

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4619538号  
(P4619538)

(45) 発行日 平成23年1月26日(2011.1.26)

(24) 登録日 平成22年11月5日(2010.11.5)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 26/10	(2006.01)	GO2B 26/10	1 O 4 A
GO2B 26/08	(2006.01)	GO2B 26/08	E
GO2B 7/182	(2006.01)	GO2B 7/18	Z
G11B 7/09	(2006.01)	G11B 7/09	E

請求項の数 20 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2000-571445 (P2000-571445)
(86) (22) 出願日	平成11年9月17日 (1999.9.17)
(65) 公表番号	特表2002-525691 (P2002-525691A)
(43) 公表日	平成14年8月13日 (2002.8.13)
(86) 國際出願番号	PCT/US1999/021682
(87) 國際公開番号	W02000/017865
(87) 國際公開日	平成12年3月30日 (2000.3.30)
審査請求日	平成18年9月13日 (2006.9.13)
(31) 優先権主張番号	60/100,989
(32) 優先日	平成10年9月18日 (1998.9.18)
(33) 優先権主張国	米国(US)

前置審査

(73) 特許権者	500373758 シーゲイト テクノロジー エルエルシー アメリカ合衆国, カリフォルニア, スコット バレイ, ピー. オー. ボックス 66 360, ディスク ドライブ 920
(74) 代理人	100064746 弁理士 深見 久郎
(74) 代理人	100085132 弁理士 森田 俊雄
(74) 代理人	100083703 弁理士 仲村 義平
(74) 代理人	100096781 弁理士 堀井 豊
(74) 代理人	100109162 弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】伸張可能な回復力部材を有する微細加工ミラー

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光のビームを偏向させるのに使用するミクロン寸法のミラーアセンブリであって、平坦なベースと、

該平坦なベースから間隔がとられて該平坦なベースに概ね平行に配置される平坦なミラーであって、第1および第2の端部および、該第1および第2の端部の間に延びる縦軸を有する前記平坦なミラーと、

縦軸に沿って延び前記第1および第2の端部にそれぞれ接続されて前記ミラーが縦軸周りの第1および第2の位置間で前記平坦なベースに対して揺動できるようにする第1および第2のトーション部材と、

該第1および第2のトーション部材を前記平坦なベースに固定する手段と、を含み、

前記ミラーの少なくとも一部は導電材料でできており、さらに、

前記平坦なベースにより支持され、前記ミラーを前記第1および第2の位置間で駆動する第1および第2の間隔のとられた電極と、

縦軸を横切して延び前記第1のトーション部材に固定されるつなぎ部材と、

該つなぎ部材を前記平坦なベースに固定して該つなぎ部材が前記ミラーの揺動を調節するようにする手段と、

を含む、前記ミラーアセンブリ。

## 【請求項 2】

請求項1記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のトーション部材を前

記平坦なベースに固定する手段および、前記つなぎ部材を前記平坦なベースに固定する手段は、前記ミラーの周りに延びるフレーム部材を有し、前記第1および第2のトーション部材および前記つなぎ部材は、前記フレーム部材に固定され、該フレーム部材は前記平坦なベースから間隔がとられて前記平坦なベースに固定されている、前記ミラーアセンブリ。

【請求項3】

請求項1記載のミラーアセンブリであって、前記つなぎ部材はある長さを有しその少なくとも一部は該長さに沿って弾性であり、前記第1のトーション部材は縦軸に沿って延びる細長い部分と該細長い部分を横切して延び該細長い部分から外向きに間隔のとられた端部を有する実質的に剛性のフランジ部分とを含み、前記つなぎ部材は前記フランジ部分の前記端部に固定され、前記フランジ部分は前記ミラーが前記第1および第2の位置間を揺動する間前記つなぎ部材の伸張を強める、前記ミラーアセンブリ。

【請求項4】

光のビームを偏向させるのに使用するミクロン寸法のミラーアセンブリであって、平坦なベースと、

前記平坦なベース間隔がとられて該平坦なベースに概ね平行に配置される平坦なミラーとであって、第1および第2の端部および、該第1および第2の端部の間に延びる縦軸を有する前記平坦なミラーと、

縦軸に沿って延び前記第1および第2の端部にそれぞれ接続されて前記ミラーが縦軸周りの第1および第2の位置間で前記平坦なベースに対して揺動できるようにする第1および第2のトーション部材と、

該第1および第2のトーション部材を前記平坦なベースに固定する手段と、を含み、前記ミラーの少なくとも一部は導電材料でできており、さらに、

前記平坦なベースにより支持され、前記ミラーを前記第1および第2の位置間で駆動する第1および第2の間隔のとられた電極と、

縦軸を横切して延び前記第1および第2のトーション部材の少なくとも一方に固定される第1および第2のつなぎ部材と、

該第1および第2のつなぎ部材を前記平坦なベースに固定して該第1および第2のつなぎ部材が前記ミラーの揺動を調節するようにする手段と、

を含む、前記ミラーアセンブリ。

【請求項5】

請求項4記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のつなぎ部材の各々がある長さを有し、該第1および第2のつなぎ部材の少なくとも一部は前記長さに沿って弾性である、前記ミラーアセンブリ。

【請求項6】

請求項4記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のトーション部材の少なくとも一方は縦軸に沿って延びる細長い部分と該細長い部分を横切して延び該細長い部分から外向きに間隔のとられた第1の端部を有する実質的に剛性のフランジ部分とを含み、前記第1のつなぎ部材は前記フランジ部分の前記第1の端部に固定され、前記フランジ部分は前記ミラーが前記第1および第2の位置間を揺動する間前記第1のつなぎ部材の伸張を強める、前記ミラーアセンブリ。

【請求項7】

請求項6記載のミラーアセンブリであって、前記フランジ部分は前記第1の端部とは反対の細長い部分から外向きに間隔のとられた第2の端部を有し、前記第2のつなぎ部材は前記フランジ部分の前記第2の端部に固定されている、前記ミラーアセンブリ。

【請求項8】

請求項6記載のミラーアセンブリであって、前記フランジ部分は細長い部分に垂直に延びる、前記ミラーアセンブリ。

【請求項9】

請求項4記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のトーション部材の少

10

20

30

40

50

なくとも一方は縦軸に沿って延びる細長い部分と該細長い部分に垂直に延び該細長い部分から外向きに間隔のとられた前記第1および第2の端部を有する実質的に剛性のフランジ部分とを含み、前記第1のつなぎ部材は前記フランジ部分の前記第1の端部に固定され、前記第2のつなぎ部材は前記フランジ部分の前記第2の端部に固定され、前記フランジ部分は前記ミラーが前記第1および第2の位置間を揺動する間前記第1および第2のつなぎ部材の伸張を強める、前記ミラーアセンブリ。

【請求項10】

請求項4記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のつなぎ部材は前記第1のトーション部材に固定される、前記ミラーアセンブリ。

【請求項11】

請求項10記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のつなぎ部材は縦軸を横切して延びる軸に沿って延びる、前記ミラーアセンブリ。

【請求項12】

請求項11記載のミラーアセンブリであって、前記第1および第2のつなぎ部材は縦軸に垂直に延びる軸に沿って延びる、前記ミラーアセンブリ。

【請求項13】

請求項10記載のミラーアセンブリであって、さらに第1および第2のつなぎ部材の追加のセットを含み、該第1および第2のつなぎ部材の追加のセットは前記第2のトーション部材に固定される、前記ミラーアセンブリ。

【請求項14】

光のビームを偏向させるのに使用するミクロン寸法のミラーアセンブリであって、平坦なベースと、

該平坦なベースから間隔がとられて該平坦なベースに概ね平行に配置される平坦なミラーであって、第1および第2の端部およびその間に延びる縦軸を有する前記平坦なミラーと、を含み、

前記ミラーの少なくとも一部は導電材料でできており、さらに、

縦軸を横切して延び前記ミラーに固定される少なくとも1つの伸張可能な部材と、

該伸張可能な部材を前記平坦なベースに固定する手段とを含み、

前記ミラーは縦軸周りの第1および第2の位置間を揺動することができ、前記伸張可能な部材は前記ミラーの揺動中、前記ミラーに非線形回復力を与える、前記ミラーアセンブリ。

【請求項15】

請求項14記載のミラーアセンブリであって、さらに、前記平坦なベースにより支持され、前記ミラーを縦軸周りに揺動させる少なくとも1つの電極を含む、前記ミラーアセンブリ。

【請求項16】

請求項14記載のミラーアセンブリであって、さらに、縦軸に沿って延び前記第1および第2の端部にそれぞれ接続される第1および第2のトーション部材と、該第1および第2のトーション部材を前記平坦なベースに固定する手段とを含む、前記ミラーアセンブリ。

【請求項17】

請求項16記載のミラーアセンブリであって、前記伸張可能な部材は一方の前記トーション部材により前記ミラーに固定される、前記ミラーアセンブリ。

【請求項18】

支持体と、

支持体上に回転可能に搭載され複数の同心配置されたデータトラックを有する平坦な記憶表面を有する光ディスクと、

近端および遠端を有するアームであって、該アームの近端は該アームの遠端が前記記憶表面に対して第1および第2の位置間で旋回できるように支持体上に旋回可能に搭載される前記アームと、

10

20

30

40

50

該アームの遠端に搭載されて支持体上のディスクの回転中に前記記憶表面に隣接して空気力学的に浮動されるフライング光ヘッドと、

前記アームにより支持されレーザビームを発する発光器および受光器と、

前記ヘッドにより支持され前記発光器および前記受光器とディスクの前記記憶表面間でレーザビームを反射させて前記記憶表面のデータトラック上で情報の記録および／もしくは読み出しができるようにするミクロン寸法のミラーアセンブリと、を含む光データ記憶システムであって、

前記ミラーアセンブリは平坦なベースと、該平坦なベースから間隔がとられて該平坦なベースに概ね平行に配置される平坦なミラーとを含み、

該平坦なミラーは第1および第2の端部および、該第1および第2の端部の間に延びる縦軸を有し、

前記ミラーアセンブリは縦軸に沿って延び前記第1および第2の端部に接続される第1および第2のトーション部材と、該第1および第2のトーション部材を前記平坦なベースに固定して前記ミラーが縦軸周りの第1および第2の位置間で前記平坦なベースに対して揺動できるようにする手段とを含み、

前記ミラーの少なくとも一部は導電材料でできており、

前記ミラーアセンブリは前記平坦なベースにより支持され、前記ミラーを前記第1および第2の位置間で駆動する第1および第2の間隔のとられた電極を有し、

前記ミラーアセンブリには縦軸を横切して延び前記第1および第2のトーション部材の少なくとも一方に固定される第1および第2のつなぎ部材と、前記第1および第2のつなぎ部材を前記平坦なベースに固定して前記第1および第2のつなぎ部材が前記ミラーの揺動を調節するようにする手段と、が設けられている、前記光データ記憶システム。

#### 【請求項19】

請求項18記載のデータ記憶システムであって、前記第1のトーション部材は縦軸に沿って延びる細長い部分と、該細長い部分に垂直に延び該細長い部分から外向きに間隔のとられた第1および第2の端部を有する実質的に剛性のフランジ部分とを含み、前記第1のつなぎ部材は前記フランジ部分の前記第1の端部に固定され、前記第2のつなぎ部材は前記フランジ部分の前記第2の端部に固定され、前記フランジ部分は前記ミラーが前記第1および第2の位置間を揺動する間前記第1および第2のつなぎ部材の伸張を強める、前記データ記憶システム。

#### 【請求項20】

請求項19記載のデータ記憶システムであって、前記第1および第2のつなぎ部材は前記第1のトーション部材に固定され、さらに、第1および第2のつなぎ部材の追加のセットを含み、該第1および第2のつなぎ部材の追加のセットは前記第2のトーション部材に固定される、前記データ記憶システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

本発明は光スイッチング、ステアリングおよびスキャニングシステムに使用する微細加工ミラーに関し、特に、光データトラッキング、記憶および検索システムに使用する微細加工ミラーに関する。

##### 【0002】

静電引込 (electrostatic pull-in) は静電駆動可撓性微細加工デバイスの範囲を制限する現象である。一般的に、引込は非線形静電駆動がデバイスの機械的サスペンション能力を圧倒して静電力との平衡を達成する時に発生する。1999年1月13日に出願された米国特許出願第09/231,317号に記載されているようなタイプのトーションミラーでは、静電駆動によりミラープレートがトーションヒンジサスペンションにより規定される軸の周りを回転させられる。2つのトーションヒンジにより与えられる回復トルクが駆動電極により与えられる静電吸引トルクと平衡する時に平衡角撓みが達成される。トーションヒンジサスペンションはミラープレートの回転角に比例する回復トルクを与える。しかしながら、駆動電極と接地されたミラープレート間の分離がミラープレートの回転に

10

20

30

40

50

より減少すると、静電トルクが非線形的に増大する。ある角撓み値において、静電トルクはヒンジの線形回復トルクにより平衡できるものよりも大きくなる。この引込角において、ミラープレートの外縁は静電ギャップの残部にわたって自然に撓んでミラーの有用な角範囲を引込を生じるものよりも小さく制限する。

【0003】

静電引込の問題はいくつかの出版物に発表され解析されている。例えば、シーガーおよびクラリーの *Stabilization of Electrostatically Actuated Mechanical Devices*, Proc. Transducers '97, Chicago, IL, pp. 1133-1136, June 1997 には、並進静電アクチュエータに引込現象が発生するのを防止する方法が提示されている。彼等の方法は可動プレートが駆動電極へ向かって駆動される時に不安定動作点が存在しない点へシステムの潜在的なエネルギー機能を本質的に修正するデバイスと直列に帰還キャパシタを配置する。この方法はトーション静電デバイスの安定範囲を増大するのに使用することができるが、帰還キャパシタを充電するのに起動電圧を劇的に増大しなければならないという望ましくないトレードオフがある。10

【0004】

並進微細加工ミラーに対する静電引込の問題は、バーンズおよびブライトの *Nonlinear Finite Element Experiments for Stable Deflection of an Electrostatically Actuated Micromirror*, Proc. SPIE, Vol. 3226, Austin, TX, Sept. 1997 で検討されている。この論文には、非線形撓み性能を有する屈曲部の使用に対する理論的議論が提示されている。しかしながら、非線形性能を提供する設計は提示されていない。むしろ、主および補助屈曲部からなり主屈曲部のある撓みを超えて補助屈曲部により供給される回復力が主屈曲部のそれと加法的に結合される複合屈曲部に対する設計が開示されている。このようにして、屈曲設計は真に非線形ではなく区別的に線形である。20

【0005】

並進およびトーション静電起動微細加工デバイスの両方に対するサスペンション手段は、典型的に細いビームもしくは薄いダイアフラムとしてモデル化される。小さな撓みおよび回転に対しては、これらの構造は線形に挙動する。したがって、構造上に作用する荷重はその変形方向に特有のスプリング定数に等しい比例定数でその撓みに比例する。大きい撓みおよび回転に対しては、これらの構造はもはや加えられる荷重に線形に応答することはない。非線形性の形状はサスペンションジオメトリの特質に非常に依存するが、一般的には大きい撓みおよび回転に対して支配的である3次項と共に小さい撓みの1次項を重ねた関係をとる。ジャーマンの *The Fabrication and Use of Micromachined Corrugated Silicon Diaphragms, Sensors and Actuators*, A21-A23 (1990) pp. 988-992 およびジャーマンの米国特許第5,116,457号 *Semiconductor Transducer or Actuator Utilizing Corrugated Supports* には、このような関係の例が示されており微細加工構造の中央ボスを支持するのに薄いダイアフラムが使用されている。しかしながら、これらの文献においてジャーマンはこれらのダイアフラムの非線形撓み特性の工夫に富んだ使用を行っていない。30

【0006】

必要とされているのはミラーの偏向角と共に非線形的に増大する回復トルクを有しミラーアセンブリの非線形静電駆動力を補償する改良型微細加工ミラーアセンブリである。このようなミラーアセンブリは、好ましくはミラーの有効偏向範囲を大きくするように引込角を増加する。40

【0007】

本発明の目的および利点をさらに理解するために、同じ部品には同じ参照番号が与えられている添付図と共に、以下の詳細な説明を参照する。図8～12および図16の垂直尺度は図面の理解を容易にするために誇張されている。

【0008】

次に、本発明の同じ部品は同じ参照番号で識別される図面を詳細に参照すると、図4には磁気光学データ記憶および検索システムが図示されている。1つの好ましい実施例では、磁気光学(MO)データ記憶および検索システム100は1組の両面磁気光学ディスク150

07、各MOディスク表面に対して1つのフライングヘッドと共に使用するようにされた1組のワインチスター型フライングヘッド106を含んでいる。MOディスク107は支持体108によりスタック内に回転可能に支持され、単に判り易くするために図4には1つのディスク107しか図示されていない。好ましい実施例では1組の6つのディスク107がスタック内に設けられている。ディスク107の各側には平坦な記憶表面109がありその上に複数のデータトラック110が同心的に配置されている。判り易くするために、図4には7本のデータトラックしか図示されておらず、可視化できるようにディスク107サイズに対して拡大されている。

【0009】

フライングヘッドすなわちフライングMOヘッド106のセットがMOディスク107の各平坦な記憶表面109上に位置決めされるようにアクチュエータアーム105によりロータリアクチュエータマグネットおよびコイルアセンブリ120に結合される。各アーム105は遠端すなわちフレクシブルなサスペンション105bが、図4に実線で示す、第1の位置と、図4に破線で示す、第1の位置から間隔をとった第2の位置間で旋回できるように支持体108上に旋回可能に搭載された剛性近端105aを有する。図4に示す2つの位置は単なる例にすぎずアーム105は支持体108に対して他の任意数の位置へ移動できる。フライングヘッド106はアーム105のサスペンション105bに搭載される。

【0010】

動作において、MOディスク107のセットが、フライングMOヘッド106のセット間に空気力学的浮力を生じかつフライングMOヘッド106のセットを各記憶表面109に隣接してフライング状態に維持するようにスピンドルモータ195により回転される。特に、各フライングヘッドは、MOディスク107のセットの各上面もしくは下面109上およそ5.9マイクロcm(15マイクロインチ)以下である。浮力にはサスペンション105bのセットにより加えられる等しく反対のスプリング力が対抗する。非動作中に、フライングヘッド106のセットは、MOディスク107のセットの表面から離れた、図示しない記憶状態すなわち位置に静止される。

【0011】

システム100はさらに、支持体108上に搭載されたレーザ光学アセンブリ101および光スイッチ104およびアーム105により運ばれるシングルモード偏波保持(PM)光要素すなわちファイバ102を含んでいる。光ファイバ102は、アーム105のサスペンション105bにより運ばれる発光器および受光器内に含まれる。典型的な実施例では、シングルモードPM光ファイバ102の各セットが、光スイッチ104に接続された近端102aおよびアクチュエータアーム105およびサスペンション105bの各セットを介してフライングヘッド106の各セットにそれぞれ接続され支持体108およびフライングヘッド106間にレーザビーム191, 192を送る遠端を有する。アセンブリ101は、出射レーザビーム191を発生する、好ましくはファブリペローもしくは分布帰還形(DFB)レーザ源である、直線偏波レーザ源等の適切なレーザ源111を有する。レーザ源111は635~685ナノメートルの範囲内で動作するように選択されるが、他の波長のレーザ源を使用することもできる。光スイッチ104、フライングヘッド106のセット、シングルモードPM光ファイバ102セットの使用は、1997年4月18日に出願された同一譲受人の米国特許出願第08/844,208号に開示されており、その全体内容が本開示の一部としてここに組み入れられている。コントローラ112がワイヤ113により光スイッチ104に接続されてそれに電気的コマンド信号を与える。コントローラ112はワイヤ114により光スイッチ104に電気的に接続されている。

【0012】

各フライングヘッド106は、スライダー本体244、エアベアリング面247、4分の1波長プレート251、表面微細加工ステアラブルミラーアセンブリ(μMM)200、対物光学系246、磁気コイル260およびヨーク262を含んでいる(図2~図4参照)。フライングヘッド106およびスライダー本体244は、対物光学系246、シング

10

20

30

40

50

ルモードPM光ファイバ102および反射基板すなわちミラーアセンブリ200間の動作距離を収容するような寸法とされている。スライダー本体244は、産業標準“ミニ”、“マイクロ”、“ナノ”、もしくは“ピコ”スライダーを含むことができるが、フライングMOヘッド106と共に使用する要素の前記した寸法上の制約により決定される、別の寸法のスライダー本体244を使用することもできる。したがって、好ましい実施例では、スライダー本体244はミニスライダー高さ(889μm)およびナノスライダーのそれ(1600×2032μm)に対応する平坦なフットプリント面積を有する。

#### 【0013】

シングルモードPM光ファイバ102は、軸方向カットアウト243に沿ってスライダー本体244に接続されており、対物光学系246は、垂直コーナーカットアウト211に沿ってスライダー本体244に接続されている。好ましい実施例では、軸方向カットアウト243はスライダー本体の周辺に沿って配置され、垂直カットアウト211はスライダー本体244のコーナーに配置されているが、軸方向カットアウト243および垂直カットアウト211は、フライングヘッド106上の他の位置、例えば、周辺と中心軸間あるいは中心軸自体に沿って配置することができる。当業者ならば光ファイバ102および対物光学系246を中心軸に沿わずに配置すれば、磁気光学ヘッド106の質量中心したがってそのフライング力学に影響を及ぼすように機能できることがお判りであろう。したがって、フライングMOヘッド106のサスペンションへの取付け点は、磁気光学ヘッド106の質量中心のオフセンター変化を補償するように調節する必要がある。好ましくは、カットアウト243および211はチャネル、V-溝あるいはシングルモード光ファイバ102および対物光学系246をフライングヘッド106に結合して一直線に揃える任意他の適切な構成として設計することができる。

#### 【0014】

ミラーアセンブリ200は、図5においてスライダー本体244に取り付けられている。後述するように、ミラーアセンブリ200は、図5においてその見える側とは反対側に破線で示す小さな反射ミラー220を含んでいる。好ましい実施例では、出射レーザビーム191および入射すなわち戻りレーザビーム192は、シングルモードPM光ファイバ102、ミラーアセンブリ200、4分の1波長板251および対物光学系246を含むMOディスク107の表面109上の表面記録層249に対する光路を横切る。出射レーザビーム191は光ファイバ遠端102bからガウスビームとして放出される。

#### 【0015】

情報の書き込み中に、出射レーザビーム191は、関心のある選択されたスポット248を記録/記憶層249のほぼキューリー点まで加熱することにより記録/記憶層249の飽和保持力を低下させるように、光スイッチ104により選択的にMOディスク107へ送られる。好ましくは、出射レーザビーム191の光強度は一定に保持され時間変化垂直バイアス磁界がコイル260により生成されてMOディスク107に垂直な“アップ”もしくは“ダウン”磁区のパターンを規定する。この技術は磁界変調(MFM)として知られている。その後、関心のある選択されたスポット248が冷却すると、各回転ディスク107の記録/記憶層249内で情報が符号化される。

#### 【0016】

情報の読み出し中に、出射レーザビーム191(書き込みに比べて低強度)は任意所与の関心のあるスポット248において、カーフェラムにより(記録/記憶層249から出射レーザビーム191が反射されると)反射レーザビーム192は関心のあるスポット248における磁区極性によって決まる時計回りもしくは反時計回りの回転偏波を有するように選択的にMOディスク107へ送られる。

#### 【0017】

前記した光路は双方向性である。したがって、反射レーザビーム192は、フライングヘッド106により受信されてシングルモードPM光ファイバ102の遠端102bへに入る。反射レーザビーム192は、シングルモードPM光ファイバ102に沿って伝播してその近端102aから出て行き、光スイッチ104により選択的にレーザ光学系アセンブリ

10

20

30

40

50

101へ送られるようにされ、その後電気信号へ変換される。

【0018】

微細加工ミラーアセンブリすなわちミラーアセンブリ200は1998年11月13日に出願された米国特許出願第09/192,006号[ファイル番号A-66166-1]に開示されているタイプとすることができます、その全体内容が本開示の一部としてここに組み入れられている。ミラーアセンブリ200は、半導体チップと同様なサイズおよび形状を有しミクロン寸法である。ミラーアセンブリ200は第1および第2の端部200aおよび200bを有し、また端部200aおよび200bの端面を形成する第1および第2の平行側面296および297を有し、さらに端部200aおよび200b間を延びる第3および第4の平行側面298および299を有する(図8参照)。ここでは、第1の端部200aは動作エリア200aと呼ばれ、第2の端部はスライダー取付けエリア200bと呼ばれる。ミラーアセンブリ200は側面296および297間の長さが500から3000ミクロンの範囲、好ましくはおよそ1850ミクロンであり、側面298および299間の幅が300から1000ミクロンの範囲、好ましくはおよそ650ミクロンであり、その頂面と底面間の高さは75から600ミクロンの範囲、好ましくはおよそ175ミクロンである。

【0019】

ミラーアセンブリ200は平坦なベース301を有する。平坦なミラー220は平坦なベース301に平行に間隔がとられており、第1および第2の端部220a, 220bおよびこのようないわゆる端部間を延びる中心縦軸303を有する(図8～10参照)。縦軸303はミラー220の中心を延び、ミラーアセンブリ200の縦軸に垂直である。ミラーはさらに縦すなわち回転軸303上に対称的に配置された第1および第2の半部を含んでいる。

【0020】

第1および第2のトーション部材306および307が、ミラー220の第1および第2の端部220a, 220bにそれぞれ固定されている。各トーション部材すなわちヒンジ部材306および307は、縦軸303に沿って延びてあり、平坦なベース301に対する第1および第2の偏向位置間でミラー220を縦軸303周りに揺動させることができる。ミラー220はその第1および第2の偏向位置間を移動する時に、図8～10に示すように、そのホームすなわち平坦位置を通過する。後述する固定手段が、第1および第2のヒンジ部材すなわちヒンジ306および307を平坦なベース301に固定するためにミラーアセンブリ200内に含まれている。

【0021】

平坦なベース301は、ミラーアセンブリ200の積層構造に対する剛性サポートとして働く第1のすなわち基板層311を有する。基板311は平行六面体の形状を有する。基板311はミラーアセンブリ200の長さおよび幅を規定する長さおよび幅を有し、75から600ミクロンの範囲、好ましくはおよそ175ミクロンの厚さを有する。シリコン、石英および他の比較的高温のガラス等の任意適切な材料から比較的厚い基板を形成することができ、好ましい実施例では、基板311はN-型シリコンからウエーハ形状に形成される。

【0022】

誘電材料の少なくとも1層から形成された層314が基板311上に重なっており、平坦なベース301内に含まれている(図10参照)。ミラーアセンブリ200の一実施例では、誘電層314は、基板311上に配置された二酸化シリコンの薄層316およびその上に重なる任意適切な耐酸エッチ誘電材料、好ましくは窒化シリコン等の耐フッ化水素酸誘電材料、の薄層317を含む積層体である。二酸化シリコン層316は、300から500ナノメートルの範囲、好ましくはおよそ300ナノメートルの厚さを有する。窒化シリコンシリコン層317は、200から300ナノメートルの範囲、好ましくはおよそ250ナノメートルの厚さを有する。誘電層314は窒化シリコン層だけで構成することができる。ミラーアセンブリ200の別の実施例では、誘電層314は任意他の適切な誘電材料の1つ以上の層から構成することができる。

10

20

30

40

50

## 【0023】

ポリシリコン等の任意適切な導電材料から作られたパターン化された層319が誘電層314上に配置されている(図10参照)。平坦なポリシリコン層319は、100から300ナノメートルの範囲、好ましくはおよそ250ナノメートルの厚さを有する。パターン化された層319はその中に、とりわけ、完成したミラーアセンブリ200内ではミラー220の下に間隔がとられている第1および第2の駆動電極322および323を形成するスペースを有する。第1および第2の電極322および323は、八角形でミラー220の八角形に近い複合平面形状を有する。駆動電極322および323のこのような複合八角形状は、ミラー220の八角形状よりも小さい。第1および第2の導電パッド331および332および第1および第2の導電トレース333および334が、ポリシリコン層319により平坦なベース301上に形成される。第1の電気的トレース333は第1の導電パッド331から第1の駆動電極322へ延びており、第2の電気的トレース334は第2の導電パッド332から第2の駆動電極323へ延びている。第3の導電パッド336が、ポリシリコン層319により第1および第2の導電パッド331および332間に形成される。

## 【0024】

ミラー220の動作エリア200aは、平坦なベース301の上に平行に間隔がとられた材料の上層342から形成されたミラープラットフォーム341を含んでいる(図8~10参照)。第1および第2のヒンジ306および307もプレート層342から形成され、各々が一端においてミラープラットフォーム341に、他端においてフレーム346の内縁に固定される。上層342から形成された周辺部すなわちフレーム346は、ミラープラットフォーム341周りに延びている。フレーム346は、動作エリア200a内に配置され、第1および第2の実質的にC字型の開口347および348がその中を貫通してミラープラットフォーム341および第1および第2のヒンジ306および307を形成する。特に、開口347および348は、括弧に似た形状を有する。開口347および348は、縦軸303周りに対称的に配置されている。上層342はポリシリコン等の任意適切な導電材料により作られ、1.5から2.5ミクロンの範囲、好ましくはおよそ2.0ミクロンの厚さを有する。フレーム346は、ミラー軸303に垂直に測定した長さが400から700ミクロンの範囲、好ましくはおよそ580ミクロンであり、幅は400から650ミクロンの範囲、好ましくはおよそ650ミクロンである。

## 【0025】

導電性ミラープラットフォーム341は、付加すなわち接地電極として働き、実質的に橜円形特に八角形の平面形状を有する。ミラープラットフォーム341およびミラー220の長橜円形は、ミラー220がレーザビーム191, 192の経路内に45°の角度で配置される時にその上に作り出される、図9に点線で示す、スポットと少なくとも同じ大きさである。ミラープラットフォームは、中心縦軸303に沿ったその中心における長さが170から250ミクロンの範囲、好ましくはおよそ220ミクロンであり、縦軸303に垂直に延びるその中心における幅は140から200ミクロンの範囲、好ましくはおよそ170ミクロンである。第1および第2のヒンジ306および307の各々が、縦軸303に沿って測定した長さが15から60ミクロンの範囲、好ましくはおよそ50ミクロンであり、幅は1から8ミクロンの範囲、好ましくはおよそ3ミクロンである。

## 【0026】

PSG(phosphosilicate glass)等の任意適切な材料の少なくとも1つのパターン化された層が、プレート層342のパターン化された部分と平坦なベース301との間に配置されている。このようなPSGすなわちスペーサ層356が層319の頂上に配置されており、8から13ミクロンの範囲、好ましくはおよそ10ミクロンの厚さを有する。PSG層356はミラープラットフォーム341およびフレーム346の一部の下で除去されてミラーアセンブリ200内側にスペースすなわちチャンバー358が得られる(図10参照)。チャンバー358はこれらのエリア内のポリシリコン層319および平坦なベース301の露出部まで延びている。このようにして、ミラープラットフォーム341は、

10

20

30

40

50

誘電層 314 から間隔がとられ、第1および第2の駆動電極 322 および 323 上に間隔がとられている。駆動電極はミラープラットフォーム 341 の底部に露出されている。

【0027】

フレーム 346 およびそれとミラープラットフォーム 341 を平坦なベース 301 に相互接続する第1および第2のヒンジ 306 および 307 を固定する手段がミラーアセンブリ 200 内に含まれている。この点について、複数の支柱 361 がフレームの下側と平坦なベース間を垂直に延びてプレート層 342 を平坦なベース 301 に固定する。このような支柱 361 の1つが図10に示されている。各支柱 361 は任意適切な材料で作られ、例示する実施例では導電材料から作られる。特に、支柱 361 はポリシリコンから作られ、プレート層 342 に固定される。各支柱 361 はポリシリコン層 319 から形成されるランディングパッド 362 上に静止し、やはりポリシリコン層 319 から形成される導電性トレース 363 により接地導電性パッド 336 に電気的に接続される。接地トレース 363 の第1および第2の部分 363a および 363b は、それぞれ第1および第2の駆動電極 322 および 323 の外側の長さに沿って延びる。トレース 363 の第3の部分 363c は、駆動電極 322 および 323 の第2の端部 322b および 323b に隣接する部分 363a および 363b 間を垂直に延びる。フレーム 346 を平坦なベース 301 に固定する手段は、さらにプレート層 342 および平坦なベース 301 間を延びる複数の壁状部材すなわち壁 371 を含んでいる(図8および10)。各壁 371 は導電材料等の任意適切な材料から作られる。さらに、壁 371 はポリシリコンから作られプレート層 342 に固定される。各壁はポリシリコン層 319 のパターン化された部分上にある。

10

20

【0028】

プレート層 342 および壁 371 は、さらに各導電すなわち相互接続パッド 331, 332 および 336 へ電気信号を与える複数のコンタクトプラットフォーム 381, 382 および 383 を形成するのに役立つ。少なくとも1つの導電材料の薄層が任意適切な手段によりプラットフォーム 381 ~ 383 の頂部に配置され、その上に第1および第2のコンタクトパッド 391, 392 および接地コンタクトパッド 393 をそれぞれ提供する。このような各コンタクトすなわちボンドパッドは、好ましくはおよそ 10 ナノメートルの厚さを有するプレート層 342 上に配置されたクロムの薄層およびクロム層の頂部に配置されたおよそ 500 ナノメートルの厚さを有する金のより厚い層からなっている。接地コンタクトパッド 393 はミラープラットフォーム 341 を接地するのに使用される。

30

【0029】

光学的品質の表面を提供するためにミラープラットフォーム 341 の頂部に薄層 396 が配置される。層 396 はレーザ光の波長において一緒に高い反射率を生成する材料の1つ以上の薄層により構成される。特に、層 396 は任意適切な手段によりミラープラットフォーム 341 の頂部に堆積されたおよそ 5 ナノメートル厚のクロムの薄層を含んでいる。およそ 100 ナノメートル厚の金の薄層が任意適切な手段によりクロム層の頂部に堆積され、さらに薄層 396 内に含まれている。

【0030】

ミラーアセンブリ 200 のスライダー取付エリア 200b は、ミラーアセンブリ 200 のほぼ半分を占有する(図8参照)。スライダー取付エリアは、複数のプラトーすなわちメサ 398 を提供する縦方向および横方向に揃えられた溝すなわち恒久チャネル 397 のグリッドを有する。プレート層 342 は、メサ 398 の頂面を形成するもう1つの部分すなわち残部 399 およびメサの側面を形成する壁 371 を有する。各メサ 398 は適切な平面形状および寸法とされ、例示する実施例では各々がおよそ 150 ミクロン × 150 ミクロンの寸法を有する方形形状である。

40

【0031】

ミラー 220 に剛性を与えるために複数のリブ 411 がミラープラットフォーム 341 の底部に固定されている。リブ 411 は任意適切な材料から作られ、好ましくは支柱 361 および壁 371 を形成するのと同じ導電材料から作られる。このようにして、リブ 411 はポリシリコンから作られる。リブ 411 はプラットフォーム 341 の底部に垂直に平坦

50

なベース301に向かって延び、好ましくはミラープラットフォーム341と平坦なベース301間の少なくとも中ほどまで延びる。周辺リブ411は八角形ミラープラットフォーム341の周囲を完全に延びている。周辺リブ411内に1つ以上の付加リブを随意設けることができる。ミラーアセンブリ200の1つ好ましい実施例では、ここに記載されている1998年11月13日に出願された米国特許出願第09/192,006号[ファイル番号A-66166-1]の図10に示すタイプの交差内部リブ411が付加されている。ミラープラットフォーム341の底面は、第1および第2の駆動電極322および323の頂面から4から12ミクロンの範囲、好ましくはおよそ10ミクロンの距離だけ間隔がとられており、リブ411と電極322および323との間に空隙を与える。各リブ411は、2から6ミクロンの範囲好ましくはおよそ4ミクロンの幅、および4から8ミクロンの範囲好ましくはおよそ6ミクロンの深さを有する。

#### 【0032】

ミラーアセンブリ200は、第1および第2の駆動電極322および323により与えられる静電力に応答する機械的回復力を与える直線状および非直線状サスペンション429を含む手段を有する。サスペンション429の直線状手段すなわち構成部分は、第1および第2のヒンジ306および307およびミラー220の偏向角と共に線形的に増大するような成分をこのような機械的回復力に与える第1および第2のトーションヒンジ306および307を含んでいる。サスペンション429はさらに非直線状手段すなわちサスペンション、すなわち第1および第2のヒンジ306および307およびミラー220の偏向角と共に非線形的に増大する回復力を与える任意タイプのサスペンション、を含んでいる。この点について、第1および第2のつなぎ部材431および432が第1および第2のトーションヒンジ306および307の少なくとも1方に固定されている。特に、1組の第1および第2の伸張可能なすなわちつなぎの部材431および432は、好ましくは第1および第2のトーションヒンジ306および307の各々に固定されている(図9および図10参照)。直線状構成部分への回復トルクの非線形成分の相対的大きさは、大部分、つなぎ部材431および432の長さ、幅、および厚さの関数である。

#### 【0033】

各曲げ部材すなわちつなぎ部材431および432は、好ましくはプレート層342と一体的に形成される。そのため、細長い各つなぎ部材431および432はフレーム346に連結された外端433を有する。このようにして、フレーム346は、各つなぎ部材431および432を平坦なベース301に固定するためのミラーアセンブリ200の手段内に含まれる。細長い各つなぎ部材431および432は各ヒンジ306および307に接続された反対内端434を有する。図9および図10に最も明確に示すように、各トーション各ヒンジ306および307は、ミラープラットフォーム341およびフレーム346間を縦軸303に沿って延びる細長い部分441により形成され、随意細長い部分441と一体的に形成されそれを横切して延びるフランジ部すなわちフランジ442により形成される。フランジ442は細長い部分441から外向きに間隔のとられた第1の端部442aおよび細長い部分から第1の端部442aとは反対に外向きに間隔のとられた第2の端部442bを有する。第1のつなぎ部材431の内端434は、フランジ442の第1の端部442aに固定され、第2のつなぎ部材432の内端434は、フランジの第2の端部442bに固定されている。このように形成されると、フランジ442およびそこに固定された第1および第2のつなぎ部材431および432は細長い部分441および縦軸303を横切して配置され、好ましくは細長い部分441および縦軸303に垂直に配置された軸すなわちラインに沿って延びる。

#### 【0034】

各フランジ442は、実質的に剛性でミラー220の縦軸303周りの回転中に細長い部分441に対して湾曲しないサイズおよび形状とされる。実質的に剛性である各フランジ442は好ましくは平行六面体の形状を有し、特に、細長い部分441の側面で測定した半分の長さは20から100ミクロンの範囲であり、軸303に平行に測定した幅は4から8ミクロンであり、プレート層342の上面から測定した下向きに延びる深さは4から

10

20

30

40

50

10 ミクロンである。フランジ 4 4 2 は好ましくはミラープラットフォーム 3 4 1 から 4 から 12 ミクロンの範囲、より好ましくはおよそ 5 ミクロンの距離だけ間隔がとられている。細長い部分 4 4 1 のフランジ 4 4 2 およびフレーム 3 4 6 間の部分は、フランジ 4 4 2 およびミラープラットフォーム 3 4 1 間の部分とは異なる断面サイズおよび形状を有することができる。各つなぎ部材 4 3 1 および 4 3 2 は縦軸 3 0 3 に垂直に測定した長さが 40 から 100 ミクロンの範囲であり、幅は一般的にフランジ 4 4 2 の幅に対応するかそれよりも狭く深さは 0.2 から 1.0 ミクロンの範囲である。つなぎ部材はその長さの少なくとも一部好ましくは全長に沿って弾性で湾曲可能となるような断面形状を有する。

【0035】

サスペンション 4 2 9 の第 1 および第 2 のつなぎ部材 4 3 1 および 4 3 2 は、第 1 および第 2 のトーションヒンジ 3 0 6 および 3 0 7 の各々に接続されるように図示されているが、一方のヒンジ 3 0 6 もしくは 3 0 7 にしか接続されない 1 組のつなぎ部材 4 3 1 および 4 3 2 を有するサスペンション 4 2 9 も提供することができる。あるいは、一方のつなぎ部材が第 1 のヒンジ 3 0 6 に接続され他方のつなぎ部材が第 2 のヒンジ 3 0 7 に接続され縦軸 3 0 3 に対して反対方向に第 1 のつなぎ部材に平行に延びる、第 1 および第 2 のつなぎ部材を提供することができる。あるいは、ミラー 2 2 0 の縦軸 3 0 3 周りのピボット運動を調整するにわち制限するための他の構成のつなぎ部材を提供することができる。さらに、1 つ以上のつなぎ部材を設けてヒンジ 3 0 6 もしくは 3 0 7 の細長い部分 4 4 1 に一体的に連結するあるいは直接固定することもでき、すなわちフランジ 4 4 2 がない、それも本発明の範囲内である。必ずしもミラーの縦軸に垂直に配置する必要のないつなぎ部材を含む、トーションヒンジがあってもなくても非線形回復トルクを与える、つなぎ部材のような曲げ部材を有するサスペンションミラー 2 2 0 に対する他の構成は、本発明の範囲内である。例えば、ミラー 2 2 0 をフレーム 3 4 6 に旋回可能に固定しミラーに非線形回復トルクを与えるための 1 つ以上のつなぎ部材のような部材を提供することができる。このような構成の一実施例では、このような 4 つの曲げすなわちつなぎ部材を設けることができ、つなぎ部材は軸 3 0 3 に対して対称的に配置されこのような各つなぎ部材は軸 3 0 3 に対して 45° もしくは他の斜角で延びている。

【0036】

下記の方程式は、非線形力成分を有するサスペンションを有するミラーアセンブリ 2 0 0 を提供するために、ミラー 2 2 0 の縦軸 3 0 3 周りの偏向角の関数として第 1 および第 2 の駆動電極 3 2 2 および 3 2 3 の起動電圧間の関係をよく理解するために誘導された。サスペンション 4 2 9 の回転角  $\theta$  とミラー 2 2 0 の極端側の印加トルク  $T_s$  間の関係は下記の形式をとるものと仮定された。

$$T_s = k_1 + k_3 \quad (1)$$

ここに、  $k_1$  はサスペンション 4 2 9 に対する 1 次回転スプリング定数であり、  $k_3$  はサスペンション 4 2 9 に対する 3 次スプリング定数である。  $k$  はラジアン単位で与えられ、例えば、2 度はほぼ 0.035 ラジアンに等しい。ミラー 2 2 0 の角偏向の確立において、  $T_s$  は駆動電極 3 2 2 および 3 2 3 のいずれか一方に電圧  $V$  を印加して発生される静電トルク  $T_e$  と平衡している。ミラー 2 2 0 が比較的剛性であるものと仮定すると、ミラーの角偏向は式 (1) における  $\theta$  と同値である。静電トルクは次式で表わされる。

$$T_e = \frac{V^2}{2} \frac{\partial C}{\partial \theta} \quad (2)$$

ここに、  $C$  はミラー 2 2 0 と駆動電極 3 2 2 および 3 2 3 間の容量である。このような構造に対する容量は、典型的には電極間の初期空隙  $g$ 、駆動電極幅  $b/2$ 、駆動電極長さ  $a$ 、偏向角、ミラー 2 2 0 の特定のジオメトリ、およびフリースペースの誘電率  $\epsilon_0$  の非線形関数である。ミラー 2 2 0 のジオメトリが比較的複雑であれば、有限要素法を使用してミラーの任意所与のジオメトリに対する偏向角の関数として容量を決定することができる。しかしながら、駆動電極 3 2 2 および 3 2 3 のそれに等しい長さおよび駆動電極の幅に

10

20

30

40

50

等しい半幅を有する平坦な矩形ミラープレートプラットフォーム 341 の単純なケースに對しては、容量に対する閉じた形式の関係を得ることができる。回転運動しか行わない、すなわち電極 322 および 323 からの印加電圧の結果ミラープレート 220 の並進がない、ものと想定されるようなデバイスに對しては、容量は次式で表わされる。

$$C = -\frac{\epsilon_0 a}{\theta} \ln\left(1 - \frac{b\theta}{2g}\right). \quad (3)$$

## 【0037】

ミラー 220 の容量は、有限要素法により次式に曲線当てはめできるように解析されてい 10  
る。

$$C = -A \frac{\epsilon_0 a}{\theta} \ln\left(1 - B \frac{b\theta}{2g}\right). \quad (4)$$

ここに、A および B は所与の設計のミラー 220 に対する特定のリブ 411 およびミラープラットフォーム 341 ジオメトリによって決まる当て嵌めパラメータである。ここに記載されている 1998 年 11 月 13 日に出願された米国特許出願第 09/192,006 号 [ ファイル番号 A-66166-1 ] の図 10 に示すタイプの標準交差リブミラーに對して、A および B はそれぞれ 0.8525 および 1.311 に等しいことが判っている。 20

## 【0038】

起動電圧 V とミラー 220 の角偏向 間の関係を決定するのに、式 (3) および (4) を使用して式 (2) の静電トルク  $T_e$  を評価することができる。因子 2 はミラープラットフォーム 341 の各端部におけるサスペンション 429 の存在を示す、関係  $T_e = 2 T_s$  を使用して次に式 (2) を式 (1) に関連付けることができる。起動電圧 V について解くと、次式が引出される。

$$V = \sqrt{\frac{4\theta^3(k_1 + k_3\theta^2)}{\epsilon_0 a A \left[ \ln\left(1 - B \frac{b\theta}{2g}\right) + \frac{B \frac{b\theta}{2g}}{1 - B \frac{b\theta}{2g}} \right]}} \quad (5)$$

## 【0039】

式 (5) に關して、各トーションヒンジ 306 および 307 および各つなぎ部材 431 および 432 により提供されるサスペンション 429 に対する設計問題は、角偏向と起動電圧間の最も有用な関数関係を与える  $k_1$  および  $k_3$  の相対的大きさを設定することである。ミラー 220 に対するもう 1 つの設計上の制約は次式で表わされるその共振周波数  $f_{res}$  40  
である。

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{I_m}} \quad (6)$$

ここに、k はトーションモードに対する有効スプリング定数であり、 $I_m$  はミラー 220 の質量慣性モーメンである。サスペンション 429 の固有の非直線性により、この共振周波数は偏向角 の関数となる。しかしながら、ミラー角位置に對して利用されるサーボループ制御に對しては、 $k = 2 k_1$  と仮定して共振周波数を設計すれば十分であり、ここでも 2 の因子はミラープラットフォーム 341 の各端部に 1 つずつの 2 つのサスペンション 50

429の存在を示す。ポリシリコン交差リブミラーに対する有限要素解析により  $I_m = 5 \cdot 36 E - 13 \text{ kg mm}^2$  が決定されている。30-kHzのトーション共振設計値に対して、次に  $k_1$  は  $0.0095 \text{ mNm}$  (ミリニュートンミリメートル) として決定される。

#### 【0040】

ミラー220に対する引込がほぼ  $1.5^\circ$  の偏向角で生じるものと仮定すると、ヒンジ306および307およびつなぎ部材431および432により形成されるサスペンション429の1つの設計方法は、式(1)の3次項が引込を防止するように  $1.5^\circ$  の偏向角において有意となることである。この角度において3次項を1次項の20%とすると、 $k_3$  は  $k_1$  の290倍程度としなければならない。前節で  $k_1$  に対する値が引出されておれば、 $k_3$  は  $2.77 \text{ mNm}$  として計算される。ここでは設計1と呼ばれるこの設計において、駆動電極322, 323およびプラットフォーム341の下面間の初期間隙はほぼ  $10 \mu\text{m}$ 、を有する交差リブミラー220に対して式(5)が評価されており、その結果が図11にグラフで示されている。図11で同じ軸上に  $k_3 = 0$  で同じ関係のグラフが描かれており、それはつなぎ部材431および432の無いサスペンション429の性能を表わしている。図11からお判りのように、 $k_3 = 0$  である曲線の勾配がゼロに向かう傾向があると引込が問題となる。図11からつながれたサスペンション429は少なくとも  $2^\circ$  の偏向角まで引込からの良好な免除を与えることが明らかである。

#### 【0041】

設計1は角偏向と起動電圧との間にほぼ2次方程式の関係を与える。光データ記憶システムにおけるサーボループ制御が2次関係を使用してミラーの角位置を更新しトラック追跡中にオフトラック位置エラーを訂正できる場合にこれは有用な方法である。図12において、図11の同じ電圧データが二乗され、偏向角  $\theta$  に対して描かれている。つながっていないミラーはおよそ  $1^\circ$  の偏向で開始して線形性からの著しい逸脱を示し、つながれたミラーはその最小二乗回帰線との比較から明らかなようにほぼ線形のままである。

#### 【0042】

ここでは設計2と呼ぶもう1つの設計では、起動電圧  $V$  と角偏向  $\theta$  の関係はできるだけ線形とされる。この設計に対して、ミラー位置に対するサーボループ制御に悪影響を与えることなくミラーの共振周波数を幾分低減できるものと仮定する。ミラープラットフォーム341の下面と第1および第2の駆動電極322, 323間の初期間隙が  $10 \mu\text{m}$  よりも低減されるため設計2はさらに魅力的である。この設計思想はミラー220の縦軸303周りの旋回に必要な起動電圧  $V$  を低下させるのに役立つ。幾分低い共振周波数が  $k_1$  を、例えば、 $0.0080 \text{ mNm}$  に低減できるものと考える。 $k_3$  を  $k_1$  の2500倍、すなわち  $20.0 \text{ mNm}$ 、に設定し初期空隙をおよそ  $7 \mu\text{m}$  に低減すると、図13に示すように少なくとも  $2^\circ$  の偏向までほぼ所望する線形関係が得られる。図13における点線は  $1^\circ$  の偏向に対して評価された式(5)の勾配を示す。この計算に対して、式(5)の係数AおよびBは設計1の  $10 \mu\text{m}$  初期間隙に対して同じであると仮定する。

#### 【0043】

設計1および2に対する  $k_1$  および  $k_3$  値を与えるジオメトリを決定するために、SDRC 1-deas Master Series 6 ソフトウェアを使用して非線形有限要素解析が実施された。所望値を与えるために変更できる幾何学的パラメータを図14に示す。図15の表は、 $k_1$  および  $k_3$  のこの解析結果および設計1および2に対する所要ジオメトリを示す。寸法はミクロンであり、スプリング定数は  $\text{mNm}$  である。160 GPaのヤング率および0.3のポアソン比が仮定され、それらはサスペンションを構成するのに使用されるポリシリコンプレート層342に対する典型的な値である。図15は、リストされたジオメトリが先の議論で特定された設計目標と適切に一致する範囲内にあることを示している。

#### 【0044】

図16は第1および第2の駆動電極322および323により加えられる静電モーメントの関数としてのつながれたサスペンション設計の角偏向のグラフである。非線形有限要素

10

20

30

40

50

解析の結果が、前記した  $k_1$  および  $k_3$  係数を有する 1 次および 3 次項しか含まない多項式曲線当てはめと共に描かれている。曲線当てはめが有限要素解析結果と一致するという事実は、つなぎ部材が式(1)のように挙動するという仮定が実際上正しいことをほぼ正確に示している。

#### 【0045】

ミラーアセンブリ 200 の製作方法が 1998 年 11 月 13 日に出願された米国特許出願第 09/192,006 号 [ ファイル番号 A-66166-1 ] に詳細に記載されている。そこに詳細に記載されているように、第 1 および第 2 のトーションヒンジ 306 および 307 の細長い部分 441 はプレート層 342 から形成される。第 1 および第 2 のつなぎ部材 431 および 432 もプレート層 342 から形成することができる。つなぎ部材 431 および 432 の所望の深さおよび厚さは、つなぎ部材の所望の位置において、エッティング等によりプレート層 342 の上部を薄く除去して得ることができる。あるいは、つなぎ部材 431 および 432 の位置においてプレート層 342 を完全に除去して任意適切な材料、例えばプレート層 342 のポリシリコン材料、の付加層を堆積し、パターン化しエッティングしてつなぎ部材を形成することができる。このような方法によりつなぎ部材厚の制御が改善されるものと思われる。さらにもう 1 つの代替策として、つなぎ部材 431 および 432 は適切に堆積され、パターン化されエッティングされてつなぎ部材を生成する窒化シリコンもしくは低応力シリコンリッチ窒化シリコンの付加層から構成することができる。フランジ 442 のプレート層 342 の面内における部分は、細長い部分 441 と同じ方法で形成され、フランジ 442 のプレート層 342 の下に垂れ下がる部分は、リブ 411 と同じ方法で形成することができる。リブ 411 と平坦なベース 301 間の比較的小さい間隙により平坦なベース 301 と望ましくない接触をするリブ 411 を生じる設計 2 等のミラーアセンブリ 200 の実施例では、適切な深さおよびサイズの溝(図示せず)を平坦なベース内にエッティングその他の方法で形成してミラー 220 の縦軸 303 周りの運動中にリブ 411 を収容することができる。

#### 【0046】

各ミラーアセンブリ 200 は、そのスライダー取付けエリア 200b をスライダー本体 444 のアングル面 202 に付着させることによりフライングヘッド 100 に取り付けることができる。基板 311 の底面が見える図 2 に明確に示すように、ミラーアセンブリ 200 は、ミラー 220 が光ファイバ 102 の端部 102b と対物レンズ 446 間でレーザビーム 191, 192 を反射するようにスライダー本体 444 上に揃えられる。例示する実施例では、ミラー 220 は入射ビームの伝播方向により規定される軸に対してほぼ 90° の角度でレーザビームを反射する。各レーザビーム 191, 192 はミラー 220 にその中心で接触することが好ましい。各ミラーアセンブリ 200 はフライングヘッド 106 に取り付ける前および / もしくは後でテストすることができる。図 2 に示すように、コンタクトパッド 391 ~ 393 がそれぞれワイヤによりコントローラ 112 に電気的に接続される。

#### 【0047】

システム 100 の操作および使用において、サーボコントローラ 112 の出力により第 1 および第 2 の駆動電極 322 および 323 の一方へ制御電圧が印加され、ミラー 220 は、その第 1 および第 2 の偏向位置間で第 1 もしくは第 2 の反対方向にヒンジ 306 および 307 の周りを旋回するようされる。第 1 および第 2 のコンタクトパッド 391 および 392 により駆動電圧が第 1 および第 2 の電極 322 および 323 へ供給される。最大駆動電圧は 100V から 200V の範囲、好ましくはおよそ 120V から 150V、より好ましくは 135V である。駆動電極 322, 323 およびコンタクトパッド 39 により接地された、各ミラーハーフ 220c, 220d 間の静電力によりミラー 220 は回軸 303 の周りを旋回するようされる。

#### 【0048】

ミラー 220 はそのホーム位置からその完全偏向位置まで移動する時に、ミラー軸 303 周りをいずれかの方向に、0 から 2.5° の範囲、好ましくはおよそ 2° の偏向角だけそ

10

20

30

40

50

のホーム位置から旋回する。コントローラ 112 はおよそ 19 kHz のナイキストレートで第 1 および第 2 の駆動電極 322 および 323 へ駆動信号を与える。ミラー 220 は 25 から 50 kHz の範囲、好ましくは 25 から 30 kHz の範囲の共振周波数を有する。ミラーアセンブリ 200 は光ファイバ 102 の遠端 102b とディスク 107 の記憶表面 109 間でレーザビーム 191, 192 を反射させて記憶表面 109 のデータトラック 110 上に情報の光学的記録および / もしくは読み出しが行うことができる。

#### 【0049】

ミラー 220 はこのような回転中にサスペンション 429 の回復トルクにより制約される。前記したように、サスペンション 429 は、第 1 および第 2 のトーションヒンジ 306 および 307 の細長い部分 441 等の直線状構成部分およびフランジ 442 および第 1 および第 2 のつなぎ部材 431 および 432 を含む非直線状構成部分を含んでいる。図 17 に示すように、つなぎ部材 431、432 および関連するフランジ 442 は、ミラー 220 が非偏向位置にある時にプレート層 342 の面内に配置される。ミラー 220 が軸 303 の周りを旋回すると、つなぎ部材 431 および 432 は湾曲しつつ伸張してミラー 220 が所定の角度を越えて旋回するのを防止する(図 18 参照)。実質的に剛性のフランジ 442 は、ミラーの動作中に湾曲もしくは伸張する事がない。しかしながら、つなぎ部材の内端 434 をフランジ 442 の第 1 および第 2 の端部 442a および 442b に付着させることによりつなぎ部材 431 および 432 の湾曲および伸張が改善される。特に、ピボット軸 303 から間隔のとられた位置における端部 442a および 442b の間隔から生じるモーメントアームにより、つなぎ部材 431 および 432 の上昇運動および湾曲運動はつなぎ部材がヒンジ 306 および 307 の細長い部分 441 に直接固定される場合よりも大きくなる。

#### 【0050】

つなぎ部材 431 および 432 は小さな角偏向に対しては線形回復トルクを加えるが、それはヒンジ 306 および 307 により与えられる回復トルクよりも小さいように設計される。この線形回復トルクはつなぎ部材の湾曲により与えられる。ミラー 220 の角偏向が増大すると、つなぎ部材は角偏向を収容するために強制的に伸張される。つなぎ部材の伸張は非線形であり、特にミラーの偏向角の 3 次関数であり、したがってミラーアセンブリ 200 の静電気の非線形性を平衡させるのに使用することができる。このようにして、非線形構成部分を有するサスペンション 429 はミラーの引込角を大きくすることによりミラー 220 の安定角偏向範囲を大きくすることができる。つなぎ部材 431 および 432 をトーションヒンジ 306 および 307 に取り付けることは、ミラーの縦軸 303 周りの旋回運動中につなぎ部材の力によるミラー 220 の望ましくない湾曲を抑制するのに役立つ。

#### 【0051】

出射レーザビーム 191 の伝播角が対物光学系 246 へ送られる前に変えられるように、ミラー 220 の縦軸 303 周りの回転を実施することにより一連の付近のトラック 110 へのファイントラッキングおよびショートシークを実施することができる。したがって、ミラー 220 は焦点を合わせた光スポット 248 が MO ディスク 107 の半径方向に移動されて情報の記憶および / もしくは検索、トラック追跡、および 1 つのデータトラック 110 からもう 1 つのデータトラックへのシークを行うようにすることができる。ロータリアクチュエータマグネットおよびコイルアセンブリ 120 への電流を調節することにより粗トラッキングを維持することができる(図 4 参照)。MO ディスク 107 の特定のトラック 110 を追跡するのに使用されるトラック追跡信号は、従来技術で既知の総合粗および精密トラッキングサーボ技術を使用して引出すことができる。例えば、サンプルされたセクターサーボフォーマットを使用してトラックを規定することができる。サーボフォーマットは MO ディスク 107 内へスタンプされたエンボスピッチもしくはデータマークと同様に読み出される磁区方位を含むことができる。

#### 【0052】

アクチュエータアーム 105 のセットの動作とは無関係に、本発明の 1 組のミラーアセン

10

20

30

40

50

プリ 2 0 0 を独立に動作するように使用して、任意所与の時間に 2 つ以上の M O ディスク表面 1 0 9 を使用して情報をリードおよび／もしくはライトするようにトラック追跡およびシークを行うようにすることができる。同時に動作するミラーアセンブリ 2 0 0 のセットを使用する独立したトラック追跡およびシークは、好ましくは 1 組の別々のリードチャネルおよび精密トラック電子装置およびミラードライブ電子装置を必要とする。ミラーアセンブリ 2 0 0 の小さいサイズおよび質量は、質量および形の小さいフライングヘッド 1 0 6 を設計する能力に寄与する。

#### 【 0 0 5 3 】

ここに記載された発光器および受光器はミラーアセンブリにごく接近してリードおよび／もしくはライトヘッドにより運ばれるレーザ源を含む。このような一実施例では、発光器および受光器は、レーザ源および 1 つ以上の適切な偏波感知検出器を含んでいる。このようなシステムはミラーアセンブリに対してレーザビームを送受信するのに光ファイバ要素を必要としたりしなかったりする。

10

#### 【 0 0 5 4 】

前記したミラーアセンブリはフライング磁気光学ヘッド以外で使用することができる。例えば、ミラーアセンブリ 2 2 0 は任意適切な光記録および／もしくは読出システムで利用することができる。1 つの応用は物理的記録方法を使用する媒体（例えば、入射光線の位相や強度を反映および変調するための物理的ピットもしくは窪みとして記録されたデータを有する C D - R O M ）からの光情報の検索である。本発明の微細加工ミラーアセンブリは、磁界無しで光位相変調を行うデータ記憶位置を有する媒体からの光データの検索にも応用される。さらに、ここに開示された微細加工ミラーアセンブリは小さな偏向可能なミラーを必要とする応用においてデータ記録および／もしくは検索システムの外部で使用することができる。例えば、ミラーアセンブリ 2 2 0 は電気通信その他のエリアでバーコード走査や光スイッチングに使用することができる。したがって、センサとして使用されるような、駆動電極が 1 つしかないあるいは 1 つもないミラーアセンブリ 2 2 0 も考えられる。

20

#### 【 0 0 5 5 】

本発明に従った微細加工ミラーアセンブリの実施例について詳細に説明してきたが、前記説明は単なる例にすぎず開示された発明を限定するものではない。本発明の範囲および精神を逸脱することなく、本発明のさまざまな要素のサイズ、形状および外観および製作方法を修正したりさまざまな要素を含めたり除外したりできることがお判りであろう。この点について、ミラーの偏向角の非線形関数である回復トルク構成部分を含むミラー 2 2 0 に対する任意のサスペンションを利用することは、このような構成部分が 1 つ以上のトーションヒンジ、ミラー自体もしくはそれらの任意の組合せに結合されるかどうかにかかわらず本発明の範囲に入る。

30

#### 【 0 0 5 6 】

前記したことから、ミラーの偏向角と共に非線形に増大する回復トルクを有しミラーアセンブリの非線形静電駆動力を実質的に補償する改良型微細加工ミラーアセンブリが提供されることがお判りであろう。このようなミラーアセンブリはミラーの有用な偏向角を大きくするように引込角度を大きくする。一実施例では、ミラーに固定されたトーションヒンジに結合された 1 つ以上のつなぎ部材がミラーアセンブリに設けられる。つなぎ部材はミラーのピボット動作中に伸張して非線形回復トルクをミラーに与える。トーションヒンジには好ましくはつなぎ部材が結合される実質的に剛性のフランジが設けられる。フランジはつなぎ部材の伸張を強めるのに役立つ。

40

#### 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 意図的に省かれている。

【 図 2 】 意図的に省かれている。

【 図 3 】 意図的に省かれている。

【 図 4 】 本発明の磁気光学記憶システムの 1 つの好ましい実施例の幾分略した平面図である。

50

【図5】ステアラブル微細加工ミラーアセンブリが搭載される一実施例を有する図4の磁気光学記憶システムの磁気光学システムスライダーへッドの等角図である。

【図6】図5の磁気光学システムスライダーへッドの断面図である。

【図7】図6の7-7線に沿った図5の磁気光学システムスライダーへッドの拡大断面図である。

【図8】図5の光ヘッドに使用するのに適した微細加工ミラーアセンブリのもう1つの実施例の等角図である。

【図9】図8の9-9線に沿った図8の微細加工ミラーアセンブリの一部の平面図である。

【図10】図8の微細加工ミラーアセンブリの一部の、部分切取り、等角図である。 10

【図11】つながれていない微細加工ミラーアセンブリと比較した本発明の微細加工ミラーアセンブリの一実施例に対する起動電圧対偏向角の解析的に引出されたグラフである。

【図12】つながれているおよびつながっていない微細加工ミラーアセンブリに対する、図11の起動電圧データの二乗対偏向角の解析的に引出されたグラフである。

【図13】本発明の微細加工ミラーアセンブリのもう1つの実施例に対する起動電圧対偏向角の解析的に引出されたグラフである。

【図14】図8の微細加工ミラーアセンブリの直線状および非直線状サスペンション部材の一部の拡大図である。

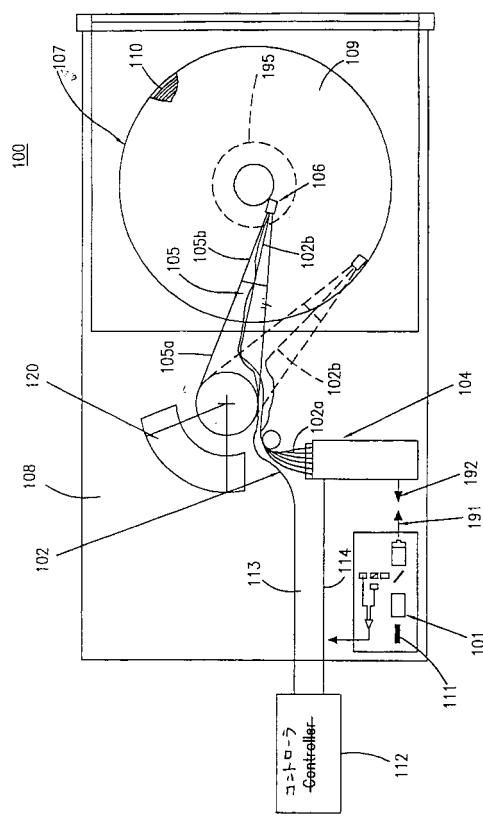
【図15】図11および図13で解析された微細加工ミラーアセンブリの実施例に対する直線状および非直線状サスペンション部材の解析的に引出された寸法を示す表である。 20

【図16】図11および図13で解析された微細加工ミラーアセンブリの実施例に対する直線状および非直線状サスペンション部材の角偏向の印加モーメントの関数として解析的に引出されたグラフである。

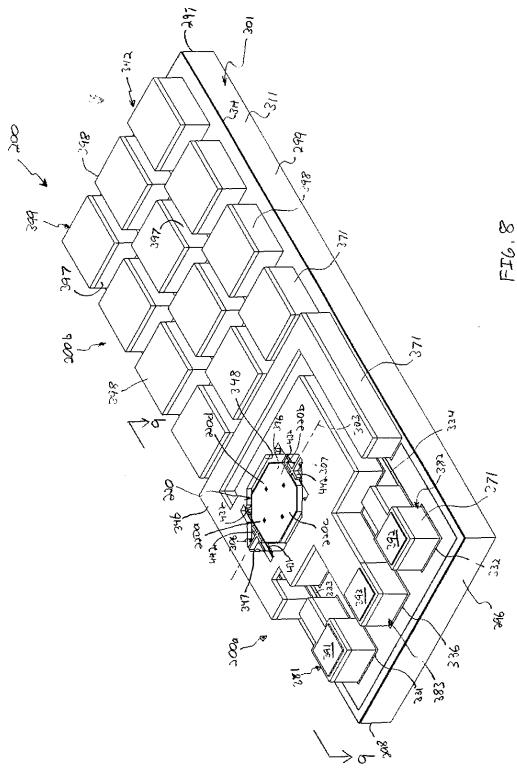
【図17】図9の17-17線に沿った図8の微細加工ミラーアセンブリの一部の断面図である。

【図18】偏向位置における図17の微細加工ミラーアセンブリの一部の断面図である。

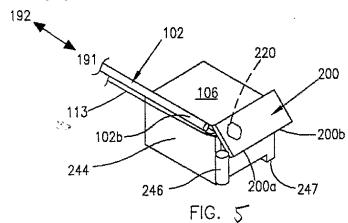
【 四 4 】



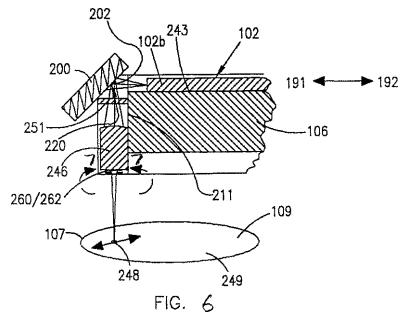
【 四 8 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

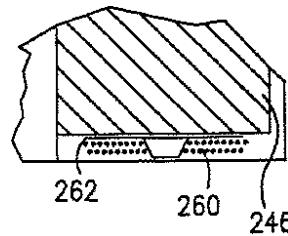


FIG. 7

【図9】

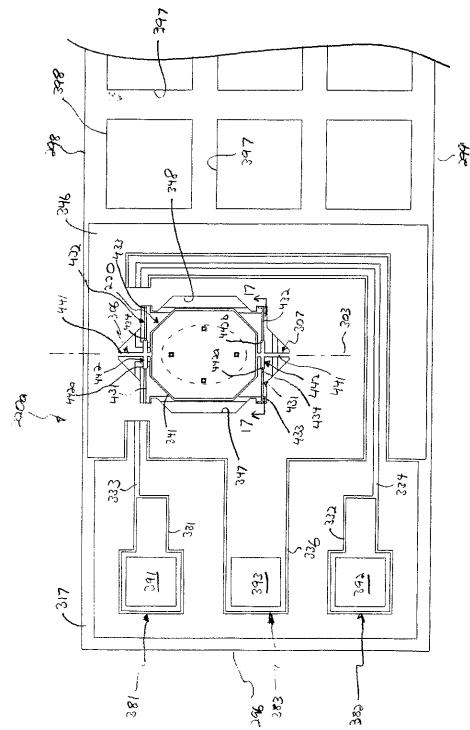
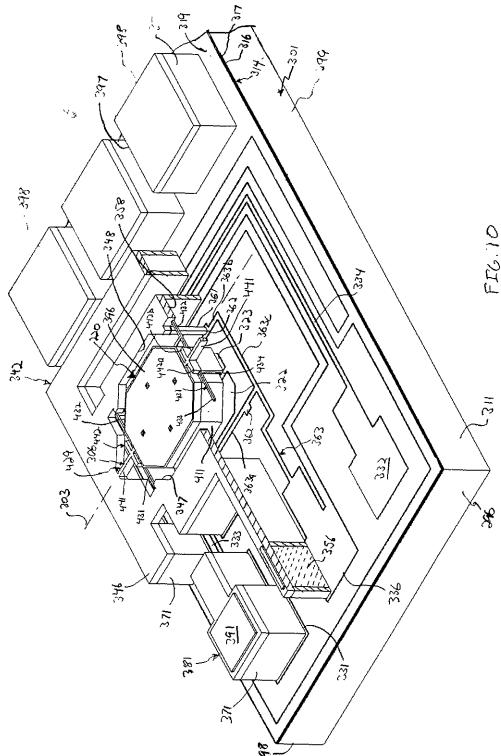
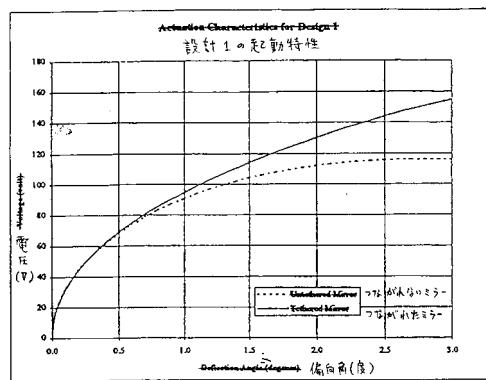


FIG. 9

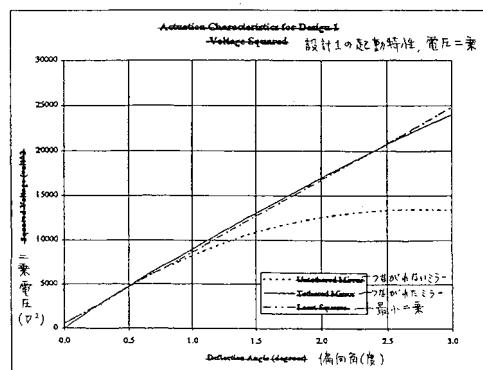
【図10】



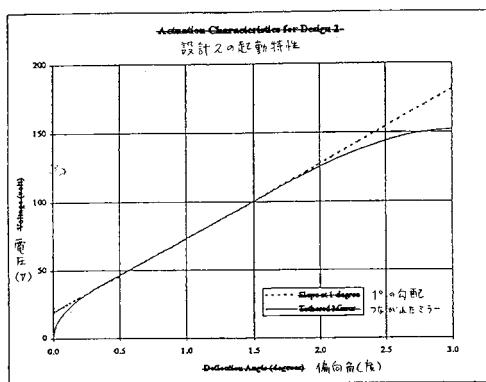
【 図 1 1 】



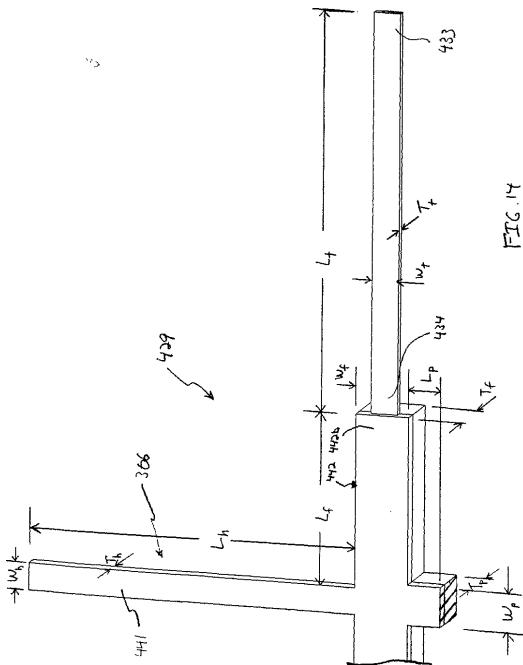
【 図 1 2 】



【図13】



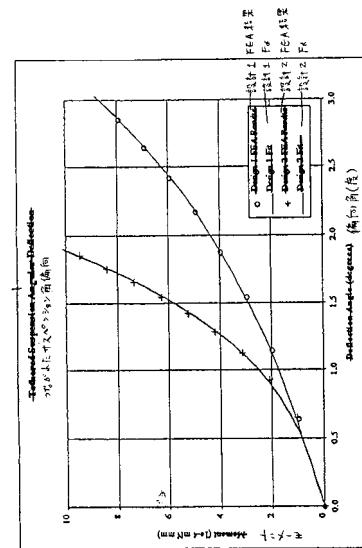
【図14】



【図15】

幾何学的パラメータ	シンボル	値 (mm)	
		Design 1	Design 2
Hinge: Length	$L_h$	50.0	50.0
Hinge: Width	$W_h$	3.3	2.5
Hinge: Depth	$T_h$	2.0	2.0
Tether: Length	$L_t$	77.0	60.0
Tether: Width	$W_t$	2.0	2.0
Tether: Depth	$T_t$	0.5	0.2
Flange: Length	$L_f$	25.0	75.0
Flange: Width	$W_f$	6.0	6.0
Flange: Depth	$T_f$	8.0	8.0
Plate Attach: Length	$L_p$	5.0	5.0
Plate Attach: Width	$W_p$	3.3	3.5
Plate Attach: Depth	$T_p$	8.0	8.0
Linear Spring Constant	$k_1$	0.0092	0.0083
Cubic Spring Constant	$k_2$	2.6928	20.0870
$k_2/k_1$ 比	$r$	293.3	2415.8

【図16】



【図17】

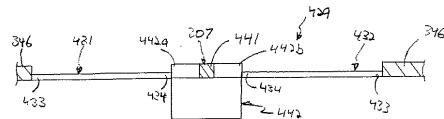


FIG.17

【図18】

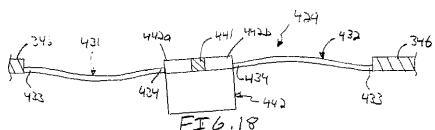


FIG.18

---

フロントページの続き

(74)代理人 100111246  
弁理士 荒川 伸夫  
(74)代理人 100124523  
弁理士 佐々木 真人  
(74)代理人 100066692  
弁理士 浅村 皓  
(74)代理人 100072040  
弁理士 浅村 肇  
(74)代理人 100091339  
弁理士 清水 邦明  
(74)代理人 100094673  
弁理士 林 銀三  
(72)発明者 ドレイク、ジョセフ、ディ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア、パロアルト、ルイス ロード 3415  
(72)発明者 ジャーマン、ジョン、エイチ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア、パロアルト、ラモン ストリート 3056  
(72)発明者 グレード、ジョン、ディ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア、マウンテン ビュー、オルテガ アベニュー 400、ナンバ  
- 217

審査官 河原 正

(56)参考文献 特開平09-101467 (JP, A)  
特開平09-127439 (JP, A)  
特表2002-524271 (JP, A)  
特表2001-525972 (JP, A)  
特表2002-511176 (JP, A)  
国際公開第98/009289 (WO, A1)  
国際公開第98/009284 (WO, A1)  
国際公開第00/013210 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/08-26/10  
G02B 7/182  
G11B 7/09