

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6100560号  
(P6100560)

(45) 発行日 平成29年3月22日(2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日(2017.3.3)

(51) Int.Cl.

F 1

H O 1 J 35/10	(2006.01)	H O 1 J 35/10	N
F 16 C 17/00	(2006.01)	F 16 C 17/00	A
F 16 C 33/10	(2006.01)	F 16 C 33/10	Z
F 16 C 33/12	(2006.01)	F 16 C 33/12	Z
		F 16 C 33/12	A

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-38153 (P2013-38153)
(22) 出願日	平成25年2月28日 (2013.2.28)
(65) 公開番号	特開2013-187192 (P2013-187192A)
(43) 公開日	平成25年9月19日 (2013.9.19)
審査請求日	平成28年2月19日 (2016.2.19)
(31) 優先権主張番号	13/412,712
(32) 優先日	平成24年3月6日 (2012.3.6)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 智志
(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(74) 代理人	100113974 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】液体金属軸受け用の濡れ防止皮膜及びその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

高真空を封入したフレームと、  
前記フレームの内部に配置された陰極と、  
軸受けアセンブリと  
を備えたX線管であって、前記軸受けアセンブリは、  
第一の表面を有する第一の基礎基材で構成された静止構成要素と、  
第二の表面を有する第二の基礎基材で構成された回転構成要素であって、前記第一の表面と前記第二の表面との間に間隙が形成されるようにして前記静止構成要素の近傍に配置されている回転構成要素と、

前記間隙の内部に配置されている液体金属と、  
前記第一の表面及び前記第二の表面の少なくとも一方に付着させられた濡れ防止皮膜と  
を含んでおり、該皮膜は、  
前記第一の表面及び前記第二の表面の前記少なくとも一方に付着させられた窒化チタン  
と、  
該窒化チタンに付着させられたチタン酸化物と  
を含んでいる、X線管。

## 【請求項 2】

前記第一の基礎基材及び前記第二の基礎基材の一方がモリブデンを含んでいる、請求項  
1に記載のX線管。

**【請求項 3】**

前記チタン酸化物は厚みが 5 ミクロン未満であり、

前記窒化チタンは厚みが 5 ミクロンよりも大きい、請求項 1 または 2 に記載の X 線管。

**【請求項 4】**

前記皮膜は、前記チタン酸化物と前記窒化チタンとの間に配置されているチタン層を含んでいる、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の X 線管。

**【請求項 5】**

前記皮膜は、前記窒化チタンと、前記第一の表面及び前記第二の表面の前記少なくとも一方との間に配置されているチタン層を含んでいる、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の X 線管。 10

**【請求項 6】**

前記静止構成要素は、前記フレームに関して静止している中心シャフトである、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の X 線管。

**【請求項 7】**

前記液体金属は、ガリウム及びガリウム合金の一方を含んでいる、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の X 線管。

**【請求項 8】**

スパイラル溝軸受けの構成要素に濡れ防止皮膜を形成する方法であって、

前記構成要素に窒化チタンを堆積させるステップと、

前記窒化チタンが前記構成要素に堆積した後に、前記構成要素に酸化チタンを堆積させるステップと 20

を備えた方法。

**【請求項 9】**

基礎基材を有する前記構成要素を提供するステップと、

前記構成要素に前記窒化チタンを堆積させるのに先立って前記構成要素の前記基礎基材の表面にチタンを堆積させるステップと、

前記堆積した窒化チタンを形成するように窒素を前記基礎基材の前記表面の前記堆積したチタンと反応させるために、前記窒素を含むプラズマに前記基礎基材の前記表面の前記堆積したチタンを曝露するステップと、

前記堆積した窒化チタンの表面にチタンを堆積させるステップと、 30

前記堆積した酸化チタンを形成するように酸素を前記堆積した窒化チタンの前記表面の前記堆積したチタンと反応させるために、前記酸素を含むプラズマに前記堆積した窒化チタンの前記表面の前記堆積したチタンを曝露するステップと

を含んでいる請求項 8 に記載の方法。

**【請求項 10】**

前記構成要素に前記窒化チタンを堆積させた後で且つ前記酸化チタンを堆積させる前に、前記構成要素にチタンを堆積させるステップを含んでいる請求項 8 または 9 に記載の方法。

**【請求項 11】**

マグнетロンに前記構成要素を配置するステップと、 40

前記マグネットロンを用いて前記窒化チタン及び前記酸化チタンを堆積させるステップとを含んでいる請求項 8 乃至 10 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 12】**

チタン及び窒素で構成された化合物を提供するステップを含んでおり、

前記窒化チタンを堆積させるステップは、前記マグネットロンを用いて前記チタン及び窒素の化合物を堆積させることを含んでいる、請求項 11 に記載の方法。

**【請求項 13】**

前記構成要素が前記マグネットロンに配置された後で且つ前記窒化チタン及び前記酸化チタンを堆積させる前に、前記構成要素を浄化するために前記マグネットロンにおいて前記構 50

成要素をアルゴン・スパッタリングするステップ  
を含んでいる請求項 1\_1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

静止構成要素及び回転構成要素と、  
液体金属と  
を備えたスパイラル溝軸受け ( S G B ) であって、  
前記静止構成要素及び回転構成要素は各々、それぞれの基礎基材を有し、また各々、  
酸化チタンの外面層と、  
各々の基礎基材の表面と各々のそれぞれの酸化チタンの外側層との間に配置された窒  
化チタンと  
で構成された層を有し、当該静止構成要素と当該回転構成要素との間に隙間が形成されて  
おり、  
前記液体金属は、前記隙間に配置されて、ガリウム及びガリウム合金の一方を含んでい  
る、  
スパイラル溝軸受け ( S G B ) 。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は一般的には、X線管に関し、さらに具体的には、X線管の液体金属軸受け用の  
濡れ防止皮膜 ( antiwetting coating ) 及びその製造方法に関する。 20

【背景技術】

【0 0 0 2】

X線システムは典型的には、X線管と、検出器と、X線管及び検出器を支持する軸受け  
アセンブリとを含んでいる。動作時には、対象を配置した撮像台がX線管と検出器との間に  
配置される。X線管は典型的には、X線のような放射線を対象へ向けて放出する。放射  
線は典型的には、撮像台に載置された対象を通過して検出器に入射する。放射線が対象を  
通過するのに伴って、対象の内部構造が、検出器において受光される放射線に空間的変動  
を生ずる。次いで、検出器は受光データを放出し、システムは放射線変動を画像へ変換し  
、この画像を用いて対象の内部構造を評価することができる。当業者は、対象として、限  
定しないが医療撮像手順における患者や、例えば計算機式断層写真法 ( C T ) 小包スキヤ  
ナの小包の場合のように無生物等が含まれることを認められよう。 30

【0 0 0 3】

X線管は、焦点スポットにおいて発生される熱を分散するための回転陽極構造を含んで  
いる。陽極は典型的には、円板形の陽極ターゲットを支持する片持ち梁式心軸に組み込まれた円筒形のロータと、X線管の細長い首を包囲する銅巻線付き鉄製ステータ構造とを有する誘導モータによって回転される。回転陽極アセンブリのロータはステータによって駆動される。X線管陰極が集束した電子ビームを与え、電子ビームは陰極 - 陽極間の真空間隙に跨がって加速されて、陽極に衝突するとX線を発生する。電子ビームがターゲットに  
衝突すると高温が発生されるので、典型的には、陽極アセンブリを高速の回転速度で回転  
させる必要がある。このため、真空領域の内部に配置される工具鋼製の玉軸受け及び工具  
鋼製の軌道路を典型的に含む軸受けアセンブリには厳しい要求が課され、これにより銀の  
ような固体潤滑剤による潤滑が必要とされる。銀が消耗して軸受け接觸領域から失われると、運転時に音響的雑音が増大し、またロータが低速化する。 40

【0 0 0 4】

加えて、さらに新しい世代のX線管の動作条件では、ガントリ速度及び陽極走行速度が  
高速化したことによりG力が加わるため、応力が益々強まっている。結果として、さらに  
過酷な動作条件下での性能向上を求めて軸受けの解を探ることがさらに重視されている。

【0 0 0 5】

玉軸受けに代えて、液体金属軸受け ( すなわちスパイラル溝型軸受け、又は S G B ( sp 50

rial groove bearing) )を採用する場合がある。液体金属軸受けの利点としては、高い荷重能力、及び玉軸受けに比較して接触面積量が増大することによる高い熱伝達能力が挙げられる。また、音響的雑音が小さい運転も利点である。液体金属としては、ガリウム、インジウム、又はスズの合金が典型的に用いられる。というのは、これらの金属は、室温では液体である傾向にあり、動作温度では十分に低い蒸気圧を有し、X線管の厳しい高真空要件を満たすからである。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

液体金属軸受けは典型的には、静止構成要素と回転構成要素との間に数百ミクロンまでの微小間隙を形成するように作製される。液体金属はこの微小間隙に配置され、直接的な金属間接触が生じないようにする。SGBに典型的に用いられる液体金属は、反応性が高く腐食性である傾向にある。SGBの液体金属は、接触相手の基礎材金属と反応する場合があり、すると液体金属を消費してSGBの寿命を縮める。液体金属はまた、軸受けの内部で移行し易く、微小間隙での動作位置から容易に移行し得る。液体金属移行を抑えないと、SGBは液体金属が欠乏して、回転構成要素と静止構成要素との間の金属間接触を招きかねず、早期年数で故障する。

10

#### 【0007】

このようなものとして、SGBは典型的には、当該SGBの内部での液体金属移行を回避するために構成要素に配置された濡れ防止皮膜を含んでいる。濡れ防止皮膜は典型的には、液体金属を弾いて液体金属の沿面流れ及び移行を防ぐ構造又は化合物である。すなわち、濡れ防止皮膜は、SGBの内部で静止構成要素と回転構成要素との間の分離を保つ役目を果たしている箇所からの移行を防ぐ。公知の濡れ防止皮膜として $Ti_xO_y$ 及び $Al_2O_3$ があり、これらの皮膜はSGBに典型的に用いられる液体金属よりも安定な化合物であり、従って液体金属との接触による劣化を蒙り難い。しかしながら、 $Ti_xO_y$ 及び $Al_2O_3$ は相対的に軟質の材料であり加工時の損傷に弱い。皮膜の損傷が生ずると、部品は典型的には加工し直されるため、製造工程に費用及び時間が加わる。損傷が検出されないと、軸受けの早期年数の故障に繋がり得る。

20

#### 【0008】

もう一つの公知の濡れ防止皮膜として、例えば $Ti_xO_y$ よりも著しく高い硬度を有する $TiN$ がある。 $Ti_xO_y$ のモース硬度は約5~6であるが、 $TiN$ では約9である。このようなものとして、 $TiN$ は、引抜きに強く堅牢でもある実効的な濡れ防止皮膜を提供することができる。しかしながら、 $TiN$ は、500を上回るような高温では酸化し易い。この酸化は、乾式水素燃焼時であっても露点が十分に低くなれば生じ得る。また、軸受けによって発生される揮発性 $Ga_2O$ も、 $TiN$ 皮膜付き表面の酸化を招くことが判明している。このようなものとして、 $TiN$ の $Ti_xO_y$ への転化によって、 $TiN$ の表面に硬度が低下し引抜き抵抗が低下した物質が生じ得る。すなわち、 $TiN$ は硬度が高いことから濡れ防止皮膜として選択され得るが、かかる利点は、加工時に $TiN$ の酸化が生じれば失われ得る。

30

#### 【0009】

従って、酸化し難く堅牢で高硬度の皮膜を有するSGBを設けたX線管を設計できると望ましい。

40

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明は、上述の欠点を克服したSGB軸受けを設けたX線管を改良する装置を提供する。

#### 【0011】

本発明の一観点によれば、X線管が、高真空を封入したフレームと、この封入体の内部に配置された陰極と、軸受けアセンブリとを含んでおり、軸受けアセンブリは、第一の表面を有する第一の基礎基材で構成された静止構成要素と、第二の表面を有する第二の基礎

50

基材で構成された回転構成要素であって、第一の表面と第二の表面との間に間隙が形成されるようにして静止構成要素の近傍に配置されている回転構成要素と、間隙の内部に配置されている液体金属と、第一の表面及び第二の表面の少なくとも一方に付着させられた濡れ防止皮膜とを含んでおり、濡れ防止皮膜は、第一の表面及び第二の表面の上述の少なくとも一方に付着させられた窒化チタンと、窒化チタンに付着させられたチタン酸化物とを含んでいる。

#### 【0012】

本発明のもう一つの観点によれば、スパイラル溝軸受けの構成要素に濡れ防止皮膜を形成する方法が、上述の構成要素に窒化チタンを堆積させるステップと、窒化チタンが上述の構成要素に堆積した後に上述の構成要素に酸化チタンを堆積させるステップとを含んでいる。10

#### 【0013】

本発明のさらにもう一つの観点は、スパイラル溝軸受け（SGB）を含んでおり、SGBは、静止構成要素及び回転構成要素と、液体金属とを含んでおり、静止構成要素及び回転構成要素は各々、それぞれの基礎基材を有し、また各々、酸化チタンの外側層と、各々の基礎基材の表面と各々のそれぞれの酸化チタンの外側層との間に配置された窒化チタンとで構成された層を有し、当該静止構成要素と当該回転構成要素との間に間隙が形成されており、液体金属は、上述の間隙に配置されて、ガリウム及びガリウム合金の一方を含んでいる。

#### 【0014】

本発明の他の様々な特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び図面から明らかとなろう。20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0015】

図面は、本発明を実施するために現状で思量される好適実施形態を示す。

【図1】本発明の一実施形態を組み入れることにより利益を享受し得るイメージング・システムのブロック図である。

#### 【図2】本発明の一実施形態によるX線管の断面図である。

【図3】本発明の一実施形態による基礎基材に設けられた酸化チタン層と酸化チタン層に設けられた窒化チタン層とを少なくとも含む皮膜を示す図である。

#### 【図4】図3に示す皮膜を施工する被覆工程のステップを示す図である。30

【図5】本発明の各実施形態を組み入れた非侵襲型小包検査システムと共に用いられるX線システムの見取り図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0016】

図1は、X線イメージング・システム2の一実施形態のブロック図であって、このイメージング・システム2は、原画像データを取得すること、並びに本発明に従って表示及び/又は解析のためにこの画像データを処理することの両方を行なうように設計されている。当業者には、本発明が、X線システム又はマンモグラフィ・システムのようにX線管を実装した多数の医用イメージング・システムに応用可能であることが認められよう。計算機式断層写真法（CT）システム及びディジタル・ラジオグラフィ（RAD）システムのように容積について画像三次元データを取得する他のイメージング・システムも、本発明の利益を享受する。イメージング・システム2についての以下の議論は一つのかかる実装形態の一例に過ぎず、モダリティの観点で限定するものではない。40

#### 【0017】

図1に示すように、イメージング・システム2は、対象8を通してX線のビーム6を投射するように構成されているX線管又はX線源4を含んでいる。対象8は、人間の被検体、手荷物、又は走査が望まれる他の物体等を包含し得る。X線源4は、典型的には30keVから200keVまでにわたるエネルギーのスペクトルを有するX線を発生する従来のX線管であってよい。X線6は対象8を通過し、対象によって減弱された後に、検出器10に入射する。検出器10の各々の検出器が、入射X線ビームの強度を表わし従ってX線50

ビームが対象 8 を通過するのに伴って減弱したビームの強度を表わすアナログ電気信号を発生する。一実施形態では、検出器 10 は、シンチレーション方式の検出器であるが、直接変換型検出器（例えば C Z T 検出器等）を実装し得ることも思量される。

#### 【 0 0 1 8 】

プロセッサ 12 が検出器 10 から信号を受け取って、走査されている対象 8 に対応する画像を形成する。コンピュータ 14 がプロセッサ 12 と連絡しており、操作者が操作者コンソール 16 を用いて走査パラメータを制御したり形成された画像を観察したりすることを可能にする。すなわち、操作者コンソール 16 は、キーボード、マウス、音声起動式コントローラ、又は操作者がイメージング・システム 2 を制御して、再構成された画像若しくはコンピュータ 14 からの他データを表示ユニット 18 において観察することを可能にする他の任意の適当な入力装置のような何らかの形態の操作者インターフェイスを含んでいる。加えて、操作者コンソール 16 は、操作者が、形成された画像をハード・ドライブ、フラッシュ・メモリ、及びコンパクト・ディスク等を含み得る記憶装置 20 に記憶させることを可能にする。操作者はまた、操作者コンソール 16 を用いて、コンピュータ 14 に命令及び指示を与えて、X 線源 4 に電力信号及びタイミング信号を与える線源制御器 22 を制御することもできる。10

#### 【 0 0 1 9 】

図 2 は、本発明の各実施形態を組み入れた X 線管又は線源 4 の断面図を示す。X 線源 4 はフレーム 100 を含んでおり、フレーム 100 は、X 線 6 を通過させる放射線放出路 102 を内部に有している。フレーム 100 は X 線管容積 104 を封入しており、容積 104 は、ターゲット又は陽極 106 と、スパイラル溝軸受け (SGB) アセンブリ 108 と、陰極 110 とを格納している。SGB 108 は、取り付け点 114 においてフレーム 100 に取り付けられるように構成されている中心シャフト、支柱、又は中心装着構造 112 を含んでいる。一実施形態では、中心シャフト 112 は、第一及び第二のスリープ 118、120 の運動又は並進を軸方向に制限するように構成されている半径方向突起 116 を含んでいる。SGB 108 は、第一のスリープ 118 及び第二のスリープ 120 を含む回転式装着構造を含んでおり、第一のスリープ 118 及び第二のスリープ 120 は、SGB 108 の組み立て及び分解を容易にするように、分離位置 122 において分離可能になっている。SGB 108 は、中心シャフト 112 の外面 126 と第一のスリープ 118 の内面 128 との間に形成された間隙 124 を含んでいる。同様に、間隙 124 は中心シャフト 112 の外面 126 と第二のスリープ 120 の内面 130 との間に形成されている。液体金属 132 が間隙 130 の内部に配置されており、本発明の各実施形態では、液体金属 132 は例として、ガリウム、スズ、インジウム、及びこれらの合金を含んでいる。SGB 108 は、第二のスリープ 120 に取り付けられたロータ 134 を含んでいる。ステータ 136 が X 線管 4 のフレーム 100 に取り付けられている（取り付け部は図示されていない）。2030

#### 【 0 0 2 0 】

液体金属 132 は、第一のスリープ 118、第二のスリープ 120、及びターゲット 106 を支持する役目を果たしている。これにより、液体金属 132 は回転構成要素と静止構成要素との間の潤滑剤として作用する。図示の実施形態では、中心シャフト 112 はフレーム 100 に関して静止させられており、ターゲット 106、第一のスリープ 118、及び第二のスリープ 120 が X 線管 4 の回転軸 138 に関して回転させられる。このように、X 線 6 は、C T 応用の場合であれば陰極 110 と陽極 106 との間の例えば 6 万ボルト以上の電位差を介して高速の電子が陰極 110 から陽極 106 に向けられているときに、これらの電子が急激に減速させられると発生される。X 線 6 は、放射線放出路 102 を通して、図 1 の検出器 10 のような検出器アレイへ向けて放出される。電子による陽極 106 の過熱を回避するために、ロータ 134 及びスリープ 118、120 は、中心線 138 の周りに高速で、例えば 90 Hz ~ 250 Hz で陽極 106 を回転させる。40

#### 【 0 0 2 1 】

しかしながら、陽極 106 での X 線発生による発熱のため、また間隙 124 の液体金属

132の自己発熱のため、SGB108の寿命、従って一般的にはX線管4の寿命は、反応性液体金属の高温の加速効果のため限定され得る。このようなものとして、SGB108は、液体冷却材の通過のために内部に形成された中空部又は空洞部（図示されていない）を含み得る。動作時には、ターゲット106は、第一及び第二のスリープ118、120を介して当該ターゲット106に機械的に結合されたロータ134を介して回転軸138の周りに回転させられる。冷却流体は、絶縁油、エチレンギリコール及びプロピレンギリコール等のような液体を含んでいても、空気、窒素及びアルゴン等のような気体を含んでいてもよく、この冷却流体が加圧されて、中心シャフト112の中心の内部に流入させられる。

## 【0022】

SGBは典型的には、当技術分野で広く理解されているように、液体金属を内部に収容してSGB108の間隙124のような間隙からの液体金属の逸失を防ぐ傾斜溝（図示されていない）を含んでいる。例えば、溝は、中心シャフト112の外面126、第一のスリープ118の内面128、第二のスリープ120の内面130、及びこれらの組み合わせに配置され得る。このように、これらの溝は間隙124の内部に液体金属132を収容するように作用するが、SGB108の内部での液体金属132の摩擦熱の増大という代償を伴って作用する。続けて図2を参照すると、例として中心シャフト112の近くで陽極106が配置されている箇所の近傍に位置してキャップ142によって形成されている間隙140、又は半径方向突起116の近傍の間隙124への液体金属の流入を防ぐことが望ましい場合がある。或いは、第一のスリープ118及び/又は第二のスリープ120の軸方向部分に沿った間隙124の内部への液体金属の流入を制限することが望ましい場合がある。このようなものとして、SGB108の構成要素に傾斜溝を設ける代わりに又はこのことに加えて、前述のように、SGB108の内部での液体金属移行を制限するための濡れ防止皮膜が典型的には含まれる。上述のように、かかる公知の皮膜としては $Ti_xO_y$ 、 $Al_2O_3$ 、及び $TiN$ 等が挙げられるが、これらの物質の各々は、公知の応用では、前述のような理由で損傷を受け易かったり望ましくなかったりする。

## 【0023】

このように、本発明の各実施形態によれば、液体金属移行を制限することが望ましいSGBの内部の領域に、改良型濡れ防止皮膜を施工することができる。図3を参照すると、本発明の一実施形態に従って皮膜200が基礎基材202に堆積させられている。この実施形態によれば、皮膜200は、窒化チタン( $TiN$ )層204と、一般化学式 $Ti_xO_y$ で表わされる酸化チタン層206とを少なくとも含んでおり、下付き文字x及びyは典型的には、層の組成又は層の各部分に依存して変化してよい整数である。すなわち、 $Ti_xO_y$ は一般的には酸化チタンと称され得るが、内部に存在し得る偶発的汚染物又は付加的元素若しくは物質を問わず、主成分の構成要素としてチタン及び酸素を含む任意の一般化学構造を包含し得る。同様に、 $TiN$ は一般的には窒化チタンと称され得るが、内部に存在し得る偶発的汚染物又は付加的元素若しくは物質を問わず、主成分の構成要素としてチタン及び窒素を含む任意の一般化学構造を包含し得る。

## 【0024】

本発明によれば、続けて図3を参照して述べると、濡れ防止皮膜200は、SGB108の内部の表面、及び回転面と静止面との間に形成される間隙124、140の内部の表面で、液体金属移行及び漏れを制限することが望ましい表面の任意のものに配置される。本発明によれば、皮膜200は、移行を制限することが望ましい一方の表面又は両対向面に配置され得る。すなわち、皮膜200は、中心シャフト112、スリープ118、120、及びキャップ142を含めて、各構成要素の任意のものの選択面積に配置され得る。この実施形態によれば、SGB構成要素は、モリブデンの基礎材料を含んでいる。このように、図3を参照すると、基礎基材202は、この実施形態によればモリブデンであって、本書に列挙されるSGBの各構成要素の任意のものを含み得る。すなわち、構成要素112、118、120、及び142の任意のものが、図3に示すように第一の窒化チタン層204と第二の酸化チタン層206とを有する皮膜200を少なくとも含み得る。

10

20

30

40

50

## 【0025】

本発明によれば、皮膜200は、付加的な選択随意要素のチタン層を含んでいてもよい。すなわち、皮膜200が如何に作製されるかに依存して、皮膜200は、第一のチタン層208及び／又は第二のチタン層210を含み得る。従って、第一及び第二のチタン層208、210は本発明の各実施形態に含まれていてもいなくてもよい。一実施形態によれば、皮膜200は、図4に示す工程ステップに従って作製される。典型的には、図4の工程ステップは、本発明に従って、部材を被覆し得るような真空環境214を提供するために構成要素（1又は複数）をプラズマ・チェンバ又はマグネットロン212に載置することにより具現化される。

## 【0026】

10

図4を参照すると、被覆工程300が、ステップ302において1又は複数の基礎構成要素を提供することにより開始する。基礎構成要素（1又は複数）は、当技術分野で公知のようにマスクされて、プラズマ・チェンバ又はマグネットロンのような装置に載置され、スパッタ浄化及び皮膜堆積を施される。典型的には、当技術分野で公知のように、構成要素のマスキングは、部品のマスクしたい領域に合った物理的マスク（ステンレス鋼等）によって達成されてもよいし、Kapton（登録商標）のようなポリイミドを用いることにより達成されてもよい。当業者は、構成要素のマスキングが当技術分野で公知の他の方法によって達成されてもよいことを認められよう。

## 【0027】

20

このように、ステップ304において構成要素（1又は複数）はアルゴンを用いてスパッタ浄化され、これにより、続くステップは皮膜堆積のためにプラズマ・チェンバの内部に構成要素（1又は複数）を載置したままにすることにより行なわれ得る。真空を破ることなくステップ306においてチタン層が堆積させられ、この層が次のステップ308でチタン源となり、ここで構成要素（1又は複数）は、窒素と、ステップ306で予め堆積させられたタンゲステンとの反応から窒化チタン204を形成するために、窒素及びアルゴンのプラズマに曝露される。ステップ310ではチタン層が再び堆積させられ、この層が次のステップ312でチタン源となり、ここで構成要素（1又は複数）は、酸素と、ステップ310で予め堆積させられたタンゲステンとの反応から酸化チタン206を形成するために、酸素及びアルゴンのプラズマに曝露される。

## 【0028】

30

上述のように、窒化チタン層204は、ステップ306を用いてチタン層208を先ず堆積させることにより「その場で（in situ）」形成され得る。しかしながら、代替的な実施形態によれば、窒化チタンの化合物が基礎基材202に直接施工される。この実施形態によれば、ステップ306で第一のチタン層208を先ず形成する代わりに、ステップ306に先立って窒化チタンを基礎基材202に直接施工する。このようなものとして、本発明によれば、この実施形態では層204の形成時にチタン源は必要でないので元素チタン層208は形成されない。代わりに、窒化チタンが層204として基礎基材202に直接形成される。

## 【0029】

40

典型的には、全てのステップ306～312を実行するのに同じチェンバ又はマグネットロンが用いられる。加えて、上述のように、各構成要素をスパッタ浄化し、次いで続く被覆ステップのために同じチェンバ又はマグネットロン212に載置したままにしてもよい。このようなものとして、各部品は十分に浄化され、浄化と材料被覆との間に真空を破らないことにより汚染を回避することができる。さらに、各々の層の厚みは、マグネットロンの全力率を保ちつつ少なくとも堆積時間量によって制御される。マグネットロンの電流及び電圧は重要な堆積制御パラメータであり、これらのパラメータは次にはマグネットロンでの全圧力を調節することにより制御される。

## 【0030】

典型的には、印加されるべき望ましい電圧は300V～500Vの範囲にあり、これよりも高い電圧では電弧が生じ得る。また、典型的には、10ミリトル～15ミリトルにわ

50

たる全圧力、場合によっては5ミリトル～20ミリトルといった広範囲の全圧力を用いてマグネットロン出力を制御する。またそれぞれのステップにおいて堆積させられる窒素堆積及び酸素堆積の速度も、それぞれのステップ308及び312でのアルゴン／窒素及びアルゴン／酸素の比を制御することにより制御され、一実施形態によれば、この比は各々のステップ308及び312について10：1である。ステップ308での窒素／アルゴン及びステップ312での酸素／アルゴンという原料ガスの流量は、ポンプ供給システム、及び被覆したい表面の幾何学的構成等の関数として選択され、本発明の各実施形態によれば約40SSCM～150SSCMにわたり得る。

### 【0031】

上述のように、本発明の各実施形態は、層208及び210にチタンを含んでいてもいなくてもよい。層204及び206の形成は、プラズマ・ステップ308及び312でのプラズマの曝露時間に依存する。このように、ステップ308及び312が十分に長い持続時間にわたり行なわれる場合には、プラズマ・ステップ308及び312の際に生ずるそれぞれの層208及び210での全てのチタンが消費されて、一旦プラズマ曝露が完了したら全体的に元素形態のチタンは残らない。例えば、上述のように、チタン層208は、ステップ306の際に基礎基材202に堆積させられる。続いて、ステップ308では、窒素及びアルゴンのプラズマがチタン層208と反応し、プラズマからの窒素を層208からのチタンと反応させることにより窒化チタン層204を形成する。この工程が十分に長い持続時間にわたり行なわれれば、全ての元素チタンが消費されて窒化チタン層204のみが残り、元素チタンの層208はなくなる。同様に、ステップ310で形成されたチタン層210の全て又は一部のみを消費することにより、酸化チタン層206も同様にステップ312で形成され得る。

### 【0032】

このようなものとして、上述のように、基材202に形成された窒化チタン層204及び窒化チタン層204に形成された酸化チタン層206を有する本発明の各実施形態は、付加的なチタン層208及び／又は210も同様に含んでいてもいなくてもよい。従って、チタン層208及び210は、ステップ308及び312の持続時間を制御することにより意図的に形成されてもよいし、各々のそれぞれの被覆ステップ308及び312の際に完全には消費されない残りの元素チタンの残存量として形成されていてもよい。

### 【0033】

従って、本発明によれば、酸化チタン層206は数十ミクロンまでの任意の厚みを有して形成されてよいが、好ましくは5ミクロン未満の厚み、また一実施形態によれば1ミクロン未満の厚みを有して形成され得る。同様に、窒化チタン層204は、やはり制御可能な厚みを有して形成され得る。しかしながら、窒化チタン層204の役割は硬質面を提供することにあるので、層204の厚みは、数百ミクロンまで又はそれ以上のようにさらに大きくてよく、一実施形態によれば5ミクロンよりも大きい。

### 【0034】

図5は、非侵襲型小包検査システムと共に用いられるX線システム500の見取り図である。X線システム500は、小包又は手荷物を通過させ得る開口504を内部に有するガントリ502を含んでいる。ガントリ502は、X線管506のような高周波電磁工ネルギ源と、検出器アセンブリ508とを収容している。また、コンベヤ・システム510が設けられており、コンベヤ・システム510は、構造514によって支持されて走査のために小包又は手荷物516を自動的に且つ連続的に開口504に通すコンベヤ・ベルト512を含んでいる。物体516をコンベヤ・ベルト512によって開口504に送り込み、次いで撮像データを取得し、コンベヤ・ベルト512によって開口504から小包516を除去することを、制御された連続的な態様で行なう。結果として、郵便物検査官、手荷物積み降ろし員及び他の警備人員が、爆発物、刃物、銃及び密輸品等について小包516の内容を非侵襲的に検査することができる。当業者は、ガントリ502が静止型であっても回転式であってもよいことを認められよう。回転式ガントリ502の場合には、システム500は、手荷物走査、又は他の産業応用若しくは医療応用のためのCTシステム

10

20

30

40

50

として動作するように構成され得る。

#### 【0035】

このように、本発明の各実施形態によれば、相対的に軟質の酸化チタンの酸素保護表面層で被覆された第一の相対的に硬質の窒化チタン層を少なくとも含む皮膜を、スパイラル溝軸受けの構成要素の基礎基材に施工することができる。皮膜は、高温曝露の後にも窒化チタンによって引張り抵抗を保ち、これにより、水素燃焼時の露点に対する堅牢性を高める。これにより、軸受け部品の再加工及び再利用が容易になる。というのは、再加工又は再利用された軸受け部品は典型的には、新たな又は「未加工の(green)」軸受けよりも多くの酸化性  $\text{Ga}_2\text{O}$  を放出するため、公知の窒化チタン皮膜を酸化の危険に晒す場合があつたからである。

10

#### 【0036】

従つて、本発明の一実施形態によれば、X線管が、高真空を封入したフレームと、この封入体の内部に配置された陰極と、軸受けアセンブリとを含んでおり、軸受けアセンブリは、第一の表面を有する第一の基礎基材で構成された静止構成要素と、第二の表面を有する第二の基礎基材で構成された回転構成要素であつて、第一の表面と第二の表面との間に隙間が形成されるようにして静止構成要素の近傍に配置されている回転構成要素と、隙間の内部に配置されている液体金属と、第一の表面及び第二の表面の少なくとも一方に付着させられた濡れ防止皮膜とを含んでおり、濡れ防止皮膜は、第一の表面及び第二の表面の上述の少なくとも一方に付着させられた窒化チタンと、窒化チタンに付着させられたチタン酸化物とを含んでいる。

20

#### 【0037】

本発明のもう一つの実施形態によれば、スパイラル溝軸受けの構成要素に濡れ防止皮膜を形成する方法が、上述の構成要素に窒化チタンを堆積させるステップと、窒化チタンが上述の構成要素に堆積した後に上述の構成要素に酸化チタンを堆積させるステップとを含んでいる。

#### 【0038】

本発明のさらにもう一つの実施形態は、スパイラル溝軸受け(SGB)を含んでおり、SGBは、静止構成要素及び回転構成要素と、液体金属とを含んでおり、静止構成要素及び回転構成要素は各々、それぞれの基礎基材を有し、また各々、酸化チタンの外側層と、各々の基礎基材の表面と各々のそれぞれの酸化チタンの外側層との間に配置された窒化チタンとで構成された層を有し、当該静止構成要素と当該回転構成要素との間に隙間が形成されており、液体金属は、上述の隙間に配置されて、ガリウム及びガリウム合金の一方を含んでいる。

30

#### 【0039】

本発明は好適実施形態に関して説明されており、明示的に述べた以外の均等構成、代替構成及び改変が可能であり特許請求の範囲内に含まれることを認められよう。

#### 【符号の説明】

#### 【0040】

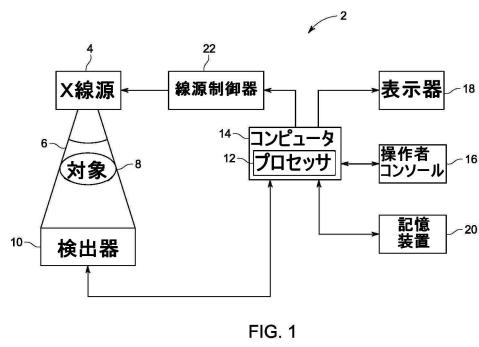
- 2 : X線イメージング・システム
- 4 : X線源
- 6 : X線ビーム
- 8 : 対象
- 10 : 検出器
- 12 : プロセッサ
- 14 : コンピュータ
- 16 : 操作者コンソール
- 18 : 表示ユニット
- 20 : 記憶装置
- 22 : 線源制御器
- 100 : フレーム

40

50

1 0 2 : 放射線放出路	
1 0 4 : X 線管容積	
1 0 6 : 陽極	
1 0 8 : スパイラル溝軸受けアセンブリ ( S G B )	
1 1 0 : 陰極	
1 1 2 : 中心シャフト	
1 1 4 : 取り付け点	
1 1 6 : 半径方向突起	
1 1 8、1 2 0 : スリーブ	
1 2 2 : 分離位置	10
1 2 4 : 間隙	
1 2 6 : 中心シャフトの外面	
1 2 8 : 第一のスリーブの内面	
1 3 0 : 第二のスリーブの内面	
1 3 2 : 液体金属	
1 3 4 : ロータ	
1 3 6 : ステータ	
1 3 8 : 回転軸	
1 4 0 : 間隙	
1 4 2 : キャップ	20
2 0 0 : 皮膜	
2 0 2 : 基礎基材	
2 0 4 : 第一の窒化チタン層	
2 0 6 : 第二の酸化チタン層	
2 0 8 : 第一のチタン層	
2 1 0 : 第二のチタン層	
2 1 2 : プラズマ・チェンバ又はマグネットロン	
2 1 4 : 真空環境	
3 0 0 : 被覆工程	
5 0 0 : X 線システム	30
5 0 2 : ガントリ	
5 0 4 : 開口	
5 0 6 : X 線管	
5 0 8 : 検出器アセンブリ	
5 1 0 : コンベヤ・システム	
5 1 2 : コンベヤ・ベルト	
5 1 4 : 構造	
5 1 6 : 小包又は手荷物	

【図1】



【図3】

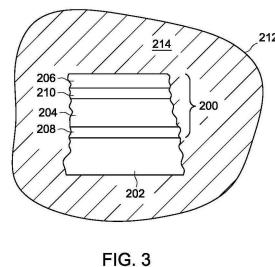


FIG. 3

【図2】

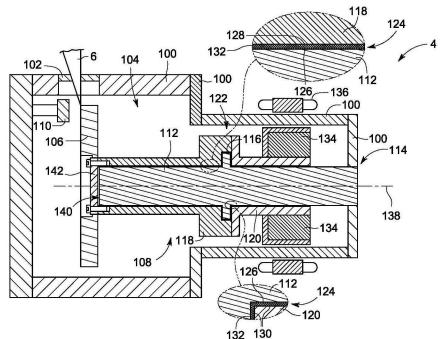


FIG. 2

【図4】

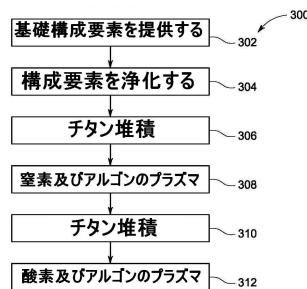
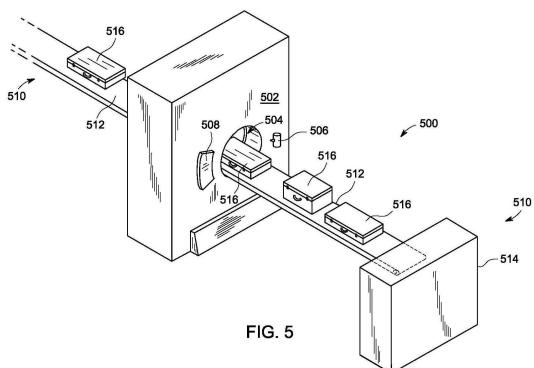


FIG. 4

【図5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ドナルド・ロバート・アレン

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州・53219、ミルワーキー、イーエイ - 29、ウエスト・エレクトリック・アベニュー、4855番

(72)発明者 マイケル・ジョン・ダニルック

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州・53219、ミルワーキー、イーエイ - 29、ウエスト・エレクトリック・アベニュー、4855番

審査官 杉田 翠

(56)参考文献 特開2003-077412(JP,A)

特開2011-157913(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C17/00 - 17/26

33/00 - 33/28

H01J35/00 - 35/32