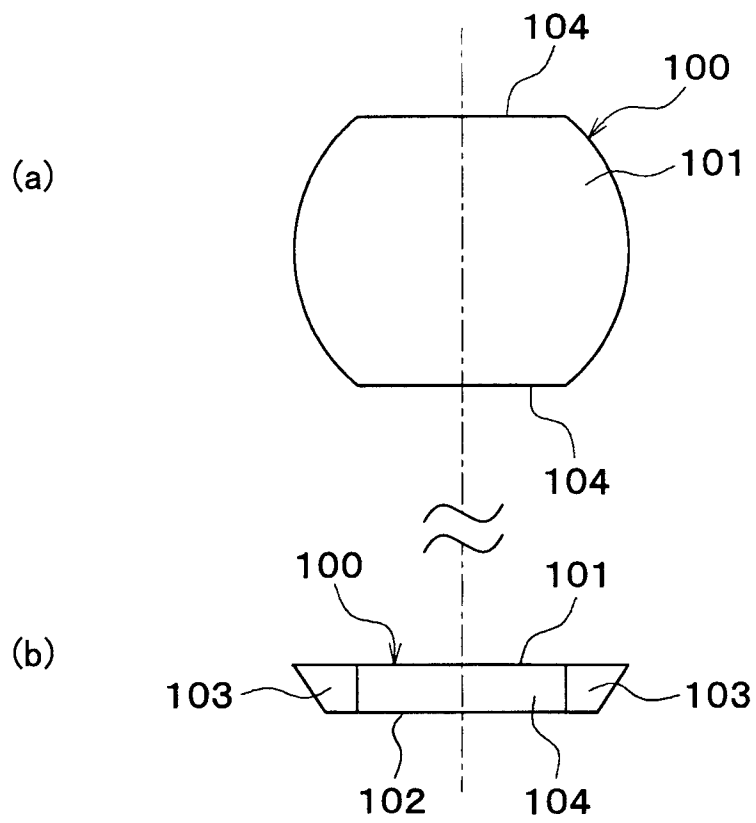
[図25]



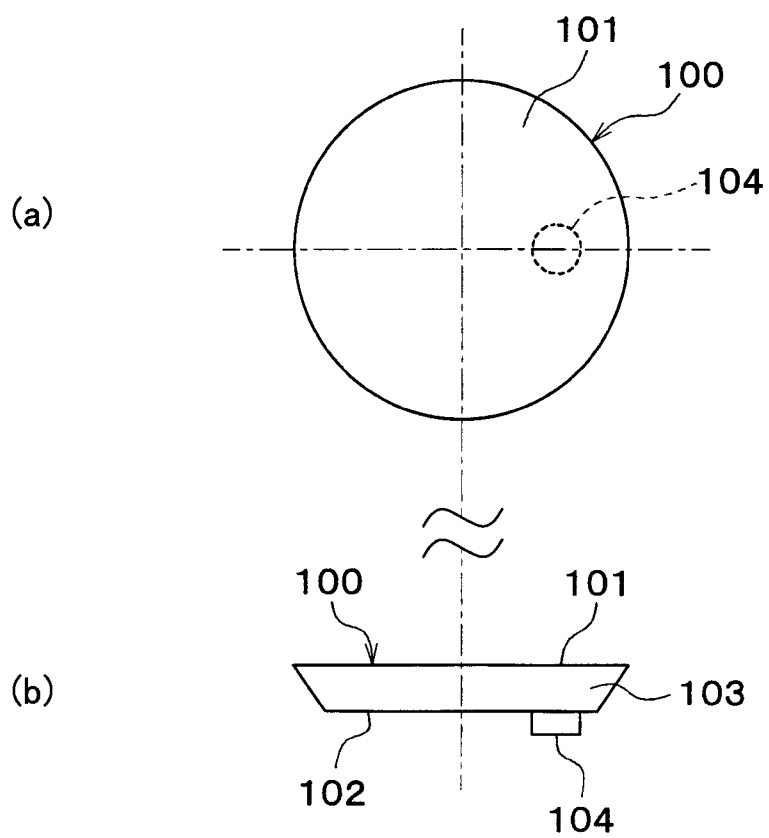
[図26]



[図27]

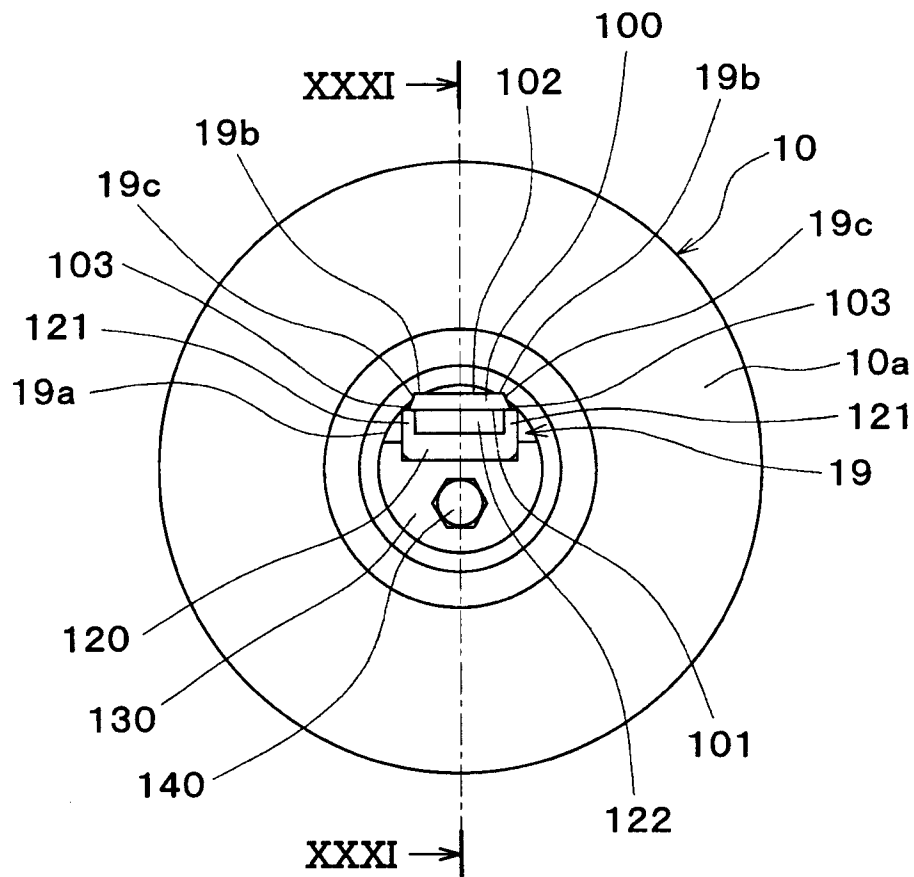


[図28]

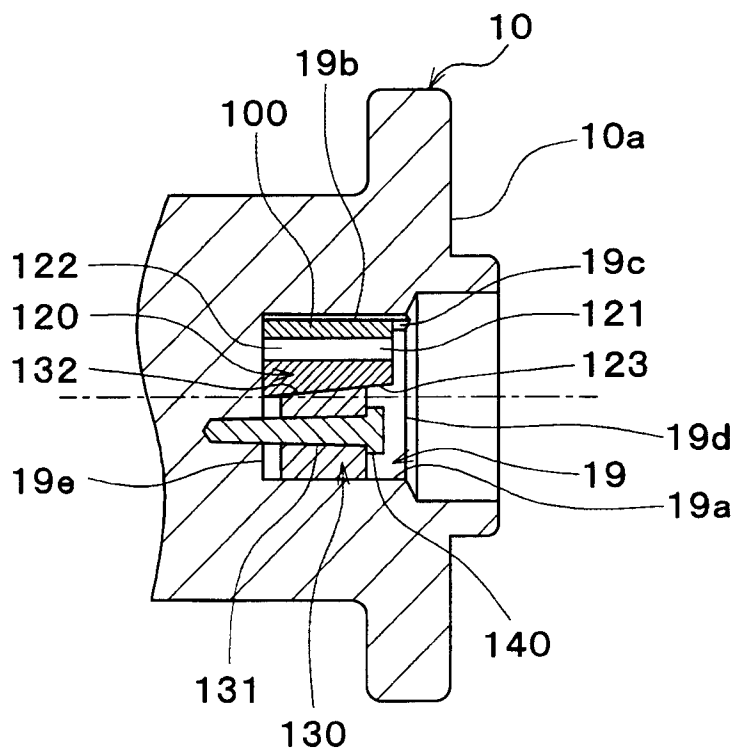


[illegible]

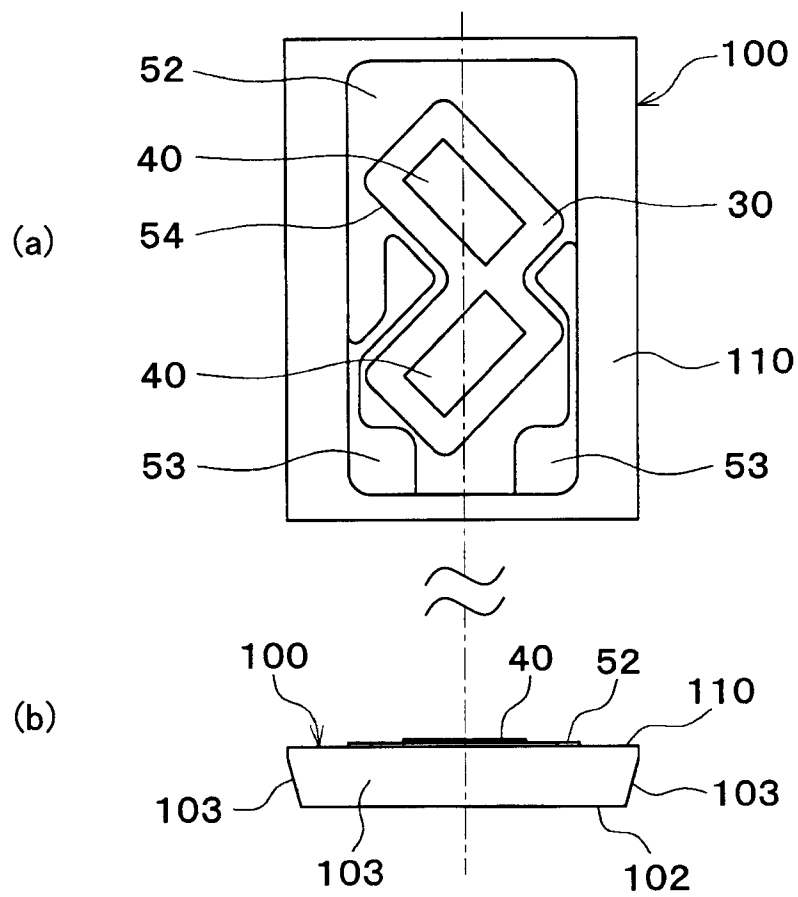
[図30]



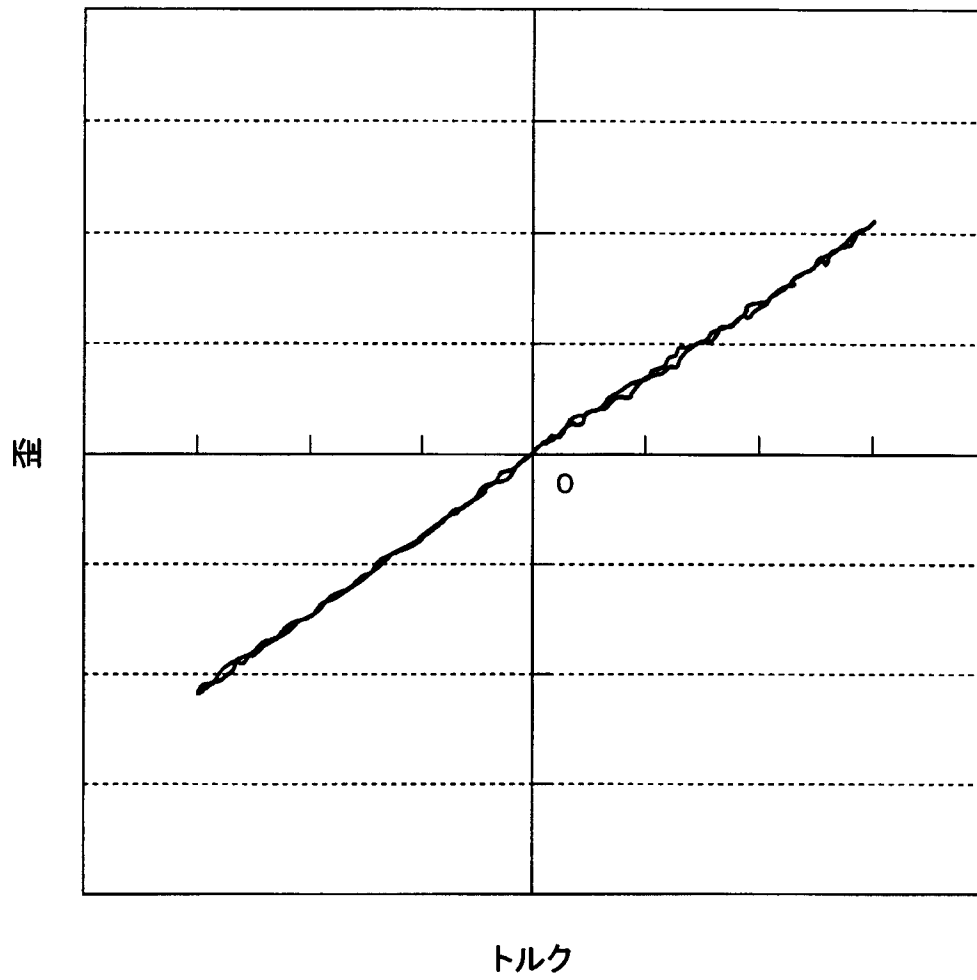
[図31]



[図32]



[図33]



This cross-sectional view shows a mechanical assembly. A central component, labeled 100, is shown in cross-section with diagonal hatching. It is surrounded by a larger, irregularly shaped housing or frame, labeled 10, which is also hatched. A specific part of the housing, labeled 10a, is shown on the right side. A central shaft or pin, labeled 120, passes through the assembly. A component labeled 121 is shown on the right side of the shaft. A component labeled 122 is shown on the left side of the shaft. A component labeled 124 is shown on the left side of the shaft. A component labeled 150 is shown at the bottom of the shaft. A component labeled 19 is shown on the right side of the shaft. A component labeled 19a is shown on the right side of the shaft. A component labeled 19b is shown on the top of the shaft. A component labeled 19c is shown on the right side of the shaft.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L3/10(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L3/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-109495 A (Schott AG.), 21 May 2009 (21.05.2009), entire text; all drawings & US 7886607 B2	1, 20-28 2-19
Y A	JP 2005-505775 A (Transense Technologies PLC), 24 February 2005 (24.02.2005), entire text; all drawings & US 7202589 B2	1, 20-28 2-19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 January, 2014 (29.01.14)

Date of mailing of the international search report
10 February, 2014 (10.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01L3/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01L3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	J P 2009-109495 A (ショット アクチエンゲゼルシャフト)	1, 20-28
A	2009.05.21 全文, 全図 & US 7886607 B2	2-19
Y	J P 2005-505775 A (トランセンズ テクノロジーズ ピーエルシー)	1, 20-28
A	2005.02.24 全文, 全図 & US 7202589 B2	2-19

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.01.2014

国際調査報告の発送日

10.02.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森 雅之

2 F

8505

電話番号 03-3581-1101 内線 3216