

(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
2010年8月19日(19.08.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/092956 A1

- (51) 国際特許分類:
H02N 2/00 (2006.01) G11B 21/10 (2006.01)
G05D 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/051900
- (22) 国際出願日: 2010年2月9日(09.02.2010)
- (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 2009-028029 2009年2月10日(10.02.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 秋田県(Akita Prefecture) [JP/JP]; 〒0108570 秋田県秋田市山王四丁目1番1号 Akita (JP). 国立大学法人秋田大学(AKITA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒0108502 秋田県秋田市手形学園町1番1号 Akita (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 渋谷 嗣 (SHIBUYA, Yotsugi) [JP/JP]. 森 英季 (MORI, Shigeki) [JP/JP]. 宮脇 和人 (MIYAWAKI, Kazuto) [JP/JP]. 長縄 明大 (NAGANAWA, Akihiro) [JP/JP].
- (74) 代理人: 鈴江 武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目12番9号 鈴栄特許総合事務所内 Tokyo (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

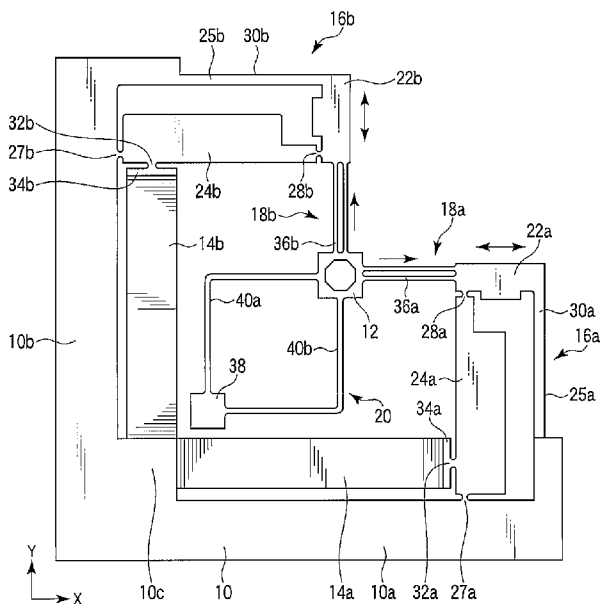
- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

[続葉有]

(54) Title: PLANAR POSITIONING DEVICE AND INSPECTION DEVICE EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称: 平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置

[図1]



(57) Abstract: A planar positioning device is equipped with a first actuator, which can be displaced in the direction of a first axis, a second actuator, which can be displaced in the direction of a second axis orthogonal to the first axis, a first displacement magnifying mechanism, which magnifies the displacement of the first actuator in the direction of the first axis, a second displacement magnifying mechanism, which magnifies the displacement of the second actuator in the direction of the second axis, a stage, which is disposed within a plane parallel to the first axis and the second axis, a first drive and support mechanism, which supports the stage within the plane and transfers the magnified displacement in the direction of the first axis to the stage, a second drive and support mechanism, which supports the stage within the plane and transfers the magnified displacement in the direction of the second axis to the stage, and a stabilizing support mechanism, which is connected to the stage and supports the stage, and imparts tension to the stage in the direction of the first axis and the direction of the second axis.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/092956 A1

平面位置決め装置は、第1軸方向に沿って変位可能な第1アクチュエータと、第1軸と直交する第2軸方向に沿って変位可能な第2アクチュエータと、第1アクチュエータの第1軸方向の変位を拡大する第1変位拡大機構と、第2アクチュエータの第2軸方向の変位を拡大する第2変位拡大機構と、第1軸および第2軸と平行な平面内に設けられたステージと、ステージを平面内に支持しているとともに、拡大された第1軸方向の変位をステージに伝達する第1駆動支持機構と、ステージを平面内に支持しているとともに、拡大された第2軸方向の変位をステージに伝達する第2駆動支持機構と、ステージに連結されステージを支持しているとともに、第1軸方向および第2軸方向の張力をステージに与える安定化支持機構と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置

技術分野

[0001] この発明は、ステージを駆動するアクチュエータと変位拡大機構とを備えた変位拡大装置をX軸とY軸に直交させた平面位置決め装置に関し、同一平面内でナノメートル以下の高精度な分解能を有し、高速な応答で位置決め制御を行なう平面位置決め装置、およびこれを備えた検査装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から走査型プローブ顕微鏡、電子顕微鏡、半導体や液晶関連の製造及び検査工程等に用いられる微動走査ステージにおいては、直交するX軸及びY軸で構成される平面内をナノメートル以下の位置決め精度を有しながら、数百 μm 角の領域で正確に走査動作できる性能が要求されている。例えば、現在、走査型プローブ顕微鏡では、シリコン等で製作された探針により試料表面を走査するため、100 μm 角のX-Y軸平面内で動作する走査ステージに、5 μm 程度の高さ調整を行なうZ軸ステージを組み合わせたX-Y-Zステージが実用化され、ナノメートルレベルの観察に用いられている。しかし、現状では、高速にナノメートル以下の精度でステージを走査することは、技術的に非常に難しく、特に同一な平面内に限定すれば、実現には至っていない。

[0003] 積層型圧電素子により直接駆動されるX-Yステージは、現時点においてもナノメートルレベルの位置決め精度を得ることは可能であるが、数百 μm 角以上の領域で走査能力を有しながら高速でかつ、ナノメートルレベルの位置決め精度を安定して得ることは極めて困難となる。

[0004] この理由の一つとして、積層型圧電素子の伸長は、無負荷の状態において、積層自長の1/1000程度と極めて微小であることが挙げられる。数百 μm の動作範囲を圧電素子そのものに対応するには、可搬する質量負荷が微小であったとしても数百mmの積層厚さを有する圧電素子を2つ直交配置す

る必要がある。しかしながら、自長が数百mmもある積層型圧電素子の伸び量を直接X-Yステージに伝達することは、実用化を前提とすれば現実的に不可能となる。

[0005] この対策として、積層型圧電素子の変位（伸長）量を拡大する変位拡大機構を備えた各種の走査ステージが提案されている。しかし、一般に、変位を拡大する機構は、変位量の増加と共にステージの剛性を阻害するため、制御性能に影響するステージ自身の共振周波数の低下を招く要因となる。

[0006] 変位拡大機構は、X軸、Y軸にそれぞれ配置されたアクチュエータを備えている。変位拡大機構は、アクチュエータによるX軸やY軸に平行で正確な動作以外に、X-Y平面内の回転動作（ θ 軸回りの回転動作）等の、アクチュエータでは制御できない動作を生じさせる。そのため、変位拡大機構は、ナノメートルレベルの正確な位置決めを阻害する要因となる。

[0007] 一方、ステージの剛性を損なわずに積層型圧電素子の変位量を拡大する技術が提案されている（例えば、特許文献1、および特許文献2）。

特許文献1に開示された装置によれば、アクチュエータは、高い剛性を維持しながら積層型圧電素子の発生する変位を増幅し、正確な直動動作を可動子の変位として出力する。また、リンク部や可動子間に粘弾性体を介して拘束部材が配置され、アクチュエータが共振周波数で発生する大きなピーク状の振幅を拘束部材によって効率的に減衰し、小さくすることで、アクチュエータの制御性能を向上させている。

[0008] 特許文献2には、高い共振周波数を維持しつつ拡大変位量を増大する変位拡大機構を備えたアクチュエータが提案されている。この変位拡大機構は、可動部に隙間をおいて対向した支持部と、それぞれ支持部と可動部とを連結しているとともに圧電素子の変位に応じて弾性変形する一対の平行リンクと、を有し、一方の平行リンクに圧電素子を取り付けられている。平行リンクの一方は板バネにより構成されている。圧電素子の変位は、てこ構造、弾性ヒンジ、ビームで構成される平行バネの外側で生じる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2005-261167号公報（特許第3612670号公報）

特許文献2：特開2007-166714号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 例えば、走査型プローブ顕微鏡等に用いられるステージにおいて、積層型圧電素子の伸長を直接伝達する場合、微小変位の領域で積層型圧電素子の伸長による正確なX軸及びY軸で構成される平面内の位置決め動作は可能になる。しかし、大きな動作領域では、変位量の増加に伴って、このX軸とY軸方向の動作は、相互に干渉し、互いに他方の軸に対してモーメントとして働き、それぞれの並進動作と共に θ 軸回りの回転が生じる。したがって、積層型圧電素子自身にも曲げモーメントがストレスとして発生し、X-Y平面に垂直なZ軸（ θ 軸）周りの回転を伴う並進動作の要因となる。しかし、ステージは、Z軸周りの動作を抑制又は補正する機能や補償するために必要な自由度がないため、X-Y平面内における正確な位置決めが阻害され、走査動作そのものも制御が困難となる。

[0011] また、特許文献2による変位拡大機構を備えたアクチュエータを2つ直角に組み合わせたステージによりX-Y軸平面内を走査すると、適切なステージの支持構造をもうけない限りお互いの運動が拘束され、X軸とY軸の相互干渉によりステージにZ軸回りの回転が生じる。そのため、高速、かつ高精度に同一なX-Y軸平面内で位置決めする機構を構成することは困難となる。

[0012] この発明は以上の点に鑑みなされたもので、その目的は、高い共振周波数を維持しつつ、変位量を増大することができると共に、高速かつ高精度で位置決めすることができる平面位置決め装置、およびこれを備えた検査装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 上記目的を達成するために、この発明の態様に係わる平面位置決め装置は、第1軸方向に沿って変位可能な第1アクチュエータと、前記第1軸と直交する第2軸方向に沿って変位可能な第2アクチュエータと、前記第1アクチュエータの第1軸方向の変位を拡大する第1変位拡大機構と、前記第2アクチュエータの第2軸方向の変位を拡大する第2変位拡大機構と、前記第1軸および第2軸と平行な平面内に設けられたステージと、前記第1変位拡大機構と前記ステージとを連結し、前記ステージを前記平面内に支持しているとともに、前記第1変位拡大機構により拡大された前記第1軸方向の変位を前記ステージに伝達する第1駆動支持機構と、前記第2変位拡大機構と前記ステージとを連結し、前記ステージを前記平面内に支持しているとともに、前記第2変位拡大機構により拡大された第2軸方向の変位を前記ステージに伝達する第2駆動支持機構と、前記ステージに連結され前記ステージを支持しているとともに、前記第1軸方向および第2軸方向の張力を前記ステージに与える安定化支持機構と、を備えている。

[0014] この発明の他の態様に係る平面位置決め装置は、第1軸方向およびこれと直交する第2軸方向を有する平面内に移動可能に設けられたステージと、前記第1軸方向の変位を発生する第1アクチュエータと、前記第2軸方向の変位を発生する第2アクチュエータと、前記第1アクチュエータと前記ステージとの間に設けられ、前記ステージを支持しているとともに前記第1アクチュエータの第1軸方向の変位を前記ステージに伝達する第1駆動支持機構と、前記第2アクチュエータと前記ステージとの間に設けられ、前記ステージを支持しているとともに前記第2アクチュエータの第2軸方向の変位を前記ステージに伝達する第2駆動支持機構と、前記ステージに連結され前記ステージを支持しているとともに、前記第1軸方向および第2軸方向の張力を与え前記ステージに与える安定化支持機構と、を備えている。

発明の効果

[0015] この発明の態様によれば、高い共振周波数を維持しつつ、拡大変位量を増

大することができると共に、高速かつ高精度で位置決めすることができる平面位置決め装置、およびこれを備えた検査装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1] 図 1 は、この発明の第 1 の実施形態に係る平面位置決め装置を示す平面図。

[図2] 図 2 は、前記平面位置決め装置を簡素化したモデルを概略的に示す図。

[図3] 図 3 は、前記平面位置決め装置の有限要素法による共振周波数の解析結果を示す図。

[図4] 図 4 は、前記平面位置決め装置の変位を有限要素法により解析した解析結果を示す図。

[図5] 図 5 は、前記平面位置決め装置の共振周波数を示す図。

[図6] 図 6 は、前記平面位置決め装置の変位を示す図。

[図7] 図 7 は、この発明の第 2 の実施形態に係る平面位置決め装置を示す平面図。

[図8] 図 8 は、前記平面位置決め装置の有限要素法による共振周波数の解析結果を示す図。

[図9] 図 9 は、前記平面位置決め装置の変位を有限要素法により解析した解析結果を示す図。

[図10] 図 10 は、前記平面位置決め装置の共振周波数を示す図。

[図11] 図 11 は、この発明の実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡および検査媒体を示す斜視図。

発明を実施するための形態

[0017] 以下図面を参照しながら、この発明の第 1 の実施形態に係わる平面位置決め装置について詳細に説明する。

図 1 は平面位置決め装置を示す平面図、図 2 は、平面位置決め装置を簡素化したモデルを概略的に示す図である。これらの図に示すように、平面位置決め装置は、支持体として機能するほぼ L 字形状の支持ベース 10 と、位置決め対象となる、X-Y 平面内で移動可能なステージ 12 と、X 軸方向の変

位を発生する第1アクチュエータとして機能する例えば、積層型の第1圧電素子14aと、X軸方向と直交するY軸方向の変位を発生する第2アクチュエータとして機能する例えば、積層型の第2圧電素子14bと、第1圧電素子14aの変位を拡大する第1変位拡大機構16aと、第2圧電素子の変位を拡大する第2変位拡大機構16bと、ステージ12と第1変位拡大機構16aとを連結し、第1変位拡大機構により拡大された変位をステージ12に伝達する第1駆動支持機構18aと、ステージ12と第2変位拡大機構16bとを連結し、第2変位拡大機構により拡大された変位をステージに伝達する第2駆動支持機構18bと、ステージ12に駆動方向の張力を印加してステージの支持を安定化する安定化支持機構20と、を備えている。また、平面位置決め装置は、第1圧電素子14aおよび第2圧電素子14bに電圧を印加する図示しない駆動回路を備えている。

[0018] 図1に示すように、支持ベース10は、X軸方向（第1軸方向）に延びる角柱形状の第1支持部10aと、第1支持部10aに対して直角な方向、すなわち、Y軸方向（第2軸方向）に延びる角柱形状の第2支持部10bとを一体に有している。支持ベース10の内側角部には、矩形状の台座部10cが一体に形成されている。

[0019] 第1変位拡大機構16aは、第1支持部10aの長手方向端部と隙間を置いてほぼ平行に対向した角柱形状の可動部（変位拡大部）22a、および第1支持部10aと可動部22aとの間を延びる互いに平行な一対のリンク部24a、25aを有している。可動部22aは、X軸方向に沿って延びるとともに、第1支持部10aに対しY軸方向に隙間を置いて位置している。一対のリンク部24a、25aは、Y軸方向に沿って互いに平行に延びている。

[0020] リンク部24aは、角柱形状に形成され、その長手方向の両端は、スリット状の切欠きを入れてそれぞれ幅を狭めることで構成される弾性ヒンジ27a、28aを介して第1支持部10aおよび可動部22aに連結されている。リンク部24aは、可動部22a側が細くなった段付の柱状に形成されて

いる。そして、リンク部 24 a は、可動部 22 a の移動方向（X 軸方向）と直交する方向（Y 軸方向）に延びている。

[0021] 他方のリンク部 25 a は板ばね 30 a により構成されている。リンク部 25 a は、Y 軸方向に延び、その長手方向両端はそれぞれ第 1 支持部 10 a および可動部 22 a に連結されている。

[0022] リンク部 24 a、25 a は平行リンクを構成し、可動部 22 a は、弾性ヒンジ 27 a、28 a の弾性変形および板ばね 30 a の弾性変形（たわみ）により、弾性ヒンジおよび板ばねを支点とする等価的な直線運動等が可能となっている。これにより、可動部 22 a は、第 1 支持部 10 a に対し X 軸方向に沿って移動可能に支持されている。

[0023] 第 1 圧電素子 14 a は、全体としてほぼ角柱形状に形成され、その動作軸方向に沿って変位可能に形成されている。第 1 圧電素子 14 a は、第 1 変位拡大機構 16 a の外側で第 1 支持部 10 a に取り付けられている。第 1 圧電素子 14 a の一端は、支持ベース 10 の台座部 10 c に固定されている。第 1 圧電素子 14 a の他端は、弾性ヒンジ 32 a を有するてこ機構 34 a を介して、リンク部 24 a の基端部に連結されている。これにより、第 1 圧電素子 14 a は、その動作軸が X 軸方向に延びた状態で、すなわち、可動部 22 a の移動方向と平行に延びた状態で、第 1 支持部 10 a と第 1 変位拡大機構 16 a との間に配置されている。

[0024] 支持ベース 10 の第 1 支持部 10 a、第 1 変位拡大機構 16 a の可動部 22 a、リンク部 24 a、25 a、弾性ヒンジ 27 a、28 a、32 a、およびてこ機構 34 a は、例えば、例えば、チタン合金鋼、ジュラルミン（高力アルミニウム）、ステンレス鋼や導電性セラミックス等の金属の剛性が高い材料により形成されている。可動部 22 a、リンク部 24 a、25 a、弾性ヒンジ 27 a、28 a、32 a、およびてこ機構 34 a は、第 1 変位拡大機構 16 a の可動機構として機能している。

[0025] 上記のように構成された第 1 変位拡大機構 16 a において、弾性ヒンジ 27 a、28 a それぞれの中心間におけるリンク部 24 a の長手方向の長さを

A、てこ機構 3 4 a の弾性ヒンジ 3 2 a と第 1 支持部 1 0 a 側の弾性ヒンジ 2 7 a との中心間距離を B とした場合、第 1 圧電素子 1 4 a の X 軸方向の微小変位は、可動部 2 2 a において A/B 倍のてこ比で拡大される。

[0026] 図 1 および図 2 に示すように、第 2 変位拡大機構 1 6 b は、第 1 変位拡大機構 1 6 a とほぼ対称に構成されている。第 2 変位拡大機構 1 6 b は、第 2 支持部 1 0 b の長手方向端部と隙間を置いてほぼ平行に対向した角柱形状の可動部（変位拡大部） 2 2 b、および第 2 支持部 1 0 b と可動部 2 2 b との間を延びた互いに平行な一対のリンク部 2 4 b、2 5 b を有している。可動部 2 2 b は、Y 軸方向に沿って延びているとともに、第 2 支持部 1 0 b に対し X 軸方向に隙間を置いて位置している。一対のリンク部 2 4 b、2 5 b は、X 軸方向に沿って互いに平行に延びている。

[0027] リンク部 2 4 b は、角柱形状に形成され、その長手方向の両端は、スリット状の切欠きを入れてそれぞれ幅を狭めることで構成される弾性ヒンジ 2 7 b、2 8 b を介して第 2 支持部 1 0 b および可動部 2 2 b に連結されている。リンク部 2 4 b は、可動部 2 2 b 側が細くなった段付の柱状に形成されている。そして、リンク部 2 4 b は、可動部 2 2 b の移動方向（Y 軸方向）と直交する方向（X 軸方向）に延びている。

[0028] 他方のリンク部 2 5 b は板ばね 3 0 b により構成されている。リンク部 2 5 b は、X 軸方向に延び、その長手方向両端はそれぞれ第 2 支持部 1 0 b および可動部 2 2 b に連結されている。

[0029] リンク部 2 4 b、2 5 b は平行リンクを構成し、可動部 2 2 b は、弾性ヒンジ 2 7 b、2 8 b の弾性変形および板ばね 3 0 b の弾性変形（たわみ）により、弾性ヒンジおよび板ばねを支点とする等価的な直線運動等が可能となっている。これにより、可動部 2 2 b は、第 2 支持部 1 0 b に対し Y 軸方向に沿って移動可能に支持されている。

[0030] 第 2 圧電素子 1 4 b は、全体としてほぼ角柱形状に形成され、その動作軸方向に沿って変位可能に形成されている。第 2 圧電素子 1 4 b は、第 2 変位拡大機構 1 6 b の外側で第 2 支持部 1 0 b に取り付けられている。第 2 圧電

素子 14 b の一端は、支持ベース 10 の台座部 10 c に固定されている。第 2 圧電素子 14 b の他端は、弾性ヒンジ 32 b を有するてこ機構 34 b を介して、リンク部 24 b の基端部に連結されている。これにより、第 2 圧電素子 14 b は、その動作軸が Y 軸方向に伸びた状態で、すなわち、可動部 22 b の移動方向と平行に伸びた状態で、第 2 支持部 10 b と第 2 変位拡大機構 16 b との間に配置されている。

[0031] 支持ベース 10 の第 2 支持部 10 b、第 2 変位拡大機構 16 b の可動部 22 b、リンク部 24 b、25 b、弾性ヒンジ 27 b、28 b、32 b、およびてこ機構 34 b は、例えば、例えば、チタン合金鋼、ジュラルミン(高力アルミニウム)、ステンレス鋼や導電性セラミックス等の金属の剛性が高い材料により形成されている。可動部 22 b、リンク部 24 b、25 b、弾性ヒンジ 27 b、28 b、32 b、およびてこ機構 34 b は、第 2 変位拡大機構 16 b の可動機構として機能している。

[0032] 上記のように構成された第 2 変位拡大機構 16 b において、弾性ヒンジ 25 b、25 b それぞれの中心間におけるリンク部 24 b の長手方向の長さを A、てこ機構 34 b の弾性ヒンジ 32 b と第 2 支持部 10 b 側の弾性ヒンジ 27 b との中心間距離を B とした場合、第 2 圧電素子 14 b の Y 軸方向の微小変位は、可動部 22 b において A/B 倍のてこ比で拡大される。

[0033] 図 1 および図 2 に示すように、ステージ 12 は、X-Y 平面内において、第 1 変位拡大機構 16 a と第 2 変位拡大機構 16 b との間に配置されている。ステージ 12 は、第 1 変位拡大機構 16 a の可動部 22 a の移動方向 X と第 2 変位拡大機構 16 b の可動部 22 b の移動方向 Y とが交差する位置に設けられている。

[0034] ステージ 12 は、第 1 駆動支持機構 18 a により第 1 変位拡大機構 16 a の可動部 22 a に連結され、第 2 駆動支持機構 18 b により第 2 変位拡大機構 16 b の可動部 22 b に連結されている。ステージ 12 は、第 1 および第 2 駆動支持機構 18 a、18 b により、X-Y 平面内で移動可能に支持されている。

[0035] 第1駆動支持機構18aは、駆動支持バネとして機能する平行リンク36aを有している。平行リンク36aは、例えば、一对の平行な板バネで構成され、一对の板バネは、それぞれ可動部22aの移動方向であるX軸方向に沿って延びているとともに、Y軸方向に隙間をおいて互いに対向している。平行リンク36aは、その長手方向一端が第1変位拡大機構16aの可動部22aに連結され、他端がステージ12に連結されている。平行リンク36aは、X軸方向、並びに、X軸およびY軸で構成されるX-Y平面と直交するZ軸方向には剛性が高く、X軸方向と直交するY軸方向には柔軟性を有している。これにより、平行リンク36aは、ステージ12を平行に保ち、ステージの回転を避けるとともに、可動部22aの変位をステージ12に伝達し、ステージ12をX軸方向に移動させる。

[0036] なお、平行リンク36aは、一对の平行板バネで構成したものに限らず、ビーム両端に切り込みを入れた弾性ヒンジや他の部材や部材で構成された平行リンクとしてもよい。

[0037] 第2駆動支持機構18bは、駆動支持バネとして機能する平行リンク36bを有している。平行リンク36bは、例えば、一对の平行な板バネで構成され、一对の板バネは、それぞれ可動部22bの移動方向であるY軸方向に沿って延びているとともに、X軸方向に隙間をおいて互いに対向している。平行リンク36bは、その長手方向一端が第2変位拡大機構16bの可動部22bに連結され、他端がステージ12に連結されている。これにより、平行リンク36bは、Y軸方向、およびZ軸方向には剛性が高く、Y軸方向と直交するX軸方向には柔軟性を有している。そして、平行リンク36bは、可動部22bの変位をステージ12に伝達し、ステージ12をY軸方向に移動させる。

なお、平行リンク36bは、一对の平行板バネで構成したものに限らず、ビーム両端に切り込みを入れた弾性ヒンジや他の部材や部材で構成された平行リンクとしてもよい。

[0038] 図1および図2に示すように、安定化支持機構20は、ステージ12に対

してX軸方向およびY軸方向に離間して、かつ、第1および第2駆動支持機構18a、18bと反対側に固定的に設けられたバネ固定部38と、このバネ固定部とステージ12とをそれぞれ連結した第1および第2安定化支持バネ40a、40bと、を備えている。

[0039] 第1および第2安定化支持バネ40a、40bは、板ばね、金属ワイヤ、コイルばね等によって形成されている。第1安定化支持バネ40aは、バネ固定部38からY軸方向に延びた後、X軸方向に延び、平行リンク36aの反対側でステージ12に連結されている。第1安定化支持バネ40aは、X軸方向およびY軸方向に弾性を有し、Z軸方向には高い剛性を有している。第2安定化支持バネ40bは、バネ固定部38からX軸方向に延びた後、Y軸方向に延び、平行リンク36bの反対側でステージ12に連結されている。第2安定化支持バネ40bは、X軸方向およびY軸方向に弾性を有し、Z軸方向には高い剛性を有している。第1および第2安定化支持バネ40a、40bは、ステージ12とバネ固定部38とを通る線に対してほぼ対称に形成され、本実施形態では、第1および第2安定化支持バネ40a、40bの両方でほぼ矩形棒状に形成されている。そして、これらの第1および第2安定化支持バネ40a、40bは、常に張力を保ち、ステージ12および平行リンク36a、36bに引っ張り方向の張力を作用させる。これにより、安定化支持機構20は、ステージ12のZ軸方向の変位および平行リンク36a、36bの圧縮方向の変位を抑制し、ステージ12をX-Y平面内に安定して支持している。

[0040] なお、安定化支持バネ40a、40bの形状は、上述のようにほぼ直角に屈曲した形状に限らず、例えば、円弧状に湾曲した形状としてもよく、X軸方向およびY軸方向に張力を印加できる形状であればよい。

[0041] 次に、上記のように構成された平面位置決め装置の動作について説明する。図1は、平面位置決め装置のステージ12が初期位置あるいは基準位置に位置した状態を示している。ステージ12を所望位置に移動させ位置決めする場合、例えば、第1圧電素子14aに電圧を印加しX軸方向に微小変位（

伸長)させると、この微小変位は、第1変位拡大機構16aにより、可動部22aのX軸方向の変位に増大される。可動部22aの変位は、第1駆動支持機構18aの平行リンク36aによってステージ12に伝達され、ステージ12は、X-Y平面内で支持ベース10に対してX軸方向に移動する。また、第2圧電素子14bに電圧を印加しY軸方向に微小変位(伸長)させると、この微小変位は、第2変位拡大機構16bにより、可動部22bのY軸方向の変位に増大される。可動部22bの変位は、第2駆動支持機構18bの平行リンク36bによってステージ12に伝達され、ステージ12は、X-Y平面内で支持ベース10に対してY軸方向に移動する。この際、安定化支持機構20は、ステージ12の変位が発生する駆動方向に常に張力を作用させ、ステージ12および平行リンク36a、36bに引っ張り方向の張力を作用させる。これにより、安定化支持機構20は、ステージ12のZ軸方向の変位および平行リンク36a、36bの圧縮方向の変位を抑制し、ステージ12をX-Y平面内に安定して支持する。

[0042] 平面位置決め装置における変位拡大機構の性能を評価する場合、図2に示すような単純化したモデルを考えることができる。図2において、リンク部24a、24bの長さA、および、弾性ヒンジ27a、27bから圧電素子の支点となる弾性ヒンジ32a、32bまでの長さBにより、変位拡大機構の変位拡大率が決められる。第1および第2圧電素子14a、14bの微小変位は、第1および第2変位拡大機構16a、16の可動部22a、22bにおいてX軸方向、Y軸方向共にA/B倍の変位量に拡大される。

[0043] 図2に示すモデル化した平面位置決め装置において、

k_a : 第1、第2圧電素子14a、14bのバネ定数、

δ_{ax} 、 δ_{ay} : 第1、第2圧電素子14a、14bの無負荷時の伸び、

k_θ : 弾性ヒンジ27a、27b、28a、28b、32a、32bの回転バネ定数、

k_m : 第1、第2変位拡大機構の板バネ30a、30bのバネ定数、

k_p : 駆動支持バネ(平行板バネ)のバネ定数、

k_{xx} 、 k_{xy} : X軸方向安定化支持バネ40aのX軸方向およびY軸方向のバネ定数、

k_{yy} 、 k_{yx} : Y軸方向安定化支持バネ40bのY軸方向およびX軸方向のバネ定数、

対称構造とする場合、 $k_{xy} = k_{yx}$ 、 $k_{xx} = k_{yy}$ 、

θ_x : Y軸方向に対するリンク部24aの傾斜角、

θ_y : X軸方向に対するリンク部24bの傾斜角、

M : ステージ12の質量、

m : 可動部22a、22bの質量、

u_x : X軸方向の拡大変位量、

u_y : Y軸方向の拡大変位量、

をそれぞれ示している。

[0044] このように単純化したモデルを解析すると、X軸方向の拡大変位量 u_x 、Y軸方向の拡大変位量 u_y 、X軸方向の共振周波数 f_x 、Y軸方向の共振周波数 f_y を次のように導くことができる。

[数1]

$$u_x = \left(\frac{A}{B} \right) \left(\frac{k_a}{k_{apx}} \right) \delta_{ax} \quad (1)$$

[数2]

$$u_y = \left(\frac{A}{B} \right) \left(\frac{k_a}{k_{apy}} \right) \delta_{ay} \quad (2)$$

[数3]

$$f_x = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{B}{A} \right) \sqrt{\frac{k_{apx}}{M+m}} \quad (3)$$

[数4]

$$f_y = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{B}{A} \right) \sqrt{\frac{k_{apy}}{M+m}} \quad (4)$$

[数5]

$$k_{apx} = \left(\frac{A}{B}\right)^2 (k_m + k_{xx} + k_{yx} + 2k_p) + 3\left(\frac{1}{B}\right)^2 k_\theta + k_a \quad (5)$$

[数6]

$$k_{apy} = \left(\frac{A}{B}\right)^2 (k_m + k_{yy} + k_{xy} + 2k_p) + 3\left(\frac{1}{B}\right)^2 k_\theta + k_a \quad (6)$$

[0045] ここで、 k_{apx} 、 k_{apy} は、平面位置決め装置全体の X 軸方向、Y 軸方向のバネ定数に相当している。

[0046] 第 1、第 2 変位拡大機構の拡大変位量 u_x 、 u_y を大きくするためには、前記式 (1) (2) から、拡大率 (てこ比) (A/B) を大きくするか、バネ定数 k_a および伸び δ_{ax} 、 δ_{ay} の大きな圧電素子を選択するか、あるいは、装置全体のバネ定数 k_{apx} 、 k_{apy} を小さくする必要がある。

一方、共振周波数 f_x 、 f_y を大きくするためには、式 (3) (4) から、運動部分の質量 M 、 m を小さく、装置全体のバネ定数 k_{apx} 、 k_{apy} を大きく、更に拡大率 (A/B) を小さくすればよいことがわかる。

[0047] 本実施形態に係る平面位置決め装置では、装置全体のバネ定数 k_{apx} 、 k_{apy} を大きく、運動部分の質量 M 、 m を小さくすることで、共振周波数 f_x 、 f_y を高く維持して、かつ、変位量の拡大率 A/B 、バネ定数 k_a および伸び δ_{ax} 、 δ_{ay} の大きな圧電素子を選択することで大きな拡大変位量 u_x 、 u_y を得るものである。

[0048] 図 3 は、ステージの最大変位量が $100 \mu m$ に設計された平面位置決め装置 ($100 \mu m$) の性能評価のために行った有限要素法による共振周波数解析 (FEM 解析) の一次共振周波数モードの結果を示している。この結果から、本平面位置決め装置は、1 次共振周波数が 3.18 kHz であり、非常に高い共振周波数を得られることが分かる。

[0049] 図 4 は、ステージの最大変位量が $100 \mu m$ に設計された平面位置決め装置 ($100 \mu m$) の性能評価のために、平面位置決め装置の静的な最大変位を有限要素法により解析 (FEM 解析) した結果を示している。この結果は

、第1、第2圧電素子に150Vの電圧を印加した場合の拡大変位量 u_x 、 u_y が、 $106\mu\text{m}$ （シュミレーション）になることを示している。

[0050] 上記構成の平面位置決め装置（ $100\mu\text{m}$ ）を試作して実際に、共振周波数および最大変位量を測定した。第1、第2圧電素子に150Vの電圧を印加した場合、一次共振周波数は、図5に示すように、 3.6kHz となった。また、図6に示すように、最大変位量は $112\mu\text{m}$ となり、FEM解析により得られた性能を実際に得ることができた。

[0051] 以上のように構成された平面位置決め装置によれば、アクチュエータの微小変位を変位拡大機構により増大してステージに伝達することにより、ステージの大きな変位量を得ることができる。第1、第2駆動支持機構を平行リンクで構成することにより、引っ張り方向には剛性が高いが、直角なY軸方向またはX軸方向にはステージを柔軟に支持する構造とすることができる。これにより、ステージを平行に保ちながら、ステージのZ軸周りでの回転を防止することができる。例えば、第1圧電素子によりX軸方向の変位が生じる場合、ステージのY軸方向の動きを抑制している第2駆動支持機構の動作の影響を受けにくく、ステージの大きな変位を得ることができる。

[0052] また、第1、第2駆動支持機構および安定化支持機構によってステージを支持することにより、ステージをX-Y平面内で平行に安定して支持することができる。第1、第2駆動支持機構によりステージを柔軟に保持すると、ステージの運動によって駆動支持機構の平行リンクは圧縮に対して不安定になるが、安定化支持機構により、ステージに常に張力を印加し、ステージおよび平行リンクに引っ張り方向の力を作用させることにより、ステージを安定に高速且つ高精度に位置決めを行うことが可能になる。ステージは駆動支持機構および安定化支持機構により駆動方向とZ軸方向以外には柔軟に支持されているため、最大変位が数百ミクロンのストロークを確保しながら機械剛性が高く、高速、かつナノメータオーダー以下の精度でステージを正確に位置決めすることができる。

[0053] 以上のことから、高い共振周波数を維持しつつ、拡大変位量を増大するこ

とができると共に、高速かつ高精度で位置決めすることができる平面位置決め装置が得られる。また、アクチュエータ構造の選択や自由度を独立して設計することができ、変位量が大きくなアクチュエータを用いた場合でも、アクチュエータによる寸法上の制約を回避することができ、動作領域が大きい平面位置決め装置を得ることが可能となる。

[0054] 更に、本平面位置決め装置は、高い共振周波数と大きな変位拡大が可能であり、走査型プローブ顕微鏡や半導体検査装置の移動機構の高度化、温度ドリフトや外乱補償にも容易に対応する制御性能を実現することができる。

[0055] 次に、この発明の第2の実施形態に係る平面位置決め装置について説明する。

[0056] 図7は、第2の実施形態に係る平面位置決め装置を示す平面図である。図7に示すように、平面位置決め装置は、固定部として機能するほぼL字形の支持ベース10と、位置決め対象となる、X-Y平面内で移動可能なステージ12と、X軸方向の変位を発生する第1アクチュエータとして機能する積層型の第1圧電素子14aと、X軸方向と直交するY軸方向の変位を発生する第2アクチュエータとして機能する積層型の第2圧電素子14bと、第1圧電素子14aの変位を拡大する第1変位拡大機構16aと、第2圧電素子14bの変位を拡大する第2変位拡大機構16bと、ステージ12と第1変位拡大機構16aとを連結し、第1変位拡大機構により拡大された変位をステージ12に伝達する第1駆動支持機構18aと、ステージ12と第2変位拡大機構16bとを連結し、第2変位拡大機構により拡大された変位をステージ12に伝達する第2駆動支持機構18bと、ステージ12に駆動方向の張力を印加してステージの支持を安定化する安定化支持機構20と、を備えている。

[0057] 図7に示すように、支持ベース10は、X軸方向（第1方向）に延びる角柱形状の第1支持部10aと、第1支持部10aに対して直角な方向、すなわち、Y軸方向（第2方向）に延びる角柱形状の第2支持部10bとを一体に有している。第1支持部10の延出側端部には、Y方向に突出した矩形の台座部10cが一体に形成されている。

- [0058] 第1変位拡大機構16aは、第1支持部10aの長手方向中間部に設けられている。すなわち、第1変位拡大機構16aは、第1支持部10aの長手方向中間部と隙間を置いてほぼ平行に対向した角柱形状の可動部（変位拡大部）22a、および第1支持部10aと可動部22aとの間を延びる互いに平行な一对のリンク部24a、25aを有している。可動部22aは、X軸方向に沿って延びているとともに、第1支持部10aに対しY軸方向に隙間を置いて位置している。一对のリンク部24a、25aは、Y軸方向に沿って互いに平行に延びている。
- [0059] リンク部24aは、角柱形状に形成され、その長手方向の両端は、スリット状の切欠きを入れてそれぞれ幅を狭めることで構成される弾性ヒンジ27a、28aを介して第1支持部10aおよび可動部22aに連結されている。リンク部24aの可動部22a側の約半分は、先細に形成されているとともに、この部分に開口が形成され、弾性ヒンジ28aで連結された板ばね状に形成されている。リンク部24aは、可動部22aの移動方向（X軸方向）と直交する方向（Y軸方向）に延びている。
- [0060] 他方のリンク部25aは板ばね30aにより構成されている。リンク部25aは、Y軸方向に延び、その長手方向両端はそれぞれ第1支持部10aおよび可動部22aに連結されている。
- [0061] リンク部24a、25aは平行リンクを構成し、可動部22aは、弾性ヒンジ27a、28aの弾性変形および板ばね30aの弾性変形（たわみ）により、弾性ヒンジおよび板ばねを支点とする等価的な直線運動等が可能となっている。これにより、可動部22aは、第1支持部10aに対しX軸方向に沿って移動可能に支持されている。
- [0062] 第1圧電素子14aは、全体としてほぼ角柱形状に形成され、その動作軸方向に沿って変位可能に形成されている。第1圧電素子14aは、第1変位拡大機構16aの外側で第1支持部10aに取り付けられている。第1圧電素子14aの一端は、支持ベース10の台座部10cに固定されている。第1圧電素子10aの他端は、弾性ヒンジ32aを有するてこ機構34aを介

して、リンク部24aの基端部に連結されている。これにより、第1圧電素子14aは、その動作軸がX軸方向に伸びた状態で、すなわち、可動部22aの移動方向と平行に伸びた状態で、第1支持部10aと第1変位拡大機構16aとの間に配置されている。

[0063] 支持ベース10の第1支持部10a、第1変位拡大機構16aの可動部22a、リンク部24a、25a、弾性ヒンジ27a、28a、32a、およびこの機構34aは、例えば、例えば、チタン合金鋼、ジュラルミン(高力アルミニウム)、ステンレス鋼や導電性セラミックス等の金属の剛性が高い材料により形成されている。可動部22a、リンク部24a、25a、弾性ヒンジ27a、28a、32a、およびこの機構34aは、第1変位拡大機構16aの可動機構として機能している。

[0064] 第1変位拡大機構16aにおいて、弾性ヒンジ27a、28aそれぞれの中心間におけるリンク部24aの長手方向の長さをA、この機構34aの弾性ヒンジ32aと第1支持部10a側の弾性ヒンジ27aとの中心間距離をBとした場合、第1圧電素子14aのX軸方向の微小変位は、可動部22aにおいてA/B倍のこの比で拡大される。

[0065] 図7に示すように、第2変位拡大機構16bは、第1変位拡大機構16aとほぼ同様に構成されている。第2変位拡大機構16bは、第2支持部10bの長手方向端部と隙間を置いてほぼ平行に対向した角柱形状の可動部(変位拡大部)22b、および第2支持部10bと可動部22bとの間を伸びた互いに平行な一対のリンク部24b、25bを有している。可動部22bは、Y軸方向に沿って伸びているとともに、第2支持部10bに対しX軸方向に隙間を置いて位置している。一対のリンク部24b、25bは、X軸方向に沿って互いに平行に伸びている。

[0066] リンク部24bは、角柱形状に形成され、その長手方向の両端は、スリット状の切欠きを入れてそれぞれ幅を狭めることで構成される弾性ヒンジ27b、28bを介して第2支持部10bおよび可動部22bに連結されている。リンク部24bの可動部22b側の約半分は、先細に形成されているとと

もに、この部分に開口が形成され、弾性ヒンジ28bで連結された板ばね状に形成されている。そして、リンク部24bは、可動部22bの移動方向（Y軸方向）と直交する方向（X軸方向）に延びている。

[0067] 他方のリンク部25bは板ばね30bにより構成されている。リンク部25bは、X軸方向に延び、その長手方向両端はそれぞれ第2支持部10bおよび可動部22bに連結されている。

[0068] リンク部24b、25bは平行リンクを構成し、可動部22bは、弾性ヒンジ27b、28bの弾性変形および板ばね30bの弾性変形（たわみ）により、弾性ヒンジおよび板ばねを支点とする等価的な直線運動等が可能となっている。これにより、可動部22bは、第2支持部10bに対しY軸方向に沿って移動可能に支持されている。

[0069] 第2圧電素子14bは、全体としてほぼ角柱形状に形成され、その動作軸方向に沿って変位可能に形成されている。第2圧電素子14bは、その一端が第1支持部10aの基端部に固定され、第2支持部10bと隙間を置いてY軸方向に延びている。第2圧電素子14bの他端は、弾性ヒンジ32bを有するてこ機構34bを介して、リンク部24bの基端部に連結されている。これにより、第2圧電素子14bは、その動作軸がY軸方向に延びた状態で、すなわち、可動部22bの移動方向と平行に延びた状態で、第1支持部10aと第2変位拡大機構16bとの間に配置されている。

[0070] 支持ベース10の第2支持部10b、第2変位拡大機構16bの可動部22b、リンク部24b、25b、弾性ヒンジ27b、28b、32b、およびてこ機構34bは、例えば、例えば、チタン合金鋼、ジュラルミン（高力アルミニウム）、ステンレス鋼や導電性セラミックス等の金属の剛性が高い材料により形成されている。可動部22b、リンク部24b、25b、弾性ヒンジ27b、28b、32b、およびてこ機構34bは、第2変位拡大機構16bの可動機構として機能している。

[0071] 第2変位拡大機構16bにおいて、弾性ヒンジ27b、28bそれぞれの中心間におけるリンク部24bの長手方向の長さをA、てこ機構34bの弾

性ヒンジ32bと第2支持部10b側の弾性ヒンジ27bとの中心間距離をBとした場合、第2圧電素子14bのY軸方向の微小変位は、可動部22bにおいてA/B倍のてこ比で拡大される。

- [0072] ステージ12は、X-Y平面内において、第1変位拡大機構16aと第2変位拡大機構16bとの間に配置されている。ステージ12は、第1変位拡大機構16aの可動部22aの移動方向Xと第2変位拡大機構16bの可動部22bの移動方向Yとが交差する位置に設けられている。
- [0073] ステージ12は、第1駆動支持機構18aにより第1変位拡大機構16aの可動部22aに連結され、第2駆動支持機構18bにより第2変位拡大機構16bの可動部22bに連結されている。ステージ12は、第1および第2駆動支持機構18a、18bにより、X-Y平面内で移動可能に支持されている。
- [0074] 第1駆動支持機構18aは、駆動支持バネとして機能する平行リンク36aを有している。平行リンク36aは、例えば、一对の平行な板バネで構成され、一对の板バネは、それぞれ可動部22aの移動方向であるX軸方向に沿って延びているとともに、Y軸方向に隙間をおいて互いに対向している。平行リンク36aは、その長手方向一端が第1変位拡大機構16aの可動部22aに連結され、他端がステージ12に連結されている。平行リンク36aは、X軸方向、並びに、X軸およびY軸で構成されるX-Y平面と直交するZ軸方向には剛性が高く、X軸方向と直交するY軸方向には柔軟性を有している。これにより、平行リンク36aは、ステージ12を平行に保ち、ステージの回転を避けるとともに、可動部22aの変位をステージ12に伝達し、ステージ12をX軸方向に移動させる。
- [0075] なお、平行リンク36aは、一对の平行板バネで構成したものに限らず、ビーム両端に切り込みを入れた弾性ヒンジや他の部材や部材で構成された平行リンクとしてもよい。
- [0076] 第2駆動支持機構18bは、駆動支持バネとして機能する平行リンク36bを有している。平行リンク36bは、例えば、一对の平行な板バネで構成

され、一对の板バネは、それぞれ可動部 22 b の移動方向である Y 軸方向に沿って延びているとともに、X 軸方向に隙間をおいて互いに対向している。平行リンク 36 b は、その長手方向一端が第 2 変位拡大機構 16 b の可動部 22 b に連結され、他端がステージ 12 に連結されている。平行リンク 36 b は、Y 軸方向、および Z 軸方向には剛性が高く、Y 軸方向と直交する X 軸方向には柔軟性を有している。そして、平行リンク 36 b は、可動部 22 b の変位をステージ 12 に伝達し、ステージ 12 を Y 軸方向に移動させる。

なお、平行リンク 36 b は、一对の平行板バネで構成したものに限らず、ビーム両端に切り込みを入れた弾性ヒンジや他の部材や部材で構成された平行リンクとしてもよい。

[0077] 図 7 に示すように、安定化支持機構 20 は、ステージ 12 に対して X 軸方向および Y 軸方向に離間して、かつ、第 1 および第 2 駆動支持機構 18 a、18 b と反対側に固定的に設けられたバネ固定部 38 と、このバネ固定部とステージ 12 とをそれぞれ連結した第 1 および第 2 安定化支持バネ 40 a、40 b と、を備えている。

[0078] 第 1 および第 2 安定化支持バネ 40 a、40 b は、板ばね、金属ワイヤ、コイルばね等によって形成されている。第 1 安定化支持バネ 40 a は、バネ固定部 38 から Y 軸方向に延びた後、X 軸方向に延び、平行リンク 36 a の反対側でステージ 12 に連結されている。第 1 安定化支持バネ 40 a は、X 軸方向および Y 軸方向に弾性を有し、Z 軸方向には高い剛性を有している。第 2 安定化支持バネ 40 b は、バネ固定部 38 から X 軸方向に延びた後、Y 軸方向に延び、平行リンク 36 b の反対側でステージ 12 に連結されている。第 2 安定化支持バネ 40 b は、X 軸方向および Y 軸方向に弾性を有し、Z 軸方向には高い剛性を有している。第 1 および第 2 安定化支持バネ 40 a、40 b は、ステージ 12 とバネ固定部 38 とを通る線に対してほぼ対称に形成され、本実施形態では、第 1 および第 2 安定化支持バネ 40 a、40 b の両方でほぼ矩形棒状に形成されている。そして、これらの第 1 および第 2 安定化支持バネ 40 a、40 b は、常に張力を保ち、ステージ 12 および平行

リンク 36 a、36 b に引っ張り方向の張力を作用させる。これにより、安定化支持機構 20 は、ステージ 12 の Z 軸方向の変位および平行リンク 36 a、36 b の圧縮方向の変位を抑制し、ステージ 12 を X-Y 平面内に安定して支持する。

[0079] なお、安定化支持バネ 40 a、40 b の形状は、上述のようにほぼ直角に屈曲した形状に限らず、例えば、円弧状に湾曲した形状としてもよく、X 軸方向および Y 軸方向に張力を印加できる形状であればよい。

[0080] 次に、上記のように構成された平面位置決め装置の動作について説明する。図 7 は、平面位置決め装置のステージ 12 が初期位置あるいは基準位置に位置した状態を示している。ステージ 12 を所望位置に移動させ位置決めする場合、例えば、第 1 圧電素子 14 a に電圧を印加し X 軸方向に微小変位（伸長）させると、この微小変位は、第 1 変位拡大機構 16 a により、可動部 22 a の X 軸方向の変位に増大される。可動部 22 a の変位は、第 1 駆動支持機構 18 a の平行リンク 36 a によってステージ 12 に伝達され、ステージ 12 は、X-Y 平面内で支持ベース 10 に対して X 軸方向に移動する。また、第 2 圧電素子 14 b に電圧を印加し Y 軸方向に微小変位（伸長）させると、この微小変位は、第 2 変位拡大機構 16 b により、可動部 22 b の Y 軸方向の変位に増大される。可動部 22 b の変位は、第 2 駆動支持機構 18 b の平行リンク 36 b によってステージ 12 に伝達され、ステージ 12 は、X-Y 平面内で支持ベース 10 に対して Y 軸方向に移動する。

[0081] この際、安定化支持機構 20 は、ステージ 12 の変位が発生する駆動方向に常に張力を作用させ、ステージ 12 および平行リンク 36 a、36 b に引っ張り方向の張力を作用させる。これにより、安定化支持機構 20 は、ステージ 12 の Z 軸方向の変位および平行リンク 36 a、36 b の圧縮方向の変位を抑制し、ステージ 12 を X-Y 平面内に安定して支持する。

[0082] 図 8 は、ステージの最大変位量が $500\ \mu\text{m}$ に設計された平面位置決め装置（ $500\ \mu\text{m}$ ）の性能評価のために行った有限要素法による共振周波数解析（FEM 解析）の一次共振振周波数モードの結果を示している。この結果が

ら、本平面位置決め装置は、1次共振周波数が1.88kHzであり、高い共振周波数を得られることが分かる。

[0083] 図9は、ステージの最大変位量が500 μ mに設計された平面位置決め装置(500 μ m)の性能評価のために、平面位置決め装置の静的な最大変位をFEM解析した結果を示している。この結果は、第1、第2圧電素子に150Vの電圧を印加した場合のステージの拡大変位量 u_x 、 u_y は、450 μ mになることを示している。

[0084] 以上のように構成された第2の実施形態に係る平面位置決め装置においても、前述した第1の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。すなわち、高い共振周波数を維持しつつ、拡大変位量を増大することができると共に、高速かつ高精度で位置決めすることができる平面位置決め装置が得られる。また、アクチュエータ構造の選択や自由度を独立して設計することができ、変位量が大きなアクチュエータを用いた場合でも、アクチュエータによる寸法上の制約を回避することができ、動作領域が大きい平面位置決め装置を得ることが可能となる。更に、本平面位置決め装置は、高い共振周波数と大きな変位拡大が可能であり、走査型プローブ顕微鏡や半導体検査装置の移動機構の高度化、温度ドリフトや外乱補償にも容易に対応する制御性能を実現することができる。

[0085] 次に、平面位置決め装置を備えた検査装置を、例えば、走査型プローブ顕微鏡に適用した実施形態について説明する。

図11は、本実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡(SPM)および検査媒体として円盤状のシリコンウエファを示している。図11に示すように、SPMは、第1の実施形態で説明した平面位置決め装置を備えている。平面位置決め装置の構成は、前述した第1の実施形態と同一であり、同一の部分に同一の参照符号を付してその詳細な説明を省略する。平面位置決め装置の支持ベース10は、支持基板72上に固定支持されている。平面位置決め装置における安定化支持機構20のバネ固定部38は、支持基板72に固定されている。また、支持基盤72は、可動テーブル74上に固定されている。

これにより、平面位置決め装置は、X-Y平面内に配置されている。

[0086] SPMは、平面位置決め装置のステージ12上に設けられたZ軸ステージ60と、Z軸ステージ上に固定されたカンチレバー64と、カンチレバー64の先端に設けられた探針66と、を備えている。Z軸ステージ60は、X軸方向およびY軸方向と直交するZ軸方向に変位可能な第3アクチュエータとして機能する。更に、SPMは、例えば検出する物理量をトンネル電流とすれば、探針66と検査媒体との間に流れるトンネル電流を増幅するアンプ、増幅されたトンネル電流を検出する検出器、探針66と検査媒体との間隔を調整するとともに、平面位置決め装置により探針66を走査する制御部、および、測定されたトンネル電流に基づいて検査媒体表面の凹凸を原子レベルの画像として表示する表示装置を備えている。

[0087] 検査媒体であるシリコンウェハ80の下面に、多数の半導体回路82が露光形成されている。シリコンウェハ80は、X-Y平面内に配置および保持され、その下面の検査領域がSPMの探針66と所定の微小隙間を置いて対向するように配置される。SPMは、可動テーブル74の動作により平面位置決め装置をシリコンウェハ80に対して所定位置に移動および位置決めした後、更に、平面位置決め装置により探針66をシリコンウェハ80の検査領域をX、Y軸方向に微小距離移動させて検査領域を走査する。そして、走査の間、探針66とシリコンウェハ80の表面との間に流れるトンネル電流を測定し、このトンネル電流に基づいて、シリコンウェハ80の半導体回路パターンを原子レベルで観察および画像表示する。

[0088] なお、探針66による走査は、探針66とシリコンウェハ80との距離を一定に保った状態で行う方法、あるいは、トンネル電流が一定となるように、探針66をシリコンウェハ80表面の凹凸に合わせて昇降させながらX、Y軸方向に走査する方法のいずれでもよい。

[0089] 上記のように構成されたSPMによれば、上述した平面位置決め装置を用いて探針66を位置決めすることにより、探針66の走査速度を従来に比較して著しく早くし、かつ、高精度な同一平面内の移動を可能とすることがで

きる。また、積層型圧電素子を用いたステージとしては、 $500\mu\text{m}$ 平方の領域を超えるような大きな走査距離及び範囲を高い共振周波数と共に両立させることができる。そのため、半導体やフラットディスプレイの製造や検査及び今までのSPMでは計測できなかった広範囲の観察を必要とする分野を中心に適用範囲の拡大が可能となり、オンラインによる高速で高精度な走査技術を要求する分野にSPMの応用分野を広げることが可能となる。

[0090] なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素の変形や構成材料を変更することでより高い性能が具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば実施の形態に示される全体構成要素からいくつかの構成要素を削除してもよい。更に異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

[0091] 例えば、第1および第2の実施形態において、第1変位拡大機構および第2変位拡大機構を省略し、第1駆動支持機構をステージと第1アクチュエータとの間に設け、また、第2駆動支持機構をステージと第2アクチュエータとの間に設ける構成としてもよい。

[0092] また、変位拡大機構を構成する支持部、可動部、リンク部の形状は上述した実施形態に限らず、必要に応じて変形可能である。リンク部を構成する板バネは、必ずしも一様な板バネに限らず、長さ方向、あるいは、幅方向に断面形状が変化する板バネを用いてもよい。また、板バネ以外に、もう一对のリンク形状で変位拡大機構を構成してもよい。

[0093] リンク部の長さAに係わらず、支持部において、板バネやリンク部との接続部を可動部側に延長し、板バネやリンク部の長さを調整する構成としてもよい。アクチュエータは、積層型の圧電素子に限らず、他の圧電素子、磁歪素子、電磁力を応用する機構等の同様な推力特性を有する駆動素子を用いることもできる。

[0094] この発明に係る検査装置は、SPMに限らず、他の検査装置や製造装置や測定機などにも適用可能である。すなわち、この発明に係る平面位置決め装

置は、検査装置に限らず、製造装置や測定機、その他の種々の装置に用いることができる。更に、SPMは、上述した走査型のトンネル顕微鏡（STM）に限らず、原子間力を利用する原子間力顕微鏡（AFM）や他の物理量を指標とする走査型プローブ顕微鏡に適用してもよい。前述した実施形態において、SPMの平面位置決め装置は、第1の実施形態に係る平面位置決め装置に限らず、第2の実施形態に係る平面位置決め装置などを用いてもよい。

産業上の利用可能性

- [0095] 高い共振周波数を維持しつつ、拡大変位量を増大することができると共に、高速かつ高精度で位置決めすることができる平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置が得られる。平面位置決め装置は、高い共振周波数と大きな変位拡大が可能であり、走査型プローブ顕微鏡や半導体検査装置および検査装置に応用される移動機構の高速・高精度が可能となり、温度ドリフトや外乱補償にも容易に対応する制御性能を実現することができる。

符号の説明

- [0096] 10…支持ベース、10a…第1支持部、10b…第2支持部、12…ステージ、
- 14a…第1圧電素子、14b…第2圧電素子、16a…第1変位拡大機構、
- 16b…第2変位拡大機構、18a…第1駆動支持機構、18b…第2駆動支持機構、
- 20…安定化支持機構、22a、22b…可動部、
- 24a、24b、25a、25b…リンク部、
- 27a、27b、28a、28b、32a、32b…弾性ヒンジ、38…バネ固定部、
- 40a…第1安定化支持バネ、40b…第2安定化支持バネ、60…Z軸ステージ、
- 64…カンチレバー、66…探針、72…支持板

請求の範囲

[請求項1]

第1軸方向に沿って変位可能な第1アクチュエータと、
前記第1軸と直交する第2軸方向に沿って変位可能な第2アクチュエータと、
前記第1アクチュエータの第1軸方向の変位を拡大する第1変位拡大機構と、
前記第2アクチュエータの第2軸方向の変位を拡大する第2変位拡大機構と、
前記第1軸および第2軸と平行な平面内に設けられたステージと、
前記第1変位拡大機構と前記ステージとを連結し、前記ステージを前記平面内に支持しているとともに、前記第1変位拡大機構により拡大された前記第1軸方向の変位を前記ステージに伝達する第1駆動支持機構と、
前記第2変位拡大機構と前記ステージとを連結し、前記ステージを前記平面内に支持しているとともに、前記第2変位拡大機構により拡大された第2軸方向の変位を前記ステージに伝達する第2駆動支持機構と、
前記ステージに連結され前記ステージを支持しているとともに、前記第1軸方向および前記第2軸方向の張力を前記ステージに与える安定化支持機構と、を備えた平面位置決め装置。

[請求項2]

前記第1駆動支持機構は、前記ステージと前記第1変位拡大機構との間に連結され前記第1軸方向に沿って延びる第1駆動支持バネを有し、前記第1駆動支持バネは、前記第1軸方向と直交する前記第2軸方向に柔軟性を有し、前記第1軸方向、および前記第1軸と第2軸で構成されるX-Y平面に直交するZ軸方向に剛性を有し、
前記第2駆動支持機構は、前記ステージと前記第2変位拡大機構との間に連結され前記第2軸方向に沿って延びる第2駆動支持バネを有し、前記第2駆動支持バネは、前記第2軸方向と直交する前記第1軸

方向に柔軟性を有し、前記第 2 軸方向、および前記 Z 軸方向に剛性を有している請求項 1 に記載の平面位置決め装置。

[請求項3] 前記第 1 駆動支持バネは、前記第 1 軸方向に沿って延びる平行リンクで形成され、前記第 2 駆動支持バネは、前記第 2 軸方向に沿って延びる平行リンクで形成されている請求項 2 に記載の平面位置決め装置。

[請求項4] 前記第 1 駆動支持機構の前記平行リンクは、前記ステージと前記第 1 変位拡大機構と間に連結された一对の平行な板バネにより構成され、前記第 2 駆動支持機構の前記平行リンクは、前記ステージと前記第 2 変位拡大機構と間に連結された一对の平行な板バネにより構成されている請求項 3 に記載の平面位置決め装置。

[請求項5] 前記安定化支持機構は、前記支持体に対して固定的に設けられたバネ固定部と、前記バネ固定部と前記ステージとの間に連結され前記第 1 軸方向の張力を前記ステージに印加するとともに前記 Z 軸方向に剛性を有する第 1 安定化支持バネと、前記バネ固定部と前記ステージとの間に連結され前記第 2 軸方向の張力を前記ステージに印加するとともに前記 Z 軸方向に剛性を有する第 2 安定化支持バネと、を備えている請求項 1 に記載の平面位置決め装置。

[請求項6] 前記第 1 安定化支持バネおよび第 2 安定化支持バネは、前記ステージと前記バネ固定部とを通る線に対して対称に形成および配置されている請求項 5 に記載の平面位置決め装置。

[請求項7] 前記第 1 アクチュエータおよび第 2 アクチュエータは、積層型の圧電素子である請求項 1 に記載の平面位置決め装置。

[請求項8] 第 1 軸方向およびこれと直交する第 2 軸方向を有する平面内に移動可能に設けられたステージと、
前記第 1 軸方向の変位を発生する第 1 アクチュエータと、
前記第 2 軸方向の変位を発生する第 2 アクチュエータと、
前記第 1 アクチュエータと前記ステージとの間に設けられ、前記ス

ステージを支持しているとともに前記第 1 アクチュエータの第 1 軸方向の変位を前記ステージに伝達する第 1 駆動支持機構と、

前記第 2 アクチュエータと前記ステージとの間に設けられ、前記ステージを支持しているとともに前記第 2 アクチュエータの第 2 軸方向の変位を前記ステージに伝達する第 2 駆動支持機構と、

前記ステージに連結され前記ステージを支持しているとともに、前記第 1 軸方向および第 2 軸方向の張力を与え前記ステージに与える安定化支持機構と、を備えた平面位置決め装置。

[請求項9]

前記第 1 駆動支持機構は、前記ステージと前記第 1 アクチュエータとの間に連結され前記第 1 軸方向に沿って延びる第 1 駆動支持バネを有し、前記第 1 駆動支持バネは、前記第 1 軸方向と直交する前記第 2 軸方向に柔軟性を有し、前記第 1 軸方向、および前記第 1 軸と第 2 軸で構成される X-Y 平面に直交する Z 軸方向に剛性を有し、

前記第 2 駆動支持機構は、前記ステージと前記第 2 アクチュエータとの間に連結され前記第 2 軸方向に沿って延びる第 2 駆動支持バネを有し、前記第 2 駆動支持バネは、前記第 2 軸方向と直交する前記第 1 軸方向に柔軟性を有し、前記 Z 軸方向に剛性を有している請求項 8 に記載の平面位置決め装置。

[請求項10]

前記第 1 駆動支持バネは、前記第 1 軸方向に沿って延びる平行リンクで形成され、前記第 2 駆動支持バネは、前記第 2 軸方向に沿って延びる平行リンクで形成されている請求項 9 に記載の平面位置決め装置。

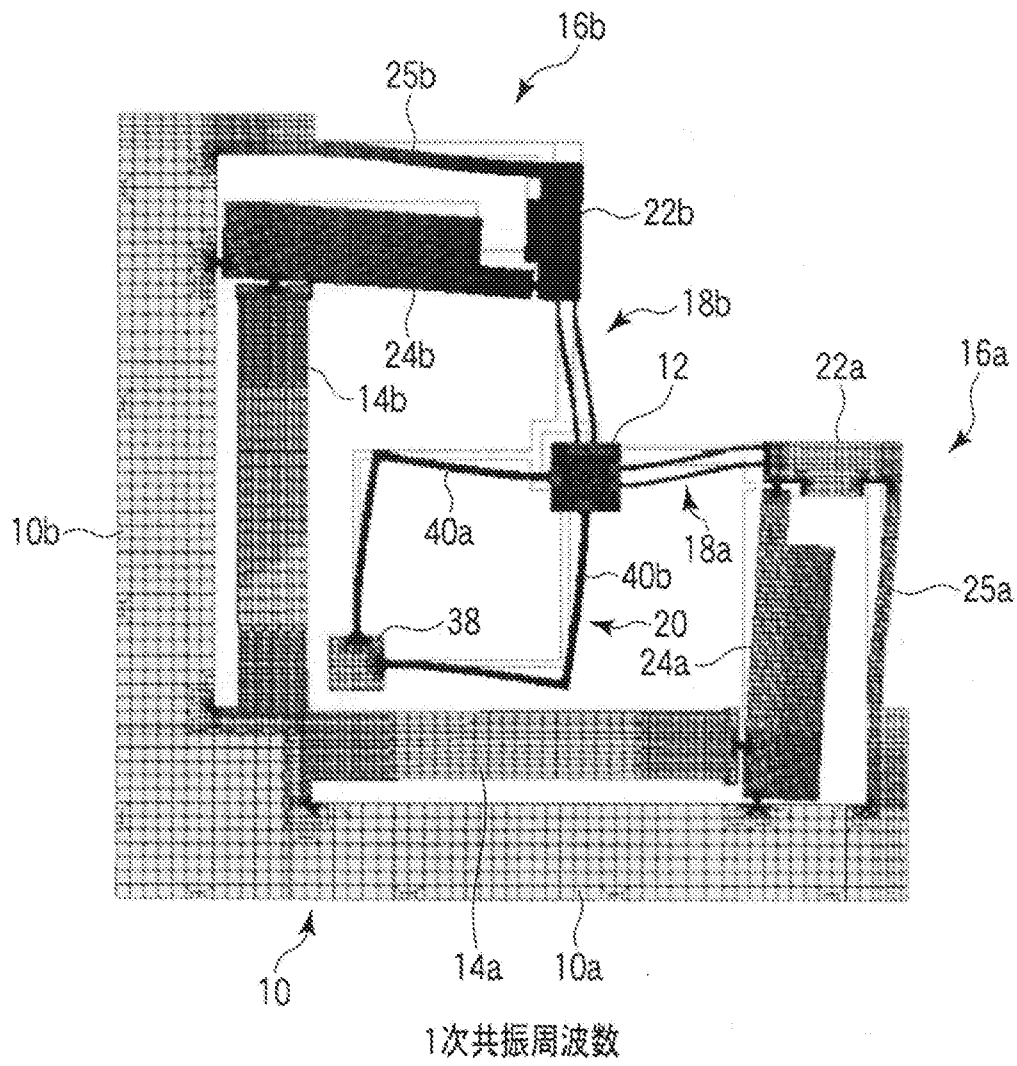
[請求項11]

前記安定化支持機構は、固定的に設けられたバネ固定部と、前記バネ固定部と前記ステージとの間に連結され前記第 1 軸方向の張力を前記ステージに印加するとともに前記 Z 軸方向に剛性を有する第 1 安定化支持バネと、前記バネ固定部と前記ステージとの間に連結され前記第 2 軸方向の張力を前記ステージに印加するとともに前記 Z 軸方向に剛性を有する第 2 安定化支持バネと、を備えている請求項 8 に記載の

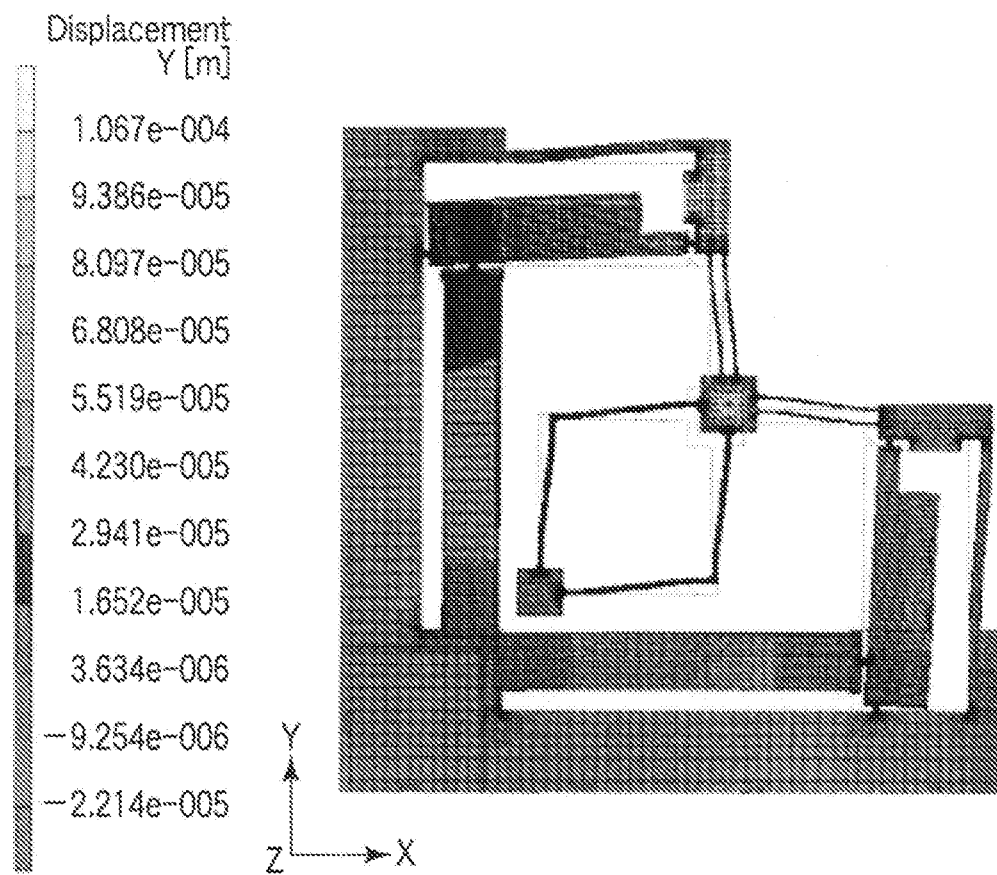
平面位置決め装置。

- [請求項12] 前記第1アクチュエータおよび第2アクチュエータは、積層型の圧電素子である請求項8に記載の平面位置決め装置。
- [請求項13] 検査媒体の表面の検査領域を走査し検査する検査装置であって、
前記前期検査媒体の検査領域と対向する探針と、
前記探針を支持し走査する請求項1ないし12のいずれか1項に記載の平面位置決め装置と、を備える検査装置。
- [請求項14] 前記平面位置決め装置のステージ上に設けられZ軸方向に変位可能なZ軸テーブルと、前記Z軸テーブル上に取り付けられたカンチレバーと、を備え、前記探針は、前記カンチレバーに支持されている請求項13に記載の検査装置。

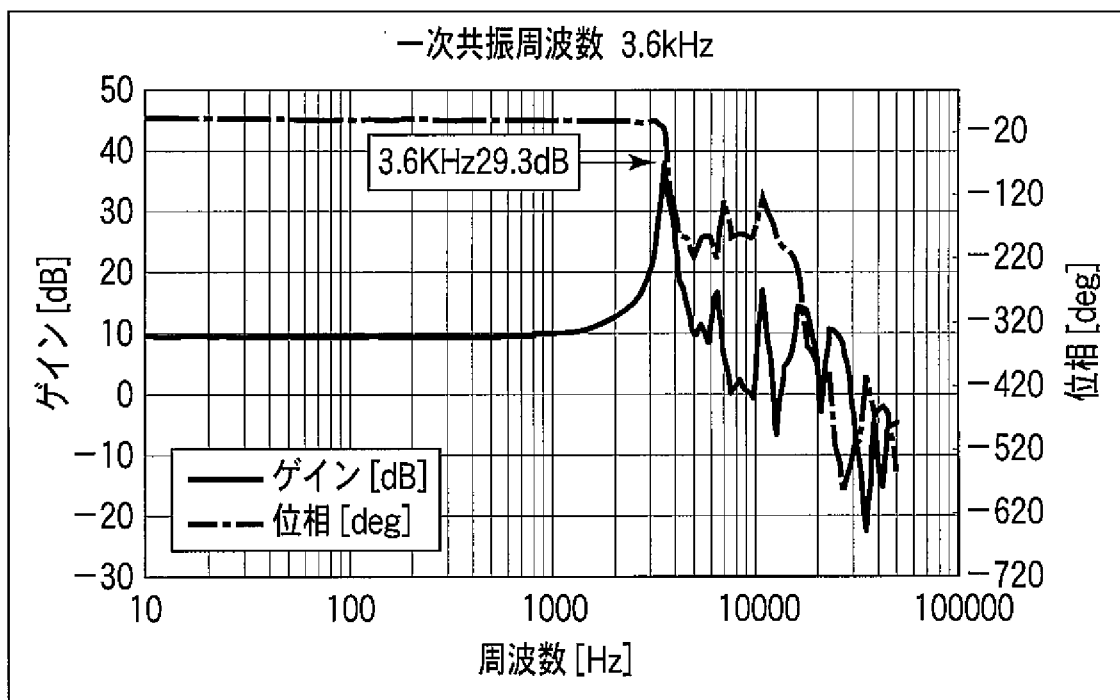
[図3]



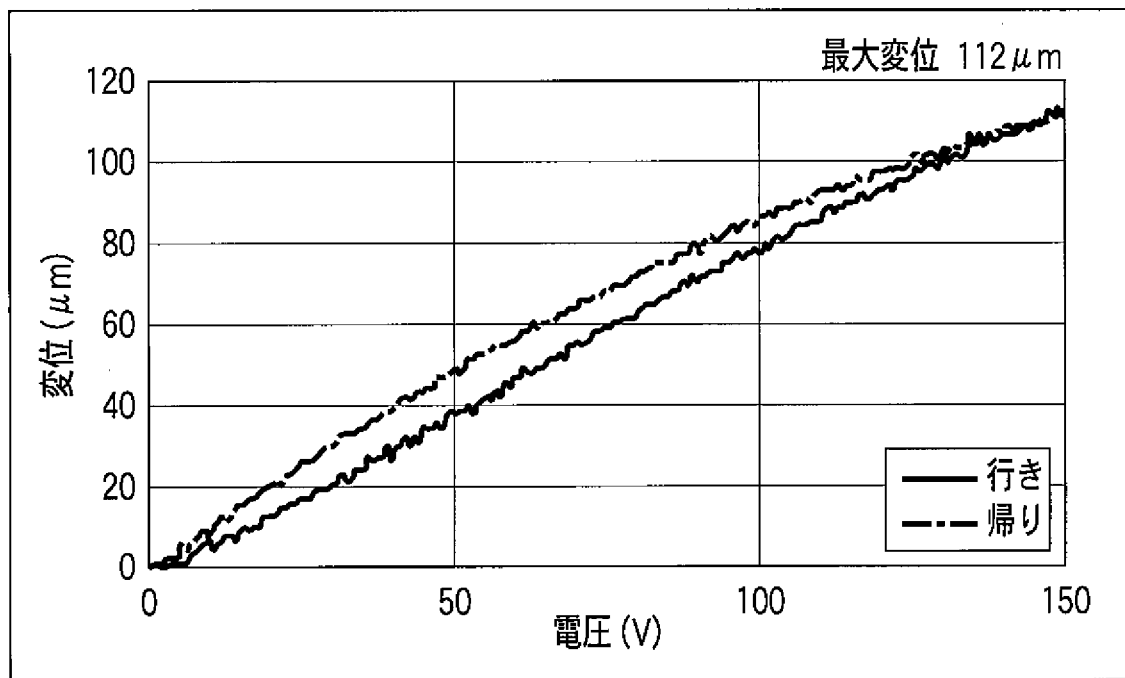
[図4]



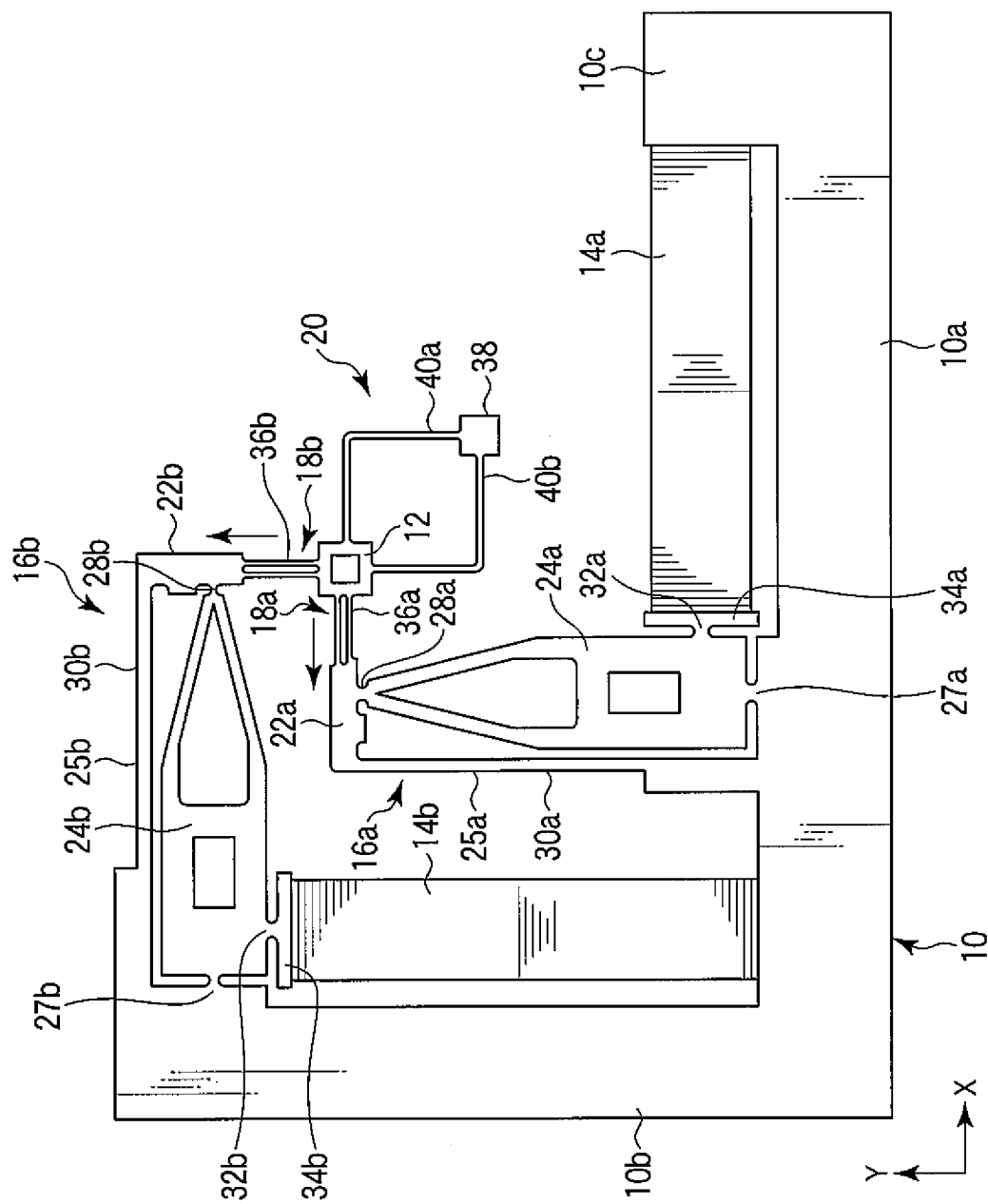
[図5]



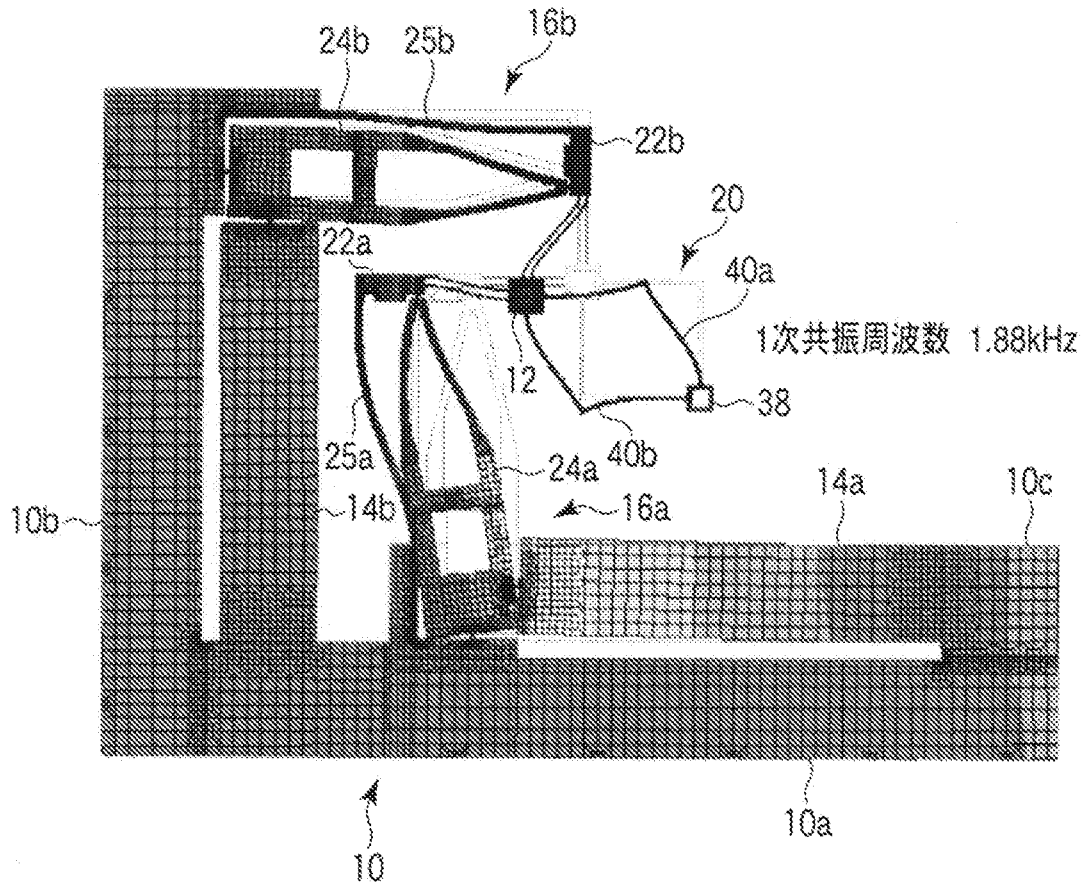
[図6]



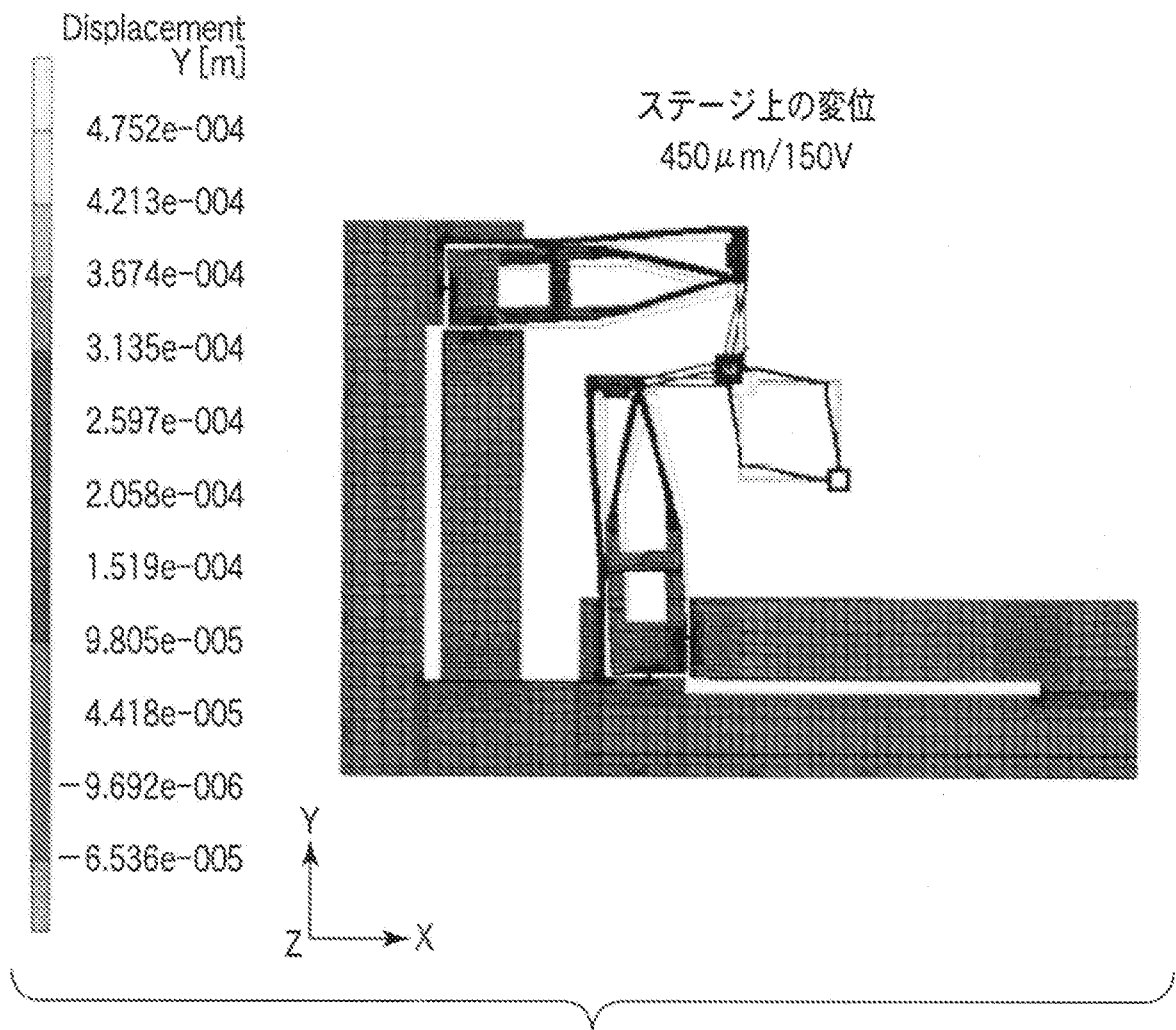
[図7]



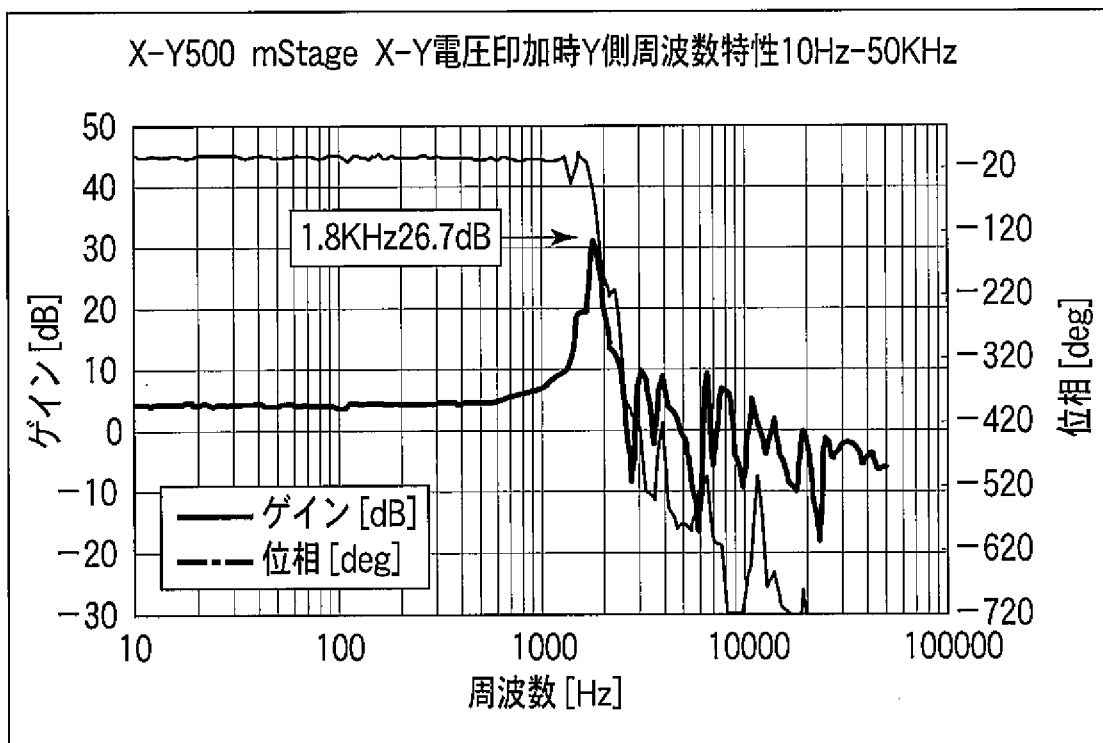
[図8]



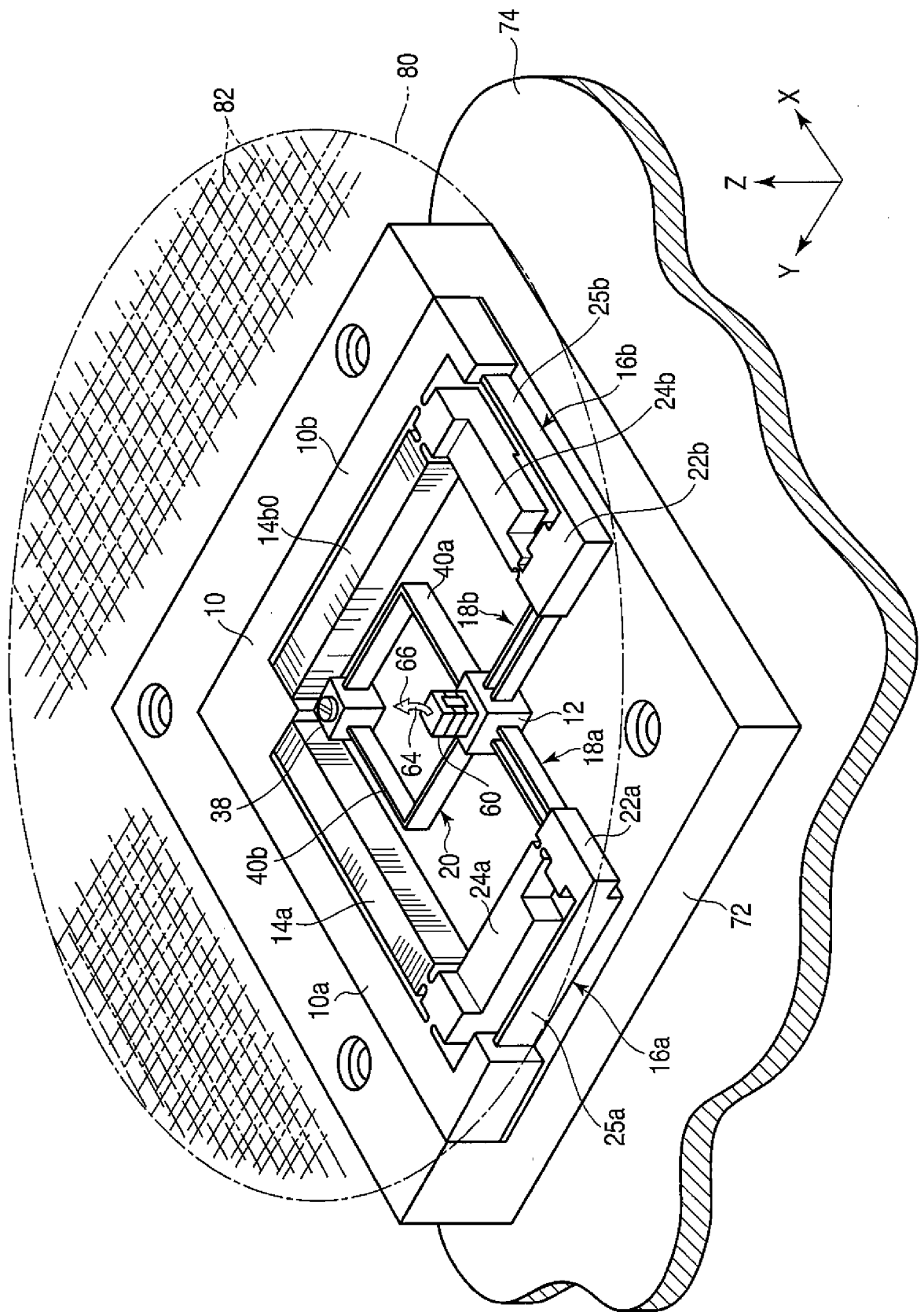
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051900

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N2/00(2006.01)i, G05D3/00(2006.01)i, G11B21/10(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)

H02N2/00, G05D3/00, G11B21/10

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
X	JP 2003-98059 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 03 April 2003 (03.04.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2, 5-9, 11, 12, 3, 4, 10, 13, 14
Y	JP 4-256534 A (Fujitsu Ltd.), 11 September 1992 (11.09.1992), entire text; all drawings (Family: none)	3, 4, 10
Y	JP 2006-284392 A (National University Corporation Gunma University), 19 October 2006 (19.10.2006), entire text; all drawings & WO 2006/106949 A1	13, 14

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
10 May, 2010 (10.05.10)

Date of mailing of the international search report
18 May, 2010 (18.05.10)

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. H02N2/00(2006.01) i, G05D3/00(2006.01) i, G11B21/10(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. H02N2/00, G05D3/00, G11B21/10

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 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010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
X	JP 2003-98059 A (オリンパス光学工業株式会社) 2003.04.03, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 5-9, 11, 12,
Y		3, 4, 10, 13, 14
Y	JP 4-256534 A (富士通株式会社) 1992.09.11, 全文、全図 (ファミ リーなし)	3, 4, 10

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 10.05.2010	国際調査報告の発送日 18.05.2010
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) 大山 広人 電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V 3026

C (続き) . 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	JP 2006-284392 A (国立大学法人群馬大学) 2006.10.19, 全文、全 図 & WO 2006/106949 A1	13, 14