

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02006/115114

発行日 平成20年12月18日 (2008.12.18)

(43) 国際公開日 平成18年11月2日 (2006.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 K 1/06 (2006.01)	G 2 1 K 1/06 B	2 G 0 0 1
G 2 1 K 7/00 (2006.01)	G 2 1 K 7/00	2 H 0 4 9
G O 2 B 5/18 (2006.01)	G O 2 B 5/18	2 H 2 4 9
G O 1 N 23/04 (2006.01)	G O 1 N 23/04	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

出願番号 特願2007-514601 (P2007-514601)	(71) 出願人 504255685 国立大学法人京都工芸繊維大学 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地
(21) 国際出願番号 PCT/JP2006/308108	
(22) 国際出願日 平成18年4月18日 (2006.4.18)	
(31) 優先権主張番号 特願2005-121990 (P2005-121990)	(74) 代理人 100080182 弁理士 渡辺 三彦
(32) 優先日 平成17年4月20日 (2005.4.20)	(72) 発明者 遠藤 久満 滋賀県草津市矢橋町39-36
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	Fターム(参考) 2G001 AA01 BA18 CA01 DA02 GA12 HA13 QA01 2H049 AA04 AA14 AA50 AA55 AA61 2H249 AA04 AA14 AA50 AA55 AA61

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フレネルゾーンプレート及び該フレネルゾーンプレートを使用したX線顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】最外周の不透明帯の幅を小さくすることができない場合でも、分解能を向上させることができる複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート及び該フレネルゾーンプレートを使用したX線顕微鏡を提供すること。

【解決手段】本発明の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート1は、平板状の透明基板2上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯3と透明帯4とを交互に配し、上面に垂直照射された平面波の一部が、散乱することなくフレネルゾーンプレート1の下方に配設された試料6にそのまま垂直入射するように、透過窓7を形成したものである。

【選択図】 図2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートに透過窓を形成したことを特徴とする複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

【請求項 2】

平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートの一部分を軸方向に切除したことを特徴とする複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

10

【請求項 3】

請求項 1 乃至 2 のいずれかに記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用する対物レンズをもたない X 線顕微鏡。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、透明基板上に中心から半径方向に向けて不透明帯と透明帯とを交互に配した複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート及びそのフレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用した対物レンズをもたない X 線顕微鏡に関するものである。

20

【背景技術】**【0002】**

X 線を光源として物体の高分解能透過像を得る X 線顕微鏡の中には、対物レンズにフレネルゾーンプレート (Fresnel's zone plate) を使用するものがある (例えば、特許文献 1 参照)。

【0003】

このフレネルゾーンプレートは、図 6 に示すように、X 線を透過する透明基板上に、中心から数えて n 番目の円の半径 R_n が n の平方根に比例するような多数の同心円輪群を作り、中心から半径方向に向けて不透明帯 (黒色輪) と透明帯 (白色輪) とを交互に配したものであり、軟 X 線領域や X 線領域の光に対して非常に有効なレンズ材として機能する。

30

【0004】

また、このフレネルゾーンプレートは、最外周の不透明帯の幅 (いわゆる、最外殻ゾーン幅) を小さくすることにより、分解能を向上させることができ、微細加工技術の進歩により、現在では、 $1 \mu\text{m}$ オーダーの分解能を有するフレネルゾーンプレートを作製することが可能である。

【特許文献 1】特開平 10 - 104400 号公報**【発明の開示】**

40

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

しかしながら、フレネルゾーンプレート作製の微細加工技術には限界があるため、フレネルゾーンプレートの最外周の不透明帯の幅を小さくするだけでは、 $1 \mu\text{m}$ を超えるような高分解能の像を得ることは困難であるという問題点があった。

【0006】

また、従来 of フレネルゾーンプレートを用いた X 線顕微鏡の光学系では、集光用フレネルゾーンプレートが試料の直前に配置され、試料の観察領域を覆うため、フレネルゾーンプレートから出射した球面波を、試料に照射する試料照射波として使用していた。すなわち、従来 of フレネルゾーンプレートには、フレネルゾーンプレートから出射した球面波 (

50

参照波)をX線顕微鏡の記録面に照射すると同時に、位相に乱れがない平面波を試料に照射するという機能(複合照射機能)を持つものがなかった。そのため、従来はフレネルゾーンプレートから擾乱を受けた球面波の一部が試料照射波として使用されており、これも高分解能の像を得ることを困難にする一つの要因となっていた。

【0007】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、最外周の不透明帯の幅を小さくすることができない場合でも、分解能を向上させることができる複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート及び該フレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用した対物レンズを持たないX線顕微鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、請求項1記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートに透過窓を形成したことを特徴としている。

【0009】

請求項2記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートの一部分を軸方向に切除したことを特徴としている。

【0010】

請求項3記載の対物レンズをもたないX線顕微鏡は、請求項1又は2記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用することを特徴としている。

【発明の効果】

【0011】

請求項1及び請求項3の発明によれば、フレネルゾーンプレートに透過窓を形成したことにより、該フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料に対して、位相に乱れがない完全な平面波(例えば、軟X線の平面波)を垂直入射させることができる。そのため、フレネルゾーンプレートから出射した波の一部を平面波として試料に入射させるフレネルゾーンプレートを使用した場合のように、試料に入射する平面波の位相が乱れることなく、結果として、フレネルゾーンプレートの最外周の不透明帯の幅を小さくすることなく分解能を向上させることができる。よって、最外周の不透明帯の幅をできるだけ小さくすると共に、透過窓を形成することにより、 $0.1\mu\text{m}$ を超える高分解能の像を得ることが可能である。

【0012】

請求項2及び請求項3の発明によれば、フレネルゾーンプレートの一部分を軸方向に切除したことにより、該フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料に対して、位相に乱れがない完全な平面波を垂直入射させることができる。そのため、上記と同様に、試料に入射する平面波の位相が乱れることがないため、最外周の不透明帯の幅を小さくすることなく分解能を向上させることができる。よって、最外周の不透明帯の幅をできるだけ小さくすると共に、フレネルゾーンプレートの一部分を切除してフレネルゾーンプレート及びフレネルゾーンプレートを切除した領域に対して平面波を入射させるようにすることで、 $0.1\mu\text{m}$ を超える高分解能の像を得ることが可能である。

【0013】

なお、切除する一部分をフレネルゾーンプレートの略半分とすることにより、切除した

10

20

30

40

50

フレネルゾーンプレートも X 線顕微鏡の複合照射レンズとして使用することができる。すなわち、1 枚のフレネルゾーンプレートから、より高分解能の 2 枚のフレネルゾーンプレートを作製することができ、フレネルゾーンプレートの作製コストを低減させることができる。また、フレネルゾーンプレートに透過窓を形成する場合に比べて、フレネルゾーンプレートの作製が容易になるという利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について、図面に基づき説明する。図 1 (a) は、本発明の実施の形態に係る複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート (F Z P : Fresnel ' s zone plate) 1 の平面図であり、図 1 (b) は同図 (a) の A - A 線断面図である。この複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート (以下、単に「フレネルゾーンプレート」という。) 1 は、図示するように、X 線を透過する平板状の透明基板 2 上に、中心から数えて n 番目の円の半径 R_n が n の平方根に比例するような多数の同心円輪群を作り、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯 3 と透明帯 4 とを交互に配したものである。ここで、複合照射機能とは、フレネルゾーンプレートから出射した球面波 (参照波) を X 線顕微鏡の記録面に照射すると同時に、位相に乱れのない平面波を試料に照射する機能である。

10

【0015】

透明基板 2 は、X 線を容易に透過する例えば SiN (窒化シリコン) 等で構成されている。透明基板 2 の形状及び寸法は、特に限定されるものではないが、本実施形態においては、水平方向の断面が円形の平板状に形成されており、直径が 0 . 6 2 5 mm 程度、厚さが 0 . 5 μ m 程度に形成されている。

20

【0016】

不透明帯 3 は、X 線等の光を透過しない部分であり、透明基板 2 上に、例えば、Ta の平板を同心円状に配して形成したものであり、ここでは、最内周半径 (最内周の不透明帯 3 の半径) が 7 . 0 7 1 μ m 程度、ゾーン数 (不透明帯 3 の数と透明帯 4 の数の合計数) が 1 9 5 2 程度、そして、分解能を向上させるために、最外殻ゾーン幅 (最外周の不透明帯 3 の線幅) が 8 0 nm 程度、となるように形成されている。なお、この不透明帯 3 を構成する材料は特に限定されるものではなく、X 線を透過しないものであれば、Ta の代わりに他の材料を用いてもよい。なお、このフレネルゾーンプレート 1 は、微細加工技術 (例えば、スパッタリング蒸着法、イオンビームスパッタリング法、電子ビームリソグラフィ法等) により作製することができる。

30

【0017】

以下、フレネルゾーンプレート 1 を複合照射レンズとして使用した対物レンズをもたない X 線顕微鏡 5 の光学系について説明するが、一般的な X 線顕微鏡が当然に備える構成要素についてはその説明を省略し、本発明の実施形態に係る X 線顕微鏡 5 の主要構成要素について主に説明する。

【0018】

図 2 は、本発明の実施の形態に係るフレネルゾーンプレート 1 を複合照射レンズとして使用する X 線顕微鏡 5 のフーリエ変換ホログラフィ結像光学系を概略的に示した図である。ここで、複合照射レンズとは、X 線顕微鏡の記録面に参照波としての球面波を照射すると同時に、試料に位相が乱れていない平面波を照射するという、平面波と球面波を同時に照射する機能をもつ照射レンズである。

40

【0019】

この X 線顕微鏡 5 は、生態試料に対するダメージが少なく、生態を高解像度且つ無染色で観測できるという特性を有する軟 X 線を光源とし、複合照射レンズにフレネルゾーンプレート 1 を使用して物体の高分解能透過像を得る装置である。この X 線顕微鏡 5 が複合照射レンズとして使用するフレネルゾーンプレート 1 は、図示するように、フレネルゾーンプレート 1 の上面に垂直照射された軟 X 線の平面波の一部が、フレネルゾーンプレート 1 から擾乱を受けることなく該フレネルゾーンプレート 1 の下方に配設された試料 6 にそのまま垂直入射するように、フレネルゾーンプレート 1 に透過窓 7 が形成されたものである

50

。この透過窓 7 の大きさは特に限定されるものではないが、フレネルゾーンプレート 1 の下方に位置する試料 6 の大きさに合わせて形成する。つまり、フレネルゾーンプレート 1 の上方から垂直照射された平面波の一部が、フレネルゾーンプレート 1 の影響で散乱することなく、そのまま試料 6 の上面全体に垂直入射するだけの大きさに形成する。

【 0 0 2 0 】

また、透過窓 7 は図 6 に示すように、従来のフレネルゾーンプレートから切除加工によって透過窓 7 の面抜部分を形成したり、若しくは、予め透過窓 7 の面抜部分が形成されるように、フレネルゾーンプレート 1 を形成加工するのが好ましい。しかし、透過窓 7 は、フレネルゾーンプレートを切抜いて形成しているものに限定されることなく、例えば、上述の微細加工技術により、該透過窓 7 の部分の前記不透明帯 3 が、形成されないように、若しくは、形成されたものが取除かれるように、該透過窓 7 を形成したものでよく、これらも、本願発明に含まれるものとする。透過窓 7 は、フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料 6 に平面波が垂直入射できるように形成されていれば、上述したものに限定されるものではない。

10

【 0 0 2 1 】

なお、この X 線顕微鏡 5 は、複合照射レンズとして機能するフレネルゾーンプレート 1 を支持するプレート支持部材（不図示）を備えており、該プレート支持部材を移動させることによりフレネルゾーンプレート 1 の位置を上下や前後左右に微調整することができるように構成されている。

20

【 0 0 2 2 】

また、フレネルゾーンプレート 1 の下方には、試料 6 を支持する試料ステージ 8 が設けられており、該試料ステージ 8 を移動させることにより、試料 6 の位置を上下や前後左右に微調整することができるように構成されている。

【 0 0 2 3 】

したがって、ユーザは、プレート支持部と試料ステージ 8 の両方又はいずれか一方を移動させることにより、フレネルゾーンプレート 1 の透過窓 7 と試料ステージ 8 の試料 6 の水平方向の位置合わせを容易に行うことができる。

【 0 0 2 4 】

このように、フレネルゾーンプレート 1 の透過窓 7 と試料ステージ 8 の位置合わせが行われた後に、図外の光源（例えば、指向性の強いシンクロトロン光源）から X 線（軟 X 線）の平面波がフレネルゾーンプレート 1 の上面に垂直照射されると、その平面波はフレネルゾーンプレート 1 により集光され、フレネルゾーンプレート 1 から出射した集光波により点光源 0 が形成される。なお、試料ステージ 8 には、PH（ピンホール）9 が設けられており、フレネルゾーンプレート 1 から出射した集光波から不要な次数の回折光が除去される。そして、この点光源 0 から参照波（球面波）10 が出射する。なお、この点光源 0 は、記録面（観察面）11 からの距離が、記録面 11 から試料 6 までの距離と等しくなる位置に形成される。また、フレネルゾーンプレート 1 に軟 X 線を照射する光源としては、レーザプラズマ光源や電子線励起型 X 線管等を使用してもよい。更にまた、例えば、光源に可視光を用いれば、光学顕微鏡に用いることも可能である。

30

【 0 0 2 5 】

一方、フレネルゾーンプレート 1 の透過窓 7 に向けて垂直照射された平面波は、フレネルゾーンプレート 1 により集光されることなく透過窓 7 を介して直進し、点光源 0 と同一平面上で且つ水平方向に見て透過窓 7 と同じ位置に配設された試料 6 の上面に試料照射波としてそのまま垂直入射する。そして、試料 6 からは、物体波（球面波）12 が出射する。

40

【 0 0 2 6 】

続いて、試料 6 を通過した物体波 12 と試料 6 を通過していない参照波 10 は、記録面 11 において干渉し、該記録面 11 に干渉縞が形成される。なお、試料 6 と記録面 11 は、記録面 11 で物体波 12 及び参照波 10 の複素振幅（位相及び振幅）が、それぞれ試料 6 及び参照波点光源 0 の複素振幅のフーリエ変換像になるように、言い換えれば、フーリ

50

工変換ホログラフィ光学系が形成されるように、それぞれ配設されている。このように、光波の干渉作用を利用し、物体波 1 2 の複素振幅（位相及び振幅）の情報を記録面 1 1 に記録することにより、ホログラム（hologram）が光学的に形成される。

【 0 0 2 7 】

なお、このようにして得られたホログラムを、図外のコンピュータにより、フーリエ変換ホログラフィ法を適用して一回フーリエ変換することにより、試料 6 の拡大構造を再生することができる。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、従来のフレネルゾーンプレート（図中の F Z P ）をビームスプリッターとして使用したフーリエ変換ホログラフィ結像系を例示した図である。なお、このフレネルゾーンプレートは、透過窓 7 が形成されていない点を除いて、フレネルゾーンプレート 1 と同様に形成されたものである。図示する光学系では、軟 X 線の平面波が垂直照射されたフレネルゾーンプレートがビームスプリッターとして機能し、フレネルゾーンプレートからは、集光波とともに平面波（以下、「透過 0 次光」という。）が出射し、出射した透過 0 次光が試料照射波として試料に垂直入射する。

10

【 0 0 2 9 】

ここで、図 2 に示す試料 6 に垂直入射する平面波と、図 3 に示す試料に垂直入射する透過 0 次光とを比較すると、図 3 に示す試料には、フレネルゾーンプレートの不透明帯の存在により位相が乱れた透過 0 次光が試料照射波として垂直入射し、図 2 に示す試料 6 には、上記のように透過窓 7 を介してフレネルゾーンプレート 1 によって位相が乱れていない平面波が完全な状態で試料照射波として試料 6 に垂直入射する。このように、従来のフレネルゾーンプレートは、位相が乱れた透過 0 次光が試料照射波として試料に垂直入射するため、記録面に形成されるホログラムに悪影響を及ぼし、結果として再生像の分解能を低下させるという問題があった。

20

【 0 0 3 0 】

したがって、フレネルゾーンプレート 1 によれば、ビームスプリッターとしてフレネルゾーンプレートを機能させ、該フレネルゾーンプレートを透過した透過 0 次光を試料照射波として試料に垂直入射させる従来の X 線顕微鏡のように、フレネルゾーンプレートにより擾乱を受けて位相が乱れた平面波が試料に垂直入射することがないため、従来のフレネルゾーンプレートを使用する場合に比べてより高分解能の像（ $0.1 \mu\text{m}$ を超える再生像）を得ることができる。

30

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態においては、フレネルゾーンプレート 1 に対して透過窓 7 を形成する場合について説明したが、透過窓 7 を形成せず、フレネルゾーンプレート 1 の上面に垂直照射された平面波の一部が、フレネルゾーンプレート 1 から擾乱を受けることなくフレネルゾーンプレート 1 の下方に配設された試料 6 にそのまま垂直入射するように、フレネルゾーンプレート 1 において試料 6 に対応する位置に不透明帯 3 を設けないようにしてもよい。但し、この場合、垂直照射された平面波が透明帯 4 を通過するため、若干位相が乱れて分解能を低下させるおそれがある。そのため、本実施形態において説明したように、透過窓 7 を形成する方が好適である。

40

【 0 0 3 2 】

次に、上記説明した実施の形態の変形例に係るフレネルゾーンプレート 1 3 について説明する。なお、フレネルゾーンプレート 1 と同一構成のものについては同一番号を付してその説明を省略し、異なる点について主に説明する。

【 0 0 3 3 】

図 4 (a) は、フレネルゾーンプレート 1 3 の平面図であり、図 4 (b) は同図 (a) の B - B 線断面図であり、図 5 は、フレネルゾーンプレート 1 3 を複合照射レンズとして使用する X 線顕微鏡 5 のフーリエ変換ホログラフィ結像光学系を概略的に示した図である。図示するように、フレネルゾーンプレート 1 3 は、該フレネルゾーンプレート 1 3 の上面に垂直照射された平面波の一部が、フレネルゾーンプレート 1 3 から擾乱を受けること

50

なくフレネルゾーンプレート 13 の下方に配設された試料 6 にそのまま垂直入射するように、フレネルゾーンプレート 13 の一部分を軸方向に切除したものである。なお、図 4 及び図 5 は、一部分として、図 6 に示すようなフレネルゾーンプレートの略半分を切除して得られたフレネルゾーンプレート 13 を示したものであるが、切除する一部分の大きさは、試料 6 の大きさに合わせて適宜変更すればよい。これら、フレネルゾーンプレート 13 は前述のように一部分を軸方向に切除してもよく、又は、予め該フレネルゾーンプレートの一部分が切除されたような形状に形成してもよく、それらは、フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料 6 に平面波が垂直入射できるように形成されるものであれば、前述の方法に限定されるものではない。

【0034】

このフレネルゾーンプレート 13 によれば、フレネルゾーンプレート 1 と同様に、位相が乱れていない完全な平面波を試料 6 に対して垂直入射させることができるので、従来のフレネルゾーンプレートに比べて、より高分解能の像を得ることができる。なお、上記のように、フレネルゾーンプレート 13 は、フレネルゾーンプレートの一部分（本実施形態においては、略半分）を軸方向に切除することにより作製が可能であるため、透過窓 7 を形成するフレネルゾーンプレート 1 に比べて作製が容易であり、安価に作製することができる。

【0035】

また、上記のように、フレネルゾーンプレートの略半分を切除するにすれば、フレネルゾーンプレート 13 を作製するために切除した部分は、フレネルゾーンプレート 13 とほぼ同一のものである。すなわち、図 6 に示すような 1 つのフレネルゾーンプレートから、フレネルゾーンプレート 13 を 2 つ作製することができる。

【0036】

なお、本実施の形態で示したフレネルゾーンプレート 1、フレネルゾーンプレート 13 及び X 線顕微鏡 5 の構成は、本発明に係るフレネルゾーンプレート及び X 線顕微鏡の一態様にすぎず、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で適宜設計変更できることは勿論であり、例えば、レーザ光を光源とする光学顕微鏡等としても実現可能である。

【産業上の利用可能性】

【0037】

本発明は、例えば、フレネルゾーンプレートやフレネルゾーンプレートを使用する X 線顕微鏡のみならず、光源に可視光を用いた光学顕微鏡にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図 1】(a) は、本発明の実施の形態に係るフレネルゾーンプレートの平面図であり、(b) は (a) の A - A 線断面図である。

【図 2】フレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用した X 線顕微鏡の光学系を概略的に示した図である。

【図 3】従来のフレネルゾーンプレートをビームスプリッターとして使用したフーリエ変換ホログラフィ結像系を例示した図である。

【図 4】(a) は、本実施形態の変形例に係るフレネルゾーンプレートの平面図であり、(b) は (a) の B - B 線断面図である。

【図 5】変形例に係るフレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用した X 線顕微鏡の光学系を概略的に示した図である。

【図 6】従来のフレネルゾーンプレートを示した平面図である。

【符号の説明】

【0039】

- 1、13 フレネルゾーンプレート
- 2 透明基板
- 3 不透明帯
- 4 透明帯

10

20

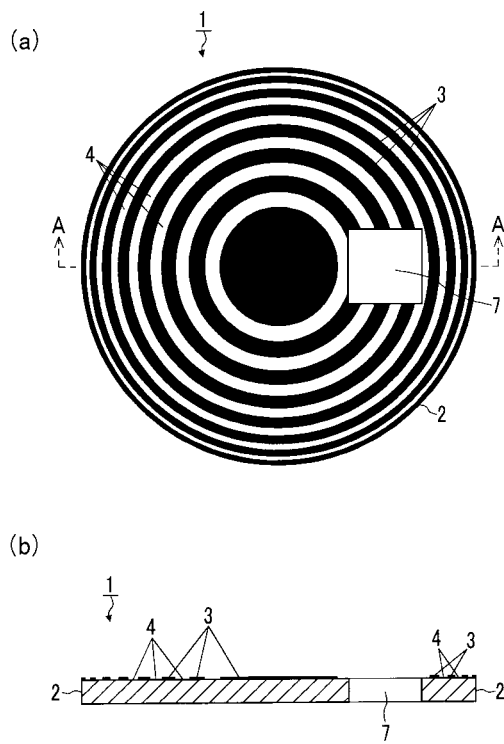
30

40

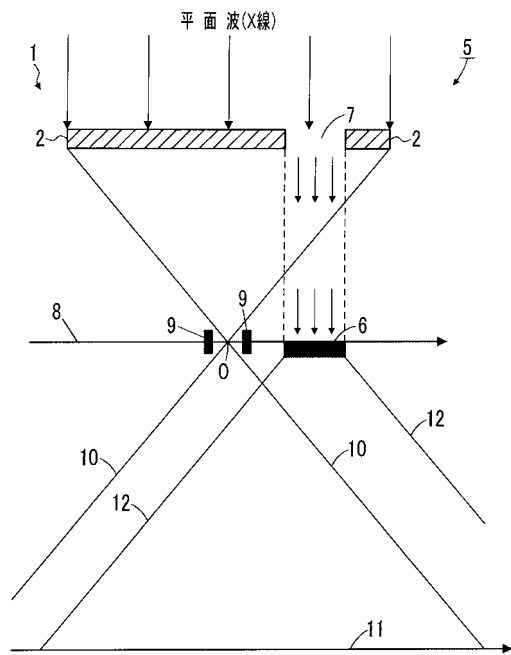
50

- 5 X線頭微鏡
- 6 試料
- 7 透過窓

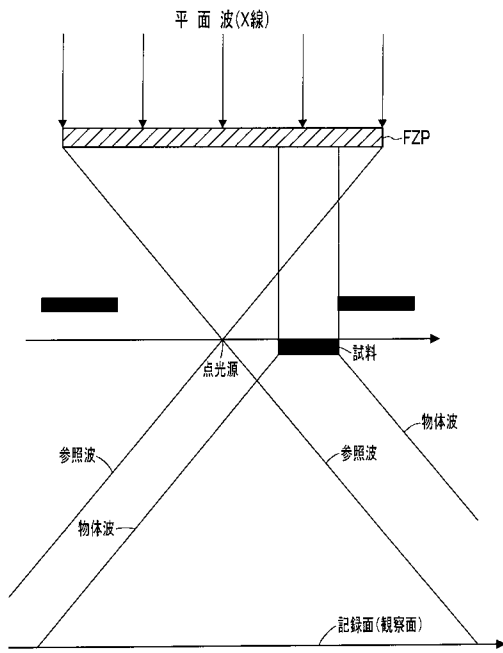
【 図 1 】



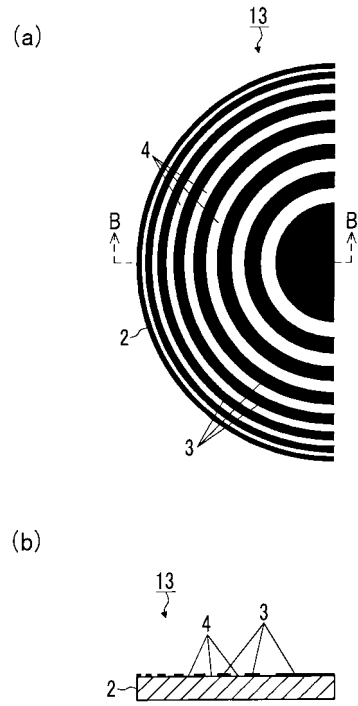
【 図 2 】



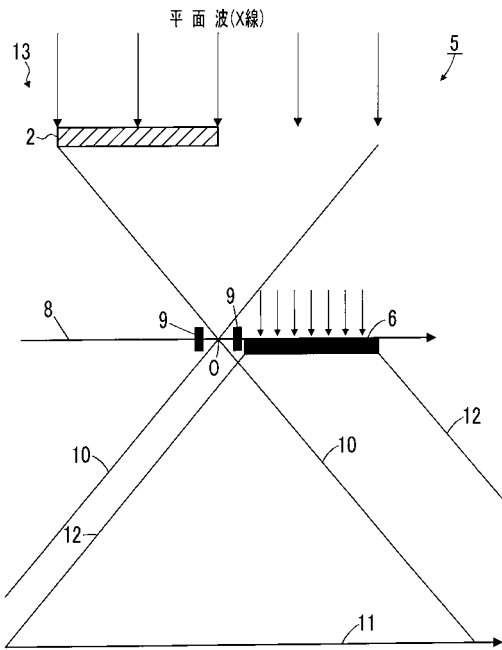
【 図 3 】



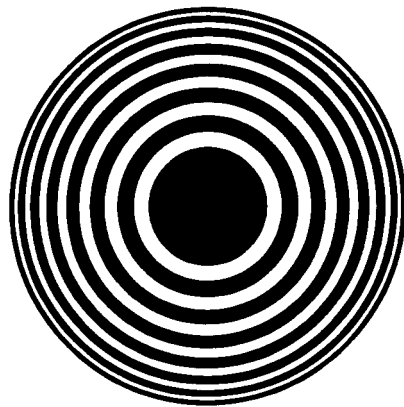
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【手続補正書】

【提出日】平成19年9月12日(2007.9.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートに透過窓を形成したことを特徴とする複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

【請求項2】

前記透明窓は、前記透明基板に面抜部分を設けることによって形成されていることを特徴とする請求項1に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

【請求項3】

前記透過窓は、前記不透明帯が形成されないように、又は、形成されたものが取り除かれるように形成されていることを特徴とする請求項1に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

【請求項4】

平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートの一部分を軸方向に切除したことを特徴とする複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

【請求項5】

切除した前記フレネルゾーンプレートの一部分は、当該フレネルゾーンプレートの略半分であることを特徴とする請求項4に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレート。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかに記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用する対物レンズをもたないX線顕微鏡。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、平板状の透明基板上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上面に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートに透過窓を形成したことを特徴としている。

請求項2に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、請求項1に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートであって、透明窓は、透明基板に面抜部分を設けることによって形成されていることを特徴としている。

請求項3に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、請求項1に記載の複

合照射機能をもつフレネルゾーンプレートであって、透過窓は、不透明帯が形成されないように、又は、形成されたものが取り除かれるように形成されていることを特徴としている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

請求項 4 に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、平板状の透明基板の上に、中心から半径方向に向けて同心円状に不透明帯と透明帯とを交互に配したフレネルゾーンプレートの上に垂直照射された平面波の一部が、該フレネルゾーンプレートから擾乱を受けることなく前記フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料にそのまま垂直入射するように、当該フレネルゾーンプレートの一部分を軸方向に切除したことを特徴としている。

請求項 5 に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートは、請求項 4 に記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートであって、切除した前記フレネルゾーンプレートの一部分は、当該フレネルゾーンプレートの略半分であることを特徴としている。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

請求項 6 に記載の対物レンズをもたない X 線顕微鏡は、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の複合照射機能をもつフレネルゾーンプレートを複合照射レンズとして使用する対物レンズをもたない X 線顕微鏡である。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

請求項 1 及び請求項 6 の発明によれば、フレネルゾーンプレートに透過窓を形成したことにより、該フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料に対して、位相に乱れがない完全な平面波（例えば、軟 X 線の平面波）を垂直入射させることができる。そのため、フレネルゾーンプレートから出射した波の一部を平面波として試料に入射させるフレネルゾーンプレートを使用した場合のように、試料に入射する平面波の位相が乱れることなく、結果として、フレネルゾーンプレートの最外周の不透明帯の幅を小さくすることなく分解能を向上させることができる。よって、最外周の不透明帯の幅をできるだけ小さくすると共に、透過窓を形成することにより、 $0.1 \mu\text{m}$ を超える高分解能の像を得ることが可能である。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

請求項 2 及び請求項 6 の発明によれば、フレネルゾーンプレートの一部分を軸方向に切除したことにより、該フレネルゾーンプレートの下方に配設された試料に対して、位相に

乱れない完全な平面波を垂直入射させることができる。そのため、上記と同様に、試料に入射する平面波の位相が乱れることがないため、最外周の不透明帯の幅を小さくすることなく分解能を向上させることができる。よって、最外周の不透明帯の幅をできるだけ小さくすると共に、フレネルゾーンプレート的一部分を切除してフレネルゾーンプレート及びフレネルゾーンプレートを切除した領域に対して平面波を入射させるようにすることで、 $0.1\ \mu\text{m}$ を超える高分解能の像を得ることが可能である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

請求項5の発明によれば、切除する一部分をフレネルゾーンプレートの略半分とすることにより、切除したフレネルゾーンプレートもX線顕微鏡の複合照射レンズとして使用することができる。すなわち、1枚のフレネルゾーンプレートから、より高分解能の2枚のフレネルゾーンプレートを作製することができ、フレネルゾーンプレートの作製コストを低減させることができる。また、フレネルゾーンプレートに透過窓を形成する場合に比べて、フレネルゾーンプレートの作製が容易になるという利点がある。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2006/308108
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G21K1/06 (2006.01), G01N23/04 (2006.01), G02B5/18 (2006.01), G02B21/00 (2006.01), G21K7/00 (2006.01)		
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) G21K1/06 (2006.01), G01N23/04 (2006.01), G02B5/18 (2006.01), G02B21/00 (2006.01), G21K7/00 (2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDream2), NUCLEN		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-074811 A (Canon Inc.), 14 March, 1990 (14.03.90), Full text; Figs. 1 to 20 (Family: none)	1-3
A	JP 2002-535699 A (3M Innovative Properties Co.), 22 October, 2002 (22.10.02), Full text; Figs. 1 to 16 & US 6407859 B1 & AU 3892099 A & CN 1333885 A & EP 1147456 A & WO 2000/042469 A1	1-3
<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 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 10 July, 2006 (10.07.06)		Date of mailing of the international search report 25 July, 2006 (25.07.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2006/308108									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G21K1/06(2006.01), G01N23/04(2006.01), G02B5/18(2006.01), G02B21/00(2006.01), G21K7/00(2006.01)											
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.Cl. G21K1/06(2006.01), G01N23/04(2006.01), G02B5/18(2006.01), G02B21/00(2006.01), G21K7/00(2006.01)											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2006年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2006年	日本国実用新案登録公報	1996-2006年	日本国登録実用新案公報	1994-2006年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2006年										
日本国実用新案登録公報	1996-2006年										
日本国登録実用新案公報	1994-2006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) JSTPlus (JDream2) NUCLEN											
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									
A	JP 2-074811 A (キャノン株式会社) 1990.03.14 全文, 第1-20図 (ファミリーなし)	1-3									
A	JP 2002-535699 A (スリーエム イノベイティブ プロパティズ カ ンパニー) 2002.10.22 全文, 第1-16図 & US 6407859 B1 & AU 3892099 A & CN 1333885 A & EP 1147456 A & WO 2000/042469 A1	1-3									
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> 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 10.07.2006		国際調査報告の発送日 25.07.2006									
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) 中塚 直樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21 8908								

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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。