

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4143131号
(P4143131)

(45) 発行日 平成20年9月3日 (2008.9.3)

(24) 登録日 平成20年6月20日 (2008.6.20)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 3 C 14/35 (2006.01)

C 2 3 C 14/35 C

H 0 1 J 37/34 (2006.01)

H 0 1 J 37/34

請求項の数 43 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平10-528393	(73) 特許権者	ジンダス・テヒノロギース・アクチュン ゲゼルシャフト ドイツ連邦共和国デー—6 3 7 5 5 アルツ ェナウ、ユンカーシュトラーセ 1 番
(86) (22) 出願日	平成9年12月22日 (1997.12.22)		
(65) 公表番号	特表2001-507078 (P2001-507078A)		
(43) 公表日	平成13年5月29日 (2001.5.29)		
(86) 国際出願番号	PCT/EP1997/007225	(74) 代理人	弁理士 青山 稔
(87) 国際公開番号	W01998/028777		
(87) 国際公開日	平成10年7月2日 (1998.7.2)	(74) 代理人	弁理士 鮫島 睦
審査請求日	平成16年11月2日 (2004.11.2)		
(31) 優先権主張番号	19653999.4	(74) 代理人	弁理士 玄番 佐奈恵
(32) 優先日	平成8年12月21日 (1996.12.21)	(74) 代理人	弁理士 玄番 佐奈恵
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		
(31) 優先権主張番号	19654000.3	(72) 発明者	ジッヒマン, エゴ
(32) 優先日	平成8年12月21日 (1996.12.21)		ドイツ連邦共和国デー—6 3 5 7 1 ゲルン ハウゼン、ドイチュオルデンシュトラーセ 3 1 番
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カソードスパッタリング装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空チャンバーに配置され、ターゲット (8)、第 2 ヨークプレート (21)、第 1 ヨークプレート (21 ')、中空ねじ (20) および磁極片 (14) を有し、第 1 ヨークプレート (21 ') より小さい外径を有する第 2 ヨークプレート (21) と中空ねじ (20) とが連結され、第 1 ヨークプレート (21 ') と磁極片 (14) とが連結されることにより、磁力線がターゲットの背面に対して凸形状または平坦、あるいは平行なコースをとるターゲットの表面のエリアに磁場を含むスパッタリングカソード (2) を用いてマグネトロンカソードスパッタリングによって基板 (27) をコーティングする方法であって、可変磁場を静磁場に重ねるように磁場が形成され、

(a) 可変磁場がターゲットの背面 (40) と少なくとも 1 つのヨークプレート (21、21 ') との間の 2 つのコイル (76、77) によって形成され、
(b) 静磁場が、ヨークプレート (21、21 ') のエリアまたはヨークプレート (21、21 ') の外周のエリアにおいて、環状に配置された少なくとも 1 つの磁石 (9) によって形成され、
(c) ターゲット (8) と基板 (27) との間のターゲット・スペース (84) が 2 つのコイル (76、77) の間の鉄芯 (75) によって静磁場の短絡磁力線からシールドされ、
(d) 可変磁場が鉄芯 (75) によって強くされる
ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

磁場をコーティングプロセスの間に变化させる請求の範囲第 1 項に記載の方法。

【請求項 3】

磁場を 2 つのコーティングサイクルの間に变化させる請求の範囲第 1 項または第 2 項に記載の方法。

【請求項 4】

可変磁場がプリセットされた過程に従ってコントロールされる請求の範囲第 1 ~ 3 項のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

基板上的コーティング厚さ、ターゲット表面の形状および / または磁場の形状を測定するセンサを用い、磁場がセンサの出力信号に従ってコントロールされる請求の範囲第 1 ~ 4 項のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 6】

マグネトロンカソードスパッタリングにより基板 (27) をコーティングする装置であって、

(a) 真空チャンバーに配置されるスパッタリングカソード (2)、磁極片 (14) およびターゲット (8)、

(b) ターゲット (8) の表面 (41) のエリアにおいて連続的に变化し得る磁場を形成するアレンジメント (9、76、77)

を含み、

(c) アレンジメント (9、76、77) が静磁場を形成する少なくとも 1 つの磁石 (9)、および静磁場に重ねて連続的に变化し得る磁場を形成する磁気コイル (76、77) を含み、

20

(d) 磁気コイル (76、77) がターゲットの背面 (40) と少なくとも 1 つのヨークプレート (21、21') との間に設けられ、

(e) 少なくとも 1 つの環状に配置される磁石 (9) がヨークプレート (21、21') のエリアまたはヨークプレート (21、21') の外周のエリアに設けられ、第 2 ヨークプレート (21) と中空ねじ (20) とが連結され、第 1 ヨークプレート (21') と磁極片 (14) とが連結されることにより磁力線がターゲットの背面に対して凸形状または平坦、あるいは平行なコースをとり、

(f) 鉄芯 (75) が 2 つのコイル (76、77) の間に設けられている

ことを特徴とする装置。

30

【請求項 7】

基板 (27) 上のコーティング厚さ、ターゲット表面 (41) の形状および / または磁場の形状を測定するセンサにより特徴づけられる請求の範囲第 6 項に記載の装置。

【請求項 8】

第 1 磁気コイル (76) がターゲット (8) の外周 (55) のエリアに設けられ、第 2 磁気コイル (77) がターゲット (8) の内周 (54) のエリアに設けられていることを特徴とする請求の範囲第 6 項または第 7 項に記載の装置。

【請求項 9】

第 1 および第 2 磁気コイル (76、77) がターゲット (8) の頂面 (57) または背面 (40) に設けられていることを特徴とする請求の範囲第 8 項に記載の装置。

40

【請求項 10】

第 1 および第 2 磁気コイル (76、77) が横方向の同じ平面に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 8 項または第 9 項に記載の装置。

【請求項 11】

第 1 および第 2 磁気コイル (76、77) が第 1 または第 2 ヨークプレート (21、21') とターゲット (8) の背面 (40) との間で横方向の同じ平面に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 8 ~ 10 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 12】

ヨークプレート (21) の外周のエリアに設けられる環状に配置される磁石 (9) が、下側または第 1 ヨークプレート (21') と上側または第 2 ヨークプレート (21) との間に配置

50

されていることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 11 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 13】

2つの磁気コイル(76、77)および環状に配置された磁石(9)がスパッタリングカソード(2)の中心軸(44)に関して同心状に配列されていることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 12 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 14】

環状に配置された磁石(9)が第1磁気コイル(76)の外径とほぼ同じ、またはそれよりも小さいもしくは大きい外径を有する請求の範囲第 6 ~ 13 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 15】

コイルまたは環状に配置されるコイル(76、77)を収容するリングチャンバー(86)が、ターゲット(8)と少なくとも1つのヨークプレート(21、21')との間および/またはターゲット(8)に設けられた絶縁体(6)に設けられていることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 14 項のいずれかに記載の装置。

10

【請求項 16】

2つのコイルまたは環状に配置されたコイル(76、77)が異なる直径を有することを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 15 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 17】

第2の環状に配置されたコイル(77)が第1コイル(76)よりも小さい外径を有することを特徴とする請求の範囲第 16 項に記載の装置。

【請求項 18】

環状に配置された磁石(9)が基板(27)の方に向けられたN/S極性を有することを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 17 項のいずれかに記載の装置。

20

【請求項 19】

鉄芯(75)がヨークプレート(21、21')の1つとターゲット(8)との間に設けられていることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 18 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 20】

鉄芯(75)がヨークプレート(21、21')の1つおよび/または絶縁体(6)とターゲット(8)との間に設けられていることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 18 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 21】

2つのヨークプレート(21、21')が中心軸(44)の方向において互いに離れていることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 20 項のいずれかに記載の装置。

30

【請求項 22】

2つのヨークプレート(21、21')の間の距離が環状に配置される磁石(9)の高さにほぼ相当することを特徴とする請求の範囲第 21 項に記載の装置。

【請求項 23】

2つのヨークプレート(21、21')が異なる外径を有する、またはステップ状に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 21 項または第 22 項に記載の装置。

【請求項 24】

小さい外径を有するヨークプレート(21)が冷却フィンガー(74)と連結され、大きい外径を有するヨークプレート(21')が間接的または直接的に磁極片(14)と連結されていることを特徴とする請求の範囲第 22 項に記載の装置。

40

【請求項 25】

コイル(76、77)に供給される電流を時間に応じて変化させ得ることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 24 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 26】

コイル(76、77)に供給される電流またはコイルへの電流の供給をコントロール・カーブまたはプリセットされたプログラムによってコントロールすることができ、このために導線(78、79)がカレント・ディバイダ(80)を介してコンピュータ(82)と連動していることを特徴とする請求の範囲第 6 ~ 25 項のいずれかに記載の装置。

50

【請求項 27】

中心軸（44）の方向に見て、第 1 磁気コイル（76）が下側または第 1 ヨークプレート（21'）の上方に配置され、第 2 磁気コイル（77）が上側または第 2 ヨークプレート（21）の下方に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 6 ～ 9 項、および第 11 ～ 26 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 28】

第 2 の鉄芯（75'）および 2 つのリング形状の第 2 の磁気コイル（76'、77'）がターゲット・スペース（84）の外側に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 6 ～ 27 項のいずれかに記載の装置。

【請求項 29】

基板（27）の下方で、第 2 の鉄芯（75'）および第 2 の磁気コイル（76'、77'）が鉄芯（75）および磁気コイル（76、77）に関して鏡面对称に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 28 項に記載の装置。

【請求項 30】

基板（27）のコーティングが、ターゲット（8）上で位置依存性のスパッタリングエネルギー（E'、E''）を調節することによってコントロールされる請求の範囲第 1 ～ 5 項のいずれかに記載の方法。

【請求項 31】

スパッタリング出力がプラズマ（93）の位置に応じてコントロールされることを特徴とする請求の範囲第 30 項に記載の方法。

【請求項 32】

プラズマ（93）をターゲット（8）に対向する少なくとも 1 つの位置に調整することを特徴とする請求の範囲第 30 項または第 31 項に記載の方法。

【請求項 33】

プラズマ（93）の位置決めがターゲットの背面（40）に配置された磁気コイル（76、77）によって行われる請求の範囲第 32 項に記載の方法。

【請求項 34】

プラズマをターゲット（8）上で連続的に移動させることを特徴とする請求の範囲第 30 項または第 31 項に記載の方法。

【請求項 35】

内側プラズマリング（93'）および外側プラズマリング（93''）がターゲット（8）に対向するように配置されることを特徴とする請求の範囲第 30 ～ 33 項のいずれかに記載の方法。

【請求項 36】

中心軸（44）に関して同心状であるプラズマリングを、その半径を変化させることによってターゲット（8）上で移動させることを特徴とする請求の範囲第 34 項に記載の方法。

【請求項 37】

請求の範囲第 30 ～ 36 項のいずれかに記載の方法をコントロールする装置であって：

（a）層（92）のパラメータをコントロールするコントロールシステム（95）、

（b）層（92）のパラメータが目標値と異なっている場合に補正値を算出する計算ユニット（82）、

（c）補正値に従ってコーティングをコントロールするコントロールユニット（97）を含む装置。

【請求項 38】

コントロールシステム（95）が、基板（27）の所定位置で、コートされた層（92）の反射、透過率および光学濃度等のパラメータを測定する測定アレイメントを含むことを特徴とする請求の範囲第 37 項に記載の装置。

【請求項 39】

フォトダイオード（101）が、コートされた層（92）の上方に配置され、発光ダイオードによって放射される光の透過率を測定するために光検出器（102）が基板（27）の下方に

10

20

30

40

50

配置されていることを特徴とする請求の範囲第 3 8 項に記載の装置。

【請求項 4 0】

スパッタリング出力、スパッタリング時間および磁場等のコーティング・パラメータが、コーティングプロセスの間に測定され、コントロールされることを特徴とする、請求の範囲第 3 7 ~ 3 9 項のいずれかに記載の装置により実施される方法。

【請求項 4 1】

コーティング・パラメータが基板のコーティングが終了した後に測定され、次のコーティングプロセスにおいてプロセス・パラメータが測定結果に基づいて調節されることを特徴とする、好ましくは請求の範囲第 4 0 項の方法と組み合わせられて、請求の範囲第 3 7 ~ 3 9 項のいずれかに記載の装置により実施される方法。

10

【請求項 4 2】

請求の範囲第 4 0 項または第 4 1 項に記載の方法であって、

(a) コーティング・パラメータを測定する工程、

(b) 計算ユニット (82) に測定値を送る工程、

(c) プリセットされた目標値に基づいてコーティングプロセスの補正値を算出する工程、

(d) 補正値に基づいてコーティングプロセスをコントロールする工程

を含む方法。

【請求項 4 3】

工程 (a) において、基板 (27) が中心軸を中心として回転している間にコーティング・パラメータが測定され、それより平均が求められることを特徴とする請求の範囲第 4 2 項に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

本発明は、スパッタリングカソード (または陰極) によって基板 (または基体) にコーティングを形成するためのマグネトロンカソードスパッタリング装置および方法に関する。スパッタリングカソードは、真空チャンバーに配置させることができ、好ましくは、スパッタリングカソードの中心軸に関して、磁極片 (pole shoe) 、ターゲットおよび少なくとも 1 つの同心状にまたは環状に配置された磁石を含む。

少なくとも 1 つの開口部を有し、当該開口部がその上にスパッタリングカソードを配置させることによって外部から密閉された真空チャンバー中で、プラズマによりディスク形状の基板を静的コーティングするためのカソードスパッタリング装置は、既に知られている (D E 43 15 023 A 1) 。弾性を有する真空シールリングおよび環状アノードがカソードとチャンバー壁との間に設けられ、それらは外部から開口部を放射状に密閉し、アノードはカソードと面する表面に平坦な接触面を有する。公知のスパッタリングカソードはディスク形状の強磁性ヨーク (継鉄) および冷却プレートから成る。ディスク形状の絶縁体がこれら両者の間に挿入される。スパッタされるターゲットは、冷却プレートの前に配置され、一方、環状に配置される磁石は、冷却プレートの背面のグループ (または溝) に挿入される。環状に配置された磁石によって逆磁場が形成され、それは磁場の磁力線の経路に影響を及ぼす。これにより、磁場の磁力線の経路はほぼ平行、またはレンズ形状、あるいは凸形状となる。

30

40

US - 5 262 030 は、コーティング中に磁場を変化させ得るマグネトロンスパッタリングカソードを開示している。磁場はターゲットのエリアを決定し、ターゲットから材料が放出される。この目的のために、数個の磁石を含むアレンジメント (または配列もしくは配置) が形成され、磁石がスパッタリングカソードの後ろに配置され、この磁石はターゲットの表面と平行である磁場を形成し、または形成しないように、選択的にスイッチオン (付勢) またはスイッチオフ (消勢) され得る。磁場は、重ねることによって放射状に外周側へ移動したり、またはターゲットの特定エリア上へ移行したりする。所定の磁場がスイッチオンまたはスイッチオフされるため、ターゲット表面のエリアにおける磁場は不連続的に変化させられる。

本発明の目的は、ターゲットの利用率が向上すると同時に極めて一定なコーティング厚さ

50

が得られる、改良されたカソードスパッタリング装置および改良されたカソードスパッタリング方法を提供することである。

この目的は請求の範囲に記載の特徴によって達成される。

基板の形状に合わせるために、基板が例えば円形、矩形、楕円形または他の形状を有する場合、カソード、ターゲット、ヨークおよび磁石のアレンジメントは、例えば、環状、矩形、楕円形または他の形状をとることができる。

好ましくは、連続的に変化し得る磁場を形成する少なくとも1つの別の手段が、基板の形状に従って配置された磁石に隣接して、ターゲットのエリアに設けられる。変化し得る磁場（可変磁場）を形成する手段に隣接する磁石の有利なアレンジメントのために、たとえ基板が種々のサイズを有していたとしても、一定のコーティング厚さが達成され、コーティング厚さの偏差は $\pm 2\% \sim 3\%$ の範囲とすることができる。スパッタリングのグループは、プリセットされた磁場に従って形成される。可変磁場を形成する手段と組み合わされたこの磁石のアレンジメントによって、主磁場は、プロセス全体を通じてエロージョン（erosion；または侵食）グループに意図的に影響を及ぼし得るように形成される。

可変磁場を形成する手段または少なくとも1つのコイルと組み合わされた磁石の有利なアレンジメント、例えば環状に配置された磁石のアレンジメントのために、磁場は、特にターゲット表面のエリアにおいて連続的に変化させられる。この点について、磁束線は中心から外側へ、または外側から内側へ延び、レンズ形状のコースをとり、その結果、可能な限り大きいエロージョン・グループが得られる。凹状のグループがかなり長いプロセスの後に得られる場合には、磁力線はターゲットの表面に対してほぼ平行なコースをとることが有利である。シールドプレートは磁力線がヨークに入ることを防止する。有利には、これらのコイルはまた時間に応じて調節することができ、その結果、一方においてはターゲットの寿命を、そして他方ではサイクル時間中の磁場を変化させることが可能となる。例えば、コントロール・カーブ（制御曲線）（ $f_{(1)} = f_{(t)}$ ）は経験的に決定することができる、このコントロール・カーブは、一方では基体が極めて均一にコートされることを確保し、他方ではターゲットが最適に活用されることを確保する。従って、例えば金のターゲットについて経験的に求められたコントロール・カーブは、コーティングプロセスに繰り返し使用され得る。コーティングプロセスのこのコントロール操作はまた、プログラムによってコントロールされ得る。

本発明において使用されるコイルにより、可変磁場が非常に経済的に形成される。

本発明においては、磁気コイルの使用により、プラズマを内側から外側に放射状に移動させ得るように、ターゲット・スペースにおける磁場を調節し、また意図的に変化させることが重要である。エロージョン・グループは、従って、ターゲット上を放射状に移動させてよく、または変化させてよい。従って、一方において、磁場を連続的に変化させることにより非常に幅の広いエロージョン・グループを形成でき、他方において、磁場を前後に段階的に切り替えることにより互いに隣接する2つのエロージョン・グループを形成することが可能である。

更に、少なくとも1つの第1コイルまたは、例えば環状に配置されるコイルを、ヨークプレートとターゲットとの間、またはヨークプレートとターゲットの背面との間に設けることが有利である。

本発明の装置の別の態様においては更に、少なくとも1つの環状に配置される磁石をヨークプレートのエリア、またはヨークプレートの外周のエリアに設けることが可能である。本発明の別の態様においては、第1磁気コイルをターゲットの外周のエリアに設け、第2磁気コイルを冷却ヘッドのエリアに設けることが好都合である。

本発明による解決手段の好ましい態様によれば、2つの磁気コイルが場合によりターゲットの頂面（もしくは上側境界面）または背面の僅かに上方に設けられる。

本発明においては、2つの磁気コイルを横方向の同じ平面に配置させることが特に重要である。

本発明の態様とアレンジメントに関して、2つの磁気コイルを第1または第2のヨークプレートとターゲットの背面との間の横方向の同じ平面に配置させることが有利である。

更に、第 1 および / または第 2 ヨークまたはヨークプレートの外周のエリアに設けられる、例えば環状に配置される磁石は、下側または第 1 ヨークプレートと上側または第 2 ヨークプレートとの間に設けることが好都合である。

更に、2つの磁気コイルおよび環状に配置される磁石は、スパッタリングカソードの中心軸に関して同心状に配置させることが有利である。

このために、環状に配置された磁石は、第 1 コイルの外径とほぼ同じか、またはそれよりも小さいもしくは大きい外径を有することが好都合である。

更に、ターゲットと少なくとも 1 つのヨークプレートとの間に設けられた絶縁体および / またはターゲットに、コイルまたは環状に配置されるコイルを収容するリングチャンパーを設けることが有利である。

10

本発明の装置の別の態様において、2つのコイルまたは環状に配置されたコイルが異なる直径を有することもまた可能である。

本発明の別の態様によれば、環状に配置された第 2 コイルは、第 1 コイルよりも小さい外径を有することが好都合である。

本発明によるアレンジメントは、環状に配置された磁石が、基板に向けられた N / S 極性を有することを保証する。

本発明の別の態様において、シールド手段が 2 つのコイルの間に設けられることが有利である。

本発明の励磁手段の別の態様によれば、シールド手段をヨークプレートのうちの 1 つとターゲットとの間に設けることもまた可能である。

20

更に、シールド手段はヨークプレートのうちの 1 つおよび / または絶縁体とターゲットとの間に設けることが好都合である。

重要な有利な態様は、2つのヨークプレートを中心軸に関して互いに間隔をあけることにより達成される。

更に、2つのヨークプレート間の距離が、環状に配置される磁石の高さにほぼ相当することが好都合である。

更に、2つのヨークプレートが異なる外径を有すること、またはそれらがステップ状に配置されることが、好都合である。

本発明の装置の更に別の展開によれば、より小さい外径を有するヨークプレートは、冷却フィンガーと連結させ、より大きい外径を有するヨークプレートは間接的または直接的に磁極片と連結させることが更に可能である。

30

好ましくは、基板におけるコーティング厚さ、ターゲット表面の形状、および / または磁場の形状を決定するためにセンサが設けられる。

このために、コイルに供給される電流を時間および / またはセンサの信号に応じて変化させ得ることが好都合である。

更に、コイルに供給される電流またはコイルへの電流供給は、コントロール・カーブまたはプリセットされたプログラムによってコントロールできること、およびこのために導線をカレント・ディバイダ (current divider ; または電流分割装置) を経てコンピュータと連動させることが好都合である。

有利には、極めて均一なコーティングおよびターゲットの活用が達成され得るように、スパッタリングエネルギーは位置および時間に応じてターゲットに与えてよい。更に、コーティングプロセスはプロセスの間、モニターされ、コントロールされてよい。

40

本発明の更なる利点および詳細は、請求の範囲および明細書において記載し、図面に示す。

図 1 は、複数の同心状に配置されたコイルおよび永久磁石のリングを備えたターゲットの断面図である。

図 2 は、ステップ状のヨークの模式図である。

図 3 は、磁極片および対応する磁力線を示す模式図である。

図 4 ~ 6 は、種々のシールド手段のアレンジメントを有するステップ状のヨークの 3 種類の模式図である。

50

図 7 は、基板を連続的にコーティングするためのアレンジメントである。

図 8 は、2つの個々のスパッタリング位置でのスパッタリングプロセスの電流、出力およびエネルギーのダイヤグラムである。

図 9 a は、コントロール前の基板上的コーティング厚さの分布である。

図 9 b は、コントロール後の基板上的コーティング厚さの分布である。

図 10 a は、静止したプラズマを用いたターゲットのスパッタリングである。

図 10 b は、移動するプラズマを用いたターゲットのスパッタリングである。

図 11 は、コーティングプロセスのコントロールループである。

図 12 a は、柱状の対称的な基板を測定するアレンジメントである。

図 12 b は、図 12 a の測定アレンジメントのコーティング厚さ（透過）のダイヤグラムである。

10

基板、例えばコンパクトディスク（CD）27上にコーティングを形成するカソードスパッタリング装置を図 1 に示す。プロセスを実施するために、スパッタリングカソード 2 は、カソードスパッタリング装置のチャンパー壁 1 に設置することができる。カソードはディスク形状の強磁性の第 1 下側ヨーク 21'（I）およびそれから離れている第 2 または上側ヨーク 21（II）を有する。第 1 ヨーク 21' の直径は第 2 ヨーク 21 の直径よりも大きい。

図 1、2 および 3 から明らかなように、2つのヨーク 21、21' はステップ状の形態で、スパッタリングカソード 2 の縦（または長手）方向の軸 44 に関して軸対称に配置され、それらは互いに十分に間隔を置いて配置されており、この空間に、環状に配置される磁石 9 もまた縦方向の軸 44 に関して軸対称に配置され得るようになっている。この環状に配置される磁石 9 はターゲット 8 に関して N / S 極性を有する。ヨーク 21、21'、磁石 9、およびヨーク 21' 上の磁極片 14 は縦方向の軸 44 を中心として駆動手段 89 によって回転させることができる。

20

より小さい外径を有する内側ヨークプレート 21 は、間接的または直接的に冷却フィンガー 74 と連結しており、より大きい外径を有するヨークプレート 21' は、間接的または直接的に磁極片 14 と連結している。

図 3 において、例えば、変化する磁場を形成する手段、または一もしくは複数の磁気コイル 76、77 がヨークプレート 21、21' のエリアに設けられている。

図 1 に示す 2つの磁気コイル 76、77 は、ヨークプレート 21' の下側水平面の下で横方向の同じ平面に配置されている。第 1 磁気コイル 76 はターゲット 8 の外周 55 のエリアに設け、第 2 磁気コイル 77 はターゲット 8 の内周のエリア 54 または冷却フィンガーもしくは冷却ヘッド 74 のエリアに設けてよい。2つの磁気コイル 76、77 はターゲット 8 の頂面 57 または背面 40 よりも僅かに上側に設けられる。この点に関して、環状に配置され、第 1 および / または第 2 ヨーク 21、21' の外周のエリアに設けられる磁石 9 を、上側または第 2 ヨークプレート 21 と下側または第 1 ヨークプレート 21' との間に設け、2つの磁気コイル 76、77 および環状に配置される磁石 9 をスパッタリングカソード 2 の中心軸 44 に関して同心状に配置すると、好都合である。

30

スパッタリングカソード 2 は更に冷却プレート 7 を含む。絶縁体 6 はヨーク 21' と冷却プレート 7 との間で締着され、ねじ切りしたボルト 91 によって固定される。

スパッタされるターゲット 8 は、冷却プレート 7 の前方に設けられ、そこでボルト 5 により固定される。内側および外側磁気コイル 76、77 を収容する 1 つまたは 2 つの環状のグループ 86 が冷却プレート 7 の背面に設けられ、前記磁気コイル 76、77 はターゲット 8 の中心軸 44 に関して同心状となるように配置される。

40

ヨークまたは絶縁体 6 および冷却プレート 7 はボルト 91 および冷却フィンガー 74 によって固定される。絶縁体 6 はボルト 91 またはボルト 73 をヨークから有利に絶縁する。

磁場を形成するための電力供給源は、導線 78、79 を介して磁気コイル 76、77 に接続することができる。

磁石 9 は、磁束を導くようにヨーク 21 および / または 21' ならびに磁極片 14 に連結され、従って完全な磁気閉じ込めを形成する。

磁極片 14 の下端部はフランジ 88 を形成し、このフランジに外側マスク（または遮蔽膜）ま

50

たはアノード4が接続される。磁極片14の高さおよび/またはアノード4の高さは可変である。

基板27はアノード4の下端部に設けられて、ターゲット・スペース84をアノード4およびターゲット表面41とともに包囲する。

装置全体に延び、中空のねじ20および冷却フィンガー74を収容する開口部67は、スパッタリングカソード2の中心軸44のエリアに配置される。冷却フィンガー74は図示されていない冷却ラインに接続することができる。

ヨークプレートを有する第2ヨーク21は、中空ねじ20と接触することなく、軸方向において中空ねじ20の上端部と近接している。

第2ヨーク21(II)はフランジ22によって冷却ヘッドまたは冷却フィンガー74の上端部に連結され、一方、第1ヨーク21'(I)は磁極片14に連結され、ボルト73、73'によって固定することができる。

センター・マスクまたはセンター・アノード26は着脱自在に冷却フィンガー74のねじ部分90のフロント面または下端部に連結される。センター・アノード26はターゲット8の中央の凹部に延びており、この中央の凹部はターゲットのフロント面に設けられ、その下端部は外側アノード4または外側マスクとともに、基板27をマスクするリング形状のエリアを形成する。

環状に配置される磁石9と中心軸44との間の距離は態様に依拠して変化させることができる。いずれの場合においても、環状に配置される磁石9は中心軸44と磁極片14との間に設けられる。図1から明らかなとおり、シールド手段75は2つのコイル76、77の間に設けられる。更に、シールド手段75を、ヨーク21、21'のうちの1つとターゲット8との間に設けることが可能である。シールド手段75は、一方では、コイル76、77の鉄芯であってそれらの磁場を強くし、他方では、磁場の変動を磁気コイルにより比較的小さい電流にてもたすことができるように、ターゲットのスペース84を磁石9の短絡磁力線からシールドする。このために、シールド手段75は、ヨークプレート21、21'の1つおよび/または絶縁体6とターゲット8との間に設けてよい。磁石9はマグネトロンの磁場を形成する作用をする。図3では、カソードまたはスパッタリングマグネトロンの磁力線71は、磁力線42のようにターゲット表面41上で凸形状のコースを、磁力線42'のようにターゲットの背面40に関して平坦または略平行なコースをとっている。これはまた、有利にはシールド手段75によってもたらされる。そのようなアレンジメントは、非強磁性金属のターゲット、例えば金またはアルミニウムターゲットに特に適している。

2つの磁気コイル76、77は環状に配置された磁石9の僅かに下側に配置される。環状に配置される磁石9は多数の磁石から成る単一の環状に配置された磁石で形成され得る。図1から明らかなとおり、外側の環状に配置された磁石は、2つの磁気コイル76、77よりもターゲットの背面40から離れた位置にある。

例えば、アルミニウムターゲットまたは金ターゲットとして実施され得るターゲット8の実施態様に依拠して、絶対的な磁場の強度を大きくするために、第1の環状に配置された磁石9に加え、少なくとも1つの環状に配置された別の磁石(図示せず)を磁石9の付近に設けることができる。

図3に示す磁気コイル76、77により主磁場は変化させることができ、これらのコイル76、77は所定の極性を有し得る。

コイル76、77に供給される電流Iは時間に応じて変化し得る。コイル76、77に供給される電流Iまたはコイルへの電流供給は、コンピュータ82にプリセットされたプログラムまたはコントロール・カーブによってコントロールすることができ、このために、導線78、79はカレント・ディバイダ80を経由してコンピュータ82と連動している。従って、ターゲットの表面41に全体のスパッタリングプロセスを通じて意図的に影響を及ぼすことができ、同時に、基板27に形成されるコーティングが一定の厚さを有し、コーティングの厚さの偏差を±2%~3%の範囲とし得ることが確保される。必要とされるコントロール・カーブは経験的に決定され得る。従って、対応するいずれのターゲット、例えば金またはアルミニウムターゲットについても、電流供給に最適なコントロール・カーブを決定することが

10

20

30

40

50

できる。更に、基板上のコーティング厚さ、ターゲット表面の形状および／または磁場の形状はセンサーによってモニターすることができ、コイル76、77への電力供給はそれに応じて調節され得る。

既に言及したように、ヨークが一体でなく、分割されており、2つの個々のパーツ、即ち、上側および下側ヨークプレート21、21'から構成されれば特に好都合である。その場合、これらのパーツは軸対称である2つのディスクから成り、互いに離れていて、それらの間に少なくとも1つの磁石9を設けることができるようになっている。

図4および5は、基板27にコーティングを形成するカソードスパッタリング装置の別の実施態様を示す。この態様において、コイル76、77またはヨークプレート21、21'および磁極片14はまた、図1に示す態様とは異なる形態にて配し又は実施することができる。

図4においても、ヨークプレート21、21'は、ステップ状となるように形成されている。この場合、図4の上側ヨークプレートの内側エッジは中空ねじ20と連結され、外側エッジは、環状に配置された磁石9を介して、段になっている下側の第1ヨークプレート21'の内側エッジと連結されている。第1ヨークプレート21'の外側エッジは磁極片14と連結している。第2コイル77よりも大きな直径を有する第1コイル76は下側ヨークプレート21'の上方において、下側ヨークプレート21'の外側エッジと下側ヨークプレートの外側エッジとの間に配置される。一方、より小さい直径を有する第2コイル77は上側ヨークプレート21の下方において、下側ヨークプレート21'の内側エッジと中空ねじ20との間に配置される。この装置の残りのアレンジメントは、図1の装置のアレンジメントに相応する。

図4において、コイル76、77は、図1、5および6の実施例のコイルよりも、ターゲット8から離れたところに配置される。従って、図4のコイルは図1、5および6の実施例のコイル76、77よりも大きくする必要があり、当該コイルには、より多くの電流を供給する必要がある。図4によれば、プラズマは他の実施態様と同じ程度に変位させることができ。その場合、図4のエネルギーの所要量は僅かに高い。

図5の実施態様においても、ヨークプレート21、21'は分割されており、それらはまた、異なる直径を有するリング形状のヨークプレート21、21'として実施される。その場合、両方のヨークプレートは、装置のベースに関して水平であり、中心軸44と直交する平面に配置されている。リング状磁石9は2つのヨークプレート21、21'の間に設けられている。2つの環状に配置されたコイル76、77はシールド手段75を囲み、図5では、ターゲット・スペース84に配置されている。図5の実施態様において、ヨーク21、21'は中心軸44に関して放射状に分割されている。従って、磁石9は、磁束が中空ねじ20および磁極片14の間で良好に分布するように配置し得る。従って、ターゲット・スペース84において一様な水平方向の磁場を得ることができる。既に言及したように、この磁場は、コイル76、77によって意図的にコントロールされ得る。図5によれば、中心軸44と磁石9との間の半径R₉は、最適な磁場42を形成し得るように変化させたり、または調節したりすることができる。

図6の実施態様は、2つのリング状のコイル76'、77'を有する第2のシールド手段75'がターゲット・スペース84の外側に位置し、図5におけるように配置されていることに関して、図5の実施態様と異なっている。2つのコイル76、77または76'、77'を有するターゲット・スペース84内またはターゲットスペース84の外側にある追加のシールドプレート75は、意図的にそしてより最適に磁場をコントロールする作用をする。従って、磁束線(磁場42参照)のレンズ形状がコントロールされる。

図3のようなレンズ形状の磁場42を形成することにより、ターゲット8に、有効ガス原子、例えばアルゴン原子をスパッタリングチャンバー内でイオン化する作用をする電子の閉じ込めがもたらされる。電子は磁場によってターゲット8の上方に保持され、それらは従ってアノードへ流れることができない。従って、電子は実際にはイオン化プロセスに数倍貢献し得る。その結果、一定のコーティング厚さを基板27の表面において達成することが更に確保される。

説明したアレンジメントによれば、そして電流-時間関数($f_{(t)} = I_{(t)}$)を考慮すれば、最適な一定のコーティング厚さが達成される。既に言及したように、このアレンジメン

10

20

30

40

50

トにおいて、電流はターゲットの表面に応じて変化させられる。種々の電流をコイル76、77に供給することにより、ターゲット表面41の上方でプラズマを放射状に変位させ得る。このことは、プラズマがターゲット8の表面に関して左または右のどちらかに変位させられることを意味する。従って、基板27の表面コーティングは、しっかりと方向付けられてスパッタされ、または成長する。

ヨークプレート21、21'をステップ状に形成することにより、非常に簡単な、費用効率のよい全体的なカソードの構成が得られ、簡単な環状に配置される磁石を使用することもできる。磁石は、例えば、リング状磁石ではなく、正方形または矩形の磁石に形成することもでき、ヨークプレート21および21'の間に容易に設けることができる。リング状磁石はより複雑であり、従って、正方形または矩形の磁石よりもより高価である。

個々のコイルには種々の程度に影響を及ぼすことができ、それらは実施態様に依拠して結合してもしなくてもよい。例えば、図1および3～6のコイル76、77は直列に接続してよい。

既に言及したように、ターゲットの下方または他の場所に配置して図1および3～6のようにコイルを用いることにより、プラズマが内側から外側へ放射状に変位し得るように、ターゲット・スペースにおいて磁場を意図的にコントロールし、そして変化させ得ることは好都合である。従って、エロージョン・グループをターゲット上で半径方向に変位させることが可能である。その結果、一方では、連続的に磁場を変化させることによって非常に幅の広いエロージョン・グループを形成することができ、他方では、磁場を前後に段階的に切り替えることによって互いに隣合う2つのエロージョン・グループを形成することが可能である。

従って、一定のコーティング厚さは、カソード（ターゲット）のエリアにおいて、時間に関して変化する磁場を追加する（重ねる）ことによって達成され得る。この可変磁場は、コーティングのサイクル中にコーティング厚さを最適化する作用をする。このために、経験的に決定され、磁気コイルを選択する役割をする電流 - 時間関数が決定される。

図5および6に従って、ターゲット・スペース84に設けられるコイル76、77は、主にターゲット・スペースにおいて磁場をコントロールする作用をする。ターゲット・スペース84の外側の磁場をコントロールするために、図6では、追加のコイル76'、77'およびシールドプレート75'が設けられている。

本発明は一定のコーティング厚さ、向上したターゲット利用率、およびターゲット表面のコンディショニングを調節する方法を更に提供する。この方法は、従来の技術においてありがちな基板のエッジにおけるコーティング厚さが不均一になることを防止し得るように、ターゲット上で調節し得る位置依存性のスパッタリングエネルギーに基づくものである。

図7は、例えばターゲットの背面に配置した磁気コイル76および77を好適にコントロールすることにより、内側のプラズマリング93'および外側のプラズマリング93''をターゲット8上において2つの特定の位置に配置するアレンジメントを示している。プラズマリング93'および93''は特定のスパッタリングエネルギーE'およびE''をそれぞれ有する。種々のスパッタリングエネルギーによってもたらされるコーティング92の種々の付着の割合（またはレート）が基板27上において部分的に重なった場合に、図においてはコーティングの付着を破線で示しているが、一定の厚さのコーティング92が形成される。コーティング92の付着の間、基板またはターゲットは中心軸44を中心として回転し得る。図7に示すように、プラズマはターゲット上（即ち、基板27に面する表面上）で、2つまたはそれ以上の静止した位置に配することができる。更に、ターゲット上でプラズマを連続的に移動または揺動させることも可能である。この点に関して、スパッタリング出力（または性能）は、カソード電流およびカソード電圧を調節することにより、プラズマの位置に応じて調節され得る。本発明によれば、中心軸44に関して同心状であるプラズマリングは、その半径を変化させることによってターゲット8上を移動し得る。

図7におけるアレンジメントは図8でより詳細に説明される。図8の時間軸（横座標）上において、内側および外側磁気コイル（例えば、図1のコイル76および77）の励磁電流を

上部の図に示しており、ターゲットの内側および外側の位置でのスパッタリング出力を真中の図に示しており、ターゲットの内側および外側の位置で得られるスパッタリングエネルギーを下の図に示している。コーティングのサイクルの時間 t_z 中、まず、内側コイルが時間 t_i の間に電流 I_{inside} によって励磁され、内側プラズマリングが形成される。同時に、時間 t_i の間にスパッタリングエネルギー E_{inside} の増加をもたらすスパッタリング出力 P_{inside} が、カソードとアノードとの間の電圧によって内側のターゲット位置で調節される。時間 t_i が経過した後、内側磁気コイルはスイッチオフされ、外側磁気コイルが時間 t_o の間に励磁され、外側プラズマリングが形成される。同時に、時間 t_o の間にスパッタリングエネルギー $E_{outside}$ の増加をもたらすスパッタリング出力 $P_{outside}$ が、カソードとアノードとの間の電圧によって外側のプラズマ位置で調節される。外側磁気コイルをスイッチオフした後、コーティングサイクルは終了する。

10

ターゲット 8 に存在する位置依存性のスパッタリングエネルギーがコーティングの厚さに影響を及ぼすことは、図 9 a および 9 b の比較から明らかである。図において、コーティング 92 の厚さは基板上に半径方向において内側から外側へ付着する。本発明の方法を用いない場合、図 9 a に示すようにコーティング厚さには依存性が生じる。本発明の方法によれば、図 9 b に示すようにコーティングの厚さはかなりの程度まで均一化され得る。

位置依存性のスパッタリングエネルギーの本発明の方法はまた、ターゲット効率およびターゲット表面のコンディショニングに非常に好ましい影響を与える。

図 10 a は、低いスパッタリングエネルギーによりバックコーティング 94 がターゲットのエッジにて形成され得ることを示す。この点に関連して、望ましくない粒状構造が生じ得る。

20

図 10 b は、本発明に従ってプラズマ 92 がターゲット 8 上を移動する場合に、エッジにおけるバックコーティングまたは反転コーティング (reverse-coating) が避けられることを示している。

特に、ターゲットにおけるバックコーティングは、1 回のサイクルにおけるスパッタリングの量をバックコーティングの量と少なくとも同程度に調節することによって避けることができる。この点について、スパッタリングプロセスの反応性はターゲット表面での出力 (または電力) 密度に依存する。スパッタリング出力が同じである場合において、出力密度は大きなターゲット表面よりも小さなターゲット表面においてより大きくなる。出力密度が非常に高い場合、プロセスは金属的、即ち、金属ターゲットだけがスパッタされ、その結果、反応性スパッタリングは起こらない。従って、出力密度は対応するターゲット表面に適合させる必要がある。本発明によれば、これは磁気コイルを適当にコントロールすること、およびカソード/アノード電圧を適当に調節することによってなされる。本発明の方法は、ターゲット - 基板間の距離が小さく、ターゲットが厚い場合であっても、極めて一定なコーティング厚さを与える。

30

図 11 は、コーティング厚さをコントロールし、一定のコーティング厚さが確実に達成されるように、本発明の方法に従って、並びに基板およびそのコーティングを測定することによって、後のコーティングサイクルのプロセス・パラメータを調節することができるコントロールループを示している。

コーティング 92 を形成した後、基板 27 はコーティング厚さまたはコーティング厚さの分布を測定するコントロールシステム 95 に供給される。その結果は、コンピュータ 82 に送られ、コンピュータ 82 はこの値を、例えばオペレータによって入力ユニット 96 を介して入力され得る目標値と比較する。測定された値と目標値が一致しない場合、コンピュータはコーティング厚さの補正値を計算する。補正値は、スパッタリング装置 100 でコートされる次の基板 27 でのコーティング厚さを再調整するために、プラズマ電流供給 98 および磁場偏向 99 をコントロールするコントロールユニット 97 に送られる。

40

図 12 a は、柱状の対称的な基板のコーティング厚さを決定する測定アレンジメントの例を示す。3 つ又はそれ以上のフォトダイオード 101 がコーティング 92 の上に配置されている。各フォトダイオードに割り当てられた 3 つ又はそれ以上のフォトセンサ 102 が基板 27 の下に配置されている。そして、コーティング厚さは、測定する光の透過率に基づいて決

50

定することができる。光の透過率は、一定の基板の厚さでのコーティング92の厚さに反比例する。

コーティング厚さを表す、半径に関して対応する透過率値を、図12bに示す。不規則な値の平均をとるために（誤差範囲は垂直方向のエラー・バーとして模式的に示している）、コートした基板を測定の間、中心軸44を中心として回転させる。

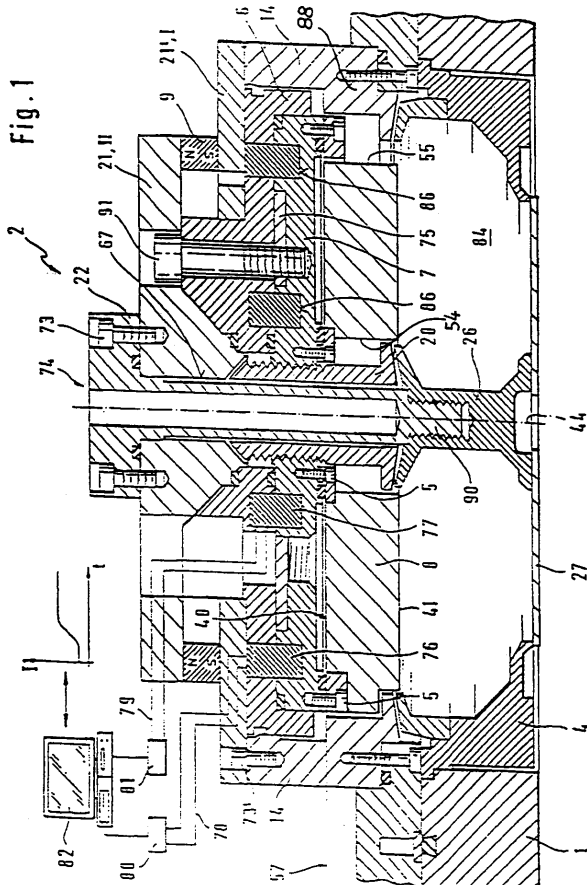
反射を用いて測定を行ってもよい。

コーティングプロセスの間にコーティング厚さを測定し、コーティングプロセスの間にコーティング厚さをコントロールすることが可能である。

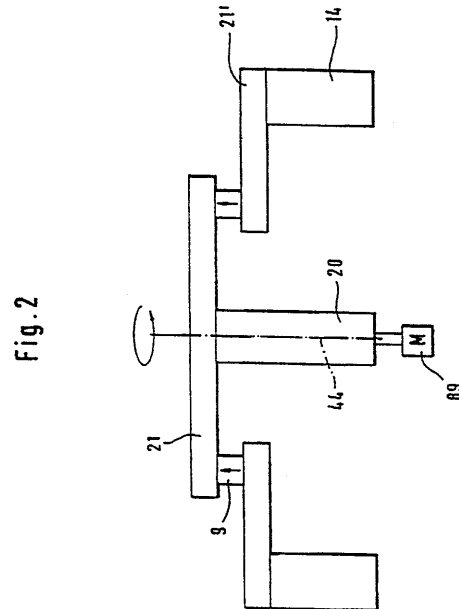
本発明の方法は、コーティング、ターゲット効率、およびターゲットのコンディショニングを連続的に修正変更し得る点において有利である。

10

【図1】



【図2】



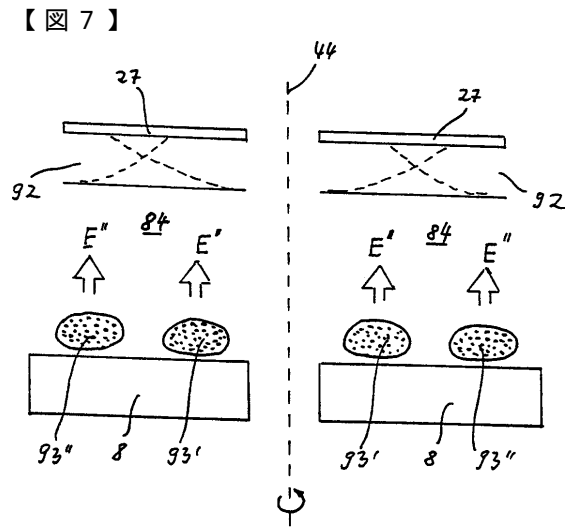


Fig. 7

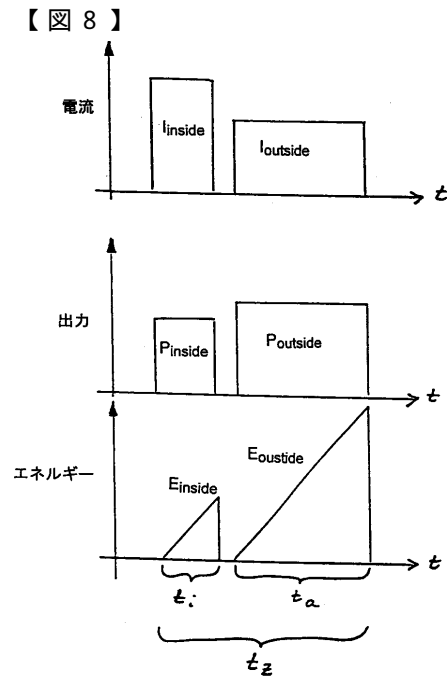


Fig. 8

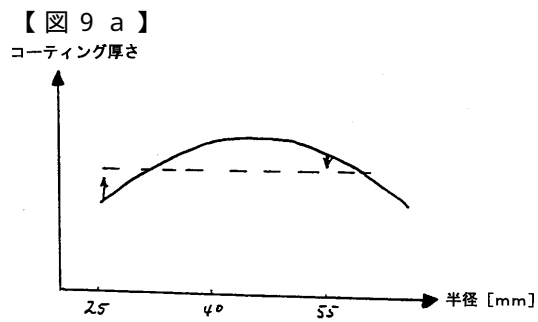


Fig. 9 a

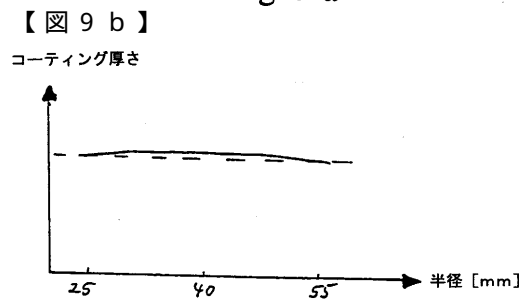


Fig. 9 b

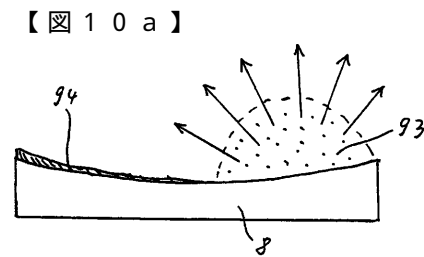


Fig. 10 a

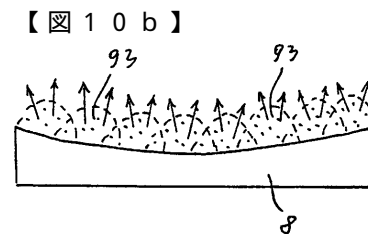


Fig. 10 b

【図 11】

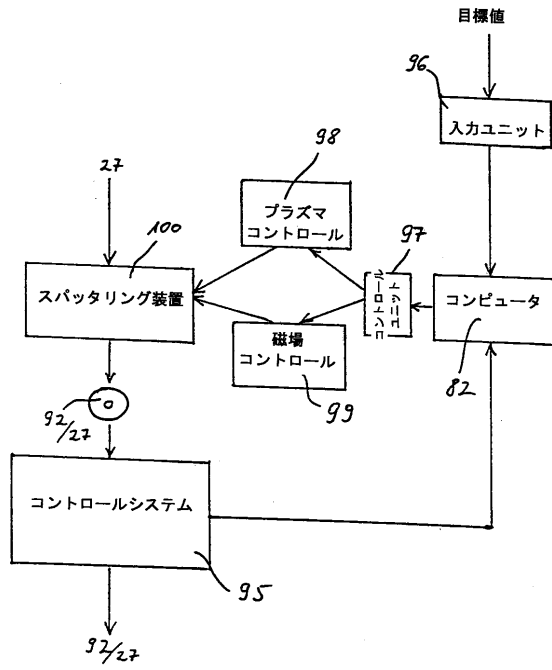
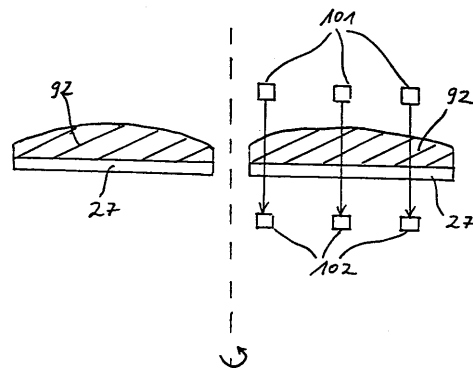


Fig. 11

【図 12 a】

Fig. 12 a



【図 12 b】

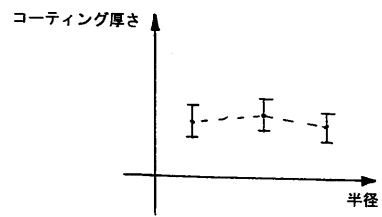


Fig. 12 b

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 19654007.0

(32)優先日 平成8年12月21日(1996.12.21)

(33)優先権主張国 ドイツ(DE)

(72)発明者 ミュッケ, ミヒャエル

ドイツ連邦共和国デー 6 1 1 8 4 カルベン、アム・レーマーカステル3アー番

(72)発明者 ベッカー, ヴォルフガング

ドイツ連邦共和国デー 6 4 8 5 0 シャートハイム、シュボルトハレンシュトラッセ13番

(72)発明者 トルッケンミュラー, クラウス

ドイツ連邦共和国デー 6 3 9 2 4 クラインホイバッハ、オーデンヴァルトシュトラッセ7アー番

審査官 富永 泰規

(56)参考文献 独国特許出願公開第04315023(DE, A1)

特開平05-247645(JP, A)

実開昭61-168165(JP, U)

特開平05-017869(JP, A)

特開平04-063273(JP, A)

特表平04-501585(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 - 14/58

H01J 37/34

G11B 7/26