

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4054411号  
(P4054411)

(45) 発行日 平成20年2月27日(2008.2.27)

(24) 登録日 平成19年12月14日(2007.12.14)

(51) Int. Cl. F I  
**C 2 3 C 14/35 (2006.01)** C 2 3 C 14/35 B  
**H O 1 L 21/203 (2006.01)** H O 1 L 21/203 S

請求項の数 9 外国語出願 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願平9-226971	(73) 特許権者	595063994 エーケーティ株式会社 大阪府豊中市服部寿町五丁目133番地
(22) 出願日	平成9年7月18日(1997.7.18)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(65) 公開番号	特開平10-96078	(74) 代理人	100089978 弁理士 塩田 辰也
(43) 公開日	平成10年4月14日(1998.4.14)	(74) 代理人	100092657 弁理士 寺崎 史朗
審査請求日	平成16年7月13日(2004.7.13)	(74) 代理人	100094318 弁理士 山田 行一
(31) 優先権主張番号	08/684446	(74) 代理人	100094008 弁理士 沖本 一暁
(32) 優先日	平成8年7月19日(1996.7.19)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネトロンスパッタリング中における非平面磁石トラッキング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一連のレール上に支持されると共に、前記一連のレール上を移動するトラックとして機能する磁石部材を備える磁石スキヤニング機構であって、

前記レールは、前記トラックが前記一連のレールの第1の端部から前記一連のレールの第2の端部に移動する際に前記トラックの略一定の軌道幅を可能とするよう、互いに隣接して延びており、

スパッタリング中に、基板と前記磁石部材との間に配置されたターゲットに対向する前記基板上にスパッタリング成膜された膜の厚さの均一性を改善するために、前記磁石部材が前記一連のレールの前記第1の端部から前記一連のレールの前記第2の端部に移動する際に前記磁石部材の前記移動によって、前記磁石部材が前記移動中に傾けられる、磁石スキヤニング機構。

【請求項2】

略平行に配置された一組の互いに独立した直線状のベアリングレール上でトラックとして移動する磁石部材を備える磁石スキヤニング装置であって、

スパッタリング中に、基板と前記磁石部材との間に配置されたターゲットに対向する前記基板上にスパッタリング成膜された膜の厚さの均一性を改善するために、前記一組のベアリングレールにおける第1のレールの第1の端部が、前記一組のベアリングレールにおける前記第1のレールの第2の端部よりも前記ターゲットから離れるよう持ち上げられている、磁石スキヤニング装置。

## 【請求項 3】

スパッタリング中に、スパッタリング成膜された膜の厚さの均一性を更に改善するために、前記一組のベアリングレールにおける第 2 のレールの第 2 の端部は、前記一組のベアリングレールにおける前記第 2 のレールの第 1 の端部よりも前記ターゲットから離れるよう持ち上げられ、前記一組のベアリングレールにおける前記第 2 のレールの前記第 2 の端部が、前記一組のベアリングレールにおける前記第 1 のレールの前記第 2 の端部に対応している、請求項 2 記載の磁石スキャニング装置。

## 【請求項 4】

前記一連のレールにおける前記第 1 の端部及び前記第 2 の端部についての一組の上下方向位置が、前記磁石部材の軌跡を設定するよう、前記第 1 のレール及び前記第 2 のレールの前記第 1 の端部及び前記第 2 の端部を上下させることのできる上下移動機構により設定される、請求項 3 記載の磁石スキャニング装置。

10

## 【請求項 5】

前記上下移動機構は、スパッタリング中及び前記磁石部材のトラッキング中に動作する請求項 4 記載の磁石スキャニング装置。

## 【請求項 6】

2 つのレールに沿って磁石部材が移動する際に、基板と前記磁石部材との間に配置されたターゲットに対向する前記基板上にスパッタリング成膜される膜の厚さの均一性を改善するために、所定の非平行度で設定された前記 2 つのレールに移動可能に支持された前記磁石部材を備える磁石スキャニング装置。

20

## 【請求項 7】

基板とマグネトロンとの間に配されるターゲットに近接しており、第 1 の方向に移動可能な可撓性を有する前記マグネトロンを備え、

前記マグネトロンは、前記マグネトロンと前記ターゲットの間に前記第 1 の方向に対して垂直な第 2 の方向に沿って可変する高さを与えるように可撓性を有し、これにより前記基板にスパッタリング成膜された膜の厚さの均一性を改善する、磁石スキャニング装置。

## 【請求項 8】

前記マグネトロンは、互いにヒンジ結合されて連続した磁場を提供する複数の磁石部材サブセクションを備える、請求項 7 記載の磁石スキャニング装置。

## 【請求項 9】

前記磁石部材サブセクションのそれぞれが垂直部材で支持されている、請求項 8 記載の磁石スキャニング装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の分野】

本発明は、マグネトロンの技術分野に関し、具体的には、スパッタで成膜される膜の厚さを制御するようスパッタリングチャンバと共にマグネトロンを用いるための構成に関する。特に、本発明は、スパッタリング中にスパッタリングターゲットの裏側に沿って横方向にマグネトロンが移動したときに、マグネトロンの磁石列をなす永久磁石の一部とスパッタリングターゲットとの間の距離を変化させることによって、基板上に成膜される膜の厚さを制御する技術に関する。

40

## 【0002】

## 【従来の技術】

スパッタリングという語は、例えば、処理される基板やガラス板のような部材（基板）に、アルミニウム、アルミニウム合金、耐火金属珪化物、金、銅、チタン、チタン-タングステン合金、タングステン、モリブデン、タンタル、及び一般的ではないが二酸化珪素や珪素等の様々な金属の薄膜を成膜する半導体産業等で一般的に用いられる幾つかの物理的技術を表している。通常こうした技術においては、真空チャンバ内の電場を用いることによって、イオン化された希ガスの「粒子」（原子又は分子）を含むガスプラズマを発生させる。イオン化された粒子は「ターゲット」に向かって進み、衝突する。衝突の結果、ター

50

ゲットの材料の自由原子又は中性もしくはイオン化された原子の集団がターゲットの表面から解き放たれる。すなわち、本質的に自由になったターゲットの材料がターゲット表面から解放される。これはターゲットの材料からなる、本質的に自由になった原子レベルの粒子である。ターゲットの表面から生じたこれらの自由粒子の多くは、ターゲットの比較的近傍に配置された処理対象物（例えばウエハや基板）の表面に凝結して薄膜を形成（成膜）する。

#### 【 0 0 0 3 】

スパッタリング技術としてよく知られているものにマグネトロンスパッタリングがある。マグネトロンスパッタリングを用いて基板を処理する場合、ターゲットの表面の磁場の範囲内でスパッタリング作用が集中して起こるため、磁石なしのときと比較して、スパッタリングを高い比率で且つ低いプロセス圧で行うことができる。ターゲット自体は基板及びチャンバに対して電氣的にバイアスされており、カソードとして作用する。カソードと、その関連の磁場とを用いる目的は、ターゲットを均一に侵食させると共に、処理される基板に純粋なターゲット材料を均一に成膜することにある。

10

#### 【 0 0 0 4 】

仮に、スパッタリング中において、磁場を発生させる磁石が一定の箇所で静止していたとすると、連続的なスパッタリングによって、その部分でだけスパッタリングターゲットの厚さが不相応にすぐに消費されてしまい、スパッタリングの部分にホットスポットを生じてしまう。従って、磁石をターゲットの裏面側で常に動かし続けることで、ターゲットの表面を均一に利用すると共に、処理される基板に相応して均一な膜の厚さでスパッタ成膜されるようにしている。ターゲットをスパッタリングしたとき、基板上に成膜されるパターンはターゲットの表面の利用（侵食）パターンと概略一致する。

20

#### 【 0 0 0 5 】

処理チャンバと、その中で処理された基板のコンタミネーションを避けるために、不均一なスパッタリングの侵食パターンによって、どこか一箇所でもターゲット材料の厚さすべてを消費してしまう前に、スパッタリングは中止される。どこか一箇所でもターゲットの裏にまで侵食が達すると、ターゲットの裏板材料（銅であることが多い）がスパッタリングされはじめ、真空チャンバの内部と処理される基板とはターゲットの裏板材料で汚染されてしまう。ターゲットの利用パターンが不均一であるので、ターゲットの大部分を残した段階でスパッタリングは中止されるのが通常である。

30

#### 【 0 0 0 6 】

ターゲットが侵食されるにつれて、ターゲットの表面（侵食にともなって後退する）とスパッタリングされる基板との間の距離が少しずつ大きくなる。ターゲットの表面とスパッタリングされる基板との間の距離が変化すると、成膜されるスパッタリング材料の品質と均一性にも変化が生じる。材料がガラス板のように大きな面積に成膜される場合には、成膜されたスパッタリング材料の厚さの変化は測定可能であり、許容できない。

#### 【 0 0 0 7 】

プラズマガスを発生させ、カソードを打撃するイオン流れを作り出す場合、非常に大きなエネルギーが供給される。構造部材や部品が溶けるなどしてしまふのを防止するために、このエネルギーは放散されなければならない。スパッタリングターゲットを冷却するための一般的な技術としては、スパッタリングターゲットの内部に設けられた通路に水又は他の冷却液を流通させるものがある。他の一般的な冷却技術としては、ターゲットの裏面側を冷却液槽にさらすものがある。液槽に冷却液を循環することで、ターゲットアセンブリの裏面の温度制御の助けとなる。冷却液槽を裏面に備えたターゲットにおいては、ターゲットの裏面側に配置された磁石アセンブリ（マグネトロン）は、冷却液槽の液体中を移動することになる。

40

#### 【 0 0 0 8 】

図 1、図 2 及び図 3 は従来技術によるスパッタリングチャンバ 5 0 を示しており、ペDESTAL 5 2 上には矩形の基板 6 4（図 1 において一点鎖線で示す。）が支持されている。ターゲットアセンブリ 5 8 は、ペDESTAL 5 2 に向けられた前面を有するターゲット 5 4 と

50

ターゲット裏板 56 とからなっており、処理チャンバの上部フランジを覆い、シールしている。ターゲットアセンブリの、ペDESTAL 52 とは反対の側では、マグネトロンチャンバ 60 がマグネトロンアセンブリ 62 を取り囲んでいる。マグネトロンチャンバ 60 は真空に対して密閉されターゲットアセンブリ 58 (その内部には冷却液が通される) に働く差圧を抑えることができるようになっていいる。あるいは、マグネトロンチャンバ 60 には冷却液が満たされて、ターゲットアセンブリ 58 の裏面に接する冷却液槽を形成してもよい。矩形の基板 64 (チャンバ 50 の外形とほぼ一致している) へのスパッタリング能力を高めるため、マグネトロンアセンブリ 62 は両端が丸められた真っ直ぐな棒状に形成されている。マグネトロンアセンブリ 62 は、マグネトロンチャンバ 60 内を矢印 68 にて示すように、水平方向に前後に (往復した) パターンで移動する。マグネトロンアセンブリはマグネトロンチャンバ 60 内を移動して一点鎖線で示した位置 62a に達する。マグネトロンの移動によってカバーされる範囲は、点線 66 で示される通りとなる。

10

## 【0009】

図 3 に示すように、マグネトロンアセンブリ 62 はある高さでターゲットアセンブリ 58 と平行に移動する。その高さは同図において誇張して示すような最低位から最高位 (例えば 96, 98) の範囲内にある。具体的な高さ (例えば 96, 98) は、ターゲット 54 の前面から所望の距離 92 に従っており、これにより、使用される特定のスパッタリングプロセスやチャンバプロセス圧について望まれるスパッタリング促進の度合いが定められる。

## 【0010】

20

図 4 の断面図は、マグネトロンアセンブリに用いられた強力なネオジウム - ボロン - 鉄 - 磁石の周りにおける磁場の様子の概略を示している。例えば符号 70 で示される磁石の正極 72, 74, 76, 78 は、永久磁石の外側ループ 84 (図 1 参照) においては上向きに (スパッタリングターゲットと反対側に)、内側ループ 82 (図 1 参照) においては下向きに (スパッタリングターゲットの側に)、それぞれ配置されるが、この極性は逆にしてもよい。磁石裏板 80 はマグネトロンの上側の磁場の橋渡しをしており、マグネトロンアセンブリの上側へ磁場が延びていかないようにしている。これに対して、隣合う磁石間における下側の磁場は、ループ 86 にて概念的に示すように、マグネトロンアセンブリ 62 から下側に離れるに従って弱まるものとなっている。磁力線のループ 86 は、磁石に隣接するループ 88 における比較的強い磁場を示しており、距離の増加につれて急激に磁場の強さは弱まって、磁石から最も離れたループ 90 では磁場の強さは相当弱くなっていることを示している。(ループは距離に応じて磁場が弱まる様子の概略である)。マグネトロンアセンブリ 62 が上下方向 (垂直方向ともいう) に動いて、マグネトロンアセンブリ 62 とターゲットの表面との間の距離が増大して、距離 92 (図 3 参照) から距離 94 (図 5 参照) になると、図 4 で示した磁場の強さの曲線に対応するように、ペDESTAL 52 に向い合うターゲットの前面での磁場の強さは約 1/5 になる。

30

## 【0011】

図 6 は、ターゲットとして 6061 アルミニウムを用いて 2000 kWh のパワーをかけたときのターゲットの侵食の輪郭ないしはプロファイルを示している。プロットされた等高線によれば、ターゲットの利用は概略均一であって、プロファイルラインの端部付近 (滞留位置) でわずかに侵食が大きくなっている。滞留位置で見られる形状はマグネトロンアセンブリが発生する磁場の形状と対応している。ここに示したようなターゲットの侵食プロファイルは、ターゲットに向き合わせて配置された基板上の膜の厚さの均一性ないしは厚さ制御性、及び、成膜速度に関係している (ターゲットの侵食が大きくなっている領域では、基板上への成膜も大きくなる)。図 6 の具体例では、侵食が相対的に大きな領域が 2 箇所あり、ひとつは右上の隅部 242 で、もうひとつは左下の隅部 244 であり、これらに対応するようにして、スパッタされる基板上には成膜の厚さの不均一が生じる。

40

## 【0012】

今日の成膜の膜厚の均一性についての仕様は、(図 6 に示すような例えば 50 x 60 cm の大きな基板においても)、5% 又はそれより良好であることが求められている。領域 2

50

4 2 , 2 4 4 に示したようなターゲットの隅部での大きな侵食の不均一は仕様を満たせるか否かに大きく影響しており、これらの部分で膜の厚さの均一性が損なわれるために、約7%の膜厚の均一性が達成されるに過ぎない。2つの領域2 4 2 , 2 4 4 での余分な侵食を減らし、あるいは無くさなければ、膜の厚さの均一性の仕様を満たすことはできない。

【0013】

隅部における大きな侵食の観察が、その真の原因を特定できぬままに、詳細に始められた。マグネトロンアセンブリ内の複数の永久磁石の位置決めにより、マグネトロンアセンブリ全体に均一な磁場が確保される。マグネトロンが発生する磁場がほぼ均一であることは、ターゲットの表面の中央部分にわたって侵食プロファイルが均一であることから確かめられる。隅部の不均一の原因の推測は、電気的な又は磁場的な不均一が特定されるかどうかについても行われたが、何も特定されなかった。

10

【0014】

図7は基板の表面の膜の厚さを示すプロットである。これにより、矩形の基板の表面の膜の厚さの均一性が確かめられる。このプロットは、図6で示したターゲットの侵食とほぼ鏡像関係にあることを示している。

【0015】

薄膜の成膜分野においては、基板の大きさは、大画面LCDスクリーンの要請が高まっているので、ますます大きくなっている。例えば、現在生産されている基板サイズは400mm×500mmまでであるが、このサイズは将来的には600mm×700mmかそれ以上になることだろう。

20

【0016】

薄膜の成膜において最も難しい課題のひとつは、どうすれば基板全体に均一に成膜できるかである。この問題は、より大きなLCDスクリーンの経済的な生産を妨げている主要因となっている。

【0017】

上述したようなスパッタリングターゲットシステムにおける膜の厚さの均一性ないしは厚さの制御性の問題は、スパッタリングが効率的で低コストな手段として大型基板の表面コーティングに広く活用されることを妨げている。

【0018】

【発明の概要】

本発明による構成及び方法では、上述したような膜の厚さの不均一を減少させる。

30

【0019】

ターゲットの侵食の不均一が生じたとき、それらの箇所ではターゲットにさらされている磁場の強さを変化させることで、成膜される膜の厚さの均一性ないし制御性を改善できることが見いだされた。このような箇所では膜の厚さを変化させるためのひとつの方法は、局部的には磁場の強さを変えると共に、ターゲットの残りの部分においては磁場の強さの均一性を維持することである。

【0020】

磁石部材(マグネトロンアセンブリ)はスパッタリングターゲットの近傍に配置され、磁石部材の往復動システム(駆動システム)を備えており、この駆動システムにより、磁石部材は一定のもしくは繰返しのパターンにおいて移動される。繰返しのパターンは、パターン基準面を画す一組の点列によって定められる。パターン基準面は、パターンにおける一組の水平(横方向)座標と一組の垂直(上下方向)座標によって定められる。横方向座標は、横方向位置を画成する格子を形成し、各横方向位置で、上下方向座標はパターン基準面の高さを定める。パターン基準面は、基準面上又は(基準面と平行にオフセットした)オフセット基準面上にある。

40

【0021】

パターン基準面は逸脱部分(相対的な移動の所定パターン)を含んでおり、この部分は、パターン基準面とスパッタリングターゲットの基準面との間の平行度についての誤差(公差)範囲から逸脱している別個の一連の高さを有している。マグネトロンが逸脱部分内で

50

移動すると、ターゲット表面でのマグネトロンの磁場の強さが減少し又は増加する。

【0022】

スパッタリングターゲットの基準面は、その前面でよいが、これはスパッタリングターゲットの中心軸にしてもよく、又、裏面としてもよい。磁場の強さはスパッタリングチャンバに向い合うスパッタリングターゲットの表面全域において概略等しくなければならないことは、当業者にとっては自明なことであろう。従って、スパッタリングターゲットの基準面は実在の面であれ仮想的な面であれ、又この面が平面であれ曲面であれ、幾何学的ないし数学的手段によって定められたスパッタリングターゲットの表面と平行な面となる。このような平面又は曲面は連続（段差がない）であると仮定され、スパッタリングが生じる前（未使用のスパッタリング前の形状）との平行度を参照するのに用いられる。スパッタリングが開始してターゲットの侵食によってターゲットの形状が変化すると、ターゲットの侵食率が表面の各所で異なることに起因する膜厚の変化が小さくても確実に生じはじめるからである。

10

【0023】

基板のある部分では均一な膜の厚さとしておいて、他の部分では厚さを変えたいことがある。本発明による装置及び方法によれば、成膜する膜の厚さを磁場の強さを变化させることで制御できるようになる。概して均一な膜の厚さが得られるが、均一でない所定のパターンの膜厚を得ることもでき、例えば周縁部における厚さを増して外部へのワイヤリングを容易にすることもできる。

【0024】

ひとつの構成においては、磁場の变化は、2本のベアリングレールシステムを用いた場合、向い合うレールの相対する端部を反対方向に傾けることによって達成され得る（マグネトロンはレール上を動く移動体ないしはトラックとなっている）。これは例えば、第1のベアリングレールの一端が高く他端が低く配置され、他方のベアリングレールの低くされた端部が第1のベアリングレールの高くされた端部と向い合うようにすることで実現される。このような傾いた構成によれば、マグネトロンアセンブリの移動経路ないし表面パターン（プロファイル）は、その一部の領域において、ターゲットの基準面とマグネトロンの移動経路のパターン基準面との間の平行度の標準公差をはずれることになる。ひとつの構成においては、マグネトロンは前後の移動の一方においてはある方向に傾き、他方においては逆方向に傾く。磁場の強さはほんの少し距離が離れただけで大きく減少するので、レールの高さの変化が移動の中央部でわずか0.020～0.030インチ（500～750μm）でも顕著な効果が認められる。端から端まで2フィートの移動経路において、直線状レールの高さを0.030インチ変化させることで、膜厚の均一性は約8%から約3～4%へと改善される（5%の仕様を満足することができる。）。

20

30

【0025】

本発明の別の構成においては、2本のベアリングレールを曲げ、又は特別な形にすることにより、磁石部材（マグネトロンアセンブリ又はその一端部）を特定のパターンに従ってターゲット表面に近づけたり遠ざけたりして、磁場の強さを増減させて、成膜される膜厚の均一ないし制御性を改善することができる。

【0026】

磁石部材を横方向に（水平方向に）移動させるに際しては、幾つかの（3以上）軌道を用いてガイドすることもできる。磁石部材（マグネトロン）を2又はそれ以上のサブセクション（副構成部分）に分割することによって、ターゲットのプロファイルが均一なままに維持されるようにすることができる。例えば、略平行な3本のベアリングレール（一組の軌道）を用いて、これらの間に2個の磁石部材サブセクションを支持させるようにすることができる。外側のベアリングレールは比較的平坦で、内側のベアリングレールをたわませたり、せり上げたりして、磁場の強さを变化させる。同様に磁石部材についても、一連の磁石部材サブセクションからなる構造として（ハウジングにより連結されていても、ばらばらに分れていてもよい）、各磁石サブセクションを、処理チャンバの一端から他端に移動させる際に、それぞれのレール又は経路に従わせてもよい。

40

50

## 【0027】

別の構成においては、カムプレート表面は、一連のスロットと、表面フォロアとを備えている。表面フォロアは磁石部材サブセクションに連結されている。磁石部材が端から端へと移動することにより、磁石部材の各独立サブセクションの高さはカム面のパターンに追従する。また、メカニカルなカム面・フォロアシステムを用いることにより磁石の小部分の高さを変化させる以外にも、モータや上下駆動装置などの上下駆動手段を用いて、磁石部材の各サブセクションを、予め横方向位置に対応してプログラムされた輪郭に従って上下方向に移動させることによる手段も考えられる。このような移動によれば、不均一な侵食を作り出してスパッタリングの不均一が現れている箇所でのスパッタリングの強さを変化させて、このような不均一をなくし、膜の厚さの均一性を改善できる。

10

## 【0028】

スパッタリングターゲットの面とスパッタ成膜される基板との間の距離は基板に成膜される膜の厚さを決定するひとつの要素であることが知られている。しかし、大きな基板にスパッタリングする際には、ターゲットの中央はスパッタリングのパワーソースから離れているため、大きなターゲットの中央ではスパッタリングの強さが落ち込む傾向がある。従って、この落ち込みを補償するために、この箇所（領域）でマグネトロンをターゲットに近づけて磁場を徐々に強くしてもよく、膜の厚さの均一性を改善することができる。

## 【0029】

膜厚の均一性を改善するための他の構成は、マグネトロンの端部だけをその移動範囲の端部近傍において傾け（ロールさせ又はピッチングさせ）するというものである。マグネトロンを支持するベアリングレールは真っ直ぐで水平なままであり、マグネトロンの端部は、局部的な斜面（カム）とローラ（カムフォロア）を用いることにより傾けられる。斜面又はローラはマグネトロンの端部に配置され、斜面又はフォロアは、処理チャンバに固定された固定サポートに配置される。特定位置でのマグネトロンの横方向移動により、カムはカムフォロアに係合して、傾動力を生じさせる。傾動力はマグネトロンの端部を上下方向に押し、磁石部材の基準面を逸脱部分となるようにする。この傾動動作はローリング動作又はピッチング動作であることができるが、このローリング又はピッチングなる語は、飛行機の拳動を考慮し、また、磁石（マグネトロン）を飛行機の固定翼に対応させる場合、理解されるであろう。

20

## 【0030】

マグネトロンの電磁石を用い、電磁石の磁場の強さを変化させて、膜の厚さを所望のとおり制御することもできる。

30

## 【0031】

本発明による方法は、磁石部材をスパッタリングターゲットの近傍で横方向に移動させるステップと、前記磁石の一部分を上下方向に動かすステップとを含み、その上下方向移動距離は基準面と所定の位置での移動平面との間の平行度の誤差より大きくなっており、平面から逸脱させることで磁場の強さを変化させ、膜の厚さの制御を改善する。本発明の他の方法は、磁石部材を軌道に沿って横方向に移動させるステップと、磁石部材の一部を上下方向にも横方向に動かすのと同時に動かして、磁場の強さを変化させ、軌道に沿った1又は複数の箇所においてスパッタリングの膜の厚さの均一性を改善する。

40

## 【0032】

これらの装置及び方法によれば、従来技術では達成することのできなかつた高い程度の膜の厚さの制御性を得ることができる。

## 【0033】

## 【詳細な説明】

図7及び図8の膜の厚さの均一性を示すプロットを比較することで、本発明による改善を理解することができる。図7のプロット250では、等高線のプロットはいくつかの黒くて濃い等高線を示しており、これは基板の中心から周辺の領域にわたる膜の厚さの変化を示している。非対称な（ゆがんだ）プロットは、左上の隅部と右下の隅部の成膜が大きく変化していることを示している。図7の分析による膜の厚さの均一性の変化は約8%であ

50

る。これに対して、図 8 に示すように、本発明の装置及び方法を用いての同様なプロット 260 は、膜厚の均一性のプロットとなっている。この分析によるプロットは中心に対して概略対称でゆがみのない矩形となっている。中心から周辺までの厚さの変化は縦軸の両側で概略等しくなっている。図 8 では図 7 のプロットよりも最大値と最小値との間の距離が小さくなっている。この結果、膜の厚さの均一性は約 4 % である。

#### 【 0 0 3 4 】

[ 単一の梁型ベアリングサポート ]

図 9 は本発明による装置の模式的な斜視図であって、この図において、マグネトロンアセンブリ 272 は、マグネトロンチャンバ 270 内を矢印 274 で示す方向に移動するようになっている。マグネトロンアセンブリ 272 は中央のベアリングサポート梁 276 によって支持されており、これは矢印 278 に示すように一様に上下動できるようになっている。一組のベアリングレール ( 例えば 382 , 384 ) がマグネトロンアセンブリ 272 を、ベアリングトラック受け部材 ( 例えば 282 ) を介して、支持している。マグネトロンアセンブリの水平方向の移動は、ねじ付き駆動ロッド 284 を回転させることで行われ、この駆動ロッドは駆動ナットハウジング 288 に取り付けられた駆動ナット 286 と係合している。駆動ナットハウジングは結合ピン 290 a , 290 b に対して係合し上下に摺動可能となっており、これらのピンはマグネトロンアセンブリ 272 の上面に上方に向けて突設されている。結合ピン 290 a , 290 b と駆動ナットハウジング 288 とが摺動自在に結合されているため、マグネトロンチャンバ 270 の壁面に固定されたねじ付き駆動ロッド 284 と、サポート梁により支持されたマグネトロン 272 との間の上下方向の動きの差を許容することができる。摺動自在な結合によって、マグネトロンが端から端へ往復したとき、そして、図 10 に示すようにマグネトロンが往復した際にマグネトロンが傾斜したとき、マグネトロンの一部が上下方向に移動することが許容されている。

#### 【 0 0 3 5 】

図 10 は、図 9 に示したマグネトロンアセンブリの移動のようすを誇張して示した模式的斜視図である。一端から他端にかけてねじれた中央ベアリングサポートレール 302 に支持されたマグネトロンアセンブリ 300 は、横方向に移動する ( この例では水平方向であるが、横方向の動きは湾曲された基板の表面 ( 例えば球面 ) に沿うものでもよい ) 。点線 304 , 306 は、マグネトロン 300 がチャンバの一端から他端に横方向に移動したときのマグネトロンアセンブリの両端の高さの変化を示している ( 飛行機の挙動の用語を用いればロール動作である ) 。マグネトロンアセンブリ 272 , 300 がプロセスチャンバの一端から他端へ移動するとき、その左右の端部はそれぞれ上昇及び下降し、ターゲットアセンブリに対してそれぞれ遠くったり近くったりする。ターゲットの表面から離れているマグネトロンアセンブリの端部 ( 一部分 ) は、スパッタリングを促進する磁場の影響を減じ、他方、ターゲットの表面に近いマグネトロンの端部は、スパッタリングを促進する磁場の影響を強める。この端部から端部へ向って傾斜する配置によれば、部材が横方向に端部から端部に動いたときに、マグネトロンとマグネトロンチャンバの両端での対向隅部におけるスパッタリングに大きな影響を与える。

#### 【 0 0 3 6 】

従来一般の考えによれば、マグネトロンが移動したときターゲットの全域において磁場の強さは一定でなければならない。このような考えによれば、マグネトロンの軌道とターゲットの基準面 ( 通常は前面 ) との間のトラッキングの平坦度ないしは平行度についての仕様を必要とする。両部材間の平行性は、一定の磁場を提供することを意味する。1 フィートあたり約 5000 分の 1 インチ若しくはそれ以下である平坦度又は平行度についての通常の誤差範囲の仕様は、請求項に記載した本発明の一態様を画す助けとなるであろう。このような誤差は、生産過程における自然な変動によるアライメントの変動を許容せず、機械的に相対する部品のアライメントも実際には制限する。本発明によるマグネトロンの端部間の高さの実際の差は、非常に微妙なものである。高さの変化が、1 フィートあたり 0 . 0075 インチ程度の、平坦度又は平行度についての仕様の誤差の通常範囲から僅かに外れることで、膜の厚さの均一性に影響を及ぼすが、これは磁場の強さが距離に応じて大

10

20

30

40

50

大きく変化するためである。高さを局地的に変化させれば効果も局地的に得られる。局地的な変化は逸脱部分（平坦度又は平行度についての誤差（平行度及び平坦度の誤差はともに、通常の条件下、横方向1フィートあたりの高さ変化がプラスマイナス0.005インチ又はそれ以下、あるいは0.05%以下と定められている）を越えるマグネトロンの移動基準面の部分）として定義できる。

【0037】

従って、本発明による構成は、平坦度又は平行度についての誤差という語で定めることができる。マグネatronが横方向及び上下方向に移動することにより形成される仮想的な面は、基準面に対する平坦度又は平行度に関して評価される。本発明による構成によれば、仮想面は、通常の平坦度及び/又は平行度の誤差範囲を越える当該仮想面の上下方向成分を有する逸脱部分を含み、この逸脱部分でのマグネatronの移動の結果として、その移動が基板に成膜される膜の厚さの均一性が改善される。磁場の強さはマグネatronからの距離に応じて大きく変化することから、平坦度又は平行度が次第に大きく外れるにつれて、膜厚も次第に大きく変化する。マグネatronの軌道の端部において平坦度又は平行度から0.030インチ外れることで、若しくはマグネatronの端部において約10mm平面から外れることで、図9の構成において、基板及びターゲットの相対する隅部における膜の厚さの均一性を変動させるが、これは、図7のプロットに比較して明らかに改善される（図7の設定においては平坦度又は平行度の誤差はレールの端から端にわたって、最大で0.010インチの通常範囲に納っている）。高さを変化させることで、図8に示すように、膜の厚さの均一性は5%の仕様の要求を満たすように改善される。

【0038】

この例は本発明のひとつの実施形態にすぎず、同様の技術を用いて膜の厚さの均一性又は制御性が必要な箇所での改善を図ることができる。マグネatronの動きを調整して、マグネatronの移動を表す仮想面パターンに、通常の平坦度又は平行度の誤差範囲を越え且つスパッタリングされるターゲット表面での磁場を変化させる逸脱部分を含めるようにすることで、基板に成膜される膜の厚さの均一性や制御性を改善することができる。

【0039】

一端から他端へ、片側から反対側へと移動したときに、平坦度及び平行度についての仕様を越えた部分の上下方向の変化は、マグネatronアセンブリ272の移動によって生じた仮想的な基準面パターンないしはプロファイルに重ね合わされた仮想的な基準面と対比して、計測される。マグネatronアセンブリ272が平坦度又は平行度を離れる動きの特性を示す立面図が、直線的なマグネatronアセンブリ272の傾動については図11、図12及び図13に示されており、マグネatronアセンブリの曲がりについては図21、図22及び図30に示されている。両形態においても、マグネatronアセンブリ272の移動の端部の近傍における当該マグネatronアセンブリ272の端部は、いずれの実施形態においてもマグネatronアセンブリ272の端部はその移動の端部付近において通常の（さもなければ選定された）誤差（例えば0.005インチ/フィート、0.0075インチ/フィート、0.010インチ/フィート、0.015インチ/フィート、0.020インチ/フィート、0.025インチ/フィート、0.030インチ/フィート、0.035インチ/フィート、0.040インチ/フィート、0.050インチ/フィート（マグネatronの端部において約10mmの高さ変化を生じさせる））を越えるよう上昇され、スパッタリング成膜される基板表面全域にわたる膜厚の均一性又は膜厚の制御性を改善するようになっている。

【0040】

図11、図12及び図13は、図9に示したマグネatronチャンバ270の一端から他端にマグネatronアセンブリ272が移動したときのその挙動（傾き又は曲り・ロール）を順次示す断面図である。中央サポートレール276は図9及び図15に示した一体型（one-piece）のベアリングフレーム380を支持している。概略的に言えば、ベアリングレール382、384は互いに平行になるように固定されるよう構成されている。しかし、図16に示すように、ベアリングレールの一部について、図示された穴の間にお

10

20

30

40

50

いてその上面に切込み 392 を設けると共に、そのプロセスに応じて通常は厚さ 0.010 インチの倍数で 0.060 インチまでの、例えば 0.050 インチのシム、例えば符号 394, 396 のものを、一体型のベアリングフレーム 380 と中央ベアリングサポート梁 276 との間であって、その両端で、相対する側にて、適所に配置し固定するならば、シムはベアリングレール 382 及び 384 にわずかな高さ方向の曲げを生じさせる。中央ベアリングサポートにおけるわずかな高さ方向のずれ（オフセット）371（図 13）は、マグネトロンがその端部に向かって外方に行くにつれて拡大され、その端部では、高さ方向のずれが最大値（約 10 mm）となる。ベアリングレール 382, 384 の構成により、マグネトロンアセンブリ 272 は当該レールの経路に従う。マグネトロンが移動すると、その動きにより、マグネトロンアセンブリ 272 の各点をトレースした仮想面パターン（飛行軌跡）内の一連の点列が形成されている。仮想面パターンにおけるいくつかの点は、基準面との平坦度又は平行度の誤差よりも大きな距離で、仮想的な水平面に対して上下方向にオフセットしている（仮想的な水平面とは、仮にベアリングレールが横移動の中立軸 368（図 12 参照）から上下方向にオフセットされておらず、水平な基準面のパターンと交差していないとした場合、マグネトロンアセンブリが移動するであろう面である）。ベアリングレールの高さ方向の位置調整は、シム 394, 396 に代えて、又はこれらと共に、一体型のベアリングフレームの側面に締め付けられるボルトが通る垂直なスロットを用いることにより、なされ得る。

#### 【0041】

図 13 に示すように、ベアリングレールフレーム 360 に上下方向に切れ目を入れて、左側を上下方向に距離 370 だけオフセットさせることで、マグネトロンアセンブリは一点鎖線 372 に示すようなロール動作を行うことになる。中心軸 364 からのベアリングレールのオフセットは距離 366 にセットされている。図 11 においては同様にベアリングレール 362 を分割している右側部分が、中心軸 368 に対して距離 371（約 10 mm）だけオフセットしており、マグネトロンは一点鎖線 374 に示すようなロール動作を行うよう、示されている。このように、中央サポートにおけるわずかな高さの変化は、中央サポートレール 276 を越えて延びるマグネトロンアセンブリ 272 の最端部において大きな高さの変化を生じさせる。

#### 【0042】

図 17 ~ 図 20、図 17A、図 18A、図 20A 及び図 21 ~ 図 24 は、本発明により中央サポート梁 276 に支持されたマグネトロンの別の構成を示している。この構成においては、ベアリングレールを傾けるのではなく、ベアリングレールは本来の平坦で水平な姿勢に維持される。この姿勢は、干渉がなければ、ターゲットアセンブリの基準面に対してマグネトロンの平坦な平面上の移動軌跡を与えるものである。この構成においては、マグネトロンアセンブリ 272 は中央ベアリングサポート梁 276 のみによって支持されるわけではなく、マグネトロンアセンブリがチャンバの端部に近づいたときにはカムフォロア（ローラ）442 が斜面（カム）422 に係合して、マグネトロンアセンブリの端部が、スパッタリングターゲットアセンブリの上方に向けて屈曲され又は傾けられるようになっている。斜面 422, 428 はチャンバの相対する隅部（スパッタリングターゲットの過度の侵食の変則性が観察される位置に対応する部分（図 6））に配置されている。この構成では、剛性があり実質的に変形しないマグネトロンハウジングを、中央ベアリングレールのベアリングトラックに対してマグネトロンを保持するために、スプリング負荷式のジョイントと共に用いることができる。スプリングは、マグネトロンがベアリングレールに対して真っ直ぐで水平に保持されるように、負荷が加えられると共に、マグネトロンの端部がカムと接触して持ち上げられる状態になったときに、中央ベアリングレールを枢軸として傾動することができるよう、負荷が加えられている。他の構成では、マグネトロンハウジングを容易に変形できるプラスチックやゴム又はそれに類する材料で作っておき、中央ベアリングトラックに対して中央レールに剛的な結合を与え、マグネトロンの端部がカム（例えば 422）に接触した状態では、マグネトロンが曲線状に湾曲し、その端部がターゲットアセンブリから持ち上げられるようにしている。このときのロール動作ないしは口

10

20

30

40

50

ール姿勢は図 2 1 と図 2 1 A、及び、図 2 3 と図 2 3 A を比較されたい。

【 0 0 4 3 】

図 1 7、図 1 7 A、図 1 8、図 1 8 A、図 1 9、図 2 0 及び図 2 0 A は、一連の関連ある断面図であって、マグネトロンアセンブリ 2 7 2 の端部の動きを示しており、所定位置に配置されたカム（斜面）及びカムフォロア（ローラ）により、マグネトロン全体又はマグネトロンの一部がターゲットアセンブリに近づいたり離れたりする様子を示している。図 1 7 に示されるように、マグネトロンアセンブリはカムフォロア（ローラ）4 4 2 とカム面（斜面）4 2 2 を用いることで寸法 4 3 2 に示されるような上下のロール動作を行う。マグネトロンアセンブリ 2 7 2 の端部 4 4 0 には、持上げローラ 4 4 2 を備えた持上げローラフレーム 4 4 4 が備えられている。持上げローラ 4 4 2 とフレーム 4 4 4 はマグネトロンアセンブリ 2 7 2 の端部（片端 4 4 0 のみを示している）と共に移動して、持上げローラ 4 4 2 が、サポート固定具（例えばサポートブロック 4 4 6）によりチャンバに固定された持上げ斜面 4 2 2 に係合したときに、斜面 4 2 2 を転がり上がって上昇し、それにつれてマグネトロンアセンブリの端部は距離 4 3 2 だけ反り上がる。この構成においては、斜面 4 2 2、4 2 8 に係合したときには、マグネトロンアセンブリ 2 7 2 を端から端へと移動させようとする力は、マグネトロンの端部（例えば 4 4 0）をそりあげさせる力にもなる。図 2 1、図 2 2 及び図 2 3 における一点鎖線 4 2 4、4 2 0、4 3 0 は、マグネトロン 2 7 2 が端から端へと移動したときの、理想的な曲げ、直線、曲げ挙動（形状）をそれぞれ示している。理想的な状態においては、マグネトロンアセンブリ 2 7 2 の一側はターゲットアセンブリの基準面に対して真っ直ぐで平行な状態で、他側だけが図示のように概ね屈曲して反り上がっているが（水平な一点鎖線の直線はマグネトロンアセンブリの端部の高さ変化を評価するための基準である）、実際には、トラックにおける直線状のベアリングとベアリングレールとの間にやや遊びがあり、自由端でも上下方向の動作が生じるので、アセンブリの自由端においてもある程度の影響が生じる。

【 0 0 4 4 】

図 2 4 の平面図においては、左上の隅部の斜面 4 2 2 と右下の隅部の斜面 4 2 8 が示されている（この部分においてマグネトロンアセンブリは、例えばゴムのような容易に変形できる材料でできている場合、過度の応力を生ずることなく弾性的に曲る）。マグネトロンアセンブリ 2 7 0 が図 2 4 の 2 2 - 2 2 線で示された中央の水平姿勢（形状）4 2 0 から、2 1 - 2 1 線で示された姿勢のチャンバの第 1 端に移動したときに、マグネトロンアセンブリの曲る様子は一点鎖線 4 2 4 にて示されており、マグネトロンアセンブリの端部は中心線（例えば 4 2 0）から寸法 4 2 6 だけオフセットする。同様にして、2 3 - 2 3 線に示されるチャンバの他端部にマグネトロンアセンブリ 2 7 2 が移動したときには、マグネトロンアセンブリの屈曲の姿勢は一点鎖線 4 3 0 で示され、中心線（例えば 4 2 0）から寸法 4 3 2 だけオフセットすることになる。対称的なシステムにおいては、マグネトロンアセンブリの両端部が曲ることによる上下方向のオフセット寸法 4 3 2、4 2 6 はほぼ等しい値にすべきであるが、経験的なデータから、種々のオフセットが必要であることがわかっている場合、各端部における上下方向のオフセット寸法を異なるようにすることも可能である。

【 0 0 4 5 】

図 1 7 A、図 1 8 A 及び図 2 0 A は、4 つの斜面（又はカム）4 1 5、4 1 6、4 1 7、4 1 8 を用いた例を示しており、これは、中央ベアリングレールトラックに対するスプリング負荷式の中央マグネトロン結合部（図示せず）を有している。マグネトロンの端部の平面図は図 1 7 A に示されており、マグネトロン 2 7 2 a の側面の側方に 2 組のローラ 4 3 4、4 3 6 が配置されている。マグネトロンがその横方向動作の端部に近づくと、片側に 2 つずつ設けられたローラ（ここでは一方のみを例えば 4 3 4 として示している）が 2 つの斜面（すなわち 4 1 5、4 1 8）に接触し、マグネトロンは上方へのピッチ（揺れ）を受け、チャンバの縁部に最も近いマグネトロンの縁部が距離 4 3 2 a だけ持ち上げられる。マグネトロンのピッチ（再び飛行機の挙動について参照されたい）の変動によるこの

ような縁部の持上りにより、ターゲットアセンブリの縁部における磁場の強さは減少し、このようにしなければエッチ効果で発生するであろう余分な成膜が避けられる。このように、マグネトロンはロール及びピッチの挙動変化を受けようになっている。ヨーイング挙動の変化についても、ベアリングの軌道を直線形状にしないようにした場合、又は、マグネトロンの隣合うベアリングトラック間の差動を許容するサスペンションをベアリングトラックに設けた場合には、可能となる。

【0046】

上記において概念的に説明したマグネトロンアセンブリの構成は、実際のメカニズムとしては、図25及び図26に示すようになる。

【0047】

図25及び26はマグネトロンアセンブリ118の底面図及び断面図であり、マグネトロンアセンブリ118は、直線状ベアリングサポート部142と水平延長部144とからなる中央ベアリングサポートフレーム136によって支持されている。直線状ベアリングサポート部142は、その両側のベアリングレール138, 140(一組の軌道)に固定されている。マグネトロンアセンブリ118は、一組の直線状レールトラック120, 121を介してベアリングレール138, 140によって支持されている。直線状レールトラックはマグネトロンアセンブリ118に固定されており、直線状リニアレール138, 140上を前後に摺動する。マグネトロンアセンブリの前後方向(水平ないしは横方向)への移動は、ねじ駆動ロッド(ボールねじ)112の回転によって行われ、ボールねじはボールねじ受け用ナット122に螺入され、ナットには一組のナットハウジングピン受け用穴126, 128が備えられている。一組の駆動ピンがマグネトロンアセンブリ118から上下方向に延び、穴126, 128内に上下方向に摺動自在に挿入され、直線状レール138, 140と回転可能なねじ駆動ロッド112との間の不整列による機構の拘束を防止するようになっている。ねじ駆動ロッドは、チャンバ上部外側で支持されたボールねじ駆動モータ114によって回転され、ボールねじの第2端部はボールねじ端部ベアリング116によって支持されている。この構成では、中央ベアリングサポートフレーム136の上下方向の移動は、垂直に配置された一組のリードねじ148, 150, 152を回転させることで達成され、これらには、歯付き駆動ベルトプーリが取り付けられている。駆動プーリ・モータ156は、歯付き駆動ベルト154によって歯付ベルトプーリに連結されている。ベルト駆動プーリ・モータ156が回転すると、これと同時にプーリ148, 150, 152が回転し、固定されたナットに螺合しているピッチの等しいリードねじが回転し、中央ベアリングサポートフレーム136を昇降させ、このとき直線状ベアリングサポート部142とターゲットとの平行度は維持されるようになっている。

【0048】

伝統的な構成では、マグネトロンアセンブリ118の水平挙動は、きわめて精密に整列配置されたベアリングレール138, 140に対する摺動取付具により制御される。

【0049】

この態様では、マグネトロンアセンブリの動きは、ターゲットが侵食され又は用いられる前のスパッタリングされていないほぼ平坦な前面形状に対しては平行で均一となる。この構成は、サイズが最大約400mm×500mmまでの比較的小さな矩形基板のスパッタリングに用いられる。

【0050】

本発明による構成を用いてマグネトロンを傾動すべき場合には、ベアリングレール138, 140を傾動する(例えば図22の構成により示されるように)と共に、中央ベアリングサポートフレーム136を、ターゲットアセンブリに対して平行な状態を保ったままで昇降させるようにする。

【0051】

本発明による方法においては、図25及び図26に示すようなマグネトロンアセンブリがターゲットアセンブリに沿って横方向に移動したときに、マグネトロンアセンブリを上下方向に移動させる。しかしながら、図6に示したようなターゲットの深さ方向の侵食プロ

10

20

30

40

50

ファイル（形状）の変化が与えられたときには、マグネトロンアセンブリを平行に上下させることによって、現在の垂直に固定された構成と比較しても、膜厚の均一性や膜厚の制御性の改善を行うことはできない。他の構成としては、それぞれの上下方向サポートを個々独立のモータ又はアクチュエータによって駆動して、サポート梁とマグネトロンアセンブリの上下方向の移動の制御をマグネトロンアセンブリの横方向の位置と関連づけて電気的に制御することも可能である。

【 0 0 5 2 】

[ 2本の平行な梁型ベアリングサポート ]

約 6 0 0 mm x 7 0 0 mm のサイズのより大きな矩形基板に対しては、図 2 7 及び図 2 8 に概要を示し、図 3 4 及び図 3 5 に詳細を示した第 2 の機構を用いる。

10

【 0 0 5 3 】

図 2 7 は本発明による第 2 の機構の概略を示している。マグネトロンチャンバ 3 1 0 には、マグネトロンアセンブリ 3 1 2 が設けられている。マグネトロンアセンブリ 3 1 2 は 2 本のベアリングサポート梁 3 1 6 , 3 1 7 によって支持されており、これらは、一組のベアリングトラック（例えば 3 2 4 ）に固定されたマグネトロンアセンブリ 3 1 2 が、一組のベアリングレール（例えば 3 2 2 ）に沿って矢印 3 1 4 に示すように横方向に移動できるようにしている。ベアリングサポート梁 3 1 6 及び 3 1 8 の上下方向の移動は、矢印 3 2 0 によって示されている。マグネトロンアセンブリ 3 1 2 をベアリングレール 3 2 2 に沿って横方向に移動させるにはねじ駆動ロッド 3 2 6 の回転によって行う。このロッド 3 2 6 は、駆動ナットハウジング 3 3 0 内に収容された駆動ナット 3 2 8 と係合している。駆動ナットハウジング 3 3 0 は、可撓性のあるスプリング状の結合部材 3 3 2 の弓状部分に固定されている。この結合部材 3 3 2 はマグネトロンアセンブリ 3 1 2 に固定され、ベアリングサポート梁 3 1 6 , 3 1 7 と駆動ナット 3 2 6 との間の不整列ないしは相対的な動きが上下方向において柔軟な結合性を与え、一方、横方向においては剛性を与えるようにしている。図 2 8 は、図 2 7 の構成におけるマグネトロンアセンブリ 3 1 2 の理想的なトラッキング（軌道）を示している。図 2 8 において、マグネトロンアセンブリ 3 4 2 は 2 本のベアリングサポート梁 3 4 4 , 3 4 6 に支持されており、これらの梁は端部フレーム 3 4 8 , 3 5 0 により支持されている。この構成では端部フレーム 3 4 8 , 3 5 0 は互いに平行で水平になっている。左側のレール 3 4 4 の位置状態は、マグネトロン 3 4 2 の左側端部がフレーム 3 4 8 の下縁部からその反対側のフレーム 3 5 0 の上縁部へと、上下方向に変化していることを示している。また、右側のベアリングサポート 3 4 6 の位置状態は、端部フレーム 3 4 8 の上縁部からその反対側の端部フレーム 3 5 0 の下縁部へと、上下方向に変化していることを示している。

20

30

【 0 0 5 4 】

端部レールにより支持されたマグネトロンは、図 2 9 ~ 図 3 3 に図示されている。図 2 9 はマグネトロンアセンブリ 3 1 2 を含むプロセスチャンバの断面図を示しており、このマグネトロンアセンブリ 3 1 2 は 2 本の支持レール 4 0 0 , 4 0 2 によって支持されている。この構成は図 2 7 及び図 2 8 の概念的に図示したものに对应している。図 3 0（図 3 3 の 3 0 - 3 0 線の位置に対応する）に示される一方の最端部において、レール 4 0 2 の端部における上下方向のオフセット量は、距離 4 0 8 a として示され、マグネトロンアセンブリの挙動（傾き）は、ほぼ一点鎖線 4 1 2 で示した通りとなる。図 3 1（図 3 3 の 3 1 - 3 1 線の位置に対応する）に示された中央の位置においては、水平の姿勢 4 0 4 は、マグネトロンがターゲット表面又はターゲットの基準面（通常は平面）に対して平行になるようにしている。図 3 3 の 3 2 - 3 2 線に沿っての断面図である図 3 2 に示されるプロセスチャンバの第 2 端部では、ベアリングレール 4 0 0 はターゲットアセンブリの基準面（例えば、図 3 1 の 4 0 4 と平行な面）より上方に位置し、これにより、マグネトロンアセンブリ 3 1 2 を一点鎖線 4 1 4 で概ね示したように挙動（傾け）させる。上下方向のオフセット距離は 4 0 8 b として示されている。この例においては、処理チャンバの横に延びる中心線 4 0 6 からの水平方向オフセットは距離 4 1 0 であり、そのために梁での上下方向のオフセット寸法 4 0 8 a , 4 0 8 b を大きくしなければ、図 1 1 ~ 図 1 6 に示した形

40

50

態のマグネトロンアセンブリと比較して同様な挙動（傾き）変化を生じさせることはできない。図 1 1 ~ 図 1 6 の場合では、相対する支持レールの近傍に配置されたベアリングレールにおける小さな上下方向のオフセットが、マグネトロンアセンブリ 3 1 2 の一端から他端にかけて、単位長さあたりの同様な挙動変化（傾き）を生じさせる。

#### 【 0 0 5 5 】

図 3 4 及び 3 5 の詳細図は、スパッタリングチャンバと共にあるべきマグネトロンチャンバにおいて使用されるマグネトロンアセンブリ 1 7 8 を示している。マグネトロンアセンブリ 1 7 8（図 3 4 においてはマグネトロンアセンブリの一の位置と別の位置が示されている）は、一組のベアリングレール 2 0 6，2 0 8 上に支持されており、これらのレールは一組の擬似的な平行縁部ベアリングサポート 1 9 8，2 0 0 上に支持されている。一組の直線状レールトラック 1 8 0，1 8 2 がベアリングレール 2 0 6，2 0 8 と係合しており、ねじ駆動ロッド（ボールねじ）1 7 2（図 3 4 においては一点鎖線のみで示している）を駆動することで前後に移動される。この機構において、マグネトロンアセンブリ 1 7 8 の前後の動きは駆動ロッド 1 7 2 の回転によってなされ、駆動ロッド 1 7 2 はボールねじ駆動モータ 1 7 4 とボールねじ端部ベアリング 1 7 6 との間に取り付けられている。ボールねじ 1 7 2 は、ボールねじナット受けハウジング 1 8 6 に取り付けられたボールねじ受けナット 1 8 4 と係合している。ボールねじ受けハウジング 1 8 6 は、可撓性のある板ばね状の結合部材 1 8 8 に固定されており、この結合部材 1 8 8 はマグネトロンアセンブリ 1 7 8 の端部付近にてマグネトロンアセンブリ 1 7 8 に結合されている。上述の機構と同様に、ベアリングレール 2 0 6，2 0 8 は、互いに平行に且つスパッタされるターゲットの面に対しても平行となるように正確に配置されており、基板への均一な成膜が行われるようにしている。

#### 【 0 0 5 6 】

図 3 4 及び図 3 5 のマグネトロンアセンブリはベアリングサポート 1 9 8，2 0 0 に支持されており、これらのサポートは端部サポートフレーム部材 2 0 2，2 0 4 と共にフレームとして機能するよう互いに整列されている。上下方向の調整を可能とするために、フレーム上のねじ受けナットと係合される 4 本のねじ付サポートロッド（ベアリングに取り付けられている）が、歯付きプーリ 2 1 0，2 1 2，2 1 4 及び 2 1 6 に固定されている。歯付き駆動ベルト 2 2 2 は歯付きプーリ 2 1 0，2 1 2，2 1 4 及び 2 1 6 と共にアイドルプーリ 2 1 8，2 2 0 を一周するように掛け渡され、駆動プーリ及びモータ 2 2 4 によって駆動される。ベルト駆動プーリ及びモータ 2 2 4 が回転すると、四隅に配置されたリードねじの各々が、それぞれに取り付けられた歯付きプーリを介して回転させられ、ベアリングサポートフレームが水平状態を保ったまま、上下方向に調整される。他の構成としては、各上下方向のサポートを別々のモータ又はアクチュエータによって駆動し、サポート梁とマグネトロンアセンブリの上下方向の動作の制御をマグネトロンアセンブリの横方向の位置に関連づけられた電気的な制御により行うようにしてもよい。

#### 【 0 0 5 7 】

##### [ 2 ピース・ヒンジ結合型のマグネトロン ]

図 3 6 及び図 3 7 には、他の構成によりマグネトロンアセンブリ 4 6 0 及びその上下方向の動作についての他の形態が示されている。これらの図においては、中央サポートレール 4 6 2 を用いてヒンジ式ないしは蝶番式に結合されたマグネトロンアセンブリ 4 6 0 の断面を示しており、中央サポートレール 4 6 2 は、図 3 7 に示されるように連続的に湾曲され得るもの、或は、一連の直線状セグメントからなるものとする事ができる。これらの構成において、マグネトロンアセンブリ 4 6 0 のヒンジ結合された 2 つのセクションの中央交差部分は、中央ベアリングレール 4 6 2 から支持されており、マグネトロンアセンブリが一端から他端にサイクル運動したときにマグネトロンアセンブリ 4 6 0 の中央部とスパッタリングターゲットとの間の距離を変化させることができる。ヒンジ式に結合されたマグネトロンと真っ直ぐなマグネトロンとを比較した場合の水平方向の寸法差による水平方向の距離の変化は、周辺のベアリング梁を内側に湾曲させることにより、又は、中央サポートレール 4 6 2 に取り付けられたベアリングトラック間を固定的に結合することによ

り（しかし、側部サポートレール464, 466に対するベアリングトラックの結合は、自由に、中央ベアリングレール462に対して接近又は後退運動（摺動）を可能とする）、許容され得る。なお、このような結合部の詳細構造は、当業者によって作り実施され得る。

#### 【0058】

[基準プロファイルに追従する分割型マグネトロン]

図38は、本発明による他の実施形態を示している。この実施形態においては、1又は複数のカム面とカムフォロアが用いられ、それぞれ独立に移動できるマグネトロン・サブセクションを有するマグネトロンアセンブリの部分間での距離を変化させると共に、マグネトロンの磁石列における隣合う永久磁石同士が連続したループを描く外形を維持するようにしている。磁石サブセクション（一連の磁石部材サブセクション）は、枢動自在とすることができ、連続した磁場を提供すべく鎖のように互いにヒンジ結合されることができ、或は、可撓性のあるハウジング内に収容されることができ。図38に示すように、いくつかのカム面（一連のカム面）は、マグネトロンの各サブセクション、ひいてはマグネトロンアセンブリが全体として追従するプロファイル（profile）/パターンを反映する連続したカム面板476を形成すべく、互いに組み合わせられ得る。カム面板476にはいくつかのカム面スロット（例えば478）が備えられており、これを通してカムフォロアロッド（例えば474）が、カムフォロア（例えば482）とマグネトロンアセンブリのサブセクション（例えば472）とを結合している。マグネトロン輪郭（contour）トラッキングフレーム486は、カムフォロア（例えば482）とマグネトロン・サブセクション（例えば472）との間の上下方向の整列状態を維持し、これらが一体的にトラッキング（水平方向の駆動手段によって駆動された場合）することで、膜の厚さの制御性及び/又は膜の厚さの均一性を改善するようにしている。プロファイル面パターンの各トラッキング（追従）によって、マグネトロンアセンブリの特定のサブセクション（例えば472）の各々とその下のターゲットとの間の距離が変化する。

#### 【0059】

図38Aは本発明による他の構成を示している。図38Aにおいては、マグネトロン488は可撓性のある材料でできており、各上下方向の制御部材（一連の上下駆動部材の制御部材）がマグネトロン488の各部分の垂直上下動を制御するようになっている。トラッキングフレーム486はわかりやすくするために、破断して示している。この構成においては、上下方向制御部材（プッシュ/プルロッド）の数を増加させることにより、及び/又は、マグネトロンの各側にこのような上下方向制御部材を設けて必要なピッチ挙動が得られるようにすることにより、マグネトロン488のターゲットに対する影響を精密に制御することが可能である。

#### 【0060】

図39～図42は、カム面476に利用可能ないろいろな面パターン/プロファイルのうち三種類を理想化された概念図として示したものである。

#### 【0061】

図39における面パターン/プロファイルは、図9～図15に示した構成のマグネトロンアセンブリによりトラッキングされた面パターン/プロファイルと同様になっている（相対する隅部が高く、他の相対する隅部が低くなっている）。このプロファイルにおいては、後方の隅部494と前方の隅部498が低くされ、一方、右側の隅部492と左側の隅部496が持上げられている。従って、右の隅部492に低い隅部498を表面上連結しているレール間の高さの変化は、低から高へと変化し、一方、後側の隅部494から左の隅部496に連結しているレールは高から低へと変化している。

#### 【0062】

図40には、2次元の円形状の若しくはパラボラ型の曲面を示している。湾曲面ないしは円弧形状の面の高位点は水平な中心軸503に沿って配置されている。実際にはベアリングレールの高さは図示の曲面の縁に沿って追従し、例えば右隅部504から下隅部510にかけて、又は上隅部506から左隅部508へと追従している。

## 【 0 0 6 3 】

図 4 1 に示した面プロファイル/パターンの輪郭は、上方に開いたパラボラ型ないし円形型を示しており、これにおいてはすべての隅部、すなわち右隅 5 1 6、後ろの隅部 5 1 8、左隅部 5 2 0 及び前方の隅部 5 2 2 が略等しい高さに持上げられており、中央部 5 1 5 は低い位置になっている。この面パターンに従うマグネトロンアセンブリは、マグネトロンアセンブリの磁石列の各磁石サブセクションを有しており、これらのサブセクションによって、磁石列の中央部分はターゲットの裏面に近づいて、その場所におけるスパッタリングを増強させる。或はまた、この構成は、磁場の影響が円形もしくはパラボラ型のターゲットを均一にスパッタリングして、特別な形状のマグネトロンを形成する必要なく、同様な円形やパラボラ型の基板（例えばパラボラ型反射鏡）にスパッタリング成膜するよう

10

## 【 0 0 6 4 】

図 4 2 には凹形の下向きの円形ないしパラボラ型を示しており、4つの隅部 5 2 8, 5 3 0, 5 3 2, 及び 5 3 4 はこのプロファイル/パターン面の低位置になっており、中央の 5 2 7 の点がプロファイル/パターン面の高い点となっている。

## 【 0 0 6 5 】

当業者は理解するであろうが、機械的なカム形状（例えば図 3 8）又はその他の全体に適度に連続的なカム面プロファイル/パターンを用いて、マグネトロン・サブセクションとターゲットアセンブリとの間の距離を変化させることができる。しかし、図に示した面パターン/プロファイルは、多くの面パターンのバリエーションのうちの利用可能ないくつかのものに過ぎない。カム面/プロファイルの変化は、特定の場所においてスパッタリングを局所的に変化させたい場合にそれに応じてカム面を変形することで適用することができる。

20

## 【 0 0 6 6 】

## [ 上下アクチュータ ]

本発明による装置の他の構成では、図 4 3 に示すように、略平板からなる平坦なフォロア板 5 4 6 と、マグネトロンの各サブセクション（例えば 5 4 2）の横方向位置と上下方向位置とを関連づける構造とを用いている。各サブセクション（例えば 5 4 2）は縦棒（例えば 5 4 4）を介して輪郭プレートフォロアアクチベータ（例えば 5 5 2）に結合されている。これらによってアクチベータアセンブリ（例えば 5 5 0）ができています。アクチベータアセンブリ（例えば 5 5 0）は、平坦なフォロア板 5 4 6 のスロット（例えば 5 4 8）内をマグネトロン輪郭トラッキングフレーム 5 5 8（一点鎖線にて示す）の動きに従って移動する。マグネトロントラッキングフレームによって全てのアクチベータアセンブリが結合され、マグネトロンアセンブリ（全てのマグネトロン・サブセクションを含む）がターゲットアセンブリに沿って横方向に掃引動作（scanning）した場合に、これらが横方向に同時に動くようになっている。各マグネトロン・サブセクション 5 4 2 の上下方向位置は制御システム 5 5 4 により設定され、制御システムは、マグネトロンが端から端へと移動したときの各マグネトロン・サブセクションについての高さを定める高さ制御データを受け取るようになっている。高さ制御データにより、磁石サブセクションは、プログラムされた面プロファイル/パターンによるプログラムさせた態様で移動される。電氣的プログラミング（輪郭ジェネレータ 5 5 6 のプログラムに従ってアクチベータがマグネトロン・サブセクションを移動させるプログラム）を用いて、プログラムされたパターンは磁石の小部分をあたかもメカニカルなカム面（例えば図 3 8 に示したような）に従うようにして移動させる。なお、輪郭ジェネレータは、制御システム 5 5 4 に基準輪郭ないしは基準等高線を提供するものである。輪郭データのプログラミングは簡単に変更することができ、所望の面パターン/プロファイルに応じたマグネトロンのトラッキングを調整できる。

30

40

## 【 0 0 6 7 】

50

## 〔スパッタリングの電磁石式マグネトロン制御〕

図44及び図45は、スパッタリングを制御するために用いられ得る電磁石を用いたマグネトロンの構成を示している。マグネトロン560はターゲットの表面とほぼ平行な面内で保持されており、ターゲットアセンブリの裏面に沿って前後に掃引動作するようになっている。マグネトロン560が移動されると、マグネトロン内の電磁石は付勢され、列をなす各電磁石のそれぞれが発生させる磁場の強さが輪郭プロット556aに従って変化される。このプロット556aは、物理的形状の変化についての経験的な知識にもとづいた所望の成膜プロファイルを示したものである。従って、マグネトロンが前後に移動したとき、磁場は電氣的に変化させられ、永久磁石によるマグネトロンをターゲットアセンブリの裏面に近づけたり遠ざけたりしたときと同様な結果が得られる。このような構成における磁石列には、永久磁石と電磁石を組み合わせるものを含ませるようにしてもよく、また、このような電磁石を高さ方向の移動に関連して、あるいは、水平方向の移動に関連して用いてもよい。極端な例においては、電磁石の列を、基板表面全体をカバーするエリアを有するように固定して、磁場の強さの変化を、選択された電磁石への通電及び断電を制御することで電氣的に制御するようにしてもよい。

10

## 【0068】

図45は、マグネトロン560に電磁石を用いた構成を示している。磁石は図4におけるのと同様に配列されており、違うのは各永久磁石セグメントの代りに電磁石コア（好ましくは鉄）（可能ならば図示のようにスプール564の形状のコア）を配置している。なお、各スプールにはワイヤ巻線が巻き付けられている。磁場の強さは輪郭コントローラ554aに接続された配線576によって独立に制御される。マグネトロンが前後に移動したとき、磁場の強さは電磁石のコイルに供給される電流の大きさを可変することで変化させられ、スパッタリングもこれに従って促進される。

20

## 【0069】

本発明における方法であって、スパッタリング中に基板に成膜される膜の厚さを選択的に制御するものにおいては、スパッタリングターゲットの近傍で磁石部材を横方向に移動させるステップと、磁石部材が水平方向に動いたときに磁場の強さを变化させてターゲット表面でのスパッタリングを促進させ、スパッタリング中に処理中の基板上に特定の膜厚のパターンを成膜するステップとを含んでいる。膜厚を均一にするよりも違えることが望ましい場合もある。例えば、基板に成膜された導電層とのワイヤリング結線の耐久性を増し、割れが生じにくくするために、基板の縁部での膜の厚さを増加させることが望まれる場合もある。一般的には、局所的な膜の厚さの不均一が望まれるかどうかにかかわらず、基板のほぼ全体にわたる膜厚の均一性についての誤差（公差）が維持されなければならないことが望まれる。本発明による構成及び方法によれば、膜の厚さが均一であることが望まれる箇所では均一に、不均一であることが望まれる箇所では不均一にすることができる。

30

## 【0070】

本発明の方法によれば、マグネトロンアセンブリ又は磁石セクションを横方向に動かすと共に、垂直サポートによりマグネトロンアセンブリの少なくとも一部をその水平方向の位置に応じて高さ方向に移動させて、膜の厚さの均一性を改善する。

## 【0071】

本発明による方法においては、磁石部材をスパッタリングターゲットの近傍で横方向に移動させるステップと、前記磁石の一部を上下方向に移動させるステップとを含み、その距離を基準面と所定の位置での移動平面との間の平行度の誤差（公差）範囲より大きくすることで、平面から逸脱する磁場の強さを变化させて、膜の厚さの制御を改善する。本発明の他の方法では、磁石部材を軌道に沿って横方向に移動させるステップと、磁石部材の一部を横方向に移動させると同時に上下方向にも移動させて、軌道に沿った1つ以上の箇所におけるスパッタリングに対して用いられる磁場の強さを变化させて、スパッタリングに関する膜の厚さの均一性又は制御性を改善するステップとを含んでいる。磁石部材は軌道に沿って横方向に移動され、且つ、磁石部材の横方向の動きと同時に磁石部材の一部は上下方向に移動させられ、軌道に沿った1又は複数の箇所におけるスパッタリングに対して

40

50

用いられる磁場の強さを変化させ、スパッタリング中に成膜される膜の厚さの制御性を改善することができる。

【0072】

本発明による方法では、磁場の強さを変化させるステップは、磁石部材の横方向の位置に応じたパターンに従って磁石部材の電磁石の強さを変化させることを含んでいる。

【0073】

本発明は上述のように具体的な実施形態に基づいて説明したが、当業者ならば本発明の範囲及び精神から逸脱することなくその形態や詳細部分を変更することができることを理解するであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術によるマグネトロン装置の模式的な平面図である。

【図2】図1の従来技術によるマグネトロンチャンバから、ターゲットアセンブリによって隔てられたスパッタリングチャンバを示す断面図である。

【図3】図2の装置の側面断面図であって、マグネトロンの磁場がスパッタリングターゲットを越えて延びているようすを概念的に示している図である。

【図4】永久磁石を含むマグネトロンと、そこから下向きに磁場が発生している様子を概念的に示した断面図である。

【図5】図2の装置についての第2の側面断面図であって、マグネトロンを最上位の位置に持上げたときにマグネトロンの磁場がかるうじてスパッタリングターゲットを越えるようすを概念的に示している図である。

【図6】従来技術によるターゲットの浸食プロファイルであって、スパッタリングの最中のスパッタリングターゲットの浸食（利用）のパターンを示している図である。

【図7】従来技術によるマグネトロンチャンバを用いたスパッタリングターゲットについての基板上の膜厚プロファイルを示すもので、5点式プローブを用いて測定したシート抵抗値（膜の厚さと逆比例する）分析により得られたプロファイルを示す図である。

【図8】本発明の構成及び方法を用いた場合におけるスパッタリングターゲットアセンブリの膜厚の等高線プロットであって、5点式プローブを用いて測定したシート抵抗値（膜の厚さと逆比例する）分析からの等高線プロットを示す図である。

【図9】マグネトロンを支持するために中央ベアリングレールを用いているマグネトロンチャンバを示す模式的な斜視図である。

【図10】図9の中央マグネトロンサポート梁を寸法的に誇張して示す模式図であって、当該サポート梁が中央梁サポートに沿って移動した場合にサポート梁がねじれる様子を示す図である。

【図11】図14のマグネトロンサポート梁の11-11線における断面図である。

【図12】図14のマグネトロンサポート梁の12-12線における断面図である。

【図13】図14のマグネトロンサポート梁の13-13線における断面図である。

【図14】中央マグネトロンサポート梁を備えている本発明によるマグネトロンチャンバの平面図である。

【図15】例えば図9に示すような中央梁に支持されたベアリング軌道（レール）を備えたベアリングチャンネル梁を示す斜視図である。

【図16】ベアリング支持レールを改良したものを示す図であって、チャンネルが分割され、チャンネルの両端の片方が持ち上げられて、マグネトロンの一部分を上下方向に移動させるようにしているものを示す図である。

【図17】図18に示すマグネトロンの端部を示す平面図であって、斜面（カム）に係合して持ち上げられようとしている状態を示す図である。

【図17A】図18Aに示すマグネトロンの端部を示す平面図であって、斜面（カム）に係合して持ち上げられようとしている状態を示す図である。

【図18】図20及び図24中の18-18線におけるマグネトロンチャンバの部分断面図であって、チャンバの端部において斜面によってマグネトロンの端部が持ち上げられるようすを示す図である。

10

20

30

40

50

【図18A】図20A中の18A-18A線におけるマグネトロンチャンバの部分断面図であって、チャンバの端部において斜面によってマグネトロンの端部が引っ掛けられるようすを示している図である。

【図19】マグネトロンと斜面との位置関係を示す断面側面図である。

【図20】マグネトロンチャンバの平面図であって、相対する隅部の斜面によってマグネトロンの端部が持上げられるようになっているものを示す図である。

【図20A】マグネトロンチャンバの平面図であって、各隅部の斜面によってマグネトロンの端部が持上げられるようになっているものを示す図である。

【図21】図24中の21-21線における模式的な断面図であって、変形可能な水平なマグネトロンの端部がそり上げられて曲線形状になったようすを示している図である。

10

【図21A】図24中の21-21線における模式的な断面図であって、剛的な水平なマグネトロンの端部が持上げられたようすを示す図である。

【図22】図24中の22-22線における模式的な断面図であって、変形可能な水平なマグネトロンを示す図である。

【図22A】図24中の22-22線における模式的な断面図であって、剛的な水平なマグネトロンを示す図である。

【図23】図24中の23-23線における模式的な断面図であって、変形可能な水平なマグネトロンの端部がそり上げられたようすを示す図である。

【図23A】図24中の23-23線における模式的な断面図であって、剛的な水平なマグネトロンの端部が持上げられたようすを示す図である。

20

【図24】マグネトロンチャンバの模式的な平面図であって、マグネトロンは中心部付近において支持されており、相対する隅部には斜面が設けられ、マグネトロンがいずれかの端に近づいたときにマグネトロンの端部の上下方向の位置が可変されるようになっているものを示す図である。

【図25】マグネトロン軌道に中央サポート梁を用いた場合のマグネトロンチャンバの底面図である。

【図26】図25のマグネトロンチャンバを示す断面図である。

【図27】マグネトロンチャンバの模式的な斜視図であって、内部の可動マグネトロンが両端部付近で2本の水平梁により支持されたものを示す図である。

【図28】図27に示すような傾斜軌道に沿ってマグネトロンが一端から他端へ移動するにつれて当該マグネトロンの高さが変化する（傾動する）ようすを模式的に示した説明図である。

30

【図29】本発明による2本のほぼ平行なレール（軌道）によって支持されたマグネトロンを示す模式的な断面図である。

【図30】図33中の30-30線における断面図であって、マグネトロンサポートレールとマグネトロンの挙動を示す図である。

【図31】図33中の31-31線における断面図であって、マグネトロンサポートレールとマグネトロンの挙動を示す図である。

【図32】図33中の32-32線における断面図であって、マグネトロンサポートレールとマグネトロンの挙動を示す図である。

40

【図33】マグネトロンチャンバの模式的な平面図であって、マグネトロンが2本の水平なサポートレールによって端部付近で支持されている状態を示す図である。

【図34】マグネトロンの底面図であって、マグネトロンが2本のほぼ平行な梁によってマグネトロンチャンバの縁部で支持されている状態を示す図である。

【図35】図34の断面図である。

【図36】例えば図37に示すように、マグネトロンチャンバ内に設けられたヒンジ結合されたマグネトロンを示す断面図である。

【図37】本発明によるヒンジ結合されたマグネトロンと弓なりに下がった中央軌道とを示す模式的な斜視図である。

【図38】永久磁石サブセクション（副構成部分）を有するマグネトロンアセンブリ（装

50

置)が移動する状態を示す図であって、マグネトロンが横方向に移動する際に、スパッタリング中のターゲットと各磁石サブセクションとの間の上下方向の空間を変化させる輪郭板によって、各磁石サブセクションの上下方向移動が影響を受けるところを示している図である。

【図38A】何本かのカムフォロアリンクを介して輪郭板に結合された変形可能なマグネトロンを有するマグネトロンアセンブリ(装置)が移動する状態を示す図であって、マグネトロンが横方向に移動する際に、スパッタリング中のターゲットとマグネトロンの各部分(カムフォロアリングに連結された部分)との間の上下方向の距離を変化させる輪郭板によって、マグネトロンの前記部分の上下方向移動が影響を受けるところを示している図である。

10

【図39】輪郭板に関するマグネトロン基準面パターンを市松模様で概念的に示す図であって、その右隅部及び左隅部が高くされ、前隅部及び後隅部が低くされていることを示す図である。

【図40】磁石基準面を概念的に示す図であって、水平な中心軸に対してパラボラ状ないし円弧状に下を向いて曲った形状で、横軸と直交する全ての軌道が等しくなっているものを示す図である。

【図41】磁石セクションガイド(磁石構成部分ガイド)として用いられる椀状のパラボラ型パターンプレートを概念的に示した図であって、図38に示した形状と同様な形状になっているものを示す図である。

【図42】磁石パターン輪郭板として用いられる凸面型の基準面パターンを概念的に示した図である。

20

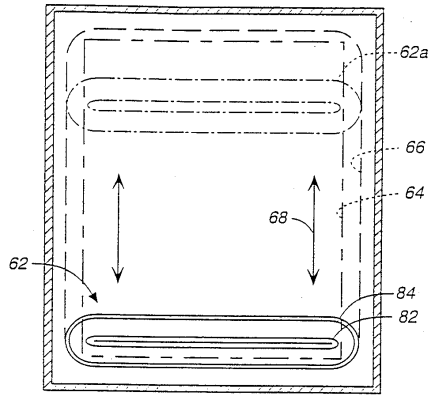
【図43】前もってプログラムされたパターンに従って、電気的アクチベータ又は他のアクチベータを個々に用いて磁石セクションを上下動させるための、アクチベータを用いた平坦な磁石輪郭板アセンブリを示す図である。

【図44】磁石が電磁石であるマグネトロンを示す図であって、スパッタリング中にマグネトロンが水平に動いたときにマグネトロンの電磁石セグメントの各々に供給される電気エネルギーの強さを変化させることにより、磁場の強さを制御するものを示している図である。

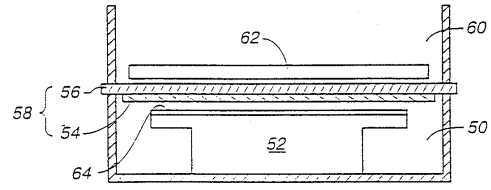
【図45】図44に示した構成に用いられる本発明による電磁石マグネトロンの断面図である。

30

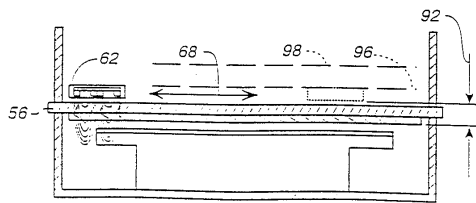
【図1】



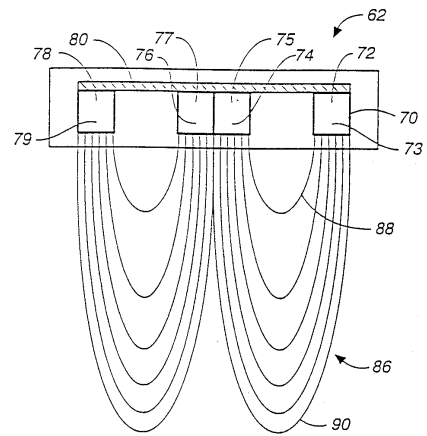
【図2】



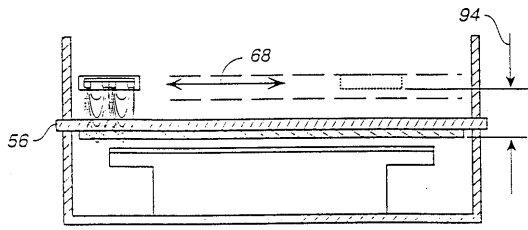
【図3】



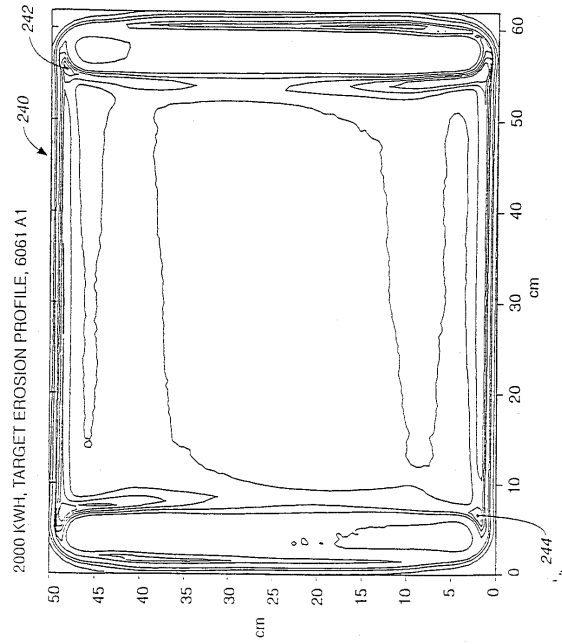
【図4】



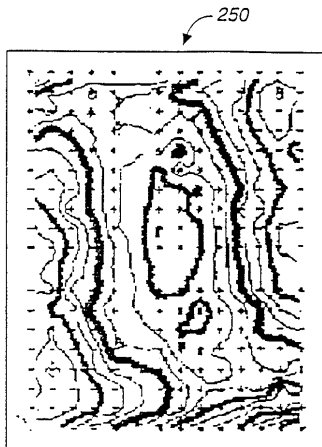
【 図 5 】



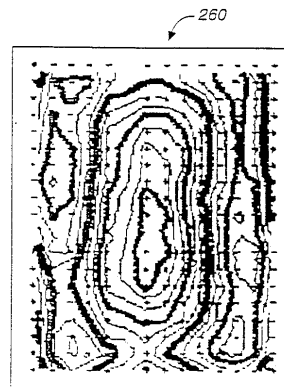
【 図 6 】



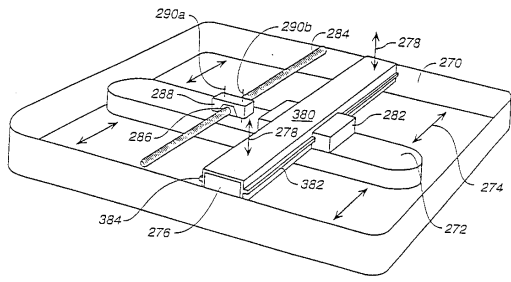
【 図 7 】



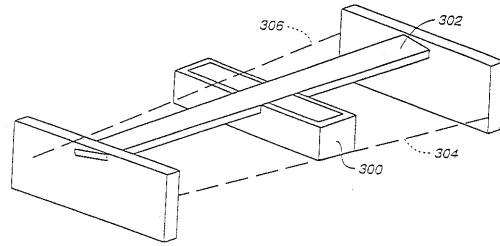
【 図 8 】



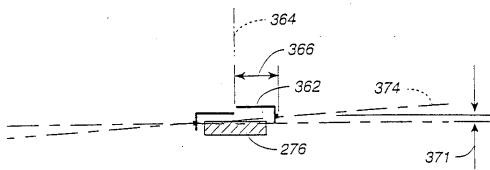
【図 9】



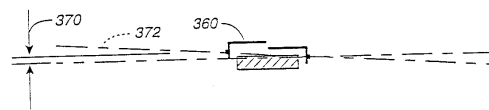
【図 10】



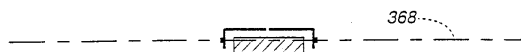
【図 11】



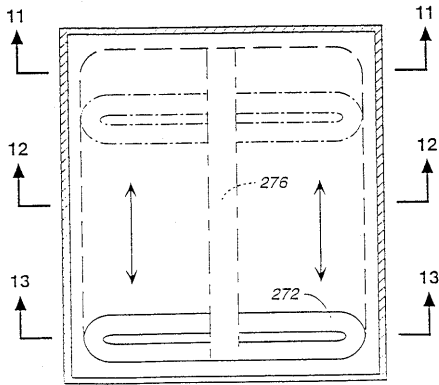
【図 13】



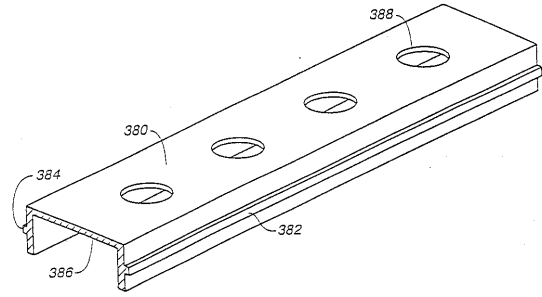
【図 12】



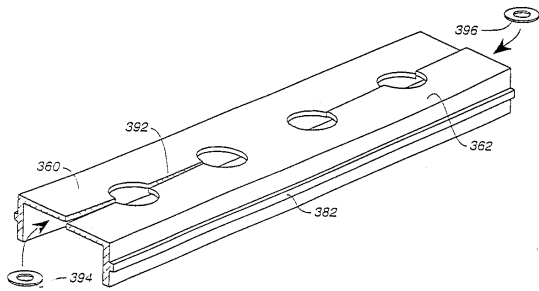
【 14 】



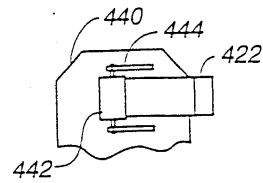
【 15 】



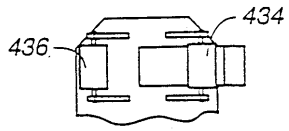
【 16 】



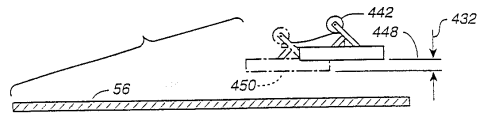
【 17 】



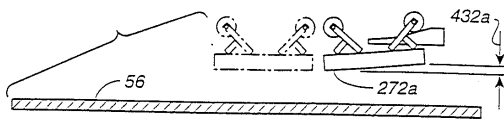
【図17A】



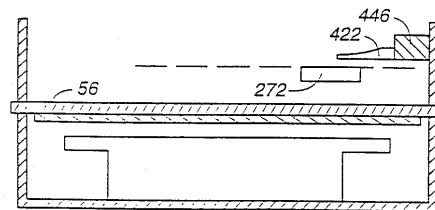
【図18】



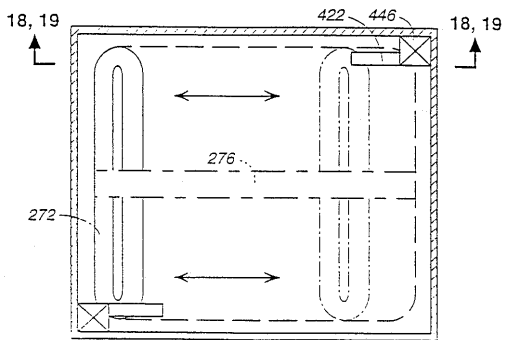
【図18A】



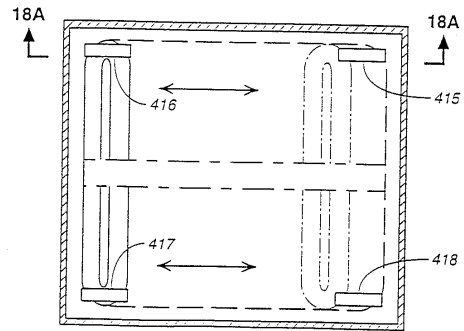
【図19】



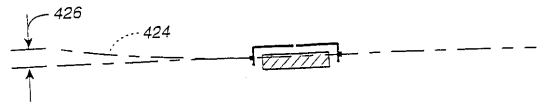
【 20 】



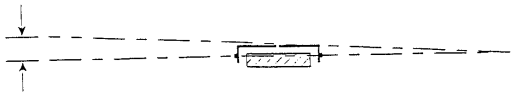
【 20 A 】



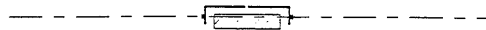
【 21 】



【 21 A 】



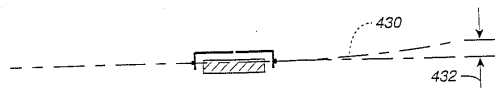
【 22 A 】



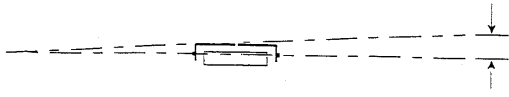
【 22 】



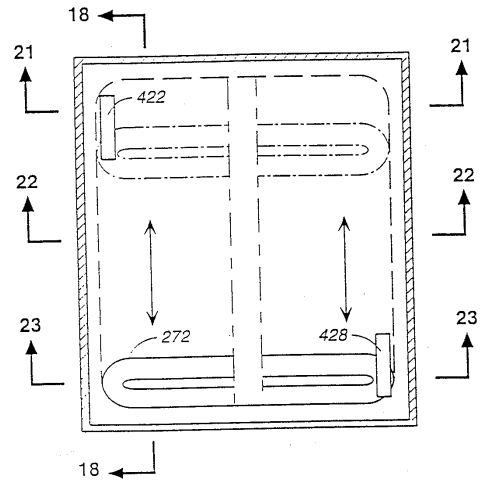
【 23 】



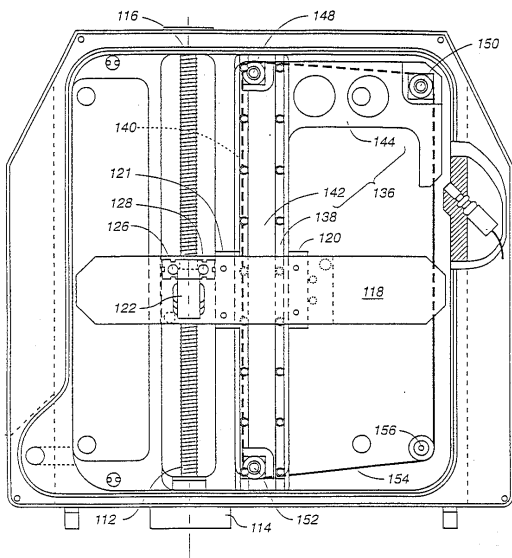
【図 23 A】



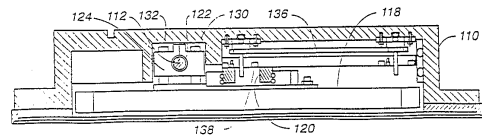
【図 24】



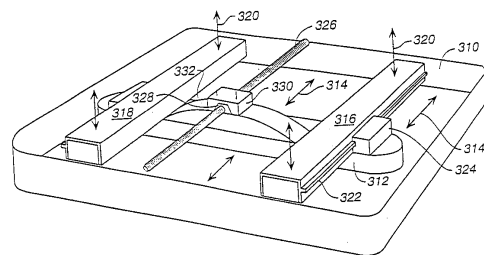
【図 25】



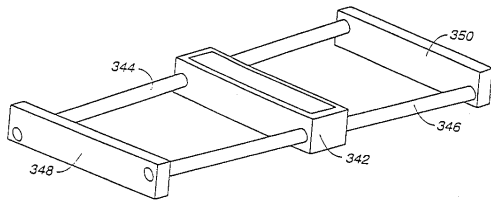
【図 26】



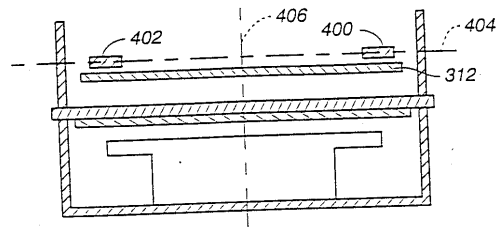
【図 27】



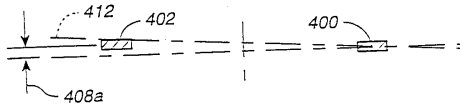
【 28 】



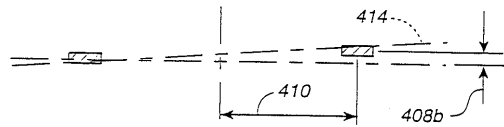
【 29 】



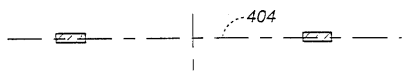
【 30 】



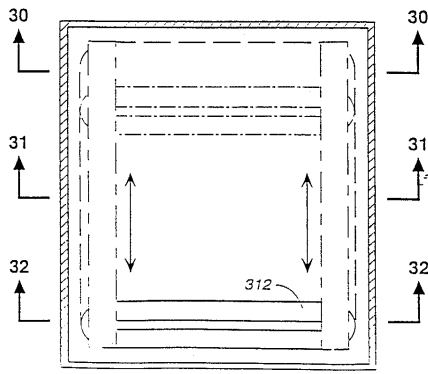
【 32 】



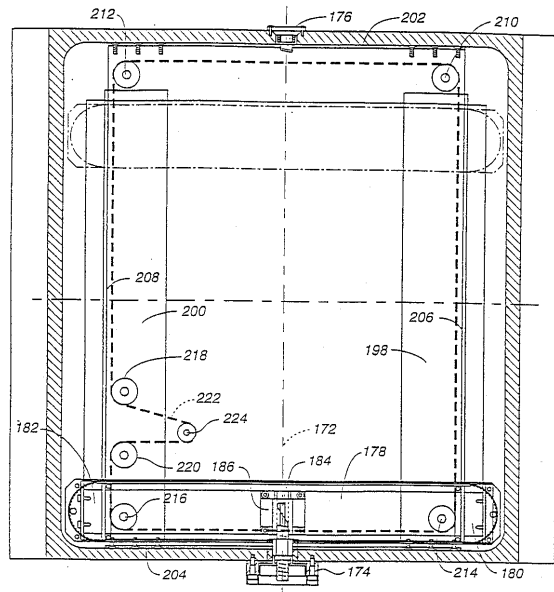
【 31 】



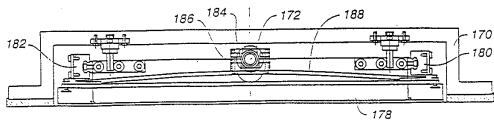
【図 3 3】



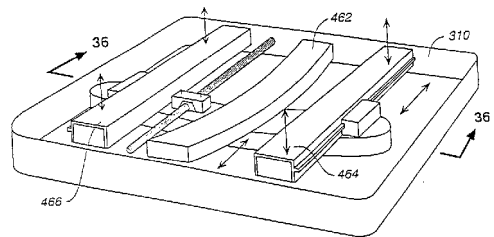
【図 3 4】



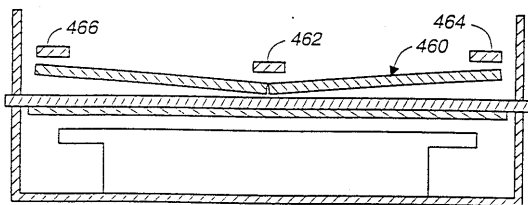
【図 3 5】



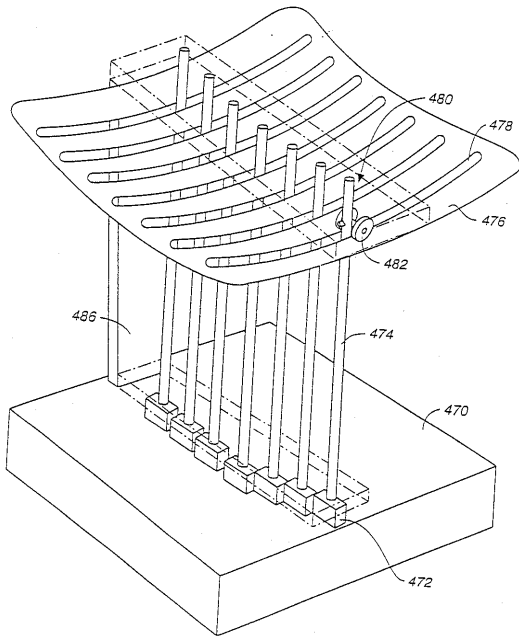
【図 3 7】



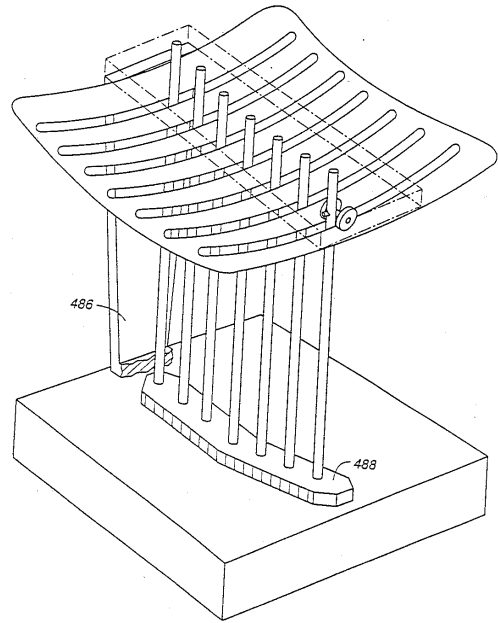
【図 3 6】



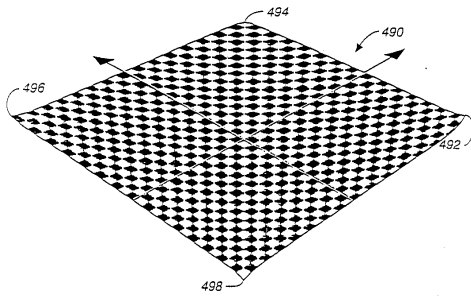
【図 38】



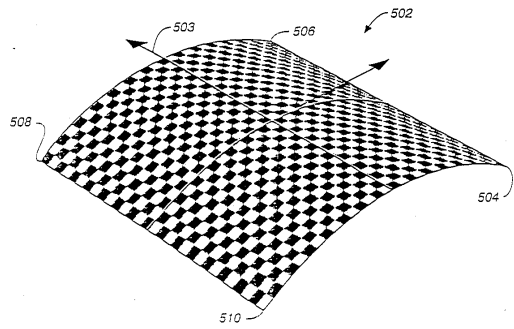
【図 38 A】



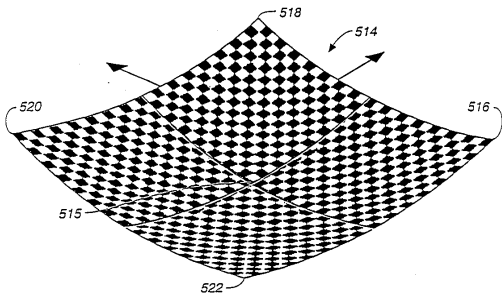
【図 39】



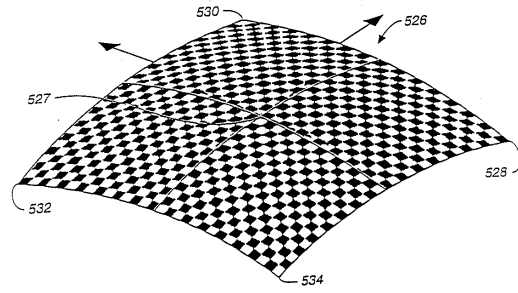
【図 40】



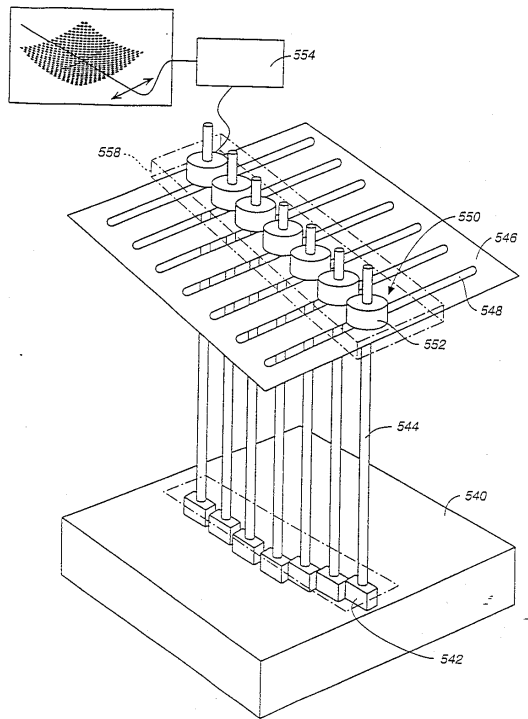
【図 4 1】



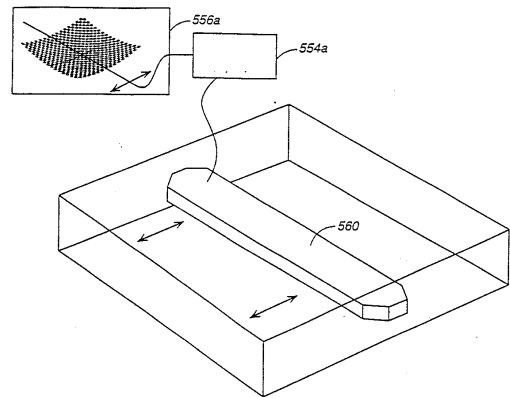
【図 4 2】



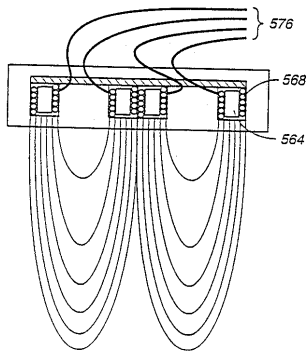
【図 4 3】



【図 4 4】



【図 45】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ハーラン アイ． ハルセイ  
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， ウッドサイド， ラ クエスタ ウェイ 200
- (72)発明者 リチャード イー． ディマレイ  
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， ポートラ ヴァリー， フォーン レーン 190
- (72)発明者 ルッセル ブラック  
アメリカ合衆国， コロラド州， ロングモント， バーンズワロウ ドライヴ 2214
- (72)発明者 細川 昭宏  
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， クパティノ， ダヌブ ドライヴ 10264
- (72)発明者 アラン エム． デ サルヴォ  
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， ロス ガトス， ハイランド ウェイ 26115
- (72)発明者 ヴィクトリア エル． ホール  
アメリカ合衆国， カリフォルニア州， メンロパーク， アーノルド ウェイ 919

審査官 富永 泰規

- (56)参考文献 特開昭61-034177(JP, A)  
特開平06-192833(JP, A)  
特開昭60-114568(JP, A)  
特開平03-202464(JP, A)  
特開平08-199354(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00-14/58

H01L 21/203