

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6545353号
(P6545353)

(45) 発行日 令和1年7月17日 (2019.7.17)

(24) 登録日 令和1年6月28日 (2019.6.28)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 6/00 (2006.01)
H 0 5 G 1/00 (2006.01)
G 0 1 N 23/04 (2018.01)

A 6 1 B 6/00 3 0 0 J
H 0 5 G 1/00 G
A 6 1 B 6/00 3 3 0 Z
G 0 1 N 23/04

請求項の数 12 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2018-501245 (P2018-501245)
(86) (22) 出願日 平成28年7月13日 (2016.7.13)
(65) 公表番号 特表2018-526064 (P2018-526064A)
(43) 公表日 平成30年9月13日 (2018.9.13)
(86) 国際出願番号 PCT/EP2016/066596
(87) 国際公開番号 W02017/009363
(87) 国際公開日 平成29年1月19日 (2017.1.19)
審査請求日 平成30年12月20日 (2018.12.20)
(31) 優先権主張番号 15176597.1
(32) 優先日 平成27年7月14日 (2015.7.14)
(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (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 アーエー アイン
ドーフエン ハイテック キャンパス 5
High Tech Campus 5,
NL-5656 AE Eindhoven
(74) 代理人 110001690
特許業務法人M&Sパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変調されたX線放射による撮像

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線放射を生成する放射源と、
X線放射を検出する検出器と、
X線撮像のために対象物体を配置するための物体収容空間と、
X線放射変調構成部と、
制御ユニットとを備え、
前記物体収容空間は、前記放射源と前記検出器との間に配置され、
前記X線放射変調構成部は、前記放射源と前記物体収容空間との間に配置され、
前記X線放射変調構成部は、前記X線放射の一部分を前記検出器の方へ偏向させるため
に少なくとも1つの鏡で前記放射源の前記X線放射の前記一部分の全反射を提供すること
によってX線放射を変調させるための当該少なくとも1つの鏡を備え、その結果、前記物
体収容空間の領域内で、反射されない主要X線放射と前記全反射による副次X線放射との
組合せの形でX線放射が提供され、
前記制御ユニットは、前記物体収容空間における前記主要X線放射と前記副次X線放射
との前記組合せの形で前記X線放射の強度の減衰を判定し、前記減衰に応じて前記X線放
射変調構成部を制御し、
前記X線放射変調構成部は、前記少なくとも1つの鏡を少なくとも第1の位置と第2の
位置との間で変位させるために少なくとも1つのアクチュエータをさらに備え、
前記副次X線放射の強度と前記主要X線放射の強度との比は、前記少なくとも1つの鏡

10

20

の前記第 1 の位置で、前記少なくとも 1 つの鏡の前記第 2 の位置より大きくなり、

前記放射源と前記検出器との間に視準構成部がさらに設けられ、

前記視準構成部は、複数の X 線ビームを前記物体収容空間に提供する複数のプリコリメータ開口を備えるプリコリメータを備え、前記プリコリメータは、前記 X 線放射変調構成部と前記物体収容空間との間に配置され、前記 X 線放射変調構成部は、各プリコリメータ開口に対して、前記少なくとも 1 つの鏡の少なくとも 1 つの関連する鏡を備える、

X 線撮像装置。

【請求項 2】

前記放射源によって生成される前記 X 線放射は、少なくとも主要部分及び副次部分を含み、前記主要部分は、前記主要 X 線放射を形成するために、前記検出器に直接向かう伝播方向を有し、前記副次部分は、前記第 1 の位置にある前記少なくとも 1 つの鏡に向かう伝播方向を有し、前記少なくとも 1 つの鏡は、前記副次 X 線放射を形成するため前記副次部分の放射を前記検出器の方へ全反射するため少なくとも前記第 1 の位置に配置され、対象物体を放射するために、前記主要 X 線放射と前記副次 X 線放射との和が、加算された有効 X 線放射を提供する、請求項 1 に記載の X 線撮像装置。

10

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの鏡は、前記放射源によって提供される前記 X 線放射の前記主要部分に対して側方に配置される、請求項 2 に記載の X 線撮像装置。

【請求項 4】

前記視準構成部は、前記物体収容空間と前記検出器との間に配置されたポストコリメータをさらに備える、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の X 線撮像装置。

20

【請求項 5】

前記 X 線放射変調構成部は、複数の前記アクチュエータを備え、前記 X 線放射変調構成部の各鏡が、前記複数のアクチュエータのうちの 1 つのアクチュエータに結合され、各鏡が、結合された前記アクチュエータによって、独立して変位可能である、請求項 1 に記載の X 線撮像装置。

【請求項 6】

前記 X 線放射変調構成部は、複数の前記アクチュエータを備え、前記 X 線放射変調構成部の各アクチュエータが、前記 X 線放射変調構成部の少なくとも 2 つの鏡のグループに結合され、各グループの鏡が、結合された前記アクチュエータによって共に変位可能である、請求項 1 に記載の X 線撮像装置。

30

【請求項 7】

前記プリコリメータの各開口に対して、関連するポストコリメータ開口を備えるポストコリメータが設けられ、複数の検出器を備える検出器構成部が設けられ、前記ポストコリメータは、前記物体収容空間と前記検出器構成部との間に配置され、前記ポストコリメータの各開口に対して、前記ポストコリメータのそれぞれの開口を通過する X 線放射を検出するために、前記検出器の 1 つが関連付けられ、その結果、開口に依存する検出器信号が提供され、前記開口に依存する検出器信号に基づいて、前記鏡の個々の変位又は少なくとも 2 つの鏡のグループの変位を制御するために、制御ユニットが設けられる、請求項 6 に記載の X 線撮像装置。

40

【請求項 8】

前記プリコリメータは、コリメータスリット構成部として形成される、請求項 1、5、又は 6 に記載の X 線撮像装置。

【請求項 9】

前記プリコリメータは、コリメータスリット構成部として形成される、請求項 7 に記載の X 線撮像装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 6 又は 8 のいずれか一項に記載の X 線撮像装置と、
撮像処理ユニットと、
画像データ出力ユニットとを備え、

50

前記撮像処理ユニットは、前記検出器から信号を受け取り、前記信号に基づいて物体の画像データを計算し、

前記画像データ出力ユニットは、さらなる目的で前記画像データを提供する、
X線撮像システム。

【請求項 11】

請求項 7 又は 9 に記載の X 線撮像装置と、

撮像処理ユニットと、

画像データ出力ユニットとを備え、

前記撮像処理ユニットは、前記検出器構成部から信号を受け取り、前記信号に基づいて物体の画像データを計算し、

前記画像データ出力ユニットは、さらなる目的で前記画像データを提供する、
X 線撮像システム。

【請求項 12】

X 線放射を変調する方法であって、前記方法は、

X 線放射を生成し、前記 X 線放射の主要部分を、反射されない主要 X 線放射として検出器の方へ誘導するステップ a) と、

前記 X 線放射の副次部分を鏡によって反射させるステップ b) であって、

前記ステップ b) において、前記反射は、副次 X 線放射として前記 X 線放射の前記副次部分を前記検出器の方へ偏向させるために、前記 X 線放射の前記副次部分の全反射として提供され、

前記 X 線放射の変調のために、前記ステップ b) は、少なくとも第 1 の位置と第 2 の位置との間で前記鏡を変位させることを含み、

前記主要 X 線放射の強度と前記副次 X 線放射の強度との比は、前記鏡の前記第 1 の位置で、前記鏡の前記第 2 の位置より大きくなり、

変調された前記 X 線放射を検出すること

がさらに提供される、当該ステップ b) と、

X 線撮像のために対象物体を配置するための物体収容空間内の前記主要 X 線放射と前記副次 X 線放射との組合せである前記 X 線放射の強度の減衰を判定するステップ c) と、

前記減衰に応じて前記変調を制御するステップ d) とを有し、

変調器と検出器との複数の対が設けられ、各対は、前記ステップ b) で前記 X 線放射を反射する鏡と、関連する検出器とを備え、

前記変調のために、各鏡が、前記関連する検出器によって判定される前記物体収容空間内の前記主要 X 線放射及び / 又は前記副次 X 線放射の前記強度の前記減衰に応じて個々に制御される、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変調された X 線放射による対象物体の撮像に関し、詳細には、X 線撮像装置、X 線撮像システム、及び X 線放射の変調のための X 線撮像方法に関する。

【背景技術】

【0002】

X 線放射は、対象物体の撮像のために用いることができる。X 線放射の使用のための 1 つの例示的な適用分野は、医用撮像の適用分野、たとえばコンピュータ断層撮影システム又は CT システムである。X 線放射源、たとえば X 線管が、X 線放射を生成する。X 線放射を検出するための検出器は通常、X 線放射源から距離をあけて位置する。X 線放射源と検出器との間に、対象物体を配置することができる。検出器は、特に対象物体の画像の後の再構築及び表示のために、X 線放射、特に対象物体によって減衰された X 線放射を、電気信号に変換する。

【0003】

X 線放射源及び X 線放射検出器は、対象物体に対して平行に動かして、動きの方向に対

10

20

30

40

50

して対象物体を走査することができる。対象物体の厚さ又はその密度に対して、動きの速度を調整することができ、その結果、画像取得の統計により、視野（F O V）全体にわたってノイズの少ない画像を得ることが可能になる。代替の手法によれば、X線放射源によって提供されるX線放射の強度は、対象物体の厚さ又は密度に対して適合される。

【0004】

米国特許出願公開第2012/0269321(A1)号は、X線放射源に関する。提供されるX線放射の強度の変化を可能にするために、X線放射源内でX線ビームを偏向させることができる。X線放射源内でX線放射を反射した結果、X線放射の強度の変化は、X線放射源によって提供されるX線放射全体に関係する。さらに、内部反射のための要素によって既存のX線放射源を適宜的に適合させるには、上述したX線放射源を提供するために大きな労力が必要となる。

10

【0005】

特開2011-112561号は、直接X線及び/又はX線鏡を介して反射されたX線によって標本が照射されるX線測定システムに関する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、X線放射の強度を所望のレベルに容易に調整することができる、物体収容空間でX線放射を提供するX線放射装置、X線放射システム、及びX線放射方法を提供することが必要とされている。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的は、独立請求項の主題によって解決され、さらなる実施形態は、従属請求項内に組み込まれている。

【0008】

以下に記載する本発明の態様は、X線撮像装置、X線撮像システム、及びX線放射の変調のための方法に当てはまることに留意されたい。

【0009】

本発明の第1の態様によれば、X線撮像装置が提供される。X線撮像装置は、X線放射を生成する放射源と、X線放射を検出する検出器と、X線撮像のために対象物体を配置するための物体収容空間と、X線放射変調構成部とを備える。物体収容空間は、放射源と検出器との間に配置される。X線放射変調構成部は、放射源と物体収容空間との間に配置される。X線放射変調構成部は、X線放射の一部分を検出器の方へ偏向させるために少なくとも1つの鏡で放射源のX線放射の一部分の全反射を提供することによってX線放射を変調させるための当該少なくとも1つの鏡を備え、その結果、物体収容空間の領域内で、反射されない主要X線放射と全反射による副次X線放射との組合せの形でX線放射が提供される。変調構成部は、少なくとも1つの鏡を少なくとも第1の位置と第2の位置との間で変位させるために少なくとも1つのアクチュエータをさらに備える。副次X線放射の強度と主要X線放射の強度との比は、少なくとも1つの鏡の第1の位置で、少なくとも1つの鏡の第2の位置より大きくなる。放射源と検出器との間には、視準構成部がさらに提供される。視準構成部は、複数のX線ビームを物体収容空間に提供するための複数のプリコリメータ開口を備えるプリコリメータを備える。プリコリメータは、変調構成部と物体収容空間との間に配置され、変調構成部は、各プリコリメータ開口に対して、少なくとも1つの鏡の少なくとも1つの関連する鏡を備える。

30

40

【0010】

その結果、物体収容空間におけるX線放射の強度は、副次X線放射の強度に依存する。X線放射の強度は、少なくとも1つの鏡の変位を制御することによって、所望のレベルに調整することができる。少なくとも1つの鏡を変位させることによって、X線放射のうち少なくとも1つの鏡の表面に当たる部分の入射角が変化する。入射角が増大した場合、副次放射の全反射、したがって副次放射の強度が減少する。少なくとも1つの鏡は、少なく

50

とも1つのアクチュエータによって変位可能である。したがって、アクチュエータを制御することによって、大きな労力を要することなく、物体収容空間におけるX線放射の強度の調整を提供することができる。

【0011】

「X線撮像装置」という用語は、「撮像装置」と呼ぶこともできる。

【0012】

「放射源」という用語は、「X線源」と呼ぶこともできる。

【0013】

「検出器」という用語は、「X線検出器」と呼ぶこともできる。

【0014】

「X線放射変調構成部」という用語は、「X線変調構成部」、「変調構成部」、又は「変調器」とも呼ばれる。

【0015】

「少なくとも1つの鏡」という用語は、「少なくとも1つのX線鏡」と呼ぶこともできる。

【0016】

「強度」という用語は、X線の伝播方向に直交して単位面積当たり伝達されるパワーに関する。特に、X線放射の一期間にわたって伝達される平均パワーは、X線放射の強度と理解することができる。

【0017】

少なくとも1つの鏡は、X線放射を全反射するように構成することができる。

【0018】

一例では、X線放射源は、医用撮像の適用分野、検査撮像の適用分野、又はセキュリティ撮像の適用分野で使用されるX線放射を生成するために用いられる。

【0019】

一例では、X線放射源は、電子放出要素、たとえばカソード要素、及び電子収集要素、たとえばアノード要素を備える。電子は、X線放射を生成するように、2つの要素間の電位によって電子放出要素から電子収集要素へ加速させることができる。電子放出要素から出た電子は、電子収集要素へ進み、焦点スポットと呼ばれる区域に到達し、したがって電磁放射を生じさせることができる。

【0020】

物体収容空間は、対象物体を配置するように指定された空間に関する。物体収容空間は、X線検査の目的で、対象物体、特に女性の胸部を保持及び（一時的に）固定するための物体支持構成部、たとえば1対のパッドを備える。

【0021】

一例では、検出器は、X線放射、特に放射源によって提供されるX線放射を検出するように構成される。検出器は、信号を提供するように構成することができ、この信号は、好ましくは、検出されたX線放射の強度に対応する。

【0022】

その結果、X線撮像装置は、撮像の目的で、信号、すなわち検出器によって提供された信号を提供することができる。特に、この信号を使用して、物体収容空間に配置されている物体の画像を再構築することができる。X線放射変調構成部は、X線放射を変調する配置に関する。

【0023】

一例では、変調は、X線放射の強度に関する。一例では、「全反射」という用語は、媒体の境界に、この境界の平面レベルに対して特定の臨界角 θ_c より小さい角度で当たるX線放射波の反射を指す。臨界角 θ_c は、全反射が生じる入射角である。一例では、臨界角 θ_c は、

$$\theta_c = \arcsin \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\rho}{\rho_0}}} \right)$$

として定義され、ここで、 ρ [g/cm³] は、媒体の密度に関し、 ρ_0 [g/cm³] は、X線

10

20

30

40

50

放射波の波長に関する。

【 0 0 2 4 】

「反射されない主要 X 線放射」という用語は、放射源によって生成される X 線放射に関し、この X 線放射は、反射されずに物体収容空間に到達する。

【 0 0 2 5 】

「副次 X 線放射」という用語は、放射源によって生成される X 線放射のうち、変調構成部の少なくとも 1 つの鏡で全反射されて物体収容空間に到達する部分に関する。

【 0 0 2 6 】

一例では、主要 X 線放射と副次 X 線放射の組合せは、主要 X 線放射及び副次 X 線放射の重畳に関する。主要 X 線放射と副次 X 線放射との間の干渉が生じる。

10

【 0 0 2 7 】

その結果、物体収容空間における X 線放射の強度は、主要 X 線放射と副次 X 線放射との両方に依存する。したがって、物体収容空間における X 線放射の強度は、副次 X 線放射の強度を調整することによって、少なくとも部分的に調整することができる。その結果、副次 X 線放射の強度は、少なくとも 1 つのアクチュエータによって制御することができる。したがって、X 線放射装置は、X 線強度の調整に柔軟性を提供する。

【 0 0 2 8 】

さらなる例では、少なくとも 1 つのアクチュエータは、直線アクチュエータ、特に電子直線アクチュエータである。たとえば、少なくとも 1 つのアクチュエータは、モータ駆動ステージ又は圧電アクチュエータ若しくは超小型構造アクチュエータの形態で実現することができる。一例では、少なくとも 1 つの鏡は、その第 1 の位置と第 2 の位置との間で連続して変位するように構成される。

20

【 0 0 2 9 】

その結果、副次 X 線放射の強度は、この変位とともに少なくとも 1 つの鏡の最大強度から最小強度へ連続して変化し、又は逆も同様である。最小強度は、ゼロとすることができる。

【 0 0 3 0 】

一例では、少なくとも 1 つの鏡は、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、7 つ、8 つ、又はそれ以上の位置間で、特に少なくとも 1 つの鏡の第 1 の位置と少なくとも 1 つの鏡の第 2 の位置との間で変位可能である。

30

【 0 0 3 1 】

その結果、副次 X 線放射の強度は、それぞれの位置に応じて最大強度から最小強度へ段階的に変化し、又は逆も同様である。最小強度は、ゼロとすることができる。

【 0 0 3 2 】

一例では、少なくとも 1 つの鏡に対する機械軸受が設けられる。軸受は、軌道に沿って第 1 の位置と第 2 の位置との間で少なくとも 1 つの鏡の変位を制限するように構成することができる。

【 0 0 3 3 】

例示的な実施形態によれば、物体収容空間における主要 X 線放射と副次 X 線放射との組合せの形で X 線放射の強度の減衰を判定し、この減衰に応じて変調構成部を制御する制御ユニットが設けられる。

40

【 0 0 3 4 】

「減衰」という用語は、特に物体収容空間のうち対象物体内の領域での X 線の吸収による、X 線放射束の強度の漸進的な損失に関する。

【 0 0 3 5 】

その結果、この強度を、所望のレベル、特に対象物体の特定の部分に印加される X 線放射の所望の線量に対応するレベルに制御することができる。

【 0 0 3 6 】

一例では、制御ユニットは、放射源によって生成される X 線放射を表す信号を放射源から受け取る。物体収容空間内に物体が配置されていない場合、制御ユニットは、主要 X 線

50

放射の強度の主要基準強度を判定するように構成することができる。一例では、制御ユニットは（また）、物体収容空間内に物体が配置されていない場合、副次X線放射の副次基準強度を判定するように構成することができる。

【0037】

一例では、検出器は、特に物体収容空間に対象物体が配置されている場合、主要X線放射及び／又は副次X線放射を検出するように構成される。

【0038】

一例では、検出された主要X線放射及び／又は検出された副次X線放射を表す検出器信号が、制御ユニットへ提供される。

【0039】

一例では、放射源によって提供されるX線放射を表す信号が、制御ユニットへ提供される。

【0040】

一例では、制御ユニットは、主要基準強度、副次基準強度、検出された主要X線放射、検出された副次X線放射、及び／又は放射源によって提供されるX線放射の強度に基づいて、少なくとも1つのアクチュエータ、少なくとも1つの鏡の変位、及び／又は副次X線放射の強度を制御するように構成することができる。

【0041】

「変調構成部を制御する」という用語は、少なくとも1つの鏡の変位を制御すること及び／又は少なくとも1つのアクチュエータを制御することに関する。

【0042】

本発明によれば、物体収容空間に複数のX線ビームを提供する複数のプリコリメータ開口を備えるプリコリメータが設けられる。プリコリメータは、変調構成部と物体収容空間との間に配置される。変調構成部は、各プリコリメータ開口に対して、少なくとも1つの鏡の少なくとも1つの関連する鏡を備える。

【0043】

その結果、視準されたX線放射が、物体収容空間へ提供される。X線放射を視準することによって、散乱放射の検出部分を抑制することにより、対象物体に対する不要なX線線量を低減させることができる。

【0044】

プリコリメータは、光学構成部に関する。

【0045】

さらなる例では、プリコリメータの各開口は、スリットとして形成される。一例では、プリコリメータは、視準されたX線放射ビームを物体収容空間に提供するように構成される。

【0046】

一例では、プリコリメータの各開口は、X線放射を視準するように構成される。

【0047】

一例では、放射源によって提供されるX線放射の主要部分は、プリコリメータへ誘導され、その結果、物体収容空間の領域内で、主要X線放射は反射されず、視準されたX線ビームの形で提供される。

【0048】

さらなる例では、鏡は、放射源によって提供されるX線放射の副次部分を案内して、X線放射の副次部分をプリコリメータの方へ偏向させるように構成され、その結果、物体収容空間の領域内で、副次X線放射は、視準されたX線ビームの形で提供される。

【0049】

さらなる例によれば、プリコリメータの各開口に対して、関連するポストコリメータ開口を備えるポストコリメータが設けられる。さらに好ましくは、複数の検出器を備える検出器構成部が設けられる。ポストコリメータは、物体収容空間と検出器構成部との間に配置される。さらに、ポストコリメータの各開口に対して、検出器の1つが関連付けられ、

10

20

30

40

50

ポストコリメータのそれぞれの開口を通過するX線放射を検出するように配置され、その結果、開口に依存する検出器信号が提供される。さらに好ましくは、開口に依存する検出器信号に基づいて、鏡の個々の変位又は少なくとも2つの鏡からなるグループの変位を制御するために、コントローラが設けられる。

【0050】

ポストコリメータは、光学要素に関する。ポストコリメータのポストコリメータ開口は、光学要素の意味での開口である。

【0051】

一例では、ポストコリメータ開口は、視準されたX線放射を検出器に提供するように構成される。

【0052】

一例によれば、各ポストコリメータ開口は、スリットとして形成される。本発明の一態様によれば、撮像装置が提供される。撮像装置は、物体収容空間におけるX線放射の強度を所望のレベルに調整するように構成される。この調整は、副次X線放射の強度を変調することによって実行することができる。

【0053】

物体収容空間におけるX線放射の強度が高いほど、大きい厚さ又は高い密度を有する物体の画像品質を改善することが可能になる。しかし、物体収容空間における高強度のX線放射が常に必要とされるわけではない。対象物体が小さい厚さ又は低い密度を有する場合、物体収容空間におけるX線放射の強度が低いほど、物体の十分な画像品質を提供するのに適している可能性がある。したがって、物体収容空間における高強度のX線放射は、画像品質をそれほど改善することなく、対象物体に対するX線放射線量を増大させることになる。

【0054】

さらに、対象物体は、その横方向の長さに対して均一の密度又は均一の厚さを有していない可能性がある。そのような対象物体に高い均一のX線放射を提供することは、対象物体のうちそれぞれの密度又は厚さが大きい区域に適している。しかし、大きい均一のX線放射が提供するX線放射の強度は、対象物体のうち対象物体の密度又は厚さが小さい別の区域にとっては高すぎる。したがって、X線放射変調構成部を提供するX線撮像装置が提案される。X線放射構成部は、X線放射を生成する放射源と物体収容空間との間に設けられる。プリコリメータがさらに設けられ、変調構成部と物体収容空間との間に配置される。プリコリメータは、複数の開口を備える。X線放射がプリコリメータで減衰させられる場合、これらの開口は、視準されたX線ビームを形成するように構成される。放射源によって提供されるX線放射は、いくつかの部分に分類される。1つのX線放射部分は、X線放射のうち、変調構成部又はプリコリメータ構成部によって反射されることなく物体収容空間へ誘導されるいわゆる主要部分に関するものとする。したがって、放射源によって提供されるX線放射の主要部分は、物体収容空間で主要X線放射を形成する。放射源によって提供されるX線放射のいわゆる第2の部分は、変調構成部へ誘導される。変調構成部は、複数の鏡及び複数のアクチュエータを提供する。プリコリメータの各開口に対して、変調構成部の関連する1組の鏡及び変調構成部の関連するアクチュエータが、グループを形成することができる。装置は、複数のそのようなグループを提供する。したがって、変調構成部に提供されるX線放射の副次部分は、これらの鏡でプリコリメータへ反射させることができ、反射されたX線放射の少なくとも一部は、ビームの形の副次X線放射として、プリコリメータの開口を通過することができる。それぞれのグループのその関連するアクチュエータによって、鏡のそれぞれを第1の位置と第2の位置との間で変位させることができるため、各ビームの強度を制御することができる。特に、放射源によって提供されるX線放射の副次部分は、1組の鏡のうち第1の位置にある鏡によって全反射することができる。鏡の第2の位置では、X線放射の副次部分の全反射は生じず、又は部分的に生じ、特に対応する鏡の表面の制限された部分でのみ生じる。したがって、副次X線放射の強度は、鏡の変位によって制御することができる。これらの鏡は、プリコリメータの開口及び

10

20

30

40

50

それぞれのアクチュエータに関連するため、プリコリメータの開口によって提供されるX線ビームの強度は、開口ごとに個々に制御することができる。言い換えれば、副次X線放射の各X線ビームの強度は、個々に制御することができる。副次X線放射のX線ビームの個々の制御により、特に対象物体のうち副次X線放射のX線ビームが印加される位置において、対象物体の密度又は厚さに対して副次X線放射を調整することが可能になる。さらに、この装置に対して、ポストコリメータ構成部及び検出器構成部が設けられる。ポストコリメータ構成部は、プリコリメータの各開口に対して、関連する開口を提供する。物体収容空間は、プリコリメータとポストコリメータとの間に配置される。したがって、プリコリメータを通過するX線放射は、少なくとも部分的に、ポストコリメータの関連する開口へ誘導される。検出器構成部は、ポストコリメータの後ろに配置され、その結果、ポストコリメータは、物体収容空間と検出器構成部との間に配置される。検出器構成部は、ポストコリメータの各開口に対して、関連する検出器を備える。各検出器は、ポストコリメータの関連する開口とさらに位置合わせされ、その結果、検出器は、ポストコリメータの関連する開口を通過するX線放射を検出することができる。プリコリメータの関連する開口を通過するX線ビームを変調するために鏡の変位を制御するとき、検出器は、主要X線放射及び副次X線放射の減衰させた強度に対応するX線放射の強度を検出する。コントローラには、放射源によって提供されるX線放射の強度に対応する信号が供給される。したがって、コントローラは、主要X線放射の強度の減衰及び/又は副次X線放射の減衰に基づいて、鏡の変位を制御することができる。検出器構成部の検出器はそれぞれ、ポストコリメータの開口、プリコリメータの開口、及び1組の鏡に関連するため、それぞれの検出器の信号に関して、各組の鏡に対して個々に、鏡の変位の制御を実行することができる。さらに、物体収容空間に提供されるX線放射は、プリコリメータの各開口に対して個々に制御することができる。したがって、対象物体に印加されるX線放射の強度は、位置に応じて制御することができ、したがって対象物体の局所的な密度又は厚さに対して調整される。この調整により、画像品質が増大され、対象物体に印加される線量が、適した最小値に低減される。

【0055】

本発明の上記その他の態様は、後述する実施形態から明らかになり、後述する実施形態を参照して説明される。

【0056】

本発明の例示的な実施形態について、以下の図面を参照して以下に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】X線撮像装置の第1の例の概略構成図である。

【図2】少なくとも1つの鏡が第1の位置にある、X線撮像装置の第2の例の概略構成図である。

【図3】少なくとも1つの鏡が第2の位置にある、X線撮像装置の第2の例の概略構成図である。

【図4】X線撮像装置の第3の例の概略構成図である。

【図5】プリコリメータ構成部及び変調構成部の一例の概略構成図である。

【図6】プリコリメータ構成部及び変調構成部のさらなる例の概略構成図である。

【図7】検出器構成部及び変調構成部に接続された制御ユニットのさらなる例の概略構成図である。

【図8】スリット構成部の概略構成図である。

【図9】方法の第1の例の流れ図である。

【図10】方法の第2の例の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0058】

図1は、X線撮像装置10の一例を概略構成図に示す。X線撮像装置10は、放射源12、検出器14、物体収容空間16、及びX線放射変調構成部18を備える。

【 0 0 5 9 】

放射源 1 2 は、X 線放射を生成するように構成される。

【 0 0 6 0 】

検出器 1 4 は、X 線放射を検出するように構成される。

【 0 0 6 1 】

物体収容空間 1 6 は、X 線撮像のために対象物体（図示せず）を配置するように構成される。

【 0 0 6 2 】

X 線放射変調構成部 1 8 は、特にその強度に関して、X 線放射を変調するように構成される。

10

【 0 0 6 3 】

X 線放射変調構成部 1 8 はまた、「X 線変調構成部」、「変調構成部」、又は「変調器」とも呼ばれる。

【 0 0 6 4 】

物体収容空間 1 6 は、放射源 1 2 と検出器 1 4 との間に配置される。

【 0 0 6 5 】

X 線放射変調構成部 1 8 は、放射源 1 2 と物体収容空間 1 6 との間に配置される。

【 0 0 6 6 】

X 線放射変調構成部 1 8 は、少なくとも 1 つの鏡 2 0 を備え、少なくとも 1 つの鏡 2 0 は、少なくとも 1 つの鏡 2 0 で放射源 1 2 の X 線放射の一部分 2 2 の全反射を提供することによって X 線放射を変調して、X 線放射のその部分 2 2 を検出器 1 4 の方へ偏向させ、その結果、物体収容空間 1 6 の領域内で、反射されない主要 X 線放射 2 4 と全反射による副次 X 線放射 2 6 との組合せの形で X 線放射が提供される。

20

【 0 0 6 7 】

X 線放射変調構成部 1 8 は、少なくとも 1 つの鏡 2 0 を少なくとも第 1 の位置 P 1 と第 2 の位置 P 2 との間で変位させるために少なくとも 1 つのアクチュエータ 2 8 をさらに備える。

【 0 0 6 8 】

副次 X 線放射 2 6 の強度と主要 X 線放射 2 4 の強度との比は、少なくとも 1 つの鏡 2 0 の第 1 の位置 P 1 で、少なくとも 1 つの鏡 2 0 の第 2 の位置 P 2 より大きくなる。

30

【 0 0 6 9 】

その結果、物体収容空間 1 6 に提供される X 線放射を、その強度について変調することができる。したがって、副次 X 線放射 2 6 の強度は、少なくとも 1 つの鏡 2 0 の変位によって調整可能である。

【 0 0 7 0 】

物体収容空間 1 6 においてより高い強度の X 線放射が必要とされる場合、少なくとも 1 つの鏡 2 0 がそのそれぞれの第 1 の位置 P 1 へ変位され、その結果、主要 X 線放射 2 4 と副次 X 線放射 2 6 とのより高い強度の組合せが、物体収容空間 1 6 に提供される。

【 0 0 7 1 】

物体収容空間 1 6 においてより低い強度の X 線放射が必要とされる場合、少なくとも 1 つの鏡 2 0 をそのそれぞれの第 2 の位置 P 2 へ変位させることができ、その結果、物体収容空間 1 6 における X 線放射の強度が低下する。少なくとも 1 つの鏡 2 0 の第 2 の位置 P 2 では、放射源 1 2 によって提供される X 線放射の入射角は、少なくとも部分的に、臨界角より大きくなる。したがって、放射源 1 2 によって提供され、少なくとも 1 つの鏡 2 0 の境界に当たる X 線放射は、全反射されず、又は部分的に全反射されない。したがって、主要 X 線放射 2 4 と副次 X 線放射 2 6 との組合せは、より低い共通強度を有する。したがって、物体収容空間 1 6 に提供されるより低い強度の X 線放射が提供される。

40

【 0 0 7 2 】

その結果、物体収容空間 1 6 に提供される X 線放射の強度を調整し、したがって変調することができる。少なくとも 1 つのアクチュエータ 2 8 を制御することによって、少なく

50

とも1つの鏡20の変位を実行することができる。副次X線放射26の強度は、少なくとも1つの鏡20の位置に依存する。したがって、アクチュエータ28を制御することによって、物体収容空間16における副次X線放射26の強度を調整することができる。したがって、物体収容空間16に提供されるX線放射の強度を、その強度について変調することができる。

【0073】

一例では、放射源12は、X線放射を生成するように構成される。

【0074】

一例では、X線放射を生成する放射源12は、現況技術で概して知られている種類のものである。

10

【0075】

さらなる例では、放射源12は、特に静止型又は回転型のX線源など、固定型のX線源ユニットによって提供される。好ましくは、放射源12は、X線管又は放出体である。

【0076】

一例では、放射源12によって提供されるX線放射は、10keV~40keVのエネルギーを有する。好ましくは、放射源12は、10keV未満のエネルギーに対応する波長を有するX線放射を抑制するように構成された波長フィルタを備える。

【0077】

一例では、X線放射を検出する検出器14は、現況技術で概して知られている種類のものである。

20

【0078】

一例では、検出器14は、検出されたX線放射の強度に対応する検出器信号を提供するように構成される。検出器14は、別のユニットに検出器信号を提供するために、且つ/又はさらなる目的で、特に撮像の目的で構成することができる。

【0079】

一例では、物体収容空間16は、対象物体を配置するように指定された空間に関する。対象物体は、生体物質のものである。

【0080】

一例では、物体収容空間16は、X線検査の目的で、特にスクリーニングの目的で、胸部を保持及び一時的に固定するための物体支持構成部、たとえば1対のパッドを備える。

30

【0081】

物体収容空間16は、放射源12と検出器14との間に配置される。

【0082】

一例では、放射源12によって提供されるX線放射は、いくつかのX線放射部分に分類し又は理論的に分割することができる。これらのX線放射部分のうちの1つは、放射源12によって提供されるX線放射のいわゆる主要部分30に関することができる。

【0083】

さらなる例によれば、放射源12によって生成されるX線放射は、少なくとも主要部分30及び副次部分22を含む。好ましくは、主要部分30は、主要X線放射24を形成するように、検出器14に直接向かう伝播方向を有する。副次部分22は、その第1の位置P1にある少なくとも1つの鏡20に直接向かう伝播方向を有する。好ましくは、少なくとも1つの鏡20は、少なくともその第1の位置P1で、副次部分22の放射を検出器14の方へ全反射して副次X線放射26を形成するように配置される。さらに好ましくは、主要X線放射24と副次X線放射26との和は、対象物体に放射するために、加算された有効X線放射を提供する。

40

【0084】

その結果、変調構成部18は、強化された放射を物体収容空間16で提供することができるように構成される。

【0085】

X線放射源12は、その第1の位置P1で検出器14又は少なくとも1つの鏡20以外

50

の方向に誘導されるさらなる X 線放射部分を備える。

【0086】

さらなる例では、X 線放射の主要部分 30 は、特に X 線放射変調構成部 18 によって反射されることなく、物体収容空間 16 へ（直接）誘導される。物体収容空間 16 に到達するとき、X 線放射の主要部分 30 は、物体収容空間 16 で主要 X 線放射 24 を形成する。

【0087】

さらなる例では、X 線放射の副次部分 22 は、X 線放射変調構成部 18 へ（好ましくは直接）誘導される。X 線放射の副次部分 22 を X 線放射変調構成部 18 の少なくとも 1 つの鏡 20 で全反射させて、X 線放射の副次部分 22 を検出器 14 の方へ偏向させる場合、X 線放射の反射された副次部分 22 は、物体収容空間 16 に到達するときに副次 X 線放射 26 を形成する。

10

【0088】

一例では、X 線放射の副次部分 22 の一部分のみが、X 線放射変調構成部 18 の少なくとも 1 つの鏡 20 で全反射される。これは、少なくとも 1 つの鏡が、その第 2 の位置 P2 又は第 1 の位置 P1 と第 2 の位置 P2 との間の別の位置にある場合に生じる。

【0089】

少なくとも 1 つの鏡 20 は、好ましくは、適した低原子番号の鏡材料、特に 9 より低い原子番号を有する板に関する。

【0090】

一例では、少なくとも 1 つの鏡 20 は、ガラスセラミック板に関する。

20

【0091】

さらなる例では、少なくとも 1 つの鏡 20 は、アルミノケイ酸リチウムガラスセラミックを含む。この種の鏡の固有密度は、 2.53 である。しかし、これは固有密度に対する単なる一例である。概して、少なくとも 1 つの鏡 20 に対して固有密度を有する広範囲の可能な材料が可能である。基本的に、少なくとも 1 つの鏡が、X 線放射に対して、放射源 4 と少なくとも 1 つの鏡 20 との間の空間への境界表面で光学的により薄い媒体を有する場合、少なくとも 1 つの鏡 20 で全反射が生じる。通常、X 線放射範囲内の屈折率は 1 より小さいため、入射が臨界入射角 θ_c 内で生じる場合、あらゆる材料に対する斜入射で X 線全反射を観察することができる。「臨界入射角」という用語は、「臨界角」と呼ぶこともできる。簡略化された臨界入射角は、 $\theta_c = 1.6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\rho \cdot \lambda}$ として計算することができ、ここで、 ρ は、 g/cm^3 単位の密度であり、 λ は、X 線波長を \AA で示す。臨界角 θ_c は、典型的には、数 $mrad$ （ミリラド）程度である。たとえば、臨界角 θ_c は、 $0.5 mrad \sim 2 mrad$ である。より大きい角度で全反射を実現するには、少なくとも 1 つの鏡 20 に使用される材料の密度を増大させなければならず、又はたとえば銀若しくは金による金属被覆を使用することができる。より小さい角度で全反射を実現するには、少なくとも 1 つの鏡 20 に使用される材料の密度を減少させなければならぬ。たとえば、少なくとも 1 つの鏡 20 は、好ましくは低原子番号の要素を有する少なくとも 1 つのプラスチック鏡層を含む。一例では、「全反射」という用語は、媒体の境界に、この境界の平面レベルに対して特定の臨界角 θ_c より小さい角度 θ_i で当たる X 線放射波の反射を指す。臨界角 θ_c は、全反射が生じる入射角である。

30

40

【0092】

一例では、物体収容空間 16 に提供される X 線放射は、主要 X 線放射 24 と副次 X 線放射 26 との組合せに関する。主要 X 線放射 24 及び副次 X 線放射 26 の干渉が生じる。

【0093】

一例では、主要 X 線放射 24 と副次 X 線放射 26 との組合せは、主要 X 線放射 24 及び副次 X 線放射 26 の重畳をもたらす。

【0094】

X 線撮像装置 10 は、主要 X 線放射 24 と副次 X 線放射 26 との組合せを物体収容空間 16 に提供するように構成されるため、物体収容空間 16 に提供される全 X 線放射束の増大が生じる。したがって、X 線撮像装置 10 は、物体収容空間 16 内で対象物体を撮像す

50

るために使用されるX線放射の強度を調整するためのコスト効率のよい改善である。物体収容空間16における全X線放射束の増大は、大きい厚さ又は高い密度を有する対象物体が物体収容空間に提供された場合に有用である。しかし、別の例では、小さい厚さ又は低い密度を有する対象物体が物体収容空間16に提供される。この場合、全X線放射束の増大は役に立たず、又はさらには対象物体の画像品質を増大させずに、対象物体へのX線放射線量を増大させる可能性がある。

【0095】

物体収容空間16に提供されるX線放射を調整するために、X線放射変調構成部18は、副次X線放射26の強度を調整するように構成される。

【0096】

上記で説明したように、少なくとも1つの鏡20で全反射が生じるかどうかは、少なくとも1つの鏡20の境界に当たるX線放射波の入射角 θ_i に依存する。したがって、少なくとも1つの鏡20におけるX線放射波の入射角 θ_i を制御することによって、少なくとも鏡20で反射されるX線放射のX線放射束を制御することができる。

【0097】

一例では、少なくとも鏡20がその第1の位置P1にある場合、放射源12によって提供されるX線放射の主要部分22は、少なくとも1つの鏡20で検出器14の方へ反射される。

【0098】

少なくとも1つの鏡20がその第1の位置P1から第2の位置P2へ変位された場合、少なくとも1つの鏡20における副次部分22の入射角 θ_i が増大するため、副次X線放射26のX線放射束は減少する。それに対応して、放射源12によって提供されるX線放射の副次部分22の一部分のみが、少なくとも鏡20で全反射され、したがって検出器14の方へ偏向させられる。

【0099】

この場合、放射源12によって提供されるX線放射の副次部分22の入射角 θ_i は、臨界角 θ_c より大きくなり、少なくとも1つの鏡20に当たるX線放射の副次部分22は反射されない。

【0100】

一例では、少なくとも1つの鏡20に当たる放射源12のX線放射の副次部分22の入射角 θ_i は、少なくとも1つの鏡20の位置に依存する。たとえば、少なくとも1つの鏡20の並進及び/又は回転変位は、入射角 θ_i に影響を与える。X線放射変調構成部18の少なくとも1つのアクチュエータ28は、少なくとも1つの鏡20を変位させるように構成されるため、副次X線放射22の強度は、好ましくは、少なくとも1つのアクチュエータ28を制御することによって制御可能である。

【0101】

一例では、少なくとも1つの鏡20の変位は、並進及び/又は回転変位に関する。

【0102】

一例では、少なくとも1つの鏡20は、直線的に変位させることができる。

【0103】

一例では、少なくとも1つの鏡20は、軌道に沿ってその第1の位置と第2の位置との間で変位させることができる。

【0104】

その結果、副次X線放射26の強度の変化における所望の挙動を実現することができる。

【0105】

一例では、X線放射変調構成部18は、少なくとも1つの鏡20に対する機械的案内を備える。

【0106】

一例では、少なくとも1つのアクチュエータ28は、少なくとも1つの鏡20を変位軸

10

20

30

40

50

に沿って変位させるように構成することができ、変位軸及び放射源 12 と検出器 14 との間の長手方向軸は、 $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$ 、特に $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 、好ましくは $85^{\circ} \sim 95^{\circ}$ の角度を形成する。したがって、少なくとも 1 つの鏡 20 は、たとえば長手方向軸に直交して変位させることができる。

【0107】

その結果、少なくとも 1 つの鏡 20 の変位のために、簡単な構造のアクチュエータ 28 を使用することができる。

【0108】

一例では、少なくとも 1 つの鏡 20 は、少なくとも 1 つの鏡 20 の第 1 の位置 P1 と少なくとも 1 つの鏡 20 の第 2 の位置 P2 との間で連続して変位するように構成される。

10

【0109】

その結果、副次 X 線放射 26 の強度は、この変位とともに最大強度から最小強度へ連続して変化し、又は逆も同様である。最小強度は、ゼロとすることができる。

【0110】

一例では、少なくとも 1 つの鏡 20 は、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、7 つ、8 つ、又はそれ以上の位置間で、特に少なくとも 1 つの鏡 20 の第 1 の位置 P1 と少なくとも 1 つの鏡 20 の第 2 の位置 P2 との間で変位可能である。

【0111】

図 2 は、X 線撮像装置 10 のさらなる例の概略構成図を示す。原則的に、X 線撮像装置 10 のこの例は、X 線撮像装置 10 の上述した例に対応する。したがって、図 1 に関する説明を参照されたい。

20

【0112】

図 2 では、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 は、放射源 12 から鏡 20 へ誘導される線で代表的に示されている。少なくとも 1 つの鏡 20 は、その第 1 の位置 P1 にある。入射角 i_1 は、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 と少なくとも 1 つの鏡 20 の平面との間の角度である。入射角 i_1 は、臨界角 c より小さい。したがって、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 に対して少なくとも 1 つの鏡 20 の表面上で全反射が生じる。反射された X 線放射は、検出器 14 の方へ偏向させられて、物体収容空間 16 内に副次 X 線放射 26 を形成する。したがって、物体収容空間 16 における主要 X 線放射 24 及び物体収容空間 16 における副次 X 線放射 26 は互いに重畳し、したがって物体収容空間 16 に提供される X 線放射を強化する。この強化により、物体収容空間 16 に提供される X 線放射の強度が増大する。

30

【0113】

図 3 は、X 線撮像装置 10 の上述した例の代替の概略構成図を示し、少なくとも 1 つの鏡 20 は、第 2 の位置 P2 にある。

【0114】

少なくとも 1 つのアクチュエータ 28 は、少なくとも 1 つの鏡 20 を、好ましくは放射源 12 と検出器 14 との間の長手方向軸 A に直交する方向に変位させるように構成される。したがって、少なくとも 1 つのアクチュエータ 28 は、少なくとも 1 つの鏡 20 を第 1 の位置 P1 と第 2 の位置 P2 との間で直線的に変位させることができる。

40

【0115】

少なくとも 1 つの鏡 20 の変位により、少なくとも 1 つの鏡 20 において、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の入射角 i が変化する。入射角 i は、 i_2 まで増大しており、その結果、入射角 i_2 は、臨界角 c より大きくなる。したがって、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 は、少なくとも 1 つの鏡 20 の表面に当たるときに全反射されない。

【0116】

図 3 は、少なくとも 1 つの鏡 20 の変位の結果、物体収容空間 16 で提供される X 線放射の強度が減少することを例示的に示す。物体収容空間 16 に提供される X 線放射の強度は、主要 X 線放射 24 によって（この場合）単独で形成される。放射源 12 によって提供

50

されるX線放射の副次部分22は反射されず、この場合、物体収容空間16におけるX線放射の強度に寄与することができない。

【0117】

一例では、少なくとも1つの鏡がその第2の位置P2にある場合、放射源12によって提供されるX線放射の副次部分22の一部分のみが反射されない。したがって、副次X線放射26の強度はゼロではないが、少なくとも1つの鏡20がその第1の位置P1にある場合より小さい。

【0118】

一例では、物体収容空間16におけるX線放射の変調は、物体収容空間16における副次X線放射26の強度に関する。

10

【0119】

図4は、撮像装置10のさらなる例の概略構成図を示す。

【0120】

撮像装置10は、図1～図3に関して説明した撮像装置10に類似している。したがって、前述の説明を適宜参照されたい。

【0121】

一例では、撮像装置10は、物体収容空間16における主要X線放射24と副次X線放射26との組合せの形でX線放射の強度の減衰を判定し、この減衰に応じて変調構成部18を制御する制御ユニット32を備える。

【0122】

20

その結果、物体収容空間16に配置された対象物体の密度及び/又は厚さに対して、物体収容空間16に提供されるX線放射の強度を調整することができる。対象物体が高い密度を提供する場合、より高い減衰を予期することができる。対象物体の所望の画像品質を維持するために、制御ユニット32は、物体収容空間16におけるX線放射の強度を増大させることができる。制御ユニット32は、副次X線放射26が主要X線放射24に重畳するように、少なくとも1つの鏡20の変位を制御する。したがって、より高い共通強度が提供される。

【0123】

一例では、X線撮像装置10は、制御ユニット32が検出器14から信号を受け取るように構成され、この信号は、検出されたX線放射を表す。

30

【0124】

さらなる例では、検出器14と制御ユニット32との間の信号線34が設けられる。

【0125】

一例では、X線撮像装置10は、制御ユニット32が放射源12から信号を受け取るように構成され、放射源12のこの信号は、変調構成部18、特にその少なくとも1つの鏡20に提供されるX線放射及び/又は検出器14に直接提供されるX線放射を表す。

【0126】

さらなる例では、放射源12と制御ユニット32との間の信号線36が設けられる。

【0127】

一例では、制御ユニット32は、検出器14及び放射源12から信号を受け取るように構成され、これらの信号に基づいて、制御ユニット32は、物体収容空間16におけるX線放射の減衰を判定することができる。

40

【0128】

一例では、制御ユニット32は、少なくとも1つのアクチュエータ28を制御するように構成される。

【0129】

さらなる例では、制御ユニット32と少なくとも1つのアクチュエータ28との間の信号線38、40が設けられる。

【0130】

制御ユニット32が、放射源12によって提供されるX線放射の強度及び検出器14に

50

当たる X 線放射の強度を表す信号を受け取った場合、制御ユニット 32 は、物体収容空間 16 に提供される X 線放射の減衰を判定するように構成することができる。

【0131】

図 4 に示す X 線撮像装置 10 は、2 つの鏡 20 を備える。鏡 20 のそれぞれに対して、関連するアクチュエータ 28 が設けられる。アクチュエータ 28 はそれぞれ、それぞれの制御信号線 38、40 を介して制御ユニット 32 に接続される。したがって、制御ユニット 32 は、アクチュエータ 28 を制御することによって、特に主要 X 線放射 24 の減衰及び / 又は副次 X 線放射 26 の減衰に応じて鏡 20 の変位を調整することができる。

【0132】

一例では、X 線撮像装置 10 は、対象物体の空間パラメータを検出するように構成されたセンサ（図示せず）を備える。たとえば、センサは、対象物体の横方向の長さ及び / 又は対象物体の厚さを検出するように構成することができる。

10

【0133】

一例では、制御ユニット 32 は、特にセンサによって検出される空間パラメータにも応じて、変調構成部 18 を制御するように構成される。たとえば、制御ユニット 32 は、物体収容空間 16 に配置された対象物体の横方向の長さ及び / 又は厚さに応じて、少なくとも 1 つのアクチュエータ 28 を制御することができる。

【0134】

その結果、制御ユニット 32 は、物体収容空間 16 に配置された対象物体の検出された横方向の長さ、厚さ、又は任意の他の空間パラメータに応じて、副次 X 線放射 26 の強度を調整することができる。

20

【0135】

図 1 ~ 図 4 は、少なくとも 1 つの鏡 20 が、好ましくは、放射源 12 によって提供される X 線放射の主要部分 30 と衝突しないことを示す。

【0136】

さらなる例によれば、少なくとも 1 つの鏡 20 は、放射源 12 によって提供される X 線放射の主要部分 30 に対して側方に配置される。

【0137】

その結果、放射源 12 によって提供される X 線放射の主要部分 30 は、妨げられずに物体収容空間 16 に到達し、主要 X 線放射 24 を形成することができる。

30

【0138】

一例では、少なくとも 1 つの鏡 20 は、軌道に沿ってその第 1 の位置 P1 と第 2 の位置 P2 との間で変位可能である。好ましくは、少なくとも 1 つの鏡 20 の軌道は、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の伝播方向と交差するように配置される。さらに好ましくは、少なくとも 1 つの鏡 20 の軌道は、放射源 12 によって提供される X 線放射の主要部分 30 の外側に位置する。

【0139】

その結果、少なくとも 1 つの鏡 20 は、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の少なくとも一部分の全反射が生じる位置へ、その軌道に沿って変位させることができ、その結果、反射された X 線放射が、物体収容空間 16 に副次 X 線放射 26 を形成する。

40

【0140】

一例では、少なくとも 1 つの鏡 20 の軌道及び放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の伝播方向は、0 より大きい交差角を形成する。好ましくは、この交差角は、 $80^{\circ} \sim 110^{\circ}$ である。

【0141】

さらなる例によれば、変調構成部 18 は、少なくとも 1 つの鏡 20 の第 1 の位置 P1 で、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の少なくとも 1 つの鏡 20 における入射角 i_1 が、全反射の臨界角 c より小さくなり、少なくとも 1 つの鏡 20 の第 2 の位置 P2 で、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の少なくとも 1

50

つの鏡 20 における入射角 i_2 が、全反射の臨界角 c より大きくなるように構成される。

【0142】

その結果、放射源 12 によって提供される X 線放射の副次部分 22 の少なくとも一部分の全反射が、少なくとも 1 つの鏡 20 の第 1 の位置 P1 で生じる。少なくとも 1 つの鏡 20 の第 2 の位置 P2 では、それぞれの入射角 i_2 は、好ましくは、臨界角 c より大きくなり、その結果、放射源 12 の X 線放射の副次部分 22 は全反射されず、特に少なくとも 1 つの鏡 20 によって吸収される。

【0143】

一例では、少なくとも 1 つの鏡 20 は、凹面主反射面を備える。

10

【0144】

実際には、凹面鏡面により、反射された X 線放射の強度が増大することが示されている。

【0145】

図 1 ~ 図 4 に関して、撮像装置 10 は、好ましくは、視準構成部 42 を備える。

【0146】

一例によれば、撮像装置 10 は、放射源 12 と検出器 14 との間の視準構成部 42 を備える。視準構成部 42 は、鏡構成部 18 と物体収容空間 16 との間に配置されたプリコリメータ 44 と、物体収容空間 16 と検出器 14 との間に配置されたポストコリメータ 46 とを備える。

20

【0147】

その結果、プリコリメータ 44 によって、視準された X 線放射が物体収容空間 16 に提供される。

【0148】

さらにその結果、ポストコリメータ 46 によって、視準された X 線放射が検出器 14 に提供される。

【0149】

プリコリメータ 44 は、少なくとも 1 つの開口 50 を備える光学要素に関する。好ましくは、プリコリメータ 44 の各開口 50 は、スリットとして形成される。一例では、プリコリメータ 44 は、視準された X 線放射を提供するように構成される。特に、X 線放射は、プリコリメータ 44 の少なくとも 1 つの開口 50 を、視準された X 線ビームとして通過することができる。

30

【0150】

ポストコリメータ 46 は、少なくとも 1 つの開口 48 を備える光学要素に関する。好ましくは、ポストコリメータ 46 の各開口 48 は、スリットとして形成することができる。

【0151】

一例では、X 線放射は、ポストコリメータ 46 の少なくとも 1 つの開口 48 を、視準された X 線ビームとして通過することができる。

【0152】

コリメータ 44、46 は、現況技術で概して知られている。たとえば、プリコリメータ 44 及び / 又はポストコリメータ 46 はそれぞれ、それぞれのコリメータ 44、46 の開口 50、48 を形成する少なくとも 1 つの孔を有する板、特に X 線吸収板を備える。

40

【0153】

一例では、少なくとも 1 つの開口 48、50 の外側でコリメータ 44、46 の板に当たる X 線放射は通過しない。代わりに、この X 線放射は、板によって吸収される可能性が非常に高い。

【0154】

一例では、プリコリメータ 44 の少なくとも 1 つの開口 50 は、放射源 12 によって提供される X 線放射の主要部分 30 及び放射源 12 によって提供されて少なくとも 1 つの鏡 20 で反射された X 線放射の副次部分 22 の伝送を可能にするように構成される。したが

50

って、プリコリメータ４４の少なくとも１つの開口５０は、主要Ｘ線放射２４及び／又は副次Ｘ線放射２６を物体収容空間１６に提供することができるように構成及び／又は配置される。

【０１５５】

図５は、プリコリメータ４４のさらなる例及び変調構成部１８のさらなる例を示す。

【０１５６】

一例では、プリコリメータ４４は、物体収容空間１６に複数のＸ線ビーム５２を提供するための複数のプリコリメータ開口５０を備える。プリコリメータ４４は、変調構成部１８と物体収容空間１６との間に配置される。変調構成部１８は、各プリコリメータ開口５０に対して、少なくとも１つの鏡２０の少なくとも１つの関連する鏡２０を備える。

10

【０１５７】

その結果、Ｘ線ビーム５２は、主要Ｘ線放射２４及び副次Ｘ線放射２６によって形成される。したがって、Ｘ線ビーム５２は、物体収容空間１６でＸ線放射を形成することができる。図５では、Ｘ線放射の主要部分３０は、同じ放射源１２によって提供される。

【０１５８】

一例では、放射源１２によって提供されるＸ線放射の副次部分２２を関連するプリコリメータ開口５０の方へ偏向させて、Ｘ線ビーム５２の形で副次Ｘ線放射２６を形成するために、関連する鏡２０を、２つの鏡２０からなる関連するグループ５４ａ、５４ｂ、５４ｃに置き換えることができる。

【０１５９】

20

一例では、第１のグループ５４ａの鏡２０は、その第１の位置Ｐ１にある。したがって、放射源１２のＸ線放射の副次部分２２の全反射が生じる。

【０１６０】

さらなる例では、第２のグループ５４ｂの鏡２０は、その可能な第１の位置Ｐ１と可能な第２の位置Ｐ２との間の位置にある。したがって、放射源１２のＸ線放射の副次部分２２の全反射は、部分的に生じる。

【０１６１】

さらなる例では、第３のグループ５４ｃの鏡２０は、その第２の位置Ｐ２にある。したがって、放射源１２のＸ線放射の副次部分２２の全反射は生じない。この場合、物体収容空間１６に提供されるＸ線放射ビーム５２は、主要Ｘ線放射２４のみによって形成される。

30

【０１６２】

一例では、プリコリメータ４４の各開口５０に対して、鏡構成部１８の少なくとも２つの鏡２０からなるグループ５４ａ、５４ｂ、５４ｃ、及びアクチュエータ２８が設けられる。

【０１６３】

その結果、Ｘ線ビーム５２の強度を個々に制御することができる。さらなる例によれば、複数のアクチュエータ２８が設けられる。好ましくは、変調構成部１８の各鏡２０は、複数のアクチュエータ２８のうちのアクチュエータ２８の１つに結合される。さらに好ましくは、各鏡２０は、その結合されたアクチュエータ２８によって、独立して変位可能である。

40

【０１６４】

その結果、変調構成部１８の各鏡２０は、その第１の位置Ｐ１と第２の位置Ｐ２との間で個々に変位させることができる。鏡２０のそれぞれに対して、結合されたアクチュエータ２８がそれぞれの鏡２０を変位させることができるさらなる位置を提供することができる。その結果、Ｘ線ビーム５２の強度を個々に制御することができる。

【０１６５】

図６は、変調構成部１８の例示的な実施形態の一部分を示す。

【０１６６】

一例によれば、変調構成部１８は、複数のアクチュエータ２８を備える。

50

【 0 1 6 7 】

一例では、アクチュエータ 2 8 を少なくとも 2 つの鏡 2 0 のグループ 5 4 と結合するように構成された結合要素 5 6 が設けられる。

【 0 1 6 8 】

その結果、少なくとも 2 つの鏡 2 0 からなるグループ 5 4 を変位させるために、1 つのアクチュエータ 2 8 のみが必要とされる。したがって、グループ 5 4 の鏡 2 0 は、共通で変位され、したがって放射源 1 2 によって提供される X 線放射の副次部分 2 2 の反射に類似の影響を与える。

【 0 1 6 9 】

さらにその結果、プリコリメータ 4 4 によって提供される 1 つ又はいくつかの X 線ビーム 5 2 は、その強度について共通で制御することができる。したがって、1 つ又はいくつかのビーム 5 2 の変調を同じアクチュエータ 2 8 で実行することができる。

10

【 0 1 7 0 】

さらなる例では、変調構成部 1 8 は、少なくとも 2 つのアクチュエータ 2 8 を備え、アクチュエータ 2 8 はそれぞれ、変調構成部 1 8 の少なくとも 4 つ又は少なくとも 6 つの鏡 2 0 からなるグループに結合される。

【 0 1 7 1 】

その結果、物体収容空間 1 6 に提供される X 線放射を、物体収容空間 1 6 の異なる区域に対して異なる形で変調する可能性を維持しながら、複数の鏡 2 0 の変位を制御するために必要とされるアクチュエータ 2 8 の数を低減させることができる。

20

【 0 1 7 2 】

一例では、上述した 2 つのアクチュエータ 2 8 の代わりに、変調構成部 1 8 は、少なくとも 1 0 個のアクチュエータ 2 8 を備える。したがって、たとえば対象物体に提供される X 線放射の減衰並びに / 又はその局所的な密度及び / 若しくはその局所的な厚さに対して、対象物体に印加される X 線放射の強度を局所的に適合させることができる。

【 0 1 7 3 】

図 7 は、制御ユニット 3 2 及び検出器構成部 5 8 を備える撮像装置 1 0 の一部分の概略構成図を示す。

【 0 1 7 4 】

さらなる例によれば、変調構成部 1 8 は、複数のアクチュエータ 2 8 を備える。変調構成部 1 8 の各アクチュエータ 2 8 は、変調構成部 1 8 の少なくとも 2 つの鏡 2 0 からなるグループ 5 4 に結合される。さらに、鏡 2 0 の各グループ 5 4 は、結合されたアクチュエータ 2 8 によって共通で変位可能である。

30

【 0 1 7 5 】

さらなる例によれば、プリコリメータ 4 4 の各開口 5 0 に対して、関連するポストコリメータ開口 4 8 を備えるポストコリメータ 4 6 が設けられる。さらに、複数の検出器 1 4 を備える検出器構成部 5 8 が設けられる。さらに、ポストコリメータ 4 6 は、物体収容空間 1 6 と検出器構成部 5 8 との間に配置される。ポストコリメータ 4 6 の各開口 4 8 に対して、検出器 1 4 の 1 つが関連付けられ、ポストコリメータ 4 6 のそれぞれの開口 4 8 を通過する X 線放射を検出するように配置され、その結果、開口に依存する検出器信号が提供される。さらに、開口に依存する検出器信号に基づいて、鏡 2 0 の個々の変位又は少なくとも 2 つの鏡 2 0 からなるグループ 5 4 a、5 4 b、5 4 c の変位を制御するために、制御ユニット 3 2 が設けられる。

40

【 0 1 7 6 】

一例では、プリコリメータ 4 4 の各開口 5 0 に対して、少なくとも 2 つの鏡 2 0 からなる関連するグループ 5 4 a、5 4 b、5 4 c が設けられる。少なくとも 2 つの鏡 2 0 からなるそれぞれのグループ 5 4 a、5 4 b、5 4 c は、放射源 1 2 によって提供される X 線放射の副次部分 2 2 の反射に影響するように配置することができ、この反射は、プリコリメータ 4 4 のそれぞれの開口 5 0 へ誘導される。したがって、グループ 5 4 a、5 4 b、5 4 c 内の鏡 2 0 を制御することによって、物体収容空間 1 6 に提供される X 線放射の強

50

度を、各ビーム 5 2 の強度の形で局所的に制御することができる。

【 0 1 7 7 】

さらなる例（図示せず）では、グループ 5 4 a、5 4 b、5 4 c は、3 つ以上の鏡 2 0、たとえば 4 つの鏡又は 6 つの鏡を備える。したがって、2 つ以上のビーム 5 2、たとえば 2 つ又は 3 つのビーム 5 2 を共通で制御することができる。その結果、アクチュエータ 2 8 の数を低減させることができる。

【 0 1 7 8 】

一例では、ポストコリメータ 4 6 の各開口 4 8 に対して、関連する検出器 1 4 が設けられる。各検出器 1 4 によって提供される信号は、好ましくは、検出された X 線放射に対応する。さらに好ましくは、制御ユニット 3 2 は、信号線 3 4 を介して各検出器 1 4 に接続される。したがって、制御ユニット 3 2 は、検出器 1 4 の信号を受け取って、各ビーム 5 2 の減衰を判定することができる。鏡 2 0 のグループ 5 4 a、5 4 b、5 4 c 及び関連するアクチュエータ 2 8 の構成に応じて、制御ユニット 3 2 は、検出器 1 4 によって提供される信号を評価し、物体収容空間 1 6 に提供される X 線放射の適した減衰に到達するように、アクチュエータ 2 8 に対する制御信号を判定することができる。一例では、物体収容空間 1 6 における均一の減衰が目標とされる。

【 0 1 7 9 】

一例では、ポストコリメータ 4 6 の開口 4 8 に関連する検出器 1 4 の検出器信号に応じて、プリコリメータ 4 4 の開口 5 0 の 1 つに当接する少なくとも 1 つの鏡 2 0 が、制御ユニット 3 2 によって制御され、ポストコリメータ 4 6 のこの開口 4 8 は、プリコリメータ 4 4 の前述の開口 5 0 に関連する。

【 0 1 8 0 】

その結果、プリコリメータの開口 5 0 及びポストコリメータ 4 6 の開口 4 8 は、少なくとも 1 つの関連する検出器 1 4、少なくとも 1 つの関連する鏡 2 0、及び少なくとも 1 つの関連するアクチュエータ 2 8 とともにグループを形成することができる。したがって、制御ユニット 3 2 は、変調構成部 1 8 をグループごとに制御することができる。

【 0 1 8 1 】

図 8 は、スリット構成部 6 0 の一例を示す。

【 0 1 8 2 】

一例では、プリコリメータ 4 4 の各開口 5 0 は、スリットとして形成される。

【 0 1 8 3 】

さらなる例によれば、ポストコリメータ 4 6 の各開口 4 8 は、スリットとして形成される。

【 0 1 8 4 】

さらなる例によれば、プリコリメータ 4 4 は、プリコリメータスリット構成部として形成される。

【 0 1 8 5 】

さらなる例によれば、ポストコリメータ 4 6 は、ポストコリメータスリット構成部として形成される。

【 0 1 8 6 】

「スリット構成部」という用語は、プリコリメータスリット構成部及び / 又はポストコリメータスリット構成部を指すことができる。

【 0 1 8 7 】

スリット構成部 6 0 は、複数のスリット 6 2 を備える。複数のスリット 6 2 のサブグループが、スリット 6 2 の延長方向に対して平行に配置される。スリット 6 2 のさらなるサブグループが、隣接するスリット 6 2 間に分離空間をあけて、スリット 6 2 の延長方向に交互に配置される。

【 0 1 8 8 】

さらなる例によれば、X 線撮像システム（図示せず）が設けられる。X 線撮像システムは、上述した例の 1 つによる撮像装置 1 0 を備える。X 線撮像システムは、撮像処理ユニ

10

20

30

40

50

ット及び画像データ出力ユニットをさらに備える。撮像処理ユニットは、検出器 14 又は検出器構成部 58 から信号を受け取り、これらの信号に基づいて物体の画像データを計算するように構成される。画像データ出力ユニットは、さらなる目的で画像データを提供するように構成される。

【0189】

一例では、データ出力ユニットは、画像データを示すディスプレイである。

【0190】

図 9 は、X 線放射を変調する方法 64 を示す。方法 64 は、以下のステップを有する。

【0191】

ステップ a) とも呼ばれる第 1 の生成ステップ 66 で、X 線放射が生成され、X 線放射の主要部分 30 は、反射されずに、主要 X 線放射 24 として検出器 14 の方へ誘導される。

10

【0192】

ステップ b) とも呼ばれる第 2 の反射ステップ 68 で、X 線放射の副次部分 22 が鏡 20 によって反射される。

【0193】

ステップ b) で、反射させるステップは、X 線放射の副次部分 22 の全反射として提供され、X 線放射の副次部分 22 を副次 X 線放射 26 として検出器 14 の方へ偏向させる。

【0194】

X 線放射の変調のために、ステップ b) は、少なくとも第 1 の位置 P1 と第 2 の位置 P2 との間で鏡 20 を変位させることを含む。

20

【0195】

副次 X 線放射 26 の強度と主要 X 線放射 24 の強度との比は、鏡 20 の第 1 の位置 P1 で、鏡 20 の第 2 の位置 P2 より大きくなる。

【0196】

その結果、X 線放射のうち検出器 14 の方へ提供される部分 22 は、少なくとも 1 つの鏡 20 の変位によって制御することができる。したがって、X 線放射のうち検出器 14 の方へ誘導される部分 22 を変調することができる。

【0197】

一例によれば、変調された X 線放射が検出される。

30

【0198】

図 10 に例示的に示すさらなる例によれば、方法 64 は、以下のステップをさらに有する。

【0199】

ステップ c) とも呼ばれる第 3 の判定ステップ 70 で、物体収容空間 16 における主要 X 線放射 24 と副次 X 線放射 26 との組合せの形の X 線放射の強度の減衰が判定される。

【0200】

ステップ d) とも呼ばれる第 4 の制御ステップ 72 で、変調は、減衰に応じて制御される。

【0201】

40

一例によれば、複数の変調器 - 検出器対が設けられ、各対は、ステップ b) で X 線放射を反射する鏡 20 と、関連する検出器 14 とを備える。変調のために、各鏡 20 は、関連する検出器 14 によって判定される物体収容空間 16 における主要 X 線放射 24 及び / 又は副次 X 線放射 26 の強度の減衰に応じて個々に制御される。

【0202】

本発明の実施形態について、様々な主題を参照して説明したことに留意されたい。特に、いくつかの実施形態については、装置を参照して説明し、他の実施形態については、方法を参照して説明した。しかし上記から、別段の注記がない限り、1 つの主題に属する特徴のあらゆる組合せに加えて、異なる主題に関する特徴間のあらゆる組合せも、本出願によって開示されると見なされることが、当業者には推測されよう。しかし、すべての特徴

50

を組み合わせ、これらの特徴を単純に足し合わせたもの以上の相乗効果を提供することができる。

【0203】

本発明について、図面及び上記の説明で詳細に図示及び説明したが、そのような図示及び説明は、限定的なものではなく説明的又は例示的であると見なされるべきである。本発明は、開示する実施形態に限定されるものではない。当業者であれば、クレームされる本発明を実施する際、図面、開示、及び従属請求項を読めば、開示する実施形態に対する他の変形形態が理解及び実施されよう。

【0204】

特許請求の範囲では、「備える、含む、有する (comprising)」という語句は、他の要素又はステップを除外するものではなく、不定冠詞「a」又は「an」は、複数を除外するものではない。単一の鏡又は他のユニットが、特許請求の範囲に記載するいくつかの項目の機能を満たすことができる。相互に異なる従属請求項において特定の方策について記載することだけで、これらの方策の組合せを有利に使用することができないことを示すものではない。特許請求の範囲内のどの参照符号も、その範囲を限定すると解釈されるべきではない。

10

【図1】

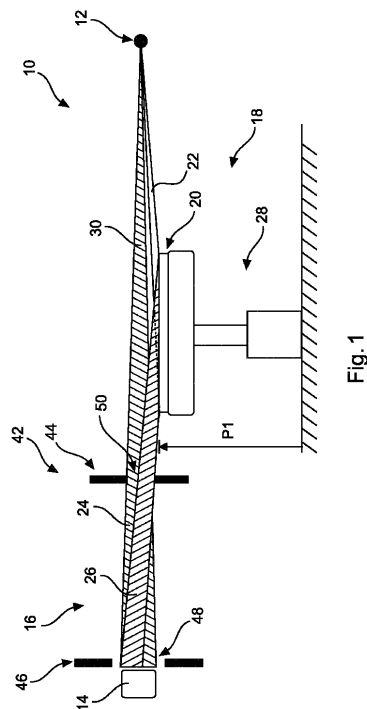


Fig. 1

【図2】

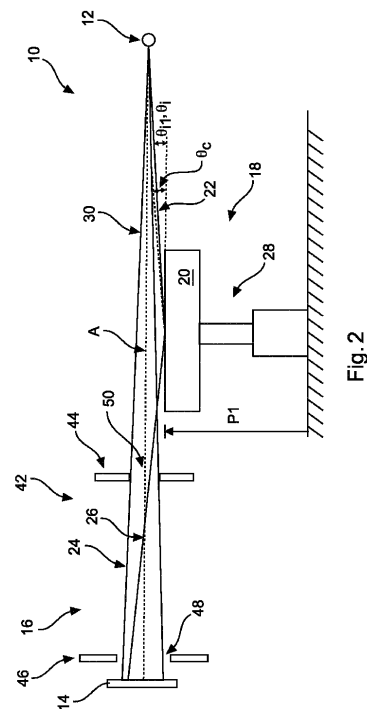
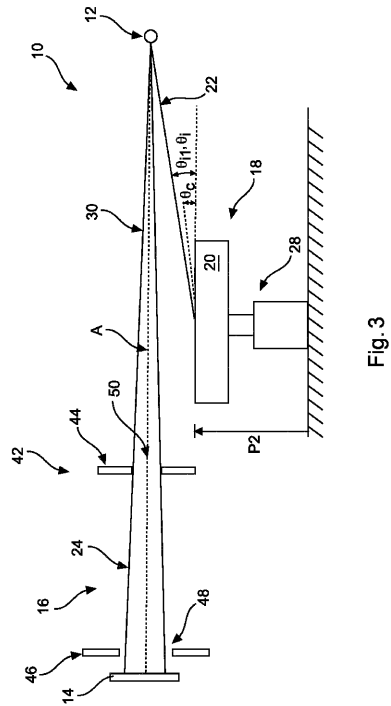
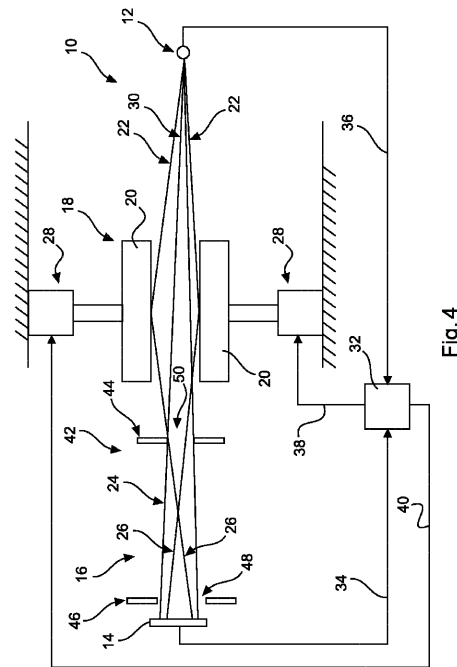


Fig. 2

【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

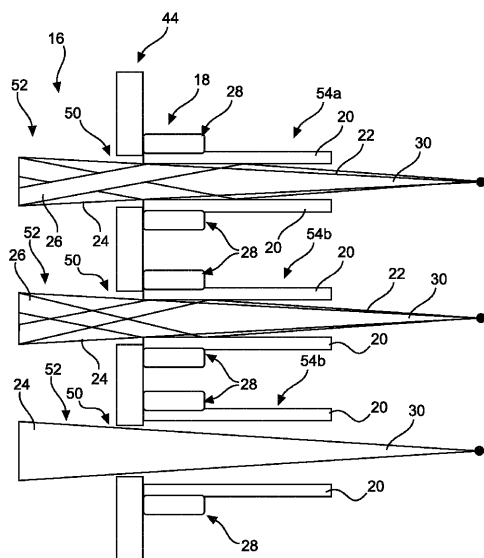


Fig. 5

【 図 6 】

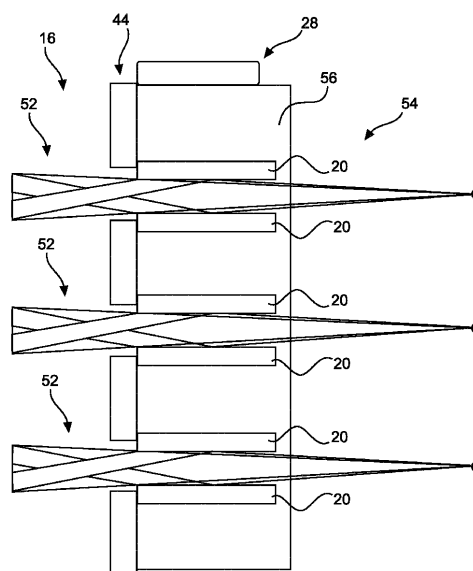


Fig. 6

【図 7】

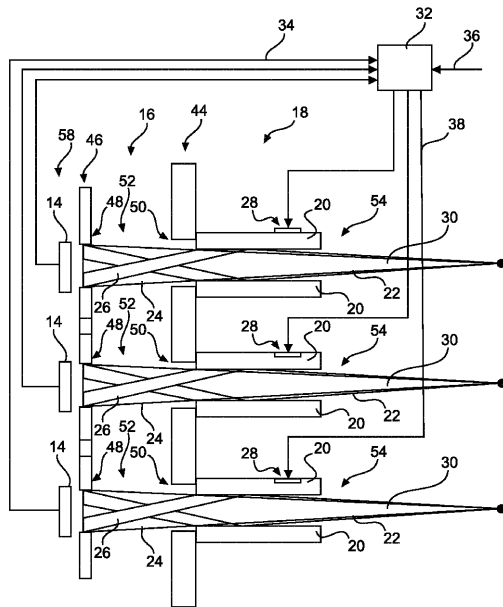


Fig. 7

【図 8】

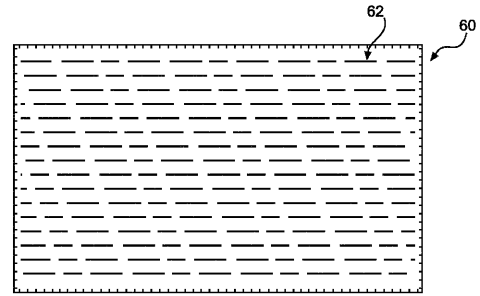


Fig. 8

【図 9】

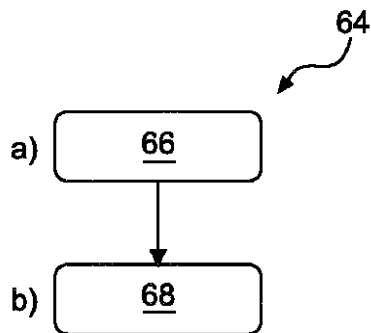


Fig. 9

【図 10】

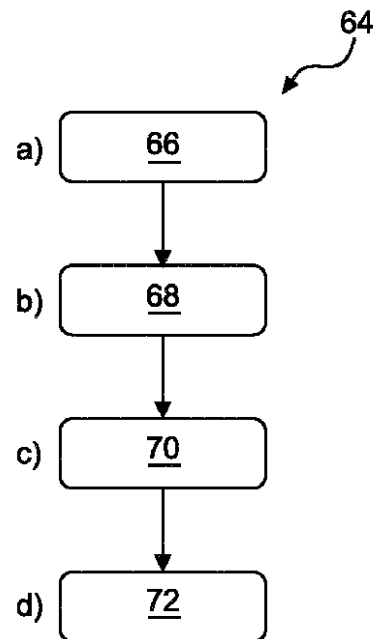


Fig. 10

フロントページの続き

(72)発明者 レッスル エワルド

オランダ国 5 6 5 6 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 ヨウング スチュワート

オランダ国 5 6 5 6 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 遠藤 直恵

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 1 2 5 6 1 (J P , A)

特表 2 0 0 6 - 5 2 8 8 9 1 (J P , A)

特開昭 5 6 - 0 2 7 9 3 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 6 / 0 0 - 6 / 1 4

G 2 1 K 1 / 0 6

G 0 1 N 2 3 / 0 4

G 0 3 F 7 / 2 0