

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6475315号  
(P6475315)

(45) 発行日 平成31年2月27日(2019.2.27)

(24) 登録日 平成31年2月8日(2019.2.8)

(51) Int.Cl.

F 1

**A61B 6/00 (2006.01)**A 61 B 6/00 330Z  
A 61 B 6/00 300J  
A 61 B 6/06 331  
A 61 B 6/00 Z DM**A61B 6/06 (2006.01)**

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2017-502174 (P2017-502174)  
 (86) (22) 出願日 平成27年7月7日(2015.7.7)  
 (65) 公表番号 特表2017-521170 (P2017-521170A)  
 (43) 公表日 平成29年8月3日(2017.8.3)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2015/065405  
 (87) 國際公開番号 WO2016/008762  
 (87) 國際公開日 平成28年1月21日(2016.1.21)  
 審査請求日 平成30年6月22日(2018.6.22)  
 (31) 優先権主張番号 14177486.9  
 (32) 優先日 平成26年7月17日(2014.7.17)  
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁(EP)

早期審査対象出願

(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 5656 アーネー アイン  
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5  
 High Tech Campus 5,  
 NL-5656 AE Eindhoven  
 (74) 代理人 100122769  
 弁理士 笛田 秀仙  
 (74) 代理人 100163809  
 弁理士 五十嵐 貴裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線イメージング装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

X線イメージング装置であって、  
 X線ビームを供給するX線源装置と、  
 少なくとも1つのグレーティングと、  
 複数のセンサラインを有するライン検出器であって、前記複数のセンサラインの各々が  
 、複数のセンサ素子によって提供され、前記センサラインが、動作中、少なくとも1つの  
 グレーティングを通過するX線ビームの個々の部分を検出するために提供される、ライン  
 検出器と、  
 を有し、

前記X線イメージング装置は、前記ライン検出器及びイメージングされる対象を互いに  
 対して移動させるように構成され、前記X線ビームの部分に応答して、複数の干渉パターン  
 が、前記対象の画像を再構成するために前記ライン検出器及び前記対象の個々の異なる  
 相対位置において検出可能であり、

前記少なくとも1つのグレーティングは、前記ライン検出器の方向に対し垂直な方向に  
 おいて互いに隣り合って配される少なくとも1つの第1のセグメント及び少なくとも1つ  
 の第2のセグメントを有し、

前記X線イメージング装置は、前記ライン検出器及び前記少なくとも1つのグレーティ  
 ングを、少なくとも第1の相対位置及び第2の相対位置の間で相対移動させるように構成  
 され、

前記第1の相対位置において、動作中、前記X線ビームの部分が、前記少なくとも1つの第1のセグメントを通過し、検出のために前記センサラインに到達し、前記X線ビームの他の部分が、前記第2のセグメントを通過して、隣り合う前記センサラインの間の領域に投射され、

前記第2の相対位置において、動作中、前記X線ビームの部分が、前記少なくとも1つの第2のセグメントを通過し、検出のために前記センサラインに到達し、前記X線ビームの他の部分が、前記第1のセグメントを通過して、隣り合う前記センサラインの間の領域に投射される、

X線イメージング装置。

**【請求項2】**

10

前記第1及び第2のセグメントの各々は、個々の伝達特性をもつグレーティング構造を有し、前記第1及び第2のセグメントは、個々のグレーティング構造に関して異なり、前記第1及び第2のセグメントは、個々の伝達特性に関して異なる、請求項1に記載のX線イメージング装置。

**【請求項3】**

前記第1のセグメントのグレーティング構造は、第1のグレーティングピッチを有し、前記第2のセグメントのグレーティング構造は、前記第1のグレーティングピッチと異なる第2のグレーティングピッチを有する、請求項2に記載のX線イメージング装置。

**【請求項4】**

20

前記第1のセグメントのグレーティング構造は、第1の方向を有し、前記第2のセグメントのグレーティング構造は、前記第1の方向と異なる第2の方向を有する、請求項2又は3に記載のX線イメージング装置。

**【請求項5】**

前記第1のセグメントのグレーティング構造は、第1のジオメトリを有し、前記第2のセグメントのグレーティング構造は、前記第1のジオメトリと異なる第2のジオメトリを有する、請求項2、3又は4に記載のX線イメージング装置。

**【請求項6】**

前記少なくとも1つのグレーティングが、フレームを有し、前記フレームが、少なくとも前記第1及び第2のセグメントを有する、請求項1乃至5のいずれか1項に記載のX線イメージング装置。

30

**【請求項7】**

前記少なくとも1つのグレーティングは、前記ライン検出器の方向に垂直な方向において前記第2のセグメントに隣り合って配される少なくとも1つの第3のセグメントを有し、

前記少なくとも1つの第3のセグメントは、個々のグレーティング構造及び個々の伝達特性に関して前記第1及び第2のセグメントと異なり、

前記X線イメージング装置は、前記ライン検出器及び前記少なくとも1つのグレーティングを、第3の相対位置に相対移動させるように構成され、前記第3の相対位置において、動作中、前記X線ビームの部分が、少なくとも1つの第3のセグメントを通過し、前記第1及び第2のセグメントが、前記X線ビームの前記部分の外側に配され、前記第1及び第2の相対位置において、前記少なくとも1つの第3のセグメントが、前記X線ビームの前記部分の外側に配される、請求項1乃至6のいずれか1項に記載のX線イメージング装置。

40

**【請求項8】**

前記X線イメージング装置が、X線微分位相コントラストイメージング装置であり、前記少なくとも1つのグレーティングが、位相グレーティングとして又は吸収体グレーティングとして提供される、請求項1乃至7のいずれか1項に記載のX線イメージング装置。

**【請求項9】**

2つの前記グレーティングが提供され、

前記2つのグレーティングのうち一方が、位相グレーティングであり、前記2つのグレ

50

ーティングのうち他方が、前記位相グレーティングに対して前記 X 線ビームの下流に設けられる吸収体グレーティングであり、

前記位相グレーティングの第 1 のセグメントが、前記吸収体グレーティングの第 1 のセグメントと異なり、及び / 又は、前記位相グレーティングの第 2 のセグメントが、前記吸収体グレーティングの第 2 のセグメントと異なる、請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の X 線イメージング装置。

【請求項 1 0】

前記ライン検出器に対し前記少なくとも 1 つのグレーティングを移動させるように構成される変位ユニットを更に有する、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の X 線イメージング装置。

10

【請求項 1 1】

前記少なくとも 1 つのグレーティング及び前記ライン検出器が、可動ガントリに取り付けられ、

イメージングされる対象に対して前記可動ガントリを移動させるように構成されるガントリ変位ユニットが提供される、請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載の X 線イメージング装置。

【請求項 1 2】

X 線イメージングシステムであって、

請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の X 線イメージング装置と、

処理ユニットと、

20

イメージングされる対象を受けるための対象受容装置と、  
を有し、

前記処理ユニットが、前記 X 線イメージング装置及び前記対象受容装置の互いに対する相対移動、及び / 又は前記 X 線イメージング装置の前記少なくとも 1 つのグレーティング及び前記ライン検出器の互いに対する相対移動を制御する、X 線イメージングシステム。

【請求項 1 3】

X 線イメージング方法であって、

X 線源装置により、イメージングされる対象に X 線ビームを供給するステップと、

ライン検出器の方向に垂直な方向において互いに隣り合って配される第 1 のセグメント及び第 2 のセグメントを少なくとも有する少なくとも 1 つのグレーティングにより、干渉パターンを生成するステップと、

30

複数のセンサラインを有するライン検出器と、イメージングされる対象とを、相対的に移動させるステップであって、前記センサラインは各々が複数のセンサ素子によって提供され、前記センサラインは、動作中、少なくとも 1 つのグレーティングを通過する X 線ビームの個々の部分を検出するために提供され、前記 X 線ビームの部分に応答して、複数の干渉パターンが、前記対象の画像を再構成するために前記ライン検出器及び前記対象の個々の異なる相対位置において検出される、ステップと、

少なくとも第 1 の相対位置及び第 2 の相対位置の間で前記ライン検出器及び前記少なくとも 1 つのグレーティングを相対的に移動させるステップであって、前記第 1 の相対位置において、動作中、前記 X 線ビームの部分が、少なくとも 1 つの第 1 のセグメントを通過し、検出のために前記センサラインに到達し、前記 X 線ビームの他の部分が、前記第 2 のセグメントを通過して、隣り合う前記センサラインの間の領域に投射され、前記第 2 の相対位置において、動作中、前記 X 線ビームの部分が、少なくとも 1 つの第 2 のセグメントを通過し、検出のために前記センサラインに到達し、前記 X 線ビームの他の部分が、前記第 1 のセグメントを通過して、隣り合う前記センサラインの間の領域に投射される、ステップと、

40

前記少なくとも 1 つのグレーティングを通過する前記 X 線ビームの部分を検出するステップと、  
を有する、X 線イメージング方法。

【請求項 1 4】

50

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の X 線イメージング装置又は請求項 12 に記載の X 線イメージングシステムを制御するコンピュータプログラムであって、処理ユニットによって実行される場合に請求項 13 に記載の X 線イメージング方法の各ステップを実行するように適応される、コンピュータプログラム。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のコンピュータプログラムを記憶したコンピュータ可読媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X 線イメージング装置、X 線イメージングシステム、X 線イメージング方法、このような装置を制御するためのコンピュータプログラム要素、及びこのようなコンピュータプログラム要素を記憶したコンピュータ可読媒体に関する。 10

【背景技術】

【0002】

X 線画像を取得する際、例えば患者のような検査される対象が、X 線生成装置と X 線検出器との間に配置される。X 線生成装置から発する X 線放射線は、検査される対象を透過し、その後、X 線検出器に到達する。X 線放射線の経路に位置する検査される対象は、対象内の特定の組織構造に依存して、X 線ビームを空間的に減衰する。その後、X 線検出器は、X 線放射線の強度分布を決定することによって、空間的に減衰された X 線放射線を検出し、その画像情報は、検査される対象の X 線画像を生成し、更に処理して、表示するために用いられる。 20

【0003】

しかしながら、検査される対象は、X 線放射線を減衰する際にほんのわずかな差のみを提供することができ、その結果、低いコントラストを有する相対的に一様に減衰された X 線画像を生じさせ、対象のイメージングされた内部構造の詳細を欠く。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

対象内の特定の対象又は領域は、同様の減衰特性を含みうるが、その一方、対象を透過する X 線放射線の位相は、対象の構造によって、より大きく影響を及ぼさることができる。 30

【0005】

位相コントラストイメージングにおいて、X 線管のような X 線源の近くに、例えばそれに隣接して配置されるソースグレーティングによって生成される少なくとも部分的にコヒーレントな X 線放射線が用いられる。対象を透過するコヒーレントな X 線は、その後の位相情報の取り出しを可能にすることができる。

【0006】

しかしながら、波の位相は直接測定されることができず、むしろ、例えば 2 又はそれより多くの波が干渉することによって、位相シフトが輝度変調に変換される必要がありうる。対応する干渉パターンを生成するために、検査される対象と X 線検出器との間に配置されるいわゆる位相グレーティングが用いられる。しかしながら、単に位相グレーティングを用いることによって生成される干渉パターンは、X 線検出器の空間解像度の不足のため、今日の X 線検出器によって検出可能であるためにはあまりに小さすぎる。 40

【0007】

こうして、他のアライザグレーティングが、位相グレーティングと X 線検出器との間に配置されて用いられることができ、それにより、今日の X 線検出器によって検出可能であるために十分大きい干渉パターンを提供する。

【0008】

適当な画像情報を得るために、いわゆる位相ステッピングが実施される。位相ステッピングにおいて、ソースグレーティング、位相グレーティング及びアライザグレーティン 50

グのうちの1つが、例えばそのグレーティングピッチの何分の一か、例えば位相グレーティングのグレーティングピッチの1/4、1/6、1/8だけ、他のグレーティング及びX線検出器素子に対して横方向に変位される。位相ステッピングが特定のグレーティングを使用して実施される場合、位相ステッピングはこの特定のグレーティングの完全な期間をカバーする。

#### 【0009】

位相ステッピングの代替例は、いわゆるスリットスキャニングアプローチである。女性乳房のような対象は、スキャンアーム又はガントリ移動によってスキャンされる。多くのパラレル検出器ラインの構成によるデータ取得の冗長性が、位相ステッピングの必要を除去するために利用されることができ、グレーティングが、互いに対し移動される必要がない。それゆえ、位相取得は、通常のスキャニング移動において実現することができる。10

#### 【0010】

このような位相グレーティングを用いて、更に、非コヒーレントX線の小角散乱から導出される画像データの生成が可能にされ、後者のタイプのイメージングは、暗視野イメージングとも呼ばれる。

#### 【0011】

国際公開第2012/029005A1号公報は、X線源、第1のグレーティング素子、第2のグレーティング素子、及び複数の検出器ピクセル素子を具備するX線検出器素子を有する位相コントラストイメージング装置を開示している。イメージングされる対象は、X線源とX線検出器素子との間に配置可能である。第1のグレーティング素子及び第2のグレーティング素子は、X線源とX線検出器素子との間に配置可能である。X線源、第1のグレーティング素子、第2のグレーティング素子及びX線検出器は、対象の位相コントラスト画像の取得のために、機能的に結合される。20

#### 【0012】

しかしながら、このようなイメージング装置は、特にさまざまな異なる患者及び動作条件に対する柔軟性及び適合性の観点で、なお改善されることがある。

#### 【0013】

それゆえ、その柔軟性の観点で改善されたX線イメージング装置を提供する必要がある。30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0014】

本発明の課題は、独立請求項の主題によって解決され、他の実施形態は、従属請求項に組み込まれる。以下に記述される本発明の見地は、X線イメージング装置、X線イメージングシステム、X線イメージング方法、コンピュータプログラム素子及びコンピュータ可読媒体にも適用されることに注意すべきである。

#### 【0015】

本発明により、X線イメージング装置が提示される。X線イメージング装置は、X線ビームを供給するX線源装置と、少なくとも1つのグレーティングと、複数のセンサラインを有するライン検出器と、を有し、センサラインの各々が、複数のセンサ素子によって提供され、センサラインは、動作中少なくとも1つのグレーティングを通過するX線ビームの個々の部分を検出するために提供される。ライン検出器は、いくつかのセンサラインを形成するいくつかの1次元センサを有することができる。40

#### 【0016】

X線イメージング装置は、ライン検出器及びイメージングされる対象を互いに対し移動させ、それにより、X線ビームの部分に応じて、複数の干渉パターンが、対象の画像を再構成するために、ライン検出器及び対象の個々の異なる相対位置において検出可能であるように構成される。これは、X線イメージング装置、ライン検出器及び/又は対象が移動可能であることを意味する。

#### 【0017】

10

20

30

40

50

少なくとも 1 つのグレーティングは、ライン検出器の方向に対し及び X 線ビーム方向に対し垂直な方向において互いに隣り合って配置される少なくとも 1 つの第 1 のセグメント及び少なくとも 1 つの第 2 のセグメントを有する。X 線ビーム方向に見て、少なくとも 1 つのグレーティングが、各々のセンサラインの前に配置されることができる。X 線イメージング装置が、X 線微分位相コントラストイメージング装置である場合、少なくとも 1 つのグレーティングは、位相グレーティング及び / 又は吸収体グレーティングでありうる。

#### 【 0 0 1 8 】

X 線イメージング装置は、ライン検出器及び少なくとも 1 つのグレーティングを、少なくとも第 1 の相対位置及び第 2 の相対位置の間で互いに対し移動させるように構成され、第 1 の相対位置において、動作中、X 線ビームの部分が、少なくとも 1 つの第 1 のセグメントを通過し、少なくとも 1 つの第 2 のセグメントが、X 線ビームの前記部分の外側に配置され、第 2 に相対位置において、動作中、X 線ビームの前記部分が、少なくとも 1 つの第 2 のセグメントを通過し、少なくとも 1 つの第 1 のセグメントが、X 線ビームの前記部分の外側に配置される。

#### 【 0 0 1 9 】

従って、本発明による X 線イメージング装置は、少なくとも第 1 のセグメントを活性化し、少なくとも第 2 のセグメントを非活性化することを可能にし、その逆もまた可能であり、それによって臨床的な柔軟性を増大する。

#### 【 0 0 2 0 】

X 線イメージング装置は、ライン検出器に対し少なくとも 1 つのグレーティングを移動させることにより、例えばライン検出器の方向に対し垂直な方向に並進移動させることにより、第 1 の相対位置から第 2 の相対位置への移動を実現することができる。

#### 【 0 0 2 1 】

少なくとも 1 つのグレーティングの各々のセグメント、すなわち第 1 及び第 2 のセグメントの各々は、個々の伝達特性をもつグレーティング構造を有することができる。例えば、グレーティング構造は、更にグレーティング構造の伝達関数とも呼ばれる個々の伝達特性をもつ一種の線形ストライプとして配置されるラインを有する。第 1 及び第 2 のセグメントは、個々の伝達特性が異なるので、第 1 及び第 2 のセグメントは、個々のグレーティング構造が異なる。「異なる伝達特性」又は「異なる伝達関数」という語により、位相シフトに関して異なる吸収特性及び / 又は異なる特性が、意味される。グレーティング構造は、周期的に配置される複数のバー及び間隔を形成することができる。バーは、X 線放射線の位相及び / 又は振幅を変えるように構成されることがある。間隔は、特にバーよりは小さい程度で、X 線放射線の位相及び / 又は振幅を別のものに変えることができる。間隔は、X 線透過性をもつ。「X 線透過性」という語は、通過する X 線放射線がその位相を変えないことを意味し、すなわち、通過する X 線放射線は、位相シフトされず、その振幅も変化せず、両方とも計測可能であり又は相当な量である。

#### 【 0 0 2 2 】

一例において、X 線イメージング装置は、ライン検出器に対し少なくとも 1 つのグレーティングを移動させるように構成される変位ユニットを有する。

#### 【 0 0 2 3 】

一例において、X 線イメージング装置は、ライン検出器及び少なくとも 1 つのグレーティングを、少なくとも第 1 の相対位置及び第 2 の相対位置の間で互いに対し移動させるように構成される。第 1 の相対位置において、少なくとも 1 つの第 1 のセグメントは、X 線ビームに沿ってセンサライン上へ投射し、動作中に少なくとも 1 つの第 1 のセグメントを通過する X 線ビームの部分は、検出のための 1 次元センサラインに到達し、一方で、少なくとも 1 つの第 2 のセグメントは、X 線ビームの部分の外側に配置され、それは、隣り合うセンサラインの間の領域に X 線ビームに沿って投射する。第 2 の相対的な位置において、少なくとも 1 つの第 2 のセグメントは、X 線ビームに沿ってセンサライン上に投射し、動作中に少なくとも 1 つの第 2 のセグメントを通過する X 線ビームの部分は、検出のための 1 次元センサラインに到達し、その一方、少なくとも 1 つの第 1 のセグメントは、X 線

10

20

30

40

50

ビームの部分の外側に配置され、それは、隣り合ったセンサラインの間の領域にX線ビームに沿って投射する。この例によるX線イメージング装置は、隣り合うセンサラインの間の（ライン検出器の方向に対し垂直な方向における）距離を効果的に利用して、第1の相対位置では少なくとも1つの第2のセグメントを「隠し」、第2の相対位置では少なくとも1つの第1のセグメントを「隠す」。一般に、隣り合うセンサラインの間の距離は、センサラインの高さの倍数である。第1の相対位置から第2の相対位置への移動は、ライン検出器に対し少なくとも1つのグレーティングを移動させることにより、例えばライン検出器の方向に対し垂直な方向に並進移動させることによって、実現されることができる。

#### 【0024】

一例において、X線イメージングは、X線ビームを個々の部分に分割し、より具体的にはスライスされたX線ビームを生成するためのプリコリメータを有する。ここで、プリコリメータは、X線ビームをスライスするように構成され、動作中X線ビームのスライスが、個々のセンサラインを照射し又は個々のセンサライン上に投射する。10

#### 【0025】

一例において、少なくとも1つのグレーティングはフレームを有し、フレームは、少なくとも第1及び第2のセグメントを有する。

#### 【0026】

フレームによって支持される第1及び第2のセグメントの相対位置は、好適には、サブマイクロメートルの精度の範囲で正確であり、安定である。従って、フレームは、例えばスチール又はインバー合金を使用して、機械的に非常に堅固な態様で実現されることができる。20

#### 【0027】

結果として、グレーティングのそれぞれ異なるセグメントの間の容易且つ迅速なスイッチングを可能にするので、その柔軟性の観点で改善されたX線イメージング装置が提供される。それによって、X線イメージング装置は、セグメントへの簡単なスイッチングによって、異なる動作条件、患者及び例えば乳房ボリュームに対し容易に且つ迅速に適応することができ、これは、今日の状況に特に適している。

#### 【0028】

少なくとも1つのグレーティングが提供されることに留意されたい。例えば、2又は3のグレーティングが提供される。それでもなお、以下及び更に請求項において、「少なくとも1つのグレーティング」は、「グレーティング」とも呼ばれ、すなわち、より良好な読み易さを提供するために「少なくとも1つ」の語を含まないことがある。しかしながら、適当である場合、「グレーティング」は、少なくとも1つのグレーティングにも関する。30

#### 【0029】

本発明で用いられるライン検出器は、位相グレーティングによって生成される干渉パターンを検出するために、すなわち十分に解像するために、十分に小さいピッチを有し、ゆえに十分に大きい解像度を有する。このため、このようなライン検出器は、50マイクロメートル又はそれ以上の解像度を有するそれ自体知られている高解像度X線検出器、又は米国特許出願公開第2014/0177795A1号公報に記述されるタイプと等価なX線検出器でありえ、この文献の内容は、参照によってここに盛り込まれるものとする。代替として、ライン検出器は、アナライザグレーティングと協働して、すなわち位相グレーティングと前記ライン検出器との間の光路に配置される吸収グレーティングと協働して使用される場合、高解像度を有することができる。40

#### 【0030】

更に、少なくとも1つのグレーティングは、少なくとも1つの第1のセグメント及び少なくとも1つの第2のセグメントを具備する。例えば、2、3、4、5又はそれより多くの第1及び/又は第2のセグメントが提供される。それでもなお、以下及び請求項において、「少なくとも1つの第1（又は第2）のセグメント」は、「第1（又は第2）のセグメント」とも呼ばれ、すなわち、より良好な読み易さを提供するために「少なくとも1つ」という語がなくてもよい。しかしながら、適当である場合、「第1（又は第2）のセグ

メント」は、少なくとも 1 つの第 1 ( 又は第 2 ) のセグメントにも関する。

【 0 0 3 1 】

一例において、X 線イメージング装置は、X 線微分位相コントラストイメージング装置である。微分位相コントラストイメージングは、位相情報を取り出すために X 線源と X 線検出器との間に設置されるグレーティングの組を用いることができる。X 線源装置は、ソースグレーティング有り又は無しの X 線源でありうる。グレーティングは、位相グレーティング又は吸収体グレーティングでありうる。グレーティングは、X 線ビーム方向に見て、ライン検出器の各センサラインの前に配置されることができる。第 1 及び第 2 のセグメントは、グレーティングラインに関して互いに異なりうる。グレーティングラインを異なるものにするためのオプションは、以下に示すように、例えば異なるピッチ及び / 又は異なる向きである。10

【 0 0 3 2 】

「吸収体グレーティング」及び「位相グレーティング」の語は、通過する X 線放射線に対するそれらの効果に関するグレーティングの機能に関連することに留意されたい。しかしながら、これらの語は、ある意味では、位相コントラストイメージングのために使用される干渉計内のロケーション又は位置にも関連することができる。例えば、位相グレーティングとしてのグレーティングは、ピッチ  $p_1$  を有する G 1 として知られる第 1 のグレーティングとして提供されることができ、ピッチ  $p_0$  を有する G 0 は、ソースグレーティングをさし、( ライン検出器のインプリメンテーションに依存して ) 更に任意のグレーティングが、ピッチ  $p_2$  を有する G 2 であるアナライザグレーティングとして、ライン検出器の前に設けられる。G 0 と G 2 との間の距離  $s$  、G 0 と G 1 との間の距離  $l$  、及び G 1 と G 2 との間の距離  $d$  ( もしあれば ) を導入する場合、さまざまなジオメトリが、前記量に基づいて規定されることができる。第 1 のオプションとして、干渉計は、いわゆる「従来のジオメトリ」において実現されることができ、この場合、 $l > d$  及び  $p_0 > p_1 > p_2$  である。従来のジオメトリにおいて、イメージングされる対象は、一般に G 0 と G 1 との間に配置される。第 2 のオプションとして、干渉計は、いわゆる「逆のジオメトリ」において実現されることができ、この場合、 $l < d$  及び  $p_0 < p_1 < p_2$  である。逆のジオメトリにおいて、イメージングされる対象は、一般に、G 1 と X 線検出ユニットとの間 ( すなわち、G 2 が存在する場合は G 1 と G 2 との間 ) に配置される。第 3 のオプションとして、干渉計は、いわゆる「対称的なジオメトリ」において実現されることができ、この場合、 $d = l$  及び  $p_0 = p_1 = p_2$  である ( シフティンググレーティング G 1 であるとする )。より詳しくは、Tilman Donath et al, "Inverse geometry for grating based x-ray phase contrast imaging", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 106, 054703, 2009 を参照されたい ( 参照によって本願明細書に盛り込まれる )。2030

【 0 0 3 3 】

一例において、グレーティングは、ソースグレーティングである。ソースグレーティングは、グレーティングの機能に関して、吸収体グレーティングとして提供されることができる。ソースグレーティングは、グレーティングの機能に関して、位相グレーティングとして提供されることもできる。40

【 0 0 3 4 】

グレーティング干渉計の設計エネルギーは、装置が ( 少なくとも理論的に ) 最も良く作動するエネルギーである。例えば位相グレーティング 及び設計エネルギー  $E_d$  を有するタルボット干渉計を考える場合、位相グレーティングの溝の高さは、位相グレーティングの所望の位相変化が達成されるように選択される必要がある。位相グレーティングと吸収体グレーティングとの間の所与の一定の距離  $d$  について、位相グレーティングのピッチは、関係  $p^2 = 8 \pi d$  を満たさなければならず、ここで、 $n$  は、奇数の整数であり、 $\lambda_d$  は、設計エネルギーにおける光子の波長である。ソースグレーティングのピッチは、位相グレーティングのピッチに合わせられる必要がある。結果として、タルボット・ロー干渉計の設計エネルギーを変えることは容易でない。良好な実用性能のために、対象を通り抜けるスペクトルのピークが設計エネルギーの近くにあるように、X 線管の電圧が調整され50

る必要がある。従って、一例において、第1のセグメントのグレーティング構造は、第1のグレーティングピッチを有し、第2のセグメントのグレーティング構造は、第1のグレーティングピッチと異なる第2のグレーティングピッチを有する。「ピッチ」は2本の隣接するグレーティングラインの間の距離であることが理解されるべきである。第1のセグメントは、相対的に大きいグレーティングピッチを有し、それゆえ、相対的に低い設計エネルギーに適している。第2のセグメントは、相対的に小さいグレーティングピッチを有することができ、それゆえ、相対的に高い設計エネルギーに適している。

#### 【0035】

結果として、設計エネルギーは容易に変えられることができる。更に、各スキャンごとに現在患者のための適切な設計エネルギーを選択することを可能にする微分位相コントラストイメージング用の干渉計設計が提供される。所与の患者について、例えば乳房厚さは、スキャンの前に知られており、適当な設計エネルギーを有する適切なグレーティングが、スキャンに先立って各々のライン検出器センサの前に移動されることができる。10

#### 【0036】

グレーティングは、ライン構造とも呼ばれるグレーティングラインのグレーティング構造を含むことができるので、干渉計は、異方性の感度を有することができる。これは、例えばグレーティングラインが検出器ラインに平行である場合に、ラインに平行な対象構造のみが検出可能であることを意味する。ラインに対し垂直な方向のオブジェクト構造は、ほとんど検出可能でない。従って、相互に垂直な方向における位相勾配の検出が望まれ、これは以下に示すように達成されることができる。一例において、第1のセグメントのグレーティング構造（例えばグレーティングライン）は第1の方向を有し、第2のセグメントのグレーティング構造（例えばグレーティングラインも）は第1の方向と異なる第2の方向を有する。言い換えると、検出器に設けられたグレーティングは、方向「x」においてグレーティング構造を有する第1のセグメントと、xに対し回転された方向「y」においてグレーティング構造を有する第2のセグメントと、を有する。一例において、第1及び第2の方向は、本質的に互いに垂直である。20

#### 【0037】

結果として、相互に垂直な方向の位相勾配の非常に正確な検出が達成される。更に、2つの続くスキャンによる両方の勾配方向の取得を容易にする微分位相コントラストイメージング用の干渉計設計が提供される。適所に配置されるこれらの構造によって、(i) 第1の相対位置を用いる一方向のスキャニング、(ii) 前記一方向のスキャニングの後、第1の相対位置から第2の相対位置へのライン検出器及びグレーティングの相対移動、及び(iii) その後の、第2の相対位置を用いた反転された方向でのスキャニング、によって、例えば2つの勾配を取得することが容易である。ソースグレーティングが、少なくとも1つのグレーティングの第1及び第2のセグメントにそれぞれ適合する第1及び第2のセグメントではなく、単一セグメントを具備する場合、X線イメージング装置は、好適には、これら2つのスキャンの間に、ソースグレーティングを、光軸を中心に90°回転させるように構成される。30

#### 【0038】

一例において、第1のセグメントのグレーティング構造及び第2のセグメントのグレーティング構造、並びに可能性として第3又はそれ以上のセグメントのグレーティング構造が、ピッチ及び/又はジオメトリ及び/又は方向に関して、他のセグメントの個々の他のグレーティング構造とは異なる。40

#### 【0039】

一例において、第1のセグメント及び第2のセグメントを有するグレーティングは、第1のセグメント及び第2のセグメントにおいて同様の又は異なるグレーティング構造を有することができる。例えば同じグレーティングの同じフレームとして、グレーティングの第1のセグメントにおける位相グレーティングラインのような位相グレーティング構造と、第2のセグメントにおける吸収体グレーティングラインのような吸収体グレーティング構造との組み合わせを有することができる。50

**【 0 0 4 0 】**

当然ながら、より離散的な設計エネルギー及び／又はより離散的な方向を有する均一なより多くのセグメントがあつてもよい。一例において、グレーティングは、ライン検出器の方向に対して垂直な方向の第2のセグメントに隣り合つて配置される少なくとも1つの第3のセグメントを有し、少なくとも1つの第3のセグメントは、個々のグレーティング構造及び個々の伝達特性に関する第1及び第2のセグメントと異なる。X線イメージング装置は、第3の相対位置に、ライン検出器及び少なくとも1つのグレーティングを相対移動させるように構成され、それにより、第3の相対位置において、動作中、X線ビームの部分が、少なくとも1つの第3のセグメントを通過し、第1及び第2のセグメントが、X線ビームの前記部分の外側に配置され、第1及び第2の相対位置においては、少なくとも1つの第3のセグメントが、X線ビームの前記部分の外側に配置される。

10

**【 0 0 4 1 】**

一例において、3つのセグメントは、それらのグレーティングピッチが異なる。別の例において、1つのセグメントAは、通常のデータの取得のために提供され、1つのセグメントBは、方向「x」における勾配の取得のために提供され、1つのセグメントCは、方向「y」における勾配の取得のために提供され、yは、xに対し回転された方向である。この構造は、3つの異なる動作モードを容易にする：セグメントAが、それがセンサライン上に投影するように設置される場合、通常のスキャニングが実施され、セグメントBが、それがセンサライン上へ投影するように設置される場合、x方向における勾配が測定され、セグメントCが、それがセンサライン上へ投影するように設置される場合、y方向における勾配が測定され、ここで、xはyと異なる。

20

**【 0 0 4 2 】**

位相 - 感度の異方性は、互いに垂直な第1及び第2のセグメントの間で例えば45°のグレーティング方向を有する他のセグメントを少なくとも用いることによって、一層低減されることができる。

**【 0 0 4 3 】**

一例において、第1のセグメントのグレーティング構造は、第1のジオメトリを有し、第2のセグメントのグレーティング構造は、第1のジオメトリと異なる第2のジオメトリを有する。

30

**【 0 0 4 4 】**

一例において、グレーティングは、第1及び第2のセグメントについて又は更に第3のセグメントについて、異なるグレーティングジオメトリを具備する。例えば、グレーティングジオメトリは、線形の構造として、又は三角形の構造として、又は長方形の構造として、又は放物線状の構造その他として提供される。X線ビームに対するグレーティングの可動性のため、さまざまなグレーティングジオメトリの間の切り替が可能である。

**【 0 0 4 5 】**

一例において、グレーティングは、X線源に隣り合つて配置される及び少なくとも部分的にコヒーレントなX線放射線を生成するソースグレーティングである。ソースグレーティングは、フレーム、第1のセグメント、及び第2のセグメントを有することができ、第1のセグメント及び第2のセグメントは、ライン検出器の方向に対し垂直な方向において互いに隣り合つて配置される。フレームは、第1の相対位置と第2の相対位置との間で移動可能であり、第1の位置において、X線ビームは、第1のセグメントを通過し、第2のセグメントは、X線ビームの外側に配置され、第2の位置において、X線ビームは、第2のセグメントを通過し、第1のセグメントは、X線ビームの外側に配置される。ソースグレーティングの第1及び第2のセグメントは、少なくとも1つのグレーティングと同じである必要はないが、それらは、それぞれ、例えば機能的干渉計ユニットを構成するために、少なくとも1つのグレーティングの第1及び第2のセグメントと適合性をもつべきである。

40

**【 0 0 4 6 】**

一例において、X線イメージング装置は、X線微分位相コントラストイメージング装置

50

であり、少なくとも 1 つのグレーティングは、位相グレーティングとして又は吸収体グレーティングとして提供される。

**【 0 0 4 7 】**

一例において、少なくとも 1 つのグレーティングの 2 つのグレーティングが、提供される。2 つのグレーティングの一方が、位相グレーティングであり、2 つのグレーティングの他方が、位相グレーティングに対して、X 線ビームの下流に設置される吸収体グレーティングである。

**【 0 0 4 8 】**

一例において、位相グレーティングの第 1 のセグメントは、吸収体グレーティングの第 1 のセグメントと異なり、及び / 又は位相グレーティングの第 2 のセグメントは、吸収体グレーティングの第 2 のセグメントとは異なる。10

**【 0 0 4 9 】**

別の例において、位相グレーティングの第 1 のセグメントは、吸収体グレーティングの第 1 のセグメントに等しく、及び / 又は、位相グレーティングの第 2 のセグメントは、吸収体グレーティングの第 2 のセグメントに等しい。

**【 0 0 5 0 】**

別の例において、グレーティングは、位相グレーティングであり、X 線ビームの方向に沿って位相グレーティングの後ろに吸収体グレーティングがあり、位相グレーティング及び吸収体グレーティングの各々は、前述したようなグレーティング構造を有する。吸収体グレーティングは、位相グレーティングに適応することができ、これは、吸収体グレーティングのピッチ及び / 又は方向が、吸収体グレーティングの位置において位相グレーティングにより生成される干渉パターンのピッチ及び / 又は向きに応じて、選択されることを意味する。適所に配置されるこれらの構造によって、例えば 2 つの勾配を取得することは、第 1 のセグメントによる一方向のスキャニングのすぐあとに、第 2 のセグメントにより反転されたスキャン方向でのスキャンを行うことにより、相対的に簡単である。ソースグレーティングが、例えば機能干渉計ユニットを構成するように少なくとも 1 つのグレーティングの第 1 及び第 2 のセグメントとそれぞれ適合性がある第 1 及び第 2 のセグメントではなく、単一セグメントを具備する場合、X 線イメージング装置は、好適には、これらの 2 つのスキャンの間で、光軸を中心にソースグレーティングを 90° 回転させるように構成される。20

**【 0 0 5 1 】**

一例において、位相グレーティングは三角形の形状を具備することができ、それは、バイナリ構造を有するグレーティングと比較してより短い伝播距離のためより高い可視性をもたらす。

**【 0 0 5 2 】**

一例において、X 線イメージング装置は、微分差位相コントラストを評価する X 線微分位相コントラストイメージング装置であるだけでなく、付加的に又は代替として、タルボット干渉計によって供給される暗視野を評価するための装置でもある。

**【 0 0 5 3 】**

例において、検出器ラインは、約 110 μm 高い。グレーティングは、フレームに取り付けられるグレーティング対でありうる。フレームは、剛体スチールフレームでありうる。40

**【 0 0 5 4 】**

一例において、グレーティング及びライン検出器は、対象に対して移動可能であるように、可動ガントリに取り付けられ、それにより、X 線ビームに応答して、ガントリの異なる位置からの複数の干渉パターンが、対象の微分位相画像を再構成するために検出可能である。別の例において、X 線源、ソースグレーティング、位相グレーティング、吸収体グレーティング及びライン検出器は、共通のガントリに固定され、対象に対して移動可能であり、それにより、X 線ビームに応答して、ガントリの異なる位置からの複数の干渉パターンが、対象の微分位相画像を再構成するために検出可能である。更に、X 線イメージング50

グ装置は、イメージングされる対象に対してガントリを移動させるように構成されるガントリ変位ユニットを有することができる。

【0055】

一例において、イメージングされる対象に対して可動ガントリを移動させるように構成されるガントリ変位ユニットが提供される。

【0056】

本発明によれば、更に医療X線イメージングシステムが提示される。X線イメージングシステムは、上述したようなX線イメージング装置、処理ユニット、及びイメージングされる対象を受容するように構成される対象受容装置を有する。処理ユニットは、X線イメージング装置及び対象受容装置の互いに対する相対移動を制御するように構成される。付加的に又は代替として、処理ユニットは、X線イメージング装置の少なくとも1つのグレーティング及びライン検出器の互いに対する相対移動を制御するように構成される。10

【0057】

X線イメージングシステムは、選択可能な設計エネルギーを有するスキャニング位相コントラストマンモグラフィーシステムに関して使用されることがある。X線イメージングシステムは、両方向の勾配を取得するスキャニングシステムについて更に使用されることができる。

【0058】

本発明によれば、X線イメージング方法が更に提示される。方法は、必ずしも以下の順序である必要はないが、X線源装置により、イメージングされる対象にX線ビームを供給するステップと、ライン検出器の方向に対し垂直な方向において互いに隣り合って配置される少なくとも第1のセグメント及び第2のセグメントを有する少なくとも1つのグレーティングにより、干渉パターンを生成するステップと、複数のセンサラインを有するライン検出器とイメージングされる対象を相対移動させるステップであって、センサラインは各々が複数のセンサ素子によって提供され、センサラインは、動作中にグレーティングを通過するX線ビームの個々の部分を検出するために提供され、X線ビームの前記部分に応答して、複数の干渉パターンが、対象の画像を再構成するためにライン検出器及び対象の個々の異なる相対位置において検出される、ステップと、少なくとも第1の相対位置及び第2の相対位置の間でライン検出器及びグレーティングを相対移動させるステップであって、第1の相対位置において、動作中、X線ビームの部分が、少なくとも1つの第1のセグメントを通過し、少なくとも1つの第2のセグメントが、X線ビームの前記部分の外側に配置され、第2の相対位置において、動作中、X線ビームの前記部分が、少なくとも1つの第2のセグメントを通過し、少なくとも1つの第1のセグメントが、X線ビームの前記部分の外側に配置される、ステップと、グレーティングを通過するX線ビームの部分を検出するステップと、を有する。2030

【0059】

本発明により、更に、コンピュータプログラム要素が提示される、コンピュータプログラム要素は、コンピュータプログラムがイメージング装置を制御するコンピュータ上でランされるとき、装置の独立請求項に規定されるイメージング装置に、方法の独立請求項に規定されるイメージング方法の各ステップを実施させるためのプログラムコード手段を有する。40

【0060】

独立請求項に記載のX線イメージング装置、X線イメージングシステム、X線イメージング方法、このような装置を制御するためのコンピュータプログラム要素、及びこのようなコンピュータプログラム要素を記憶したコンピュータ可読媒体は、具体的には従属請求項に規定される同様の及び/又は同一の好適な実施形態を有することが理解される。更に、本発明の好適な実施形態は更に、個々の独立請求項と従属請求項の任意の組み合わせでありうることが理解される。

【0061】

本発明によるX線イメージング装置、X線イメージングシステム、X線イメージング方50

法、このような装置を制御するためのコンピュータプログラム要素、及びこのようなコンピュータプログラム要素を記憶したコンピュータ可読媒体は、位相コントラストイメージング及び／又は暗視野イメージングのために構成される。本発明は、例えば病院のような臨床環境において有用なアプリケーションを提供する。より具体的には、本発明は、患者の医用検査を非限定的に含むイメージングモダリティにおけるアプリケーションに非常に適している。更に、本発明は、産業環境において有用なアプリケーションを提供する。より具体的には、本発明は、非破壊テスティング（例えば組成物に関する解析、生物学的及び非生物学的サンプルの構造及び／又は特性）、並びにセキュリティスキャニング（例えば空港における手荷物スキャニング）におけるアプリケーションに非常に適している。

## 【0062】

10

本発明のこれらの及び他の見地は、以下に記述される実施形態から明らかになり、それらを参照して説明される。

## 【0063】

本発明の例示的な実施形態は、添付の図面を参照して以下に記述される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0064】

【図1】X線イメージングシステムの一例の概略図。

【図2】検出器ジオメトリを概略的及び例示的に示す図。

【図3】グレーティングの実施形態を概略的及び例示的に示す図。

【図4】グレーティングの別の実施形態を概略的及び例示的に示す図。

20

【図5】X線イメージング方法の一例における基本的なステップを示す図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0065】

図1は、本発明による、X線イメージングシステム1の一実施例を概略的及び例示的に示す。垂直方向及び水平方向の軸は異なってスケーリングされていることに留意されたい。X線イメージングシステム1は、位相コントラストイメージングに適しており、X線イメージング装置10、処理ユニット（図示せず）、及び対象受容装置20を有する。対象受容装置20は、イメージングされる対象21を受けるように構成され、対象は、ここでは、圧縮プレート17によって圧縮される乳房として図示されている。X線イメージング装置10は、X線ビーム11を供給するX線源（図示せず）、ソースグレーティング12、位相グレーティング13、吸収体グレーティング14、及び複数のセンサライン151を有するライン検出器15を有し、センサライン151はそれぞれが、複数のセンサ素子を具備し、センサラインは、動作中、グレーティング12、13、14を通過するX線ビーム11の個々の部分を検出するように提供される。

30

## 【0066】

40

少なくとも部分的に且つ空間的にコヒーレントなX線放射線が、ここではX線管であるX線源に隣り合って配置されるソースグレーティング12によって生成される。対象21を通り抜けるコヒーレントX線は、その後の位相情報の取り出しを可能にすることができる。波の位相は、直接測定されること不可能なので、位相シフトが、2又はそれ以上の干渉する波によって、輝度変調に変換されることを必要とする。対応する干渉パターンを生成するために、検査される対象21とX線検出器15との間に配置される位相グレーティング13が用いられる。位相グレーティング13によって生成される干渉パターンは、X線検出器15の空間解像度の不足のため、X線検出器15によって検出可能であるためにはあまりに小さすぎることがあるので、吸収体又はアライザグレーティング14が、位相グレーティング13とX線検出器15との間に配置され、それにより、X線ライン検出器15によって検出可能であるために十分大きい干渉パターンを提供する。

## 【0067】

ライン検出器15は、複数のセンサ素子によって提供される（多かれ少なかれ）いくつかの1次元センサを有し、センサ素子は、いくつかのセンサライン151を形成する。図2は、検出器ジオメトリを概略的及び例示的に示す。図2の各々のセンサライン151は

50

、例えば最大 768 個の検出器ピクセルを有するセンサを表す。

**【0068】**

X線イメージング装置1は、ライン検出器15及びイメージングされる対象21を相対移動させるように構成され、それにより、X線ビームの部分に応答して、複数の干渉パターンが、対象21の画像を再構成するためにライン検出器15及び対象21の個々の異なる相対位置において検出可能である。

**【0069】**

検出器のセンサラインの線形伸張（すなわち方向）に関して、ライン検出器の線形伸張に平行な方向が、ライン検出器の方向と呼ばれる。図2において、ライン検出器の方向は、センサライン151と平行に、すなわち図面に対して水平に延びる。

10

**【0070】**

図3及び図4は、グレーティングの実施形態を概略的及び例示的に示す。図3及び図4から分かるように、ソースグレーティング12、位相グレーティング13又は吸収体グレーティング14の少なくとも1つは、ライン検出器15の方向及びX線ビーム11方向に垂直な方向において互いに隣り合って配置される少なくとも1つの第1のセグメント161及び少なくとも1つの第2のセグメント162を有する。グレーティングの少なくとも1つの第1及び第2のセグメント161、162の各々は、例えば異なる伝達特性をもつストライプとも呼ばれるグレーティングライン163の形の、個々の伝達特性をもつグレーティング構造を有する。第1及び第2のセグメント161、162は、個々のグレーティング構造に関して相互に異なり、ゆえに、第1及び第2のセグメント161、162は、図3及び図4に関して詳しく後述されるように、個々の伝達特性が異なる。

20

**【0071】**

図1を参照して、X線イメージング装置1は、ライン検出器15と、ソースグレーティング12、位相グレーティング13又は吸収体グレーティング14のうち少なくとも1つとを、第1の相対位置と第2の相対位置との間で移動させるように構成され、それにより、第1の相対位置において、動作中、X線ビームの部分が、第1のセグメント161を通過し、その後、個々のセンサライン151を照射し、第2のセグメント162は、X線ビームの前記部分の外側に配置され、第2に相対位置において、動作中、X線ビームの前記部分が、第2のセグメント162を通過し、その後、前記個々のセンサライン151を照射し、第1のセグメント161が、X線ビームの前記部分の外側に配置される。X線イメージング装置1は、ソースグレーティング12、位相グレーティング13又は吸収体グレーティング14の少なくとも1つを、ライン検出器14に対し移動させることによって、例えばライン検出器15の方向に対して垂直な方向に並進移動させることによって、第1の相対位置から第2の相対位置への移動を実現することができる。X線イメージング装置は、第1及び第2の相対位置の間のこのような移動を実現するために、当業者にそれ自体知られているアクチュエータを用いることができる。

30

**【0072】**

図3及び図4を参照して、一例において、ソースグレーティング12、位相グレーティング13、又は吸収体グレーティング14の少なくとも1つが、複数の第1のセグメント161及び同じ複数の第2のセグメント162を有する。より具体的には、セグメント161、162の数は、ライン検出器15に含まれるセンサライン151の数に等しい。ここで、第1のセグメント161及び第2のセグメント162は、ライン検出器15の方向に対し垂直な方向において、交互する態様で互いに隣り合って配置される。この例において、X線イメージング装置1は、第1の相対位置と第2の相対位置との間で、ライン検出器15と、ソースグレーティング12、位相グレーティング13又は吸収体グレーティング14の少なくとも1つとを相対移動させるように構成される。第1の相対位置において、動作中、X線ビームの部分は、個々の第1のセグメント161を通過し、その後、検出のためにライン検出器15の個々のセンサライン151を照射し、第2がセグメント162は、X線ビームの前記部分の外側に配置される。更に具体的には、第2の相対位置において、第2のセグメント162は、隣り合うセンサライン151の間の個々の空間上に、

40

50

X線に沿ってビームを投影する。第2の相対位置において、動作中、X線ビームの部分は、個々の第2のセグメント162を通過し、その後、検出のためにライン検出器15の前記個々のセンサライン151を照射し、第1のセグメント161は、X線ビームの前記部分の外側に配置される。更に具体的には、第2の相対位置において、第1のセグメント161は、隣り合うセンサライン151の間の前記空間上へX線に沿ってビームを投射する。

#### 【0073】

他の例において、位相グレーティング13及び吸収体グレーティング14が、複数の第1のセグメント161及び同じ複数の第2のセグメント162を有する。ここで、セグメント161、162の数は、ライン検出器15に含まれるセンサライン151の数に等しい。位相グレーティング13に含まれる第1のセグメント161は、吸収体グレーティング14に含まれるものと同一である必要はないが、それらは、機能干渉計ユニットを構成するように吸収体グレーティング14に含まれる第1のセグメント161と適合性がある。これは、必要な変更を加えて、位相グレーティング13に含まれる第2のセグメント162と、吸収体グレーティング14に含まれるものにも当てはまる。この例において、X線イメージング装置1は、第1の相対位置と第2の相対位置との間で、ライン検出器15と、位相グレーティング13及び吸収体グレーティング14の組み合わせとを相対移動させるように構成される。第1の相対位置において、動作中、X線ビームの部分は、位相グレーティング13及び吸収体グレーティング14の両方の第1のセグメント161を通過し、その後、検出のためにライン検出器15の個々のセンサライン151を照射し、位相グレーティング13及び吸収体グレーティング14の両方の第2のセグメント162は、X線ビームの前記部分の外側に配置される。更に具体的には、第2に相対位置において、第2のセグメント162は、隣り合うセンサライン151の間の個々の空間上へ、X線に沿ってビームを投影する。第2に相対位置において、動作中、X線ビームの部分は、位相グレーティング13及び吸収体グレーティング14の両方の第2のセグメント162を通過し、その後、検出のためにライン検出器15の前記個々のセンサライン151を照射し、位相グレーティング13及び吸収体グレーティング14の両方の第1のセグメント161は、X線ビームの前記部分の外側に配置される。更に具体的には、第2の相対位置において、第1のセグメント161は、隣り合うセンサライン151の間の前記空間上に、X線に沿ってビームを投影する。オプションとして示される一例において、第1及び第2のセグメントを有するフレーム16が提供される。

#### 【0074】

X線イメージングシステム1の処理ユニットは、X線イメージング装置10と対象受容装置20との間の相対移動を制御するように構成される。例えば、X線イメージングシステム1は、動作中、対象受容装置20を静止状態に保持し、対象受容装置20に対し可動ガントリを移動させることにより、例えば回転させることにより、前記相対移動を実現するように、構成され、可動ガントリには、ライン検出器15、及びソースグレーティング12、位相グレーティング13又は吸収体グレーティング14のうちの少なくとも1つのグレーティングが、好適には全てのグレーティングが取り付けられる。一例において、X線イメージングシステム1の処理ユニットは、代替として又は付加的に、第1の相対位置から第2の相対位置への（及びその逆の）、ライン検出器及び少なくとも1つのグレーティングの互いに対する移動を制御するように構成される。

#### 【0075】

図3は、グレーティングの実施形態を概略的及び例示的に示す。グレーティングは、ライン検出器15の方向に対し垂直な方向において互いに隣り合って配置される第1のセグメント161及び第2のセグメント162を有するフレーム16を有することができる。グレーティングの第1及び第2のセグメント161、162の各々は、異なる伝達特性をもつ、すなわち異なる伝達機能をもつストライプとして、グレーティングライン163を有する。第1及び第2のセグメント161、162は、グレーティングライン163の観点で互いに異なる。図3に示すように、第1のセグメント161のグレーティング構造、

10

20

30

40

50

例えばグレーティングライン 163 は、第 1 のグレーティングピッチを有し、第 2 のセグメント 162 のグレーティング構造、例えばグレーティングライン 163 は、第 1 のグレーティングピッチと異なる第 2 のグレーティングピッチを有する。第 1 のセグメント 161 は、相対的に大きいグレーティングピッチを有し、それゆえ、相対的に低い設計エネルギーに適している。第 2 のセグメント 162 は、相対的に小さいグレーティングピッチを有し、ゆえに、相対的に高い設計エネルギーに適している。

#### 【0076】

ここで、概念は、位相グレーティング 13 と吸収体グレーティング 14 との間に固定の距離  $d$  を有する剛体干渉計ボックスを有することである。図 3 に概略的に示されるように、第 1 のセグメント 161 のグレーティングピッチ  $p$  は、第 2 のセグメント 162 のものより大きく、従って、固定の距離  $d$  が、設計波長  $=p^2/8d$  の関係によって与えられる相対的に小さい設計エネルギーに関連し、又は、言い換えると、固定の距離  $d$  において、設計エネルギーの関係  $E_{\text{design}} \propto 1/p^2$  が当てはまる。位相グレーティングの高さは更に、所望の位相シフトを達成するために異なっていてもよい。更に、グレーティングの形状は異なっていてもよく、例えば、第 1 のグレーティングは、矩形のグレーティングでありえ、第 2 のグレーティングは、三角形のグレーティングでありうる。

#### 【0077】

図 4 は、グレーティングの実施形態を概略的及び例示的に示す。グレーティングは、ライン検出器 15 の方向に及び X 線ビーム 11 方向に垂直な方向において互いに隣り合って配置される、第 1 のセグメント 161、第 2 のセグメント 162 及び少なくとも 1 つの第 3 のセグメント 164 を有するフレーム 16 を（オプションとして）有することができる。グレーティングの 3 つのセグメントの各々は、異なる伝達特性のグレーティングライン 163 を有する。一例において、X 線イメージング装置は更に、第 3 の相対位置へ、ライン検出器 15 及び少なくとも 1 つのグレーティングを相対移動させるように構成され、第 3 の相対位置において、動作中、X 線ビームの部分は、少なくとも 1 つの第 3 のセグメントを通過し、第 1 及び第 2 のセグメント 161、162 は、X 線ビームの前記部分の外側に配置され、第 1 及び第 2 の相対位置において、少なくとも 1 つの第 3 のセグメントは、X 線ビームの部分の外側に配置される。

#### 【0078】

一例において、第 1 のセグメント 161 は、通常のデータの取得のために提供され、第 2 のセグメント 162 は、方向「 $x$ 」における勾配の取得のために提供され、第 3 のセグメント 164 は、方向「 $y$ 」における勾配の取得のために提供され、ここで、 $y$  は、本質的に  $x$  に対し垂直である。第 1 のセグメント 161 が、ライン検出器センサの上に配置される場合、通常のスキャニングが実施され、第 2 のセグメント 162 が、ライン検出器センサの上に配置される場合、 $x$  方向の勾配が測定され、第 3 のセグメント 164 がライン検出器センサの上に配置される場合、 $y$  方向の勾配が測定される。第 2 及び第 3 のセグメント 162、164 の間に例えば  $45^\circ$  のグレーティング方向を有する少なくとも 1 つの他のセグメント（図示せず）を用いることも可能である。

#### 【0079】

図 4 は、X 線イメージング方法の各ステップの概要を示す。方法は、必ずしもこの順序である必要はないが、以下のステップを含む：

- 第 1 のステップ S1において、X 線ビーム 11 が、X 線源装置により、イメージングされる対象に提供される。

- 第 2 のステップ S2において、干渉パターンは、ライン検出器 15 の方向に対し垂直な方向において互いに隣り合って配置される第 1 のセグメント 161 及び第 2 のセグメント 162 を少なくとも有する少なくとも 1 つのグレーティング 13、14 によって生成される。

#### 【0080】

- 第 3 のステップ S3において、複数のセンサラインを有するライン検出器 15 と、イメージングされる対象 21 が互いに対して移動され、ここで、センサラインの各々は、複

10

20

30

40

50

数のセンサ素子によって提供され、センサラインは、動作中、グレーティングを通過するX線ビーム11の個々の部分を検出するために提供され、それにより、X線ビームの部分に応答して、複数の干渉パターンが、対象21の画像を再構成するために、ライン検出器及び対象の個々の異なる相対位置において検出される。

#### 【0081】

- 第4のステップS4において、ライン検出器15及びグレーティングは、少なくとも第1の相対位置及び第2の相対位置の間で相対移動され、第1の相対位置において、動作中、X線ビーム11の部分が、少なくとも1つの第1のセグメント161を通過し、少なくとも1つの第2のセグメント162が、X線ビーム11の前記部分の外側に配置され、第2に相対位置において、動作中、X線ビーム11の前記部分は、少なくとも1つの第2のセグメント162を通過し、少なくとも1つの第1のセグメント161は、X線ビーム11の前記部分の外側に配置される。 10

- 第5のステップS5において、グレーティングを通過するX線ビーム11の部分が検出される。

#### 【0082】

本発明の別の例示的な実施形態において、適当なシステム上で、上述の実施形態のうちの1つに従う方法の各ステップを実行するように適応されることによって特徴付けられるコンピュータプログラム又はコンピュータプログラム要素が提供される。

#### 【0083】

従って、コンピュータプログラム要素は、コンピュータユニットに記憶されることができ、これもまた、本発明の実施形態の部分でありうる。このコンピューティングユニットは、上述の方法における各ステップを実施するように又はその実施をもたらすように適応されることができる。更に、コンピューティングユニットは、上述した装置のコンポーネントを作動させるように適応されることができる。コンピューティングユニットは、自動的に動作するように及び／又はユーザの命令を実行するように適応されることができる。コンピュータプログラムは、データプロセッサの作業メモリにロードされることができる。こうして、データプロセッサは、本発明の方法を実施する能力を具えることができる。 20

#### 【0084】

本発明のこの例示的な実施形態は、最初から本発明を使用するコンピュータプログラム、及び更新によって既存のプログラムを本発明を使用するプログラムにするコンピュータプログラムの両方をカバーする。 30

#### 【0085】

更に、コンピュータプログラム要素は、上述した方法の例示的な実施形態のプロシージャを実現するために必要なすべてのステップを提供することが可能でありうる。

#### 【0086】

本発明の他の例示的な実施形態により、例えばC D - R O Mのようなコンピュータ可読媒体であって、それに記憶された、上述のセクションによって記述されるコンピュータプログラム要素が提示される。

#### 【0087】

コンピュータプログラムは、例えば他のハードウェアと共に又はその一部として供給される光学記憶媒体又は固体媒体のような適切な媒体に記憶され及び／又は分散されることができるが、他の形式で、例えばインターネット又は他のワイヤード又はワイヤレス通信システムを通じて、分散されることもできる。 40

#### 【0088】

しかしながら、コンピュータプログラムは、ワールドワイドウェブのようなネットワークを通じて提供されてもよく、このようなネットワークからデータプロセッサの作業メモリにダウンロードされることができる。本発明の他の例示的な実施形態により、コンピュータプログラム要素をダウンロードに利用できるようにする媒体が提供され、かかるコンピュータプログラム要素は、本発明の上述の実施形態の1つによる方法を実施するように構成される。 50

## 【0089】

本発明の実施形態は、それぞれ異なる発明の主題に関して記述されていることに留意する必要がある。特に、ある実施形態は、方法タイプの請求項に関して記述されているが、他の実施形態は、装置タイプの請求項に関して記述されている。しかしながら、当業者であれば、上述及び後述の説明から、他の場合が示されない限り、発明の主題の1つのタイプに属する特徴の任意の組み合わせに加えて、異なる発明の主題に関連する特徴の間の任意の組み合わせもまた、本願によって開示されていると考えられることが分かるであろう。しかしながら、すべての特徴は、特徴の単純な足し合わせよりも多くの相乗効果を提供するように組み合わせられることが出来る。

## 【0090】

本発明は、図面及び上述の説明において詳しく図示され記述されているが、このような図示及び記述は、制限的なものではなく、説明的又は例示的なものであると考えられることが出来る。本発明は、開示される実施形態に制限されない。開示される実施形態に対する他の変更は、当業者によって、図面、開示及び従属請求項の検討から、請求項に記載の本発明を実施する際に理解され達成されることが出来る。

10

## 【0091】

請求項において、「含む、有する (comprising)」という語は、他の構成要素又はステップを除外せず、不定冠詞「a」又は「a n」は複数性を除外しない。単一のプロセッサ又は他のユニットは、請求項に列挙されるいくつかのアイテムの機能を実現することができる。特定の手段が相互に異なる従属請求項に列挙されているという单なる事実は、これらの手段の組み合わせが有利に使用されることを示さないことを示さない。請求項における参照符号は、請求項の範囲を制限するものとして解釈されるべきでない。

20

【図1】

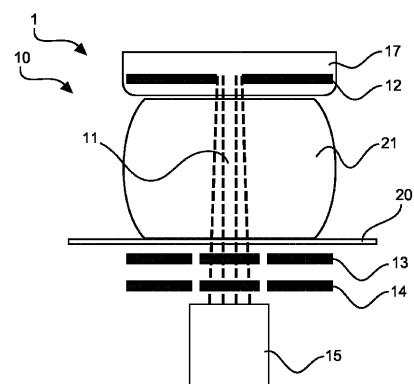


Fig. 1

【図3】

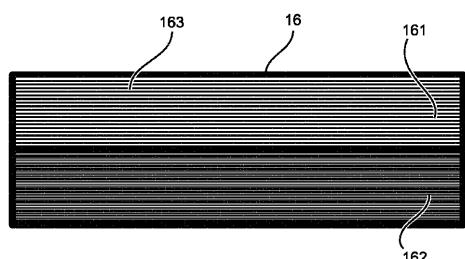


Fig. 3

【図2】

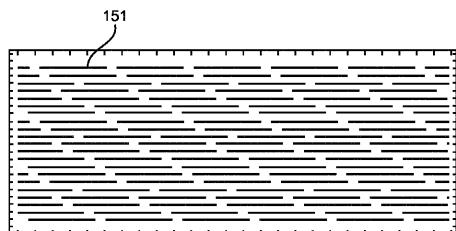


Fig. 2

【図4】

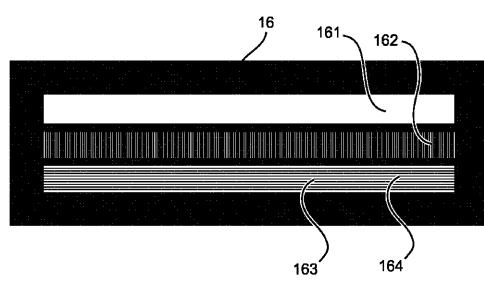


Fig. 4

【図5】

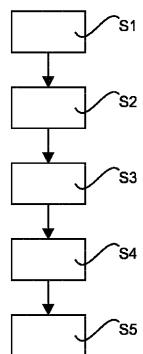


Fig.5

---

フロントページの続き

(72)発明者 コヒラー トーマス

オランダ国 5656 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 ルスル エヴァルト

オランダ国 5656 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 伊藤 昭治

(56)参考文献 国際公開第2014/104186 (WO, A1)

特表2013-541699 (JP, A)

国際公開第2014/100063 (WO, A1)

国際公開第2013/111050 (WO, A1)

国際公開第2012/052900 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 6 / 00 - 6 / 14