

(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
2018年3月29日(29.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/055867 A1

(51) 国際特許分類:

A61B 6/00 (2006.01) G01N 23/04 (2006.01)

A61B 6/06 (2006.01) G01T 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/024109

(22) 国際出願日: 2017年6月30日(30.06.2017)

(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 2016-186051 2016年9月23日(23.09.2016) JP

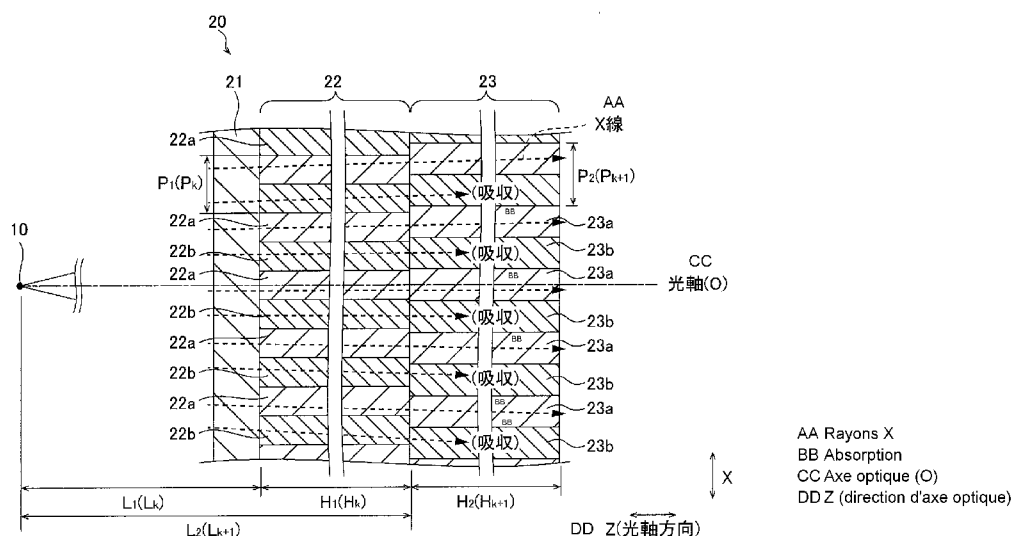
(71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 土岐 貴弘(DOKI, Takahiro); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 田邊 晃一(TANABE, Koichi); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 吉牟田 利典(YOSHIMUTA, Toshinori); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 木村 健士(KIMURA, Kenji); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 岸原 弘之(KISHIHARA, Hiroyuki); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 和田 幸久(WADA, Yukihisa); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ

(54) Title: DIFFRACTION GRATING FOR X-RAY PHASE DIFFERENCE IMAGE CAPTURE DEVICE, X-RAY EMISSION UNIT FOR X-RAY PHASE DIFFERENCE IMAGE CAPTURE DEVICE, AND X-RAY PHASE DIFFERENCE IMAGE CAPTURE DEVICE

(54) 発明の名称: X線位相差撮像装置用回折格子、X線位相差撮像装置用X線発生ユニット、X線位相差撮像装置

[図2]



(57) Abstract: This x-ray phase difference image capture device diffraction grating (20) comprises a first grating (22), further comprising a plurality of first grating parts (22a) which are formed at a first grating period (P_k), and a second grating (23), further comprising a plurality of second grating parts (23a) which are formed at a



京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 和泉 拓朗(**IZUMI, Takuro**); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 白井 太郎(**SHIRAI, Taro**); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 佐野 哲(**SANO, Satoshi**); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 堀場 日明(**HORIBA, Akira**); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 宮 園 博 一 (**MIYAZONO, Hirokazu**); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目 1 3 番 9 号 新大阪 M T ビル 1 号館 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

second grating period (P_{k+1}) which differs from the first grating period, said second grating (23) being layered upon the first grating such that spaces between the first grating parts are connected to spaces between the second grating parts.

(57) 要約: この X 線位相差撮像装置用回折格子 (20) は、第 1 格子周期 (P_k) で形成された複数の第 1 格子部 (22a) を含む第 1 格子 (22) と、第 1 格子周期とは異なる第 2 格子周期 (P_{k+1}) で形成された複数の第 2 格子部 (23a) を含み、第 1 格子部間の空間と第 2 格子部間の空間とがつながるように第 1 格子に積層される第 2 格子 (23) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

X線位相差撮像装置用回折格子、X線位相差撮像装置用X線発生ユニット、X線位相差撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、X線位相差撮像装置用回折格子、そのX線位相差撮像装置用回折格子を備えるX線位相差撮像装置用X線発生ユニット、および、X線位相差撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、たとえば、特開2012-16370号公報に開示されているようなX線位相差撮像装置が知られている。

[0003] 特開2012-16370号公報には、被写体を通過したX線の位相差を利用して、被写体内部を画像化するX線撮像装置（X線位相差撮像装置）が開示されている。このX線撮像装置は、X線の吸収量ではなく、X線の位相差を利用して、被写体内を画像化することによって、X線を吸収しにくい軽元素物体や生体軟部組織を画像化することが可能に構成されている。

[0004] 特開2012-16370号公報のX線撮像装置は、放射状のX線を放出するX線発生部およびマルチスリットを含むX線源と、格子と、X線画像検出器とを備える、いわゆるタルボ・ロー干渉計である。X線発生部と、マルチスリットと、格子（回折格子）と、X線画像検出器とは、X線源の照射軸方向にこの順に並んで配置されている。また、特開2012-16370号公報には、上記構成に加えて、X線画像検出器の手前に、別の格子が配置される従来例が開示されている。この従来例では、X線画像検出器の手前に配置された格子を通過したX線を、モアレ干渉縞として検出することによって、X線画像検出器による画像化を容易にしている。

[0005] ここで、マルチスリットおよびX線画像検出器の手前に配置される格子は、格子部においてX線を吸収する吸収格子であるため、格子部においてX線

を確実に吸収するために、格子部における厚みを大きくすることが要求されている。さらに、吸収格子では、空間コヒーレンスを大きくするために、格子隙間（透過部）を小さくする必要がある。この結果、特に吸収格子において、アスペクト比（格子周期に対する吸収部の厚み）を大きくすることが要求されている。

[0006] ここで、特開 2012-16370 号公報（および従来例）では、マルチスリット、格子および X 線画像検出器の手前に配置された格子は、共に、一般的な 1 段の格子から構成されていると考えられる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献 1：特開 2012-16370 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、一般的な 1 段の格子では、格子周期を小さくしつつ、格子部の厚みが大きくなるように加工するのは容易ではない。また、複数段の格子を積層させることによって、格子周期を小さくしつつ、格子部の厚みを確保する場合には、複数の格子同士の格子部の位置を厳密に合わせる必要がある。これらの結果、アスペクト比が大きな格子を得ることが容易ではないという問題点がある。

[0009] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、容易にアスペクト比を大きくすることが可能な X 線位相差撮像装置用回折格子、その X 線位相差撮像装置用回折格子を用いた X 線位相差撮像装置用 X 線発生ユニット、およびその X 線位相差撮像装置用回折格子を用いた X 線位相差撮像装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するために、この発明の第 1 の局面における X 線位相差撮像装置用回折格子は、第 1 格子周期で形成された複数の第 1 格子部を含む第

1 格子と、第 1 格子周期とは異なる第 2 格子周期で形成された複数の第 2 格子部を含み、第 1 格子部間の空間と第 2 格子部間の空間とがつながるように第 1 格子に積層される第 2 格子と、を備える。

[0011] この発明の第 1 の局面による X 線位相差撮像装置用回折格子では、上記のように、第 1 格子周期で形成された複数の第 1 格子部を含む第 1 格子と、第 1 格子周期とは異なる第 2 格子周期で形成された複数の第 2 格子部を含む第 2 格子とを積層する。これにより、第 1 格子周期と第 2 格子周期とが異なるので、第 1 格子と第 2 格子とを積層させる際に、第 1 格子部と第 2 格子部との位置を厳密に合わせなくても、第 1 格子周期と第 2 格子周期との差を利用して、第 1 格子と第 2 格子との積層方向において、第 1 格子部と第 2 格子部とが十分に重なる箇所、および、第 1 格子部間の空間と第 2 格子部間の空間とが十分につながる箇所を、X 線位相差撮像装置用回折格子に形成することができる。また、積層方向において、第 1 格子部と第 2 格子部とが十分に重ならない箇所（積層方向において第 1 格子部と第 2 格子部とがずれている箇所）であっても、積層方向に対して傾斜する方向のうちの特定の方向において、第 1 格子部と第 2 格子部とを重ねることができるとともに、第 1 格子部間の空間と第 2 格子部間の空間とを十分につなげることができる。これらの結果、積層方向および積層方向に対して傾斜する方向において、第 1 格子部と第 2 格子部とが十分に重なり、第 1 格子部間の空間と第 2 格子部間の空間とが十分につながるようにすることができる。したがって、X 線位相差撮像装置において、X 線位相差撮像装置用回折格子への X 線の入射角度（X 線が放射状に広がる角度）等を適宜調整することによって、第 1 格子部間の空間と第 2 格子部間の空間とを X 線が透過することが可能な X 線位相差撮像装置用回折格子において、第 1 格子部および第 2 格子部が積層方向および積層方向に対して傾斜する方向に重なる分、実質的にアスペクト比を大きくすることができる。この結果、X 線を十分に透過させつつ、容易にアスペクト比を大きくすることが可能な X 線位相差撮像装置用回折格子を得ることができる。

[0012] 上記第1の局面によるX線位相差撮像装置用回折格子において、好ましくは、第1格子は、発生したX線を放射状に照射するX線発生部に対して、第2格子よりも近い位置に配置されており、第1格子および第2格子の積層方向と直交し、かつ、第1格子部および第2格子部の延びる方向と直交する方向において、中心位置近傍で第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とが略一致するとともに、中心位置近傍から遠ざかるに従い、第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とのずれが大きくなるように、第1格子と第2格子とが積層されている。ここで、中心位置とX線発生部の光軸とを略一致させた場合には、放射状に照射されるX線は、光軸に対してある入射角度で、第1格子部間に入射される。この際、第1格子部間が中心位置から遠ざかるに従い、X線の入射角度は大きくなる。そこで、本発明では、中心位置から遠ざかるに従い、第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とのずれが大きくなるように、第1格子と第2格子とを積層する。このように構成すれば、中心位置から遠ざかるに従いX線の入射角が大きくなるのに対応させて、第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とのずれを大きくすることができる。これにより、第1格子部間と第2格子間とのずれがない場合と比べて、入射角を有して入射されるX線を、第1格子部間だけでなく、第2格子部間も通過させやすくすることができる。この結果、X線位相差撮像装置用回折格子を通過するX線の線量が低下するのを抑制することができるとともに、視野範囲が狭くなるのを抑制することができる。

[0013] また、X線位相差撮像装置用回折格子では、第1格子部間が第1格子周期で配置され、第2格子部間が第1格子周期とは異なる第2格子周期で配置されているとともに、中心位置近傍で第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とが略一致するとともに、中心位置近傍から遠ざかるに従い、第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とのずれが大きくなるように、第1格子と第2格子とが積層されている。このように構成すれば、中心位置に対して略対称になるように、第1格子部間と第2格子部間とが配置されるので、中心位置とX線発生部の光軸とを略一致させた場合において、X線位相差撮像装置

用回折格子を通過したX線の線量を、中心位置に対して略対称にすることができる。これにより、X線位相差撮像装置用回折格子がX線位相差撮像装置のマルチスリットとして用いられた際に、マルチスリットを通過したX線を用いて、より正確な自己像を得ることができる。また、X線位相差撮像装置用回折格子がX線位相差撮像装置の吸収格子として用いられた際に、吸収格子を通過したX線を用いて、より正確なモアレ干渉縞を得ることができる。

[0014] この場合、好ましくは、第2格子の第2格子周期は、第1格子の第1格子周期よりも大きい。このように構成すれば、中心位置から遠ざかるに従い、第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とのずれを、第2格子周期と第1格子周期との差だけ蓄積することができる。これにより、中心位置から遠ざかるに従い、第1格子部間の中心と第2格子部間の中心とのずれを容易に大きくすることができる。

[0015] 上記第2格子周期が第1格子周期よりも大きい構成において、好ましくは、第1格子と第2格子とは、互いに接触した状態で積層されており、第2格子の第2格子周期 P_{k+1} は、第1格子の第1格子周期 P_k に対して、下記の式(1)を満たしている。

$$\left((L_k + 0.9 \times H_k) / L_k \right) \times P_k \leq P_{k+1} \leq \left((L_k + 1.1 \times H_k) / L_k \right) \times P_k \cdots (1)$$

なお、「 L_k 」は、第1格子とX線発生部との距離であり、「 H_k 」は、第1格子および第2格子の積層方向における、第1格子部の長さである。

[0016] このように構成すれば、第1格子周期と第2格子周期との関係を、三角形の相似の関係に近似させることができるので、中心位置から離れた位置においても、第1格子部間を通過したX線を、第2格子部間において確実に通過することができる。

[0017] 上記第1の局面によるX線位相差撮像装置用回折格子において、好ましくは、第1格子と第2格子とは、X線発生部の光軸方向に積層されている。このように構成すれば、第1格子と第2格子との積層方向をX線発生部の光軸とを略一致させることにより、X線をX線位相差撮像装置用回折格子に効率

的に入射させることができる。

[0018] この発明の第2の局面におけるX線位相差撮像装置用X線発生ユニットは、上記第1の局面におけるX線位相差撮像装置用回折格子と、X線位相差撮像装置用回折格子に向かってX線を照射するX線発生部と、を備える。このように構成すれば、X線を十分に透過させつつ、アスペクト比が大きなX線位相差撮像装置用回折格子を用いることによって、空間的な可干渉性が高いX線位相差撮像装置用回折格子を得ることができるので、鮮明な干渉縞を得ることが可能なようにX線を照射することが可能な、X線位相差撮像装置用X線発生ユニットを得ることができる。

[0019] この発明の第3の局面におけるX線位相差撮像装置は、上記第2の局面におけるX線位相差撮像装置用X線発生ユニットと、X線位相差撮像装置用X線発生ユニットから照射されるX線により、自己像を形成するための位相格子と、位相格子を通過したX線を検出する検出部と、を備える。このように構成すれば、鮮明な干渉縞を得ることが可能なX線位相差撮像装置を得ることができる。

[0020] この発明の第4の局面におけるX線位相差撮像装置は、X線を照射するX線発生部を含むX線発生ユニットと、X線発生ユニットから照射されるX線により、自己像を形成するための位相格子と、位相格子を通過したX線を検出する検出部と、位相格子と検出部との間に配置される、上記第1の局面におけるX線位相差撮像装置用回折格子と、を備える。このように構成すれば、X線を十分に透過させつつ、アスペクト比が大きなX線位相差撮像装置用回折格子を用いることによって、鮮明なモアレ干渉縞を得ることが可能なX線位相差撮像装置を得ることができる。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、上記のように、容易にアスペクト比を大きくすることが可能なX線位相差撮像装置用回折格子、そのX線位相差撮像装置用回折格子を用いたX線位相差撮像装置用X線発生ユニット、およびそのX線位相差撮像装置用回折格子を用いたX線位相差撮像装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の一実施形態によるX線位相差撮像装置の全体構成を示す図である。

[図2]図1の200-200線に沿ったマルチスリットの断面図である。

[図3]図2の一部を拡大して示した断面図である。

[図4]本発明の一実施形態のマルチスリットにおいて、第1格子周期と第2格子周期との関係を説明するための図である。

[図5]図1の300-300線に沿った吸収格子の断面図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。

[0024] (X線位相差撮像装置の構成)

図1を参照して、本発明の一実施形態によるX線位相差撮像装置100の構成について説明する。

[0025] X線位相差撮像装置100は、図1に示すように、被写体Tを通過したX線の位相差を利用して、被写体Tの内部を画像化する装置である。また、X線位相差撮像装置100は、タルボ(Talbot)効果を利用して、被写体Tの内部を画像化する装置である。X線位相差撮像装置100は、たとえば、医療用途では、生体としての被写体Tの内部の画像化に用いることが可能である。また、X線位相差撮像装置100は、たとえば、非破壊検査用途では、物体としての被写体Tの内部の画像化に用いることが可能である。

[0026] X線位相差撮像装置100は、X線発生ユニット1と、回折格子2と、吸収格子3と、検出部4とを備えている。また、X線発生ユニット1は、X線発生部10と、マルチスリット20とを含んでいる。この結果、X線位相差撮像装置100では、X線発生ユニット1(X線発生部10およびマルチスリット20)と、回折格子2と、吸収格子3と、検出部4とを用いて、タルボ・ロー(Talbot-Lau)干渉計によるX線撮像が行われる。なお、X線発生ユニット1は、特許請求の範囲の「X線位相差撮像装置用X線発生ユニット」の一例であり、マルチスリット20および吸収格子3は、特許請

求の範囲の「X線位相差撮像装置用回折格子」の一例である。また、回折格子2は、特許請求の範囲の「位相格子」の一例である。

[0027] X線発生部10と、マルチスリット20と、回折格子2と、吸収格子3と、検出部4とは、X線が照射される方向である光軸方向（Z方向）に、この順に並んで配置されている。また、マルチスリット20と、回折格子2と、吸収格子3とは、各々、光軸方向と直交する面方向に広がるように形成されており、光軸方向が厚み方向になるように配置されている。なお、本明細書では、X線の光軸方向をZ方向とし、Z方向と直交する面内において互いに直交する方向をそれぞれX方向およびY方向とする。

[0028] X線発生ユニット1のX線発生部10は、高電圧が印加されることにより、X線を発生させるとともに、発生させたX線を光軸方向に向かって放射状（コーンビーム状）に照射するように構成されている。つまり、X線発生部10は、光軸を中心として同心円状に広がるように、X線を照射する。

[0029] X線発生ユニット1のマルチスリット20は、ロー（L a u）効果により、X線発生部10から照射されるX線の空間的な可干渉性を高めるために設けられている。このマルチスリット20は、回折格子の一種としての吸収格子である。また、マルチスリット20には、X線発生部10から放射状に照射されるX線が入射する。つまり、マルチスリット20では、X線発生部10の光軸と略一致する位置においては、マルチスリット20の面と直交する方向（Z方向）に、X線が入射する一方、X線発生部10の光軸から離間した位置においては、X線はZ方向に対して斜めに入射（斜入）する。なお、マルチスリット20の詳細な構成については後述する。

[0030] 回折格子2は、通過するX線の位相を変化させる回折格子の一種としての位相格子である。回折格子2は、Z方向に直交するX方向にある周期（ピッチ）で配列される複数のスリット2aを有している。各スリット2aは、Z方向に直交するY方向に延びるように形成されている。

[0031] 回折格子2は、マルチスリット20を通過したX線が照射される。回折格子2は、自己像を形成するために設けられている。具体的には、空間的な可

干渉性を有するX線が、スリット2aが形成された回折格子2を通過すると、格子から所定の距離（タルボ距離）離れた位置に、格子の像（自己像）が形成される。これを、タルボ効果という。なお、自己像は、X線の干渉によって生じる干渉縞である。X線位相差撮像装置100では、マルチスリット20を設けてX線の可干渉性を高めることによって、タルボ効果による回折格子2の自己像をより確実に形成させることが可能である。

[0032] 吸収格子3は、回折格子2の自己像と干渉してモアレ縞を形成するために設けられている。この吸収格子3は、回折格子の一種としての吸収格子である。また、吸収格子3は、回折格子2からタルボ距離だけ離間した位置に配置されるように設計されている。さらに、吸収格子3には、回折格子2を通過した放射状のX線が入射する。つまり、吸収格子3では、X線発生部10の光軸と略一致する位置においては、吸収格子3の面と直交する方向（Z方向）に、X線が入射する一方、X線発生部10の光軸から離間した位置においては、X線はZ方向に対して斜めに入射（斜入）する。なお、吸収格子3の詳細な構成については後述する。

[0033] また、被写体Tの撮像時には、X線発生ユニット1と回折格子2との間に被写体Tが配置される。この場合、被写体Tを通過したX線が、吸収格子3に照射される。なお、被写体Tは、回折格子2と吸収格子3との間に配置されてもよい。

[0034] 検出部4は、X線を検出するとともに、検出されたX線を電気信号（検出信号）に変換するように構成されている。検出部4は、検出信号を図示しない制御部などに出力するように構成されている。検出部4は、たとえば、FPD（Flat Panel Detector）である。検出部4は、複数の検出素子（図示せず）により構成されている。複数の検出素子は、所定の周期（ピッチ）で、X方向およびY方向に並んで配置されている。

[0035] 検出素子の周期は、回折格子2の自己像の周期よりも大きい。この場合、回折格子2の自己像を検出部4により直接検出することが困難であるため、X線位相差撮像装置100では、回折格子2の自己像と干渉してモアレ縞を

形成するための吸収格子 3 を設けて、回折格子 2 の自己像と吸収格子 3 との重ね合わせによるモアレ縞を検出部 4 により検出する。ここで、回折格子 2 の自己像と吸収格子 3 との重ね合わせによるモアレ縞の周期は、検出素子の周期よりも十分に大きくなる。これにより、回折格子 2 の自己像と吸収格子 3 との重ね合わせによるモアレ縞を、検出部 4 により容易に検出可能にすることが可能なように、X線位相差撮像装置 100 が構成されている。

[0036] (マルチスリットの構成)

次に、図 1 ～図 4 を参照して、マルチスリット 20 の構成について詳細に説明する。

[0037] 本実施形態のマルチスリット 20 は、図 2 に示すように、シリコンからなる基板 21 と、基板 21 上に形成された第 1 格子 22 と、第 1 格子 22 上に形成された第 2 格子 23 とを含んでいる。基板 21 と、第 1 格子 22 と、第 2 格子 23 とは、光軸方向 (Z 方向) に積層されている。この際、基板 21 は、マルチスリット 20 のうち、最も X 線発生部 10 側に配置されており、第 2 格子 23 は、マルチスリット 20 のうち、X 線発生部 10 から最も離間する側に配置されている。

[0038] 基板 21 は、マルチスリット 20 の光軸方向と直交する面方向の略全体に配置されており、X 線を主に透過させる。

[0039] 第 1 格子 22 は、X 線を吸収する Au から構成された複数の第 1 格子部 22a を有している。この複数の第 1 格子部 22a は、Z 方向に直交する X 方向に第 1 格子周期 P_1 で配列されている。また、第 1 格子部 22a は、Z 方向に直交する Y 方向に延びるように形成されている。

[0040] 第 1 格子 22 は、X 線を透過させるレジストから構成された複数の第 1 透過部 22b を有している。この複数の第 1 透過部 22b は、第 1 格子部 22a 同士の間配置されている。つまり、複数の第 1 透過部 22b は、X 方向に第 1 格子周期 P_1 で配列されている。また、第 1 透過部 22b は、Z 方向に直交する Y 方向に延びるように形成されている。なお、第 1 透過部 22b の X 方向の長さ (幅) は、第 1 格子部 22a の X 方向の長さ (幅) と略等しい

。つまり、第1格子部22aのX方向の長さ P_1 と第1透過部22bのX方向の長さとは、共に、 $P_1/2$ である。

[0041] 第2格子23は、X線を吸収するAuから構成された複数の第2格子部23aを有している。この複数の第2格子部23aは、Z方向に直交するX方向に第2格子周期 P_2 で配列されている。また、第2格子部23aは、Z方向に直交するY方向に延びるように形成されている。

[0042] 第2格子23は、X線を透過させるレジストから構成された複数の第2透過部23bを有している。この複数の第2透過部23bは、第2格子部23a同士の間配置されている。つまり、複数の第2透過部23bは、X方向に第2格子周期 P_2 で配列されている。また、第2透過部23bは、Z方向に直交するY方向に延びるように形成されている。なお、第2透過部23bのX方向の長さ（幅）は、第2格子部23aのX方向の長さ（幅）と略等しい。つまり、第2格子部23aのX方向の長さ P_2 と第2透過部23bのX方向の長さとは、共に、 $P_2/2$ である。また、第1透過部22bの空間と第2透過部23bの空間とがつながるように、マルチスリット20は構成されている。

[0043] ここで、本実施形態では、第2格子部23a（第2透過部23b）の第2格子周期 P_2 は、第1格子部22a（第1透過部22b）の第1格子周期 P_1 よりも大きくなるように設定されている。これにより、第1格子部22aと第2格子部23aとがX方向にずれるように、第1格子22と第2格子23とが積層されている。この結果、図3に示すように、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心Obとが、格子周期毎に、 $|P_2 - P_1|$ （ $=P_2 - P_1$ ）だけX方向にずれる。これにより、第1格子22と第2格子23とを積層させる際に、X方向のいずれかの位置において、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心ObとのずれGが、 $(P_2 - P_1)$ 未満になり、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心Obとを略一致させることが可能である。

[0044] また、光軸上に配置されたマルチスリット20のX方向の中心位置O上に

、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心Obとが略一致する位置が配置されるように、X線位相差撮像装置100内にマルチスリット20が配置されている。この結果、中心位置O近傍から遠ざかるに従い、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心Obとのずれが大きくなるように構成されている。

[0045] つまり、中心位置Oの第1透過部22bの中心Oa₀と第2透過部23bの中心Ob₀とのずれG₀（図示せず）は（P₂−P₁）未満で十分に小さい。一方、第2格子周期P₂は、第1格子周期P₁よりも大きいことにより、中心位置Oから1周期分だけずれた箇所では、第1透過部22bの中心Oa₁と第2透過部23bの中心Ob₁とのずれG₁（=P₂−P₁+G₀）が生じる。また、中心位置Oから2周期分だけずれた箇所では、第1透過部22bの中心Oa₂と第2透過部23bの中心Ob₂とのずれG₂（=2（P₂−P₁）+G₀）が生じる。

[0046] つまり、中心位置Oからa周期分だけずれた箇所では、第1透過部22bの中心Oa₁と第2透過部23bの中心Ob₁には、ずれGa（=a（P₂−P₁）+G₀）が生じる。この結果、第1透過部22bと第2透過部23bとが中心位置Oから離れるに従い、第1透過部22bと第2透過部23bとのずれは大きくなるので、X線の斜入に対応するように、マルチスリット20を形成することが可能である。

[0047] また、本実施形態では、第2格子周期P₂（P_{k+1}）は、第1格子周期P₁（P_k）に対して、下記の式（1）を満たすように形成されている。

$$\left((L_k + 0.9 \times H_k) / L_k \right) \times P_k \leq P_{k+1} \leq \left((L_k + 1.1 \times H_k) / L_k \right) \times P_k \cdots (1)$$

なお、「L_k」は、第1格子22とX線発生部10との距離であり、「H_k」は、Z方向における、第1格子部22a（第1透過部22b）の長さである。

[0048] また、第2格子周期P₂（P_{k+1}）は、第1格子周期P₁（P_k）に対して、下記の式（2）の近傍の値であるのが好ましい。

$$P_{k+1} = ((L_k + H_k) / L_k) \times P_k \cdots (2)$$

[0049] なお、式(1)および式(2)は、第1格子22と第2格子23との幾何学的位置関係から求めることが可能である。図3を参照して、この点について説明する。

[0050] 図3に示すように、X線発生部10がマルチスリット12から十分に離れており、X線発生部10が点光源であるとする。また、中心位置Oの第1透過部22bからX方向の一方側にa番目の第1透過部22bに入射するX線の光軸に対してなす角度を θ_a であるとする。この場合、第2格子23の第2透過部23bにおいてもX線が十分に入射するには、図4に示す幾何学的条件を満たせばよい。

[0051] 図4には、三角形ABCと、三角形ABCと相似な三角形ADEを示している。三角形ABCの頂点A、BおよびCの位置は、それぞれ、X線発生部10の位置、中心位置Oにおける第1透過部22bの位置、および、中心位置Oの第2透過部23bの位置に対応する。また、三角形ADEの頂点DおよびEの位置は、それぞれ、a番目の第1透過部22bの位置、および、a番目の第2透過部23bの位置に対応する。

[0052] この場合、線分ABと線分BCとの比が線分ADと線分DEとの比に一致するという三角形の相似の関係から、第1格子周期 P_1 (P_k)と第2格子周期 P_2 (P_{k+1})との比が距離Rと周期d2との比に一致することから以下の式(3)を導くことができる。

$$L_k : a P_k = (L_k + H_k) : a P_{k+1} \cdots (3)$$

[0053] この式(3)に基づいて、式(2)が導かれる。そして、ある程度余裕がある場合であっても、第2透過部23bにおいてX線を十分に入射させることができるので、式(2)に許容分が考慮されることによって、式(1)が導かれる。

[0054] この結果、上記した式(1)または式(2)の条件を満たすように、マルチスリット20を構成するとともに、X線発生部10を配置することによって、X線の斜入に対応し、かつ、アスペクト比を大きくすることが可能なマ

ルチスリット20を得ることが可能である。なお、上記要件を満たすことにより、第1格子部22aに入射するX線を、第1格子部22aと、第1格子部22aに対して適切にずれた第2格子部23aとにより、十分に吸収することが可能である。

[0055] なお、マルチスリット20は、基板21上に、第1格子22を形成し、その後、第1格子22の上に第2格子23を形成することによって、作成されている。なお、第1格子22を形成する工程としては、基板21上にレジストを塗布した後に、パターニングを行うことによって、第1透過部22bに対応する位置にレジストを残し、第1格子部22aに対応する位置のレジストを除去して溝を形成する。そして、レジストが除去された溝を埋めるように、Auめっきを施すことによって、第1格子部22aを形成する。これにより、第1格子22が形成される。その後、第2格子23を、第1格子22の形成工程と同様の工程で形成することによって、マルチスリット20が作成される。

[0056] この際、上記のように、X方向のいずれかの位置において、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心ObとのずれGが、 $(P_2 - P_1)$ 未満になり、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心Obとを略一致させることが可能であるので、第2格子23の第2格子部23aの位置および第2透過部23bの位置を、それぞれ、第1格子22の第1格子部22aの位置および第1透過部22bの位置に厳密に合わせる必要がない。これにより、容易に、マルチスリット20を作成することが可能である。

[0057] そして、第1透過部22bの中心Oaと第2透過部23bの中心Obとが略一致する位置を、マルチスリット20の中心位置Oとするとともに、中心位置OがX線発生部10の光軸と略一致するように、マルチスリット20がX線位相差撮像装置100内に配置される。

[0058] (吸収格子の構成)

次に、図5を参照して、吸収格子3の構成について詳細に説明する。

[0059] 本実施形態の吸収格子3は、図5に示すように、第1格子周期 Q_1 (Q_k) 第

2格子周期 Q_2 (Q_{k+1}) が異なる点を除いて、マルチスリット20と同様の構成を有している。つまり、吸収格子3は、基板31と、第1格子32と、第2格子33とが、光軸方向 (Z方向) に積層された構成を有している。この際、基板31は、吸収格子3のうち、最もX線発生ユニット1側に配置されており、第2格子33は、吸収格子3のうち、X線発生ユニット1から最も離間する側に配置されている。

[0060] 第1格子32は、複数の第1格子部32aと、第1格子部32a同士の間配置された複数の第1透過部32bとを有している。複数の第1格子部32aおよび複数の第1透過部32bは、X方向に第1格子周期 Q_1 で配列されている。また、第2格子33は、複数の第2格子部33aと、第2格子部33a同士の間配置された複数の第2透過部33bを有している。この複数の第2格子部33aおよび複数の第2透過部33bは、X方向に第2格子周期 Q_2 で配列されている。また、第1透過部32bの空間と、第2透過部33bの空間とがつながるように、吸収格子3は構成されている。

[0061] ここで、本実施形態では、第2格子部33a (第2透過部33b) の第2格子周期 Q_2 は、第1格子部32a (第1透過部32b) の第1格子周期 Q_1 よりも大きくなるように設定されている。これにより、第1格子部32aと第2格子部33aとがX方向にずれるように、第1格子32と第2格子33とが積層されている。この結果、マルチスリット20と同様に、第1透過部32bの中心と第2透過部33bの中心とが、格子周期毎に、 $|Q_2 - Q_1|$ ($= Q_2 - Q_1$) だけX方向にずれる。これにより、第1格子32と第2格子33とを積層させる際に、X方向のいずれかの位置において、第1透過部32bの中心と第2透過部33bの中心とのずれが、 $(Q_2 - Q_1)$ 未満になり、第1透過部32bの中心と第2透過部33bの中心とを略一致させることが可能である。

[0062] また、吸収格子3では、中心位置O近傍から遠ざかるに従い、第1透過部32bの中心と第2透過部33bの中心とのずれが大きくなるように構成されている。ここで、吸収格子3において、マルチスリット20と同様に、第

2 格子周期 Q_2 (Q_{k+1}) は、第 1 格子周期 Q_1 (Q_k) に対して、下記の式 (4) を満たすように形成されている。

$$\left((M_k + 0.9 \times l_k) / M_k \right) \times Q_k \leq Q_{k+1} \leq \left((M_k + 1.1 \times l_k) / M_k \right) \times Q_k \cdots (4)$$

なお、「 M_k 」は、第 1 格子 3 2 とマルチスリット 2 0 との距離であり、「 l_k 」は、Z 方向における、第 1 格子部 3 2 a (第 1 透過部 3 2 b) の長さである。

[0063] また、第 2 格子周期 Q_2 (Q_{k+1}) は、第 1 格子周期 Q_1 (Q_k) に対して、下記の式 (5) の近傍の値であるのが好ましい。

$$Q_{k+1} = \left((M_k + l_k) / M_k \right) \times Q_k \cdots (5)$$

[0064] この結果、上記した式 (4) または式 (5) の条件を満たすように、吸収格子 3 を構成するとともに、X 線発生ユニット 1 を配置することによって、X 線の斜入に対応し、かつ、アスペクト比を大きくすることが可能な吸収格子 3 を得ることが可能である。

[0065] (本実施形態の効果)

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0066] 本実施形態では、上記のように、マルチスリット 2 0 において、第 1 格子周期 P_k で形成された複数の第 1 格子部 2 2 a を含む第 1 格子 2 2 と、第 1 格子周期 P_k とは異なる第 2 格子周期 P_{k+1} で形成された複数の第 2 格子部 2 3 a を含む第 2 格子 2 3 とを積層する。これにより、第 1 格子周期 P_k と第 2 格子周期 P_{k+1} とが異なるので、第 1 格子 2 2 と第 2 格子 2 3 とを積層させる際に、第 1 格子部 2 2 a と第 2 格子部 2 3 a との位置を厳密に合わせなくても、第 1 格子周期 P_k と第 2 格子周期 P_{k+1} との差を利用して、第 1 格子 2 2 と第 2 格子 2 3 との積層方向 (Z 方向) において、第 1 格子部 2 2 a と第 2 格子部 2 3 a とが十分に重なる箇所、および、第 1 透過部 2 2 b の空間と第 2 透過部 2 3 b の空間とが十分につながる箇所を、マルチスリット 2 0 に形成することができる。また、積層方向において、第 1 格子部 2 2 a と第 2 格子部 2 3 a とが十分に重ならない箇所 (Z 方向において第 1 格子部 2 2 a と第 2 格子部

2 3 a とがずれている箇所)であっても、積層方向に対して傾斜する方向のうちの特定の方向において、第1格子部2 2 aと第2格子部2 3 aとを重ねることができるとともに、第1透過部2 2 bの空間と第2透過部2 3 bの空間とを十分につなげることができる。これらの結果、積層方向および積層方向に対して傾斜する方向において、第1格子部2 2 aと第2格子部2 3 aとが十分に重なるとともに、第1透過部2 2 bの空間と第2透過部2 3 bの空間とが十分につながるようにすることができる。したがって、X線位相差撮像装置1 0 0において、マルチスリット2 0へのX線の入射角度(X線が放射状に広がる角度)等を適宜調整することによって、第1透過部2 2 bの空間と第2透過部2 3 bの空間とをX線が透過することが可能なマルチスリット2 0において、第1格子部2 2 aおよび第2格子部2 3 aが積層方向および積層方向に対して傾斜する方向に重なる分、実質的にアスペクト比を大きくすることができる。この結果、X線を十分に透過させつつ、容易にアスペクト比を大きくすることが可能なマルチスリット2 0を得ることができる。したがって、X線を十分に透過させつつ、アスペクト比が大きなマルチスリット2 0をX線発生ユニット1に用いることによって、空間的な可干渉性が高いマルチスリット2 0を得ることができるので、鮮明な干渉縞を得ることが可能なようにX線を照射することが可能な、X線発生ユニット1を得ることができるとともに、鮮明な干渉縞を得ることが可能なX線位相差撮像装置1 0 0を得ることができる。

[0067] また、本実施形態では、上記のように、吸収格子3において、第1格子周期 Q_k で形成された複数の第1格子部3 2 aを含む第1格子3 2と、第1格子周期 Q_k とは異なる第2格子周期 Q_{k+1} で形成された複数の第2格子部3 3 aを含む第2格子3 3とを積層する。これにより、マルチスリット2 0と同様に、X線を十分に透過させつつ、容易にアスペクト比を大きくすることが可能な吸収格子3を得ることができる。この結果、X線を十分に透過させつつ、アスペクト比が大きな吸収格子3を用いることによって、鮮明なモアレ干渉縞を得ることが可能なX線位相差撮像装置1 0 0を得ることができる。

[0068] また、本実施形態では、上記のように、マルチスリット 20 において、第 1 格子 22 を、発生した X 線を放射状に照射する X 線発生部 10 に対して、第 2 格子 23 よりも近い位置に配置する。また、第 1 格子 22 および第 2 格子 23 の積層方向（光軸方向）と直交し、かつ、第 1 格子部 22 a および第 2 格子部 23 a の延びる Y 方向と直交する X 方向において、中心位置 O 近傍で第 1 透過部 22 b の中心 O a と第 2 透過部 23 b の中心 O b とが略一致するとともに、中心位置 O 近傍から遠ざかるに従い、第 1 透過部 22 b の中心 O a と第 2 透過部 23 b の中心 O b とのずれが大きくなるように、第 1 格子 22 と第 2 格子 23 とを積層する。これにより、中心位置 O から遠ざかるに従い X 線の入射角が大きくなるのに対応させて、第 1 透過部 22 b の中心 O a と第 2 透過部 23 b の中心 O b とのずれを大きくすることができる。この結果、第 1 透過部 22 b と第 2 格子 23 間とのずれがない場合と比べて、入射角を有して入射される X 線を、第 1 透過部 22 b だけでなく、第 2 透過部 23 b も通過させやすくすることができる。したがって、マルチスリット 20 を通過する X 線の線量が低下するのを抑制することができるとともに、視野範囲が狭くなるのを抑制することができる。

[0069] また、本実施形態では、上記のように、マルチスリット 20 において、第 1 透過部 22 b が第 1 格子周期 P_k で配置され、第 2 透過部 23 b が第 1 格子周期 P_k とは異なる第 2 格子周期 P_{k+1} で配置されているとともに、中心位置 O 近傍で第 1 透過部 22 b の中心 O a と第 2 透過部 23 b の中心 O b とが略一致するとともに、中心位置 O 近傍から遠ざかるに従い、第 1 透過部 22 b の中心 O a と第 2 透過部 23 b の中心 O b とのずれが大きくなるように、第 1 格子 22 と第 2 格子 23 とを積層する。これにより、中心位置 O に対して略対称になるように、第 1 透過部 22 b と第 2 透過部 23 b とが配置されるので、中心位置 O と X 線発生部 10 の光軸とを略一致させた場合において、マルチスリット 20 を通過した X 線の線量を、中心位置 O に対して略対称にすることができる。この結果、マルチスリット 20 を備える X 線位相差撮像装置 100 において、マルチスリット 20 を通過した X 線を用いて、より正確

な自己像を得ることができる。

[0070] また、本実施形態では、上記のように、吸収格子 3 において、第 1 格子 3 2 を、発生した X 線を放射状に照射する X 線発生ユニット 1 に対して、第 2 格子 3 3 よりも近い位置に配置する。また、第 1 格子 3 2 および第 2 格子 3 3 の積層方向（光軸方向）と直交し、かつ、第 1 格子部 3 2 a および第 2 格子部 3 3 a の延びる Y 方向と直交する X 方向において、中心位置 O 近傍で第 1 透過部 3 2 b の中心と第 2 透過部 3 3 b の中心とが略一致するとともに、中心位置 O 近傍から遠ざかるに従い、第 1 透過部 3 2 b の中心と第 2 透過部 3 3 b の中心とのずれが大きくなるように、第 1 格子 3 2 と第 2 格子 3 3 とを積層する。これにより、吸収格子 3 を通過する X 線の線量が低下するのを抑制することができるとともに、視野範囲（検出部 4 における検出範囲）が狭くなるのを抑制することができる。

[0071] また、本実施形態では、上記のように、吸収格子 3 において、第 1 透過部 3 2 b が第 1 格子周期 Q_k で配置され、第 2 透過部 3 3 b が第 1 格子周期 Q_k とは異なる第 2 格子周期 Q_{k+1} で配置されているとともに、中心位置 O 近傍で第 1 透過部 3 2 b の中心と第 2 透過部 3 3 b の中心とが略一致するとともに、中心位置 O 近傍から遠ざかるに従い、第 1 透過部 3 2 b の中心と第 2 透過部 3 3 b の中心とのずれが大きくなるように、第 1 格子 3 2 と第 2 格子 3 3 とを積層する。これにより、吸収格子 3 を備える X 線位相差撮像装置 100 において、吸収格子 3 を通過した X 線を用いて、より正確なモアレ干渉縞を得ることができる。

[0072] また、本実施形態では、上記のように、マルチスリット 20 において、第 2 格子 2 3 の第 2 格子周期 P_{k+1} を、第 1 格子 2 2 の第 1 格子周期 P_k よりも大きくする。これにより、中心位置 O から遠ざかるに従い、第 1 透過部 2 2 b の中心 O a と第 2 透過部 2 3 b の中心 O b とのずれを、第 2 格子周期 P_{k+1} と第 1 格子周期 P_k との差だけ蓄積することができるので、中心位置 O から遠ざかるに従い、第 1 透過部 2 2 b の中心 O a と第 2 透過部 2 3 b の中心 O b とのずれを容易に大きくすることができる。また、吸収格子 3 において、第 2 格

子 3 3 の第 2 格子周期 Q_{k+1} を、第 1 格子 3 2 の第 1 格子周期 Q_k よりも大きくする。これにより、マルチスリット 2 0 と同様に、中心位置 O から遠ざかるに従い、第 1 透過部 3 2 b の中心 O a と第 2 透過部 3 3 b の中心 O b とのずれを容易に大きくすることができる。

[0073] また、本実施形態では、上記のように、マルチスリット 2 0 において、第 1 格子 2 2 と第 2 格子 2 3 とを、互いに接触した状態で積層するとともに、第 2 格子 2 3 の第 2 格子周期 P_{k+1} を、第 1 格子 2 2 の第 1 格子周期 P_k に対して、上記の式 (1) を満たすように構成する。これにより、第 1 格子周期 P_k と第 2 格子周期 P_{k+1} との関係を、三角形の相似の關係に近似させることができるので、中心位置 O から離れた位置においても、第 1 透過部 2 2 b を通過した X 線を、第 2 透過部 2 3 b においても確実に通過させることができる。また、吸収格子 3 において、第 1 格子 3 2 と第 2 格子 3 3 とを、互いに接触した状態で積層するとともに、第 2 格子 3 3 の第 2 格子周期 Q_{k+1} を、第 1 格子 3 2 の第 1 格子周期 Q_k に対して、上記の式 (4) を満たすように構成する。これにより、マルチスリット 2 0 と同様に、中心位置 O から離れた位置においても、第 1 透過部 3 2 b を通過した X 線を、第 2 透過部 3 3 b において確実に通過させることができる。

[0074] また、本実施形態では、上記のように、マルチスリット 2 0 において、第 1 格子 2 2 と第 2 格子 2 3 とを、X 線発生部 1 0 の光軸方向 (Z 方向) に積層する。このように構成すれば、第 1 格子 2 2 と第 2 格子 2 3 との積層方向を X 線発生部 1 0 の光軸とを略一致させることにより、X 線をマルチスリット 2 0 に効率的に入射させることができる。また、吸収格子 3 において、第 1 格子 3 2 と第 2 格子 3 3 とを、X 線発生部 1 0 の光軸方向 (Z 方向) に積層する。このように構成すれば、マルチスリット 2 0 と同様に、X 線を吸収格子 3 に効率的に入射させることができる。

[0075] [変形例]

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の

説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更（変形例）が含まれる。

[0076] たとえば、上記実施形態では、本発明の「X線位相差撮像装置用回折格子」の一例として、格子周期の異なる第1格子22および第2格子23を積層させたマルチスリット20、および、格子周期の異なる第1格子32および第2格子33を積層させた吸収格子3を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、本発明の回折格子の構成を、格子周期の異なる第1格子および第2格子を積層させた構成にしてもよい。

[0077] また、上記実施形態では、マルチスリット20（X線位相差撮像装置用回折格子）として、格子周期の異なる第1格子22および第2格子23を積層させた例を示し、吸収格子3（X線位相差撮像装置用回折格子）として、格子周期の異なる第1格子32および第2格子33を積層させた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、本発明のX線位相差撮像装置用回折格子を格子周期の異なる格子を3段以上積層させたものから構成してもよい。この場合、X線発生部に近い側から遠い側に向かって格子周期が大きくなるように、格子を積層するのがよい。さらに、上記式（1）または式（2）を満たすように、格子を積層するのが好ましい。

[0078] また、上記実施形態では、X線位相差撮像装置100が、X線発生ユニット1（X線発生部10およびマルチスリット20）と、回折格子2と、吸収格子3と、検出部4とを備える例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、たとえば、X線位相差撮像装置に、マルチスリットを設けずに、本発明の「X線位相差撮像装置用回折格子」の一例としての吸収格子のみが用いられるように構成してもよい。また、X線位相差撮像装置に、吸収格子を設けずに、本発明の「X線位相差撮像装置用回折格子」の一例としてのマルチスリットのみが用いられるように構成してもよい。

[0079] また、上記実施形態では、X線位相差撮像装置用回折格子（マルチスリット20および吸収格子3）を、X線を透過させるシリコンからなる基板と、X線を吸収するAuから構成された複数の格子部と、X線を透過させるレジ

ストから構成された複数の透過部（格子部間）とから構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、X線位相差撮像装置用回折格子は、基板、複数の格子部および複数の格子部間からなる構成に限られない。たとえば、X線位相差撮像装置用回折格子に基板を設けずに、X線位相差撮像装置用回折格子を、Auから構成された複数の格子部と、レジストから構成された複数の透過部（格子部間）とから構成してよい。この場合、基板を剥離するか、基板を研磨することにより、基板を除去することが可能である。

[0080] また、X線位相差撮像装置用回折格子の複数の格子部間を、シリコンから構成してもよい。この際、格子部間をマスクした、シリコンからなる基板に対して、エッチングを行うことによって、格子部に対応する部分に溝を形成する。そして、エッチングにより形成された溝を埋めるように、Auめっきを施すことによって、複数の格子部を形成する。これにより、複数の格子部間がシリコンから構成されたX線位相差撮像装置用回折格子を作成することが可能である。

[0081] また、上記実施形態では、透過部の長さ（幅）と格子部の長さ（幅）とが略等しい例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、透過部の長さ（幅）と格子部の長さ（幅）とを異ならせてもよい。

[0082] また、上記実施形態では、複数の格子部をAuから構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、複数の格子部をAu以外のX線を吸収する材料から構成してもよい。

符号の説明

- [0083]
- 1 X線発生ユニット（X線位相差撮像装置用X線発生ユニット）
 - 2 回折格子（位相格子）
 - 3 吸収格子（X線位相差撮像装置用回折格子）
 - 4 検出部
- 10 X線発生部
- 20 マルチスリット（X線位相差撮像装置用回折格子）

2 2、3 2 第 1 格子

2 2 a、3 2 a 第 1 格子部

2 3、3 3 第 2 格子

2 3 a、3 3 a 第 2 格子部

1 0 0 X線位相差撮像装置

請求の範囲

- [請求項1] 第1格子周期 (P_k) で形成された複数の第1格子部 (22a) を含む第1格子 (22) と、
- 前記第1格子周期とは異なる第2格子周期 (P_{k+1}) で形成された複数の第2格子部 (23a) を含み、前記第1格子部間の空間と前記第2格子部間の空間とがつながるように前記第1格子に積層される第2格子 (23) と、を備える、X線位相差撮像装置用回折格子 (20)。
- [請求項2] 前記第1格子は、発生したX線を放射状に照射するX線発生部に対して、前記第2格子よりも近い位置に配置されており、
- 前記第1格子および前記第2格子の積層方向と直交し、かつ、前記第1格子部および前記第2格子部の延びる方向と直交する方向において、中心位置近傍で前記第1格子部間の中心と前記第2格子部間の中心とが略一致するとともに、前記中心位置近傍から遠ざかるに従い、前記第1格子部間の中心と前記第2格子部間の中心とのずれが大きくなるように、前記第1格子と前記第2格子とが積層されている、請求項1に記載のX線位相差撮像装置用回折格子。
- [請求項3] 前記第2格子の前記第2格子周期は、前記第1格子の前記第1格子周期よりも大きい、請求項2に記載のX線位相差撮像装置用回折格子。
- [請求項4] 前記第1格子と前記第2格子とは、互いに接触した状態で積層されており、
- 前記第2格子の第2格子周期 P_{k+1} は、前記第1格子の第1格子周期 P_k に対して、下記の式 (1) を満たしている、請求項3に記載のX線位相差撮像装置用回折格子。
- $$\left((L_k + 0.9 \times H_k) / L_k \right) \times P_k \leq P_{k+1} \leq \left((L_k + 1.1 \times H_k) / L_k \right) \times P_k \cdots (1)$$
- なお、「 L_k 」は、前記第1格子と前記X線発生部との距離であり

、「 H_k 」は、前記第1格子および前記第2格子の積層方向における、前記第1格子部の長さである。

[請求項5] 前記第1格子と前記第2格子とは、X線発生部の光軸方向に積層されている、請求項1に記載のX線位相差撮像装置用回折格子。

[請求項6] 第1格子周期 (P_k) で形成された複数の第1格子部 (22a) を有する第1格子 (22) と、前記第1格子周期とは異なる第2格子周期 (P_{k+1}) で形成された複数の第2格子部 (23a) を有し、前記第1格子部間の空間と前記第2格子部間の空間とがつながるように前記第1格子に積層される第2格子 (23) と、を含む、X線位相差撮像装置用回折格子 (20) と、

前記X線位相差撮像装置用回折格子に向かってX線を照射するX線発生部 (10) と、を備える、X線位相差撮像装置用X線発生ユニット (1) 。

[請求項7] 第1格子周期 (P_k) で形成された複数の第1格子部 (22a) を有する第1格子 (22) と、前記第1格子周期とは異なる第2格子周期 (P_{k+1}) で形成された複数の第2格子部 (23a) を有し、前記第1格子部間の空間と前記第2格子部間の空間とがつながるように前記第1格子に積層される第2格子 (23) と、を有する、X線位相差撮像装置用回折格子 (20) と、前記X線位相差撮像装置用回折格子に向かってX線を照射するX線発生部 (10) と、を含むX線位相差撮像装置用X線発生ユニット (1) と、

前記X線位相差撮像装置用X線発生ユニットから照射されるX線により、自己像を形成するための位相格子 (2) と、

前記位相格子を通過したX線を検出する検出部 (4) と、を備える、X線位相差撮像装置 (100) 。

[請求項8] X線を照射するX線発生部 (10) を含むX線発生ユニット (1) と、

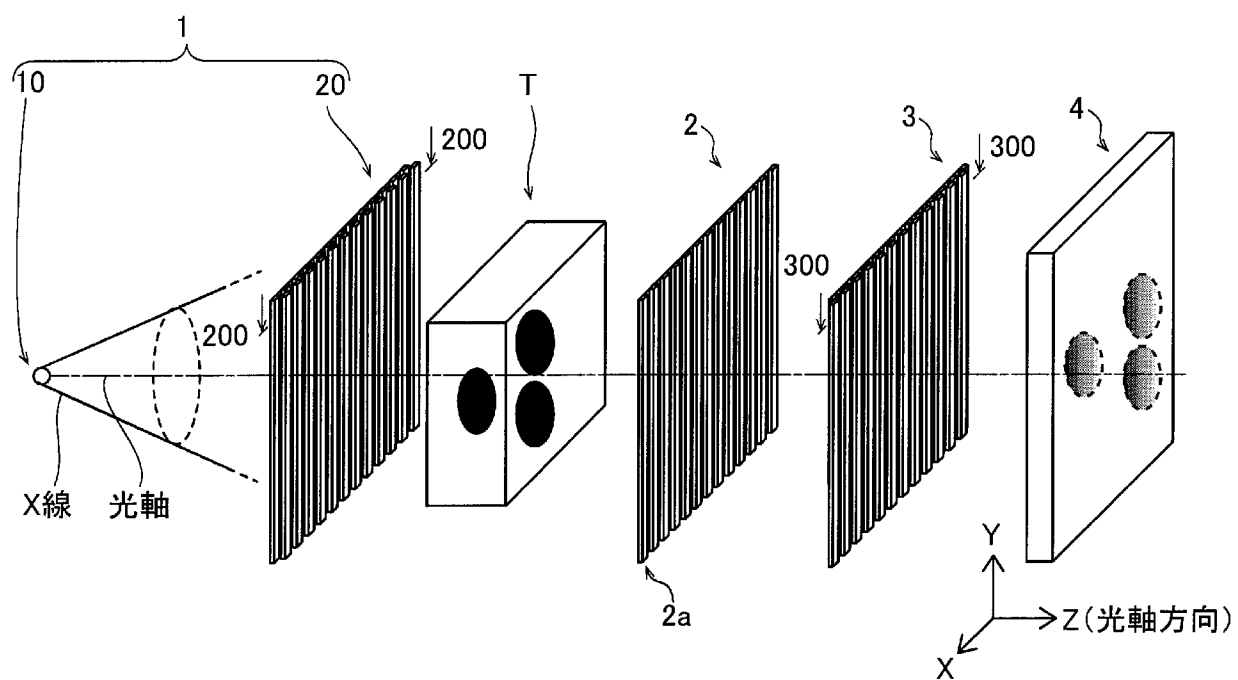
前記X線発生ユニットから照射されるX線により、自己像を形成す

るための位相格子（２）と、

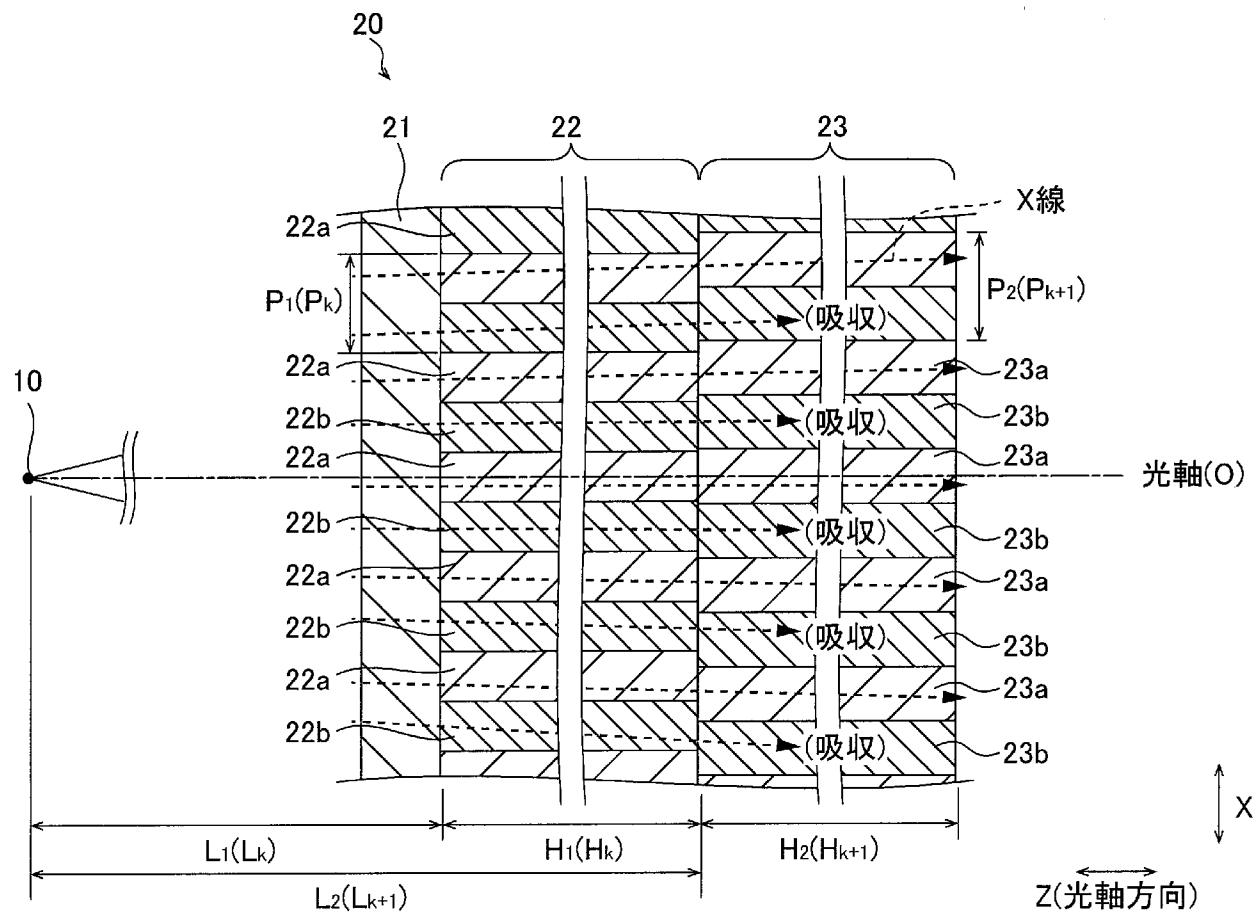
前記位相格子を通過したＸ線を検出する検出部（４）と、

第１格子周期（ Q_k ）で形成された複数の第１格子部（３２ a）を有する第１格子（３２）と、前記第１格子周期とは異なる第２格子周期（ Q_{k+1} ）で形成された複数の第２格子部（３３ a）を有し、前記第１格子部間の空間と前記第２格子部間の空間とがつながるように前記第１格子に積層される第２格子（３３）と、を含み、前記位相格子と前記検出部との間に配置される、Ｘ線位相差撮像装置用回折格子（３）と、を備える、Ｘ線位相差撮像装置（１００）。

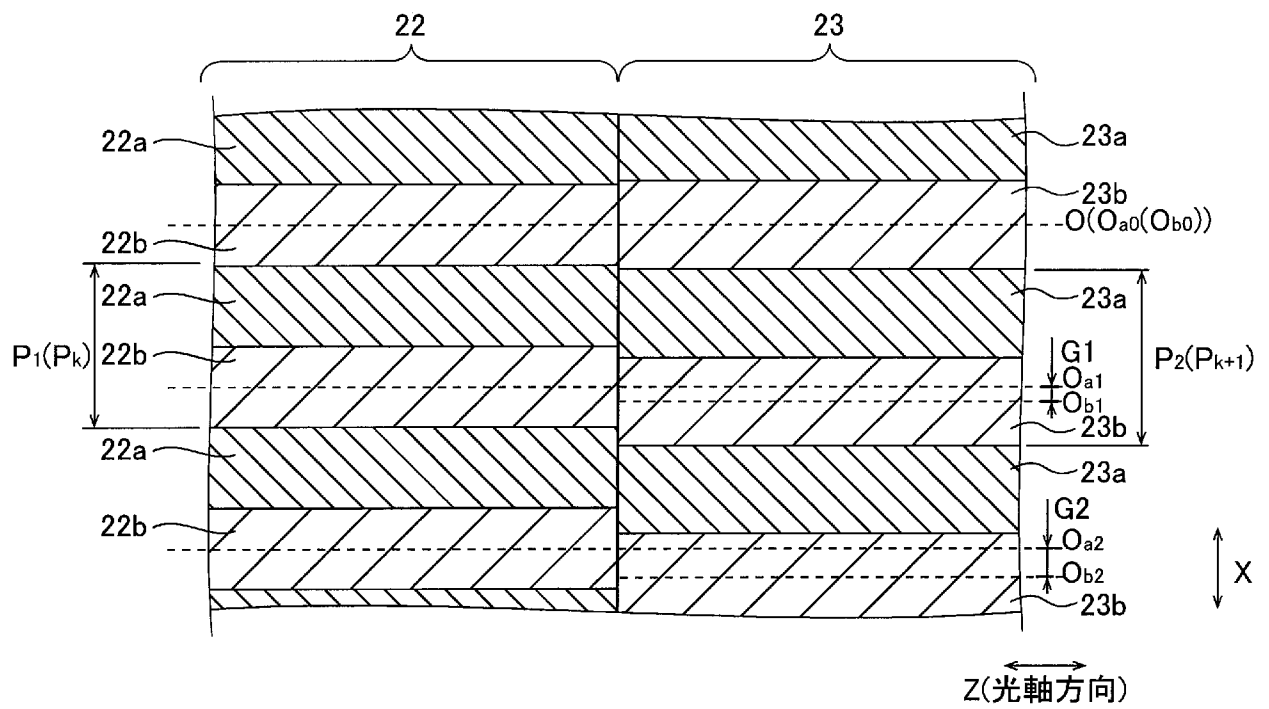
[図1]



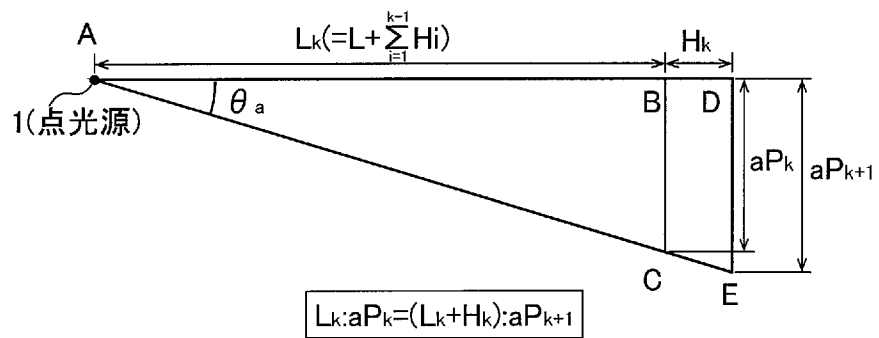
[図2]



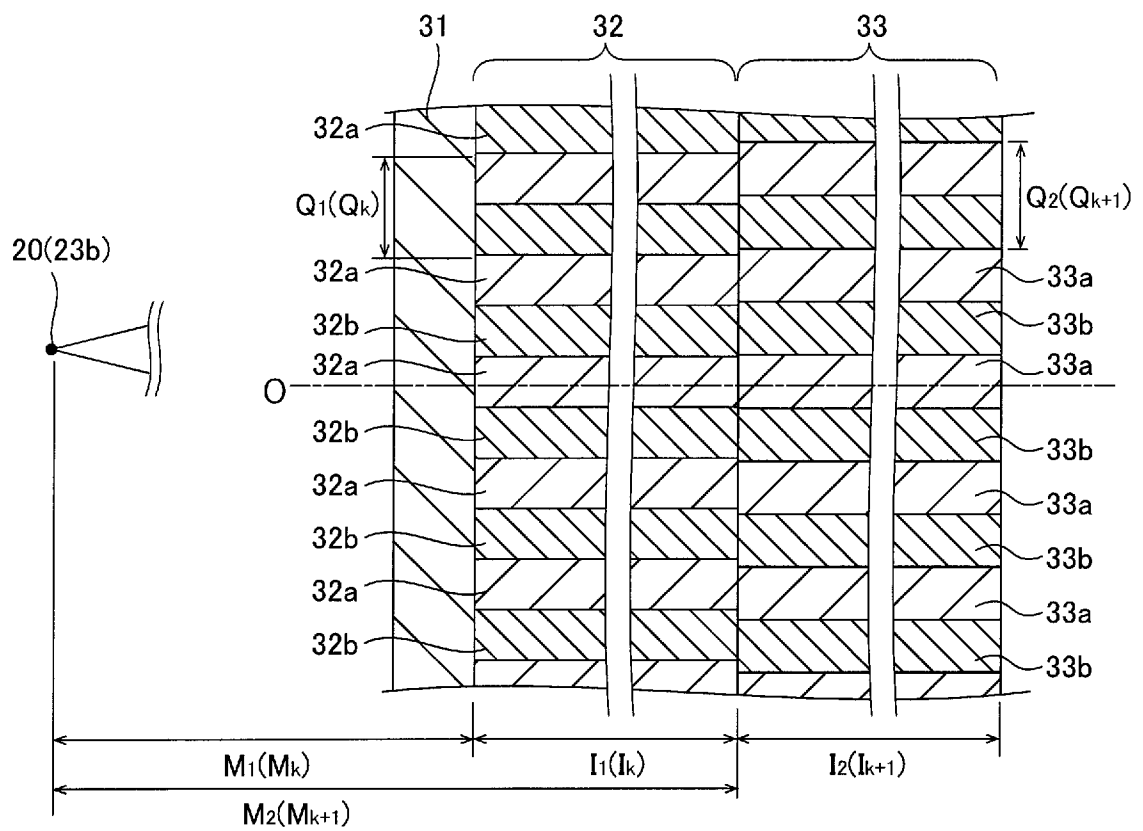
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/024109

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B6/00(2006.01)i, A61B6/06(2006.01)i, G01N23/04(2006.01)i, G01T7/00(2006.01)i

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)

A61B6/00, A61B6/06, G01N23/04, G01T7/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 A	JP 2013-42983 A (Canon Inc.), 04 March 2013 (04.03.2013), paragraphs [0011] to [0024]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-3, 5-8 4
A	JP 2015-135322 A (Canon Inc.), 27 July 2015 (27.07.2015), & US 2015/0179292 A1	1-8
A	JP 2012-125364 A (Fujifilm Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), (Family: none)	1-8

☐ 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
 "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
15 September 2017 (15.09.17)

Date of mailing of the international search report
03 October 2017 (03.10.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B6/00(2006.01)i, A61B6/06(2006.01)i, G01N23/04(2006.01)i, G01T7/00(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. A61B6/00, A61B6/06, G01N23/04, G01T7/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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 請求項の番号
X A	JP 2013-42983 A（キヤノン株式会社）2013.03.04, [0011]-[0024], [図1]-[図5]（ファミリーなし）	1-3, 5-8 4
A	JP 2015-135322 A（キヤノン株式会社）2015.07.27, & US 2015/0179292 A1	1-8
A	JP 2012-125364 A（富士フイルム株式会社）2012.07.05,（ファミリーなし）	1-8

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

1 5 . 0 9 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

0 3 . 1 0 . 2 0 1 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

湯本 照基

2 U

9 4 0 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2