

(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 1		
HO 1 J 35/00	(2006.01)	HO 1 J 35/00	A
HO 1 J 35/16	(2006.01)	HO 1 J 35/16	
HO 5 G 1/02	(2006.01)	HO 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)
(22) 出願日	平成19年6月11日 (2007.6.11)
(65) 公開番号	特開2008-4544 (P2008-4544A)
(43) 公開日	平成20年1月10日 (2008.1.10)
審査請求日	平成22年6月7日 (2010.6.7)
(31) 優先権主張番号	11/425, 960
(32) 優先日	平成18年6月22日 (2006.6.22)
(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・カンパニイ 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
(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
(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・レン、16825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(304)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(306)を収容するフレーム構造を備えたX線管(216)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(306)の前記表面に近接して配置される部分(322)を有する形状を有し、前記部分(322)は、
前記電子ビーム・ターゲット(306)から放射される熱を受けるインサート壁(303)と、

ケーシング壁(308)と、

前記ケーシング壁(308)を包囲する少なくとも一つの空気/フィン層(312)と、
前記少なくとも一つの空気/フィン層(312)を包囲する空気シラウド層(314)と、

前記インサート壁(303)と前記ケーシング壁(308)との間に配置され、前記ケーシング壁(308)を介して前記少なくとも一つの空気/フィン層(312)に熱的に接触しており、前記電子ビーム・ターゲット(306)により前記部分(322)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(312)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(322)は、前記電子ビーム源(304)から離れた位置に配置され、

前記空気/フィン層(312)は複数のフィンを含んでいる、X線管(216)。

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

【0001】

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】**【0002】**

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。

【0003】

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。

【0004】

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っ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。

【0005】

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2004/0223588号明細書**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

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。

【0007】

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、患者は保息していかなければならない。このことは、困難であり、また苦痛である。

【0008】

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。

【0009】

10

20

30

40

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】

30

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。

【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。

【0017】

電子ビーム・ターゲット106はロータ112に装着されている。ステータ114がロータ112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。

【0018】

X線管インサート102は、ハウジング118によって包囲されている。ハウジング118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118は、内部に射出窓120を有する。射出窓120は、X線ビーム116がハウジング118を通過することを可能にする。

10

【0019】

ハウジング118とX線管インサート102との間の空間によって画定されるX線管100の内部空洞部124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100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104及び/又は電子ビーム・ターゲット106によって発生される熱は、X線管インサート102の表面から外へ放射されて、X線管インサート102を包囲する作動流体に伝達される。

【0020】

次いで、加熱された作動流体は冷却系150を通過する。すなわち、ポンプ134が、加熱された作動流体を内部空洞部124から外へ、例えば流体導管126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130へ、例えば流体導管128を介して送り入れる。液気型熱交換器130は、複数の熱交換フィン136を含んでいる。加熱された作動流体が液気型熱交換器130を通過するときに、熱交換フィン136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

【0021】

作動流体は、液気型熱交換器130を通過することにより冷却されて、ポンプ134によって内部空洞部124へ、例えば流体導管132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126及び132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124の側の反対側の内部空洞部124の側に再導入される。

30

【0022】

前述のように、従来の冷却系150は非効率的である。すなわち、従来の冷却系150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130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210の図である。CTイメージング・システム210は、「第三世代」CTスキャナに典型的なガントリ212を含んでいる。ガントリ212は、X線管216を固定させたハウジング・ユニット214を含んでいる。X線管216は、X線ビーム218をガントリ212の対向する側に設けられているX線検出器222のアレイ220に向かって投射する。後に改めて説明するように、X線管216は、X線管216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。

【0023】

X線検出器222は一括で、患者224又は他の被撮像体を透過した投射X線を感知する。X線検出器222の各々が、入射X線ビームの強度を表わし従って患者224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、DAS 234 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 によって用いられて、DAS 234、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ャル・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Thermolin (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。

【0029】

撮像時には、電子ビーム源304及び/又は電子ビーム・ターゲット306は多量の熱、例えは典型的には1キロワット(kW)~10kWの熱を発生し、この熱はインサート壁303に向かって外に放射される。次いで、インサート壁303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303の温度が上昇するのに伴って、インサート壁303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。

【0030】

インサート壁303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303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。

【0031】

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303から多量の熱、例えは典型的には1kW~10kW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303での熱伝達速度が大幅に向上し、空気/フィン層312(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遙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308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、やはり遙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。

【0032】

尚、CT検査は、患者の準備時間に組み込まれた自然冷却時間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。

【0033】

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303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303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、例えはインサート壁303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。

【0034】

インサート壁303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308へ伝達される。ケーシング壁308の少なくとも一部を包囲して空気/フィン層312が設けられている。空気/フィン層312は、空気の通過を許すように配向され

10

20

30

40

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312の熱伝達フィンを通っ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312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100に付設されている液気型交換器130に代わるものである。空気／フィン層312のフィンを流れる気流は、X線管216に一体化されているファン、例えば後述するファン318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。

【0035】

次に、空気／フィン層312を包囲して、空気シュラウド層314が設けられている。空気シュラウド層314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314は、タンクステン・ナイロン合金で構成され得る。空気シュラウド層314の組成に基づいて、空気シュラウド層314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314が上述のようにタンクステン・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314は放射線遮蔽特性を有する。さらに、空気シュラウド層314に加えて、又は空気シュラウド層314に代えて、X線管216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308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314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308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。

【0036】

空気シュラウド層314及びケーシング壁308は、間に空気／フィン層312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316に装着され得るファン318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316は電子ビーム・ターゲット306を回転させる。次に、ロータ316はまた、ファン318を回転させる。ファン318は、収容気流通路の全体にわたり空気／フィン層312のフィンの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312へ伝達された熱は、循環される空気に発散される。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318はロータ316によっては制御されず、ファン318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。

【0037】

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216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314、空気／フィン層312、ケーシング壁308及びインサート壁303が、X線管216のフレーム構造を構成し得る。

【0038】

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340及びここに含まれる構成要素について以下に述べる。

【0039】

X線管216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306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216は、電子ビーム・ターゲット306の表面に極く近接して冷却系の一部、例えば部分322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

【0040】

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。

【0041】

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

【0042】

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

【0043】

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。

【0044】

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

【0045】

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。

【0046】

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

【0047】

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	20
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)	30
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	40
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	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】

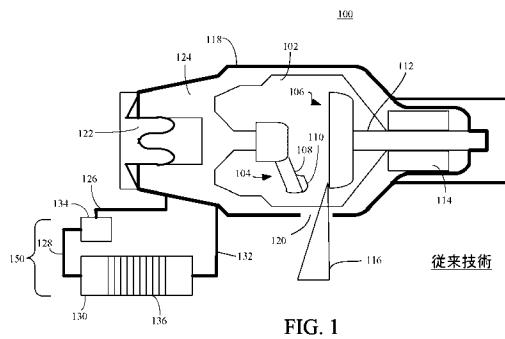


FIG. 1

【図2】

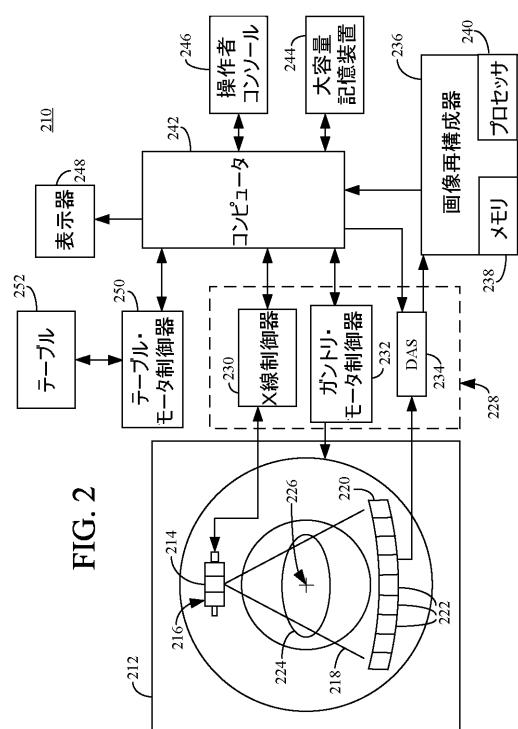


FIG. 2

【図3】

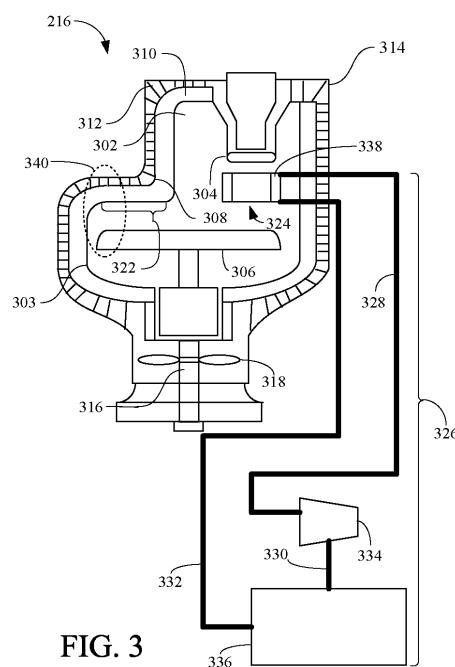


FIG. 3

【図4】

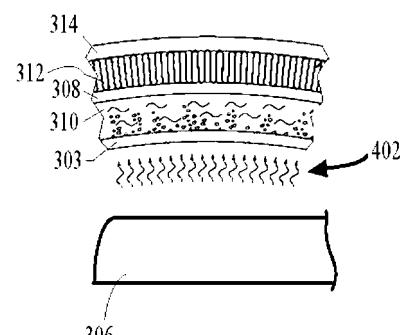


FIG. 4

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・レイーズ・パークウェイ、1
7765番

審査官 遠藤 直恵

(56)参考文献 特開2002-025792(JP,A)

特開2006-066402(JP,A)

特開2003-142016(JP,A)

特開2004-022459(JP,A)

特開平07-335389(JP,A)

特開2004-134406(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 35/00 - 35/32

H05G 1/00 - 1/70