

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7309745号

(P7309745)

(45)発行日 令和5年7月18日(2023.7.18)

(24)登録日 令和5年7月7日(2023.7.7)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 J 35/10 (2006.01)

H 0 1 J

35/10

H

F 1 6 C 17/02 (2006.01)

H 0 1 J

35/10

E

H 0 1 J

35/10

F

H 0 1 J

35/10

G

H 0 1 J

35/10

N

請求項の数 13 (全14頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-550915(P2020-550915)

(86)(22)出願日 平成30年12月11日(2018.12.11)

(65)公表番号 特表2021-506097(P2021-506097

A)

(43)公表日 令和3年2月18日(2021.2.18)

(86)国際出願番号 PCT/EP2018/084350

(87)国際公開番号 WO2019/115519

(87)国際公開日 令和1年6月20日(2019.6.20)

審査請求日 令和3年12月9日(2021.12.9)

(31)優先権主張番号 17206337.2

(32)優先日 平成29年12月11日(2017.12.11)

(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

(73)特許権者 590000248

コーニンクレッカ フィリップス エヌ

ヴェ

Koninklijke Philips

N.V.

オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン

ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2

High Tech Campus 5 2 ,

5 6 5 6 AG Eindhoven , N

etherlands

(74)代理人 110001690

弁理士法人M&Sパートナーズ

(72)発明者 ベーリング ロルフ カール オット

オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン

ドーフエン ハイ テック キャンパス 5

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 X線源のための回転式アノード

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基材と、

前記基材に形成された対象領域と、

を備え、

前記対象領域が、前記基材の表面に堆積させられた第1の材料の第1の層と、前記第1の層の表面に堆積させられた第2の材料の第2の層とを備える、サブミリメートルの範囲の層を有する多層コーティングを備え、前記対象領域における前記多層コーティングの前記第1の層と前記第2の層との間の厚さ比が、0.5から2.0の範囲内であり、前記第1の層と前記第2の層との合計の厚さが、5 μ mから60 μ mの範囲内であり、

10

前記第1の材料が、前記第2の材料に比べて、より大きい剛性率をもち、前記第2の材料が、前記第1の材料に比べて、より高い熱伝導性をもつ、

回転アノードX線源のための回転可能アノード。

【請求項2】

前記対象領域における前記第1の層と前記第2の層との間の前記厚さ比が、0.95から1.05の範囲内である、

請求項1に記載の回転可能アノード。

【請求項3】

前記第1の材料が、レニウム、タンタル、炭化タンタル、又は炭化タングステンである、

請求項1又は2に記載の回転可能アノード。

20

【請求項 4】

前記第 2 の材料が、タングステン、イリジウム、又はタングステンレニウム合金である、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の回転可能アノード。

【請求項 5】

前記第 2 の材料が、純タングステンであり、前記第 2 の層が、 $5\text{ }\mu\text{m}$ から $60\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内の厚さをもつ、

請求項 1 に記載の回転可能アノード。

【請求項 6】

前記対象領域における前記第 2 の材料の表面が、 1500 より高い温度における熱的な焼結工程により平滑化された、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の回転可能アノード。

【請求項 7】

前記対象領域における前記第 2 の材料の前記表面が、 $5\text{ }\mu\text{m}$ より低い表面粗さをもつ、請求項 6 に記載の回転可能アノード。

【請求項 8】

前記回転可能アノードの使用時に、前記対象領域が、前記回転可能アノードの第 1 のエリアとして提供され、非対象領域が、前記回転可能アノードの第 2 のエリアを含み、前記第 1 の材料の前記第 1 の層が、前記基材の前記第 2 のエリアの表面に追加的に堆積させられた、

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の回転可能アノード。

【請求項 9】

前記基材が、炭素複合材料又はグラファイトから形成された、

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の回転可能アノード。

【請求項 10】

排気されたエンベロープと、

前記排気されたエンベロープ内に収容された回転式ベアリングにおいて支持された請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の回転可能アノードと、

動作中に X 線の出射をもたらすように前記回転可能アノードに向けて電子を加速するように配向された前記排気されたエンベロープ内に収容されたカソードと、

を備える、回転式アノード X 線管。

【請求項 11】

前記回転式ベアリングが、液体金属潤滑剤を備える流体力学的ベアリング、又は、滑り軸受である、

請求項 10 に記載の回転式アノード X 線管。

【請求項 12】

a) 回転可能アノード基材を提供するステップと、

b) 前記回転可能アノード基材の表面上に第 1 の材料の第 1 の層を堆積させるステップと、

c) 前記第 1 の層の表面に第 2 の材料の第 2 の層を堆積させるステップと、

を有し、

対象領域における前記第 1 の層と前記第 2 の層との間の厚さ比が、 0.5 から 2.0 の範囲内であり、前記第 1 の層と前記第 2 の層との合計の厚さが、 $5\text{ }\mu\text{m}$ から $60\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内であり、

前記第 1 の材料が、前記第 2 の材料に比べて、より大きい剛性率をもち、前記第 2 の材料が、前記第 1 の材料に比べて、より高い熱伝導性をもつ、

回転可能アノードを製造する方法。

【請求項 13】

d) 1500 から 3200 の範囲内の温度まで前記回転可能アノード基材を加熱することにより前記第 1 の層及び前記第 2 の層とともに前記回転可能アノード基材を焼結するステップをさらに有する、

10

20

30

40

50

請求項 1 2 に記載の回転可能アノードを製造する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転アノード X 線源のための回転可能アノード、回転式アノード X 線管、及び回転可能アノードを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

回転可能アノード X 線管は、排気されたガラスエンベロープにすべてが封入された、回転可能アノードディスクにおける焦点軌道と位置合わせされたカソードを備える。動作中、回転可能アノードは、200 Hz もの高い周波数において回転する。X 線の出射は、カソードに高電圧を印加することにより刺激され、電子が焦点軌道に衝突することをもたらす。電子衝突位置に生成された焦点スポットは、2000 から 3000 の間のピーク温度をもつ。回転アノードの一定の回転は、焦点軌道にある程度保護するが、CT 獲得プロトコル直後の焦点軌道の平均温度は、依然として約 1500 である。したがって、回転アノードの設計に厳しい要求が課せられる。

【0003】

米国特許第 3,982,148 号は、回転可能 X 線アノードの粗い放熱コーティングとしてのレニウムの使用について説明している。しかし、このような回転可能アノードはさらに発展する可能性がある。

【発明の概要】

【0004】

本発明の目的は添付された独立請求項の主題により解決され、さらなる実施形態が従属請求項に組み込まれる。

【0005】

第 1 の態様によると、

- 基材と、
- 基材に形成された対象領域と、

を備える、回転アノード X 線源のための回転可能アノードが提供される。

【0006】

対象領域は、基材の表面に堆積させられた第 1 の材料の第 1 の層と第 1 の層の表面に堆積させられた第 2 の材料の第 2 の層とを備える多層コーティングを備える。対象領域における多層コーティングの第 1 の層と第 2 の層との間の厚さ比は、0.5 から 2.0 の範囲内である。

【0007】

第 1 の材料は第 2 の材料に比べて、より大きい機械的弾性をもち、第 2 の材料は第 1 の材料に比べて、より高い熱伝導性をもつ。

【0008】

したがって、多層コーティングにおける第 1 の材料は、引張応力に対してより高い耐性をもち、多層コーティングにおける第 2 の材料は、第 1 の材料に比べて、焦点スポットにより生成された対象エリアにおける熱をより効果的に放散し得、回転可能アノードの表面が、例えば、良好な熱的性能、並びに、良好な機械的応力及びノ又は滑らかさの性能といった 2 つの異なる特性に対して最適化されることを回転可能アノードの多層コーティングが可能にすることを可能にする。

【0009】

製造中、高温（例えば約 800 ）における回転可能アノードに対する複数の材料層の付加は、複数の材料層の付加後における回転可能アノードの冷却中に異なる材料層に異なる熱膨張係数が存在することになり、回転可能アノードにおける応力の増加につながることを意味する。このような処理された回転可能アノードに残留する材料応力を小さくするために、多層コーティングの第 1 の層と第 2 の層との間の厚さ比を注意深く制御すること

10

20

30

40

50

が提案される。

【 0 0 1 0 】

複数の材料層の相乗効果（熱放散の改善を伴う機械的弾性の改善）は、個々の材料層をより薄くすることが必要とされることを意味する。典型的には、回転式アノードは、回転アノード×線源の最も高価なコンポーネントである。（典型的には高価な耐熱金属から構成された）材料層の厚さを小さくすることは、アノードを製造する全体的なコストを下げる。

【 0 0 1 1 】

複数の材料層は、動作中の回転可能アノードの性能を改善する。CTスキャナにおける回転可能アノードの動作は、回転可能アノードの外径（圧力応力として知られる）及び内径（引張応力として知られる）において円周方向に高い応力レベルを生成し得る。これは、第1の材料及び第2の材料の様々な熱膨張係数と組み合わせられた、焦点軌道の領域における高い熱勾配の組合せによりもたらされる。

10

【 0 0 1 2 】

典型的には、金属コーティングは塑性変形による影響を受け、回転可能アノードが冷却された後、結果的にコーティングに残留引張応力をもたらす。この引張応力は、回転可能アノードの表面に伝達される。少なくとも2つの層の間の厚さ比が0.5から2の範囲内となるその少なくとも2つの層をもつ多層コーティングを備える対象領域（焦点軌道）を含む回転可能アノードは、残留引張応力を小さくする。

【 0 0 1 3 】

任意選択的に、対象領域における第1の層と第2の層との間の厚さ比は、0.95から1.05の範囲内である。

20

【 0 0 1 4 】

したがって、多層コーティングは、おおむね同一の厚さをもつ少なくとも2つの層を備え、引張強度の性能をさらに改善する。

【 0 0 1 5 】

任意選択的に、第1の層と第2の層との合計の厚さは、5 μm から60 μm の範囲内である。薄層の提供は、追加的な機械加工を伴わずにCVDコーティングが提供されることを可能にする。実験的経験により、回転式アノードにおける最大1ミリメートルの厚いコーティングが、タングステンとグラファイトとの間における熱膨張係数（CTE）の不一致に起因した、CVDコーティングからの冷却後の、グラファイトにおける初期亀裂の生成の可能性の改善を結果的にもたらすことが明らかとなった。典型的には最大300マイクロメートルの深さをもつこのような亀裂は、提案されたコーティングを使用する場合、例えば、レニウム層が約20 μm の厚さをもち、タングステン層が約20 μm の厚さをもつ1つの任意選択的な例では見られない。

30

【 0 0 1 6 】

任意選択的に、第1の材料はレニウム、タンタル、炭化タンタル、又は炭化タングステンである。

【 0 0 1 7 】

したがって、回転可能アノードの表面に接触した耐熱金属、又は耐熱金属合金を含む多層コーティングが提供される。列記された材料は、例えば、高い引張力に対して改善された耐性をもつ。加えて、レニウムは、（下地となる炭素アノード面からの炭素の移動により）高温において覆っているタングステンが炭化することを防ぐためのバリアとして機能する。

40

【 0 0 1 8 】

任意選択的に、第2の材料は、タングステンイリジウム又は別の耐熱金属である。任意選択的に、第2の材料は、タングステンレニウム合金である。任意選択的に、第2の材料は、W99% - Re1%、W95% - Re5%、W90% - Re10%、又はW85% - Re15%の比率のタングステンレニウム合金である。

【 0 0 1 9 】

50

したがって、熱伝導性の改善された材料が多層コーティングの最外層に提供される。第2の材料層は、X線管の電子ビームに直接さらされ、2500より高い温度に到達し得る。したがって、第2の材料として耐熱材料を提供することは、焦点軌道の耐用期間を改善し、熱がより効果的に放散されることを可能にする。任意選択的に、第2の材料は、 $100\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ より高い熱伝導率をもつ。

【0020】

任意選択的に、第2の材料は、純タングステンであり、第2の層は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ から $60\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内の厚さをもつ。

【0021】

任意選択的に、対象領域における第2の材料の表面は、1500より高い温度における熱的な焼結工程により平滑化されている。

10

【0022】

したがって、第2の材料の形態構造を安定化するために、通常の動作温度より著しく高い温度において回転可能アノードの対象エリアを調整することが提案される。

【0023】

任意選択的に、対象領域における第2の材料の表面は、例えば、光学又は触覚測定デバイスを使用して測定された、 $5\text{ }\mu\text{m}$ より低い平均表面粗さ(Ra)をもつ。

【0024】

任意選択的に、対象領域は、回転可能アノードの第1のエリアとして提供され、非対象領域は、回転可能アノードの第2のエリアを含み、第1の材料の第1の層が、基材の第2のエリアの表面に追加的に堆積させられている。

20

【0025】

したがって、第2の材料は、例えば、回転可能アノードにおける対象エリア(焦点軌道)にのみ堆積させられる。したがって、対象エリアは、対象エリアの外側における回転可能アノードのエリアに比べて滑らかな表面をもつ。これは、上述の多層コーティングの有益な効果は対象エリア(焦点軌道)に関連して提供されるが、対象エリアを形成しない回転可能アノードのエリアは、対象エリアに比べて大幅に粗い表面をもち、したがって、大幅に改善された熱放射性能をもつことを意味する。

【0026】

任意選択的に、対象領域を形成する回転可能アノードの第1のエリアは、例えば、第1の材料層への焦点スポットの直接的な接触を防ぐ安全裕度を提供するように、最大焦点スポット寸法より、おおむね少なくとも5%、又は少なくとも10%、又は少なくとも15%ぶん幅が広い。

30

【0027】

任意選択的に、基材は、炭素複合材料又はグラファイトから形成される。

【0028】

したがって、炭素複合材料基材の場合、質量の小さい回転アノードが提供される。代替的に、グラファイト回転アノードは、より高い熱容量を提供する。

【0029】

第2の態様によると、回転式アノードX線管が提供される。本回転式アノードX線管は、

- 排気されたエンベロープと、
- 排気されたエンベロープ内に収容された回転式ベアリングにおいて支持された、第1の態様又は第1の態様の任意選択的な実施形態による回転可能アノードと、
- 動作中にX線の出射をもたらすように回転可能アノードに向けて電子を加速するように配向された、排気されたエンベロープ内に収容されたカソードと、

を備える。

40

【0030】

第1の態様による回転可能アノードを組み込んだ回転式アノードX線管は、引張応力及び熱応力に対する、焦点軌道の複合的な改善された耐性の結果として、耐用期間の改善が想定され得る。

50

【 0 0 3 1 】

任意選択的に、回転式ベアリングは、液体金属潤滑剤を備える流体力学的ベアリングであり、又は、滑り軸受である。

【 0 0 3 2 】

第 1 の態様による回転可能アノードを組み込んだ回転式アノード X 線管は、効果的な熱伝導を提供する第 2 の層を含む多層コーティングを含む。液体金属回転式ベアリング潤滑剤は、回転式アノードから離れるように伝導されなければならない熱に対して、より低い熱抵抗を提供する。

【 0 0 3 3 】

第 3 の態様によると、

- a) 回転可能アノード基材を提供することと、
 - b) 基材の表面上に第 1 の材料の第 1 の層を堆積させることと、
 - c) 第 1 の層の表面に第 2 の材料の第 2 の層を堆積させることと、
- を有し、

対象領域における第 1 の層と第 2 の層との間の厚さ比が、0.5 から 2.0 の範囲内である、

回転可能アノードを製造する方法が提供される。第 1 の材料は、第 2 の材料に比べて、より大きい機械的弾性を持ち、第 2 の材料は、第 1 の材料に比べて、より高い熱伝導性をもつ。

【 0 0 3 4 】

任意選択的に、第 3 の態様による回転可能アノードを製造する方法は、

d) 1500 から 3200 の範囲内の温度まで回転可能アノード基材を加熱することにより、第 1 の層及び第 2 の層とともに回転可能アノード基材を焼結すること
をさらに有する。

【 0 0 3 5 】

したがって、回転可能アノードの対象エリア（焦点軌道）は、電子ビーム法を使用して平滑化（焼結）される。焼結アプローチは、（例えば、低電圧及び大電流を使用した「ブルーマーシング」工程を通して）最大焦点スポット寸法を任意選択的に提供する。

【 0 0 3 6 】

任意選択的に、工場におけるアノード調整中に最大許容焦点スポット温度より高くなる
ことが、多層コーティングの形態構造を安定化させ得る。

【 0 0 3 7 】

本出願の以下の記載において、「対象領域」という用語は、円形の回転可能アノードの外縁に近い実質的にリング形の領域を表す。動作中、対象領域は、対象領域の上方に配置されたカソードにより出射された入射電子により打ち込まれる。動作中、「焦点スポット」であって、その「焦点スポット」から X 線が出射される、「焦点スポット」がカソードの下方の、及び / 又は、カソードに直接隣接した「対象領域」のセクションに現れる。

【 0 0 3 8 】

本出願の以下の記載において、「多層コーティング」という用語は、少なくとも 2 つの別個の材料層を含む回転可能アノードの表面をカバーする材料を規定する。例えば、レニウムの 25 μm の厚さの層が基材の上に堆積させられ、次に、タングステンの 25 μm の厚さの層がレニウム層の上に堆積させられる。もちろん、本用語は、このような第 1 の材料層（例えばレニウム）と第 2 の材料層（例えばタングステン）とを 1 回、2 回、3 回、4 回、又はさらに多くの回数繰り返した、複数の繰り返しによる多層体もカバーし得る。

【 0 0 3 9 】

本出願の以下の記載において、「厚さ比」という用語は、第 1 の材料層の厚さを第 2 の材料層の厚さで除算したものを意味する。本出願において考慮されるマイクロメートルスケールの層に関する文脈において、各層の「厚さ」及び / 又は「合計の厚さ」が絶対測定結果であることが必須というわけではなく、例えば、対象エリアの特定の長さ にわたる材料層の厚さの統計的尺度であってよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

本出願の以下の記載において、「表面粗さ」という用語は主に、当業者に知られている光学的又は触覚測定デバイスを使用して測定された平均表面粗さ（ R_a 、算術平均高さ）を意味する。しかし、他の代用となる表面粗さの測定結果、例えば、二乗平均平方根誤差（ R_q ）、二乗平均平方根傾斜（ R_q ）などが、表面粗さを特徴付けるために有用な情報をさらに提供し、 R_a の使用は限定ではない。

【 0 0 4 1 】

本出願の以下の記載において、「機械的弾性」という用語は、おおむね、印加された力に耐える材料の能力を意味する。本出願に関する文脈において、本用語は、より高い、又は、より低い剛性率 - 言い換えると、剛性率により規定された材料に長期にわたって残る変形をもたらさずに単位体積当たりの材料により吸収され得る最大エネルギー - をもつ材料の概念を包含する。

10

【 0 0 4 2 】

本出願の以下の記載において「熱伝導性」という用語は、別の材料と比べたときの熱エネルギーを伝達する材料の能力を表す。典型的には、熱伝導性は、 $W / (m \cdot K)$ を単位として測定され、熱エネルギーを伝達する所与の材料の能力を比較する1つの手法として使用される。例えば、タングステンの熱伝導率は約 $120 W / (m \cdot K)$ である。例えば、 R_e に対する熱伝導率の値は約 $50 W / (m \cdot K)$ である。

【 0 0 4 3 】

本出願の以下の記載において、「第1の材料が、第2の材料に比べて、より大きい機械的弾性をもつ、及び第2の材料が、第1の材料に比べて、より高い熱伝導性をもつ」という状態は、室温（摂氏20度）において評価された材料特性を表す。

20

【 0 0 4 4 】

したがって、同様の厚さをもつ少なくとも2つの材料層を含む回転可能アノードを提供することが本出願の概括的なアイデアである。（基材に接触した）第1の層は、機械的弾性を提供するように機能し、（第1の層に接触した）第2の層は、回転可能アノードの熱的性能を改善するように機能する。

【 0 0 4 5 】

本発明のこれらの、及び他の態様が以下で説明される実施形態から明らかとなり、以下で説明される実施形態を参照しながら説明される。

30

【 0 0 4 6 】

本発明の例示的な実施形態が以下の図面を参照しながら説明される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 7 】

【図1】従来の回転アノードX線源の概略図である。

【図2】従来の回転アノードを示す図である。

【図3a】本明細書において説明されている態様による回転可能アノードの実施形態を示す図である。

【図3b】本明細書において説明されている態様による回転可能アノードの実施形態を示す図である。

40

【図4】本発明の第3の態様による製造工程を示す図である。

【図5a】焼結工程前及び後におけるアノード対象物の写真を示す図である。

【図5b】焼結工程前及び後におけるアノード対象物の写真を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 8 】

図1は、従来の回転アノードX線管10を示す。回転アノードX線管10は、内部のチューブエンベロープ14を伴う外側容器12を備える。外側容器12とチューブエンベロープ14との間のギャップは典型的には、非伝導性流体、例えば油により充填されている。チューブエンベロープは、回転可能アノードディスク18と、回転可能アノードディスク18の外縁と位置合わせされたカソード20とを収容している。動作中、カソード20

50

が回転可能アノードディスク 18 の外縁に向けて高速で電子を出射し、真空エンベロープから外への X 線 22 の出射が主に制動放射による出射として発生する。高速電子のうちの少ない割合のみが X 線放射線に変換されて、電子ビームの残りの部分におけるエネルギーが、典型的には 50 kW から 100 kW の熱エネルギーとして回転可能アノードディスク 18 の外縁における焦点スポットから放散されることを放置している。この理由により、対象エリア（焦点軌道）が過剰な発熱により損傷を受けないことを確実なものとするために、回転可能アノードディスク 18 は 200 Hz もの高い周波数において回転させられる。

【0049】

現代の回転アノード X 線管では、チューブエンベロープ 14 の内部のアノード支持シャフトと外部回転子 26 との間にベアリングシステム 24 が提供される。典型的には、これは、真空エンベロープから外への回転可能アノードディスク 18 からの熱伝導を可能にする液体金属ベアリングシステムである。外側容器 12 に装着された固定子 28 と典型的には銅シリンダーを備える回転子ボディ 30 とを備えるモーターサブシステムも存在する。動作中、固定子 28 の通電は、回転可能アノードディスク 18 がベアリングシステム 24 により規定された軸の周りで動くことをもたらす。

【0050】

図 2 は、従来の X 線回転アノード対象物 32 を示す。示される対象物は焦点軌道領域 34 を具備したセグメント分けされた全金属アノードであり、例えば、焦点軌道領域 34 は、焦点軌道領域 34 の上層として厚さ 1 mm のタングステンレニウム合金を含む。しかし、このような厚い耐熱金属合金の使用は、このような回転式アノードのコストを大幅に上げる。

【0051】

さらに、粗い放熱コーティングとしてのレニウムの使用は、レニウムコーティングの粒状構造物がバルク材料のアノードと比較して横方向の熱伝導性が小さくなるという理由から、熱的な観点で不利であることを意味する。さらに、典型的にはグレーズング角においてアノードから発射させられた X 線放射線の質及び量は、内部減衰及びビームろ過を通して悪化させられる。

【0052】

図 3 a は、回転軸を通る側面断面図における第 1 の態様による回転式アノードの概略図を示す。

【0053】

第 1 の態様によると、

- 基材 42 と、
- 基材 42 に形成された対象領域 44 と、

を備える、回転アノード X 線源のための回転可能アノード 40 が提供される。

【0054】

対象領域は、基材 42 の表面に堆積させられた第 1 の材料の第 1 の層 46 a と、第 1 の層の表面に堆積させられた第 2 の材料の第 2 の層 46 b とを備える多層コーティング 46 a、46 b を備える。

【0055】

対象領域における多層コーティングの第 1 の層と第 2 の層との間の厚さ比は、0.5 から 2.0 の範囲内である。

【0056】

より具体的には、第 1 の層 46 a と第 2 の層 46 b との間の厚さ比は、0.95 から 1.05 の範囲内、又は 0.6 から 1.5 の範囲内、又は 0.75 から 1.25 の範囲内である。

【0057】

任意選択的に、第 1 の層 40 a と第 2 の層 40 b との合計の厚さは、5 μ m から 60 μ m の範囲内、20 μ m から 55 μ m の範囲内、又は、30 μ m から 52.5 μ m 範囲内である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

対象領域は、動作中に相補的な特性をもつように選択される２種の材料を備える多層コーティングを備える。例えば、第１の材料は、例えば、レニウム、タンタル、炭化タンタル、又は炭化タングステンといった、第２の材料に比べて、高い温度及び応力において比較的高い機械的安定性をもつ材料である。レニウムは、さらに、例えば、炭素アノード基材とタングステン層との間の拡散障壁として機能する。

【 0 0 5 9 】

第２の材料は、例えば、例えばタングステン又はイリジウムといった、第１の材料に比べてより高い熱伝導率をもつ材料である。任意選択的に、第２の材料は純タングステンであり、第２の層は $5\ \mu\text{m}$ から $60\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ から $50\ \mu\text{m}$ 、 $15\ \mu\text{m}$ から $45\ \mu\text{m}$ 、 $20\ \mu\text{m}$ から $35\ \mu\text{m}$ 、 $22.5\ \mu\text{m}$ から $27.5\ \mu\text{m}$ の範囲内の厚さをもつ。

10

【 0 0 6 0 】

図 3 a は、回転軸を通る側面断面図における第１の態様の任意選択的な実施形態による回転式アノードの例示的な概略図を示す。

【 0 0 6 1 】

対象領域 4 4 は、回転可能アノードの第１のエリア 4 8 として提供され、非対象領域 5 0 a、5 0 b は、回転可能アノードの第２のエリアを含み、第１の材料の第１の層は、基材 4 2 の第２のエリアの表面に追加的に堆積させられている。言い換えると、第１の材料（例えばレニウム）の微細層 4 6 a は、回転可能アノード 4 2 の焦点軌道にわたって実質的に延びており、タングステンの第２の微細層 4 6 b は、対象領域（焦点軌道）における第１の材料の層の上に提供される。

20

【 0 0 6 2 】

任意選択的に、基材 4 2 は、炭素複合材料又はグラファイトから形成される。

【 0 0 6 3 】

任意選択的に、第２の材料の表面は、任意選択的に 1500 より高い、 2000 より高い、又は 2250 より高い、又は 2500 より高い、又は 2750 より高い温度において、熱的な焼結工程により平滑化される。

【 0 0 6 4 】

したがって、熱的な焼結後、対象領域における第２の材料の表面粗さは $5\ \mu\text{m}$ より低いものであり、このことは、（例えば、機械加工により実施される）さらなる表面平滑化ステップが必要というわけではないことを意味する。

30

【 0 0 6 5 】

好ましい実施形態として、第１の材料は、 $20\ \mu\text{m}$ から $25\ \mu\text{m}$ の間の範囲の厚さをもつ純レニウムの層として提供され、第２の材料は、 $20\ \mu\text{m}$ から $25\ \mu\text{m}$ の間の範囲の厚さをもつ純タングステンの層として提供される。有益に、レニウムは、タングステンの機械的性能より優れた機械的性能をもち、炭素に対する拡散障壁として機能し得る。タングstenは、レニウムに比べて優れた熱的性能をもち、電子ビームの直接的で瞬間的な経路にない焦点軌道のエリアに、より迅速に熱を広げるように機能する。（例えば、厚さ $1\ \text{m}$ のレニウム層の典型的なケースと比較されたときの）レニウム及びタングステン層の両方の相対的な薄さは、より厚いレニウム及び／又はタングステン層の使用に比べて、熱膨張及び熱収縮によりもたらされる引張応力が最小化されることを意味する。さらに、従来のすべてがレニウムである表面に比べて、亀裂が現れるのが遅い。

40

【 0 0 6 6 】

冶金学的な観点から、レニウムの微視的な表面は、基材表面から何十 μm が突出した多くの凹凸を備える（例えば、図 5 a に示される）。第２の材料層としてのタングステンの使用は、タングstenがレニウムの突出部の周囲に「広がる」ことを可能にし、回転式アノードの滑らかさを改善する。

【 0 0 6 7 】

任意選択的に、対象領域 4 4 は、回転可能アノードの第１のエリア 4 8 として提供され、非対象領域 5 0 a、5 0 b は回転可能アノードの第２のエリアを含む。

50

【 0 0 6 8 】

図 3 b は、回転軸を通る断面で見たときの第 1 の態様の任意選択的な実施形態による回転式アノードの概略側面図を示す。図 3 b において、適切な場合、参照符号は図 3 a と共通している。

【 0 0 6 9 】

任意選択的に、及び、図 3 b に示されるように、対象領域 4 4 は、回転可能アノードの第 1 のエリア 4 8 として提供され、非対象領域 5 0 a、5 0 b は、回転可能アノードの第 2 のエリアを含み、第 1 の材料の第 1 の層は、基材 4 2 の第 2 のエリアの表面に追加的に堆積させられている。言い換えると、第 1 の材料（例えば、レニウム）の微細層 4 6 a は、回転可能アノード 4 2 の上面全体にわたって実質的に広がっており、タングステンの第 2 の微細層 4 6 b は対象領域（焦点軌道）に提供されている。有益に、非対象領域においてさらされたレニウムの粗い表面は、むき出しのアノード基材より良い放熱器である。

10

【 0 0 7 0 】

任意選択的に、対象領域 4 4 は、安全裕度を提供するように焦点スポットの幅の 5 %、1 0 %、又は 1 5 % ぶん非対象領域内に広がっており、結果として、微視的な薄いレニウム層は、電子ビームへの直接的な露出により損傷を受けない。

【 0 0 7 1 】

第 2 の態様によると、

- 排気されたエンベロープと、
 - 排気されたエンベロープ内に収容された回転式ベアリングにおいて支持された第 1 の態様又は第 1 の態様の実施形態による回転可能アノードと、
 - 動作中に X 線の出射をもたらすように回転可能アノードに向けて電子を加速するように配向された排気されたエンベロープ内に収容されたカソードと、
- を備える、回転式アノード X 線管が提供される。

20

【 0 0 7 2 】

回転可能アノードの製造が以下で説明される。

【 0 0 7 3 】

図 4 は、第 1 の態様による回転可能アノードを製造するための工程を示す。

【 0 0 7 4 】

- a) 回転可能アノード基材を提供することと (6 0)、
 - b) 基材の表面上に第 1 の材料の第 1 の層を堆積させることと (6 2)、
 - c) 第 1 の層の表面に第 2 の材料の第 2 の層を堆積させることと (6 4)、
- を有する、回転可能アノードを製造する方法である。

30

対象領域における第 1 の層と第 2 の層との間の厚さ比は、0 . 5 から 2 . 0 の範囲内である。

【 0 0 7 5 】

回転可能アノード基材を提供するステップ a) は、円形炭素（炭素フェルト又は複合材料）又はグラファイト半加工品を取得することと、適切な化学蒸着（C V D）反応チャンバ内にそれを配置することとを任意選択的に有する。

【 0 0 7 6 】

ステップ b) は、基材中間体を生成する、基材半加工品における第 1 の材料の第 1 の層の、例えば化学蒸着による堆積を有する。任意選択的に、第 1 の材料は、2 5 μ m の厚さまで任意選択的に堆積させられたレニウムである。第 1 の材料の堆積の後に、C V D 反応チャンバは、後続のステップのための準備においてページされる。

40

【 0 0 7 7 】

ここまでは C V D が参照されているが、任意の適切な材料堆積アプローチが製造方法に使用されてよい。例えば、パルスレーザ堆積（P L D）、プラズマ溶射（P S）、物理蒸着、及び電気めっきが、ステップ a) 及びステップ b) に適用可能な他の製造技術の非限定的な例として提供される。

【 0 0 7 8 】

50

ステップc)は、基材中間体における第2の材料の第2の層の、例えば化学蒸着による堆積を有する。任意選択的に、第2の材料は、25 μmの厚さまで任意選択的に堆積させられたタングステンである。

【0079】

典型的には、第1の材料及び第2の材料が対象領域(焦点軌道)のみに堆積させられることを確実なものとするために、基材又は基材中間体をマスキングする中間ステップが存在する。任意選択的に、微視的なレニウム層が実質的にアノード半加工品の上面全体にわたって提供されるように、マスキングするステップは、ステップb)の前に適用されない。

【0080】

任意選択的に、1500 から3200 の範囲内、好ましくは1800 の温度まで回転可能アノード基材を加熱することにより回転可能アノード基材を焼結するステップd)が提供される。焼結する工程の効果は、第2の材料の表面を平滑化することである。典型的には、焼結することは、電子ビーム(任意選択的に、ガス抜き及び真空排気前に、X線管の電子ビーム自体)を使用して実施される。効果的に、製造中、回転式アノードの通常動作中に適用される焦点スポットより大幅に高い温度をもつ焦点スポットを生成することにより、焦点軌道が平滑化される。

10

【0081】

ステップd)は、事実上、管アノード製造業者により実施される管アノード熱試験ステップと組み合わせられ得る「ブレードイン工程」である。しかし、ブレードイン工程中に焦点スポット温度を過熱状態にすることは、対象領域の表面の粗さを減らすことを可能にする。

20

【0082】

任意選択的に、コーティングの焼結されていないエリアは、約10 μmの最大粗さ(Ra)をもち、コーティングの焼結されたエリアは、おおむねRa = 4 μmの最大粗さをもち、

【0083】

図5a及び図5bは、それぞれ、ステップd)の熱的な焼結工程の前(図5a)及び後(図5b)における純レニウムCVDコーティングの画像である。示されるように、工程前はレニウム表面が比較的粗いのに対し、熱的な焼結処理の後にはレニウム表面がより滑らかである。

30

【0084】

本発明の実施形態が異なる主題に関連して説明されることが留意されなければならない。特に、いくつかの実施形態が方法形態の請求項に関連して説明されるのに対し、他の実施形態がデバイス形態の請求項に関連して説明される。しかし、別段の記載がない限り、ある種類の主題に属する特徴の任意の組合せに加えて、異なる主題に関連した特徴間の他の組合せが本出願において開示されているとみなされることを当業者は上述の内容及び以下の説明から理解する。

【0085】

すべての特徴は、特徴の単なる足し合わせを上回る相乗効果を提供するように組み合わせられ得る。

40

【0086】

図面及び上述の説明に本発明が例示され、詳細に説明されているが、このような例示及び説明は例示又は一例とみなされ、限定とはみなされない。本発明は開示される実施形態に限定されない。

【0087】

開示される実施形態に対する他の変形例が図面、本開示、及び従属請求項の考察により、請求項に記載された発明を実施する当業者により理解及び実現され得る。

【0088】

特許請求の範囲において、「備える(含む、有する、もつ)」という用語は、他の要素もステップも排除せず、単数形の表現は複数を排除しない。1つのプロセッサ、又は他の

50

ユニットが、特許請求の範囲に記載されているいくつかの項目の機能を実現してよい。単に特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されているということが、利点を得るためにこれらの手段の組合せが使用不可能なことを示すわけではない。特許請求の範囲における参照符号は、いずれも特許請求の範囲を限定するように解釈されてはならない。

【図面】

【図 1】

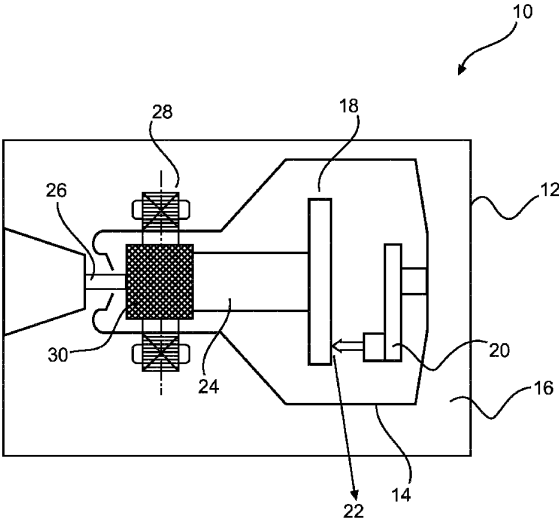


Fig. 1

【図 2】

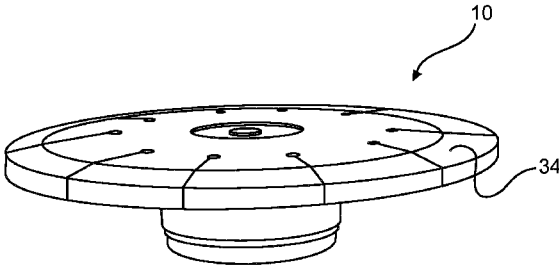


Fig. 2

【図 3 a)】

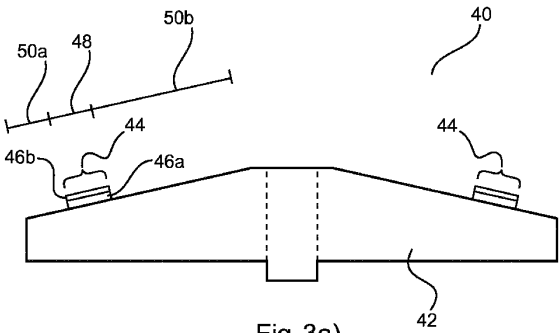


Fig. 3a)

【図 3 b)】

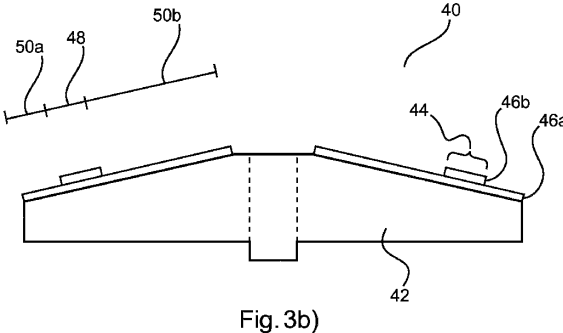


Fig. 3b)

10

20

30

40

50

【図 4】

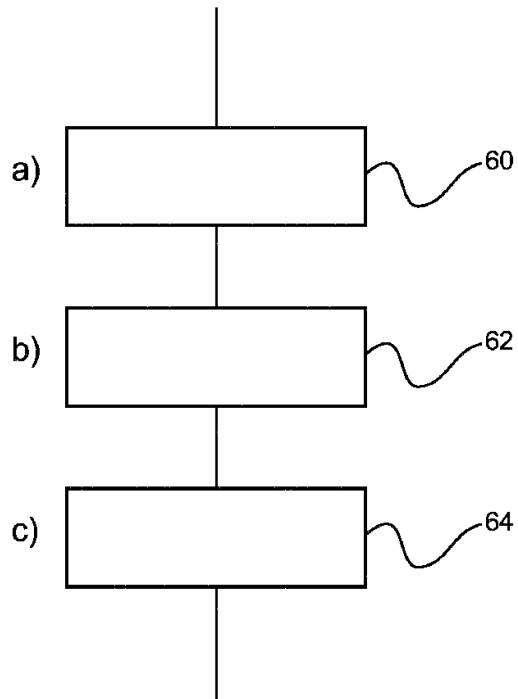
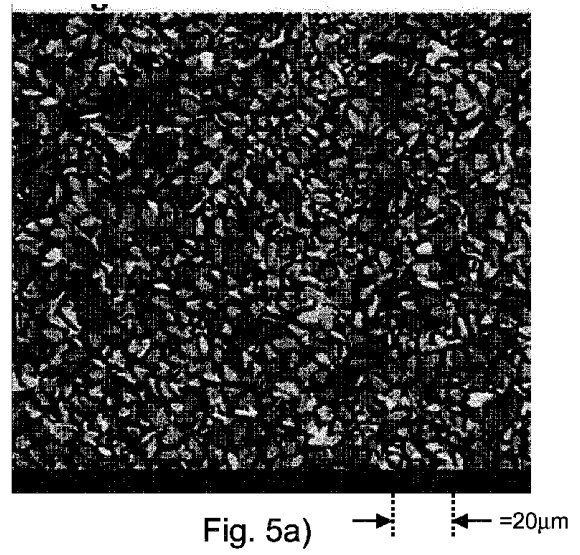
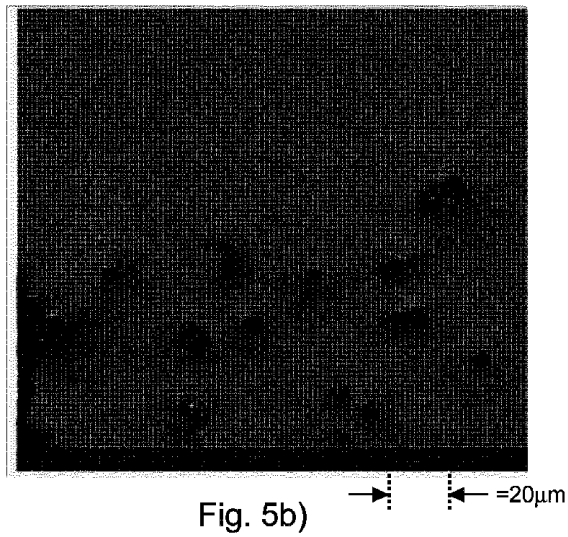


Fig. 4

【図 5 a)】



【図 5 b)】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

F 1 6 C

17/02

Z

(72)発明者 ベイズ クリストフ ヘルムト

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

(72)発明者 クロスト ウルフギヤング

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 大門 清

(56)参考文献

特開昭 5 3 - 1 0 2 6 9 0 (J P , A)

米国特許第 0 4 7 9 9 2 5 0 (U S , A)

特開昭 5 6 - 1 2 3 6 5 6 (J P , A)

特表 2 0 1 5 - 5 0 6 5 5 7 (J P , A)

特開平 0 5 - 2 1 7 5 3 3 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 0 6 9 3 7 5 (J P , A)

岩波 理化学辞典, 第 5 版, 日本, 岩波書店, 1998年04月22日, p.815-816,1451,1498

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 J 3 5 / 1 0

H 0 1 J 3 5 / 0 0