

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4519966号
(P4519966)

(45) 発行日 平成22年8月4日(2010.8.4)

(24) 登録日 平成22年5月28日(2010.5.28)

(51) Int.Cl. F I
GO2F 1/17 (2006.01) GO2F 1/17

請求項の数 8 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願平11-325657	(73) 特許権者	596170170
(22) 出願日	平成11年11月16日(1999.11.16)		ゼロックス コーポレーション
(65) 公開番号	特開2000-162651(P2000-162651A)		XEROX CORPORATION
(43) 公開日	平成12年6月16日(2000.6.16)		アメリカ合衆国、コネチカット州 068
審査請求日	平成18年11月10日(2006.11.10)		56、ノーウォーク、ビーオーボックス
(31) 優先権主張番号	09/199403		4505、グローバー・アヴェニュー 4
(32) 優先日	平成10年11月25日(1998.11.25)		5
(33) 優先権主張国	米国(US)	(74) 代理人	100075258
(31) 優先権主張番号	09/199473		弁理士 吉田 研二
(32) 優先日	平成10年11月25日(1998.11.25)	(74) 代理人	100096976
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 石田 純
(31) 優先権主張番号	09/199543	(72) 発明者	ニコラス ケー シェリドン
(32) 優先日	平成10年11月25日(1998.11.25)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロス
(33) 優先権主張国	米国(US)		アルトス ガーランド ウェイ 101

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転エレメントシートに用いる材料、回転エレメントシートに用いる回転エレメント、回転エレメント作成方法、回転エレメントディスプレイに用いる回転エレメントの製造装置及び回転エレ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転エレメントシートに用いる材料であって、

a) 二つの互いに反対側に位置する表面を有する基板と、
b) 非破壊的な操作によって回転可能にでき、直径および円周を有し、前記基板内に設けられ、少なくとも二つの部分から成る少なくとも一つの回転エレメントであって、各前記部分はそれぞれ関係する光学的変調特性を有し、
少なくとも一つの前記部分の光学的変調特性は少なくとも一つの別の前記部分の光学的変調特性と異なり、

少なくとも一つの前記部分は永久的に磁化されることが可能であり、少なくとも一つの前記部分は永久的に磁化されることが不可能であり、

前記回転エレメントは異方性を有することで電気的双極子モーメントを生成し、
前記電気的双極子モーメントが生成される中で前記回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、前記電気的双極子モーメントが前記電界に整列する向きへ前記回転エレメントが回転する傾向を帯びるという電気的応答性を、前記電気的双極子モーメントによって得る、少なくとも一つの回転エレメントと、

c) 一つの前記回転エレメントに関して前記基板内に備えられ、前記関係する前記回転エレメントから間隔をあけて配置される少なくとも一つの軟磁性体パッドであって、

前記エレメントの永久的磁化可能な前記部分が磁化され、前記回転エレメントの少なくとも一つの磁化部分が前記軟磁性体パッドに最も近い回転エレメント部分になるように向

10

20

けられた場合に、前記軟磁性体パッドと前記少なくとも一つの磁化部分との間に磁性の誘引力が存在するように構成され配置される、少なくとも一つの軟磁性体パッドと、

を有することを特徴とする回転エレメントシートに用いる材料。

【請求項 2】

回転エレメントシートに用いる材料であって、

d) 二つの互いに反対側に位置する表面を有する基板と、

e) 非破壊的な操作によって回転可能にでき、直径および円周を有し、前記基板内に設けられ、少なくとも二つの部分から成る少なくとも一つの回転エレメントであって、

各前記部分はそれぞれ関係する光学的変調特性を有し、

少なくとも一つの前記部分の光学的変調特性は少なくとも一つの別の前記部分の光学的変調特性と異なり、

一つの前記部分は永久的に磁化されることが可能であり、一つの前記部分は永久的に磁化されることが不可能であり、

前記回転エレメントは異方性を有することで電気的雙極子モーメントを生成し、

前記電気的雙極子モーメントが生成される中で前記回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、前記電気的雙極子モーメントが前記電界に整列する向きへ前記回転エレメントが回転する傾向を帯びるという電気的応答性を、前記電気的雙極子モーメントによって得る、少なくとも一つの回転エレメントと、

f) 永久的に磁化された追加の手段であって、

前記回転エレメントの永久的磁化可能な前記部分が磁化され、前記回転エレメントの前記磁化部分が前記追加の永久的磁化手段に最も近接する回転エレメント部分になるように向けられた場合に、前記追加の永久的磁化手段と前記回転エレメントの前記磁化部分との間に磁性の誘引力が存在し、

前記回転エレメントの前記磁化部分が前記追加の永久的磁化手段から最も遠い回転エレメント部分になるように向けられた場合に、前記追加の永久的磁化手段と前記回転エレメントの前記磁化部分との間に磁性の反発力が存在するよう構成され配置される、追加の永久的磁化手段と、

を有することを特徴とする回転エレメントシートに用いる材料。

【請求項 3】

回転エレメントシートに用いる少なくとも三つの部分から成る回転エレメントであって

各前記部分はそれぞれ関係する光学的変調特性を有し、

少なくとも一つの前記部分の光学的変調特性は少なくとも一つの別の前記部分の光学的変調特性と異なり、

少なくとも一つの前記部分は永久的に磁化されることが可能であり、少なくとも一つの前記部分は永久的に磁化されることが不可能であり、

前記回転エレメントは異方性を有することで電気的雙極子モーメントを生成し、

前記電気的雙極子モーメントが生成される中で前記回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、前記電気的雙極子モーメントが前記電界に整列する向きへ前記回転エレメントが回転する傾向を帯びるという電気的応答性を、前記電気的雙極子モーメントによって得ることを特徴とする回転エレメントシートに用いる回転エレメント。

【請求項 4】

回転エレメントディスプレイに用いる回転エレメントの作成方法であって、

a) 硬化可能な液体から成り実質的に同じ方向に流れる少なくとも二つの平坦なストリームを設けるステップであって、

各前記ストリームはそれぞれ関係する光学的変調特性を有し、少なくとも一つのストリームの光学的変調特性は少なくとも一つの別のストリームの光学的変調特性と異なり、少なくとも一つのストリームは磁性顔料を含む、少なくとも二つの平坦なストリームを設けるステップと、

b) 前記ストリームを合流し、各前記液体が並列して含まれる液だめ部を形成するステ

10

20

30

40

50

ップと、

c) 前記液だめ部からの各前記液体が並列して含まれる自由噴流を形成するステップと

d) 前記自由噴流に直交するよう整列された磁界中に、前記自由噴流の少なくとも一部を通過させることにより、前記磁性顔料を磁化するステップと、

を含むことを特徴とする回転エレメント作成方法。

【請求項5】

回転エレメントディスプレイに用いる回転エレメントの製造装置であって、

a) その各々が直径と、二つの互いに反対側に位置する表面と、前記表面の両方に接触している端縁領域とを有する少なくとも一つのセパレータ部材と、

b) 少なくとも二つの液体フローを設ける手段であって、

前記少なくとも二つの液体フローはそれぞれ、関係するセパレータ部材と、前記関係するセパレータ部材上にて関係する表面とを有し、

前記少なくとも二つの液体フローの各前記液体フローは、前記関係するセパレータ部材上の前記関係する表面にわたり、前記関係するセパレータ部材の前記端縁領域へ延伸するよう設けられ、

複数の前記液体フローは、それぞれが関係する光学的変調特性を有する硬化可能な液体材料のフローであり、少なくとも一つの前記液体フローは磁性顔料を含む、少なくとも二つの液体フローを設ける手段と、

c) 前記液体フローを前記少なくとも一つのセパレータ部材の前記端縁領域の外側で合流し、各液体が並列して含まれる液だめ部を形成する手段と、

d) 前記液だめ部から外側にほぼ面状に延伸し、前記液だめ部からの各前記液体が並列して含まれる自由噴流を形成する手段と、

e) 磁界を設ける手段と、

f) 前記自由噴流の少なくとも一部を、前記自由噴流に直交するよう整列している前記磁界内に通過させることにより、前記磁性顔料を磁化する手段と、

を有することを特徴とする回転エレメント製造装置。

【請求項6】

回転エレメントシート材料の製造方法であって、

a) 表面と、前記表面内に少なくとも一つの回転可能な回転エレメントとを有する基板を含むシート材料のシートを備えるステップであって、

各前記回転エレメントが、光学のおよび電気的異方性を有し、少なくとも二つの部分を含み、少なくとも一つの前記部分が磁化されている、シートを備えるステップと、

b) 前記少なくとも一つの回転エレメントを、前記少なくとも一つの磁化部分が前記表面に向くよう配置するステップと、

c) 複数の磁性粒子を含む硬化可能な混合物の層を、前記表面に設けるステップと、

d) 前記複数の磁性粒子の少なくとも一部を、前記回転エレメントの前記磁化部分に近い前記層内の領域へ移動させるステップと、

e) 前記層を固体化し、前記回転エレメントの前記磁化部分に近いの前記層内に前記複数の磁性粒子の少なくとも一部を閉じ込め、磁性パッドを形成するステップと、

を有することを特徴とする回転エレメントシート材料製造方法。

【請求項7】

回転エレメントシート材料の製造方法であって、

a) 複数の回転エレメントの磁化部分に複数の磁性粒子を脱着可能に付着させるステップであって、

各前記回転エレメントが、光学のおよび電気的異方性を有し、少なくとも二つの部分を含み、少なくとも一つの前記部分が磁化されている、付着させるステップと、

b) 前記複数の回転エレメントおよび付着した前記磁性粒子を、固体に硬化可能な非固体材料と混合し、前記回転エレメントおよび前記材料の混合物を作成するステップと、

c) 前記混合物で、表面を有する層を形成するステップと、

d) 前記複数の回転エレメントが実質的に共通の方向に整列するよう、前記複数の回転エレメントおよび前記付着粒子を方向づけるステップと、

e) 前記材料を硬化することで、前記材料のスラブ内に前記回転エレメントおよび前記付着磁性粒子を閉じ込めるステップと、

f) 前記粒子を内部に閉じ込めた前記スラブを、誘電性可塑剤の浴に分散させるステップであって、

前記粒子に比べて前記固体化した材料が前記誘電性可塑剤をより容易に吸収し、前記固体化材料が膨張することで、前記回転エレメントの周囲に前記可塑剤が充填された空隙が形成され、それにより前記回転エレメントは前記スラブ内で回転運動はできるが並進移動は実質的にできず、

10

前記磁性粒子は、前記回転エレメントから脱着され、前記固体化材料内に組み入れられ、その各々が一つの回転エレメントに関係する複数の磁性体パッドを形成するステップと、

を有することを特徴とする回転エレメントシート材料製造方法。

【請求項 8】

回転エレメントシート材料の製造方法であって、

a) 複数の回転エレメントおよび磁性粒子を、固体に硬化可能な非固体材料と混合し、前記回転エレメント、前記磁性粒子、および前記材料の混合物を作成するステップであって、

各前記回転エレメントが、光学적および電氣的異方性を有し、少なくとも二つの部分を含み、少なくとも一つの前記部分が磁化されている、作成するステップと、

20

b) 前記混合物で、表面を有する層を形成するステップと、

c) 前記複数の回転エレメントが実質的に共通の方向に整列するよう方向づけるステップと、

d) 前記複数の磁性粒子の少なくとも一部を、前記回転エレメントの前記磁化部分に近い前記層内の領域へ移動させるステップと、

e) 前記材料を硬化することで、前記材料のスラブ内に前記回転エレメントおよび付着した前記磁性粒子を閉じ込めるステップと、

f) 前記粒子を内部に閉じ込めた前記スラブを、誘電性可塑剤の浴に分散させるステップであって、

30

前記粒子に比べて前記固体化した材料が前記誘電性可塑剤をより容易に吸収し、前記固体化材料が膨張することで、前記回転エレメントの周囲に前記可塑剤が充填された空隙が形成され、それにより前記回転エレメントは前記スラブ内で回転運動はできるが並進移動は実質的にできず、

前記磁性粒子は、前記回転エレメントから脱着され、前記固体化材料内に組み入れられ、その各々が一つの回転エレメントに関係する複数の磁性体パッドを形成するステップと、

を有することを特徴とする回転エレメントシート材料製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的に電気ペーパー (Electric Paper) またはジリコン (Gyricons) に関し、特に回転エレメントシート材料において、電界に加え磁界を用いて回転エレメントをアドレスし、表示するイメージが選択されたら回転エレメントをラッチし、個別の種類のエレメントに対して選択的な限界動作を実施させることに關する。

【0002】

【従来の技術】

双方ともシェリドン (Sheridon) による、1978年11月21日発行の「ねじれボール (Twisting Ball) パネルディスプレイ」と題される米国特許第4,126,854号および1979年3月6日発行の「ねじれボールディスプレイ作成方法」と題される米国特

50

許第4, 143, 103号に、液体が充填された球形空孔内に収納されエラストマー媒体内に埋設された二色の回転エレメントによって構成される、ねじれ回転エレメント（または「ジリコン」）のディスプレイが記載されている。二色回転エレメントの一方のセグメントでは他方のセグメントに比べて、多くの電荷が液体に接触しており、強い電界の存在下にある。したがって、所定の極性の電界印加時には、一方のセグメントがディスプレイの観察者の側に回転し観察される。反対の極性の電界を印加することにより、エレメントは回転されて、観察者に他方のセグメントが見えるようになる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ジリコンディスプレイ媒体の光学的スイッチング特性および光学的イメージ保存特性を制御する手段が必要とされている。本特許出願は、ジリコン回転エレメントおよびシート材料の組成に磁性体を添加し、外部から磁界を印加することによってその制御を達成する、新しく改良された手段を開示することを目的とする。

【0004】

したがって本発明の主な目的は、磁性体および磁界を用いて、ジリコンシートの光学的スイッチング特性およびイメージ保存特性を制御する手段を提供することである。それにより、シャープ且つ均一な限界電圧を実現し、イメージラッチ特性を向上させ、電界の作用との共同により改善されたアドレス方法を提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は、ジリコンディスプレイシステムに使用する材料である。その材料は基板を有し、さらに、その基板内に設けられ直径および円周を有し非破壊的な操作によって回転可能にできるエレメントを有する。エレメントは、少なくとも二つの部分から成る。その各部分はそれぞれ、関係する光学的変調特性を有する。少なくとも一つの部分の光学的変調特性は、少なくとも一つの別の部分の光学的変調特性と異なる。少なくとも一つの部分は、永久的に磁化されることが可能である。エレメントは異方性を有することで、電気的雙極子モーメントを生成する。その電気的雙極子モーメントによって、エレメントは電気的応答性を得る。その電気的応答性とは、電気的雙極子モーメントが生成される中で回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、電気的雙極子モーメントが電界に整列する向きへエレメントが回転する傾向である。また前記基板内において、少なくとも一つの軟磁性体パッドが各エレメントに対して備えられる。軟磁性体パッドは、一つのエレメントに関係し、その関係するエレメントから間隔をあけて配置される。エレメントの永久磁化部分が軟磁性体パッドに最も近いエレメント部分に向くように、エレメントの永久磁化部分が配置された場合に、軟磁性体パッドとエレメントの永久磁化部分との間に磁性誘引力が存在するように、パッドは構成され配置される。

【0006】

エレメントは、実質的に円筒形であっても球形であってもよい。またエレメントには、数種の内部構造が可能である。一つの構造ではエレメントは、実質的に互いに平行するセグメントによって構成される。別の構造では、多面表示表面がエレメント内に含まれる。回転エレメントはさらに、異方性を有することで、電気的雙極子モーメントを生成する。その電気的雙極子モーメントによって、エレメントは電気的応答性を得る。その電気的応答性とは、電気的雙極子モーメントが生成される中で回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、電気的雙極子モーメントが電界に整列する方向へエレメントが回転する傾向である。

【0007】

また本発明は、すべてのエレメントが同じ向きに磁化されている回転エレメントディスプレイにおける、磁性回転エレメントの作成方法である。まず、硬化可能な液体から成り実質的に同じ方向に流れる少なくとも二つの平坦なストリームを設ける。各ストリームはそれぞれ、関係する光学的変調特性を有する。少なくとも一つのストリーム、少なくとも一つの別のストリームと異なる光学的変調特性を有する。少なくとも一つのストリームは、

10

20

30

40

50

磁性顔料を含む。続いてストリームを合流し、各ストリームからの各液体が並列して含まれる液だめ部を形成する。次に、液だめ部からの各液体が並列して含まれる自由噴流を形成する。続いて、自由噴流に直交する向きの磁界中に、自由噴流の一部を通過させることにより、磁性顔料を磁化する。

【 0 0 0 8 】

作成される回転エレメントは、実質的に円筒形であっても球形であってもよい。どちらの場合も、各エレメントは並列するセグメントによって構成される。

【 0 0 0 9 】

本発明はさらに、すべてのエレメントが同じ向きに磁化されている回転エレメントディスプレイのための、磁性回転エレメントの作成装置である。この装置は、少なくとも一つのセパレータ部材を有する。各セパレータ部材は、直径と、二つの互いに反対側に位置する表面と、その両面に接触する端縁領域とを有する。さらに装置は、少なくとも二つの液体フローを設ける手段を含む。各フローは、関係するセパレータ部材と、その関係するセパレータ部材上において関係する表面とを有する。各液体フローは、関係するセパレータ部材上の関係する表面にわたって備えられる。液体フローは、関係するセパレータ部材の端縁領域へ流れる。液体フローはそれぞれ、関係する光学的変調特性を有する硬化可能な液体材料のフローである。少なくとも一つの液体フローは、磁性顔料を含む。セパレータ部材が回転されて、液体フローは一つのセパレータ部材の端縁領域の外側で合流し、各液体が並列して含まれる液だめ部を形成する。液体のフロー速度が十分に速ければ、液だめ部から外側にほぼ面状に延伸する自由噴流が形成される。その自由噴流は、液だめ部からの各液体を並列させて含む。形成された自由噴流の外側に磁界が設けられ、自由噴流の少なくとも一部を磁界内に通過させることにより、磁性顔料が磁化される。磁界は、自由噴流に直交する方向に整列している。円筒形エレメントが要求される場合は、磁化された自由噴流は、円筒形エレメントに分割できるようフィラメント状に硬化される。球形エレメントが要求される場合は磁化された自由噴流は、硬化される前に球形エレメントに分割される。

【 0 0 1 0 】

本発明はまた、磁性ラッチを用いる回転エレメントシート材料の作成方法である。第一のステップで、シート材料のシートを供給する。シートは、表面を有する基板と、その内部に設けられた回転エレメントとを含む。各エレメントは、光学的および電気的異方性を有し、少なくとも二つの部分を含む。一つの部分は、磁化可能である。磁化可能部分が共通の方向に向けられた後、それらは実質的に均一に磁化される。それらのエレメントを、磁化部分が基板の表面に向くよう配置してもよい。続いて、複数の磁性粒子を含む硬化可能な混合物の層を、基板の表面上に設ける。その硬化可能な液体は、磁性粒子が回転エレメントの磁化部分の近くの層内領域へ移動できるよう、一定期間は液体状態に維持される。その後硬化可能液体を固化し、回転エレメントの磁化部分の近くの前記層内に磁性粒子を閉じ込め、磁性パッドを形成する。

【 0 0 1 1 】

さらに本発明は、磁性ラッチを用いる回転エレメントシート材料の作成方法である。まず、磁化セグメントを有する複数の回転エレメントを、磁性粒子と混合し、磁化セグメントに磁性粒子を誘引させる。続いて、磁性粒子が付着した回転エレメントを、液体エラストマーと混合する。磁界を印加し、回転エレメントを共通の方向に向ける。回転エレメントおよび付着磁性粒子がすべて方向づけられた後、エラストマーを硬化し、回転エレメントおよび磁性粒子を閉じ込めたエラストマー基板を形成する。次にエラストマー基板を、誘電性可塑剤の浴に浸す。誘電性可塑剤は、回転エレメントよりエラストマーによって、より容易に吸収される。エラストマー基板は膨張し、可塑剤が充填された空隙を回転エレメントの周囲に形成する。磁性粒子はエラストマー内に組み入れられた状態に維持され、エレメントに関係する磁性体パッドを形成する。

【 0 0 1 2 】

また本発明は、磁性トラッピング (trapping) を用いるシリコンシートにおいて印加する

10

20

30

40

50

電界の必要性が低減される、回転エレメントシート材料のシートのアドレス方法である。磁性トラッピングシリコンシートは、複数の回転可能エレメントが内部に設けられた基板を含む。エレメントは少なくとも二つの部分から成り、各部分はそれぞれ、関係する光学の変調特性および有する。少なくとも一つの部分の光学の変調特性は、少なくとも一つの別の部分の光学の変調特性と異なる。重要なことに、一つの部分は磁化されている。エレメントはさらに、異方性を有することで、電気的雙極子モーメントを生成する。その電気的雙極子モーメントによって、エレメントは電気的応答性を有する。その電気的応答性とは、電気的雙極子モーメントが生成される中で回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、電気的雙極子モーメントが電界に整列する向きへエレメントが回転する傾向である。各エレメントには、追加の小さな磁石が関係している。エレメントの磁化部分が追加の磁石に最も近いエレメント部分である時、追加の磁性手段とエレメントの磁化部分との間に磁性誘引力が存在する。少なくとも一つの回転可能エレメントおよびそれが関係する磁石の付近においてシートに磁界を印加することで、それらの間の磁性誘引力を減少させる。磁界が減少した後に、少なくとも一つの回転可能エレメントの付近に低減レベルの電界を印加することにより、回転可能エレメントを電界に整列させる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下のデバイスのすべてにおいて、シリコンシートの構造内に「軟磁性体」を含む。「軟磁性体」という用語は、外部からの強い磁界に露出されると強い双極磁力を発生するが、外部磁界に露出されなくなった時には残存磁性を有意レベルで保持できない磁性体を意味する。その対極にあるのが、外部磁界が存在しなくても有意レベルの磁性を保持する「硬磁性体」であって、たとえば永久磁石である。軟磁性体は、常磁性体、強磁性体および超磁性体 (supermagnetic materials) を含み、それらのすべてが本発明における使用に適していると考えられる。

【0014】

図4は、透明の光学的媒体44から成り磁気的作用を用いるシリコンシート46の一部分の断面を示す。白黒二色の球形または円筒形の回転エレメント34の断面が示される。その断面において、黒の磁化セグメント40は黒の顔料によって構成される。黒の顔料の一部は、永久的に磁化可能である。ここで黒と白を使用しているのは単に例示のためであり、いずれの色を選択してもよいと理解すべきである。白の非磁化セグメント38は通常材料によって構成されており、磁化できない。この回転エレメント34は、油が充填された空孔36に収納されている。図4に示すとおり軟磁性体パッド42が、各回転エレメント34の空孔構造の近くに組込まれており、分離距離 D_s によって油充填空孔から分離されている。軟磁性体パッド42は、回転エレメントの直径 d の $1/4$ 以上の長さ l を有することが好ましい。長さ l の上限に関する唯一の制限条件は、周囲の回転エレメントまたはそれらの磁性体パッドの妨げになるほど大きくないことである。その条件は、シリコンシート46のパッキング密度によって決定される。パッキング密度に依存して軟磁性体パッド42の長さ l は、回転エレメント34の直径 d と同じ大きさ、回転エレメント34の直径 d の二倍の大きさ、またはそれ以上にすることも可能である。回転エレメント34はさらに、油充填空孔36内の液体との接触下および電界の存在下にて電位を発生する材料から成る。それにより、回転エレメント34の二つのセグメント38, 40はそれぞれ、互いに異なる電位を発生する。

【0015】

回転エレメント34の黒の磁化セグメント40が、油充填空孔36の傍らに埋設された軟磁性体パッド42に隣接する時、強い磁力が回転エレメント34を固定する傾向にある。これは、回転エレメントの磁化部分と軟磁性体パッド42との間の距離が、回転エレメントの磁化部分の寸法に比べて短く、それにより強い磁界が生成されるからである。実際的には、回転エレメント34と軟磁性体パッド42との間の分離距離 D_s は、回転エレメント34の直径 $d \times$ 因数3の値以下であるべきである。この磁力によって、回転エレメント34は油充填空孔36の壁に付着される。さらにこの磁力が存在するため、油充填空孔3

6 内で回転エレメント 3 4 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。なぜなら、電界はまず磁力を克服してから、回転エレメント 3 4 を回転させなければならないからである。ただし、印加電界の値を増大させることを除けば、上述または当業界で周知のいずれのアドレス方法によってジリコンシート 4 6 をアドレスしてもよい。回転エレメント 3 4 が短い距離を回転した直後に、回転エレメント 3 4 が受ける軟磁性体パッド 4 2 との相互作用による力は極めて低減する。そして回転エレメント 3 4 の動作は、印加電界によって支配される。このように、磁化セグメント 4 0 が軟磁性体パッド 4 2 に隣接する向きで回転エレメント 3 4 が油充填孔 3 6 内にて整列している場合は、回転の開始には強い電界を要する。すべての回転エレメントの密度をほぼ均一に制御し、回転エレメント 3 4 の磁化セグメント 4 0 の磁性粒子の種類を管理することによって、回転開始に必要な電界の限界値を均一且つシャープにすることができる。そうすることにより、限界電圧に対する磁界の作用が、サイズまたは化学的組成の非均一性などの限界電圧に対する他の影響より優勢になるからである。

10

【 0 0 1 6 】

回転エレメント 3 4 が逆向きの時、すなわち、非磁化セグメント 3 8 が軟磁性体パッド 4 2 に隣接する場合は、回転エレメント 3 4 は通常の力によって油充填孔 3 6 の壁に接して固定される。

【 0 0 1 7 】

回転エレメント 3 4 は、修正を加えた回転ディスクアセンブリ、または他の平坦ストリーム式 / 自由噴流式装置によって製造できる。

20

【 0 0 1 8 】

磁性回転エレメントの生成のコンセプトの基本的理解のために、図 5 にセパレータ部材 7 0 を示す。セパレータ部材 7 0 は、端縁部 7 6 で連結される二つの互いに反対側に位置する表面 7 2 , 7 4 を有する。それらの表面上に、硬化可能材料の二つの細い平坦ストリーム 8 0 , 8 2 が流れる。この例では、平坦ストリーム 8 0 は白の顔料を含み、平坦ストリーム 8 2 は、磁気テープの製造に使用するものに類似の磁性顔料を含む。その磁性顔料はたとえば、ニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社 (Wright Industries) 製の黒の磁性顔料タイプ 0 3 1 1 8 2 を単独で用いたものか、または当業界で周知の他の黒の顔料と共に使用したものである。平坦ストリーム 8 0 , 8 2 は、液体を含む外側液だめ部 8 4 を形成する。その液だめ部 8 4 は、各平坦ストリーム 8 0 , 8 2 からの各液体を同量にて並列させて含む。

30

【 0 0 1 9 】

液体が端縁部 7 6 から離れるフロー速度が十分に速い場合、液だめ部 8 4 から液体の自由噴流 8 6 が形成される。当業界で周知の自由噴流 8 6 の形成方法には、「ねじれボールディスプレイのための二色ボール製造方法および装置」と題されるクロウリーら (Crowley et al.) による米国特許第 5 , 2 6 2 , 0 9 8 号に記載のスピニングディスクアセンブリ (spinning disk assembly) およびパドルホイールアセンブリ (paddle wheel assembly) 、並びに、「ねじれボールディスプレイのための多色ボール製造方法」と題されるシェリドンによる米国特許第 5 , 3 4 4 , 5 9 4 号に記載の噴流アセンブリ、平坦シート状液体シート、および円筒形液体シートを含み、これらのいずれも適切に使用でき得る。低粘性の硬化可能液体を使用する場合は、自由噴流 8 6 は図 5 に示すとおり、遠位端部で回転エレメント 8 8 に分割する。

40

【 0 0 2 0 】

回転エレメント 8 8 は、自由噴流 8 6 から飛翔している間に、図では二つの磁石 9 0 , 9 2 によって生成される安定した磁界 9 4 を通過する。回転エレメント 8 8 が磁界を通過するにつれて、磁性顔料を含む回転エレメント 8 8 部分が磁化される。各回転エレメント 8 8 は、通る軌道に対して同一の向きに向けられているため、それらの幾何学的極部に対して等しく磁化される。安定した磁界は、たとえば永久磁石、電磁石、電界、またはコイル内を流れる直流などの、当業界で周知の数々の手法のいずれによって生成してもよい。磁性顔料を適切に磁化するには、磁界 9 4 は少なくとも 5 0 ガウスであるべきである。セパ

50

レータ部材 70 に対する磁界 94 の図中の配置は、単に例示的であると認識すべきである。磁界 94 はセパレータ部材 70 に対して、より近くまたはより遠くに配置できる。たとえばより近くに配置した場合は、自由噴流 86 が回転エレメント 88 に分割する前に、磁界 94 が磁性粒子を磁化する。より遠くに配置した場合には磁界 94 は、回転エレメント 88 が硬化した後で磁性粒子を磁化する。

【0021】

シェリドンらによる米国特許出願第 08 / 716 , 672 号に開示されるように高粘性の硬化可能液体を使用した場合、自由噴流 86 は、円筒状に対称的な回転エレメント 34 の作成に適するフィラメントを形成する。図 5 に示す回転エレメント 88 に関連して言えば、フィラメントが形成されつつ磁界 94 を通過した場合、その際に磁性顔料が磁化され、すべてのフィラメントは同様に磁化される。

10

【0022】

図 6 に、図 5 に関連して上述した技術の実施を、スピニングディスクアセンブリ 96 を用いて示す。類似の部材には、図 5 で使用したものと同じ符号を付す。セパレータ部材 70 は、スピンドル 98 を軸に回転するスピニングディスクによって実現される。セパレータ部材は、端縁部 76 で連結される表面 72 , 74 を有する。それらの表面上に、低粘性の硬化可能材料の二つの細い平坦ストリーム 80 , 82 が流れる。この例では、平坦ストリーム 80 は白の顔料を含み、平坦ストリーム 82 は、磁気テープの製造に使用するものに類似の磁性顔料を含む。その磁性顔料はたとえば、ニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ 031182 を単独で用いたものか、または当業界で周知の他の黒の顔料と共に使用したものである。平坦ストリーム 80 , 82 は、液体を含む外側液だめ部 84 を形成する。その液だめ部 84 は、各平坦ストリーム 80 , 82 からの各液体を同量にて並列させて含む。

20

【0023】

液体が端縁部 76 から離れるフロー速度が十分に速い場合、液だめ部 84 から外側へほぼ平坦な領域に、液体の自由噴流 86 が形成される。自由噴流 86 は、その遠位端部で回転エレメント 88 に分割する。回転エレメント 88 は、自由噴流 86 から飛翔している間に、図では二つの連玉状円筒形 (torous-shaped) の磁石 90 , 92 によって生成される安定した磁界 94 を通過する。回転エレメント 88 が磁界を通過するにつれて、磁性顔料を含む回転エレメント 88 部分が磁化される。各回転エレメント 88 は、通る軌道に対して同一の向きに向けられているため、それらの幾何学的極部に対して等しく磁化される。

30

【0024】

高粘性の硬化可能液体を使用する場合は球 88 の代わりに、円筒状に対称的な回転エレメントの作成に適する、等しく磁化されたフィラメントが形成される。

【0025】

軟磁性体パッド 42 を含むシリコンシート 46 の製造工程ではまず、磁化された回転エレメント 34 を、ニューヨーク州ブルックリンのフェロコープ社製の黒顔料 # V - 302 などの軟磁性体パウダと混合する。図 7 に示すとおり、軟磁性体粒子 100 が磁化セグメント 40 の周囲に密集する。図 8 に示すとおり、回転エレメント 34 を流動床に配置するか、またはスクリーン 102 に配置して制御空気ジェット 104 で洗浄することにより、回転エレメント 34 から過剰の粒子 100 を除去する。続いて回転エレメント 34 を液体樹脂と混合し、図 9 に示すとおり、平坦な表面上に薄層状に広げて未硬化シート 106 を形成する。均一な磁界 108 を印加し、磁化回転エレメント 34 が向きを揃えて整列するように回転させる。この時に磁性顔料 100 は、磁化セグメント 40 に隣接しつづけるよう共に移動する。図 9 に示すように整列したのち且つ磁界 108 を除去する前の時点で、当業界で周知のとおり、シートを丈夫なシリコンエラストマーに硬化させる。硬化後にエラストマーを、同じく周知の手法で、油浴に配置することで膨張させる。パウダ状軟磁性体粒子 100 はこのようにして、エラストマー基体に組み入れられ、図 4 に示す回転エレメント 34 の磁化セグメント 40 付近の軟磁性体パッド 42 を形成する。

40

【0026】

50

この軟磁性体パッド４２の製造方法によって、軟磁性体パッド４２の形状は回転エレメント３４の形状に従う傾向があると理解される。たとえば軟磁性体パッド４２は、わずかに湾曲して回転エレメント３４の形状に沿う傾向がある。さらに、図４は球形または円筒形のどちらかの回転エレメント３４の断面を示すと理解され、球形回転エレメント３４ではパッドは円形に形成されやすく、円筒形回転エレメント３４ではパッドは細長い形状に形成されやすい。

【００２７】

代替案では、シリコンシート４６内の軟磁性体パッド４２は、シリコンシートの追加部分として製造できる。シリコンシートは、上述または上記で本願に引用した参考文献に記載の方法を含むいずれかのシリコンシート作成方法によって、磁化可能なエレメントを用いて作成されたものである。シートは、上記で用いたように事前に磁化された回転エレメント３４を用いて作成してもよく、あるいは磁化可能だが未だ磁化されていない回転エレメント３４を含んでもよい。未磁化回転エレメント３４を用いてシート４６を作成する場合は、シートが作成されて回転エレメント３４が回転できるよう油に浸された後、当業界で周知の手法で、均一の電界を印加して回転エレメント３４の向きを揃える。向きを共通の方向に揃えた後、上記に詳述した強い磁界９４を印加して、図１０に示すとおり回転エレメント３４を均一に磁化する。

【００２８】

どちらの場合でも、向きが揃えられ均一に磁化された回転エレメント３４を含むシート４６が得られた後に、パウダ状の軟磁性体粒子１００を含む未硬化エラストマー、エポキシ、または溶融ポリマーなどの未硬化または溶融材料の薄層１１０を、シリコンシートの片面に付着させる。パウダ状の軟磁性体粒子１００は、回転エレメントの磁性セグメント４０に誘引されて移動し、図１１に示すように軟磁性体パッド４２を形成する。この時点で、粒子１００を含む薄層１１０を硬化または別の方法で固体化させ、軟磁性体パッド４２を固定する。

【００２９】

この軟磁性体パッド４２の製造方法によって、軟磁性体パッド４２の形状は回転エレメント３４の形状に従う傾向があると理解される。たとえば軟磁性体パッド４２は、わずかに湾曲して回転エレメント３４の形状に沿う傾向がある。さらに、図４は球形または円筒形のどちらかの回転エレメント３４の断面を示すと理解され、球形回転エレメント３４ではパッドは円形に形成されやすく、円筒形回転エレメント３４ではパッドは細長い形状に形成されやすい。

【００３０】

さらなる代替案では、軟磁性体パッド４２を含むシリコンシート４６は、未硬化エラストマー内に軟磁性体パウダ１００および磁化回転エレメント３４を混合することによって形成できる。この混合物を、表面上にて未硬化シート１０６に形成し、硬化を遅らせることで顔料粒子１００が磁化セグメント４０に誘引されるようにする。顔料粒子１００が磁化セグメント４０に誘引される理由は、磁化セグメント４０が自身の周囲に極めて非均一な磁界を形成するからである。この磁界が、顔料粒子を回転エレメントの磁化セグメント４０へ移動させる機械的力を供給する。この工程が十分に実行された後、この例では二つの磁石８９，９１によって生成される均一な磁界１０８をシートに印加する。それによって図１２に示すとおり、回転エレメント３４および付着した軟磁性体顔料粒子１００は、向きを揃えて整列するよう回転される。この磁界が連続的に印加されている間に、エラストマーシートは当業界で周知の手法で硬化される。続いてシートは、同様に周知のとおり膨張される。

【００３１】

この軟磁性体パッド４２製造方法によって、軟磁性体パッド４２の形状は回転エレメント３４の形状に従う傾向があると理解される。たとえば軟磁性体パッド４２は、わずかに湾曲して回転エレメント３４の形状に沿う傾向がある。さらに、図４は球形または円筒形のどちらかの回転エレメント３４の断面を示すと理解され、球形回転エレメント３４ではパ

10

20

30

40

50

ッドは円形に形成されやすく、円筒形回転エレメント 3 4 ではパッドは細長い形状に形成されやすい。

【 0 0 3 2 】

図 4 に関連して上述したとおり、回転エレメントを収納する油充填空孔に隣接する単一の軟磁性体パッドと相互作用する単一の磁性セグメントを組み込んだ回転エレメントを用いることで、限界値が制御される。しかしその構成では、回転エレメントの磁化部分が軟磁性体パッドに隣接していて、この部分が空孔の反対側まで移動するよう回転される場合の回転転移時にしか、限界値制御が実施されない。多くの利用状況では、それで十分である。しかし非能動的アドレッシング (passive addressing) を用いる利用状況においては、イメージ全体を最初に消去することなくエレメントを電子的に両極に回転できることが望ましい。そのような利用においては、各回転状態に対して一つずつ、合計二つの限界値が必要である。

10

【 0 0 3 3 】

図 1 3 に、磁気的作用を用いるジリコンシート 4 6 の一部の断面を示す。このシートは、図 4 に示すシートにわずかな修正を加えたものであるため、同一の部材には同一の符号を使用する。白黒二色の回転エレメント 3 4 が図示され、黒の磁化セグメント 4 0 は黒の顔料によって構成される。黒の顔料の一部は、永久的に磁化可能である。ここで黒と白を使用しているのは単に例示のためであり、いずれの色をも選択できると認識すべきである。白の非磁化セグメント 3 8 は通常の方法によって構成されており、磁化できない。この回転エレメント 3 4 は、油充填空孔 3 6 に収納されている。図 4 とは異なり、二つの軟磁性体パッド 4 2 が、各回転エレメントの空孔構造の近くに組み込まれている。回転エレメント 3 4 はさらに、油充填空孔 3 6 内の液体との接触下および電界の存在下にて電位を発生する材料から成る。それにより、回転エレメント 3 4 の二つのセグメント 3 8 , 4 0 はそれぞれ、互いに異なる電位を発生する。

20

【 0 0 3 4 】

回転エレメント 3 4 の黒の磁化セグメント 4 0 が、油充填空孔 3 6 の傍らに埋設された軟磁性体パッド 4 2 のどちらかに隣接する時、強い磁力が回転エレメント 3 4 を固定する傾向にある。これは、回転エレメント 3 4 の磁化部分と軟磁性体パッド 4 2 との間の距離が、回転エレメントの磁化部分の寸法に比べて短く、それにより強い磁界が生成されるからである。実際的には、回転エレメント 3 4 と軟磁性体パッド 4 2 との間の分離距離 D_s は、回転エレメント 3 4 の直径 d × 因数 3 の値以下であるべきである。軟磁性体パッド 4 2 は、回転エレメントの直径 d の $1/4$ 以上の長さ l を有することが好ましい。長さ l の上限に関する唯一の制限条件は、周囲の回転エレメントまたはそれらの磁性体パッドの妨げになるほど大きくないことである。その条件は、ジリコンシート 4 6 のパッキング密度によって決定される。パッキング密度に依存して軟磁性体パッド 4 2 の長さ l は、回転エレメント 3 4 の直径 d と同じ大きさ、回転エレメント 3 4 の直径 d の二倍の大きさ、またはそれ以上にすることも可能である。生成された磁力によって、回転エレメント 3 4 は油充填空孔 3 6 の壁に付着される。さらにこの磁力が存在するため、油充填空孔 3 6 内で回転エレメント 3 4 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。回転エレメント 3 4 が短い距離を回転した直後に、回転エレメント 3 4 が受ける軟磁性体パッド 4 2 との相互作用による力は極めて低減する。そして回転エレメント 3 4 の動作は、印加電界によって支配される。このように、磁化セグメント 4 0 がどちらかの軟磁性体パッド 4 2 に隣接する向きで、回転エレメント 3 4 が油充填空孔 3 6 内にて整列されている場合は、回転の開始には強い電界を要する。粒子間の均一性のために密度を制御し、回転エレメント 3 4 の磁化セグメント 4 0 の磁性粒子の種類を管理することによって、回転開始に必要な電界の限界値を均一且つシャープにすることができる。そうすることにより、限界電圧に対する磁界の作用が、限界電圧に対する他の影響より優勢になるからである。

30

40

【 0 0 3 5 】

磁性セグメントおよび二つの軟磁性体パッドを有する回転エレメント 3 4 によって、双方の回転状態において限界値が得られる。回転エレメントの所望の各向きに一つずつ、合計

50

二つの軟磁性体パッド42を使用することにより、上述し図4に示した実施形態とは異なり、両状態における限界値を制御できる。この向上点は、非能動的アドレッシングを効果的に実施するために必要な、シャープな限界値およびイメージ保存条件を達成するのに有用である。

【0036】

このシートの製造の際には、いずれかの上述の方法を用いて初期段階のシートを得ることができる。しかしそれだけでは、一つの軟磁性体パッド42しか備えられず、実際は二つの軟磁性体パッド42が要求される。したがって、一つの軟磁性体パッド42のみを有する初期のシートを製造した後、上述および図14に関連して説明する薄層技術を用いて第二のパッドを設けることが考えられる。

10

【0037】

均一に磁化された回転可能エレメント34を含む可塑化されたシート46を得た後、当業界で周知の手法で電界を印加することで、磁化回転可能エレメント34を回転させて、磁化セグメント40が軟磁性体パッド42から離れた方向に向くよう揃える。その後、パウダ状の軟磁性体粒子100を含む未硬化エラストマー、エポキシ、または溶融ポリマーなどの未硬化または溶融材料の薄層110を、ジリコンシートの面のうち、強磁性軟磁性体パッド42が設けられておらず回転エレメント34の磁化セグメント40が向けられている方の面に付着させる。パウダ状の軟磁性体粒子100は、回転エレメント34の磁性セグメント40に誘引されて移動し、図14に示すように軟磁性体パッド42を形成する。この時点で、粒子100を含む薄層110を硬化または別の方法で固化させ、軟磁性体パッド42を固定する。

20

【0038】

この軟磁性体パッド42製造方法によって、軟磁性体パッド42の形状は回転エレメント34の形状に従う傾向があると理解される。たとえば軟磁性体パッド42は、わずかに湾曲して回転エレメント34の形状に沿う傾向がある。さらに、図4は球形または円筒形のどちらかの回転エレメント34の断面を示すと理解され、球形回転エレメント34ではパッドは円形に形成されやすく、円筒形回転エレメント34ではパッドは細長い形状に形成されやすい。

【0039】

図15に、ジリコンシート46の断面を示す。このシートも、図4に示すシート46の変形形態であるため、同一の部材には同一の符号を使用する。シート46は、回転エレメント52を収納する油充填空孔36を含む透明の光学的媒体44から成る。回転エレメント52は、たとえば黒セグメント54および白セグメント56を含む、球状または円筒状に対称的な二色エレメントである。回転エレメント52はさらに、二つの小型極部磁性セグメント58, 60を有する。極部磁性セグメント58は黒セグメント54に隣接し、極部磁性セグメント60は白セグメント56に隣接する。さらに、セグメント54, 56の接合部Jを赤道線として見た場合、磁性セグメントは回転エレメント52の「極地」に位置する。

30

【0040】

図15に示すとおり、単一の軟磁性体パッド42が、透明光学的媒体44内に油充填空孔36に隣接して設けられる。二つの磁性セグメント58, 60が軟磁性体パッド42と相互作用することで、磁界によって制御される限界値を有する二つの回転位置を、回転エレメントにおいて実現する。各磁性セグメント58, 60は、図4に関連して上述したのと同じ要領で、軟磁性体パッド42と相互作用する。すなわち、回転エレメント52の磁性セグメント58, 60の一つが、油充填空孔36の傍らに埋設された軟磁性体パッド42に隣接する時、強い磁力が回転エレメント52を固定する傾向にある。これは、回転エレメント52の磁性セグメント58, 60と軟磁性体パッド42との間の距離が、回転エレメントの磁性部分の寸法に比べて極めて短いからである。実際的には、回転エレメント52と軟磁性体パッド42との間の分離距離 D_s は、回転エレメント52の直径 $d \times$ 因数3の値以下であるべきである。軟磁性体パッド42は、回転エレメントの直径 d の $1/4$ 以

40

50

上の長さ 1 を有することが好ましい。長さ 1 の上限に関する唯一の制限条件は、周囲の回転エレメントまたはそれらの磁性体パッドの妨げになるほど大きくないことである。その条件は、シリコンシート 46 のパッキング密度によって決定される。パッキング密度に依存して軟磁性体パッド 42 の長さ 1 は、回転エレメント 52 の直径 d と同じ大きさ、回転エレメント 52 の直径 d の二倍の大きさ、またはそれ以上にすることも可能である。生成された磁力によって、回転エレメント 52 はラッチされる。さらにこの磁力が存在するため、油充填空孔 62 内で回転エレメント 52 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。回転エレメント 52 が短い距離を回転した直後に、それまで隣接していた軟磁性体パッド 42 から極部磁性セグメントが受ける力は極めて低減する。そして回転エレメント 52 の動作は、印加電界によって支配される。

10

【0041】

二つの極部磁性セグメント 58, 60 および一つの軟磁性体パッド 42 を有する回転エレメント 52 によって、双方の回転状態において限界値が得られる。回転エレメント 52 の所望の各向きに一つずつ、合計二つの極部磁性セグメント 58, 60 を使用することにより、上述し図 4 に示した実施形態とは異なり、両状態における限界値を制御できる。また、回転エレメント 52 の磁化部分は、二つの小型極部磁性セグメント 58, 60 に限定される。この変形形態は、図 4 に示す回転エレメントの磁化セグメント 40 に、図 20 に図示する回転エレメントに示すタイプの極部磁性セグメント 58, 60 を一つ組み合わせた回転エレメントを用いて実施することが可能である。だがしかし、図 20 に示すように二つの小型極部磁性セグメント 58, 60 を用いた方が、より細かく精密な制御が可能になる。これらの向上点は、非能動的アドレッシングを効果的に実施するために必要な、シャープな限界値およびイメージ保存条件を達成するのに有用である。

20

【0042】

この回転エレメントは、修正を加えた複数回転ディスクアセンブリ、または他の平坦ストリーム式 / 自由噴流式装置によって、当業界で周知の手法に従い製造できる。以下に説明する製造デバイスは、図 5 および図 6 に関連して説明したものの変形形態であり、同一の符号を用いて同一の部材を示す。

【0043】

磁性回転エレメントの生成のコンセプトの基本的理解のために、図 16 に二つのセパレータ部材 70 を示す。各セパレータ部材 70 は、端縁部 76 で連結される二つの互いに反対側に位置する表面 72, 74 を有する。それらの表面上に、硬化可能材料の二つの細い平坦ストリーム 80, 82 が流れる。この例では、外側の平坦ストリーム 80 は、磁気テープの製造に使用するものに類似の磁性顔料を含む。その磁性顔料はたとえば、ニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ 031182 を単独で用いたものか、または当業界で周知の他の黒の顔料と共に使用したものである。それに対して内側の平坦ストリーム 82 の各々は、回転エレメント 88 のセグメントを着色するために使用する顔料の一つを含む。たとえば、一方の内側ストリーム 82 は白の顔料を含み、他方の内側ストリーム 82 は黒の顔料を含む。平坦ストリーム 80, 82 は合流し、各セパレータ部材 70 からの各平坦ストリーム 80, 82 の各液体を並列させて含む液体の自由噴流 86 を形成する。小型極部磁性セグメントを形成するために、外側平坦ストリーム 80 が、内側平坦ストリーム 82 より少量の材料を含むことができる。

30

40

【0044】

液体が端縁部 76 から離れるフロー速度が十分に速い場合、液体の自由噴流 86 が形成される。当業界で周知の自由噴流 86 の形成方法には、「ねじれボールディスプレイのための多色セグメントボール」と題されるシェリドンによる米国特許第 5,717,514 号に記載のスピンニングディスクアセンブリ、並びに、「ねじれボールディスプレイのための多色ボール製造方法」と題されるシェリドンによる米国特許第 5,344,594 号に記載の噴流アセンブリ、平坦シート状液体シート、および円筒形液体シートを含み、これらのいずれも適切に使用でき得る。低粘性の硬化可能液体を使用する場合は、自由噴流 86 は図 16 に示すとおり、遠位端部で回転エレメント 88 に分割する。

50

【 0 0 4 5 】

回転エレメント 8 8 は、自由噴流 8 6 から飛翔している間に、図では二つの磁石 9 0 , 9 2 によって生成される安定した磁界 9 4 を通過する。回転エレメント 8 8 が磁界を通過するにつれて、磁性顔料を含む回転エレメント 8 8 の部分が磁化される。各回転エレメント 8 8 は、通る軌道に対して同一の向きに向けられているため、それらの幾何学的極部に対して等しく磁化される。安定した磁界は、たとえば永久磁石、電界、またはコイル内を流れる直流などの、当業界で周知の数々の手法のいずれによって生成してもよい。磁性顔料を適切に磁化するには、磁界 9 4 は少なくとも 5 0 ガウスであるべきである。

【 0 0 4 6 】

シェリドンらによる米国特許出願第 0 8 / 7 1 6 , 6 7 2 号に開示されるように高粘性の硬化可能液体を使用した場合、自由噴流 8 6 は、円筒状に対称的な回転エレメント 3 4 の作成に適するフィラメントを形成する。図 1 6 に示す球 8 8 に関連して言えば、フィラメントが形成されつつ磁界 9 4 を通過した場合、その際に磁性顔料が磁化され、すべてのフィラメントは同様に磁化される。

【 0 0 4 7 】

図 1 6 に関連して上述した技術の実施を、図 1 7 において複数スピニングディスクアセンブリ 9 6 を用いて示す。類似の部材には、図 1 6 で使用したものと同一符号を付す。二つのセパレータ部材 7 0 は、スピンドル 9 8 を軸に回転するスピニングディスクによって実現される。各セパレータ部材は、端縁部 7 6 で連結される表面 7 2 , 7 4 を有する。それらの表面上に、低粘性の硬化可能材料の二つの細い平坦ストリーム 8 0 , 8 2 が流れる。この例では、外側の平坦ストリーム 8 0 は、磁気テープの製造に使用するものに類似の磁性顔料を含む。その磁性顔料はたとえば、ニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ 0 3 1 1 8 2 を単独で用いたものか、または当業界で周知の他の黒の顔料と共に使用したものである。それに対して内側の平坦ストリーム 8 2 の各々は、回転エレメント 8 8 のセグメントを着色するために使用する顔料の一つを含む。たとえば、一方の内側ストリーム 8 2 は白の顔料を含み、他方の内側ストリーム 8 2 は黒の顔料を含む。平坦ストリーム 8 0 , 8 2 は合流し、各セパレータ部材 7 0 からの各平坦ストリーム 8 0 , 8 2 の各液体を並列させて含む液体の自由噴流 8 6 を形成する。小型極部磁性セグメントを形成するために、外側平坦ストリーム 8 0 が、内側平坦ストリーム 8 2 より少量の材料を含むことができる。

【 0 0 4 8 】

液体が端縁部 7 6 から離れるフロー速度が十分に速い場合、液だめ部 8 4 から液体の自由噴流 8 6 が形成される。自由噴流 8 6 は、その遠位端部で回転エレメント 8 8 に分割する。回転エレメント 8 8 は、自由噴流 8 6 から飛翔している間に、図では二つの連玉状円筒形の磁石 9 0 , 9 2 によって生成される安定した磁界 9 4 を通過する。回転エレメント 8 8 が磁界を通過するにつれて、磁性顔料を含む回転エレメント 8 8 部分が磁化される。各回転エレメント 8 8 は、通る軌道に対して同一の向きに向けられているため、それらの幾何学的極部に対して等しく磁化される。

【 0 0 4 9 】

高粘性の硬化可能液体を使用する場合は球 8 8 の代わりに、円筒状に対称的な回転エレメントの作成に適する、等しく磁化されたフィラメントが形成される。

【 0 0 5 0 】

図 1 8 に示すように、大きな黒の磁化セグメント 6 4 と、そのセグメント 6 4 から白または着色された非磁化セグメント 6 6 によって分離される唯一の小型極部磁性セグメント 6 8 とを用いた、より単純な回転エレメント 6 2 が所望される場合は、三つの表面のみを使用する。一つの表面を大きな黒の磁化セグメントに、別の一つを白または着色された非磁化セグメントに、そして最後の一つを磁性極部セグメントに使用する。このエレメントは、二つの極部磁性セグメントを有する上述のエレメントとの使用上の互換性がある。

【 0 0 5 1 】

さらにこの装置は、図 1 9 に示すような、単一の小型極部磁性セグメント 3 2 6 および二

10

20

30

40

50

つの非磁化セグメント 3 2 2 , 3 2 4 を有する回転エレメント 3 2 0 の作成にも使用できる。その場合も、三つの表面のみを使用する。一つの表面を黒セグメントに、別の一つを白セグメントに、そして最後の一つを極部磁性セグメントに使用する。このようなエレメントは、図 4 に関連して上述した、大きなセグメントが磁化された (segmentally charge d) エレメントとの使用上の互換性がある。

【 0 0 5 2 】

シート 4 6 は、上述し図 1 1 に図示した薄層技術を用いて製造できる。均一に磁化された回転エレメント 3 4 を含む可塑化シート 4 6 が得られた後に、当業界で周知の手法で電界を印加することで、磁化回転エレメント 3 4 を共通の向きに揃える。その後、パウダ状の軟磁性体粒子 1 0 0 を含む未硬化エラストマー、エポキシ、または溶融ポリマーなどの未硬化または溶融材料の薄層 1 1 0 を、シリコンシートの片面に付着させる。パウダ状の軟磁性体粒子 1 0 0 は、回転エレメント 3 4 の極部磁性セグメント 5 8 に誘引されて移動し、前述のとおり軟磁性体パッド 4 2 を形成する。この時点で、粒子 1 0 0 を含む薄層 1 1 0 を硬化または別の方法で固体化させ、軟磁性体パッド 4 2 を固定する。

【 0 0 5 3 】

この軟磁性体パッド 4 2 の製造方法によって、軟磁性体パッド 4 2 の形状は回転エレメント 3 4 の形状に従う傾向があると理解される。たとえば軟磁性体パッド 4 2 は、わずかに湾曲して回転エレメント 3 4 の形状に沿う傾向がある。さらに、図 4 は球形または円筒形のどちらかの回転エレメント 3 4 の断面を示すと理解され、球形回転エレメント 3 4 ではパッドは円形に形成されやすく、円筒形回転エレメント 3 4 ではパッドは細長い形状に形成されやすい。

【 0 0 5 4 】

図 2 0 に、シリコンシート 4 6 の断面を示す。このシートも、図 4 に示すシート 4 6 の変形形態であり、同一の部材には同一の符号を使用する。シート 4 6 は、回転エレメント 5 2 を収納する油充填孔 3 6 を含む透明の光学的媒体 4 4 から成る。回転エレメント 5 2 は、たとえば黒セグメント 5 4 および白セグメント 5 6 を含む、二色エレメントである。回転エレメント 5 2 はさらに、二つの小型極部磁性セグメント 5 8 , 6 0 を有する。極部磁性セグメント 5 8 は黒セグメント 5 4 に隣接し、極部磁性セグメント 6 0 は白セグメント 5 6 に隣接する。さらに、セグメント 5 4 , 5 6 の接合部 7 0 を赤道線として見た場合、磁性セグメント 5 8 , 6 0 は回転エレメント 5 2 の「極地」に位置する。

【 0 0 5 5 】

図 2 0 に示すとおり、二つの軟磁性体パッド 4 2 が、透明光学的媒体 4 4 内にて油充填孔 3 6 に隣接して、互いに反対側に配置される。二つの磁性セグメント 5 8 , 6 0 が二つの軟磁性体パッド 4 2 と相互作用することで、磁界によって制御される限界値を有する二つの回転位置を、回転エレメントにおいて実現する。各磁性セグメント 5 8 , 6 0 は、図 4 に関連して上述したのと同じ要領で、軟磁性体パッド 4 2 の一つと相互作用する。すなわち、回転エレメント 5 2 の磁性セグメント 5 8 , 6 0 の一つが、油充填孔 3 6 の傍らに埋設された軟磁性体パッド 4 2 の一つに隣接する時、強い磁力が回転エレメント 5 2 を固定する傾向にある。これは、回転エレメント 5 2 の磁性セグメント 5 8 , 6 0 と軟磁性体パッド 4 2 との間の距離が、回転エレメントの磁性部分の寸法に比べて極めて短いからである。実際的には、回転エレメント 5 2 と軟磁性体パッド 4 2 との間の分離距離 D_s は、回転エレメント 5 2 の直径 d × 因数 3 の値以下であるべきである。軟磁性体パッド 4 2 は、回転エレメントの直径 d の $1/4$ 以上の長さ l を有することが好ましい。長さ l の上限に関する唯一の制限条件は、周囲の回転エレメントまたはそれらの磁性体パッドの妨げになるほど大きくないことである。その条件は、シリコンシート 4 6 のパッキング密度によって決定される。パッキング密度に依存して軟磁性体パッド 4 2 の長さ l は、回転エレメント 5 2 の直径 d と同じ大きさ、回転エレメント 5 2 の直径 d の二倍の大きさ、またはそれ以上にすることも可能である。生成された磁力によって、回転エレメント 5 2 はラッチされる。さらにこの磁力が存在するため、油充填孔 6 2 内で回転エレメント 5 2 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。回転エレメント 5 2 が短い距離を回転

した直後に、それまで隣接していた軟磁性体パッド42から極部磁性セグメントが受ける力は極めて低減する。そして回転エレメント52の動作は、印加電界によって支配される。

【0056】

二つの極部磁性セグメントおよび二つの軟磁性体パッドを有する回転エレメント52によって、双方の回転状態において限界値が得られる。回転エレメントの所望の各向きに一つずつ、合計二つの極部磁性セグメント58, 60および二つの軟磁性体パッド42を使用することにより、上述し図4に示した実施形態とは異なり、両状態における限界値を制御できる。また、回転エレメント52の磁化部分は、二つの小型極部磁性セグメントに限定される。この変形形態は、図4に示す回転エレメントの磁化セグメント40に、図20に図示する回転エレメントに示すタイプの極部磁性セグメント58を一つ組み合わせた回転エレメントを用いて実施することが可能である。だがしかし、図20に示すように二つの小型極部磁性セグメント58, 60を用いた方が、より細かく精密な制御が可能になる。これらの向上点は、非能動的アドレッシングを効果的に実施するために必要な、シャープな限界値およびイメージ保存条件を達成するのに有用である。

10

【0057】

回転エレメント52およびそれらのエレメントを用いたシートの製造方法は、他の構成との関連で既に上述されており、それらの方法をこの実施形態にも適用できる。

【0058】

上述の多様な実施形態では、軟磁性体パッドを回転エレメントの一方または両方の極部の近くに配置した。この配置は強磁性軟磁性体にとっては都合のよい位置だが、光が軟磁性体を通過できないという欠点をもたらし、それによりジリコンシートに望まれる視覚的特性が幾分か損失されることがある。たとえば、ディスプレイの輝度が低減するかもしれない。したがって、磁界および軟磁性体を用いたジリコンデバイスを、軟磁性体を光学的観察経路(optical viewing path)に含まない状態で製造することが望ましい。以下に、図4に示すシートの別の変形形態を説明し、その際に同様の部材には同一の符号を使用する。

20

【0059】

図21に、上記と同様に油充填空孔36を有する透明光学的媒体44によって構成されるジリコンシート46を示す。ただし油充填空孔36は、第一の色の端部セグメント114と、第一の色と異なる第二の色の端部セグメント116とを有する二色回転エレメント112を収納する。端部セグメント114, 116の間に、磁性セグメント118が挟まれている。磁性セグメント118は、厚さ t を有する比較的薄いセグメントであり、回転エレメント112のほぼ中央を分断するように延伸する。不連続体の軟磁性体パッドの代わりに、ここでは軟磁性体ループまたはリング120の形状の軟磁性体パッドが、油充填空孔36のほぼ中央線に沿って油充填空孔36の周囲に備えられる。回転エレメント112が球形状に対称である場合、軟磁性体リング120はたとえば土星の輪のように、実質的に円形である。しかし回転エレメント112が円筒状に対称である場合は、軟磁性体リング120は細長い。回転エレメント112は、二つの等しく安定的な向きを有し、各向きには、磁性セグメント118と軟磁性体リング120との間の磁界によって概ね制御されるシャープな限界値が伴う。実際的には、回転エレメント112と軟磁性体リング120との間の分離距離 D_s は、磁性セグメント118の厚さ $t \times$ 因数4の値以下であるべきである。軟磁性体リング120は、磁性セグメントの厚さ t の $1/4$ 以上の長さ l を有することが好ましい。長さ l の上限に関する唯一の制限条件は、周囲の回転エレメントまたはそれらの磁性体パッドの妨げになるほど大きくないことである。その条件は、ジリコンシート46のパッキング密度によって決定される。パッキング密度に依存して軟磁性体リング120の長さ l は、磁性セグメント118の厚さ t と同じ大きさ、磁性セグメント118の厚さ t の四倍の大きさ、またはそれ以上にすることも可能である。

30

40

【0060】

動作は、上述の例に類似する。磁性セグメント118は、図4および図18に関連して上

50

述したのと同じ要領で、軟磁性体リング 1 2 0 と相互作用する。すなわち、回転エレメント 1 1 2 の磁性セグメント 1 1 8 が、油充填孔 3 6 の傍らに埋設された軟磁性体リング 1 2 0 に隣接する時、強い磁力が回転エレメント 1 1 2 を固定する傾向にある。この磁力によって、回転エレメント 1 1 2 はラッチされる。さらにこの磁力が存在するため、油充填孔 3 6 内で回転エレメント 1 1 2 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。短い距離を回転した直後に、回転エレメント 1 1 2 が軟磁性体リング 1 2 0 から受ける力は極めて低減する。そして回転エレメント 1 1 2 の動作は、印加電界によって支配される。

【 0 0 6 1 】

この構成により、回転エレメント 1 1 2 の各側が磁性ラッチ部材に邪魔されずに観察される状態でラッチできる。

10

【 0 0 6 2 】

図 2 1 に示す回転エレメント 1 1 2 の製造には、一つ以上の小型極部磁性セグメントを有する回転エレメントの作成に関連して上述したのと同様に、修正を加えた複数回転ディスクアセンブリ、または他の平坦ストリーム式 / 自由噴流式装置を要する。

【 0 0 6 3 】

二つのセパレータ部材が必要だが、三つの液体供給表面のみを使用する。一つの表面は一方の着色端部セグメントに、別の一つは他方の異なる着色の端部セグメントに、そして最後の一つは磁性セグメントに使用する。また上記と同様に、図 1 6 および図 1 7 に示すように、回転エレメントを製造工程の間に磁界に通過させることによって、各回転エレメント内の磁性セグメントを磁化できる。

20

【 0 0 6 4 】

軟磁性体リング 1 2 0 もまた、図 9 に示す単一ラッチ状態を提供する軟磁性体パッドに関して上述したシート製造方法 1 と同じ工程を用いて製造できる。磁化された回転エレメント 1 1 2 を、オハイオ州クリーブランドのフェロコブ社製の黒顔料 # V - 3 0 2 などの軟磁性体パウダと混合する。パウダ粒子が、磁化された磁性セグメントの周囲に密集する。流動床の使用か、またはボール (回転エレメント) をスクリーンに配置して制御空気ジェット 1 0 4 で洗浄することにより、過剰の粒子を除去する。続いて回転エレメント 1 1 2 を液体エラストマー脂と混合し、平坦な表面上に薄層状に広げてシートを形成する。続いてこのシートを、二つの平坦な磁石の間に配置する。これらの磁石によって生成される磁界は、磁化回転エレメントが向きを揃えて整列するよう回転させる。この磁界を印加している間に、当業界で周知の手法でシートを丈夫なシリコンエラストマーに硬化させる。硬化後にエラストマーを、同じく周知の手法で、油浴に配置することで膨張させる。パウダ状軟磁性体粒子はこのようにして、エラストマー基体に組み入れられ、回転エレメント 1 1 2 の磁化セグメント 1 1 8 付近に軟磁性体リング 1 2 0 を形成する。

30

【 0 0 6 5 】

代替案では、軟磁性体リング 1 2 0 は、図 1 2 に示す単一ラッチ状態を提供する軟磁性体パッドに関して上述したシート製造方法 3 と同じ工程を用いて製造できる。軟磁性体リング 1 2 0 は、未硬化エラストマー内に軟磁性体パウダおよび磁化回転エレメント 1 1 2 を混合することによって形成できる。この混合物を、表面上にて未硬化シートに形成し、硬化を遅らせることで顔料粒子が回転エレメント 1 1 2 の磁化セグメントに誘引されるようにする。顔料粒子が磁化セグメントに誘引される理由は、磁化セグメントが自身の周囲に極めて不均一な磁界を形成するからである。この磁界が、顔料粒子を回転エレメントの磁化セグメントへ移動させる機械的力を供給する。この工程が十分に実行された後、均一な磁界をシートに印加する。それによって、回転エレメントおよび付着した軟磁性体顔料粒子は、向きを揃えて整列するよう回転される。この磁界が連続的に印加されている間に、エラストマーシートは当業界で周知の手法で硬化される。続いてシートは、同様に周知の手法で膨張される。

40

【 0 0 6 6 】

以上まで、磁化エレメントと共に軟磁性体を用いたジリコンデバイスの説明に焦点を当て

50

てきた。軟磁性体は、外部からの強い磁界に露出されると強い双極磁力を発生するが、外部磁界に露出されなくなった時には残存磁性を有意レベルで保持できない材料である。しかし、硬磁性体を用いた実施形態も可能である。硬磁性体は、外部磁界の助力を得なくても有意レベルの磁性を保持できる材料である。これらのデバイスは、連続的磁界によって回転エレメントを所定位置にトラップし、非常に強い電界または逆極性の磁界の印加によってその磁界が克服されてエレメントが回転するまでトラップしつづけるため、磁性トラップデバイスと称される。

【 0 0 6 7 】

図 1、図 2、および図 3 に示した回転可能な光学的ジリコンエレメントは、エレメントの形状に沿った空孔内に閉じ込められている。したがって、光学的状態間の切換えの双安定性が確実であり、切換え限界値が修正可能な磁性トラップを形成することが可能である。図 2 2 に、図 4 に示す構造の変形形態を示し、同一の部材には同じ符号を使用する。

【 0 0 6 8 】

図 2 2 に、回転エレメント 3 4 を収納する油充填空孔 3 6 を有する透明光学的媒体 4 4 から成るジリコンシートを示す。回転エレメント 3 4 の一方のセグメント 4 0 は第一の色であり、他方のセグメント 3 8 は第二の色である。図 2 2 に示す回転エレメント 3 4 は、図 4 に示す二色回転エレメント 3 4 と同じものであり、回転エレメント 3 4 のセグメント 4 0 は、少なくともある部分が永久的に磁化可能な顔料によって構成される。図 1 9 に関連して述べたように、回転エレメント 3 2 0 には、本図および他の図にわたって示す回転エレメント 3 4 との使用上の互換性がある。永久的に磁化された粒子 1 3 2 から成るパッド 1 3 4 が、各油充填空孔 3 6 に隣接し回転エレメント 3 4 の範囲に集中して設けられている。これは、軟磁性体から成るパッドを有する図 4 の構造とは異なる。回転エレメント 3 4 の磁化セグメント 4 0 が回転してパッド 1 3 4 に隣接した時に、磁化セグメント 4 0 とパッド 1 3 4 とが互いに最大限に誘引されるように、パッド 1 3 4 および回転エレメント 3 4 の磁化セグメント 4 0 は磁化される。これは、磁化セグメント 4 0 およびパッド 1 3 4 を図に示すとおり極性化することによって達成される。図中の「N」および「S」はそれぞれ、北極および南極を表す。したがって回転エレメントは、図 2 2 に示すとおり回転された時、磁界 H によって固定される。さらに、磁性パッド 1 3 4 は磁性セグメント 4 0 に匹敵する寸法であるため、これらの両部材によって回転エレメント 3 4 の付近に生成される磁界 H は極めて非均一である。

【 0 0 6 9 】

図 2 3 に、同じジリコンシート 4 6 を、図 2 2 と逆の配置に回転エレメント 3 4 を回転した状態で示す。すなわち回転エレメント 3 4 は、磁性セグメント 4 0 がパッド 1 3 4 から離れた方向に面するように回転されている。図 2 3 からわかるように、磁性セグメント 4 0 およびパッド 1 3 4 の極は、同一の極が互いに面するよう配置され、現時点で磁性セグメント 4 0 およびパッド 1 3 4 は互いに反発する。

【 0 0 7 0 】

図 2 3 に示す構成が安定的であるためには、回転エレメント 3 4 が滑って回転 (slip rotation) してはならない。回転エレメントを一方の光学的位置から他方に切り換える際に、回転エレメントが空孔内を横断しながら回転することが、実験結果によって確認されている。時には、回転エレメントは空孔の壁に沿って転がることもある。アドレス電極に隣接する空孔壁に到達すると、回転エレメントはすべての回転運動を止める。これらの回転エレメントは、空孔壁と接触した状態で滑って回転することはなく、転がって回転するのみである。

【 0 0 7 1 】

そのようにして、磁性セグメント 4 0 が上を向いた回転エレメント 3 4 は、磁界によって空孔壁に押し付けられる。空孔壁を転がることもあるが、空孔壁の最上部に到達すると、それ以上の回転は磁性セグメント 4 0 を磁性パッド 1 3 4 に近づけることになるため、この動作は磁界 H の反発力によって阻止される。したがってこれが、回転エレメントの磁界 H に対する第二の安定的配置である。

【 0 0 7 2 】

このシートは、単一ラッチ状態を有するジリコンを含む軟磁性体パッドデバイスの製造に関して前述したいずれの方法によっても製造できる。その際、ニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ 0 3 1 1 8 2 などの永久的磁化が可能な粒子で、軟磁性体粒子を代替する。

【 0 0 7 3 】

磁性セグメントに匹敵する寸法の極めて非均一な磁界 H を実現する他の手段も存在する。図 2 4 に代替の実施形態を示し、同一の符号を用いて同一の部材を示す。ここでもジリコンシート 4 6 は、回転エレメント 3 4 を収納する油充填空孔 3 6 を有する透明光学的媒体 4 4 から成る。図 1 9 に示す回転エレメント 3 2 0 を使用することもできる。

10

【 0 0 7 4 】

しかし、永久的磁化粒子 1 3 2 のパッド 1 3 4 の代わりに磁性パッド 1 5 2 が、ジリコンシート 4 6 の一方の表面に付着されている。磁性パッド 1 5 2 は、均一に永久的に磁化されたゴムシートによって構成される。ゴムシートは、食刻領域 1 5 6 が除去されており、磁性隆起部 1 5 4 が形成されている。食刻の深さが、この磁石によって生成される磁界の非均一要素の強さを決定する。磁性隆起部 1 5 4 は、回転エレメント 3 4 と同程度 (same order) の寸法を有する。そして、各磁性隆起部 1 5 4 がそれぞれの油充填空孔 3 6 と整列するように、磁性パッド 1 5 2 はジリコンシートに整列される。回転エレメント 3 4 の磁化セグメント 4 0 が回転して磁性パッド 1 5 2 の磁性隆起部 1 5 4 に隣接した時に、磁化セグメント 4 0 と磁性隆起部 1 5 4 とが互いに最大限に誘引されるように、回転エレメント 3 4 の磁化セグメント 4 0 は磁化される。これは、磁化セグメント 4 0 および磁性隆起部 1 5 4 を図に示すとおりに極性化することによって達成される。図中の「N」および「S」はそれぞれ、北極および南極を表す。したがって回転エレメントは、図 2 4 に示すとおり回転された時、磁界 H によって固定される。さらに、磁性隆起部 1 5 4 は磁性セグメント 4 0 に匹敵する寸法であるため、これらの両部材によって生成される磁界 H は極めて非均一である。

20

【 0 0 7 5 】

ジリコンシート 4 6 は、ジリコンシート作成のためのいずれかの従来周知の技術と、磁性回転エレメントとを使用して製造することができるが、特に、内部に回転エレメントを規則的行列にて配置したシートを形成する製造技術を用いると、磁性パッド 1 5 2 の製造および整列が簡単になる。そのような製造技術の一つは、「枳形 (eggcrate)」ディスプレイである。「枳形」ディスプレイでは、回転エレメントの極めて規則的な幾何学的パターンが形成される。それにより、回転エレメントと光学的部材などの付属部材 (この場合はパターン付きの磁性パッド) との正確な整合および整列が可能になる。

30

【 0 0 7 6 】

パターン付き磁性パッド 1 5 2 は、「ゴム化磁石」のシートから作成できる。「ゴム化磁石」と呼ばれる理由は、ゴム結合剤内に分散された高濃度の磁性顔料粒子から成るからであり、その部材を数種の周知の方法によってパターン形成する。その方法の一つは、フォトレジストを用いてゴム化磁石の表面をコーティングすることである。その後、フォトレジストを、当業界で周知の手法でマスクおよびパターン形成する。プラスのフォトレジストを使用した場合、ジリコンシートそのものをマスクとして用いることができる。回転エレメント 3 4 が、磁性隆起部が所望される箇所への光線をブロックする。ジリコンシート 4 6 をマスクとして使用して磁性パッド 1 5 2 のミクロ構造を形成すれば、磁性隆起部 1 5 4 が正確な外形サイズになり回転エレメント 3 4 に精密に整列することが確実となり、整列に関する問題がいくらか緩和される。フォトレジストを露光し現像した後、硝酸や硫酸などの酸の使用、またはプラズマ放出エッチング工程によって、ゴム化磁石を食刻できる。エッチングの深さ、すなわち磁界の空間的变化部分の強さは、酸の強さおよび酸内での滞留時間によって決定される。

40

【 0 0 7 7 】

別の周知の方法では、ゴム化磁石のシート上に薄いアルミニウムマスクを形成する。この

50

シートをフォトレジストでさらにコーティングし、上記のようにシリコンシート46をフォトマスクとして用いながらそのフォトレジストを露光する。プラスのフォトレジストを使用した場合、露光された領域が除去される。硝酸などの酸によるエッチングによって、回転エレメント34の位置に相当する領域に、光学的に反射するアルミニウムミラーが残される。続いてゴム化磁石のシートを、レーザーまたは強い白熱灯などによる強力な光源に露出する。強力な光源は、キュリー点より高い温度に加熱することによって、(光を反射する)アルミニウムマスクによって保護されていないゴム化磁石部分の磁性性質を破壊する。キュリー点より高い温度に加熱されたゴム化磁石領域は、磁性を損失する。この工程は、磁性隆起部154の形成のための材料の除去は実際には行わないが、効果は同じである。

10

【0078】

パターン付き磁性パッド152を形成した後、適切な接着剤または機械的クランプデバイスを用いて、磁性パッド152をシリコンシートに整列させ付着させる。別の方法では、シリコンシートの表面を未硬化シリコンゴムの層でコーティングし、それをゴム化磁石に付着させる。続いて、このように形成された複合シートの端縁部をクランプし、シリコンゴムの硬化させる。シリコンゴムシートは不十分にしか接着しないが、シート端縁部のクランプが、層間剥離を防止する。

【0079】

極めて非均一な磁界Hを実現する他の手段では、磁性セグメントに匹敵する寸法を有する磁石を用いる。図25にその実施形態を示す。図25に示す構造は、図4に示す構造の変形形態であるため、同一の符号を使用して同じ部材を示す。図25に、回転エレメント34を収納する油充填孔36を有する透明光学的媒体44から成るシリコンシート46の実現形態を示す。回転エレメント34の一方のセグメント38は第一の色であり、他方のセグメント40は第二の色である。図25に示す回転エレメント34は、図4に示す二色回転エレメント34と同じものであるが、図19に示す回転エレメント320を使用してもよい。二色回転エレメントのセグメント40は顔料を含み、その少なくともいくらかは、磁気記録テープに使用されるものと同様に永久的に磁化可能である。そのような顔料は、一例は、ニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ031182である。

20

【0080】

ここでは、図25に示す永久磁化粒子132のパッド134の代わりに、強磁性エレメント174を収納する第二の油充填孔172が設けられる。図には丸い強磁性エレメントを示すが、強磁性エレメント174が丸い必要はなく、むしろ丸くない方が好ましいかもしれないと認識されるべきである。その理由は、シリコンシート46のその後の寿命期間中に、強磁性エレメント174自身が回転すべきでないという制約に基づく。その回転防止は、数種の手法によって実現できる。第一の手法は、強磁性エレメントを、少なくとも一部分において透明光学的媒体に付着させることである。また、回転を妨げる突起部または鋭いエッジを含むなどの回転し難い形状に、強磁性エレメント174を形成することによっても、上記効果は達成される。さらに上記効果は、可塑化油内で膨張された時にシリコンエラストマーから解放されにくい磁性ボールを使用することによっても達成される。最後に、薄い永久磁性層176を使用して、強磁性エレメント174を正しい向きに保持することもできる。そのような薄い磁性層は、薄いシート状磁石、磁性粒子の薄層、または他の手段によって構成され得る。球状の強磁性エレメント174を用いることの利点は、回転エレメント34の形成と同じ工程を使用することである。それにより、寸法を良好に管理でき、強磁性エレメント174の寸法が確実に回転エレメント34と同程度になる。

30

40

【0081】

各強磁性エレメント174がそれぞれ回転エレメント34と整列するように、強磁性エレメント174はシリコンシート46内に整列される。強磁性エレメント174は、磁性顔料によって構成してもよいし、より強い磁界を得るために稀土材料によって構成してもよ

50

い。回転エレメント 34 の磁化セグメント 40 が回転して強磁性エレメント 174 に隣接した時に、磁化セグメント 40 と強磁性エレメント 174 とが互いに最大限に誘引されるように、回転エレメント 34 の磁化セグメント 40 は磁化される。これは、磁化セグメント 40 および強磁性エレメント 174 を図に示すとおりに極性化することによって達成される。図中の「N」および「S」はそれぞれ、北極および南極を表す。したがって回転エレメントは、図 26 に示すとおりに回転された時、磁界 H によって固定される。さらに、強磁性エレメント 174 は磁性セグメント 40 に匹敵する寸法であるため、これらの両部材によって生成される磁界 H は極めて非均一である。

【0082】

図 25 に示すシリコンシート 46 はまず、図 26 に示すように、非磁化強磁性エレメント 174 を含む未硬化エラストマー 182 から成る強磁性粒子層 178 を形成することによって作成される。強磁性粒子層 178 は、テフロンなどの解放層 (release layer) 180 の上に形成すべきである。強磁性粒子層 178 が部分的に硬化した後、回転エレメント 34 を含む第二の未硬化エラストマー 186 の層を塗布し、図 27 に示すように回転エレメント層 184 を形成する。第二のエラストマー層 186 の厚さは、回転エレメント 34 の直径より大きくするべきだが、回転エレメント 34 の直径の二倍より小さいことが好ましい。層 186, 178 に垂直な方向に、均一な磁界 188 を印加する。均一な磁界 188 によって、回転エレメント 34 は強磁性エレメント 174 を検出してそれに整列し、さらにストリング 190 のような数珠つなぎの回転エレメントも形成され得る。これは周知の作用であり、電子写真において使用する「磁性ブラシ」現像システムの基礎である。この時点で、回転エレメント層 184 および強磁性粒子層 178 による複合構造を硬化する。この硬化工程の間に、両層 178, 186 は互いに接着される。

【0083】

硬化後、ストリング 190 を形成した過剰の回転エレメント 34 は、硬化したエラストマー 186 から突出しているので、ナイフまたは軽い摩擦によって簡単に除去できる。硬化した回転エレメント層 184 および強磁性粒子層 178 による複合構造は、解放層 180 から除去され、図 25 に示すシリコンシート 46 の製造時と同様に当業界で周知の手法で膨張される。

【0084】

以上に、軟磁性体を含むものと、硬磁性体を含むものとの、二分類の改良型シリコンおよびそれらの動作を説明した。しかし、両タイプの磁性体を含むハイブリッドデバイスも実現可能である。

【0085】

図 28 において、図 4 および図 24 の両方に示した実施形態の磁性エレメントを含むシリコンシート 46 を示すため、同じ符号を使用して同じ部材を示す。図 28 に、磁性作用を用いるシリコンシート 46 の一部の断面を示す。白黒二色の球状または円筒状に対称的な回転エレメント 34 が図示される。黒の磁化セグメント 40 は黒の顔料によって構成され、黒の顔料の一部は永久的に磁化可能である。図 19 に示す回転エレメント 320 を、回転エレメント 34 の代わりに使用することもできると認識すべきである。また、ここで黒と白を使用しているのは単に例示のためであり、いずれの色をも選択できると認識すべきである。白の非磁化セグメント 38 は通常の方法によって構成されており、磁化できない。この回転エレメントは、油充填空孔 36 に収納されている。図 4 と同じように、軟磁性体パッド 42 が各回転エレメントの空孔構造の近くに組込まれている。回転エレメント 34 はさらに、油充填空孔 36 内の液体との接触下および電界の存在下にて電位を発生する材料から成る。それにより、回転エレメント 34 の二つのセグメント 38, 40 はそれぞれ、互いに異なる電位を発生する。さらに、磁性パッド 152 が、軟磁性体パッド 42 の反対側のシリコンシート表面に付着されている。磁性パッド 152 は、均一に永久的に磁化されたゴムシートによって構成される。ゴムシートは図 24 に関連して前述したとおり、食刻領域 156 が除去されており、磁性隆起部 154 が形成されている。動作時にはこのデバイスは、上述の磁性トラップデバイスと同様に機能し、それに加えて軟磁性体パッ

ド４２によって、回転エレメント３４が磁性パッドから離れて配置され反発されている状態での安定性が向上される。この構成には、単一の極部磁性セグメント、二つの極部磁性セグメント、または単一の極部磁性セグメントおよび磁性セグメントを有する回転エレメントなどの、上述の他の回転エレメントを用いることもできると認識すべきである。

【００８６】

代替実施形態を、図２９に示す。図２９は、図２８で使用したものと同一部材を使用した類似のシートの断面図であるが、パターン形成された磁性パッド１５２が、実質的に均一な薄い軟磁性体層２１０によって代替されている。この実施形態でも、図１９に示す回転エレメント３２０を使用できると認識すべきである。

【００８７】

軟磁性体層２１０は、前述の軟磁性体パッド４２と同様に機能する。回転エレメント３４の磁性セグメント４０は、磁性セグメント４０と軟磁性体層２１０との間に非均一な磁性誘引力を発生させる。この磁力によって、回転エレメント３４は油充填空孔３６の壁に付着される。さらにこの磁力が存在するため、油充填空孔３６内で回転エレメント３４の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。ただし、印加電界の値を増大させることを除けば、上述または当業界で周知のいずれのアドレス方法によってシリコンシート４６をアドレスしてもよい。回転エレメント３４が短い距離を回転した直後に、回転エレメント３４が受ける軟磁性体層２１０との相互作用による力は極めて低減する。そして回転エレメント３４の動作は、印加電界によって支配される。

【００８８】

図３０および図３１に、図２８に示す実施形態の磁性部材を有するシリコンシート４６を図示するため、同一の部材は同一の符号を用いて示す。図３０は、磁気的作用を用いたシリコンシートの一部の断面を表す。球形回転エレメント２００が、油充填空孔３６内に収納されている。回転エレメント２００は、前述の回転エレメントとは異なる。回転エレメント２００は、二つの透明端部セグメント２０２、２０６と、それらの二つの透明端部セグメント２０２、２０６に挟まれた薄い中央着色セグメント２０４とを有する。さらに回転エレメント２００には、前述したものと同一タイプの極部永久磁性セグメント２０８が、一方の透明端部セグメント２０６に隣接して設けられる。回転エレメント２００は、二つの光学的状態を有する。第一の状態では、図３０に示すとおり、中央着色セグメントを観察者に対して表示する。しかし、回転エレメント２００を９０°回転させると、中央着色セグメント２０４は端縁部のみが観察される。回転エレメント２００は実質的に透明に見え、担持体シート２１２が観察される。担持体シート２１２は、白、黒、または着色されていてもよく、あるいは周知の手法でパターン形成されていてもよい。透明端部セグメントおよび薄い中央着色セグメントを含む回転エレメントを用いたシリコンデバイスは、当業界で周知である。

【００８９】

図３０および図３１に示すとおり、軟磁性体パッド４２が各回転エレメントの空孔構造の近くに組込まれている。磁性パッド４２は、図２８に示すように油充填空孔３６を挟んで磁性パッド１５２の反対側ではなく、油充填空孔３６の片方の横側に配置されることに留意されたい。それは、回転エレメント２００において二つの回転位置を実現するためである。それらの位置は、互いの間に９０°の角度を形成する。磁性パッド１５２は上述のとおり、食刻領域１５６が除去されて磁性隆起部１５４が形成され、均一に永久磁化されたゴムシートによって構成される。

【００９０】

動作時にはこのデバイスは、上述の磁性トラップデバイスに、追加の回転位置が軟磁性体パッド４２によって付加されたものとして機能する。極部磁性セグメント２０８は、磁性パッド１５２または磁性パッド４２と相互作用し、上述の磁性ラッチを実施する。磁性パッド１５２で固定された位置から回転エレメント２００を回転させる場合、極部磁性セグメント２０８が軟磁性体パッド４２に確実に隣接する方向に回転しないかもしれないと認識すべきである。そのため、図３０に示す第一の状態から図３１に示す第二の状態に移動

10

20

30

40

50

する時に、完全に90°回転させないことがおそらく望ましい。わずかに少なく回転させることにより、回転エレメントが第一の状態に戻る時に、第一の状態から回転した時に通った経路を確実に通る。回転エレメント200の回転における極部磁性セグメント208の向きは、電界内での回転エレメント200の向きによって決定されると認識すべきである。

【0091】

図19に示す回転エレメント320が回転エレメント200と磁氣的に同等であり、そのエレメント320を、上記と同様に構成され90°ラッチを用いるジリコンシートに使用することもできると認識される。回転エレメント200は、一つの実質的に透明な状態と一つの着色された状態との二つの別個の状態を提供するが、回転エレメント320は三つの状態を提供し得る。それらの状態とは、図30に関連して説明した二つの磁性ラッチ状態に加え、90°ラッチ状態を含む。90°ラッチを実施することの利点は、回転エレメントが、二つの非磁化セグメント322, 324の各色の半分を表示することである。非磁化セグメントに、たとえば黒および白を選択した場合は、90°ラッチ状態によって黒1/2および白1/2、すなわちグレーが表示される。

【0092】

図32および図33に、代替実施形態を示す。図32および図33は、図30および図31と同じ部材を用いた類似のシートの断面図を表す。ただし、パターン形成された磁性パッド152が、図25で使用した実質的に均一な薄い軟磁性体層210によって代替されている。このデバイスは、図29に関連して上述したデバイスと同じように機能する。

【0093】

軟磁性体層210は、上述の軟磁性体パッド42と同様に機能する。回転エレメント200の磁性セグメント208は、磁性セグメント208と軟磁性体層210との間に非均一な磁性誘引力を生成する。この磁力によって、回転エレメントは油充填孔の壁に付着される。さらにこの磁力が存在するため、油充填孔36内で回転エレメント200の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。なぜなら、電界はまず磁力を克服してから、回転エレメント200を回転させなければならないからである。ただし、印加電界の値を増大させることを除けば、上述または当業界で周知のいずれのアドレス方法によってジリコンシート46をアドレスしてもよい。回転エレメント200が短い距離を回転した直後に、回転エレメント200が受ける軟磁性体層210との相互作用による力は極めて低減する。そして回転エレメント200の動作は、印加電界によって支配される。このようにして、極部磁性セグメント208が軟磁性体パッド42または軟磁性体層210に隣接するそれぞれの位置に配置された時に、回転エレメント200はそれぞれ、軟磁性体パッド42または軟磁性体層210に誘引される。それにより軟磁性体パッド42および軟磁性体層210は、回転エレメント200の回転において二つの安定位置を提供する。

【0094】

この回転エレメントは、修正を加えた複数回転ディスクアセンブリ、または他の平坦ストリーム式/自由噴流式装置によって、当業界で周知の手法に従って製造できる。製造工程および装置は、図16および図17に関連して上記に詳述した。回転エレメント200の製造には、図16および図17に示したものと同一4ストリーム工程を要する。一つのストリームを極部磁性セグメントに、二つのストリームをそれぞれ二つの透明端部セグメントに、そして最後の一つのストリームを中央着色セグメントに使用する。

【0095】

シートは、図7から図12に示した単一ラッチ状態を有するジリコンに関連して上述したシート製造技術による製造方法1または製造方法3のどちらかを用いて製造できる。ただし、90°ラッチが可能なシートを作成する場合は、図7および図12に示すように強い磁界を印加して回転エレメントを共通の方向に向かせる際に、磁界108は図34に示すとおり、未硬化シート106の面に対して平行する方向に印加しなければならないと認識すべきである。軟磁性体層は、シート製造方法2で説明した技術を用い、粒子移動が実施される前に層を固体化させることによって設けてもよい。他の点では、製造工程は同じで

ある。

【 0 0 9 6 】

以上までに説明したデバイスはすべて、円筒状または球状のどちらかの対称性を有することが可能であったが、回転円柱体の特異なケースにおいて、限界値制御および双安定ラッチのための磁気的な修正を適用することによっても同じ結果が達成できる。これらの円柱体のケースに特異的な特性が存在し、それについて追加の説明が必要である。

【 0 0 9 7 】

PCT特許出願WO 97 / 5 0 0 7 1号には、円筒状に回転するシリコン光学的エレメントが開示されている。それらの円筒状エレメントの独特な利点は、混色および彩度の強い基本色の両色の表示が可能なディスプレイを形成できることである。そのエレメントを、
図 3 5 に示す。図 3 5 は、前に示したものと同一ような、回転エレメント 2 2 6 を収納する油充填空孔 2 2 4 を有する透明光学的媒体 2 2 2 から成るシリコンシート 2 2 0 を示す。
ただしこの回転エレメント 2 2 6 は、透明円柱体 2 2 8 内に収納された多面表示表面体 2 3 0 によって構成されている。この実施形態では、多面表示表面体 2 3 0 は三つの表示表面 2 3 2 , 2 3 4 , 2 3 6 を有する。各表示表面には黒、白、または多様な明るさのグレーなどの別個の色を選択できる。それにより、グレースケール表示、ハイライト色表示、あるいはフルカラー RGB 表示さえ可能なシリコンシートが提供される。以下の説明において、三つの表示表面 2 3 2 , 2 3 4 , 2 3 6 にはそれぞれ、赤、青、および緑が選択され、フルカラー RGB 表示が実現されたと仮定する。前述のケースと同様に、エレメントは電界（図示せず）を印加することでアドレスされ、それにより回転エレメント 2 2 6 は所望の向きへ回転される。

【 0 0 9 8 】

図 3 6 は、図 3 5 に示すシリコンシート 2 2 0 に、磁性ラッチを可能にする修正を加えたものを表す。したがって、同一の部材は同一の符号を用いて示す。図 3 6 では回転エレメントは、観察者 O によって赤の表示表面 2 3 2 が観察される位置に回転されている。回転エレメント 2 2 6 には、多面表示表面体 2 3 0 の各頂点部に磁性部分を含むよう修正を加え、磁性頂点部 2 4 0 , 2 4 2 , 2 4 4 が設けられている。磁性頂点部は、多面表示エレメントの各頂点部の角における小さな円柱として図示されるが、その形態である必要はない。頂点部全体が磁性でもよいし、他の形状の小さな磁性部分を頂点部に設けてもよい。付け加えると、頂点自体の全体を磁性にしてもよいが、磁性頂点部 2 4 0 , 2 4 2 , 2 4 4 が表示表面 2 3 2 , 2 3 4 , 2 3 6 上の観察される色を妨げないように、磁性頂点部は多面表示表面体に収納される小さな磁性部分として図示される。磁性頂点部 2 4 0 , 2 4 2 , 2 4 4 は、たとえば前述のようなニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ 0 3 1 1 8 2 などの永久的に磁化された磁性材料によって形成される。軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 は、前述のように、外部からの強い磁界に露出されると強い双極磁力を発生するが、外部磁界に露出されなくなった時には残存磁性を有意レベルで保持できない軟磁性体材料によって構成される。

【 0 0 9 9 】

動作時には、本実施形態のシリコンシートは、上述の他の実施形態と同様に機能する。すなわち、回転エレメント 2 2 6 の磁性頂点部 2 4 0 , 2 4 2 , 2 4 4 が、油充填空孔 2 2 4 の傍らに埋設された軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 に隣接する時、強い磁力が回転エレメント 2 2 6 を固定する傾向にある。これは、回転エレメント 2 2 6 の磁化部分と軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 との間の距離が、回転エレメント 2 2 6 の寸法に比べて極めて短く、それにより強い磁界が生成されるからである。軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 が図示のとおり、各回転エレメント 2 2 6 の油充填空孔 2 2 4 の近くに組込まれており、分離距離 D_s によって油充填空孔から分離されている。実際的には、分離距離 D_s は回転エレメントの直径 d × 因数 3 の値以下であるべきである。軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 は、回転エレメントの直径 d の $1/4$ 以上の長さ l を有することが好ましい。長さ l の上限に関する唯一の制限条件は、周囲の回転エレメントまたはそれらの磁性体パッドの妨げになるほど大きくないことである。その条件は、シリコンシ

ート 2 2 0 のパッキング密度によって決定される。パッキング密度に依存して軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 の長さ 1 は、回転エレメント 2 2 6 の直径 d と同じ大きさ、回転エレメント 2 2 6 の直径 d の二倍の大きさ、またはそれ以上にすることも可能である。生成された磁力によって、油充填孔 2 2 4 内で回転エレメント 2 2 6 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。回転エレメント 2 2 6 が短い距離を回転した直後に、回転エレメント 2 2 6 が受ける軟磁性体パッド 2 4 6 , 2 4 8 , 2 5 0 との相互作用による力は極めて低減する。そして回転エレメント 2 2 6 の動作は、印加電界によって支配される。

【 0 1 0 0 】

多面表示表面体 2 3 0 は、三つの表示表面 2 3 2 , 2 3 4 , 2 3 6 に限定される必要はないと認識されるべきである。例として図 3 7 に、図 3 6 に示すジリコンシートの変形を表し、同一の部材は同一の符号を用いて示す。図 3 7 は、前に示したものと同一ような、回転エレメント 2 6 0 を収納する油充填孔 2 2 4 を有する透明光学的媒体 2 2 2 から成るジリコンシート 2 2 0 を示す。ただしこの回転エレメント 2 6 0 は、透明円柱体 2 6 2 内に収納された四面の多面表示表面体 2 6 4 によって構成されている。この実施形態では、多面表示表面体 2 6 4 は四つの表示表面 2 6 6 , 2 6 8 , 2 7 0 , 2 7 2 を有する。各表示表面には黒、白、または多様な明るさのグレーなどの別個の色を選択できる。それにより、グレースケール表示、ハイライト色表示、あるいはフルカラー R G B 表示さえ可能なジリコンシートが提供される。以下の説明において、四つの表示表面 2 6 6 , 2 6 8 , 2 7 0 , 2 7 2 にはそれぞれ、赤、青、緑、および黒が選択され、フルカラー R G B 表示が実現されたと仮定する。前述のケースと同様に、エレメントは電界（図示せず）を印加することでアドレスされ、それにより回転エレメント 2 6 0 は所望の向きへ回転される。

【 0 1 0 1 】

図 3 7 では回転エレメントは、観察者 O によって赤の表示表面 2 6 6 が観察される位置に回転されている。回転エレメント 2 6 0 には、多面表示表面体 2 6 4 の各頂点部に磁性部分を含むよう修正を加え、磁性頂点部 2 7 4 , 2 7 6 , 2 7 8 , 2 8 0 が設けられている。各磁性頂点部は、多面表示表面体 2 6 4 の各頂点部の角における小さな円柱として図示されるが、その形態である必要はない。頂点部全体が磁性でもよいし、他の形状の小さな磁性部分を頂点部に設けてもよい。付け加えると、頂点自体の全体を磁性にしてもよいが、磁性頂点部 2 7 4 , 2 7 6 , 2 7 8 , 2 8 0 が表示表面 2 6 6 , 2 6 8 , 2 7 0 , 2 7 2 上の観察される色を妨げないように、磁性頂点部は多面表示表面体 2 6 4 に収納される小さな磁性部分として図示される。磁性頂点部 2 7 4 , 2 7 6 , 2 7 8 , 2 8 0 は、たとえば前述のようなニューヨーク州ブルックリンのライトインダストリーズ社製の黒の磁性顔料タイプ 0 3 1 1 8 2 などの永久的に磁化された磁性材料によって形成される。軟磁性体パッド 2 8 2 , 2 8 4 , 2 8 6 , 2 8 8 は、前述のように、外部からの強い磁界に露出されると強い双極磁力を発生するが、外部磁界に露出されなくなった時には残存磁性を有意レベルで保持できない軟磁性体材料によって構成される。軟磁性体パッド 2 8 2 , 2 8 4 , 2 8 6 , 2 8 8 の配置および寸法は、図 3 6 に関連して上述したものと同一パラメータに従う。

【 0 1 0 2 】

動作時には、本実施形態のジリコンシートは、上述の他の実施形態と同様に機能する。すなわち、回転エレメント 2 6 0 の磁性頂点部 2 7 4 , 2 7 6 , 2 7 8 , 2 8 0 が、油充填孔 2 2 4 の傍らに埋設された軟磁性体パッド 2 8 2 , 2 8 4 , 2 8 6 , 2 8 8 に隣接する時、強い磁力が回転エレメント 2 6 0 を固定する傾向にある。これは、回転エレメント 2 6 0 の磁化部分と軟磁性体パッド 2 8 2 , 2 8 4 , 2 8 6 , 2 8 8 との間の距離が、回転エレメント 2 6 0 の寸法に比べて極めて短く、それにより強い磁界が生成されるからである。この磁力が存在するため、油充填孔 2 2 4 内で回転エレメント 2 6 0 の回転を開始する際に、より大きな電界が必要になる。回転エレメント 2 6 0 が短い距離を回転した直後に、回転エレメント 2 6 0 が受ける軟磁性体パッド 2 8 2 , 2 8 4 , 2 8 6 , 2 8 8 との相互作用による力は極めて低減する。そして回転エレメント 2 6 0 の動作は、印加電

界によって支配される。

【 0 1 0 3 】

図 3 6 および図 3 7 の両図において、回転エレメントの磁性部分は、多面表示デバイスの頂点部に設けられた。たとえば各表示表面の面の中央に設けるなどの他の構成も可能であると認識すべきである。ただし、磁性部分およびそれらに対応する軟磁性体パッドを多面表示表面の頂点部に隣接して配置することによって、表示表面上の表示領域を最大限に確保できる。なぜならそれにより、観察され得る表示表面を磁性ラッチの設置のために使用しなければならない量が、最小限に抑えられるからである。

【 0 1 0 4 】

図 3 6 および図 3 7 に示す回転エレメントは、周知の延伸 (drawing) 技術によって製造することが可能である。まず大型の表示エレメントを、ガラスまたはプラスチック用いて作成できる。大型表示エレメントの組立後、大型表示エレメントの一方の端部を加熱し、引張りデバイスを用いて大型表示エレメントからフィラメントをゆっくりと引き出す。図 3 6 および図 3 7 に示す表示エレメントの作成の際には、頂点部に四つの細い円筒形の磁性体を設ける。円柱のエレメント構造体内では、多数の構成部品が結合されている。これらの構成部品は、概ね同じ基体ポリマーからなり、必要に応じて異なる顔料または染料を含む。それにより、円柱体のすべての構成部品が確実に同じ粘性対温度の関係を有し、米国特許出願第 0 8 / 9 6 0 , 8 6 8 号に説明されるとおり、大型表示エレメントからフィラメントを「引き出す」ことが可能になる。同様に、おそらく磁性ロッドも、同じ基体ポリマーで構成すべきであろう。ただし上述のとおり、磁性顔料粒子を十分に添加する。上記および米国特許出願第 0 8 / 9 6 0 , 8 6 8 号に示されるとおり、フィラメントは、大型表示エレメントから引き出される際に磁界を通過すべきである。それにより、すべての表示エレメントが確実に同じ向きに磁化される。

【 0 1 0 5 】

シリコンシート 2 2 0 および軟磁性体パッド 2 8 2 , 2 8 4 , 2 8 6 , 2 8 8 は、図 1 0 に関連して上述したとおり、未硬化エラストマーに軟磁性体パウダおよび磁化回転エレメントを混合することによって形成できる。この混合物を、表面上にて未硬化シートに形成し、硬化を遅らせることで顔料粒子が回転エレメントの磁化頂点部に誘引されるようにする。顔料粒子が磁化頂点部に誘引される理由は、磁化頂点部が自身の周囲に極めて非均一な磁界を形成するからである。この磁界が、顔料粒子を回転エレメントの磁化頂点部へ移動させる機械的力を供給する。この工程が十分に実行された後、均一な磁界をシートに印加する。それにより、図 1 2 に関連して上述したとおり、回転エレメントおよび付着した軟磁性体顔料粒子は、向きを揃えて整列するよう回転される。この磁界が連続的に印加されている間に、エラストマーシートは当業界で周知の手法で硬化される。続いてシートは、同様に周知のとおり膨張される。

【 0 1 0 6 】

この軟磁性体パッド製造方法によって、軟磁性体パッドの形状は回転エレメントの形状に従う傾向があると理解される。たとえば軟磁性体パッドは、わずかに湾曲して回転エレメントの形状に沿う傾向がある。さらに、図 3 6 は円筒形の回転エレメントの断面を示し、パッドは細長い形状に形成されやすいと理解される。

【 0 1 0 7 】

上述の硬磁性体トラップデバイスには、二つのアドレス方法がある。一つ目の方法は、十分に強い電界を印加することで、回転エレメントを固定している磁界を克服することである。印加電界の値を増大させることを除けば、上述または当業界で周知のいずれのアドレス技術によってシリコンシートをアドレスしてもよい。この方法の利点は、アドレスデバイスの設計が単純なことである。その反面、より強い電界を印加しなければならないことが欠点である。

【 0 1 0 8 】

二つ目の方法は、小さい局所的な逆極性磁界を印加することで、回転エレメントを固定する磁界を無効にすることである。この小さい局所的な逆極性磁界が、特定の回転エレメン

トまたは複数の回転エレメント一式を「アンロック（解放）」し、同時に正しい極性の電界が印加された場合に回転を可能にする。この方法は、より弱い電界しか生成する必要がないという利点があるが、それはアドレスデバイスの設計のさらなる複雑さと引き換えである。

【0109】

以上までの記載では、局所的な磁界を用いてジリコンシートの回転エレメントに向上した安定性を提供することに焦点を当ててきた。それは、局所磁界を用いれば、回転エレメントを所望の位置にラッチできるからである。局所磁界を使用することによって、たとえば回転エレメントをアドレスして一つの位置から他の位置に切り替えるためにジリコンシートを操作している際に漂遊電界によって発生し得るエレメントの意図しない回転を防ぐ安定性が得られる。局所磁界を克服するのに十分に強い電界を印加することで、所望される新たな位置へ回転エレメントを回転させる。ところが局所磁界の存在は、エレメントを回転させるのに必要な電界の強さを必然的に増大させてしまう。最も安定して保存されるイメージは必然的に最も強い局所磁界を伴い、回転エレメントを回転させてイメージ変更を実施する際に最も強い電界の印加を要する。ところが強い電界の生成には、より高額でかさばる装置が必要になる。また電界が非常に強ければ、ユーザに有害である場合も考えられる。したがって、安定性を得るために強い局所磁界を使用し、低レベルから中レベルの強さの電界のみを用いるアドレス手段を用いてシート内の回転エレメントをアドレスできるジリコンシートを作成することが望ましい。

【0110】

強い局所磁界を克服するためにより強い電界を必要としないアドレス手段は、低減レベルのアドレス電界と共に、回転エレメントを一時的に「アンロック」する外部磁界を用いる。外部磁界は、回転エレメントに作用している局所磁界をキャンセルし、回転エレメントが受ける磁界の影響を効果的に減少させる。それにより外部磁界は、低減レベルの電界の使用による回転エレメントのアドレスを可能にする。

【0111】

図38および図39に、油充填孔302に収納された回転エレメント300を示す。回転エレメント300は、磁性セグメント306および非磁性セグメント304の二つのセグメントを有する。さらに、回転エレメント300に匹敵する寸法の磁石308が、油充填孔302の近くに設けられる。図38および図39は、図20から図23に関連して上述した磁性トラップデバイスの説明に沿うものであり、図20から図23に関連して説明した構成のいずれをも表すことができる。さらに図38および図39に、回転エレメント300と磁石308との間に存在する主要な磁界線310を示す。図38では、回転エレメント300は、磁性セグメント306が磁石308に隣接する位置にトラップされている。この位置は、磁性セグメント306と磁石308とが向き合い、互いに誘引する位置である。磁界線310は、これらの二つの磁石間を結ぶように示され、相互の誘引を表す。

【0112】

図39では回転エレメント300は、磁性セグメント306が磁石308によって反発された位置にトラップされている。ここでは、磁性セグメント306からの主要磁界線310と磁石308の主要磁界線310とが、互いに反発する傾向にあることを示す。

【0113】

図40は、図38および図39の構造に、均一且つ比較的大型の磁石312の形態で外部磁界を加えた様子を示す。大型とは、磁石312のサイズが回転エレメント300の直径の少なくとも10倍はあり、エレメントの直径より極めて大きいことを意味する。図には、二つのセットの回転エレメント300を示す。第一のセットは、図38に示すように磁性セグメント306が磁石308に誘引された回転エレメント300を表す。第二のセットは、図39に示すように磁性セグメント306が磁石308に反発された回転エレメント300を表す。主要磁界線310は、大型で比較的均一な磁石312の影響を示すように書き直されている。本図では磁界は磁石によって供給されるが、時間と共に線形に変化する

る電流またはコイル内の直流などの、磁界を供給する他の形態も知られていることを指摘すべきである。外部磁界の供給手段は重要でなく、そのサイズおよび強さのみが重要である。

【0114】

回転エレメント300および磁性パッド308の両方は、高透過性を有する磁性体によって部分的に構成されているので、大型均一磁石312に関係する多くの磁界線は図40に示すとおり、曲ってこれらのより小さい磁石の内部または周囲を通過する。この作用によって、磁石312の磁界は、回転エレメント300およびそれらに関係する磁石308の両方の付近で非均一になる。それにより、図38および図39に示す回転エレメント300と磁石308との間に存在する磁界310に関わる力に匹敵し、その力に対向する機械的力が生成される。結果的にこの外部磁界は、磁石308の磁界の影響を無効にする。外部磁石312または上述の他の磁界生成手段によって生成される磁界310の強さは、磁石312が回転エレメント300から引き離されるにつれて低減する。

10

【0115】

図40に示すような磁界減少状態では、外部磁界が回転エレメント300に作用していない時に存在した磁界を克服できるほど強くないレベルの電界を印加すれば、回転エレメント300を回転させることができる。以下の図は、回転エレメント300において磁性アンロック機構がどのように機能するかを示す。

【0116】

図41では磁石312は、回転エレメント300からある程度離れており、回転エレメント300に影響を与えるのに十分な磁界を供給することはできない。回転エレメント300は、磁石308に誘引される状態にある。磁石312は、磁石308と反対の方向から回転エレメントに近づいてくる。

20

【0117】

図42は、磁石312が回転エレメント300の近くに移動した様子を示す。磁石312が回転エレメント300に近づくにつれて、回転エレメント300付近における磁石312の磁界の度合いは、磁石308よりも多くの誘引力を回転エレメント300に対して供給するまで増大する。この状態になると、回転エレメント300は空孔壁から離れ、油充填空孔302内で浮遊する。

【0118】

図43は、回転エレメント300が油充填空孔302内で浮遊する間に、必要な極性の電位差(charge differential)314を用いて外部電界を回転エレメント300に印加した場合に、回転エレメント300がその電界によって回転される様子を示す。その際、回転エレメント300は同時に、油充填空孔302の空孔壁上部へ移動する。この移動は、磁石312が磁石308の影響を減少させる程度の強さの場合にも発生し得るが、その場合は回転エレメント300は空孔内に浮遊しない。その場合は回転エレメント300は、図41に示すように油充填空孔302の壁に接触したままであるが、電界が印加されると回転して空孔壁上部に移動する。

30

【0119】

図44は、磁石312の除去を示す。磁石312を回転エレメント300から引き離すと、回転エレメント300は磁石308の独占的な磁気影響下に再び入り、新たな位置に固定される。回転エレメント300はこの時点で、磁石308に反発される向きになっている。

40

【0120】

アドレス電界が存在しなければ回転エレメント300は回転せず、磁石312の除去時に回転エレメント300は、図41に示す元の状態に単に帰っただけである。

【0121】

図45では、磁石312は再度、回転エレメント300からある程度離れて図示されており、回転エレメント300に影響を与えるのに十分な磁界を供給することはできない。ただし、回転エレメント300は磁石308に反発される向きにある。磁石312は、磁石

50

308と反対の方向から回転エレメントに近づいてくる。

【0122】

図46は、磁石312が回転エレメント300の近くに移動した様子を示す。磁石312からの増大する磁界によって、回転エレメント300は次第に、油充填孔302の上部壁から反発し、油充填孔302内で浮遊する。磁石312の磁界の力はさらに、回転エレメント300の回転を開始させる。

【0123】

図47は、磁石312が回転エレメント300の近くに維持されている間の、油充填孔302内での回転エレメント300のさらなる移動を示す。磁石312の磁界の力は、回転エレメント300の回転を継続させる。

10

【0124】

図48は、回転の結果を示す。回転エレメント300は、磁石308に誘引されて安定した状態に収まる。磁石312が除去されると、回転エレメント300は磁石308の磁界の影響下にて固定されたままになる。

【0125】

図45から図48に図示する一連の手順では、回転エレメント300が電界の存在なしで回転することに留意されたい。このことは、磁界のみを用いてすべての回転エレメント300を同じ向きに設定することができることを示し、あるいはジリコンディスプレイにおいて表示イメージを消去できることを示す。電界が回転エレメント300に印加されていたなら、図46から図48に図示した回転エレメントの回転は阻止できた。しかしそれは本質的に不安定な状態であり、回転エレメント300の回転の阻止には、磁石312が回転エレメントに近づくにつれて大きな電界を印加するか、または磁石308、回転エレメント300の磁性セグメント306、および磁石312の磁力を精密に制御することを必要とする。

20

【0126】

図49から図53では、図41から図48に示した基本概念を適用して、電界と共に磁性アンロックデバイスを用いるアドレス方法がジリコンシートにおいてどのように実施されるかを示す。図49から図53で使用するモデルおよび部材は図41から図48で使したものと同じであるため、同一の部材には同じ符号を付す。ただし説明の明確化のために、符号に続いてアルファベット「a」、「b」、「c」、または「d」を付すことで、特定の回転エレメントおよびその特定の回転エレメントに係するすべての部材を示す。

30

【0127】

図49に、四つの回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dを表す。回転エレメント300aおよび300bはそれぞれ、それらの磁石308aおよび308bに誘引される状態に向けられている。回転エレメント300cおよび300dはそれぞれ、それらの磁石308cおよび308dに反発される状態に向けられている。対の電極316a, 316b, 316c, 316dが、各回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dに関連して設けられ、回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dに対する電界の印加を表す。対の電極316b間に電位差314bが設置された場合に、電界が存在する。電位差314bを用いて対の電極316b間に電界を発生させることができるが、シートの表面上にイメージ毎に電荷を配置する(image wise charge placement)などの他の方法も周知であり、それらの方法を用いることも可能である。磁石312は、回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dに近づきつつあるが、磁石312の磁界が回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dになんら影響を与えない程度に十分に離れている。電極316bに印加された電位差314bおよびそれに関わる電界も同様に、回転エレメント300bを回転させるには小さすぎる。

40

【0128】

図50では、磁石312は回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dに十分に近づき、磁石312の磁界は回転エレメント300a, 300b, 300c, 300dに対して支配的な影響を与える。回転エレメント300aおよび300bは磁石312

50

に誘引され、それぞれの油充填孔 3 0 2 a , 3 0 2 b 内で浮遊する。回転エレメント 3 0 0 c および 3 0 0 d は磁石 3 1 2 に反発され、同じくそれぞれの油充填孔 3 0 2 c および 3 0 2 d 内で浮遊する。さらに、磁石 3 1 2 に関わる磁界が、回転エレメント 3 0 0 c および 3 0 0 d の回転を誘発し始めている。磁石 3 1 2 からの磁界が優勢な力であるため、電極 3 1 6 b 間の電位差 3 1 4 b および関連の電界は、未だに回転エレメント 3 0 0 b の回転の誘発には効果を発揮していない。

【 0 1 2 9 】

図 5 1 は、回転エレメント 3 0 0 c および 3 0 0 d の回転後に再度安定位置状態に達し、すべての回転エレメント 3 0 0 a , 3 0 0 b , 3 0 0 c , 3 0 0 d が同じ向きに設定されている様子を示す。磁石 3 1 2 からの磁界が、依然として優勢な力である。追加として、電位差 3 1 4 d が電極 3 1 6 d 間に設置され、電界が回転エレメント 3 0 0 d に印加される。いずれかのエレメントを反対位置に設定したい場合は、磁石 3 1 2 を除去する前にそのエレメントに電界を印加して回転エレメントの回転を発生させなければならない。エレメント 3 0 0 b で図示するように、なんら有害な影響なく、この手順のより早い段階で電界を印加することもできたと認識すべきである。

【 0 1 3 0 】

図 5 2 は、磁石 3 1 2 が回転エレメント 3 0 0 a , 3 0 0 b , 3 0 0 c , 3 0 0 d から離される様子を示す。磁石 3 1 2 が回転エレメント 3 0 0 a , 3 0 0 b , 3 0 0 c , 3 0 0 d から離されるにつれて、回転エレメント 3 0 0 a , 3 0 0 b , 3 0 0 c , 3 0 0 d に対する磁界の影響は減少する。さらに引き離すと、磁石 3 1 2 および磁石 3 0 8 a , 3 0 8 b , 3 0 8 c , 3 0 8 d は、ボール（エレメント）に対して同レベルで且つ互いにほぼ反対の力を作用させる。このような状態で、電位差 3 1 4 b , 3 1 4 d によって電極 3 1 6 b , 3 1 6 d に印加される電界は、関連する回転エレメント 3 0 0 b , 3 0 0 d を回転させる。

【 0 1 3 1 】

図 5 3 は、磁石 3 1 2 が完全に引っ込められた後の、回転エレメント 3 0 0 a , 3 0 0 b , 3 0 0 c , 3 0 0 d の安定位置を示す。現時点で、回転エレメント 3 0 0 a , 3 0 0 c はそれぞれ関連の磁石 3 0 8 a , 3 0 0 c に誘引される向きに設定され、回転エレメント 3 0 0 b , 3 0 0 d はそれぞれ関連の磁石 3 0 8 b , 3 0 0 d に反発される向きに設定されている。

【 0 1 3 2 】

上記の一連の手順からわかるように、アドレスステップをどのように実施するかには広い選択の余地がある。磁石 3 1 2 が回転エレメントに接近している間に、回転エレメントのいずれにも電界を印加しない場合は、すべてのエレメントが同じ状態へ変更されそこに維持される。したがって、イメージの「消去」のみが必要な場合は、電界はまったく要しない。回転エレメントを回転させるために所望される電界は、磁石 3 1 2 が回転エレメントに接近する時点より前から磁石 3 1 2 が回転エレメントから離される時点までのいずれの時点においても、それらの回転エレメントに印加できる。磁石 3 1 2 による「アンロックする」磁界の除去より前に電界が印加されていれば、回転エレメントは回転される。アドレス手順はまた、二段階に分割することもできる。第一段階では、電界の印加を伴わずに磁石 3 1 2 を接近させることによって、イメージの「消去」を実施する。その後、磁石 3 1 2 と電界の印加との組み合わせによって、新しいイメージの「書込み」を実施する。

【 0 1 3 3 】

回転エレメントのこのアドレス方法によれば、システム内の磁石（磁石 3 0 8、磁石 3 1 2、および回転エレメント 3 0 0 の磁性セグメント 3 0 6）の強さの精密度および磁石 3 1 2 の正確な配置は、最低限しか要求されない。単に過剰な磁界を生成するように磁石 3 1 2 を回転エレメント 3 0 0 に十分に近づけ、その後に引き離すだけで、システムの要求が満たせる。

【 0 1 3 4 】

上記の一連の手順では、「北極」極性の磁石 3 1 2 を一方の側からのみ回転エレメントに

10

20

30

40

50

接近させると説明した。同じ手順を、逆極性の磁石を用いて回転エレメントの反対側から接近させれば実現可能であると認識すべきである。

【 0 1 3 5 】

上記の概念は、数種の手法によって実現できる。たとえば、すでに周知の上述のような電界供給方法およびシリコンシートアドレス方法に、十分な強さのシート状磁石またはスキャン磁石を組み合わせてもよい。スキャンアドレスシステムは、従来から周知のスキャンアドレスシステムに、同じようにスキャンされる磁石を組み合わせることによって作成できる。磁界は、永久磁石、コイル内を流れる電流によって励磁される電磁石、または磁界を生成する他のいずれかの方法によって生成できる。

< 付記 >

(1) 回転エレメントシート材料のシートのアドレス方法であって、

a) 回転エレメントシート材料のシートを備えるステップであって、

i) 二つの互いに反対側に位置する表面を含む基板と、

i i) 前記基板内に設けられ少なくとも一つの回転エレメントであって、

少なくとも二つの部分から成り、

各前記部分はそれぞれ関係する光学的変調特性を有し、

少なくとも一つの前記部分の光学的変調特性は少なくとも一つの別の前記部分の光学的変調特性と異なり、

一つの前記部分は磁化されており、

前記回転エレメントは異方性を有することで電気的雙極子モーメントを生成し、

前記電気的雙極子モーメントが生成される中で前記回転エレメントが電界内に回転可能に配置される場合に、前記電気的雙極子モーメントが前記電界に整列する向きへ前記回転エレメントが回転する傾向を帯びるという電気的応答性を、前記電気的雙極子モーメントによって得る、少なくとも一つの回転エレメントと、

i i i) 前記回転エレメントに関係する追加の磁化された手段であって、前記回転エレメントの前記磁化部分が前記追加の磁化手段に最も近い回転エレメント部分になるように向けられた場合に、前記追加の磁化手段と前記回転エレメントの前記磁化部分との間に磁性誘引力が存在する、追加の磁化手段と、

を有するシートを備えるステップと、

b) 前記少なくとも一つの回転可能な回転エレメントおよび前記追加の磁化手段の付近に磁界を印加し、それらの間に存在する前記磁性誘引力を減少させるステップと、

c) 前記少なくとも一つの回転可能な回転エレメントの付近に電界を印加し、前記少なくとも一つの回転可能な回転エレメントを前記電界に整列させるステップと、

を有することを特徴とするアドレス方法。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 従来技術のシリコンを示す断面図である。

【図 2】 従来技術のシリコンを示す断面図である。

【図 3】 従来技術のシリコンを示す斜視図である。

【図 4】 本発明によるシリコンシートの第 1 の実施形態を示す断面図である。

【図 5】 本発明による回転エレメントの作成方法を示す断面図である。

【図 6】 本発明による回転エレメントの作成に使用する装置を示す断面図である。

【図 7】 図 4 に表すシリコンシートの作成に用いる工程の第一ステップを示す図である。

【図 8】 図 4 に表すシリコンシートの作成に用いる工程の第二ステップを示す図である。

【図 9】 図 4 に表すシリコンシートの作成に用いる工程の第三ステップを示す図である。

【図 10】 図 4 に表すシリコンシートの作成に用いる代替工程の第一ステップを示す図である。

【図 11】 図 4 に表すシリコンシートの作成に用いる代替工程の第二ステップを示す図

10

20

30

40

50

である。

【図 1 2】 図 4 に表すジリコンシートの作成に用いる別の代替工程の第一ステップを示す図である。

【図 1 3】 本発明によるジリコンシートの第 2 の実施形態を示す断面図である。

【図 1 4】 図 1 3 に表すジリコンシートの作成に用いる工程を示す図である。

【図 1 5】 本発明によるジリコンシートの第 3 の実施形態を示す断面図である。

【図 1 6】 本発明による回転エレメントの作成方法を示す断面図である。

【図 1 7】 本発明による回転エレメントの作成に使用する装置を示す断面図である。

【図 1 8】 二つの磁性セグメントを含む、回転エレメントの代替実施形態を示す図である。

10

【図 1 9】 一つの磁性セグメントを含む、回転エレメントの代替実施形態を示す図である。

【図 2 0】 本発明によるジリコンシートの第 4 の実施形態を示す断面図である。

【図 2 1】 本発明によるジリコンシートの第 5 の実施形態を示す断面図である。

【図 2 2】 本発明によるジリコンシートの第 6 の実施形態を、回転エレメントが第一の向きに配置された状態で示す断面図である。

【図 2 3】 本発明によるジリコンシートの第 6 の実施形態を、回転エレメントが第二の向きに配置された状態で示す断面図である。

【図 2 4】 本発明によるジリコンシートの第 7 の実施形態を示す断面図である。

【図 2 5】 本発明によるジリコンシートの第 8 の実施形態を示す断面図である。

20

【図 2 6】 図 2 5 に表すジリコンシートの作成に用いる工程の第一ステップを示す図である。

【図 2 7】 図 2 5 に表すジリコンシートの作成に用いる工程の第二ステップを示す図である。

【図 2 8】 本発明によるジリコンシートの第 9 の実施形態を示す断面図である。

【図 2 9】 本発明によるジリコンシートの第 1 0 の実施形態を示す断面図である。

【図 3 0】 本発明によるジリコンシートの第 1 1 の実施形態を、回転エレメントが第一の向きに配置された状態で示す断面図である。

【図 3 1】 本発明によるジリコンシートの第 1 1 の実施形態を、回転エレメントが第二の向きに配置された状態で示す断面図である。

30

【図 3 2】 本発明によるジリコンシートの第 1 2 の実施形態を、回転エレメントが第一の向きに配置された状態で示す断面図である。

【図 3 3】 本発明によるジリコンシートの第 1 2 の実施形態を、回転エレメントが第二の向きに配置された状態で示す断面図である。

【図 3 4】 図 2 8 および図 2 9、あるいは図 3 1 および図 3 2 に表すジリコンシートの作成に用いる工程のステップを示す図である。

【図 3 5】 従来技術のジリコンを示す断面図である。

【図 3 6】 本発明によるジリコンシートの第 1 3 の実施形態を示す断面図である。

【図 3 7】 本発明によるジリコンシートの第 1 4 の実施形態を示す断面図である。

【図 3 8】 図 2 0 から図 2 4 のいずれかに表すジリコンシートの磁性モデルを示す断面図である。

40

【図 3 9】 図 2 0 から図 2 4 のいずれかに表すジリコンシートの磁性モデルを示す断面図である。

【図 4 0】 図 3 9 に表す断面に追加の磁石を追加した状態を示す図である。

【図 4 1】 本発明による、図 2 0 から図 2 4 に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第一ステップを示す図である。

【図 4 2】 本発明による、図 2 0 から図 2 4 に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第二ステップを示す図である。

【図 4 3】 本発明による、図 2 0 から図 2 4 に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第三ステップを示す図である。

50

【図４４】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第四ステップを示す図である。

【図４５】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第一ステップを示す図である。

【図４６】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第二ステップを示す図である。

【図４７】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第三ステップを示す図である。

【図４８】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第四ステップを示す図である。

10

【図４９】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第一ステップを示す図である。

【図５０】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第二ステップを示す図である。

【図５１】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第三ステップを示す図である。

【図５２】 本発明による、図２０から図２４に表すジリコンシートのためのアドレス方法の第四ステップを示す図である。

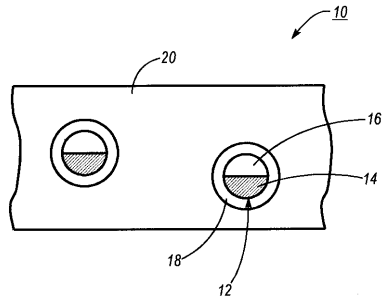
【図５３】 図２０から図２４に表すジリコンシートの、図４９から図５２に示す方法によってアドレスされた後の状態を示す断面図である。

20

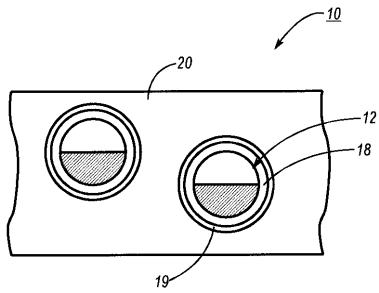
【符号の説明】

３４ 回転エレメント、３８ 非磁化セグメント、４０ 磁化セグメント、４２ 軟磁性体パッド、４４ 光学的媒体、４６ ジリコンシート、７０ セパレータ部材、７２，７４ 表面、７６ 端縁部、８０，８２ 液体ストリーム、８４ 液だめ部、８６ 自由噴流、９４ 磁界、９６ スピニングディスクアセンブリ、１００ 磁性粒子、１１０ 薄層。

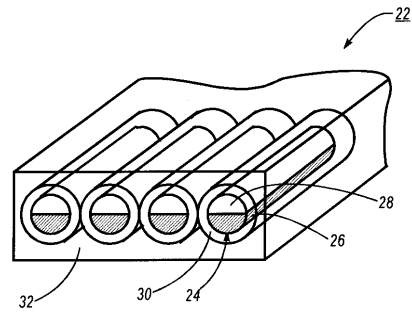
【図 1】



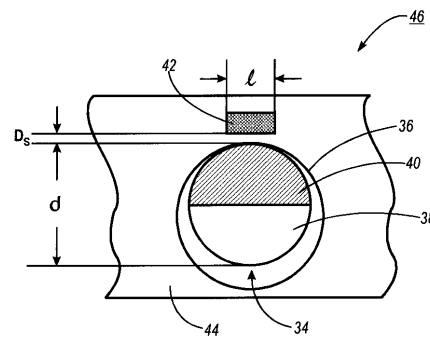
【図 2】



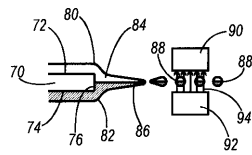
【図 3】



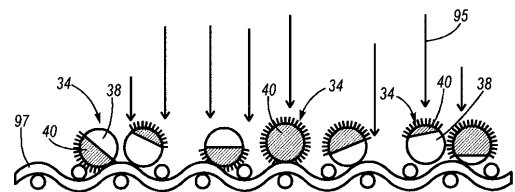
【図 4】



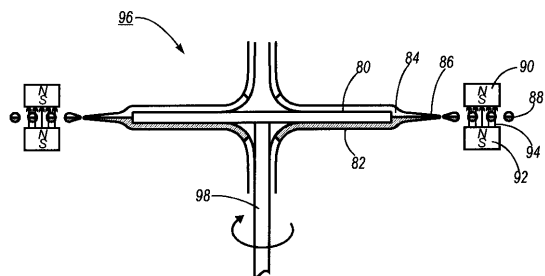
【図 5】



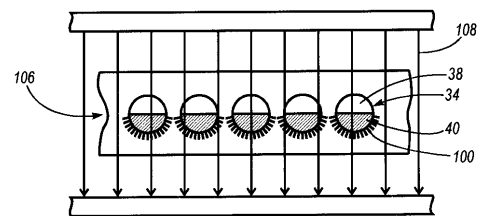
【図 8】



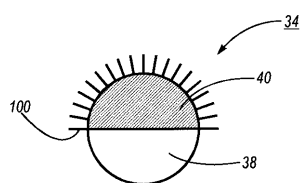
【図 6】



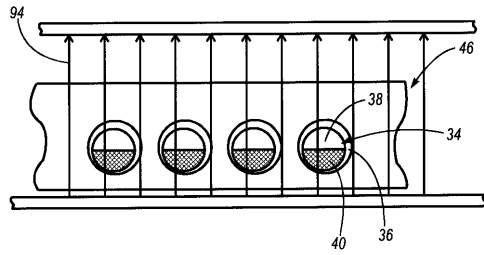
【図 9】



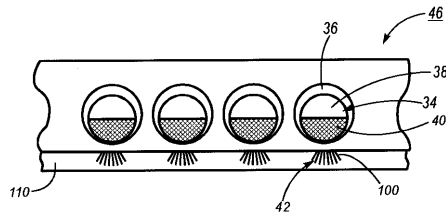
【図 7】



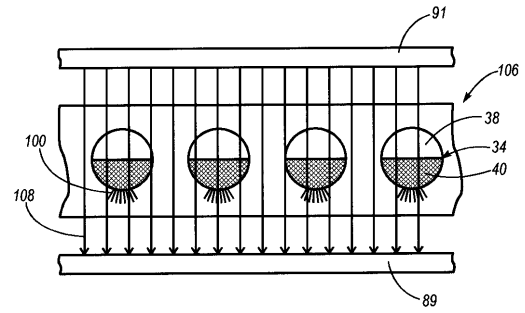
【図 10】



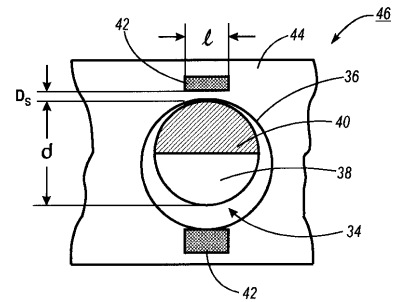
【図 11】



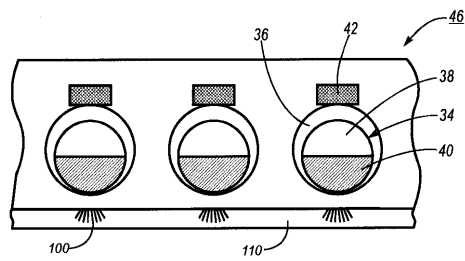
【図 12】



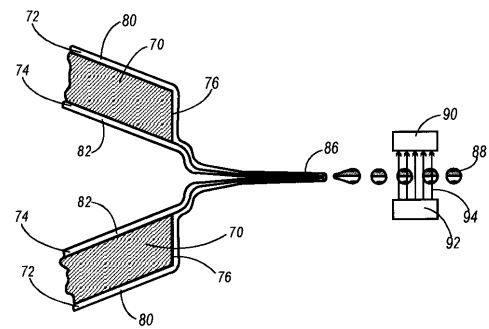
【図 13】



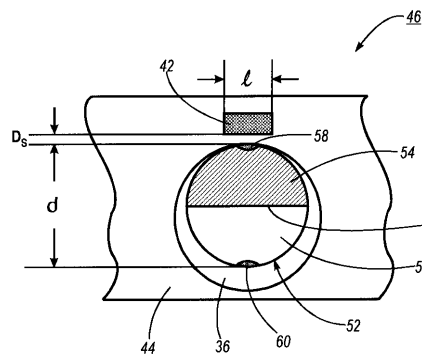
【図 14】



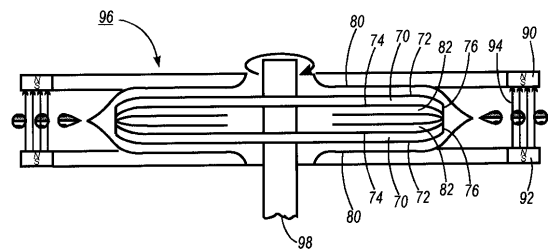
【図 16】



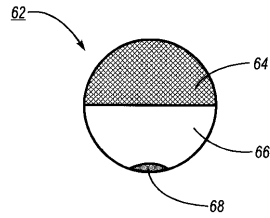
【図 15】



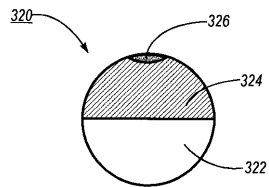
【図 17】



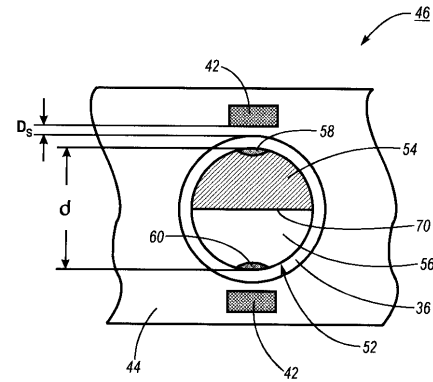
【図 18】



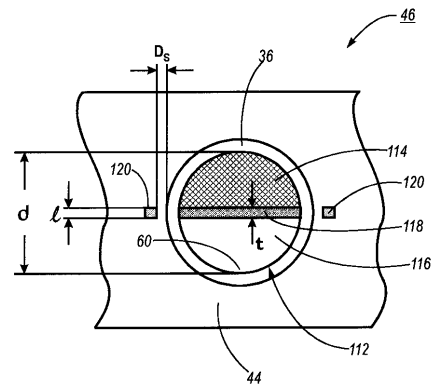
【図 19】



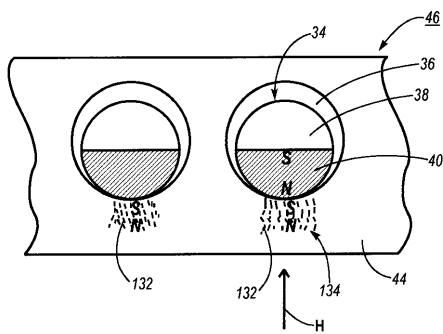
【図 20】



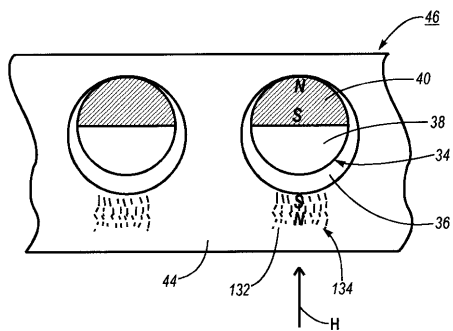
【図 21】



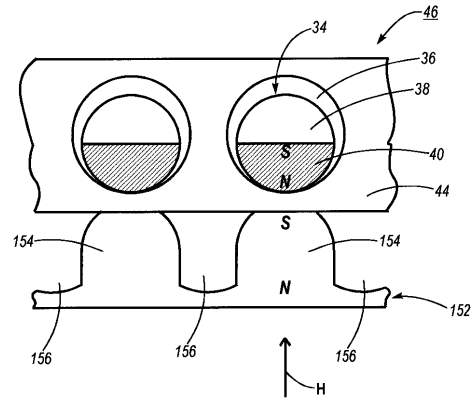
【図 22】



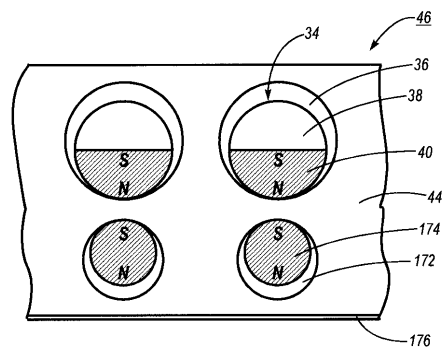
【図 23】



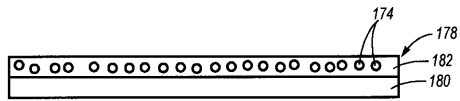
【図 24】



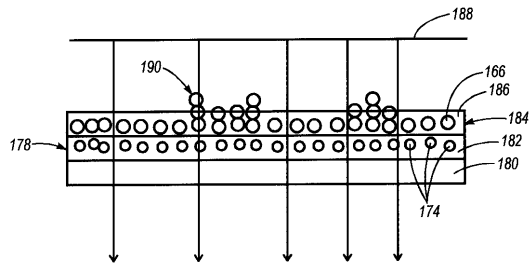
【図 25】



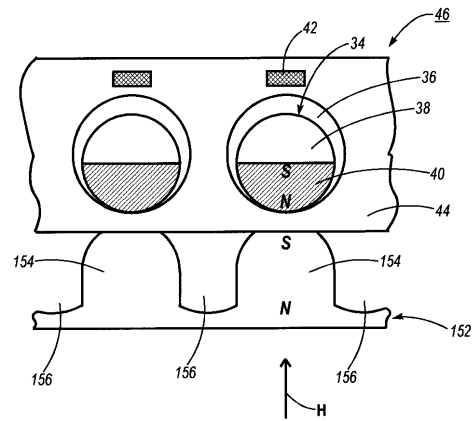
【図 26】



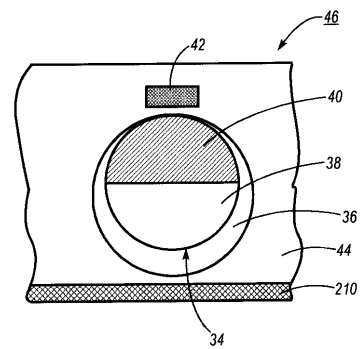
【図 27】



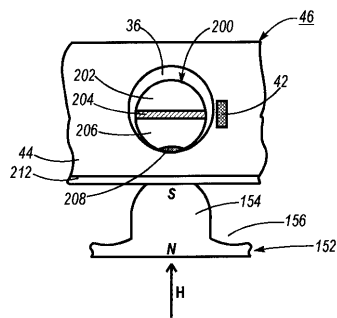
【図 28】



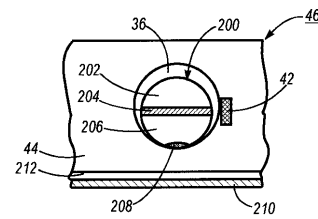
【図 29】



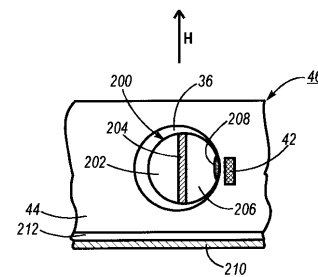
【図 30】



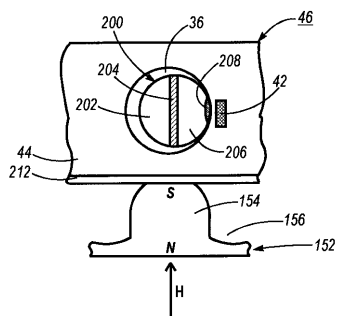
【図 32】



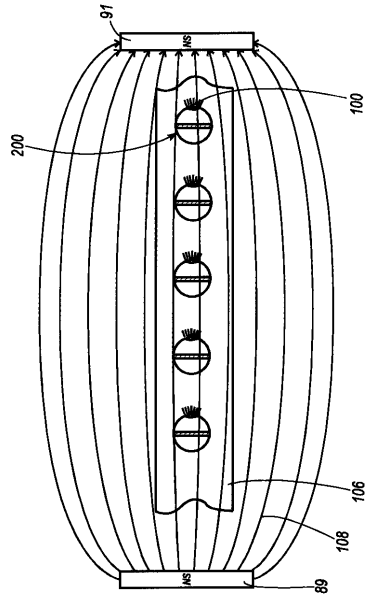
【図 33】



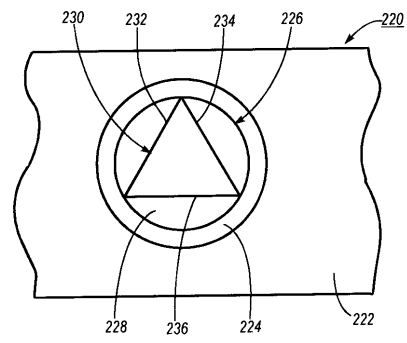
【図 31】



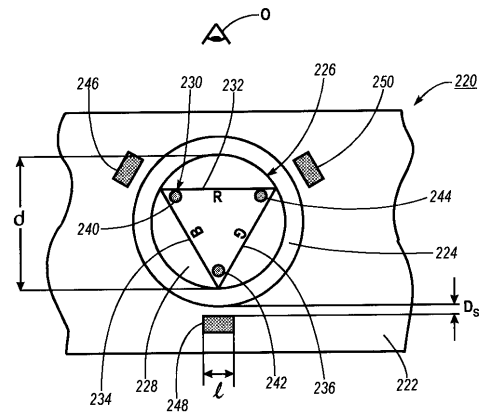
【図 34】



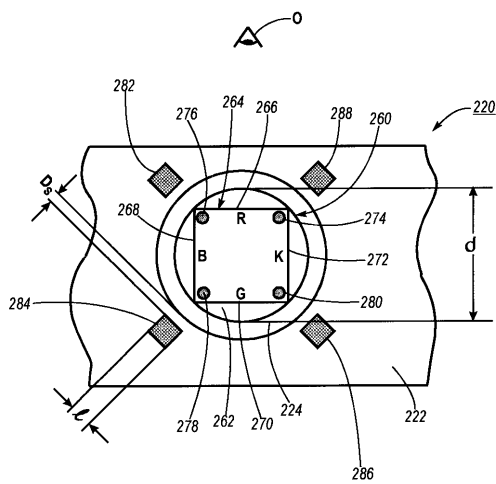
【図 35】



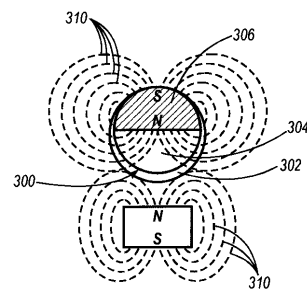
【図 36】



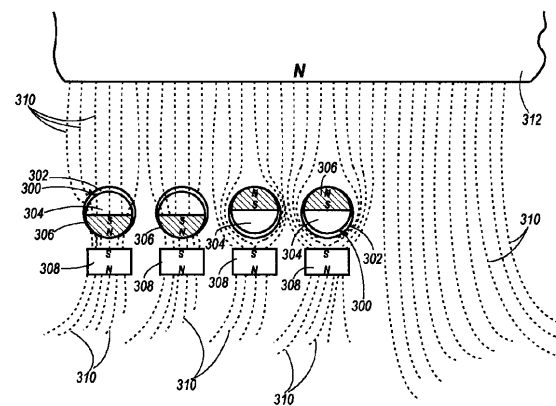
【図 37】



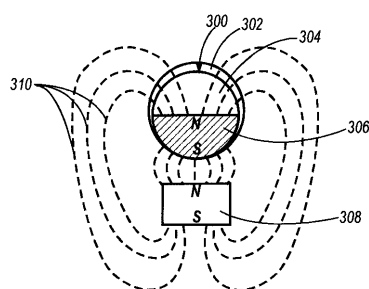
【図 39】



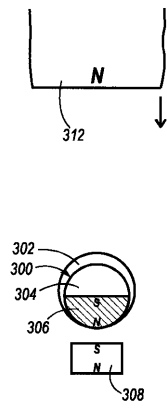
【図 40】



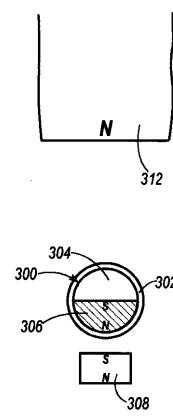
【図 38】



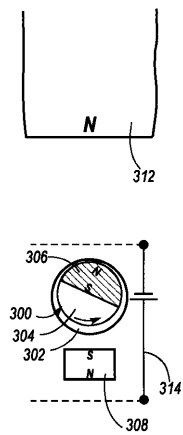
【図 4 1】



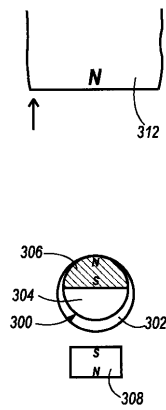
【図 4 2】



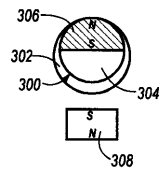
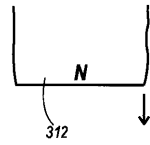
【図 4 3】



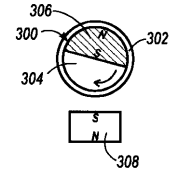
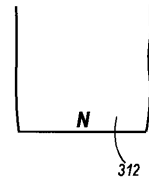
【図 4 4】



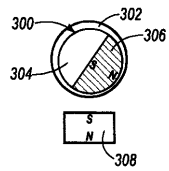
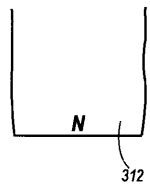
【図 45】



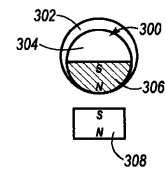
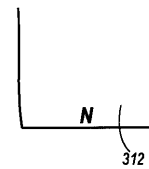
【図 46】



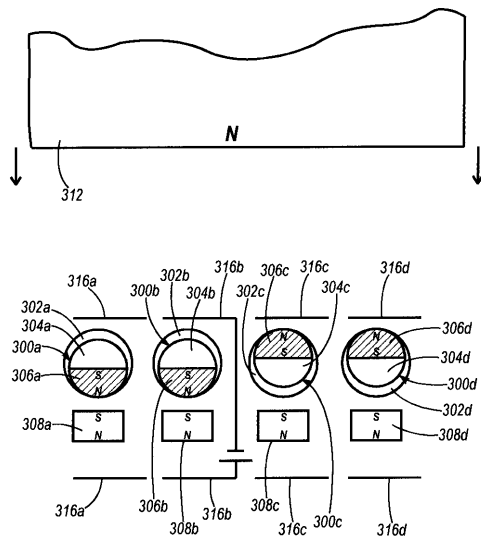
【図 47】



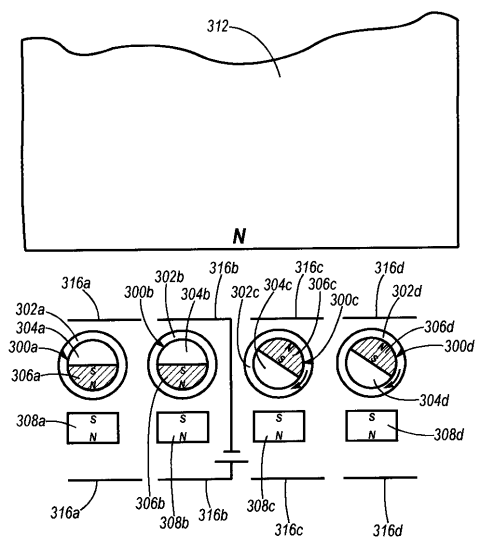
【図 48】



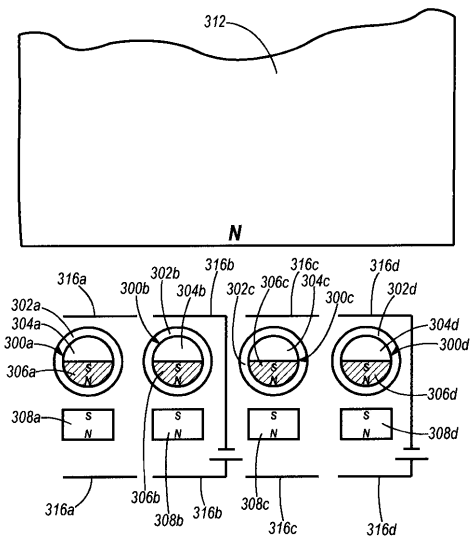
【図 49】



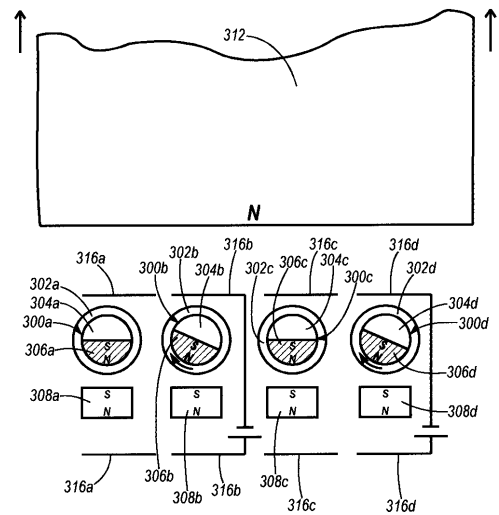
【図 50】



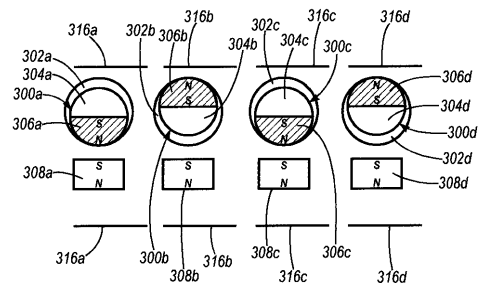
【図 51】



【図 52】



【図 53】



フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 09/199544
(32)優先日 平成10年11月25日(1998.11.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 09/199646
(32)優先日 平成10年11月25日(1998.11.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 09/199818
(32)優先日 平成10年11月25日(1998.11.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 09/200406
(32)優先日 平成10年11月25日(1998.11.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 09/200505
(32)優先日 平成10年11月25日(1998.11.25)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 09/200553
(32)優先日 平成10年11月25日(1998.11.25)
(33)優先権主張国 米国(US)

審査官 高松 大

- (56)参考文献 特開平10-214048(JP,A)
特表2002-504236(JP,A)
特表2001-500172(JP,A)
特開平08-234686(JP,A)
特開昭64-042683(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02F 1/17

- (54)【発明の名称】回転エレメントシートに用いる材料、回転エレメントシートに用いる回転エレメント、回転エレメント作成方法、回転エレメントディスプレイに用いる回転エレメントの製造装置及び回転エレメントシート材料の製造方法