

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4658040号
(P4658040)

(45) 発行日 平成23年3月23日(2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl. F I
HO2N 2/00 (2006.01) HO2N 2/00 B

請求項の数 26 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2006-513734 (P2006-513734)	(73) 特許権者	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(86) (22) 出願日	平成17年5月20日(2005.5.20)	(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
(86) 国際出願番号	PCT/JP2005/009229	(72) 発明者	川勝 英樹 日本国東京都世田谷区尾山台一丁目9番1 8号
(87) 国際公開番号	W02005/114825	審査官	大山 広人
(87) 国際公開日	平成17年12月1日(2005.12.1)	(56) 参考文献	特開2003-134859 (JP, A) 特開平4-341644 (JP, A)
審査請求日	平成18年11月30日(2006.11.30)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	特願2004-150134 (P2004-150134)		
(32) 優先日	平成16年5月20日(2004.5.20)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 精密高耐荷重移動方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(a) 剪断変形を起こす piezo 素子をベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定し、

(b) 前記 piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向に上下可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項2】

(a) 剪断変形を起こす piezo 素子とベースに対して鉛直方向に変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子を前記ベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定し、

(b) 前記積層 piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向に上下可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項3】

(a) 剪断変形を起こす第1の piezo 素子をベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定するとともに、該くさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす第2の piezo 素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定し、

10

20

(b) 前記第1及び第2の piezo素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向に上下可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項4】

(a) 剪断変形を起こす第1の piezo素子をベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定するとともに、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第2の piezo素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定し、

(b) 前記第1の piezo素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、

(c) また、前記第2の piezo素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項5】

(a) 剪断変形を起こす piezo素子とベースに対して鉛直方向に変形を起こす piezo素子とを貼り合わせた積層 piezo素子からなる第1の piezo素子を前記ベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定するとともに、該くさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす piezo素子とを貼り合わせた積層 piezo素子からなる第2の piezo素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定し、

(b) 前記第1の piezo素子と、前記第2の piezo素子の前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形する piezo素子とを急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、

(c) また、前記第2の piezo素子の前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形する piezo素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項6】

(a) 剪断変形を起こす第1の piezo素子を、両側に壁面を有するベース上に載置される断面が上側に斜辺2個を有する3角形状のくさび状移動子の底面に固定するとともに、該くさび状移動子の両側の上部傾斜面各々に、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第2の piezo素子と第3の piezo素子をそれぞれ固定し、

(b) 前記第1の piezo素子を急速変形駆動することによって前記くさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な左右2個の移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記2個の移動体の鉛直方向の位置エネルギーの総和が変わらない様に前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、

(c) また、前記第2の piezo素子および第3の piezo素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項7】

(a) 剪断変形を起こす第1の piezo素子を、両側に壁面を有するベース上に載置される断面が上側に斜辺2個を有する3角形状のくさび状移動子の底面に固定するとともに、該くさび状移動子の両側の上部傾斜面各々に、該上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起

10

20

30

40

50

こす Piezo 素子とを貼り合わせた積層 Piezo 素子からなる第 2 の Piezo 素子と第 3 の Piezo 素子をそれぞれ固定し、

(b) 前記第 1 の Piezo 素子と、前記第 2 の Piezo 素子および第 3 の Piezo 素子の前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす Piezo 素子とを急速変形駆動することによって前記くさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な左右 2 個の移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記 2 個の移動体の鉛直方向の位置エネルギーの総和が変わらない様に前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、

(c) また、前記第 2 の Piezo 素子および第 3 の Piezo 素子の前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす Piezo 素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項 8】

剪断変形を起こす第 1 の Piezo 素子を、両側に壁面を有する第 1 のベース上に載置される断面が上側に斜辺 2 個を有する 3 角形状のくさび状移動子の底面に固定するとともに、該くさび状移動子の両側の上部傾斜面各々に、前記第 1 のベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 の Piezo 素子および第 3 の Piezo 素子をそれぞれ固定し、前記第 1 の Piezo 素子を急速変形駆動することによって前記くさび状移動子を前記第 1 のベース上で左右に移動させ、前記第 1 のベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な左右 2 個の移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記 2 個の移動体の鉛直方向の位置エネルギーの総和が変わらない様に前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第 2 の Piezo 素子および第 3 の Piezo 素子を急速変形駆動することにより、前記第 1 のベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行う精密高耐荷重移動装置を、前記第 1 のベースの底面に固定された剪断変形を起こす第 4 の Piezo 素子を介して第 2 のベース上に載置し、前記第 4 の Piezo 素子を急速変形駆動することにより前記精密高耐荷重移動装置を前記第 2 のベース上で水平方向に移動させることによって、前記移動体の x y z 方向の位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の精密高耐荷重移動方法において、前記第 2 の Piezo 素子および第 3 の Piezo 素子が、前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす Piezo 素子と前記第 1 のベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす Piezo 素子とを貼り合わせた積層 Piezo 素子からなることを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項 10】

(a) 剪断変形を起こす第 1 の Piezo 素子を、ベース上の左側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第 1 のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、該第 1 のくさび状移動子の上部傾斜面に、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 の Piezo 素子を固定し、

(b) 剪断変形を起こす第 3 の Piezo 素子を、ベース上の右側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第 2 のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、該第 2 のくさび状移動子の上部傾斜面に、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 4 の Piezo 素子を固定し、

(c) 前記第 1 の Piezo 素子および第 3 の Piezo 素子を急速変形駆動することによって前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記第 1 のくさび状移動子および前記第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置されるとともに前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、

(d) また、前記第 2 の Piezo 素子および第 4 の Piezo 素子を急速変形駆動することによって、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小

10

20

30

40

50

移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項 1 1】

(a) 剪断変形を起こす第 1 の piezo 素子を、ベース上の左側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第 1 のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、該第 1 のくさび状移動子の上部傾斜面に、該上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 2 の piezo 素子を固定し、

(b) 剪断変形を起こす第 3 の piezo 素子を、ベース上の右側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第 2 のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、該第 2 のくさび状移動子の上部傾斜面に、該上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 4 の piezo 素子を固定し、

(c) 前記第 1 の piezo 素子および第 3 の piezo 素子と、前記第 2 の piezo 素子および第 4 の piezo 素子の前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子とを急速変形駆動することによって前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記第 1 のくさび状移動子および前記第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置されるとともに前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、

(d) また、前記第 2 の piezo 素子および第 4 の piezo 素子の前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形する piezo 素子を急速変形駆動することによって、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動方法。

【請求項 1 2】

(a) 固定体の水平方向の面上に配置され、剪断変形を起こす第 1 の piezo 素子が底面に固定されるくさび状移動子と、

(b) 前記 piezo 素子を急速変形駆動するパルス源と、

(c) 前記くさび状移動子の駆動によって前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に上下可能な移動体とを備え、

(d) 前記移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 3】

(a) 固定体の水平方向の面上に配置され、剪断変形を起こす piezo 素子と前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 1 の piezo 素子が底面に固定されるくさび状移動子と、

(b) 前記 piezo 素子を急速変形駆動するパルス源と、

(c) 前記くさび状移動子の駆動によって前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に上下可能な移動体とを備え、

(d) 前記移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 記載の精密高耐荷重移動装置において、さらに第 2 の piezo 素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定することを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 の piezo 素子が積層 piezo 素子であることを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 4 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 の piezo 素子が、前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす piezo 素子であることを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 7】

10

20

30

40

50

請求項 1 5 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子が、前記くさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と、前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子を積層したものであることを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 5 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子が、前記くさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と、前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に変形を起こすピエゾ素子を積層したものであることを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 2 記載の精密高耐荷重移動装置において、さらに前記固定体の壁面と接触する前記移動体の面に第 3 のピエゾ素子を固定することを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 3 記載の精密高耐荷重移動装置において、さらに前記固定体の壁面と接触する前記移動体の面に第 3 の積層ピエゾ素子を固定することを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 1】

(a) 両側に壁面を有するベース上に配置され、剪断変形を起こす第 1 のピエゾ素子が底面に固定されるとともに、両側の上部傾斜面各々に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 のピエゾ素子と第 3 のピエゾ素子がそれぞれ固定される、断面が 3 角形状のくさび状移動子と、

(b) 前記ピエゾ素子を急速変形駆動するパルス源と、

(c) 前記ピエゾ素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体とを備え、

(d) 前記第 1 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うとともに、前記第 2 のピエゾ素子および第 3 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子および第 3 のピエゾ素子が、前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子を貼り合わせた積層ピエゾ素子からなることを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 3】

(a) ベース上の左側に配置され、剪断変形を起こす第 1 のピエゾ素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 のピエゾ素子が固定される第 1 のくさび状移動子と、

(b) 前記ベース上の右側に配置され、剪断変形を起こす第 3 のピエゾ素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 4 のピエゾ素子が固定される第 2 のくさび状移動子と、

(c) 前記ピエゾ素子を急速変形駆動するパルス源と、

(d) 前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置され、前記ピエゾ素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体とを備え、

(e) 前記第 1 のピエゾ素子および第 3 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うとともに、前記第 2 のピエゾ素子および第 4 のピエゾ素子を急速変形駆動するこ

10

20

30

40

50

とにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 の piezo 素子および第 4 の piezo 素子が、前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす piezo 素子を貼り合わせた積層 piezo 素子からなることを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 5】

(a) ベース上の左側に配置され、剪断変形を起こす piezo 素子と前記ベースに対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo 素子を貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 1 の piezo 素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 の piezo 素子が固定される第 1 のくさび状移動子と、

10

(b) 前記ベース上の右側に配置され、剪断変形を起こす piezo 素子と前記ベースに対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo 素子を貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 3 の piezo 素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 4 の piezo 素子が固定される第 2 のくさび状移動子と、

(c) 前記 piezo 素子を急速変形駆動するパルス源と、

(d) 前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置され、前記 piezo 素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体とを備え、

20

(e) 前記第 1 の piezo 素子および第 3 の piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うとともに、前記第 2 の piezo 素子および第 4 の piezo 素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【請求項 2 6】

(a) ベース上の左側に配置され、剪断変形を起こす第 1 の piezo 素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に該上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子と前記上部傾斜面に対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo 素子を貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 2 の piezo 素子が固定される第 1 のくさび状移動子と、

30

(b) 前記ベース上の右側に配置され、剪断変形を起こす第 3 の piezo 素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に該上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子と前記上部傾斜面に対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo 素子を貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 4 の piezo 素子が固定される第 2 のくさび状移動子と、

(c) 前記 piezo 素子を急速変形駆動するパルス源と、

(d) 前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置され、前記 piezo 素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向に移動可能な移動体とを備え、

40

(e) 前記 piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする精密高耐荷重移動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、精密高耐荷重移動装置に係り、特に、くさびと piezo 素子を用いた精密移動機構、顕微鏡用微小移動機構に好適な精密高耐荷重移動方法および装置に関するものである。

50

【背景技術】

【0002】

図1は従来の piezo素子の急速変形によるインパクト駆動機構としてのステージの位置決め装置である。

この図において、101は固定部の床面、102は固定部の壁面、103はくさび状の移動体、104はその移動体103の側面に固定される piezo素子、105はその piezo素子104の先端部に固定される衝撃子、106はくさび状の移動体103の移動によって鉛直方向に移動するステージ、107はバネによる移動体103のガイドである。図示しないが、piezo素子104には、piezo素子104の急速変形を生成させるパルス電圧源が接続される(下記非特許文献1参照)。

10

【0003】

また、剪断 piezo素子の急速変形によって移動体を移動させる機構として、以下のようなものが開示されている(下記非特許文献2参照)。

図2はかかる従来の剪断 piezo素子の急速変形によって移動体を移動させる機構の模式図である。

この図に示すように、従来は、本体201と脚203の間に剪断方向に変位する piezo素子202を挟み、鋸歯状波の電圧を piezo素子202に印加することによって移動を生じようとしている。

【非特許文献1】曾國浩、渋谷俊克、樋口俊郎「圧電素子による大荷重用高さ微調整機構の開発(第一報)」2002年度精密工学会春季大会講演論文集 pp 112 .

20

【非特許文献2】Ph. Niedermann, R. Emch, and P. Descouts, Rev. Sci. Instrum., 59, 368, (1988) .

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記した従来のインパクト駆動機構では移動体103の側面に衝撃力が加えられるので、実際の移動体103の移動に寄与する駆動力は弱く、その分移動には強い衝撃力が必要になるとともに、移動速度が遅く、かつ精密な調整に難があると言った問題があった。

また、上記した従来の剪断 piezo素子の急速変形によって移動体を移動させる機構では、剪断 piezo素子202の急速変形によって移動体を直接鉛直方向に移動させていたが、摺動面への押し付け圧の選択幅の狭さ、移動速度の遅さ、耐荷重の低さ、鉛直方向への力の付加による位置決め後の変位、数~十 nmでの安定した移動の維持ができないことなどの問題点があった。

30

【0005】

本発明は、上記状況に鑑みて、剪断変形を起こす piezo素子を利用し、あるいは、剪断変形を起こす piezo素子と縦変形を起こす piezo素子とを組み合わせ、鉛直方向下向きへ力を加えた時にも垂直方向へ移動体が的確に移動可能な精密高耐荷重移動方法および装置を提供することを目的とする。また、剪断変形を起こす複数の piezo素子を、その剪断方向が異なるように配置、あるいは積層することにより、鉛直方向下向きへ力を加えた時にも垂直方向へ移動体が的確に移動可能な精密高耐荷重移動方法および装置であって、x y 方向、あるいは x y z 方向の3自由度の位置決めが可能なものを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす piezo素子をベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定し、前記 piezo素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向に上下可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の微小移動

50

位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

〔 2 〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす piezo 素子とベースに対して鉛直方向に変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子を前記ベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定し、前記積層 piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向に上下可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

〔 3 〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第 1 の piezo 素子をベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定するとともに、このくさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす第 2 の piezo 素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定し、前記第 1 および第 2 の piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向に上下可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

〔 4 〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第 1 の piezo 素子をベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定するとともに、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 の piezo 素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定し、前記第 1 の piezo 素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第 2 の piezo 素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

〔 5 〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす piezo 素子とベースに対して鉛直方向に変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 1 の piezo 素子を前記ベース上に載置されるくさび状移動子の底面に固定するとともに、このくさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo 素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 2 の piezo 素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定し、前記第 1 の piezo 素子と、前記第 2 の piezo 素子の前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形する piezo 素子とを急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を前記ベース上で移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第 2 の piezo 素子の前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形する piezo 素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

〔 6 〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第 1 の piezo 素子を、両側に壁面を有するベース上に載置される断面が上側に斜辺 2 個を有する 3 角形状のくさび状移動子の底面に固定するとともに、このくさび状移動子の両側の上部傾斜面各々に、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 の piezo 素子と第 3 の piezo 素子をそれぞれ固定し、前記第 1 の piezo 素子を急速変形駆動することによって前記くさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な左右 2 個の移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記 2 個の移動体の鉛直方向の位置エネ

10

20

30

40

50

ルギーの総和が変わらない様に前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第2のピエゾ素子および第3のピエゾ素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【0012】

〔7〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第1のピエゾ素子を、両側に壁面を有するベース上に載置される断面が上側に斜辺2個を有する3角形状のくさび状移動子の底面に固定するとともに、このくさび状移動子の両側の上部傾斜面各々に、この上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子とを貼り合わせた積層ピエゾ素子からなる第2のピエゾ素子と第3のピエゾ素子をそれぞれ固定し、前記第1のピエゾ素子と、前記第2のピエゾ素子および第3のピエゾ素子の前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子とを急速変形駆動することによって前記くさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な左右2個の移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記2個の移動体の鉛直方向の位置エネルギーの総和が変わらない様に前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第2のピエゾ素子および第3のピエゾ素子の前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【0013】

〔8〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第1のピエゾ素子を、両側に壁面を有する第1のベース上に載置される断面が上側に斜辺2個を有する3角形状のくさび状移動子の底面に固定するとともに、このくさび状移動子の両側の上部傾斜面各々に、前記第1のベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第2のピエゾ素子および第3のピエゾ素子をそれぞれ固定し、前記第1のピエゾ素子を急速変形駆動することによって前記くさび状移動子を前記第1のベース上で左右に移動させ、前記第1のベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な左右2個の移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記2個の移動体の鉛直方向の位置エネルギーの総和が変わらない様に前記移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第2のピエゾ素子および第3のピエゾ素子を急速変形駆動することにより、前記第1のベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行う精密高耐荷重移動装置を、前記第1のベースの底面に固定された剪断変形を起こす第4のピエゾ素子を介して第2のベース上に載置し、前記第4のピエゾ素子を急速変形駆動することにより前記精密高耐荷重移動装置を前記第2のベース上で水平方向に移動させることにより、前記移動体のx y z方向の位置決めを行うことを特徴とする。

【0014】

〔9〕上記〔8〕記載の精密高耐荷重移動方法において、前記第2のピエゾ素子および第3のピエゾ素子が、前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記第1のベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子とを貼り合わせた積層ピエゾ素子からなることを特徴とする。

〔10〕精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第1のピエゾ素子を、ベース上の左側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第1のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、この第1のくさび状移動子の上部傾斜面に、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第2のピエゾ素子を固定し、剪断変形を起こす第3のピエゾ素子を、ベース上の右側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第2のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、この第2のくさび状移動子の上部傾斜面に、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第4のピエゾ素子を固定し、前記第1のピエゾ素子および第3のピエゾ素

子を急速変形駆動することによって前記第1のくさび状移動子および第2のくさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記第1のくさび状移動子および前記第2のくさび状移動子にブリッジするように配置されるとともに前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第2のピエゾ素子および第4のピエゾ素子を急速変形駆動することによって、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【0015】

〔11〕上記〔10〕記載の精密高耐荷重移動方法において、剪断変形を起こす第1のピエゾ素子を、ベース上の左側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第1のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、この第1のくさび状移動子の上部傾斜面に、この上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子とを貼り合わせた積層ピエゾ素子からなる第2のピエゾ素子を固定し、剪断変形を起こす第3のピエゾ素子を、ベース上の右側に載置される内側が低い上部傾斜面を有する第2のくさび状移動子の水平な底面に固定するとともに、この第2のくさび状移動子の上部傾斜面に、この上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子とを貼り合わせた積層ピエゾ素子からなる第4のピエゾ素子を固定し、前記第1のピエゾ素子および第3のピエゾ素子と、前記第2のピエゾ素子および第4のピエゾ素子の前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子とを急速変形駆動することによって前記第1のくさび状移動子および第2のくさび状移動子を前記ベース上で左右に移動させ、前記第1のくさび状移動子および前記第2のくさび状移動子にブリッジするように配置されるとともに前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、前記第2のピエゾ素子および第4のピエゾ素子の前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形するピエゾ素子を急速変形駆動することによって、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向にも前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【0016】

〔12〕精密高耐荷重移動装置において、固定体の水平方向の面上に配置され、剪断変形を起こす第1のピエゾ素子が底面に固定されるくさび状移動子と、前記ピエゾ素子を急速変形駆動するパルス源と、前記くさび状移動子の駆動によって前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に上下可能な移動体とを備え、前記移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の移動位置決めを行うことを特徴とする。

【0017】

〔13〕上記〔12〕記載の精密高耐荷重移動方法において、固定体の水平方向の面上に配置され、剪断変形を起こすピエゾ素子と前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に変形を起こすピエゾ素子とを貼り合わせた積層ピエゾ素子からなる第1のピエゾ素子が底面に固定されるくさび状移動子と、前記ピエゾ素子を急速変形駆動するパルス源と、前記くさび状移動子の駆動によって前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に上下可能な移動体とを備え、前記移動体に前記くさび状移動子を打ち込んだり引き抜くことにより、前記移動体の移動位置決めを行うことを特徴とする。

【0018】

〔14〕上記〔13〕記載の精密高耐荷重移動装置において、さらに第2のピエゾ素子を前記くさび状移動子の上部傾斜面に固定することを特徴とする。

〔15〕上記〔14〕記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第2のピエゾ素子が積層ピエゾ素子であることを特徴とする。

〔16〕上記〔15〕記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第2のピエゾ素子が、前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

〔 1 7 〕 上記〔 1 5 〕 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子が、前記くさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と、前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子を積層したものであることを特徴とする。

〔 1 8 〕 上記〔 1 5 〕 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子が、前記くさび状移動子の上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と、前記固定体の水平方向の面に対して鉛直方向に変形を起こすピエゾ素子を積層したものであることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

〔 1 9 〕 上記〔 1 2 〕 記載の精密高耐荷重移動装置において、さらに前記固定体の壁面と接触する前記移動体の面に第 3 のピエゾ素子を固定することを特徴とする。

〔 2 0 〕 上記〔 1 3 〕 記載の精密高耐荷重移動装置において、さらに前記固定体の壁面と接触する前記移動体の面に第 3 の積層ピエゾ素子を固定することを特徴とする。

〔 2 1 〕 精密高耐荷重移動方法において、両側に壁面を有するベース上に配置され、剪断変形を起こす第 1 のピエゾ素子が底面に固定されるとともに、両側の上部傾斜面各々に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 のピエゾ素子と第 3 のピエゾ素子がそれぞれ固定される、断面が三角形状のくさび状移動子と、前記ピエゾ素子を急速変形駆動するパルス源と、前記ピエゾ素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体とを備え、前記第 1 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うとともに、前記第 2 のピエゾ素子および第 3 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

〔 2 2 〕 上記〔 2 1 〕 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子および第 3 のピエゾ素子が、前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子を貼り合わせた積層ピエゾ素子からなることを特徴とする。

〔 2 3 〕 精密高耐荷重移動装置において、ベース上の左側に配置され、剪断変形を起こす第 1 のピエゾ素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 のピエゾ素子が固定される第 1 のくさび状移動子と、前記ベース上の右側に配置され、剪断変形を起こす第 3 のピエゾ素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 4 のピエゾ素子が固定される第 2 のくさび状移動子と、前記ピエゾ素子を急速変形駆動するパルス源と、前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置され、前記ピエゾ素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体とを備え、前記第 1 のピエゾ素子および第 3 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うとともに、前記第 2 のピエゾ素子および第 4 のピエゾ素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

〔 2 4 〕 上記〔 2 3 〕 記載の精密高耐荷重移動装置において、前記第 2 のピエゾ素子および第 4 のピエゾ素子が、前記上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こすピエゾ素子と前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こすピエゾ素子を貼り合わせた積層ピエゾ素子からなることを特徴とする。

〔 2 5 〕 精密高耐荷重移動装置において、ベース上の左側に配置され、剪断変形を起こ

10

20

30

40

50

す piezo素子と前記ベースに対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo素子を貼り合わせた積層 piezo素子からなる第 1 の piezo素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 2 の piezo素子が固定される第 1 のくさび状移動子と、前記ベース上の右側に配置され、剪断変形を起こす piezo素子と前記ベースに対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo素子を貼り合わせた積層 piezo素子からなる第 3 の piezo素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面に前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向に剪断変形を起こす第 4 の piezo素子が固定される第 2 のくさび状移動子と、前記 piezo素子を急速変形駆動するパルス源と、前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置され、前記 piezo素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向と鉛直方向および水平方向に直交する方向に移動可能な移動体とを備え、前記第 1 の piezo素子および第 3 の piezo素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うとともに、前記第 2 の piezo素子および第 4 の piezo素子を急速変形駆動することにより、前記ベースに対して鉛直方向および水平方向に直交する方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

10

【 0 0 2 3 】

〔 2 6 〕精密高耐荷重移動装置において、ベース上の左側に配置され、剪断変形を起こす第 1 の piezo素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面にこの上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo素子と前記上部傾斜面に対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo素子を貼り合わせた積層 piezo素子からなる第 2 の piezo素子が固定される第 1 のくさび状移動子と、前記ベース上の右側に配置され、剪断変形を起こす第 3 の piezo素子が水平な底面に固定されるとともに、内側が低い上部傾斜面にこの上部傾斜面の斜面方向に剪断変形を起こす piezo素子と前記上部傾斜面に対して鉛直方向に剪断変形を起こす piezo素子を貼り合わせた積層 piezo素子からなる第 4 の piezo素子が固定される第 2 のくさび状移動子と、前記 piezo素子を急速変形駆動するパルス源と、前記第 1 のくさび状移動子および第 2 のくさび状移動子にブリッジするように配置され、前記 piezo素子の駆動によって前記ベースに対して鉛直方向に移動可能な移動体とを備え、前記 piezo素子を急速変形駆動することにより前記くさび状移動子を移動させ、前記ベースに対して鉛直方向の前記移動体の微小移動位置決めを行うことを特徴とする。

20

30

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、従来の piezo素子を用いた移動機構と比べ、より大きな摺動面に対する面圧が選択できるため、より大きな負荷を移動させることが可能となる。また、剪断変形を起こす piezo素子と縦変形を起こす piezo素子を用いて楕円振動を発生させる、すなわち、それぞれの piezo素子に位相の異なる正弦波や矩形波を印加することにより、双方向性の高速移動が可能な超音波モータとしての高速変位も可能となる。さらに、くさび状移動子を用いることにより、より高い耐荷重性や、移動の減速効果による、より細かい位置決めが可能となる。また、くさび状移動子により、大きな下向きの力が掛かった場合も、変位を的確に生じさせ、かつ、位置決め点を保持することができるといった利点がある。また、くさび状移動子と piezo素子の組み合わせで x y z 移動機構が実現できる。

40

【 0 0 2 5 】

また、高剛性、高固有振動数であると同時に、コンパクトに構成することができる。

このように、本発明は、微小な piezo素子で k g オーダの負荷を鉛直方向に位置決め可能にする装置を提供でき、さらにその分解能は n m オーダである。

また、piezo素子は、対向するどちらの面に固定しても良い。また、積層 piezo素子の代わりに、積層 piezo素子を構成する各層を対向する各々の面に固定しても良いことは言うまでもない。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 6 】

50

剪断変形を起こす piezo 素子、又は剪断変形を起こす piezo 素子と縦変形を起こす piezo 素子を組み合わせた積層 piezo 素子と、くさび状移動子を組み合わせることにより、大きな摺動面へ押しつけ圧を加えた時にも移動可能で、かつ、縦横に変位する piezo 素子の相互の位相を調整することにより、両方向性の超音波モータとしての高速移動機構も実現することができる。

【0027】

特に、剪断変形を起こす piezo 素子に縦変形を起こす piezo 素子を貼り合わせ、その両者を同時、もしくはある位相差をもって駆動することにより高い耐荷重性と面の状態に対する堅牢性を得ることが可能になる。

また、複数個の剪断変形を起こす piezo 素子を利用し、その剪断変形 piezo 素子の剪断方向を異なるようにすることにより、2軸あるいは3軸の方向に移動可能な移動機構を実現することができる。

【実施例】

【0028】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図3は本発明の第1実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この図において、1は固定部の床面、2は固定部の壁面、3はくさび状移動子、4はそのくさび状移動子3の底面に固定される剪断変形を起こす piezo 素子、5はそのくさび状移動子3によって駆動され鉛直方向へ移動する移動体であり、この移動体5の上には試料6などが載置される。7はこの移動体5をバネにより押さえるガイド(ベアリング)、8は剪断変形を起こす piezo 素子4に急速変形を生成するための駆動パルス源である。

【0029】

そこで、剪断変形を起こす piezo 素子4が駆動パルス源8からのパルスによって急速変形することにより、くさび状移動子3は水平方向(ここでは左方向)に微小移動する。すると、移動体5に対してくさび状移動子3を打ち込むことになり移動体5は上方に移動され(逆に引き抜くことにより、移動体5を下方に移動させることもできる)、移動体5の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

【0030】

図4は本発明の第1実施例を示す精密高耐荷重移動装置の動作を示す模式図、図5はその駆動パルスの一例を示す模式図である。

まず、図4(a)に示すような位置にくさび状移動子3があり、そのくさび状移動子3の底面に剪断変形を起こす piezo 素子4が固定されている。

次に、この剪断変形を起こす piezo 素子4に、駆動パルス源8から図5に示すような鋸歯状の駆動パルス9、9'が印加されると、図4(b)に示すように、piezo 素子4は左方向へ急速変形する。すなわち、図4(c)に示すように、piezo 素子4がdだけ左側へと移動し、くさび状移動子3が移動体5の下に右側から打ち込まれることになるので、移動体5はhだけ鉛直上方へ持ち上げられて位置決めされる。

【0031】

ここでは、駆動パルスとして図5に示すような鋸歯状パルスを印加する例を示したが、このほか、図6に示すような、頂点を上向き、下向きにした富士山形状(頂点に行くほど勾配が急で、山頂は平らでない)の駆動パルス10、10'を印加するようにしてもよい。

図7は本発明の第2実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

【0032】

この実施例では、さらに、くさび状移動子3の上にも剪断変形(ここでは、左方向)を起こす piezo 素子11を固定して、前記剪断変形(左方向)を起こす piezo 素子4と同期を取って駆動する。それにより、移動体5にくさび状移動子3を打ち込んだり、引き抜くことになるため、移動体5の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

また、図7において、piezo 素子11を紙面奥行き方向(鉛直方向および水平方向に直交する方向、以下同様)に剪断変形を起こす piezo 素子とすることも可能である。この場

10

20

30

40

50

合、 piezo素子 4 を急速変形駆動することによりくさび状移動子 3 をベース上で移動させ、ベースに対して鉛直方向と紙面に対して奥行き方向に移動可能な移動体 5 にくさび状移動子 3 を打ち込んだり引き抜くことにより、移動体 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、piezo素子 1 1 を急速変形駆動することにより、鉛直方向と紙面奥行き方向に移動可能な移動体 5 を紙面奥行き方向に微小移動位置決めを行うことが可能となる。

【 0 0 3 3 】

さらに、図 7 において、piezo素子 1 1 を、上部傾斜面の傾斜方向に剪断変形を起こす piezo素子と紙面奥行き方向に剪断変形を起こす piezo素子とを貼り合わせた積層 piezo素子とすることも可能である。くさび状移動子 3 底面の piezo素子 4 と、積層 piezo素子 1 1 のうち上部傾斜面の傾斜方向に剪断変形を起こす素子とを急速変形駆動することによりくさび状移動子 3 をベース上で移動させ、ベースに対して鉛直方向と紙面に対して奥行き方向に移動可能な移動体 5 にくさび状移動子 3 を打ち込んだり引き抜くことにより、移動体 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行い、また、上部傾斜面に配置した積層 piezo素子 1 1 のうち、紙面奥行き方向に剪断変形する素子を急速変形駆動することにより、移動体 5 の紙面奥行き方向にも微小移動位置決めを行うことが可能になる。

10

【 0 0 3 4 】

図 8 は本発明の第 3 実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この実施例では、第 2 実施例にさらに、移動体 5 と固定部の壁面 2 が接触する部分に剪断変形（ここでは上下方向）を起こす piezo素子 1 2 を固定して、前記剪断変形を起こす piezo素子 4 , 1 1 と同期を取って駆動する。それにより、移動体 5 と固定部の壁面 2 が接触する面の摩擦係数を下げた状態で、移動体 5 にくさび状移動子 3 を打ち込んだり引き抜くことになるため、移動体 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

20

【 0 0 3 5 】

図 9 は本発明の第 4 実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この図において、2 1 は固定部の床面、2 2 は固定部の壁面、2 3 はくさび状移動子、2 4 はそのくさび状移動子 2 3 の底面に固定される、剪断変形（ここでは左方向）を起こす piezo素子 2 4 A と、固定部の床面 2 1 に対して鉛直方向の変形（伸長）を起こす piezo素子 2 4 B とを張り合わせた積層 piezo素子、2 5 はそのくさび状移動子 2 3 によって駆動され鉛直方向へ移動する移動体であり、この移動体 2 5 の上面には試料 2 6 などが載置される。2 7 は移動体 2 5 をバネにより固定部の壁面 2 2 に対して押さえるガイド（ベアリング）、3 0 は積層 piezo素子 2 4 を駆動するための駆動パルス源である。

30

【 0 0 3 6 】

そこで、剪断変形を起こす piezo素子 2 4 A と鉛直方向の変形を起こす piezo素子 2 4 B とを貼り合わせた積層 piezo素子 2 4 が、駆動パルス源 3 0 からのパルスにより急速変形することにより、くさび状移動子 2 3 は水平方向および鉛直方向に微小移動する。すると、移動体 2 5 に対してくさび状移動子 2 3 を打ち込んだり引き抜くことになるため、移動体 2 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

【 0 0 3 7 】

図 1 0 は本発明の第 4 実施例を示す精密高耐荷重移動装置の動作を示す模式図、図 1 1 はその駆動パルスの一例を示す模式図である。

40

まず、図 1 0 (a) に示すような位置にくさび状移動子 2 3 があり、そのくさび状移動子 2 3 の底面に、剪断変形（ここでは左方向）を起こす piezo素子 2 4 A と固定部の床面 2 1 に対して鉛直方向の変形（伸長）を起こす piezo素子 2 4 B とを貼り合わせた積層 piezo素子 2 4 が固定されている。

【 0 0 3 8 】

次に、剪断変形を起こす piezo素子 2 4 A に図 1 1 (a) に示すような駆動パルスを印加し、鉛直方向の変形を起こす piezo素子 2 4 B に図 1 1 (b) に示すような駆動パルスを印加すると、図 1 0 (b) に示すように、まず、剪断変形を起こす piezo素子 2 4 A が左方向に変形し、その変形に伴いくさび状移動子 2 3 が左に移動し、次に、鉛直方向の変形を起こす piezo素子 2 4 B が伸長して移動体 2 5 を持ち上げる。

50

【 0 0 3 9 】

つまり、図 1 0 (c) に示すように、剪断変形を起こす piezo 素子 2 4 A が d だけ左側へと移動して、くさび状移動子 2 3 が移動体 2 5 の右側から打ち込まれるとともに、鉛直方向の変形を起こす piezo 素子 2 4 B が伸長して移動体 2 5 を持ち上げることになるので、移動体 2 5 は h だけ鉛直上方へ持ち上げられて位置決めされる。

なお、駆動パルスとしては、図 6 に示したような富士山形状の駆動パルスであってもよい。

【 0 0 4 0 】

上記したように、剪断変形と鉛直方向の変形を急速、かつ適切な時間差をもって行うことにより、例えば、ウサギ跳びのように、斜め下向きに急激な抗力を発生させ、それにより摺動面に高い面圧がある場合でも、意図した方向への変位が可能となる。なお、本実施例では、さらに高い耐荷重性がある。また、鉛直方向の変形を生じる素子を導入することにより、移動しなくなる限界を高めることが可能となる。

10

【 0 0 4 1 】

さらに、図 9 において、移動体 2 5 と固定部の壁面 2 2 が接触する部分に、ベアリングの代わりに、剪断変形を起こす piezo 素子と鉛直方向の変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子 (図示せず) を固定して、piezo 素子 2 4 と同期を取って駆動する。それにより、移動体 2 5 と固定部の壁面 2 2 が接触する面の摩擦係数を下げた状態で、移動体 2 5 にくさび状移動子 2 3 を打ち込んだり、引き抜くことになるため、移動体 2 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

20

【 0 0 4 2 】

図 1 2 は本発明の第 5 実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この実施例では、第 4 実施例にさらに、くさび状移動子 2 3 の上面にも、剪断変形 (ここでは左方向) を起こす piezo 素子 2 8 A と固定部の床面 2 1 に対して鉛直方向の変形 (伸長) を起こす piezo 素子 2 8 B とを貼り合わせた積層 piezo 素子 2 8 を固定して、前記積層 piezo 素子 2 4 と同期を取って駆動する。それにより、移動体 2 5 にくさび状移動子 2 3 を打ち込んだり引き抜くことになるため、移動体 2 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

【 0 0 4 3 】

図 1 3 は本発明の第 5 実施例の変形例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この実施例では、第 4 実施例にさらに、くさび状移動子 2 3 の上面にも、剪断変形 (ここでは左方向) を起こす piezo 素子 2 8 A と紙面奥行き方向に剪断変形を起こす piezo 素子 2 8 C とを貼り合わせた積層 piezo 素子 2 8 を固定して、前記積層 piezo 素子 2 4 と同期を取って駆動する。それにより、移動体 2 5 にくさび状移動子 2 3 を打ち込んだり引き抜くことになるため、移動体 2 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。また、piezo 素子 2 8 C を急速変形駆動することにより、鉛直面 (固定部の床面 2 1) と移動体 2 5 の下側を案内面として、紙面奥行き方向に微小移動位置決めを行うことができる。

30

【 0 0 4 4 】

図 1 4 は本発明の第 6 実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この実施例は、第 5 実施例にさらに、移動体 2 5 と固定部の壁面 2 2 が接触する部分に剪断変形 (ここでは上方向) を起こす piezo 素子 2 9 A と縦変形を起こす piezo 素子 2 9 B とを貼り合わせた積層 piezo 素子 2 9 を固定して、前記積層 piezo 素子 2 4 及び 2 8 と同期を取って駆動する。それにより、移動体 2 5 にくさび状移動子 2 3 を打ち込んだり、引き抜くことになるため、移動体 2 5 の鉛直方向の微小移動位置決めを行うことができる。

40

【 0 0 4 5 】

図 1 5 は本発明の精密高耐荷重移動装置の超音波モータモードの際、積層 piezo 素子 (図 9 参照) に印加される波形を示す図、図 1 6 はその精密高耐荷重移動装置による piezo 素子側の摺動面の、水平面横から見たミクロな変位を示す図である。この場合、マクロに

50

は、該当する piezo 素子を配した移動子は右に移動する。

固定部の床面 2 1 上に剪断変形（ここでは左方向）を起こす piezo 素子 2 4 A と鉛直方向の変形（伸長）を起こす piezo 素子 2 4 B とを貼り合わせ、剪断変形を起こす piezo 素子 2 4 A に図 1 5 (a) に示すような正弦波を、鉛直方向の変形を起こす piezo 素子 2 4 B に図 1 5 (b) に示すような正弦波を印加する。これにより、摺動面は図 1 6 に示すように、図を見る方向から時計方向の円運動ないし楕円運動をしており、くさび状移動子 2 3 を駆動する。なお、上記した正弦波に代えて、余弦波を印加するようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

上記したように、正弦波や矩形波、また、移動機構の振動特性を踏まえた上で、信号発生器から発生させる周期性のある波形を用い、それらを鉛直方向の変形、剪断変形を生じる piezo 素子に同時、ないし位相差を持って与えることにより、超音波モータモードの高速変位が可能となる。移動効率の良い位相差を見だし、鉛直方向の変形に対する水平方向の変形の極性の逆転や、位相の 1 8 0 度シフトを行わせることにより、別方向への効率の良い変位を行わせることが可能となる。

【 0 0 4 7 】

また、さらに、上記した実施例に以下のような変形を施すことができる。

(1) 上記した精密高耐荷重移動装置をバネにより押さえるガイド 7 , 2 7 に代えて、固定部の壁面を磁性体にするとともに、移動体の、固定部の壁面側に磁石を配置することによって、移動体を固定部に吸着させることができる。なお、かかる磁石による移動体の固定部への吸着手段は、その他の全ての実施例（図 3、図 4、図 7、図 8、図 9、図 1 0、図 1 2、図 1 3、図 1 4、図 1 8 参照）に適用できることは言うまでもない。

【 0 0 4 8 】

図 1 7 はかかる精密高耐荷重移動装置のガイドの変形例を示す図である。

この図において、3 1 は固定部の床面、3 2 は磁性体からなる固定部の壁面、3 3 はくさび状移動子、3 4 はそのくさび状移動子 3 3 の底面に固定される剪断変形（ここでは左方向）を起こす piezo 素子、3 5 はそのくさび状移動子 3 3 によって駆動され鉛直方向へ移動する移動体であり、この移動体 3 5 の上面には試料 3 6 などが載置される。3 7 は磁性体からなる固定部の壁面 3 2 に接触するように、移動体 3 5 に固定される磁石である。

【 0 0 4 9 】

(2) 上記した磁石によるガイドに代えて、図示しないが、ボールベアリングによるガイド機構とするようにしてもよい。

(3) 上記した積層 piezo 素子を直接固定部の床面に接触させるのではなく、積層 piezo 素子に別体の摺動面を付設して、固定部の床面と接触させるようにしてもよい。

図 1 8 はかかる摺動面を付設した精密高耐荷重移動装置の模式図である。

【 0 0 5 0 】

ここでは、固定部の床面 2 1 には積層 piezo 素子 2 4 の底面に固定された摺動面 2 9 が接触するように構成されている。

このように構成することにより、安定な接触状態を保持することができる。

次に、図 1 9 は全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その 1）の模式図である。

【 0 0 5 1 】

この図において、4 0 は上下位置決め機構を有する精密高耐荷重移動装置、4 1 はベース、4 2 は第 1 の固定部（ベース）、4 2 A は第 1 の固定部（ベース）の壁面、4 3 は第 2 の固定部（ベース）、4 3 A は第 2 の固定部（ベース）の壁面、4 4 は断面が 3 角形状のくさび状移動子、4 5 はその断面が 3 角形状のくさび状移動子 4 4 の底面に固定される剪断変形を起こす piezo 素子からなる第 1 の piezo 素子、4 6 は断面が 3 角形状のくさび状移動子 4 4 の左側の傾斜面に固定される、剪断変形を起こす piezo 素子 4 6 A とベース 4 1 に対して鉛直方向の変形を起こす piezo 素子 4 6 B とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 2 の piezo 素子、4 7 は断面が 3 角形状のくさび状移動子 4 4 の右側の傾斜面に固定される、剪断変形を起こす piezo 素子 4 7 A とベース 4 1 に対して鉛直方向の変形

10

20

30

40

50

を起こす piezo 素子 47B とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 3 の piezo 素子、48 は第 1 の移動体、49 は第 2 の移動体である。

【0052】

このように構成したので、第 1 の移動体 48 と第 2 の移動体 49 の上下位置決め機構において、第 1 の piezo 素子 45、第 2 の piezo 素子 46、及び第 3 の piezo 素子 47 の同時駆動により、全体として位置ポテンシャルが変化しないくさび形移動機構を提供することができ、上り下りの特性に差が生じない利点があり、信頼性も高い。摺動面への押しつけバネや、押しつけ力を得るための磁石を必要とせず、また、くさび状移動子 44 により大荷重の負荷に耐えることができる。さらに、上下負荷に対して変位を生じにくい。このように、第 1 の piezo 素子 45、第 2 の piezo 素子 46、及び第 3 の piezo 素子 47 の駆動により、第 1 の移動体 48 と第 2 の移動体 49 を鉛直方向に変位可能である。

10

【0053】

図 20 は全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その 2）の模式図である。

ここでは、上記した図 19 に示す上下位置決め機構を有する精密高耐荷重移動装置 40 を、第 1 のベース 41' の底面に固定された、剪断変形を起こす piezo 素子からなる第 4 の piezo 素子 52 を介して第 2 のベース 51 上に載置するようにしたものである。

【0054】

この実施例でも、第 1 の移動体 48 と第 2 の移動体 49 の上下位置決め機構において、全体として位置ポテンシャルが変化しないくさび形移動機構を提供することができ、上り下りの特性に差が生じない利点があり、信頼性も高い。摺動面への押しつけバネや、押しつけ力を得るための磁石を必要とせず、また、くさび状移動子 44 により大荷重の負荷に耐えることができる。さらに、上下負荷に対して変位を生じにくい。第 1 の移動体 48 と第 2 の移動体 49 は、鉛直方向に変位可能であるのみならず、剪断変形を起こす piezo 素子からなる第 4 の piezo 素子 52 の駆動により、水平方向への変位を可能にすることができる。

20

【0055】

また、図 19 および図 20 に記載した位置決め機構の変形として、剪断変形を起こす piezo 素子 46A と 47A、あるいは、ベース 41, 41' に対して鉛直方向の変形を起こす piezo 素子 46B と 47B を排除した場合も同様の変位が得られる。

30

図 21 は全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その 3）の模式図、図 22 は全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構で、移動体の x y z 3 軸の移動位置決め機能を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その 4）の模式図である。

【0056】

ここでは、上記した図 19 または 20 に示す上下位置決め機構を有する精密高耐荷重移動装置 40 において、紙面奥行き方向に剪断変形を起こす piezo 素子 46C と 47C を配置するようにして、移動体 48, 49 の紙面奥行き方向の変位位置決めを可能にしたものである。

図 21 において、40 は上下位置決め機構を有する精密高耐荷重移動装置、41 はベース、42 は第 1 の固定部（ベース）、42A は第 1 の固定部（ベース）の壁面、43 は第 2 の固定部（ベース）、43A は第 2 の固定部（ベース）の壁面、44 は断面が 3 角形状のくさび状移動子、45 はその断面が 3 角形状のくさび状移動子 44 の底面に固定される剪断変形を起こす piezo 素子からなる第 1 の piezo 素子、46 は断面が 3 角形状のくさび状移動子 44 の左側の傾斜面に固定される、剪断変形を起こす piezo 素子 46A と紙面奥行き方向に剪断変形を起こす piezo 素子 46C とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 2 の piezo 素子、47 は断面が 3 角形状のくさび状移動子 44 の右側の傾斜面に固定される、剪断変形を起こす piezo 素子 47A と紙面奥行き方向に剪断変形を起こす piezo 素子 47C とを貼り合わせた積層 piezo 素子からなる第 3 の piezo 素子、48 は第 1 の移動体、49 は第 2 の移動体である。

40

50

【 0 0 5 7 】

このように構成したので、第1の移動体48と第2の移動体49の上下位置決め機構において、第1の piezo素子45、第2の piezo素子46、及び第3の piezo素子47の同時駆動により、全体として位置ポテンシャルが変化しないくさび形移動機構を提供することができ、上り下りの特性に差が生じない利点があり、信頼性も高い。摺動面への押しつけバネや、押しつけ力を得るための磁石を必要とせず、また、くさび状移動子44により大荷重の負荷に耐えることができる。さらに、上下負荷に対して変位を生じにくい。このように、第1の piezo素子45と piezo素子46Aおよび47Aの駆動により、第1の移動体48と第2の移動体49を鉛直方向に変位可能である。また、 piezo素子46Cの急速変形駆動により移動子48の紙面奥行き方向の微小移動位置決め、 piezo素子47Cの急速変形駆動により移動子49の紙面奥行き方向の微小移動位置決めが可能である。

10

【 0 0 5 8 】

また図22は、上記した図21に示す上下位置決め機構を有する精密高耐荷重移動装置40を、第1のベース41'の底面に固定された、 剪断変形を起こす piezo素子からなる第4の piezo素子52を介して第2のベース51上に支持するようにしたものである。

この実施例でも、第1の移動体48と第2の移動体49の上下位置決め機構において、全体として位置ポテンシャルが変化しないくさび形移動機構を提供することができ、上り下りの特性に差が生じない利点があり、信頼性も高い。摺動面への押しつけバネや、押しつけ力を得るための磁石を必要とせず、また、くさびにより大荷重の負荷に耐えることができる。さらに、上下負荷に対して変位を生じにくい。第1の移動体48と第2の移動体49は、鉛直方向、および紙面奥行き方向に変位可能であるのみならず、 剪断変形を起こす piezo素子からなる第4の piezo素子52の駆動により、 水平方向への変位を可能にすることができる。

20

【 0 0 5 9 】

また、図21および図22に記載した位置決め機構の変形として、 剪断変形を起こす piezo素子46Aと 47Aを排除した場合も、同様の移動位置決めが可能である。

図23は、ベースとくさび状移動子2個と piezo素子4個を用いて、移動体を位置決めする本発明の精密高耐荷重移動装置の模式図である。

この図において、61はベース、62はベース61上左側に配置され、底面は水平で内側が低い上部傾斜面を有する第1のくさび状移動子であり、この第1のくさび状移動子62の底面には 剪断変形を起こす第1の piezo素子63が固定され、上部傾斜面には、 上部傾斜面の傾斜方向の剪断変形を起こす piezo素子64Aと紙面奥行き方向の剪断変形を起こす piezo素子64Cとを貼り合わせた積層 piezo素子からなる第2の piezo素子64が固定される。また、65はベース61上右側に配置され、底面は水平で内側が低い上部傾斜面を有する第2のくさび状移動子であり、この第2のくさび状移動子65の底面には 剪断変形を起こす第3の piezo素子66が固定され、上部傾斜面には、 上部傾斜面の傾斜方向の剪断変形を起こす piezo素子67Aと紙面奥行き方向の剪断変形を起こす piezo素子67Cとを貼り合わせた積層 piezo素子からなる第4の piezo素子67が固定される。68は第1のくさび状移動子62と第2のくさび状移動子65にブリッジするように配置される移動体である。

30

40

【 0 0 6 0 】

このように、この実施例は、ベース61、2個のくさび状移動子62、65を備え、移動体68をx y z方向に位置決めする精密高耐荷重移動装置であり、第1のくさび状移動子62と第2のくさび状移動子65は、第1の piezo素子63と第3の piezo素子66の駆動によって 水平方向に移動可能であり、この第1のくさび状移動子62と第2のくさび状移動子65の動きに伴って、さらに、 piezo素子64Aと piezo素子67Aの駆動によって、 移動体68は鉛直方向に移動可能である。また、移動体68は、 piezo素子64C、 67Cの剪断駆動により、紙面奥行き方向の移動可能である。

【 0 0 6 1 】

なお、図23に記載した位置決め機構の変形として、 上部傾斜面の傾斜方向に剪断変形

50

を起こす piezo 素子 64A と 67A を排除した場合も同様の自由度の変位が得られることは言うまでもない。

また、図 23 に記載した位置決め機構の他の変形として、第 1 の piezo 素子 63 と第 3 の piezo 素子 66 を、剪断変形を起こす piezo 素子と ベース 61 に対して鉛直方向変形を起こす piezo 素子とを貼り合わせた積層 piezo 素子とした場合も同様の自由度の変位が得られることは言うまでもない。

【0062】

図 24 ~ 図 28 は、図 23 記載の装置を用いて、くさび状移動子 62, 65 の水平方向変位により生じさせた移動体 68 の鉛直方向の変位を計測したもの（その 1 ~ その 5）である。図 24 は下り特性を示しており、300Vpp の鋸歯の電圧（A）で 1 秒に 50 ステップで急速変形駆動され、鉛直方向変位を 100nm/div で表した場合（B）で 1 ステップあたり 20nm の変位が得られており、非常に高い直線性が得られることが分かる。図 25 も下り特性を示しており、300Vpp の鋸歯の電圧（A）で 1 秒に 50 ステップで急速変形駆動され、鉛直方向変位を 1μm/div で表した場合（B）で 1 ステップあたり 20nm の変位が得られている。図 26 は、図 25 と同じ駆動条件と同じ鉛直方向変位スケールでの上り特性を示しており、1 ステップあたり 20nm の変位が得られている。図 25 と図 26 は、鉛直上方と下方の両方向において、安定した微小移動が可能であることを示している。図 27 は変位センサの感度を高めて計測した下り特性を示しており、300Vpp の鋸歯の電圧（A）で 1 秒に 1 ステップで急速変形駆動され、鉛直方向変位を 200nm/div で表した場合（B）で 1 ステップあたり 17nm の変位が得られている。図 28 は、図 27 と同じ駆動条件での上り特性を示しており、鉛直方向変位を 50nm/div で表した場合（B）で 1 ステップあたり 5nm の変位が得られている。図 27、図 28 は、1 ステップごとに確実に上向きもしくは下向きの変位を生じていることを示している。

【0063】

図 29 および図 30 は、図 7 に記載の装置を用いて、くさび状移動子 3 を引き抜いたり、打ち込むことにより生じさせた移動体 5 の鉛直方向の変位を計測したもの（その 6 および 7）である。200Vpp の鋸歯電圧（A）で駆動し、鉛直方向変位を 2.5nm/div で表した場合（B）で、鉛直方向への移動位置決めが可能であること、nm オーダの微小な移動が可能であることを示している。なお、図 29 および図 30 の B の鉛直方向変位が細かく振動しているのはノイズである。

【0064】

上記図から明らかのように、上向き、下向きに変位位置決めが可能であること、1 ステップあたり 1nm から 10nm オーダの変位が実現できること、一定周波数の急速変形信号に対して高い線形性の変位が得られること、1 ステップごとに確実な歩進動作が得られることが確認される。また、くさびの特徴として、鉛直下向きの kg オーダの負荷付与に対しても、変位が生じないことが確認された。

【0065】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の主旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【産業上の利用可能性】

【0066】

本発明のくさび状移動子と piezo 素子を用いた精密高耐荷重移動方法および装置は、精密移動機構、顕微鏡での試料の移動機構として利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図 1】従来の piezo 素子の急速変形によるインパクト駆動機構としてのステージの位置決め装置である。

【図 2】従来の剪断 piezo 素子の急速変形によって移動体を移動させる機構の模式図である。

10

20

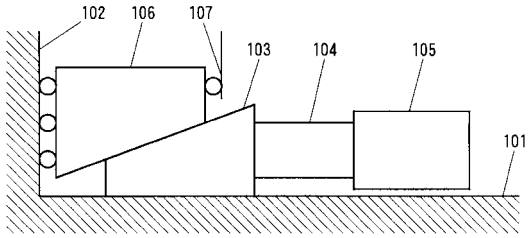
30

40

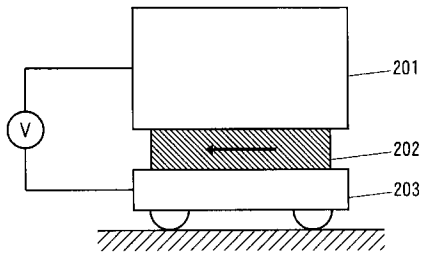
50

- 【図3】本発明の第1実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図4】本発明の第1実施例を示す精密高耐荷重移動装置の動作を示す模式図である。
- 【図5】本発明の第1実施例を示す精密高耐荷重移動装置の駆動パルスの一例を示す模式図である。
- 【図6】本発明の第1実施例を示す精密高耐荷重移動装置の駆動パルスの他の例を示す模式図である。
- 【図7】本発明の第2実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図8】本発明の第3実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図9】本発明の第4実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図10】本発明の第4実施例を示す精密高耐荷重移動装置の動作を示す模式図である。 10
- 【図11】本発明の第4実施例を示す精密高耐荷重移動装置の駆動パルスの一例を示す模式図である。
- 【図12】本発明の第5実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図13】本発明の第5実施例の変形例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図14】本発明の第6実施例を示す精密高耐荷重移動装置の模式図である。
- 【図15】本発明の精密高耐荷重移動装置の超音波モータモードの際、積層ピエゾ素子（図9参照）に印加される波形を示す図である。
- 【図16】図14に示す精密高耐荷重移動装置による移動子の挙動を示す図である。
- 【図17】本発明の精密高耐荷重移動装置のガイドの変形例を示す図である。
- 【図18】本発明の摺動面を付設した精密高耐荷重移動装置の模式図である。 20
- 【図19】全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その1）の模式図である。
- 【図20】全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その2）の模式図である。
- 【図21】全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その3）の模式図である。
- 【図22】全体として位置ポテンシャルが変化しない上下位置決め機構で、移動体の x 、 y 、 z 3軸の移動位置決め機能を有する本発明の精密高耐荷重移動装置（その4）の模式図である。
- 【図23】ベースとくさび状移動子2個とピエゾ素子4個を用いて、移動体を位置決めする本発明の精密高耐荷重移動装置の模式図である。 30
- 【図24】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その1）である。
- 【図25】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その2）である。
- 【図26】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その3）である。
- 【図27】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その4）である。
- 【図28】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その5）である。 40
- 【図29】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その6）である。
- 【図30】本発明の精密高耐荷重移動装置の移動体の鉛直方向の変位を計測した図（その7）である。

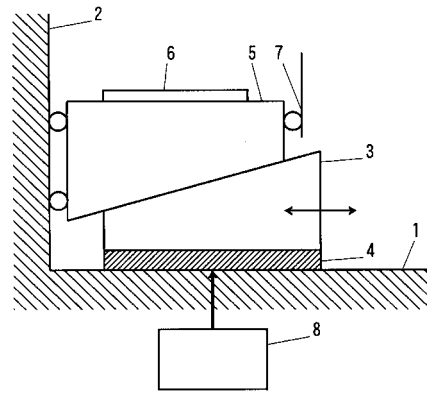
【図1】



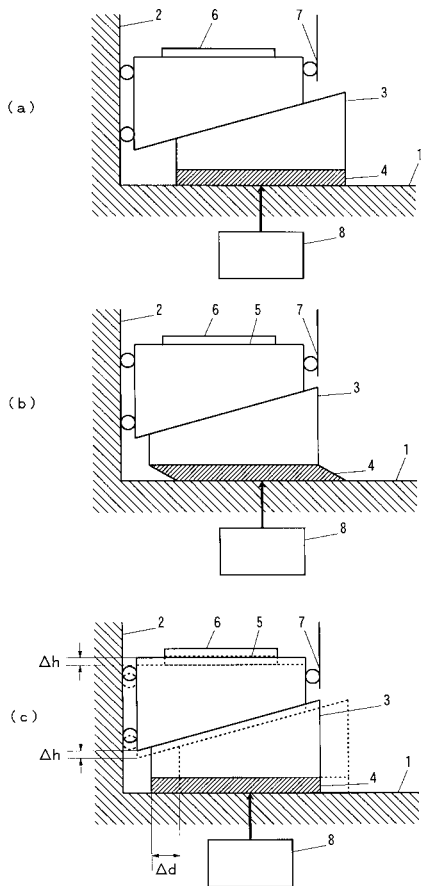
【図2】



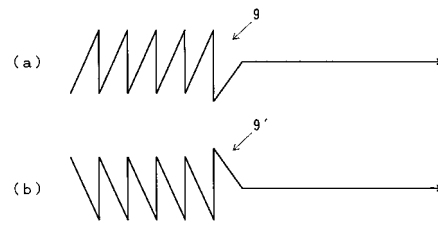
【図3】



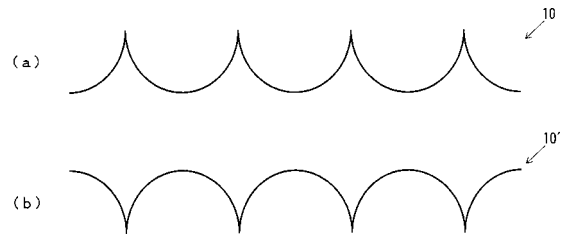
【図4】



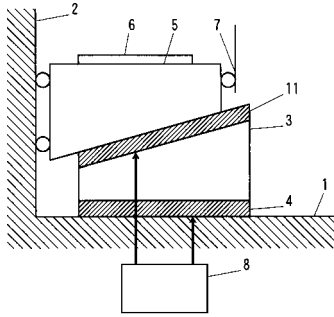
【図5】



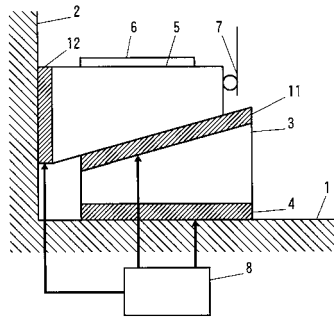
【図6】



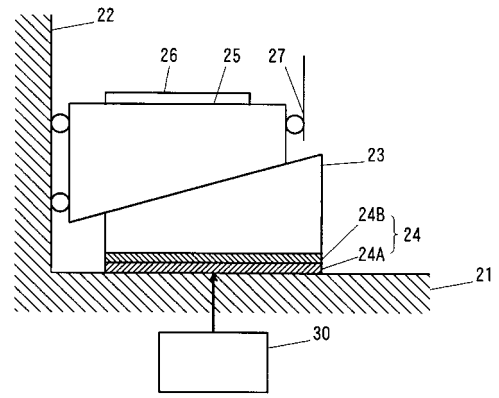
【図7】



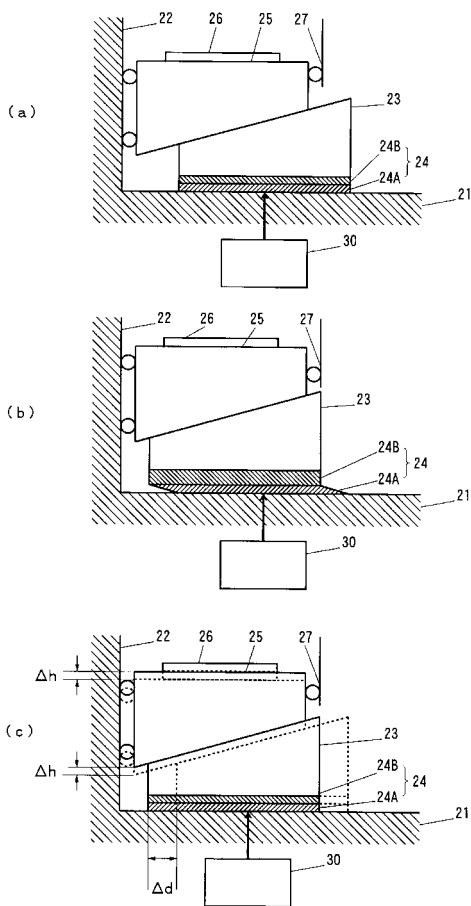
【図8】



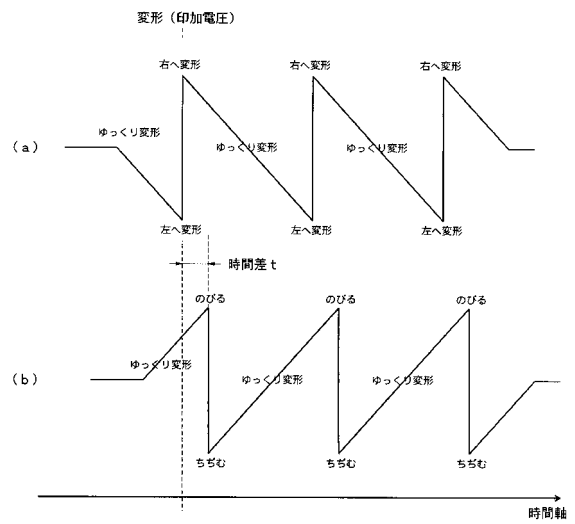
【図9】



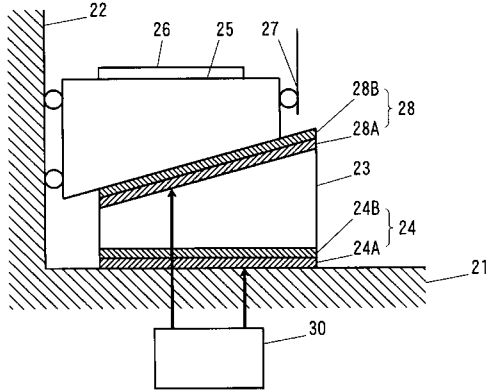
【図10】



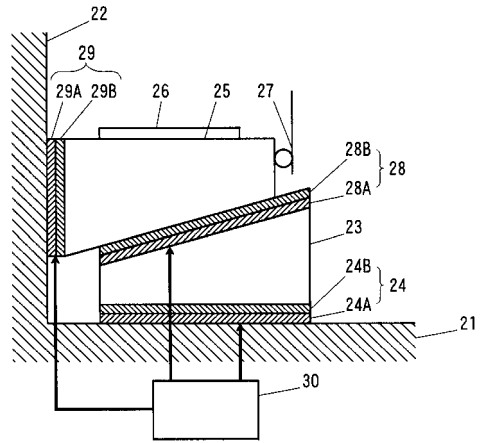
【図11】



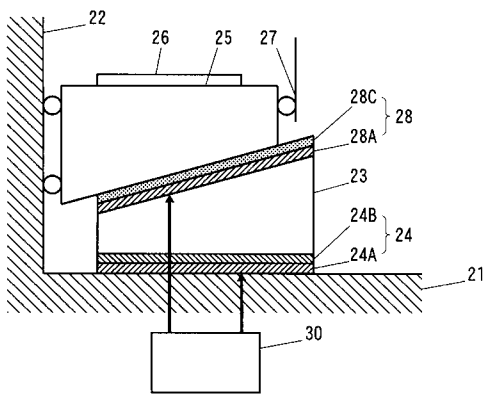
【図12】



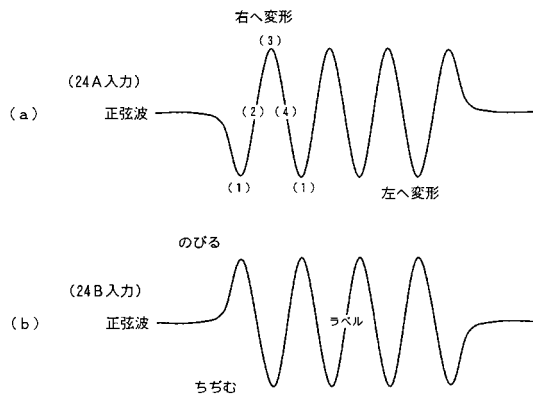
【図14】



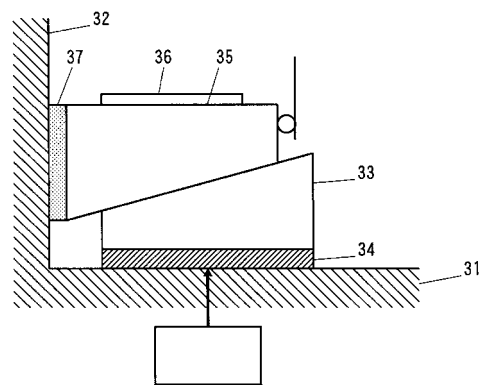
【図13】



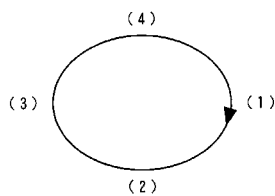
【図15】



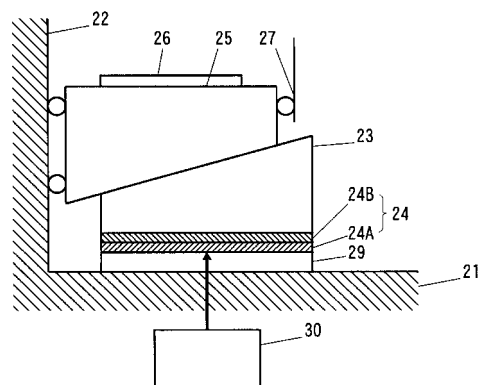
【図17】



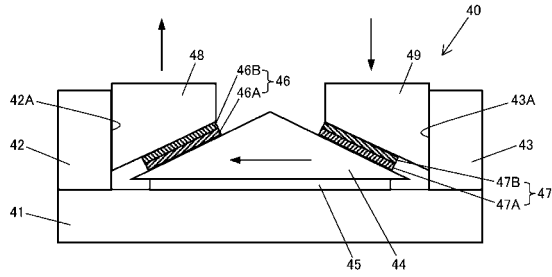
【図16】



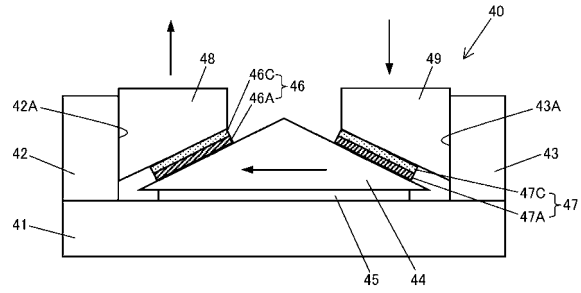
【図18】



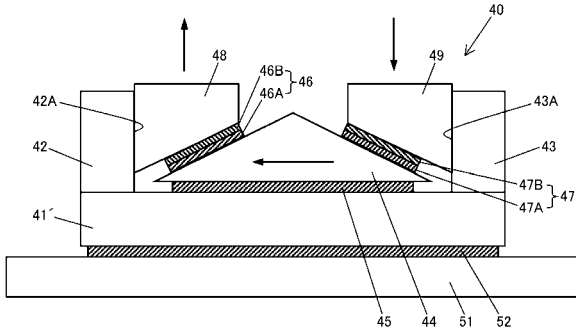
【図19】



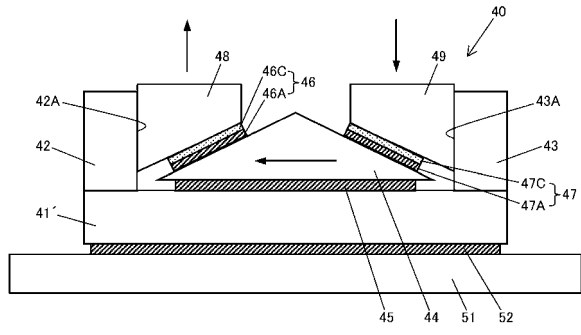
【図21】



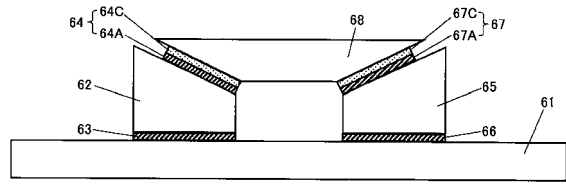
【図20】



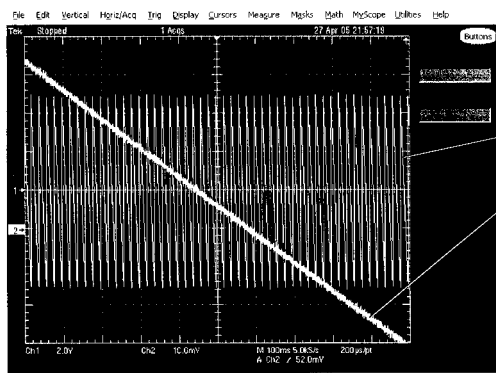
【図22】



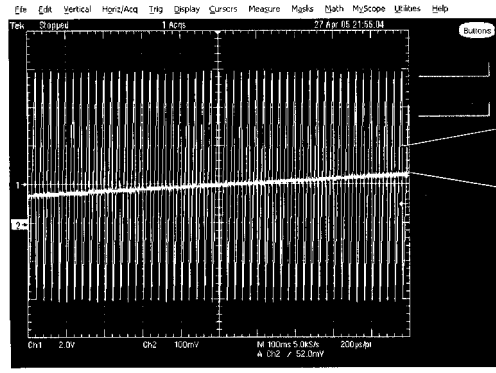
【図23】



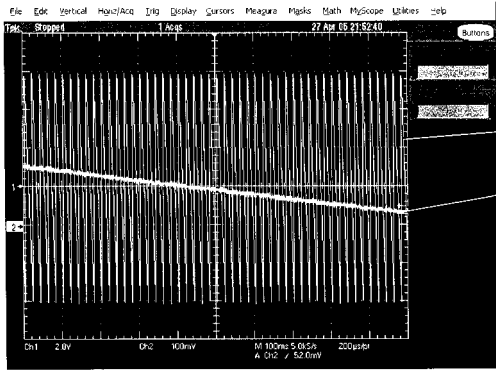
【図24】



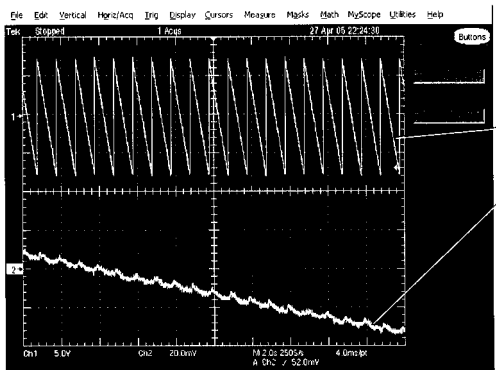
【図26】



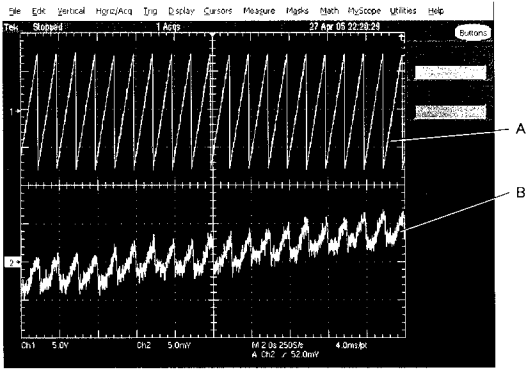
【図25】



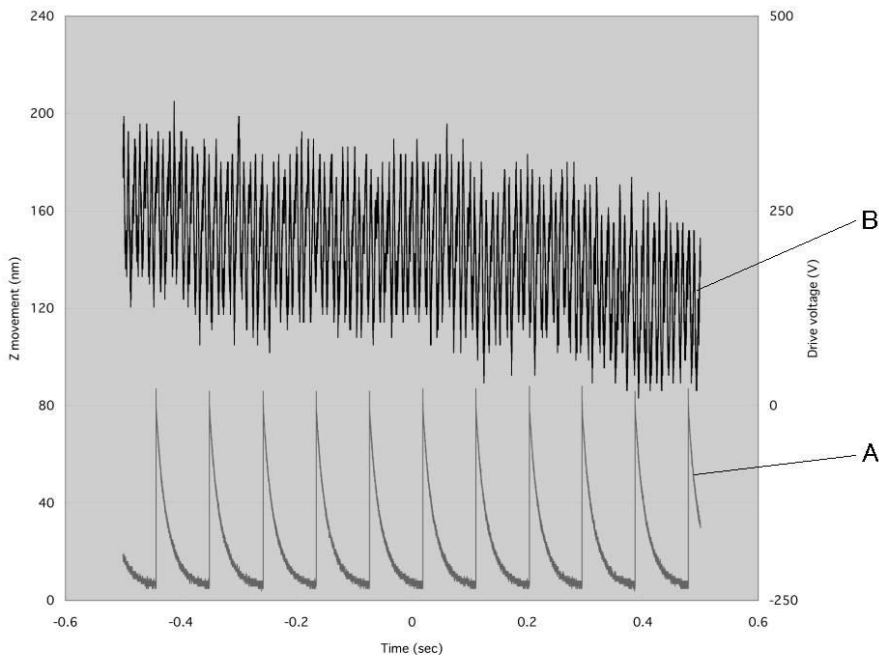
【図27】



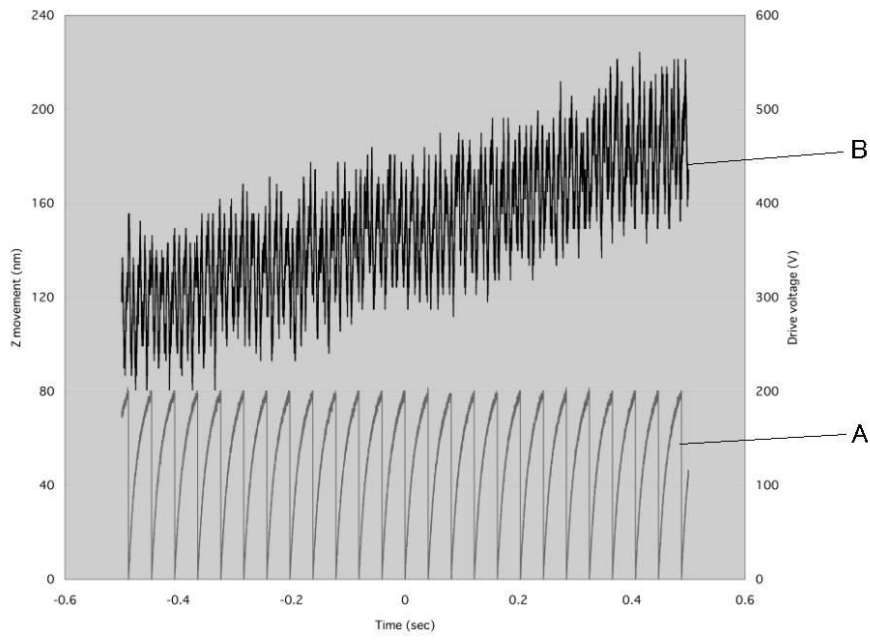
【 28 】



【 29 】



【 3 0 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H02N 2/00