世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 **H02K 41/03**	**A1**	(11) 国際公開番号	**WO99/10970**
		(43) 国際公開日	1999年3月4日(04.03.99)

(21) 国際出願番号 PCT/JP98/03688

(22) 国際出願日 1998年8月20日(20.08.98)

(30) 優先権データ

特願平9/224704	1997年8月21日(21.08.97)	JP
特願平9/224705	1997年8月21日(21.08.97)	JP
特願平9/277229	1997年10月9日(09.10.97)	JP
特願平10/104524	1998年4月15日(15.04.98)	JP

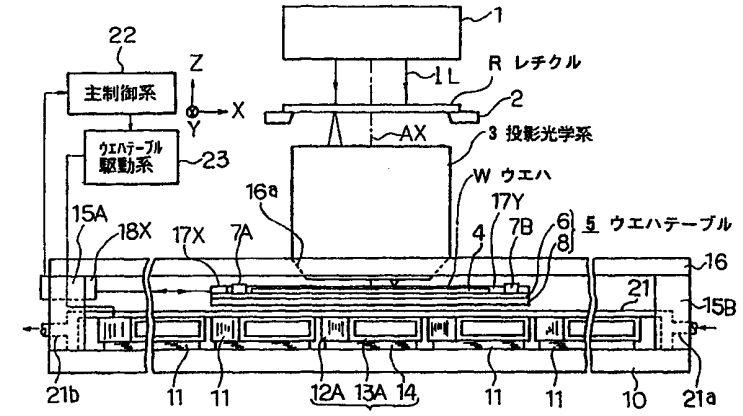
(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP]
〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
Tokyo, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
小野一也(ONO, Kazuya)[JP/JP]
〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)
(74) 代理人
弁理士 志賀正武, 外(SHIGA, Masatake et al.)
〒169-8925 東京都新宿区高田馬場三丁目23番3号
ORビル Tokyo, (JP)

(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類
国際調査報告書

(54)Title: **POSITIONING DEVICE, DRIVING UNIT, AND ALIGNER EQUIPPED WITH THE DEVICE**

(54)発明の名称 位置決め装置、駆動ユニット及び前記装置を備えた露光装置



(57) **Abstract**

A device for positioning a movable body (6) (an object) on which a wafer W is mounted. The device is provided with a magnetism generating unit (8) incorporated in the movable body (6), magnetic members (10, 15A, 15B, 16) which hold the magnetism generating unit (8) between them, and a driving unit (11) which is provided between the magnetism generating unit (8) and the magnetic members (10, etc.) and drives the magnetism generating unit (8). The movable unit (6) is positioned by the magnetic members (10, etc.) and the driving unit (11). The positioning device permits the movable unit (an object) to be positioned quickly and highly accurately and to be used preferably in, for instance, and aligner in which a wafer is positioned highly accurately.

(57)要約

本発明の位置決め装置は、ウエハ（位置決め対象物）Ｗが載置される可動体６を位置決めするものであって、可動体６に組み込まれる発磁体８と、発磁体８を挟み込むように形成された磁気部材１０，１５Ａ，１５Ｂ，１６と、発磁体８と磁気部材１０等との間に配置され発磁体８を駆動する駆動ユニット１１とを備え、磁気部材１０等及び駆動ユニット１１によって可動体６を位置決めする。この位置決め装置によれば、可動体（位置決め対象物）を高速かつ高精度に位置決めすることができ、例えばウエハを高精度に位置決めする露光装置等に用いて好適である。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL アルバニア
AM アルメニア
AT オーストリア
AU オーストラリア
AZ アゼルバイジャン
BA ボズニア・ヘルツェゴビナ
BB バルバドス
BE ベルギー
BF ブルギナ・ファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
BY ベラルーシ
CA カナダ
CF 中央アフリカ
CG コンゴー
CH スイス
CI コートジボアール
CM カメルーン
CN 中国
CU キューバ
CY キプロス
CZ チェッコ
DE ドイツ
DK デンマーク
EE エストニア
ES スペイン
FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GB 英国
GD グレナダ
GE グルジア
GH ガーナ
GM ガンビア
GN ギニア
GW ギニア・ビサオ
GR ギリシャ
HR クロアチア
HU ハンガリー
ID インドネシア
IE アイルランド
IL イスラエル
IN インド
IS アイスランド
IT イタリア
JP 日本
KE ケニア
KG キルギスタン
KP 北朝鮮
KR 韓国
KZ カザフスタン
LC セントルシア
LI リヒテンシュタイン
LK スリ・ランカ
LR リベリア
LS レソト
LT リトアニア
LU ルクセンブルグ
LV ラトヴィア
MC モナコ
MD モルドヴァ
MG マダガスカル
MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国
ML マリ
MN モンゴル
MR モーリタニア
MW マラウイ
MX メキシコ
NE ニジェール
NL オランダ
NO ノールウェー
NZ ニュー・ジーランド
PL ポーランド
PT ポルトガル
RO ルーマニア
RU ロシア
SD スーダン
SE スウェーデン
SG シンガポール
SI スロヴェニア
SK スロヴァキア
SL シエラ・レオネ
SN セネガル
SZ スワジランド
TD チャード
TG トーゴー
TJ タジキスタン
TM トルクメニスタン
TR トルコ
TT トリニダッド・トバゴ
UA ウクライナ
UG ウガンダ
US 米国
UZ ウズベキスタン
VN ヴィェトナム
YU ユーゴースラビア
ZW ジンバブエ

明 細 書

位置決め装置、駆動ユニット及び前記装置を備えた露光装置

技術分野

本発明は、例えば半導体ウエハ等の位置決め対象物が載置された可動体を非接触で位置決めする位置決め装置、駆動ユニット及びこの位置決め装置を備えた露光装置に関する。

背景技術

従来より、半導体素子、撮像素子（ＣＣＤ等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介して基板としてのウエハ（又はガラスプレート等）の各ショット領域に転写するステッパー等の投影露光装置が使用されている。このような投影露光装置では、ウエハを高精度に露光位置に位置決めする必要があるため、ウエハはウエハホルダ上に真空吸着等によって保持され、従来はこのウエハホルダが高精度に位置決め可能なウエハステージ上に固定されていた。

これに対して最近、ウエハをより高速に、且つ機械的な案内面の精度等に影響されずに高精度に位置決めするために、ウエハが載置された平板状のテーブルを非接触で浮上させて位置決めする位置決め装置の開発が進められている。そして、例えば米国特許（ＵＳＰ）第５１９６７４５号明細書には、ウエハが載置されたテーブルの上下面に外側がＮ極及びＳ極となっている永久磁石を交互に２次元的に配置し、そのテーブルが収納される固定体側にそれらの永久磁石に対応した多相コイル列を配置した位置決め装置が提案されている。この位置決め装置では、それらの永久磁石の磁束がテーブルに対して垂直になっている場所の多相コイルでは水平方向の推力が発生し、その磁束が水平になっている場所のコイルでは鉛直方向の推力が発生することを利用して、そのテーブルを６自由度の方向に非接触で位置決めしている。

このような従来の非接触方式の位置決め装置では、可動体としてのテーブルの

上下面に極性が交互に反転する複数の永久磁石が取り付けられていた。そのため、そのテーブルが大型化し、且つ重量も重くなっていた。また、多相コイルによる鉛直方向の推力は非常に小さく、その鉛直方向の推力のみでその大きな重量のテーブルを浮上させるのは実質的に困難であった。

また、その位置決め装置は、テーブルの移動ストロークの２倍の大きさのコイル列を必要とするため、装置が大型化するという不都合があった。

発明の開示

本発明は、ウエハのような位置決め対象物が載置された可動体を安定に支持できると共に、その可動体を正確に位置決めできる位置決め装置を提供することを第１の目的とする。

また、本発明は可動体の移動ストロークに比べて駆動機構をあまり大型化することなく非接触に可動体を位置決めできる位置決め装置を提供することを第２の目的とする。

更に本発明は、そのような位置決め装置で使用できる駆動ユニット、及びそのような位置決め装置を備え、高いスループットで高精度に半導体素子等を製造できる露光装置を提供することをも目的とする。

このような目的達成のため、本発明による位置決め装置は、位置決め対象物が載置される可動体を位置決めする位置決め装置であって、可動体に組み込まれる発磁体と、発磁体を挟み込むように形成された磁気部材と、発磁体と磁気部材との間に配置され発磁体を駆動する駆動ユニットとを備え、磁気部材及び駆動ユニットによって可動体を位置決めすることを基本構成とする。

この基本構成の下、本発明の（第１の）位置決め装置は、（例えば平板状の１枚、又は複数枚の）発磁体（８）が、可動体（６）の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生し、磁気部材（１０，１５Ａ～１５Ｃ，１６）が、発磁体（８）と共に磁気回路を形成し、駆動ユニットが、発磁体（８）に対してその移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように巻回された浮上用コイル（１４）を備えるものであり、磁気部材（１０等）及び駆動ユニット（１１）によって可動体（６）を非接触状態で位置決めするものである。

斯かる（第１の）位置決め装置によれば、可動体（６）及び発磁体（８）よりなる可動テーブル（６，８）は、薄く軽量化できる。このとき、発磁体（８）が可動体（６）を兼用してもよい。また、本発明では主に２つの磁気回路が形成される。第１の磁気回路は、発磁体（８）のＮ極から出た磁束が上面、又は底面の磁気部材、及びそれに対向する磁気部材を介して発磁体（８）のＳ極に戻る磁気回路である。第２の磁気回路は、発磁体（８）のＮ極から出た磁束が空間中にリークして例えば上面の磁気部材を通ってそのＳ極に戻る磁気回路である。

第１、及び第２の磁気回路はそれぞれ可動テーブル（６，８）に対して上面、及び底面の磁気部材への吸引力を発生しており、この吸引力を磁気的に制御することで可動テーブルに浮上力が発生して、可動テーブルの自重を支えることができる。これによって、駆動ユニット（１１）の浮上用コイル（１４）は反発力、又は吸引力を所定範囲で調整するのみでよくなるため、その発熱は最小となる。その吸引力を磁気的に制御するには、可動テーブルの高さを調整してもよく、駆動ユニット（１１）のコイルの大きさを調整してもよく、磁気部材のパーミアンスを調整してもよい。

そして、例えば３個以上の駆動ユニット（１１）の浮上用コイルでの反発力、又は吸引力を制御することで、可動テーブルの高さ、及び２軸の周りの傾斜角が制御できる。即ち、高さ方向の位置決めを正確に行うことができる。

本発明による他の（第２の）位置決め装置は、発磁体（８）が、可動体（６）の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生し、磁気部材（１０，１５Ａ～１５Ｃ，１６）が、発磁体（８）と共に磁気回路を形成し、駆動ユニット（１１）が、磁気回路内で磁束を通過させるコア部材（２０）と、発磁体（８）に対してその移動面内の第１の方向にローレンツ力よりなる推力を発生するようにそのコア部材に巻回された第１の推力発生用コイル（１２Ａ）と、発磁体（８）に対してその移動面内のその第１の方向に交差する第２の方向にローレンツ力よりなる推力を発生するようにコア部材に巻回された第２の推力発生用コイル（１３Ａ）とを備えるものである。

斯かる（第２の）位置決め装置によれば、可動テーブルの底面、又は上面の推力発生用コイル（１２Ａ，１３Ａ）に流れる電流と、発磁体（８）の磁束とによ

って発生するローレンツ力の反力によって、可動テーブルに対して２次元的な推力が発生する。従って、推力発生用コイルを例えば３個（駆動ユニットとしては２個）設けることで、可動テーブルに対して２次元の大きな推力、及び回転力を付与できる。即ち、２次元平面内でその可動テーブル（６，８）を正確に位置決めできる。

そして、（第１の）位置決め装置と（第２の）位置決め装置とを組み合わせることによって、可動テーブルを非接触で正確に６自由度で位置決めできる。この際に、可動テーブルの移動ストロークに対して、複数の駆動ユニットの設置面積は同程度でよいため、位置決め装置が大型化することはない。

また、複数の駆動ユニットは磁気的に直接連結されていないので、各コイルのインダクタンスを低減でき、電流の応答性が向上するため、高速に位置決めを行うことができる。

本発明の他の（第３の）位置決め装置は、発磁体（８）が、可動体（６）の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生し、磁気部材（１０，１５Ａ～１５Ｃ，１６）が、発磁体（８）と共に磁気回路を形成し、駆動ユニット（７０Ｘ；７４Ｘ）が、磁気回路内で磁束を通過させるコア部材（７１；７５）と、発磁体に対して移動面に沿った方向（第１の方向）にローレンツ力よりなる推力を発生するようにコア部材に巻回された（第１の）推力発生用コイル（７３；７３ｄ，７３ｅ）と、発磁体に対して移動面に垂直な方向（第２の方向）に可変の推力を発生するようにコア部材に巻回された浮上用コイル（第２の推力発生コイル）（７２Ａ，７２Ｂ；７６）とを備えるものである。

斯かる（第３の）位置決め装置によっても、可動体は発磁体と共に磁気回路によって大部分の重量が支持されている。そして、浮上用コイルによって可動体の高さ、及び傾斜角の制御が行われ、推力発生用コイルによって可動体の移動面内での位置が制御される。

この場合、一例として、コア部材（７１）は、発磁体側に凸部を向けた円弧状の部材であり、かつこの円弧状の部材の２つの端部が磁気部材に磁気的に連結され、推力発生用コイル（７３）は、円弧状の部材の中間部に巻回され、かつ推力発生用コイルは外側の面積が実質的にコア部材の面積以上であると共に、その外

側の面積に対して内側の面積が狭く形成され、浮上用コイル（７２Ａ，７２Ｂ）は、円弧状の部材の２つの端部に巻回されているものである。

これらの場合、可動体の移動面内での位置を計測する位置計測系（１７Ｘ，１７Ｙ，１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２）を設けることが望ましい。その位置計測結果に基づいて駆動ユニット（１１）を駆動することによって、閉ループ方式で高精度に可動体の位置決めが行われる。

また、発磁体（８）の変形量を計測する変形量計測系（９Ａ～９Ｄ）を設けるようにしてもよい。例えばこれらの近傍に伸縮するアクチュエータを設けておき、検出される歪を相殺するようにそれらのアクチュエータを駆動することで発磁体（８）の変形が抑制される。アクチュエータを使用する代わりに複数の浮上用コイル（１４）で発生する浮上力を制御してもよい。

また、発磁体（８）に、この発磁体の磁気による変形を自立的に相殺するように変形する磁歪部材を被着してもよい。磁歪部材としては、例えばフェライトガーネット系、又は希土類合金系等の磁歪材料より形成された部材が使用できる。このように磁歪材料を使用するとき、発磁体が磁場によって凸に歪み易い位置には、磁場によって収縮する磁歪材料（ＣｏＦｅ2 Ｏ4 やＳｍＦｅ2 等）を被着すればよく、発磁体が磁場によって凹に歪み易い位置には、磁場によって膨張する磁歪材料（ＴｂＦｅ2 や７０ｗｔ％Ｔｂ－３０ｗｔ％Ｆｅ等）を被着すればよい。

本発明の他の（第４の）位置決め装置は、それぞれ可動体（４４）の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生する第１及び第２の発磁体（４５Ａ，４５Ｂ）を有し、磁気部材（４６）は、第１及び第２の発磁体（４５Ａ，４５Ｂ）をそれぞれ上下に挟むように連結された状態で配置されると共に、第１及び第２の発磁体（４５Ａ，４５Ｂ）と共にそれぞれ磁気回路を形成し、駆動ユニットが、第１の発磁体（４５）と磁気部材（４６）との間に配置されこの発磁体を駆動する第１の駆動ユニット（１１）と、第２の発磁体（４５Ｂ）と磁気部材（４６）との間に配置されこの発磁体を駆動する第２の駆動ユニット（１１Ｃ）とを備えている。

そして、第１の駆動ユニット（１１）は、その磁気回路内で第１の発磁体（４５Ａ）に対してその移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように巻回され

た浮上用コイル（１４）を有し、第２の駆動ユニット（１１Ｃ）は、その磁気回路内でその第２の発磁体に対してその移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように巻回された浮上用コイル（１４）を有し、磁気部材、第１の駆動ユニット、及び第２の駆動ユニットによって可動体を非接触状態で位置決めするものである。

斯かる（第４の）位置決め装置によれば、ウエハ等の位置決め対象物が載置される可動体（４４）は、例えば細長い平板状の非磁性材料から構成され、可動体（４４）の両端部に第１及び第２の発磁体（４５Ａ，４５Ｂ）が連結され、可動体（４４）の一端の底面若しくは上面（又は両面）に第１の駆動ユニット（１１）が配置され、可動体（４４）の他端の底面若しくは上面（又は両面）に第２の駆動ユニット（１１Ｃ）が配置される。そして、可動体（４４）に対する浮上力の大部分はその磁気回路（第１の磁気回路）、及び空間中にリークする磁束で形成される第２の磁気回路によって与えられる。

また、可動体（４４）の移動面の２方向をＸ方向、Ｙ方向として、その移動面に垂直な方向をＺ方向とすると、それらの駆動ユニットによって可動体（４４）はＺ方向に非接触で正確に位置決めされる。この際に、可動体（４４）の中央部には磁束が殆ど存在しないため、例えば電子線転写装置等にもこの位置決め装置が適用できる。

これらの場合において、可動体が位置決めされる際に発生する推力による反力を、床に逃がす構造を有することが望ましい。これによって振動の発生が抑制される。また、その発磁体は、単極（発磁体が複数個有る場合には、全部が同一方向に磁束を発生すること）、又は多極の何れでもよい。さらに、可動体（６）、及び発磁体（８）は平板状であることが望ましい。これによって可動体（テーブル）は、薄く軽量化できる。また、発磁体（８）の上面及び底面の少なくとも一方に高透磁率材料からなる補助磁気部材（７７，７８）を配置してもよい。この補助磁気部材によってその磁気回路によるその可動体（６）に対する浮上力が大きくなると共に、各コイルによる推力も大きくなる。

更に、複数の浮上用コイルは、それぞれ高透磁率材料からなる磁心（７９ａ）に対して可動体（６）が移動する面に垂直な方向に巻回されたコイル（８３）よ

りなり、複数の第１の推力発生用コイルは、それぞれ磁心（７９ａ）に対してその第１の方向に巻回されたコイル（８１Ａ）よりなり、それら複数の第２の推力発生用コイルは、それぞれ磁心（７９ａ）に対してその第２の方向に巻回されたコイル（８２Ａ）よりなり、複数の磁心（１０ａ）がその磁気部材の一部を構成することが望ましい。これによって、発磁体（８）に対して浮上力、及び推力を発生する部材を互いに同一構成の複数の駆動ユニット（１１）にまとめることができ、制御が容易になり、構成が簡素化される。また、駆動ユニット（１１）の近傍に駆動ユニット（主にコイル）を冷却するための冷却装置（２１）を配置することが望ましい。

本発明の他の（第５の）位置決め装置は、駆動ユニットは、発磁体（８）の底面側に、常時何れかの駆動コイルが発磁体のエッジ部を横切るように配置された複数の駆動コイル（８７，８８）を有し、可動体（６）が移動する面内での可動体の位置を検出する位置検出装置（１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２）を備えるとともに、位置検出装置の検出結果に応じて駆動コイルの内で、発磁体の底面に全部が収まる浮上用の駆動コイル（８８Ａ）と、発磁体のエッジを横切る位置にある横シフト用の駆動コイル（８７Ａ，８７Ｂ）とを判別する制御系（２２）を備え、浮上用の駆動コイルによって可動体を非接触状態で支持した状態で、横シフト用の駆動コイルによって発磁体に発生する推力によって可動体を位置決めするものである。

斯かる（第５の）位置決め装置によれば、発磁体（８）のエッジを横切る位置にある横シフト用の駆動コイルに電流を流すと、発磁体（８）の磁束とその電流とによってローレンツ力が発生し、この反力が発磁体（８）に対する横シフト用の推力となる。従って、特に多相コイルを使用する必要はない。そして、常時例えば３個以上で少なくとも１つは推力の方向が異なる横シフト用の駆動コイルがあれば、発磁体（８）に対して２次元の推力、及び回転力を付与できるため、結果として可動体（６）を非接触で高速に６自由度で位置決めできる。

この場合、複数の駆動コイルは、一例として矩形状、又は楕円形状に巻回された第１のコイル（８７）、及びこの第１のコイルを所定角度回転した第２のコイル（８８）を、２次元的に配列したものである。これらを組み合わせることで、

容易に常時何れかの駆動コイルが発磁体（８）の２方向のエッジを横切るように配置できる。

次に、本発明の露光装置は、上記の本発明の位置決め装置を備え、この位置決め装置で位置決めされる基板（Ｗ）上にマスクパターンを転写するものである。この場合、位置決め対象物としての基板（Ｗ）は本発明の位置決め装置で非接触に高速に位置決めできる。露光装置としては、光学式の投影露光装置の他に電子線転写装置等も使用できる。

次に、本発明による駆動ユニットは、発磁体（８）と磁気部材（１０，１５Ａ～１５Ｃ，１６）とから形成される磁気回路内に配置され、ローレンツ力を発生する駆動ユニット（７０Ｘ；７４Ｘ）であって、磁気回路内で第１方向に磁束を通過させると共に、磁気部材と磁気的に連結されるコア部材（７１；７５）と、コア部材に第１方向に直交する第２方向に巻回されたコイル（７３；７３ｄ，７３ｅ）と、を備え、コイルは発磁体側に面積が大きく、発磁体と反対側に面積が狭くなるように巻回されているものである。

この場合、コア部材は、一例として発磁体（８）側に凸部を向けた円弧状の部材（７１）であり、かつ円弧状の部材の２つの端部が磁気部材（１０）に磁気的に連結され、第２方向コイル（７３）が、円弧状の部材（７１）の中間部に巻回されるものである。また、コア部材は、一例として交差する複数の平面を有する矩形の部材（７５）であり、第２方向コイル（７３）が、交差する平面どうしにわたって巻回されるものである。

さらに、コア部材は、第１方向に巻回された第１方向コイル（７２Ａ，７２Ｂ，７６）を備えることが好ましい。しかも、第１方向コイル（２９）は、複数のコア部材の周りを巻回した状態で配置されるようにしてもよい。

次に、本発明の位置決め装置は、上記本発明の駆動ユニットを備え、位置決め対象物が載置されかつ発磁体（８）が組み込まれた可動体（５）を駆動ユニット及び磁気部材（１０，１５Ａ～１５Ｃ，１６）によって位置決めするものである。

また、本発明の露光装置は、上記の本発明の駆動装置を備えた位置決め装置を備え、この位置決め装置で位置決めされる基板（Ｗ）上にマスクパターンを転写するものである。この場合、位置決め対象物としての基板（Ｗ）は本発明の位置

決め装置で非接触に高速に位置決めできる。

図面の簡単な説明

図１は、本発明の実施の形態の投影露光装置を示す概略構成図である。

図２は、図１のトップヨーク１６から底部ヨーク１０までの構成を示す一部を切り欠いた斜視図である。

図３は、（ａ）が図２中の駆動ユニット１１のコア２０を示す平面図、（ｂ）がその側面図である。

図４は、図２中の駆動ユニット１１を示す分解斜視図である。

図５は、図２中の駆動ユニット１１の駆動回路、及び駆動ユニット１１の動作の説明に供する図である。

図６は、（ａ）が図２中の複数の駆動ユニット１１を用いてウエハテーブル５のＸ方向、Ｙ方向への駆動を行う場合の平面図、（ｂ）が回転を行う場合の平面図である。

図７は、本発明の他の実施の形態の投影露光装置の要部を示す断面図である。

図８は、図７中の駆動ユニット６０を示す分解斜視図である。

図９は、図７中の駆動ユニット６０の動作の説明に供する図である。

図１０は、本発明の他の実施の形態の投影露光装置を示す斜視図である。

図１１は、図１０の磁石板４５Ｂの底面側の駆動ユニット１１Ｙを示す平面図である。

図１２は、本発明の他の実施の形態の投影露光装置を示す斜視図である。

図１３は、本発明の実施の形態において、多極の磁石板を使用する場合を示す平面図である。

図１４は、本発明の実施の形態のウエハステージの要部を示す斜視図である。

図１５は、図１４の駆動ユニット７０Ｘ，７０Ｙから一部のコイルを取り外した状態を示す分解斜視図である。

図１６は、実施の形態に係る駆動ユニットから一部のコイルを取り外した状態を示す分解斜視図である。

図１７は、実施の形態に係る駆動ユニットを組み立てた状態を示す、図１６の

ＡＡ線に沿う断面図である。

図１８は、本発明の実施の形態において、コイルの磁心が磁気部材の一部を構成する一例を示す概略構成図である。

図１９は、図１８のトップヨーク１６からコア板７９までの構成を示す一部を切り欠いた斜視図である。

図２０は、図１９のコア板７９から１つの駆動ユニット８０以外の駆動ユニットを取り除いた状態を示す斜視図である。

図２１は、図１９の駆動ユニット８０の駆動回路、及び駆動ユニット８０の動作の説明に供する図である。

図２２は、（ａ）が図１９の複数の駆動ユニット８０を用いてウエハテーブル５のＸ方向、Ｙ方向への駆動を行う場合の平面図、（ｂ）が回転を行う場合の平面図である。

図２３は、本発明の他の実施の形態の投影露光装置を示す断面図である。

図２４は、図２３の駆動コイル８７，８８の配置面を示す平面図である。

図２５は、図２４の駆動コイル８７Ａ，８７Ｂ，８８Ａの駆動回路、及びこれらの駆動コイルの動作の説明に供する図である。

図２６は、（ａ）が図２４の複数の駆動コイル８７，８８を用いてウエハテーブル５のＸ方向、Ｙ方向への駆動を行う場合の平面図、（ｂ）が回転を行う場合の平面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。本例は投影露光装置における半導体ウエハの位置決め部に本発明を適用したものである。

［第１実施形態］

図１は、本例の投影露光装置を示す概略構成図であり、この図１において、照明光学系１からの露光光（水銀ランプのｉ線等の輝線、又はエキシマレーザ光等）ＩＬにより、レチクルＲの下面に形成されたパターンが均一な照度分布で照明され、露光光ＩＬのもとでレチクルＲのパターンが投影光学系３を介して所定の投影倍率β（βは例えば１／４，１／５等）で、半導体ウエハ（以下、単に「ウエ

ハ」という）W上の所定のショット領域に投影される。ウエハWの表面にはフォトレジストが塗布され、その表面は投影光学系３の像面にほぼ合致している。以下、投影光学系３の光軸ＡＸに平行にＺ軸を取り、光軸ＡＸに垂直な平面内で図１の紙面に平行にＸ軸を、図１の紙面に垂直にＹ軸を取って説明する。

レチクルＲは、Ｘ方向、Ｙ方向、及び回転方向に微動可能なレチクルステージ２上に保持され、レチクルステージ２の位置は不図示のレーザ干渉計の計測値に基づいて制御されている。一方、本例の薄い円板状のウエハWは、薄い円板状のウエハホルダ４（図２参照）上に例えば静電吸着で保持され、ウエハホルダ４は全体として矩形の平板状のウエハテーブル５上に固定されている。本例のウエハテーブル５は、ウエハホルダ４側から順に、非磁性体としてのセラミックス製のプレート６、及びＺ方向に向かう一様な磁束を発生している１枚の磁石板８を貼り合わせたものであり、磁石板８は、例えば底面側がＮ極で上面側がＳ極（逆でも可）の１枚の永久磁石である。

また、ウエハテーブル５の底面側にはウエハテーブル５の移動範囲の全面を覆うように強磁性体よりなる平板状の底部ヨーク１０が配置され、底部ヨーク１０は、不図示の床上に直接、又は防振ゴム等の防振機構を介して設置されている。底部ヨーク１０の上面に多数の駆動ユニット１１が取り付けられ、各駆動ユニット１１の駆動回路がウエハテーブル駆動系２３内に組み込まれている。駆動ユニット１１は、それぞれ磁石板８（ひいてはウエハテーブル５）にＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への可変の推力を付与する（詳細後述）。これらの駆動ユニット１１は、非磁性体の薄板よりなり狭い中空部が設けられたカバー部材２１に覆われている。カバー部材２１は、駆動ユニット１１用の冷却装置としても機能しており、カバー部材２１の中空部には、供給口２１ａを介して不図示の冷媒供給装置から温度の低い液体よりなる冷媒が供給され、カバー部材２１内を流れて多数の駆動ユニット１１から発生する熱を吸収した冷媒は、排出口２１ｂからその冷媒供給装置に戻されている。本例の各駆動ユニット１１で発生する熱量は少ないが、僅かに発生する熱量もカバー部材２１内の冷媒によって外部に運ばれるため、ウエハテーブル５の温度上昇が少なく、高精度に位置決めが行われる。

また、ウエハテーブル５の上面側には、強磁性体からなる平板状のトップヨー

ク１６が配置され、トップヨーク１６の中央部の開口１６ａに投影光学系３の先端部が差し込まれている。投影光学系３の鏡筒は強磁性体より形成され、投影光学系３の先端部もトップヨーク１６の一部となっている。

そして、底部ヨーク１０とトップヨーク１６とは４隅で強磁性体よりなる支柱１５Ａ～１５Ｄ（図１では１５Ａ，１５Ｂのみが現れている）によって連結され、底部ヨーク１０、磁石板８、トップヨーク１６、及び支柱１５Ａ，１５Ｂ等が第１の閉じた磁気回路を形成している。支柱１５Ａ～１５Ｄには、振動絶縁部材（例えば強磁性体からなるバネ部材など）を設けてもよい。振動絶縁部材を設けることで、投影光学系３には駆動ユニット１１によって生じる反力が伝達せず、可動体が位置決めされる際に発生する推力の反力を床に逃がすことができる。

更に、磁石板８のＮ極から空間中にリークした磁束がトップヨーク１６を経て磁石板８のＳ極に戻るという第２の磁気回路も形成され、本例では主に第２の磁気回路によってウエハテーブル５には定常的な浮上力が与えられている。実際には駆動ユニット１１によって磁石板８を底部ヨーク１０側に吸引する推力を発生することによって、磁石板８（ウエハテーブル５）はＺ方向の所望の位置で浮上した状態で安定に支持される。

本来、磁石の吸引力は非線形で負の剛性を持つため、ウエハテーブル５のＺ方向の位置の制御は困難であるように思われるが、本例のその第２の磁気回路を磁場解析した所、その定常的浮上力は負の剛性を持つものの非線形性の程度は非常に小さいことが判明した。従って、Ｚ方向の位置は容易に所定の目標値に安定化することができ、且つ応答性にも優れている。

また、ウエハテーブル５の上面のウエハホルダ４の周囲の３箇所に、合成ゴム等からなる円柱状の柔らかいタッチダウン部材７Ａ～７Ｃ（図２参照）が固定され、ウエハテーブル５がトップヨーク１６側に吸引されても、タッチダウン部材７Ａ～７Ｃによって衝撃力が緩和されるようになっている。

そして、ウエハテーブル５のプレート６の上面の－Ｘ方向の端部にＸ軸の移動鏡１７Ｘが固定され、＋Ｙ方向の端部にＹ軸の移動鏡１７Ｙが固定され、移動鏡１７Ｘにレーザ干渉計１８Ｘからのレーザビームが Ｘ軸に平行に照射され、移動鏡１７Ｙに２個の並列に配置されたレーザ干渉計１８Ｙ１，１８Ｙ２（図２参照）

からのレーザビームがＹ軸に平行に照射されている。レーザ干渉計１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２はそれぞれ対応する移動鏡１８Ｘ，１８Ｙの変位を例えば０．００１μｍ～０．０１μｍ程度の分解能で計測し、計測結果を図１の装置全体の動作を統轄制御する主制御系２２に出力する。この場合、例えばレーザ干渉計１８Ｘの計測値、及びレーザ干渉計１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値の平均値よりそれぞれウエハテーブル５（ウエハＷ）のＸ座標、及びＹ座標が求められ、Ｙ軸の２つのレーザ干渉計１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値の差分よりウエハテーブル５の回転角が求められる。主制御系２２は、その計測値に基づいてウエハテーブル駆動系２３を介して、ウエハテーブル５の底面側に配置された多数の駆動ユニット１１による推力を制御することによって、ウエハテーブル５（ウエハＷ）の位置決めを行う。

また、不図示であるが、投影光学系３の側面（トップヨーク１６の一部）にはウエハＷの表面にスリット像等を投影して、そのウエハＷからの反射光によって再結像されるスリット像の横ずれ量からウエハＷのデフォーカス量を検出する斜入射方式の焦点位置検出系も配置され、この焦点位置検出系の出力等に基づいて主制御系２２は、オートフォーカス方式でウエハＷのＺ方向の位置及び傾斜角の制御を行ってウエハＷの表面を投影光学系３の像面に合わせ込む。そして、露光時には、ウエハＷ上の或るショット領域への露光が終了すると、複数の駆動ユニット１１を介してウエハＷを非接触で高速にステッピングして次のショット領域を投影光学系３の露光フィールドに移動して、レチクルＲのパターン像をそのショット領域へ投影露光するという動作がステップ・アンド・リピート方式で繰り返されて、ウエハＷの各ショット領域への露光が行われる。

さて、上述のように本例のウエハテーブル５の磁石板８には、その底面に配置された多数の駆動ユニット１１によってＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への推力が付与されている。以下では、駆動ユニット１１の構成、及び動作につき詳細に説明する。

図２は、図１のトップヨーク１６、及びカバー部材２１の一部を切り欠いた斜視図であり、この図２に示すように、底部ヨーク１０内でウエハテーブル５（ウエハＷ）が移動する全部の領域を覆うように、Ｘ方向及びＹ方向に所定ピッチで

多数の（本例では７行×７列で）同一構成の駆動ユニット１１が組み込まれている。この場合、ウエハテーブル５の底面には駆動ユニット１１が、常時合わせて３行×３列程度以上配置されるように駆動ユニット１１の配列ピッチが設定されている。各駆動ユニット１１は、それぞれコア２０と、磁石板８（ウエハテーブル５）に対してＸ方向への推力を付与するためのコイルであるＸコイル１２Ａ，１２Ｂと、磁石板８（ウエハテーブル５）に対してＹ方向への推力を付与するためのコイルであるＹコイル１３Ａ，１３Ｂと、Ｚ方向へ磁束を発生するためのコイルであるＺコイル１４とから構成されている。

この場合、複数の駆動ユニット１１は互いに磁気的に直接連結されていないため、各コイルのインダクタンスが低減され、駆動電流を切り換える際の応答性も良好である。

図３（ａ）は、駆動ユニット１１用の強磁性体よりなるコア２０を示す平面図、図３（ｂ）はその側面図であり、図３（ａ），（ｂ）に示すように、コア２０は、断面が正方形の角柱２０ａの上部側面に４枚の矩形のボビンを兼用するフランジ部２０ｂ～２０ｅを取り付けた形状である。この結果、フランジ部２０ｂ～２０ｅを通過する磁束ＢＡは、それぞれ折れ曲がって角柱２０ａの内部を通過するため、フランジ部２０ｂ～２０ｅの底面には殆ど磁束が存在しなくなる。

図４は、駆動ユニット１１を示す分解斜視図であり、底部ヨーク１０上に設置された状態ではこの図４に示すように、フランジ部２０ｂ及び２０ｃがそれぞれ－Ｘ方向及び＋Ｘ方向を向くようにコア２０は位置決めされる。そして、コア２０のＸ方向のフランジ部２０ｂ及び２０ｃの周りに、即ちＸ軸に平行な軸の周りにそれぞれＸコイル１２Ａ及び１２Ｂを巻回し、コア２０のＹ方向のフランジ部２０ｄ及び２０ｅの周りに、即ちＹ軸に平行な軸の周りにそれぞれＹコイル１３Ａ及び１３Ｂを巻回し、コア２０の底部の角柱２０ａの周りに、即ちＺ軸に平行な軸の周りにＺコイル１４を巻回することによって、１つの駆動ユニット１１が構成される。他の駆動ユニット１１も同じように構成されている。

この場合、Ｘコイル１２Ａには例えば上部で＋Ｙ方向（又は－Ｙ方向）に流れ底部で－Ｙ方向（又は＋Ｙ方向）に流れる電流ＩＸが供給されるが、Ｘコイル１２Ａの上部を通過する磁束ＢＡはコア２０の作用によって底部は通過しないため、

Xコイル１２Aには全体としてX方向へのローレンツ力ＦＸＡが作用する。他方のXコイル１２Ｂにも同様にX方向へのローレンツ力が作用する。一方、Yコイル１３Ｂには例えば上部で－X方向（又は＋X方向）に流れ底部で＋X方向（又は－X方向）に流れる電流ＩＹが供給されるが、Yコイル１３Ｂの上部を通過する磁束ＢＡは底部を通過しないため、Yコイル１３Ｂには全体としてY方向へのローレンツ力ＦＹＢが作用し、他方のYコイル１２Aにも同様にY方向へのローレンツ力が作用する。

また、Zコイル１４に通電することによって、コア２０の上部の磁石板８に対して可変の反発力、又は吸引力が発生する。この際に、Zコイル１４はXコイル１２A，１２B、及びYコイル１３A，１３Bの下側で、コア２０と底部ヨーク１０との連結部分近くに配置されている。Zコイル１４はその連結部全体を取り囲んでいるため、コア２０の全体に起磁力を与えることができる。そのため、ウエハテーブル５に対して比較的線形なZ方向の推力を与えることができるの。仮に、Zコイル１４がコア２０に部分的に起磁力を与えるような構成にすると、コア２０において局所的な磁気回路が形成され、Zコイル１４が発生する力は非常に非線形になってしまい、例えばウエハテーブル５を浮上させようとしても吸引力が働いてしまうこともある。

次に、駆動ユニット１１の駆動回路の構成、及び駆動ユニット１１の動作につき図５を参照して説明する。

図５は図２の一部の拡大図であり、この図２において、ウエハテーブル５の底面に位置している一つの駆動ユニット１１に着目する。この場合、ウエハテーブル５内の磁石板８と、図２の底部ヨーク１０及びトップヨーク１６等とによって、磁石板８から駆動ユニット１１に対して例えば－Z方向に向かう磁束ＢＡが発生している。

また、その駆動ユニット１１に対して駆動回路３１が接続され、駆動回路３１内の制御部３５が、主制御系２２からの指令のもとで各回路の動作を統轄制御する。そして、駆動回路３１内には、X軸駆動回路３２、Y軸駆動回路３３、及びZ軸駆動回路３４が設けられ、X軸駆動回路３２は、対応する駆動ユニット１１のXコイル１２A，１２Bに上部側でY方向に流れる電流ＩXを供給し、Y軸駆

動回路３３は、Ｙコイル１３Ａ，１３Ｂに上部側でＸ方向に流れる電流ＩＹを供給し、Ｚ駆動回路３４は、Ｚコイル１４に対して電流ＩＺを供給している。この結果、図４を参照して説明したように、Ｘコイル１２Ａ，１２Ｂに流れる電流ＩＸとＺ方向の磁束ＢＡとによって、Ｘコイル１２Ａ，１２ＢにはＸ方向にローレンツ力が発生し、磁石板８（ウエハテーブル５）にはそのローレンツ力の反力としてのＸ方向への推力ＦＸが発生する。

同様に、Ｙコイル１３Ａ，１３Ｂに流れる電流ＩＹとＺ方向の磁束ＢＡとによって、Ｙコイル１３Ａ，１３ＢにはＹ方向にローレンツ力が発生し、磁石板８（ウエハテーブル５）にはそのローレンツ力の反力としてのＹ方向への推力ＦＹが発生する。推力ＦＸ，ＦＹはそれぞれ電流ＩＸ，ＩＹに比例するため、Ｘ軸駆動回路３２及びＹ軸駆動回路３３ではそれぞれ制御部３５から指示される推力に応じて電流ＩＸ及びＩＹを制御する。それらの推力ＦＸ，ＦＹの方向（±Ｘ方向、±Ｙ方向）は、それぞれ対応する電流ＩＸ，ＩＹの方向（符号）によって何れにも任意に設定できる。

また、Ｚ軸駆動回路３４からＺコイル１４に供給する電流ＩＺの値を制御することによって、上述のようにＺコイル１４を貫通する新たな可変の磁束が発生し、この可変の磁束によって磁石板８には、リラクタンス力よりなるＺ方向への推力ＦＺが作用する。この推力ＦＺも、Ｚコイルに供給する電流の方向（符号）によって＋Ｚ方向（反発力）、又は－Ｚ方向（吸引力）の何れにも設定できる。Ｚ軸駆動回路３４では、制御部３５から指示される推力ＦＺに応じて、Ｚコイル１４に供給する電流ＩＺを制御する。

図５の駆動回路３１と同一の駆動回路は、それぞれ図２の各駆動ユニット１１に接続されており、このような多数の駆動回路３１より図１のウエハテーブル駆動系２３が構成されている。この際のウエハテーブル５（ウエハＷ）のＸ方向、Ｙ方向の座標、及び回転角はレーザ干渉計１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値より求められ、この結果に基づいて主制御系２２は各駆動ユニット１１の駆動回路３１内の制御部３５に対して、各部分でどの程度ウエハテーブル５を変位させるかの指令を与え、この指令に応じて制御部３５は対応するコイルによって所定の推力を発生させる。本例のウエハテーブル５の底面には常時３行×３列程度以

上の駆動ユニット１１が配置されているため、それらの駆動ユニット１１から磁石板８（ウエハテーブル５）に対して発生するＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への推力ＦＸ，ＦＹ，ＦＺを組み合わせることによって、ウエハテーブル５が６自由度（Ｘ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への変位、及びＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の周りの回転）で位置決めできる。

更に、本例のウエハテーブル５のプレート６の上面の４隅に歪ゲージ９Ａ～９Ｄが貼着され、歪ゲージ９Ａ～９Ｄが不図示の可撓性の有るリード線を介して不図示の検出回路に接続され、この検出回路で検出されるプレート６の歪量が主制御系２２に供給されている。主制御系２２は、磁石板８ひいてはプレート６の歪が検出されたときには、ウエハテーブル５の底面側の複数の駆動ユニット１１によるＺ方向の推力を制御してその歪を補正する。

なお、このように能動的に歪を補正するのではなく、磁石板８の上面、又は底面に磁場によって変形する磁歪材料よりなる補正板を貼着して、自立的にその磁石板８の歪を補正しても良い。その磁歪材料としては、例えばフェライトガーネット系（ＣｏＦｅ2 Ｏ4 等）、又は希土類合金系（７０ｗｔ％Ｔｂ－３０ｗｔ％Ｆｅ，ＳｍＦｅ2 ，ＴｂＦｅ2 ，Ｔｂ（ＣｏＦｅ）2 等）等が使用できる。このように磁歪材料を使用するとき、一例として磁石板８が磁場によって凸に歪み易い位置には、磁場によって収縮する磁歪材料を被着すればよく、その発磁体が磁場によって凹に歪み易い位置には、磁場によって膨張する磁歪材料を被着すればよい。

次に、ウエハテーブル５を２次元的に変位させる場合の動作の一例につき図６を参照して説明する。先ず、ウエハテーブル５（ウエハＷ）をＹ方向へ変位させる場合には、図６（ａ）に示すように、主制御系２２はウエハテーブル５の底部の複数の駆動ユニット１１Ａ，１１Ｂ，１１Ｃの制御部に対して、Ｙ方向への推力ＦＹ１を発生させるように指令を発する。これに応じて駆動ユニット１１Ａ～１１Ｃからウエハテーブル５に対してそれぞれＹ方向への推力ＦＹ１が作用して、ウエハテーブル５がＹ方向に変位する。同様に、ウエハテーブル５をＸ方向へ変位させる場合には、ウエハテーブル５の底部の複数の駆動ユニット１１Ｄ，１１Ｂ，１１Ｅからウエハテーブル５に対してそれぞれＸ方向への推力ＦＸ１を作用

させればよい。

また、図６（ｂ）に示すように、ウエハテーブル５（ウエハＷ）に回転誤差θが発生している場合には、ウエハテーブル５の底部のＸ方向に離れた１対の駆動ユニット１１Ａ，１１Ｃからそれぞれ－Ｙ方向への推力ＦＹ２及び＋Ｙ方向への推力－ＦＹ２を発生させ、Ｙ方向に離れた１対の駆動ユニット１１Ｄ，１１Ｅからそれぞれ－Ｘ方向への推力ＦＸ２及び＋Ｘ方向への推力－ＦＸ２を発生させて、ウエハテーブル５を回転誤差θを相殺するように回転すればよい。この際に、ウエハテーブル５の回転角は図２のレーザ干渉計１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値よりモニタされているため、これに基づいて閉ループでウエハテーブル５の回転角が正確に補正される。

このように本例では、ウエハＷが載置されるウエハテーブル５が非接触で駆動されるため、ウエハＷを高速に位置決めすることができる。従って、露光工程のスループット（生産性）が高まる。また、駆動ユニット１１はウエハテーブル５の移動範囲のほぼ全面に配置すればよいだけであるため、位置決め装置が大型化することがない。なお、例えば図１において、ウエハＷの交換は、トップヨーク１６の端部に設けた切り欠き部（不図示）を通して行うことができる。

また、本例において、駆動ユニット１１は、ウエハテーブル５の上面側に配置してもよく、更にウエハテーブル５の上面側、及び底面側の両方に駆動ユニット１１を配置してもよい。このように両側に駆動ユニット１１を配置することによってより大きな推力が得られる。

更に、上記実施の形態では、ウエハＷの表面のＺ方向の位置を計測するための斜入射方式の焦点位置検出系（不図示）を設けているが、その他に底部ヨーク１０側にウエハテーブル５との間隔を計測するための複数のギャップセンサを設けてもよい。

［第２実施形態］

次に、本発明の第２の実施の形態につき図７～図９を参照して説明する。本例は第１の実施の形態とは異なる駆動ユニットを使用するものであり、図７～図９において図１及び図２に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図７は、本例の投影露光装置のウエハステージ側の要部を示す断面図であり、この図７において、底部ヨーク１０上に支柱１５Ｃ，１５Ｄ等を介してトップヨーク１６が固定され、底部ヨーク１０上にウエハテーブル５の移動面の全面を覆うようにＸ方向、及びＹ方向に所定ピッチで多数の駆動ユニット６０が配置され、多数の駆動ユニット６０上にウエハテーブル５（底部が磁石板８となっている）が配置されている。

本例においても、底部ヨーク１０、ウエハテーブル５内の磁石板８、トップヨーク１６、及び支柱１５Ｃ，１５Ｄ等からなる第１の磁気回路、及び磁石板８の底面から空間中にリークする磁束がトップヨーク１６を経て磁石板８に戻る第２の磁気回路が形成され、主に第２の磁気回路によってウエハテーブル５にはトップヨーク１６側への浮上力が作用している。また、ウエハテーブル５の底面には常時３行×３列程度の駆動ユニット６０が配置されている。そして、駆動ユニット６０も、それぞれ磁石板８に対してＸ方向への推力を与えるＸコイル２７Ａ，２７Ｂ、Ｙ方向への推力を与えるＹコイル２８Ａ，２８Ｂ、及びＺ方向への推力を与えるＺコイル２９を備えている。

図８は、図７中の１つの駆動ユニット６０を分解した状態を示し、この図８において、底部ヨーク１０上に、Ｘ方向に平行な逆Ｕ字型のコア２５Ａ及び２５Ｂが斜めに設置され、これらのコアに交差するようにＹ方向に平行な逆Ｕ字型のコア２６Ａ及び２６Ｂが設置されている。そして、２点鎖線で示すように、コア２５Ａ，２５Ｂの上部でＸ軸に平行な軸の周りにＸコイル２７Ａ，２７Ｂを巻回し、コア２６Ａ，２６Ｂの上部でＹ軸に平行な軸の周りにＹコイル２８Ａ，２８Ｂを巻回し、実線で示すようにこれらを囲むようにＺ軸に平行な軸の周りにＺコイル２９を巻回することで駆動ユニット６０が構成されている。

本例において、例えばコア２５Ａの上部から入り込む磁束ＢＡは、逆Ｕ字型の経路で底部ヨーク１０に向かうため、Ｘコイル２７Ａの底部には磁束が殆ど存在しない。従って、Ｘコイル２７Ａに上部でＹ方向に向かう電流ＩＸを供給すると、電流ＩＸ及び磁束ＢＡによってＸコイル２７ＡにはＸ方向に向かうローレンツ力ＦＸＡが作用する。他方のＸコイル２７Ｂも同様である。一方、Ｙコイル２８Ａ，２８Ｂ側ではＸ方向に向かう電流を供給することによってＹ方向に向かうローレ

ンツ力が作用する。更に、本例では例えばコア２５Ａでは、Ｘコイル２７Ａによって生じる磁束は経路３０で示すように、コア２５Ａ及び底部ヨーク１０よりなる閉じた磁気回路を形成し、他のコア２５Ｂ，２６Ａ，２６Ｂには影響を与えないため、Ｘ方向、及びＹ方向への推力の制御精度が向上している。

次に、図９を参照して本例の駆動ユニット６０の動作を説明すると、この図９において、駆動ユニット６０の駆動回路としては、第１の実施の形態の図５の駆動回路３１が使用できる。そして、Ｘコイル２７Ａ，２７Ｂに流れる電流ＩＸとＺ方向の磁束ＢＡとによって、Ｘ方向にローレンツ力が発生し、磁石板８（ウエハテーブル５）にはその反力としてのＸ方向への推力ＦＸが発生する。同様に、Ｙコイル２８Ａ，２８Ｂに流れる電流ＩＹとＺ方向の磁束ＢＡとによって、Ｙ方向にローレンツ力が発生し、磁石板８にはその反力としてのＹ方向への推力ＦＹが発生する。また、Ｚコイル２９に供給する電流ＩＺの値を制御することによって、Ｚコイル２９を貫通する新たな可変の磁束が発生し、この可変の磁束によって磁石板８には、リラクタンス力よりなるＺ方向への推力ＦＺ（反発力、又は吸引力）が作用する。従って、複数の駆動ユニット６０を組み合わせて使用することで、第１の実施の形態と同様にウエハテーブル５を６自由度で駆動できる。

［第３実施形態］

次に、本発明の第３の実施の形態、及びこの変形例につき図１４～図１７を参照して説明する。本例も上記の実施の形態とは異なる駆動ユニットを使用するものであり、図１４～図１７において図７～図９に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図１４は、本例の投影露光装置のウエハステージ側の要部を示す断面図であり、この図１４において、底部ヨーク１０と不図示のトップヨーク１６（図７参照）との間の磁気回路中にウエハテーブル５がほぼ浮上するように配置され、底部ヨーク１０の上面にウエハテーブル５の移動面の全面を覆うようにＸ方向、及びＹ方向に所定ピッチで交互に２種類の駆動ユニット７０Ｘ，７０Ｙが配置されている。Ｘ軸の駆動ユニット７０Ｘは、ウエハテーブル５内の磁石板８にＺ方向及びＸ方向への可変の推力を与え、Ｙ軸の駆動ユニット７０Ｙはその駆動ユニット７０Ｘを９０° 回転して配置されており、磁石板８（ひいてはウエハテーブル５）

にＺ方向及びＹ方向への可変の推力を与える。ウエハテーブル５の底面には常時３行×３列程度の駆動ユニット７０Ｘ，７０Ｙが配置され、これらによってウエハテーブル５（磁石板８）には全体として６自由度の可変の推力が作用する。

そして、一方の駆動ユニット７０Ｘは、底部ヨーク１０上に２つの脚部が固定されると共に磁石板８に対して凸の円弧状の、即ち逆Ｕ字型の強磁性体よりなるコア７１と、このボビンとしてのコア７１の上部のほぼＸ軸に平行な軸の周りに巻回された水平コイル７３と、コア７１の２つの脚部よりなるＺ軸に平行な軸の周りに巻回された２つのＺコイル７２Ａ，７２Ｂとから構成されている。駆動ユニット７０Ｘの水平コイル７３はＸコイルに、駆動ユニット７０Ｙの水平コイル７３はＹコイルに相当している。

図１５は、駆動ユニット７０Ｘ，７０Ｙからそれぞれ水平コイル７３を分離した状態を示し、この図１５において、駆動ユニット７０Ｘの水平コイル７３は、コア７１の点線より上の上部７１ａが挿通される開口部７３ｃの周りにコイルを巻回したものである。そして、水平コイル７３の上部７３ａはほぼ平坦で、コア７１の上部７１ａよりも広い面積を持ち、その下部７３ｂではコイルが絞り込まれており、下部７３ｂがコア７１の脚部７１ｂ，７１ｃの間を通過できるように構成されている。

この場合、一例として、コア７１を構成する脚部７１ｂ，７１ｃ及び上部７１ａを３個の別体の板状部材より形成し、水平コイル７３は上部７１ａと同じ断面積の板状部材を用いて巻回しておき、水平コイル７３の開口部７３ｃに上部７１ａを挿通させた後に、上部７１ａの両端部にそれぞれＺコイル７２Ａ，７２Ｂが巻回された脚部７１ｃ，７１ｂを底面側からねじ止めすることによって、駆動ユニット７０Ｘを組み立てることができる。又は、Ｌ字型の強磁性体の薄板を水平コイル７３の開口部７３ｃに左右から交互に差し込んだ後、左右の隙間部にＩ字型の強磁性体の薄板を装着するようにしても、駆動ユニット７０Ｘを組み立てることができる。他方の駆動ユニット７０Ｙも同様である。

図１５において、コア７１の脚部７１ｂ，７１ｃはそれぞれ底部ヨーク１０に直接磁気的に連結しているが、脚部７１ｂ，７１ｃ同士は直接的には磁気的に連結されていない。これは各コイル７２Ａ，７２Ｂ，７３のインダクタンスを低減

させて、推力の応答性を向上させるためである。

また、図１４において、駆動ユニット７０Ｘの水平コイル７３（Ｘコイル）の上面部では、磁石板８、コア７１、及び底部ヨーク１０を含む磁気回路中の磁束ＢＡは、Ｚ方向（図１４では－Ｚ方向）を向いており、水平コイル７３に＋Ｙ方向の電流ＩＸを流すと、水平コイル７３には－Ｘ方向へのローレンツ力が発生し、ウエハテーブル５（磁石板８）にはその反作用としての＋Ｘ方向の推力ＦＸが発生する。その電流ＩＸの方向及び大きさを制御することで、ウエハテーブル５に対する推力ＦＸの方向及び大きさが制御できる。同様に、駆動ユニット７０Ｙの水平コイル７３（Ｙコイル）に供給するＸ方向への電流ＩＹを制御することで、ウエハテーブル５に対してＹ方向に可変の推力ＦＹを発生できる。水平コイル７３の上部７３ａ以外では磁束密度は小さいため、例えば水平コイル７３の下部７３ｂ（図１５参照）で逆方向へのローレンツ力は殆ど発生しない。なぜなら、磁石板８から出た磁束は強磁性体であるコア７１を経て、底部ヨーク１０に流れていくからである。

また、Ｚコイル７２Ａ，７２Ｂは水平コイル７３の下側で、コア７１と底部ヨーク１０との連結部近くに配置されている。Ｚコイル７２Ａ，７２Ｂは実質的にその連結部全体を取り囲んでいるため、駆動ユニット７０ＸのＺコイル７２Ａ，７２ＢにＺ軸の周りの電流ＩＺ１を流すことによって、コア７３の全体に起磁力を与えることができる。そのため、ウエハテーブル５（磁石板８）に対して比較的線形なＺ方向の推力ＦＺ１を与えることができる。更に、他方の駆動ユニット７０ＹのＺコイル７２Ａ，７２Ｂに流す電流ＩＺ２を制御してウエハテーブル５に対するＺ方向への推力ＦＺ２を制御することで、ウエハテーブル５のレベリングを行うことができる。

なお、本例では例えば駆動ユニット７０Ｘの水平コイル７３に電流ＩＸを流そうとすると、逆方向に電流を流そうとする起電力、即ちコア７１及び底部ヨーク１０よりなる閉じた磁気回路内を貫通する磁束が発生して、ウエハテーブル５に対する推力ＦＸが小さくなる恐れがある。このような推力ＦＸの低下を防止するためには、Ｚコイル７２Ａ，７２Ｂに対して電流ＩＺ１に重畳するように、かつその磁束を相殺するための磁束を発生するように互いに逆方向に電流を流すよう

にすればよい。これによって、ウエハテーブル５に対するＸ方向への推力ＦＸ（ＦＹについても同様）を所望の値に制御することができる。

ここで、水平コイル７３に対して逆方向に電流を流そうとする起電力を少なくするための上記の第３の実施の形態の駆動ユニットの変形例につき、図１６、図１７を参照して説明する。

図１６は、この変形例の１つのＸ軸の駆動ユニット７４Ｘを分解した状態を示し、この図１６において、底部ヨーク１０上に矩形の厚い平板状の強磁性体よりなるコア７５が固定され、コア７５の上部をＸ方向に挟むようにそれぞれＸ軸に平行な軸（開口７３ｃ）の周りに巻回された１対の水平コイル７３ｄ，７３ｅが装着されている。水平コイル７３ｄ及び７３ｅはそれぞれ、図１４の水平コイル７３をＺＹ平面に平行な面で対称に２等分した場合の－Ｘ方向、及び＋Ｘ方向の半分のコイルと等価なものである。そして、コア７５及び水平コイル７３ｄ，７３ｅを囲むように、Ｚ軸の周りに矩形の枠状に巻回されたＺコイル７６を装着することで、駆動ユニット７４Ｘが構成されている。

図１７は、図１６の駆動ユニット７４Ｘの上にウエハテーブル５が位置する状態を示すＡＡ線に沿う断面図であり、この図１７において、ウエハテーブル５の磁石板８、コア７５、及び底部ヨーク１０を含む磁気回路によって、コア７５の上面の水平コイル７３ｄ，７３ｅをＺ方向に磁束ＢＡが通過している。従って、水平コイル７３ｄ，７３ｅにＹ方向に電流ＩＸ１を流すことによって（図１６参照）、磁石板８（ウエハテーブル５）には水平コイル７３ｄ，７３ｅに発生するローレンツ力の反作用としてのＸ方向への可変の推力ＦＸが発生する。また、Ｚコイル７６にＺ軸に平行な軸の周りの電流ＩＺを流すことによって、コア７５の全体を貫通する磁束が変化して、磁石板８（ウエハテーブル５）に対してほぼ線形に変化する可変のＺ方向への推力ＦＺが発生する。

この変形例では、水平コイル７３ｄ，７３ｅに電流ＩＸ１を供給する際に、コア７５にその電流ＩＸ１を打ち消す方向の起電力（磁束）が発生しないため、Ｚコイル７６にはＺ方向への推力ＦＺに対応する電流のみを供給すればよい。また、コア７６が飽和することがなくなる。

［第４実施形態］

次に、本発明の第４の実施の形態につき図１０及び図１１を参照して説明する。例えば図１及び図２に示す実施の形態では、ウエハWは磁束の中を移動するために、その位置決め装置は荷電粒子線を用いてマスクパターンを転写する露光装置、例えば電子線転写装置には適用しにくい傾向がある。そこで、本例ではウエハが磁束の中を通過しなくとも済むようにして、電子線転写装置等にも使用できる位置決め装置の例を示す。

図１０は、本例の投影露光装置の要部を示し、この図１０において、不図示のマスクパターンが投影光学系４１を介してウエハW上に転写される。投影光学系４１としては、エキシマレーザ光のような紫外光のもとでパターン像を投影する光学式の投影光学系の他に、電子線のもとでマスクパターンの縮小像等を転写する電子光学系等も使用できる。以下、投影光学系４１の光軸方向にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な面内の直交座標系をＸ軸、及びＹ軸として説明する。

このとき、ウエハWは、ウエハホルダ４２上に吸着保持され、ウエハホルダ４２は試料台４３上に固定され、試料台４３は、ほぼＸ軸に沿って細長い非磁性体の可動プレート４４の中央部に固定されている。そして、可動プレート４４の＋Ｘ方向の端部４４ａ、及び－Ｘ方向の端部４４ｂの底面に、それぞれＺ方向に向かう一様な磁束を発生する矩形の板状の磁石板４５Ａ、及び４５Ｂが固定されている。磁石板４５Ａ，４５Ｂはそれぞれ例えば底面がＮ極で上面がＳ極の１枚の永久磁石である。また、可動プレート４４の底面側に強磁性体よりなるヨーク板４６が配置され、このヨーク板４６の両端部４６ａ及び４６ｂは、それぞれ可動プレート４４の両端部の磁石板４５Ａ及び４５Ｂを上下に挟むようにコの字型に形成されている。

そして、＋Ｘ方向側の磁石板４５Ａとヨーク板４６との間に、磁石板４５Ａの移動範囲を覆うようにＸ方向、Ｙ方向に所定ピッチで多数の駆動ユニット１１が配置され、－Ｘ方向側の磁石板４５Ｂとヨーク板４６との間に、磁石板４５Ｂの移動範囲を覆うようにＸ方向、Ｙ方向に所定ピッチで多数の駆動ユニット１１Ｙが配置されている。＋Ｘ方向側の駆動ユニット１１は、図５に示す第１の実施の形態の駆動ユニット１１と同一構成であり、図１０において、＋Ｘ方向側の磁石板４５Ａには、ヨーク板４６の中で浮上力が付与されていると共に、磁石板４５

Aには複数の駆動ユニット１１からX方向への推力ｆＸ１、Ｙ方向への推力ｆＹ１、及びＺ方向への推力ｆＺ１が作用している。これらの推力を制御することによって、磁石板４５Ａ、ひいては可動プレート４４の＋X方向側の端部４４ａは、X方向、Ｙ方向、Ｚ方向に非接触で位置決めされる。

一方、－X方向側の駆動ユニット１１Ｙは、第１の実施の形態の駆動ユニット１１とは異なり、Ｙ方向、及びＺ方向への推力のみを発生する駆動ユニットである。

図１１は、図１０の－X方向側の磁石板４５Ｂの底面の状態を示し、この図１１において、磁石板４５Ｂの底面側には常時例えば３行×３列程度の駆動ユニット１１Ｙが収まっている。そして、１つの駆動ユニット１１Ｙは、図４に示されているコア２０に対して、Ｙ方向の１対のフランジ部（図４のフランジ部２０ｄ，２０ｅ）のみにＹコイル１３Ａ，１３Ｂを巻回すると共に、コア２０の底部を囲むようにＺコイル１４を巻回して構成されている。例えばＹコイル１３ＢにX方向に電流ＩＹを供給すると、コア２０の上面から入ってフランジ部で内側に曲がる磁束ＢＡによって、Ｙコイル１３ＢにはＹ方向へのローレンツ力ＦＹＢが作用し、同様に他方のＹコイル１３ＡにもＹ方向へのローレンツ力が作用し、これらの反作用として上部の磁石板４５ＢにはＹ方向への推力が発生する。また、Ｚコイル１４に電流を供給することによってその上方の磁石板４５ＢにはＺ方向への推力が発生する。この結果、駆動ユニット１１Ｙは、その上の磁石板４５Ｂに対して非接触でＹ方向、及びＺ方向への可変の推力を付与できる。

図１０に戻り、－X方向側の磁石板４５Ｂには、ヨーク板４６の中で浮上力が付与されていると共に、磁石板４５Ｂには複数の駆動ユニット１１YからＹ方向への推力ｆＹ２、及びＺ方向への推力ｆＺ２が作用している。これらの推力を制御することによって、磁石板４５Ｂ、ひいては可動プレート４４の－X方向側の端部４４ｂは、Ｙ方向、Ｚ方向に非接触で位置決めされる。このように端部４４ｂをＹ方向に変位させることは、可動プレート４４をＺ軸に平行な軸の周りに回転することを意味する。更に、磁石板４５Ａ，４５Ｂの底面の３個以上の駆動ユニット１１，１１ＹでのＺ方向への推力を制御することで、可動プレート４４のＺ方向の位置、X軸の周りの傾斜角、及びＹ軸の周りの傾斜角が制御でき、結果

として可動プレート４４に固定された試料台４３上のウエハWを６自由度で位置決めできる。

この場合、本例のヨーク板４６は、左右のコの字型のヨーク板を連結する構造であるため、可動プレート４４の中央部、即ちウエハW側への磁束の漏れが極めて少なくなっている。従って、本例の位置決め部は、電子線転写装置等のウエハステージとしても使用できる。なお、本例においても、駆動ユニット１１，１１Ｙをそれぞれ磁石板４５Ａ，４５Ｂの上面側に配置してもよく、更に磁石板４５Ａ，４５Ｂの上面及び底面の両側に駆動ユニット１１，１１Ｙを配置してもよい。また、本実施の形態では駆動ユニット１１にコア、Ｘコイル、Ｙコイル及びＺコイルが設けられ、駆動ユニット１１Ｙにコア、Ｙコイル及びＺコイルが設けられているが、それ以外に例えば駆動ユニットを４つ設けてその内の２つの駆動ユニットがＺコイルのみ、１つの駆動ユニットがコア、Ｘコイル及びＹコイルのみ、残りの１つがコア及びＹコイルのみを備えるようにしておいてもよい。

［第５実施形態］

次に、本発明の第５の実施の形態につき図１２を参照して説明する。本例も位置決め対象物としてのウエハWに磁束が作用することなく、荷電粒子線転写装置にも適用できる位置決め装置の例であり、図１２において図１０に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図１２は、本例の投影露光装置の要部を示し、この図１２において、不図示のマスクパターンが投影光学系４１を介してウエハW上に転写されている。ウエハWは、ウエハホルダ４２上に吸着保持され、ウエハホルダ４２はほぼX軸に沿って細長い非磁性体の可動プレート４７の－Ｘ方向の端部４７ｂ上に固定されている。ウエハWが載置されている端部４７ｂの底面には所定の間隔で、随時その端部４７ｂを載置できるベース５１が配置されている。

そして、可動プレート４７の＋Ｘ方向の端部４７ａの底面に、Ｚ方向に向かう一様な磁束を発生する矩形の板状の磁石板４５が固定されている。磁石板４５は例えば底面がＮ極で上面がＳ極の１枚の永久磁石である。また、可動プレート４７の端部の磁石板４５を上下に挟むように、且つ磁石板４５の移動範囲の全面を覆うように底部ヨーク５０、４隅の支柱４９Ａ～４９Ｄ（図１２では４９Ａ～４

９Ｃのみが現れている）、及びトップヨーク４８を連結してなるヨーク部材が配置されている。そして、磁石板４５の底部で底部ヨーク５０の上面にＸ方向、Ｙ方向に所定ピッチで多数の駆動ユニット１１が配置されている。駆動ユニット１１は、図５に示す第１の実施の形態の駆動ユニット１１と同一構成であり、図１２において、磁石板４５には、ヨーク部材の中で浮上力が付与されていると共に、磁石板４５には複数の駆動ユニット１１からＸ方向への推力ｆＸ、Ｙ方向への推力ｆＹ、Ｚ方向への推力ｆＺ、Ｚ軸の周りのθ方向へのトルク、Ｘ軸の周りのトルク、及びＹ軸の周りのトルクが付与できる。これらの推力やトルクを制御することによって、磁石板４５、ひいては可動プレート４７の端部上のウエハＷは片持ち方式で６自由度に位置決めされる。

本例においても、磁束中にあるのは可動プレート４７の＋Ｘ方向の端部４７ａのみであり、ウエハＷには殆ど磁束は作用しないため、この位置決め装置を電子線転写装置等のウエハステージにも使用できる。

なお、以上の実施の形態においては、磁石板８が単極の構造であったが、多極の構造であっても同様にテーブルを位置決めできる。

図１３は、多極化した磁石板８Ａの一例の平面図を示し、この図１３において、磁石板８Ａの底面側に点線で示すようにＸ方向、Ｙ方向に所定ピッチで複数の駆動ユニット１１（図２に示すものと同じ）が配置されている。磁石板８Ａは、矩形の板状の小さい磁石板を４行×４列に配列したものであり、且つそれらの小さい磁石板の極性はＸ方向、Ｙ方向共に交互に反転している。また、１つの駆動ユニット１１に対して磁石板８Ａ内の２行×２列（４個）の小さい磁石板（極性は同一の対角線上のものが互いに同じで、且つ交差する対角線上のものの極性は異なっている）が配置されており、Ｘコイル１２に底面がＮ極（又はＳ極）の磁石板が対向するときには、Ｙコイル１３には底面がＳ極（又はＮ極）の磁石板が対向している。従って、Ｘコイル１２、又はＹコイル１３に流れる電流の極性を反転するのみで、上記の実施の形態と同様に磁石板８Ａを駆動できる。

また、図１３では、Ｘコイル１２、Ｙコイル１３の一部が極性の異なる磁石板にかかっているが、この部分はコイルがＺ方向に折れ曲がる部分であるため、Ｘ方向、Ｙ方向の推力にはあまり寄与しない。なお、このように多極の磁石板８Ａ

を使用する場合には、磁石板８Ａの位置に応じてどのコイルに電流を流すか決定しなくてはならないので、制御は複雑になり易い。

［第６実施形態］

次に、本発明の第６の実施の形態につき図１８～図２２を参照して説明する。本例は第１の実施の形態とは異なる駆動ユニットを使用するものであり、図１８～図２２において図１及び図２に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図１８は、本例の投影露光装置を示す概略構成図であり、テーブル５には、ウエハホルダ４側から順に、セラミックス製のプレート６、高透磁率材料としての強磁性体よりなる薄板７７、Ｚ方向に一様に磁束を発生している１枚の磁石板８、及び強磁性体よりなる薄板７８を貼り合わせたものである。また、磁石板８の上面の薄板７７の方が底面の薄板７８よりも厚くなっている。これは、後述のようにウエハテーブル５に対して＋Ｚ方向にその自重と釣り合う定常的な磁気の浮上力を発生させるためである。また、薄板７７，７８は、ウエハテーブル５（磁石板８）に対する推力を強める役割も果たしている。

即ち、ウエハテーブル５の底面側には多数の磁心としてのコア（鉄心）よりなるコア板７９が配置され、コア板７９に多数の駆動ユニット８０が取り付けられている。各駆動ユニット８０は、それぞれコアと、磁石板８（ウエハテーブル５）に対してＸ方向の推力を付与するためのＸコイル８１Ａ，８１Ｂと、磁石板８（ウエハテーブル５）に対してＹ方向の推力を付与するためのＹコイル８２Ａ，８２Ｂと、Ｚ方向へ磁束を発生するＺコイル８３とから構成されており、各駆動ユニット８０の駆動回路がウエハテーブル駆動系２３内に組み込まれている。

そして、コア板７９とトップヨーク１６とは４隅で強磁性体よりなる支柱１５Ａ～１５Ｄ（図１では１５Ａ，１５Ｂのみが現れている）によって連結され、コア板７９、磁石板８、トップヨーク１６、及び支柱１５Ａ，１５Ｂ等が閉じた磁気回路を形成している。また、磁石板８の上面の強磁性の薄板７７の方が底面の強磁性の薄板７８よりも厚いため、駆動ユニット８０が動作しない状態では、磁石板８（ウエハテーブル５）にはコア板７９とトップヨーク１６との間で、トップヨーク１６側に吸着される方向の浮上力が作用している。実際には駆動ユニッ

ト８０によって磁石板８をコア板７９側に吸引する推力を発生することによって、磁石板８（ウエハテーブル５）はＺ方向の所望の位置で浮上した状態で安定に支持される。

また、コア板７９の底面側に支柱８４Ａ，８４Ｂを介して非磁性体よりなるベースプレート８５が設置され、ベースプレート２０上で多数の駆動ユニット８０の底面側に冷却装置としての蛇行する冷却管２１が配置されている。冷却管２１の入り口２１ａには、不図示の冷媒供給装置から温度の低い液体よりなる冷媒が供給され、冷却管２１内を流れて多数の駆動ユニット８０から発生する熱を吸収した冷媒は、出口２１ｂからその冷媒供給装置に戻されている。本例においても、僅かに発生する熱量が冷却管２１によって外部に運ばれるため、ウエハテーブル５の温度上昇が少なく、高精度に位置決めが行われる。

また、本例において、主制御系２２は、レーザ干渉計１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２及びそれぞれ対応する移動鏡１８Ｘ，１８Ｙによるウエハテーブル５（ウエハＷ）のＸ座標、及びＹ座標並びに回転角などの計測値に基づいてウエハテーブル駆動系２３を介して、ウエハテーブル５の底面側に配置された多数の駆動ユニット８０による推力を制御することによって、ウエハテーブル５（ウエハＷ）の位置決めを行う。

さて、上述のように本例のウエハテーブル５の磁石板８には、その底面の多数の駆動ユニット８０によってＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への推力が付与されている。以下では、駆動ユニット８０の構成、及び動作につき詳細に説明する。

図１９は、図１８のトップヨーク１６の一部を切り欠いた斜視図であり、この図１９に示すように、コア板７９内でウエハテーブル５（ウエハＷ）が移動する全部の領域を覆うように、Ｘ方向及びＹ方向に所定ピッチで多数の（本例では５行×５列で）同一構成の駆動ユニット８０が組み込まれている。この場合、ウエハテーブル５の底面には駆動ユニット８０が常時、合わせて３行×３列程度以上配置されるように駆動ユニット８０の配列ピッチが設定されている。

図２０は、図１９のコア板７９から１つの駆動ユニット８０以外の駆動ユニットを取り外した状態のコア板７９を示し、この図２０において、コア板７９は強磁性体の平板にＸ方向、Ｙ方向に所定ピッチで正方形の貫通孔７９ｂを形成した

ものであり、４個の貫通孔７９ｂに囲まれた部分がそれぞれ十字型のコア７９ａを形成している。そして、１つの十字型のコア７９ａにおいて、このＸ軸に平行な軸の周りに、コア７９ａの交差部を挟むように１対のＸコイル８１Ａ，８１Ｂを巻回し、コア７９ａのＹ軸に平行な軸の周りにその交差部を挟むように１対のＹコイル８２Ａ，８２Ｂを巻回し、コア７９ａの交差部の上面にＺ軸に平行な軸の周りに巻回されたＺコイル８３を被着することによって、１つの駆動ユニット８０が形成されている。

図１９に戻り、他の駆動ユニット８０も、図２０の駆動ユニット８０と同じく、それぞれ十字型のコア７９ａにＸコイル８１Ａ，８１Ｂ、Ｙコイル８２Ａ，８２Ｂ、及びＺコイル８３を装着して構成されている。次に、駆動ユニット８０、及びこの駆動回路の構成、及び駆動ユニット８０の動作につき図２１を参照して説明する。

図２１は図１９の一部の拡大図であり、この図２１において、ウエハテーブル５の底面に位置している一つの駆動ユニット８０に着目する。この場合、ウエハテーブル５内の磁石板８と、図１９のコア板７９及びトップヨーク１６等とによって、磁石板８から駆動ユニット８０に対して例えば－Ｚ方向に向かう磁束ＢＡが発生している。

また、図５に示すものと同様に、各駆動ユニット８０はそれぞれ駆動回路３１に接続され、駆動回路３１内の制御部３５が、主制御系２２からの指令のもとで各回路の動作を統轄制御する。従って、駆動回路３１内のＸ軸駆動回路３２、Ｙ軸駆動回路３３、及びＺ軸駆動回路３４によりＸコイル８１Ａ，８１Ｂ、Ｙコイル８２Ａ，８２Ｂ、及びＺコイル８３に対する電流を制御することで、磁石板８（ウエハテーブル５）に対するＸ，Ｙ，Ｚ方向の推力ＦＸ、ＦＹ，ＦＺを組み合わせて、ウエハテーブル５を６自由度（Ｘ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への変位、及びＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の周りの回転）で位置決めできる。

具体的に、ウエハテーブル５（ウエハＷ）をＹ方向へ変位させる場合には、図２２（ａ）に示すように、主制御系２２はウエハテーブル５の底部の複数の駆動ユニット８０Ａ，８０Ｂ，８０Ｃの制御部に対して、Ｙ方向への推力ＦＹ１を発生させるように指令を発する。これに応じて駆動ユニット８０Ａ～８０Ｃからウ

エハテーブル５に対してそれぞれＹ方向への推力ＦＹ１が作用して、ウエハテーブル５がＹ方向に変位する。同様に、ウエハテーブル５をＸ方向へ変位させる場合には、ウエハテーブル５の底部の複数の駆動ユニット８０Ｄ，８０Ｂ，８０Ｅからウエハテーブル５に対してそれぞれＸ方向への推力ＦＸ１を作用させればよい。

また、図２２（ｂ）に示すように、ウエハテーブル５（ウエハＷ）に回転誤差θが発生している場合には、ウエハテーブル５の底部のＸ方向に離れた１対の駆動ユニット８０Ａ，８０Ｃからそれぞれ－Ｙ方向への推力ＦＹ２及び＋Ｙ方向への推力－ＦＹ２を発生させ、Ｙ方向に離れた１対の駆動ユニット８０Ｄ，８０Ｅからそれぞれ－Ｘ方向への推力ＦＸ２及び＋Ｘ方向への推力－ＦＸ２を発生させて、ウエハテーブル５を回転誤差θを相殺するように回転すればよい。この際に、ウエハテーブル５の回転角は図２のレーザ干渉計１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値よりモニタされているため、これに基づいて閉ループでウエハテーブル５の回転角が正確に補正される。

このように本例では、ウエハＷが載置されるウエハテーブル５が非接触で駆動されるため、ウエハＷを高速に位置決めすることができる。

なお、上記第６の実施の形態では、ウエハＷの表面のＺ方向の位置を計測するための斜入射方式の焦点位置検出系（不図示）を設けているが、その他にコア板７９側にウエハテーブル５との間隔を計測するための複数のギャップセンサを設けてもよい。

［第７実施形態］

次に、本発明の第７の実施の形態につき図２３～図２６を参照して説明する。本例は第１の実施の形態とは異なる駆動ユニットを使用するものであり、図２３～図２６において図１及び図２に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図２３は、本例の投影露光装置を示す概略構成図であり、ウエハテーブル５の底面側にウエハテーブル５の移動範囲を覆うように高透磁率材料としての矩形の鉄板よりなるベース８６が配置され、ベース８６は高透磁率材料からなる底部ヨーク１０上に設置されている。なお、ベース８６は非磁性体でもよい。そして、

ベース８６上に、ウエハテーブル５の磁石板８が移動する面に対向するように、駆動ユニットである多数の駆動コイル８７，８８が所定の配列で設置されている。駆動コイル８７，８８は、それぞれ磁石板８の底面に全部が収まっているときには、磁石板８（ウエハテーブル５）に対して－Ｚ方向への推力（吸引力）、又は＋Ｚ方向への推力（反発力）を発生する浮上用の駆動コイルとして動作する。本例では常時その浮上用の駆動コイルが３個以上あり、これらによってウエハテーブル５のＺ方向の位置、Ｘ軸の周りの傾斜角、及びＹ軸の周りの傾斜角を制御できるため、その浮上用の駆動コイルを、「Ｚレベリング用コイル」とも呼ぶ。

一方、駆動コイル８７，８８は、それぞれ磁石板８のエッジを横切るように配置されているときには、磁石板８（ウエハテーブル５）に対して±Ｘ方向への推力、又は±Ｙ方向への推力を発生する横シフト用の駆動コイルとして動作する。この横シフト用の駆動コイルを「水平コイル」とも呼ぶ。これらの駆動コイル８７，８８の駆動回路がウエハテーブル駆動系２３内に組み込まれている。

そして、底部ヨーク１０、ベース８６、磁石板８、トップヨーク１６、及び支柱１５Ａ，１５Ｂにより閉じた磁気回路を形成するが、ベース８６が非磁性体であれば、ベース８６はその磁気回路には影響しなくなる。そのため、駆動コイル８７，８８が動作しない状態でも、磁石板８（ウエハテーブル５）には底部ヨーク１０とトップヨーク１６との間で、トップヨーク１６側に吸着される方向の浮上力が作用している。実際には駆動コイル８７，８８（浮上用の駆動コイル）によって磁石板８を底部ヨーク１０側に吸引する推力を発生することによって、磁石板８（ウエハテーブル５）はＺ方向の所望の位置で浮上した状態で安定に支持される。

また、本例において、主制御系２２は、レーザ干渉計１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２及びそれぞれ対応する移動鏡１８Ｘ，１８Ｙによるウエハテーブル５（ウエハＷ）のＸ座標、及びＹ座標並びに回転角などの計測値に基づいてウエハテーブル駆動系２３を介して、ウエハテーブル５の底面側に配置された多数の駆動コイル８７，８８による推力を制御することによって、ウエハテーブル５（ウエハＷ）の位置決めを行う。

さて、上述のように本例のウエハテーブル５の磁石板８には、その底面の多数

の駆動コイル８７，８８によってＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への推力が付与されている。以下では、駆動コイル８７，８８の構成、及び動作につき詳細に説明する。

図２４は、駆動コイル８７，８８の配置面を示す平面図であり、図２３の駆動コイル８７，８８は図２４のＡＡ線に沿った断面図でもある。また、図２４ではウエハテーブル５を斜線を施した矩形領域として表している。

この図２４に示すように、ベース８６内でウエハテーブル５（ウエハＷ）が移動する全部の領域を覆うように、駆動コイル８７、及び駆動コイル８８が所定の規則で多数配列されている。一方の駆動コイル８７は、コイルをＹ方向に細長い長方形状に巻回したものであり、他方の駆動コイル８８は、駆動コイル８７を９０°回転したコイル、即ちコイルをＸ方向に細長い長方形状に巻回したものである。なお、長方形状に巻回する他に楕円形状等に巻回してもよい。この場合、ウエハテーブル５（磁石板８）の底面内には駆動コイル８７又は８８が常時、合わせて５行×５列程度以上配置されるようになっている。更に、ウエハテーブル５がどの位置にあっても、ウエハテーブル５のＸ方向のエッジ部、及びＹ方向のエッジ部のそれぞれを横切るように何れかの２つ以上の駆動コイル８７，８８が存在するように、駆動コイル８７，８８の配列が定められている。

図２４の状態では、例えば駆動コイル８７と同じ駆動コイル８７Ｃ、及び駆動コイル８８と同じ駆動コイル８８Ａ，８８Ｂがウエハテーブル５の底面内に完全に収まっており、駆動コイル８７と同じ駆動コイル８７Ａ、及び８７Ｂがそれぞれウエハテーブル５のＸ方向のエッジ部、及びＹ方向のエッジ部を横切る位置にある。従って、駆動コイル８７Ｃ，８８Ａ，８８Ｂが浮上用の駆動コイルとして作用し、駆動コイル８７Ａ，８８Ｂが横シフト用の駆動コイルとして作用する。

図２５は図２４の駆動コイル８７Ａ，８７Ｂ等の部分を示す拡大図であり、この図２５において、ウエハテーブル５の底面内に位置している駆動コイル８８Ａ、及びウエハテーブル５のエッジ部を横切る駆動コイル８７Ａ，８７Ｂには、それぞれウエハテーブル駆動系２３内の駆動回路９１Ａ，９０Ａ，９０Ｂから電流が供給されている。他の駆動コイル８７，８８にもそれぞれ対応する駆動回路から電流が供給されている。そして、ウエハテーブル駆動系２３内の切り換え制御部８９が、主制御系２２から指令されるＸ方向、Ｙ方向、又はＺ方向への推力の情

報を各駆動回路９０Ａ，９０Ｂ，…に供給する。

本例では、ウエハテーブル５内の磁石板８と、図２４の底部ヨーク１０及びトップヨーク１６等とによって、磁石板８から駆動コイル８７Ａ等に対して例えば－Ｚ方向に向かう磁束ＢＡが発生している。そして、主制御系２２では、レーザ干渉計１８Ｘ，１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値より、ウエハテーブル５の底面に完全に収まっている駆動コイル８８Ａと、ウエハテーブル５のエッジを横切る位置にある駆動コイル８７Ａ，８７Ｂとを判別し、駆動コイル８８Ａには磁石板８（ウエハテーブル５）に対してＺ方向の推力を発生するように、駆動コイル８７Ａ，８７ＢにはそれぞれＸ方向への推力、及びＹ方向への推力を発生するように切り換え制御部８９に指令を発する。

これに応じて、駆動回路９０Ａは、対応する駆動コイル８７Ａにウエハテーブル５の底面内でＹ方向に流れる電流ＩＸを供給し、駆動回路９０Ｂは、駆動コイル８７Ｂにウエハテーブル５の底面内でＸ方向に流れる電流ＩＹを供給し、駆動回路９１Ａは、駆動コイル８８Ａに電流ＩＺを供給する。この結果、駆動コイル８７Ａに流れる電流ＩＸとＺ方向の磁束ＢＡとによって、駆動コイル８７ＡにはＸ方向にローレンツ力ＲＸが発生し、磁石板８（ウエハテーブル５）にはローレンツ力ＲＸの反力としてのＸ方向への推力ＦＸが発生する。

同様に、駆動コイル８７Ｂに流れる電流ＩＹとＺ方向の磁束ＢＡとによって、駆動コイル８７ＢにはＹ方向にローレンツ力ＲＹが発生し、磁石板８（ウエハテーブル５）にはローレンツ力ＲＹの反力としてのＹ方向への推力ＦＹが発生する。この場合、推力ＦＸ，ＦＹはそれぞれ電流ＩＸ，ＩＹに比例するため、駆動回路９０Ａ及び９０Ｂではそれぞれ切り換え制御部８９から指示される推力に応じて電流ＩＸ及びＩＹを設定する。それらの推力ＦＸ，ＦＹの方向（±Ｘ方向、±Ｙ方向）は、それぞれ対応する電流ＩＸ，ＩＹの方向（符号）によって何れにも任意に設定できる。

また、駆動回路９１Ａから駆動コイル８８Ａに供給する電流値を制御することによって、駆動コイル８８Ａを貫通する新たな可変の磁束ＢＺが発生し、この可変の磁束によって磁石板８には、リラクタンス力よりなるＺ方向への推力ＦＺが作用する。この推力ＦＺも、駆動コイル８８Ａに供給する電流ＩＺの方向（符号）

によって＋Ｚ方向（反発力）、又は－Ｚ方向（吸引力）の何れにも設定できる。本例では、磁束ＢＡによって磁石板８（ウエハテーブル５）に浮上力が付与されウエハテーブル５の自重を支持している。そして、多数の駆動コイル８７，８８から磁石板８（ウエハテーブル５）に対して発生するＸ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への推力ＦＸ，ＦＹ，ＦＺを組み合わせることによって、ウエハテーブル５が６自由度（Ｘ方向、Ｙ方向、Ｚ方向への変位、及びＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の周りの回転）で位置決めできる。

具体的に、ウエハテーブル５（ウエハＷ）をＸ方向へ変位させる場合には、図２６（ａ）に示すように、主制御系２２はウエハテーブル５のＸ方向のエッジを横切る駆動コイル８７Ａ，８７Ｅに対して、Ｘ方向への推力ＦＸ１を発生させるように指令を発する。これに応じて駆動コイル８７Ａ，８７Ｅからウエハテーブル５に対してそれぞれＸ方向への推力ＦＸ１が作用して、ウエハテーブル５がＸ方向に変位する。同様に、ウエハテーブル５をＹ方向へ変位させる場合には、ウエハテーブル５のＹ方向のエッジを横切る駆動コイル８７Ｂ，８７Ｄからウエハテーブル５に対してそれぞれＹ方向への推力ＦＹ１を作用させればよい。

また、ウエハテーブル５（ウエハＷ）に所定の回転誤差が発生している場合には、図２６（ｂ）に示すように、ウエハテーブル５の±Ｘ方向のエッジを横切ると共にＹ方向に離れた１対の駆動コイル８７Ａ，８８Ｃからそれぞれ＋Ｘ方向への推力ＦＸ２、及び－Ｙ方向への推力－ＦＸ２を発生させ、±Ｙ方向のエッジを横切ると共にＸ方向に離れた１対の駆動コイル８７Ｄ，８８Ｄからそれぞれ＋Ｙ方向への推力ＦＹ２、及び－Ｙ方向への推力－ＦＹ２を発生させて、ウエハテーブル５をその回転誤差を相殺するように回転すればよい。この際に、ウエハテーブル５の回転角は図２のレーザ干渉計１８Ｙ１，１８Ｙ２の計測値よりモニタされているため、これに基づいて閉ループでウエハテーブル５の回転角が正確に補正される。

このように本例では、ウエハＷが載置されるウエハテーブル５が非接触で駆動されるため、ウエハＷを高速に位置決めすることができる。

また、上記第７の実施の形態では、駆動コイル８７，８８として長方形状に巻回されたコイルが使用されているが、例えば正方形状や円形に巻回されたコイル

を使用してもよい。

なお、上記第７の実施の形態では、ウエハWの表面のＺ方向の位置を計測するための斜入射方式の焦点位置検出系（不図示）を設けているが、その他にベース８６側にウエハテーブル５との間隔を計測するための複数のギャップセンサを設けてもよい。

また、本発明は上述した第１～第７の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。また、上述した各実施の形態は、本発明を一括露光型の投影露光装置に適用したものであるが、本発明はレチクル及びウエハを投影光学系に対して同期して走査して転写を行うステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置に適用してもよい。

産業上の利用の可能性

本発明は、半導体ウエハ等の位置決め対象物が載置された可動体を非接触で位置決めする位置決め装置、駆動ユニット及びこの位置決め装置を備えた露光装置に関する。この位置決め装置によれば、可動体及び発磁体よりなる可動テーブルは、薄く軽量化できる。また、（第１の）位置決め装置によれば、例えばその可動テーブルの自重の殆どを磁気部材及び発磁体よりなる磁気回路で支持し、浮上用コイルでその発磁体の浮上力を制御しているため、ウエハのような位置決め対象物が載置された可動体を非接触で安定に支持できると共に、大きな推力でその可動体を高さ方向に正確に位置決めできる利点がある。また、高さ方向に大きな推力が得られるため、その可動テーブルと駆動ユニットとのギャップを大きく取れることになり、このギャップの空間に例えば冷却機構等を容易に配置できる利点もある。

同様に、本発明の他の（第２、又は第３の）位置決め装置によれば、可動体及び発磁体を含む可動テーブルの自重の殆どが磁気回路で支持されると共に、推力発生用コイル（又は駆動ユニット）でその発磁体にその可動体の移動面内で２次元的な推力を発生しているため、ウエハのような位置決め対象物が載置された可動体を非接触で安定に支持できると共に、大きな推力でその可動体を２次元的に正確に位置決めできる利点がある。また、例えば複数の駆動ユニットを、その可

動体（発磁体）の移動範囲のほぼ全面を覆うように配置すればよいため、その可動体の移動ストロークに比べて駆動機構をあまり大型化することなく非接触にその可動体を位置決めできる。また、可動体の移動面内での位置を計測する位置計測系を設けたときには、位置決め精度が向上し、発磁体の変形量を計測する変形量計測系を設けたときには、能動的にその発磁体の変形を補正できる。また、その発磁体に、この発磁体の磁気による変形を自立的に相殺するように変形する磁歪部材を被着したときには、この発磁体の平坦度等を高精度に維持できる。

次に、本発明の他の（第４の）位置決め装置によれば、上述した（第１、又は第２の）位置決め装置と同様に位置決め対象物が載置された可動体を非接触で安定に支持できると共に、大きな推力でその可動体を正確に位置決めできる利点がある。更に、位置決め対象物を例えば２つの発磁体の間に載置することによって、位置決め対象物に磁束が殆ど作用しなくなるため、例えば荷電粒子線転写装置等の位置決め装置としても適用できる利点がある。

また、その可動体が位置決めされる際に発生する推力による反力を、床に逃がす構造を有する場合には、振動の発生が抑制される。また、その発磁体は、単極である場合には構造が簡素化される。また、浮上用コイルでの発熱量は少ないため、位置決め精度が向上する。また、磁気部材は、第１の磁気部材～第３の磁気部材を有しているときには、その磁気部材の組立調整が容易である。更に、可動体、及び発磁体が平板状であるときには、可動テーブルを薄く軽量化できる。また、発磁体の上面及び底面の少なくとも一方に高透磁率材料からなる補助磁気部材が配置された場合には、その磁気回路による浮上力が増大するため、浮上用コイルの発熱量を更に低減できる。また、複数のコイルの磁心が磁気部材の一部を構成する場合には、浮上用コイルや推力発生用コイルをユニット化できると共に、構成が簡素化される。また、駆動ユニットの近傍に該駆動ユニットを冷却するための冷却装置を配置した場合には、コイルの発熱の影響が更に低減される。

次に、本発明の他の（第５の）位置決め装置によれば、上述した（第１、又は第２の）位置決め装置と同様に位置決め対象物が載置された可動体を非接触で安定に支持できると共に、その可動体を非接触で容易に位置決めできる利点がある。

また、矩形状、又は楕円形状に巻回された第１のコイル、及びこの第１のコイ

ルを所定角度回転した第２のコイルを、２次元的に配列したものである場合には、１種類のコイルを組み合わせて配置するのみで、容易に常時何れかの駆動コイルが発磁体の２方向のエッジを横切るようにできる。

このように本発明の位置決め装置は、可動体を高速かつ高精度に位置決めすることが可能であり、例えばウエハ等の基板を高速かつ高精度に位置決めすることを必要とする露光装置や検査装置、測定装置等に用いるのに適している。

また、本発明の露光装置によれば、本発明の位置決め装置によって基板が高速に位置決めされるため、高いスループットで高精度に半導体素子等を製造できる利点がある。

本発明の駆動ユニットは、例えば本発明の（第３の）位置決め装置の駆動ユニットとして有用であり、可動体を高速かつ高精度に位置決めするための駆動源として用いるのに適している。

請求の範囲

1．位置決め対象物が載置される可動体を位置決めする位置決め装置であって、

前記可動体に組み込まれる発磁体と、

前記発磁体を挟み込むように形成された磁気部材と、

前記発磁体と磁気部材との間に配置され該発磁体を駆動する駆動ユニットとを備え、

前記磁気部材及び前記駆動ユニットによって前記可動体を位置決めすることを特徴とする位置決め装置。

2．前記発磁体は、前記可動体の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生し、

前記磁気部材は、前記発磁体と共に磁気回路を形成し、

前記駆動ユニットは、前記発磁体に対して前記移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように巻回された浮上用コイルを備えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の位置決め装置。

3．前記発磁体は、前記可動体の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生し、

前記磁気部材は、前記発磁体と共に磁気回路を形成し、

前記駆動ユニットは、前記磁気回路内で磁束を通過させるコア部材と、前記発磁体に対して前記移動面内の第1の方向にローレンツ力よりなる推力を発生するように前記コア部材に巻回された第1の推力発生用コイルと、前記発磁体に対して前記移動面内の前記第1の方向に交差する第2の方向にローレンツ力よりなる推力を発生するように前記コア部材に巻回された第2の推力発生用コイルとを備えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の位置決め装置。

4．前記発磁体は、前記可動体の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生し、

前記磁気部材は、前記発磁体と共に磁気回路を形成し、

前記駆動ユニットは、前記磁気回路内で磁束を通過させるコア部材と、前記発磁体に対して前記移動面に沿った方向にローレンツ力よりなる推力を発生するよ

うに前記コア部材に巻回された推力発生用コイルと、前記発磁体に対して前記移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように前記コア部材に巻回された浮上用コイルとを備えることを特徴とする請求の範囲第１項記載の位置決め装置。

５．前記コア部材は、前記発磁体側に凸部を向けた円弧状の部材であり、かつ該円弧状の部材の２つの端部が前記磁気部材に磁気的に連結され、

前記推力発生用コイルは、前記円弧状の部材の中間部に巻回され、かつ前記推力発生用コイルは外側の面積が実質的に前記コア部材の面積以上であると共に、前記外側の面積に対して内側の面積が狭く形成され、

前記浮上用コイルは、前記円弧状の部材の２つの端部に巻回されていることを特徴とする請求の範囲第４項記載の位置決め装置。

６．前記可動体の前記移動面内での位置を計測する位置計測系を設けたことを特徴とする請求の範囲第１項～第５項の何れか一項記載の位置決め装置。

７．前記発磁体の変形量を計測する変形量計測系を設けたことを特徴とする請求の範囲第１項～第５項の何れか一項記載の位置決め装置。

８．前記発磁体に、該発磁体の磁気による変形を自立的に相殺するように変形する磁歪部材を被着したことを特徴とする請求の範囲第１項～第５項の何れか一項記載の位置決め装置。

９．前記発磁体は、前記可動体に連結され、それぞれ前記可動体の移動面に垂直な一方向に向かう磁束を発生する第１及び第２の発磁体を有し、

前記磁気部材は、前記第１及び第２の発磁体をそれぞれ上下に挟むように連結された状態で配置されると共に、前記第１及び第２の発磁体と共にそれぞれ磁気回路を形成し、

前記駆動ユニットは、前記第１の発磁体と前記磁気部材との間に配置され該発磁体を駆動する第１の駆動ユニットと、前記第２の発磁体と前記磁気部材との間

に配置され該発磁体を駆動する第２の駆動ユニットとを有し、

前記第１の駆動ユニットは、前記磁気回路内で前記第１の発磁体に対して前記移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように巻回された浮上用コイルを有し、

前記第２の駆動ユニットは、前記磁気回路内で前記第２の発磁体に対して前記移動面に垂直な方向に可変の推力を発生するように巻回された浮上用コイルを有し、

前記磁気部材、前記第１の駆動ユニット、及び前記第２の駆動ユニットによって前記可動体を非接触状態で位置決めすることを特徴とする請求の範囲第１項記載の位置め装置。

１０．前記可動体が位置決めされる際に発生する推力による反力を、床に逃がす構造を有することを特徴とする請求の範囲第１項～第５項または第９項の何れか一項記載の位置決め装置。

１１．前記発磁体は、単極、又は多極であることを特徴とする請求の範囲第１項～第５項または第９項の何れか一項記載の位置決め装置。

１２．前記可動体、及び前記発磁体は平板状であることを特徴とする請求の範囲第１項～第５項または第９項の何れか一項記載の位置決め装置。

１３．前記発磁体の上面及び底面の少なくとも一方に高透磁率材料からなる補助磁気部材が配置された請求の範囲第１項～第５項または第９項の何れか一項記載の位置決め装置。

１４．前記駆動ユニットの近傍に該駆動ユニットを冷却するための冷却装置が配置されることを特徴とする請求の範囲第１項～第５項または第９項の何れか一項記載の位置決め装置。

１５．前記駆動ユニットは、前記発磁体の底面側に、常時何れかの駆動コイルが前記発磁体のエッジ部を横切るように配置された複数の駆動コイルを有し、

前記可動体が移動する面内での前記可動体の位置を検出する位置検出装置を備えるとともに、該位置検出装置の検出結果に応じて前記駆動コイルの内で、前記発磁体の底面に全部が収まる浮上用の駆動コイルと、前記発磁体のエッジを横切る位置にある横シフト用の駆動コイルとを判別する制御系を備え、

前記浮上用の駆動コイルによって前記可動体を非接触状態で支持した状態で、前記横シフト用の駆動コイルによって前記発磁体に発生する推力によって前記可動体を位置決めすることを特徴とする請求の範囲第１項記載の位置決め装置。

１６．前記複数の駆動コイルは、矩形状、又は楕円形状に巻回された第１のコイル、及びこの第１のコイルを所定角度回転した第２のコイルを、２次元的に配列したものであることを特徴とする請求の範囲第１５項記載の位置決め装置。

１７．請求の範囲第１項～第５項，第９項，第１５項または第１６項の何れか一項記載の位置決め装置を備え、該位置決め装置で位置決めされる基板上にマスクパターンを転写することを特徴とする露光装置。

１８．発磁体と磁気部材とから形成される磁気回路内に配置され、ローレンツ力を発生する駆動ユニットであって、

前記磁気回路内で第１方向に磁束を通過させると共に、前記磁気部材と磁気的に連結されるコア部材と、

前記コア部材に前記第１方向と直交する第２方向に巻回された第２方向コイルと、を備え、

前記第２方向コイルは、前記発磁体側に面積が大きく、反発磁体側に面積が狭くなるように巻回されていることを特徴とする駆動ユニット。

１９．前記コア部材は、前記発磁体側に凸部を向けた円弧状の部材であり、かつ該円弧状の部材の２つの端部が前記磁気部材に磁気的に連結され、

前記第２方向コイルは、前記円弧状の部材の中間部に巻回されることを特徴とする請求の範囲第１８項記載の駆動ユニット。

２０．前記コア部材は、交差する複数の平面を有する矩形の部材であり、

前記第２方向コイルは、前記交差する平面どうしにわたって巻回されることを特徴とする請求の範囲第１８項記載の駆動ユニット。

２１．前記コア部材は、前記第１方向に巻回された第１方向コイルを備えることを特徴とする請求の範囲第１８項～第２０項の何れか一項記載の駆動ユニット。

２２．前記第１方向コイルは、複数の前記コア部材の周りを巻回した状態で配置されることを特徴とする請求の範囲第２１項記載の駆動ユニット。

２３．請求の範囲第１８項～第２０項の何れか一項記載の駆動ユニットを備え、位置決め対象物が載置されかつ前記発磁体が組み込まれた可動体を該駆動ユニット及び前記磁気部材によって位置決めすることを特徴とする位置決め装置。

２４．請求の範囲第２３項記載の位置決め装置を備え、該位置決め装置で位置決めされる基板上にマスクパターンを転写することを特徴とする露光装置。

図 1

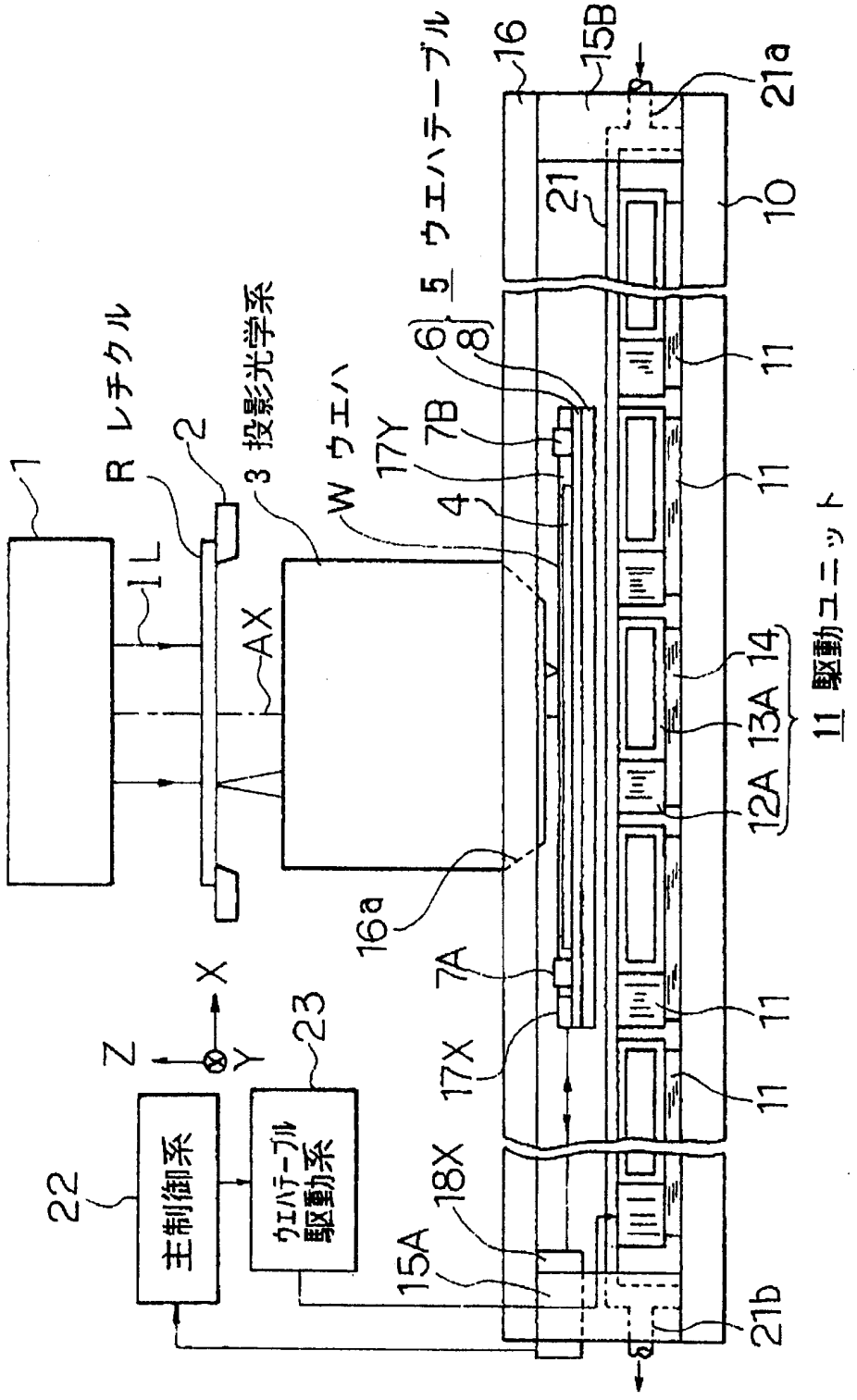

1
R レチクル
2
3 投影光学系
W ウエハ
1L
AX
16a
5 ウエハテーブル
6
8
17Y
7B
4
16
15B
21a
21
10
11
14
13A
12A
11 駆動ユニット
7A
17X
18X
15A
21b
X
Y
Z
23
22
主制御系
ウエハテーブル駆動系

図 2

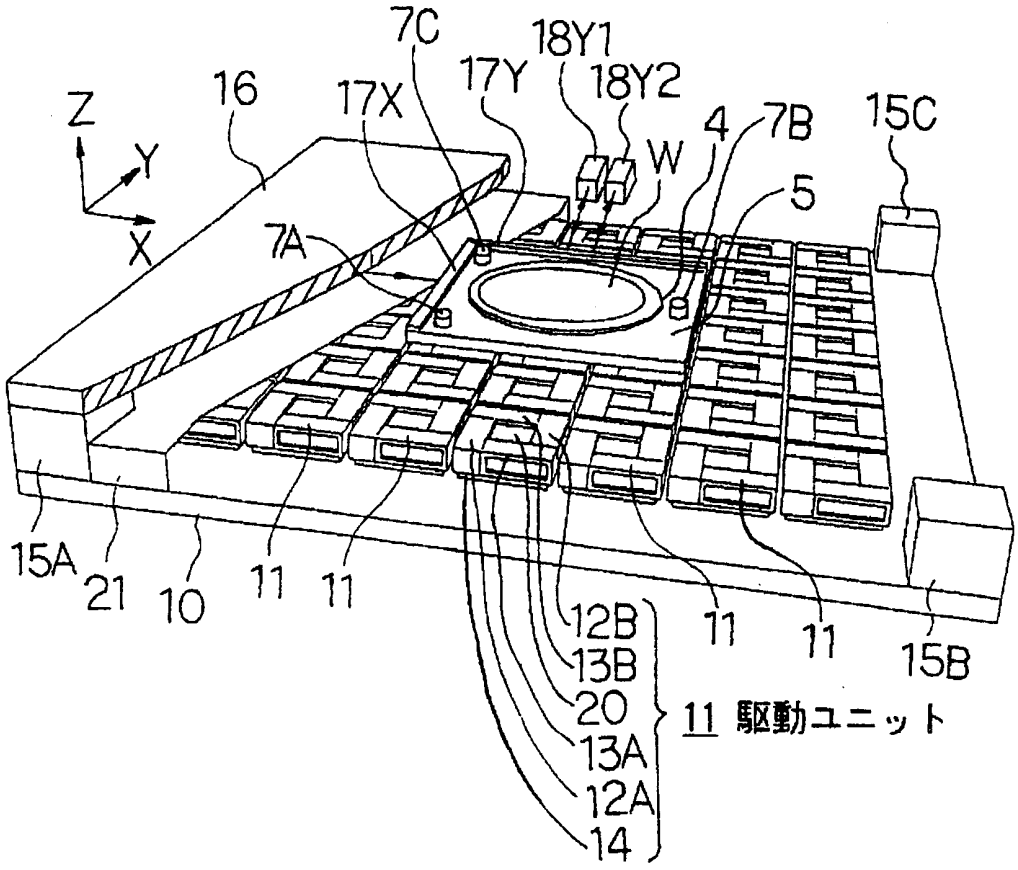

7C
18Y1
17Y
18Y2
16
17X
Z
Y
X
W
4
7B
15C
5
7A
15A
21
10
11
11
12B
13B
20
13A
12A
14
11
11
15B
11 駆動ユニット

図 3

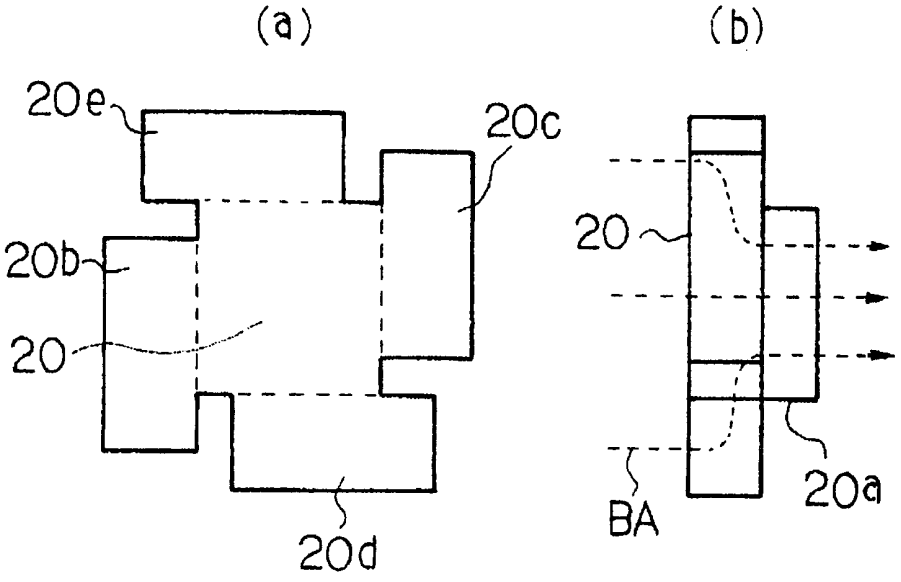

(a)
(b)
20e
20c
20b
20
20d
20
BA
20a

図4

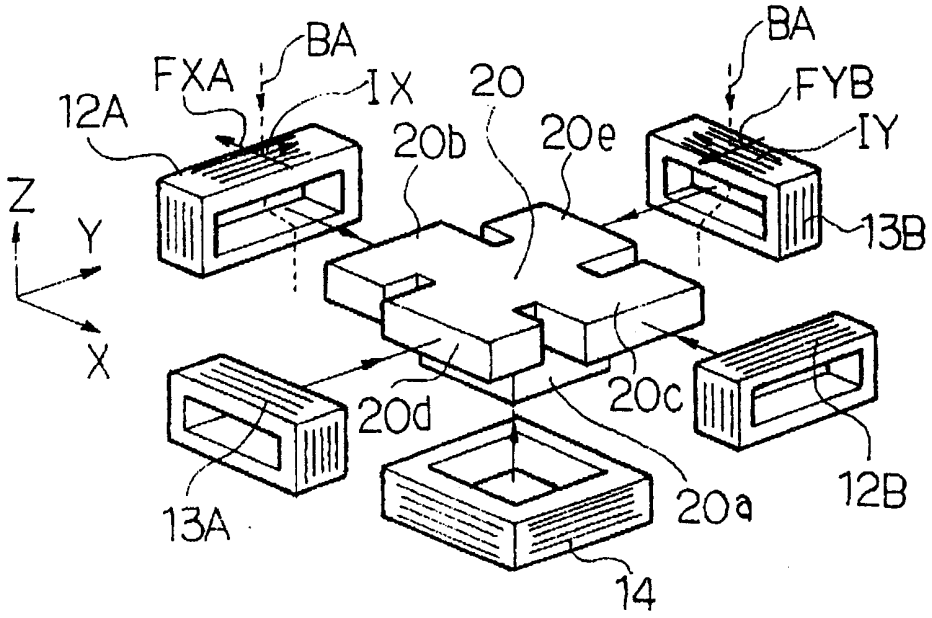


図 5

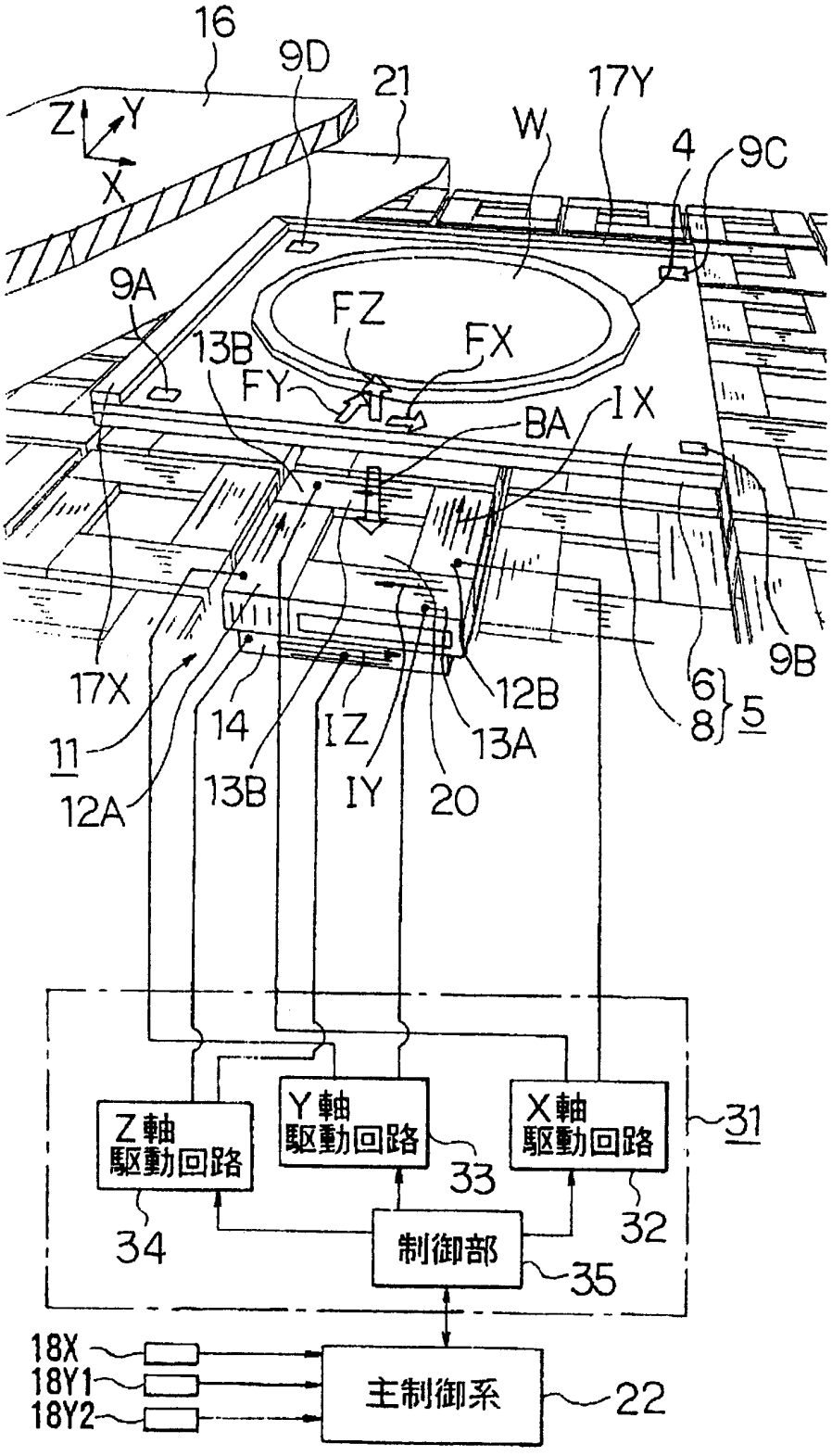
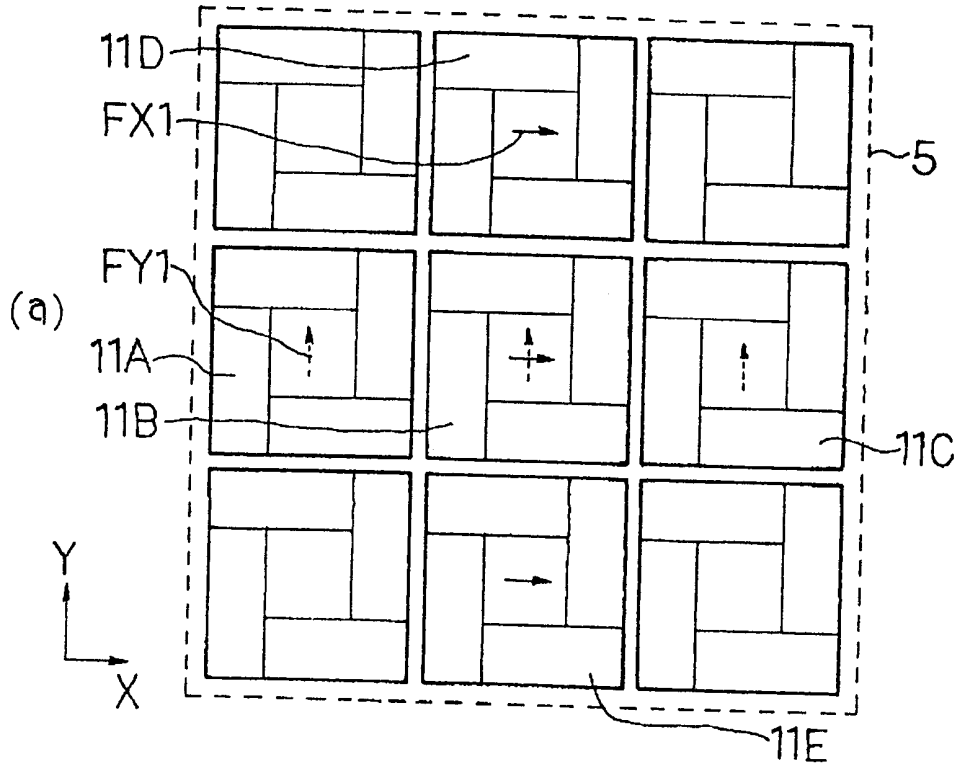

16
9D
21
17Y
Z
Y
X
W
4
9C
9A
FZ
FX
13B
FY
BA
IX
17X
11
12A
14
13B
IZ
IY
20
12B
13A
6
8
5
9B
Z軸
駆動回路
Y軸
駆動回路
X軸
駆動回路
31
33
34
32
制御部
35
18X
18Y1
18Y2
主制御系
22

図6


11D
FX1
5
FY1
(a)
11A
11B
11C
Y
X
11E

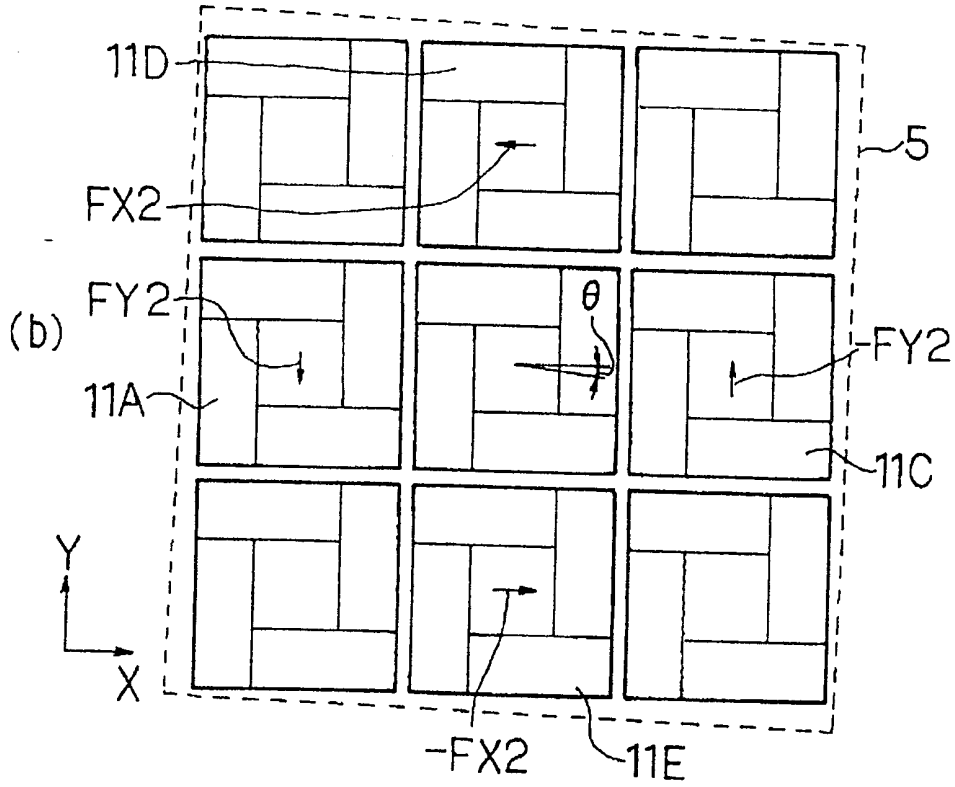

11D
5
FX2
FY2
θ
(b)
FY2
11A
11C
Y
X
-FX2
11E

図 7

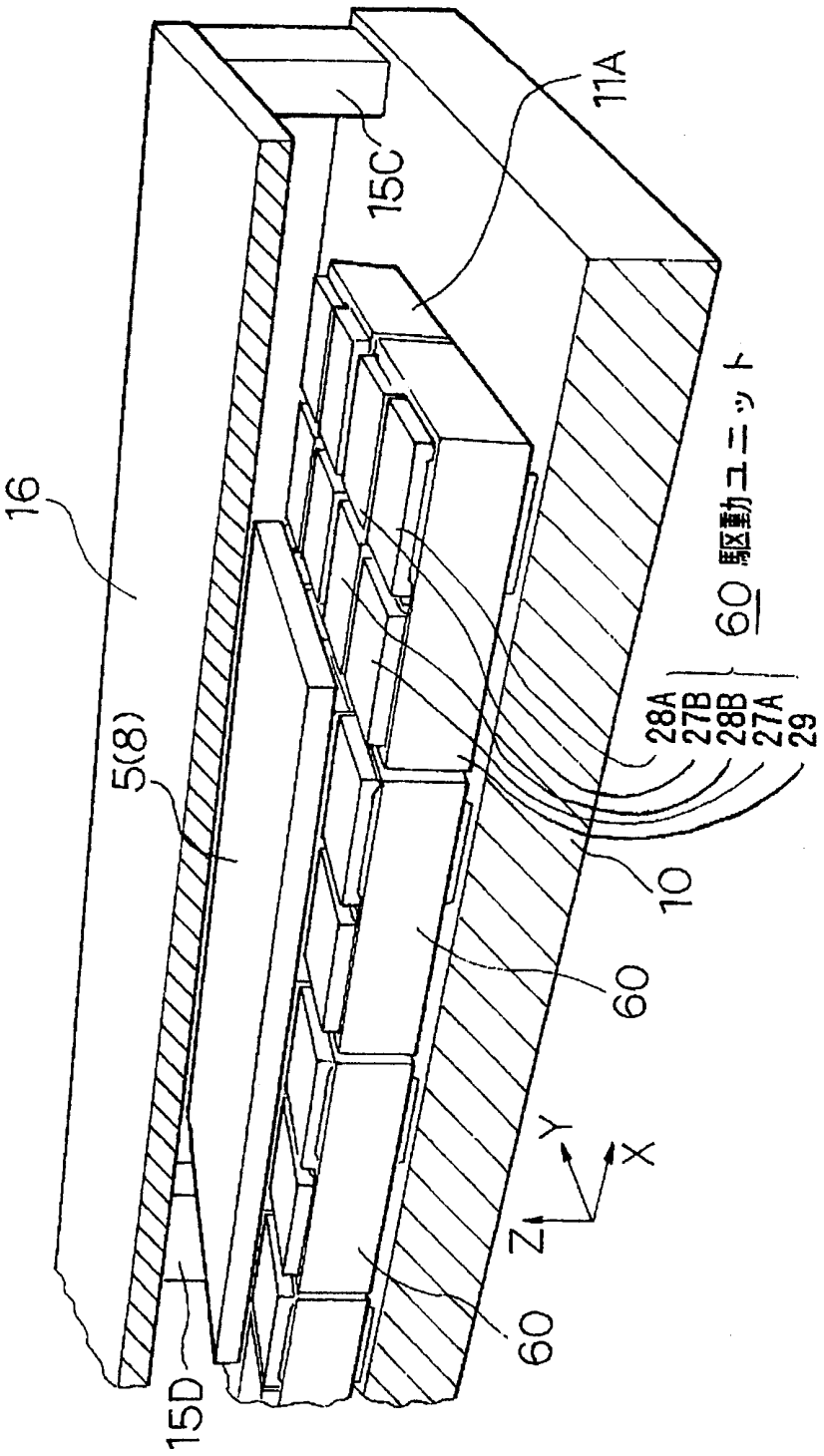


図8

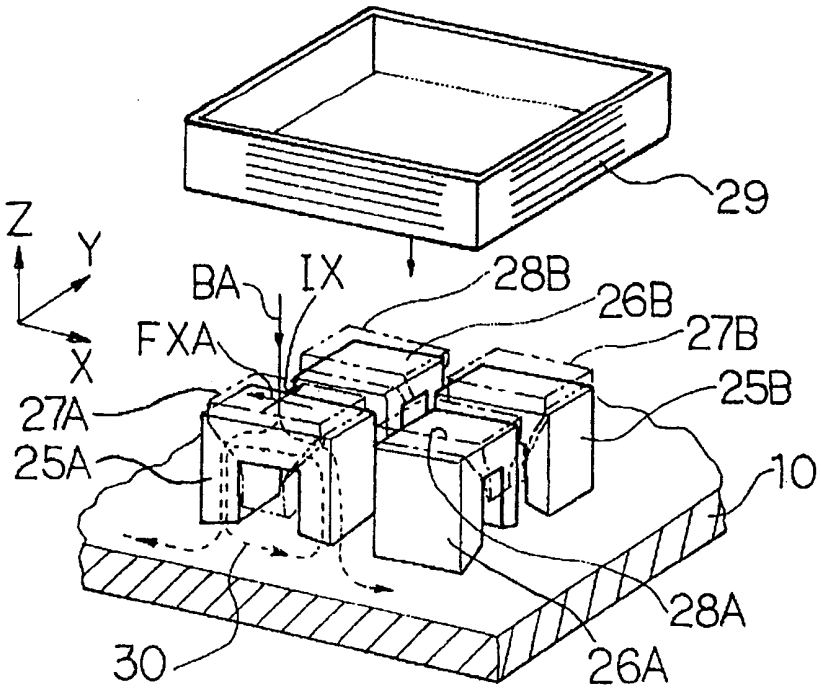

29
Z
Y
X
BA
IX
28B
26B
27B
FXA
25B
27A
25A
10
28A
30
26A

図9

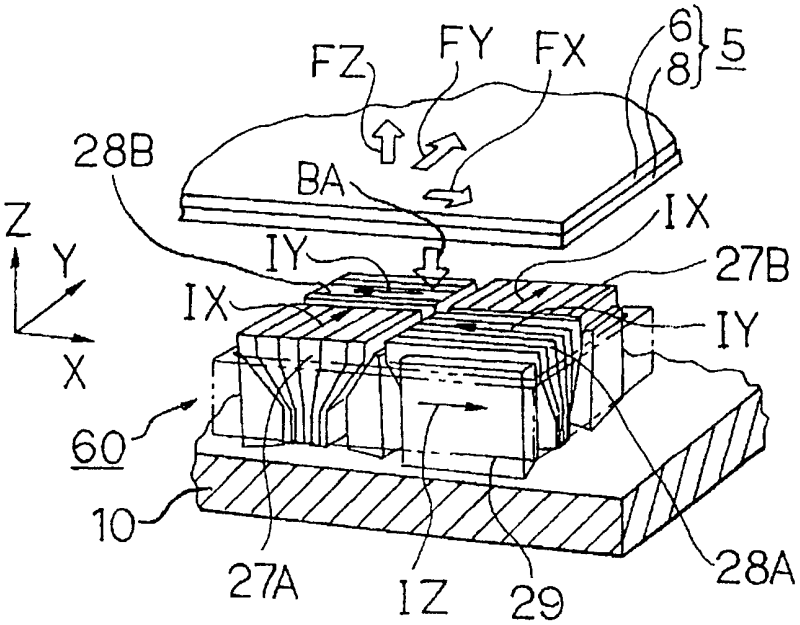

FZ
FY
FX
6
8
5
28B
BA
IX
Z
Y
IY
27B
IX
IY
X
60
10
27A
IZ
29
28A

図 10

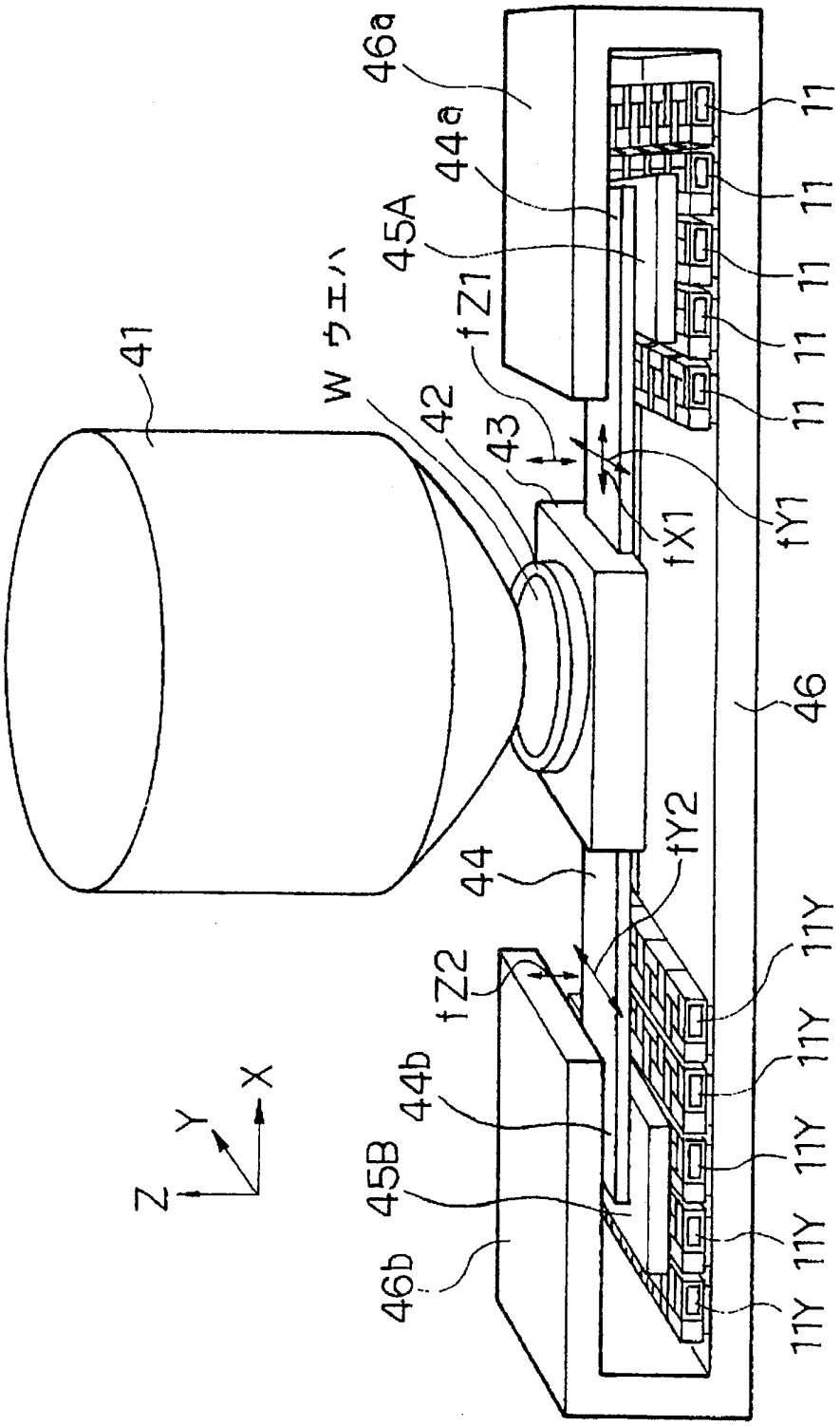

46a
44a
45A
tZ1
41
W ウエハ
42
43
tX1
tY1
11
46
tY2
44
tZ2
11Y
44b
45B
46b
Y
X
Z

図11

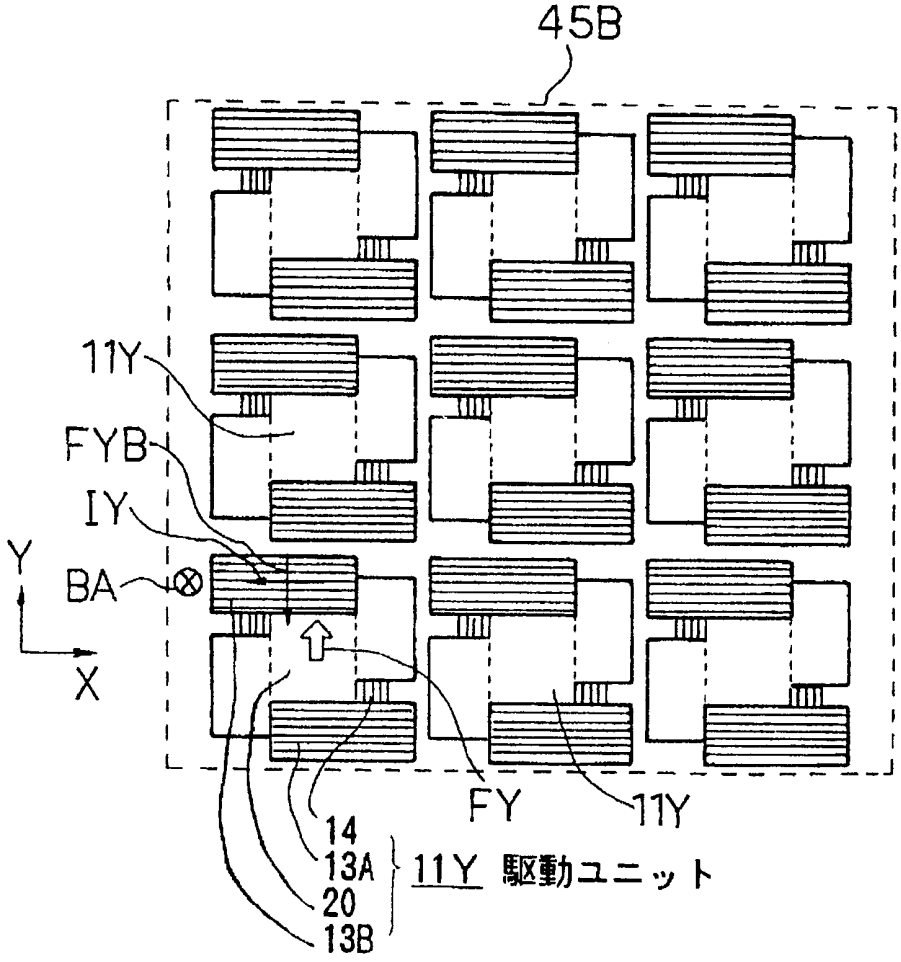


図12

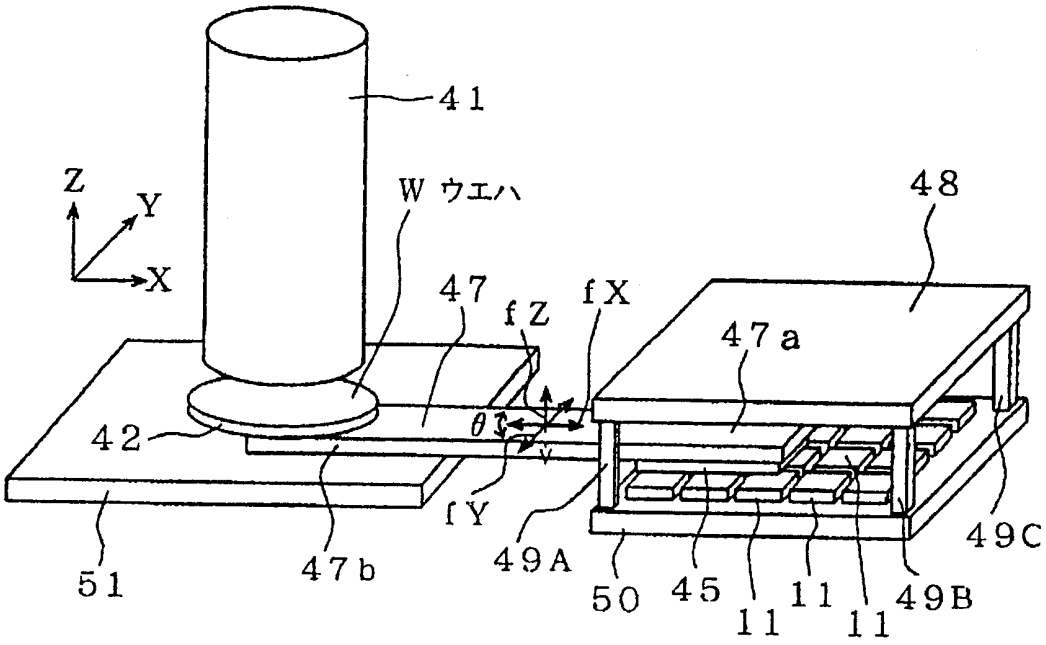

41
Z
Y
X
W ウエハ
48
47
fZ
fX
47a
42
θ
fY
49C
51
47b
49A
50
45
11
11
11
49B

図13

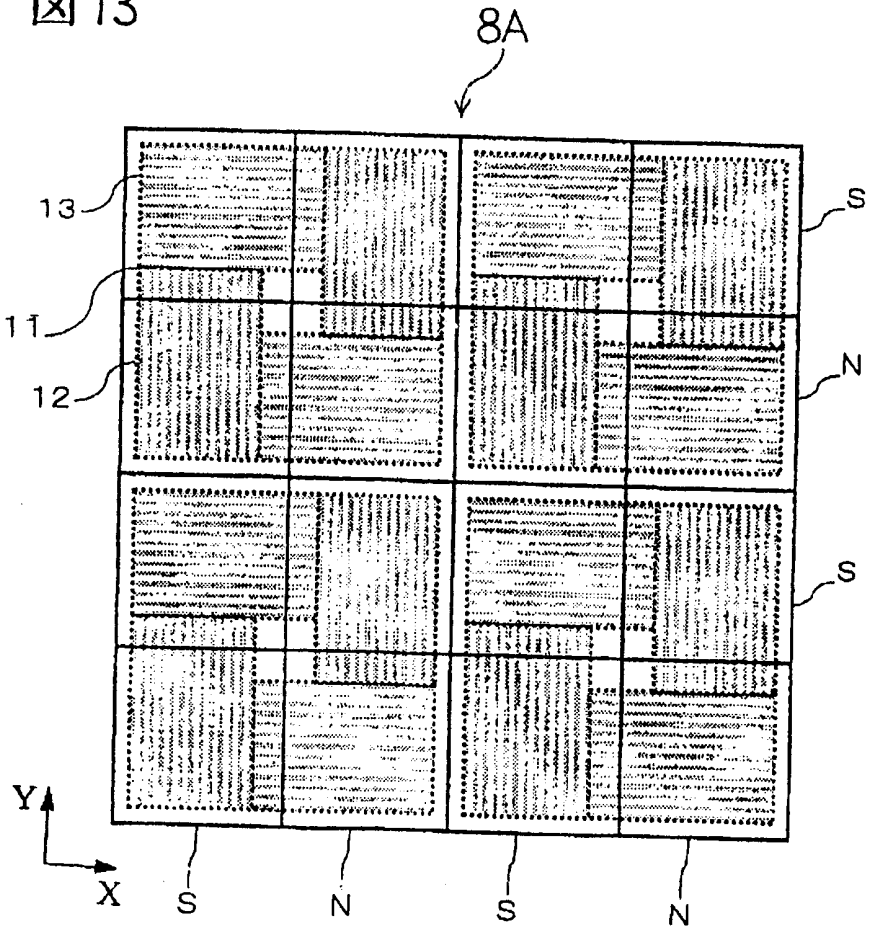

8A
13
11
12
S
N
S
Y
X
S
N
S
N

図14

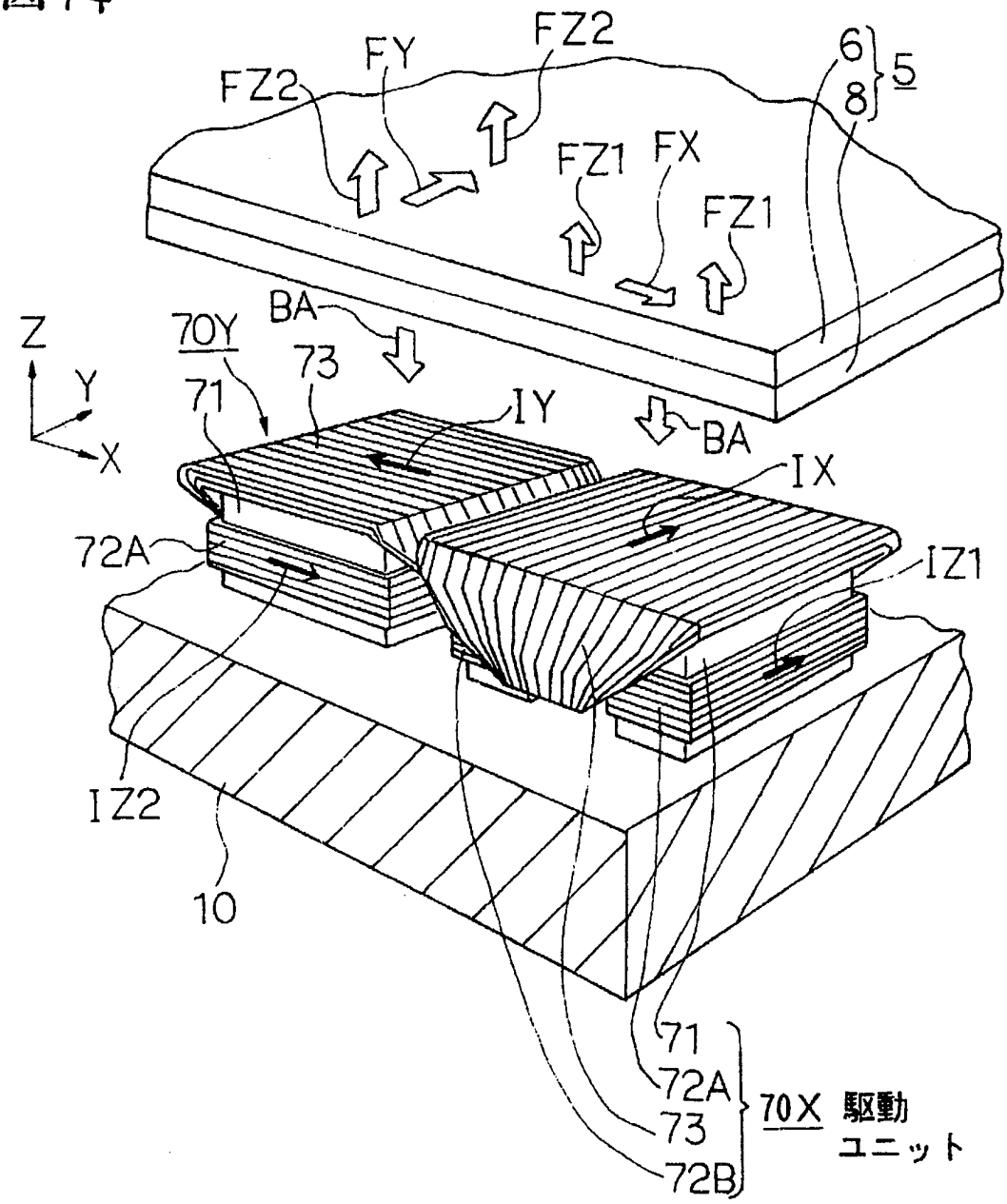

FZ2
FY
FZ2
6
8
5
FZ1
FX
FZ1
BA
70Y
73
71
IY
BA
Z
Y
X
IX
72A
IZ1
IZ2
10
71
72A
73
72B
70X 駆動
ユニット

図 15

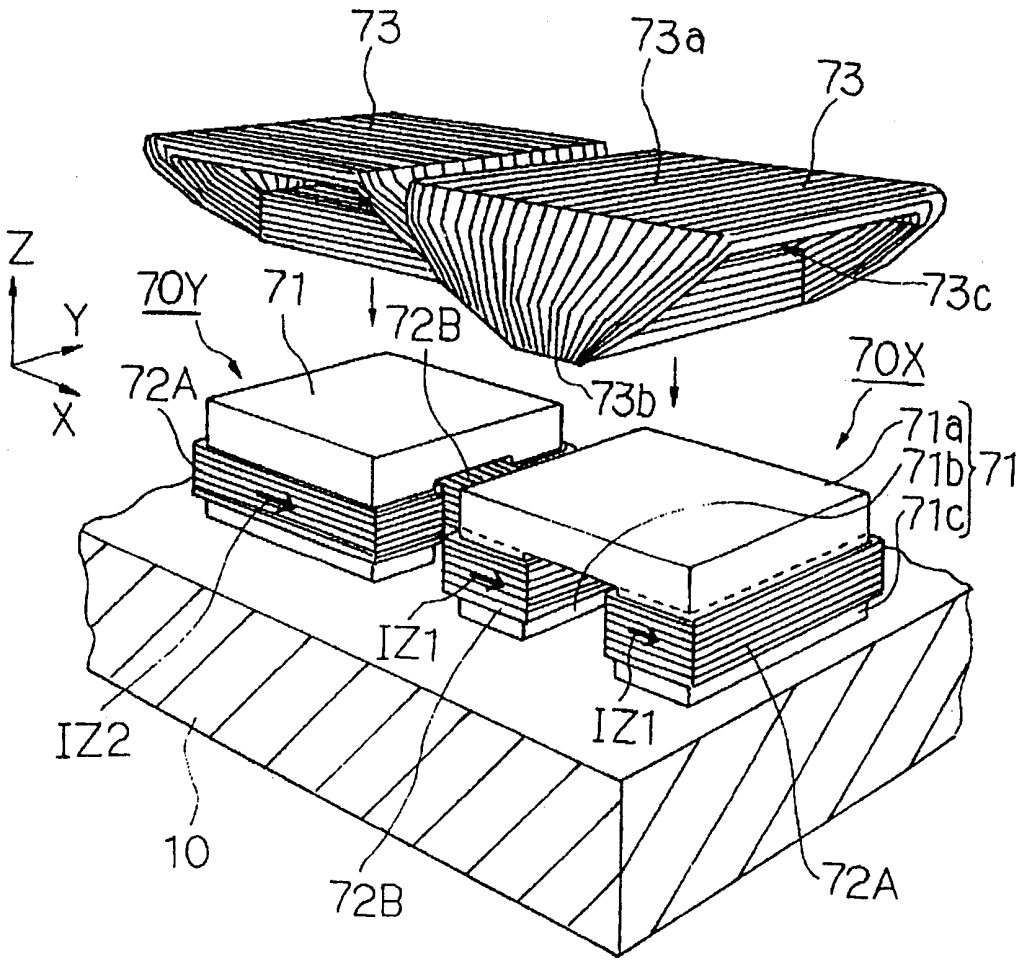

73
73a
73
73c
Z
Y
X
70Y
71
72B
72A
73b
70X
71a
71b
71c
71
IZ1
IZ2
IZ1
10
72B
72A

図16

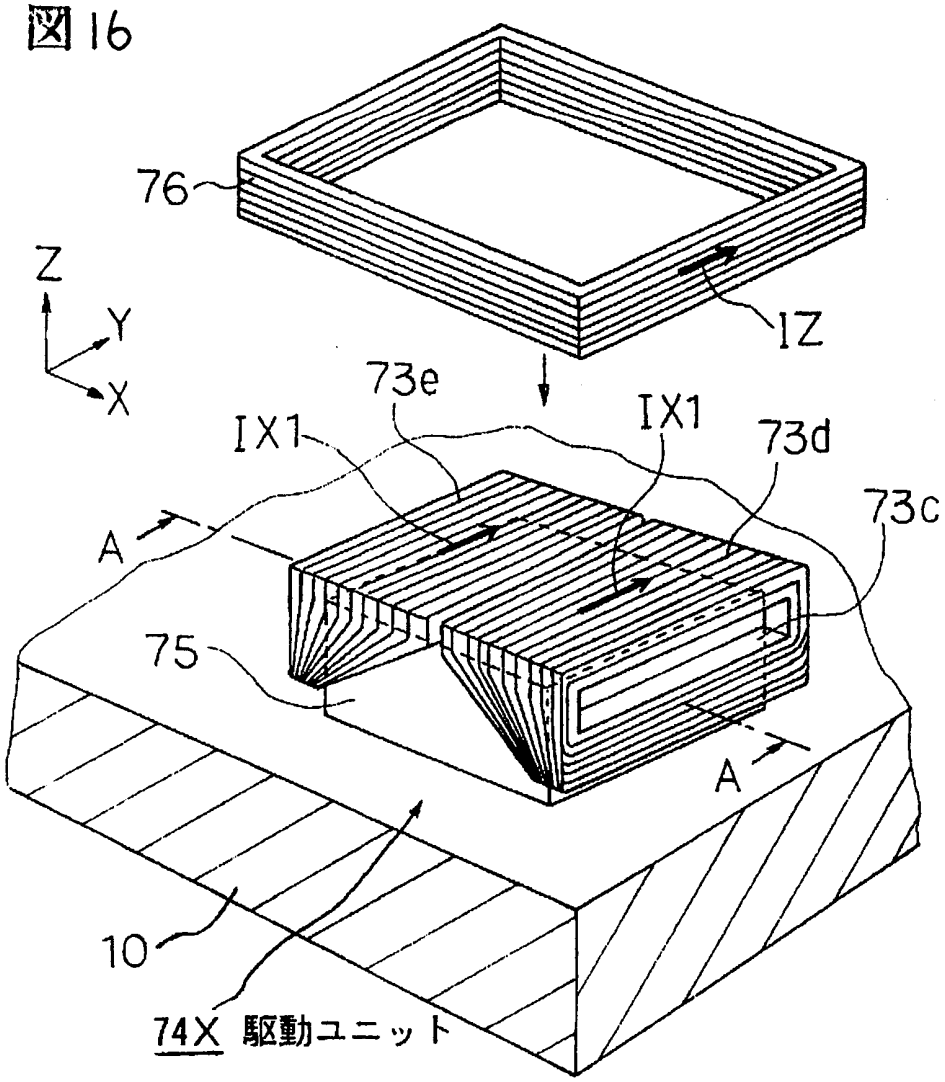


図 17

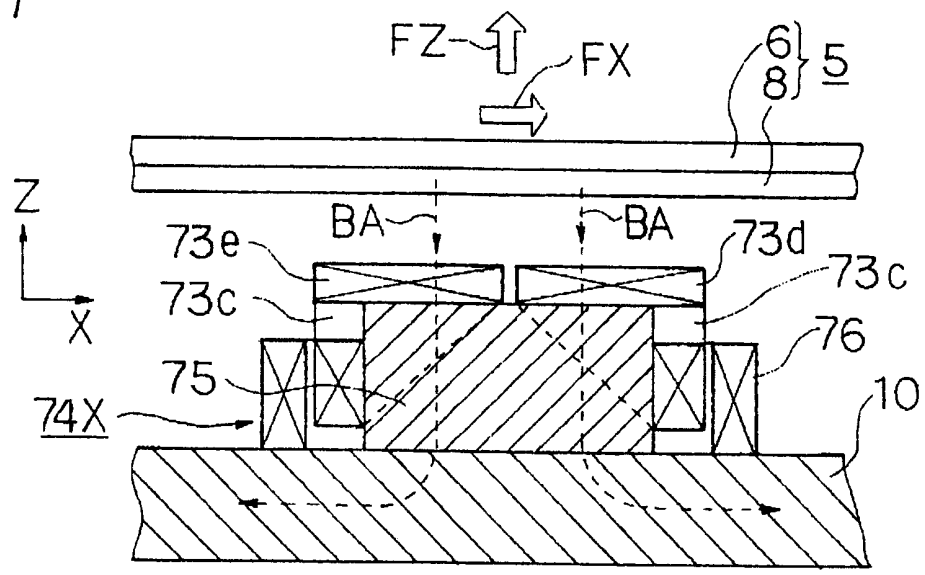


図18

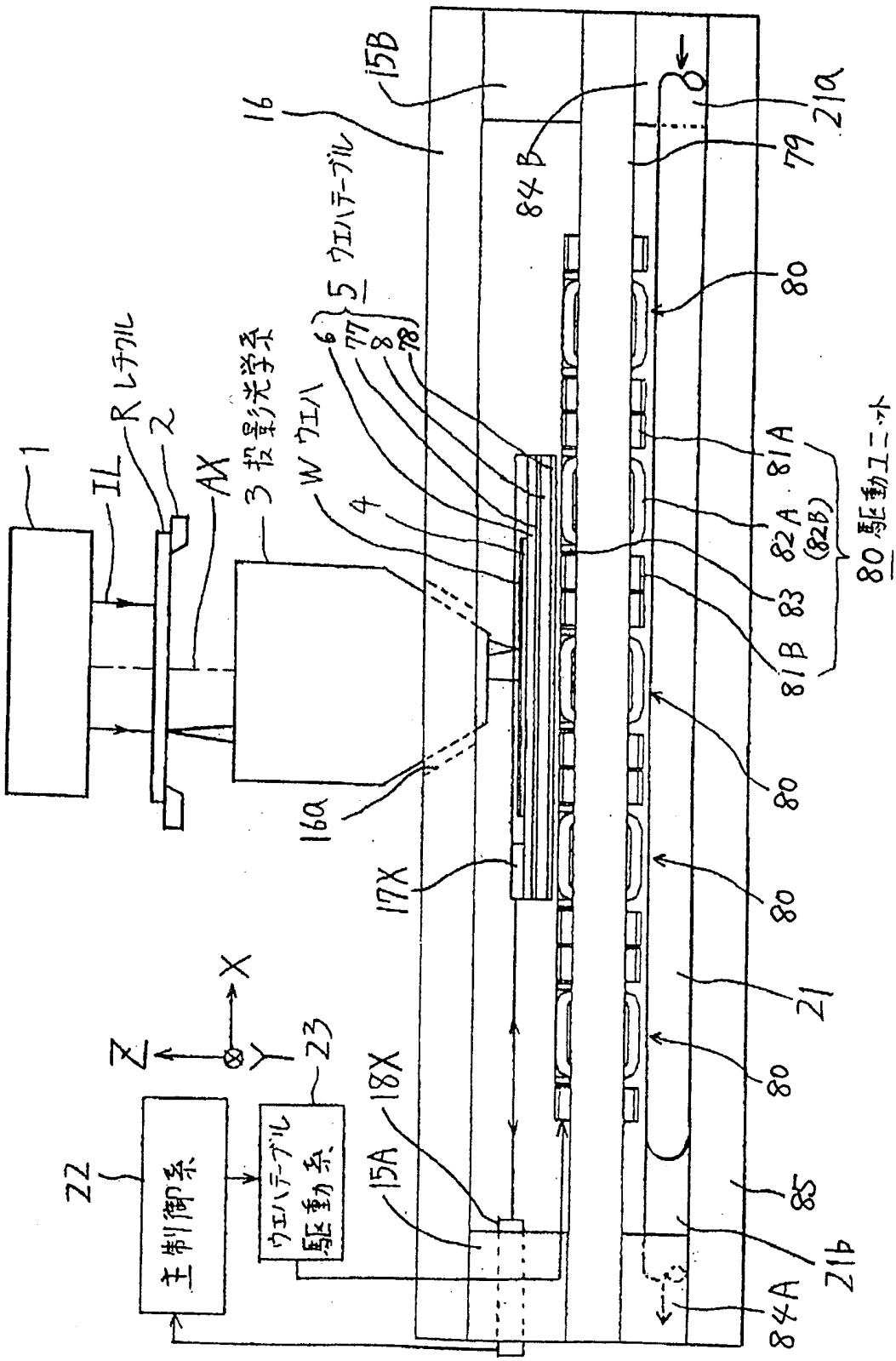

1
IL
Rレチクル
2
AX
3 投影光学系
W ウエハ
4
5 ウエハテーブル
6
77
8
78
16
15B
84B
79
21a
80
81A
82A
(82B)
83
81B
80 駆動ユニット
16a
17X
18X
15A
21
85
21b
84A
22
主制御系
ウエハテーブル駆動系
23
Z
X
Y

図 19

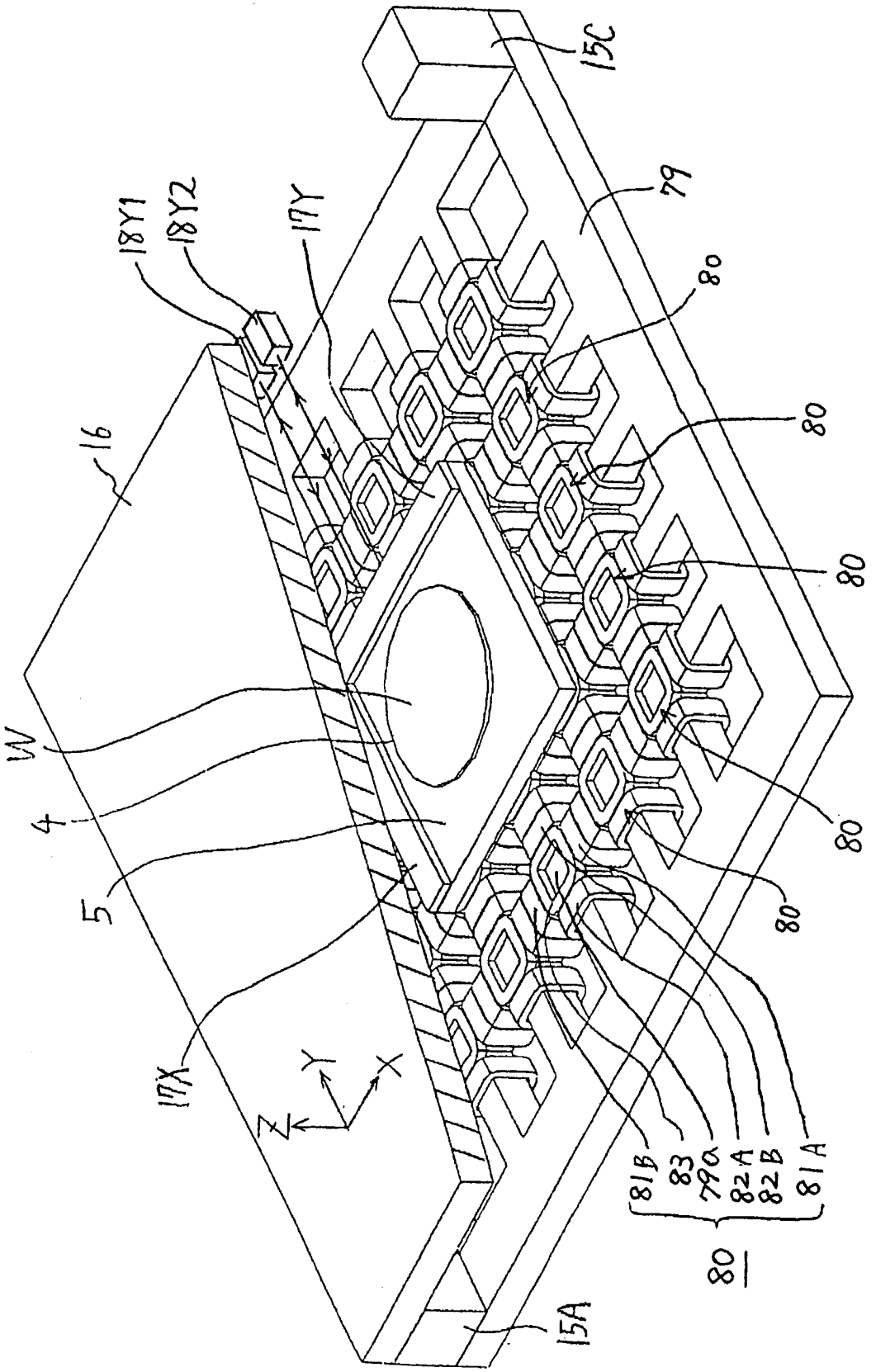

15C
79
18Y1
18Y2
17Y
80
16
W
4
5
17X
Y
X
Z
81B
83
79a
82A
82B
81A
80
15A

図 20

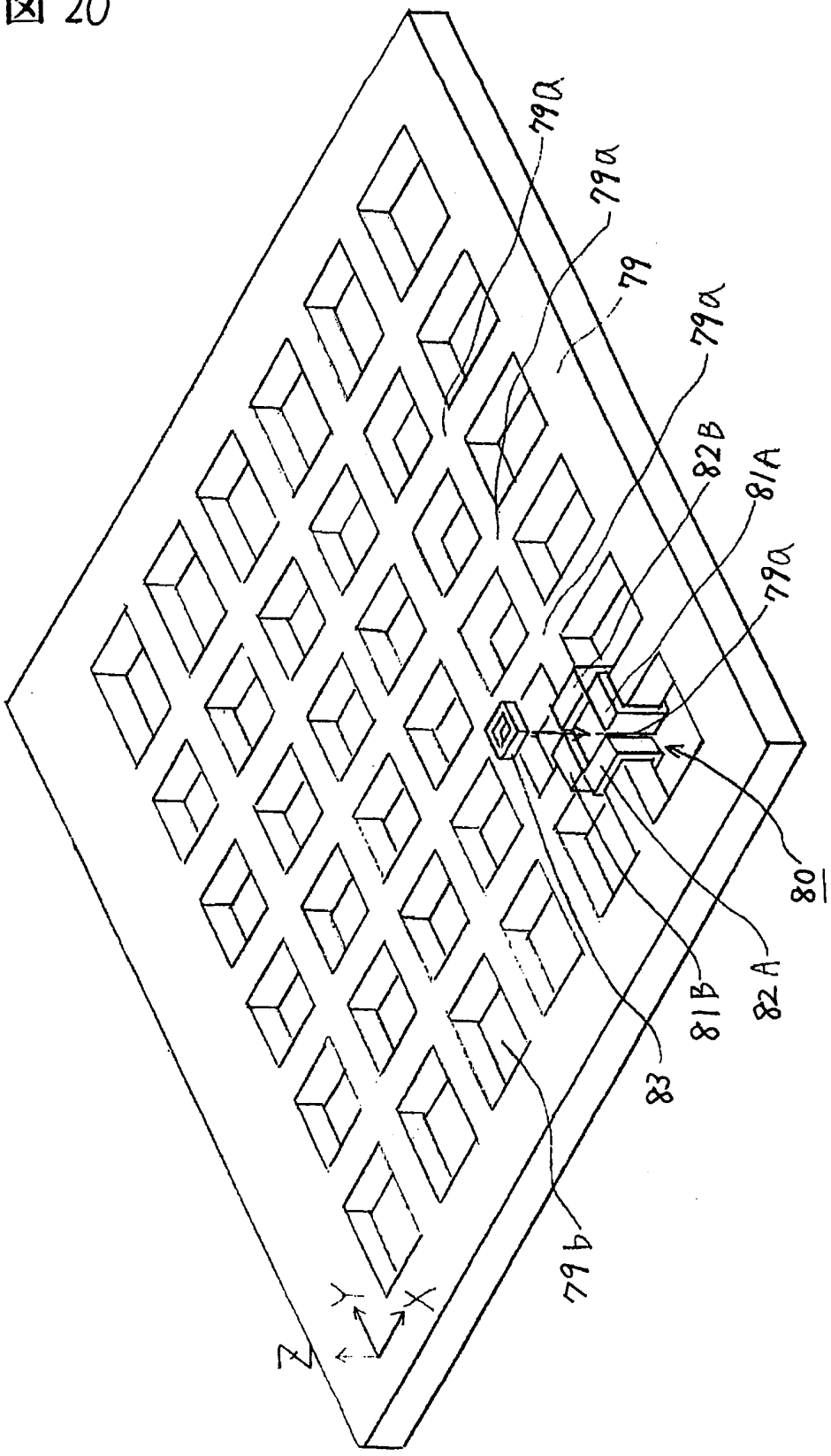


図 21

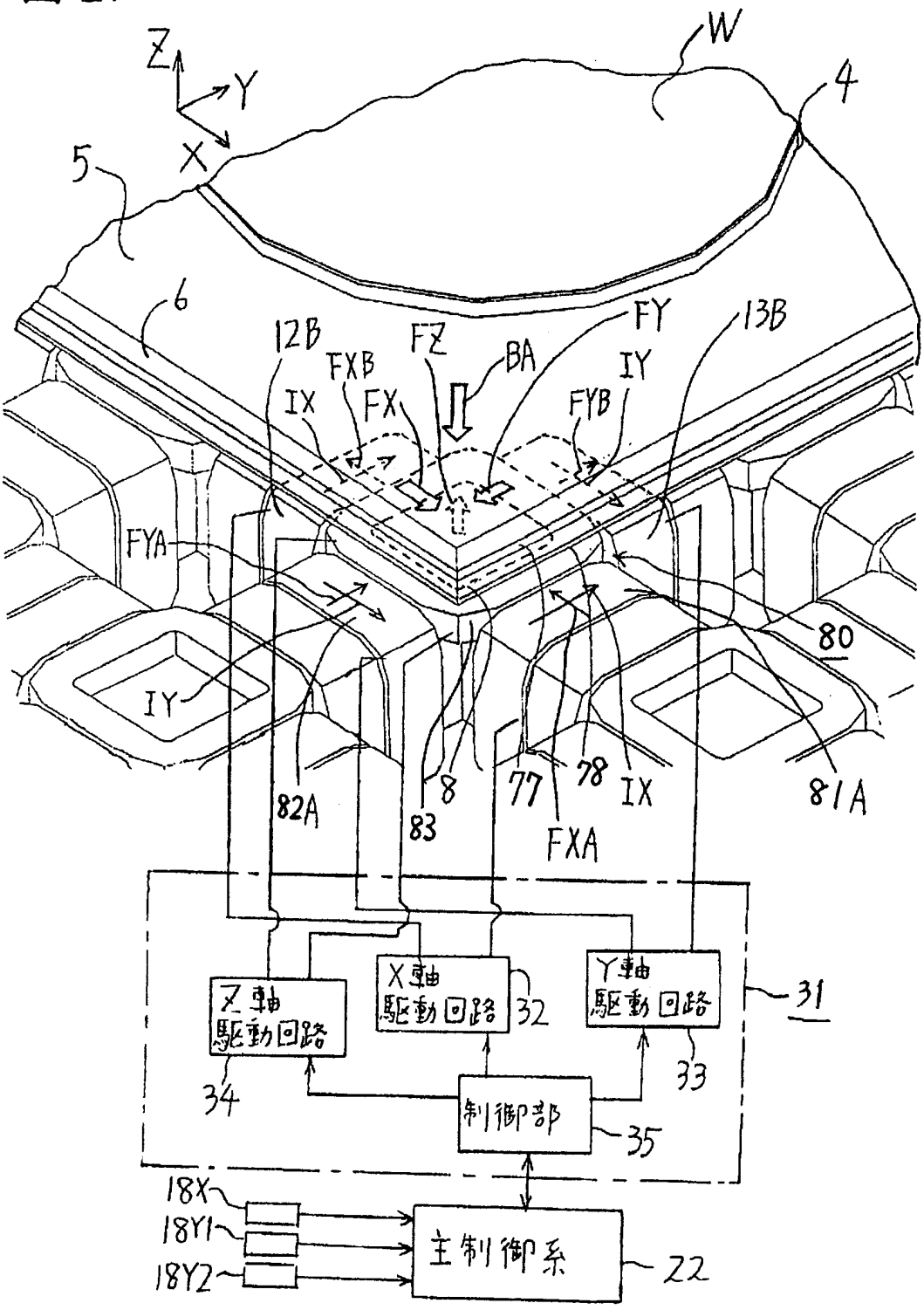

Z
Y
X
W
4
5
6
12B
FXB
FZ
BA
FY
13B
IX
FX
IY
FYB
FYA
IY
80
82A
83
8
77
78
IX
81A
FXA
Z軸
駆動回路
34
X軸
駆動回路
32
Y軸
駆動回路
33
31
制御部
35
18X
18Y1
18Y2
主制御系
22

図 22

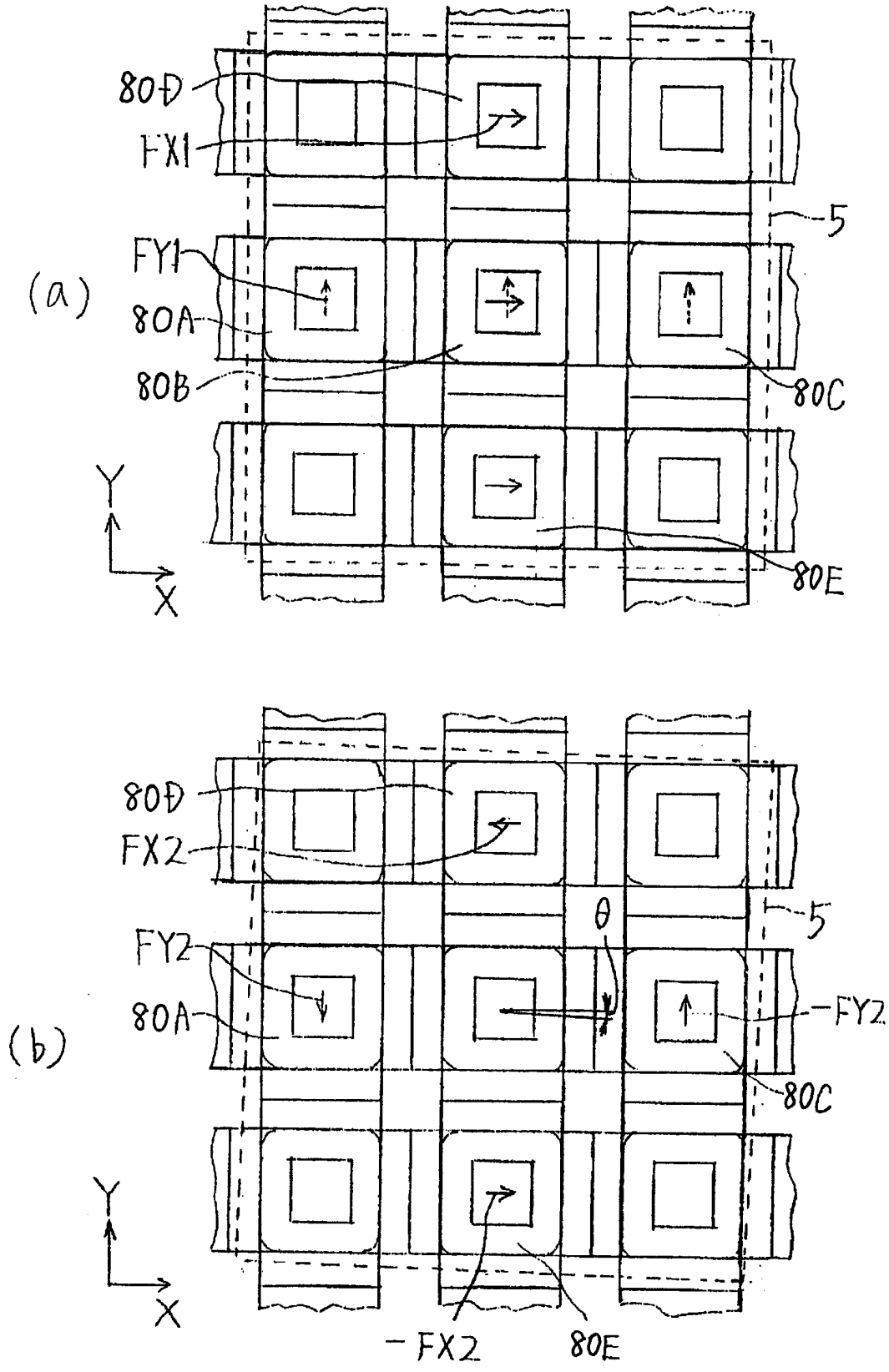

(a)
80D
FX1
FY1
80A
80B
5
80C
80E
Y
X
(b)
80D
FX2
FY2
80A
θ
5
FY2
80C
80E
FX2
Y
X

図 23

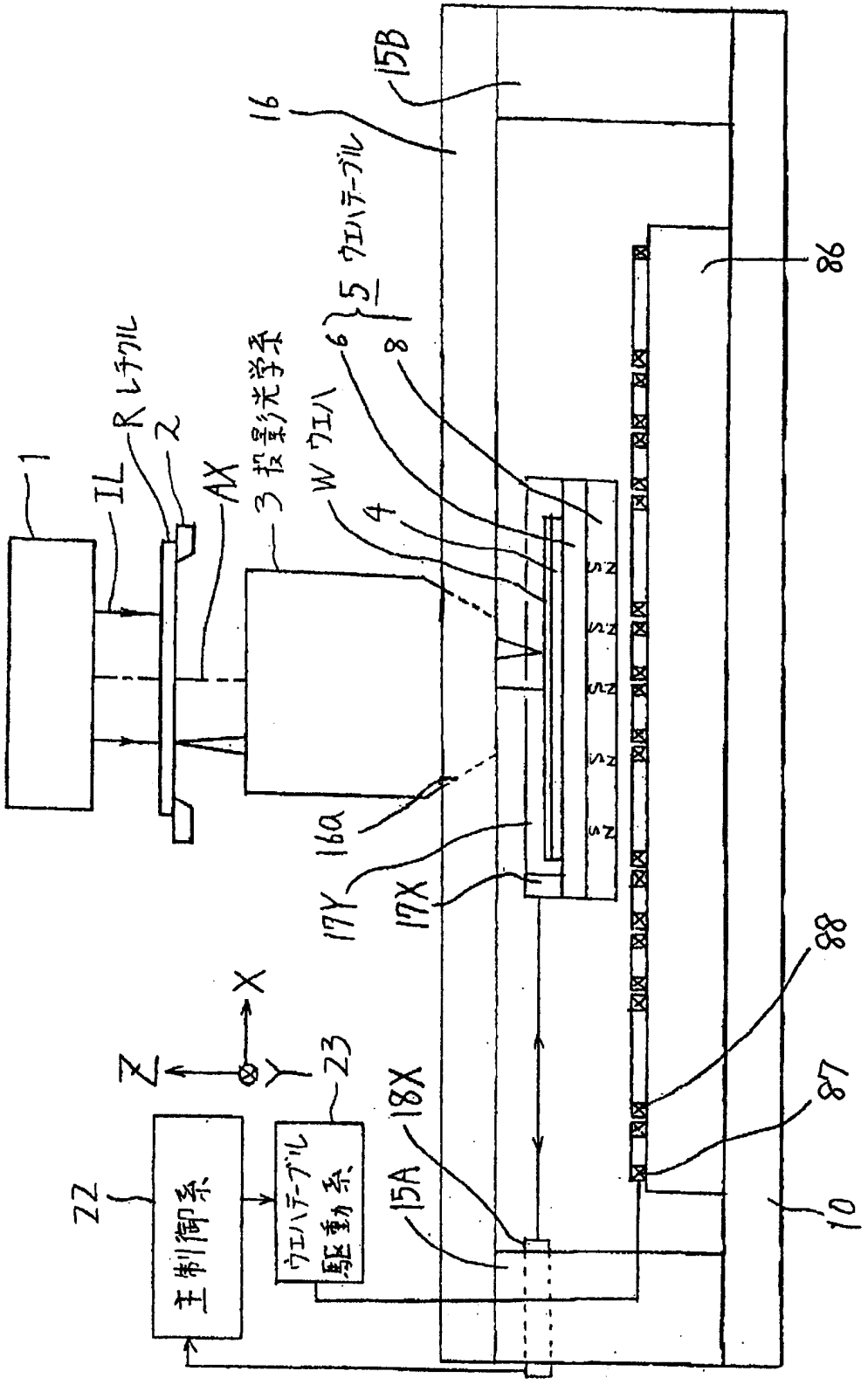

1
IL
Rレチクル
2
AX
3 投影光学系
W ウエハ
4
6
8
5 ウエハテーブル
16
15B
86
16a
17Y
17X
88
87
10
15A
18X
23
ウエハテーブル駆動系
22
主制御系
Z
X
Y

図 24

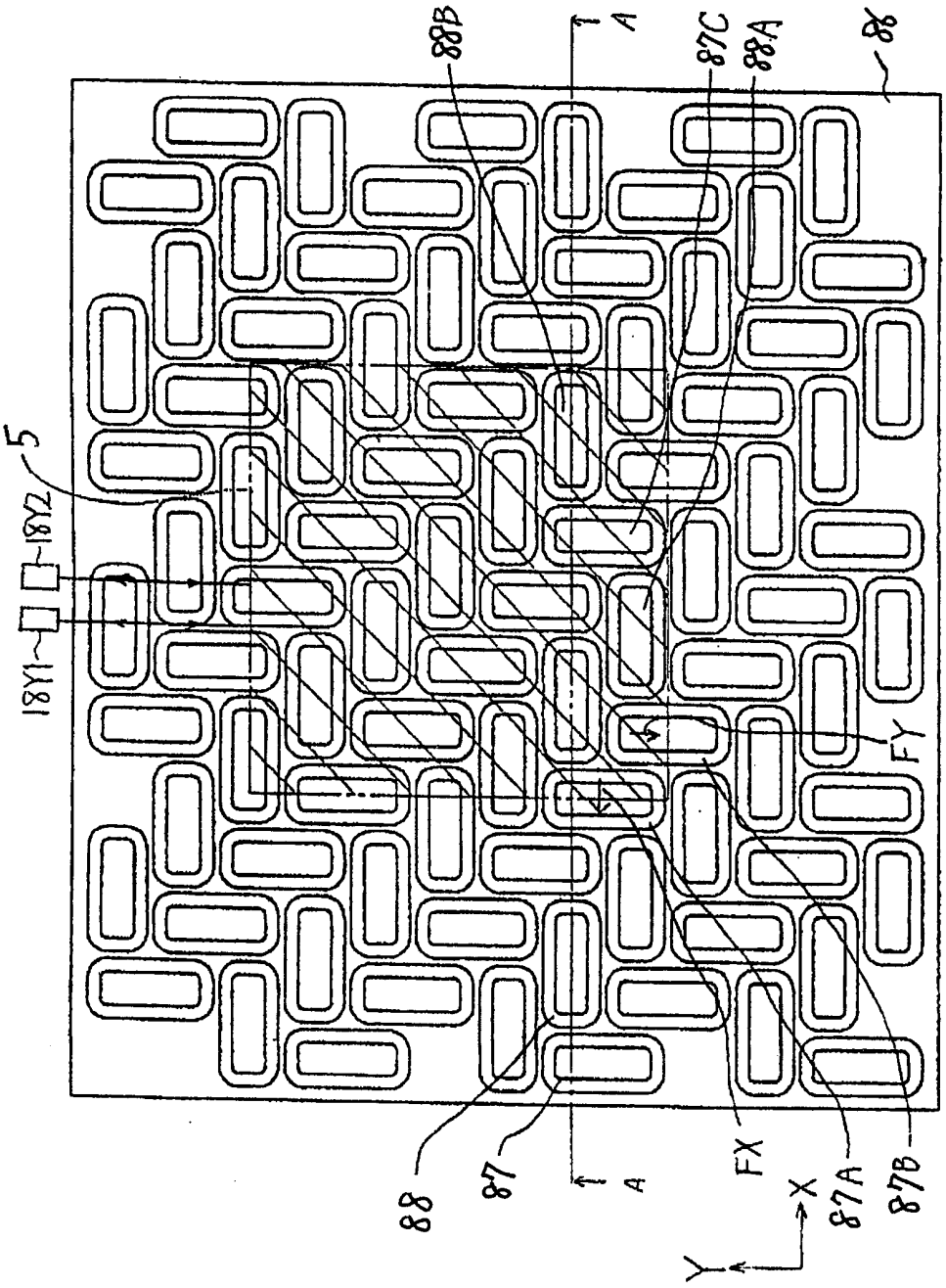


図25

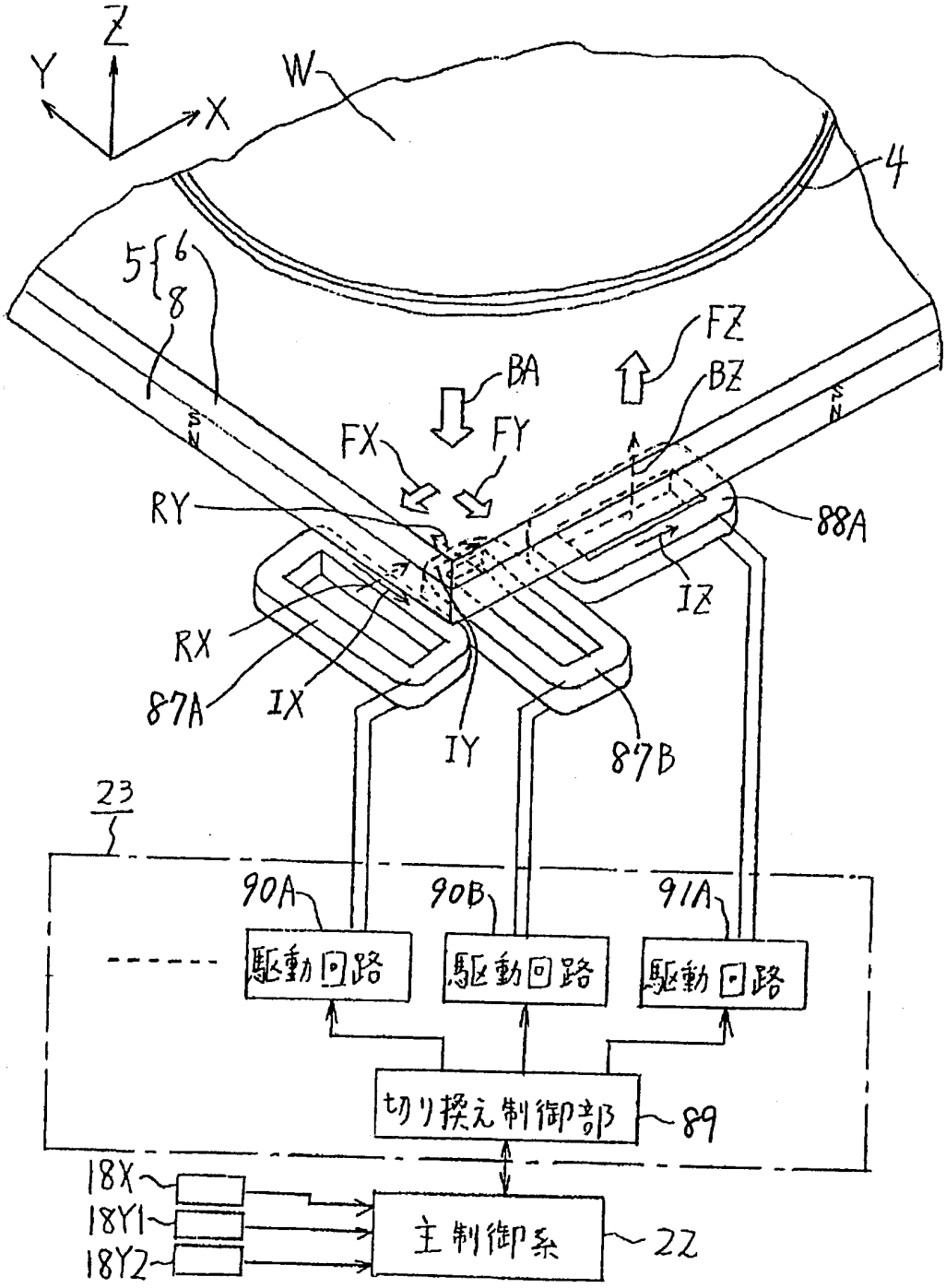
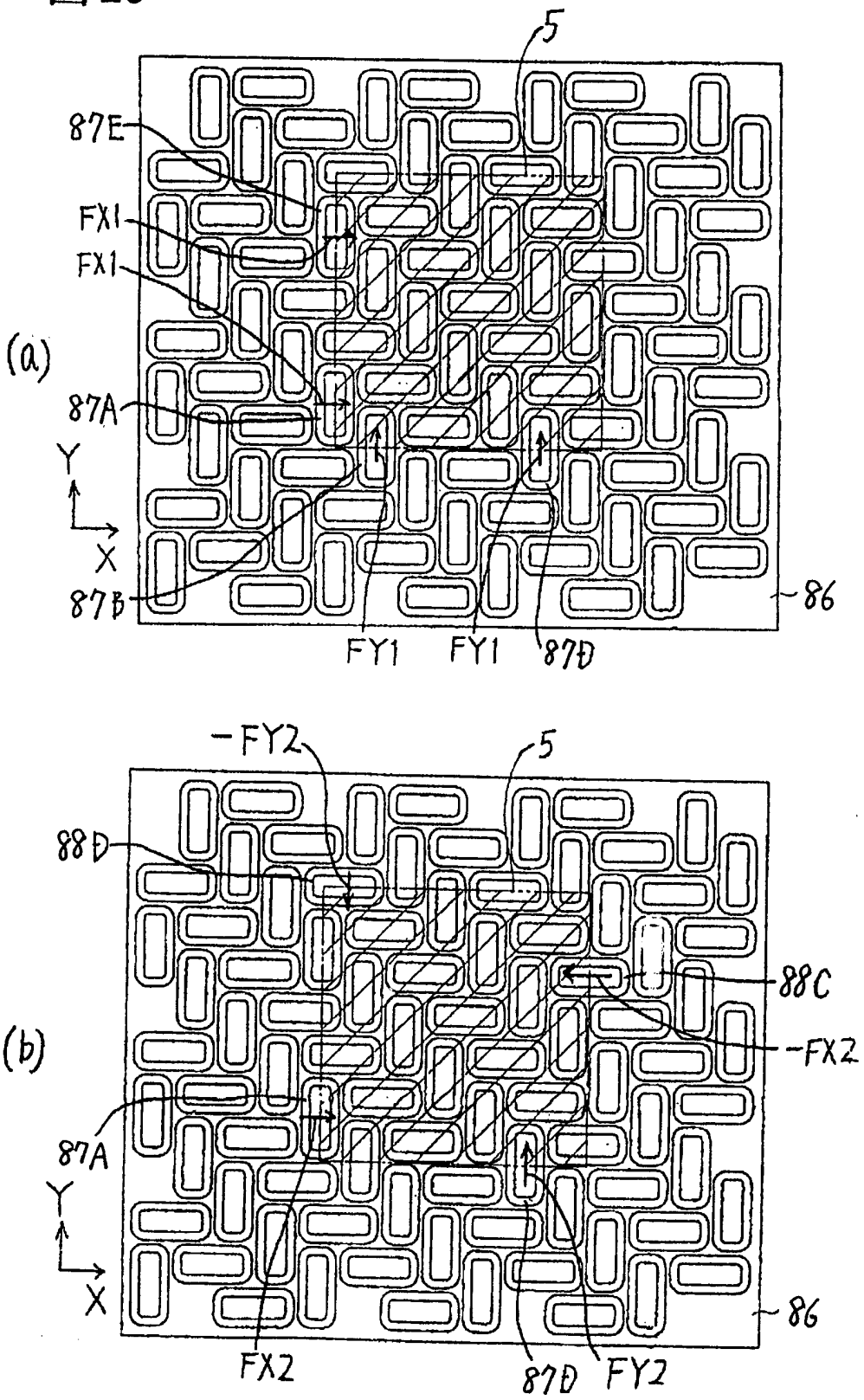

Z
Y
X
W
4
5
6
8
FZ
BA
BZ
FX
FY
RY
88A
IZ
RX
87A
IX
IY
87B
23
90A
90B
91A
駆動回路
駆動回路
駆動回路
切り換え制御部
89
18X
18Y1
18Y2
主制御系
22

図26


(a)
5
87E
FX1
FX1
87A
Y
X
87B
86
FY1
FY1
87D
(b)
-FY2
5
88D
88C
-FX2
87A
Y
X
86
FX2
87D
FY2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/03688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[6] H02K41/03

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)
Int.Cl[6] H02K41/03

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1995 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1994 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

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 Y	JP, 4-292328, A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 16 October, 1992 (16. 10. 92), Page 2, right column, lines 28 to 57 (Family: none)	1-3, 9 4-8, 10-24
X Y	JP, 5-22924, A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 29 January, 1993 (29. 01. 93), Page 3, left column, line 38 to right column, line 40 (Family: none)	1-3, 9 4-8, 10-24
X Y	JP, 7-48028, A (Daifuku Co., Ltd.), 21 February, 1995 (21. 02. 95), Page 3, right column, line 16 to page 4, left column, line 6 (Family: none)	1-3, 9 4-8, 10-24
Y	JP, 63-148855, A (Advantest Corp.), 21 June, 1988 (21. 06. 88), Page 2, upper right column, lines 11 to 17 (Family: none)	6

[X] 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 document 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	Date of mailing of the international search report
12 November, 1998 (12. 11. 98)	24 November, 1998 (24. 11. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/03688

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 4-351979, A (Meidensha Corp.), 7 December, 1992 (07. 12. 92), Page 2, right column, lines 31 to 43 (Family: none)	7
Y	JP, 61-42268, A (Inoue Japax Research Inc.), 28 February, 1986 (28. 02. 86), Page 1, lower right column, lines 5 to 10 (Family: none)	8
Y	JP, 3-230746, A (Sharp Corp.), 14 October, 1991 (14. 10. 91), Page 2, upper right column, lines 1 to 7 & EP, A2, 393994 & EP, A3, 393994 & EP, B1, 393994 & DE, C0, 69009841 & DE, T2, 69009841	10
Y	JP, 6-254734, A (Canon Inc.), 13 September, 1994 (13. 09. 94), Page 4, right column, lines 16 to 59 (Family: none)	14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９８／０３６８８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））
Ｉｎｔ．Ｃｌ[6]　Ｈ０２Ｋ４１／０３

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[6]　Ｈ０２Ｋ４１／０３

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　１９２６－１９９５年
日本国公開実用新案公報　１９７１－１９９４年
日本国実用新案登録公報　１９９６－１９９８年
日本国登録実用新案公報　１９９４－１９９８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	関連する請求の範囲の番号
Ｘ Ｙ	ＪＰ，４－２９２３２８，Ａ（三菱重工業株式会社） １６．１０月．１９９２（１６．１０．９２）， 第２頁右欄第２８－５７行（ファミリーなし）	１－３，９ ４－８，１０－２４
Ｘ Ｙ	ＪＰ，５－２２９２４，Ａ（住友重機械工業株式会社）， ２９．１月．１９９３（２９．０１．９３）， 第３頁左欄第３８行－右欄第４０行（ファミリーなし）	１－３，９ ４－８，１０－２４
Ｘ Ｙ	ＪＰ，７－４８０２８，Ａ（株式会社ダイフク）， ２１．２月．１９９５（２１．０２．９５）， 第３頁右欄第１６行－第４頁左欄第６行（ファミリーなし）	１－３，９ ４－８，１０－２４
Ｙ	ＪＰ，６３－１４８８５５，Ａ（株式会社アドバンテスト）， ２１．６月．１９８８（２１．０６．８８）， 第２頁右上欄第１１－１７行（ファミリーなし）	６

☑ 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」先行文献ではあるが、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
１２．１１．９８

国際調査報告の発送日　24.11.98

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）
牧　初　　３Ｈ　９０６４

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３１６

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第２ページ）（１９９２年７月）

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９８／０３６８８

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	関連する請求の範囲の番号
Ｙ	ＪＰ，４－３５１９７９，Ａ（株式会社明電舎）， ７．１２月．１９９２（０７．１２．９２）， 第２頁右欄第３１－４３行（ファミリーなし）	７
Ｙ	ＪＰ，６１－４２２６８，Ａ(株式会社井上ジャパックス研究所)， ２８．２月．１９８６（２８．０２．８６）， 第１頁右下欄第５－１０行（ファミリーなし）	８
Ｙ	ＪＰ，３－２３０７４６，Ａ（シャープ株式会社）， １４．１０月．１９９１（１４．１０．９１）， 第２頁右上欄第１－７行＆ＥＰ，Ａ２，３９３９９４ ＆ＥＰ，Ａ３，３９３９９４＆ＥＰ，Ｂ１，３９３９９４ ＆ＤＥ，Ｃ０，６９００９８４１＆ＤＥ，Ｔ２，６９００９８４１	１０
Ｙ	ＪＰ，６－２５４７３４，Ａ（キャノン株式会社）， １３．９月．１９９４（１３．０９．９４）， 第４頁右欄第１６－５９行（ファミリーなし）	１４