(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2004-100989
(P2004-100989A)
(43)公開日　平成16年4月2日(2004.4.2)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
F25D 3/10	F25D 3/10	D	2G052
G01N 1/00	G01N 1/00	101A	3L044
G01N 1/28	G01N 1/28	K	

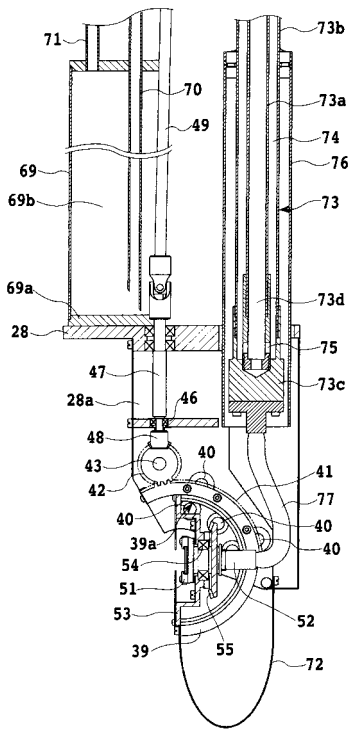
審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 15 頁）

(21)出願番号　特願2002-260185(P2002-260185)
(22)出願日　平成14年9月5日(2002.9.5)

(71)出願人　301021533
独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関１－３－１
(71)出願人　502228247
株式会社アールデック
茨城県つくば市二の宮１丁目１６番地の１０
(74)代理人　100077481
弁理士　谷　義一
(72)発明者　相浦　義弘
茨城県つくば市東１－１－１　独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
(72)発明者　阪東　寛
茨城県つくば市東１－１－１　独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】２軸関節機構の冷却装置

(57)【要約】
【課題】コンパクト化を損なわずに試料ホルダを効率良く冷却することができず、所定温度に冷却するまで多大な時間を必要とする。
【解決手段】ヘッドブラケット２８と、このヘッドブラケット２８に対して第１の軸線回りに回転可能に支持された旋回ブロック３９と、この旋回ブロック３９に対して第１の軸線と交差する第２の軸線回りに回転可能に支持された回転ブロック５２とを有する２軸関節機構において、ヘッドブラケット２８に連結される伝熱部６９ａを有し、液体窒素が供給される第１冷却シリンダ６９と、ヘッドブラケット２８と旋回ブロック３９とに連結される可撓性の伝熱リボン７２と、伝熱部７３ｃを有し、液体ヘリウムが供給される第２冷却シリンダ７３と、この第２冷却シリンダ７３の伝熱部７３ｃと回転ブロック５２とに連結される可撓性のワイヤケーブル７７とを具える。
【選択図】　図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ブラケットと、このブラケットに対して第１の軸線回りに回転可能に支持された第１の旋回要素と、この第１の旋回要素に対して前記第１の軸線と交差する第２の軸線回りに回転可能に支持された第２の旋回要素とを有する２軸関節機構において、
第１の冷却媒体が供給される第１の冷却チャンバが形成され、前記ブラケットに連結される伝熱部を有する第１冷却シリンダと、
前記ブラケットに対する前記第１の旋回要素の回転動作を妨げないように前記ブラケットと前記第１の旋回要素とに連結される可撓性の第１伝熱要素と、
第２の冷却媒体が供給される第２の冷却チャンバが形成され、先端側に伝熱部を有する第２冷却シリンダと、
前記ブラケットに対する前記第１の旋回要素の回転動作および前記第１の旋回要素に対する前記第２の旋回要素の回転動作を妨げないように前記第２の旋回要素と前記第２冷却シリンダの前記伝熱部とに連結される可撓性の第２伝熱要素と
を具えたことを特徴とする２軸関節機構の冷却装置。
【請求項２】
前記第１の軸線を中心として同心円状に配され、かつ前記ブラケットにそれぞれ回転自在に取り付けられて前記第１の旋回要素の回転動作を案内する複数のローラをさらに具え、
前記第１の旋回要素はこれら複数のローラが接触する円弧状の内周案内面と外周案内面とを有することを特徴とする請求項１に記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項３】
前記ブラケットに支柱を介して連結されるベースをさらに具え、前記第２冷却シリンダは、その基端部が前記ベースに支持されていることを特徴とする請求項１または請求項２に記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項４】
前記第２冷却シリンダは、前記第２の冷却媒体を前記第２冷却シリンダの前記伝熱部に供給する内筒と、この内筒を同心状に囲み、前記第２の冷却媒体を前記第２冷却シリンダの前記伝熱部から戻すための環状通路を当該内筒との間に形成する外筒とを有し、この外筒の基端部が前記ベースに支持されていることを特徴とする請求項３に記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項５】
前記第１冷却シリンダならびに前記第２冷却シリンダの前記内筒，前記外筒がステンレス鋼にて形成されていると共に前記第１冷却シリンダおよび前記第２冷却シリンダの前記伝熱部がそれぞれ銅にて形成されていることを特徴とする請求項４に記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項６】
前記第１伝熱要素および前記第２伝熱要素が銅にて形成されていることを特徴とする請求項１から請求項５の何れかに記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項７】
前記第１冷却媒体が液体窒素であり、前記第２冷却媒体が液体ヘリウムであることを特徴とする請求項１から請求項６の何れかに記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項８】
前記２軸関節機構が２軸ゴニオメータの一部を構成し、前記ベースに取り付けられて前記ブラケットに対する前記第１の軸線回りの前記第１の旋回要素の回転角を検出するための第１の検出手段と、前記ベースに取り付けられて前記第１の旋回要素に対する前記第２の軸線回りの前記第２の旋回要素の回転角を検出するための第２の検出手段とをさらに具えたことを特徴とする請求項１から請求項７の何れかに記載の２軸関節機構の冷却装置。
【請求項９】
前記第２の旋回要素は、試料が取り外し可能に装着される試料ホルダを有し、この試料ホルダは前記第１の軸線と前記第２の軸線との交点近傍に配されていることを特徴とする請

求項８に記載の２軸関節機構の冷却装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、第１の軸線回りに回転する第１の旋回要素と、第１の軸線と交差する第２の軸線回りに回転する第２の旋回要素とを有する２軸関節機構に用いられる冷却装置に関し、特に超高真空雰囲気での高精度な角度制御および常温から低温に亙っての温度制御がそれぞれ求められる試料評価装置や、分子線エピタキシなどの試料作製装置、ならびにこれらを複合した試料作製・評価装置などに組み込まれる２軸ゴニオメータに対して好適なものである。
【０００２】
【従来の技術】
第１の軸線回りに回転可能な第１の旋回要素と、この第１の旋回要素に対して第１の軸線と交差する第２の軸線回りに回転可能な第２の旋回要素とを有する２軸ゴニオメータは、これら２つの軸線回りの回転角をそれぞれ検出するためのものであり、２つの軸線回りの回転角をそれぞれ検出する必要のある種々の用途にて使用される。例えば、エレクトロニクス材料の研究開発において、分子線エピタキシ装置などを用いて真空チャンバ内で試料を作製する場合、試料を保持するホルダの表面の姿勢、つまり傾斜角や回転角などを把握するために２軸ゴニオメータが使用される。現在、超高真空雰囲気での使用を意図した２軸ゴニオメータとして、英国の Ｔｈｅｒｍｏ Ｖａｃｕｕｍ Ｇｅｎｅｒａｔｏｒｓ 社のＣＰＴＯという名称のマニピュレータに組み込まれたものや、米国の Ｔｈｅｒｍｉｏｎｉｃｓ 社のＧＢ－１６という名称のゴニオメータが知られている。
【０００３】
このようなエレクトロニクス材料の研究開発分野などで用いられる２軸ゴニオメータにおいては、試料ホルダを特に低温に維持することが要求され、そのために種々の冷却装置が提案されている。例えば、上述したＣＰＴＯマニピュレータやＧＢ－１６ゴニオメータにおいては、熱伝導を利用して試料ホルダの部分を冷却する構成を採用している。以下に記す特許文献１には、１軸、つまり面内回転角を検出する１自由度のゴニオメータの基板ホルダに対し、液体窒素を用いた冷却装置により熱伝導を利用してこれを冷却することが記載されている。同様に、非特許文献１には、５軸マニピュレータに組み込まれたゴニオメータの試料ホルダに対し、液体窒素を用いた冷却装置により熱伝導を利用してこれを冷却することが記載されている。このような単段構成の冷却システムの他に、英国の Ｔｈｅｒｍｏ Ｖａｃｕｕｍ Ｇｅｎｅｒａｔｏｒｓ 社の Ｃｒｙｏａｘ ＩＩという名称のマニピュレータでは、このマニピュレータに組み込まれた１軸ゴニオメータを囲む輻射シールドを設け、この輻射シールドを液体窒素により冷却する一方、１軸ゴニオメータの試料ホルダを液体ヘリウムにより冷却するようにした２段構成の冷却システムを採用している。
【０００４】
【特許文献１】
特開平２－１０７６７０号公報（第２ページ右下欄～第３ページ右下欄，第１図～第３図）
【０００５】
【非特許文献１】
Ｒｅｖｉｅｗ ｏｆ Ｓｃｉｅｎｔｉｆｉｃ Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｖｏｌ．６３，Ｎｏ．１０（Ｏｃｔ．１９９２）ｐｐ．４２８５－４２８８
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
上述したＣＰＴＯマニピュレータやＧＢ－１６ゴニオメータ、あるいは特許文献１の基板ホルダや非特許文献１の５軸マニピュレータに採用された単段構成の冷却装置の場合、真空チャンバの外部からの輻射熱の影響によって試料ホルダや基板ホルダを－１７３℃程度

までしか冷却することができない。しかも、このような単段構成の冷却装置では、熱伝達効率の悪さから試料ホルダや基板ホルダを所定の温度に冷却するまで、多大な時間を必要とし、作業効率が非常に悪い欠点を有する。液体窒素に代えて液体ヘリウムを使用することも考えられるが、上述した輻射熱による影響のために－２２０℃程度以下に冷却することが困難な上、高価なヘリウムを大量に消費することとなるため、現実的ではない。

【０００７】

Ｃｒｙｏａｘ　ＩＩマニピュレータで採用された２段構成の冷却装置の場合、単段構成の冷却装置の不具合をある程度解消できるものの、これら従来の冷却装置は何れもゴニオメータ自体を冷却する構成とはなっていないため、ゴニオメータ自体からの輻射熱が試料ホルダに保持された試料に対して悪影響を及ぼすおそれがある。しかも、Ｃｒｙｏａｘ　ＩＩマニピュレータでは輻射シールドがゴニオメータを覆っているため、試料ホルダの周囲をコンパクト化させることができず、実際の使用に際して種々の制約を受ける場合がある。

【０００８】

このように、ゴニオメータに取り付けられた試料ホルダの周囲のコンパクト化を損なわずに試料ホルダを効率良く冷却するためには、ゴニオメータ自体から試料ホルダへの熱伝導による影響や、ゴニオメータ自体および真空チャンバの外部からの熱輻射の影響も緩和させる必要がある。

【０００９】

【発明の目的】

本発明の目的は、ゴニオメータに取り付けられた試料ホルダの周囲のコンパクト化を損なわずに試料ホルダを効率良く冷却し得る２軸関節機構の冷却装置を提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明による２軸関節機構の冷却装置は、ブラケットと、このブラケットに対して第１の軸線回りに回転可能に支持された第１の旋回要素と、この第１の旋回要素に対して前記第１の軸線と交差する第２の軸線回りに回転可能に支持された第２の旋回要素とを有する２軸関節機構において、第１の冷却媒体が供給される第１の冷却チャンバを形成し、前記ブラケットに連結される伝熱部を有する第１冷却シリンダと、前記ブラケットに対する前記第１の旋回要素の回転動作を妨げないように前記ブラケットと前記第１の旋回要素とに連結される可撓性の第１伝熱要素と、第２の冷却媒体が供給される第２の冷却チャンバを形成し、先端側に伝熱部を有する第２冷却シリンダと、前記ブラケットに対する前記第１の旋回要素の回転動作および前記第１の旋回要素に対する前記第２の旋回要素の回転動作を妨げないように前記第２の旋回要素と前記第２冷却シリンダの前記伝熱部とに連結される可撓性の第２伝熱要素とを具えたことを特徴とするものである。

【００１１】

本発明においては、第１の旋回要素がブラケットに対して第１の軸線回りに回転し、これに伴ってブラケットと第１の旋回要素とに連結された第１伝熱要素が第２の旋回要素と第２冷却シリンダの伝熱部とに連結された第２伝熱要素と共に撓み変形する。さらに、この第１の旋回要素に対して第２の旋回要素が第２の軸線回りに回転し、これに伴って第２の旋回要素と第２冷却シリンダの伝熱部とに連結された第２伝熱要素がねじれ変形する。

【００１２】

第１の冷却媒体が第１冷却シリンダに形成された第１の冷却チャンバに供給されると、ブラケットが第１冷却シリンダの伝熱部を介して冷却され、最終的に第１伝熱要素を介して第１の旋回要素が冷却されることとなる。一方、第２の冷却媒体が第２冷却シリンダに形成された第２の冷却チャンバに供給されると、第２の旋回要素が第２冷却シリンダの伝熱部に連結された第２伝熱要素を介して冷却されることとなる。

【００１３】

【発明の実施の形態】

本発明の２軸関節機構の冷却装置において、第１の軸線を中心として同心円状に配され、

かつブラケットにそれぞれ回転自在に取り付けられて第１の旋回要素の回転動作を案内する複数のローラをさらに具え、第１の旋回要素はこれら複数のローラが接触する円弧状の内周案内面と外周案内面とを有するものであってよい。

【００１４】

ブラケットに支柱を介して連結されるベースをさらに具え、第２冷却シリンダは、その基端部がベースに支持されるものであってよい。この場合、第２冷却シリンダは、第２の冷却媒体を第２冷却シリンダの伝熱部に供給する内筒と、この内筒を同心状に囲み、第２の冷却媒体を第２冷却シリンダの伝熱部から戻すための環状通路を当該内筒との間に形成する外筒とを有し、この外筒の基端部をベースに支持させることができる。第１冷却シリンダならびに第２冷却シリンダの内筒，外筒をステンレス鋼にて形成すると共に第１冷却シリンダおよび第２冷却シリンダの伝熱部をそれぞれ銅にて形成することが好ましい。

【００１５】

第１伝熱要素および第２伝熱要素を銅にて形成することが好ましい。

【００１６】

第１冷却媒体が液体窒素であり、第２冷却媒体が液体ヘリウムであってよい。

【００１７】

２軸関節機構が２軸ゴニオメータの一部を構成し、ベースに取り付けられてブラケットに対する第１の軸線回りの第１の旋回要素の回転角を検出するための第１の検出手段と、ベースに取り付けられて第１の旋回要素に対する第２の軸線回りの第２の旋回要素の回転角を検出するための第２の検出手段とをさらに具えることができる。この場合、第２の旋回要素は、試料が取り外し可能に装着される試料ホルダを有し、この試料ホルダは第１の軸線と第２の軸線との交点近傍に配されることが好ましい。

【００１８】

【実施例】

本発明による２軸関節機構の冷却装置を２軸ゴニオメータが組み込まれた６軸マニピュレータに応用した一実施例について、図１～図７を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこのような実施例のみに限らず、この明細書の特許請求の範囲に記載された本発明の概念に包含されるあらゆる変更や修正が可能であり、従って本発明の精神に帰属する他の任意の技術にも当然応用することができる。

【００１９】

本実施例による６軸マニピュレータの外観を図１に示し、その平面形状を図２に示す。図示しない真空チャンバの開口部に気密に装着される環状の真空フランジ継手１１には、それぞれ枠状をなすＸＹテーブル１２が設けられている。このＸＹテーブル１２は、真空フランジ継手１１に対して図２中、上下方向（以下、これをＸ方向と記述する場合がある）に往復移動可能に取り付けられたＸ方向スライドテーブル１２ａと、このＸ方向スライドテーブル１２ａに対して図２中、左右方向（以下、これをＹ方向と記述する場合がある）に往復動可能に取り付けられたＹ方向スライドテーブル１２ｂとを有し、それぞれＸ方向マイクロメータ１３のつまみ１３ａ，Ｙ方向マイクロメータ１４のつまみ１４ａを回転操作することにより、真空フランジ継手１１に対してＹ方向スライドテーブル１２ｂをＸＹ方向に移動させることができるようになっている。Ｘ方向スライドテーブル１２ａの移動量は、Ｘ方向マイクロメータ１３によって読み取ることができ、Ｙ方向スライドテーブル１２ｂの移動量は、Ｙ方向マイクロメータ１４によって読み取ることができる。

【００２０】

Ｙ方向スライドテーブル１２ｂには、四隅にボールナット１５が固定された枠状をなすナットブラケット１６が取り付けられている。これらボールナット１５にそれぞれねじ込まれるボールねじ軸１７は、これらの軸線が図１中、上下方向（以下、これをＺ方向と記述する場合がある）に向けられ、その上端部が枠状をなす昇降テーブル１８の四隅にそれぞれ回転自在に吊り下げられた状態となっている。つまり、昇降テーブル１８はボールねじ軸１７を介してナットブラケット１６に支持されている。各ボールねじ軸１７の基端側には、図示しないスプロケットが一体的に固定され、無端チェーン１９がこれらを囲むよう

に巻掛けられている。少なくとも１つのボールねじ軸１７には、これを回転するための回転操作部２０が設けられており、この回転操作部２０を操作してボールねじ軸１７を回転操作することにより、無端チェーン１９にて連結された他のボールねじ軸１７も同時に同方向に回転操作され、ナットブラケット１６に対して昇降テーブル１８をＺ方向に昇降させることができる。この昇降テーブル１８の昇降量は、その基準位置からのボールねじ軸１７の回転量に応じて算出することができる。

【００２１】

昇降テーブル１８には、回転軸線がＺ方向に設定された旋回リング２１が回転自在に取り付けられている。昇降テーブル１８に対し、その全周に亙って気密に保たれた旋回リング２１の外周には、ウォームホイール２２が旋回リング２１の回転軸線と同心に固定されている。このウォームホイール２２と噛み合うウォーム２３は、昇降テーブル１８に回転自在に取り付けられ、このウォーム２３に連結された旋回操作ハンドル２４を回転操作することにより、昇降テーブル１８に対して旋回リング２１を旋回させることができるようになっている。この旋回リング２１の旋回量、つまり回転角は、旋回リング２１に形成された角度目盛２５と、昇降テーブル１８側に固定された図示しない基準指標とから読み取ることができるようになっている。

【００２２】

真空フランジ継手１１と昇降テーブル１８とは、上述したＸ方向スライドテーブル１２ａやＹ方向スライドテーブル１２ｂおよびナットブラケット１６を貫通する円筒状のベローズ２６を介して連結されている。ステンレス鋼にて形成された可撓性を有するベローズ２６の内側は真空チャンバの系内に連通し、回転に対して固定側の昇降テーブル１８と可動側の旋回リング２１との接触部分で真空チャンバの系の内外が仕切られている。従って、ＸＹテーブル１２などは真空チャンバの系外に位置している。

【００２３】

この６軸マニピュレータに組み込まれた２軸ゴニオメータの部分を図３に示し、その左側面形状を図４に示し、その主要部の拡大断面構造を図５に示し、そのＶＩ－ＶＩ矢視断面構造を図６に示す。上述した旋回リング２１には、２軸ゴニオメータの円盤状をなすベース２７が取り外し可能に固定されている。ベース２７の内側（図４中、下側）には、真空チャンバ内に収容されるヘッドブラケット２８が複数本（図示例では４本）の支柱２９を介して連結されている。真空チャンバの系外に位置するベース２７の外側（図４中、上側）には、後述する旋回ブロック駆動用のブロック駆動モータ３０および試料ホルダ駆動用のホルダ駆動モータ３１を設置したモータブラケット３２と、これら駆動モータ３０，３１に連結されるシールジョイント３３，３４と、図示しない液体窒素の循環供給装置に接続する窒素供給継手３５および窒素排出継手３６と，図示しない液体ヘリウムの循環供給装置に接続するヘリウム供給継手３７およびヘリウム排出継手３８とが取り付けられ、ヘリウム供給継手３７およびヘリウム排出継手３８の先端がモータブラケット３２の上方に配された状態となっている。

【００２４】

本発明におけるブラケットとしてのヘッドブラケット２８は、上述したＸ方向およびＹ方向を含むＸＹ平面に対して垂直かつ相互に平行に対向する一対の側板部２８ａを有し、これらの全体が熱伝導率の良好な銅（無酸素銅）にて形成されている。この一対の側板部２８ａの間には、半円弧状をなす旋回ブロック３９が位置している。本発明の第１の旋回要素としての旋回ブロック３９の左右両側縁部には、ＸＹ平面と平行かつ一対の側板部２８ａに対して垂直な第１の軸線（以下、これを便宜的にＹ軸と呼称する）を中心とする内周案内面３９ａと外周案内面３９ｂとが形成され、これら内周案内面３９ａおよび外周案内面３９ｂに接触する複数のローラ４０がＹ軸を中心として同心円状にそれぞれ一対の側板部２８ａに回転自在に取り付けられている。つまり、旋回ブロック３９は、ヘッドブラケット２８に対し、複数のローラ４０を介してＹ軸回りに旋回可能に保持された状態となっている。

【００２５】

旋回ブロック３９の外周にはＹ軸を中心とする扇形歯車４１が固定され、この扇形歯車４１と噛み合うピニオン４２を設けたブロック用歯車軸４３の両端部が一対の側板部２８ａに軸受４４を介して回転自在に支持されている。このブロック用歯車軸４３には従動傘歯車４５も取り付けられており、この従動傘歯車４５には、軸受４６を介して上述したＺ方向と平行にヘッドブラケット２８に回転自在に保持されたブロック用中間軸４７の下端に設けた駆動傘歯車４８が噛み合っている。ブロック用中間軸４７の上端とブロック駆動モータ３０に連結されたシールジョイント３３の下端とは、一対の自在継手４９ａが両端に取り付けられたブロック駆動ロッド４９を介して相互に連結されている。

【００２６】

従って、ブロック駆動モータ３０を作動させると、その回転力がシールジョイント３３，ブロック駆動ロッド４９，ブロック用中間軸４７，ブロック用歯車軸４３を介して旋回ブロック３９に伝達され、旋回ブロック３９がローラ４０に案内されながらＹ軸を中心として旋回するようになっている。この旋回ブロック３９の回転角は、ブロック駆動モータ３０に連結されたＹ軸用ロータリエンコーダ５０によって検出される。

【００２７】

旋回ブロック３９の内側には、試料が取り外し可能に装着される試料ホルダ５１を先端に設けた回転ブロック５２を支持するためのホルダ支持ステー５３が設けられている。つまり、本発明の第２の旋回要素としての回転ブロック５２は、Ｙ軸と直交し、かつＸＹ平面と平行な第２の軸線（以下、これを便宜的にＸ軸と呼称する）回りに軸受５４を介してホルダ支持ステー５３に回転自在に支持され、その基端側に従動傘歯車５５が固定されている。前記旋回ブロック３９の一側端部には、円筒状の旋回スリーブ５６の基端部が固定され、この旋回スリーブ５６には従動傘歯車５５と噛み合う駆動傘歯車５７を先端に固定したホルダ用歯車軸５８がＹ軸と同軸状をなすように軸受５９を介して回転自在に取り付けられている。筒状をなすスリーブ受け６０は、軸受６１を介して旋回スリーブ５６の先端部に回転自在に連結され、このスリーブ受け６０内に収容されるホルダ用歯車軸５８の基端のウォームホイール６２には、当該スリーブ受け６０に軸受６３を介して回転自在に装着されたウォーム６４が噛み合っている。下端がこのウォーム６４に連結された伸縮可能なホルダ用中間軸６５の上端側には自在継手６５ａが設けられ、軸受６６を介してヘッドブラケット２８に回転自在に支持されている。ホルダ用中間軸６５の上端とホルダ駆動モータ３１に連結されたシールジョイント３４の下端とは、一対の自在継手６７ａが両端に取り付けられたホルダ駆動ロッド６７を介して相互に連結されている。

【００２８】

従って、ホルダ駆動モータ３１を作動させると、その回転力がシールジョイント３４，ホルダ駆動ロッド６７，ホルダ用中間軸６５，ホルダ用歯車軸５８を介して回転ブロック５２に伝達され、回転ブロック５２がＸ軸を中心として旋回するようになっている。この回転ブロック５２の回転角は、ホルダ駆動モータ３１に連結されたＸ軸用ロータリエンコーダ６８によって検出される。

【００２９】

このように、試料ホルダ５１が取り付けられた回転ブロック５２は、Ｘ，Ｙ，Ｚ方向の移動とこれらの軸線を中心とする回転との６自由度を有することとなり、真空チャンバ内で任意の姿勢を取ることができるようになっている。試料ホルダ５１が上述した６自由度を得るための機構は、本実施例に限定されるわけではなく、従来から周知の任意の機構を適宜採用することが可能であるが、本実施例では、試料ホルダ５１がＹ軸とＸ軸との交点近傍に配されているため、この試料ホルダ５１の周囲をコンパクトにまとめることができる。

【００３０】

ヘッドブラケット２８の上には、第１冷却シリンダ６９の下端部の伝熱部６９ａが密着状態で固定されている。液体窒素が供給される冷却チャンバ６９ｂを形成する第１冷却シリンダ６９内には、上述した窒素供給継手３５に連通する窒素窒素供給管７０が導かれ、その下端が伝熱部６９ａの近傍に位置するように固定されている。第１冷却シリンダ６９の

上端には、気化した窒素を第１冷却シリンダ６９の冷却チャンバ６９ｂから排出するための窒素排気管７１の下端が連結され、その上端が上述した窒素排出継手３６に連通している。これら窒素供給管７０および窒素排気管７１の途中には、これらの伸縮を補償するためのフレキ部７０ａ，７１ａがそれぞれ形成されている。

【００３１】

第１冷却シリンダ６９の伝熱部６９ａは熱伝導率の良好な銅にて形成され、それ以外の部分および窒素供給管７０や窒素排気管７１は、熱伝導率の低いステンレス鋼にて形成され、ヘッドブラケット２８の冷却を効率良く行うことができるように配慮している。

【００３２】

ところで、この２軸ゴニオメータを収容する真空チャンバ内が超高真空雰囲気にあるため、旋回ブロック３９を支持するローラ４０は、上述した他の軸受４４，４６，５４，５９，６１，６３，６６と同様に、グリースなどの潤滑油を使用しない形態のステンレス鋼製の球軸受を使用する必要がある。ステンレス鋼は、一般に熱伝導率が低いことで知られており、従ってこのようなローラ４０を介してヘッドブラケット２８から旋回ブロック３９へ効率良く熱を伝えることは困難であることが理解されよう。本実施例では、旋回ブロック３９の下端部とヘッドブラケット２８の下端部とを例えば幅１０ｍｍ，厚み０．０３ｍｍの銅箔を１０枚積層してなる伝熱リボン７２を介して連結し、ヘッドブラケット２８からこれら伝熱リボン７２を介して旋回ブロック３９側へ熱が効率良く伝達されるように配慮している。本発明の第１伝熱要素としての伝熱リボン７２は、旋回ブロック３９の旋回動作を妨げることなく、弾性変位し得る充分な厚みを有することが好ましい。

【００３３】

ちなみに、このような伝熱リボン７２を設けない場合の旋回ブロック３９自体の温度は－１４５℃程度に止まるのに対し、これを設けた場合の旋回ブロック３９の温度は－１８５℃程度となり、熱伝導率の高い銅製の可撓性を有する伝熱リボン７２を用いてヘッドブラケット２８と旋回ブロック３９とを連結することにより、効率良く旋回ブロック３９を冷却することができることが判る。

【００３４】

熱伝導効率の悪い軸受５４を介して旋回ブロック３９に支持された試料ホルダ５１は、同様な理由により、ヘッドブラケット２８および旋回ブロック３９に対してほぼ熱的に独立した状態となっている。

【００３５】

同心状をなす内筒７３ａおよび外筒７３ｂと、これらの下端に連結される銅製の伝熱部７３ｃとを具えた第２冷却シリンダ７３は、その伝熱部７３ｃの部分が一対の側板部２８ａの間に位置するように、内筒７３ａの上端部および外筒７３ｂの上端部が上述したヘリウム供給継手３７およびヘリウム排出継手３８に連結されている。つまり、第２冷却シリンダ７３はその上端部がベース２７から吊り下げられた状態となっている。内筒７３ａの下端部には、外筒７３ｂとの間に形成された環状通路７４に連通する複数の開口７５が形成され、内筒７３ａ内を流れ落ちる液体ヘリウムは、これら開口７５から環状通路７４内に導かれ、この間に伝熱部７３ｃを冷却した後、ヘリウム排出継手３８側に戻されるようになっている。第２冷却シリンダ７３がこのような二重管構造を有することにより、内筒７３ａ内を流下する液体ヘリウムの熱輻射を最小限に抑制することができる。本実施例では、冷却チャンバ７３ｄを構成する第２冷却シリンダ７３の下端部を囲む円筒状の熱輻射シールド７６を設けており、上述した伝熱部７３ｃ以外の内筒７３ａ，外筒７３ｂ，熱輻射シールド７６をステンレス鋼にて形成している。

【００３６】

第２冷却シリンダ７３の伝熱部７３ｃの下端と上述した試料ホルダ５１の基端とは銅製のワイヤケーブル７７を介して連結されている。本発明の第２伝熱要素としてのワイヤケーブル７７は、ねじれおよび撓み変形が可能であり、液体ヘリウムによって冷却される第２冷却シリンダ７３の伝熱部７３ｃからワイヤケーブル７７を介して試料ホルダ５１を熱伝導により効率良く冷却することができる。

【００３７】
このように、液体窒素を第１冷却シリンダ６９に供給することにより、ヘッドブラケット２８，伝熱リボン７２，旋回ブロック３９が冷却される。一方、液体ヘリウムを第２冷却シリンダ７３に供給することにより、試料ホルダ５１は、ワイヤケーブル７７を介して極低温まで冷却される。試料ホルダ５１および回転ブロック５２は、液体窒素によって冷却された旋回ブロック３９およびヘッドブラケット２８にほぼ囲まれた状態となっており、ヘッドブラケット２８および旋回ブロック３９が熱輻射シールドとして機能する結果、熱遮蔽のための試料ホルダ５１の周囲の寸法を大きくする必要がなくなり、外部からの熱輻射の問題を解決することができる。

【００３８】
本実施例における試料ホルダ５１および第２冷却シリンダ７３の伝熱部７３ｃの温度変化を図７に示す。図中、実線が試料ホルダ５１の部分の温度変化を表し、破線が第２冷却シリンダ７３の伝熱部７３ｃの温度変化を表している。冷却は以下のように行っている。すなわち、始めの４０分間は液体窒素を第１冷却シリンダ６９に供給し、ヘッドブラケット２８および旋回ブロック３９の予備冷却のみを行う。この間、冷却されたヘッドブラケット２８および旋回ブロック３９から回転ブロック５２側への熱輻射により試料ホルダ５１の温度が僅かに減少してゆく。液体窒素による冷却を開始してから４０分後、第２冷却シリンダ７３への液体ヘリウムの供給を開始し、回転ブロック５２および試料ホルダ５１を冷却する。試料ホルダ５１は、液体ヘリウムによる冷却を開始してからおよそ１７分後に－２４８℃の極低温に到達し、その後、温度はほぼ一定となった。

【００３９】
【発明の効果】
本発明の２軸関節機構の冷却装置によると、ブラケットに連結される伝熱部を有し、第１の冷却媒体が供給される第１冷却シリンダと、ブラケットと第１の旋回要素とに連結される可撓性の第１伝熱要素と、先端側に伝熱部を有し、第２の冷却媒体が供給される第２冷却シリンダと、この第２冷却シリンダの伝熱部と第２の旋回要素とに連結される可撓性の第２伝熱要素とを具えているので、第１冷却シリンダに供給される第１の冷却媒体により、第１の旋回要素が第１伝熱要素を介してブラケットと共に冷却され、第２冷却シリンダに供給される第２の冷却媒体により、第２の旋回要素が第２伝熱要素を介して冷却される結果、第２の旋回要素を冷却する場合にブラケットや第１の旋回要素による熱的悪影響を大幅に緩和することができる。

【００４０】
第１の旋回要素の回転動作を案内する複数のローラを第１の回転軸線を中心として同心円状に位置するようにブラケットにそれぞれ回転自在に取り付け、これら複数のローラが接触する円弧状の内周案内面と外周案内面とを第１の旋回要素に形成した場合、第２の旋回要素を第１の回転軸線と第２の回転軸線との交点近傍に配置することが可能となり、第２の旋回要素の周囲をコンパクト化させることができる。

【００４１】
支柱を介してブラケットが連結されるベースをさらに具え、このベースに第２冷却シリンダの基端部を支持させた場合、ブラケットと第２冷却シリンダとをベースを介して分離することができ、ブラケットから第２冷却シリンダへの熱的悪影響を緩和することができる上、第２冷却シリンダの放熱部とベースとの距離を離すことができるため、ベース側から第２旋回要素側への熱的悪影響を緩和することも可能である。

【００４２】
第２の冷却媒体を第２冷却シリンダの伝熱部に供給する内筒と、この内筒を同心状に囲み、第２の冷却媒体を第２冷却シリンダの伝熱部から戻すための環状通路を内筒との間に形成する外筒とで第２冷却シリンダを構成し、この外筒の基端部をベースに支持させた場合、第２冷却シリンダの伝熱部以外の部分からの放熱を抑制し、伝熱部から第２伝熱要素側への熱伝導を効率良く行うことができる。

【００４３】

第１冷却シリンダならびに第２冷却シリンダの内筒，外筒をステンレス鋼にて形成すると共に第１冷却シリンダおよび第２冷却シリンダの伝熱部をそれぞれ銅にて形成した場合、第１冷却シリンダおよび第２冷却シリンダのそれぞれ伝熱部以外の部分からの放熱を抑制し、これらの伝熱部からブラケットを介して第１伝熱要素側および第２伝熱要素側への熱伝導をそれぞれ効率良く行うことができる。

【００４４】

第１伝熱要素および第２伝熱要素を銅にて形成した場合、第１の旋回要素および第２の旋回要素側への熱伝導をそれぞれ効率良く行うことができる。

【００４５】

第１冷却媒体が液体窒素であり、第２冷却媒体が液体ヘリウムの場合、高価な液体ヘリウムの消費を抑制しつつ第２の旋回要素を極低温領域まで効率良く冷却することができる。

【００４６】

２軸関節機構が２軸ゴニオメータの一部を構成し、第１の旋回要素の回転角を検出するための第１の検出手段と、第２の旋回要素の回転角を検出するための第２の検出手段とをベースに取り付けた場合、第２の旋回要素の姿勢をブラケットから離れたベース側で正確に把握することができる。

【００４７】

試料が取り外し可能に装着される試料ホルダを第２の旋回要素に設け、この試料ホルダを第１の回転軸線と第２の回転軸線との交点近傍に配した場合、試料ホルダの周囲をコンパクト化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による２軸関節機構の冷却装置を２軸ゴニオメータが組み込まれたマニピュレータに応用した一実施例の外観を表す正面図である。

【図２】図１に示した実施例の平面図である。

【図３】図１に示した実施例における２軸ゴニオメータの部分を抽出した正面図である。

【図４】図３に示した２軸ゴニオメータの左側面図である。

【図５】図３に示した２軸ゴニオメータの先端部の拡大断面図である。

【図６】図６中のＶＩ－ＶＩ矢視断面図である。

【図７】図１に示した実施例において冷却処理を行った場合の試料ホルダの表面の温度の経時的変化を表すグラフである。

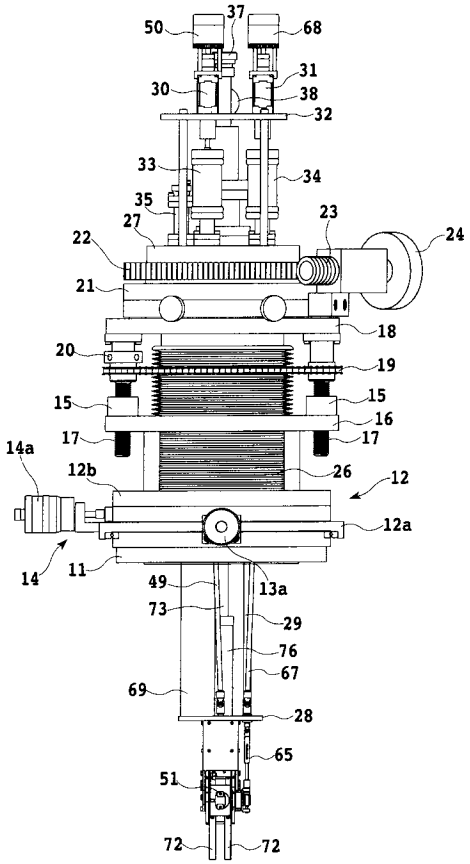
【符号の説明】

１１　真空フランジ継手
１２　ＸＹテーブル
１２ａ　Ｘ方向スライドテーブル
１２ｂ　Ｙ方向スライドテーブル
１３　Ｘ方向マイクロメータ
１３ａ　つまみ
１４　Ｙ方向マイクロメータ
１４ａ　つまみ
１５　ボールナット
１６　ナットブラケット
１７　ボールねじ軸
１８　昇降テーブル
１９　無端チェーン
２０　回転操作部
２１　旋回リング
２２　ウォームホイール
２３　ウォーム
２４　旋回操作ハンドル
２５　角度目盛

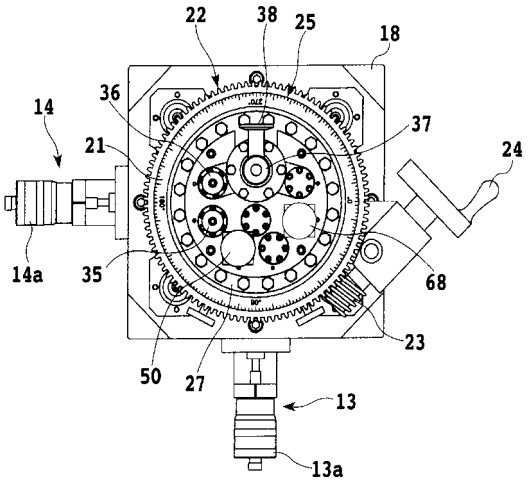
２６　ベローズ
２７　ベース
２８　ヘッドブラケット
２８ａ　側板部
２９　支柱
３０　ブロック駆動モータ
３１　ホルダ駆動モータ
３２　モータブラケット
３３，３４　シールジョイント
３５　窒素供給継手
３６　窒素排出継手
３７　ヘリウム供給継手
３８　ヘリウム排出継手
３９　旋回ブロック
３９ａ　内周案内面
３９ｂ　外周案内面
４０　ローラ
４１　扇形歯車
４２　ピニオン
４３　ブロック用歯車軸
４４　軸受
４５　従動傘歯車
４６　軸受
４７　ブロック用中間軸
４８　駆動傘歯車
４９　ブロック駆動ロッド
４９ａ　自在継手
５０　Ｙ軸用ロータリエンコーダ
５１　試料ホルダ
５２　回転ブロック
５３　ホルダ支持ステー
５４　軸受
５５　従動傘歯車
５６　旋回スリーブ
５７　駆動傘歯車
５８　ホルダ用歯車軸
５９　軸受
６０　スリーブ受け
６１　軸受
６２　ウォームホイール
６３　軸受
６４　ウォーム
６５　ホルダ用中間軸
６５ａ　自在継手
６６　軸受
６７　ホルダ駆動ロッド
６７ａ　自在継手
６８　Ｘ軸用ロータリエンコーダ
６９　第１冷却シリンダ
６９ａ　伝熱部

６９ｂ　冷却チャンバ
７０　窒素供給管
７０ａ　フレキ部
７１　窒素排気管
７１ａ　フレキ部
７２　伝熱リボン
７３　第２冷却シリンダ
７３ａ　内筒
７３ｂ　外筒
７３ｃ　伝熱部
７３ｄ　冷却チャンバ
７４　環状通路
７５　開口
７６　熱輻射シールド
７７　ワイヤケーブル

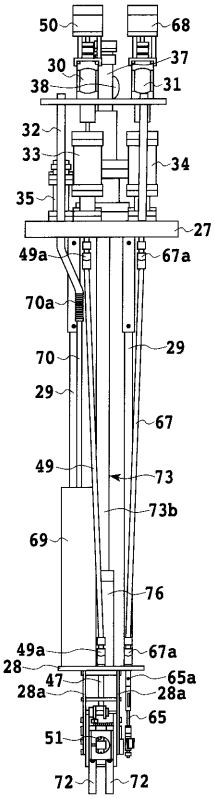
【図１】



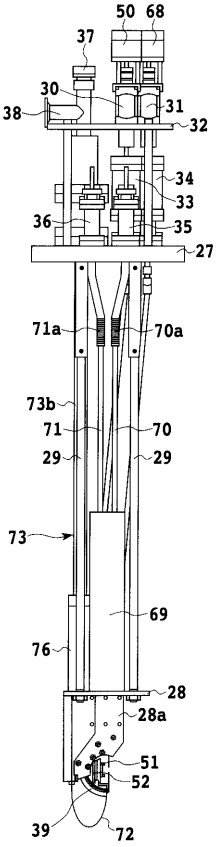
【図２】



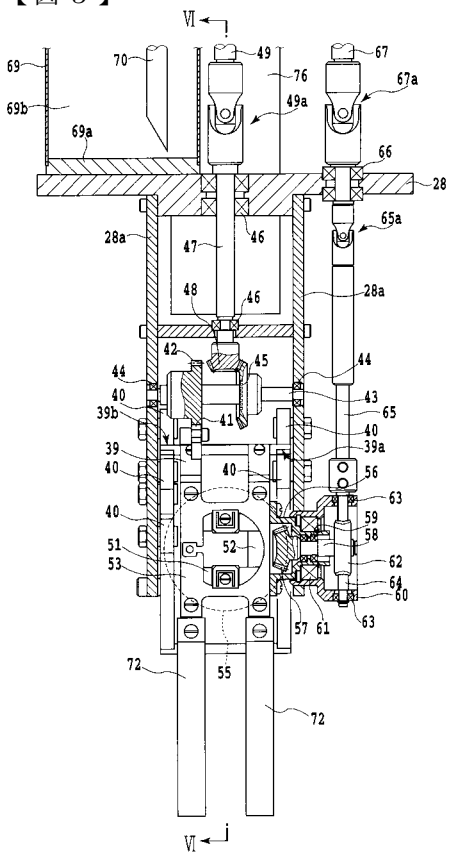
【図３】


50
68
37
30
38
31
32
33
34
35
27
49a
67a
70a
29
70
29
67
49
73
73b
69
76
49a
67a
28
47
65a
28a
28a
65
51
72
72

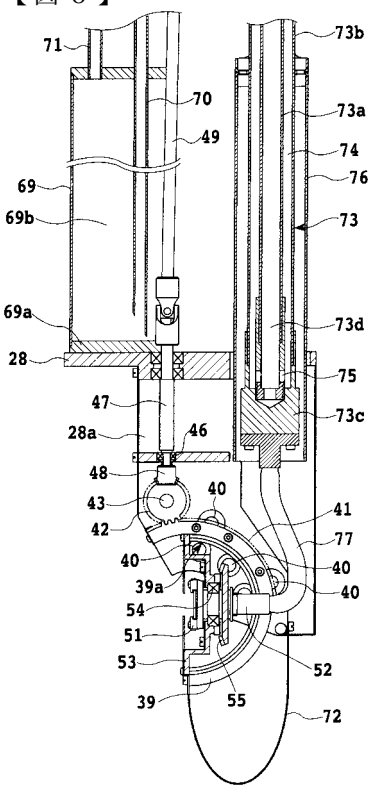
【図４】


50
68
37
30
38
31
32
34
33
36
35
27
71a
70a
73b
71
70
29
29
73
69
76
28
28a
51
52
39
72

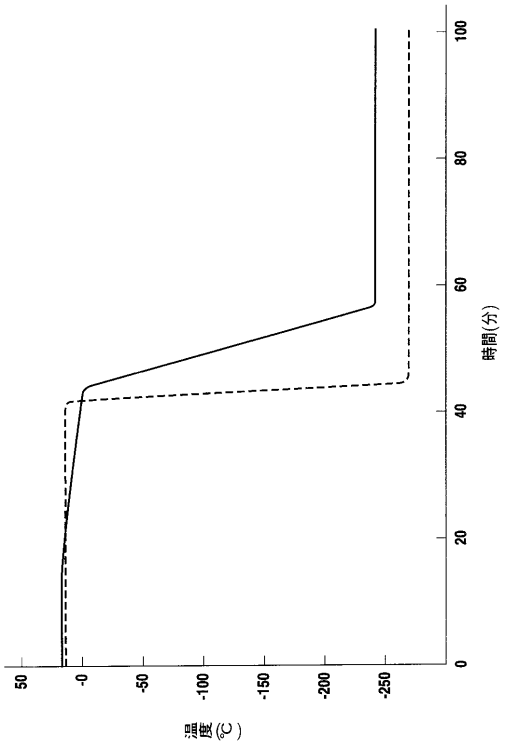
【図５】


VI
69
70
49
76
67
67a
49a
69b
69a
66
28
65a
28a
47
46
48
46
28a
42
45
44
44
40
43
39b
41
65
40
39
39a
40
40
56
63
40
59
58
51
52
62
53
64
60
57
61
63
72
55
72
VI

【図６】


71
73b
70
73a
49
74
76
69
69b
73
69a
73d
28
75
47
73c
28a
46
48
40
43
41
42
77
40
40
39a
40
54
51
53
52
39
55
72

【図７】



フロントページの続き

(72)発明者　宮本　隆男
茨城県つくば市二の宮１－１６－１０　株式会社アールデック内
(72)発明者　千葉　昭雄
茨城県つくば市二の宮１－１６－１０　株式会社アールデック内

Ｆターム(参考) 2G052 CA46 DA23 EB11 EB13 JA09
3L044 AA04 BA09 CA04 DB03 KA01 KA04