

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年1月30日 (30.01.2003)

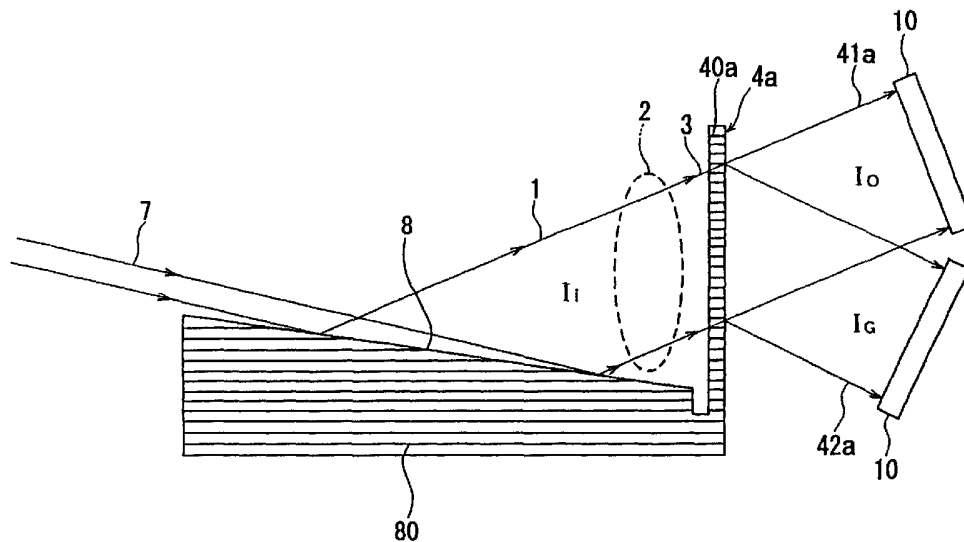
PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/008952 A1

- (51) 国際特許分類: G01N 23/04, 23/207 (74) 代理人: 岡崎 謙秀 (OKAZAKI, Kenshu); 〒150-0042 東京都渋谷区宇田川町37-10 麻仁ビル6階 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/06595
- (22) 国際出願日: 2002年6月28日 (28.06.2002) (81) 指定国 (国内): AU, CA, CN, IN, KR, SG, US.
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-211221 2001年7月11日 (11.07.2001) JP
特願2002-58053 2002年3月4日 (04.03.2002) JP
特願2002-186332 2002年6月26日 (26.06.2002) JP
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (71) 出願人 および
(72) 発明者: 安藤 正海 (ANDO, Masami) [JP/JP]; 〒305-0074 茨城県つくば市高野台2-5-13 Ibaraki (JP).
- 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。

(54) Title: NONDESTRUCTIVE ANALYSIS METHOD AND NONDESTRUCTIVE ANALYSIS DEVICE AND SPECIFIC OBJECT BY THE METHOD/DEVICE

(54) 発明の名称: 非破壊分析方法および非破壊分析装置ならびに当該方法・装置による特定物体



(57) Abstract: Novel nondestructive analysis method and nondestructive analysis device capable of providing a high-contrast image within an object easily and in one go by setting, when an object (2) is irradiated with homogenous, parallel X-rays (1) to beam a refraction X-ray (3) from the object (2) onto a transmitting crystal analysis element (4a), and the refraction X-ray (3) is separated spectrally into a front-direction refraction X-ray (41a) and a refraction-direction refraction X-ray (42a) by the dynamic refracting action of the transmitting crystal analysis element (4a), the thickness of the transmitting crystal analysis element (4a) to such one that, when no object is present, the intensity of either one of the front-direction refraction X-ray (41a) and the refraction-direction refraction X-ray (42a) is almost zero in comparison with the intensity of the other at the intensity of an X-ray little affected by a directly beamed X-ray.

[続葉有]



WO 03/008952 A1



(57) 要約:

単色平行X線（1）を物体（2）に照射し、物体（2）からの屈折X線等（3）を透過型結晶分析体（4 a）に入射させ、その屈折X線等（3）を透過型結晶分析体（4 a）の動力学的回折作用によって前方方向回折X線（4 1 a）と回折方向回折X線（4 2 a）とに分光する際に、透過型結晶分析体（4 a）の厚さを、予め、物体がないときに、前方方向回折X線（4 1 a）および回折方向回折X線（4 2 a）のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さに設定しておくことによって、物体内の高コントラスト像を一度に、且つ容易に得ることのできる、新しい非破壊分析方法および非破壊分析装置を提供する。

明細書

非破壊分析方法および非破壊分析装置
ならびに当該方法・装置による特定物体

技術分野

この出願の発明は、非破壊分析方法および非破壊分析装置、ならびに当該方法・装置による特定物体に関するものである。

背景技術

物体の内部構造を非破壊分析する技術としては、たとえばX線を利用して物体内の像を得る各種技術が既に提案されており、その一つに日本国特許第2694049号がある。

これは、単色X線を物体に照射し、物体からの屈折X線を結晶分析体（結晶分析板、結晶分析器等とも称する）に導き、結晶分析体から発せられる透過ビーム及び回折ビームによって物体内の像を得るものであって、結晶分析体が角度分析能力を持つことを利用している。角度分析によって得られる像は、透過ビームと回折ビームのコントラストの異なる類似の像（反対符号を有する像、すなわち一方は白黒そして他方が黒白）の対となっている。

また、他の一つには、米国特許第5,850,425号がある。これは、単色X線を物体に照射し、物体からの屈折X線を結晶分析体に導き、結晶分析体から発せられる結晶分析体のブラッグ反射により反射X線を利用するものである。

また、その他に、単色X線を物体に照射し、物体からの屈折X線を2回反射する1組の非対称反射型結晶分析体に導くことにより、1回目の反射により歪んだ画像を2回目の反射により歪みが矯正された画像を得る技術も既に提案されている。

しかしながら、これらの従来の非破壊分析技術においては、以下のような問題点があった。

すなわち、日本国特許第2694049号の非破壊分析技術においては、透過

型結晶分析体の角度分析能力を利用した場合、単色X線を生み出すモノクロメータの原子面と結晶分析体の原子面を平行にすることを考慮していないために波長分布の影響が残ってしまうという問題があり、さらには、結晶分析体を特定の厚さにすることを考慮していないために欲しい物体の像を一度に得られないので、結晶分析体を漸次回転しつつ白黒像さらには黑白像を蓄積し、計算機にかけてコントラストのある像を形成するといった煩雑な操作を必要とするといった問題があったのである。

また、上記いずれの非破壊分析技術も、明視野画像において、つまり直接入射するX線の強度の影響を持つX線に重畳し、物体の情報であるX線画像を得ることを主体とした構成では、コントラストが悪く判別のし難い画像しか得られなかった。

そこで、この出願の発明は、以上のとおりの事情に鑑みてなされたものであり、従来技術の問題点を解消し、特に暗視野画像において、つまり直接入射するX線の強度の影響を持たない、不要なX線の背景照明を削減または低減し、X線による物体の情報であるX線画像を得ることを主体とした構成を実現することができ、物体内の高コントラスト像を一度に、且つ容易に得ることのできる、新しい非破壊分析方法および非破壊分析装置、ならびにそれら非破壊分析方法・装置による特定物体を提供することを課題としている。

発明の開示

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第1には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、透過型結晶分析体の厚さを、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さとしておき、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線をこの透過型結晶分析体に入射させて、前方方向回折X線および回折

方向回折X線のいずれか一方または両方を得ることを特徴とする非破壊分析方法を提供し、第2には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、透過型結晶分析体の厚さを、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さとしておき、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線をこの透過型結晶分析体に入射させて、暗視野画像および明視野画像のいずれか一方、または両方を得ることを特徴とする非破壊分析方法を提供する。

また、この出願の発明は、第3には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する透過X線を得ることを特徴とする非破壊分析方法を提供し、第4には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する暗視野画像を得ることを特徴とする非破壊分析方法を提供する。

さらにまた、この出願の発明は、第5には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、透過型結晶分析体の厚さが、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さとされており、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線をこの透

透過型結晶分析体に入射させた際に前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方または両方が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置を提供し、第6には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、透過型結晶分析体の厚さが、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さとされており、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線をこの透過型結晶分析体に入射させた際に暗視野画像および明視野画像のいずれか一方、または両方が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置を提供する。

さらにまた、この出願の発明は、図7には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、透過型結晶分析体が、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さが周期的に表れる形状とされており、且つ、当該透過型結晶分析体の出力側にスリットが設けられており、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させる際に透過型結晶分析体およびスリットを移動させる、または物体を移動させることによりスリット状態の画像が複数得られ、当該画像を合成することにより暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置を提供する。

さらにまた、この出願の発明は、第8には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結

晶分析体から透過する透過X線が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置を提供し、第9には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する暗視野画像が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置を提供する。

さらにまた、この出願の発明は、第10には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を結晶分析体に入射させ、結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、結晶分析体を、結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さ条件、および、物体からの透過X線、屈折X線または小角散乱X線が結晶分析体の動力的回折作用によって回折条件を満足し且つ透過するようになる厚さ条件の両方を満足したものとすることで、透過型および反射型結晶分析体として使用可能であり、透過型結晶分析体の場合では、透過型結晶分析体からの前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方または両方が得られ、反射型結晶分析体の場合では、反射型結晶分析体を透過する透過X線が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置、第11には、単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を結晶分析体に入射させ、結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、結晶分析体を、結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さ条件、および、物体からの透過X線、屈折X線または小角散乱X線が結晶分析体の動力的回折作用によって回折条件を満足し且つ透過するようになる厚さ条件の両方を満足したものとすることで、透過型および反射型結晶分析体として使用可能であり、透過型結晶分析体の場合では

、透過型結晶分析体からの暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方が得られ、反射型結晶分析体の場合では、反射型結晶分析体を透過する暗視野画像が得られるようになっていたことを特徴とする非破壊分析装置を提供する。

そして、この出願の発明は、第12には、前記反射型結晶分析体が非対称の結晶分析体であることを特徴とする非破壊分析装置、第13には、前記暗視野画像および明視野画像のいずれか一方、または両方を検出するX線検出装置と、X線検出装置による検出データを用いて画像を生成する画像処理装置とを備えたことを特徴とする非破壊分析装置、第14には、前記X線検出装置が2次元検出器またはラインセンサー1次元検出器であることを特徴とする非破壊分析装置、第15には、前記画像処理装置によって、暗視野断層画像および明視野断層画像のいずれか一方または両方、あるいは暗視野立体画像および明視野立体画像のいずれか一方または両方が生成可能となっていることを特徴とする非破壊分析装置、第16には、X線源からのX線を単色平行化する手段を備えたことを特徴とする非破壊分析装置、第17には、前記X線を単色平行化する手段が対称または非対称モノクロメータであることを特徴とする非破壊分析装置、第18には、前記対称または非対称モノクロメータの原子面と前記透過型結晶分析体または反射型結晶分析体の原子面とが互いに平行であることを特徴とする非破壊分析装置、第19には、前記物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を、1枚ないし複数枚からなる非対称モノクロメータを経て前記透過型結晶分析体または反射型結晶分析体に入射させることを特徴とする非破壊分析装置、第20には、前記透過型結晶分析体または反射型結晶分析体から得られる暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方を、1枚ないし複数枚からなる非対称モノクロメータを経て出力することを特徴とする非破壊分析装置を提供する。

そしてまた、この出願の発明は、第21には、前記いずれかの非破壊分析方法において、X線の代わりに、X線以外の電磁波または粒子線を用いることを特徴とする非破壊分析方法、第22には、前記いずれかの非破壊分析装置において、X線の代わりに、X線以外の電磁波または粒子線が用いられることを特徴とする非破壊分析装置、第23には、前記いずれかの非破壊分析方法、または前記いずれかの非破壊分析装置を用いて物体の内部構造を分析することにより特定された

ことを特徴とする特定物体を提供する。

図面の簡単な説明

図 1 は、透過型結晶分析体を用いた場合のこの出願の発明の一実施形態を例示した図である。

図 2 は、透過型結晶分析体を用いた場合のこの出願の発明の別の実施形態を例示した図である。

図 3 は、透過型結晶分析体における動力的回折作用について説明するための図である。

図 4 は、透過型結晶分析体における明視野画像および暗視野画像について説明するための図である。

図 5 は、透過型結晶分析体が持つ動力的回折作用の理論曲線を例示した図である。

図 6 は、透過型結晶分析体の厚さと O 波および G 波との関係を例示した図である。

図 7 は、透過型結晶分析体を用いた場合のこの出願の発明のさらに別の実施形態を例示した図である。

図 8 は、(a) は反射型結晶分析体を用いた場合のこの出願の発明の一実施形態を例示した図であり、(b) は反射型結晶分析体を例示した斜視図である。

図 9 は、反射型結晶分析体を用いた場合のこの出願の発明の別の実施形態を例示した図である。

図 10 は、物体と透過型結晶分析体の間に非対称モノクロメータを設置した場合のこの出願の発明の一実施形態を例示した図である。

図 11 は、透過型結晶分析体と X 線検出装置との間に非対称モノクロメータを設置した場合のこの出願の発明の一実施形態を例示した図である。

図 12 は、この出願の発明による非破壊分析の一実施例を示した図である。

図 13 は、この出願の発明による非破壊分析の別の実施例を示した図である。

図 14 は、この出願の発明による非破壊分析の別の実施例を示した図である。

。 図 1 5 は、この出願の発明による非破壊分析の別の一実施例を示した図である

。 なお、図中の符号は以下のものを示す。

- 1 単色平行 X 線
- 2 物体
- 3 屈折 X 線等
- 4 a 透過型結晶分析体
 - 4 0 a 原子面
 - 4 1 a 前方方向回折 X 線
 - 4 2 a 回折方向回折 X 線
- 4 b 反射型結晶分析体
 - 4 0 b 原子面
 - 4 1 b 透過 X 線
 - 4 2 b 反射 X 線
- 5 暗視野画像
- 6 明視野画像
- 7 入射 X 線
- 8 非対称モノクロメータ
 - 8 a, 8 b, 8 c, 8 d 非対称モノクロメータ
 - 8 0 原子面
- 9 コリメータ
 - 9 0 原子面
- 1 0 X 線検出装置
- 1 1 スリット

発明を実施するための最良の形態

[第 1 の実施形態]

この出願の発明は、まず、たとえば図 1 および図 2 に例示したように、単色平

行 X 線 I_i (1) を分析対象の物体 (2) に照射し、物体 (2) からの透過 X 線、屈折 X 線、回折 X 線または小角散乱 X 線等の X 線 (以下、説明の便宜上、これらをまとめて屈折 X 線等と呼ぶこととする) (3) を透過型結晶分析体 (4 a) に入射させた際の透過型結晶分析体 (4 a) による動力学的回折作用を利用したものであり、透過型結晶分析体 (4 a) の厚さを、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体 (4 a) の動力学的回折作用によって得られる前方方向回折 X 線 (入射方向回折 X 線あるいは透過方向回折 X 線とも称し、同意義である) (4 1 a) および回折方向回折 X 線 (4 2 a) のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射する X 線の影響の少ない X 線の強度において略ゼロ (ちょうどゼロを含む。以下同じ) となるような厚さに設定しておくことで、物体 (2) 内の像の暗視野画像 (5) および明視野画像 (6) のいずれか一方、または両方を一度に得ることができるようにしている。

より具体的には、図 3 にも拡大例示したように、動力学的回折作用とは X 線が完全に近い結晶中で多重散乱することによる効果であり、これによって X 線は、結晶中の多数の結晶格子面で前方方向 (入射方向あるいは透過方向とも称する) の波 (O 波と呼ぶ) と回折方向の波 (G 波と呼ぶ) が多数回繰り返し反射を受けて、O 波と G 波とに分光されて出てくる。

このときの O 波および G 波と透過型結晶分析体 (4 a) の厚さとの関係は、次式により表すことができる。

[数 1] ;

$$I_O = \frac{W^2 + \cos^2 \left(\pi H \frac{\sqrt{W^2 + 1}}{\Lambda} \right)}{W^2 + 1} I_i$$

$$I_G = \frac{\sin^2 \left(\pi H \frac{\sqrt{W^2 + 1}}{\Lambda} \right)}{W^2 + 1} I_i$$

$$I_O + I_G = I_i$$

 I_O : O波の強度 I_G : G波の強度 I_i : 入射波の強度

H : 結晶分析板の厚さ

$$W = \frac{2\Lambda \sin \theta_B}{\lambda} (\theta - \theta_B - \Delta\theta_0)$$

 Λ : 消衰距離 λ : X線の波長 θ_B : ブラッグ角 θ : 視斜角

$$\Delta\theta_0 = \frac{2(1-n)}{\sin 2\theta_B} : \text{屈折によるブラッグ角のずれ}$$

$$1-n = -\frac{r_e \lambda^2}{2\pi V_c} F_0$$

n : 屈折率

 r_e : 電子古典半径 V_c : 結晶単位格子体積 = 単位胞体積

$$F_0 : \frac{2\sin \theta_B}{\lambda} = 0 (\text{透過方向散乱}) \text{の時の結晶構造因子}$$

$$\Lambda = \frac{\lambda \cos \theta_B}{|\chi_G|}$$

$$\chi_G = -\frac{r_e \lambda^2}{\pi V_c} F_G$$

 F_G : $\theta \neq 0$ の時の結晶構造因子

この出願の発明では、上記数 1 において、

[数 2] ;

$$W \leq 1$$

のときに O 波強度 I_O および G 波強度 I_G のいずれか一方が、いずれか他方に比べて直接入射する X 線の影響の少ない X 線の強度において略 0 になるような透過型結晶分析体 (4 a) の厚さ H を選択する。このとき、略 0 になる方の波が暗視野画像 (5) を構築し、他方の波が明視野画像 (6) を構築する。すなわち以下のような関係である。

[数 3] ;

$$\left\{ \begin{array}{l} I_O \cong 0 \text{ (where } W \leq 1 \text{) とする厚さ } H_O \rightarrow \begin{cases} I_O = \text{暗視野} \\ I_G = \text{明視野} \end{cases} \\ I_G \cong 0 \text{ (where } W \leq 1 \text{) とする厚さ } H_G \rightarrow \begin{cases} I_O = \text{明視野} \\ I_G = \text{暗視野} \end{cases} \end{array} \right.$$

この厚さ H の選択に従って O 波・G 波による暗視野・明視野画像が実現されることについて図 4 に沿ってさらに説明すると、まず単色平行 X 線 P(W) (1) が物体 (2) に照射されると、物体 (2) の持つ散乱・屈折作用 Q(W) を受けて散乱・屈折した屈折 X 線等 R(W) (3) が生じる。この屈折 X 線等 R(W) (3) が透過型結晶分析体 (4 a) に、数 1 を満たす単色平行 X 線 (1) と透過型結晶分析体 (4 a) の結晶の格子面に視斜角 θ で入射すると、透過型結晶分析体 (4 a) の持つ動学的回折作用 $I_O(W)$, $I_G(W)$ を受けて前方方向の O 波および回折方向の G 波に分光される。図 5 は、動学的回折作用 $I_O(W)$ および $I_G(W)$ のより詳細な理論曲線を例示したものである。このとき、透過型結晶分析体 (4 a) の厚さを上記数 3 における H_O とした場合には、O 波が動学的回折作用 $I_O(W)$ を受けて暗視野画像 (5) を、G 波が動学的回折作用 $I_G(W)$ を受けて明視野画像 (6) を構築し、その逆に H_G とした場合には、G 波が動学的回折作用 $I_G(W)$ を受けて暗視野画像 (5) を、O 波が動学的回折作用 $I_O(W)$ を受けて明視野画像 (6) を構築するようになる。

ここで重要な点は、上記関係を満たす透過型結晶分析体 (4 a) の厚さがある周期で現れることである。たとえば、透過型結晶分析体 (4 a) を結晶格子サイ

ズ5. 4 3 1 1 Åを持つダイヤモンド型結晶のシリコンにより作製し、シリコン4, 4, 0反射を用いた場合、図6に例示したように、X線のエネルギー35 keVに対しては67.5 μmの周期で I_o または I_g が略0となる厚さHが存在する。ここで $I_o=0$ となるときは I_g が最大値をとり、 I_o が最大値をとるときは $I_g=0$ をとる。したがって、この周期に合わせて透過型結晶分析体(4a)の厚さを調整することで、従来技術のような透過型結晶分析体(4a)の回転は行うことなく、物体(2)の像を高コントラストで一度に暗視野画像(5)および明視野画像(6)のいずれか一方、または両方を得ることができる。

たとえば、周期性を考慮し、透過型結晶分析体(4a)を上記厚さが周期的に表れる楔形等の形状とした場合も、図6に示したように、周期的に暗視野画像から明視野画像が順次スリット状に得られる。したがって、たとえば図7に例示したように、透過型結晶分析体(4a)の出力側にスリット(11)を設け、このスリット(11)及び楔状の透過型結晶分析体(4a)を物体(2)に対して相対的にスライド移動させる、またはその逆に物体(2)をスリット(11)及び楔状の透過型結晶分析体(4a)に対して相対的にスライド移動させることで、スリット(11)を通過したスリット状態の画像が複数得られ、それらを合成することにより、任意の視野の画像、つまり暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方を得ることができる。

なお、O波つまり前方方向回折X線(41a)およびG波つまり回折方向回折X線(42a)のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロになるとは、上述の説明からも明らかであるが、直接入射するX線の強度の影響をもつ不要なX線が重畳しないこと、強度の強い画像の背景照明となる不要なX線の強度が略ゼロになると、すなわち物体(2)がない場合の理論強度が略ゼロになることを意味している。

このような強度に設定可能な透過型結晶分析体(4a)の厚さ範囲は、上記数1からもわかるように結晶格子サイズや入射する屈折X線等(3)の強度・波長などの様々な要因によって変動するが、たとえば数μm~数10mmが可能である。なおまた、この場合の透過型結晶分析体(4a)の必要仕上げ精度は厚さの

1%以下であることが実用上望ましいことである。

以上の厚さに設定された透過型結晶分析体(4a)からの前方方向回折X線(41a)および回折方向回折X線(42a)はX線検出装置(10)(図1・図2参照)によって検出され、X線検出装置(10)からのX線検出データを用いて画像処理装置(図示していないがX線検出データを受信可能に構成する)によって画像が生成される。図2の例では I_o から暗視野画像(5)、 I_G から明視野画像(6)が生成されている。

[第2の実施形態]

また、この出願の発明は、たとえば図8(a)(b)および図9に例示したように、反射型結晶分析体(4b)を用いる場合において、非対称モノクロメータ(8)を経て、単色平行X線 I_i (1)を分析対象の物体(2)に照射し、物体(2)からの屈折X線等(3)を反射型結晶分析体(4b)に入射させた際の反射型結晶分析体(4b)による動力的回折作用を利用し、屈折X線等(3)が反射型結晶分析体(4b)において反射型結晶分析体(4b)の動力的回折作用によって回折条件を満足し且つ透過するようになる。この場合、単色平行X線(1)と反射型結晶分析体(4b)との角度および反射型結晶分析体(4b)の厚さを選択設定しておくことにより、反射型結晶分析体(4b)からの透過X線 I_T (41b)によって生成される暗視野画像(5)を得ることができるようにもしている。

この場合ではさらに、単色平行X線(1)と反射型結晶分析体(4b)との角度を別を選択して、反射型結晶分析体(4b)の動力的回折作用によって回折条件を満足し、ブラッグ反射条件における反射X線 I_B (42b)によって生成される明視野画像(6)も得ることができる。

また、特に、反射型結晶分析体(4b)に直接入射して暗視野画像(5)に重畳する不要なX線、つまり暗視野画像(5)の不要な背景照明となるX線を排除・低減する場合には、図8および図9に示した非対称の反射型結晶分析体(4b)を用いることにより、かかるX線を十分反射させて削減することで、コントラストの良い暗視野画像を得ることができる。

[第3の実施形態]

＜X線検出装置＞

上述の第1の実施形態および第2の実施形態において、透過型結晶分析体（4a）・反射型結晶分析体（4b）からのX線の検出はX線検出装置（10）により行うが、このX線検出装置（10）としては、2次元検出器（たとえば、X線フィルム、原子核乾板、X線撮像管、X線蛍光増倍管、X線イメージインテンシファイア、X線用イメージングプレート、X線用CCD、X線用非晶質体等）にもとづくフラット型パネルまたは円柱形パネルなど、あるいはラインセンサー1次元検出器を用いることができる。

いずれのX線検出装置（10）を用いるかは、分析対象となる物体（2）の種類や状態等によって任意に選択すればよい。また、たとえば、物体の移動、回転、傾斜等とラインセンサー1次元検出器または2次元検出器とによる組合せ走査は、次述の画像処理装置による断層画像および立体画像の生成に有用であり、たとえばX線CT（コンピュータトモグラフィ）技術を導入することで新たな非破壊分析画像を得ることが可能にもなる。

＜画像処理装置＞

画像処理装置（図示していない）は、上記X線検出装置（10）によるX線検出データに基づき、暗視野画像（5）および明視野画像（6）のいずれか一方または両方として、通常のX線散乱画像を生成できるものであり、画像合成処理等により暗視野・明視野の断層画像や立体画像を生成可能となってもよい。

＜X線源＞

物体（2）に照射するX線のX線源（図示していない）も、分析対象の物体（2）によって任意に選択すればよく、たとえば、工業材料用には波長＝約0.5 Å以下、実効焦点＝約0.5 mm×0.5 mm以下、出力＝約50 W以上のX線を発生可能なものを、医療用には、波長＝約0.3 Å以下、実効焦点＝約0.5 mm×0.5 mm以下、出力＝約1000 W（パルス可）以上のX線を発生可能なものを用いることができる。

＜単色平行化手段＞

上記X線源からのX線は、物体（2）に到達する際には、単色ビーム且つ平行

ビーム（平面波とも称する）となっていることが必要である。この単色平行化は、たとえば、放物線状ミラーに多層膜モノクロミラーを用いることによって可能となる。また、放物線状反射ミラーあるいはキャピラリーで集光して平行ビーム化した後、モノクロメータあるいは非対称モノクロメータにより単色化することも可能である。図1の例では、非対称モノクロメータ（8）によってX線源（図示していない）からの入射X線（7）を単色平行化しており、図2の例では、非対称モノクロメータ（8）（図示していない）からの単色平行X線（1）をコリメータ（9）によって方向を変えて物体（2）に照射している。またこのコリメータ（9）自体を単色平行化用のモノクロメータとして使用するようにしてもよい。もちろん単色平行化の手段はこれらに限定されず、従来公知の各種手段を適宜用いることができる。

また、単色平行化手段としてモノクロメータあるいは非対称モノクロメータ（8）を用いる場合は、図1、図2、図8および図9に示したように、モノクロメータあるいは非対称モノクロメータ（8）をその原子面（80）が透過型結晶分析体（4a）・反射型結晶分析体（4b）の原子面（40a）（40b）と平行となるように設けることが非常に重要なポイントであり（図2ではコリメータ（9）の原子面（90）も平行にする）、これによって、色消し条件を満たし、且つ得られる回折X線の角度広がり限りなく小さくなるために、角度感度がより高くなり、物体（2）中の屈折等の現象全てを角度固定の透過型結晶分析体（4a）・反射型結晶分析体（4b）によって捉えることが可能になる。

なお、図1では非対称モノクロメータ（8）および透過型結晶分析体（4a）が互いに一体化したもの、図2ではコリメータ（9）および透過型結晶分析体（4a）が互いに一体化したコ字型のもの、図8では非対称モノクロメータ（8）および反射型結晶分析体（4b）が互いに一体化したコ字型のものとなっているが、両者を切り離しても、ゆるく連結するなどしてもよいことは言うまでもない。図9は、その一例として非対称モノクロメータ（8）および反射型結晶分析体（4b）を切り離して配設したものとなっている。いずれの場合でも、非対称モノクロメータ（8）及びコリメータ（9）と透過型結晶分析体（4a）及び反射型結晶分析体（4b）とを互いの原子面（80）（90）（40a）（40b）

が平行となるように組立て加工、調整する必要がある。

<拡大画像取得手段>

透過型結晶分析体(4a)・反射型結晶分析体(4b)からのX線を拡大した画像として得たい場合には、たとえば図10に例示したように、X線源(図示していない)からの入射X線(7)を非対称モノクロメータ(8)で単色平行化し、単色平行X線(1)を物体(2)に照射し、物体(2)からの屈折X線等(3)をさらに1枚ないし複数枚からなる複合化した非対称モノクロメータ(8a)(8b)を経て透過型結晶分析体(4a)に入射させることで、透過型結晶分析体(4a)からの前方方向回折X線(41a)および回折方向回折X線(42a)により生成される暗視野画像(5)および明視野画像(6)を拡大画像として得ること、および分解能を上げた画像として得ることが可能となる。

また、たとえば図11に例示したように、透過型結晶分析体(4a)からの前方方向回折X線(41a)および回折方向回折X線(42a)を、さらに1枚ないし複数枚からなる複合化した非対称モノクロメータ(8c)(8d)を経てX線検出装置(10)へ出力することで、暗視野画像(5)および明視野画像(6)を拡大画像として得ることも可能である。

なお、図10および図11は透過型結晶分析体(4a)を用いた場合の一実施形態であるが、反射型結晶分析体(4b)を用いた場合でも、同様に1枚ないし複数枚からなる複合化した非対称モノクロメータ(8a)(8b)(8c)(8d)を反射型結晶分析体(4b)の前後に設置した構成とすることで、拡大画像および高分解能画像を得られる。

また、図1と同様に図10も非対称モノクロメータ(8)(8b)および透過型結晶分析体(4a)が互いに一体化したものとなっているが(図11のものは図1と実質同一)、互いの原子面(80)および原子面(40a)が平行となっている限り、両者が離れていても、ゆるく連結されていてもよい。

[第4の実施形態]

ところで、第1及び第2の実施形態においては、結晶分析体として、透過型のもの(透過型結晶分析体(4a))および反射型のもの(反射型結晶分析体(4b))というようにその機能・性質が予め定まっているものを用いているが、こ

れ以外に、いずれにも共用できる結晶分析体を用意しておき、分析時に予めその厚さを調整して透過型および反射型に使用可能なものとするこゝで、両型共用の非破壊分析装置を実現することもできる。すなわち、第1の実施形態で説明した厚さ条件および第2の実施形態で説明した厚さ条件の両方を同時に満足するように厚さ調整すれば、結晶分析体を透過型にも反射型にも使用できるのである。

これにより、たとえば図2および図8を、透過型結晶分析体(4a)専用、反射型結晶分析体(4b)専用ではなく、両型共用分析装置として提供可能になる。

なお、たとえば、透過型に使用する場合では図2のように斜め上方から屈折X線等(3)を入射させ、反射型に使用する場合では図8(a)のように真っ直ぐ上方から屈折X線等(3)を入射させることが望ましい(反射型にて斜め入射も可能ではある)ので、入射X線(7)あるいは単色平行X線(1)を図2および図8(a)に示したような方向からコリメータ(9)あるいは非対称モノクロメータ(8)に照射可能な構成とし、またX線検出装置(10)についても図2および図8(a)に示したような位置に設定可能な構成としておく必要がある。

したがって、上記厚さ条件に設定した結晶分析体を用いれば、屈折X線等(3)の入射方向などを変えるだけで、任意に透過型および反射型を選択でき、両型共用の非破壊分析を実現できる。

この出願の発明は、上記のとおりの特徴を有するものであるが、以下に、添付した図面に沿って実施例を示し、さらに詳しくその実施の形態について説明する。

実施例

実施例1

図12は、厚さ1.0mmのアルミニウム中に直径140 μ mのボロンファイバーを埋め込んで成る物体(2)を図2の実施形態に従って撮像したものである。透過型結晶分析体(4a)としては、ダイヤモンド型結晶のシリコン4,4,0反射を用いている。その厚さを上記数1および数3の関係を満たすHに調整したところ、図12から明らかなように、G波つまり回折方向回折X線(42a)

によってボロンファイバーを鮮明に写し出した暗視野画像（５）が得られた。これと同時に明視野画像（６）も得られることは言うまでもない。

実施例 2

図 1 3 は、厚さ 7. 0 mm のワックス中に直径 0. 4 mm のナイロンファイバーを埋め込んで成る物体（２）を図 2 の実施形態に従って撮像したものである。透過型結晶分析体（４ a）としては、ダイヤモンド型結晶のシリコンからなるものを用いている。その厚さを上記数 1 および数 3 の関係を満たす H に調整したところ、図 1 3 から明らかなように、G 波つまり回折方向回折 X 線（４ 2 a）によってナイロンファイバーを鮮明に写し出した暗視野画像（５）が得られた。これと同時に明視野画像（６）も得られることは言うまでもない。

実施例 3

図 1 4 は、昆虫を内蔵した琥珀からなる物体（２）を図 2 の実施形態に従って撮像したものである。透過型結晶分析体（４ a）としてダイヤモンド型結晶のシリコンを用い、単色平行 X 線（１）はエネルギー 3 5 k e V とした。図 1 4 から明らかなように、昆虫を鮮明に写し出した暗視野画像（５）が得られた。これと同時に明視野画像（６）も得られることは言うまでもない。

実施例 4

図 1 5 は、分析対象の物体（２）としての乾燥した魚を図 8 の実施形態に従って撮像したものである。反射型結晶分析体（４ b）として結晶シリコン 4, 4, 0 反射を用い、その厚さは 1 mm に設定した。図 1 5 から明らかなように、透過 X 線 I_T （４ 1 b）によって乾燥した魚を鮮明に写し出した暗視野画像（５）が得られた。また別に、反射 X 線 I_B （４ 2 b）によって明視野画像（１ 1）も得られることは言うまでもない。

もちろん、この出願の発明は以上の各例に限定されるものでなく、細部については様々な態様が可能である。

なお、この出願の発明を、以上述べた方法または装置として、X 線の代わりに他の電磁波または中性子線や電子線等の粒子線を用い、数 1、数 2、数 3 のもとに実施することは容易であり、X 線と同様に、他の電磁波または粒子線による優れた非破壊分析が可能である。この場合、たとえば、物体（２）からの透過粒子

線、屈折粒子線、回折粒子線または小角散乱粒子線を透過型結晶分析体（4 a）反射型結晶分析体（4 b）に入射させ、X線検出装置（10）の代わりに粒子線検出装置を用いて透過型結晶分析体（4 a）からの前方方向回折粒子線および回折方向回折粒子線を、または反射型結晶分析体（4 b）からの透過粒子線および反射粒子線を暗視野画像（5）および明視野画像（6）として検出し、その粒子線検出データを用いた画像処理が可能な画像処理装置によって画像生成を行うようにすればよい。

X線（ 10^{-3} nm～10 nm）以外の電磁波としては、たとえば、ガンマ線（ 10^{-2} nm以下）、紫外線（1 nm～400 nm）、可視光線（400 nm～800 nm）、赤外線（800 nm～4000 nm）を挙げることができ、いずれを用いてもこの出願の発明に従った上記非破壊分析が可能である。なお、これらの電磁波名および波長域の出典は「改訂第4版 物理学辞典」（培風館、1998年発行）における”電磁波”であるが、この出典における電磁波名および波長域が唯一ではなく、この出願の発明に従った上記非破壊分析が可能であればいずれの電磁波であっても適用可能である。

以上のこの出願の発明は、従来技術では解明し確認できなかった食品、薬品、医療診断対象物、半導体、有機・無機物等のあらゆる物体に対して、その構造および機能を非破壊、高コントラスト、且つ高分解能（たとえば少なくとも数十ミクロンメートルレベル以下）で分析することが可能な、検査・加工システム、医療診断システム、状態・形態変化の観察システム等の新しい総合的システムをも提供することができる。これにより、あらゆる分野において、様々な物体の中から当該分野に有用な物体を正確に特定し、新しい有用食品、有用薬品等の生産物、生成物として提供することが可能となる。

特に、技術革新の著しい進歩が見られる微細技術分野においては、この出願の発明の実施により高い相乗効果を上げることが実現可能となる。たとえば、動物、人間等の脳、肝臓等における生理状態の解明、癌の発生・成長過程状態の解明、さらには癌の発生・成長過程や形態変化の状態と投薬との因果関係の解明によって、あらゆる物体の中から新薬として適当である物体を特定し提供可能となる。

また、蛋白質構造解析などの高分子分野における構造解析において、X線回折分析等における原子構造レベルの構造解析と組み合わせることで、どのようなマクロ形態の構造であるかを対応させながら分析・解明し、新たな薬、抗体等を設計し提供可能となる。

産業上の利用可能性

以上詳しく説明したとおり、この出願の発明によって、生体・非生体、結晶・非結晶、単材・複合材、固体・液体などを問わずあらゆる物体の内部構造の高コントラスト像を一度に、且つ容易に暗視野画像および明視野画像として得ることのできる、新しい非破壊分析方法および非破壊分析装置が提供される。

特に、暗視野画像によるX線の画像は、従来見られなかったX線の透視画像に比較し、分析対象である物体の構造を、簡単な構成で、非常に高いコントラストで、高精度に、極めて見やすく、容易に分析できることに大きな特徴を有している。

また、この出願の発明の非破壊分析方法および装置を用いて非破壊分析することにより、様々な分野において有用な作用効果等のある物体を特定し、それを新たな生産物、生成物等として提供可能にもなる。

請求の範囲

1. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、

透過型結晶分析体の厚さを、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力学的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さとしておき、

物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線をこの透過型結晶分析体に入射させて、前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方または両方を得ることを特徴とする非破壊分析方法。

2. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、

透過型結晶分析体の厚さを、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力学的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さとしておき、

物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線をこの透過型結晶分析体に入射させて、暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方を得ることを特徴とする非破壊分析方法。

3. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、

反射型結晶分析体の動力学的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する透過X線を得ることを特徴とする非破壊分析方法。

4. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せ

られる X 線によって物体内の像を得る非破壊分析方法であって、

反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する暗視野画像を得ることを特徴とする非破壊分析方法。

5. 単色平行 X 線を物体に照射し、物体からの透過 X 線、屈折 X 線、回折 X 線または小角散乱 X 線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられる X 線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

透過型結晶分析体の厚さが、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折 X 線および回折方向回折 X 線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射する X 線の影響の少ない X 線の強度において略ゼロとなるような厚さとされており、

物体からの透過 X 線、屈折 X 線、回折 X 線または小角散乱 X 線をこの透過型結晶分析体に入射させた際に前方方向回折 X 線および回折方向回折 X 線のいずれか一方または両方が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

6. 単色平行 X 線を物体に照射し、物体からの透過 X 線、屈折 X 線、回折 X 線または小角散乱 X 線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられる X 線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

透過型結晶分析体の厚さが、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折 X 線および回折方向回折 X 線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射する X 線の影響の少ない X 線の強度において略ゼロとなるような厚さとされており、

物体からの透過 X 線、屈折 X 線、回折 X 線または小角散乱 X 線をこの透過型結晶分析体に入射させた際に暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

7. 単色平行 X 線を物体に照射し、物体からの透過 X 線、屈折 X 線、回折 X 線または小角散乱 X 線を透過型結晶分析体に入射させ、透過型結晶分析体から発せられる X 線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

透過型結晶分析体が、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折 X 線および回折方向回折 X 線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射する X 線の影響の少ない

X線の強度において略ゼロとなるような厚さが周期的に表れる形状とされており、且つ、当該透過型結晶分析体の出力側にスリットが設けられており、

物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を透過型結晶分析体に入射させる際に透過型結晶分析体およびスリットを移動させる、または物体を移動させることによりスリット状態の画像が複数得られ、当該画像を合成することにより暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

8. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する透過X線が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

9. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を反射型結晶分析体に入射させ、反射型結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

反射型結晶分析体の動力的回折作用によって反射型結晶分析体から透過する暗視野画像が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

10. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を結晶分析体に入射させ、結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

結晶分析体を、結晶分析体の動力的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度と比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さ条件、および、物体からの透過X線、屈折X線または小角散乱X線が結晶分析体の動力的回折作用によって回折条件を満足し且つ透過するようになる厚さ条件の両方を満足したものとすることで、透過型および反射型結晶分析体として使用可能であり、

透過型結晶分析体の場合では、透過型結晶分析体からの前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方または両方が得られ、反射型結晶分析体の場

合では、反射型結晶分析体を透過する透過X線が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

1 1. 単色平行X線を物体に照射し、物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を結晶分析体に入射させ、結晶分析体から発せられるX線によって物体内の像を得る非破壊分析装置であって、

結晶分析体を、結晶分析体の動力学的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さ条件、および、物体からの透過X線、屈折X線または小角散乱X線が結晶分析体の動力学的回折作用によって回折条件を満足し且つ透過するようになる厚さ条件の両方を満足したものとすることで、透過型および反射型結晶分析体として使用可能であり、

透過型結晶分析体の場合では、透過型結晶分析体からの暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方が得られ、反射型結晶分析体の場合では、反射型結晶分析体を透過する暗視野画像が得られるようになっていることを特徴とする非破壊分析装置。

1 2. 反射型結晶分析体が非対称の結晶分析体であることを特徴とする請求項 8 ないし 1 1 のいずれかの非破壊分析装置。

1 3. 暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方を検出するX線検出装置と、X線検出装置による検出データを用いて画像を生成する画像処理装置とを備えたことを特徴とする請求項 5 ないし 1 2 のいずれかの非破壊分析装置。

1 4. X線検出装置が2次元検出器またはラインセンサー1次元検出器であることを特徴とする請求項 1 3 の非破壊分析装置。

1 5. 画像処理装置によって、暗視野断層画像および明視野断層画像のいずれか一方または両方、あるいは暗視野立体画像および明視野立体画像のいずれか一方または両方を生成可能となっていることを特徴とする請求項 1 3 の非破壊分析装置。

1 6. X線源からのX線を単色平行化する手段を備えたことを特徴とする請求

項 5 ないし 15 のいずれかの非破壊分析装置。

17. X線を単色平行化する手段が対称または非対称モノクロメータであることを特徴とする請求項 16 の非破壊分析装置。

18. 対称または非対称モノクロメータの原子面と透過型結晶分析体または反射型結晶分析体の原子面とが互いに平行であることを特徴とする請求項 17 の非破壊分析装置。

19. 物体からの透過X線、屈折X線、回折X線または小角散乱X線を、1枚ないし複数枚からなる非対称モノクロメータを経て透過型結晶分析体または反射型結晶分析体に入射させることを特徴とする請求項 5 ないし 18 のいずれかの非破壊分析装置。

20. 透過型結晶分析体または反射型結晶分析体から得られる暗視野画像および明視野画像のいずれか一方または両方を、1枚ないし複数枚からなる非対称モノクロメータを経て出力することを特徴とする請求項 5 ないし 19 のいずれかの非破壊分析装置。

21. 請求項 1 ないし 4 のいずれかの非破壊分析方法において、X線の代わりに、X線以外の電磁波または粒子線を用いることを特徴とする非破壊分析方法。

22. 請求項 5 ないし 20 のいずれかの非破壊分析装置において、X線の代わりに、X線以外の電磁波または粒子線が用いられることを特徴とする非破壊分析装置。

23. 請求項 1 ないし 4 のいずれかもしくは請求項 21 の非破壊分析方法、または請求項 5 ないし 20 のいずれかもしくは請求項 22 の非破壊分析装置を用いて物体の内部構造を分析することにより特定されたことを特徴とする特定物体。

図 1

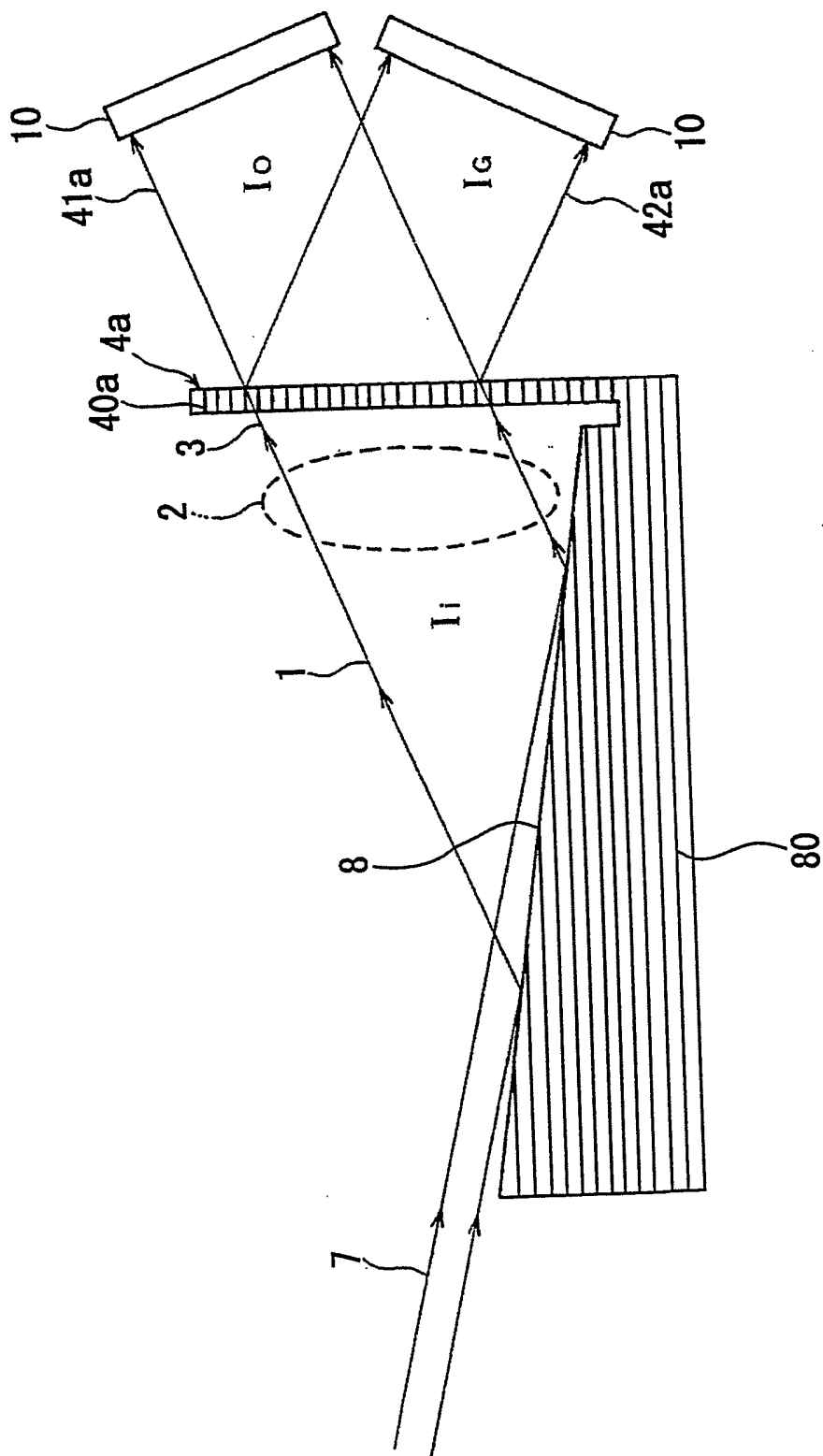


図 2

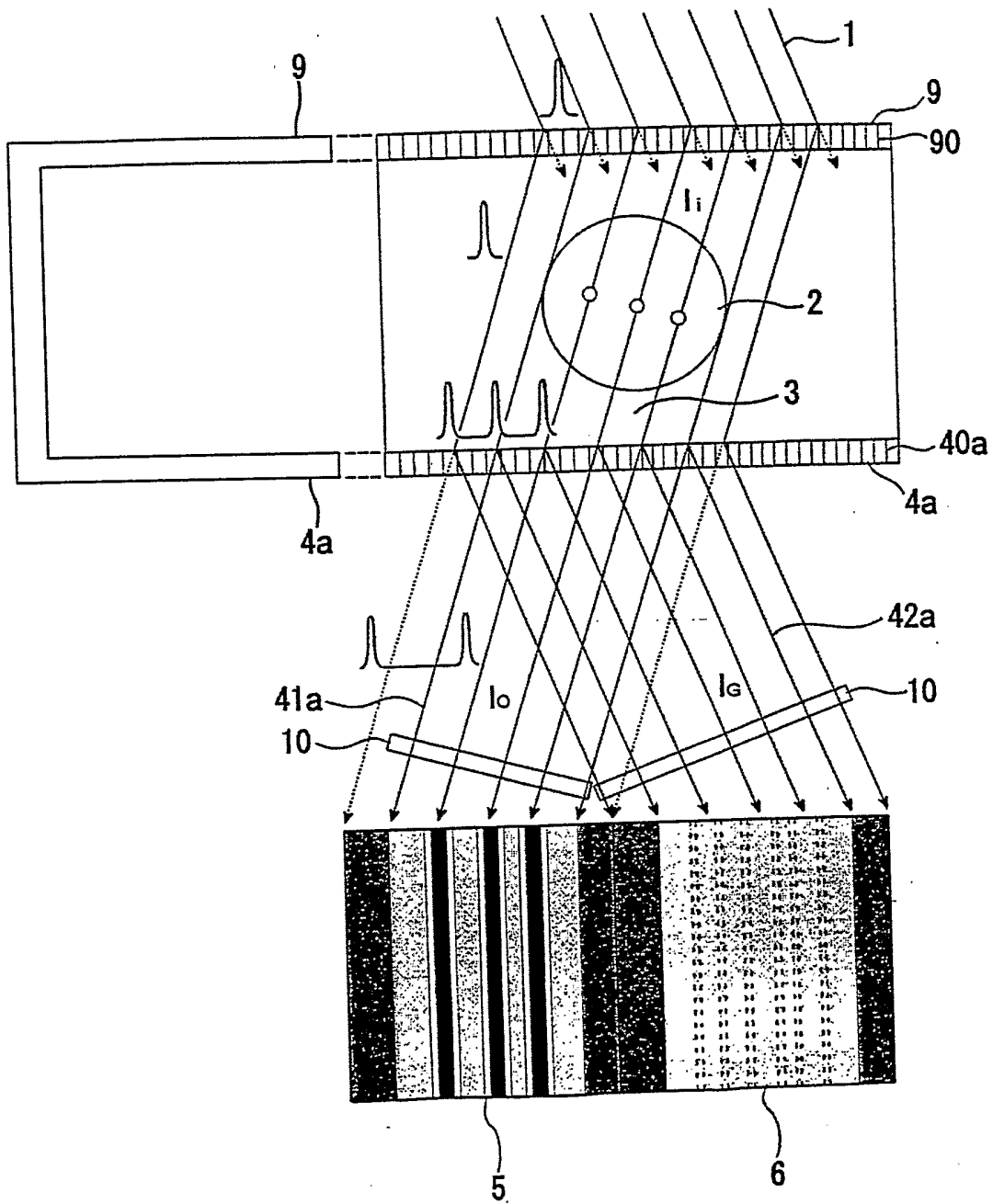


図 3

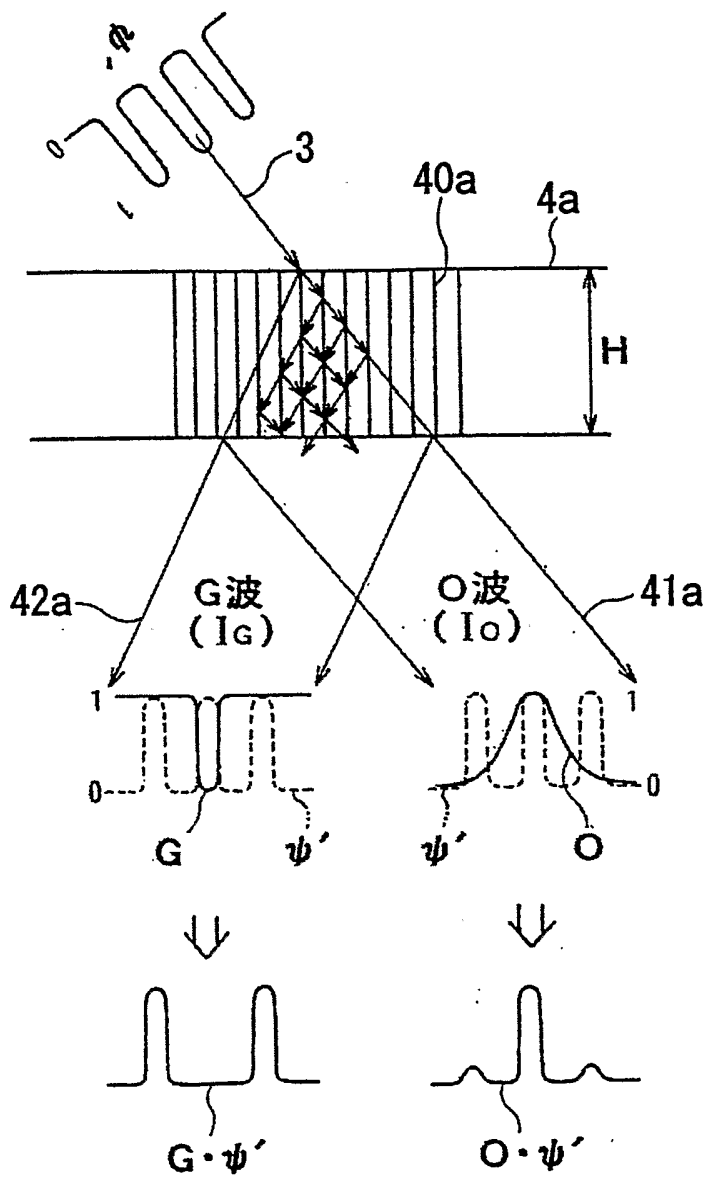


図 4

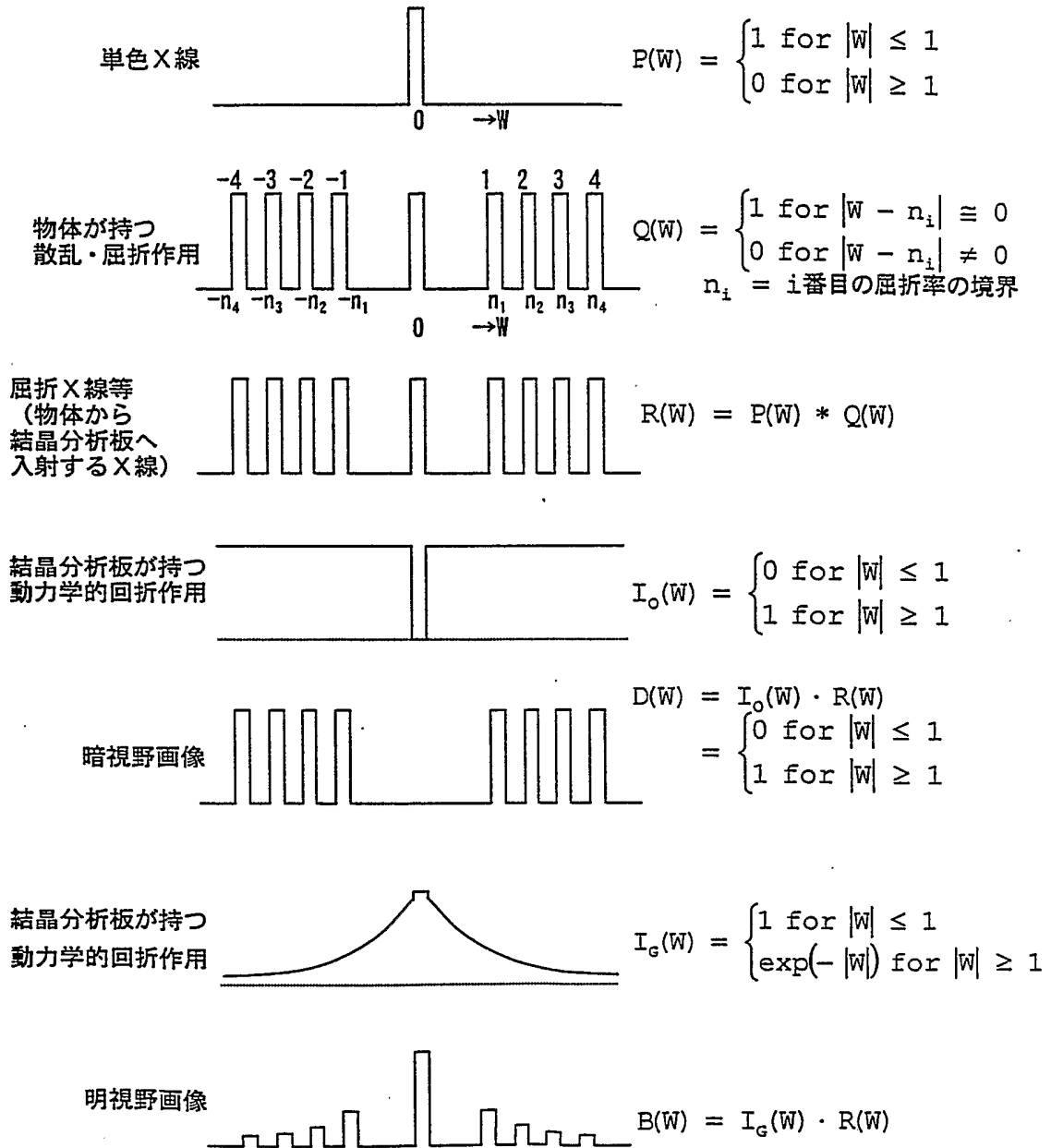


図 5

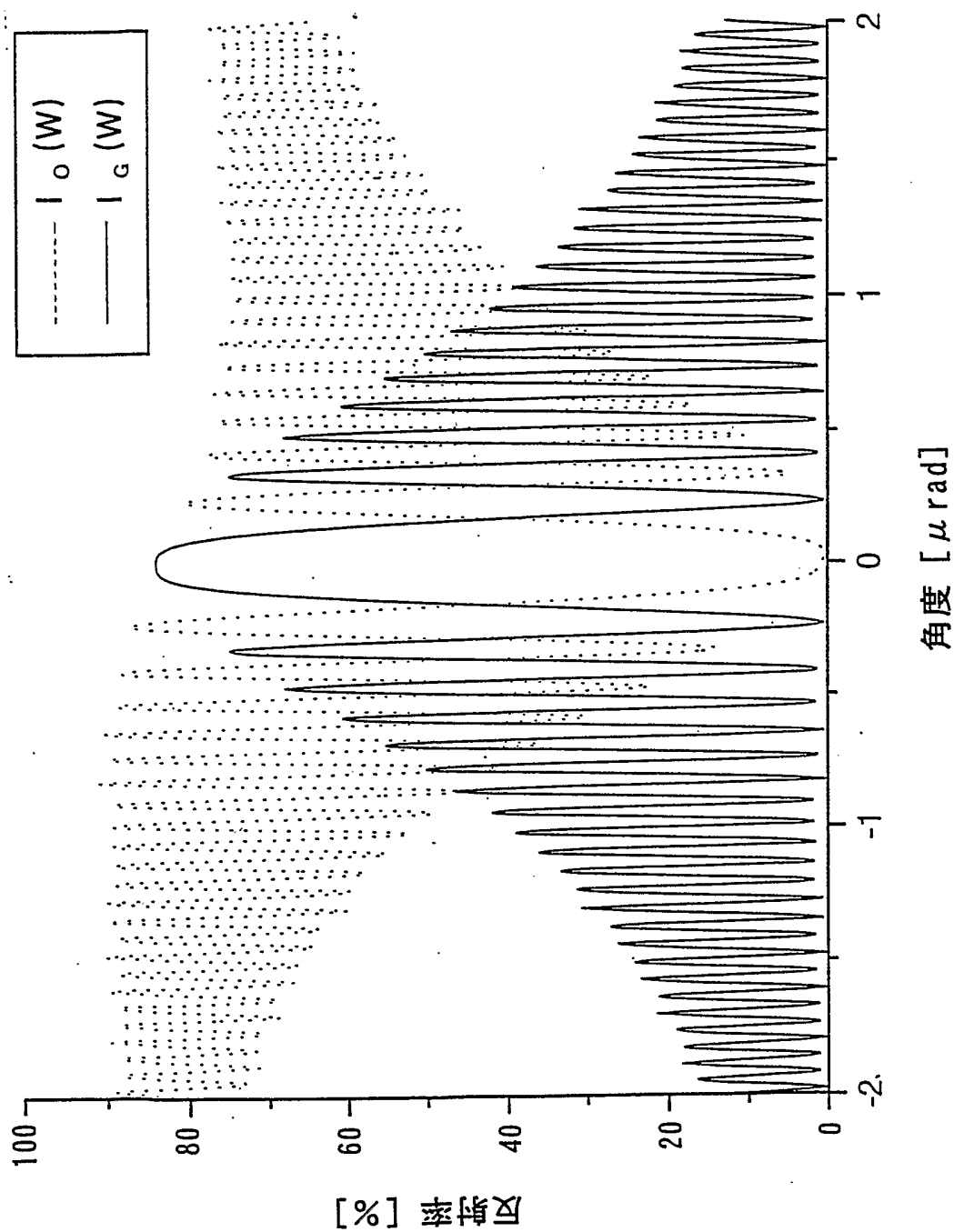


図 6

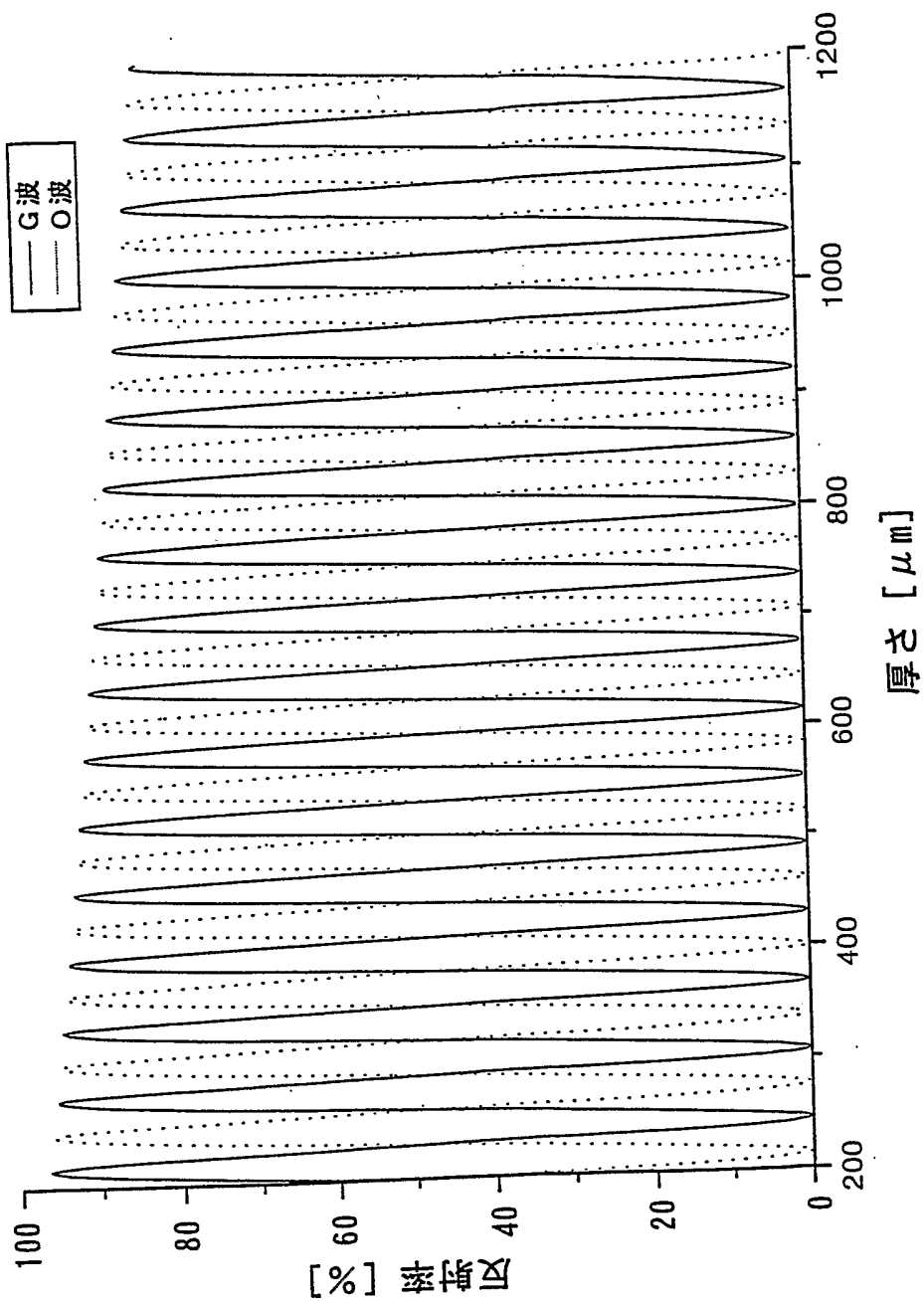


図 7

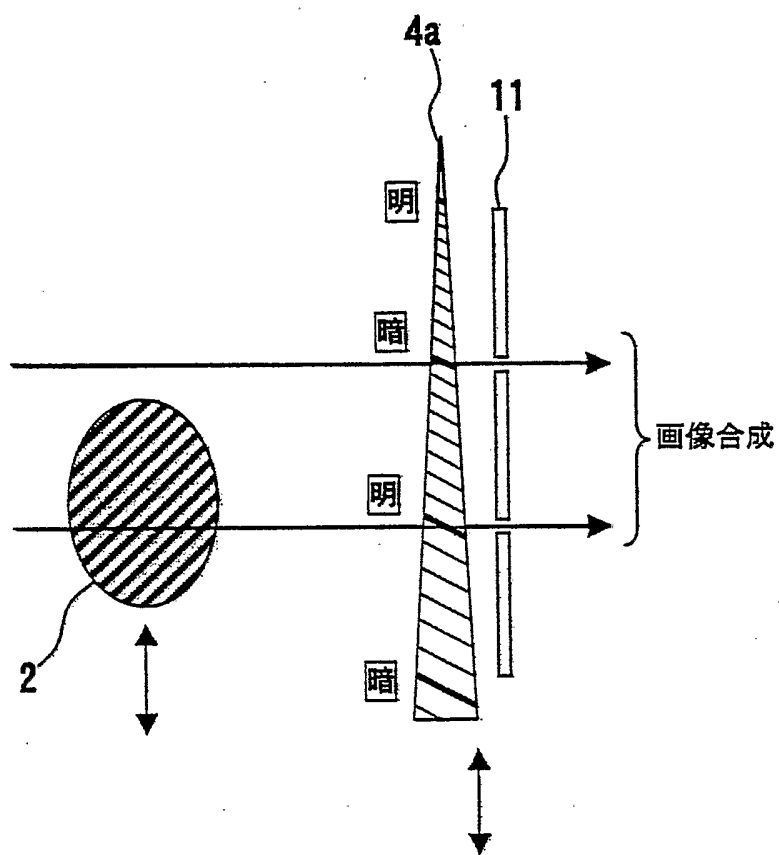


図 8

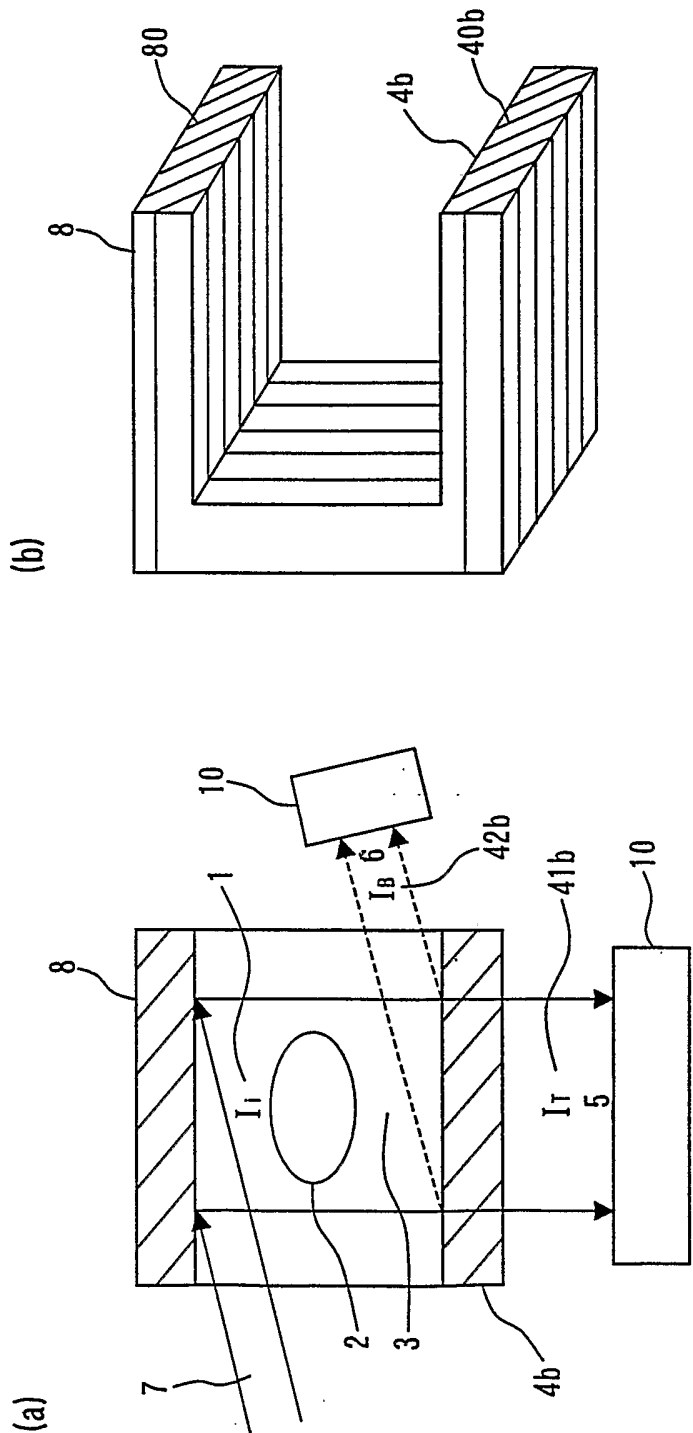
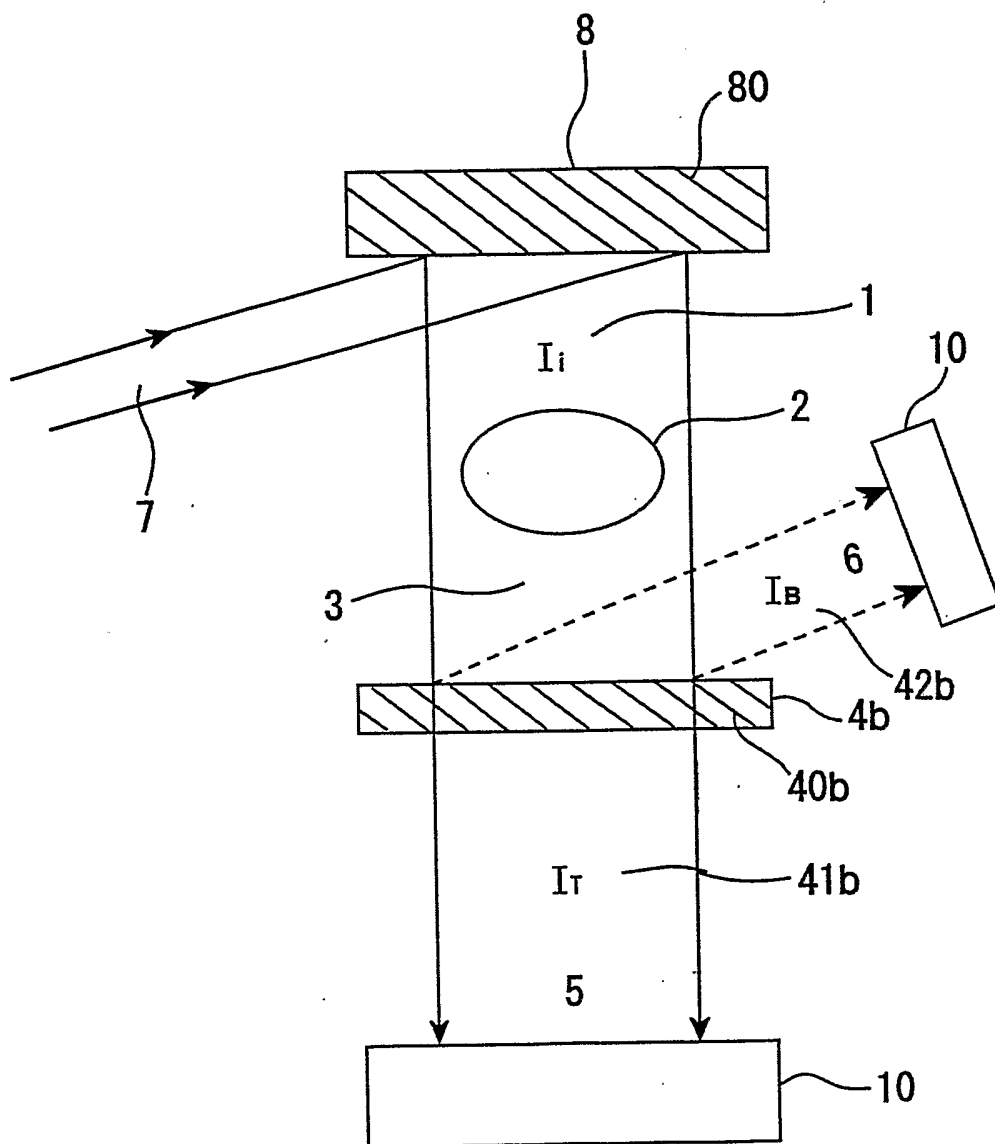
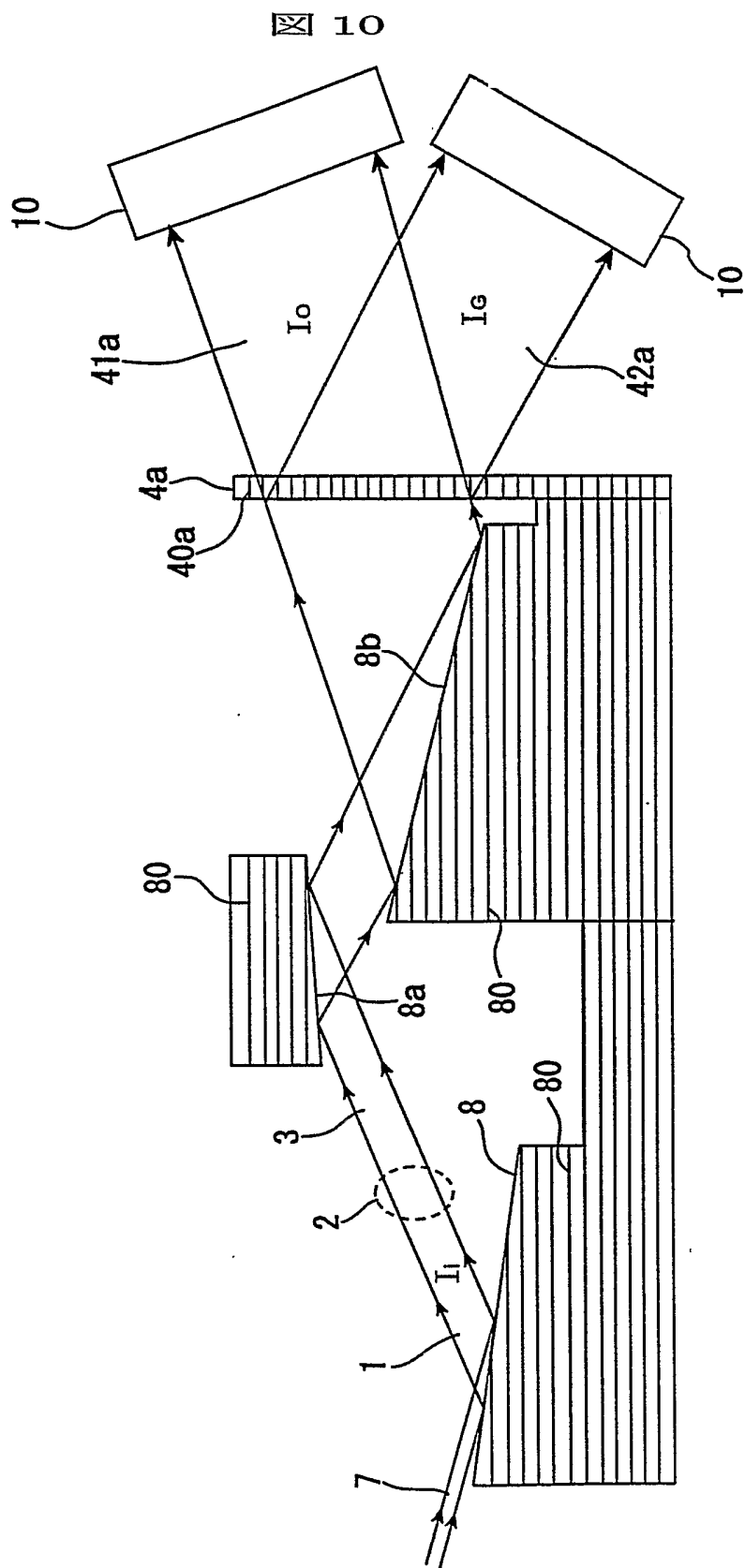


図 9





10

11

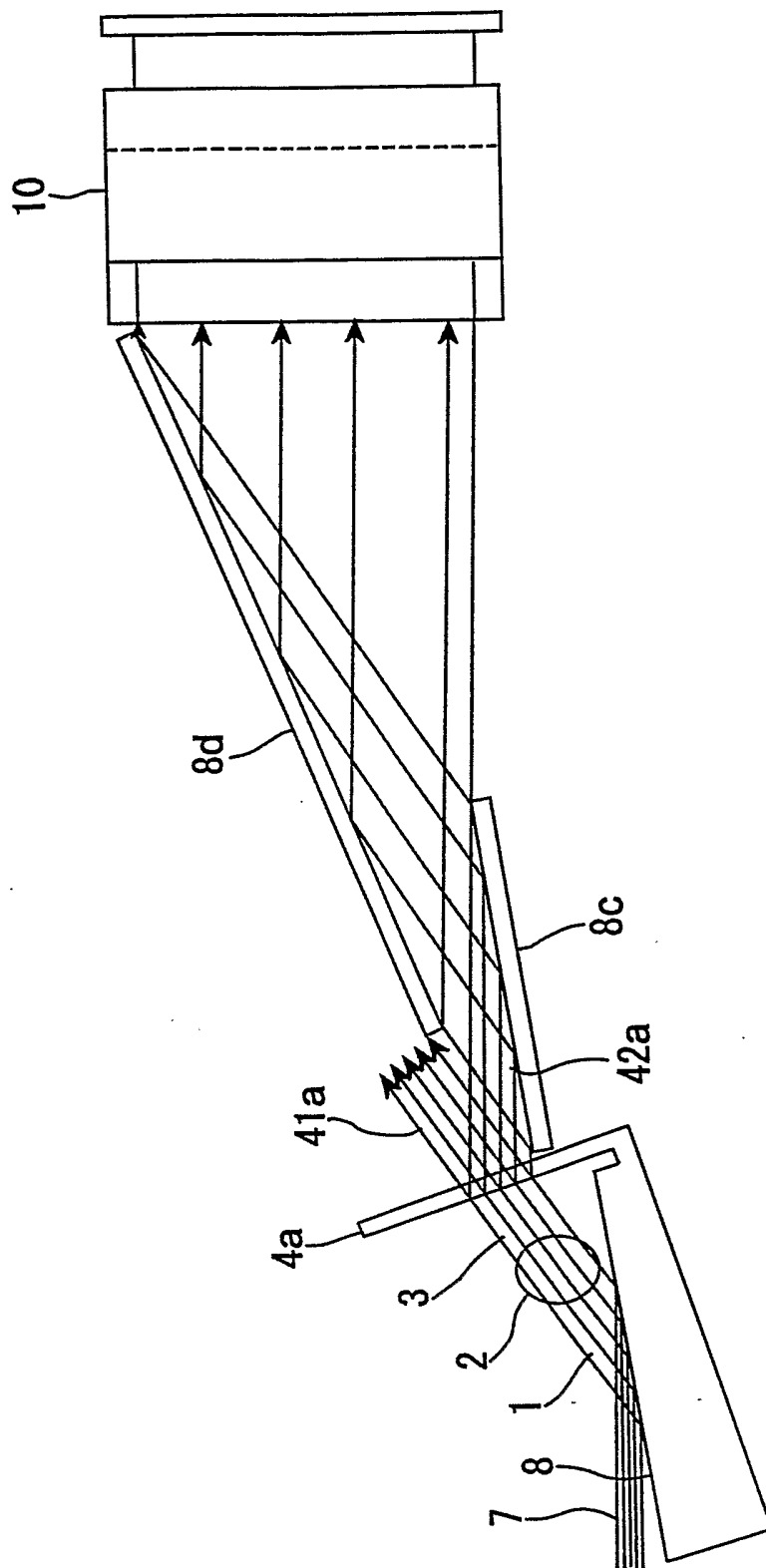
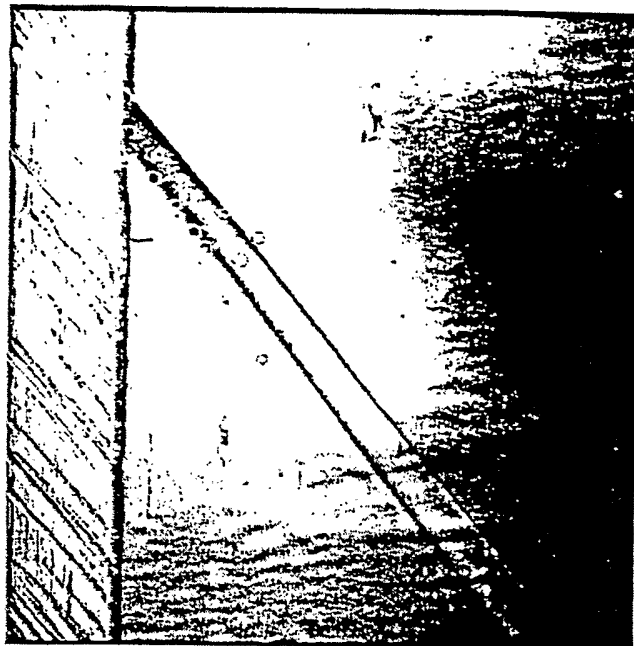


図 12



☒ 13



☒ 14

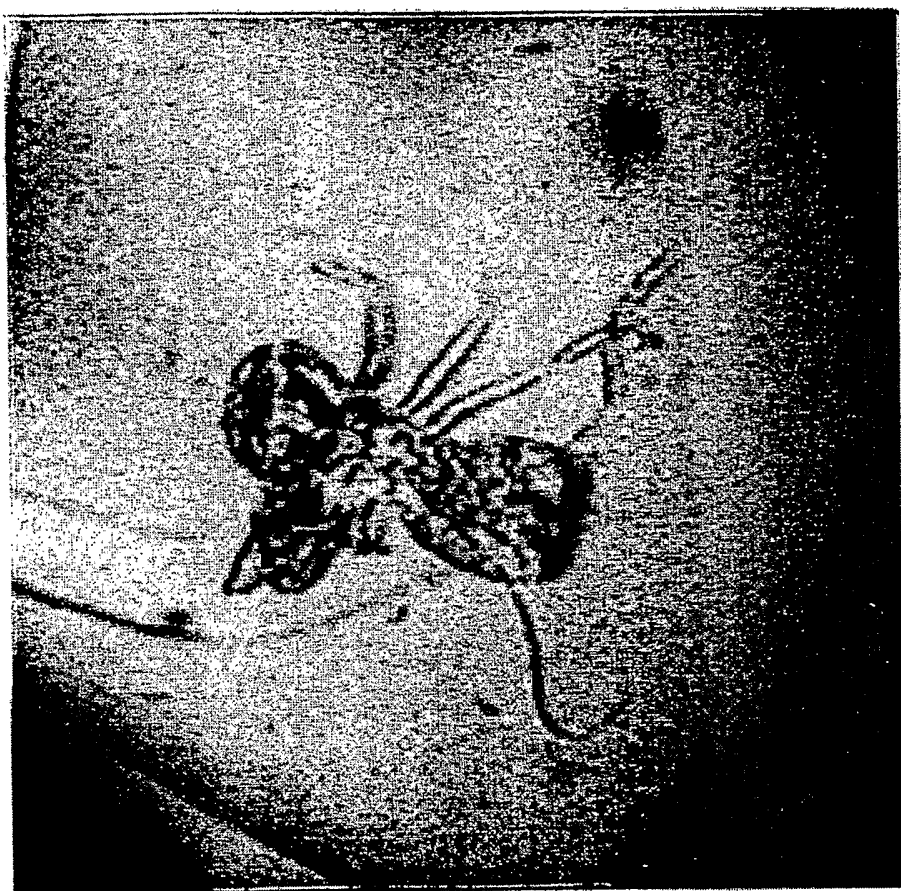
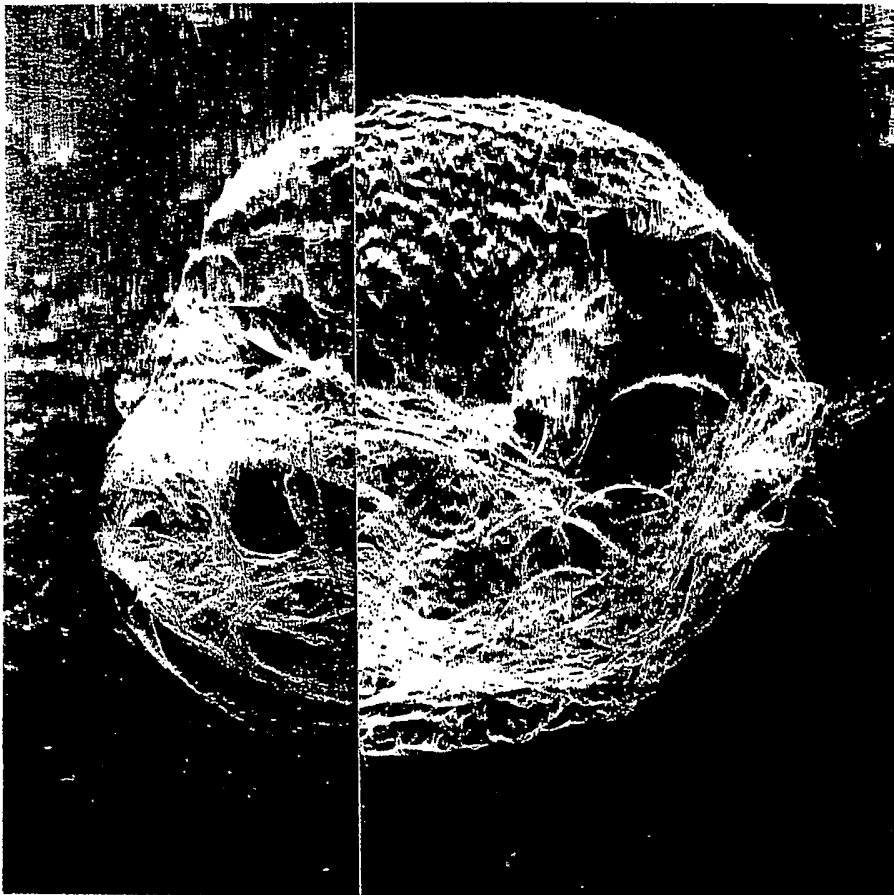


図 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06595

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ G01N23/04, G01N23/207		
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.Cl ⁷ G01N23/04, G01N23/207		
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 1994-2002 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002		
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.
X Y A	JP 2694049 B2 (Buirei Imaging Corp.), 05 September, 1997 (05.09.97), Full text; Figs. 1 to 3 & WO 92/21016 A1 & US 5319694 A	23 3, 4, 8, 9, 12-22 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11
Y A	US 5850425 A1 (Commonwelth Scientific and Industrial Research Organization), 15 December, 1998 (15.12.98), Full text; Figs. 1 to 14 & WO 95/05725 A1	3, 4, 8, 9, 12-22 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input 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		"I" 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 18 July, 2002 (18.07.02)		Date of mailing of the international search report 30 July, 2002 (30.07.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06595

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

A comparison of the invention in claim 1 with the prior art described in a known document (JP 2694049 B2) has found only difference from the prior art is the definition that "the thickness of a transmitting crystal analysis element is set to such one that, when no object is present, the intensity, obtained by the dynamic refracting action of the transmitting crystal analysis element, of either one of the front-direction refraction X-ray and the refraction-direction refraction X-ray is almost zero in comparison with the intensity of the other at the intensity of an X-ray little affected by a directly beamed X-ray", and the invention asserts an effect involving the definition. (continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest** The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06595

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

However, claims 3, 4, 8, 9, 12-23 do not require as indispensable the definition in claim 1, nor are attempting to achieve an effect involving the definition by a separate means, therefore unity of invention is not fulfilled.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N23/04, G01N23/207

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. Cl⁷ G01N23/04, G01N23/207

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 1971-2002年
- 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
- 日本国実用新案登録公報 1996-2002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
X Y A	JP 2694049 B2 (ブイレイ イメージング コーポ レイション), 1997. 09. 05, 全文, 第1-3図 & WO 92/21016 A1 & US 5319694 A	23 3, 4, 8, 9, 12- 22 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11
Y A	US 5850425 A1 (Commonwealth Scientific and Indu strial Research Organization), 1998. 12. 15, 全文, 第1-14図 & WO 95/05725 A1	3, 4, 8, 9, 12- 22 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11

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 18. 07. 02

国際調査報告の発送日 30.07.02

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) 菊井 広行  2W 7324

電話番号 03-3581-1101 内線 3250

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1の発明を公知文献 (JP 2694049 B2) に記載の従来技術と対比すると、請求の範囲1の発明は「透過型結晶分析体の厚さを、予め、物体がないときに、透過型結晶分析体の動学的回折作用によって得られる前方方向回折X線および回折方向回折X線のいずれか一方の強度が、いずれか他方の強度に比較して直接入射するX線の影響の少ないX線の強度において略ゼロとなるような厚さにしておき」という限定のある点においてのみ前記従来技術と相違する発明であり、該限定に係る効果を主張しているものである。ところが、請求の範囲3, 4, 8, 9, 12-23は、請求の範囲1での前記限定を必須としていないものであり、該限定に係る効果を別途手段で達成しようとするものでもないから、発明の単一性がない。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。