

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6313948号  
(P6313948)

(45) 発行日 平成30年4月18日(2018.4.18)

(24) 登録日 平成30年3月30日(2018.3.30)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 J 35/10 (2006.01)	HO 1 J 35/10 Z
HO 1 J 35/00 (2006.01)	HO 1 J 35/00 N

請求項の数 18 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-211501 (P2013-211501)
(22) 出願日	平成25年10月9日 (2013.10.9)
(65) 公開番号	特開2014-82208 (P2014-82208A)
(43) 公開日	平成26年5月8日 (2014.5.8)
審査請求日	平成28年10月4日 (2016.10.4)
(31) 優先権主張番号	13/652,598
(32) 優先日	平成24年10月16日 (2012.10.16)
(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 聰志
(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】 超高真空熱膨脹補償装置及び該装置を構築する方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

真空封入体の第一の部分を形成するフレームと、

前記真空封入体の内部に配置され、第一の端部及び第二の端部を有する回転サブシステム・シャフトであって、当該回転サブシステム・シャフトの前記第一の端部は前記フレームの第一の部分に取り付けられている、回転サブシステム・シャフトと、

前記真空封入体の内部に配置され、前記回転サブシステム・シャフトに前記第一の端部と前記第二の端部との間で取り付けられているターゲットであって、前記真空封入体の内部に配置された電子発生源から電子を受けるように配置されているターゲットと、

前記回転サブシステム・シャフトの前記第二の端部及び前記フレームの第二の部分に機械的に結合され、前記真空封入体の第二の部分を形成する熱補償器と、  
を備え、

前記フレームと前記熱補償器とにより形成される前記真空封入体の前記第一の部分および前記第二の部分は、前記真空封入体の内部の真空が維持されるように、互いに作用し、

前記フレームの第二の部分はロータ・キャンであり、前記熱補償器は前記ロータ・キャンに結合される、X線管。

## 【請求項 2】

前記回転サブシステム・シャフトの前記第二の端部及び前記熱補償器の第一の端部に取り付けられた第一の補償器取付け部材と、

前記ロータ・キャン及び前記熱補償器の第二の端部に取り付けられた第二の補償器取付

け部材と、  
を含み、

前記第一の補償器取付け部材および前記第二の補償器取付け部材は、前記第一の補償器取付け部材と前記第二の補償器取付け部材との間に、軸方向の移動を可能にするためのクリアランスが形成されるように、互いに間隔を空けて配置されており、前記熱補償器は、前記第一の補償器取付け部材と前記第二の補償器取付け部材との間に、前記クリアランスに渡って延在するように設けられている、請求項1に記載のX線管。

【請求項3】

前記第一及び第二の補償器取付け部材は、前記シャフトの回転軸と同一直線に位置する前記X線管の軸に沿って互いに摺動自在に係合するように構成されている、請求項2に記載のX線管。

10

【請求項4】

前記熱補償器の第一の端部が前記ロータ・キャンに取り付けられており、  
前記熱補償器の第二の端部が付属部材片を介して前記回転サブシステム・シャフトの前記第二の端部に取り付けられている、  
請求項1に記載のX線管。

【請求項5】

前記フレームは、当該フレームの前記第一の部分を含む支持板を含んでいる、請求項1に記載のX線管。

【請求項6】

20

X線管を製造する方法であって、  
フレームにより真空封入体の第一の部分を形成するステップと、  
回転サブシステム・シャフトの第一の端部を前記フレームに取り付けるステップと、  
前記真空封入体の第二の部分を形成する前記熱補償器の第二の端部を前記フレームに結合するステップと、  
ロータ・キャン又は他の構成要素付属部材により前記熱補償器の第一の端部をターゲット支持シャフトの第二の端部に機械的に結合するステップと、  
を備え、

前記熱補償器は、前記フレームと協働して前記真空封入体の内部の真空を維持するように伸長可能な部品として形成され、

30

ターゲットが、前記回転サブシステム・シャフトに前記第一の端部と前記第二の端部との間で取り付けられる、方法。

【請求項7】

前記フレームは支持板及びロータ・キャンを含んでおり、前記回転サブシステム支持シャフトの前記第一の端部は前記支持板に取り付けられている、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

第一の補償器取付け部材を前記回転サブシステム支持シャフトの第二の端部及び前記補償器の第一の端部に取り付けることにより、前記熱補償器の前記第一の端部を前記回転サブシステム支持シャフトの前記第二の端部に機械的に結合するステップと、

第二の補償器取付け部材を前記ロータ・キャンに取り付けるステップと、

40

前記熱補償器の前記第二の端部は前記第二の補償器取付け部材に取り付けられる、請求項7に記載の方法。

【請求項9】

前記第一及び第二の補償器取付け部材の一方が、前記シャフトの回転軸と同一直線に位置する前記X線管の軸に沿って前記第一及び第二の補償器取付け部材の他方と摺動自在に係合するように構成されている、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記熱補償器の前記第一の端部を前記シャフトの前記第二の端部に機械的に結合するステップは、

50

前記熱補償器の前記第一の端部を前記ロータ・キャンに取り付けるステップと、前記熱補償器の前記第二の端部を前記フレームの第二の部分に取り付けるステップとを含んでおり、

前記ロータ・キャンの一方の端部が、前記フレームの前記第二の部分の開口を通って摺動自在に係合するように構成されている、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記熱補償器の前記第一の端部は、取付け部材を介して前記回転サブシステム支持シャフトの前記第二の端部に取り付けられており、

前記補償器の前記第二の端部は前記ロータ・キャンに取り付けられている、請求項 7 に記載の方法。

10

【請求項 1 2】

支持構造と、該支持構造に取り付けられた検出器と、前記支持構造に取り付けられた X 線管とを備えたイメージング・システムであって、

前記 X 線管は、

真空封入体の一つの部分を形成する容器と、

前記真空封入体の内部に配置され、第一の端部及び第二の端部を有する回転サブシステム・シャフトであって、当該回転サブシステム・シャフトの前記第一の端部は前記容器の一つの部分に取り付けられている、回転サブシステム・シャフトと、

前記真空封入体の内部において、前記回転サブシステム・シャフトに前記第一の端部と前記第二の端部との間で取り付けられているターゲットであって、前記真空封入体の内部に配置された陰極から電子を受けるように配置されているターゲットと、

20

前記真空封入体のもう一つの部分が形成されるように、前記シャフトの前記第二の端部及び前記容器のもう一つの部分に機械的に結合される熱補償器アセンブリであって、熱補償器と、前記熱補償器の互いに反対側に位置する端部に取り付けられ、前記熱補償器を前記シャフトの前記第二の端部及び前記容器のもう一つの部分に結合する第一及び第二の補償器取付け部材と有する熱補償器アセンブリと、

を含み、

前記容器及び前記熱補償器アセンブリにより形成された前記真空封入体の内部は、前記熱補償器と前記容器との結合に基づいて、真空が維持されている、イメージング・システム。

30

【請求項 1 3】

前記熱補償器アセンブリが結合されている前記容器の前記もう一つの部分はロータ・キャンである、請求項 1 2 に記載のイメージング・システム。

【請求項 1 4】

前記第一及び第二の熱補償器取付け部材は、前記シャフトの回転軸と同一直線に位置する前記 X 線管の軸に沿って互いに摺動自在に係合するように構成されている、請求項 1 2 に記載の イメージング・システム。

【請求項 1 5】

前記熱補償器は、前記ロータ・キャンの第一の端部、及び当該補償器が結合されている前記容器の前記もう一つの部分に取り付けられており、

40

前記ロータ・キャンの前記第一の端部は、前記補償器が取り付けられている前記容器の前記もう一つの部分の開口を通って摺動自在に係合するように構成されており、

前記ロータ・キャンの第二の端部が付属部材片を介して前記シャフトの前記第二の端部に取り付けられている、請求項 1 3 に記載の イメージング・システム。

【請求項 1 6】

前記熱補償器の第一の端部が前記ロータ・キャンに取り付けられており、

前記熱補償器の第二の端部が付属部材片を介して前記シャフトの前記第二の端部に取り付けられている、請求項 1 3 に記載の イメージング・システム。

【請求項 1 7】

前記フレームは、当該フレームの前記第一の部分を含む支持板を含んでいる、請求項 1

50

2に記載のイメージング・システム。

## 【請求項 1 8】

前記熱補償器は、前記フレームと協働して前記真空封入体の内部の真空を維持するよう  
に伸長可能な部品を有する、請求項 1 に記載の X 線管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0 0 0 1】

本発明の各実施形態は一般的には、X 線管に関し、さらに具体的には、伸縮接合部を形成する装置及び該装置を構築する方法に関する。

10

## 【背景技術】

## 【0 0 0 2】

計算機式断層写真法 (CT) X 線イメージング・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ガントリ・アセンブリとを含んでいる。動作時には、対象を配置した撮影台が 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、撮影台の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。検出器は受光される放射線を電気信号へ変換した後に、受け取ったデータを送信し、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 X 線スキャナ又は計算機式断層写真法 (CT) 小包スキャナの小包の場合のように無生物が含まれ得ることを認められよう。

20

## 【0 0 0 3】

典型的な X 線管は、集束された高エネルギー電子ビームを与える陰極を含んでおり、電子ビームは陰極 - 陽極間の真空ギャップを横断して加速されて、設けられた活性材料又はターゲットに衝突すると X 線を発生する。電子ビームがターゲットに衝突するときに発生される高温のため、典型的には、ターゲットを冷却する目的でターゲット・アセンブリは高速の回転速度で回転される。X 線管の構成要素は、典型的には金属製又はガラス製のフレームによって保たれる超高真空に配置される。

30

## 【0 0 0 4】

X 線管はまた、ターゲットの焦点スポットにおいて発生される熱を分散する目的でターゲットを回転させる回転サブシステムを含んでいる。回転サブシステムは典型的には、円板形のターゲットを支持する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。回転サブシステム・アセンブリのロータはステータによって駆動される。典型的には、ターゲットは、片持ち型構成として軸受けアセンブリによって支持されている。軸受けアセンブリは、前方内外軸受けレース及び後方内外軸受けレース、玉軸受け、並びにここから延在してターゲットを支持するシャフトを含んでいる。軸受けアセンブリは、典型的な設計ではターゲットを支持するシャフトが動作中に経験する極端な温度の結果として動作中に自由に膨張収縮することができるよう、一方の端部で軸方向に固定されている。

40

## 【0 0 0 5】

近年、CT 業界内では、ガントリ速度を 0.4 秒ガントリ回転以上にまで高めることができ  
る。業界がガントリ速度の高速化を推進するのに伴って、X 線管に加わる機械的負荷も増大している。一般的には、X 線管に加わる機械的負荷はガントリ回転速度の自乗として増大し、このようにガントリ速度が高まることにより、X 線管、特にターゲットに加わる g 荷重が多大になっている。従って、ターゲットを支持する軸受けアセンブリに加わる機械的負荷も顕著に増大している。

## 【0 0 0 6】

このようなものとして、ガントリ速度の増大に対応するために、幾つかの公知の設計では、ターゲットは単一のシャフトによって支持されるが、ターゲットを軸受けアセンブリ

50

の前後レースの間に配置することを可能にするフランジが組み入れられている（リエントラント（reentrant、凹入）設計とも呼ぶ）。これにより、ターゲットは前後両レースの近傍に配置され、また幾つかの公知の設計ではターゲットは回転サブシステムの重心が前後レースの間に中心を置くように配置され、これにより前後レースの間で等分の負荷を分担することを可能にする。他の公知の設計では、玉軸受け方式の軸受けアセンブリの代わりにスパイラル溝軸受け（SGB）を組み入れてもよく、この軸受けは、一つの公知の実施形態では約15ミクロンという相対的に小さい間隙の下で互いに關して回転する内外構成要素の間に配置される低蒸気流体（液体金属流体）にわたり遙かに広い応力分配を提供する。SGBの一つの公知の流体はガリウムである。

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、近年では、ガントリ速度をさらに高速に、0.25ガントリ速度以上に高めることが望まれている。このようなものとして、公知の軸受け設計は、これらの増大したg荷重条件での摩耗のため突然に破損するか又は短寿命化して破損するかの何れかを生じ得る。ガントリ速度の増大はまた、ターゲット支持構造（シャフト、軸受け及びターゲット）の相対的に大きい機械的撓みを生ずる場合があり、これにより焦点スポット移動又は他の画質問題の原因を招き得る。このように、0.25秒ガントリ速度以上の動作を可能にするために、近年のX線管設計は、ターゲットの軸方向の両側で支持されるシャフトを含むようになっている。すなわち、ターゲット及びロータを取り付けた回転式シャフトは、X線管のプレート又は他の支持構造に固定連接された軸受け静止支持材（例として玉軸受け又はSGB）を含み得る。換言すると、0.25秒以上のガントリ速度のため顕著に増大した負荷に対応するために、ターゲットの両側に配置される支持材によってターゲットを支持して、軸受けに加わる集中的な負荷及び撓みを大幅に減少させ片持ち装着型ターゲットの片持ちの影響を除去する「跨橋（straddle）」型支持を設けることが望ましい。

20

【0008】

しかしながら、このことを行なう（すなわち第二の支持材を設ける）ためには、第二の支持材は典型的には、X線管のフレームに固定的に装着される。このようなものとして、この支持材はシャフトも第二の端部で軸方向に機械的に制約し、シャフトが動作中、並びに他の加熱事象及び冷却事象中に自由に膨張収縮するのを阻む。

30

【0009】

典型的には、X線管の構成要素は様々な理由で様々な材料で製造される。例えば、シャフト自体はしばしば、モリブデンで製造され（動作中の高温に耐える能力のため）、一方、シャフトが取り付けられる支持板及びフレームは典型的には、ステンレス鋼のような遙かに安価な材料で製造される。熱膨張率（CTE）及び溶接適性の不整合のため、例としてコバール（kovar）が典型的にはシャフトと支持板との間に中間材料として含められる。支持板に取り付けられてターゲット、ロータ、及び他の構成要素を封入するのに用いられるフレーム自体は、例えば304Lで製造され得る。このようなものとして、限定しないが材料費用、加工及び機械加工費用、性能（すなわち高温動作）、並びに溶接適性を含む多様な理由で、多様な材料を典型的には用いて、シャフト、プレート、フレーム、及びターゲットを支持して封入する他の構成要素を形成する。各々の材料は固有の軸方向長さ、CTE、全体的な動作温度を有し、またシャフトは両端で固定的に装着されるので、熱成長差が、経験される多様な熱条件のため境界面（溶接部及び鑄付け部の）並びに構成部品に高応力を誘発し得る。

40

【0010】

X線管では加工温度及び動作温度が極めて高いため、ターゲット及びターゲットを支持する支持シャフトのようなX線管構成要素は、モリブデンのような耐火金属によって製造される。モリブデンは、鉄金属に比較して低い熱膨張率（CTE）を特徴とする。支持シャフト自体は真空フレーム及び支持板によって支持され封入されて、これらの真空フレー

50

ム及び支持板は一般的には、モリブデン又はモリブデン合金の約3倍のCTEを有するオーステナイト系ステンレス鋼(304)で製造されている。このように、ターゲット、支持シャフト、並びに真空フレーム及び支持板はこれら特定的な材料で製造されていない場合もあるが、境界面に大きいCTE差が生ずる材料で典型的に製造されていることには違いない。材料のCTE差及び相対的に大きい部品の全長は、シャフトとシャフトに連結した構成要素との間に大きい熱成長差を招き得る。負荷能力及び撓み制御のために構成要素剛性を典型的には相対的に高くしていることと相俟って、溶接接合部及び鑑付け接合部を含み得る構成要素境界面において高い内部応力が誘発され得る。従って、溶接接合部又は鑑付け接合部は、突発的な管破損までも招き得る接合部真空漏れ又は機械的接合部破損を含み得る破損様態を呈し得る。

10

#### 【0011】

このようなものとして、構成要素及び境界面での応力を低下させる一つの公知の方法は、温度変化から帰結する長さの変化が互いに均衡する(ゼロ熱成長差)ように構成要素を選択的に設計するものである。すなわち、熱モデルに基づいて構成部品の温度分布を予測することができ、次いで、材料、及び構成要素関連の幾何学的長さが、予測される温度分布の結果として生じ得る長さの変化に均衡するように選択され得る。例えば、動作中にモリブデン製の中心シャフトは、304Lフレーム材料よりも膨張率が低いが、中心シャフトはそれでも、当該中心シャフトが動作する温度が遙かに高いためフレームよりも膨張し得る。このように、この例では、影響を抑えるために、304Lよりも高いCTEを有する材料を、構成部品が定常状態動作温度に達したときに各部品が同じ量だけ膨張するよう、フレームの一部(リエントラント・ロータ)に含めることができる。また、フレーム構築にNi42のようにSS304Lよりも低いCTEのニッケル基合金を用いるか、又はセラミック、コバルト若しくはニッケル基合金で製造されたハイブリッド・フレーム・アセンブリを用いると、全体的な構成要素の熱成長を減少させることができる。

20

#### 【0012】

しかしながら、構成部品は、温度において帰結する応力を最小化するように設計され得るが、X線管について全ての熱的条件が同じである訳ではない。例えば、X線管は広範囲の定常状態出力又は平均出力で動作するので、一組の定常状態熱的条件を想定していたのでは、異なる定常状態が生じたときの構成要素の応力を最小化するのには不十分な場合がある。日によって重患者負荷を伴う高出力撮像を多数行なうこともあれば、他の日には低出力走査のみを行なうこともある。さらに、ともかく加熱時及び冷却時に構成要素は過渡的熱応答(温度分布)を経験し、これにより、定常状態に達したときに応力が近ゼロまで低下しても過渡状態中の動的膨張差のため応力を生じ得る。

30

#### 【0013】

加えて、典型的なX線管動作中に経験される極端な温度以外にも、製造中にX線管は焼出し(bakeout)及びシーズニングのような加工中に著しい温度変動を蒙る場合がある。一例として、焼出し中にはX線管全体(フレーム、支持板、及びシャフト等)が高温(約400を上回る)にされる。典型的には、X線管は、全ての露出面を清浄化して長期の高電圧安定性を与えるように全ての構成部品を十分な温度にまで高めるために炉内で焼かれる。焼出し中に、フレームは特に、X線管の正常動作中に典型的に生ずるよりも遙かに高い温度変動を経験する。このようなものとして、構成部品が様々な定常状態及び過渡状態に耐えるために設計されていても、焼出し及び他の加工ステップによって、管動作条件の場合よりも有害な熱成長差を招く場合がある。

40

#### 【0014】

このように、回転サブシステムの静止シャフトの両端がフレームに固定的に装着されているときに、多大な応力は、構成要素境界面及び構成要素自体において、室温から加工時又は動作時の熱的条件のため全体的なシステム熱として生じ得る。応力は、境界面及び構成要素での応力が所与の組の熱的条件について設計範囲内に留まるように構成要素を適当に設計することにより一定範囲まで減少させられ得る。しかしながら、X線管は、広範な定常状態及び過渡状態、並びに様々な動作条件を経過し得る。このようなものとして、全

50

ての可能な組の熱的条件を考慮して設計され得る訳ではなく、疲労サイクリング及び／又は突発的な構成要素破損を招き得る応力は生じ得る。

【0015】

従って、動作中及び加工中の広範囲の熱的条件の下で超高真空を保ち得る構成要素同士の間の接合部を備えた堅牢な設計を有するX線管を有し、上述の欠点を克服することができると有利であろう。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の各実施形態は、上述の欠点を克服して、構成要素境界面での機械的な応力を低くしてX線管が動作するために必要とされる超高真空を保つ装置及び装置を構築する方法を提供する。

10

【0017】

本発明の一観点によれば、X線管が、真空封入体の第一の部分を形成するフレームと、真空封入体の内部に配置されて、第一の端部及び第二の端部を有する回転サブシステム・シャフトであって、当該回転サブシステム・シャフトの第一の端部はフレームの第一の部分に取り付けられている、回転サブシステム・シャフトと、真空封入体の内部に配置されて、回転サブシステム・シャフトに第一の端部と第二の端部との間で取り付けられているターゲットであって、真空封入体の内部に配置された電子発生源から電子を受けるように配置されているターゲットと、回転サブシステム・シャフトの第二の端部及びフレームの第二の部分に機械的に結合されて、真空封入体の第二の部分を形成する熱補償器とを含んでいる。

20

【0018】

本発明のもう一つの観点によれば、X線管を製造する方法が、フレームによって真空封入体の第一の部分を形成するステップと、回転サブシステム・シャフトの第一の端部をフレームに取り付けるステップと、真空封入体の第二の部分を形成する熱補償器の第二の端部をフレームに結合するステップと、ロータ・キャン又は他の構成要素付属部材によって熱補償器の第一の端部をターゲット支持シャフトの第二の端部に機械的に結合するステップとを含んでいる。

【0019】

本発明のさらにもう一つの観点は、支持構造と、該支持構造に取り付けられた検出器と、支持構造に取り付けられたX線管とを含むイメージング・システムを含んでいる。X線管は、真空封入体の一つの部分を形成する容器と、真空封入体の内部に配置されて、第一の端部及び第二の端部を有する回転サブシステム・シャフトであって、当該シャフトの第一の端部は容器の一つの部分に取り付けられている、回転サブシステム・シャフトと、真空封入体において、回転サブシステム・シャフトに第一の端部と第二の端部との間で取り付けられているターゲットであって、真空封入体の内部に配置された陰極から電子を受けるように配置されているターゲットと、シャフトの第二の端部及び容器のもう一つの部分に機械的に結合されて、真空封入体のもう一つの部分を形成する熱補償器とを含んでいる。

30

【0020】

40

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。

【図面の簡単な説明】

【0021】

図面は、発明を実施するために現在思量される一つの好適な実施形態を示す。

【図1】本発明の一実施形態の組み入れから利益を享受し得るイメージング・システムのプロック図である。

【図2】本発明の一実施形態を示すX線管の断面図である。

【図3】フレームとロータ・キャンとの間に熱補償器を有するX線管の断面の一部の図である。

【図4】ロータ・キャンの軸方向部分に沿って熱補償器を有するX線管の断面の一部の図

50

である。

【図5】ロータ・キャンの軸方向部分に沿って熱補償器を有するX線管の断面の一部の図である。

【図6】ロータ・キャンと静止シャフトとの間の接合部の一部として熱補償器を有するX線管の断面の一部の図である。

【図7】ロータ・キャンと静止シャフトとの間の接合部の一部として熱補償器を有するX線管の断面の一部の図である。

【図8】非侵襲型小包検査システムと共に用いられるCTシステムの見取り図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

10

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。

【0023】

20

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CZT検出器等)を実装し得ることも思量される。

【0024】

30

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。

【0025】

40

図2は、本発明の一実施形態の組み入れから利益を享受し得るX線管4の断面図を示す。X線管4は、放射線放出路52を内部に形成したケーシング50を含んでいる。ケーシング50は、陽極ターゲット(又は回転サブシステム)56、軸受けアセンブリ58、陰極60、及びロータ62を有する真空54を封入したインサート53を部分的に格納している。軸受けアセンブリ58は、内シャフト59と外シャフト61とを有するスパイラル溝軸受け(SGB)として図示されている。しかしながら、本発明はこのように限定される訳ではなく、一例として前後の内外レースを有する従来の玉軸受けのような他の軸受け

50

も包含し得る。

【0026】

X線6は、一次電子ビームからの高速の電子が陰極60とターゲット56の間の電位差を介して陰極60からターゲット56へ導かれたときに急激に減速されると発生される。高電圧CT応用では、陰極60とターゲット56との間の電位差は、例えば60キロボルト(kEV)であり、140kEVまで又はこれ以上であってよい。他の応用では、電位差がさらに小さい場合もある。電子は焦点スポット又は焦点において材料層又はターゲット焦点軌道86に衝突し、焦点スポット又は焦点からX線6が放出する。焦点61に位置する衝突点は典型的には、当技術分野では焦点スポットと呼ばれる。X線6は放射線放出路52を通って、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。高電圧CT応用では、電子によるターゲット56の過熱を回避するために、ターゲット56を例えば75Hz～250Hzの高速で中心線64(又はシャフトの回転軸)の周りに回転させる。さらに低電圧又は低電力の応用では、ターゲット56が静止したままであってもよい。

【0027】

軸受けセンブリ58は、静止した内シャフト59と回転する外シャフト61とを含んでおり、図示の実施形態では両シャフトの間に間隙63を含んでいる。間隙63はガリウムのような液体金属で充填されており、ガリウムは、当技術分野で公知のように、外シャフト61の内面及び内シャフト59の外面に設けられた螺旋溝(不図示)を用いて間隙63に保たれている。外シャフト61は、当該外シャフト61の軸方向移動、従ってターゲット56の軸方向移動を限定し又は防ぐ軸方向制限器又はスラスト軸受け65を含んでいる。内シャフト59は、上述のようにターゲット56に関して静止している支持板によって第一の端部67において支持されている。内シャフト59はまた、第二の端部68においても支持されており、従って回転サブシステム・ターゲット56は前後両端で支持されて、結果として確実型(solid)支持又は「跨橋」が動作中の回転サブシステム・ターゲット56の機械的支持を形成している。跨橋支持は、回転サブシステム・ターゲット56が外シャフト61の一方の軸方向端部でのみ支持されているような従来のX線管設計よりも小さい機械的システム撓みを与える。

【0028】

X線管4は、回転サブシステムのターゲット56、外シャフト61、及びロータ62が配置されている真空54を部分的に形成する支持板69、フレーム71、及びロータ・キャン73を含んでいる。内シャフト59、支持板69、フレーム71、及びロータ・キャン73は固定接続されている(すなわち溶接、籠付け又は両者の組み合わせによって互いに物理的に固定的に取り付けられている)ので、ロータ・キャン73が内シャフト59にも固定接続されると、X線管4の動作及び/又は加工による温度変化が構成要素の間及び構成要素境界面の間に多大な応力を蓄積し得ることが当業者には理解されよう。かかる応力は、前述のように構成要素及び構成要素境界面の歪み及び破損を招き得る。

【0029】

このようなものとして、本発明によれば、熱補償器アセンブリ75が含められ、補償器77を用いてX線管4の構成要素の軸方向の膨張収縮に配慮する。熱補償器77は、一実施形態では直接取り付けによってフレームに結合され、またもう一つの実施形態では例としてフレーム構成要素として形成される。一実施形態によれば、熱補償器77はロータ・キャン又は他の構成要素付属部材によってターゲット支持シャフトに結合される。この実施形態及び以下の各実施形態での熱補償器77は機械的剛性が低く、X線管の信頼性及び性能を高めるために、主な構造支持はケーシング構造を経るものとして、高い内部構成要素応力及び境界面構成要素応力を招くことなく構成要素の熱によって誘発される張力又は変位を許す。このように、回転サブシステムの主な機械的負荷経路は、結合用構成要素又はシャフト・アダプタによってケーシング支持構造を経るものとなり、他の管構成要素又は熱補償器を経ず、構成要素信頼性及び管性能を高める。このようなものとして、内部の機械的応力が熱補償器77の結果として著しく低下する。

10

20

30

40

50

## 【0030】

熱補償器 77 は、回旋部 (convolution) を薄壁構成要素 (又は管) に形成することにより、又は個々の回旋部を共に溶接して溶接された一つのアセンブリを形成することにより、製造され得る。材料選択は、機械的要件 (剛性、並びに許容応力及び温度)、及び溶接適性又は鑑付け適性要件に依存するが、高電圧応用向けのステンレス鋼のように超高真  
10 空対応でなければならない。

## 【0031】

熱補償器 75 は、本発明によれば、多くの態様で形成又は製造 (組み立て) され得る。一実施形態によれば、図 2 に示すように、補償器 77 は、第一の取付け部材 79 (シャフト端取付け部材) を介して第二の管端部 68 及び回転サブシステムの内シャフト 59 に機械的に結合され、また、第二の取付け部材 81 (ロータ端取付け部材) に機械的に結合される。本実施形態では、第一及び第二の取付け部材 79、81 は、両者の間にクリアランス 83 が形成されているため互いに關して移動し又は摺動自在に係合することができる。すなわち、補償器 77 が固定連接されて (真空完全性を有する)、真空中のための境界密閉部を提供するので、第一及び第二の取付け部材 79、81 は、真空を保ちつつ、構成要素の軸方向膨張に配慮して互いに關して軸方向に移動することができる。

## 【0032】

換言すると、図 2 に示す実施形態では、X 線管 4 の動作中及び製造中に、補償器 77 を有する熱補償器 75 によって提供される機械的軸方向剛性が低いので、X 線管 4 の各構成要素の内部での高応力が回避される。このように、限定しないがターゲット 56、外シャフト 61 及びロータ 62 を含む回転サブシステムと陰極 60 とが真空 54 の内部に収容され、真空 54 は、支持板 69、フレーム 71、ロータ・キャン 73、第一及び第二の補償器取付け部材 79、81、及び補償器 77 の各部分を含む封入体として形成される。このように、第一及び第二の取付け部材 79、81 の間に形成されるクリアランス 83 は、取付け部材から当該クリアランス 83 の間の最大の半径方向相対運動を限定しつつ、ともすれば真空封入体を形成する各部分の内部に応力を蓄積させたであろうような本質的に無制約の軸方向変位を両取付け部材の間に許す。クリアランス 83 の両側での真空完全性は補  
20 償器 77 によって保たれているので、真空完全性の損失を招かず、また軸方向に過度に制約されずに、X 線管 4 を加工した動作させることができる。このようなものとして、早期破損又は突発的破損を招き得る高応力が回避される。

## 【0033】

このように、図 2 の実施形態によれば、フレーム 71 が、真空 54 を有する真空封入体の第一の部分を形成し、回転サブシステム・シャフト 61 が内部に配置される。真空封入体を形成するフレームはまた、支持板 69 及び / 又はロータ・キャン 73 を含み得る。換言すると、「フレーム」との用語は特定的にはフレーム構成要素 71 を指す場合もあり、又はさらに一般的には真空 54 を収容する真空封入体の一部を形成するのに用いられ得る任意の構成要素を指すこともできる。

## 【0034】

図 3 ~ 図 7 は、本発明の実施形態による熱補償器 75 の代替的な実施形態を示す。図 3 ~ 図 7 は、X 線管 4 の基本構成要素を図示しており、説明の目的で単純化されている。すなわち、図 3 ~ 図 7 は、シャフトの第二の端部 68 の領域における十分な構成要素を示しているが、図の実施形態は図 2 の X 線管 4 に制約なく組み入れられ得ること、またかかる実施形態は、本発明の実施形態に従って SGB アセンブリ又は回転軸受けアセンブリを包含し得ることが理解される。

## 【0035】

図 3 を参照して述べると、伸縮接合部 75 が、構成要素の軸方向膨張に配慮した補償器 85 を含んでいる。本実施形態では、補償器 85 は、フレーム 71 及びロータ・キャン 73 に取り付けられている。ロータ・キャン 73 は、シャフト取付け部材 87 を介して内シャフト 59 に固定連接されている。半径方向クリアランス 89 がロータ・キャン 73 とフレーム 71 の間に形成され、真空完全性は補償器 85 を介してクリアランス 89 に跨が  
40  
50

って保たれている。このように、この実施形態では、X線管4の軸方向の膨張収縮は熱補償器接合部75において生じ、真空完全性はクリアランス89に渡した補償器85によって保たれ、一方、構造的支持はシャフト・アダプタ104によってケーシング支持材105によって提供される。クリアランス89の両側での真空完全性は機械的軸方向剛性の低い補償器85によって保たれているので、真空完全性の損失を招かず、また軸方向に過度に制約されずに、X線管4を加工しまた動作させることができる。このようなものとして、早期破損又は突発的破損を招き得る高応力が回避される。

#### 【0036】

図4を参照して述べると、熱補償器91が図3に示すものの近傍に配置されている。しかしながら、この実施形態では、伸縮補償器93は構成要素の軸方向膨張に配慮しているが、構成要素の間での軸方向変位のためのクリアランスを含んでいない。すなわち、本実施形態では、補償器93はフレーム71及びロータ・キャン73に取り付けられており、ロータ・キャン73自体はフレーム71に固定連接（すなわち真空完全性を有して溶接又は鑑付け）されている。ロータ・キャン73は、シャフト取付け部材87を介して内シャフト59に固定連接されている。このように、この実施形態では、X線管4の軸方向の熱膨張及び収縮は補償器91に生じ、真空完全性は補償器93によって保たれ、一方、シャフト・アダプタ104によるケーシング構造105が主な構造的支持を提供する。真空完全性は補償器93によって保たれているので、真空完全性の損失を招かず、また軸方向に過度に制約されずに、X線管4を加工しまた動作させることができる。このようなものとして、早期破損又は突発的破損を招き得る高応力が回避される。

10

#### 【0037】

図5を参照して述べると、熱補償器91は図4のものと同様であるが、図4とは反対側のロータ・キャン73の軸方向端部に配置されている。実施形態の補償器93は、構成要素の軸方向膨張に配慮しているが、構成要素の間での変位のための物理的な軸方向クリアランスも半径方向クリアランスも設けられていない。本実施形態では、伸縮補償器93は、ロータ・キャン73の第一及び第二の部分95、97に取り付けられており、ロータ・キャン73自体は、フレーム71及びシャフト端取付け部材に固定連接（すなわち真空完全性を有して溶接又は鑑付け）されている。ロータ・キャン73は、取付け部材87を介して回転サブシステム内シャフト59に固定連接されている。このように、この実施形態では、X線管4の軸方向の熱膨張及び収縮は熱補償器75に生じ、真空完全性は補償器93によって保たれ、一方、シャフト・アダプタ104によるケーシング構造105が主な構造的支持を提供する。真空完全性は補償器93によって保たれているので、真空完全性の損失を招かず、また軸方向に過度に制約されずに、X線管4を加工しまた動作させることができる。このようなものとして、早期破損又は突発的破損を招き得る高応力が回避される。

20

30

#### 【0038】

図6及び図7を参照して述べると、伸縮接合部99が半径方向補償器101（図6）又は軸方向補償器103（図7）を含んでいてよく、これらの補償器は図4及び図5の各実施形態の場合と同様に、構成要素の間の軸方向変位又は半径方向変位のための物理的クリアランスは含んでいないが、機械的な剛性（図6では半径方向剛性、及び図7では軸方向剛性）が相対的に低い。これらの実施形態では、熱補償器101及び103は構成要素の軸方向膨張に配慮しているが、構成要素の間の軸方向変位又は半径方向変位のための物理的クリアランスをやはり含んでいない。これらの実施形態では、熱補償器101、103は、ロータ・キャン73と回転サブシステム・シャフト68の第二の端部との間に形成されている。図6では、熱補償器101は半径方向に伸縮するように配置され、図7では、伸縮ベローズ103が軸方向に伸縮するように配置されている。ロータ・キャン73自体は、フレーム71に固定連接（すなわち真空完全性を有して溶接又は鑑付け）されている。ロータ・キャン73は、取付け部材87を介して回転サブシステム内シャフト59に固定連接されている。このように、これらの実施形態ではX線管4の軸方向の膨張収縮は機械的な剛性の低い熱補償器101及び103に生じ、真空完全性は熱補償器101（図6

40

50

) 及び熱補償器 103 (図 7) によって保たれ、一方、シャフト・アダプタ 104 によるケーシング支持構造 105 が主な構造的支持を提供する。真空完全性は熱補償器 101 (図 6) 及び 103 (図 7) によって保たれているので、真空完全性の損失を招かず、また軸方向に過度に制約されずに、X 線管 4 を加工しました動作させることができる。このようなものとして、早期破損又は突発的破損を招き得る高応力が回避される。注目すべきこととして、図 6 の伸縮ベローズ 101 は半径方向に延在するように示されているが、かかる能力はまた、X 線管 4 の構成要素が軸方向に膨張収縮する能力にも対応することが理解される。

#### 【0039】

図 8 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 システムとして動作するように構成され得る。

#### 【0040】

本発明の一実施形態によれば、X 線管が、真空封入体の第一の部分を形成するフレームと、真空封入体の内部に配置されて、第一の端部及び第二の端部を有する回転サブシステム・シャフトであって、当該回転サブシステム・シャフトの第一の端部はフレームの第一の部分に取り付けられている、回転サブシステム・シャフトと、真空封入体の内部に配置されて、回転サブシステム・シャフトに第一の端部と第二の端部との間で取り付けられているターゲットであって、真空封入体の内部に配置された電子発生源から電子を受けるように配置されているターゲットと、回転サブシステム・シャフトの第二の端部及びフレームの第二の部分に機械的に結合されて、真空封入体の第二の部分を形成する熱補償器とを含んでいる。

#### 【0041】

本発明のもう一つの実施形態によれば、X 線管を製造する方法が、フレームによって真空封入体の第一の部分を形成するステップと、回転サブシステム・シャフトの第一の端部をフレームに取り付けるステップと、真空封入体の第二の部分を形成する熱補償器の第二の端部をフレームに結合するステップと、ロータ・キャン又は他の構成要素付属部材によって熱補償器の第一の端部をターゲット支持シャフトの第二の端部に機械的に結合するステップとを含んでいる。

#### 【0042】

本発明のさらにもう一つの実施形態は、支持構造と、該支持構造に取り付けられた検出器と、支持構造に取り付けられた X 線管とを含むイメージング・システムを含んでいる。X 線管は、真空封入体の一つの部分を形成する容器と、真空封入体の内部に配置されて、第一の端部及び第二の端部を有する回転サブシステム・シャフトであって、当該シャフトの第一の端部は容器の一つの部分に取り付けられている、回転サブシステム・シャフトと、真空封入体において、回転サブシステム・シャフトに第一の端部と第二の端部との間で取り付けられているターゲットであって、真空封入体の内部に配置された陰極から電子を受けるように配置されているターゲットと、シャフトの第二の端部及び容器のもう一つの部分に機械的に結合されて、真空封入体のもう一つの部分を形成する熱補償器とを含ん

10

20

30

40

50

でいる。

【0043】

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】

【0044】

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

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

50 : ケーシング

52 : 放射線放出路

53 : インサート

20

54 : 真空

56 : 陽極ターゲット(回転サブシステム)

58 : 軸受けアセンブリ

59 : 内シャフト

60 : 陰極

61 : 外シャフト

62 : ロータ

63 : 間隙

64 : 中心線(シャフトの回転軸)

65 : 軸方向制限器(スラスト軸受け)

30

67 : シャフトの第一の端部

68 : シャフトの第二の端部

69 : 支持板

71 : フレーム

73 : ロータ・キャン

75 : 熱補償器アセンブリ

77 : 補償器

79 : 第一の取付け部材(シャフト端取付け部材)

81 : 第二の取付け部材(ロータ端取付け部材)

83 : クリアランス

40

85 : 補償器

86 : ターゲット焦点軌道

87 : シャフト取付け部材

89 : 半径方向クリアランス

91 : 熱補償器

93 : 伸縮補償器

95 : ロータ・キャンの第一の部材

97 : ロータ・キャンの第二の部材

101 : 半径方向補償器

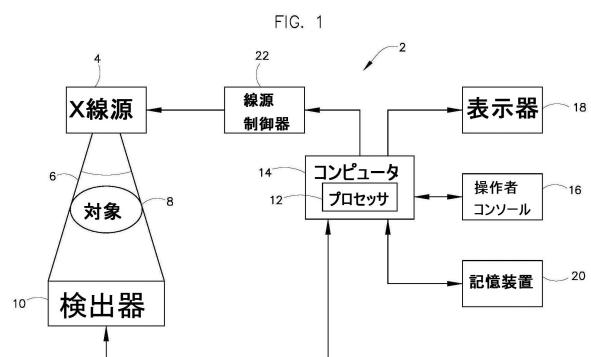
103 : 軸方向補償器

50

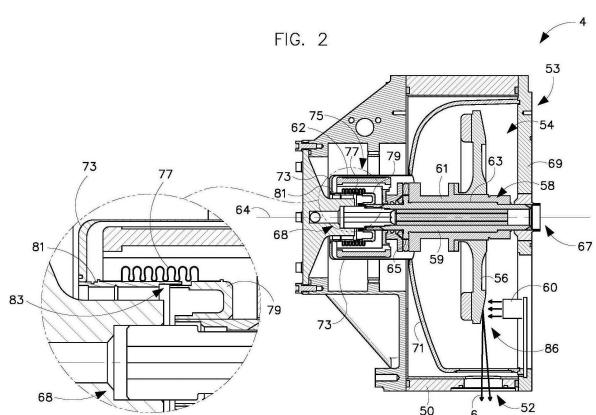
- 104 : シャフト・アダプタ  
 105 : ケーシング支持材  
 500 : X線システム  
 502 : ガントリ  
 504 : 開口  
 506 : X線管  
 508 : 検出器アセンブリ  
 510 : コンベヤ・システム  
 512 : コンベヤ・ベルト  
 514 : 構造  
 516 : 小包又は手荷物

10

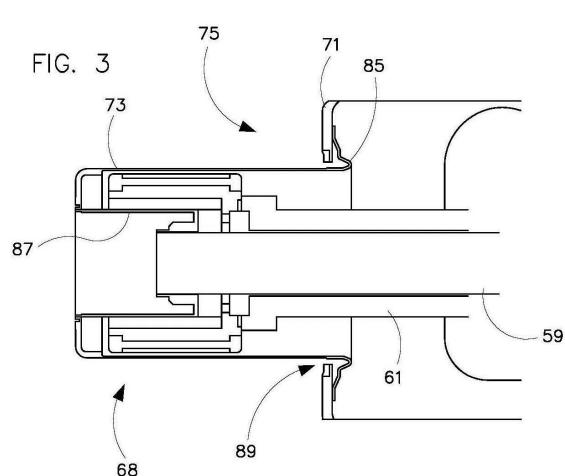
【図1】



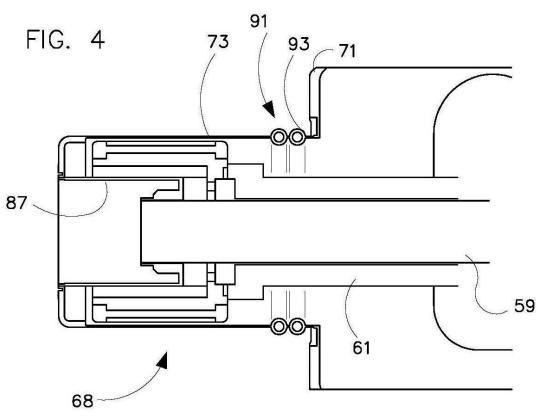
【図2】



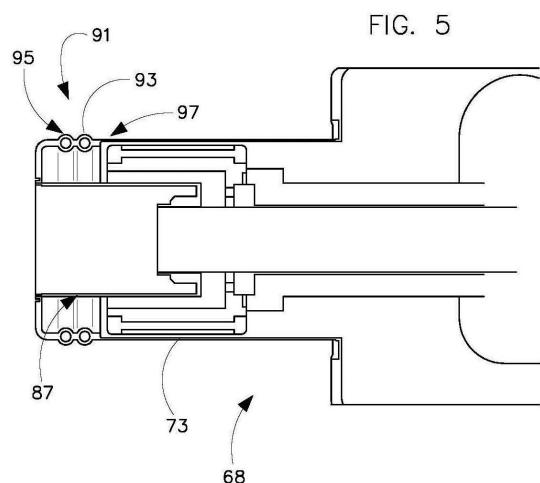
【図3】



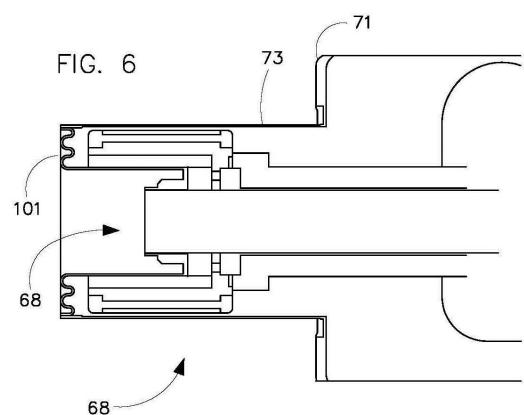
【図4】



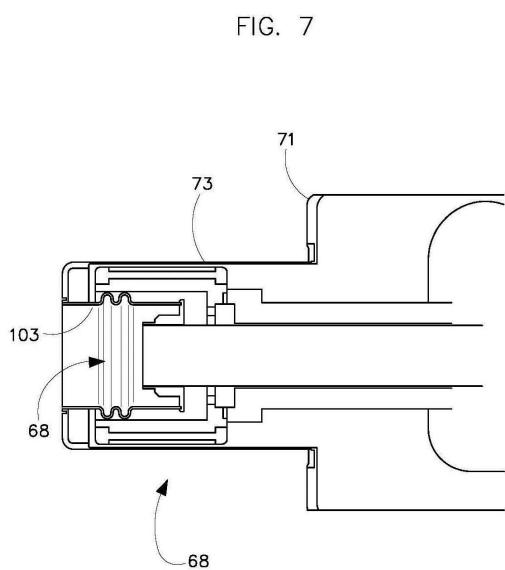
【図5】



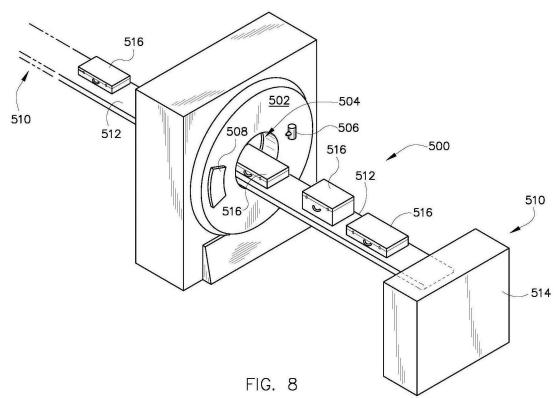
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 エド温イン・エル・リーガル

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・22 29501、フローレンス、ダブリュー・ラジオ・  
ドライブ、3001番

(72)発明者 ライアン・ミッセル・ダム

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州・53219、ミルウォーキー、ダブリュー・エレクトリック  
・アベニュー、4855番

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0322383(US, A1)

米国特許第06160868(US, A)

国際公開第2011/128816(WO, A1)

特開昭52-071185(JP, A)

特開昭60-105146(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 35/00