

(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2009-268899

(P2009-268899A)

(43) 公開日 平成21年11月19日(2009.11.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 6/03 (2006.01)	A 6 1 B 6/03 3 7 3	4 C 0 9 3
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 3 3	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-102756 (P2009-102756)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成21年4月21日 (2009.4.21)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(31) 優先権主張番号	12/114, 108		GENERAL ELECTRIC CO
(32) 優先日	平成20年5月2日 (2008.5.2)		MPANY
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデー、リバーロード、1番
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志
		(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	シャオイエ・ウー
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、レック
			スフォード、パートリッジ・グレン、4番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二重エネルギー計算機式断層写真法 (CT) システムにおける高速切り換えの方法

(57) 【要約】

【課題】二重エネルギー計算機式断層写真法 (CT) システムにおいて、X線管を改造することなく2種の別個のkVpの間での切り換えを容易にする投影雑音最適化方法を提供する。

【解決手段】二重エネルギー計算機式断層写真法 (CT) システム (100) において2種の別個のピーク・キロ電圧 (kVp) 投影の間での切り換えを容易にする方法を開示する。この方法は、2以上の別個のkVpにあるX線を対象に向かって放出するX線管 (104) において一つの電流値を設定するステップを含んでいる。相対ビュー時間 (s) が、電流設定を実質的に一定に保つことにより電流ビュー時間 (mA s) 積を変調させるために2種のkVpの間で調節される。さらに、持続時間比 (R) がmA s 積に基づいて算出される。持続時間比 (R) は、kVpを切り換えるまでの持続時間を定義する。

【選択図】 図2

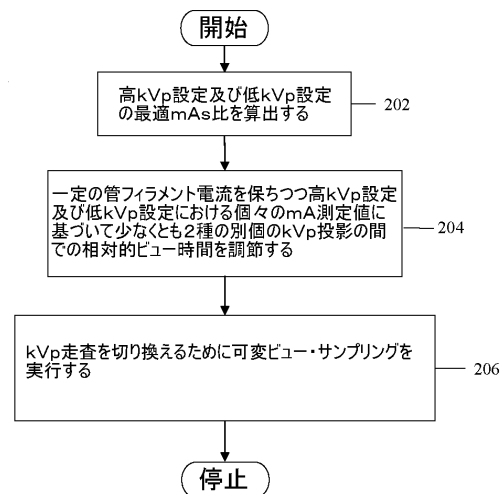


FIG. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イメージング・システム(100)において少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧(kVp)投影の間での切り換えを容易にする方法であって、対象の減弱プロファイル及び投影データに基づいて前記少なくとも2種の別個のピークkVp投影についてのビュー時間を調節するステップを備え、前記イメージング・システム(100)を実質的に一定の電流設定において動作させつつ2以上のkVp投影の最適電流-時間(mAs)比を可能にする方法。

【請求項 2】

前記mAs値の最適比は、前記少なくとも2種の別個のkVp設定、対象の寸法、及び1若しくは複数の投影角での対象の減弱プロファイルの1又は複数に基づいて設定される、請求項1に記載の方法。

10

【請求項 3】

前記相対ビュー時間(s)を調節するステップは、前記少なくとも2種のkVp投影ビューについて一定のビュー速度及び電流(mA)設定を保つことを含んでいる、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記相対ビュー時間(s)を調節するステップは、平均対象減弱プロファイル及び投影データの少なくとも一方に基づく、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記少なくとも2種の別個のピークkVp投影の持続時間比を算出するステップをさらに含んでいる請求項1に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記イメージング・システムは計算機式断層写真法(CT)システム(100)である、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

前記イメージング・システム(100)はX線方式イメージング・システムである、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

当該イメージング・システム(100)の内部に配設されており、少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧(kVp)投影を放出するように構成されているX線管(104)と、

30

複数の検出器素子を含んでおり、前記少なくとも2種の別個のkVp投影により投影データを測定する検出器アレイ(108)と、

プロセッサ(124)と

を備えたイメージング・システム(100)であって、前記プロセッサ(124)は、

対象の減弱プロファイル及び投影データに基づいて前記少なくとも2種の別個のkVp投影の間でビュー時間(s)を調節するように構成されており、該調節は、当該イメージング・システムを実質的に一定の電流(mA)設定において動作させることを可能にする、イメージング・システム(100)。

40

【請求項 9】

前記プロセッサ(124)はさらに、一定のビュー速度を保つように構成されている、請求項9に記載のイメージング・システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般的には、計算機式断層写真法(CT)システムに関し、さらに具体的には、二重エネルギーCTシステムにおいてX線管電圧の間での高速切り換えを容易にする方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

CTシステムは典型的には、対象、例えば患者を通してX線のビームを投射するX線管を含んでいる。対象に向かって投射されたX線のビームは、対象を通過した後は減弱している。検出器アレイが、対象に関して様々な角度位置から減弱後のX線ビームを検出して、1又は複数の信号を発生する。次いで、信号を処理して、投影データと呼ばれる処理済みデータを得る。さらに、投影データを結合して、対象によるX線ビームの減弱を表わす対象画像を再構成する。典型的には、X線管及び検出器アレイはガントリに装着される。一つのガントリ角度における検出器アレイからの投影データを「ビュー」と呼ぶ。対象の走査は、X線源及び検出器アレイの一回転の間に様々なガントリ角度すなわち投影角で形成される一組のビューを含んでいる。

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 3 】

二重エネルギーX線CTシステムでは、所与の経路についての投影データを2種の別個のピーク・キロ電圧(kVp)投影において2回測定して、走査対象の正確なX線減弱係数及び物質組成のような走査対象の付加的な情報を提供する。幾つかのシステムでは、これら2種の別個のkVp投影(高kVp及び低kVpでの)は単式X線管又は複式X線管によって発生される。単式X線管システムでは、2種の別個のkVpの間の切り換えは、対象の運動による二組の投影の間での位置揃え不正を実効的に回避するのに十分なだけ高速であるべきである。物質の差異化についての二重kVpシステムの感度は、2種のkVp設定において発生される2種のX線スペクトルのエネルギー分離に主に頼っていることは広く理解されている。加えて、特定物質画像における画像雑音を低減するために、高投影ビュー時及び低投影ビュー時のサンプリング時間が等しい場合には高kVp設定及び低kVp設定において至適電流(mA)比を適用すべきである。例えば、低kVp投影における過剰な雑音を回避するためには、低kVp持続時間時にmAを増大させる必要がある。従来X線管では、mA変化は管フィラメント電流を変化させることにより達成されている。しかしながら、管電流変化が観察されるまでには、フィラメントの熱定数に起因する時間遅延が存在する。この時間遅延は通常は、kVpを切り換えるまでの時間よりも大きい。従って、従来一定ビュー時間トリガ発生では、このX線管の望ましくない特性のため、高kVp及び低kVpにおける投影雑音(すなわちmA)の最適化が極めて達成困難となる。

20

30

【 0 0 0 4 】

以上に述べた問題を解消する幾つかの二重エネルギー・システムが提案されている。すなわち、(a)フォトン計数型検出器を備えたシステム。このシステムは極く低いX線束で動作する場合でも優れた性能を与える。しかしながら、このシステムは、フォトン計数型検出器が十分に高速でないとの事実のため高X線束において動作することが不可能である。(b)各回が異なるkVpにおいて行なわれる2回走査による二重kVpシステム。このシステムでは、高kVp走査と低kVp走査との間の投影が時間的に十分に高速に取得されないため、対象の運動による位置揃え不正を生ずる。(c)約90°で離隔して装着された管/検出器による2基管/2基検出器システム。このシステムでは、2基の管のkVpを異なる値に設定することができる。このシステムは相対的に良好な位置揃えを提供するが、2基の管の間の角度ずれによる残留位置揃え不正が依然として存在する。(d)単式管システム。このシステムでは、kVpが高設定と低設定との間で高速に切り換えられる。典型的には、切り換えは毎ビュー又は数ビュー毎に行なわれる。このシステムは画質、投影/画像位置揃え、及びシステムの単純さの間で良好な均衡を提供する。このシステムは、高kVpと低kVpとの間の相対的な投影雑音をkVp切り換えに従って動的に調節することができれば競合に有利な画質を提供することができる。

40

【 0 0 0 5 】

従って、X線管を改造することなく2種の別個のkVpの間での切り換えを容易にする投

50

影雑音最適化方法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第一の観点では、イメージング・システムにおいて少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧（kVp）投影の間での切り換えを容易にする方法を提供する。この方法は、相対的に一定の電流（mA）を保ちつつ少なくとも2種のkVp投影（高kVp投影及び低kVp投影）の間での相対ビュー時間（s）を調節するステップを含んでいる。電流・ビュー時間積（mAs）が、少なくとも2種の別個のkVp投影の間での相対ビュー時間を調節することによりこれら少なくとも2種の別個のkVp投影について変調される。このビュー時間調節は、高/低kVp投影雑音最適化について一定ビュー時間トリガ発生式システムにおける電流（mA）調節と同じ効果を有する。この方法はまた、高kVp及び低kVpでの算出された最適mAs比に基づいて少なくとも2種の別個のkVp投影についての持続時間比（R）を算出するステップを含んでいる。ビュー持続時間はkVp切り換えに従って変調されて、mAに対する高速制御の欠如を補償する。

10

【0007】

本発明の第二の観点では、計算機式断層写真法（CT）システムを提供する。このCTシステムは、走査対象を収容するように構成されているガントリと、ガントリの内部に配設されており少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧（kVp）投影を放出するように構成されているX線管とを含んでいる。このCTシステムはまた、複数の検出器素子を含む検出器アレイを含んでいる。検出器アレイは、少なくとも2種の別個のkVp投影によって投影データを測定する。このCTシステムはさらに、電流ビュー時間（mAs）積の変調を容易にするために少なくとも2種の別個のkVp投影の間での相対ビュー時間（s）を調節するように構成されているプロセッサを含んでいる。プロセッサはさらに、異なるkVpの間での最適mAs比に基づいて少なくとも2種の別個のkVp投影についての持続時間比（R）を算出するように構成されている。

20

【0008】

本発明のこれらの特徴、観点及び利点、並びに他の特徴、観点及び利点は、以下の詳細な説明を添付図面に関して読解するとさらに十分に理解されよう。図面では、全図面を通して類似の参照符号が類似の部材を表わす。

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】本発明の実施形態の一例によるCTシステムを表わすブロック図である。

【図2】図1のCTシステムにおける2種の別個のピーク・キロ電圧投影の間での切り換えを容易にする方法の一例を示す流れ図である。

【図3】図2の方法によるビュー時間変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の様々な実施形態は、計算機式断層写真法（CT）システム、特に二重エネルギーCTシステムにおいて別個のピーク・キロ電圧投影の間での切り換えを容易にする方法を提供する。

40

【0011】

図1は、本発明の実施形態の一例によるCTシステム100を表わすブロック図である。CTシステム100は、ガントリ102、X線管104、及び検出器アレイ108を含んでいる。ガントリ102は、走査対象110の位置を制御する。X線管104は、X線のビームを検出器アレイ108に向かって投射する。検出器アレイ108は複数の検出器素子112を含んでおり、対象110を通過した後の減弱後のX線を検出する。図示の実施形態では、CTシステム100は、複数の検出器素子112の単一の横列を含んでいる。本発明の様々な実施形態では、検出器アレイ108は、検出器素子112の複数の平行な横列を含んでいてもよい。複数の検出器素子112は、X線ビーム106の減弱に基づいて信号を発生する。さらに、これらの信号を処理して投影データを得る。

50

【 0 0 1 2 】

一実施形態では、X線のビームは、少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧(kVp)投影に対応し得る。X線管104及び検出器アレイ108は、X線のビームが対象110と交差する角度が定常的に変化するように、ガントリ102と共に回転する。対象110の単一の走査が、投影角と呼ばれる一つのガントリ角度でのX線減弱測定値を取得する。

【 0 0 1 3 】

ガントリ102及びガントリ102に装着されている構成要素は、対象110から投影データを取得する走査を実行するときに回転中心114の周りを回転する。ガントリ102に設けられている構成要素の回転及びX線管104の動作は、CTシステム100の制御機構116によって制御される。制御機構116は、X線制御器118、ガントリ・モータ制御器120及びデータ取得システム(DAS)122を含んでいる。X線制御器118は、X線管104に電力信号及びタイミング信号を与える。ガントリ・モータ制御器120は、ガントリ102の構成要素の回転速度及び位置を制御する。制御機構116のDAS122は、検出器素子112からアナログ・データをサンプリングして、アナログ・データをデジタル信号へ変換し、さらなる処理に供する。

【 0 0 1 4 】

一実施形態では、アナログ・データは、少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧(kVp)投影に対応する投影データであってよい。さらに、プロセッサ124が、サンプリングされてデジタル化された投影データをDAS122から受け取る。プロセッサ124は、一定のビュー速度を維持することにより2種の別個のkVp投影についての電流・ビュー時間積(mAs)の変調を容易にするために2種の別個のkVp投影の間の相対ビュー時間(s)を調節するように構成されている。さらに、高kVp投影/低kVp投影において相対的に一定の電流設定が保たれる。プロセッサ124は、これらのkVp設定、及び平均投影値を用いることにより、高kVp投影及び低kVp投影の最適mAs比Rを算出する。これにより、プロセッサ124は、mAs比Rを用いて高kVp投影でのビュー時間及び低kVp投影でのビュー時間を算出する。一実施形態では、一定のビュー速度は、ビューの時間的中心を一定に保つことを含み得る。プロセッサはまた、最適mAs比に基づいて2種の別個のkVp投影についての持続時間比(R)を算出するように構成されている。一実施形態では、相対ビュー時間(s)は、kVpを切り換えるまでの時間として定義される。相対ビュー時間(s)は、平均対象110減弱プロファイル及び投影データの少なくとも一方に基づいて調節される。

【 0 0 1 5 】

プロセッサ124は、2種の別個のkVp投影によって取得される投影データを用いて画像を再構成する。再構成画像は、コンピュータ126への入力として印加されて、コンピュータ126のメモリ128に記憶される。メモリ128の実例としては、限定しないが読み出し専用メモリ(ROM)等がある。コンピュータ126は、操作コンソール130を介して操作者から命令及び走査パラメータを受け取ることができる。一実施形態では、操作コンソール130はキーボードを含み得る。表示器132が、再構成された画像及びコンピュータ126からの他データを操作者が観察することを可能にする。表示器132の実例としては、限定しないが陰極線管(CRT)表示器、液晶表示器(LCD)及びプラズマ表示器等がある。操作者が供給した命令はコンピュータ126によって用いられ、制御信号及び情報を制御機構116に与える。加えて、コンピュータ126は、テーブル・モータ制御器134を動作させることができる。テーブル・モータ制御器134は、テーブルの移動を制御してガントリ102における対象110を配置する。具体的には、テーブルは対象110をガントリ開口を通して移動させる。

【 0 0 1 6 】

一実施形態では、コンピュータ126は、コンピュータ読み取り可能な媒体から命令及びデータを読み取る装置を含んでいる。この装置の実例としては、限定しないがフレキシブル・ディスク・ドライブ、CD-ROMドライブ、DVDドライブ、光磁気ディスク(

10

20

30

40

50

MOD)装置、又はイーサネット装置等の網接続装置(イーサネットは商標)を含めたその他任意のデジタル装置等がある。コンピュータ読み取り可能な媒体の実例としては、フレキシブル・ディスク、CD-ROM、DVD、又はネットワーク若しくはインターネットのようなデジタル・ソース、並びに開発途上のデジタル手段等がある。他の実施形態では、コンピュータ126はファームウェア(図示されていない)に記憶されている命令を実行する。ファームウェアの実例としては、限定しないがコンピュータ126に組み込まれている基本入出力システム(BIOS)等がある。コンピュータ126は、本書に記載する作用を果たすようにプログラムされており、本書で用いられるコンピュータとの用語は当技術分野でコンピュータと呼ばれている集積回路のみに限らず、コンピュータ、プロセッサ、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラマブル論理コントローラ、特定応用向け集積回路、及び他のプログラム可能な回路を広範に指している。

10

【0017】

本書に記載する方法はCTシステムについて記載されているが、PET-CT、MRI-CT及びSPECT等のようなCT以外のX線型撮像モダリティにおいても本発明の利点が見られると思慮される。また、本書に記載する方法及び装置は医療環境において記載されているが、産業環境又は運輸環境、例えば限定しないが空港若しくは他の運輸拠点での手荷物走査システム等で典型的に用いられるシステム等のような非医用イメージング・システムにおいても本発明の利点が見られると思慮される。

【0018】

図2は、CTシステム100において少なくとも2種の別個のピーク・キロ電圧投影の間での切り換えを容易にする方法の一例を示す流れ図である。一実施形態では、流れ図に示す各ステップは、適当なプログラム制御の下でコンピュータ126によって自動的に実行されてよい。但し、これらのステップが自動工程として実行される必要はない。一実施形態では、プログラム制御はファームウェア・プログラム、例えばコンピュータ126に組み込まれているシステム基本入出力システム(BIOS)である。もう一つの実施形態では、プログラム制御は、デバイス・ファームウェア・プログラム、例えばCTシステム100のメモリ128に記憶されているデバイス・ドライバである。

20

【0019】

高kVp及び低kVpにおけるビュー時間値の最適化は、図2に示すようにして達成される。ステップ202において、高kVp走査対低kVp走査の最適mA s比Rが式(1)を用いて算出される。最初に、スカウト走査を実行する。スカウト走査から、対象の関心領域(ROI)が識別される。ROIにわたる投影を平均して、ROI領域にわたる実効減弱を得る。これにより、所与の目標画像形式(基底物質分解画像、密度画像、実効Z画像等)について、平均投影を用いてRが算出される。

30

【0020】

$$R = f(kVp_1, kVp_2, p_{ave}) \quad (1)$$

式(1)において、kVp₁、kVp₂は走査についての2種のkVp設定であり、p_{ave}はROIにわたる平均投影値である。関数f()はイメージング・システムに依存し、イメージング・システム較正を通じて得ることができる。この後に、ステップ204では、式(2)及び式(3)を用いて、ステップ202で得られた最適mA s比に基づいて高kVpにおけるビュー時間及び低kVpにおけるビュー時間が算出される。

40

【0021】

$$V_H = mA_L * R / (mA_L * R + mA_H) * T_t \quad (2)$$

$$V_L = mA_H / (mA_L * R + mA_H) * T_t \quad (3)$$

式中、V_H及びV_Lはそれぞれ高kVp及び低kVpにおけるビュー時間値である。T_tは、高kVp及び低kVpにおけるビュー時間の和である。kVp切り換えの間に、イメージング・システムのX線管の管フィラメント電流は一定に保たれる。しかしながら、管フィラメント電流は、kVp変調によって誘発される電子抽出電界強度の変化の結果としてmA_H及びmA_Lから変化する。ステップ206では、kVpはビュー時間に基づいて切り換えられる。また、kVp走査を最適に切り換えるために可変ビュー時間サンプリン

50

グを用いてもよい。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、図 2 の方法によるビュー時間変化を示すグラフである。2 種の別個の電圧投影 kVp_L 及び kVp_H 、並びに一定のフィラメント電流設定における関連する管アノード電流 mA_H 及び mA_L (図 3 には示していない) が、X 線管 104 によって低電圧及び高電圧にそれぞれ対応して発生される。X 線管は 2 種の別個の電圧投影 (kVp_L 及び kVp_H) の間を切り換わって対象 110 を走査する。高電圧投影 kVp_H は、持続時間 T_H にわたって高に保たれ、低電圧投影 kVp_L は持続時間 T_L にわたって低に保たれる。さらに、一定ビュー・サンプリングでは、 $T_H = T_L = T_t / 2$ である。相対ビュー時間 (s) は kVp_L と kVp_H との間で調節されて、対応する管電流 (mA_H 及び mA_L) において mA_s を変調する。換言すると、 mA_s 積が変調されているときにピーク・キロ電圧投影 kVp_H の中心及びピーク・キロ電圧 kVp_L の中心は一定に保たれている。一実施形態では、相対ビュー時間 (s) は、平均対象減弱プロファイル及び投影データに基づいて調節される。一実施形態では、持続時間比は予め画定された投影角における対象 110 の減弱プロファイルに基づいて算出される。尚、高 kVp 及び低 kVp での個々のビュー・サンプリング時間の変化に関わらず、高 kVp 及び低 kVp における各々のビューの中心及びビュー時間の和は、従来的一定ビュー・サンプリング構成と同じままとなる。

10

【 0 0 2 3 】

本発明の様々な実施形態は、可変ビュー時間データ取得方法を用いることにより 2 種の別個のピーク・キロ電圧 (kVp) 投影の間での切り換えを容易にする方法を提供する。この方法は、電流 (mA) が相対的に一定であるときにビュー時間 (s) を変化させることにより mA_s を変調する。さらに、可変ビュー時間走査は、二重 kVp 走査について最適の mA_s 比を保ちつつ最大管電力で動作することができる。さらに、このシステムはまた、さらに良好な時間分解能を提供すると共に、基底物質分解に対するさらに良好な感度を有する。従って、さらに良好な画質を有する画像を再構成することができる。

20

【 0 0 2 4 】

本書では本発明の幾つかの特徴のみを図示して説明したが、当業者には多くの改変及び変形が想到されよう。従って、特許請求の範囲は、本発明の要旨に含まれるような全ての改変及び変形を網羅するものと理解されたい。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 2 5 】

- 100 CTシステム
- 102 ガントリ
- 104 X線管
- 106 X線ビーム
- 108 検出器アレイ
- 110 検査対象
- 112 検出器素子
- 114 ガントリの回転中心
- 116 制御機構
- 118 X線制御器
- 120 ガントリ・モータ制御器
- 122 データ取得システム
- 124 プロセッサ
- 126 コンピュータ
- 128 メモリ
- 130 操作者コンソール
- 132 表示器
- 134 テーブル・モータ制御器
- 202 高 kVp 走査対低 kVp 走査の最適 mA_s 比 R を算出する

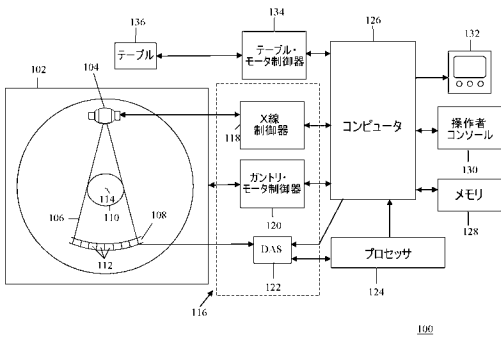
40

50

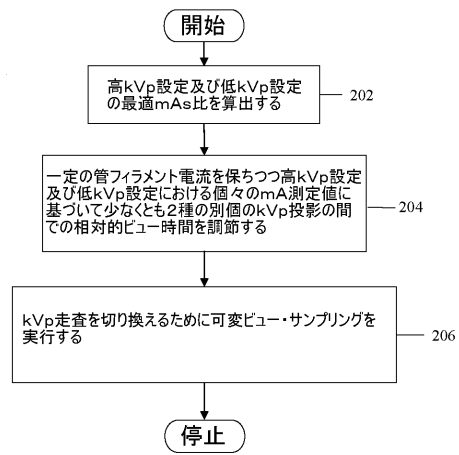
204 最適mA s比に基づいて高kVpでのビュー時間及び低kVpでのビュー時間を算出する

206 ビュー時間に基づいて各kVpを切り換える

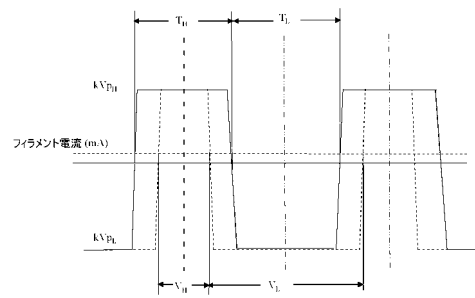
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 デビッド・ランガン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、リンカーン・アベニュー、9番

(72)発明者 ジェームズ・ウォルター・ルブラン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、フォックス・ホロウ・ロード、1401番

Fターム(参考) 4C093 AA01 AA22 BA17 CA01 EA07 EB17 FA13 FA18 FA19 FA55

FA59 FF28