

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6305929号  
(P6305929)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int.Cl.

C23C 14/34 (2006.01)  
H01L 21/31 (2006.01)

F 1

C 23 C 14/34  
C 23 C 14/34  
H 01 L 21/31U  
M  
D

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-543775 (P2014-543775)  
 (86) (22) 出願日 平成23年11月30日 (2011.11.30)  
 (65) 公表番号 特表2015-500921 (P2015-500921A)  
 (43) 公表日 平成27年1月8日 (2015.1.8)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2011/071425  
 (87) 國際公開番号 WO2013/079108  
 (87) 國際公開日 平成25年6月6日 (2013.6.6)  
 審査請求日 平成26年12月1日 (2014.12.1)  
 審判番号 不服2016-10983 (P2016-10983/J1)  
 審判請求日 平成28年7月21日 (2016.7.21)

(73) 特許権者 390040660  
 アプライド マテリアルズ インコーポレ  
 イテッド  
 A P P L I E D M A T E R I A L S, I  
 N C O R P O R A T E D  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95  
 054 サンタ クララ バウアーズ ア  
 ベニュー 3050  
 (74) 代理人 110002077  
 園田・小林特許業務法人  
 (72) 発明者 デビッシュ, トーマス  
 ドイツ国 63743 アシャッフェンブ  
 ルク, アン デン ボルンヴィーゼン  
 11

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】閉ループ制御

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

移行モードで提供される反応性堆積プロセスを制御する方法であって、電圧制御動作の電源によってスパッタカソードに電力を供給することと、前記電源に電圧設定点を与えることであって、前記電源の電圧が前記電圧設定点によって固定される、電圧設定点を与えることと、前記スパッタカソードに供給された前記電力に相関する電力値を受信することであって、前記電力値が前記スパッタカソードに供給される実際の電力値であることと、閉ループ制御を与えるため前記電力値に基づいてプロセスガスの流れを制御することとを含む方法。

## 【請求項 2】

前記スパッタカソードに供給される前記電力は、特に 1 kHz から 200 kHz の発振周波数を有する MF 電力である、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記受信された電力値は、前記プロセスガスの流れを制御することによって安定する、請求項 1 または 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記プロセスガスは酸素を含み、特に酸素流が制御される、請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 5】

10

20

前記電源によって供給される前記電圧の実際の電圧値を受信し、前記実際の値に基づいて堆積モードを監視することを更に含む、請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項 6】

中にチャンバ(32)及びスパッタカソード(214、215、314、522)を有する堆積装置(300、500)内で反応性堆積プロセスのために構成される閉ループ制御アセンブリ(200)であって、

前記スパッタカソード(214、215、314、522)に電力を供給するため前記スパッタカソードに接続される電源(210)であって電圧制御動作する電源と、

前記チャンバ(32)内にプロセスガスを供給するように構成されるガス供給源(330)と、10

前記電源(210)に接続され、前記電源(210)に電圧設定点を与え、前記電源の電圧が前記電圧設定点によって固定され、前記電圧設定点が前記スパッタカソードを移行モードで動作するように構成され、かつ前記電源から電力値を受信するための、コントローラ(310)であって、前記電力値が前記スパッタカソード(214、215、314、522)に供給される前記電力であり、前記コントローラは、前記電力値に基づいて前記プロセスガスのガス流を制御するために前記ガス供給源(330)に更に接続される、コントローラ(310)と  
を備える閉ループ制御アセンブリ(200)。

#### 【請求項 7】

20

前記電源(210)は、特にDC発生器(412)及び発振器(414)を有する、MF電源である、請求項6に記載のアセンブリ(200)。

#### 【請求項 8】

前記電源(210)は、1kHzから200kHzの発振周波数を有する前記電力を供給するように構成される、請求項6または7に記載のアセンブリ(200)。

#### 【請求項 9】

前記コントローラ(310)は、請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法の少なくとも 1 つを実行するようにアセンブリを適応させるプログラムコードを含む、請求項 6 ないし 8 のいずれか一項に記載のアセンブリ(200)。

#### 【請求項 10】

30

基板上への層の反応性堆積のための堆積装置(300、500)であって、  
その中で前記基板上に前記層を堆積するためのチャンバ(32)と、  
前記チャンバ内にプラズマを生成するためのスパッタカソード(214、215、314、522)と、

請求項 6 ないし 9 のいずれか一項に記載の閉ループ制御アセンブリ(200)と  
を備える堆積装置(300、500)。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明の実施形態は、反応性堆積プロセスの制御のためのアセンブリ、そのようなアセンブリを含む装置、及び反応性堆積プロセスを制御する方法に関する。本発明の実施形態は特に、反応性堆積プロセスのための閉ループ制御アセンブリ、反応性堆積プロセスのための閉ループ制御装置を含む堆積装置、及び反応性堆積プロセスを制御する方法に関する。40

#### 【背景技術】

#### 【0002】

多くの応用形態において、基板、例えば、フレキシブル基板上に薄い層を堆積する必要がある。通常、フレキシブル基板はフレキシブル基板コーティング装置の種々のチャンバ内でコーティングされる。さらに、基板コーティング装置の1つのチャンバ内にフレキシブル基板のストック、例えば、フレキシブル基板のロールを配置することができる。通常50

、フレキシブル基板は、気相堆積技法、例えば、物理的気相堆積または化学気相堆積を用いて真空中でコーティングされる。

#### 【0003】

特にフレキシブル基板の場合であるが、また他の基板の場合にも、フレキシブル基板が高速で移動している間に、フレキシブル基板上への堆積が行われることが多いので、堆積プロセスの堆積速度は重要である。例えば、パッケージング業界では、パッケージングをコーティングするために、反応性堆積プロセスによって堆積することができる、Al2O3、SiO2または他の層のような層を用いることができる。

#### 【0004】

例えば、SiO<sub>2</sub>は酸素モードにおいてスパッタリングすることができるが、このモードでは堆積速度は遅い。金属モードでは、吸収性SiO<sub>x</sub>層が堆積される。それゆえ、移行モードにおいてSiO<sub>2</sub>プロセスを実行するのが最も効率的である。このモードでは、透明なSiO<sub>2</sub>を高速で堆積することができる。カソードを移行モードに保つために、特殊な制御ルーチンと組み合わせて、PEM(プラズマ発光監視)またはラムダセンサのような特殊な監視機構を用いることができる。これは余分なハードウェア及びソフトウェアを必要とし、それゆえ、費用がかかる解決法である。したがって、高速であり、信頼性があり、実施することがより簡単である反応性堆積プロセスが必要とされる。

#### 【発明の概要】

#### 【0005】

上記の事柄を踏まえて、独立請求項1による反応性堆積プロセスを制御する方法、独立請求項9による反応性堆積プロセスのために構成される閉ループ制御アセンブリ、請求項14による、基板上への層の反応性堆積のための堆積装置が提供される。本発明の更なる態様、利点及び特徴は、従属請求項、説明及び添付の図面から明らかである。

#### 【0006】

一実施形態によれば、反応性堆積プロセスを制御する方法が提供される。方法は、電源によってカソードに電力を供給することと、電源に電圧設定点を与えることと、カソードに供給される電力に相關する電力値を受信することと、閉ループ制御を与えるため電力値に基づいてプロセスガスの流れを制御することとを含む。

#### 【0007】

別の実施形態によれば、閉ループ制御アセンブリが提供される。閉ループ制御アセンブリは、その中にチャンバ及びカソードを有する堆積装置内の反応性堆積プロセスのために構成される。閉ループ制御アセンブリは、カソードに電力を供給するためカソードに接続される電源と、チャンバ内にプロセスガスを供給するように構成されるガス供給源と、電源に電圧設定点を与え、かつ電源から電力値を受信するため、電源に接続されるコントローラとを含み、コントローラは、電力値に基づいてプロセスガスのガス流を制御するためにガス供給源に更に接続される。

#### 【0008】

更なる実施形態によれば、基板上への層の反応性堆積のための堆積装置が提供される。装置は、その中で基板上に層を堆積するためのチャンバと、チャンバ内にプラズマを生成するためのカソードと、閉ループ制御アセンブリとを含む。閉ループ制御アセンブリは、カソードに電力を供給するためカソードに接続される電源と、チャンバ内にプロセスガスを供給するように構成されるガス供給源と、電源に電圧設定点を与え、かつ電源から電力値を受信するため、電源に接続されるコントローラとを含み、コントローラは、電力値に基づいてプロセスガスのガス流を制御するためにガス供給源に更に接続される。

#### 【0009】

実施形態は開示される方法を実行するための装置にも向けられ、それぞれ説明される方法ステップを実行するための装置部分を含む。これらの方法ステップは、ハードウェア構成要素によって、適切なソフトウェアによってプログラミングされたコンピュータによって、2つの任意の組み合わせによって、または任意の他の方法において実行することができる。さらに、本発明による実施形態は、説明される装置が動作する方法にも向けられる

10

20

30

40

50

。方法は、装置のあらゆる機能を実行するための方法ステップを含む。

【0010】

本発明の先に記載された特徴を細部にわたって理解することができるよう、複数の実施形態を参照することによって、先に手短に要約された本発明の更に詳細な説明を行うことができる。添付の図面は本発明の実施形態に関連し、以下の記述において説明される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】通常の反応性堆積プロセスのヒステリシス曲線を示すグラフである。

【図2】本明細書において説明される実施形態による、反応性堆積プロセスのための閉ループ制御のための制御アセンブリの概略図である。10

【図3】本明細書において説明される実施形態による、閉ループ制御アセンブリを有する堆積装置の概略図である。

【図4】本明細書において説明される実施形態による、反応性堆積プロセスのための閉ループ制御のための制御アセンブリと、反応性堆積プロセスの制御のために用いられることがあるパラメータを示す概略図である。

【図5】本明細書において説明される実施形態による、閉ループ制御アセンブリを有する更なる堆積装置の概略図である。

【図6】本明細書において説明される実施形態による、反応性堆積プロセスの閉ループ制御の方法を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】20

【0012】

ここで、本発明の種々の実施形態が詳細に参照されることになり、その1つまたは複数の例が図示される。図面に関する以下の説明の中で、同じ参考番号は同じ構成要素を指している。一般的に、個々の実施形態に関する違いのみが説明される。本発明の説明として各例が与えられるが、本発明を限定するつもりはない。さらに、1つの実施形態の一部として図示及び説明される特徴は、更なる実施形態をもたらすために、他の実施形態において用いることができるか、または他の実施形態と併用することができる。説明はそのような変更及び変形を含むことを意図している。

【0013】

本明細書において説明される実施形態は、とりわけ、パッケージング用のウェブ、フレキシブル光起電デバイスまたは他の応用形態などのフレキシブル基板を処理するのに適応した基板処理システムに言及する。詳細には、基板処理システムは、巻出しモジュールから巻き出されるウェブなどのフレキシブル基板の連続処理のために適応される。30

【0014】

ここで、本明細書において説明される実施形態において用いられるようなフレキシブル基板またはウェブは、通常、可撓性であるという特徴を有することができることに留意されたい。用語「ウェブ」は、用語「ストリップ」または用語「フレキシブル基板」と同意語として用いることができる。例えば、本明細書の実施形態において説明されるようなウェブはホイルとすることができます。

【0015】

しかしながら、高速に移動しているフレキシブル基板に対する堆積プロセスにとって、簡単なプロセス制御による高い堆積速度が特に有益であると考えることができるが、高速、かつ十分に制御された堆積がスループット及び/または歩留りを増大させ、それゆえ、堆積装置の所有コストが下がるので、本明細書において説明される実施形態から他の反応性堆積プロセスも利益を享受することができる。40

【0016】

本明細書において説明される実施形態によれば、反応性堆積プロセスのための閉ループ制御が提供される。それによって、通常、ヒステリシスを伴う反応性堆積プロセスに対して、簡略化された装置要件とともに、高速で、かつ信頼性のあるプロセス制御モードを与えることができる。例えば、本明細書において説明される閉ループ制御は、プラズマモニ50

タ、ラムダセンサなどを不要にする。

**【0017】**

図1は、通常の反応性堆積プロセスのヒステリシス曲線を示すグラフ10を示す。これは、例えば、酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)の堆積とることができ、プラズマ内に酸素を供給しながら、カソードからシリコンがスパッタリングされる。それにより、酸化ケイ素を基板上に堆積することができる。図1に示される曲線12は、酸素などのプロセスガスの流れの関数として、スパッタカソードに与えられる電圧のような堆積パラメータを示す。しかしながら、例えば、ラムダセンサを用いて測定することができる、プラズマ内の酸素含有量などの、他の堆積パラメータに対しても類似のヒステリシス曲線を見ることができる。したがって、グラフ10において与えられる値は正規化された値として示される。

10

**【0018】**

図1に示される矢印14によって示されるように、曲線12はヒステリシスを示す。少ないプロセスガス流に対して、比較的高いカソード電圧が与えられ、金属モードにおいて堆積プロセスが行われる。金属モードでは、高い堆積速度を与えることはできるが、吸収層が堆積されるので、複数の応用形態に対して適切ではない。より高いプロセスガス流量に対して、堆積プロセスは酸素モードに変わり、透明な酸化ケイ素層を堆積することができる。けれども、堆積速度は比較的遅い。したがって、本明細書において説明されるような反応性堆積プロセスを制御する方法は、通常、堆積プロセスが移行モードにおいて提供されるように制御し、酸化ケイ素などの透明な層を比較的速い速度で堆積することができる。

20

**【0019】**

酸素センサ(ラムダセンサ)またはプラズマ監視(PEM)を用いる電流制御モードなどの制御モードは、堆積プロセスを移行モードにおいて安定した状態に保つために、センサ装置、及び高速ロジック制御を有する制御ユニットのための追加のハードウェアを必要とする。プラズマ特性の情報を与えるそのようなセンサからの信号は、電源またはガス供給源を制御するために、高速ロジックコントローラに送ることができる。したがって、カソード電力を移行モードにおいて制御し続けるために、これまで、特殊な制御ルーチンとともに、PEMまたはラムダセンサのような特殊な監視機構が用いられた。これは余分なハードウェア及びソフトウェアを必要とし、それゆえ、費用がかかる解決法である。さらに、電流制御モードは必ずしも有益ではない。

30

**【0020】**

本明細書において説明される実施形態は、反応性堆積プロセスのための閉ループ制御を提供し、カソードを電力制御することができる。それにより、堆積速度がカソードに供給される電力に比例するので、堆積速度を一定にすることができる。

**【0021】**

本明細書において説明される実施形態は、電圧制御または上側電圧制限を用いることによって、カソードを移行モードに保つことができる電圧電源または発生器を含む。しかしながら、電源に電圧制御を与えるとき、電源は固定された1つのパラメータを保つことだけができるので、電圧電源は結果として電圧制御されることになり、電力が一定に保たれない。電圧制御が用いられる場合には、電力、それゆえ、堆積速度が、使用されるプロセスガス(あるいは脱ガス)とともに変化し、これは必ずしも許容できるとは限らない。また、電源を電圧モードにおいて動作する場合には、堆積速度の手動調整が必要とされる。

40

**【0022】**

したがって、本明細書において説明される実施形態は、電源の電圧制御に加えて、閉ループとして電力制御を提供し、実際の電力が監視され、プロセスガスの流量が、電力を本質的に一定に保つように制御される。それにより、本質的に一定の堆積速度を与える閉ループ制御を提供することができる。本明細書において説明される実施形態によれば、SiO<sub>2</sub>プロセスなどの反応性堆積プロセスは、電圧制御されるか、または電圧制限され、スパッタ電力を一定に保つO<sub>2</sub>流調節を確立する。それにより、閉ループ制御が提供される。

50

## 【0023】

本明細書において参照される例は、主に  $\text{SiO}_2$  堆積に言及するが、反応性堆積プロセスを制御する方法、反応性堆積プロセスのために構成される閉ループ制御アセンブリ、及び基板上への層の反応性堆積のための堆積装置は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ などを堆積するなどの他の反応性堆積プロセスに対しても利用することができる。

## 【0024】

図2は、本明細書において説明される実施形態を例示するための閉ループ制御アセンブリ200を示す。制御アセンブリは、電源210を含む。参考番号212によって示されるように、電源は通常、中周波電源などのAC電源とすることができます。本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせることができる、幾つかの実施形態によれば、電源の発振周波数は1kHz～200kHzとすることができる。電源210はカソードアセンブリに接続される。10

## 【0025】

図2に示されるように、カソードアセンブリは第1のカソード214及び第2のカソード215を含むことができる。それにより、カソードまたはカソードアセンブリにそれぞれ電力が供給される。本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせることができ、幾つかの実施形態によれば、AC波形の半サイクル中に、一方のカソードが他方のカソードのための対電極(アノード)をそれぞれ提供するように交替する方法で、AC電力をカソード214及びカソード215に供給することができる。カソードアセンブリに電力を供給することによって、プラズマ20が生成される。20

## 【0026】

本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせることができ、幾つかの実施形態によれば、電源210は、DC発生器と、中周波発振器などのAC発振器とを含むことができる。DC発生器は、発振器に対する出力として、DC電力、DC電圧、及びDC電流を有する。発振器は、カソードまたはカソードアセンブリにそれぞれ供給される、出力電力、出力電圧、出力電流、及び出力周波数を有する。矢印222によって示されるように、電源は、コントローラから電圧設定点信号を受信する。さらに、矢印224によって示されるように、電源は、コントローラに電力値を与える。その結果、通常、電力値は、電源または発振器のそれによってカソードに供給される実際のAC電力である。30

## 【0027】

矢印232によって示されるように、プラズマ20のプラズマ領域内にプロセスガスが供給される。本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせることができ、通常の実施形態によれば、プロセスガスはアルゴン、酸素、窒素、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 及び $\text{N}_2\text{O}$ のうちの少なくとも1つを含むことができる。通常、反応性堆積プロセスのための反応性ガスとして酸素を供給することができる。酸素ベースの反応プロセスのためのプロセスガス内に少量の窒素を与えることは、生成されるプラズマ20を安定させることに対して有益である。

## 【0028】

通常の実施形態によれば、電圧設定点値222は、電源210がカソードに与えることができる、電圧に対する上限値として与えられる。図1に関して、上限値は、例えば、0.6～0.8、例えば、0.7の正規化された値を有することができる。それにより、金属モードから開始するプロセスにおいて、移行モード、例えば、図1の曲線12の右側ヒステリシス部分で層を堆積するように電圧を調整することができる。40

## 【0029】

したがって、電圧設定点値222は、その堆積プロセスを移行モード内に保つための限界値として設定することができる。その結果、電源によって供給される電力は、プラズマ領域20内の反応性ガスの流れによって決まる。例えば、酸化ケイ素堆積プロセスに対して、電力は、電圧設定点値によって制限される間の酸素流によって決めることができる。実際の電力は、矢印224によって示されるように、コントローラへの信号として与えら50

れる。コントローラは閉ループ制御を提供し、カソードに供給される実際の電力に基づいて、矢印 232 によって示されるプロセスガス流を制御する。

#### 【0030】

したがって、本明細書において説明される幾つかの実施形態によれば、電源の電圧が設定点値によって固定され、電源 210 の出力電力は、コントローラによってプロセスガス流を調整することによって制御される。本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせることができる、幾つかの実施形態によれば、コントローラはプログラム可能なロジックコントローラ（PLC）とすることができる。プロセスガス流、例えば、酸素流を調整して、出力電力を、それゆえ、堆積速度を一定に保つので、ラムダセンサまたはプラズマ監視（PEM）のような追加のハードウェアを有することなく、移行モードにおいて、一定の堆積速度を与えることができる。10

#### 【0031】

図 3 は、閉ループ制御アセンブリを含む堆積装置 300 を示す。図 3 に示される堆積装置 300 は、電源 210 を含む。AC 電源は、堆積装置 300 の回転可能なカソード 314 及びチャンバ 32 に接続される。

#### 【0032】

本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせができる、異なる実施形態によれば、AC 電源を、一方のカソードと、ハウジングによって、または堆積装置の他の部品によって、または別の電極によって設けられる対電極とに接続することができる。例えば、他方の電極は、カソード 314 と反対側の基板面に設けることができる。更なるオプションによれば、2 つのカソードを備えるカソードアセンブリを設けることができ、交流電力によって駆動されるツインカソードアセンブリを設けるために、AC 電源は第 1 のカソード及び第 2 のカソードに接続される。通常、中周波電力が適用される。20

#### 【0033】

通常の実施形態によれば、カソードはマグнетロンスパッタリングカソードとすることができます。さらに、本明細書において説明されるような反応性堆積プロセス、それぞれの制御アセンブリ及び堆積装置に対して、図 2 に示されるような平面カソード、または図 3 及び図 5 に示されるような回転するカソードを利用することができます。

#### 【0034】

理解されるように、カソード 214、215 及び 314、並びに本明細書において参照される他のカソードは、AC 電力が供給されるときに、カソードまたはアノードのいずれかとすることができます。しかしながら、その機能が AC 周波数波形の半サイクル中にアノードの機能とすることができます場合であっても、スパッタリングターゲットはカソードと呼ばれる。30

#### 【0035】

図 3 に示されるように、電圧設定点 222 がコントローラ 310 によって与えられ、コントローラ 310 は電力値を受信し、電力値は、通常、カソード 314 に出力される実際に供給される MF 電力である。コントローラ 310 は、チャンバ 32 内にプロセスガスを供給するためのガス導管 334 を含むガス供給源 330 に信号 232 を与える。基板 30 は、層、例えば、酸化ケイ素、酸化アルミニウム、TiO<sub>2</sub>、ZnO、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、SnO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>などの反応性堆積のためにチャンバ 32 を通って移送される。40

#### 【0036】

チャンバ 32 のプラズマ領域内の導管 334 によって供給されるガス流量は、カソード 314 に供給される電源 210 の出力電力に比例する。コントローラ 310 は、電源からコントローラ 310 に信号として与えられる実際の電力値 224 が本質的に一定であるように、ガス流量を制御する。それにより、閉ループ制御が確立される。

#### 【0037】

図 4 は、カソード 214 及び 215 に電力を供給するための閉ループ制御アセンブリの更に別の実施形態を示す。閉ループ制御及び閉ループ制御を動作させる方法は図 4 及び図 6 について説明される。矢印 422 及び 424 によって示されるように、設定点電圧及び50

設定点電力をコントローラ 310 に与えることができる。これは、例えば、操作者によってグラフィカルユーザインターフェースを通して行うことができる。通常、設定点電圧を DC 電圧とすることができる、設定点電力を中周波電力とすることができる。しかしながら、設定点電圧を中周波電圧とすることもでき、設定点電力を DC 電力とすることもでき、DC 電力は電源内の DC 発生器から発振器に出力される。コントローラ 310 は、矢印 222 によって示されるように、電源 210 に設定点電圧を与える。

#### 【0038】

通常、電源 210 は、DC 発生器 412 と、AC 発振器、例えば、中周波発振器 414 とを含むことができる。電源 210 は、所望の出力電圧として、特に電源 210 によって供給される電圧の電圧上限値として電圧設定点 222 を用いるように構成される。例えば、設定点電圧が DC 電圧である場合には、電源 210 は、DC 発生器 412 によって発振器 414 に与えられる DC 電圧の上限値として設定点を用いることができる。例えば、設定点電圧が MF 電圧である場合には、電源 210 は、発振器 414 によってカソードに与えられる MF 電圧の上限値として設定点を用いることができる。それにより、電源は図 6 のステップ 602 に示されるように電圧制御において動作される。

#### 【0039】

本明細書において説明される通常の実施形態によれば、電圧設定点 422 は、堆積プロセスが移行モードにおいて行われるように与えられる。その結果、電圧上限値に起因して、移行モードを安定させることができ、発振器 414 によってカソード 214 及び 215 に供給される実際の AC 電力は、プラズマ領域内で利用可能なプロセスガスによって決まる。カソード 214 及び 215 に供給される実際の電力は、例えば、発振器からコントローラ 310 に信号 224 として与えられる。これは、実際の電力 Pact が受信される図 6 のステップ 604 に対応する。コントローラは、ステップ 606 において、実際の電力 Pact を設定点電力 424 と比較する。ステップ 608 に示されるように、プロセスガスのガス流、特にプロセスガスに含まれる反応性ガスのガス流が調整される。これが図 4 において矢印 232 によって示される。例えば、実際の電力が設定点電力より小さい場合には、例えば、酸化ケイ素堆積プロセスのための酸素流を増加させる。実際の電力が設定点電力より大きい場合には、例えば、酸化ケイ素堆積プロセスのための酸素流を減少させる。他の反応性堆積プロセス及び対応する反応性プロセスガスに対して同様の制御を実施することができる。

#### 【0040】

通常の実施形態によれば、酸素流を特定の限度内に調整することができ、所定の増分によって調整することができる。ステップ 608 からステップ 604 への矢印によって示されるように、本質的に一定の電力を供給するため閉ループ制御が実施される。それにより、移行モードにおいて本質的に一定の堆積速度が与えられ、堆積速度は電源の電圧制御によって設定される。

#### 【0041】

図 6 は更なるステップ 610 を示しており、本明細書において説明される実施形態の幾つかの任意の変更に従って与えることができる。それにより、電源 210 からコントローラ 310 への信号として与えられる実際の電力 224 に加えて、実際の電圧も電源 210 からコントローラ 310 への信号として与えられる。ステップ 610 において、実際の電圧が監視される。実際の電圧が下限値未満に降下する場合には、酸素モードが検出される。これは図 1 に関して理解されることができる。正規化された電圧が、0.4 未満の値に下降する場合には、反応性堆積プロセスは図 1 に示されるように酸素モードにある。幾つかの実施形態によれば、堆積プロセスのために金属モードを介して移行モードに戻すために、酸素流量を最小酸素設定点レベルに設定することができる。

#### 【0042】

図 5 は、本明細書における実施形態による、基板、例えば、フレキシブル基板上への層の反応性堆積のための堆積装置 500 の一例を概略的に示す。

#### 【0043】

10

20

30

40

50

通常の実施形態によれば、堆積装置 500 は、基板 14 の堆積及び巻取り前に、基板 14 を巻き出すための巻出しローラ 132 及び巻戻しローラ 134 を含むことができる。堆積装置 500 は、異なる処理チャンバを通じて基板 14 を並進させるためのローラシステム（図示せず）を含むことができる。詳細には、本明細書における実施形態による堆積装置は、プラスチックフィルム上でロールツーロール堆積するためのスパッタロールコーラとして構成することができる。

#### 【0044】

装置 500 の処理モジュールは、基板 14 を処理ドラム 306 に適切に送り込み、そして処理された基板 14' をプロセスマジュールから巻取りモジュール 304 に送り込むのを容易にするためのローラ 310、312 を更に含むことができる。堆積装置 500 は、本開示の実施形態による透明物体を製造するのに適応した、アプライドマテリアルズ社によって製造される Smart Web (商標) とすることができます。本明細書における実施形態に適応させることができると示すことができるロールツーロール堆積装置の例は、2004 年 2 月 18 日に出願され、公開番号 EP 1 561 837 A1 号で公開される「Strip coating installation with a vacuum chamber and a coating cylinder」と題する欧州特許出願公開第 20040003574 号において記述されており、その出願は本開示と矛盾しないかぎり、参考により本明細書に援用される。10

#### 【0045】

図 5 に示される例示的な装置は、6 つのターゲットアセンブリ 520-1 ~ 520-6 を有し、基板 14 上に 1 つの層または層スタックを堆積するように構成される第 1 の堆積アセンブリを含む。通常の実施形態によれば、層スタックの幾つかの層はそれぞれ、個別の堆積チャンバ内で、または堆積チャンバの個別の区画内で堆積することができる。代替的には、各区画を用いて、同じ材料層を更に堆積することができる。20

#### 【0046】

本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせることができる、幾つかの実施形態によれば、装置 500 は 6 つの区画、チャンバまたはサブチャンバを含むことができ、各区画が個別の処理パラメータ下で、特に個別の処理ガスを用いて動作することができる。図 5 に示されるように、装置は Si ターゲット、例えば、噴霧式 Si ターゲット管 522 を備えた 6 つの回転可能な MF カソードまたはターゲットアセンブリ 520-1 ~ 520-6 を含むことができる。参考を容易にするために、コントローラ 310、例えば、DC 発生器 412 及び MF 発振器 414 を有する電源 210、ガス供給源 330、及びガス導管 334 は第 1 のターゲットアセンブリ 520-1 に対してのみ示される。30

#### 【0047】

通常の実施形態によれば、電源及びガス供給源は、堆積装置の区画のそれぞれに対して設けることができ、コントローラ 310 を用いて各区画内の堆積を制御することができる。代替的には、PLC などのコントローラを各堆積プロセスに対して設けることができる。その結果、通常、共通のユーザインターフェースを設けて、各堆積ゾーンに対する設定点電圧及び設定点電力を与えることができる。更なる代替の変更形態によれば、2 つ以上、更には全ての堆積ゾーンに対して、類似の設定点電圧及び設定点電力を与えることができる。40

#### 【0048】

本明細書において説明される幾つかの実施形態によれば、特に異なる層を含む層スタックの堆積のため、堆積アセンブリ 520-1 ~ 520-6 のうちの 1 つまたは複数を、反応性堆積プロセスのために、そして本明細書において説明される実施形態による閉ループ制御アセンブリと一緒に設けることができる。

#### 【0049】

例えば、本明細書において説明される実施形態による閉ループ制御を用いて、3 つのシリコン含有誘電体膜 (SiO<sub>2</sub> または Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) を有する 3 層透明層スタックを製造することができる。それにより、堆積区画のうちの 1 つまたは複数に対して、ラムダセンサ

または P E M を回避することができる。

#### 【 0 0 5 0 】

更なる実施形態によれば、図 5 に示され、6 つの区画、ターゲットアセンブリまたはカソードを有する装置 5 0 0 は、例えば、8、10、更には 12 個の区画、ターゲットアセンブリまたはカソードまで更に拡大することもできる。通常、追加のカソードを用いて、層厚及び／または堆積速度に基づいて基板の速度を制限しながら層を堆積することができるので、そのような拡大によって、少なくともスループットを更に高めることができる。

#### 【 0 0 5 1 】

カソードアセンブリ 5 2 0 - 1 に対して例示的に示されるように、コントローラ 3 1 0 に設定点電圧 4 2 2 及び設定点電力 4 2 4 を与えることができる。コントローラ 3 1 0 は電源 2 1 0 に設定点電圧を与える。通常、電源 2 1 0 は、DC 発生器 4 1 2 及び AC 発振器、例えば、中周波発振器 4 1 4 を含むことができる。電源は、堆積プロセスが移行モードにおいて行われるように、電圧制御において動作される。その結果、電圧上限値に起因して、移行モードを安定させることができ、発振器 4 1 4 によってカソード 2 1 4 及び 2 1 5 に供給される実際の AC 電力は、ガス供給源 3 3 0 によって導管 3 3 4 に供給される利用可能なプロセスガスによって決まる。カソード 5 2 2 に供給される実際の電力は、コントローラ 3 1 0 への信号として与えられる。プロセスガスのガス流は、実際の電力に基づいて調整される。

#### 【 0 0 5 2 】

上記のように、本明細書において説明される他の実施形態と組み合わせができる、幾つかの実施形態によれば、MF 発生器は  $P_{MF}$  制御されるか、または  $U_{MF}$  制御される。その場合に、通常、電圧限界値に達していないとき、発生器またはプロセスの電力制御をプロセスガスの流量の閉ループ制御によって利用することができる。電源に与えられる  $P_{MF}$  設定点を要求されるプロセス  $P_{MF-Set}$  設定点より約 10 % 高く設定することができる。 $U_{DC/MF}$  限界設定点は、プロセスによって要求される設定点  $U_{DC/MF-Set}$  に変更される。

#### 【 0 0 5 3 】

酸素流は、要求される MF - 電力 ( $P_{MF-Set}$ ) 及び実際の MF - 電力 ( $P_{MF-Act}$ ) の差に応じて変更される。 $P_{MF-Act}$  が  $P_{MF-Set}$  より小さい場合には、ガス流、例えば、酸素流を増加させる。 $P_{MF-Act}$  が  $P_{MF-Set}$  より大きい場合には、ガス流、例えば、酸素流を減少させる。

#### 【 0 0 5 4 】

ガス流、例えば、酸素流は、毎分流量 だけ限度（最小流量限度及び最大流量限度）内で変更することができる。ガス流量を変更することによる MF - 電力制御に加えて、実際の電圧 ( $U_{DC/MF-Act}$ ) は通常、設定点電圧 ( $U_{DC/MF-Set}$ ) のすぐ近くにすべきである。実際の電圧がしきい値限度を下回る場合には、酸素モード堆積が検出され、上記のような対抗措置を提供することができる。

#### 【 0 0 5 5 】

本明細書において説明される実施形態によれば、本明細書において説明されるような、閉ループ制御アセンブリ、閉ループ制御アセンブリを含む装置及び反応性層堆積の方法を用いて、P E M またはラムダセンサのような追加のハードウェアを不要にする。さらに、移行モードにおける安定した堆積速度、すなわち、十分な堆積速度を提供することができる。

#### 【 0 0 5 6 】

明細書は、最良の形態を含む本発明を開示し、かつ任意の当業者が本発明を実施し、利用できるようにするために複数の例を用いる。本発明は種々の具体的な実施形態に関して説明されてきたが、特許請求の範囲の精神及び範囲内で、変更を加えて本発明を実施できることは、当業者には認識されよう。特に、上記の実施形態及び変更形態の複数の例の互いに非排他的な特徴は、互いに組み合わせることができる。

#### 【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

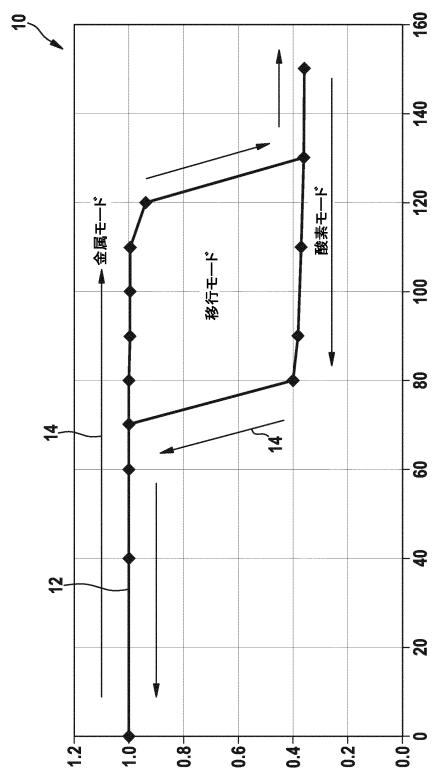
50

本発明に関して特許を受けることができる範囲は、特許請求の範囲によって規定され、当業者に思い浮かぶ他の例も含むことができる。そのような他の例は、特許請求の範囲内にあることを意図している。

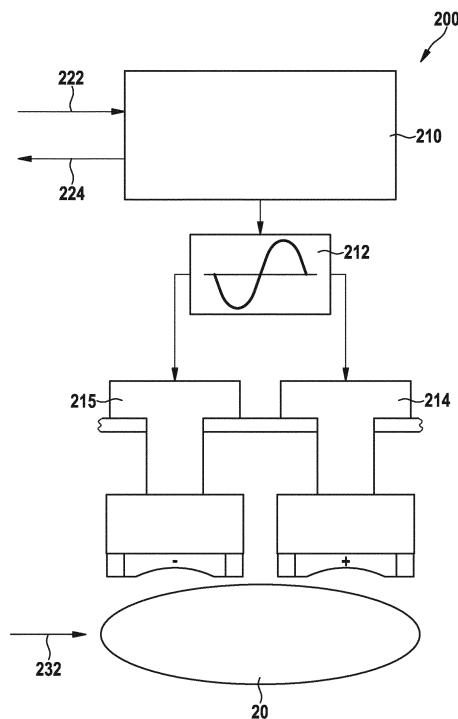
【 0 0 5 8 】

これまでの説明は本発明の実施形態に向けられてきたが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく、本発明の他の実施形態及び更なる実施形態を考案することができ、本発明の範囲は以下の特許請求の範囲によって決定される。

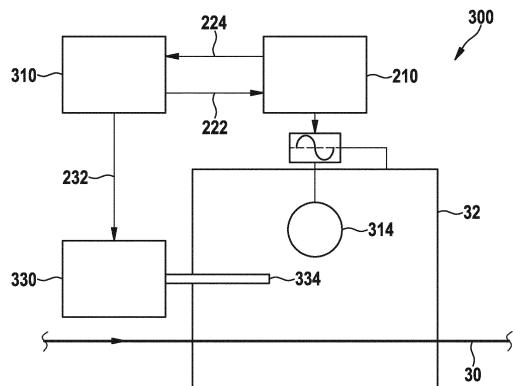
【 図 1 】



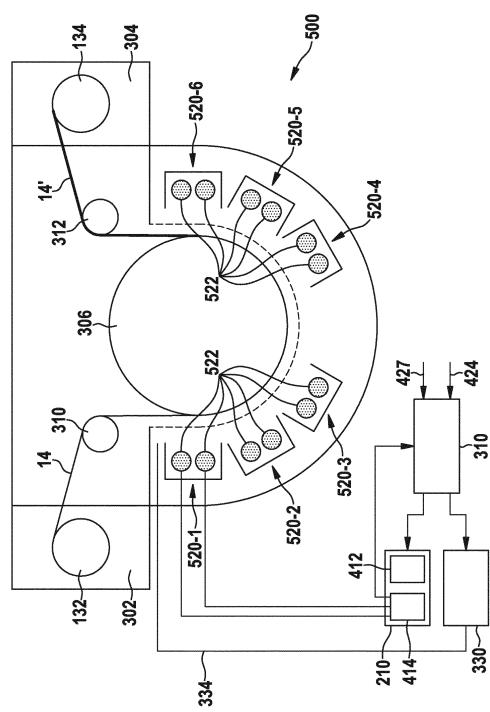
【 図 2 】



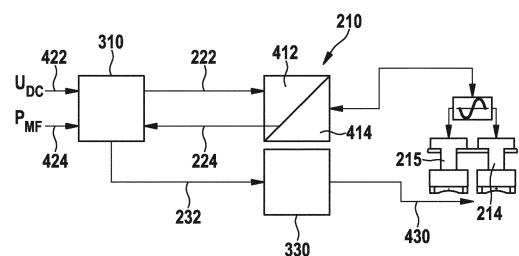
【図3】



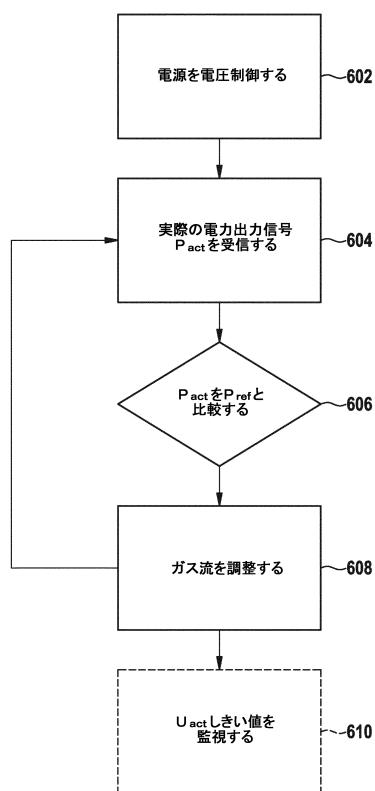
【図5】



【図4】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ヘレ, フランツ - ヨーゼフ

ドイツ国 63517 ローデンバッハ, イン デン クレールヴィーセン 14

(72)発明者 アングレール, マンフレート

ドイツ国 63526 エアレンゼー, ランゲンティーバッハ-シュトラーセ 19

(72)発明者 ヘルマンス, ウーヴェ

ドイツ国 63791 カールシュタイン アム マイン, ゼーリゲンシュテッター シュトラーセ 24

合議体

審判長 豊永 茂弘

審判官 山本 雄一

審判官 宮澤 尚之

(56)参考文献 特開2010-229523(JP,A)

特開2003-342725(JP,A)

特開平5-78836(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/34