

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-353867

(P2004-353867A)

(43) 公開日 平成16年12月16日(2004.12.16)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F16C 33/32  
C04B 35/56  
C04B 35/58  
F16C 33/34  
F16C 33/62

F I

F16C 33/32  
C04B 35/58 106Z  
F16C 33/34  
F16C 33/62  
HO1J 35/10 N

テーマコード(参考)

3J101  
4G001

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全9頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-155516(P2004-155516)  
(22) 出願日 平成16年5月26日(2004.5.26)  
(31) 優先権主張番号 10/445,590  
(32) 優先日 平成15年5月27日(2003.5.27)  
(33) 優先権主張国 米国(US)  
(31) 優先権主張番号 10/630,284  
(32) 優先日 平成15年7月30日(2003.7.30)  
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 300019238  
ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー  
アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・710・3000

(74) 代理人 100093908  
弁理士 松本 研一

(74) 代理人 100105588  
弁理士 小倉 博

(74) 代理人 100106541  
弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

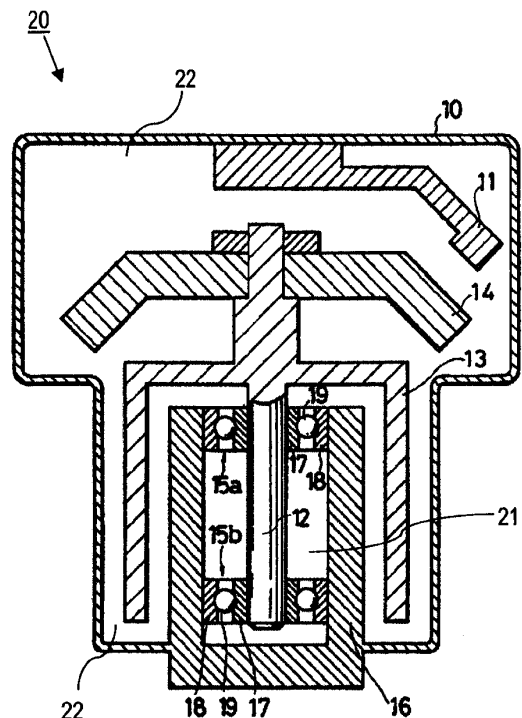
(54) 【発明の名称】 導電性セラミック軸受

(57) 【要約】

【課題】 潤滑剤や被覆を必要としないX線管用の導電性セラミック軸受を提供する。

【解決手段】 導電性セラミック軸受の全構成要素が好ましくはTSCを含んでおり、導電性被覆又は潤滑被覆が不要で済む。これらの軸受は、軸受玉、ころ又は針等のような1以上の転動体(19)を含んでいてよい。これらのセラミック軸受は、X線イメージング・システムのX線管軸受アセンブリ(15a、15b)、又は導電性軸受を必要とする他の任意のシステムでの利用に理想的である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

$Ti_3SiC_2$  (TSC) を含んでいる導電性セラミック軸受。

## 【請求項 2】

1 以上の導電性転動体 (19) を含んでいる請求項 1 に記載の導電性セラミック軸受。

## 【請求項 3】

前記 1 以上の導電性転動体 (19) は軸受玉、ころ及び針の 1 以上を含んでいる、請求項 2 に記載の導電性セラミック軸受。

## 【請求項 4】

(a) 前記 1 以上の導電性転動体 (19) の 1 以上に施される伝導性被覆と、  
(b) 前記 1 以上の導電性転動体 (19) の 1 以上に施される不導性被覆との少なくとも一方をさらに含んでいる請求項 2 又は請求項 3 に記載の導電性セラミック軸受。

## 【請求項 5】

内レース (17) と、  
外レース (18) と、  
前記内レースと前記外レースとの間に回転自在に配置されている複数の導電性軸受転動体 (19) とを備えており、  
各々の導電性軸受転動体は  $Ti_3SiC_2$  (TSC) を含んでいる、転動体軸受アセンブリ (15a、15b)。

## 【請求項 6】

前記内レース (17) は導電性であり、前記外レース (18) は導電性である、請求項 5 に記載の転動体軸受アセンブリ。

## 【請求項 7】

前記内レース (17) は  $Ti_3SiC_2$  (TSC) を含んでおり、前記外レース (18) は  $Ti_3SiC_2$  (TSC) を含んでいる、請求項 5 又は請求項 6 に記載の転動体軸受アセンブリ。

## 【請求項 8】

各々の導電性軸受転動体 (19) は軸受玉、ころ及び針の 1 以上を含んでいる、請求項 5 ~ 請求項 7 のいずれか一項に記載の転動体軸受アセンブリ。

## 【請求項 9】

X 線を発生して焦点スポット整列経路に沿って目標物に向けて照射する X 線管 (20) であって、  
電子を発生するように動作するように前記 X 線管の内部に配置されているカソード (11) と、  
前記電子による衝突時に X 線を発生するように動作するように前記カソードに対して配置されているアノード・アセンブリ (14) と、  
前記カソードに対して前記アノード・アセンブリの回転を支持することが可能な軸受アセンブリ (15a、15b) とを備えており、  
該軸受アセンブリは、 $Ti_3SiC_2$  (TSC) を含む導電性セラミック軸受を含んでいる、X 線管 (20)。

## 【請求項 10】

前記導電性セラミック軸受は、軸受玉、ころ及び針の 1 以上を含む導電性セラミック軸受転動体 (19) を含んでいる、請求項 9 に記載の X 線管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は一般的には、転動体を含む軸受に関する。より具体的には、本発明は導電性軸受に関し、さらに具体的には、 $Ti_3SiC_2$  を含む導電性軸受に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

10

20

30

40

50

フィラメント寿命及び軸受寿命は、X線管の寿命を制限する2つの重要な要因である。従って、X線管軸受の寿命は、高性能X線管の動作にとって極めて重要である。X線管において、カソードによって発生される一次電子ビームは、動作時にアノード・ターゲットが赤熱光を発する程度までの極めて大きな熱負荷をアノード・ターゲットに与える。典型的には、一次電子ビーム・エネルギーの1%未満がX線に変換され、残りは熱エネルギーに変換される。高温のターゲットからのこの熱エネルギーは、X線管の真空容器内の他の構成要素に伝導され且つ輻射される。この熱エネルギーによって生ずる高温の結果として、X線管構成要素は大きな熱応力を蒙り、X線管の動作及び信頼性について問題となる。

#### 【0003】

典型的には、X線管と呼ばれるX線ビーム発生装置は、円筒形の真空容器内に封入されている相対向する電極を含んでいる。真空管は典型的にはガラス、又はステンレス鋼、銅若しくは銅合金のような金属から製造されている。上述のように、電極は、回転式円板形アノード・アセンブリのターゲット軌道から幾分かの距離を置いて配置されているカソード・アセンブリを含んでいる。代替的には、産業応用等ではアノードが静止式である場合もある。アノードのターゲット軌道すなわち衝突ゾーンは一般的には、タングステン又はタングステン合金のような高原子番号を有する耐火性金属から製造される。さらに、電子を加速するために、カソード・アセンブリとアノード・アセンブリとの間に60kV~140kVの典型的な電圧差を保持する。高温のカソード・フィラメントが放出する熱電子はこの電位差に跨がって加速されて、アノードのターゲット・ゾーンに高速で衝突する。電子の運動エネルギーの小部分が高エネルギー電磁放射線すなわちX線に変換され、残りは後方散乱電子に含まれるか又は熱に変換される。X線は焦点スポットから発生してあらゆる方向へ放出され、焦点スポット整列経路に沿って真空容器の外部へ向かうこともできる。例えば金属製真空容器を有するX線管では、X線ビームを所望の位置に向けて放出させるためにX線透過窓を金属製真空容器に作製する。X線は真空容器から出た後に、焦点スポット整列経路に沿って進み、医療検査及び診断手順では人体の解剖的部位等のような対象を透過する。対象を透過したX線は検出器又はフィルムによって捕獲されて、対象の解剖学的内部構造の画像が形成される。さらに、産業用X線管は、例えば金属部品の亀裂の検査、又は空港での手荷物の内容物の検査等に用いることができる。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0004】

医療診断用X線管におけるX線の発生は本来極めて非効率的な過程であるため、X線発生装置の構成要素は高温で動作する。例えば、アノードの焦点スポットの温度は約2700にまで上昇し、アノードのその他の部分は約1800に到る可能性がある。加えて、X線管の構成要素は、約450まで上昇し得る温度で比較的長時間にわたってX線管の高温排出処理に耐えることが可能でなければならない。管の動作時に発生する熱エネルギーは典型的には、アノード及び他の構成要素から真空容器へ伝達される。

#### 【0005】

X線管の高い動作温度は、多くの理由で問題となる。X線管の構成要素が周期的な高温に晒されると、これらの構成要素の寿命及び信頼性が低下する可能性がある。具体的には、アノード・アセンブリは典型的には、軸受アセンブリによって回転自在に支持される。この軸受アセンブリは大きい熱負荷に極めて敏感である。軸受アセンブリを過熱すると、摩擦増加や騒音増大を生じ、最終的には軸受アセンブリの故障に到る可能性がある。

#### 【0006】

上述のようなX線管の軸受アセンブリの材料の選定は現状では多少制限されている。この理由は、軸受を介してカソード及びアノード・アセンブリに達する導電性を確保するためには、転動体及び軸受自体が導電性でなければならないからである。結果として、鉛又はより多くの場合には銀のような固体潤滑剤で被覆した工具鋼が一般的にはかかる軸受に用いられる。しかしながら、被覆工程は高経費の工程であり、固体銀潤滑剤は熱に敏感であるため、かかる材料を用いた軸受は450未満の温度で動作することが一般に要求さ

10

20

30

40

50

れる。加えて、従来の銀被覆金属の転動体は一般的には、高温で長時間にわたって動作させると、動作時に実質的に変形し、これにより騒音及び軸受の早期故障を招く。さらに、銀はまた、過度に高温になると軸受鋼と反応する傾向があり、粒界亀裂及び軸受の早期故障が起こる。従って、かかる軸受に現行の材料の全ての欠点を有しない材料を用いることができると思望ましい。

#### 【0007】

上述のような応用には、完全にセラミックで製造されている導電性軸受が理想的である。しかしながら、かかる目的に適切な導電性セラミック軸受は現状では存在していない。このため、適切な導電性セラミック軸受が必要とされている。かかるセラミック軸受は理想的には、現状で習用されている鋼材又はセラミックス（すなわちT5、T15、Re x 20、SiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、ジルコニア等）ではなく、Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub>（TSCとも呼ぶ）を含む。かかるセラミック軸受は理想的には、既存の多くの軸受が必要とする追加潤滑剤の利用を必要とせず、これにより幾つかの軸受アセンブリに現状で必要とされている高経費の被覆工程が不要になる。加えて、かかるセラミック軸受は理想的には、既存の軸受で現状で可能とされているよりも速い回転速度及び高い動作温度を持続することを可能にする。さらに、かかるセラミック軸受のセラミック転動体は理想的には、現行の銀被覆鋼転動体よりも少ない変形を動作時に呈し、また理想的には、現状で可能とされているよりも静音で円滑な動作を可能にする。さらに、かかるセラミック軸受は理想的には、既存の軸受で現状で可能とされているよりも長い軸受寿命を齎す。以下で本開示の残部を通じてさらに明らかになるように、本発明によって他の多くの要求も満たされる。

10

20

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

従って、以上に述べた既存のシステム及び方法の欠点は、導電性セラミック軸受に関する本発明の各実施形態によって克服される。本発明の実施形態は、現状で習用されている鋼材及び/又はセラミックスではなく（すなわちT5、T15及び/又はRe x 20、SiN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、ジルコニア等ではなく）、TSCを含む導電性セラミック軸受を含んでいる。これらのセラミック軸受は、既存の多くの軸受が必要とする追加潤滑剤の利用を必要とせず、これにより幾つかの軸受アセンブリに現状で必要とされている高経費の被覆工程を不要とすることができる。加えて、これらのセラミック軸受は、既存の軸受で現状で可能とされているよりも速い回転速度及び高い動作温度を持続することを可能にすることができる。さらに、これらの軸受のセラミック転動体は、現行の銀被覆鋼転動体よりも少ない変形を動作時に呈し、また現状で可能とされているよりも静音で円滑な動作を可能にすることができる。さらに、これらのセラミック軸受は、既存の軸受で現状で可能とされているよりも長い軸受寿命を齎すことができる。

30

#### 【0009】

本発明の実施形態は、導電性セラミック軸受を含んでいる。これらの軸受の構成要素は好ましくは、TSCを含んでおり、軸受玉、ころ及び/若しくは針のような転動体、又はその他任意の適切な転動体を内部に含んでいてよい。転動体は被覆を全く有しなくてもよいし、導電性被覆又は場合によっては不導性被覆を有していてもよい。

#### 【0010】

本発明の実施形態はまた、導電性転動体軸受アセンブリを含んでいる。本発明の幾つかの実施形態では、軸受アセンブリは、導電性内レースと、導電性外レースと、導電性内レースと導電性外レースとの間に回転自在に配置されている複数の導電性軸受転動体とを含んでいてよく、導電性内レース、導電性外レース及び各々の導電性軸受転動体はTSCを含んでいる。本発明の他の実施形態では、軸受アセンブリは、レース手段を内部に含む導電性軸受転動体支持部材と、導電性軸受転動体支持部材のレース手段内に回転自在に配置されている複数の導電性セラミック軸受転動体とを含んでいてよく、導電性軸受転動体支持部材及び各々の導電性セラミック軸受転動体はTSCを含んでいる。

40

#### 【0011】

本発明の実施形態はまた、X線を発生して焦点スポット整列経路に沿って目標物に向け

50

て照射するX線管を含んでいる。X線管は、電子を発生するように動作するようにX線管の内部に配置されているカソードと、電子による衝突時にX線を発生するように動作するようにカソードに対して配置されているアノード・アセンブリと、カソードに対してアノード・アセンブリの回転を支持することが可能な軸受アセンブリとを含んでいてよく、軸受アセンブリはTSCを含む導電性セラミック軸受を含んでいる。

**【0012】**

最後に、本発明の実施形態はまた、X線イメージング・システムを含んでいる。X線イメージング・システムは、X線を発生して焦点スポット整列経路に沿って目標物に向けて照射するX線管を含んでいてよい。X線管は、電子を発生するように動作するようにX線管の内部に配置されているカソードと、電子による衝突時にX線を発生するように動作するようにカソードに対して配置されているアノード・アセンブリと、カソードに対してアノード・アセンブリの回転を支持することが可能な軸受アセンブリとを含んでいてよく、軸受アセンブリはTSCを含む導電性セラミック軸受を含んでいる。

10

**【0013】**

本発明のさらなる特徴、観点及び利点は、以下の記載から当業者にはより容易に明確になる。以下の記載では、本発明の幾つかの好ましい形態を示す添付図面を参照し、図面全体を通じて類似の参照符号は類似の部材を示す。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0014】**

様々な図を参照して、本発明のシステムを以下に説明する。

20

**【0015】**

本発明の理解を促すことを目的として、ここで図1～図2に示されている本発明の幾つかの好ましい実施形態、及び当該実施形態に記載するのに用いられる特定の表記法を参照する。本書で用いる用語は限定ではなく説明を目的とする。本書に開示される特定の構造的詳細及び機能的詳細は、限定としてではなく、本発明を様々な利用するように当業者に教示する代表的基準として特許請求のための基準に過ぎないと解釈されたい。図示の支持構造及びその製造方法の任意の改変又は変形、並びに所載の本発明の原理のさらなる応用で当業者に通常想到されるようなものは、本発明の要旨の範囲内にあるものと見做す。

**【0016】**

図1に、本発明の導電性セラミック軸受の実施形態の一例を含むX線管を示す。X線イメージング・システムは一般的にはX線管20を備えており、X線管20は、真空エンベロープ10と、回転子13、回転子に固定されている回転シャフト12及び固定子16を含むアノード・アセンブリと、電子を放出するカソード11と、回転シャフト12に固定されておりX線を発生して焦点スポット整列経路に沿って照射するアノード・ターゲット14と、動作時に回転アノード14に軸方向及び半径方向の支持を提供する軸受構造15a及び15bとを含んでおり、全て真空エンベロープ10の内部に配置されて動作する。本実施形態では、回転シャフト12は2つの玉軸受アセンブリ15a及び15bを介して固定子16によって回転自在に支持されている。玉軸受アセンブリ15a及び15bの各々が、内レース17、外レース18、及び内レース17と外レース18との間に回転自在に配置されている複数の軸受玉19を含んでいる。磁場発生器が真空エンベロープ10の外部に配設されており、動作時に回転磁場を発生して回転シャフト12、回転子13及びアノード・ターゲット14を高速で回転させる。

30

40

**【0017】**

真空エンベロープ10の内部には約 $10^{-5}$  torr ~  $10^{-9}$  torrの真空が存在する。カソード11から放出された電子がアノード・ターゲット14に衝突するとX線が発生し、アノード・ターゲット14及び真空エンベロープ10の内部が高温になる。アノード・ターゲット14及び真空エンベロープ10が高温に熱せられると、軸受アセンブリ15a及び15bもまた、回転シャフト12からの伝熱(輻射及び伝導の両方)によって高温になる。軸受アセンブリ15a及び15bが熱によって焼付き及び磨耗を生ずるのを防ぐために、軸受回転体19の摩擦面は一般的には何らかの潤滑剤で被覆される。加えて、多

50

くの場合に内レース 17 及び外レース 18 の摩擦面も潤滑剤で被覆される。前述のように、これらの軸受アセンブリ 15 a 及び 15 b は高温で真空下で用いられるので、銀又は鉛のような固体金属潤滑剤のみが一般的には適切な潤滑剤となる。しかしながら、銀も鉛も、かかる応用に理想的な潤滑剤ではない。鉛は融点が低く蒸発速度が速いので X 線管内で高真空を保持し得ない可能性があるため、かかる応用に用いるのに最適とは言えない。銀は鉛よりも遥かに硬質であるので銀潤滑剤を施した軸受アセンブリによって発生される騒音が相対的に大きく、銀潤滑剤を施した軸受アセンブリの耐用年数が短くなる可能性があるため、やはり理想的ではない。さらに、銀には他にも幾つかの欠点がある。銀は過度に高温になると軸受鋼と反応する傾向があり、粒界亀裂及び軸受の早期故障が起こる。銀はまた、潤滑性が低いため、鉛よりも大きな始動トルク及び運転トルクを必要とする。

10

## 【0018】

従って、鋼転動体に上述のような固体金属被覆を施しても、転動体軸受のチャタリング・ノイズ (chattering noise) は十分に減少せず、また持続的な高速及び高温で用いる場合に耐久性に欠けることは明らかである。セラミック軸受構成要素は現状で幾つかの軸受で利用されているが、かかるセラミック軸受構成要素の殆どは不導性であり、従って何らかの種類の導電性被覆を必要とする。かかる軸受において導電性セラミック軸受構成要素を用いることができるとさらに望ましい。多くの既存のシステムに対しても、如何なる設計変更も要することなく本発明の導電性セラミック軸受構成要素 (すなわち導電性セラミック転動体 19) の幾つかを組み込むことができる。

## 【0019】

本発明のセラミック軸受アセンブリ 15 a 及び 15 b の構成要素 (すなわち内レース 17、外レース 18 及び転動体 19) は好ましくは、全て  $Ti_3SiC_2$  (TSC と呼ぶ) を含んでいる。TSC は導電性等級のセラミックである。TSC 軸受構成要素は鋼軸受構成要素よりも強度が高く硬質である ( $> 65 HRC$ ) ので、セラミック軸受転動体の方が鋼軸受転動体よりも変形が少なく、これにより本発明のセラミック軸受構成要素を用いた軸受アセンブリにおいては雑音及び振動が少なくなる。TSC はまた、以下の表に示すように、鋼よりも良好な熱的性質を有する。

20

## 【0020】

特性	T5 鋼	TSC セラミック
導電率 (m * m)	0.2 ~ 0.5	0.22 ~ 0.35
熱伝導率 (W / m K)	24.3	37
硬度 (HRC)	> 62	40 ~ 100
ヤング率 (GPa)	207	325
剪断弾性率 (GPa)	80.23	134
熱膨張率 (1 / )	11.07	$9.2 \times 10^{-6}$

30

## 【0021】

これらの導電性セラミック軸受アセンブリ 15 a 及び 15 b (すなわち内レース 17、外レース 18 及び転動体 19) を TSC から製造することには多くの利点がある。TSC は、かかる軸受構成要素に習用されている鋼よりも硬度、耐摩耗性及び剛性が高いので、TSC 軸受転動体は、軸受動作時に鋼軸受転動体が発生するよりも少ない雑音を発生する。TSC 軸受構成要素は鋼軸受構成要素よりも硬質であるので、TSC 軸受は一般的には、既存の多くの含鋼軸受よりも予想寿命が長く、性能が強化されており、耐久性が高い。TSC 軸受構成要素は導電性であるため、追加の導電性被覆が不要である。TSC 軸受構成要素を含む軸受は、既存の軸受で現状で可能であるよりも速い回転速度 (可能性としては約 50000 rpm まで) 及び高い動作温度 (可能性としては約 1000 まで) で動作することができる。さらに、TSC 軸受転動体は、如何なる設計変更も要することなく、既存の転動体軸受アセンブリの鋼軸受転動体と直接的に交換することが可能であり得る。最後に、TSC 軸受構成要素の構成を変化させることにより、他の所要特性を大幅に変更することなく TSC 軸受構成要素を自己潤滑性にすることが可能であり得る。当業者には他にも多くの利点が明らかであろう。

40

50

## 【0022】

上述のように、本発明の導電性セラミック軸受は、高性能軸受の実現を可能にする。有利なこととして、導電性軸受転動体を必要とする多くの形式の転動体軸受アセンブリの軸受転動体は、新たな改変を要することなく本発明の導電性セラミック軸受転動体に容易に交換することができる。

## 【0023】

本発明が満たす様々な要求の充足について本発明の様々な実施形態を説明した。尚、これらの実施形態は、本発明の様々な実施形態の原理を説明するに過ぎない。当業者には、本発明の要旨及び範囲から逸脱することなく、本発明の実施形態の多数の改変や適応構成が明らかになる。例えば、これらの導電性セラミック軸受のX線イメージング・システムでの利用について説明したが、これらの軸受は、様々な応用に用いるために多様な他のシステムに利用することができる。加えて、軸受玉を本発明の一実施形態において説明したが、本発明の転動体は、例えばころ又は針等のようなその他任意の適当な転動体を含むこともできる。従って、本発明は、特許請求の範囲及びその均等構成の範囲内にあるあらゆる適当な改変及び変形を網羅するものとする。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0024】

【図1】本発明の導電性セラミック軸受の一実施形態を含むX線管を示す模式図である。

【図2】本発明の導電性セラミック軸受の一実施形態を含むX線管のもう一つの実施形態を示す模式図である。

20

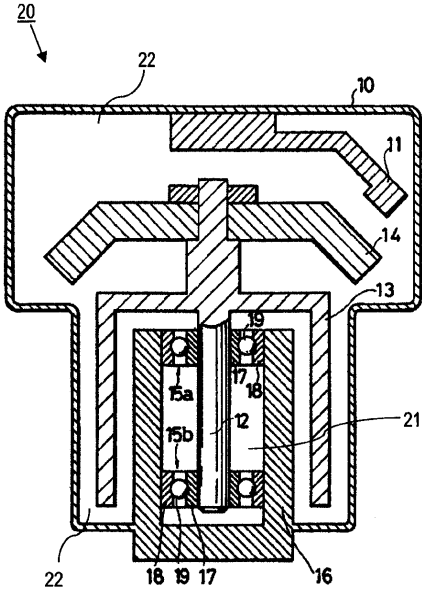
## 【符号の説明】

## 【0025】

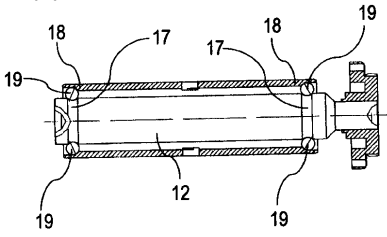
- 10 真空エンベロープ
- 11 カソード
- 12 回転シャフト
- 13 回転子
- 14 アノード・ターゲット
- 15 a、15 b 軸受アセンブリ
- 16 固定子
- 17 内レース
- 18 外レース
- 19 軸受転動体
- 20 X線管

30

【 図 1 】



【 図 2 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup> F I テーマコード(参考)  
H 0 1 J 35/10 C 0 4 B 35/56 S

(74)代理人 100129779

弁理士 黒川 俊久

(72)発明者 ジャヤプラカシュ・アール

インド、カルナータカ、バンガロール・560047、ヴィヴェクナガール・ファーザー・イクス  
テンション、3アールディー・クロス、エヌオー・344番

(72)発明者 ジョージ・パラムピル

インド、カルナータカ、バンガロール・560081、タベレケレ、プリンダヴァン・ナガール、  
4ティーエイチ・クロス、ナンバー87/25番

Fターム(参考) 3J101 AA01 AA02 AA12 AA14 AA62 BA10 BA53 BA54 BA70 DA05  
EA43 EA72 EA78 FA31 GA60  
4G001 BA25 BA48 BB25 BB48 BD22