

(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2020-527240

(P2020-527240A)

(43) 公表日 令和2年9月3日(2020.9.3)

(51) Int.Cl.

**G21K 1/06** (2006.01)  
**G21K 1/00** (2006.01)

F 1

G21K 1/06  
G21K 1/00

テーマコード (参考)

B  
X

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2020-521637 (P2020-521637)  
 (86) (22) 出願日 平成30年6月28日 (2018.6.28)  
 (85) 翻訳文提出日 令和2年3月4日 (2020.3.4)  
 (86) 國際出願番号 PCT/IL2018/050708  
 (87) 國際公開番号 WO2019/003229  
 (87) 國際公開日 平成31年1月3日 (2019.1.3)  
 (31) 優先権主張番号 15/639,315  
 (32) 優先日 平成29年6月30日 (2017.6.30)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(71) 出願人 520004915  
コンバージェント アール. エヌ. アール  
リミテッド  
イスラエル国 3903202 ティラト  
・カルメル, ヨズマ・ストリート 2  
 (74) 代理人 100140109  
弁理士 小野 新次郎  
 (74) 代理人 100118902  
弁理士 山本 修  
 (74) 代理人 100106208  
弁理士 宮前 敦  
 (74) 代理人 100120112  
弁理士 中西 基晴  
 (74) 代理人 100172041  
弁理士 小畠 統照

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線を収束するためのX線レンズの新しい構造

## (57) 【要約】

収束X線を提供するためのX線システムは、(a)光軸を有するX線源と、(b)単結晶から作られた複数のタイルによって形成された第1のプラグ反射面を有する少なくとも1つの第1のリングを備えるX線レンズ配置と、を備える。少なくとも1つのリングには、光軸に沿って同軸状に隣接して取り付けられた少なくとも1つの第2のリングが設けられている。第2のリングは、第2のプラグ反射面を有する。

【選択図】図10

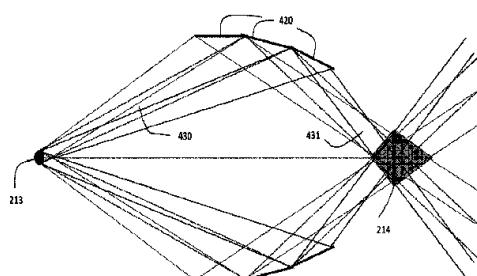


Fig. 10

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

収束 X 線を提供するための X 線システムであって、  
 a . 光軸を有する X 線源と、  
 b . 単結晶から作られた複数のタイルによって形成された第 1 のプラグ反射面を有する少なくとも 1 つの第 1 のリングを備える X 線レンズ配置と、  
 を備え、

前記少なくとも 1 つのリングには、前記光軸に沿って同軸状に隣接して取り付けられた少なくとも 1 つの第 2 のリングが設けられており、前記第 2 のリングは、第 2 のプラグ反射面を有し、前記第 2 の反射面でプラグ角が以下の条件の 1 つを満たすように、前記第 2 の反射面は、単結晶から作られた複数のタイルによって形成される、  
 10 X 線システム。

- a . 前記第 2 の反射面は、ローランド円エンベロープ位置に取り付けられている；
- b . 前記第 2 の反射面は、反射面がローランド半径 R に接するヨハンソンおよびヨハンの理論に従って、前記単結晶の結晶面に対してオフカット角を有するタイルによって形成される；
- c . 前記第 2 の反射面の前記単結晶の結晶面は、前記ヨハンソンおよびヨハンの理論に従って前記光軸に対してタイル配置され、前記結晶面は 2 倍のローランド半径 2 R に接する。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の X 線システムであって、  
 前記第 1 および第 2 の反射面の前記単結晶のタイルの少なくとも 1 つは、それぞれ、前記第 1 および第 2 のリングのネジ部材にネジ接続され、前記単結晶のタイルの少なくとも 1 つは、前記ネジ部材によって個別に調整可能であり、前記ネジ部材は、  
 a . 傾斜角の変化；  
 b . 前記タイルが前記リング上に保持されている場所からの距離を変更することによる、前記リングの中心からの半径方向距離の変化；  
 c . 保持するネジの組み合わせを変更することによる、前記光軸に対する前記タイルのロール、ヨー、ピッチの変化；  
 の 1 つのために構成される、X 線システム。  
 30

## 【請求項 3】

前記レンズシステムは、リングの一部、完全なリング、円錐形リング、バレルリング、およびそれらの任意の組み合わせを含む、請求項 1 に記載の X 線システム。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の X 線システムであって、  
 a . 前記光軸から離れた前記第 2 のリングの中心軸の移動；  
 b . 前記第 2 のリングの前記中心軸を、前記光軸に対して所定の角度だけ傾ける；  
 c . ローランドエンベロープの位置から、ターゲットのサイズと形状に対応する所定の位置への前記タイルの移動；  
 d . ローランドエンベロープの位置から、ターゲットのサイズと形状に対応する所定の位置への前記タイルの角度変更；  
 e . ターゲットのサイズと形状に対応するヨハンソンおよびヨハン幾何学形状からの前記タイルの角度変更；  
 f . 上記の変更の任意の組み合わせ；  
 40 によって、前記同軸拡張リングは、ターゲットのサイズと形状を制御するためのヨハンおよびヨハンソン理論の理論パラメータから逸脱することができる、X 線システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

収束 X 線は、放射線療法 / 放射線手術、およびイメージングの 2 つの主要分野で使用さ  
 50

れているが、他の用途も見つけることができる。

#### 【0002】

X線を収束する方法を、X線収束レンズの構造と共に以下に説明する。本発明の主なアイデアは、周囲の領域を傷つけることなく取扱容積をより良く制御することにより、こうしたレンズをより簡易な方法で明示できる更なる技術を開示することである。

#### 【背景技術】

#### 【0003】

現在の放射線療法と放射線手術の使用のための電離放射線装置は、主に直線加速器（LINAC）、陽子線治療、およびガンマナイフなどの放射線源装置である。これらの装置は、主に癌の治療に使用されている。現在の既存のX線装置は、発散ビームを生成するX線源を使用している。細いビームが必要な場合、ビームを細める技術は、ビームをブロックして所望の形状を作り出すコリメーションによって行われる。結果として、ビームの細い部分のみが、生成された強度のわずかな部分だけで使用され、ビームが進むにつれていますます弱くなる。そのため、効果的な治療を行うには、これらの装置を体の周りでさまざまな角度から回転させる必要がある。

#### 【0004】

収束X線装置は、特許文書US2013/0170625、US6389100、US6625250、US6606371、US6968035で提案および記載されている。これらの文書は、X線の収束のためのさまざまなタイプのレンズを示している。また、PCT公開WO2014045273は、焦点容積を制御する方法を示している。医療用の収束X線は、特許文献US7070327、US7468516、およびUS2005/0175148で記載されている。

#### 【0005】

本発明は、X線を点または容積に収束させる収束X線レンズを製造する更なる方法を示す。源は点源または拡張源であり得る。本明細書で紹介する構造は、ビームの形状、サイズ、均一性、ビーム品質、焦点領域の形状、サイズ、および製造の単純さを制御する改良された方法に利点を有する新しい方法および原理を利用する。

#### 【0006】

例えば、特許文献US2013/0170625、US6625250、US6968035などで記載されているプラッギングの法則を使用して知られ、利用されているいくつかの方法がある。既知の方法は、反射ユニットがローランドの円形構造に組み立てられるヨハンソンおよびヨハンの原理に基づく。

#### 【0007】

付与前の公開US2013/0170625は、タイルの使用によって湾曲した結晶表面を実装し得ることについて記載している。それらは、それぞれ負の半径の曲面を持つ小さなタイル要素を含む単一のリング構造の曲面上のタイル配置を示している。

#### 【0008】

本発明は、焦点領域の容積と形状を制御して源からのエネルギー収集効率を最適化するための更なる機能と考査によるローランド形状およびヨハンソンおよびヨハン理論から逸脱する可能性を許容するように構成されたフラットタイルを使用する新しいシンプルで簡単な製造方法を使用して、形状およびサイズにおける取扱容積の制御に関するこれらのアイデアを変更する。

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

したがって、本発明の1つの目的は、X線源と、同軸構造の拡張形式で少なくとも2つのリングを組み立てることによって縦方向断面タイル配置に配置された単結晶タイルから組み立てられた反射面からなるX線レンズシステムと、を備えるX線を収束するように構成されたX線システムを開示することである。

#### 【0010】

10

20

30

40

50

本発明の別の目的は、X線源と、ローランド曲線およびヨハンおよびヨハンソンの理論からの構造の逸脱（deviation）を許容するように構成された単結晶タイルから組み立てられた反射面からなるX線レンズシステムと、を備えるX線を収束するように構成されたX線システムを開示することである。本発明の別の目的は、レンズシステムが、各タイルおよび／またはタイルのグループで個別にタイル反射面を調整できる単結晶タイルからなる、上記X線システムを開示することである。

【0011】

本発明の別の目的は、レンズシステムが、照射されたターゲットの制御においてそのサイズが役割を果たす平面単結晶タイルからなる、上記X線システムを開示することである。  
10

【0012】

本発明の別の目的は、レンズシステムがリングの一部、完全なリング、円錐形リング、バレルリングおよびそれらの任意の組み合わせからなる、上記X線システムを開示することである。

【0013】

本発明の別の目的は、レンズシステムが、同心反射リング、同軸反射リング、非同心反射リング、非同軸反射リング、およびそれらの任意の組み合わせを備える、上記X線システムを開示することである。

【0014】

本発明の別の目的は、レンズシステムが、対称構造、非対称構造、およびそれらの任意の組み合わせを備える、上記X線システムを開示することである。対称構造とは、リングの縦方向の中点が源と焦点領域の中間にあることを意味する。  
20

【0015】

本発明の別の目的は、レンズシステムが、傾斜した縦方向断面、傾斜していない縦方向断面、およびそれらの任意の組み合わせを有する反射リングを備える、上記X線システムを開示することである。

【0016】

本発明の別の目的は、レンズシステムが、反射面と所望の結晶面との間のオフカット角度、ゼ口度および／またはゼ口度とは異なる、およびそれらの任意の組み合わせを有する反射リングを備える、上記X線システムを開示することである。  
30

【0017】

本発明の別の目的は、レンズシステムが、ヨハンソン理論またはヨハン理論に一致するように各リングに適切な傾斜およびオフカット角を有する縦方向の中点がローランド円上に位置する反射リングを備え、リングが同軸リングの拡張形式で取り付けられている、上記X線システムを開示することである。

【0018】

本発明の別の目的は、レンズシステムが反射リングを備え、リングのいくつかまたはすべてが、それらの縦方向の中点がローランド円から逸脱し、および／またはタイルの傾きがヨハンソン理論および／またはヨハン理論から逸脱し、および／またはオフカット角がヨハンソン理論および／またはヨハン理論から逸脱するように構成され得る、上記X線システムを開示することである。  
40

【図面の簡単な説明】

【0019】

本発明を理解し、それが実際にどのように実施されるかを分かるために、複数の実施形態が、添付の図面を参照して、非限定的な例として説明されるように構成される。

【図1】図1は、同心リング構造の例を有するX線レンズの3次元概略図である。

【図2a】図2aは、同軸構造に配置された非同心円状のいくつかのリングを示す3次元概略図である。

【図2b】図2bは、非同心および非同軸構造のいくつかのリングを示す3次元概略図である。  
50

【図3】図3は、単一タイルの拡大描出と共に、小さな単結晶タイルから構成されたリングの3次元概略構造である。

【図4a】図4aは、タイル反射面に対する所望の結晶面の内部構造および配向を有する概して単結晶タイルの断面概略図を示している。結晶面とタイルの反射面との間に角度がある。

【図4b】図4bは、所望の結晶面の内部配向がタイル反射面に平行である単結晶タイルの断面の特別な場合の概略図を示している。

【図4c】図4cは、縦断面反射面が光軸に対して傾斜角を形成するリングを形成するタイルの傾斜角を示す概略図を示している。結晶面は、光軸および/または反射面に対して、最初に言及したものとは異なる角度を形成する。

【図5a】図5aは、単一のリングの拡張の3D描出を示している。

【図5b】図5bは、完全な拡張構造を形成する拡張を有するいくつかのリングの3D描出を示している。

【図6a】図6aは、3つのリングが拡張構造に組み立てられている4つのリングからのタイルの2次元縦方向切断の概略図を示している。この例では、ヨハンまたはヨハンソンの理論に従って反射面が研削および研磨されたローランド円のおおよその構造上にリングを配置して示しており、比較的小さな焦点領域を作成している。

【図6b】図6bは、3つのリングが拡張構造に組み立てられている4つのリングからのタイルの2次元縦切断の概略図を示している。この例では、ローランド円およびまたはヨハンまたはヨハンソンの理論から逸脱した構造上にリングを配置して示しており、比較的大きな焦点領域を作成している。

【図7a】図7aは、個々のタイルの調整のため3つのネジでホルダに接着された個々のタイルを保持するため、穴およびネジアセンブリでリングに取り付けられる個々のタイルのための調整システムの3D図を示している。プラグ角度で源を示し、目的の場所に反射を向ける。

【図7b】図7bは、タイルごとに3つのネジで個別に調整可能なタイルで完全に占められたリングを描画する3Dを示している。

【図7c】図7cは、いくつかの調整軸の組み合わせでタイルを調整するための3つのネジ山を有する2つの拡大された金属タイルホルダの3D図を示している。隣接するタイルを間隔を空けずにマウントする方法を説明するために2つが示されている。

【図8a】図8aは、正確な理論原理のシステム構造を示している。

【図8b】図8bは、タイルと拡張を使用した理論の最も近い実装、結晶面に関するタイルの構造を示している。

【図9a】図9aは、図8で言及した最も近い実装のいくつかのタイプの欠点を伴ういくつかの結果を示している。

【図9b】図9bは、理論からの逸脱のサンプルとともに、タイル拡張のさまざまな使用例を示している。

【図10】図10は、拡張部の偏った構造の例の反射放射による結果を示している。

【図11】図11は、非同軸タイプの逸脱した構造の結果を示している。結果は、腫瘍の伸長型の例として、ターゲット容積の伸長を示している。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下の説明は、当業者が本発明を利用できるように、本発明のすべてのチャプターとともに提供され、本発明を実施する発明者によって企図された最良の形態を説明する。しかしながら、本発明の一般的な原理は、X線を焦点領域に収束するように構成されたX線システムの容積および形状を制御するために明確に定義されているため、当業者には明らかであるように様々な修正が構成される。

【0021】

「対称構造」という用語は、回転中心が光軸上にあり、縦方向の中点が源から焦点領域までの中間にあるリングを指す。

10

20

30

40

50

## 【0022】

「縦方向の中点」という用語は、タイルおよび/またはリングの縦方向の中間の点を指す。

「オフカット角度」という用語は、結晶反射面(31)と所望の結晶面(32)との間の角度を指す(図4の を参照)。

## 【0023】

「同心」という用語は、共通の中心を有する一方が内側に配置されるリングを指す。

「同軸」という用語は、共通の軸を有するリングを指すが、必ずしも一方が内側に配置されるわけではない。

## 【0024】

「傾斜角」という用語は、反射面(31)と光軸(100)との間の角度を指す(図4cの を参照)。

10

## 【0025】

「拡張部」という用語は、拡張構造の一部である個々のリングを指す。

## 【0026】

レンズの基本構造は、さまざまな結晶面の結晶タイルを備える同心リングのセットで構成される。拡張部は、延在の意味で別のリングに関連している。特定のリングを元々拡張するには、元のリングにわずかに変更を加えたものに似た反射材を使用し、最初のリングまで同軸に同軸状に取り付ける。反射材のこのわずかな変化は、源までの距離が異なるためにプラグ角がわずかに異なることによる。通常、それは、異なるオフカット角度でカットされ、異なる傾斜で取り付けられた反射面を有する同一の結晶面を持つ同一材料であり、円錐形を有する拡張リングを形成する。

20

## 【0027】

「拡張構造」という用語は、上記のように(主に図2aのように)同軸構造に組み立てられた少なくとも1つのリングが少なくとも1つの拡張部を持ち、リングの縦方向のタイルの形を提供する基本構造(同心)を指す。

また、本発明は、放射容積および形状を制御するために、正確な理論から、つまりローランド円を形成し、正確なオフカット角および正確な傾斜角からの意図的な計算された偏差を許容する。

30

## 【0028】

ここで図1を参照すると、同心リングの構造の例を有するレンズシステムを概略的に示している。X線源(13)は、同心リング(番号が付された例は外側リング15aおよび15bである)からなるレンズ(10)に入る発散X線(11)を放出する。リングは、焦点位置(14)に収束するように(12)X線を反射する。

## 【0029】

ここで図2aおよび図2bを参照する。レンズは、他の構造を有するリングで作られ得る。図2aは、回転軸(101)に対して同軸構造(20a)に組み立てられたリングを示している。図2bは、非同軸および非同心構造で組み立てられたリング(20b)の構造の例を示している。リング21は、その回転軸(102)が他のリング(101)の回転軸と一致しない非同軸の態様で配置されている。リング(22)は、反射面の縦方向のプロファイルがその回転軸(101)に対して傾斜しているリングの例である。この例では、リング(22)の表面は円錐構造を形成している。すべての回転軸は、光軸(100)と平行および/または一致、または非平行および/または非一致であり得る。

40

## 【0030】

ここで図3を参照すると、リングがタイルでできているレンズシステム(10)を概略的に示している。また、タイルの拡大図(30)が示されている。Lは光軸(100)に平行な概して縦方向の寸法、tはタイルの厚さ、wはその方向が光軸(100)に対して概して横方向であるタイルの幅である。

## 【0031】

ここで図4を参照する。図4-aは、単一のタイルのL方向に沿った縦方向断面を概略

50

的に示している。概して、所望の結晶面（32）の断面の方向は、タイル（31）の反射面と角度 $\theta$ を形成する。タイルの縦方向中点（18）は、タイルの縦方向の中央（L/2）にある。図4-bは、所望の結晶面がタイルの反射面に平行である特殊なケースを示している（ $\theta = 0$ ）。図4-cは、たとえば図2b（リング22）で説明したような傾斜した縦方向リングプロファイルを形成する傾斜タイルを示している。傾斜角は、図では光軸（100）に対して $\alpha$ である。

#### 【0032】

ここで、図5aを参照すると、拡張部を有する単一リングの3次元構造の図が概略的に示されている。第1のリング58aは、以下の拡張部58b、58c、および58dを備えた第1の拡張部として作用する。それらはすべて、たとえば、異なる半径、異なる傾斜角、および異なるオフカット角を有する同一の結晶面から作成できる拡張部である。設計の出発点は、ヨハンとヨハンソンの理論に従って傾きとオフカットを調整した整合結晶面を有するローランド円の周りである。さらに考慮すべきことは、この設計では、制御された形状とサイズで取扱領域を目指して、ローランドの半径、傾き、およびオフカット角から逸脱できるということである。これらの手段は、収束ビームの他のプロジェクトで説明されている更なるさまざまな手段である。

10

#### 【0033】

ここで、図5bを参照すると、更なるマルチリング構造を有する3次元構造の図が概略的に示されており、構造59、60、61、および62が、それぞれに独自の拡張部を有するマルチリングの同心構造を形成する。

20

#### 【0034】

この構造は、各拡張部からターゲット容積の近傍への反射を目的としている。ローランドの半径、傾き、およびオフカットからの逸脱は、近傍のサイズと形状を決定し、したがって、照射領域のサイズと形状に影響する。

30

#### 【0035】

次に、図6aを参照すると、ローランド円のおおよその構造上に配置された4つのリングを有する例のタイルの2次元縦方向断面図が概略的に示されている。タイル15aおよび15bは、源（13）と焦点領域（14a）との中間の縦方向中点（18）を有する対称構造で同心である。タイル15a、16a、および17aは、この例では同軸であり、拡張部のセットを形成する。この構成は、特定のタイルで可能な限り最小の焦点領域を形成するように構成されたレンズの例である。すべてのリングから出る反射ビーム（70）は、焦点領域（14a）で圧縮される。これはヨハンソンおよびヨハンの理論による。ターゲット領域の拡大の主な原因是、タイルのサイズのみである。可能な限り最小の焦点領域を得るには、リングを組み立てて、縦方向の中点が適切なローランド円上にある構造を形成する必要がある。さらに、タイルの反射面は、縦方向の中点でローランド円に接するように角度 $\beta$ でタイル配置されており、それらのオフカット角 $\gamma$ は、ローランド円上のタイルの縦方向中点（18）の位置で計算されたヨハンソンまたはヨハンの理論に従って単結晶タイルを研削することによって得られる。この例のタイル16aおよび17aの中点（18）は、源（13）までの距離が、ターゲット位置（14a）までの距離と異なるように設けられ、この例では、ターゲット（14a）までの距離がより近い。しかしながら、源（13）の近くに配置することも可能である。

40

#### 【0036】

ここで図6bを参照すると、タイルの構造がローランド円形構造およびヨハンソンおよびヨハン理論から逸脱している、タイルでできた4つのリングを有する例のタイルの縦方向切断の図を概略的に示している。タイルは、オフカット角のみを有し、傾きがなくてもよい。一例として、このために、図6bでは、リング16bはリング15aへの拡張部として光軸（100）に平行に描かれ（元々平行）、それらの間の唯一の違いはオフカット角 $\gamma$ であり、15aでは0、および16bでは0とは異なる。タイルは、オフカット角なしで傾いててもよい。タイルの縦方向の中点は、ローランドの円に関連する半径とは異なる半径に配置され得る。拡張構造の逸脱により反射ビーム（71）が広がり、放射ターゲッ

50

ト(14b)の容積が大きくなる。

#### 【0037】

以下で説明する考慮事項に従って、半径、傾斜角、オフカット角の任意の組み合わせを使用することができる。

#### 【0038】

タイルの位置、その寸法(長さ、幅、厚さ)、傾き、および/またはオフカット角度は、以下を制御するように設計される。

- 1) 焦点領域のサイズおよび形状。
- 2) リング間の放射線遮断を回避すること。
- 3) ビーム放射断面の充填。
- 4) 均一性の考察。
- 5) 製造の単純さ。

#### 【0039】

したがって、ローランドの円形構造とヨハンソンおよびヨハン理論から逸脱する可能性があり、タイルサイズも設計において役割を果たす。たとえば、タンクステンスペクトルのK位置の近傍など、源から放出されるスペクトルのエネルギースペクトル幅および値を制御し、K1およびK2またはK特性放射を含めるかどうか、したがってビーム品質を制御するかどうかを決定し得る。

#### 【0040】

ここで図7aを参照すると、個々のタイル(41)の調整システムを概略的に示している。タイル(41)は、3つのネジ山がある小さな金属ホルダ(42)に接着される。

3つのネジの小さな回転の組み合わせにより、いくつかの軸に沿ったタイルの小さな回転と移動とが可能になり、源が、所望の場所への反射方向に沿ってタイルによって見える正しい角度を調整できる。ホルダ(42)は、リング本体を通る穴を介してリング(40)に取り付けられている。小さなバネがそれらを所定の位置に保持する。

#### 【0041】

ここで、図7bを参照すると、タイルが完全に配置された完全なリング(45)を概略的に示している。ネジの頭は、リングの外面にある。それらにより、各タイルを個別に調整できる。

#### 【0042】

ここで図7cを参照すると、一対のタイルホルダの拡大図を概略的に示している。3つのネジ調整を組み合わせて複数の軸の周囲および軸に沿って微小な調整を行えることを実現するには、ホルダの端に近い2つの端のネジを結ぶ線の外側に中央のネジを配置する必要がある。2つの端のネジを回すことにより、タイルはピッチング移動を受ける。3番目の中央のネジは、タイルに回転運動を与える。すべてのネジを回すと、タイルに上下移動を与え、リングの中心までの半径距離を調整することができる。複数のネジの組み合わせを適用すると、たとえば、ヨー調整または横方向の補正と同じようにタイル面をいくらか横方向にするなど、更なる動きが追加される。それでも、ホルダを隣接して取り付けることは可能である。この可能性を説明するために、2つの隣接するホルダが互いに隣接して取り付けられていることが示されている。

#### 【0043】

ここで図8を参照すると、本発明が逸脱することを許容する理論的基礎を概略的に示している。

#### 【0044】

図8aは、正確なシステムを原理的に構築する方法を示している。源213は小さな次元タイプ(理論上はポイント源に近い)であり、ターゲット214は小さな理論容積として表されている。反射面211は、ローランド半径を有する形状の曲面である。大きく曲がった結晶の結晶面は、ローランド半径( $R$ )の2倍-2Rに曲げられている。結晶面は2Rに曲げられ、したがって反射面はRの形に研磨される。これは、プラグ原理でX線を集束するための理論上の正確な幾何学形状である。

10

20

30

40

50

## 【0045】

しかしながら、このような構造の実装には技術的な困難があり、ターゲット領域を小さくするよりも多少大きい領域としたい場合もある。

これを実現するために、タイルは2つの主要な方法で使用されている。

- 1) タイル配置 - リングは、リングの周囲に横方向に配置されたタイルを有する。
- 2) 同軸アセンブリから逸脱する可能性を有する同軸に取り付けられた拡張リングを使用することにより、構造の縦方向部分を配置できる。これが本発明の主要な新規なことである。開始原理を図8bに示す。

## 【0046】

図8aは、可能な限り理論に近い構造の実装を示している。図8bでは、3つの拡張リングで実装された3つ折りの縦方向配置の例が見られる。タイルは、拡張リングの縦方向断面の一部になる。

10

## 【0047】

反射面の曲率はRであり、結晶面の曲率は2Rであるため、各縦方向リングは異なるオフカット角の結晶を使用する必要がある。それらの反射面はRに接する必要があり、結晶面は2Rに接する必要がある。したがって、図8bの例では、結晶面231を有するタイルは、その反射面235とゼロ角度を有する。平面232は、反射面236と角度を有し、平面233は、反射面237と異なる角度を有する。さらに、傾斜角も異なる。したがって、ターゲットに近いリングは、円錐角が大きい円錐形を有する。この実装は、タイルと拡張機能を使用すると、理論に可能な限り近いものになる。

20

## 【0048】

しかし、本発明の意図は、新しい技術を使用して、より大きな容積を放射し、構造をより簡単かつシンプルにし、容積の形状を制御することでもある。

## 【0049】

図9に一例が示されている。可能な技術の1つは、タイルの製造時に異なるオフカット角度を避けることである。シンプルな選択は、オフカット0を選択することである。

## 【0050】

ここで図9aを参照すると、0オフカットタイル(310)の使用を示している。タイルの中点の位置はローランド円(210)であるが、タイルはオフカット0であるため、タイルは半径の2倍、つまり2Rに接するように配置される必要がある。このため、それらはローランド位置に置かれているが、2Rに接しているため、ローランドに接していない。この構造は、すべての放射線が捕捉されず、一部の線(330)が逃げる可能性があるため、開口を有する鱗状(dandruff-like)の表面を形成する。

30

## 【0051】

ここで図9bを参照すると、理論から逸脱する可能性の異なる例を示している。特定の立体角ですべての放射線を捕捉したい場合がある。アイデアは、ローランド円(230)を無視するが、それから遠すぎないことがある。アイデアは、0オフカット角タイルを使用し、X線が漏れ出さないようにすべてのスペースを閉じて拡張部を互いに前後(311)に接触するように配置することである。位置は、ローランドエンベロープ(envelope)上ではなく、隣接するリングを互いに接続するときにタイルを前後に配置することで決定される。この位置に応じて、傾斜は新しい位置で見られるプラグ角に調整される。したがって、反射はターゲット方向から逸脱し、ターゲットのサイズと形状を拡大および変更する。タイルの傾斜、つまり拡張リングの円錐角は、理論とは異なる。この値は、焦点合わせが正確ではないということである。したがって、放射ボリュームは大きくなる。場合によっては、これは許容可能であり、望ましいことですらある。焦点サイズおよび形状を拡大するために、焦点からの所望の逸脱に従って反射ビームの方向の変化を直接計算することにより、ローランドエンベロープからの別の逸脱が可能である。これは、たとえば、追加されたリングの中心軸の位置と角度を光軸に対して変更することで実行され得る。

40

## 【0052】

ここで図10を参照する。以前の例の結果を前面から背面へ接続することを示している

50

。タイルはローランドの場所からやや離れて配置されているため、プラグ角で源（213）からのX線を集め入射線（430）は、理論上の焦点領域（214）の近くで反射（431）し、（図に示されているように）214を大きくする。

#### 【0053】

ここで図11を参照する。異なる逸脱の結果を示している。図11は、拡張リングを非同軸に取り付ける別の例を示している。リング421、422、および423は、同じ軸に取り付けられておらず、それらの軸の角度がずれ得る。放出線（531）は、わずかに異なる場所に進む。このアセンブリは、ターゲットの個々の画像が互いにずれてターゲット位置を引き伸ばし、引き伸ばされた形状（514）を形成することを示す。

#### 【0054】

これらは単なる例であり、さらに多くの逸脱や手法を適用できる。また、理論の実装に近づけて、小さい取扱ボリュームとしてもよい。

#### 【0055】

本発明の主な革新は、拡張構造を形成する平面タイルを使用したリング拡張部を有するタイル部品として完全なリングの縦方向のタイル配置であり、ローランド半径、傾斜角、およびオフカット角から逸脱する設計可能性を与える。これは、与えられた例よりも多くの方法で行うことができる。

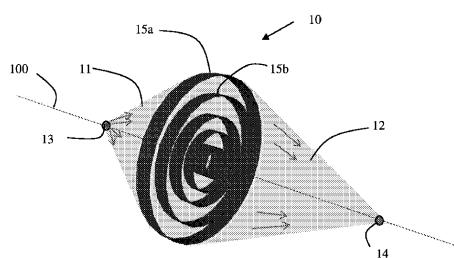
#### 【0056】

更なる革新は、個々のタイルの調整を可能にする構造である。

10

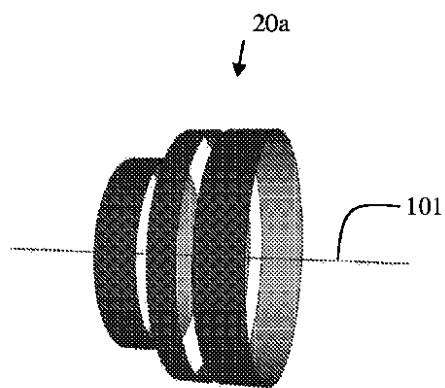
20

【図1】



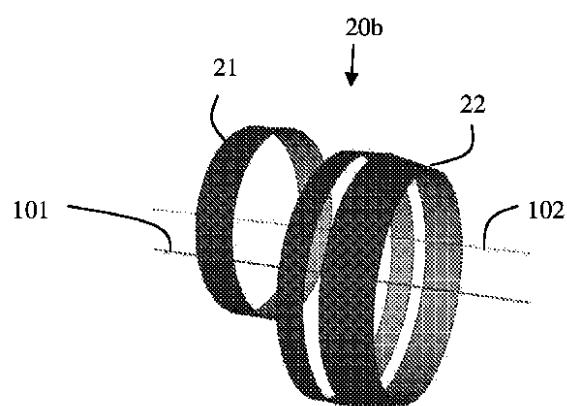
*Fig. 1*

【図2a】

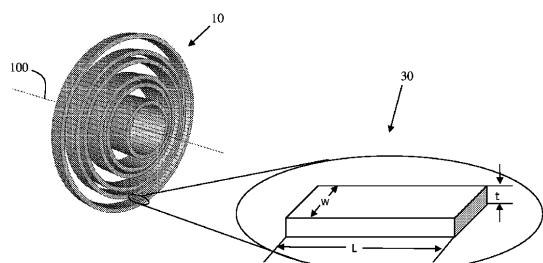


*Fig 2a*

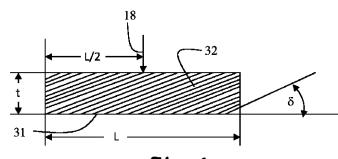
【図 2 b】

**Fig. 2b**

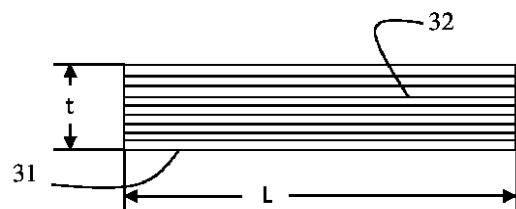
【図 3】

**Fig. 3**

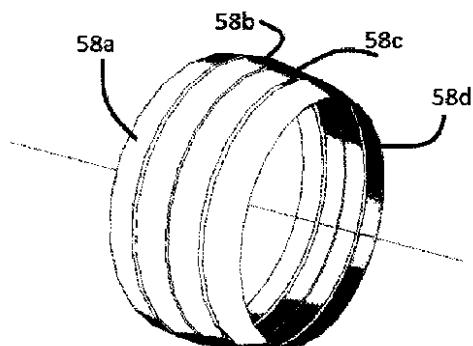
【図 4 a】

**Fig. 4a**

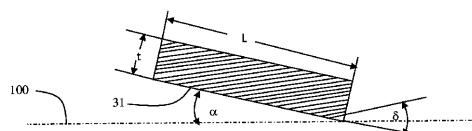
【図 4 b】

**Fig. 4b**

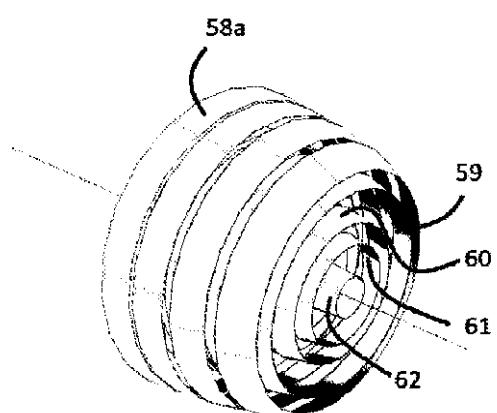
【図 5 a】



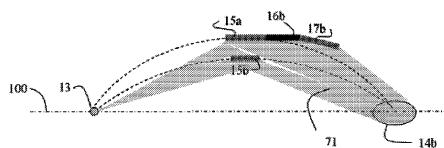
【図 4 c】

**Fig. 4c****Fig. 5a**

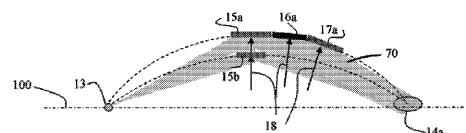
【図 5 b】



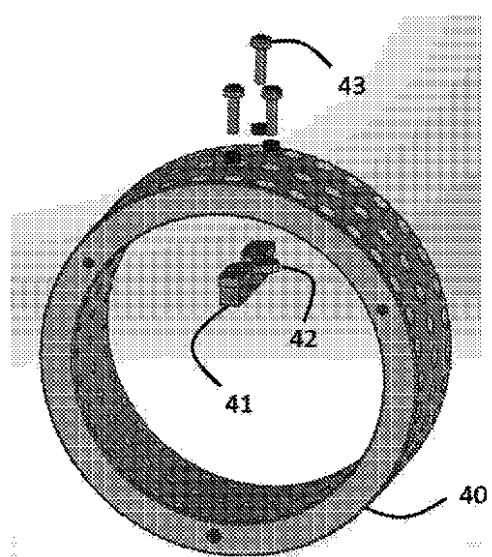
【図 6 b】

*Fig. 6b**Fig. 5b*

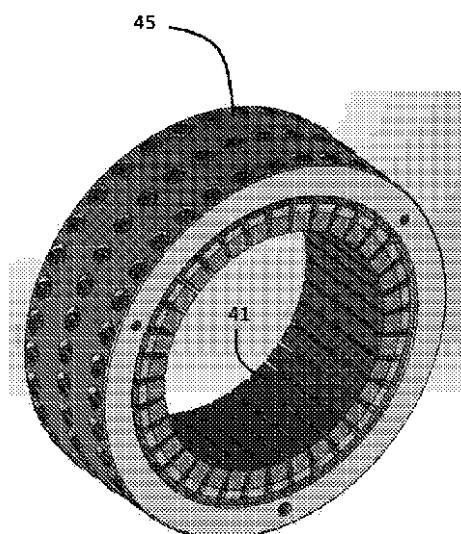
【図 6 a】

*Fig. 6a*

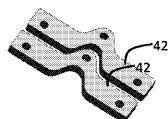
【図 7 a】



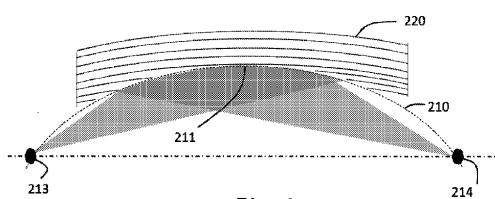
【図 7 b】

*Fig. 7a**Fig. 7b*

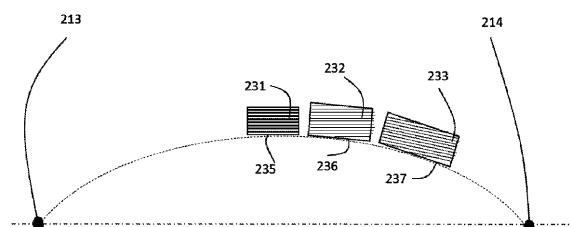
【図 7 c】

*Fig. 7c*

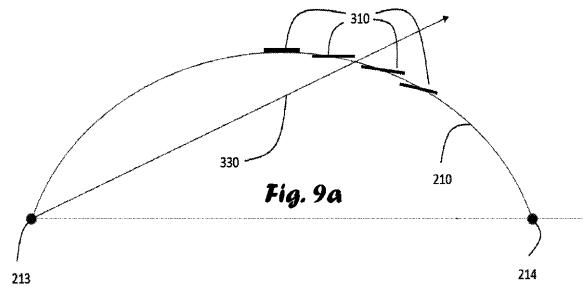
【図 8 a】

*Fig. 8a*

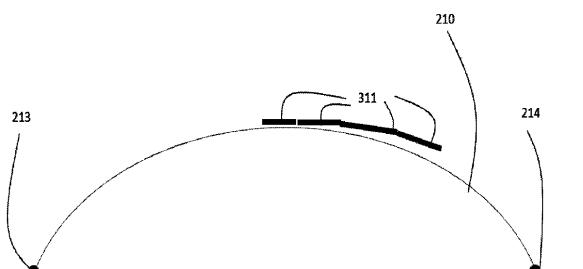
【図 8 b】

*Fig. 8b*

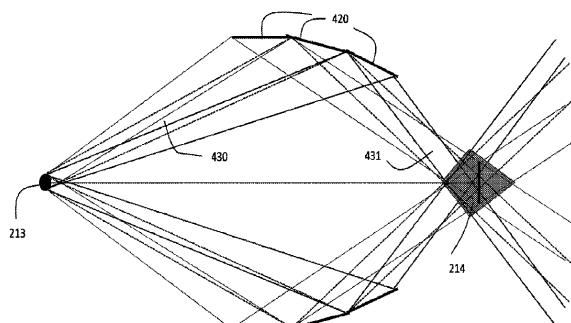
【図 9 a】

*Fig. 9a*

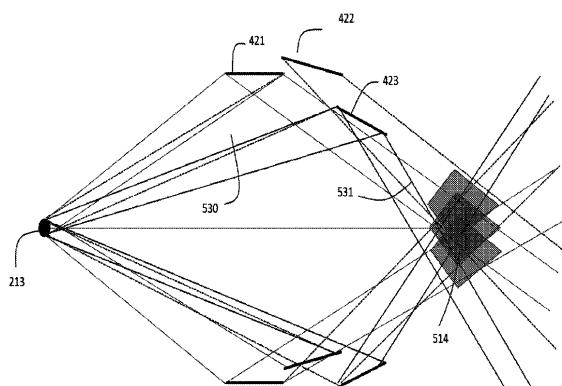
【図 9 b】

*Fig. 9b*

【図 10】

*Fig. 10*

【図 11】

*Fig. 11*

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IL2018/050708
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC (2018.01) G21K 1/06, A61N 5/00, G01N 23/083 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) IPC (2018.01) G21K, A61N, G01N		
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 practicable, search terms used) Databases consulted: Google Patents, Google Scholar, PatBase Search terms used: X-ray, Bragg, Rowland, Johansson, Johan, lens/mirror, tile/segment/section, ring, crystal, converge/focus/concentrate, adjust, thread screw, angle, tilt, coaxial.		
<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 2005/0201517 A1 Chen 15 Sep 2005 (2005/09/15) The entire document.	1,3
Y	The entire document.	2
A	The entire document.	4
X	WO 2016108235 A1 Convergent R.N.R Ltd. 07 Jul 2016 (2016/07/07) The entire document.	1,3,4
Y	The entire document.	2
Y	US 5787146 A Giebelner 21 Jul 1998 (1998/07/21) Abstract, page 3, lines 49-56, page 7, lines 41-46, fig. 7.	2
<input checked="" 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 application or patent 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		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search  19 Nov 2018	Date of mailing of the international search report  19 Nov 2018	
Name and mailing address of the ISA: Israel Patent Office Technology Park, Bldg.5, Malcha, Jerusalem, 9695101, Israel Facsimile No. 972-2-5651616	Authorized officer SIGALOV Olga  Telephone No. 972-2-5651781	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/IL2018/050708
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/0052128 A1 Yun et al. 23 Feb 2017 (2017/02/23) Abstract, paragraph [0090], fig. 14.	1-4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No. PCT/IL2018/050708
--

Patent document cited search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication Date
US 2017/0052128 A1	23 Feb 2017	US 2017052128 A1		23 Feb 2017
US 2005/0201517 A1	15 Sep 2005	US 2005201517 A1		15 Sep 2005
		US 7035374 B2		25 Apr 2006
		AT 488011 T		15 Nov 2010
		AU 2003256831 A1		23 Feb 2004
		AU 2003256831 A8		23 Feb 2004
		DE 60334910 D1		23 Dec 2010
		EP 1527461 A2		04 May 2005
		EP 1527461 B1		10 Nov 2010
		JP 2005534921 A		17 Nov 2005
		WO 2004013867 A2		12 Feb 2004
		WO 2004013867 A3		05 Aug 2004
WO 2016108235 A1	07 Jul 2016	WO 2016108235 A1		07 Jul 2016
		US 2018033513 A1		01 Feb 2018
US 5787146 A	21 Jul 1998	US 5787146 A		28 Jul 1998

---

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,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,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT

(72)発明者 バル - ダビデ , アハロン

イスラエル国 3 6 8 6 0 0 1 ネシェル , ハエシェル 1

(72)発明者 マルコビッチ , ミリ

イスラエル国 3 4 7 4 5 1 0 ハイファ , ハラカフォト・ストリート 1 0 / 6

(72)発明者 ケラー , アビガイル

イスラエル国 3 4 6 0 5 1 3 ハイファ , アインスティエン・ストリート 1 3

(72)発明者 ブルシュタイン , ゼーブ

イスラエル国 7 4 0 4 6 0 9 ネスジオナ , マッカビ・ストリート 9 ピー

(72)発明者 ハレル , ゼーブ

イスラエル国 4 4 3 5 8 4 6 クファル・サバ , ダビデ・エラザール・ストリート 8