

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-519031

(P2011-519031A)

(43) 公表日 平成23年6月30日(2011.6.30)

(51) Int.Cl.

GO1N 23/06

(2006.01)

F 1

GO1N 23/06

テーマコード(参考)

2 G001

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2011-505594 (P2011-505594)
(86) (22) 出願日	平成21年3月24日 (2009.3.24)
(85) 翻訳文提出日	平成22年12月3日 (2010.12.3)
(86) 國際出願番号	PCT/GB2009/050270
(87) 國際公開番号	W02009/130491
(87) 國際公開日	平成21年10月29日 (2009.10.29)
(31) 優先権主張番号	0807473.4
(32) 優先日	平成20年4月24日 (2008.4.24)
(33) 優先権主張國	英國(GB)

(71) 出願人	507282783 クロメック リミテッド グレートブリテン及び北アイルランド連合 王国, カウンティ ダーハム, セッジ フィールド, トーマス ライト ウェイ , ネットパーク インキュベータ Net Park Incubator, Thomas Wright Way, Sedgefield, County Durham TS21 3FD (GB )
(74) 代理人	100106002 弁理士 正林 真之
(74) 代理人	100120891 弁理士 林 一好

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】物質を検査するための方法および装置

## (57) 【要約】

放射線透過データおよび特に物体の画像を、構成要素の物質の相対的な比率についての一部のデータが導き出され得る方法にて取得するための方法および装置を記載する。放射線源のスペクトル内の複数の周波数全体に亘って透過強度を分解することができる放射線源および放射線検出器システムが、各々このこのような周波数についての透過強度データを生成するために用いられる。少数の予期される構成要素の物質のために、その構成要素の物質に関して、指数減衰法、すなわち  $I / I_0 = e^{-\mu d}$  によって与えられる関係に適合させ、かつ、構成要素の物質から、強度データアイテムを生成する透過経路内の各々の要素の物質の相対的な比率の指標を導き出すために、測定されたデータが、個々で、または集合的に、質量減衰データを保存する質量減衰データライブラリと数値的に比較される。画像は分解された透過強度データから生成されてもよい。

【選択図】図1

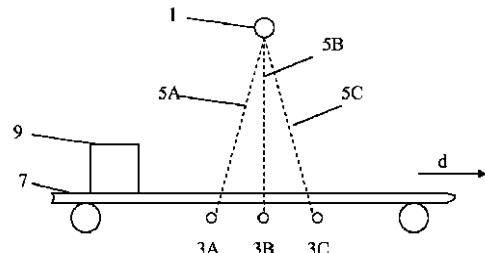


Figure 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体から放射線透過データを取得する方法であって、

放射線源および放射線検出器システムを提供する工程であって、前記放射線検出器システムは前記放射線源から間隔を置いて配置され、それらの間に於けるスキャニング領域を規定し、前記検出器システムは、入射放射線についての分光学的に分解可能な情報を検出および収集することができる、工程と、

前記検出器システムに入射する放射線についての強度情報の1つ以上のデータセット、および前記スキャニング領域における物体の少なくとも1つのスキャニング位置における透過率を、前記物体から透過され前記検出器システムにおいて受信される放射線から、収集する工程と、

各々の前記強度データセットを、前記放射線源のスペクトル内の複数の周波数または周波数帯域に亘って、各々の周波数／周波数帯域に対する強度データアイテムを生成するために、分解する工程と、

前記スキャニング領域における前記物体の複数の予期される構成要素の物質のために、各々の強度データアイテムを、前記構成要素の物質に関して、指數関数的な減衰則、すなわち

$$I / I_0 = e \times p [ - (\mu / ) t ]$$

によって与えられる関係に適合させ、かつ、前記構成要素の物質から、前記強度データアイテムを生成する透過経路内の各々の要素の物質の相対的な比率の指標を導き出すために、前記強度データアイテムを数値的に、質量減衰データを保存する質量減衰データライブラリと比較する工程と、

を含む方法。

## 【請求項 2】

前記強度データアイテムを比較する工程は、

強度データアイテムについて、その周波数にて、質量減衰係数全体を導き出す工程と、前記周波数において、前記各々の要素の物質についての質量減衰係数を読み出す工程と、

前記強度データアイテムを生成するために必要な各々の要素の相対的な比率に対して、单一の一意の解答が導き出され得ることを、十分な周波数にて繰り返す工程と、

を含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記強度データアイテムを数値的に比較する工程は、各々の要素の計算された前記相対的な比率および既知の物体の厚さから、透過経路方向における各々の要素の相対的な累積奥行きを導き出す工程を含む、請求項1または請求項2に記載の方法。

## 【請求項 4】

前記検出器において収集された入射放射線についての情報の前記データセットは、前記スキャニング領域内の物体の画像を生成するために用いられる、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記検出器において収集された入射放射線についての情報の前記データセットは、x、y平面における物体の2次元画像、および透過経路に対応するz方向における各々の要素の物質の相対的な比率に関する比較情報を生成するために用いられる、請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記強度データアイテムを数値的に比較する工程は、各々の要素の計算された前記相対的な比率および既知の物体の厚さから、z方向における各々の要素の前記相対的な累積奥行きを導き出す工程を含む、方法であって、前記方法はさらに、前記z方向における画像表示においてこの情報を表示する工程をさらに含む、請求項5に記載の方法。

## 【請求項 7】

10

20

30

40

50

各々の要素の物質の一定の相対的な厚さを導き出す工程と、試験下のクラスの物体のために、各々の要素の物質について予期される近似の比率および構造の保存された代表的なモデルを照会する工程と、計算された前記相対的な比率を、前記 z 方向における画像表示を生成することにおいて前記モデルに適合させる工程と、を含む、請求項 6 に記載の方法。

#### 【請求項 8】

物体を前記スキャニング領域に対して移動させかつ前記スキャニング領域を通過させるさらなる工程であって、その工程により、複数の連続したデータセットを収集する、工程を含む、請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項 9】

前記複数の連続したデータセットは、物体が前記スキャニング領域に対して移動しかつ前記スキャニング領域を通過するとき、対応する複数の連続した画像を生成するために用いられる、請求項 8 に記載の方法。

#### 【請求項 10】

生成された画像または複数の画像を表示するさらなる工程を含む、請求項 4 から請求項 9 のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項 11】

一連の画像が生成され、その各々の画像が、一連のエネルギー分化画像を生成するため割り当てられた前記放射線源のスペクトル内の複数の周波数帯域の全体に亘って分光学的に分解される、請求項 10 に記載の方法。

#### 【請求項 12】

物体から放射線透過データをスキャンし、取得するための装置であって、放射線源および放射線検出器システムであって、前記放射線検出器システムは前記放射線源から間隔を置いて配置され、それらの間にあるスキャニング領域を規定し、使用の際に、前記検出器システムに入射する放射線についての情報のデータセット、および前記スキャニング領域における物体の少なくとも 1 つのスキャニング位置における透過率を収集する、放射線源および放射線検出器システムと、

各々のそのようなデータセットまたは画像を、前記放射線源のスペクトル内の複数の周波数に亘って、各々の周波数に対する強度データアイテムを生成するために、分光学的に処理および分解するデータ処理装置と、

試験下の物体の複数の予期される構成要素の物質のために、質量減衰データを保存する質量減衰データライブラリと、

各々の強度データアイテムを、前記構成要素の物質に関して、指數関数的な減衰則、すなわち

$$\frac{l}{l_0} = e^{-\mu t}$$

によって与えられる関係に適合させ、かつ前記構成要素の物質から、前記強度データアイテムを生成する透過経路内の各々の構成要素の物質の相対的な比率の指標を導き出す比較器と、

を備える、装置。

#### 【請求項 13】

前記比較器は、

強度データアイテムについて、その周波数にて、質量減衰係数全体を導き出し、前記周波数において、前記各々の構成要素の物質についての質量減衰係数を読み出し、各々の構成要素の物質の前記相対的な比率を、前記強度データアイテムに適合するよう、单一の一意の解答が導き出され得ることを、十分な周波数にて繰り返すように適合された計算手段を備える、請求項 12 に記載の装置。

#### 【請求項 14】

前記比較器は、各々の要素の計算された前記相対的な比率および既知の物体の厚さから、透過経路方向における各々の要素の相対的な累積奥行きを導き出すように適合された、請求項 12 または請求項 13 に記載の装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 15】**

使用の際、物体を前記スキャニング領域に対して移動させかつ前記スキャニング領域を通過させる物体ハンドラをさらに備える、請求項12から請求項14のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 16】**

前記スキャニング領域において、使用の際、物体の少なくとも1つの画像のためのデータを収集し、かつ前記検出器システムの出力から少なくとも1つの画像を生成するために、前記検出器と共に作動可能なように適合された画像生成装置をさらに備える、請求項12から請求項15のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 17】**

少なくとも1つの画像を表示するように適合された画像表示手段をさらに備える、請求項16に記載の装置。

**【請求項 18】**

x、y平面における物体の2次元画像を生成するために透過強度データを用い、かつz方向における画像表示を生成するために透過経路に対応する前記z方向における各々の構成要素の物質の前記相対的な比率に関する比較情報を用いるように適合された、請求項16または請求項17に記載の装置。

**【請求項 19】**

検出器が、分光学的な分解を生成するように適合され、前記検出器は、X線スペクトルの異なる部分に対する直接可変の電気的反応を、直接の物質特性として本質的に示すように選択された物質から製造される、請求項12から請求項18のいずれか一項に記載の装置。

10

**【請求項 20】**

前記検出器は、テルル化カドミウム、テルル化カドミウム亜鉛(CZT)、テルル化カドミウムマンガン(CMT)、ゲルマニウム、臭化ランタン、臭化トリウムから選択される半導体物質を含む、請求項19に記載の装置。

20

**【請求項 21】**

前記検出器は、半導体物質、またはII-VI族の半導体物質を含むバルク結晶として形成される物質を含む、請求項19に記載の装置。

30

**【請求項 22】**

前記検出器は、テルル化カドミウム、テルル化カドミウム亜鉛(CZT)、テルル化カドミウムマンガン(CMT)から選択される半導体物質を含む、請求項21に記載の装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、物質の検査のための方法および装置に関する。本発明は、より詳細には、物質の画像生成によって、またはそれに連動して作動する方法および装置に関するが、そのような画像生成に限定されるものではない。本発明は、特に、物体をスキャンするためのX線またはガンマ線等の高エネルギー放射線を活用する装置および方法に関する。本発明は、可能性が高いと見込まれた構成物質であることが大よそ既知であるが、それらの見込まれた構成物質の正確な比率が検査中の所定のサンプルでは未知であるような状況において、複合物体における2つ以上の複合物質の相対的比率または相対的な大きさ(extent)の決定に特に適している。

40

**【背景技術】****【0002】**

特に透過放射線写真的形で画像情報を生成するX線またはガンマ線のような高エネルギー放射線を用いた物体のスキャニングの原理は、例えばセキュリティ業界などで広く採用されているが、本発明は、例えば、限定を付さず、医療用画像、品質管理目的の画像、または構造の完全性を確認する目的等、他の分野にも採用され得る。

50

## 【0003】

セキュリティ分野でのスキャニングは、とりわけ航空の荷物における望ましくない物質または物体、特に爆発物または武器の識別を目的に行われる。空港のセキュリティは、特に、何れの飛行機にも爆発物質が搭載されないことを保証しなければならない。この目的を達成するために種々の手法が採用されている。しかしながら、最も重要なことの一つは、爆発物の自動検出機能を有するX線機器を用いた、預かり荷物の透過検査（transmission screening）である。X線システム等の放射線ベースのシステムはまた、医療用放射線撮影ならびに一部の品質およびプロセス制御アプリケーションに広く応用されている。

## 【0004】

10

透過した放射線に基づく分析は、透過放射線撮影または他の方法のいずれに対しても、同様的一般原則に依存する。物体がより厚く、またはその密度がより高いほど、入射ビームを減衰する傾向にある。適切な検出器および適切な放射源を使用することで、透過強度データは、例えば放射線写真の形態で、検査されている物品の情報を、物体または物体のセットの吸収に基づいて情報を導き出すために利用可能であり、かつ生成可能である。X線の吸収はまた、3次元空間で互いに関連した内容またはその構成要素の一部の形式の表示画像を生成するために、物体を検査するための基礎としてかねてから用いられてきた。

## 【0005】

20

このアプローチは、物質の内容について、限られた情報しか与えない傾向があるという点で制限され得る。最も簡易なものであれば、計測できるものは透過率のみとなる。検出器は単に強度の情報を収集するだけである。

## 【0006】

しかしながら、任意の物質の吸収特性がエネルギーによって変化すること、およびそれによって吸収特性が変化する量が特に原子番号に依存することは公知である。この結果、X線源のフルスペクトルから、低エネルギー帯域と高エネルギー帯域とを、少なくともある程度まで別個に識別できる2重帯域または2重エネルギー検出器の開発が導かれている。特許文献1は、コンピュータを用いたトポグラフィに関連した2重エネルギー検出器のシステムを医療分野の画像化の応用において使用することの一般参考を示す。

## 【0007】

30

2重エネルギーのシステムは、合成物について限られた情報のみしか参照しない。透過X線についての分光学的情報をより効果的に分解できる近年の検出器の開発は、より広い範囲の帯域に亘って識別し、かつこれらの帯域に渡って多数の画像を生成してマルチスペクトルの画像を生成する装置の開発を導いている。例えば、特許文献2は、テルル化カドミウム検出器を使用して、少なくとも3つのエネルギー帯に亘って画像化して少なくとも3つの画像を生成するシステムを開示している。

## 【0008】

40

実際の物体により生じる特定の問題は、実際の物体が均質であることは殆どなく、複数の構成要素からしばしば構成され、その要素の各々がそれ自体の特徴的な吸収特性を有するということが予期され得ることである。例えば、放射線ビームの方向と略直交するx、y平面において、1つ以上の次元におけるデータの構築といった従来の透過放射線写真は、それが透過強度のみについての情報を送るだけであるので、そのような放射線写真において、放射線経路における累積的な吸収効果を示すことができるのみであるという点で、限られたものである。このような構成物質を区別し、例えば、このような構成物質の相対的な厚さ等の相対的な寄与の指標を得るために、例えば複数の方向において物体を通過する複数の放射線経路を生成するようにさらに複雑なスキャニング形状を用いることが従来から必要であった。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0009】

## 【特許文献1】米国特許第4247774号明細書

50

【特許文献 2】米国特許第 5 9 4 3 3 8 8 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、従来技術のスキャンシステムおよび方法についての上述の不利益の 1 つ以上を軽減する、物体をスキャンするための方法および装置を提供することに関する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

特に、本発明は、物体、特に複数の構成要素の物質を含む物体をスキャンするための方法および装置を提供することに関し、ここで、可能性が高いと見込まれる構成要素の物質の識別は、一般的には知られているが、それらの見込まれた構成要素の物質の正確な比率が検査下の特定のサンプル中で未知であり、各々の構成要素の、特に、透過ビーム方向における相対的な比率および / または程度についての情報が決定できる。

【0012】

それゆえ、本発明の 1 つの態様によれば、物体から放射線透過データ、および好ましくは画像を取得する方法であって、

放射線源および放射線検出器システムを提供する工程であって、放射線検出器システムは放射線源から間隔を置いて配置され、それらの間にあるスキャニング領域を規定し、検出器システムは、入射放射線についての分光学的に分解可能な情報を検出および収集する、工程と、

検出システムに入射する放射線についての強度情報の 1 つ以上のデータセット、およびスキャニング領域における物体の少なくとも 1 つのスキャニング位置における透過率を、物体から透過され検出システムにおいて受信される放射線から、収集する工程と、

各々の強度データセットを、放射線源のスペクトル内の複数の周波数または周波数帯域に亘って、各々の周波数 / 周波数帯域に対する強度データアイテムを生成するために、分解する工程と、

スキャニング領域における物体の複数の予期される構成要素の物質のために、各々の強度データアイテムを、構成要素の物質に関して、指数関数的な減衰則、すなわち

$$I / I_0 = e \times p [ - (\mu / ) t ]$$

によって与えられる関係に適合させ、かつ、構成要素の物質から、強度データアイテムを生成する透過経路内の各々の要素の物質の相対的な比率の指標を導き出すために、強度データアイテムを数値的に、質量減衰データを保存する質量減衰データライアリと比較する工程と、を含む方法が提供される。

【0013】

好ましくは、強度データアイテムを比較する工程は、各々の強度データアイテムについて、その特定の周波数にて、質量減衰係数全体を導き出し、このような計算された質量減衰係数のデータセットをライアリからのデータに適合させることを含み、例えば以下：強度データアイテムについて、その特定の周波数にて、質量減衰係数全体を導き出す工程と；

前記周波数において、各々の要素の物質についての質量減衰係数を読み出す工程と；前記強度データアイテムを生成するために必要な各々の要素の相対的な比率に対して、单一の一意の解答が導き出され得ることを、十分な数の周波数にて、複数のデータアイテムに対して、繰り返す工程と、  
を実行することを含む。

【0014】

測定されたデータはこのようにして、相対的な比率の解答が導き出されるのに十分に異なる周波数となるまで、かつそれら全体に亘って、数値的に、例えば、繰り返して、保存されたライアリデータに適合される。

【0015】

しかしながら、複数の予期される構成要素の物質について、個々にまたは集合的に、質

10

20

30

40

50

量減衰データを保存および処理するための他の代替的な数値的方法が容易に示唆される。例えば、データベースは、個々の構成要素の物質の異なる比率からなるサンプルの範囲の質量減衰係数全体についての情報を含んでもよい。次いで、試験下のサンプルとデータベースとの間の最良のマッチングを探し、それにより相対的な比率の解答を導き出すことができる。

#### 【0016】

物体の厚さが既知であるか、または数値分析を実行する前に測定可能である場合、強度データアイテムを数値的に比較する工程は、各々の構成要素の計算された相対的な比率および既知の物体厚さから、透過経路方向における各々の構成要素の相対的な累積奥行き(cumulative depth)を導き出す工程を含んでもよい。放射線源は、好ましくは、イオン化放射線等、例えばX線および/またはガンマ線、あるいは亜原子粒子放射線等の高エネルギー電磁放射線等の高エネルギー放射線を送る放射線源を含み、従って検出システムはこのスペクトル内の放射線を検出するように適合される。放射線源は、例えば、広範囲のX線またはガンマ線のエネルギーに亘って広帯域スペクトルの放射を生成することができる広帯域X線源またはガンマ線源である。このような放射源はよく知られており広く利用されている。検出器システムは透過放射線について分光学的な情報を生成するように適合される。つまり、検出器は、分光学的な情報が回収できる少なくとも一部、好ましくは放射線源のスペクトルの要部に亘って分光学的に可変の反応を示す。

#### 【0017】

物質を介したこのような放射線の透過は、以下のような指數関数的な減衰則によって与えられ得る。

$$I / I_0 = e^{-\mu / \rho t}$$

ここで  $\mu / \rho$  は質量減衰係数であり、物質の重み付けられた元素の組成に特有な物質定数。

$I$  は最終強度。

$I_0$  は初期強度。

$\rho$  は物質の密度。

$t$  は物質の厚さ。

#### 【0018】

各々のスキャニングイベントに対して、複数の分解された強度データアイテム測定が数値的に得られて、このような強度パターンを生成するのに必要な質量減衰係数に相關可能である代表的な情報を提供する。以下でさらに詳細に記載するように、特定のスキャニングイベントに関連付けられる変数の多くは、放射線源からの入射放射線の周波数/エネルギーに対して一定である。しかしながら、質量減衰係数は特徴的な状態でエネルギーと共に可変である。従って、特定のスキャニングイベントに対して、試験下の物質を介する透過経路に適用可能な特定の質量減衰係数に関連する影響は、各々の強度データアイテムについて(すなわち、各々の周波数帯域において)引き出すことができる。

#### 【0019】

次いで、スキャンされるもののより代表的な指標を与えるために、異なる構成要素の物質についての質量減衰係数を代表するデータの適切なデータベースライブラリに対して比較がなされる。

#### 【0020】

本発明の方法論に対する鍵は、多くの場合において、試験下の物体の一般的な識別およびその最も可能性のある構成要素の物質という意味でのその一般的な合成物が両方とも既知であるという事実にある。知られていないものは、これらの主な構成要素の物質の正確な比率である。

#### 【0021】

本発明によれば、試験下の特定の標的物体について、相対的に少数の主な構成要素の物質が少なくとも大まかに識別され、これらは共に、実際には物体全体を実質的に構成するものとして予期でき、多くの少量の構成要素を残しておき、かつ透過試験の間、物体の透

過反応全体に本質的に寄与することを集合的に予期することができる。質量減衰係数データライブラリは、これらの構成要素の物質の各々を代表する質量減衰係数を保存する。

#### 【0022】

本明細書において用いられる用語「構成要素の物質」とは、単一の識別可能な化学種、あるいは、集合的に識別される複数の個々の物質成分で構成される複合物質のことであってもよいが、ただしこのような複合物質は、本発明の方法において、データライブラリにおける保存のために、総じて複合物質に特徴的である一般的な質量減衰係数データの展開によって別個に識別可能である。例えば、有機液体の場合、例えばミルクなどの液体について、概略で乳脂肪、乳タンパク質、乳糖、または乳固形分の全般的な質量減衰挙動の保存されたライブラリデータを用いて、脂肪含量全体、タンパク質含量全体、糖含量全体等についてのデータを決定することが所望されてよい。例えば、既知または可能性が高いと見込まれた構成要素の物質の1つが複合の固体であり、その複合物中の2つの構成要素の物質の相対的な比率が一般的であるような物体の場合、その用途が必要とする場合には、その複合物および/または構成要素の特徴的な質量減衰係数を導き出すことが原則として可能であるべきである。

10

#### 【0023】

本発明に対する鍵は、上述にて説明された減衰式におけるパラメータの要部が、物質を区別するのに必要な程度に、質量減衰係数のデータライブラリから既知であるか、または測定から知られ、あるいは、特定の放射源に対して一定であり、それゆえ、特定のスキャニングイベントに対して異なる周波数にて各強度データアイテム間で一定であることである。特に、物体の厚さは、複数の周波数にて計算を実行することによって除外されることができる定数であり、特に好ましい実施形態においては、例えば、スキャンを実行する前に物体を測定することによって知られる。

20

#### 【0024】

このように、特定の関係において、スペクトル的に分解された全体の $l_0$ はその放射源について既知であり、サンプル全体の厚さ $t$ は既知であるか、または定数として正規化でき、 $\mu / l_0$ の値は、各々の可能性のある構成要素の物質毎に保存され、スペクトル的に分解された全体の $l_1$ は、複数の周波数または複数の周波数帯域において導き出される。

#### 【0025】

このようにしてスキャンが実行可能であり、ここで唯一問題となる変数は質量減衰係数全体である。これは、 $l_1$ および $l_0$ から決定できる。単一の周波数において、決定可能なものの全ては、サンプルについてのこの質量減衰係数全体である。しかしながら、本発明は、少数の識別された可能性のある構成要素の物質のみが存在することが想定でき、その各々が、放射線周波数と共に質量減衰係数のそれ自体の特徴的な機能的な差異を示すような状況に適用可能である。各々の構成要素の物質の寄与は、合成物全体におけるその容積比率に対して数値分析によって直接に関連付け可能である減衰全体に対しての有効な寄与によって与えられることができる。未知のものは各寄与の相対的な比率として生成され得、かくして各構成要素の物質の相対的な比率となる。十分に異なる周波数帯域において測定をし、計算手段において適切な繰り返しの比較処理を実行することによって、この未知のものは除去でき、複数の測定された強度データアイテムは、観察された関係を生成することができる単一の構成要素の物質比に適合されることができる。

30

#### 【0026】

データは、このような一意の構成要素の物質比を導き出すために、十分な複数の周波数または周波数帯域に亘って分光学的に分解される。2つの潜在的な構成要素の物質のみが存在する場合、2つの帯域へのスペクトル分解のみが、理論的に十分であってもよいが、さらに完全なスペクトル分解が常に好まれることが多い。さらに多くの構成要素の物質が存在する場合、一意の比率が複数のデータアイテムに相関付けられる前に、そのスペクトルをさらに完全に分解する必要がある。しかしながら、本発明によれば、相対的に少数の可能性のある構成要素の物質が試験下の標的のサンプルについて識別できるという前提で、それに応じて相対的に少数の強度データアイテムが、これらの構成要素の物質間の比率

40

50

についての有用な情報を導き出すために利用可能である。

【0027】

好都合なことに、物体の厚さは既知であるか、または測定可能である。この場合、シンプルな計算によって、各構成要素に対して、透過経路内の厚さデータ全体の比率データからの誘導が可能になる。すなわち、好都合にも、強度データアイテムを数値的に比較する工程は、各構成要素の計算された相対的な比率および既知の物体の厚さから、透過経路方向における各構成要素の相対的な累積奥行きを導き出す工程を含む。

【0028】

もちろん、そのような計算は、放射線透過方向における奥行き情報についての概略的なレンダリングのみを導き出すことができることは理解される。それ自体としては、任意の特定の構成要素の構造の特定の形状についての任意の情報を与えない。しかしながら、透過された信号全体が、透過経路内の相対的に少数の既知の構成要素の物質の相対的な比率を示す単一の一意の解答に分析的かつ反復的に適合可能であるという前提において、透過方向におけるこの限られた情報を与えることによって、3次元における少なくとも一部の情報を得られ、これは、従来技術において、多数の放射線経路等を利用して、いっそう多くの複雑な形状配置構成によってのみ得られることがあるものである。

10

【0029】

検出器システムは、複数の別個のエネルギーおよび／またはエネルギー帯域において、透過された放射線についての分光学的情報を生成するように適合される。好ましくは、検出器は、詳細な分光学的情報を取り出すことができる放射線源のスペクトルの少なくとも要部全体に亘って分光学的に可変の反応を示す。

20

【0030】

分解された帯域幅は、本発明に直接に関するものではないが、スペクトルを、全体かまたは部分的に別個の帯域へと分割する任意の適切なアプローチによって有用な結果が取得可能である。例えば、スペクトル全体またはスペクトルの要部は、このような複数の帯域幅の間でシンプルに分割されてよく、各データアイテムは、帯域全体に亘る強度を代表する値、および、例えば平均強度とみなされてよい。あるいは、複数の相対的に広い帯域であるが、それらの間に別個のずれ（ギャップ）があることは同じ理由から予想および分析されてもよい。あるいは、「帯域」は、それらが実質的に単一のエネルギーにおける強度の評価に近いポイントまで狭くてもよい。本明細書において用いられるように、エネルギー「帯域」における強度の概念は、そのような別個の単一のエネルギーにおける強度の評価、および狭いまたは広い帯域幅全体に亘るエネルギーにおける強度の評価を含む。しながら、画像化の帯域は相対的に広く、特徴的な帯域が相対的に狭いことが一般的に好ましい。

30

【0031】

同様に、放射源は単一の広帯域のスペクトル放射源であってもよく、その全体に亘って、複数の帯域幅または単一のエネルギーが識別されてもよい。代替的に、または追加的に、狭い帯域幅を有し、または1つ以上の別個のエネルギーにおいて入射放射線を生成する放射源が提供されてもよく、本発明の方法に従って、比較のために、エネルギーの一部を提供する。この場合、放射源は、複数のエネルギー／エネルギー帯域全体に亘って検出器によって分解することができるよう、必要なスペクトル拡散全体を提供するために異なるエネルギーにおける放射源の組み合わせを含む複数の放射源である。

40

【0032】

例えば、複数の放射源は、例えば60keV未満、例えば10～50keVで動作する相対的に低いエネルギースペクトルを有するX線源、ならびに、例えば100keV以上などのより高いエネルギーにおける放射線を生成する放射性同位体の放射線源などの1つ以上の他の放射線源を含んでもよい。

【0033】

指數的減衰の式を想定する場合、質量減衰係数は、列挙される項の1つであると見なし得る。質量減衰係数自体は、しかしながら、検出されたX線のエネルギーに依存する。式

50

中の他の項はX線エネルギーに依存しない。従って、複数のエネルギーにおける透過を測定する場合、透過における差異を質量減衰係数に機能的に関連付けることが可能である。

#### 【0034】

この項は存在する各物質に特徴的であるので、それゆえ、原則的には、特定の十分なデータアイテムは、各々の差異を透過強度全体のデータセットに（および、各々のエネルギーにおいて、すなわち、各強度データアイテムに対して、計算された質量減衰係数全体のデータセットに）適合させることによって、特定の標的の液体中の各々の含有物の相対的な寄与を導き出すことが可能であり、測定された透過強度データセットおよび計算された質量減衰係数全体のデータセットを一意に適合する含有物の比率を導き出すことができる。

10

#### 【0035】

最も基本的には、本発明により、特定の用途において登場する可能性の高い物体の物質および／または構成要素の範囲について、同等の適切なデータライブラリ、そうでなければ比較可能なデータを参照することで、相対的な物質含有量の指標を提供する数値分析に基づいて、収集されかつ分解された透過データから、物質の識別が可能となる。データライブラリは、本発明に従った分解されたエネルギー帯域全体に亘って収集されたデータに、数値的な分析的方法において、関連付けられることができる任意の適切な形態での情報を含んでよい。データライブラリは、標準のプリセットによる基準物質および／またはユーザ入力による基準物質を含んでもよく、ならびに／または、基準データは、上述の方法に従って既知の物質から生成されてもよい。すなわち、データのライブラリは、システムによって構成されてもよく、このシステムは、実際には、時間の経過と共に物質の特性を「学習」することができる。データライブラリは、電気的に保存されたデータ、および／または、印刷されたリソース等のハード媒体に保存されたデータを含んでもよく、ローカルおよび／またはリモートで、手動および／または自動で、保持およびアクセスされてもよいが、本発明の方法の動作にはいずれも直接に関連しない。

20

#### 【0036】

このように、最もシンプルな形では、第1の態様における本発明は、単に、エネルギーに関する透過データから、質量減衰係数の指標、そしてそれゆえ透過経路における物質の指標を抽出する方法を含んでよい。それは画像を生成する必要はない。特定の透過ビーム形状は要求されない。シンプルな単一の検出器に入射するシンプルで効果的な1次元のビーム形状で十分であり得る。

30

#### 【0037】

しかしながら、特定の目的のために、本発明が、X線画像化システムによって提供される情報の一部を形成するか、またはその情報を補うことが好ましい場合もある。本実施形態に従い、検出器によって収集された入射放射線についての情報のデータセットがスキャニング領域内の物体の画像を生成するために用いられる。

30

#### 【0038】

上述の方法によって数値的に分解された透過ビーム方向におけるデータがこのような画像を補うために用いられてもよい。

40

#### 【0039】

例えば、検出器において収集された入射放射線についての情報のデータセットは、x, y平面における物体の2次元画像、および、透過経路に対応するz方向における各構成要素の物質の相対的な比率に関する比較情報の両方を生成するために用いられてもよい。

#### 【0040】

より好ましくは、強度データアイテムを数値的に比較する工程は、各構成要素の計算された相対的な比率および既知（例えば事前にまたは同時に測定される）の物体の厚さ（例えば経路の距離）から、z方向における各構成要素の相対的な累積奥行きを数値的に導き出す工程を含み、さらに本方法は、z方向における、この数値的に分析された補足的な累積奥行きの情報を提示して、例えばこのデータに対する一定の体積レンダリングを与える工程、および／またはz方向における画像表示において、この情報を提示する工程を含む

50

。

#### 【0041】

このように、本方法に従い、それ自体で固有に、 $x$ ,  $y$  平面における透過放射線のみを生成するシンプルなビーム形状もまた、3 次元における一部の情報を生成するために用いられてもよい。これは複雑なビーム形状および複数の放射線経路を用いることなくなされることができるが、このことは、一部の情報が、透過された X 線のスペクトル分解を利用し、かつ限られた数の潜在的な構成要素の物質を含む場合に物体についての知識を利用することによってこの方向においてレンダリングできるという認識に基づいている。

#### 【0042】

3 次元における任意の「画像」表示は必然的に擬似的な画像でしかないことは理解される必要がある。本発明の方法は、それ自体としては、2 次元の放射線写真から 3 次元でのフル画像化能力を与えるものではない。原則として、既知の厚さ全体および既知の相対的比率から導き出すことができる全ては、各構成要素についての放射線経路内の厚さ全体のレンダリングである。それから生成される 3 次元の任意の画像は必然的にモデル化された画像のみである。

#### 【0043】

しかしながら、特に、物体に存在する可能性のある構造および可能性のある構成要素の物質が適度に既知であり予測可能である場合には、3 次元における有用な代表的な画像が生成されるであろう。例えば、画像表示は、本方法の好ましい実施形態において、本方法に従い、各々の要素の物質の一定の相対的な厚さを導き出す工程と、試験下のクラスの物体のために、各々の要素の物質について予期される近似の比率および構造の保存された代表的なモデルを照会する工程と、計算された相対的な比率を、 $z$  方向における画像表示を生成することにおいてモデルに適合させる工程と、によって生成されてよい。

#### 【0044】

このような画像表示は、3 次元における有用な情報をさらに生成してもよい。例えば、一部の画像診断の用途において、画像化される一般的な構造は既知である。これらの状況においては、前述に従って生成された代表的な画像は完全な CT スキャンまたは他の 3D 画像化方法の必須の正確さを有しないが、それでも 3 次元の解釈に役に立つ仕方で情報を提示してもよい。

#### 【0045】

必要に応じて、複数のデータセットを収集するために物体がスキャニング領域に対して移動され通過すると、そのスキャニング領域内の物体の透過率についての情報が収集され、これらの複数のデータセットはスキャニング領域を物体が通過すると、一連の画像を生成するために都合良く用いられる。

#### 【0046】

明確さのために、本明細書において用いられるように、画像の生成に対する参照とは、情報のデータセットの生成に対する参照のことであり、それは例えば、適切に保存された形態、および操作可能なデータファイルの形態であり、それらから、検査下の物体の潜在的な構造が生成され得、そしてこの画像を表示することへの参照は、例えば適切な表示手段により、視覚的にアクセス可能な形態におけるそのようなデータセットから生成される画像を提示することへの参照である。

#### 【0047】

本発明の方法は、好都合にも、さらに、このように生成された画像または複数の画像を表示する追加的な工程を提供し、複数の画像の場合には、このような画像を同時にまたは連続して表示する工程を含んでもよい。

#### 【0048】

本発明の実施に対する本質的な要件は、検出器システムが、透過された放射線について分光学的な情報を生成することができることである。すなわち、検出器は、分光学的な情報を引き出すことができる放射源の放射線スペクトルの少なくとも要部全体に亘って分光学的に可変の反応を表示する。上述の数値分析は、透過経路における比率的な物質含量の

10

20

30

40

50

代表的な情報を得るために実行される。

【0049】

好ましい実施形態においては、画像が生成されて、分光学的な情報の適切な分解がさらなる利点を付与する。それは、ある程度物質の異なる反応を反映することができるいくつかの画像を生成するために一連の帯域全体に亘って画像化することによって潜在性を提供し、従って、各々の画像化の帯域全体に亘って各画像間を区別することによって、例えば、結果として得られる組み合わされた画像においてそれらを異なるように（例えば異なる色で）表示することで、画像の異なる物体、異なる構成要素、または異なる部分の分解を補助する。

【0050】

このように、本発明の好ましい実施形態に従い、各々収集された画像は、各々がスペクトル全体の一部に亘る画像を生成するように意図された、都合よくも、複数の相対的に広い「画像化」帯域全体に亘って分光学的に分解されて、その結果、それらの画像化帯域は共に、エネルギー的に異なる合成物の画像の生成またはそれに類似する方法において一連の画像を生成することを可能にする。画像化の周波数帯域の数は、都合良くも、2～10個、例えば、4～8個である。

【0051】

分光学的検出器は、次いで、エネルギー選択的な方法で作動可能であり、従来の標準的なエネルギー二重検出器から利用可能である2つのものと比較して、著しく増加した数の「画像化」エネルギー帯域へと分解された画像を提示することができる。この情報は、異なる合成物の物質の分解性を改善するために用いることができる。

【0052】

これは、各々相対的に広い帯域での透過放射線の分光学的な分解が生成された画像において表わされるという点において、この好ましい実施形態に従って達成される。例えば、収集されたデータにおける分光学的な差異は、異なる色、異なる濃淡、または異なる模様として画像に表示される。縞模様のマッピングは、放射線スペクトルが複数の帯域、例えば、4～8の帯域に分割される場合に用いられ、異なる色が表示された画像における各々のそのような帯域を表すために用いられる。この装置は、都合良くも、このマッピングを実施するために適切な画像処理手段を含む。

【0053】

このようにして生成された画像または複合画像、あるいは一連の複数の画像は、好ましくは、画像表示スクリーンなどの適切な表示手段に表示される。

【0054】

上述との類似で、本発明のさらなる態様に従い、物体から、好ましくは画像から、放射線透過データをスキャンし、取得する装置であって：

放射線源および放射線検出器システムであって、上記放射線検出器システムは上記放射線源から間隔を置いて配置され、それらの間にあるスキャニング領域を規定し、使用の際、上記検出器システムに入射する放射線についての情報のデータセットを、そして少なくとも1つのスキャニング位置において、上記スキャニング領域内の物体の透過率を収集する、放射線源および放射線検出器システム；

各々のそのようなデータセットまたは画像を、上記放射線源のスペクトルの範囲内の複数の周波数に亘って、各々の周波数に対する強度データアイテムを生成するために、処理および分解するデータ処理装置；

試験下の物体の複数の予期される構成要素の物質のために、質量減衰データを保存する質量減衰データライブラリと、各々の強度データアイテムを、上記構成要素の物質に関して、指數関数的な減衰則、すなわち

$$I / I_0 = e^{-\mu / \rho} t$$

によって与えられる関係に適合され、かつ上記構成要素の物質から、上記強度データアイテムを生成する透過経路内の各々の構成要素の物質の相対的な比率の指標を導き出す比較器と

10

20

30

40

50

を備える、装置を提供する。

【0055】

好ましくは、比較器は、各々の強度データアイテムについて、質量減衰係数全体を導き出し、データライブラリにそのデータを適合させるように適合された計算手段を含み、例えば、以下の点：その各々の周波数において、強度データアイテムを導き出し、その周波数において、そのような各々の含有物についての含有物質量減衰係数を読み出し、各々の構成要素である含有物の相対的な比率をその強度データアイテムに適合させるために、單一で一意の解答が導き出される十分な周波数において繰り返すように適合される。

【0056】

しかしながら、この比較器は、個々にまたは集合的に質量減衰データを保存および処理するための他の代替的な数値的な方法に従って、各々の強度データアイテムについて、質量減衰係数全体を導き出し、かつデータライブラリに適合させるように適合された計算手段を代替的に含んでもよい。例えば、データライブラリは、異なる比率を有する個々の構成要素の物質からなるサンプルの範囲の質量減衰係数全体についての情報を含んでよく、この計算手段は、試験下のサンプルとデータライブラリとの間の最適なマッチングを引き出し、かつそれに従って相対的な比率の解答を導き出すように適合される。

【0057】

好ましくは、比較器は、各々の構成要素の計算された上記相対的な比率および既知の物体の厚さから、透過経路方向における各々の構成要素の相対的な累積奥行きを導き出すように適合される。

【0058】

好都合にも、この装置は、試験下の物体の厚さを前もって測定する手段を含み、透過経路方向を決定する。例えば、この装置は、レーザ干渉計等のレーザ距離測定手段を備える。

【0059】

本発明の装置は、データライブラリにおいて保存されたデータとスキャンから導き出されたデータとの比較を行う比較器を有し、特に、各々の強度データアイテムについて質量減衰係数を少なくとも計算し、それをライブラリデータと比較し適合させる計算手段を備える。適切なハードウェアおよびソフトウェア、ならびに、例えば、適切にプログラミングされたデータ処理装置、例えば適切にプログラミングされた汎用または特定目的用のコンピュータを組み合わせた任意の適切な形の比較器が想定可能である。

【0060】

本発明の方法における各々の数値的な工程は、適切なセットの機械可読命令またはコードによって実施可能であることは一般的に理解される。これらの機械可読の命令は、汎用目的のコンピュータ、特定目的用のコンピュータ、または他のプログラミングデータ処理装置にロードされてもよく、特定の機能を実施する手段、特に、本明細書に記載される比較器または計算手段を生成する。

【0061】

これらの機械可読の命令はまた、コンピュータまたは他のプログラム可能なデータ処理装置を特定の方法で機能させることができるコンピュータ可読媒体に保存されてもよく、その結果、コンピュータ可読媒体に保存された命令は本発明の方法の一部または全ての工程を実施するための命令手段を含む製品を製造する。コンピュータプログラム命令はまた、コンピュータまたは他のプログラム可能な装置にロードされてもよく、コンピュータによって実行されるプロセスを実行できる機械を生成し、その結果、命令は、本発明の方法の一部または全ての工程を実施するための工程を提供するコンピュータまたは他のプログラム可能な装置において実行される。工程は、特定用途向けのハードウェアおよび/またはコンピュータ命令の任意の適切な組み合わせによって実行可能であり、そのような工程を実行するための装置の手段は、特定用途向けのハードウェアおよび/またはコンピュータ命令の任意の適切な組み合わせからなることは理解される。

【0062】

10

20

30

40

50

必要に応じて、この装置は、使用の際、単一のスキャニング位置において物体を用いて透過強度データを収集するように適合され、例えば、物体を配置することができるレセプタクルなど、スキャニング位置内に物体を保持する手段を備える。追加的にまたは代替的に、この装置は物体をそのようなスキャニング位置へと、およびそのようなスキャニング位置から外へと移動させるコンベヤを備えてもよい。

#### 【0063】

必要に応じて、この装置は、使用の際、物体がスキャニング領域を通過するとき、複数のスキャニング位置において、物体を用いて透過強度データを収集し、好ましくは、使用の際、スキャニング領域において物体の画像についてのデータを収集し、ならびに、好ましくは、物体がスキャニング領域を通過するときに、一連の画像を収集するように適合され、ここでこの装置は、使用の際、物体を上記スキャニング領域に対して移動させかつ上記スキャニング領域を通過させる物体ハンドラをさらに備える。

10

#### 【0064】

必要に応じて、この装置はさらに、画像生成装置を備え、検出器システムの出力から第1の画像を少なくとも生成し、かつ必要に応じて、画像表示部は画像を表示するように適合される。

#### 【0065】

画像は、都合良く、1次元または2次元の透過放射線写真である。比較器からの数値的に分解されたデータはこの画像を補ってもよい。例えば、この装置は、入射放射線透過経路と略直交するx, y平面において物体の1次元または2次元画像を生成するために透過強度データを用い、かつ、例えばz方向における補助的な情報を生成するために、透過経路に対応するz方向における各々の構成要素の物質データの相対的な比率に関する比較のための数値的に分析された情報を用いるように適合されて、そのデータに対する一定の体積レンダリングを与え、ならびに/または、この装置は、そのような情報を用いるように適合され、z方向における画像表示を生成する。

20

#### 【0066】

この表示手段は、都合良くも、シンプルな2次元の表示スクリーンであり、例えば、従来のビデオ表示スクリーンである（この用語は、任意の直接の表示、あるいは、プラウン管、プラズマディスプレイ、液晶ディスプレイ、シリコンディスプレイ上の液晶、発光ダイオードディスプレイ等、または同等の技術を利用した投射システムを包括することが意図される）。特に有利なことは、本方法が、例えばセキュリティ産業の領域または画像診断領域において、比較可能な現行のシステムの標準的な表示スクリーンを用いての使用に対して想定でき、かつ本発明のための装置はそれに組み込むこともまた可能であることである。

30

#### 【0067】

放射線源は、特徴的な拡散のための適切なスペクトル範囲に亘るエネルギーの分散を生成する必要があり、典型的にはX線源である。タンゲステンが最も適切な標的であるが他の物質も利用可能である。

#### 【0068】

放射線源は、単一の広帯域のスペクトル源であってもよく、この放射線源全体に亘って、複数の帯域幅が識別されてもよい（この用語は、上述のように、本明細書において単一のエネルギーを含む）。代替的に、または追加的に、放射線源は、狭い帯域幅を有し、または1つ以上の別個のエネルギーにおいて入射放射線を生成する放射源が提供されてもよく、本発明の方法に従って、比較のために、エネルギーの一部を提供する。この場合、放射源は、複数のエネルギー/エネルギー帯域全体に亘って検出器によって分解することができるよう、必要なスペクトル拡散全体を提供するために異なるエネルギーにおける放射源の組み合わせを含む複数の放射源である。

40

#### 【0069】

例えば、複数の放射源は、例えば60keV未満、例えば10~50keVで動作する相対的に低いエネルギースペクトルを有するX線源、ならびに、例えば100keV以上

50

などのより高いエネルギーにおける放射線を生成する1つ以上の放射性同位体を含んでもよい。

#### 【0070】

本発明に係る検出器システムは、単一の検出器、または、複数要素のシステムを構成する複数の別個の検出器要素を含んでもよい。特に、効果的に0次元の強度での分析のみを作動する、画像を用いない用途に対しては、単一の検出器が好ましい場合がある。画像化の用途については線形アレイまたはエリアアレイが好ましい場合がある。

#### 【0071】

検出器システムは、分光学的に分解可能である方法において放射線を検出できる必要がある。好ましくは、検出器システム、あるいは、複数要素のシステムを構成する一部または全部の別個の検出器要素は、分光学的な分解を生成するように適合されてよく、その結果、直接の分光学的な反応を示す。特に、単一のシステムまたは要素は、スペクトルの異なる部分に対して、直接の物質特性として本質的に、直接可変の電気的反応、例えば光電反応を、示すように選択された物質から製造される。例えば、検出器システムまたは要素は、広い直接のバンドギャップの半導体物質を含む。例えば、検出器システムまたは要素は、バルク結晶、例えば、バルク単結晶（ここで関連するバルク結晶とは、少なくとも $500\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは少なくとも $1\text{ mm}$ の厚さを示す）として好ましくは形成される半導体物質または複数の半導体物質を含む。半導体を構成する物質は、好ましくは、テルル化カドミウム、テルル化カドミウム亜鉛（CZT）、テルル化カドミウムマンガン（CMT）、ゲルマニウム、臭化ランタン、臭化トリウムから選択される。II~VI族の半導体、および特に列挙されたこれらは、特にこの関連で好ましい。半導体を構成する物質は、好ましくは、テルル化カドミウム、テルル化カドミウム亜鉛（CZT）、テルル化カドミウムマンガン（CMT）、およびそれらの合金から選択され、ならびに、例えば、結晶性の $\text{Cd}_{1-(a+b)}\text{Mn}_a\text{Zn}_b\text{Te}$ を含み、ここで $a$ および $b$ または $b$ はゼロであってもよい。

10

20

30

#### 【0072】

これらおよび任意の他のこのような物質の組み合わせは、単に透過された放射線の大きさを検出するのではなく、分光学的なX線または他の放射線検出を与えると想定され得、特徴的な標的種の存在を示唆する、透過放射線における、少なくとも特徴的な不在／大きさの減少の分解を可能にする。

30

#### 【0073】

画像生成装置は、複数の「画像化」帯域から、複数の分光学的に分解された画像を、データプロセッサから受信し、かつ上述のように、物体の差異化を補うようにこれらの画像を連続的にまたは同時に表示するように適合されてもよい。例えば、収集されたデータにおける分光学的な分化は、異なる色、異なる濃淡、または異なる模様として単一の組み合わされた画像に表示される。

40

#### 【0074】

コリメーターは、好ましくは、放射線源から発射されたビームの適切な形状を生成するように提供される。この発射されたビームの形状は、検出器システムの最も有用な形状を決定する。最も単純な形では、質量減衰係数の指標を数値的に導き出す目的のために、スペクトル分解された透過データを収集するために純粹にこの装置が用いられる場合、シンプルで効果的な1次元のビームが、シンプルで単一の透過検出器と連動して提供されてもよい。

40

#### 【0075】

しかしながら、好ましい実施形態において、この装置はさらに画像化情報を生成するように適合される。本発明の基礎となる数値分解方法に従って提供される物質識別が、分離されて用いられるのではなく、疑わしい物体のスキャニングにおけるさらなる補助として、およびその物品または物質の識別におけるさらなる補助として画像化と連動して機能するということが、作動の可能なモードにおいて意図されている。有用な合成物および画像化データが原則としてその同じスキャンにおいて取得可能であることが本発明のアプロ-

50

チの優位性である。さらなる有用な画像化データは、概して、さらに複雑なビームおよび検出器の形状によって取得されるが、本発明は、それらの形状全てに対して適用可能である。

#### 【0076】

本発明はここで、添付の図面を参照して例示による手段のみで記載される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0077】

【図1】図1は本発明の実施形態における使用に適したスキャン装置の側面図である。

【図2】図2は、図1のスキャナを含む本発明を実施するのに可能な装置の模式図である。

10

【図3】図3は、典型的な放射線源スペクトルを示し、画像化操作と連動して本発明を実施するために、どのようにこの放射線源スペクトルが分割されるかを示す。

【図4】図4は、画像化操作と連動して本発明が作動するための概略的なプロトコルである。

【図5】図5は、図1の実施形態によって提供される複数の放射線経路によって生成される画像により生成可能な効果を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0078】

図1に示すように、適切なX線源1は、スキャニング領域を介して、X線を、3つの線形検出器3aから3cの方向に向けるように使用される。

20

#### 【0079】

前述で検討したように、本発明により想定される装置は、画像を生成することによって提供される情報を用いて、相対的な比率および例えばビーム方向における奥行きを決定することができるよう、本発明のエネルギーによって分解されたデータ収集と操作の様子とを組み合わせてもよい。2次元画像は、透過ビームの方向と略直交するx、y平面における情報を与え、本発明の原理は、例えば、一部の情報、例えばz方向における相対的な奥行きのレンダリングを与える。以下の例は全て、そのような2次元の放射線写真が生成されることを前提としている。

#### 【0080】

しかしながら、本発明の原理は等しく画像化のない状況にも適用可能であることは理解される。

30

#### 【0081】

この応用を考慮しつつ、図示された実施形態は、3つの線形検出器3aから3c（これらは、本実施形態において、各々検出器要素の線形配列を含む）にカーテン状の入射ビームを生成するようにコリメートされた単一のX線源を用いる。従って、複数の放射線経路5aから5cは、スキャニング領域において、そのような線形検出器の直線的または角度的に離された配列に入射する複数のカーテンビームによって生成される。入射放射線経路5aから5cは、X線源1と検出器3aから3cのそれぞれとの間のスキャニング領域を通過して示されている。

#### 【0082】

本実施形態において、線形配列の検出器3aから3cは、入射X線を分光学的に分解できる物質を含み、かつその特定の例として、テルル化カドミウムを含むが、当業者によれば他の物質の選択も適切であり得ると理解される。このスペクトルの分解を利用するためには、X線源は広帯域エネルギースペクトルに亘ってX線を放射する。例としては、当業者によれば他の物質も適切であり得ると理解されるものの、タングステン源が用いられる。

40

#### 【0083】

無端ベルトコンベヤ7は、スキャンされる物体9をスキャニング領域で放射線経路5aから5cを途中で受けるように、方向dに向けて移動させる。本発明のこの実施形態の想定される応用は、セキュリティスキャナとしてであり、物体9は様々な区別できる物体を収容すると予測される容器であると通常考えられ、それ（例えば、エアラインの預け荷物

50

)を、物ごとに( *compositional* )特徴付け、3次元で効果的に閲覧することは有益であり、かつ好適である。しかしながら、同様の原理は、例えば内部検査の目的の物体のスキャニング、医療分野のスキャニング、およびその他類似する応用に適用可能であることを当業者は容易に理解する。

#### 【0084】

3つの検出器3aから3cの各々からの透過情報を構築することによって、透過強度情報のデータセットが生成される。本発明の原理に基づいた数値分析と、分光学的に分解される画像化との両方の目的のために、入射エネルギー/入射波長と透過強度との間の関係を、少なくともある程度、分解することによる情報のデータセットの処理を図2から図4に示す。

10

#### 【0085】

図2に示す模式図においては、簡略化のため、単一の放射線経路のみを示す。X線源1、および水平方向に間隔を置かれた検出器装置アセンブリ21は、それらの間にスキャニング領域Zを規定する。使用中、スキャンされる物体は、例えば前述のような適切なコンベヤベルト上で、通常の方法で、スキャニング領域へ持ち込まれ、スキャニング領域を通過させられる。

#### 【0086】

図に示す例では、物体9はスキャニング領域Zに位置している。X線源からの入射ビーム11が図示されている。この簡単な模式図では、入射ビームは直線11によって示される。透過ビーム13は、検出器配列21に入射する。

20

#### 【0087】

検出器配列21は、プロセッサ22とデータ通信を行う。検出器配列は、既知の方法で、2次元の「薄片(スライス)」を生成するために使用される。配列の中の物質の固有のスペクトル分解によって、プロセッサ22は、データレジスタ23に蓄積されたエネルギー帯域の境界を参照することにより、本発明の原理に従って複数のプリセット周波数/エネルギー帯域に亘って差異的にこの画像を分解することが可能になる。

#### 【0088】

この実施形態では、タングステンのX線源が使われる。タングステンから生成された、波長に対する初期強度の典型的なスペクトルを図3に示す。

30

#### 【0089】

図3の主な目的は、本発明の原理に従ってスペクトルが分解され得る、2つの可能な方法を示すことである。それぞれの場合において、スペクトルは5つの周波数帯域に亘って分解される。

#### 【0090】

模式図は、スペクトルを分解し得る、2つの方法を示している。図3(a)では、生成されたスペクトルの大部分は、5つの比較的広帯域のエネルギー帯域b1からb5に分割される。図3(b)では、個々のエネルギーに近似し得る、5つの比較的狭いエネルギー帯域がc1からc5に規定されている。どちらの選択肢も本発明の原理と矛盾せず、かつ、本発明の数値分析のため、または好ましい実施形態において、検査の対象となっている物体に関するさらなる情報を得るために分光学的に分解された画像化のため、のいずれかにつき有用な結果を得るために、いずれの組み合わせを使用してもよい。

40

#### 【0091】

好ましい実施形態において、このデータは、画像、最も好ましくはさらなる情報を画像に与えるために、それ自体を複数の周波数帯域に亘りスペクトル分解したスペクトル分解画像を生成するにも用いられる。このような実施形態において、図3において分解されたエネルギー帯域の幾つか、例えば、図3aに示すエネルギー帯域は、表示手段29に送信するエネルギー分化画像を形成するために使用されてよい。この点に関して、この装置は、従来のエネルギー分化画像化装置と同様の基本的原理に従う。

#### 【0092】

この装置は、例えば図3bに示すような、一連の識別された周波数帯域と関連してさら

50

に作動する、プロセッサ 22 によって提供された機能において異なるが、しかし、この機能においては、それぞれの帯域における透過強度の代表的な定量値、および例えばその平均値を生成するためにそのデータを使用し、そのデータは強度データアイテムレジスタ 24 へ保存のため送信される。

【0093】

計算手段 25 および比較器手段 26 は、いずれかまたは両方で、例えば特定用途向けまたは汎用のコンピュータ等のプログラミングに適したデータプロセッサを備えており、それらによって生成されたデータとデータライブラリ 27 を共に作動可能なように比較する。このデータライブラリは、試験下の特定の物体のための少数の特定の標的物の物質についての質量減衰係数に関連するかまたはそれに依存する、可能性のあるまたは少なくとも数値的に比較され得る性質の事前に保存されたデータを含む。データはあらかじめコードされているかまたは参照され、あるいは、既知の物質を用いた装置の作動により、時間の経過と共に生成されるかまたは加えられてもよい。

【0094】

データ処理のいずれか、あるいは、例えばプロセッサ 22、データレジスタ 24、計算手段 25、比較器手段 26、およびデータライブラリ 27 のうちの 1 つ以上を含む装置の保存要素が、特定用途向けまたは汎用のコンピュータ等のプログラミングに適したデータプロセッサ手段によって提供されてもよい。

【0095】

この比較によって、透過経路における、可能性が高いと見込まれる物質の内容（含有物）、および限られた数の複合物質の見込まれた比率に関する推定を行うことができる。このことは、計算手段 25 および比較器手段 26 が、各々の複合物の相対的な寄与のための重み付けと、一定の割合の内容の測定を引出すことによって、測定されたデータをライブラリに適合させるために、計算を繰り返すことを実行するように共に動作するように適合されているという点において達成される。適用される質量減衰の式は上述で説明してある。この装置が本発明の原理に従って用いられる場合、その原理の変形の全てはその源（それは固定された初期の強度および既知のスペクトルである）から既知であるか、正規化されたものであるか、または測定可能（例えば厚さなど）なものであるかのいずれかであることは理解される。透過強度全体に対して任意の実質的な寄与を生じ得るための各含有要素の質量減衰係数もまた既知である。この全体の透過された強度減衰（ここで  $t$  は既知の特定の質量減衰係数である）は、特定の周波数において、強度データセットから、計算手段 25 および比較器手段 26 によって容易にかつ数値的に決定可能である。任意の単一の特定の周波数において既知でない質量減衰係数については、各々個々の含有要素がその減衰全体に対して寄与している。しかしながら、各含有要素の質量減衰係数はエネルギーの変化に伴い特徴的かつ相違して様々である。従って、全ての構成要素についての既知の質量減衰係数の全てのデータを、各エネルギーでの計算された値に適合させることによって、各構成要素の相対的な比率について一意の解答を導き出すことは、原則として本発明に従えば少なくとも可能である。この一意の解答は、例えば、画像表示 29 に関連して、表示手段 30 に送られることができる。分離したその値に加えて、これは、表示手段 29 上に表示された画像と連動して用いられてもよく、それによってより良く検査下の物体の内容または合成物を特徴付けることができる。

【0096】

このように、本発明に従い、試験下の物体の可能性が高いと見込まれた構成要素の提供された概略的な知識が利用可能であり、これらの可能性のある構成要素に懸かるデータは保存可能であり、相対的な合成物の情報が取得可能である。これは、2 次元の X 線画像を 3 方向における構造の描写で補うために用いられてよい。

【0097】

例えば、データライブラリ 27 はまた、物体のおよそのモデル構造を保存してもよい。上述の繰返しの計算処理がいったん行われて、透過経路における各々の構成要素の相対的な比率についての、および全体に対するそれらの相対的な奥行きの寄与についての特定の

データを導き出し、各々の構成要素に対する相対的な奥行き値が生成でき、かつそれらの値が、透過方向におけるモデル画像を生成するためにそのモデルに適合させることができる。これは、そのデータのある程度の体積レンダリングを与えるために、従来の方法において、上述のように生成された透過方向に直交する平面において、特定の透過放射線撮影に連動して用いられることができる。基本的には、データは、2次元においてのみ特定の透過情報を有しているが、一部の3次元でのモデリングは、この装置のスペクトル分解を利用して相対的に少數の予期された、または可能性のある構成要素の相対的な比率を導き出すことによって、本発明に従い可能となる。

【0098】

データ収集及び操作のプロセスは、図4のフローチャートによって示され、透過強度のスペクトル分解が本発明の数値識別プロセス、および追加的な画像化目的の両方のために使用される好ましい実施形態を示す。初めから終りまで読み進むに従って、収集されたデータセットは、一連の画像帯域、および図3で示される方法による数値分析のための一連の帯域の両方に分解される。

10

【0099】

透過強度データセットの画像帯域への分解は、相対的に広い帯域ではあるがスペクトル全体に亘ってエネルギーによって分化された帯域に亘って透過X線の強度を共に示す一連の画像b1、b2、b3、b4、及びb5を生成する。このように、異なる合成物の物体の間におけるある程度の識別が可能である。異なる合成物の、特に異なる原子数の物質は、異なる反応を示す傾向がある。異なる画像b1からb5が、例えば連続して表示され、またはより好ましくは区別するために着色され、单一の合成物の画像に同時に表示される場合、スキャンからさらなる物体の分解が可能である。このプロセスは、合理的に従来から行われている。

20

【0100】

本発明が特に異なる点は、透過強度データセットの帯域c1からc5への追加的な分解にある。実施形態において、これらの帯域は比較的狭いが、これは一例に過ぎない。原理上は、同じ帯域を両方の目的に使用できない理由はない。これらの帯域に関して分解されたレジスタ25の透過データは強度データを生成するために前述のように処理され、次いで比較器は、物質の比率的内容に関する推定を可能にするために、同等の保存されたデータを参照する。これは、例えば、画像化帯域の分解から生成された複雑な画像との組み合わせによって、または追加情報の表示として画像と共に、または特注ディスプレイに表示され得る。

30

【0101】

本発明は、特に画像を表示しないモードで作動する場合、单一の放射線経路のみを必要とするが、図1の実施形態は、物体を通過する複数の放射線経路を示す。図5は、図1の実施形態によって設けられた複数の放射線経路を用いて生成された画像によって形成され得る追加の効果を示し、これは、提供された情報を更に強化することができる。物体9が入射放射線経路5aから5c(図5(a)を参照)を通過すると、物体がX線源1に対して異なる方向を向いた3つの画像が生成される。これらの画像の連続する表示によって、物体は図5(b)に示すように、回転するように見える。3次元内で実質的に回転可能な物体の表示を得る能力は、画像表示をさらに向上させることができる。

40

【図 1】

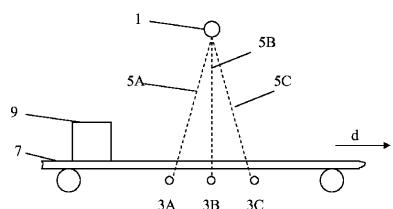


Figure 1

【図 2】

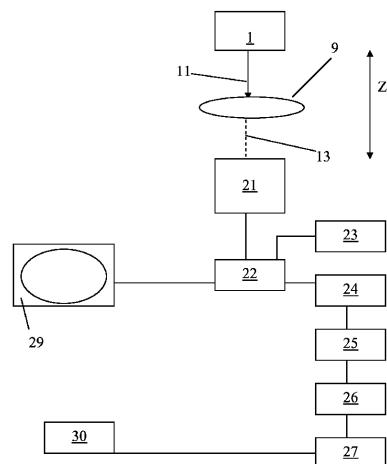
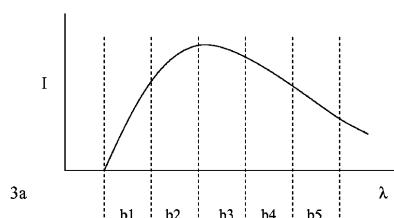
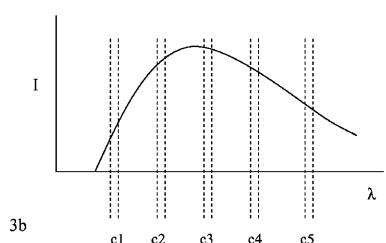


Figure 2

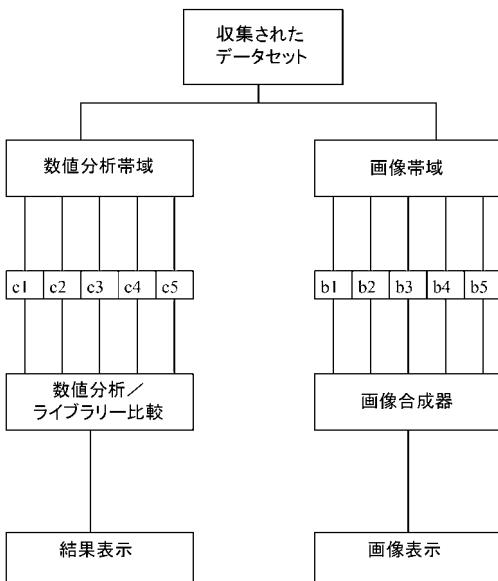
【図 3 a】



【図 3 b】



【図 4】



【図 5 a】

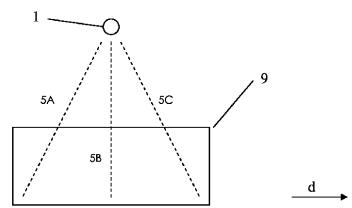


Figure 5a

【図 5 b】

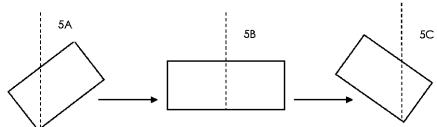


Figure 5b

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/GB2009/050270
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:</b> INV. G01N23/04 G01N23/087 G01V5/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01V G01N A61B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/147584 A1 (HOFMAN GERTJAN J [CA]) 28 June 2007 (2007-06-28) abstract paragraph [0026] – paragraph [0039] figures 1,2	1,2,12, 13 19-22
A	DE 10 2005 049586 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26 April 2007 (2007-04-26) paragraph [0008] – paragraph [0014]	3,5-7, 14,18
A	US 2006/203956 A1 (RAUPACH RAINER [DE]) 14 September 2006 (2006-09-14) column 7, line 45 – line 52	3,5-7, 14,18
Y	WO 2008/007976 A (AGRES LTD [NZ]; PETCH PHILIP EDWARD [NZ]; BURLING-CLARIDGE GEORDIE ROB) 17 January 2008 (2008-01-17) page 16, paragraph 1	19-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search  25 June 2009		Date of mailing of the international search report  03/08/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5616 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040. Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Rouault, Patrick

INTERNATIONAL SEARCH REPORT Information on patent family members					International application No PCT/GB2009/050270
Patient document cited in search report	Publication date		Patient family member(s)		Publication date
US 2007147584 A1	28-06-2007	CA CN EP WO	2635556 A1 101389951 A 1969357 A1 2007075722 A1		05-07-2007 18-03-2009 17-09-2008 05-07-2007
DE 102005049586 A1	26-04-2007	CN JP US	101023875 A 2007111525 A 2007092056 A1		29-08-2007 10-05-2007 26-04-2007
US 2006203956 A1	14-09-2006	CN DE JP	1823685 A 102005008767 A1 2006231058 A		30-08-2006 07-09-2006 07-09-2006
WO 2008007976 A	17-01-2008	EP	2041557 A1		01-04-2009

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,S,K,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,K,E,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ラドリー イアン

グレートブリテン及び北アイルランド連合王国 ピショップ オークランド ダーハム ウエル  
チャー ガーデンズ 28

F ターム(参考) 2G001 AA01 AA02 BA11 BA12 CA01 CA02 DA01 EA00 FA01 FA17  
GA05 GA06 GA08 JA09 KA01 LA20