

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5307359号  
(P5307359)

(45) 発行日 平成25年10月2日 (2013. 10. 2)

(24) 登録日 平成25年7月5日 (2013. 7. 5)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H O 1 J 35/00 (2006.01)</b>	H O 1 J 35/00 A
<b>H O 1 J 35/16 (2006.01)</b>	H O 1 J 35/16
<b>H O 5 G 1/02 (2006.01)</b>	H O 5 G 1/02 P

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-153451 (P2007-153451)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成19年6月11日 (2007. 6. 11)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2008-4544 (P2008-4544A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(43) 公開日	平成20年1月10日 (2008. 1. 10)	(74) 代理人	100137545
審査請求日	平成22年6月7日 (2010. 6. 7)		弁理士 荒川 聡志
(31) 優先権主張番号	11/425, 960	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成18年6月22日 (2006. 6. 22)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	チャールズ・ビー・ケンダール
			アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ブルックフィールド、ウィロウ・リッジ・レーン、1 6 8 2 5 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一体型 X 線管冷却系及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビーム源 ( 3 0 4 ) からの電子ビームを受け、側面と平面を有する円盤状の電子ビーム・ターゲット ( 3 0 6 ) を収容するフレーム構造を備えた X 線管 ( 2 1 6 ) であって、前記フレーム構造は、前記電子ビーム・ターゲット ( 3 0 6 ) の前記表面に近接して配置される部分 ( 3 2 2 ) を有する形状を有し、前記部分 ( 3 2 2 ) は、前記電子ビーム・ターゲット ( 3 0 6 ) から放射される熱を受けるインサート壁 ( 3 0 3 ) と、

ケーシング壁 ( 3 0 8 ) と、

前記ケーシング壁 ( 3 0 8 ) を包囲する少なくとも一つの空気 / フィン層 ( 3 1 2 ) と、  
前記少なくとも一つの空気 / フィン層 ( 3 1 2 ) を包囲する空気シュラウド層 ( 3 1 4 ) と、

前記インサート壁 ( 3 0 3 ) と前記ケーシング壁 ( 3 0 8 ) との間に配置され、前記ケーシング壁 ( 3 0 8 ) を介して前記少なくとも一つの空気 / フィン層 ( 3 1 2 ) に熱的に接触しており、前記電子ビーム・ターゲット ( 3 0 6 ) により前記部分 ( 3 2 2 ) に導入された熱に応答して、前記少なくとも一つの空気 / フィン層 ( 3 1 2 ) への熱の伝達を促す相転移を起こすように構成されている過冷却された作動流体と、

を含んでおり、

前記部分 ( 3 2 2 ) は、前記電子ビーム源 ( 3 0 4 ) から離れた位置に配置され、

前記空気 / フィン層 ( 3 1 2 ) は複数のフィンを含んでいる、X 線管 ( 2 1 6 ) 。

10

20

## 【請求項 2】

前記空気／フィン層（312）を通して周囲空気を循環させるように構成されているファン（318）をさらに含んでいる、請求項1に記載のX線管（216）。

## 【請求項 3】

ロータ及びステータを含み、

前記電子ビーム・ターゲット（306）及び前記ファン（318）が前記ロータに装着され、前記ステータが前記ロータの少なくとも一部を包囲している、請求項2に記載のX線管（216）。

## 【請求項 4】

前記電子ビーム源（304）及び前記電子ビーム・ターゲット（306）の少なくとも一部を包囲するインサート壁（303）と、

前記インサート壁（303）の少なくとも一部を包囲し、該インサート壁（303）との間に空洞部（310）を画定するケーシング壁（308）とさらにを備え、

前記少なくとも一つの空気／フィン層（312）は前記ケーシング壁（308）の外側に配置され、

前記過冷却された作動流体は前記空洞部（310）内に配置され、

前記相転移は、核沸騰の結果としての気化を含んでいる、請求項1に記載のX線管（216）。

## 【請求項 5】

前記空気シュラウド層（314）が放射線遮蔽特性を有している請求項4に記載のX線管（216）。

## 【請求項 6】

前記過冷却された作動流体は加圧状態にある、請求項4または5に記載のX線管（216）。

## 【請求項 7】

前記過冷却された作動流体は、複数の核生成部位を提供する1又は複数の焼結面を有する空洞部（310）に収容されている、請求項4乃至6のいずれかに記載のX線管（216）。

## 【請求項 8】

電子ビーム収集器冷却系（326）を付設した電子ビーム収集器（324）をさらに含んでおり、前記電子ビーム収集器冷却系（326）は、

前記電子ビーム収集器（324）の少なくとも一部を包囲する流体流路（338）と、

該流体流路（338）に接続されている液気型熱交換器（336）と、

過冷却された作動流体を前記流体流路（338）及び前記液気型熱交換器（336）を通して循環させるように構成されているポンプ（334）と、

を含んでいる、請求項4乃至7のいずれかに記載のX線管（216）。

## 【請求項 9】

請求項1乃至8のいずれかに記載のX線管（216）を固定させたハウジング・ユニット（214）と、該X線管（216）に対向する側に設けられたX線検出器（222）とを備えるガントリ（212）と、

前記ガントリ（212）の回転を制御するガントリ・モータ制御器（232）と、

前記X線管（216）の動作を制御するX線制御器（230）と、

前記X線検出器（222）からのアナログ投影データをデジタル投影データへ変換するデータ取得システム（DAS）（234）と、

前記DAS（234）からデジタル投影データを受け入れ、再構成アルゴリズムを実行する画像再構成器（236）と、

を含む、CTイメージング・システム（210）。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は一般的には、X線撮像装置に関し、さらに具体的には、X線撮像装置のための冷却手法に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

計算機式断層写真法（ＣＴ）イメージング・システムは、広く用いられている医用撮像ツールである。ＣＴ撮像は計算機式アキシャル断層写真法（ＣＡＴ）走査とも呼ばれ、異なる組織によるX線の可変性の吸収に基づくものである。ＣＴイメージング・システムは、被検体の断面画像を形成する。

## 【 0 0 0 3 】

10

典型的なＣＴイメージング・システムは、X線管と、このX線管に対向して装着されている一連のX線検出器とを円形ガントリに設けて含んでいる。撮像時には、患者がテーブルに載置されて、テーブルがガントリの中心に通される。患者がガントリを通過するのに伴ってガントリは患者の周りを回転する。ガントリに設けられているX線管及びX線検出器は、多くの異なる角度から患者の画像を捕獲する。次いで、コンピュータがこれらの画像を編集して、患者の三次元表現を生成する。

## 【 0 0 0 4 】

ガントリが患者の周りを回転するのに伴ってテーブルがガントリを通過して連続的に移動すると、多くの従来のＣＴイメージング・システムで行なわれているように、画像は螺旋パターンで形成される。この手順を一般にヘリカル・スキャン（螺旋走査）と呼ぶ。

20

## 【 0 0 0 5 】

ＣＴイメージング・システムのX線管は典型的には、電子ビーム源（カソード）、後方散乱電子ビーム収集器、及び電子ビーム・ターゲット（アノード）を含んでいる。電子ビーム源、収集器及びターゲットは全て、撮像に用いられるX線ビームを発生する作用を果たす。ＣＴイメージング・システムのX線ビームは典型的には、ファン形状（扇形）のパターンを有するように発生される。X線ビームの形状は、コリメータを用いて変化させることができ、例えばビームの幅を増減させることができる。

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 2 2 3 5 8 8 号明細書

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

30

## 【 0 0 0 6 】

X線管によるX線ビームの発生は、特に電子ビーム・ターゲットを包囲する区域に膨大な熱量を発生する。一次電子ビーム出力の99%が管において熱エネルギーへ変換され、1%がX線エネルギーへ変換される。この熱は、X線管の適正な動作を保つためには除去されなければならない。現在のＣＴイメージング・システム設計は、遠隔の液気型（fluid-to-air）熱交換器へポンプで送り込まれる作動流体を用いたX線管の強制対流冷却を採用している。遠隔の液気型熱交換器は、強制空冷によって作動流体を冷却する。この出力密度の低い解決策は、質量面及び幾何学的構成面で非効率的である。

## 【 0 0 0 7 】

40

さらに、撮像時には、運動による画像のボケを防ぐために、患者はじっと静止していることが重要である。幾つかの例では、例えば胸部走査時等に運動を防ぐために、患者は保息していなければならない。このことは、困難であり、また苦痛である。

## 【 0 0 0 8 】

従って、この障害を最小限に抑えるために、設計者は走査時間を短縮するようにガントリ速度を高めることを図る。すると、X線管において出力レベルを高めることが必要になる。出力レベルを高めることは、発熱のレベルも高まることを意味する。しかしながら、このように発熱レベルが高まると、現行の冷却系の容量に達するか又はこれを上回り得る。従って、ＣＴイメージング・システムのためのさらに実効的で効率的な冷却手法が求められている。

## 【 0 0 0 9 】

50

以上に述べた理由、及び本明細書を精読して理解すると当業者には明らかになる以下に述べるその他理由から、当技術分野では改善されたＣＴ撮像用冷却系が求められている。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

Ｘ線管が提供される。このＸ線管は、電子ビーム源及び電子ビーム・ターゲットの少なくとも一部を包囲するフレーム構造を含んでいる。このフレーム構造は、内部に冷却系を一体化させている。冷却系は、空気／フィン層と、空気／フィン層に熱的に接触している過冷却された作動流体とを含んでおり、過冷却された作動流体は、電子ビーム源及び電子ビーム・ターゲットの１又は複数によってフレーム構造に導入される熱に応答して、少なくとも一つの空気／フィン層への熱の伝達を促す相転移を起こすように構成されている。

10

【００１１】

このＸ線管はさらに、電子収集器冷却系を付設した電子収集器を含み得る。電子収集器冷却系は、電子収集器を包囲する流体流路と、この流体流路に接続された液気型熱交換器と、過冷却された作動流体を流体流路及び液気型熱交換器を通して循環させるように構成されているポンプとを含んでいる。

【００１２】

また、計算機式断層写真法（ＣＴ）イメージング・システムが提供される。このＣＴイメージング・システムは、Ｘ線管に対向して装着されたＸ線検出器のアレイを設けたガントリを有している。Ｘ線管は、電子ビーム源及び電子ビーム・ターゲットの少なくとも一部を包囲するフレーム構造を含んでいる。フレーム構造は、内部に冷却系を一体化させて含んでいる。冷却系は、空気／フィン層と、空気／フィン層に熱的に接触しており、電子ビーム源及び電子ビーム・ターゲットの１又は複数によってフレーム構造に導入された熱に応答して、少なくとも一つの空気／フィン層への熱の伝達を促す相転移を起こすように構成されている過冷却された作動流体とを含んでいる。

20

【００１３】

本書では、様々な範囲の系及び装置について説明する。図面を参照して以下の詳細な説明を精読することにより、この概要に記載した観点及び利点に加えて、さらに他の観点及び利点が明らかとなろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１４】

従って、一体型冷却系を有するＸ線管２１６が提供される。この一体型冷却系は、過冷却された高温核沸騰作動流体を介して、効率的な熱伝達及び循環式（強制）空冷を結合させる。この一体型冷却系は、熱伝達の速度及び効率を高めて、さらに高出力従ってさらに高発熱を伴う応用を可能にする。さらに、大型で空間を占有する従来の遠隔の冷却系への依存が解消される。

30

【００１５】

詳細な説明は、四節に分かれている。第一節では、従来のＸ線システム及び冷却系について説明する。第二節では、改良された計算機式断層写真法（ＣＴ）イメージング・システムの全体像を掲げる。第三節では、改良されたＣＴイメージング・システムの装置を掲げる。最後に、第四節では、詳細な説明の結論を掲げる。

40

〔従来のＸ線系及び冷却系〕

図１は、従来のＸ線管１００及び冷却系１５０の断面図である。Ｘ線管１００は、電子ビーム源１０４及び電子ビーム・ターゲット１０６を有するＸ線管インサート１０２を含んでいる。

【００１６】

撮像時には、電子ビーム源１０４は電子ビームを発生する。電子ビーム源による電子ビームの発生については、当業者には周知であるのでここでは立ち入らない。電子ビーム源１０４によって発生される電子ビームの一部は、電子ビーム・ターゲット１０６に衝突する。電子ビームの電子ビーム・ターゲット１０６への衝突によって、既知のＸ線スペクトルが発生される。ＣＴ応用では、Ｘ線管１００から出たＸ線ビーム１１６はファン形状の

50

パターンを有している。

【 0 0 1 7 】

電子ビーム・ターゲット 1 0 6 はロータ 1 1 2 に装着されている。ステータ 1 1 4 がロータ 1 1 2 の一部を包囲している。ロータ及びステータを有する電子ビーム・ターゲットについては、当業者には周知であるのでここでは立ち入らない。

【 0 0 1 8 】

X線管インサート 1 0 2 は、ハウジング 1 1 8 によって包囲されている。ハウジング 1 1 8 は典型的には、アルミニウム、鉛又はこれらの組み合わせのような金属で構成されている。ハウジング 1 1 8 は、内部に射出窓 1 2 0 を有する。射出窓 1 2 0 は、X線ビーム 1 1 6 がハウジング 1 1 8 を通過することを可能にする。

10

【 0 0 1 9 】

ハウジング 1 1 8 とX線管インサート 1 0 2 との間の空間によって画定されるX線管 1 0 0 の内部空洞部 1 2 4 は、作動流体を収容している。作動流体は典型的には、含油化合物である。作動流体は、撮像時に発生されるX線管 1 0 0 からの熱を除去する役割を果たし、また幾つかの応用では電気的な絶縁を提供するものであってもよい。明確に述べると、電子ビーム源 1 0 4 及び/又は電子ビーム・ターゲット 1 0 6 によって発生される熱は、X線管インサート 1 0 2 の表面から外へ放射されて、X線管インサート 1 0 2 を包囲する作動流体に伝達される。

【 0 0 2 0 】

次いで、加熱された作動流体は冷却系 1 5 0 を通過する。すなわち、ポンプ 1 3 4 が、加熱された作動流体を内部空洞部 1 2 4 から外へ、例えば流体導管 1 2 6 を介して吸引して、加熱された作動流体を液気型熱交換器 1 3 0 へ、例えば流体導管 1 2 8 を介して送り入れる。液気型熱交換器 1 3 0 は、複数の熱交換フィン 1 3 6 を含んでいる。加熱された作動流体が液気型熱交換器 1 3 0 を通るときに、熱交換フィン 1 3 6 は熱を作動流体から周囲空気へ発散させるのを助ける。この液気型の（流体から気体への）熱の伝達は受動的であってよいが、殆どの熱交換器は熱発散を促すためにファンを含んでいる。

20

【 0 0 2 1 】

作動流体は、液気型熱交換器 1 3 0 を通過することにより冷却されて、ポンプ 1 3 4 によって内部空洞部 1 2 4 へ、例えば流体導管 1 3 2 を介して送り戻される。図 1 では、見易くするために流体導管 1 2 6 及び 1 3 2 を極く近接して図示しているが、冷却された作動流体は典型的には、加熱された作動流体を引き出す内部空洞部 1 2 4 の側の反対側の内部空洞部 1 2 4 の側に再導入される。

30

【 0 0 2 2 】

前述のように、従来の冷却系 1 5 0 は非効率的である。すなわち、従来の冷却系 1 5 0 は別個の遠隔の冷却系であるため、X線撮像装置の貴重な空間を占有する。さらに、液気型熱交換器 1 3 0 での作動流体と周囲空気との間の熱伝達は、作動流体と周囲空気との間の温度差がしばしば小さいため、非効率的になっている。加えて、オイルのような従来の単相の作動流体を用いる冷却系は、出力が益々高まりつつある応用に対処するのに十分な熱伝達速度を有しない場合がある。

〔システムの全体像〕

40

図 2 は、例示的な計算機式断層写真法（CT）イメージング・システム 2 1 0 の図である。CTイメージング・システム 2 1 0 は、「第三世代」CTスキャナに典型的なガントリ 2 1 2 を含んでいる。ガントリ 2 1 2 は、X線管 2 1 6 を固定させたハウジング・ユニット 2 1 4 を含んでいる。X線管 2 1 6 は、X線ビーム 2 1 8 をガントリ 2 1 2 の対向する側に設けられているX線検出器 2 2 2 のアレイ 2 2 0 に向かって投射する。後に改めて説明するように、X線管 2 1 6 は、X線管 2 1 6 からの熱を除去するために過冷却された高温作動流体の核沸騰及び循環式（強制）空冷を用いた一体型冷却系を有している。

【 0 0 2 3 】

X線検出器 2 2 2 は一括で、患者 2 2 4 又は他の被撮像体を透過した投射X線を検知する。X線検出器 2 2 2 の各々が、入射X線ビームの強度を表わし従って患者 2 2 4 を透過

50

したときのX線ビームの減弱を表わす電気信号を発生する。CTイメージング・システム210の動作時に、ガントリ212、及びガントリ212に装着されている構成部品が回転軸226の周りを回転する。

【0024】

ガントリ212の回転及びX線管216の動作は、CTイメージング・システム210の制御機構228によって制御される。制御機構228はX線制御器230とガントリ・モータ制御器232とを含んでおり、X線制御器230はX線管216に出力信号及びタイミング信号を供給し、ガントリ・モータ制御器232はガントリ212の回転速度及び位置を制御する。制御機構228内に設けられているデータ取得システム(DAS)234がX線検出器222からのアナログ投影データをサンプリングして、後続の処理のためにこれらのアナログ・データをデジタル投影データへ変換する。画像再構成器236が、DAS234からデジタル化されたX線投影データをメモリ238に受け入れ、また画像再構成器236は、メモリに記憶されているプログラム信号によって定義されるように高速再構成アルゴリズムを実行するプロセッサ240を含んでいる。再構成された画像はコンピュータ242への入力として印加され、コンピュータ242は大容量記憶装置244に画像を記憶させる。

【0025】

コンピュータ242はまた、例えばキーボードを有するコンソール246を介して操作者から指令及び走査用パラメータを受け取る。付設されている陰極線管表示器248によって、操作者は再構成された画像及びコンピュータ242からのその他のデータを観測することができる。操作者が供給した指令及びパラメータはコンピュータ242によって用いられ、DAS234、X線制御器230及びガントリ・モータ制御器232に制御信号及び情報を供給する。加えて、コンピュータ242は、テーブル・モータ制御器250を動作させて、患者224をガントリ212内で配置するように電動式テーブル252を制御する。「段階撮影(stop-and-shoot)走査」としても知られるアキシヤル・スキャンの場合には、テーブル252は所定位置まで患者224を割り出しして、この位置でガントリ212を患者224の周りに回転させる。これに対し、ヘリカル・スキャンの場合には、テーブル252は、ガントリ212を巡るCTイメージング・システム210の回転当たりのz軸に沿った変位に等しいテーブル速度sで患者224を移動させる。

【0026】

以下の説明は、CTイメージング・システムに関連してX線管(及び付設されている一体型冷却系)について為されるが、本書に記載する手法は、多くの異なるX線発生装置に広く応用可能であることを理解されたい。

〔装置の実施形態〕

図3は、一体型冷却系を有するX線管216の断面図である。X線管216は、インサート壁303によって画定される外部構造を有するX線管インサート302を含んでいる。インサート壁303は、限定しないがステンレス鋼等の金属材料で構成される。X線管インサート302は、電子ビーム源304及び電子ビーム・ターゲット306をロータ316に装着して含んでいる。後に改めて説明するように、ロータ316はファン318を含んでいる。

【0027】

X線管インサート302の少なくとも一部を包囲して一体型冷却系が設けられている。一体型冷却系は、インサート壁303の一部を包囲してインサート壁303との間に空洞部310を画定するケーシング壁308を含んでいる。

【0028】

空洞部310は、高温作動流体を収容している。適当な高温作動流体としては、限定しないが、米国ミズーリ州セントルイス所在のSolutia, Inc.によって製造されているTherminol(商標)がある。高温作動流体は加圧状態にあり、例えばこの流体は所与の温度について流体の通常の飽和圧力よりも高い圧力にある。例えば、実施形態の一例によれば、高温作動流体に通常の大気圧よりも高い圧力を加えて、高温作動流体を加圧状態にする。か

10

20

30

40

50

かる加圧状態にある流体は、過冷却された流体として公知である。従って、以下では、加圧状態にあるときの高温作動流体を「過冷却された高温作動流体」と呼ぶものとする。一体型冷却系での過冷却された高温作動流体の作用について、以下でさらに詳細に説明する。

#### 【 0 0 2 9 】

撮像時には、電子ビーム源 3 0 4 及び / 又は電子ビーム・ターゲット 3 0 6 は多量の熱、例えば典型的には 1 キロワット ( k W ) ~ 1 0 k W の熱を発生し、この熱はインサート壁 3 0 3 に向かって外に放射される。次いで、インサート壁 3 0 3 は、過冷却された高温作動流体との熱界面となり、すなわち熱は、インサート壁 3 0 3 の温度が上昇するのに伴って、インサート壁 3 0 3 を介して強制対流及び強制過冷却核沸騰によって、過冷却された高温作動流体へ伝達される。

10

#### 【 0 0 3 0 】

インサート壁 3 0 3 を介して過冷却された高温作動流体に導入された熱は、過冷却された高温作動流体を沸騰させる。インサート壁 3 0 3 の表面で、過冷却された高温作動流体に気泡が形成する。気泡は、熱を運びながらインサート壁の表面から離れて崩壊する。一旦、インサート壁の表面から離れたら気泡は破裂し、これと共に過冷却された高温作動流体のバルク温度が、インサート壁の表面に近接した過冷却された高温作動流体の温度よりも低くなる。過冷却された高温作動流体のバルク温度は、所与の圧力条件での沸点よりも低く保たれる。すると、熱は過冷却された高温作動流体に放出される。後に改めて説明するように、この熱は続いて、空気 / フィン層を介した循環式 ( 強制 ) 空冷によって、過冷却された高温作動流体から除去される。

20

#### 【 0 0 3 1 】

インサート壁でのこの冷却構成は、気化の潜熱すなわち温度変化を生ぜずに過冷却された高温作動流体の単位質量の液体を蒸気へ転化するのに必要とされる熱量を利用して、インサート壁 3 0 3 から多量の熱、例えば典型的には 1 k W ~ 1 0 k W を除去するため、極めて効率的である。二相 ( すなわち液体 - 蒸気 ) 作動流体を用いることにより、インサート壁 3 0 3 での熱伝達速度が大幅に向上し、空気 / フィン層 3 1 2 ( 後述 ) での比較的遅い熱伝達速度を見込む過冷却された高温作動流体での熱エネルギーの蓄積を提供する。この応用において沸騰熱伝達を用いる利点は、熱伝達係数が典型的には、単相の強制対流よりも一桁大きく、これにより所与の熱量の伝達に遥かに小さい表面積しか必要としないことである。また、ケーシング壁 3 0 8 での熱伝達が、高温においては等温型で生じ得ることも有利であり、やはり遥かに空間効率的な熱伝達が結果として得られる。このようなものとして、本発明の作動流体は、熱伝達応用について極めて効率的である。さらに、高効率熱伝達作動流体を用いるということは、所与の応用について相対的に少ない作動流体が必要とされることを意味する。

30

#### 【 0 0 3 2 】

尚、C T 検査は、患者の準備時間に組み込まれた自然冷却時間を有することを特記しておく。従って、付設される熱交換系の目標は、発熱及び流動の動的な性質を管理することにある。

#### 【 0 0 3 3 】

実施形態の一例によれば、過冷却された高温作動流体に接触するインサート壁 3 0 3 の 1 又は複数の表面は、気泡形成のための核生成部位として作用する空洞又は凹形空洞を提供する焼結面を含んでいる。これらの空洞は、インサート壁 3 0 3 の表面での気泡形成を促進し、このようにして過冷却された高温作動流体への熱伝達を強化する。代替的には、表面を凹凸にする他の適当な手段によって、熱伝達表面、例えばインサート壁 3 0 3 の熱伝達表面を同様に増大させて、これにより気泡形成を促進することもできる。

40

#### 【 0 0 3 4 】

インサート壁 3 0 3 から除去された熱は、過冷却された高温作動流体を介してケーシング壁 3 0 8 へ伝達される。ケーシング壁 3 0 8 の少なくとも一部を包囲して空気 / フィン層 3 1 2 が設けられている。空気 / フィン層 3 1 2 は、空気の通過を許すように配向され

50

ている複数の熱伝達フィンを含んでいる。すなわち、後に改めて説明するように、空気／フィン層 3 1 2 の熱伝達フィンを通して循環される空気は、作動流体から熱を除去する役割を果たす。空気／フィン層 3 1 2 は、C T の X 線管に典型的に見受けられる遠隔の液気型熱交換器、例えば前述の図 1 の X 線管 1 0 0 に付設されている液気型交換器 1 3 0 に代わるものである。空気／フィン層 3 1 2 のフィンを通る気流は、X 線管 2 1 6 に一体化されているファン、例えば後述するファン 3 1 8 によって提供される。効率的な気流熱伝達のためのフィンは、当業者には周知であるのでここでは立ち入らない。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、空気／フィン層 3 1 2 を包囲して、空気シュラウド層 3 1 4 が設けられている。空気シュラウド層 3 1 4 は、限定しないがナイロン又は含ナイロン材料等の任意の適当な空気シュラウド形成材料で構成され得る。例示のみのために述べると、空気シュラウド層 3 1 4 は、タングステン - ナイロン合金で構成され得る。空気シュラウド層 3 1 4 の組成に基づいて、空気シュラウド層 3 1 4 は、X 線管の外側層の 1 又は複数について一般的であるような放射線遮蔽特性を有するように構成され得る。例えば、空気シュラウド層 3 1 4 が上述のようにタングステン - ナイロン合金で構成されている場合には、空気シュラウド層 3 1 4 は放射線遮蔽特性を有する。さらに、空気シュラウド層 3 1 4 に加えて、又は空気シュラウド層 3 1 4 に代えて、X 線管 2 1 6 の 1 又は複数の他の層を、放射線遮蔽特性を有するように構成することもできる。例示のみのために述べると、ケーシング壁 3 0 8 が放射線遮蔽特性を有するように構成され得る（例えば空気シュラウド層 3 1 4 が最低限の放射線遮蔽特性しか有しないか又は全く放射線遮蔽特性を有しない場合）。実施形態の一例によれば、ケーシング壁 3 0 8 は、内面に鉛を結合させたアルミニウム本体を含んでいる。

#### 【 0 0 3 6 】

空気シュラウド層 3 1 4 及びケーシング壁 3 0 8 は、間に空気／フィン層 3 1 2 を介在させて、収容気流通路を形成する。収容気流通路は、上述のようにロータ 3 1 6 に装着され得るファン 3 1 8 を包囲する区域と連続している。通常の動作時には、ロータ 3 1 6 は電子ビーム・ターゲット 3 0 6 を回転させる。次に、ロータ 3 1 6 はまた、ファン 3 1 8 を回転させる。ファン 3 1 8 は、収容気流通路の全体にわたり空気／フィン層 3 1 2 のフィン間で空気を循環させる。このようなものとして、作動流体から空気／フィン層 3 1 2 へ伝達された熱は、循環される空気へ発散される。加熱された空気は、C T ガントリから周囲空気例えば室内空気へ出る。代替的な実施形態によれば、ファン 3 1 8 はロータ 3 1 6 によっては制御されず、ファン 3 1 8 自体のモータ（図示されていない）によって動作するように構成される。

#### 【 0 0 3 7 】

実施形態の一例によれば、上で述べた一体型冷却系の各構成要素は、X 線管 2 1 6 のフレーム構造の少なくとも一部を構成する。すなわち、空気シュラウド層 3 1 4、空気／フィン層 3 1 2、ケーシング壁 3 0 8 及びインサート壁 3 0 3 が、X 線管 2 1 6 のフレーム構造を構成し得る。

#### 【 0 0 3 8 】

以下、一体型冷却系の各構成要素について、例えば図 4 の記載に関連してさらに詳細に説明する。すなわち、図 4 の拡大図に示す部分 3 4 0 及びここに含まれる構成要素について以下に述べる。

#### 【 0 0 3 9 】

X 線管 2 1 6 についての一つの設計配慮点は、放熱表面例えば電子ビーム源及び／又は電子ビーム・ターゲットの 1 又は複数に極く近接して一体型冷却系を設けることである。放熱表面を一体型冷却系に極く近接して配置することは、最大の熱量を放射する表面、例えば電子ビーム・ターゲット 3 0 6 の表面については特に重要である。実施形態の一例によれば、図 3 に示すように、X 線管 2 1 6 は、電子ビーム・ターゲット 3 0 6 の表面に極く近接して冷却系の一部、例えば部分 3 2 2 を配置する形状を有するように構成することができる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 4 0 】

X線管216はさらに、高性能電子ビーム収集器324及び付設されている電子ビーム収集器冷却系326を含んでいる。電子ビーム収集器冷却系326は、流体導管328、330及び332、ポンプ334、液気型熱交換器336、並びに高性能電子ビーム収集器324を包囲する流体流路338を含んでいる。

## 【 0 0 4 1 】

撮像時には、高性能電子ビーム収集器324は、多量の熱、例えば一次電子ビームの全エネルギーの約40%までの熱を吸収する。実施形態の一例によれば、電子ビーム収集器冷却系326は、前述のように、加圧状態にあるすなわち過冷却されたTherminol（商標）のような高温作動流体の利用を介して高性能電子ビーム収集器324を冷却する。過冷却された高温作動流体は、流体流路338を介して高性能電子ビーム収集器324に極く近接した位置まで運ばれる。流体流路338は、限定しないがステンレス鋼等の任意の適当な材料で製造された真空室を含み得る。

10

## 【 0 0 4 2 】

前述のように、高性能電子ビーム収集器324によって吸収された熱は、流体流路338にある過冷却された高温作動流体に核沸騰を生ずる。発生される気泡は、高性能電子ビーム収集器324から熱を奪って過冷却された高温作動流体へ運ぶ。このようなものとして、流体流路338は、前述のように、核生成部位を形成する1又は複数の焼結面を有し得る。電子ビーム収集器冷却系326の作動流体を過冷却された高温作動流体であると記述しているが、限定しないがオイル等のその他の作動流体を電子ビーム収集器冷却系326に同様に用い得ることを理解されたい。

20

## 【 0 0 4 3 】

過冷却された高温作動流体は、ポンプ334によって電子ビーム収集器冷却系326を通じて循環される。すなわち、ポンプ334は、過冷却された高温作動流体を流体流路338から、例えば流体導管328を介して吸引して、過冷却された高温作動流体を液気型熱交換器336へ、例えば流体導管330を介して送り込む。

## 【 0 0 4 4 】

液気型熱交換器336は、受動空冷又は強制空冷のいずれかによって作動流体から熱を除去する。このように、実施形態の一例によれば、液気型熱交換器336は、受動型の液気型熱交換器である。代替的には、実施形態のもう一つの例によれば、液気型熱交換器336はファンを含んでおり、強制型の液気型熱交換器である。

30

## 【 0 0 4 5 】

次いで、ポンプ334は、冷却された過冷却された高温作動流体を例えば導管332を介して流体流路338へ戻すように再循環させる。動作時に、電子ビーム収集器冷却系326の循環作用及び冷却作用は間断なく実行される。

## 【 0 0 4 6 】

図4は、図3に示す一体型冷却系の部分340の拡大図である。図4は、上述の一体型冷却系の各構成要素すなわちインサート壁303、インサート壁303との間に空洞部310を画定するケーシング壁308、空気フィン層312、及び空気シュラウド層314を示す。インサート壁303及びケーシング壁308は、間に空洞部310を画定している。空洞部310は、過冷却された高温作動流体を収容している。ケーシング壁308及び空気シュラウド層314は、空気フィン層312の周りに収容気流通路を形成している。

40

## 【 0 0 4 7 】

矢印402によって示すように、ターゲット306によって放射される熱は先ず、インサート壁303に遭遇する。次いで、熱は空洞部310の過冷却された高温作動流体へ伝達される。過冷却された高温作動流体の核沸騰が、熱を空気/フィン層312へ効率的に伝達し、ここで上述のように、空気の循環を用いてX線管から熱を除去する。

## 〔 結 論 〕

一体型X線管冷却のシステム及び装置について説明した。本書では特定の実施形態を図

50

示して説明したが、同じ目的を達成するために考案された任意の構成を図示の特定の実施形態に代えて置換してよい。本出願は、あらゆる適応構成又は変形を網羅するものとする。具体的には、システム及び装置の名称は実施形態を限定するものではない。さらに、実施形態の範囲から逸脱せずに、付加的な装置を各構成要素に追加したり、構成要素間で作用を再構成したり、将来の機能拡張や実施形態で用いられている物理的装置に対応する新たな構成要素を導入したりすることができる。実施形態は、将来のX線イメージング・システム及び異なる撮像装置にも応用可能である。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】従来のX線管及び冷却系の断面図である。

【図2】例示的な計算機式断層写真法（CT）イメージング・システムの図である。

【図3】一体型冷却系を有する例示的なX線管の断面図である。

【図4】図3に示す一体型冷却系の一部の拡大図である。

【符号の説明】

【0049】

- 100 X線管
- 102 X線管インサート
- 104 電子ビーム源
- 106 電子ビーム・ターゲット
- 108、110 （不使用）
- 112 ロータ
- 114 ステータ
- 116 X線ビーム
- 118ハウジング
- 120 射出窓
- 122 （不使用）
- 124 内部空洞部
- 126 流体導管
- 128 流体導管
- 130 液気型熱交換器
- 132 流体導管
- 134 ポンプ
- 136 熱交換フィン
- 150 冷却系
- 210 CTイメージング・システム
- 212 ガントリ
- 214ハウジング・ユニット
- 216 X線管
- 218 X線
- 220 アレイ
- 222 X線検出器
- 224 患者
- 226 回転軸
- 228 制御機構
- 230 X線制御器
- 232 ガントリ・モータ制御器
- 234 データ取得システム

20

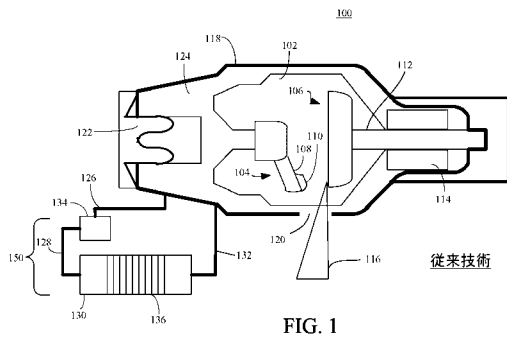
30

40

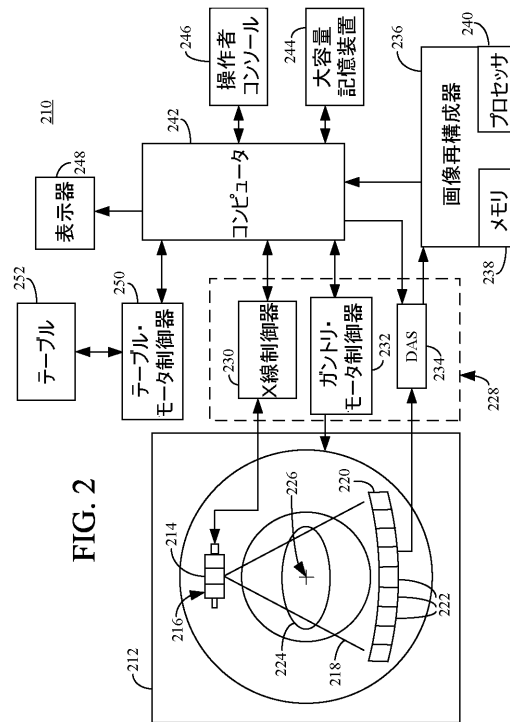
50

2 3 6	画像再構成器	
2 3 8	メモリ	
2 4 0	プロセッサ	
2 4 2	コンピュータ	
2 4 4	大容量記憶装置	
2 4 6	コンソール	
2 4 8	陰極線管表示器	
2 5 0	テーブル・モータ制御器	
2 5 2	電動式テーブル	
3 0 2	X線管インサート	10
3 0 3	インサート壁	
3 0 4	電子ビーム源	
3 0 6	電子ビーム・ターゲット	
3 0 8	ケーシング壁	
3 1 0	空洞部	
3 1 2	空気/フィン層	
3 1 4	空気シュラウド層	
3 1 6	ロータ	
3 1 8	ファン	
3 2 2	部分	20
3 2 4	高性能電子ビーム収集器	
3 2 6	電子ビーム収集器冷却系	
3 2 8	流体導管	
3 3 0	流体導管	
3 3 2	流体導管	
3 3 4	ポンプ	
3 3 6	液気型熱交換器	
3 3 8	流体流路	
3 4 0	部分	
4 0 2	矢印	30

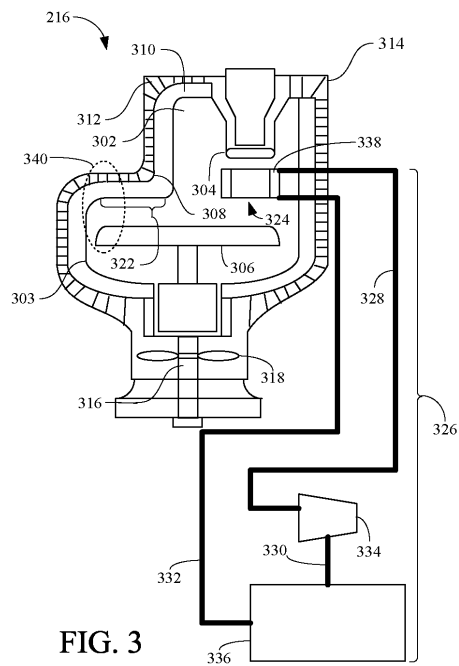
【図 1】



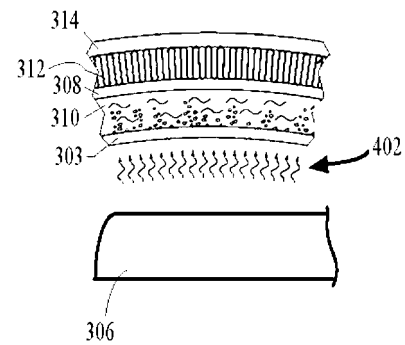
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ケーリー・ショーン・ロジャーズ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ブルックフィールド、アルタ・ルーズ・パークウェイ、 1  
7 7 6 5 番

審査官 遠藤 直恵

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 2 5 7 9 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 0 6 6 4 0 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 4 2 0 1 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 0 2 2 4 5 9 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 3 3 5 3 8 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 3 4 4 0 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 J 3 5 / 0 0 - 3 5 / 3 2  
H 0 5 G 1 / 0 0 - 1 / 7 0