

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5541677号
(P5541677)

(45) 発行日 平成26年7月9日 (2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月16日 (2014.5.16)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 3 C 14/34 (2006.01)	C 2 3 C 14/34 T
C 2 3 C 14/35 (2006.01)	C 2 3 C 14/35 Z
C 2 3 C 14/24 (2006.01)	C 2 3 C 14/24 F

請求項の数 15 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-504629 (P2009-504629)	(73) 特許権者	508210435
(86) (22) 出願日	平成19年4月10日 (2007.4.10)		ハウザー テクノ コーティング ビーヴ
(65) 公表番号	特表2009-533551 (P2009-533551A)		イ
(43) 公表日	平成21年9月17日 (2009.9.17)		オランダ国 エヌエルー 5 9 2 8 エルエ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2007/003181		ル ベンロー、ヴァン ヘームスケルクベ
(87) 国際公開番号	W02007/115819		ック 2 2
(87) 国際公開日	平成19年10月18日 (2007.10.18)	(73) 特許権者	508307469
審査請求日	平成22年4月2日 (2010.4.2)		シェフィールド ハラム ユニバーシティ
(31) 優先権主張番号	0607269.8		イギリス国、エス 1 1 ダブルビー シェ
(32) 優先日	平成18年4月11日 (2006.4.11)		フィールド、ハワード ストリート
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(73) 特許権者	508308145
前置審査			フエッティンガー エレクトロニック エ
			スピー、ゼット、オー、オー、
			ポーランド国、0 5 - 2 2 0 ジーロンカ
			、ユーエル マレッカ 4 7
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 真空処理装置、バイアス電源および真空処理装置の操作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの基材(12)を処理するための真空処理装置(10)であって、処理チャンバ(14)と、少なくとも1つのカソード(16)と、チャンバ内で気相で存在する材料のイオンおよび/またはカソードを形成する材料のイオンを発生するためにカソードに付随した電源(18)と、基材キャリア(20)と、基材キャリアおよびその上に存在する基材に負バイアスを印加するためのバイアス電源(32)とを有し、これにより前記イオンを前記少なくとも1つの基材に引きつけ、前記カソード電源(18)は比較的短い持続時間で比較的高い電力のパルスでDC動作に相当する低い平均電力レベルを生じるインターバルで前記カソードに加えるものである、真空処理装置において、

バイアス電源(32)は、バイアス電流が平均電力または電流のレベルに略対応するレベルで流れることを可能にするようになっており、および

前記少なくとも1つのカソード(16)に加えられる比較的高い電力の電力に適合するバイアス電圧を供給するために、比較的低い誘導性および抵抗性インピーダンスの追加の電圧源(60)がバイアス電源(32)に付随されている、ことを特徴とする真空処理装置。

【請求項 2】

前記平均電力レベルが約1KWから100KWの範囲である、ことを特徴とする請求項1記載の真空処理装置。

【請求項 3】

10

20

少なくとも1つの基材(12)におけるアーク発生を検出するために適合されたアーク抑制回路(68)が、バイアス電源に付随しており、またバイアス電源(32)および/または追加の電圧源(60)から基材キャリア(20)に加えられる電圧を変更するものである、ことを特徴とする請求項1記載の真空処理装置。

【請求項4】

アーク発生の際にバイアス電流が基材(12)に流れるのを遮断するために、アーク抑制回路(68)がバイアス電源(32)と追加の電圧源(60)の少なくとも一方に直列に接続されたスイッチ(34)を含んでいる、ことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の真空処理装置。

【請求項5】

スイッチ(34)が、バイアス電源(32)の一部であるか、追加の電圧源(60)の一部であるか、または独立したユニットである、ことを特徴とする請求項4記載の真空処理装置

【請求項6】

アーク抑制回路(68)が、基材ホルダにおける意図しない低電圧、基材ホルダにおける電圧の急激な低下、基材ホルダへの電流の急激な増大、最大電流を超える基材ホルダに流れる電流、バイアス電源または電圧源における予め設定された電圧パターンおよび/または電流パターンの発生、の少なくとも1つのパラメータ、または光学式検出器および電気式ノイズ発生検知器を含む他のアーク検出手段をモニタするものである、ことを特徴とする請求項3から5のいずれかに記載の真空処理装置。

【請求項7】

前記電圧源(60)が定電圧源である、ことを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の真空処理装置。

【請求項8】

前記電圧源(60)がコンデンサ(62)である、ことを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の真空処理装置。

【請求項9】

前記電圧源(60)が、前記バイアス電源(32)により充電されるか、またはバイアス電源の設定値に等しい電圧を供給するものである、ことを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の真空処理装置。

【請求項10】

前記バイアス電源(32)がDC電源である、ことを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の真空処理装置。

【請求項11】

少なくとも1つの基材(12)を処理するための真空処理装置(10)であって、処理チャンバ(14)と、少なくとも1つのカソード(16)と、チャンバ内で気相で存在する材料のイオンおよび/またはカソードを形成する材料のイオンを発生するためにカソードに付随した電源(18)と、基材キャリア(20)と、基材キャリアおよびその上に存在する基材に負バイアスを印加するためのバイアス電源(32)とを有し、これにより前記イオンを前記少なくとも1つの基材に引きつけ、前記カソード電源(18)は比較的短い持続時間で比較的高い電力パルスをDC動作に相当する低い平均電力レベルを生じるインターバルで前記カソードに加えるように適合されている、真空処理装置において、

比較的低いバイアス電流で動作するように適合されると共にバイアス電源により充電され且つ比較的低い誘導性および抵抗性インピーダンスの追加の電圧源と組み合わせて使用されるバイアス電源(32)が設けられており、

前記追加の電圧源は、前記少なくとも1つのカソード(16)に加えられる比較的高い電力の電力に適合するバイアス電圧を供給するために設けられている、ことを特徴とする真空処理装置。

【請求項12】

請求項1から11の真空処理装置で使用される電圧源(60)と組み合わせられるバイ

10

20

30

40

50

アス電源（３２）。

【請求項１３】

少なくとも１つの基材（１２）を処理するための真空処理装置（１０）であって、処理チャンバ（１４）と、少なくとも１つのカソード（１６）と、チャンバ内で気相で存在する材料のイオンおよび／またはカソードを形成する材料のイオンを発生するためにカソードに付随した電源（１８）と、基材キャリア（２０）と、基材キャリアおよびその上に存在する基材に負バイアスを印加するためのバイアス電源（３２）とを有し、これにより前記イオンを前記少なくとも１つの基材に引きつけ、前記カソード電源（１８）は比較的短い持続時間で比較的高い電力パルスでＤＣ動作に相当する低い平均電力レベルを生じるインターバルで前記カソードに加えるように適合されている、真空処理装置を操作する方法

10

において、バイアス電源（３２）は、バイアス電流が平均電力または電流レベルに略対応するレベルで流れることを可能にするように適合されるように、選択され、および

前記少なくとも１つのカソードに加えられる比較的高い電力の電流パルスの電力に適合するバイアス電圧を供給するために、比較的低い誘導性および抵抗性インピーダンスの追加の電圧源（６０）がバイアス電源（３２）に付随して設けられている、ことを特徴とする方法。

【請求項１４】

前記平均電力レベルが約１ＫＷから１００ＫＷの範囲である、ことを特徴とする請求項１３記載の方法。

20

【請求項１５】

前記カソード（１６）に加えられる前記高電力パルスのピーク間のインターバルの期間に、前記バイアス電源（３２）から別の電圧源（６０）を充電するステップを特徴とする請求項１３または１４記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、真空処理装置、真空処理装置で使用されるためのバイス電源、および真空処理装置の操作方法に関するものである。

【背景技術】

30

【０００２】

金属製あるいはプラスチック製の物品ないし品物に金属ないしセラミックのコーティングを付着する（付ける）ための真空処理装置は公知である。この種のコーティングは、例えば、ＰＶＤ（物理蒸着法ないし物理気相成長法）、ＣＶＤ（化学蒸着法ないし化学気相成長法）あるいはＰＡＣＶＤ（プラズマアシスト化学蒸着法）装置により付着できる。ＰＶＤコーティング処理の分野においては、マグネトロンスパッタリングあるいはアーク・スパッタリングによって基材（基体）にコーティングを行うための真空処理装置が特に良く知られており、特に、この種の装置はマグネトロンスパッタリングシステムとアーク蒸着システムを組み合わせたもの、あるいはこれらシステムの変形したものを同様に含んでおり、これらの装置では同じ装置上で同様にＰＡＣＶＤを行うことができる。

40

【０００３】

マグネトロンスパッタリング装置の中央にあるのはカソードであり、これは通常は金属からできているが、炭化タングステンのような化合物（複合材料）でも構成できる。カソードは、付随したカソード電源を有しているが、真空チャンバ内、通常はその側壁に配置されており、またチャンバはアルゴンのような不活性ガスで満たされており大気圧に対して実質的に減圧されている。基体と称される、コーティングされる物品（品物）は、真空チャンバ内で基体キャリア上に置かれ、またバイス電源は基体キャリアおよび従って物品に対して負のバイアスを印加するために使用され、これにより、カソードから発生したイオンはカソードから物品に向かって引きつけられる。

【０００４】

50

通常のDC動作を行う従来のマグネトロンスパッタリング装置では、カソードに加えられた電力は1から100kWの範囲であり、実際にはこの前後であるが、ペンローのHauser Techno Coating BVにより販売されるHTC1200装置においては典型的には例えばカソード毎に16から2kWである。DCスパッタリングの場合は、このような平均的な電力、例えば20kWは、基体キャリアに流れる平均的な電流として約4から10Aを発生させ、基体キャリアに印加されたバイアス電源により供給され、またスパッタリングの間および金属イオンエッチングの間において0から1200Vのバイアス電圧に維持する必要がある、また必要な大きさの電流が流れるのを許容しつつこれを行うことができる必要がある。

【0005】

10

このようなマグネトロンスパッタリング装置の操作に含まれる1つの危険性は、基材上で処理される物品の表面、あるいは実際には基材キャリア自体にアーク放電（アーク発生）が起こる可能性があることである。このため、基材キャリアに供給されるバイアス電源は通常はアーク検出回路を含んでおり、この回路によってアーク発生の際において電流が迅速に増大したりおよび/または電圧が迅速に低減することを認識すると共に、このようなアークないしアーク放電を抑えるためにバイアス電源を遮断している。

【0006】

広く使用されているが、DCマグネトロンスパッタリングに関連した問題の一つは、カソードあるいはターゲットから取り出される原子がイオン化される割合が比較的 low、これがコーティングの各特性を制限することである。

20

【0007】

近年、比較的高い電力パルス（出力パルス）をマグネトロンスパッタリングシステムのカソードに短い持続時間で加えることで、スパッタリングされるターゲットからのイオン化の度合いが低い欠点を解消する試みがいくつかなされている。これはしばしばHIPIMS（高電力パルスマグネトロンスパッタリング）と称される。例えば、メガワットの範囲の電力では例えば10μsの短い時間間隔で500Hzのパルス繰り返し周波数で各カソードに加えられ、つまり電力パルスは200ms毎に1回だけカソードに加えられる。このように電力を加えることで、カソードは異なる動作モードに変化する。より詳しくは、DCスパッタリングやパルスDCスパッタリングを使用した公知の通常のマグネトロンスパッタリングモードでは、カソードはイオン化されていない金属蒸気を主に生成する。

30

【0008】

対照的に、高度にイオン化されたマグネトロンスパッタリング（HIPIMS）を使用した場合は、カソードはイオン化された金属蒸気を高いイオン化で生成し、これは40%から100%の間であることが報告されている。よって、カソードに高電力パルスを印加することで、カソードは異なるモードに変化し、イオン化の度合いが高い金属蒸気をそれから発生させる。

【0009】

ソースを異ならせることで結果的に高電力パルスとなり、高いバイス電流ピークを同様に発生できる。HIPIMS以外の例としては、パルスアークスパッタリングである。ここで、高電力ピークはターゲット表面上でも同様に発生し、これは結果的に基材上の高バイアス電流ピークを招く。カソード上の電流ピークの高さは、例えば、短パルス期間の間は1000Amp（アンペア）を超える一方、カソード上の各パルスの間の期間では、電流はゼロまたは電流のピーク値に比べて低い値を持つ。HIPIMSの場合は同様に、カソードのピーク電流は対応する高いバイアス電流ピークによって引き起こされる。

40

【0010】

この動作の1つの結果は、しかしながら、基材キャリアおよびバイアス電源において流れる各電流が40Aないしそれ以上の電流ピークを含んでおり、これが従来のバイアス電源の損傷を招いてしまう。このような電流レベルはバイアス電源においてアーク放電の存在として解釈され、好ましくない態様でバイアス電源の動作が中断ないし遮断される。

【0011】

50

勿論、バイアス電源を高いレベルの電流に対応できるように設計し直すことも可能である。しかしながら、この場合には比較的高コストな電源となると共に、高度にイオン化されたマグネトロンスパッタリングモードにおいて必然的に発生するアーク放電の場合において基材キャリアに供給されるバイアスを遮断することが困難となる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上記の問題に鑑み、本発明の目的は、平均電力レベルに対応するレベルで流れるバイアス電流を許容するように適合されたバイアス電源を備えた真空処理装置であって、バイアス電源のコストを最小限に抑えながら、高度にイオン化されたマグネトロンスパッタリングモードやパルスアークモードあるいは電流ピークの間が比較的長い期間で非常に高い電流ピークを発生するいずれかの他の使用可能なソースを使用した際において発生するピーク電流に対処でき、またこの動作モードにおける好ましくないアーク放電を検知することができる、真空処理装置を提供することにある。さらに本発明は、このような処理装置で使用される電源、およびこのような真空処理装置を操作ないし作動するための方法を提供することに関する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記の目的を達成するため、本願発明によれば、少なくとも1つの基材を処理するための真空処理装置であって、処理チャンバと、少なくとも1つのカソードと、チャンバ内で気相で存在する材料のイオンおよび/またはカソードを形成する材料のイオンを発生するためにカソードに付随した電源と、基材キャリアと、基材キャリアおよびその上に存在する基材に負バイアスを印加するためのバイアス電源とを有し、これにより前記イオンを前記少なくとも1つの基材に引きつけ、前記カソード電源は比較的短い持続時間で比較的高い電力パルス(出力パルス)を、例えばDC動作に相当する低い平均電力レベル、例えば約1KWから100KWの範囲、を生じるインターバルで前記カソードに加えるように適合されている、真空処理装置において、バイアス電源は、バイアス電流が平均電力レベルに略対応するレベルで流れることを可能にするように適合されており、および前記少なくとも1つのカソードに加えられる比較的高い電力パルスの電力に適合するバイアス電圧を供給するために、比較的低い誘導性および抵抗性インピーダンスの追加の電圧源がバイアス電源に付随している、ことを特徴とする真空処理装置が提供される。

【0014】

また、このような真空処理装置において使用される電圧源を組み合わせたバイアス電源が提供され、さらには少なくとも1つの基材を処理するための真空処理装置であって、処理チャンバと、少なくとも1つのカソードと、チャンバ内で気相で存在する材料のイオンおよび/またはカソードを形成する材料のイオンを発生するためにカソードに付随した電源と、基材キャリアと、基材キャリアおよびその上に存在する基材に負バイアスを印加するためのバイアス電源とを有し、これにより前記イオンを前記少なくとも1つの基材に引きつけ、前記カソード電源は比較的短い持続時間で比較的高い電力パルスを、例えばDC動作に相当する低い平均電力レベル、例えば約1KWから100KWの範囲、を生じるインターバルで前記カソードに加えるように適合されている、真空処理装置を操作する方法において、バイアス電源は、バイアス電流が平均電力またはこれ以下に略対応するレベルで流れることを可能にするように適合されるように選択され、および前記少なくとも1つのカソードに加えられる比較的高い電力のパルスの電力に適合するバイアス電圧を供給するために、比較的低い誘導性および抵抗性インピーダンスの追加の電圧源がバイアス電源に付随して設けられている、ことを特徴とする方法が提供される。

【0015】

よって、本願発明は、少なくとも1つのカソードに比較的高い電力のパルスが加えられた際に比較的高い電力のパルスのための電力に適合するバイアス電圧を供給するために適合された、比較的低い誘導性および抵抗性インピーダンスの追加の電圧源により従来のバ

10

20

30

40

50

イアス電源に追加することに基づいてなされたものである。

【 0 0 1 6 】

追加の電圧源は、例えばある種の定電圧源であり、好適にはバイアス電源の出力端子ないし端子間に連結されたコンデンサである。このコンデンサは、カソードに加えられる連続的ないし逐次的な高電力パルス（高出力パルス）の間のインターバルの間にバイアス電源により充電され、また次の高電力パルスがカソードに印加された際には、コンデンサは基材バイアス電圧を所望の範囲内に維持するだけでなく、バイアス電源に実質的に影響を及ぼすことなしに高電力パルスに付随したピーク電流がコンデンサを通して流れるようになる。よって、電圧源、より詳しくは上記の例ではコンデンサは、カソード電源の高電力ピークの間に高い電流が流れることを許容しつつ、基材キャリアないしその上にある物品において所望のバイアス電圧が維持されるように機能するが、ピークが過度に高いバイアス電流を緩和して伝えることを通常のタスクの一部とする。コンデンサを電圧源や定電圧源として用いることに代えて、他のソース（源）を用いることもできる。しかしながら、コンデンサは、適切な容量のコンデンサを容易に入手できるので、好ましいものである。

10

【 0 0 1 7 】

定電圧源を補完ないし補助するために、少なくとも1つの基材におけるアークないしアーク放電を検知するアーク抑制回路（消弧回路）が、基材キャリアに印加されるバイアス電圧を切るため、あるいはバイス電源および／または追加の電圧源から基材キャリアに印加される電圧を変更するために、バイアス電源に付随されている。

【 0 0 1 8 】

20

基材への損傷の発生を防止するためには基材アークを消すことが必要である。アーク放電の場合は、基材の電流が非常に高い値に達する。

【 0 0 1 9 】

有用なアーク抑制回路は、バイアス電源および追加の電圧源の少なくとも一方に並列接続されたスイッチを含んでおり、基材のバイアス電圧を絶つか、あるいはアーク放電が持続できない低い電圧値に切り換えるように機能する。あるいは、このスイッチをバイアス電源および追加の電圧源の少なくとも一方に直列に接続して、アーク放電の際には基材に流れるバイアス電流を遮断しても良い。スイッチは、バイアス電源の一部、あるいは追加の電圧源の一部、あるいは別のユニットでも良い。

【 0 0 2 0 】

30

アーク抑制回路は、次のパラメータの少なくとも1つをモニタする。即ち、基材ホルダにおける意図しない低電圧、基材ホルダにおける電圧の急激な低下、基材ホルダへの電流の急激な増大、最大電流を超える基材ホルダに流れる電流、バイアス電源または電圧源における予め設定された電圧パターンおよび／または電流パターンの発生、および光学式検出器および電気式ノイズ発生検知器を含む他のアーク発生ないしアーク放電検出手段。

【 0 0 2 1 】

バイアス電源はDC電源またはパルスバイアス電源とすることができ、例えば10から350kHzの範囲の周波数（パルス繰り返し周波数）で動作するパルス電源である。

【 0 0 2 2 】

バイアス電源をさらに保護するために、バイアス電源および／または電圧源への接続点にブロッキングダイオードを設け、例えばパルスバイアス電源に使用された場合には電流を一方向のみに流すように機能させる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 3 】

以下に、添付した図式的な各図面を参照して、本願発明をより詳しく説明する。

【 0 0 2 4 】

図1には、複数の基材12を処理するための真空処理装置10が示されている。この装置は、金属製の処理チャンバ14を有してなり、このチャンバは、この例では、2つの対向して配置されたカソード16を有しており、各カソードには、チャンバ内の気相で（気相中に）存在する材料のイオンおよび／または個々のカソードを形成する材料のイオンを

50

発生するための別々のカソード電源 18 (1 つだけを図示した) が設けられている。基材 12 は基材キャリア 20 上に取付られており、このキャリアは、基材キャリアに連結された軸 26 を駆動する電気モータ 24 によって矢印 22 の方向に回転される。軸 26 は、公知の密閉および絶縁手法を用いてチャンバ 14 の壁内の貫通孔 28 を通っている。これにより、バイアス電源 32 の一方の端子 30 がライン (導線) 27 を介して軸 26 に、さらに基材キャリア 20 に接続されるようになる。基材 12 は、垂直ポスト 29 に取付られており、これによりスイッチ 34 を閉じた際にはバイアス電源 32 の端子 30 に存在する電位に維持される。

【 0025 】

この実施例では、装置 10 の金属製のハウジング 14 は、地面 36 に接続されており、実際には装置の正の端子 (+ 端子) となっている。カソード電源 18 の正の端子もハウジングに接続されており、バイアス電源 32 の正の端子 38 と同様に、地面 36 に接続されている。図面には含まれていないが、全てのマグネトロン電源の正の端子をそれぞれブロッキングダイオードを介してバイアス電圧 (つまり、基材電位) の陰極に接続する構成も可能である。これは配線接続において一般的に知られた方法であるが、実用上の理由からあまり頻繁には使用されない。

【 0026 】

処理チャンバの上部 (この位置は重要ではない) には接続用スタブ 40 が設けられており、バルブ 42 を介して、処理チャンバ 14 を排気するための真空システムへのライン 44 に接続されている。真空システムは図示されていないが、当業分野では公知のものである。処理チャンバの上部にはまた、スタブ接続部 46 およびバルブ 48 を介して、真空チャンバ 14 の内部に 1 つ以上の適切なガスを導入するためのライン 50 が接続されている。例えば、アルゴンのような不活性ガスが真空チャンバ内に導入され、または窒化物コーティングや炭素コーティングあるいは炭窒化物コーティングを着けるための窒素やアセチレンのようなガスが導入される。必要に応じて、46, 48, 50 と同様な、異なる複数のガス用の別々の接続部が設けられる。

【 0027 】

上述した種類の真空処理装置は、当業分野では公知であり、またこの種の装置はしばしば 3 つ以上のカソード 16 を備えている。例えば、真空処理装置は H a u z e r T e c h n o C o a t i n g B V の会社から購入可能であり、この装置ではチャンバ 10 は断面が略八角形の形状をしており、外側に開くと共にマグネトロンカソード 16 を支持する 4 つのドアを備えている。これらのカソードは同じ材料とすることができるが、基材または 12 のような物品上の各層に異なる材料のコーティングをさせるためにしばしば異なる材料である。

【 0028 】

典型的な真空処理装置は、暗視野スクリーン、基材 12 を予備加熱するためのヒータ、および種々のデザインの電子ビーム源やプラズマ源のような、図 1 には示されていない多数の他の構成物品を同様に含んでいる。さらに、マグネトロンスパッタリングカソード (マグネトロンスパッタリング用のカソード) 16 に加えて真空処理装置内にアークカソードを含めることもできる。

【 0029 】

この装置の使用の際には、真空チャンバ 14 内に最初に存在する空気は真空ポンプシステムによりライン 44, バルブ 42 およびライン 40 を経て排気されると共に、ライン 50, バルブ 48 および接続用スタブ 46 を通ってアルゴンのような不活性ガスおよび / または各反応ガスの安定した流れ (定流) がチャンバ内に出される。よって、チャンバ内に存在する空気は真空チャンバ 14 から排気され一掃される。これと同時にしこれに続いて、物品 12 を暖めるためにヒータ (図示せず) が作動され、物品 12 に存在していた揮発性ガスないし化合物は排除される。

【 0030 】

チャンバ内に導入された不活性ガスは、例えば宇宙線のために、常にある程度イオン化

10

20

30

40

50

され、電子と不活性ガスイオン、例えばアルゴンイオンに分離される。アルゴンイオンはカソードに引きつけられ、ターゲット材料と衝突して材料イオンをたたき出し二次電子を発生する。各カソード 16 に付随しているのはマグネットシステム（図示せず、但しそれ自体は公知）、これは典型的にはカソードの表面の上部まで延在する閉ループの磁気トンネルを提供する。この閉ループの磁気トンネルにより、電子は閉ループの略周囲を移動し、衝突によってさらなるイオン化を引き起こす。これらの二次的な電子はチャンバ内のガス雰囲気のさらなるイオン化を起こし、不活性ガスイオンおよびターゲット 16 の材料からのイオンがさらに生成される。これらのイオンは、適切な高基材バイアス、例えば - 200 から - 1200 ボルトにより物品 12 に向かって引きつけられ、物品の表面をエッチングするために十分なエネルギーでその上に衝突する。

10

【0031】

エッチングが完了したならば、コーティングモードが開始され、カソードへの適切な電力により材料原子およびカソードからのイオンの流れが、基材が基材キャリア 20 上で回転する際にコーティング基材 12 のある空間内に放射され、基材のコーティングがなされる。基材キャリア 20 上の基材 12 に向かうイオンの動きは、基材ホルダおよび基材に加えられた負電圧バイアスにより促進される。

【0032】

カソード 16 からの他の非イオン材料の原子は、十分な運動エネルギーを受けて、カソード 16 の前の空間内に同様に伝播ないし広がり、物品 12 上にコーティングを形成する。不活性ガスイオンは基材バイアスにより物品に同様に引きつけられ、コーティングの密度を増大するように機能する。

20

【0033】

ここで、基材に加えられるバイアスは、カソード 16 の前に形成されたプラズマに存在するイオンによってカソードの表面からたたき出されるカソードの材料のイオンを引きつけるために有用である。

【0034】

このように、一定の負電圧がカソードに加えられると共に一定の負バイアスが基材ホルダに加えられて行われるスパッタリングプロセスは、DC マグネトロンスパッタリングと称される。

【0035】

パルス DC スパッタリングは同様に知られており、この場合は少なくとも 1 つのカソード電源がパルスモードで動作される。加えて、基材キャリアに対するバイアス電源を同様にマルスモードで動作させることができる。これは、カソードが半絶縁性の性質である場合に特に好都合である。

30

【0036】

このような DC マグネトロンスパッタリングプロセスでは、16 のようなカソードのそれぞれに加えられる電力は、例えば 16 から 20 kW である。例えば、H a u z e r T e c h n o C o a t i n g B V から市販されている H T C 1200 真空コーティング装置は通常は 4 つのカソードが使用されている。このことは定電流、例えば典型的には 4 - 10 A がライン 27 を通りおよびバイアス電源を介して流れる。換言すれば、従来の DC マグネトロンスパッタリング装置では、基材ホルダ 20 用のバイアス電源は 4 - 10 A までの電流で動作するように設計されている。さらに、真空チャンバ 14 内で特定の条件が発生した場合において意図しない態様で発生するアーク放電による電流の突然の上昇を検知するための内蔵回路を含んでいる。このようなアーク放電の場合には、バイアス電源は電力供給を止めることでアークを消すように適合されており、次いで動作が再度開始される。

40

【0037】

上述した通り、このことが、カソードの表面から金属イオンを取り外すのに電気アークを使用するアークカソード技術に比べて比較的遅く且つより高価であるという、マグネトロンスパッタリングの方法を確立する際の欠点となる。他方、より良い（より滑らかな）

50

品質のコーティングが生成できるという特長がある。

【 0 0 3 8 】

近年、カソード技術を改良する試みがなされており、してカソード 1 6 に一定の D C 電力を供給する代わりに、非常に高い電力を比較的短いインパルスで比較的長いインターバル（時間間隔）で供給する技術がある。例えば、図 2 に示したように、電力パルスは例えば $10\ \mu\text{s}$ の持続期間を有し、パルス繰り返し周波数 $500\ \text{Hz}$ に対応してパルス繰り返し時間 $200\ \mu\text{s}$ 、つまり連続するパルスの間の間隔は $190\ \mu\text{s}$ である。カソードに加えられる非常に高い電力の時間が制限されるので、平均電力は、D C ないしパルス D C スパッタリングにおける通常のマグネトロンスパッタリングモードに対応した適度なレベルに制限される。しかしながら、カソードに高い電力パルスを加えるので、異なる動作モードとなり、カソードから放出される金属蒸気のイオン化の度合いが 40% 以上から 100% までと非常に高くなる。このような高いイオン化の度合いにより、基材キャリア上の基材に引きつけられるイオンが非常に多くなると共にそこにより速い速度で到達するようになる結果、より密度が高く、より迅速なコーティング着けを行うことができる。

10

【 0 0 3 9 】

しかしながら、電力が電力のピークに集中することから、この時間の間は比較的高いバイアス電流が流れ、標準的なバイアス電源ではこの電流の要求値に迅速ないし容易に合わせることができない。

【 0 0 4 0 】

この困難性を解消するため、図 1 において点線の四角で示した追加の電圧源 6 0 が設けられる。この電圧源 6 0 は、主にコンデンサ（キャパシタ）6 2 から構成されており、標準的なバイアス電源、あるいは実際にはより簡易化されたバイアス電源により、バイアス電源により決定される所望の出力電圧に対応する電圧まで充電（チャージ）される。カソード電源 1 8 によってカソード 1 6 に電力パルスが印可される度に、上記したように、カソード 1 6 から基材 1 2 へのイオンから実質的に構成される材料の流れが生じ、このイオンの増大によって基材ホルダ 2 0 における電流流れおよびこれに伴うライン 2 7 を通る電流流れが、最大で約 $40\ \text{A}$ まで増大するようになる。通常のバイアス電源 3 2 は、高電圧インパルス動作に代えて標準の D C 動作用に設計された場合は、このようなピーク電流を処理することはできない。しかしながら、バイアス電源により充電されるキャパシタは、カソード電源 1 8 からの高電力パルスの間の時間間隔の間において、基材キャリア 2 0 におけるバイアス電圧を限界値付近内で維持することができ、また図 3 に示したコンデンサの僅かな放電の結果としての電流の流れを支えることができる。図 3 において、コンデンサの充電された電圧は、この例では $-50\ \text{V}$ であり、カソード電源 1 8 からカソード 1 6 への高電力パルスの持続期間 $10\ \text{ms}$ の間は例えば $-40\ \text{V}$ まで減じられる（図 3 の曲線において「a」部分を参照）。このパルスが中断ないし停止した場合は、コンデンサは $-50\ \text{V}$ のレベルまで再び充電され、また高電力パルスの終了後短時間でこのレベルまで到達する（図 3 の曲線において「b」部分を参照）。この電力レベルは電源 1 8 からカソード 1 6 に（つまり、他の電源から他のカソード 1 6 の 1 つに）他の電力インパルスが生じるまでに維持され、また次いで、再充電が開始されるまで、高電力パルスの持続期間に亘って $-40\ \text{V}$ まで低下する。

20

30

40

【 0 0 4 1 】

ここで、同様な望ましくない電圧低下はシステムがエッチングしている間、つまりバイアス電圧がより高いレベル、例えば $700\ \text{V}$ 未満から $1200\ \text{V}$ までの間にある場合にも発生する。また、コンデンサは電流流れに対して低インピーダンスを提供するだけであり、電流の流れはバイアス電源の高インピーダンスを通して流れるのではなくコンデンサを通して短絡された状態となる。さらに、基材へのイオンの流れのピークはカソード電源からカソードに印可される電力ピークの間に生じるが、このことはイオンの流れが電力ピークが終わると直ちになくなることを意味するものではない。それどころか、レベル低下および電流減少にも拘わらず、連続する電力ピークの間に、カソードに加わる電力は非常に小さいので、イオンの流動を継続させることは完全に可能である。

50

【 0 0 4 2 】

さらに、パルス・スパッタ・カソードに代えて、バイアスされた基材上で動作する全ての異なるタイプのパルス用のカソード/ソースを同様に使用できる。一例としては例えばパルス・アーク・カソードである。

【 0 0 4 3 】

当然ではあるが、アーク発生が上述したシステムを備えたチャンバ内で発生する可能性がある。この場合は、アーク発生はシステムの種々なパラメータ、例えばライン 27 における電流の流れやコンデンサ 62 の両端の電圧をさらに変えてしまう。よって、ライン 32 を流れる電流を検知したり、コンデンサ両端の電圧を検知する、64 のような検知器を設けることができ、図 1 において図式的に 34 で示された半導体スイッチを動作させるために接続されたアーク抑制回路（消弧回路）68 にこれら検知器からの出力信号を供給する構成としても良い。よって、アーク抑制回路が、基材 12 又は基材キャリア 20 におけるアーク放電の存在を示す電流値および/または電圧値を検知した場合、アーク抑制回路はスイッチ 34 を開くように動作し、これにより基材キャリア 20 および基材 12 に存在するバイアス電圧が遮断されることでアークを迅速に消すことができる。検知器 66' を含む破線は、電圧検知器 66 の代替の位置、つまりライン 27 とバイアス電源 32 の正の端子（+ 端子）との間を示したものであり、これは検知器 66 から見てスイッチ 34 の他の側（端子）上の位置である。検知器 66' の図示された位置は好ましい位置である。

10

【 0 0 4 4 】

アーク抑制回路は、この実施例では電圧源 60 に含まれているが、電圧源 60 から分離したモジュールとしても良く、あるいはバイアス電源 32 内に組み込んでも良い。

20

【 0 0 4 5 】

図 7, 8 および 9 を参照して、本発明の動作を異なる観点から説明する。

【 0 0 4 6 】

図 7 は、本発明に係るコンデンサ 62 により代表される追加の電圧源なしで従来のバイアス電源が使用される場合を示したものである。従来の電源にはアーク防止回路が具備されている。

【 0 0 4 7 】

この例では、基材に加えられる平均バイアス電圧は - 600 V に設定されている。

【 0 0 4 8 】

カソードが H I P I M S モードで動作している際には、カソードに供給される電力パルスにより、短時間の遅延の後、高い電流の出現が基材から始まる。この高電流はアーク抑制回路によりアークとして判断され、図 7 において参照番号 90 で示された約 - 900 V から約 0 V のバイアス電圧の強い上昇により示されたように、アーク抑制回路およびバイアス電源は直ちにバイアス電圧を絶つ。図 7 において下側の曲線で示され且つ平均値が 0 A である、基材のバイアス電流は、バイアス電圧 90 の急峻な変化と時間的に位置合わせされた短いピーク 92 を示すだけである。このことは、実際にバイアス電圧が絶たれたこと（90）によるバイアス電流は殆ど流れないことを意味する。後の段階では、バイアス電圧は再び上昇するものの（94）、カソードに印加される高電力パルス（電流パルス）はずっと前に通過しているので、基材に大きな電流が流れることはない。このように、この種の装置は H I P I M S スパッタリング用としては有効ではない。

30

40

【 0 0 4 9 】

図 8 は、追加のコンデンサ 62、つまり本願発明に係る追加の電圧源を使用した H I P I M S スパッタリングの場合を示したものである。図 1 のコンデンサ 62 を使用することで、適切な時間（カソードに加えられた電力ピークと基材に到達するイオンのバーストとの間の時間遅延の後）において自然な態様でバイアス電流のピークが自動的に形成される。バイアス電圧を示した上側の曲線から、コンデンサ 62 の効果によってこの電圧の変化が僅かであることが判る。よって、基材のそれぞれに電流が必要とされる態様で流れることができ、カソードに供給される高電力パルスがそれぞれに流れる。

【 0 0 5 0 】

50

例えばアーク防止回路が 80 A を超える電流をアークであると認識することにより、本願発明の回路がアーク防止なしで動作した場合、アークが発生した場合には、98 で示したように約 400 A の非常に高い電流ピークが発生し、これによりコーティングされる基材が損傷を受け、さらにバイアス電源が損傷する可能性もある。高い電流ピークは、アークの発達に対応して、符号 100 においてバイアス電圧の著しい低減を招き、これが図 1 を参照して説明した本願発明の装置に組み込まれたアーク抑制回路を起動するために検知される。

【0051】

図 4 を参照すれば、図 5 示したように単極の電圧バイアスパルスで基材キャリア 20 に送出するバイアス電源と共に定電圧源が使用される実施例が示されている。各パルスは矩形パルスであり、パルス繰り返し周波数が 100 kHz で、マーク/スペース比は 1 である（これらの数値は必須的なものではない）。

【0052】

他の波形を使用することも可能であり、またパルスは単極ではなく両極（双極）であっても良い。図 4 の装置は図 1 の装置に大部分が類似しており、図 1 の説明が図 4 の装置および実際には図 6 の装置に同様に適用されるので、ここではそれらの説明は省略する。図 1 の実施例とは対照的に、図 4 の実施例では、2 つのダイオード 80, 82 を含んでいる。ダイオード 80 は、電流がバイアス電源を通して一方向だけに流れ、これによりコンデンサが一方向に図 5 に示したパルス電圧形状のピーク電圧まで充電されることを確保する。他のダイオード 82 は、省略することも可能であるが、カソード電源 18 から的高電力インパルスのピークの間にコンデンサを放電させる。ここで、バイアス電源のパルス化（パルス出力させること）は、コンデンサ電圧をバイアス電圧に必要とされるのと同じ周波数でパルス化するためにスイッチ 34 が独立して作動を開始することが重要である。

【0053】

図 4 のアーク抑制回路は、図 1 のものを類似しており、コンデンサ両端の電圧 U のためのセンサ 66 と、コンデンサを流れる電流のためのセンサ 64 を含んでいる。これら 2 つのセンサは、アーク抑制回路 68 に接続されており、アーク抑制回路は、バイアス電源 32 を基材キャリア 20 から分離するために、電子スイッチ 34 を起動できる。パルスバイアスを使用する際に考慮すべき別の相違点は、基材上のアーク放電を消すために必要な、直列式のスイッチ 34 が、標準的なバイアス電源のパルスに同期してオフおよびオンされることである。このことは、コンデンサは一定の電圧レベルのままであり、コンデンサの存在によって基材上にパルス状のものが無いことが必要である。スイッチ 34 をスイッチングすることにより基材バイアス電圧がパルス化される。

【0054】

上記したように、図 6 の実施例は図 4 の実施例と極めて類似しており、唯一の違いは、アーク抑制回路により制御されるスイッチ 34 がバイアス電源 32 と並列な回路内においてコンデンサと直列接続されている、つまり、ノード 84 と軸 26 の間のラインないし導線 27 内ではなくてコンデンサとノード 84 との間で接続されていることである。

【0055】

当業者には、種々の変更が可能であることは自明である。例えば、アーク抑制回路は電圧センサにおける電圧の存在あるいは電流センサ 64 における電流を基準としてのみ動作させても良い。原則的には、アーク抑制回路は少なくとも 1 つの以下のパラメータ、つまり基材ホルダ 20 における意図しない低電圧、基材ホルダへの電流の急激な増大、基材ホルダに流れる最大電流を超える電流、バイアス電源または電源における予め設定された電圧パターンおよび/または電流パターンの発生、をモニタしている。アーク抑制回路はまた、または光学式検出器および電気式ノイズ発生検知器を含む他のアーク発生ないしアーク放電検出手段からの信号に応答させることもできる。電圧源は、好ましくは定電圧源であり、最も単純な場合は図 1, 4 および 6 に示したようなコンデンサである。

【0056】

さらに、本願発明は主としてマグネトロンスパッタリング装置の使用を意図しているが、同様な問題が発生する場合には他の形式の真空処理装置にも同様に適用可能である。更には、パルススパッタカソードに代えて、バイアスされた基材上に動作する全ての異なる形式のパルス・カソード/ソース（源）を使用することができる。一例としては、例えば、パルス・アーク・カソードである。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】2つのマグネトロンスパッタリングカソードを備えた真空処理装置を側面から見た図式的な説明図である。

【図2】図1のマグネトロンスパッタリングカソードに印加される高出力電力の典型的なプロファイルを示した説明図である。

【図3】バイアス電源により基材キャリアそしてその上に配置された物品ないし基材に加えられる電圧をプロットした説明図である。

【図4】パルスDCバイアス電源の場合における図1と同様な装置を示した説明図である。

【図5】例えば図4の基材キャリアに印加される典型的なパルスDCバイアス電源の電圧プロットを例示した説明図である。

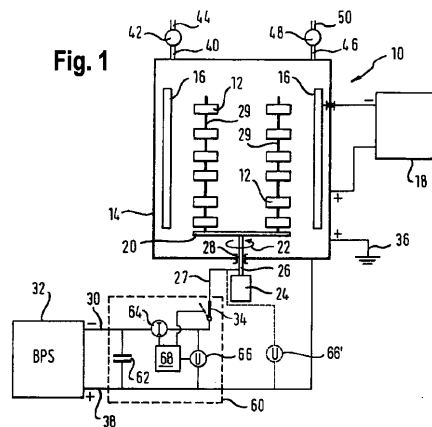
【図6】図6と類似した他のレイアウトを示した説明図である。

【図7】本願発明が使用されない場合におけるバイアス電流の挙動の説明図である。

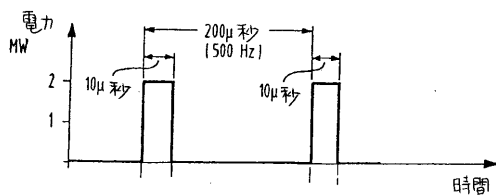
【図8】本願発明を使用した場合におけるバイアス電流の挙動の説明図である。

【図9】基材においてアーク放電が検知されず防止できない場合における挙動の説明図である。

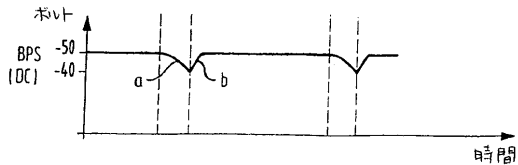
【図1】



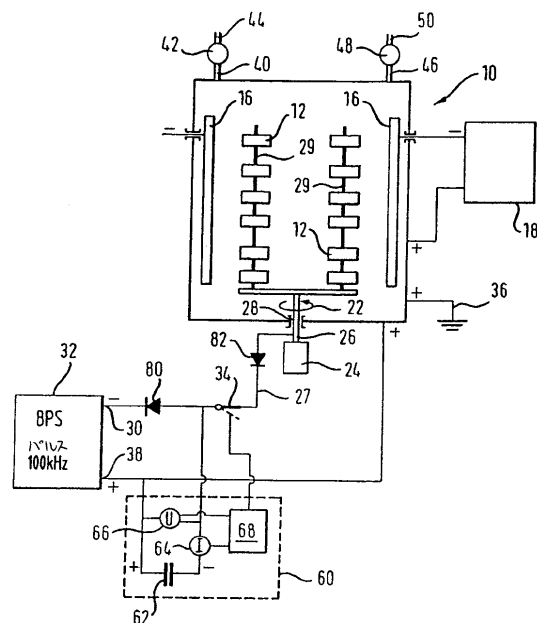
【図2】



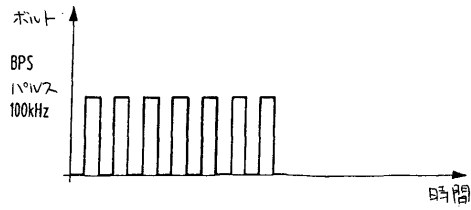
【図3】



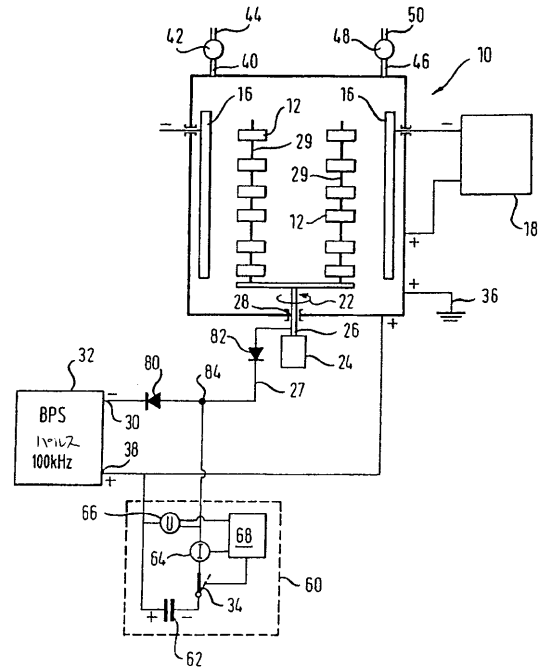
【図4】



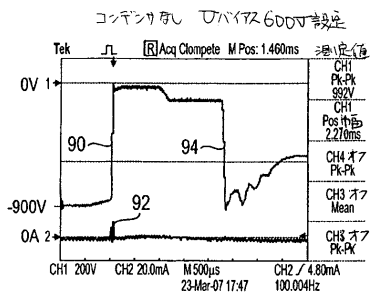
【 図 5 】



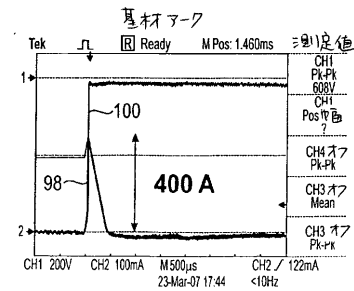
【 図 6 】



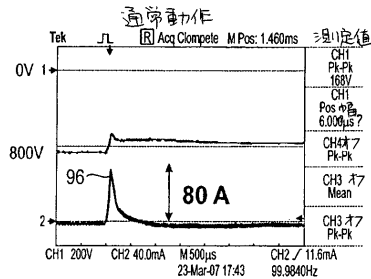
【 圖 7 】



【 図 9 】



【圖 8】



フロントページの続き

(74)代理人 100099324

弁理士 鈴木 正剛

(72)発明者 エヒアサリアン、アルチウン ピー、

イギリス国、エス2 5エルゼット、シェフィールド、マノル オークス ドライブ 11

(72)発明者 チエテマ、ロエル

オランダ国、エヌエル - 5926 エスケー ベンロー、オビデウスラーン 1

(72)発明者 クリムスザク、アンドルゼジ

ポーランド国、01 - 633 ワルスザワ、ユーエル、グダンスカ 2 / 91

(72)発明者 ブギー、ラファル

ポーランド国、00 - 264 ワルスザワ、ユーエル、ピウナ 29 / 5

(72)発明者 ホブセビアン、パプケン、イー、

イギリス国、エス2 5エルゼット、シェフィールド、マノル オークス ドライブ 11

(72)発明者 ドエルバルド、ディブ

オランダ国、エヌエル - 6532 シーザー ニジメゲン、ベベルベッグ 62

審査官 菊地 則義

(56)参考文献 特開平08 - 222177 (JP, A)

特開2004 - 214487 (JP, A)

国際公開第2005 / 005684 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14 / 00 ~ 14 / 58