

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2004年7月15日 (15.07.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/058070 A1

(51)国際特許分類⁷:

A61B 6/00

(21)国際出願番号:

PCT/JP2003/016670

(22)国際出願日: 2003年12月25日 (25.12.2003)

(25)国際出願の言語:

日本語

(26)国際公開の言語:

日本語

(30)優先権データ:

特願2002-376018

2002年12月26日 (26.12.2002) JP

(71)出願人および

(72)発明者: 百生敦 (MOMOSE,Atsushi) [JP/JP]; 〒302-0124茨城県守谷市美園2-19-4 Ibaraki (JP).

(74)代理人: 成瀬重雄 (NARUSE,Shigeo); 〒102-0093 東京都千代田区平河町2丁目3番11号花菱イマス平河町ビル4階成瀬・稲葉・井波特許事務所 Tokyo (JP).

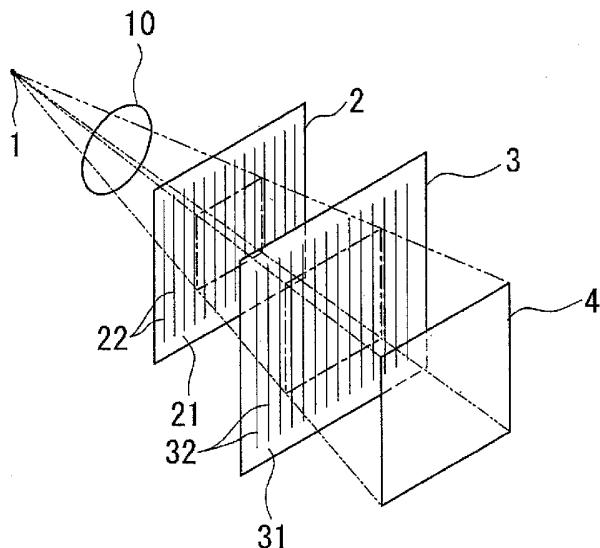
(81)指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84)指定国(広域): ARIPO特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッ

[続葉有]

(54) Title: X-RAY IMAGING SYSTEM AND IMAGING METHOD

(54)発明の名称: X線撮像装置および撮像方法



WO 2004/058070 A1

(57) Abstract: A system capable of X-ray imaging through a convenient structure. At first, a specimen (10) is placed between an X-ray source (1) and a first diffraction grating (2) and then X-rays are applied from the X-ray source (1) toward the first diffraction grating (2). When the X-rays pass through the first diffraction grating (2), Talbot's effect occurs in the first diffraction grating (2). Since the phase of the X-rays is shifted by the specimen (10), self image of the first diffraction grating (2) is deformed. Subsequently, the X-rays pass through a second diffraction grating (3). Since the deformed self image of the first diffraction grating (2) is superposed on the second diffraction grating (3), an image contrast, generally moiré fringes, can be created in the X-rays. The moiré fringes thus created can be detected by an X-ray image detector (4). Since the moiré fringes thus created have been modulated by the specimen (10), the specimen (10) and its internal structure can be detected by analyzing the detected moiré fringes.

(57)要約: この発明は、簡単な構造でX線撮像が可能な装置を提供するものである。この装置においては、まず、X線源1と第1の回折格子2との間に被検体10を配置する。ついで、X線源1から第1の回折格子2に向けてX線を照射する。照射された

[続葉有]



パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

- 國際調査報告書

X線は、第1の回折格子2を通過する。このとき、第1の回折格子2では、タルボ効果を生じる。ここで、被検体10によるX線の位相のずれがあるので、第1の回折格子2の自己像は、それに依存して変形している。続いて、X線は、第2の回折格子3を通過する。その結果、上記の変形した第1の回折格子2の自己像と第2の回折格子3との重ね合わせにより、X線に、一般的にはモアレ縞となる画像コントラストを生成することができる。生成したモアレ縞をX線画像検出器4により検出することができる。生成されたモアレ縞は、被検体10により変調を受けている。したがって、検出されたモアレ縞を解析することにより、被検体10およびその内部の構造を検出することができる。

明細書

X線撮像装置および撮像方法

技術分野

本発明は、X線の位相を利用するX線撮像装置に関するものである。

背景技術

可視光の領域では、回折格子によりタルボ効果を生じさせ、さらにもう一枚の回折格子を併用してモアレ縞を生成させるタルボ干渉計が知られている。これによつて、可視光の波面の可視化、すなわち位相を利用した画像コントラストの生成ができる。

一方、X線の領域でも位相を用いたX線撮像装置が研究開発されており、例えば特開平10-248833号公報記載の文献が知られている。しかしながら、この技術では、装置構成が複雑、あるいは、シンクロトロン放射光という巨大なX線源が必要、という不都合があつた。

発明の開示

本発明は、前記の事情に鑑みてなされたものである。本発明の目的は、簡便な構造により、X線の位相を利用したX線撮像が可能な装置を提供することである。

本発明のX線撮像装置は、第1および第2の回折格子と、X線画像検出器とを備え、前記第1の回折格子は、この第1の回折格子に照射されたX線によりタルボ効果を生じる構成となっており、前記第2の回折格子は、前記第1の回折格子により回折された前記X線を回折する構成となっており、前記X線画像検出器は、前記第2の回折格子により回折された前記X線を検出する構成となっているものである。

前記第2の回折格子が、前記第1の回折格子により回折されたX線を回折することにより、第1の回折格子の前面、あるいは、第1の回折格子と第2の回折格

子の間に配置された被検体によるX線の位相変化に起因する画像コントラストを形成できる。X線画像検出器は、この画像コントラストを生じたX線を検出することができる。

前記第1および第2の回折格子は、透過型のものとすることができる。

前記X線撮像装置は、さらにX線源を備えててもよい。このX線源は、第1の回折格子および第2の回折格子を介してX線画像検出器にX線を照射するものである。

前記X線撮像装置は、X線源と第1の回折格子との間に被検体を配置できるようになっていてもよい。

X線源から第1の回折格子までの距離と、第1の回折格子における周期との比を、X線源から第2の回折格子までの距離と、第2の回折格子における周期との比にほぼ等しく設定することができる。

第1の回折格子は、照射されたX線に対して約80°～100°の位相変調を与える構成となっていてもよい。

前記第1および第2の回折格子における周期を互いにほぼ等しくしてもよい。

前記X線画像検出器で検出されるX線の画像に、モアレ縞が形成されていてもよい。

前記第1または第2の回折格子を、相対的に回転可能とし、これにより、モアレ縞の間隔を調整可能としてもよい。

前記第1および第2の回折格子が、それぞれ、前記X線を回折させる回折部材を備え、前記回折部材が、少なくとも一方向に延長され、前記第1の回折格子または第2の回折格子が、これらの回折格子面に沿い、かつ、前記回折部材に交差する方向に沿って移動可能とされていてもよい。

本発明のX線撮像方法は、X線源と、第1および第2の回折格子と、X線画像検出器とを用い、さらに、以下のステップを備える。

- (1) 前記X線源と前記第1の回折格子との間、または、前記第1の回折格子と前記第2の回折格子との間に被検体を配置するステップ；
- (2) 前記X線源から前記第1の回折格子に向けてX線を照射するステップ；
- (3) 前記第1の回折格子により回折されてタルボ効果を生じた前記X線が前記

第 2 の回折格子に照射されるステップ；

(4) 前記第 2 の回折格子より、前記第 1 の回折格子で回折された前記 X 線が回折されるステップ；

(5) 前記 X 線画像検出器が、前記第 2 の回折格子により回折された前記 X 線を検出するステップ。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態に係る X 線撮像装置の概略的な構成を示す説明図である。

図 2 は、第 1 の回折格子の断面図である。

図 3 は、第 2 の回折格子の断面図である。

図 4 は、図 1 の X 線撮像装置の側面図である。

図 5 は、実験例 1 における X 線タルボ効果の実験結果を示す図であり、回折格子から測定面までの距離が 32 cm の時の図である。

図 6 は、実験例 1 における X 線タルボ効果の実験結果を示す図であり、回折格子から測定面までの距離が 64 cm の時の図である。

図 7 は、実験例 1 における X 線タルボ効果の実験結果を示す図であり、回折格子から測定面までの距離が 96 cm の時の図である。

図 8 は、実験例 2 における X 線タルボ干渉計の実験結果を示す図である。

図 9 は、実験例 3 において得られた位相シフト微分像を示す図である。

図 10 は、実験例 3 におけるトモグラフィで得られた立体画像である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の一実施形態に係る X 線撮像装置を以下に説明する。この撮像装置は、X 線源 1 と、第 1 の回折格子 2 と、第 2 の回折格子 3 と、X 線画像検出器 4 とを主要な構成として備えている（図 1 参照）。X 線源 1 は、「第 1 の回折格子 2 に X 線を照射したとき、タルボ効果を発生させうるだけの空間的干渉性」を有するものとする。例えば、「X 線の発光点のサイズ（つまり X 線源の開口径）を 30 ミクロン程度とし、その X 線源から約 5 メートル以上の位置での空間的干渉性」がそ

れに相当する。X線源1、回折格子2および回折格子3によってタルボ干渉計が構成される条件は後述する。

第1の回折格子2は、基板21と、この基板21に取り付けられた複数の回折部材22とを備えている(図2参照)。基板21は、例えばガラスである。複数の回折部材22は、いずれも一方向(図2中紙面の厚さ方向)に延びる線状とされている。複数の回折部材22どうしの間隔(つまり回折格子の周期)d(図2参照)は、この実施形態では、一定(つまり回折部材22どうしは等間隔)とされている。複数の回折部材22の素材としては、例えば金を用いることができる。回折部材22としては、照射されるX線に対して約80°～100°(理想的には90°)の位相変調を与える、いわゆる位相型回折格子を構成するものであることが好ましい。つまり、回折部材22は、その部分に照射されたX線の位相速度を変化させることになる。X線はかならずしも単色である必要はなく、上記条件を満たす範囲のエネルギー幅(つまり波長スペクトル幅)を有しても構わない。

第2の回折格子3は、前記第1の回折格子2と同様に、基板31と回折部材32とを備えている(図3参照)。第2の回折格子3は、第1の回折格子2により回折されたX線を回折することにより、画像コントラストを形成する構成となっている。第2の回折格子3については、回折部材32をより厚くした振幅型回折格子であることが望ましいが、第1の回折格子2と同様に構成することも可能である。

X線画像検出器4は、画像コントラストを生じたX線を検出するものである。このような検出器4は、従来のX線撮像装置に使われているものと同様でよいので、詳細な説明を省略する。

次に、第1・第2の回折格子2・3がタルボ干渉計を構成する条件を説明する。まず、可干渉距離1は、次のようになる。

$$l = \frac{\lambda}{a/(L+Z_1+Z_2)} \quad (1)$$

ここで、

λ : X線の波長(通常は中心波長)、

a : 回折部材にほぼ直交する方向における X 線源の開口径、

L : X 線源から第 1 の回折格子までの距離（図 4 参照）、

Z_1 : 第 1 の回折格子から第 2 の回折格子までの距離、

Z_2 : 第 2 の回折格子から検出器までの距離

である。

また、第 1 の回折格子 2 と第 2 の回折格子 3 との距離 Z_1 は、第 1 の回折格子 2 が位相型回折格子であることを前提にすれば、次の条件をほぼ満たさねばならない。

$$Z_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{d^2}{\lambda} \quad (2)$$

ただし m は整数、 d は前記した格子部材の周期である。ここで、 $l = \alpha d$ とすると、式 (1) における α は、 $\alpha > 5(m+1/2)$ であることが望ましい。

つぎに、本実施形態の X 線撮像装置の動作について説明する。

この撮像装置は、 X 線源 1 と第 1 の回折格子 2 との間に被検体 10 （図 1 および図 4 参照）を配置した状態で使用する。ついで、 X 線源 1 から第 1 の回折格子 2 に向けて X 線を照射する。すると、照射された X 線は、第 1 の回折格子 2 を通過する。このとき、第 1 の回折格子 2 では、タルボ効果を生じる。ここで、タルボ効果とは、平面波が回折格子を通過したとき、位相型回折格子の場合、式 (2) で与えられる距離において回折格子の自己像を形成することである。今の場合、被検体 10 による X 線の位相のずれがあるので、第 1 の回折格子 2 に入射する X 線の波面が歪んでいる。したがって、第 1 の回折格子 2 の自己像はそれに依存して変形している。続いて、 X 線は、第 2 の回折格子 3 を通過する。その結果、上記の変形した第 1 の回折格子 2 の自己像と第 2 の回折格子 3 との重ね合わせにより、 X 線に画像コントラストを生成することができる。画像コントラストは一般にモアレ縞となっており、 X 線画像検出器 4 により検出することができる。生成されたモアレ縞は、被検体 10 により変調を受けている。その変調量は、被検体 10 による屈折効果によって X 線が曲げられた角度に比例している。したがって、 X 線画像検出器 4 で検出されたモアレ縞を解析することにより、被検体 10 およびその内部の構造を検出することができる。

なお、第1または第2の回折格子2・3の回折部材が、X線源とX線画像検出器を通る仮想的な軸のまわりに相対的に微小角 θ だけ回転して配置してあるとする。 θ の大きさによって、発生するモアレ縞の間隔が変わる。被検体10が無いとすると、モアレ縞の間隔は d/θ で与えられる。ここでdは回折格子の周期である。微小角 θ を変えるための機構（例えば、第1の回折格子2および第2の回折格子3の一方を他方に対して相対的に回転させる機構）を備えれば、観察に好ましいようにモアレ縞を調整することが可能となる。また、微小角 θ をほぼゼロになるように調整すれば、被検体10に対応する部分以外では（つまり非変調部分では）モアレ縞は現れない。その結果、得られたX線画像では、被検体10によるコントラストのみが現れる。

また、前記の例では、被検体10がX線源1と回折格子2との間に位置する場合を説明したが、被検体10が回折格子2と回折格子3の間に位置する場合であっても、回折格子3の位置に生成される回折格子2の自己像が被検体10により変形する。したがって、この場合でも、X線画像検出器4により、前記の例と本質的に同様に、被検体10に起因して変調されたモアレ縞（画像コントラスト）を検出することができる。すなわち、本実施形態の装置では、被検体10が回折格子2と回折格子3の間に位置する場合の撮像も有効である。

本実施形態の装置によれば、X線の吸収の大小にコントラスト生成を頼る一般的方法では観察しにくい被検体に対して、簡便な構成によってX線撮像を実現することができるという利点がある。

（実験例1）

X線を回折格子に照射することによってタルボ効果を生じさせた実験例1を示す。

（実験条件）

使用X線：波長0.1 nmのシンクロトロン放射光。

回折格子：厚さ150ミクロンのガラス板上に、厚さ約1ミクロンの金のパターンを周期 $d = 8$ ミクロンで形成したもの。

位相型回折格子でタルボ効果が発生する条件は

$$Z = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{d^2}{\lambda}$$

であるので、まず $m=0$ のときに対応して、第 1 の回折格子 2 から検出面までの距離 Z が 3.2 cm のとき、回折格子の自己像が形成されるはずである。そこで、距離 Z が 3.2 cm の位置に高解像度の X 線画像検出器を配置し、画像を記録した。その結果が図 5 である。同様に、距離 Z が 6.4 cm のときは上の条件から最もはずれるので、自己像が不明瞭になった（図 6）。距離 Z が 9.6 cm のとき、 $m=1$ の場合に相当し、回折格子の自己像が再び形成された（図 7）。これにより、タルボ効果の発生が示された。

本実験例 1 では、自己像を直接観察する目的があったために高解像度の X 線画像検出器を使用したが、タルボ干渉計として使用するときはモアレ縞が観察できればよいので、必ずしも高解像度の X 線画像検出器は必要としない。

（実験例 2）

ここで X 線タルボ効果を利用した本実施形態の実験例 2 を示す。

（実験条件）

使用 X 線：波長 0.1 nm のシンクロトロン放射光。

回折格子 2：厚さ 150 ミクロンのガラス板上に、厚さ約 1 ミクロンの金のパターンを周期 $d = 8$ ミクロンで形成したもの。

回折格子 3：厚さ 150 ミクロンのガラス板上に、厚さ約 8 ミクロンの金のパターンを周期 $d = 8$ ミクロンで形成したもの。

回折格子 2 および 3 の間隔 Z_1 を、回折格子 2 によるタルボ効果が現れる 3.2 cm とした。被検体 1.0 として直径約 1 mm のプラスチック球を用いた。

被検体 1.0 は、X 線源 1 と第 1 の回折格子 2 との間であって、かつ、第 1 の回折格子 2 の直前に配置した。

この状態で、X 線源から照射された X 線を、回折格子 3 の直後に配置された X 線画像検出器 4 により検出した。その結果、図 8 に示される画像を得ることができた。この実験では、 $\theta \approx 0^\circ$ になるように調整したので、モアレ縞はほぼ発生しておらず、被検体としてのプラスチック球による位相のずれに対応するコント

ラストだけが現れている。この実験例では、球およびその内部に存在する気泡が明瞭に捉えられている。

なお、前記実験例 2 では、第 1 および第 2 の回折格子を透過型としたが、反射型でもよい。ただし、X線の反射量は一般に少ないので、透過型のほうが効率がよい。

また、前記実験例 2 では、第 1・第 2 の回折格子 2・3 における周期を一様且つ同じとしたが、これは、図 1 に示す距離 Z_1 に比べて、X線源までの距離 L が十分に大きいという仮定が可能であったからである。一般的には、X線源 1 から第 1 の回折格子 2 までの距離と第 1 の回折格子における周期との比を、X線源 1 から第 2 の回折格子 3 までの距離と第 2 の回折格子 3 における周期との比にほぼ等しくするのが望ましい。

さらに、前記実験例 2 では、第 1 の回折格子が、照射された X 線に対して位相差を与える構成（位相型回折格子）となっているが、X 線に対して強度差を与える構成（振幅型回折格子）であってもよい。この場合、回折部材が X 線を吸収する構成とすればよい。この場合でも、前記した原理でタルボ干渉計を構成できる。

また、前記実験例 2 では、第 1 および第 2 の回折格子 2 および 3 を平板状としているが、球面状としてもよい。この場合、線源を曲率中心とする球面とすることが好ましい。

また、前記実施形態においては、被検体または撮像系（線源と各回折格子と検出器）のいずれかを回転させて複数の投影方向で画像を取得し、それらにトモグラフィによる処理を施すことにより、被検体およびその内部の構造を立体的に観察することもできる。なお、この場合、従来のトモグラフィと異なり、屈折率分布により立体像が形成されることになり、従来のトモグラフィの感度では描出しづらい構造を描出することが可能となる。

(実験例 3)

ここで、本実施形態に係る装置を用いたトモグラフィの実験例を示す。

(実験条件)

実験例 3 の実験条件は、実験例 2 と同一である。

本実施形態を用いたトモグラフィでは、つぎの三つの手順が必要となる。手順1は、X線画像検出器4により検出されたX線画像（以下「モアレ縞画像」という）から、「被検体10による屈折効果によってX線が曲げられる角度の分布像」（以下「位相シフト微分像」という）への変換である。手順2は、位相シフト微分像を積分することにより、位相のずれそのものを表す像（以下「位相シフト像」という）を取得することである。手順3は、複数の投影方向で得られる位相シフト像を用いて、トモグラフィにより立体像を再構成することである。

手順1には、縞走査法を用いる。この方法では、回折格子2あるいは3の一方を、他方に対して相対的に並進移動させる。並進方向は、移動させる回折格子の面にほぼ平行であり、かつ、回折部材にほぼ垂直な方向である。したがって、本実施形態の装置によりトモグラフィを行う場合は、第1の回折格子2または第2の回折格子3を移動させる移動機構を本実施形態の装置にさらに備えることが好ましい。

回折格子の並進移動に伴って、モアレ縞は移動し、並進距離が回折格子の1周期に達すると、モアレ縞画像は元に戻る。縞走査法は、モアレ縞画像の変化を1周期の整数分の1ずつ並進させながら記録し、それらを演算処理することにより位相シフト微分像 $\phi(x,y)$ を得るものである。 (x,y) は画素の位置を示す座標である。上記並進移動量を ξ として、モアレ縞画像 $I(x,y)$ は一般的に

$$I(x, y) = A_0 + \sum_{k>0} A_k \cos \left[\frac{2\pi k}{d} \{ \Delta(x, y) + Z_1 \phi(x, y) + \xi \} \right] \quad (3)$$

で与えられる。ここで A_k ($k = 0, 1, \dots$)は、回折格子の形状により決まる定数である。 $\Delta(x,y)$ は、回折格子の歪、製作誤差、および配置誤差によって被検体とは関係なく発生するコントラストの寄与を表すものである。 d は、並進移動させる回折格子の周期、 Z_1 は、回折格子2と回折格子3の間隔である。今、 ξ をステップ d/M (M :整数) で変化させながら M 枚のモアレ縞画像を取得するとする。式(3)において $k > N$ の項が十分小さく無視できるとすれば、 $M > N+1$ を満たすように M を選べば

$$\frac{2\pi}{d} \{ \Delta(x, y) + Z_1 \varphi(x, y) \} = \arg \left[\sum_{p=1}^M I_p(x, y) \exp \left(-2\pi i \frac{p}{M} \right) \right]$$

が満たされる。 $\arg []$ は偏角の抽出を意味する。 $I_p(x, y)$ は、 $\xi = pd/M$ としたときの式(3)の値である。 d および Z_1 は既知であり、 $\Delta(x, y)$ は被検体が無いとき(すなわち $\varphi(x, y) = 0$)に同様の測定を行って求め求めることができる。したがって、以上より $\varphi(x, y)$ を得ることができる。

第2の回折格子3を $M=5$ で並進させて取得した画像から得られた位相シフト微分像 $\varphi(x, y)$ を図9に示す。被検体10には、直径約1mmのプラスチック球(図8の例と同一)を用いた。図9には、プラスチック球の内部に含まれていた気泡も含めて、位相シフト微分像が良く描出されている。

位相シフト像 $\Phi(x, y)$ と位相シフト微分像 $\varphi(x, y)$ とは

$$\varphi(x, y) = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial x}$$

で関係付けられる。ここで x は、上記縞走査法により回折格子を並進移動させる方向にあたる。これより、位相シフト像 $\Phi(x, y)$ は、 $\varphi(x, y)$ を x 軸に沿って積分することにより与えられる。これが手順2である。

位相シフト像 $\Phi(x, y)$ は、被検体の屈折率分布を $n(x, y, z)$ として

$$\Phi(x, y) = \frac{2\pi}{\lambda} \int [1 - n(x, y, z)] dz$$

で与えられる。ここで z 軸は、X線が進む方向である。トモグラフィは、二次元画像である投影像を複数の投影方向から取得できる場合に、それらから被検体の三次元像を再構成する技術である。位相シフト像 $\Phi(x, y)$ は、 $1 - n(x, y, z)$ の投影像にあたるので、複数の投影方向から位相シフト分布像が得られれば、 $n(x, y, z)$ を示す立体像が再構成される(手順3)。なお、手順2と手順3は一括して同時にあってよい。図9のプラスチック球について、前記の手順を用いて立体画像を再構成した結果を図10に示す。図10の例は、プラスチック球を 0.72° ずつ回転して、図9にあたる画像を250枚取得し、これらの画像を用いて再構成した結果である。プラスチック球の内部を示すために、コンピュータ処理により一部を

除いて表示している。

なお、このような撮像手法は、手順3まで進まなくては意味が無いものではなく、前記した実施形態のX線画像検出器4により直接得られた画像(生画像)、位相シフト微分像 $\phi(x,y)$ 、および位相シフト像 $\Phi(x,y)$ のいずれも、撮像の目的に応じて十分に利用できるものである。

また、前記実施形態では、第1および第2の回折格子として基板に回折部材を取り付けた構造を示したが、この構造には限定されない。回折格子の構造としては、例えば、平板の両面に回折部材を取り付け、これにより、第1及び第2の回折部材とする構成でもよい。さらには、屈折率(または吸収率)が異なる二種類のフィルムあるいは箔を交互に多数積層し、それをフィルムあるいは箔の厚さ方向に切ることで回折格子を構成しても良い。

また、前記実施形態では、X線源1を含む構成としたが、X線源1が無い装置としてもよい。この場合は、使用時において、X線源と組み合わせればよい。

なお、前記実施形態および実施例の記載は単なる一例に過ぎず、本発明に必須の構成を示したものではない。各部の構成は、本発明の趣旨を達成できるものであれば、上記に限らない。

たとえば、前記した各実施形態における構成要素は、機能要素として存在していればよく、装置または部品としては、他の要素と統合されていてもよく、また複数の部品によって一つの要素が実現されていてもよい。

産業上の利用の可能性

本発明によれば、簡便な構造でX線の位相を利用したX線撮像が可能な装置を提供することができる。

請求の範囲

1. 第1および第2の回折格子と、X線画像検出器とを備え、前記第1の回折格子は、この第1の回折格子に照射されたX線によりタルボ効果を生じる構成となっており、前記第2の回折格子は、前記第1の回折格子により回折された前記X線を回折する構成となっており、前記X線画像検出器は、前記第2の回折格子により回折された前記X線を検出する構成となっていることを特徴とするX線撮像装置。
2. 前記第1および第2の回折格子は透過型のものであることを特徴とする請求項1記載のX線撮像装置。
3. さらにX線源を備え、前記X線源は、前記第1の回折格子および前記第2の回折格子を介して前記X線画像検出器にX線を照射するものであることを特徴とする請求項1または2に記載のX線撮像装置。
4. さらに、前記X線源と前記第1の回折格子との間に被検体を配置できるようになっていることを特徴とする請求項3記載のX線撮像装置。
5. 前記X線源から前記第1の回折格子までの距離と前記第1の回折格子における周期との比は、前記X線源から前記第2の回折格子までの距離と前記第2の回折格子における周期との比にほぼ等しいことを特徴とする請求項3または4に記載のX線撮像装置。
6. 前記第1の回折格子は、照射されたX線に対して約80°～100°の位相変調を与える構成となっていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載のX線撮像装置。
7. 前記第1および第2の回折格子における周期は互いにほぼ等しいことを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載のX線撮像装置。
8. 前記X線画像検出器で検出されるX線の画像には、モアレ縞が形成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載のX線撮像装置。
9. 前記第1または第2の回折格子は、相対的に回転可能とされており、これにより、前記モアレ縞の間隔が調整可能となっていることを特徴とする請求項8に記載のX線撮像装置。

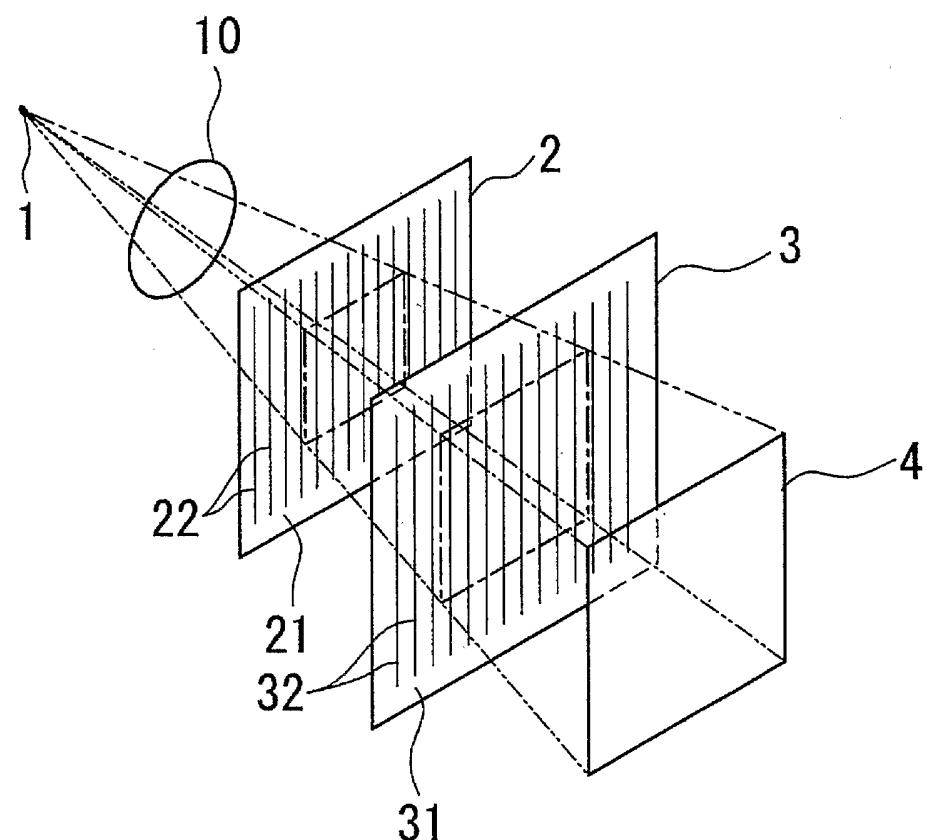
10. 前記第1の回折格子と前記第2の回折格子との間に被検体を配置できるようになっていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載のX線撮像装置。

11. 前記第1および第2の回折格子は、それぞれ、前記X線を回折させる回折部材を備えており、前記回折部材は、少なくとも一方方向に延長されており、前記第1の回折格子または第2の回折格子は、これらの回折格子面に沿い、かつ、前記回折部材に交差する方向に沿って移動可能とされていることを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載のX線撮像装置。

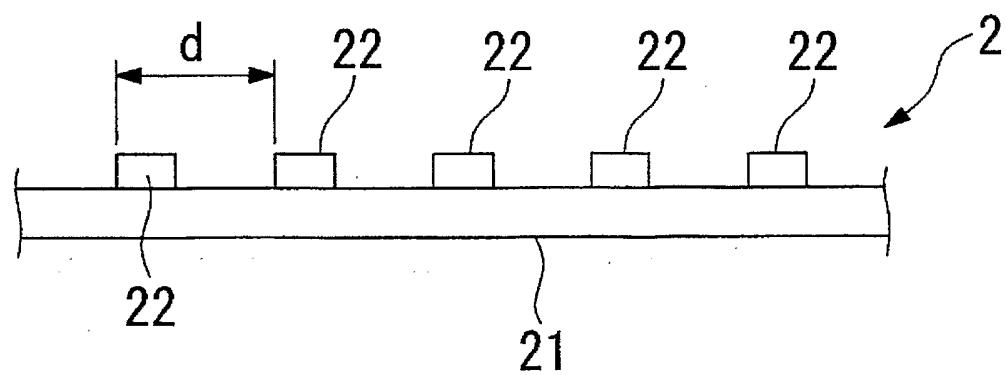
12. X線源と、第1および第2の回折格子と、X線画像検出器とを用い、さらに、以下のステップを備えるX線撮像方法；

- (1) 前記X線源と前記第1の回折格子との間、または、前記第1の回折格子と前記第2の回折格子との間に被検体を配置するステップ；
- (2) 前記X線源から前記第1の回折格子に向けてX線を照射するステップ；
- (3) 前記第1の回折格子により回折されてタルボ効果を生じた前記X線が前記第2の回折格子に照射されるステップ；
- (4) 前記第2の回折格子より、前記第1の回折格子で回折された前記X線が回折されるステップ；
- (5) 前記X線画像検出器が、前記第2の回折格子により回折された前記X線を検出するステップ。

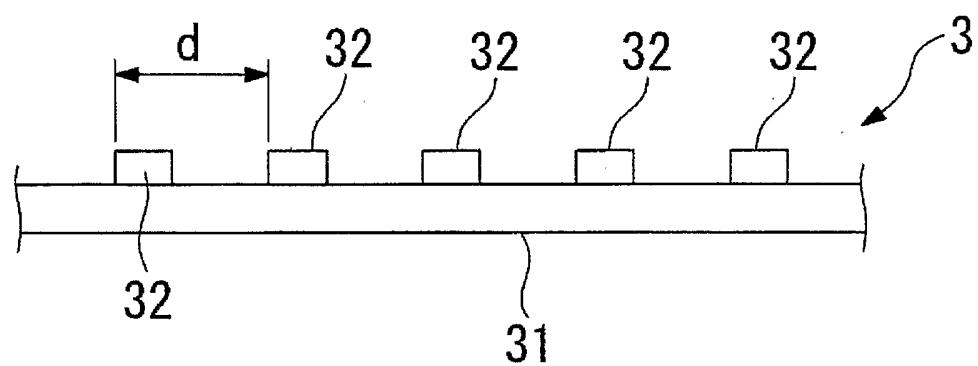
第1図



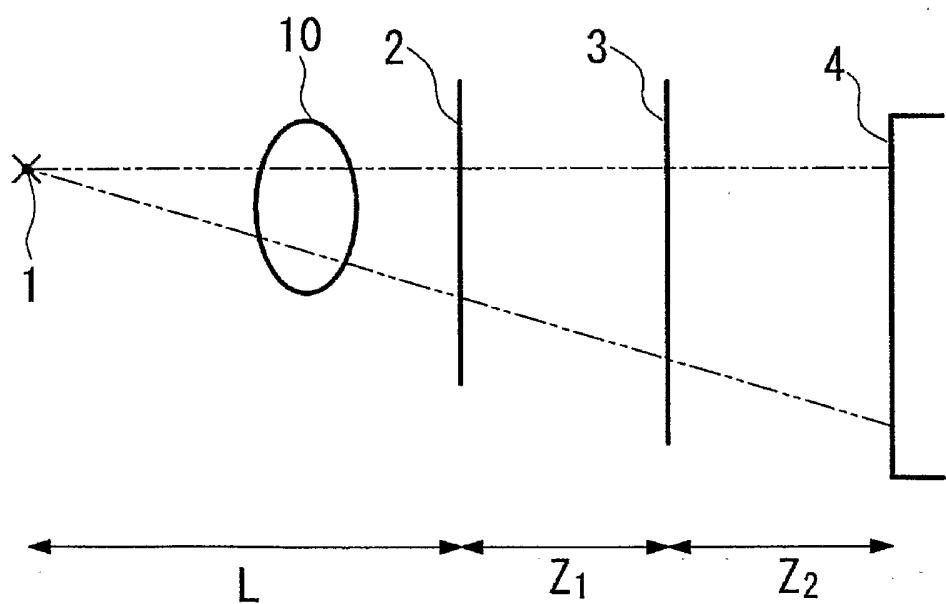
第2図



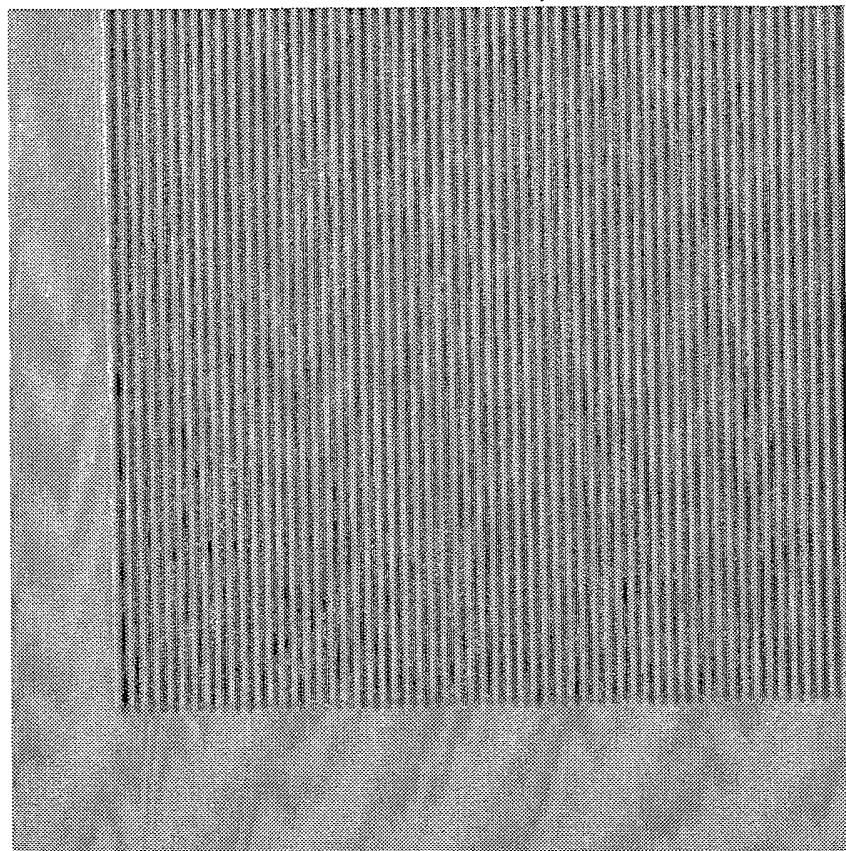
第3図



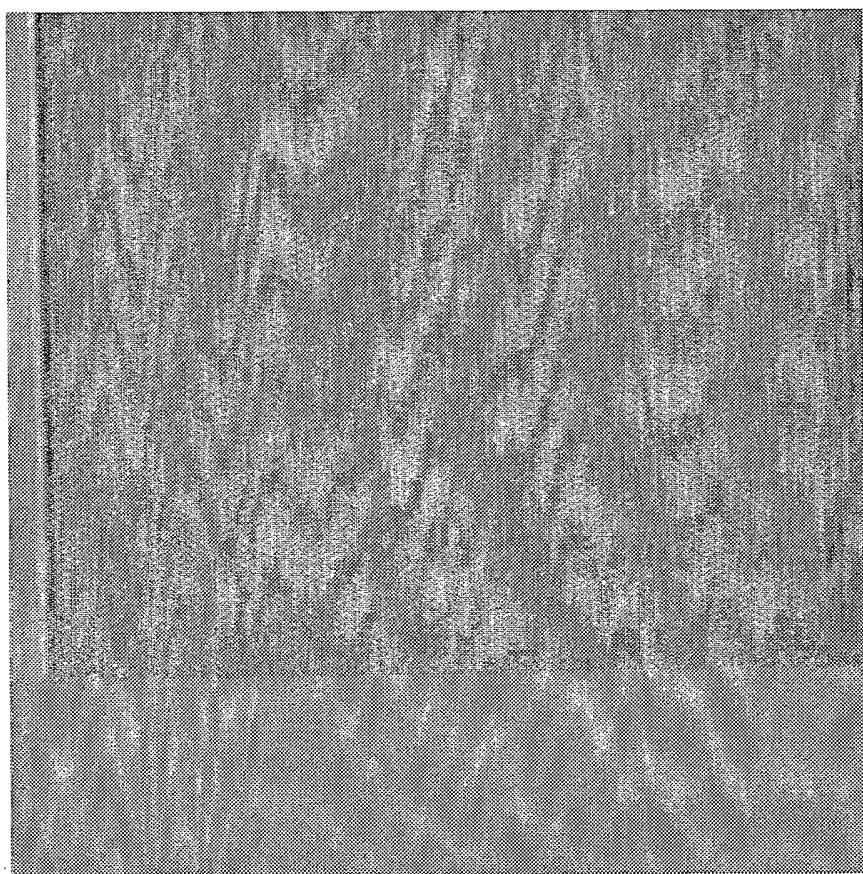
第4図



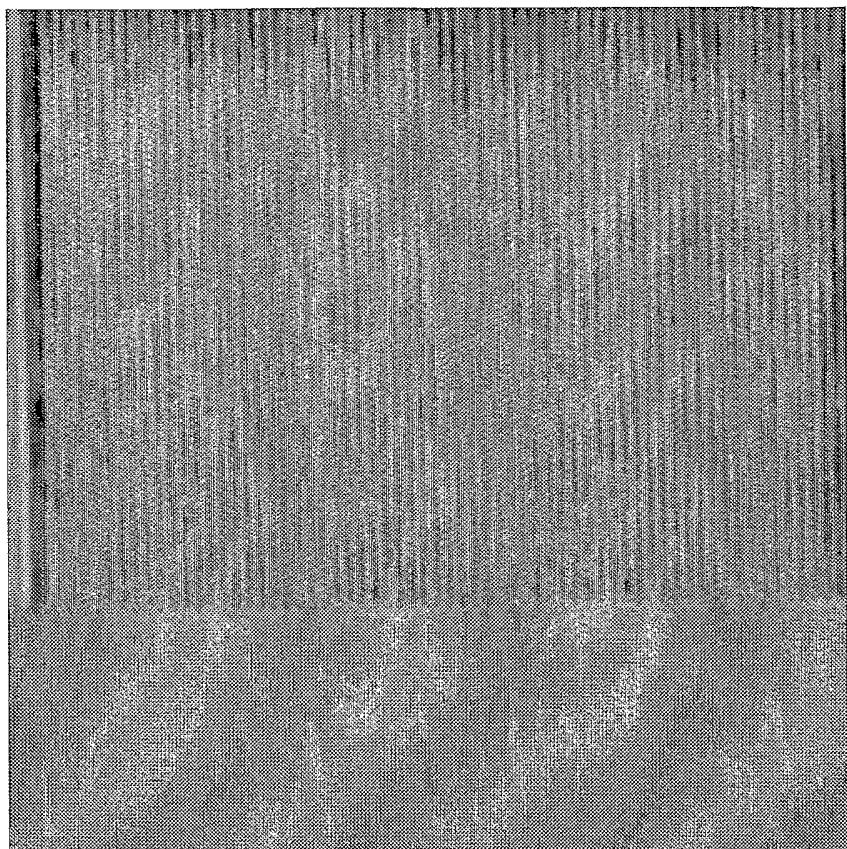
第5図



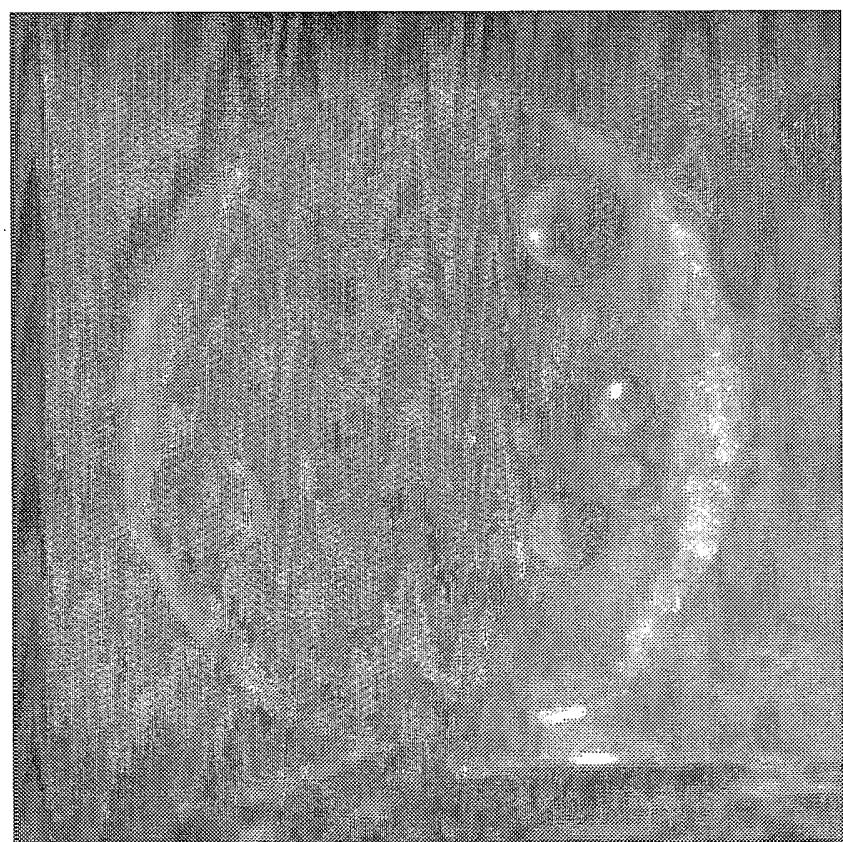
第6図



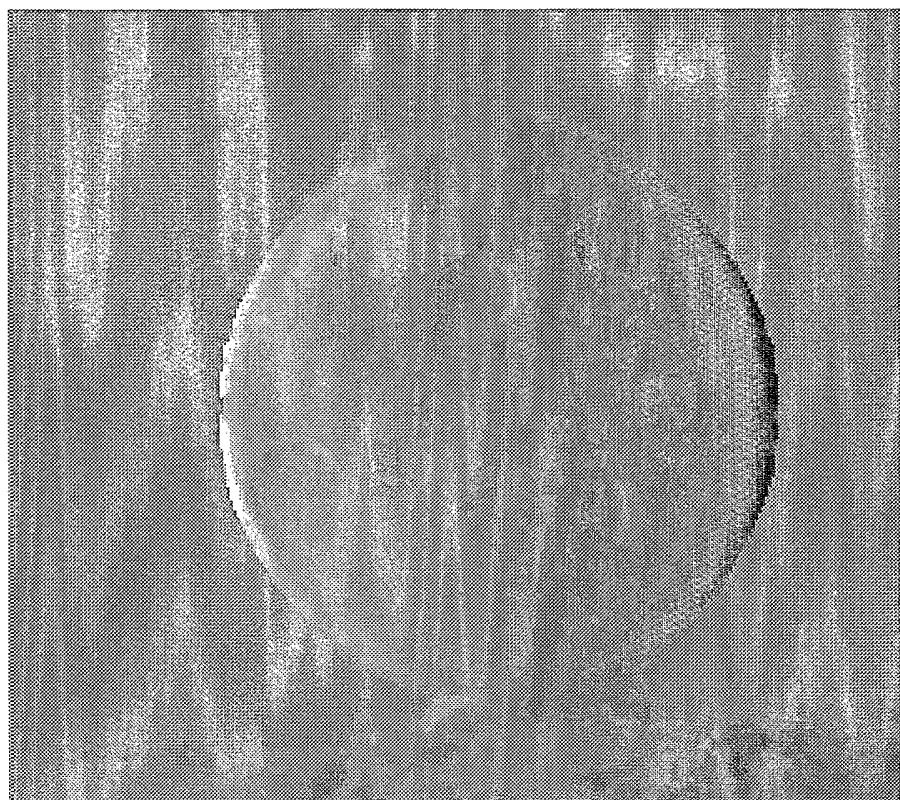
第7図



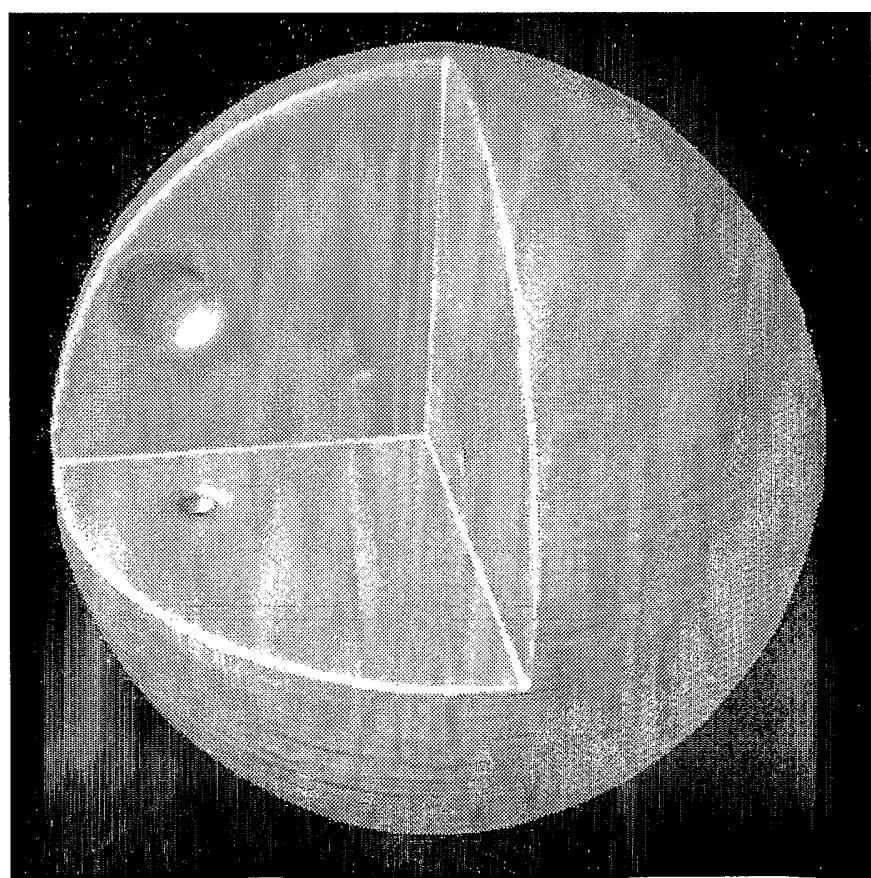
第8図



第9図



第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16670

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ A61B6/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ A61B6/00-6/14, G21K1/00-1/16, G01N23/00-23/227,
G03B42/00-42/08, G01T1/00-1/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	A. MOMOSE, Demonstration of X-ray Talbot interferometry, Japanese Journal of Applied Physics, 15 July, 2003 (15.07.03), Vol.42, Part 2, No.7B, pages 866 to 868	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C. 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	"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
"E"	earlier document but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"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
03 February, 2004 (03.02.04)

Date of mailing of the international search report
17 February, 2004 (17.02.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/16670

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 A61B6/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 A61B6/00-6/14 Int. C17 G21K1/00-1/16
 Int. C17 G01N23/00-23/227 Int. C17 G03B42/00-42/08
 Int. C17 G01T1/00-1/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	A. Momose, Demonstration of X-ray Talbot interferometry, Japanese Journal of Applied Physics, 15 July 2003, Vol. 42, Part 2, No. 7B, p. 866-868	1-12

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.02.2004

国際調査報告の発送日

17.2.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

安田 明央

2W 9309

電話番号 03-3581-1101 内線 3290