(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
2023年12月14日(14.12.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/238480 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 21/892 (2006.01) *H04N 1/053* (2006.01)
H04N 1/028 (2006.01) *H04N 1/19* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/012244

(22) 国際出願日： 2023年3月27日(27.03.2023)

(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 2022-093007 2022年6月8日(08.06.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社ヴィーネックス (VIENEX CORPORATION) [JP/JP]; 〒7680021 香川県観音寺市吉岡町２６２番地 Kagawa (JP).

(72) 発明者: 渡邊 龍太 (WATANABE, Ryuta); 〒7680021 香川県観音寺市吉岡町２６２番地 株式会社ヴィーネックス内 Kagawa (JP). 岩崎 修 (IWASAKI, Osamu); 〒7680021 香川県観音寺市吉岡町２６２番地 株式会社ヴィーネックス内 Kagawa (JP).

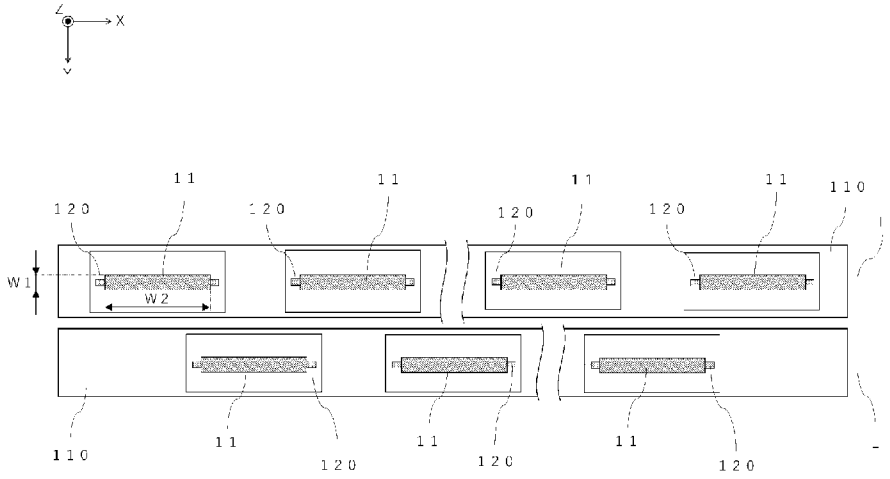
(74) 代理人: 吉本 力 (YOSHIMOTO, Tsutomu); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町３丁目４－１５ＭＥＬＯＮ国際特許事務所 Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** OPTICAL LINE SENSOR

(54) 発明の名称： 光学ラインセンサ

［図3］



(57) **Abstract:** A plurality of light-receiving lenses 11 are arranged along the main scanning direction. A plurality of light-receiving elements are arranged in a line along the main scanning direction, and receive light which has passed through the plurality of light-receiving lenses 11. The plurality of light-receiving elements form at least two rows of reading lines L. The light-receiving lenses 11 form a telecentric optical system, and the width W1 in the auxiliary scanning direction is smaller than the width W2 in the main scanning direction.

WO 2023/238480 A1

［続葉有］

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：複数の受光レンズ１１は、主走査方向に沿って複数配置されている。複数の受光素子は、主走査方向に沿ってライン状に配置され、複数の受光レンズ１１を透過した光を受光する。複数の受光素子は少なくとも２列以上の読取ラインＬを形成する。受光レンズ１１は、テレセントリック光学系を構成しており、副走査方向における幅Ｗ１が主走査方向における幅Ｗ２よりも小さい。

明　細　書

発明の名称 ： 光学ラインセンサ

技術分野

[0001] 本願発明は、主として印刷物やフィルムなど薄い検査対象物の表面のキズ・欠陥及び透明フィルムの内部のキズ・欠陥を検出する光学ラインセンサに関するものである。

背景技術

[0002] 紙幣などの真贋を判別する検査機や、業務用複写機や、家庭用プリンタスキャナなどのフラットベットスキャナに用いられてきた密着型光学センサ（以下ＣＩＳと記す）を、印刷物の印刷の出来のチェック、薄物・広幅のフィルム製品の製造工程における表面検査、各種の飲料容器や食品容器及び缶などに貼り付けたラベルの検査などを検査対象とした所謂面検機に応用することが検討されてきており、一部は製品化されている。

[0003] しかしながら、依然としてＳＥＬＦＯＣレンズ（「ＳＥＬＦＯＣ」は登録商標、以下同様）を応用したＣＩＳでは作動距離（以下Ｗ．Ｄ．と記す）が短く、工程で用いる場面では接触を回避するため、Ｗ．Ｄ．の長いＣＩＳが望まれている。加えて、紙幣等の紙葉類の検査では、被写界深度は比較的浅くとも使用に耐えられたが、前記検査対象物の製造工程では該検査対象物の光軸方向への変動が大きい理由からも被写界深度が深いＣＩＳも強く望まれている。

[0004] 被写界深度の深いＣＩＳは、特許文献１～５に示されるようにミラー光学系を用いたテレセントリック光学系が代表的である。前記特許文献から、該光学系は非常に複雑であることが分かる。該光学系を製造し、商品として運用する際には、非常な困難を伴う。即ち、製造時には、工程が複雑化し、製造安定性やコストアップが問題となる。また、商品化された後にも、環境の変化や経時変化による複雑な光学系であるが故の光軸の狂いが発生し、従来の簡素な構造のＣＩＳに比べて性能の劣化を生じ易いなどの問題が残る。

[0005] そこで、前記テレセントリック反射光学系を用いず、ガラスや樹脂を用いた屈折系のレンズを用い、W．D．や被写界深度を向上させることが考えられる。前記の屈折系の光学系については、特許文献６及び特許文献７に示されるように一定程度の解決策が提案されている。例えば、特許文献６においては、千鳥配置したラインセンサに1個のテレセントリック屈折光学系を離間させて配置し、前記屈折光学系であるレンズを離間配置してアレイ化することにより、被写界深度の深い光学系を実現しようとしている。また、特許文献７においては、離間したレンズの間に仕切り板を設けることにより、レンズ間のクロストークを防止する方法について検討されている。前記の特許文献６及び特許文献７においては、被写界深度の向上並びにレンズ間のクロストークを防止することは出来るが、通常のテレセントリック屈折光学系は、大型であり、コンパクト化は困難である。また、特許文献７に示されている仕切り板では、読み取り時に欠落画素が発生し、読み取りが不完全となる。更に、レンズが離間することにより発生する1個のレンズが原理的に有するシェーディングの解決策については、示されていない。読取ライン方向の所謂リップルの抑制方法についても言及されていない。しかも、現在までに前記の屈折光学系方式は、実現されてもいない。

[0006] 更に、前記方式と別方式であるラインカメラなどのカメラレンズを用いた検査機は、大型であり、製造現場の広幅の検査対象物に対応させるためには、多くの台数が必要である。そのため、装置全体が非常に大型になり、しかもそのコストも莫大なものとなるため、工場の各工程に配備することは困難である。

[0007] 上記の問題を解決するために、工場の各工程に対しても導入可能な小型で安価であり、かつ、W．D．が長く被写界深度の深い新たな屈折系レンズを用い、かつ個々のレンズの有するシェーディングに起因する受光センサ上の光学的ムラであるリップルに対し、新たな抑制方法を用いた照明系からなる光学ラインセンサが望まれる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２０１８－０１９３３４号公報

特許文献2：特開２０１８－１５２７１３号公報

特許文献3：特開２００９－２４４５００号公報

特許文献4：特開２０１８－０１９３３４号公報

特許文献5：特開２０１８－０２２９４８号公報

特許文献6：特開２００９－２４６６２３号公報

特許文献7：特開平５－１４６００号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] そこで、本願発明は、被写界深度が深くコンパクト化された光学ラインセンサを実現することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本願発明に係る光学ラインセンサは、副走査方向に搬送される検査対象物を主走査方向に延びる読取ラインで読み取る光学ラインセンサであって、複数の受光レンズと、複数の受光素子とを備えている。前記複数の受光レンズは、主走査方向に沿って複数配置されている。前記複数の受光素子は、主走査方向に沿ってライン状に配置され、前記複数の受光レンズを透過した光を受光する。前記複数の受光素子は少なくとも２列以上の前記読取ラインを形成する。前記受光レンズは、テレセントリック光学系を構成しており、副走査方向における幅が主走査方向における幅よりも小さい。

発明の効果

[0011] 本願発明によれば、テレセントリック光学系を用いることにより、被写界深度が深い光学ラインセンサを実現することができる。また、受光レンズの副走査方向における幅が主走査方向における幅よりも小さいため、受光レンズを副走査方向に近づけて配置することができ、その結果、光学ラインセンサをコンパクト化することができる。受光レンズを副走査方向に近づけて配

置すれば、受光素子も副走査方向に近づけて配置することができるため、受光素子からの出力信号に基づいて得られる検査対象物の画像の処理（例えば画像合成処理）を簡略化することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]典型的なＣＩＳの断面図である。

[図2]ＣＩＳ用ライン状照明光学系の分解斜視図である。

[図3]各受光レンズが単眼レンズとして作用するように配置した場合、各受光レンズの視野が重ならないようにした受光系の模式図である。

[図4]複数の受光素子アレイが配置された受光系の他の例を示した模式図である。

[図5]複数の受光素子アレイが配置された受光系のさらに他の例を示した模式図である。

[図6]各波長に対するＮ．Ａ．と回折限界の関係を表すグラフである。

[図7A]ＳＥＬＦＯＣレンズＡの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図7B]ＳＥＬＦＯＣレンズＢの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図7C]ＳＥＬＦＯＣレンズＣの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図8A]ロッドレンズＡの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図8B]ロッドレンズＢの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図8C]ロッドレンズＣの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図8D]ロッドレンズＤの有効径と錯乱円径の関係を示したグラフである。

[図9A]ＲＧＢ－ＬＥＤ、或いは、ＲＧＢ-ＬＤ（レーザダイオード；半導体レーザ）を光源として用いる場合の配置方法の１例を示した模式図である。

[図9B]ＬＤを光源として用いる場合の配置方法の具体例を示した側面図である。

[図10A]光源と受光レンズの位置関係を示した模式図であり、受光素子アレイ

が２列の場合である。

[図10B]主走査方向における光源（検査面上）の光量分布、受光素子面上の光量分布、受光レンズのシェーディングの関係を示した図である。

[図10C]レンズ径別の受光系ＭＴＦのグラフ（√‾Ａ＝０．０７７）である。

[図10D]レンズ径別の受光系ＭＴＦのグラフ（√‾Ａ＝０．１５４）である。

[図10E]屈折率分布定数√‾Ａが√‾Ａ＝０．１０２７の受光光学系のＭＴＦのグラフである。

[図11]デフォーカス時のＭＴＦ特性を示すグラフである。

[図12A]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12B]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12C]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12D]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12E]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12F]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12G]受光系の変形例を示した模式図である。

[図12H]受光系における光軸の位置について説明するための模式図である。

[図12I]受光系における光軸の位置について説明するための模式図である。

[図13]レンズ端部が平行四辺形の場合の光源の光強度分布がフラットな場合の受光素子アレイの受光面上の光強度分布を示す図である。

[図14]隣り合う受光レンズ同士の連結部近傍の光強度分布の詳細を示す図である。

[図15]図１２Ｅの例において、受光領域の光強度を示し、信号欠落部が生じない理由を概略的に表す。

発明を実施するための形態

[0013] １．光学ラインセンサの全体構成

典型的なＣＩＳを図１に、同様にＣＩＳ用ライン状照明光学系を図２に示す。図１においては、ＣＩＳの長手方向中央部近傍における断面図が示されている。一方、図２は分解斜視図である。Ｘ方向が主走査方向であり、Ｙ方

向が副走査方向である。Ｚ方向は、Ｘ方向及びＹ方向に直交している。ライン状の光源部１０は、主走査方向に細長い光量分布を有する照明光学系である。

[0014] 図１に示すＣＩＳでは、焦点面（検査面）２０を挟んで２つの筐体１６が対向配置されている。各筐体１６内には、焦点面２０上にある検査対象物を照明するためのライン状の光源部１０が設けられている。一方の筐体１６内には、受光レンズ１１及び受光部１２が設けられており、照明された検査対象物からの光は、受光レンズ１１により受光部１２へと導かれる。受光レンズ１１は、検査対象物からの光を受光部１２に結像する。図１に示すＣＩＳでは、焦点面２０を基準にして、２つの光源部１０のうちの一方が受光部１２側に配置され、他方が受光部１２側とは反対側に配置されている。

[0015] 受光部１２は、一方の筐体１６に固定された基板１３に実装されている。受光レンズ１１を通過した光は、受光部１２の受光面１２Ａで受光され、その受光量に応じた信号が受光部１２から出力される。検査対象物が焦点面２０に沿って一方向Ｙに搬送されることにより、検査対象物からの光が連続的に受光部１２で受光され、受光部１２からの出力信号に基づいて検査対象物の画像（カラー画像や蛍光画像など）が得られる。このように、副走査方向（Ｙ方向）に搬送される検査対象物は、主走査方向（Ｘ方向）に延びる受光部１２によって、該受光部１２の受光面１２Ａにより構成される読取ラインで読み取られる。

[0016] 一方の光源部１０から出射された光Ｂ３は、筐体１６に固定された保護ガラス１４を透過して、他方の筐体１６に固定された保護ガラス１４Ａの内面に設けられている反射部材１７Ａで反射し、焦点面２０に導かれる。焦点面２０から受光部１２までの任意の位置には、受光部１２に紫外光が入射するのを阻止する紫外光遮断フィルタ（ＵＶカットフィルタ）１５が設けられている。また、受光部１２と紫外光遮断フィルタ１５との間には、特定波長範囲の可視光を通過させるカラーフィルタ１８が設けられている。一方の筐体１６内における光源部１０の底面に対向する位置には、光源部１０に備えら

れた光源１０３（紫外光源や可視光源など）を固定するための基板５が設置されている。

[0017] 図１及び図２に示す例では、光源部１０は、長手方向Ｌに沿って延びる透明な導光体１０１と、長手方向Ｌの一方の端面付近に設けられた光源１０３と、導光体１０１の各側面を保持するためのカバー部材１０２とを備えている。光源１０３から出射した光は、導光体１０１に入射し、該導光体１０１中を伝搬しながら光拡散パターンＰにより適宜反射され、光出射面から矢印方向に出射し、ライン状の照明光となって検査対象物を照明する。このようなＣＩＳの被写界深度は浅く、検査対象物に厚みがある場合は厚み方向全体の検査は困難であり、かつ、Ｗ．Ｄ．が狭いため、検査対象物に接触し、検査そのものが成立しない場合が多い。

[0018] 前記のようなＣＩＳでは、受光レンズ１１として、例えばＳＥＬＦＯＣ（日本板硝子株式会社製）レンズアレイが用いられる。ＳＥＬＦＯＣレンズアレイは、正立等倍のレンズアレイである。該レンズアレイでは、円柱状のＳＥＬＦＯＣレンズを俵積みし、多眼レンズとしている。多眼レンズの利点は、レンズ単体よりも所謂レンズの明るさを明るくすることが可能であることである。即ち、レンズ単体のＦナンバーよりも単体レンズを複数個並べて多眼レンズとした場合のＦナンバーのほうが小さい。これは、任意の位置にある１個のレンズの焦点位置と該レンズの周囲のレンズの焦点位置が一致した箇所で、有効Ｆナンバーが小さくなるからである。逆に言えば、正立レンズ系においては、開口数（以下Ｎ．Ａ．と記す）がレンズ単体よりもアレイ化したほうが大きくなることを意味する。この性質が、ＣＩＳにＳＥＬＦＯＣレンズアレイが用いられる大きな理由となっている。

[0019] 前記のようなＣＩＳの利点は、被写界深度及び焦点深度の観点からは、逆に不利となる。単眼レンズでもそうであるように、開口数が大きくなれば、被写界深度は浅くなる。例えば顕微鏡対物レンズでは、倍率が大きくなり、即ちＮ．Ａ．が大きくなるに従い、被写界深度が浅くなることは、よく知られていることである。また、カメラレンズにおいても、遠景と近景とでは、

被写界深度の長短が如実に示され、被写界深度を確保するために絞りで調整している。即ち、Ｎ．Ａ．を変化させ、所望の被写界深度を得ている。加えて、ＳＥＬＦＯＣレンズに代表される正立多眼レンズは、各レンズの光軸が異なり交差するため、単眼レンズと比べ、検査対象物が光軸方向に変化した場合に像がボケ易い構造となっている。上記が俵積み方式の多眼ＳＥＬＦＯＣレンズアレイの大きな欠点である。そこで、如何にすれば、コンパクトな光学ラインセンサの被写界深度を深くすることが可能であるかを検討した結果、得られた実施例を以下に記す。以下の実施例において、受光レンズ１１は、テレセントリック光学系を構成している。

[0020] ２．受光系の実施例

まず、第一の方法は、図３に示すように光学ラインセンサを単眼レンズ化したと見做せるアレイ構造とすることである。図３は、各受光レンズ１１の視野が重ならないようにした受光系の模式図である。図３では、各受光レンズ１１の視野が重ならないように、各受光レンズ１１を主走査方向（Ｘ方向）に離間して配置するとともに、各受光レンズ１１を副走査方向（Ｙ方向）にも離間させることにより、各受光レンズ１１が千鳥状に配置されている。

[0021] 即ち、俵積み方式ではなく、主走査方向（Ｘ方向）に沿って複数配置された複数の受光レンズ１１同士が、互いに離間して配置されている。主走査方向（Ｘ方向）に沿って複数配置された複数の受光レンズ１１は、レンズホルダー１１０により一体的に保持されている。各受光レンズ１１に対してＺ方向に対向する位置には、複数の受光素子（図示せず）が主走査方向（Ｘ方向）に沿ってライン状に配置されることにより構成される受光素子アレイ１２０が配置されている。すなわち、複数の受光素子が、主走査方向（Ｘ方向）に沿ってアレイ状に配置されることにより１つの受光素子アレイ１２０が構成されている。各受光素子は、各受光レンズ１１を透過した光を受光する。

[0022] この例では、各受光レンズ１１に対応付けて受光素子アレイ１２０が配置されている。これにより、短尺センサからなる各受光素子アレイ１２０が、主走査方向（Ｘ方向）に沿って交互に千鳥状に配置されている。主走査方向

（Ｘ方向）に沿って複数配置された複数の受光素子アレイ１２０は、１列の読取ラインＬを形成しており、図３の例では２列の読取ラインＬが形成されている。レンズホルダー１１０は、各読取ラインＬに対応付けて設けられる構成に限らず、１つのレンズホルダーで各読取ラインＬに対応する複数の受光レンズ１１を一体的に保持するような構成であってもよい。

[0023] この図３に示すように、１つの受光素子アレイ１２０に対し、１つの受光レンズ１１を対応させることにより、複数の受光素子アレイ１２０に対応した数だけ複数の受光レンズ１１が配置されてもよい。各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸は、１対１に対応する各受光素子アレイ１２０の主走査方向（Ｘ方向）の略中央部を貫いてもよい。この方式では、複数の受光素子アレイ１２０を副走査方向（Ｙ方向）に複数列並べる。即ち受光素子の配列方向（Ｘ方向）に対して直角方向（Ｙ方向）に離間して、複数列の受光素子アレイ１２０が配置される。

[0024] 各受光レンズ１１は、副走査方向における幅Ｗ１が主走査方向における幅Ｗ２（レンズ径）よりも小さい。すなわち、各受光レンズ１１は、主走査方向に沿って細長い形状を有している。各受光レンズ１１の副走査方向における幅Ｗ１は、各受光レンズ１１の副走査方向における視野に対応している。また、各受光レンズ１１の主走査方向における幅Ｗ２は、各受光レンズ１１の主走査方向における視野に対応している。各受光レンズ１１は、Ｎ．Ａ．が０．００１＜Ｎ．Ａ．＜０．０５を満足するように、副走査方向における幅Ｗ１が設定されていることが好ましい。この例では、各受光レンズ１１が同一形状を有しており、それぞれ主走査方向及び副走査方向に直交する方向（Ｚ方向）から見て矩形状に形成されている。ただし、各受光レンズ１１は、矩形（長方形）に限らず、長円形又は楕円形であってもよいし、他の形状であってもよい。

[0025] 複数の受光レンズ１１は、該受光レンズの主走査方向における幅Ｗ２以下に互いに離間して配置されている。すなわち、複数の受光レンズ１１は、該受光レンズ１１の主走査方向における視野寸法以下（視野範囲内）に互いに

離間して配置されていることが好ましい。図３の例のように、副走査方向において各受光レンズ１１の視野を重畳させてもよい。この場合は、複数の受光レンズ１１の視野が重なった部分の受光素子について、該受光素子からの画素出力を減算処理すればよい。例えば、該受光素子より出力されたデータから一方の受光レンズ１１の画像（一方の受光レンズ１１を透過した光の受光量）を除外するか、或いは、画像合成する際に該受光素子からの画素出力を略半分の出力値とすればよい。複数の受光素子列（受光素子アレイ１２０）を用いれば、画素欠落の発生を１ラインの受光素子列の場合よりも確実に防止できる。

[0026] 図４は、複数の受光素子アレイ１２０が配置された受光系の他の例を示した模式図である。図４の例では、各受光レンズ１１と各受光素子アレイ１２０が１対１に対応するのではなく、主走査方向に並ぶ複数（この例では２つ）の受光レンズ１１が１つの受光素子アレイ１２０に対応している。

[0027] １つの受光素子アレイ１２０に対応する複数の受光レンズ１１は、主走査方向に隣接している。ただし、１つの受光素子アレイ１２０に対応する複数の受光レンズ１１は、互いに離間していてもよく、この場合、受光レンズ１１の主走査方向における幅Ｗ２以下に互いに離間していてもよい。また、各受光レンズ１１の間には、遮光部材が設けられていてもよい。

[0028] 図５は、複数の受光素子アレイ１２０が配置された受光系のさらに他の例を示した模式図である。図５では、同じ長さの長尺センサ（主走査方向全長に対応した長さ）からなる各受光素子アレイ１２０が、副走査方向に並べて平行に複数（この例では２つ）配置されている。この図５に示すように、主走査方向（Ｘ方向）に並ぶ複数の受光レンズ１１に対し、１つの受光素子アレイ１２０を対応させることにより、副走査方向（Ｙ方向）の受光レンズ１１の列の数だけ複数の受光素子アレイ１２０が配置されてもよい。

[0029] 図３～図５のいずれにおいても、受光レンズ１１の副走査方向における幅Ｗ１が主走査方向における幅Ｗ２よりも小さいため、受光レンズ１１を副走査方向に近づけて配置することができ、その結果、光学ラインセンサをコン

パクト化することができる。上記のように、短尺の受光素子アレイ１２０を千鳥状配列して用いるか（図３及び図４参照）、或いは、２列の受光素子アレイ１２０を離間して配置して用いてもよいが（図５参照）、これに限らず、更に多くの複数の受光素子アレイ１２０を副走査方向（Ｙ方向）に離間して配置してもよい。

[0030] ３．受光レンズの長焦点化

次に、受光レンズの長焦点化について述べる。従来のＳＥＬＦＯＣレンズはＣＩＳのコンパクト化やコストダウンに重きを置き、共役長のより短いレンズが求められてきた。しかしながら、この流れは、許容される被写界深度を減じてしまうことを助長する要因となっている。しかもレンズ径は益々小さくなってきている。受光レンズを長焦点化する場合、従来の受光レンズを利用すると、Ｎ．Ａ．が極端に小さくなる。故に回折の影響が大きくなり、受光レンズ自身の有する幾何光学的な収差によるボケよりも回折限界によるボケが光学的分解能劣化の支配要因となる。従来方式のＣＩＳは、Ｎ．Ａ．が大きいため、回折限界による像のボケが生じることを無視出来ていた。しかし、Ｗ．Ｄ．を長くとるためには、受光レンズの焦点距離を延ばすことが必要であり、即ち、Ｎ．Ａ．が小さくなってしまうため、従来のレンズ径では、焦点距離が増大すればするほど回折の影響もそれに伴い増大する。本実施形態では、レンズ径を大きくすることでＷ．Ｄ．を長くし、回折限界による像のボケを減じた場合においても、光学的分解能を劣化させない方法を提案する。

[0031] アッベの回折限界ｄは、開口数Ｎ．Ａ．に逆比例する。光学系は空気中にあるため、空気中の波長λを用いて下記式１が成り立つ。

$$d = \lambda / N.A. \quad （式１）$$

図６に各波長に対するＮ．Ａ．と回折限界の関係を表す。同じレンズパラメータの受光レンズ１１においては、受光レンズ１１自身の所謂ピッチを短くすれば焦点距離は伸び、収差の影響も少なくなる。

[0032] 以上より、受光レンズ１１を長焦点化するためには、レンズ径をより大き

くする必要があることが分かる。Ｎ．Ａ．を同一に保てば、回折の影響を短い焦点の受光レンズ１１と同等にできる。しかしながら、レンズ径を大きくすると幾何光学的収差が大きくなる。そこで、レンズパラメータの異なる受光レンズ１１において、レンズ径を大きくした場合の最小錯乱円径を検討する必要がある。波長λは、回折限界径の大きいλ＝６３０ｎｍとした。

[0033] 本願発明者による検討の結果、ある受光レンズ１１の各焦点距離に対する最小錯乱円の関係を考えればよいことが判明した。例えば、焦点距離ｆがｆ＝５０ｍｍの場合を図７Ａ～図７Ｃに示す。ここでは、受光レンズ１１として３種類のＳＥＬＦＯＣレンズ（ＳＥＬＦＯＣレンズＡ、ＳＥＬＦＯＣレンズＢ及びＳＥＬＦＯＣレンズＣ）を用いた場合に、図７ＡはＳＥＬＦＯＣレンズＡの有効径と錯乱円径の関係、図７ＢはＳＥＬＦＯＣレンズＢの有効径と錯乱円径の関係、図７ＣはＳＥＬＦＯＣレンズＣの有効径と錯乱円径の関係をそれぞれ示している。図７Ａ～図７Ｃにおいて、実線はトータルの錯乱円、破線は回折による錯乱円、一点鎖線は幾何光学的錯乱円をそれぞれ示している。

[0034] 図６と図７Ａによれば、最小錯乱円と回折限界の関係、即ち、あるレンズ径と焦点距離における光学的分解能が分かる。故に、図７Ａに示した受光レンズ１１の場合は、有効径Φが大きくなるほど、錯乱円径が小さくなり、有効径Φが１．０ｍｍ≦Φ≦３．０ｍｍであれば良いことが分かる。

[0035] 一方、図６と図７Ｂによれば幾何光学的錯乱円が大きく、回折による依存度が少なくなるため、Φ＝１．０ｍｍの錯乱円径が一番小さい。しかも、Φ＝１．０ｍｍのときでも、図７Ａに示した受光レンズ１１の倍近くの錯乱円径となる。図７Ａに示した受光レンズ１１は、図７Ｂに示した受光レンズ１１よりも収差が小さく、有効径が大きいＳＥＬＦＯＣレンズであり、図７Ａの受光レンズ１１を選択すべきであることが分かる。更に、同じ焦点距離である図７Ａの受光レンズ１１は、図７Ｂの受光レンズ１１よりもＮ．Ａ．が少なくとも３倍は大きくでき、即ち、受光光量は、９倍以上になり、故に、受光素子の出力も９倍以上になる。それに伴い受光素子の受光光量に依存す

るショットノイズも１／３に減じられるため、ノイズ抑制の観点からも図７Ａに示した受光レンズ１１が好ましい。また、同じノイズ量が許容される場合は、図７Ａの受光レンズ１１が図７Ｂの受光レンズ１１に比べ、９倍に走査速度を向上させることが出来るとも言える。

[0036] 図７Ｃによれば、ＳＥＬＦＯＣレンズＣもＳＥＬＦＯＣレンズＡと同様に収差が少なく、有効径を大きくとることが可能である。

[0037] 次に、図７Ａ～図７Ｃに示したＳＥＬＦＯＣレンズＡ～Ｃのパラメータを下記表１に示す。表１に示した中で最も重要なパラメータは屈折率分布定数である。有効径を拡大し、焦点距離を伸ばした際に収差が少ない受光レンズ１１は、屈折率分布定数が最も小さいＳＥＬＦＯＣレンズＡであり、次に収差が少ない受光レンズ１１は、ＳＥＬＦＯＣレンズＣである。高解像度で高速検査を目指すには、有効径が大きくて明るく、収差の少ない受光レンズ１１が好ましいことは言うまでもない。

[表1]

	焦点距離（mm）	軸上屈折率	屈折率分布定数（1／mm）
SELFOCレンズA	50	1．615	0．077
SELFOCレンズB			0．154
SELFOCレンズC			0．103

[0038] 更に、受光レンズ１１として４種類のプラスチックロッドレンズ（プラスチック屈折率分布型レンズ）を用いた場合に、図８Ａはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係、図８Ｂはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係、図８Ｃはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係、図８Ｄはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係をそれぞれ示している。図８Ａ～図８Ｄにおいて、実線はトータルの錯乱円、破線は回折による錯乱円、一点鎖線は幾何光学的錯乱円をそれぞれ示している。また、図８Ａ～図８Ｄに示したロッドレンズＡ～Ｄのパラメータを下記表２に示す。プラスチックロッドレンズにおいてもＳＥＬＦＯＣレンズと同様の傾向があることが分かる。プラスチックロッドレンズの屈折率、及びガラスレンズの屈折率を考慮すると、軸上屈

折率は、１．４５程度から１．６５程度が好ましい。

[表2]

	焦点距離（mm）	軸上屈折率	屈折率分布定数（1／mm）
ロッドレンズA	50	1．491	0．28
ロッドレンズB			0．14
ロッドレンズC			0．105
ロッドレンズD			0．07

[0039] 以上より、屈折率分布定数が収差の支配要因であることが分かる。理想的な屈折率分布型レンズであれば、屈折率が緩やかに変化すればするほど収差は少なくなる。これは、通常の球面レンズであっても急激な角度変化が収差の発生要因であるのと同様である。急激な角度変化は、Snell’Lawを多項式展開した際の高次の非線形効果の増大を意味する。即ち、近軸光学からの逸脱が大きくなるために収差が大きくなるのである。本願発明者は、焦点距離、或いは、W．D．を略５０ｍｍ以上、有効径Φが略Φ≧１．０ｍｍにおいて、解像度が４００ｄｐｉ以上の画素分解能を達成するために、屈折率分布定数を０．１２以下にすることが好ましいことを見出した。

[0040] ４．受光レンズの変形例

本願発明における受光レンズ１１は、ＳＥＬＦＯＣレンズやプラスチックロッドレンズなどの屈折率分布型のレンズに限らず、他のレンズ、例えば、アクロマート（色消し）、アポクロマートなどにおいて、コストを考慮し、前記の屈折率分布型レンズにおける非線形効果による収差を同等にした、即ち球面収差、コマ収差、非点収差を同等にしたレンズ、或いは、テレセントリック屈折光学系を前記の屈折率分布型レンズにおける非線形効果による収差および回折限界が同等のＳＥＬＦＯＣレンズやプラスチックロッドレンズなどの屈折率分布型のレンズに代えて同様な配置や寸法（口径）で用いることも可能である。これは、後述する倒立像を形成する受光レンズ１１においても同様である。

[0041] 前述した光学系は、正立レンズを中心にした場合であるが、視野が重ならない場合においては倒立光学系であってもよい。すなわち、複数の受光レン

ズ１１が、倒立像を形成するような構成であってもよい。２列方式のレンズアレイであれば、倒立光学系の採用も可能である。倒立光学系の場合は、像が光軸を中心に反転対称となるため、画像合成する際に画像処理によって倒立像を正立像に変換すればよい。すなわち、複数の受光レンズ１１の反転像を反転させ、正立像に変換した後に画像合成処理をすればよい。また、その操作の過程で、補正アルゴリズムから重なり合った部分の要又は不要を決定及び補正し、決定した画素間の関係から正立像に変換すればよい。或いは、画像を構築しない場合の検査においては、キズ又は欠陥を検出するのみでよいため、画像合成並びに画像処理の必要はなく、検査面における検出部分が重畳していてもよい。重畳する場合は、予め補正チャートによる位置の補正をしておく。

[0042] 更に、倒立型屈折光学系の場合は、各受光素子に対する信号処理において、例えば、副走査方向に離間するように千鳥配置された２列の受光素子アレイの一方から得たデータを長めに取得し、他方の受光素子アレイから得たデータを短めに取得し、取得した像の正立像への反転操作を行った後に、画像合成してもよい。或いは、各受光素子の倒立像データを正立像に各々変換した後に、画像合成する際に重なり合った部分に補正係数を掛けるか減算してもよい。

[0043] 具体的には、倒立型屈折光学系において、複数の受光素子アレイが、２列の読取ラインにそれぞれ複数配置された各読取ラインよりも短い受光素子アレイであってもよい。また、一方の読取ラインに配置された受光素子アレイと他方の読取ラインに配置された受光素子アレイとが、主走査方向に沿って交互に千鳥状に配置されていてもよい。このような構成は、図３において説明した正立型屈折光学系の場合と同様であるため、詳細な説明を省略する。

[0044] この場合、図３に示すように、複数の受光素子は、２列以上のアレイ状に配置されることにより複数の受光素子アレイ１２０を構成している。また、複数の受光素子アレイ１２０の各々は、読取ラインＬに直交する方向において受光レンズ１１の主走査方向における幅Ｗ２以下に互いに離間して配置さ

れている。複数の受光レンズ１１は、複数の受光素子アレイ１２０に対応した数だけ配置され、各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸は、各受光素子アレイ１２０の略中央部を貫く。ただし、各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸は、各受光素子アレイ１２０の略中央部から副走査方向に平行に離れた位置を貫いていてもよい。

[0045] ５．照明光学系の構成

本実施例において、受光レンズ１１の焦点距離ｆは、ｆ＝５０ｍｍ、Ｎ．Ａ．は、Ｎ．Ａ．＝０．０１、０．０２、０．０２５、０．０３とし、屈折率分布定数$\sqrt{A}$は、$\sqrt{A}$＝０．０７７とした。光源１０３に関しては、Ｗ．Ｄ．が従来のＣＩＳに比べて１０倍以上長いため、等倍系では、検査面照度は１００倍以上を必要とする。そのため、光源１０３として、例えば高輝度の白色ＬＥＤアレイを用いる。すなわち、複数の光源１０３が、白色ＬＥＤを含む構成であってもよい。可視域の半導体レーザを光源１０３として用いる場合は、出射ビームを主走査方向に拡大し、副走査方向にコリメーションすることで照射時の光量ムラを低減する。

[0046] ＲＧＢ－ＬＥＤ、或いは、ＲＧＢ-ＬＤ（レーザダイオード；半導体レーザ）を光源１０３として用いる場合の配置方法の１例を図９Ａに示す。このように、複数の光源１０３が、赤色ＬＥＤ（Ｒ）、緑色ＬＥＤ（Ｇ）及び青色ＬＥＤ（Ｂ）を含む構成であってもよいし、レーザダイオードを含む構成であってもよい。図９Ａにおいて、複数の光源１０３は光源基板１３４に実装されており、光源基板１３４にはヒートシンク１３５が取り付けられている。各光源１０３から出射されたビームは、主走査方向と副走査方向とでレンズパワーが異なる楕円体形状の集光レンズ１０４でコリメートされ、検査対象物に照射される。ここでは、楕円体形状の集光レンズ１０４を示したが、主走査方向と副走査方向とで適宜レンズパワーが異なるレンズであればよい。なお、レンズのパワーとは、焦点距離の逆数であり、レンズの屈折力を表す尺度である。

[0047] 或いは、ＬＤに関しては、ＬＤ自身の出射ビームの拡がり角が水平方向及び垂直方向で異なる端面発光型のＬＤを用いれば、通常のコリメータレンズでもよい。図９Ｂは、ＬＤを光源１０３として用いる場合の配置方法の具体例を示した側面図である。この場合は、拡がり角が大きいほうのＬＤを主走査方向に対して平行に配置する。光源１０３を構成する赤色ＬＤ１３１、緑色ＬＤ１３２及び青色ＬＤ１３３から出射されたビームは、それぞれに対応付けられた集光レンズ１０４でコリメートされた後、シリンドリカルレンズ１０５により検査面に絞り込まれる。こうすることで、ＲＧＢの各色が副走査方向においてほぼ同じ位置に照射され、副走査方向に対する色ムラを低減することが可能になる。一方、ＬＥＤやＬＤなどの光源１０３により照射され、検査面で拡散反射された光は、受光レンズ系で受光素子アレイに結像される。受光素子は、等倍光学系では、４００ｄｐｉ相当の６２μｍの素子サイズから６００ｄｐｉ相当の４２μｍの素子サイズを用いる。６００ｄｐｉ以上の素子サイズを用いる場合は、照明光のパワーをそれに応じて増大させればよい。このように、複数の光源１０３が、複数の異なる波長を有する光源１３１～１３３を含み、該光源１３１～１３３を１単位として、該１単位の光源１０３が主走査方向（Ｘ方向）に複数並べられた構成であってもよい。

[0048] 更に、単位面積当たりの放射輝度が同じであっても受光素子のサイズが異なれば、発光部の面積が異なることと同義になるため、受光素子面積のほぼ二乗に逆比例して受光光量が低下する。以上を考慮し、照明光量を決定する。素子サイズが小さくなると、同じ蓄積時間では、素子面積に逆比例して受光光量が減少する。これは半導体受光素子の物理的な性質であり、Ｓ／Ｎを維持するためには、照明光を増大させて、パワー密度を増大させ、単位時間に発生する生成電子数を同数にすればよい。これにより、ショットノイズを受光素子のサイズが減少しても大きなサイズの受光素子と同等に維持できる。また、受光素子が受光する光は、検査面の照度だけでなく、受光する際に受光素子の見ている範囲にも依存する。言うまでもなく受光立体角が異なり

、その角度が減少すれば、受光量も減少し、検査面が完全拡散面であれば、所謂ｃｏｓθ則に応じた受光光量となる。検査面上から拡散反射された光は、受光レンズにより補足され受光素子に集光され、その出力信号が、受光素子から出力される。また、受光素子列からの出力信号は、シリアルからパラレルに分岐されて、処理速度を向上させ、画像処理装置に伝達される。

[0049] 図１０Ａは、光源１０３と受光レンズ１１の位置関係を示した模式図であり、受光素子アレイ１２０が２列の場合である。図１０Ａでは、２列に配列した受光レンズ１１並びに受光素子アレイ１２０に対する光源１０３の配置が示されている。本実施例では、光源１０３が２列の読取ラインＬの略中央部に配置されている。各光源１０３は、読取ラインＬに平行に並べて配置されている。また、各光源１０３の光軸は、各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸と交点を結び、かつ各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸と交差する仮想平面の任意の位置に配置されている。本実施例においては、受光レンズ１１の焦点距離ｆがｆ＝５０ｍｍ、レンズ径ΦがΦ＝４ｍｍ（但し、幾何光学的収差を考慮し、アパーチャーを用いて有効径Φ’はΦ’＝２．５ｍｍとした）である。本実施例では、検査面に対して、約４５度の角度で光源１０３から光が照射される。そのため、受光レンズ１１のＷ．Ｄ．を考慮し、光源１０３と検査面との距離は７０ｍｍとした。本実施例では、ＬＤを用いたが、各波長のＬＥＤを用いてもよい。

[0050] 光源１０３の配列ピッチはレンズ間距離に合わせ、互いに隣接する受光レンズ１１の間の略中央部であると同時に２列の読取ラインＬの略中央部である位置に光源１０３が配置されている。こうすることにより検査面上の画素の欠落をより防止出来ると同時に、受光レンズ１１のシェーディング並びに光源１０３の光量ムラをより低減出来る。各列の受光レンズ１１間のレンズピッチを７ｍｍとした。この場合、実質的なレンズピッチは、３．５ｍｍとなる。

[0051] 図１０Ｂは、主走査方向における光源１０３（検査面上）の光量分布、受

光素子面上の光量分布、受光レンズ１１のシェーディングの関係を示した図である。図１０Ａのレイアウトにおいて、受光素子アレイ１２０上の光量分布は、模式的に図１０Ｂで示すようにフラットになり、受光素子のダイナミックレンジを有効に用いることが可能になる。

[0052] ６．リップルの抑制方法

次に、個々の受光レンズ１１に起因するシェーディングが読取ラインＬ方向に対するリップルを発生させ、ひいては、受光素子のダイナミックレンジを狭くすることに繋がるのであるが、この抑制方法について述べる。

[0053] まず、予め照明系により負の強度分布を有する照明光を検査対象物に照射しておく。例えば、隣接する受光レンズ１１の間に光源１０３を配置する方法では、完全に各種の受光レンズ１１に対応したシェーディング抑制方法にはならない。即ち、個々の受光レンズ１１に特有のシェーディングが存在し、受光レンズ１１が異なれば、それに応じた照明光学系を用いなければならない。本実施形態では、主走査方向に大きいパワーを有する集光レンズ１０４が配置される。該集光レンズ１０４を透過した光束は、次にシリンドリカルレンズ１０５などの収束レンズにより検査対象物に導かれ、受光レンズ１１のシェーディングに応じた光強度を検査対象物上に形成する。そして、受光レンズ１１のシェーディングに応じて、集光レンズ１０４の光軸方向の位置を適宜変更することで、例えば、検査対象物がキャリブレーション用の白色基準板であれば受光素子上の光強度分布を平滑化出来る。前記の集光レンズ１０４は副走査方向にパワーを有していてもよい。要するに、受光レンズ１１のシェーディングを完全なまでに抑制し、かつ検査対象物に対し受光レンズ１１の焦点距離を考慮した有効な光強度分布が同時に実現出来ればよい。即ち、主走査方向のレンズパワーが副走査方向のレンズパワーよりも大きいことが好ましい。集光レンズ１０４としては、例えば、シリンドリカルレンズ、レンチキュラーレンズ、フレネルレンズ、又は、プリズムシートと球面レンズの組み合わせなどが好ましい。光源１０３の主走査方向に対する位置関係は、各受光レンズ１１の中間位置に配置してもよいし、受光レンズ１

１の光軸上に配置してもよい。更には、受光レンズ１１の外周の位置に光源１０３を配置してもよい。また更に主走査方向にパワーの分布を有するレンズであればより好ましい。

[0054] 本実施形態では、複数の光源１０３からの光束を集光する集光レンズ１０４が、１個のレンズ体として設けられており、該レンズ体が有する主走査方向のパワーが副走査方向のパワーよりも大きい。ただし、集光レンズ１０４が、１個のレンズ体ではなく、第１集光レンズ及び第２集光レンズを含む構成であってもよい。この場合、第１集光レンズは、主走査方向のパワーが副走査方向のパワーよりも大きく、第２集光レンズは、副走査方向のパワーが主走査方向のパワーよりも大きくてもよい。また、主走査方向のパワーを第１集光レンズと第２集光レンズにより調整可能であってもよい。

[0055] 上記のような第１集光レンズ及び第２集光レンズを備えた集光レンズ１０４において、第１集光レンズ及び第２集光レンズは、シリンドリカルレンズ、レンチキュラーレンズ、フレネルレンズ、又は、プリズム列などにより構成することができる。例えば、第１集光レンズは、レンチキュラーレンズ或いはプリズム列であってもよい。また、第２集光レンズは、フレネルレンズ或いはシリンドリカルレンズであってもよい。

[0056] ７．受光レンズのパラメータ

本実施形態におけるレンズ径別の受光系ＭＴＦのグラフを図１０Ｃに示す。比較例として、図１０Ｄに屈折率分布定数√Ａ＝０．１５４の場合を示す。実線、短破線、長破線、一点鎖線の順番に、有効径ΦがΦ＝１．０、１．５、２．０、２．５、３．０ｍｍの場合を示している。尚、受光素子の画素寸法は、６００ｄｐｉ相当に合わせ主走査方向、副走査方向とも４２．３μｍとしている。

[0057] 本実施形態では、有効径Φにおいて、屈折率分布定数√Ａが√Ａ＝０．０７７の条件では、６００ｄｐｉ相当の１２ライン／ｍｍで３０％程度の性能であれば、Φ１．０ｍｍからφ３．０ｍｍまでの範囲のＭＴＦ特性を満足している。それに対し、比較例は、有効径Φについてすべての範囲でＭＴＦ特

性を満足していない。これは、√Ａが√Ａ＝０．０７７の場合の方が√Ａ＝０．１５４の場合よりも収差特性が優れていることを示している。また、焦点距離ｆ＝５０ｍｍの場合について、屈折率分布定数√Ａが√Ａ＝０．１０２７の場合の受光光学系のＭＴＦを求め、図１０Ｅに示す。図１０Ｅによれば、√Ａが√Ａ＝０．１０２７の場合においても、６００ｄｐｉの解像度に相当する１２ライン／ｍｍでΦ１．０ｍｍからΦ３．０ｍｍまでの範囲においてＭＴＦ特性を満足している。

[0058] 受光レンズ１１が屈折率分布型レンズである場合、該レンズはガラス或いは樹脂からなることが好ましい。この場合、受光レンズ１１のレンズパラメータにおいて、軸上屈折率Ｎ０が１．４５≦Ｎ０≦１．６５であり、屈折率分布定数√Ａが０．０５≦√Ａ≦０．１２であり、焦点距離ｆが５０ｍｍ≦ｆ≦１５０ｍｍであることが好ましい。

[0059] 受光レンズ１１は、それぞれ複数枚のレンズを組み合わせたアクロマート又はアポクロマートであってもよい。この場合、複数枚のレンズとして凸レンズのみを組み合わせたレンズ系であるか、或いは、複数枚のレンズとして凸レンズと凹レンズを組み合わせたレンズ系であってもよい。また、複数枚のレンズの焦点距離ｆが２５ｍｍ≦ｆ≦２５０ｍｍであり、更に複数枚のレンズの口径Φが２ｍｍ≦Φ≦５０ｍｍであることが好ましい。

[0060] 次に、被写界深度並びに解像度を向上させるために、受光レンズ系を縮小光学系としたものを例示する。光学系の構成は図１０Ａと同様であり、受光レンズ１１の倍率を変化させている。即ち、受光レンズ１１の物点と像点の横倍率の関係を９：１や４：１のように変化させる。こうすることにより、被写界深度は、横倍率が９：１の場合は等倍系の３倍に、横倍率が４：１の場合は等倍系の２倍に増大する。被写界深度を３倍とする場合には、受光素子のサイズは等倍系の受光素子の１／９のサイズとする。また、被写界深度を２倍とする場合には、受光素子のサイズは等倍系の受光素子の１／４のサイズとする。本実施形態においては、１／４のサイズの受光素子を用いて、被写界深度を２倍とした。

[0061] 本実施形態における縮小光学系のデフォーカス時のＭＴＦ特性を図１１のグラフ（実線）に示す。比較例として、等倍系のデフォーカス時のＭＴＦ特性を図１１のグラフ（破線）に示す。図の縮小系と等倍系の比較から、縮小光学系の被写界深度が等倍系よりも約２倍深いことが分かる。また、受光レンズ１１のＮ．Ａ．は、縮小比をＳとすれば、その逆数である１／Ｓだけ増大する。そのため、受光レンズ１１のレンズ径が小さい場合においても、焦点距離に応じて縮小率を増せば、実効的なＮ．Ａ．は維持されるため、回折効果によるボケも一定に出来る。

[0062] 本実施形態では、焦点距離をｆ＝５０ｍｍ、横倍率比を１／４としたため、レンズ径Φは原理的にはΦ＝０．２５ｍｍまで用いることが可能である。図１０Ａの場合と同じレンズを用いるので、レンズ径ΦはΦ＝４ｍｍであり、有効径Φ’はΦ’＝２．５ｍｍである。Ｎ．Ａ．は、等倍系である図１０Ａの場合と比べて４倍になる。故に受光光量は１６倍になり、受光素子サイズを１／４にサイズダウンしたことによる受光光量の１／１６の減少を相殺出来る。

[0063] ９．テレセントリック光学系

次に本実施形態に適用されたテレセントリック光学系について説明する。テレセントリック光学系を用いることにより、組み立て容易で経時変化が少ない構成にすることができる。テレセントリック光学系では、アパチャー（光透過部）を挟んで両側又は片方に受光レンズ１１が配置される。すなわち、テレセントリック光学系は、検査対象物側と受光素子アレイ１２０側の両方に受光レンズ１１が配置された両側テレセントリック光学系、又は、検査対象物側のみに受光レンズ１１が配置された物体側テレセントリック光学系である。

[0064] 両側テレセントリック光学系では、検査対象物から光軸に平行に細く拡がる光束が前側レンズを透過することにより平行光束となり、前側レンズの後に挿入されたアパチャーを通過した平行光束が、後側レンズを透過して受光素子アレイ１２０の各受光素子に絞り込まれる。

[0065] 図３又は図４のように、受光素子アレイ１２０が副走査方向に千鳥配置となっている場合は、副走査方向の距離が大きくなるほど、メモリ容量を大きくする必要がある。メモリ容量が大きくなれば、それだけコストアップしてしまう。本実施形態においては、テレセントリックレンズ光学系を用いることにより、Ｎ．Ａ．を０．０３程度とすると、焦点距離が５０ｍｍのレンズの場合、レンズの主平面状でΦ＝３ｍｍと物点とを結ぶ円錐形の受光立体角となる。故に、副走査方向の千鳥配置の受光素子アレイ１２０の最短距離Ｌｓは、Ｌｓ＞３ｍｍであればこと足りる。したがって、通常のレンズの円形の外周部を各種加工又は成型手段により矩形の外周部とし、図３又は図４のように受光素子アレイ１２０の千鳥配置の間隔を狭くして配置すれば、受光立体角を満足しコンパクト化が可能になると同時にメモリ容量を小さく出来る。尚、受光レンズ１１のＮ．Ａ．は、照明光量の観点から０．００１～０．０５程度が望ましい。以上、副走査方向の受光レンズ１１の厚みは、テレセントリック光学系のＮ．Ａ．で規定される立体角によって決定されるため副走査方向に短くでき、コンパクトになる。

[0066] １０．受光系の変形例

次に、図１２Ａ～図１２Ｇを用いて受光系の変形例について説明する。上記実施形態では、複数の受光レンズ１１が副走査方向に２列で配置された構成について説明したが、図１２Ａ～図１２Ｇでは、複数の受光レンズ１１が主走査方向に沿って１列に配置された構成、具体的には、１列の受光レンズ１１と千鳥配置の受光素子アレイ１２０のレイアウトについて説明する。

[0067] 受光素子アレイ１２０を千鳥配置することにより２列の読取ラインＬを形成する場合、受光素子アレイ１２０と同様に受光レンズ１１も２列に千鳥配置すると、受光レンズ系の必要なＮ．Ａ．を満足させるために、受光レンズ１１の副走査方向の幅以上に受光素子アレイ１２０の副走査方向の間隔を設ける必要があった。そこで、図１２Ａ～図１２Ｇのように、受光レンズ１１を受光系に必要なＮ．Ａ．を満足させるように矩形レンズの幅を設定し、２列から１列にすれば、受光素子アレイ１２０の副走査方向の間隔をより狭め

ることが可能になる。即ち、副走査方向の速度変動の影響をより少なくし、同時に、受光レンズ１１のコストダウンが達成できる。以下、複数の受光レンズ１１を１列に配置する方法について記す。

[0068] 図１２Ａ～図１２Ｇでは、複数の受光レンズ１１が、それぞれ主走査方向に対し垂直な方向から見たときに同じ形状を有する。具体的には、主走査方向（Ｘ方向）及び副走査方向（Ｙ方向）に対し垂直なＺ方向から見たときの各受光レンズ１１の形状が同じ形状である。なお、「同じ形状」には、反転形状などの実質的に同じ形状が含まれ、若干の形状の相違は「同じ形状」に含まれるものとする。

[0069] 図１２Ａでは、Ｚ方向に見た各受光レンズ１１の形状が平行四辺形形状である。すなわち、各受光レンズ１１の主走査方向の両端面が、副走査方向に対して傾斜している。各受光レンズ１１の主走査方向の両端面の傾斜角は、同一である。図１２Ａのように主走査方向に複数の受光レンズ１１を並べて配置した場合、各受光レンズ１１の両端面に、隣り合う受光レンズ１１の端面が対向することにより、主走査方向に隣り合う受光レンズ１１の端部同士が連結された状態で配置される。

[0070] 図１２Ｂでは、Ｚ方向に見た各受光レンズ１１の主走査方向の両端面に、矩形形状の切り欠きが形成されている。図１２Ｂのように主走査方向に複数の受光レンズ１１を並べて配置した場合、各受光レンズ１１の両端面に形成された切り欠きに、隣り合う受光レンズ１１の一部が嵌め合わせられることにより、主走査方向に隣り合う受光レンズ１１の端部同士が連結された状態で配置される。

[0071] 図１２Ｃでは、Ｚ方向に見た各受光レンズ１１の形状が台形形状である。すなわち、各受光レンズ１１の主走査方向の両端面が、副走査方向に対して傾斜している。各受光レンズ１１をＺ方向に見た形状は、主走査方向に隣り合う受光レンズ１１をＺ方向に見た形状に対して、主走査方向を基準に反転形状である。図１２Ｃのように主走査方向に複数の受光レンズ１１を並べて配置した場合、各受光レンズ１１の両端面に、隣り合う受光レンズ１１の端

面が対向することにより、主走査方向に隣り合う受光レンズ１１の端部同士が連結された状態で配置される。これにより、複数の受光レンズ１１は、隣り合う受光レンズ１１が反転し連結された状態で配置される。

[0072] 図１２Ｄでは、Ｚ方向に見た各受光レンズ１１の主走査方向の両端面に、曲線形状（半円形状又は半楕円形状）の切り欠きが形成されている。図１２Ｄのように主走査方向に複数の受光レンズ１１を並べて配置した場合、各受光レンズ１１の両端面に形成された切り欠きに、隣り合う受光レンズ１１の一部が嵌め合わせられることにより、主走査方向に隣り合う受光レンズ１１の端部同士が連結された状態で配置される。

[0073] 次に、図１２Ｅ～図１２Ｇの変形例について説明する。図１２Ｅは、図１２Ｃの変形例であり、前述した受光素子アレイ１２０に欠落画素を極力生じさせないように出来る。図１２Ｅでは台形状の各受光レンズ１１の幅方向の中央部よりも長辺側に各受光素子アレイ１２０を配置している。また、各受光素子アレイ１２０の主走査方向の長さは、該受光素子アレイ１２０が配置された位置における前記台形状の各受光レンズ１１の主走査方向の長さにほぼ一致している。こうすることにより、図１２Ｅの破線で示した部分が隣り合う千鳥配置の受光素子アレイ１２０同士が主走査方向においてオーバーラップし、後述するように、図１２Ｃで示した千鳥配置の受光素子アレイ１２０のような出力信号の欠落部を生じない。

[0074] 上記は、台形状の受光レンズ１１に限らず、各々の受光レンズ１１を副走査方向に反転させて受光レンズアレイとした際に連結される形状であればよい。その例を図１２Ｆ及び図１２Ｇに示す。図１２Ｆは矩形の切り欠き形状からなる複数の受光レンズ１１を反転し連結させた場合であり、図１２Ｇは、円形の切り欠きを有する複数の受光レンズ１１を反転し連結させた場合である。このように、図１２Ｅ～図１２Ｇにおいて、複数の受光レンズ１１は、隣り合う受光レンズ１１が反転し連結された状態で配置される。概ね、副走査方向において受光レンズ１１が線対象であれば反転連結可能である。図１２Ｆ及び図１２Ｇも図１２Ｅの台形形状の反転連結と同様に破線部がオー

バーラップしており、後述するように、信号欠落部を生じない。なお、図１２Ｇの受光レンズ１１は、剛性を確保し、割れを回避するための縁部１１２を備えている。

[0075] 図１２Ａ～図１２Ｇのように、受光レンズ１１の光軸方向断面視においてレンズ端部を平行四辺形形状、台形形状、矩形形状又は曲線形状（円、楕円）の切り欠き形状などの断面形状として受光レンズ系のＮ．Ａ．を満足する副走査方向の幅を設定し、1列に繋ぐことにより、主走査方向に一直線状に延びるレンズアレイが形成される。また、前記レンズアレイの副走査方向の中央部に、千鳥配置の２列の受光素子アレイ１２０を設ける。具体的には、複数の受光素子アレイ１２０が、複数の受光レンズ１１のそれぞれの主走査方向の中央部に配置され、主走査方向に沿って交互に千鳥状に配置される。こうすることにより、1列のレンズアレイで２列の千鳥配置の受光素子アレイ１２０に検査対象物から出射された光を届けることが出来る。

[0076] 図１２Ａに示すように、主走査方向に隣り合う受光レンズ１１の端部間には、遮蔽部１１１が設けられている。遮蔽部１１１は、薄肉の板状に形成されている。遮蔽部１１１は、各受光レンズ１１の端部間から受光素子（受光素子アレイ１２０）に向かって延長され、受光レンズ１１から検査対象物方向に突出している。また、遮蔽部１１１は、少なくとも受光レンズ１１の副走査方向の幅Ｗ１以上の幅を有する。図１２Ｂ～図１２Ｇでは遮蔽部１１１を省略して示しているが、同様に遮蔽部１１１が各受光レンズ１１の端部間に設けられていてもよい。尚、図１２Ｆと図１２Ｇの実施例において、遮蔽部１１１は各々薄いクランク型、波型の遮蔽板とする。要は、連結部において、隣り合う受光系に光が漏れ出ないようにすればよい。

[0077] 図１２Ｂ～図１２Ｄに示すように、複数の受光素子アレイ１２０と一対一に対応するように、検査対象物を照明する複数の光源１０３が設けられていてもよい。複数の光源１０３は、それぞれ主走査方向に沿って一直線状に延びる細長い形状であってもよく、この場合、図１２Ｂ～図１２Ｄに示すように、複数の光源１０３が各受光素子アレイ１２０に対してＺ方向に対向して

いてもよい。これにより、複数の光源１０３を千鳥状に配置し、各受光素子アレイ１２０に効率よく線分状の光を入射させることができる。

[0078] 複数の光源１０３は、複数の受光素子アレイ１２０に対応して副走査方向に複数ラインの照明光の光強度分布を有する。図１２Ａ、図１２Ｅ～図１２Ｇでは光源１０３を省略して示しているが、同様に複数の光源１０３が複数の受光素子アレイ１２０と一対一に対応するように設けられていてもよい。ただし、複数の光源１０３を千鳥状に配置せずとも、各読取ラインＬの受光素子アレイ１２０に光強度のピークを持たせるように、副走査方向において２つの強度ピークを含むような光強度分布を有するライン照明を用いてもよい。また、千鳥配置の受光素子アレイ１２０の副走査方向の間隔が狭いため、１つのピークを有するライン照明でもよい。

[0079] 図１２Ｈ及び図１２Ｉは、受光系における光軸１１３の位置について説明するための模式図である。以下では、図１２Ｅの構成を一例として、図１２Ｈ及び図１２Ｉを用いて受光系における光軸１１３の位置について説明するが、図１２Ａ～図１２Ｄ、図１２Ｆ、図１２Ｇなどの他の構成においても、光軸１１３の位置を同様に設定することが可能である。

[0080] 図１２Ｈでは、各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸１１３が、各受光素子アレイ１２０の略中央部から副走査方向（Ｙ方向）に平行に離れた位置を貫く。具体的には、各受光レンズ１１の光軸１１３が、千鳥状に配置された各受光素子アレイ１２０から略等距離であり、かつ、千鳥状に配置された各受光素子アレイ１２０の主走査方向における略１／２の長さの位置を貫く。この例では、各光軸１１３が主走査方向（Ｘ方向）に沿って１列に並んでいるが、このような構成に限られるものではない。

[0081] 図１２Ｉでは、各受光レンズ１１を透過して各受光素子アレイ１２０に導かれる光の光軸１１３が、千鳥状に配置された各受光素子アレイ１２０の略中央部を貫く。したがって、各光軸１１３は、２列の読取ラインＬに沿って、各受光素子アレイ１２０と同様に千鳥配置されている。このように、各受

光レンズ１１の光軸１１３を各受光素子アレイ１２０に合わせることにより、収差を少なくすることができる。

[0082] 図１３にレンズ端部が平行四辺形の場合の光源１０３の光強度分布がフラットな場合の受光素子アレイ１２０の受光面上の光強度分布を示す。図１３では、図１２Ａの構成を採用した場合における各受光素子アレイ１２０の受光面上の光強度分布の一例が示されている。複数の受光レンズ１１からなるレンズアレイは、説明のため、便宜上３個の受光レンズ１１からなるレンズアレイとしている。

[0083] 図１３の左側の図にレンズアレイ全体の各受光素子アレイ１２０上の光強度を示し、右側の２つの図に拡大図を示している。また、図１４に隣り合う受光レンズ１１同士の連結部近傍の光強度分布の詳細を示す。本実施形態では、千鳥配置された隣接する２つの受光素子アレイ１２０において、一方の受光素子アレイ１２０の信号欠落画素を他方の受光素子アレイ１２０の画素で補間する。図１４では、矢印のマークにより、信号欠落画素の信号を補間する方法を示した。

[0084] 図１４において破線で囲んだ部分１２１は、隣り合う受光レンズ１１同士の連結部に位置する受光素子であり、当該受光素子に光が届かなくなることにより信号欠落部が発生する。そこで、本実施形態では、千鳥配置された隣接する受光素子アレイ１２０において、上記部分１２１の受光素子に対し副走査方向に対向する受光素子（実線で囲んだ部分１２２）の出力信号で信号欠落部の信号を補う。このように、隣り合う受光レンズ１１同士の連結部には、副走査方向に沿って画素補間部が形成されている（図１３参照）。信号欠落部は予め検査用の基準媒体により補正しておけばよい。基準媒体にはシェーディング補正用の白色チャートや格子パターンなどを用いることができる。

[0085] 図１３における受光レンズ１１の副走査方向の幅は５ｍｍであり、故に受光レンズ１１を２列の千鳥配置とした場合は、千鳥配置の受光素子アレイ１２０の最小の間隔は５ｍｍ以上が必要であるが、上記のように１列のレンズ

アレイを用いると約１／２程度（３．０ｍｍ弱）の間隔になる。また、受光素子アレイ１２０のダイナミックレンジ等を考慮しつつ、シェーディング補正をすれば、更に間隔を狭めることが可能である。即ち、千鳥配置の受光素子アレイ１２０の副走査方向の間隔が狭まると同時に、受光レンズ１１の数を半分にすることが可能になる。故に、副走査方向の搬送速度の変動の影響を受けにくくすると同時に、コストダウンも図れるメリットが生まれる。

[0086] 図１３における遮蔽部１１１には、厚みｔ＝０．２ｍｍの遮蔽板を配置した。ｔ＝０．２ｍｍであれば強度的に問題ない。また、レンズ系は両側テレセントリック系である。勿論、物体側テレセントリック系としてもよいことは言うまでもない。

[0087] 具体的な画像処理方法又は画像処理システムによる処理としては、主走査方向の同じ位置において副走査方向に離間する２つの受光素子からの出力信号について、一方の受光素子（破線で囲んだ部分１２１）からの出力信号が他方の受光素子（実線で囲んだ部分１２２）からの出力信号よりも低く、一方の受光素子からの出力信号が閾値に満たない場合に、他方の受光素子からの出力信号で補間する。また、その補間された出力信号を一方の受光素子に対して主走査方向の他の位置にある受光素子からの出力信号と合成することにより、読取ラインＬに対応する１列の出力信号とする。

[0088] なお、図１４において二点鎖線で囲んだ部分１２３の受光素子は、副走査方向に互いに対向するが、いずれも隣り合う受光レンズ１１同士の連結部からずれることにより、互いにオーバーラップしている。このようなオーバーラップする部分については、受光素子からの出力信号の欠落が生じないため、補間の必要はない。

[0089] 図１２Ｅの例において、受光領域の光強度を示し、信号欠落部が生じない理由を図１５に概略的に表す。図１５は図１４と同じく千鳥配置した受光素子アレイ１２０の端部の光強度分布を表している。図１５において二点鎖線で囲んだ部分１２４の受光素子は、副走査方向に互いに対向するが、いずれも隣り合う受光レンズ１１同士の連結部からずれることにより、互いにオー

バーラップしている。図１５のように、台形状の受光レンズ１１の幅方向において受光素子アレイ１２０を長辺側に配置することにより、受光部における信号欠落部分を除いて、千鳥配置した受光素子アレイ１２０の1列の読取ラインＬに必要な信号を得ることが可能になる。

[0090] 具体的な画像処理方法又は画像処理システムによる処理としては、主走査方向の同じ位置において副走査方向に離間する２つの受光素子（破線で囲んだ部分１２４）からの出力信号について、一方の受光素子の出力信号が他方の受光素子の出力信号と重なり合った部分の出力信号の一方を選択し、かつ、基準媒体により予め補正した出力信号の一方の信号と他方の出力信号の比による補正をして一方の信号と他方の信号とを合成することにより、読取ラインＬに対応する１列の出力信号とする。

符号の説明

[0091] １０　光源部
１１　受光レンズ
１２　受光部
２０　焦点面
１０３　光源
１０４　集光レンズ
１０５　シリンドリカルレンズ
１１０　レンズホルダー
１１１　遮蔽部
１２０　受光素子アレイ
１３１　赤色ＬＤ
１３２　緑色ＬＤ
１３３　青色ＬＤ
１３４　光源基板
１３５　ヒートシンク

請求の範囲

[請求項1] 副走査方向に搬送される検査対象物を主走査方向に延びる読取ラインで読み取る光学ラインセンサであって、

主走査方向に沿って複数配置された複数の受光レンズと、

主走査方向に沿ってライン状に配置され、前記複数の受光レンズを透過した光を受光する複数の受光素子とを備え、

前記複数の受光素子は少なくとも２列以上の前記読取ラインを形成し、

前記受光レンズは、テレセントリック光学系を構成しており、副走査方向における幅が主走査方向における幅よりも小さいことを特徴とする光学ラインセンサ。

[請求項2] 前記受光レンズは、前記主走査方向及び前記副走査方向に直交する方向から見て矩形状に形成されていることを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項3] 前記複数の受光レンズは、該受光レンズの主走査方向における幅以下に互いに離間して配置されていることを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項4] 前記受光レンズのＮ．Ａ．が０．００１＜Ｎ．Ａ．＜０．０５を満足するように、前記受光レンズの副走査方向における幅が設定されていることを特徴とする請求項１に記載の光学ライセンサ。

[請求項5] 前記複数の受光素子は、２列以上のアレイ状に配置されることにより複数の受光素子アレイを構成し、

前記複数の受光レンズは、前記複数の受光素子アレイに対応した数だけ配置され、各受光レンズを透過して各受光素子アレイに導かれる光の光軸は、各受光素子アレイの略中央部を貫くことを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項6] 前記複数の受光素子は、２列以上のアレイ状に配置されることにより複数の受光素子アレイを構成し、

前記複数の受光レンズは、前記複数の受光素子アレイに対応した数だけ配置され、各受光レンズを透過して各受光素子アレイに導かれる光の光軸は、各受光素子アレイの略中央部から副走査方向に平行に離れた位置を貫くことを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項7] 前記複数の受光素子アレイは、２列の読取ラインにそれぞれ複数配置された各読取ラインよりも短い受光素子アレイであり、一方の読取ラインに配置された受光素子アレイと他方の読取ラインに配置された受光素子アレイとが、主走査方向に沿って交互に千鳥状に配置されていることを特徴とする請求項５又は６に記載の光学ラインセンサ。

[請求項8] 前記複数の受光レンズが、それぞれ倒立像を形成する屈折率分布型レンズ、或いは、アクロマート、或いは、アポクロマートを含むことを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項9] 前記屈折率分布型レンズが、ガラス或いは樹脂からなり、該レンズのレンズパラメータにおいて、軸上屈折率Ｎ０が１．４５≦Ｎ０≦１．６５であり、屈折率分布定数√Ａが０．０５≦√Ａ≦０．１２であり、焦点距離ｆが５０ｍｍ≦ｆ≦１５０ｍｍであることを特徴とする請求項８に記載の光学ラインセンサ。

[請求項10] 前記複数の受光レンズが、それぞれ複数枚のレンズを組み合わせたアクロマート又はアポクロマートからなり、前記複数枚のレンズとして凸レンズのみを組み合わせたレンズ系であるか、或いは、前記複数枚のレンズとして凸レンズと凹レンズを組み合わせたレンズ系であり、かつ、該複数枚のレンズの焦点距離ｆが２５ｍｍ≦ｆ≦２５０ｍｍであり、更に該複数枚のレンズの口径Φが２ｍｍ≦Φ≦５０ｍｍであることを特徴とする請求項８に記載の光学ラインセンサ。

[請求項11] 検査対象物に光を照射する複数の光源をさらに備え、

前記複数の光源は、前記読取ラインに平行に並べて配置され、前記複数の光源の光軸は、前記複数の受光レンズを透過して前記複数の受

光素子に導かれる光の光軸と交点を結び、かつ該複数の受光レンズを透過して前記複数の受光素子に導かれる光の光軸と交差する仮想平面の任意の位置に配置され、更に互いに隣接する受光レンズの間の略中央部に光源が配置されたことを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項12] 前記複数の光源は、複数の異なる波長を有する光源を含み、該複数の異なる波長を有する光源を１単位として、該１単位の光源が主走査方向に複数並べられたことを特徴とする請求項１１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項13] 前記複数の光源からの光束を集光する集光レンズをさらに備えることを特徴とする請求項１１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項14] 前記集光レンズは、主走査方向のパワーが副走査方向のパワーよりも大きい第１集光レンズと、副走査方向のパワーが主走査方向のパワーよりも大きい第２集光レンズとを含むことを特徴とする請求項１３に記載の光学ラインセンサ。

[請求項15] 前記集光レンズは、１個のレンズ体であり、該レンズ体が有する主走査方向のパワーが副走査方向のパワーよりも大きいことを特徴とする請求項１３に記載の光学ラインセンサ。

[請求項16] 前記集光レンズは、主走査方向のパワーを前記第１集光レンズと第２集光レンズにより調整可能であることを特徴とする請求項１４に記載の光学ラインセンサ。

[請求項17] 前記集光レンズが、シリンドリカルレンズ或いはフレネルレンズであることを特徴とする請求項１３に記載の光学ラインセンサ。

[請求項18] 前記第１集光レンズが、レンチキュラーレンズで或いはプリズム列であり、

前記第２集光レンズが、フレネルレンズ或いはシリンドリカルレンズであることを特徴とする請求項１４に記載の光学ラインセンサ。

[請求項19] 前記複数の光源が、白色ＬＥＤを含むことを特徴とする請求項１１

に記載の光学ラインセンサ。

[請求項20] 前記複数の光源が、赤色ＬＥＤ、緑色ＬＥＤ及び青色ＬＥＤを含むことを特徴とする請求項１１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項21] 前記複数の光源が、レーザダイオードを含むことを特徴とする請求項１１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項22] 前記複数の光源が実装された光源基板と、

前記光源基板に取り付けられたヒートシンクとをさらに備えることを特徴とする請求項１１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項23] 前記複数の受光レンズは、主走査方向に沿って１列に配置されており、

前記複数の受光レンズは、主走査方向に隣り合う前記受光レンズの端部同士が連結された状態で配置されていることを特徴とする請求項１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項24] 前記複数の受光レンズは、主走査方向に対し垂直な方向から見たときに同じ形状を有することを特徴とする請求項２３に記載の光学ラインセンサ。

[請求項25] 前記複数の受光レンズは、隣り合う前記受光レンズが反転し連結された状態で配置されていることを特徴とする請求項２４に記載の光学ラインセンサ。

[請求項26] 前記複数の受光素子は、２列以上のアレイ状に配置されることにより複数の受光素子アレイを構成し、

前記複数の受光素子アレイは、前記複数の受光レンズのそれぞれの主走査方向の中央部に配置され、主走査方向に沿って交互に千鳥状に配置されていることを特徴とする請求項２３又は請求項２４に記載の光学ラインセンサ。

[請求項27] 前記複数の受光レンズの光軸が、千鳥状に配置された各受光素子アレイから略等距離であり、かつ、千鳥状に配置された各受光素子アレイの主走査方向における略１／２の長さの位置を貫くことを特徴とす

る請求項２６に記載の光学ラインセンサ。

[請求項28] 前記複数の受光レンズの光軸が、千鳥状に配置された各受光素子アレイの略中央部を貫くことを特徴とする請求項２６に記載の光学ラインセンサ。

[請求項29] 前記複数の受光素子は、２列以上のアレイ状に配置されることにより複数の受光素子アレイを構成し、

検査対象物を照明し、前記複数の受光素子アレイと一対一に対応している複数の光源をさらに備えることを特徴とする請求項２３又は請求項２４に記載の光学ラインセンサ。

[請求項30] 前記複数の光源が、前記複数の受光素子アレイに対応して副走査方向に複数ラインの照明光の光強度分布を有することを特徴とする請求項２９に記載の光学ラインセンサ。

[請求項31] 主走査方向に隣り合う前記受光レンズの端部間から前記複数の受光素子に向かって延長され、少なくとも前記受光レンズの副走査方向の幅以上の幅を有する遮蔽部をさらに備えることを特徴とする請求項２３又は請求項２４に記載の光学ラインセンサ。

[請求項32] 前記遮蔽部が、前記受光レンズから検査対象物方向に突出していることを特徴とする請求項３１に記載の光学ラインセンサ。

[請求項33] 請求項２６に記載の光学ラインセンサを用いた画像処理方法であって、

主走査方向の同じ位置において副走査方向に離間する２つの前記受光素子からの出力信号について、一方の前記受光素子の出力信号が他方の前記受光素子の出力信号と重なり合った部分の出力信号の一方を選択し、かつ、基準媒体により予め補正した出力信号の一方の信号と他方の出力信号の比による補正をして一方の信号と他方の信号とを合成することにより、前記読取ラインに対応する１列の出力信号とすることを特徴とする画像処理方法。

[請求項34] 請求項２６に記載の光学ラインセンサを用いた画像処理方法であっ

て、

主走査方向の同じ位置において副走査方向に離間する２つの前記受光素子からの出力信号について、一方の前記受光素子からの出力信号が他方の前記受光素子からの出力信号よりも低く、一方の前記受光素子からの出力信号が閾値に満たない場合に、他方の前記受光素子からの出力信号で補間し、その補間された出力信号を前記一方の受光素子に対して主走査方向の他の位置にある前記受光素子からの出力信号と合成することにより、前記読取ラインに対応する１列の出力信号とすることを特徴とする画像処理方法。

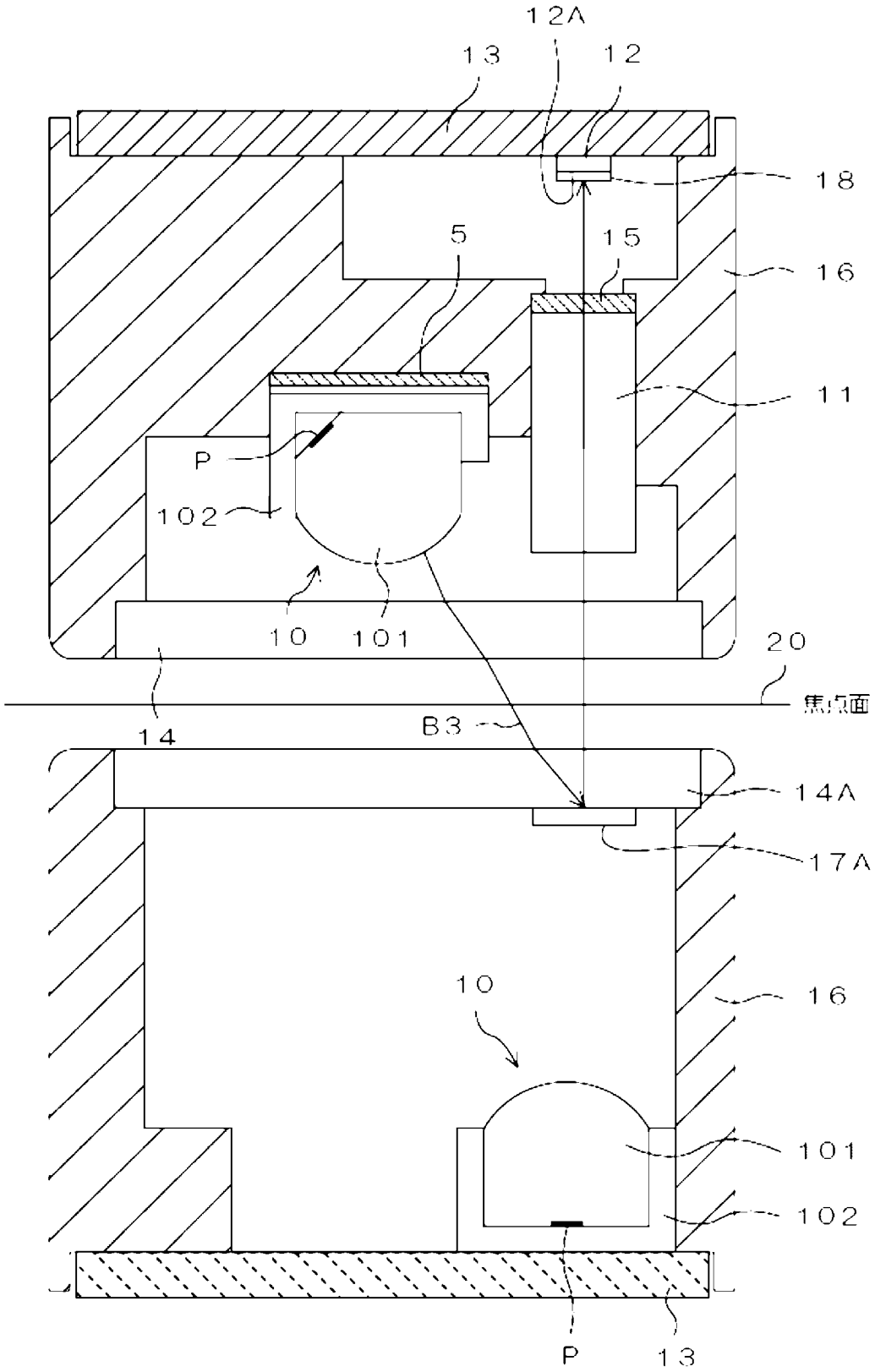
[請求項35] 請求項２６に記載の光学ラインセンサを用いた画像処理システムであって、

主走査方向の同じ位置において副走査方向に離間する２つの前記受光素子からの出力信号について、一方の前記受光素子の出力信号が他方の前記受光素子の出力信号と重なり合った部分の出力信号の一方を選択し、かつ、基準媒体により予め補正した出力信号の一方の信号と他方の出力信号の比による補正をして一方の信号と他方の信号とを合成することにより、前記読取ラインに対応する１列の出力信号とすることを特徴とする画像処理システム。

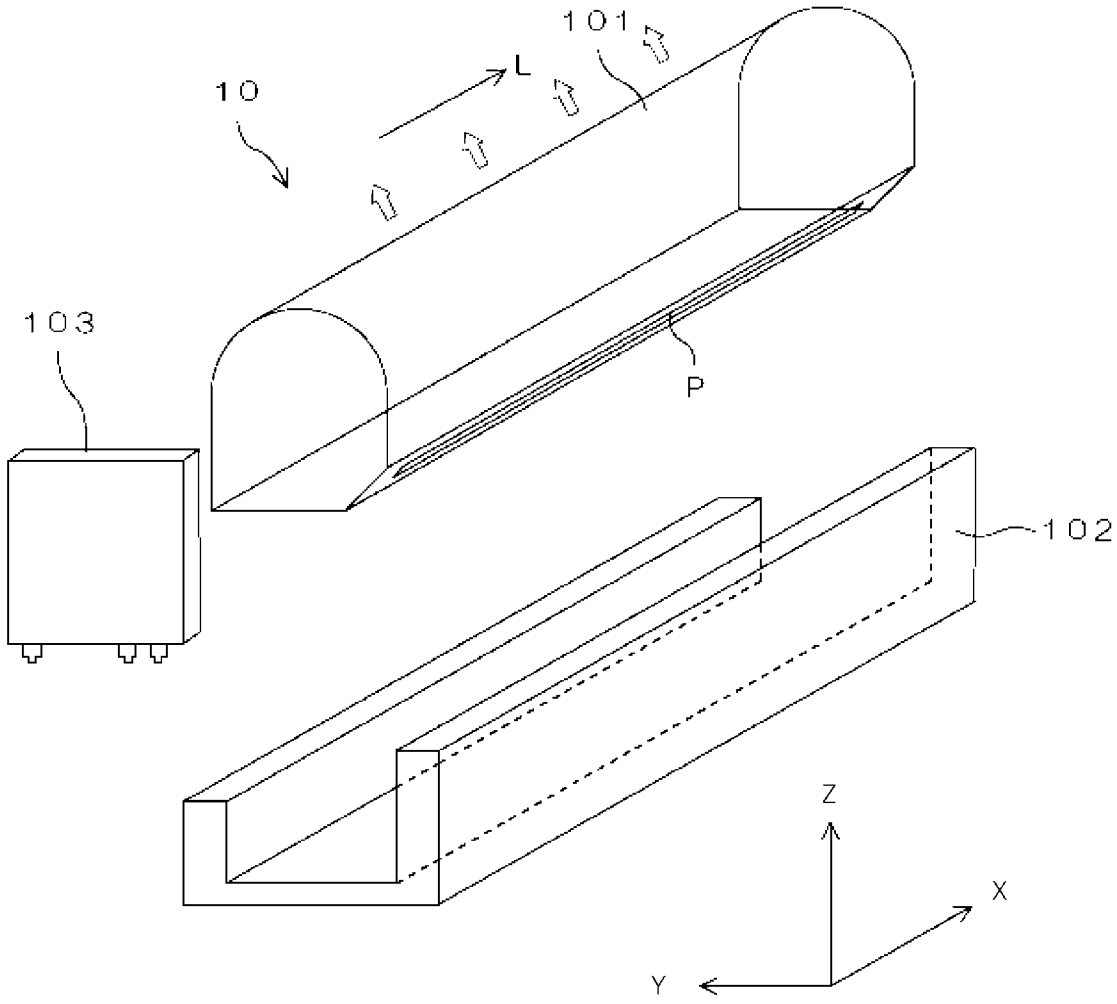
[請求項36] 請求項２６に記載の光学ラインセンサを用いた画像処理システムであって、

主走査方向の同じ位置において副走査方向に離間する２つの前記受光素子からの出力信号について、一方の前記受光素子からの出力信号が他方の前記受光素子からの出力信号よりも低く、一方の前記受光素子からの出力信号が閾値に満たない場合に、他方の前記受光素子からの出力信号で補間し、その補間された出力信号を前記一方の受光素子に対して主走査方向の他の位置にある前記受光素子からの出力信号と合成することにより、前記読取ラインに対応する１列の出力信号とすることを特徴とする画像処理システム。

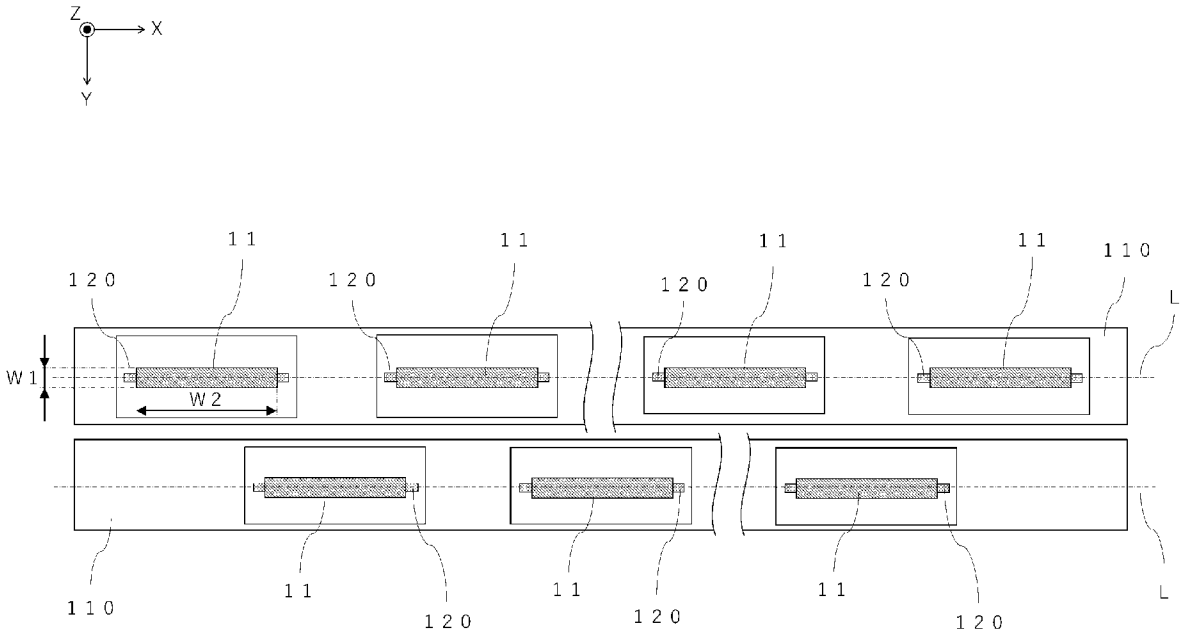
[図1]


12A
13
12
18
5
15
16
11
P
102
10
101
20
焦点面
14
B3
14A
17A
10
16
101
102
P
13

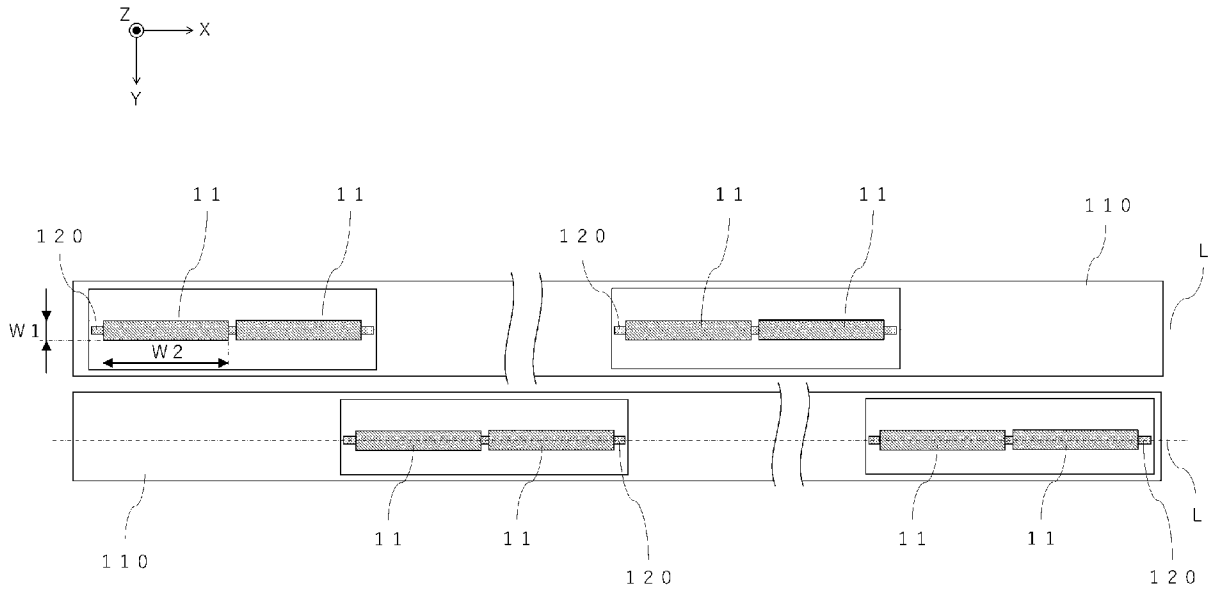
[図2]



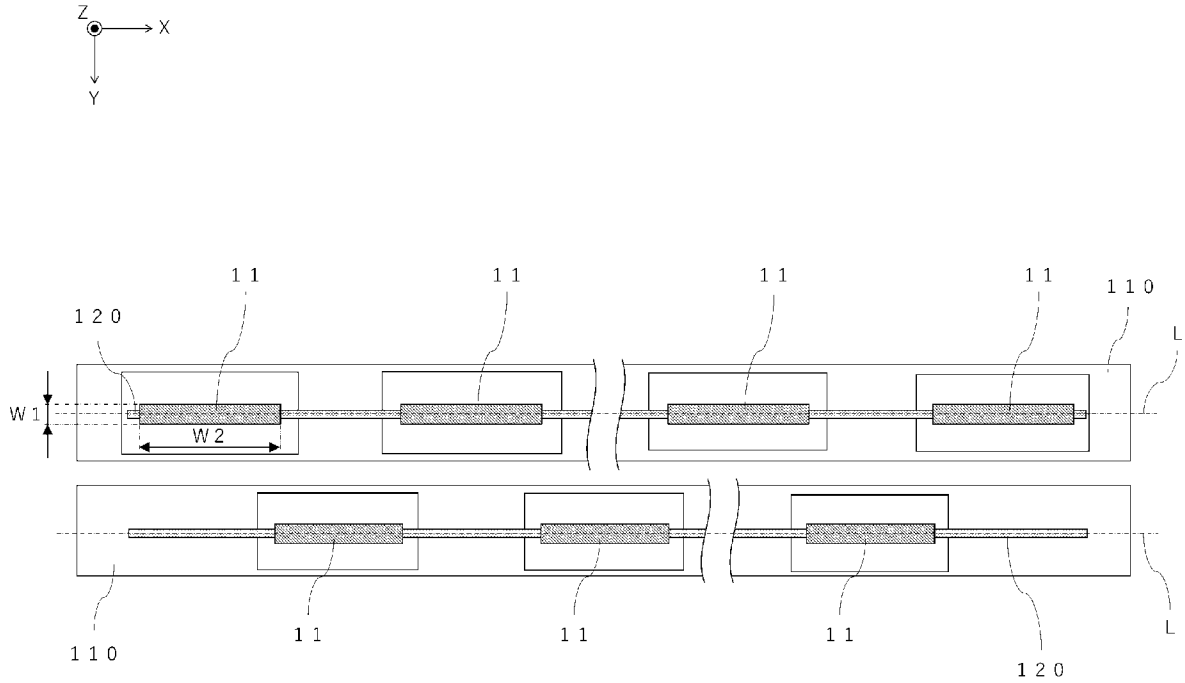
[図3]


Z
X
Y
11
120
11
120
11
120
11
120
110
L
W1
W2
110
11
120
11
120
11
120
L

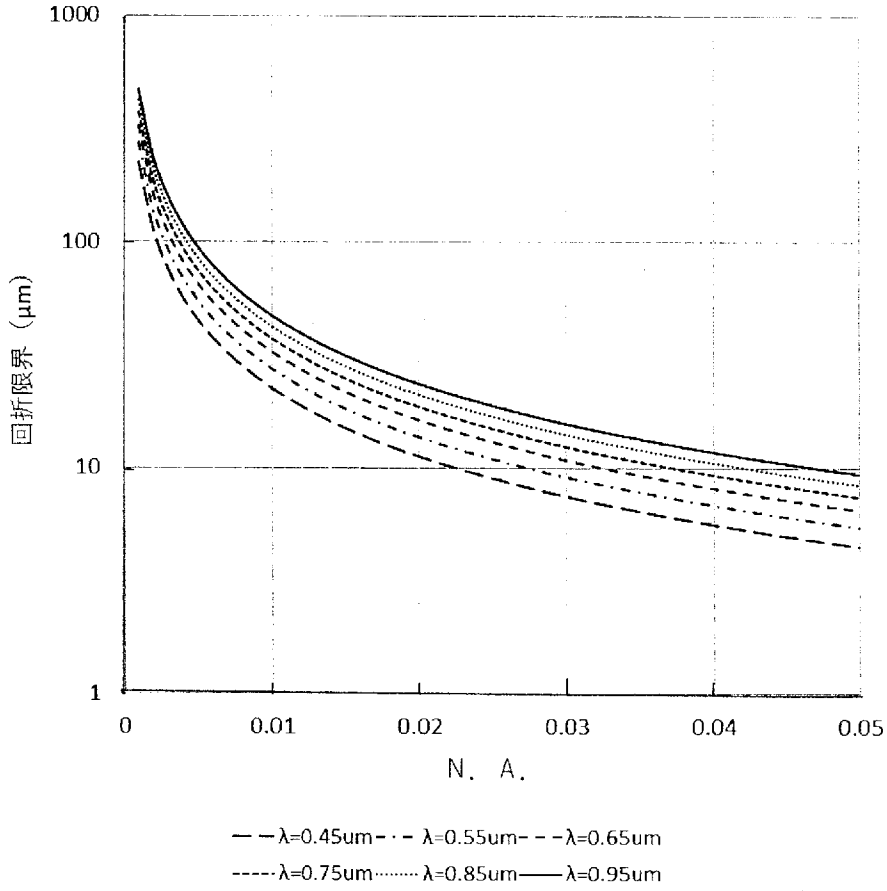
[図4]



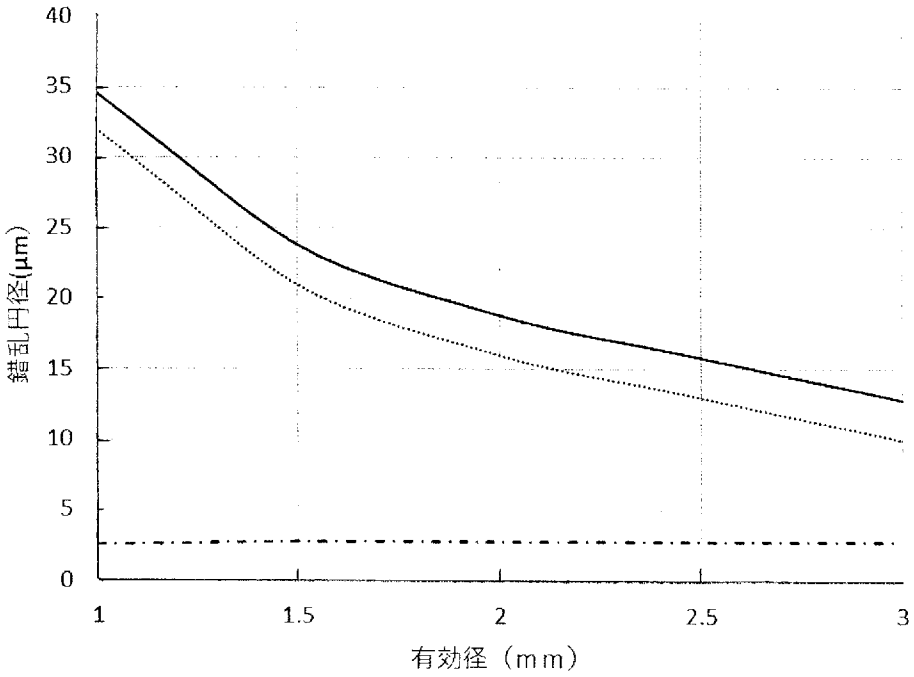
[図5]



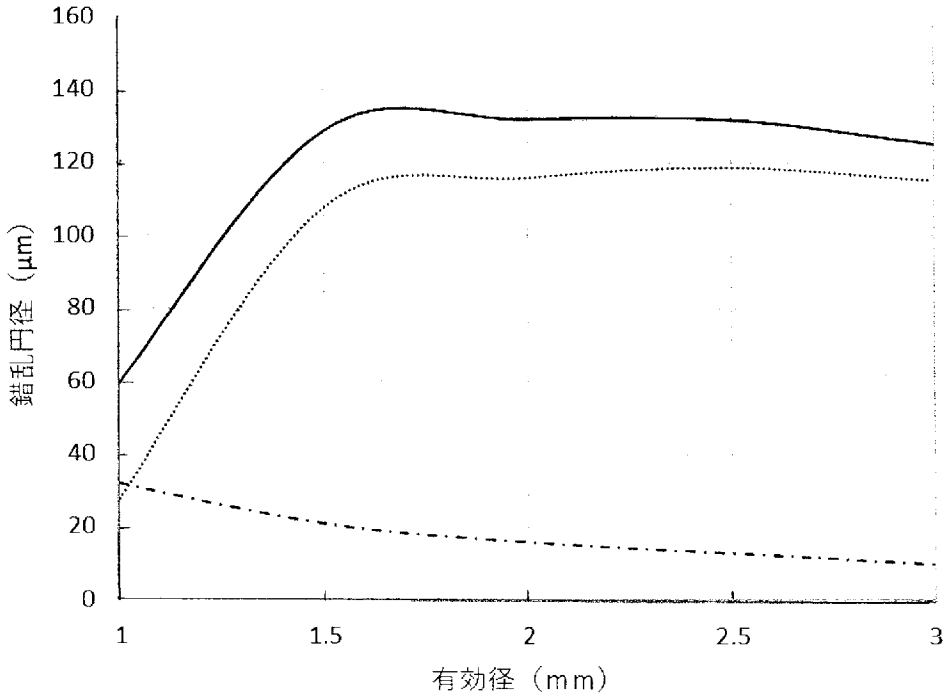
[図6]


1000
100
10
1
回折限界（μm）
0
0.01
0.02
0.03
0.04
0.05
N. A.
λ=0.45um
λ=0.55um
λ=0.65um
λ=0.75um
λ=0.85um
λ=0.95um

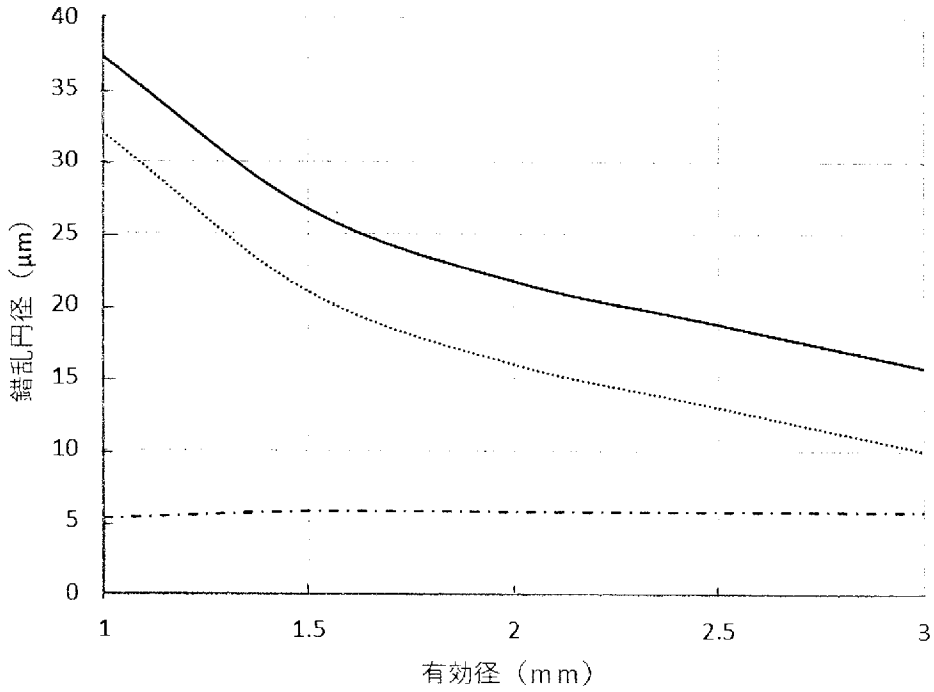
[図7A]



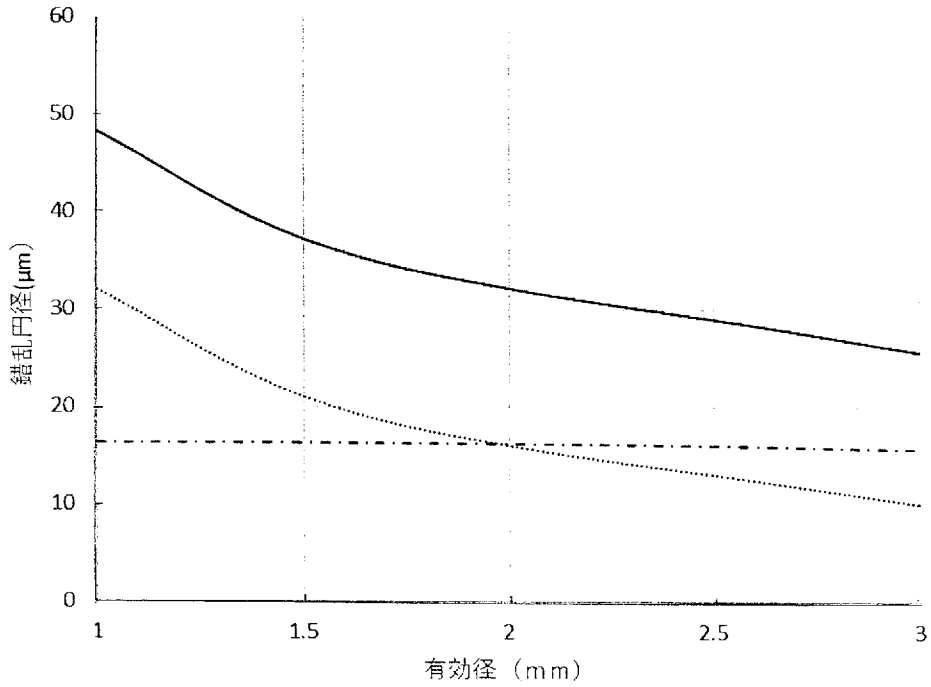
[図7B]



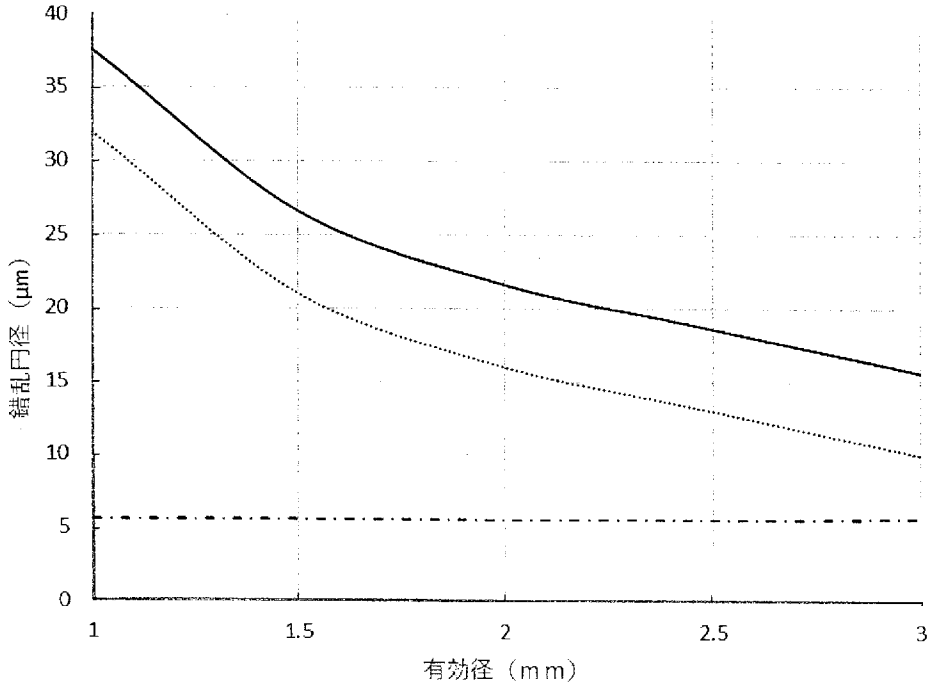
[図7C]



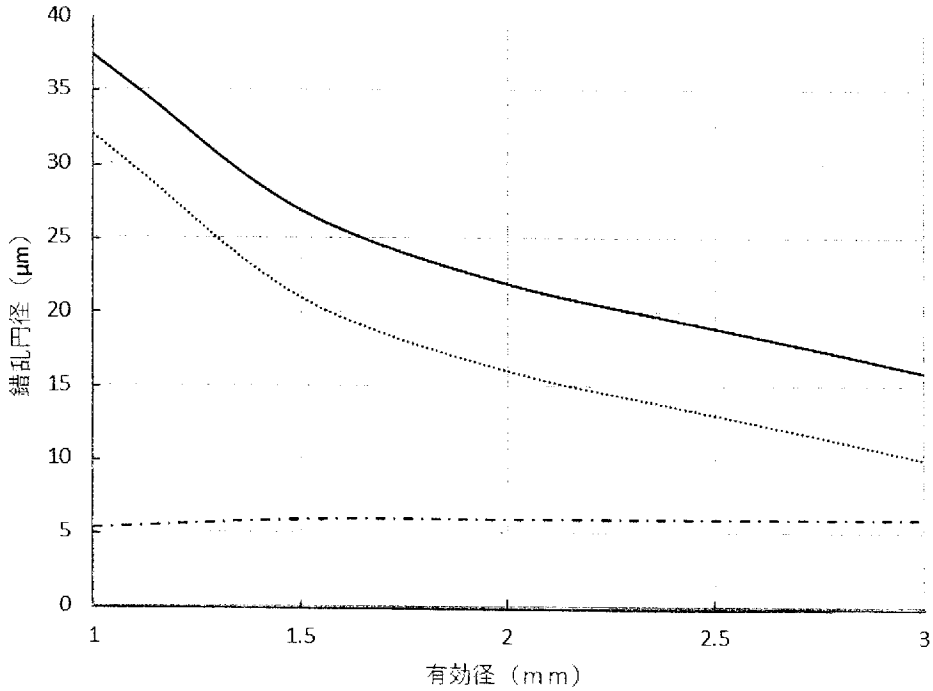
[図8A]



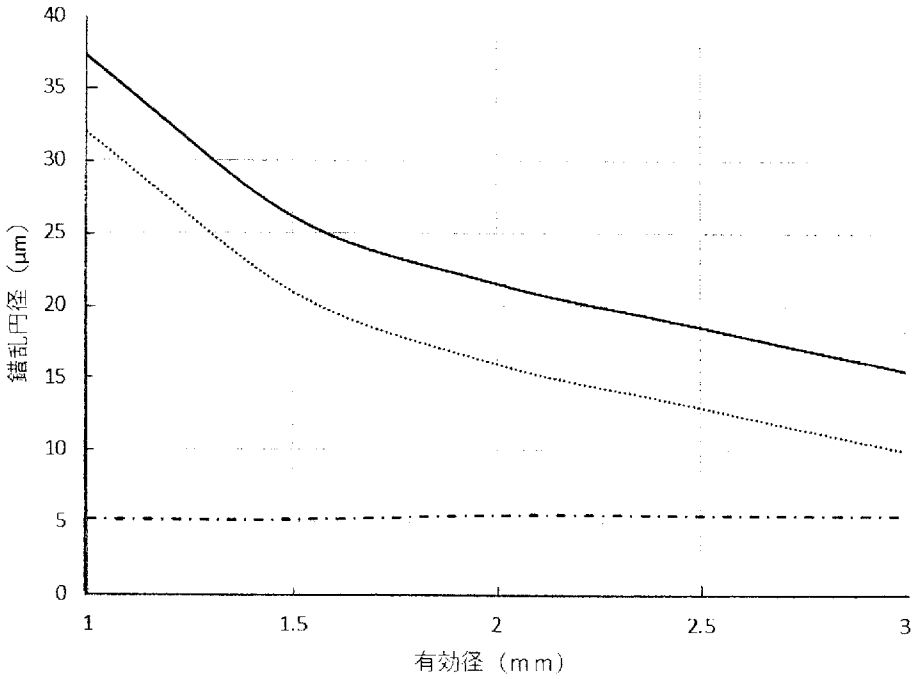
[図8B]



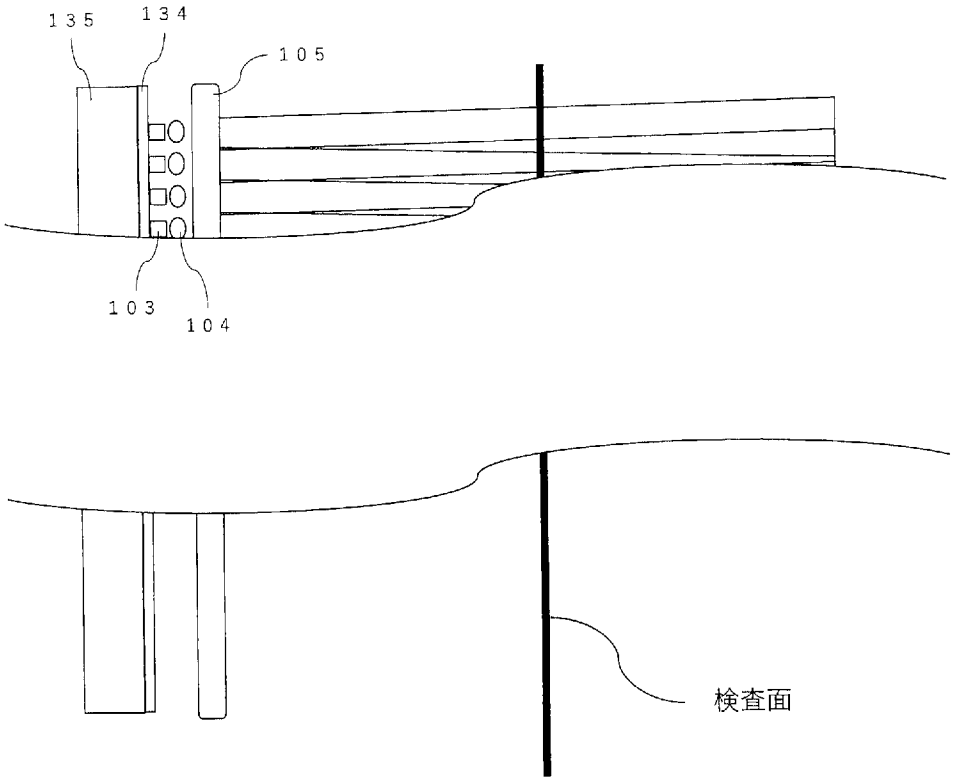
[図8C]



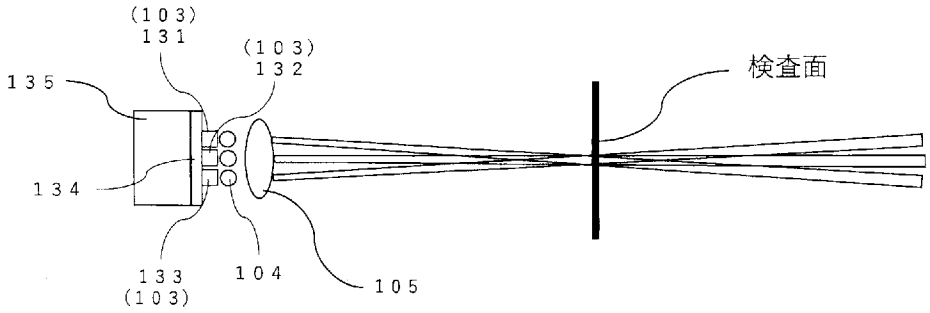
[図8D]



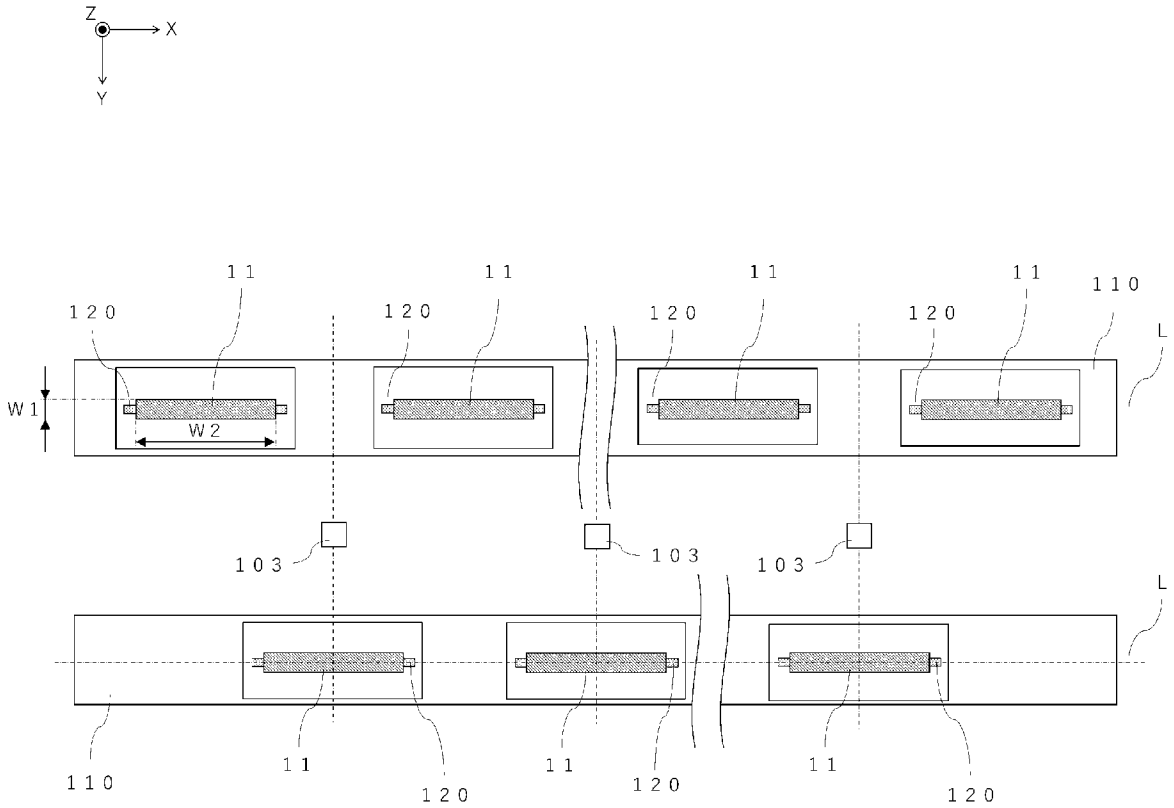
[図9A]



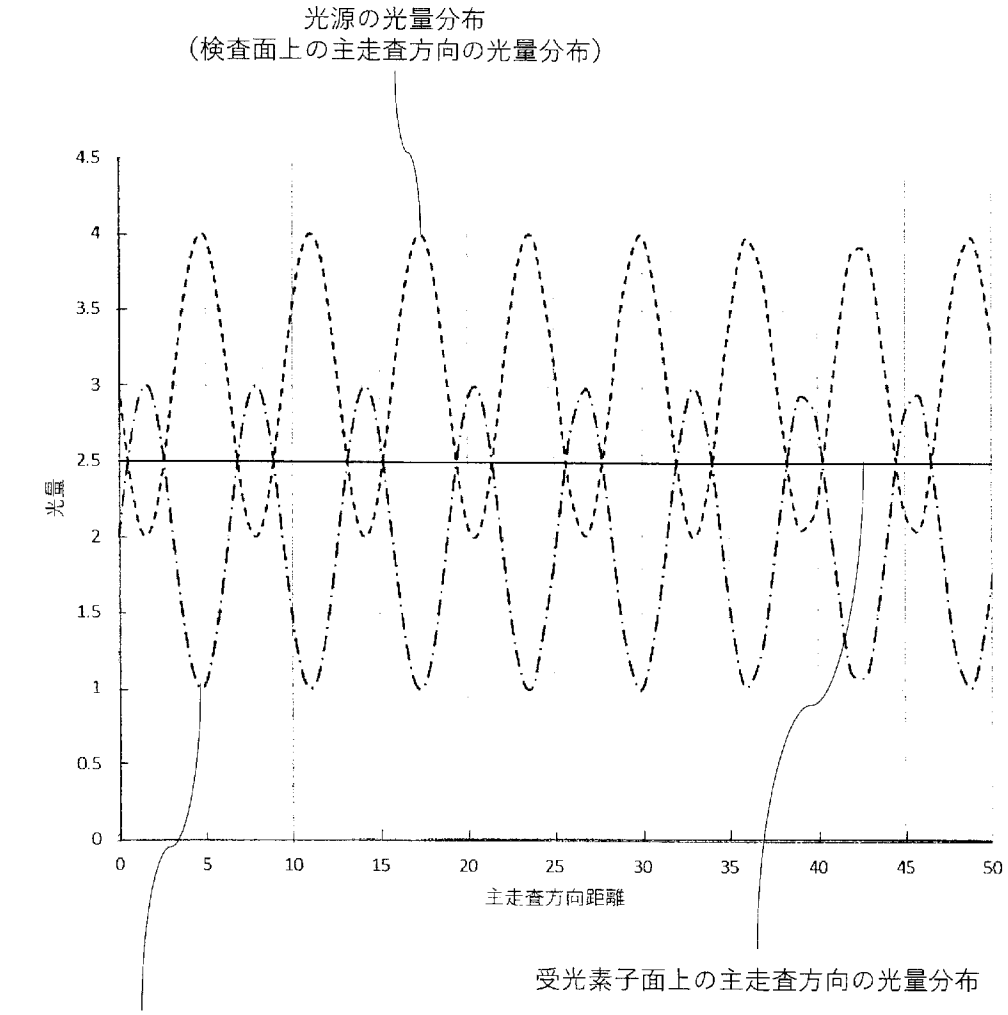
[図9B]



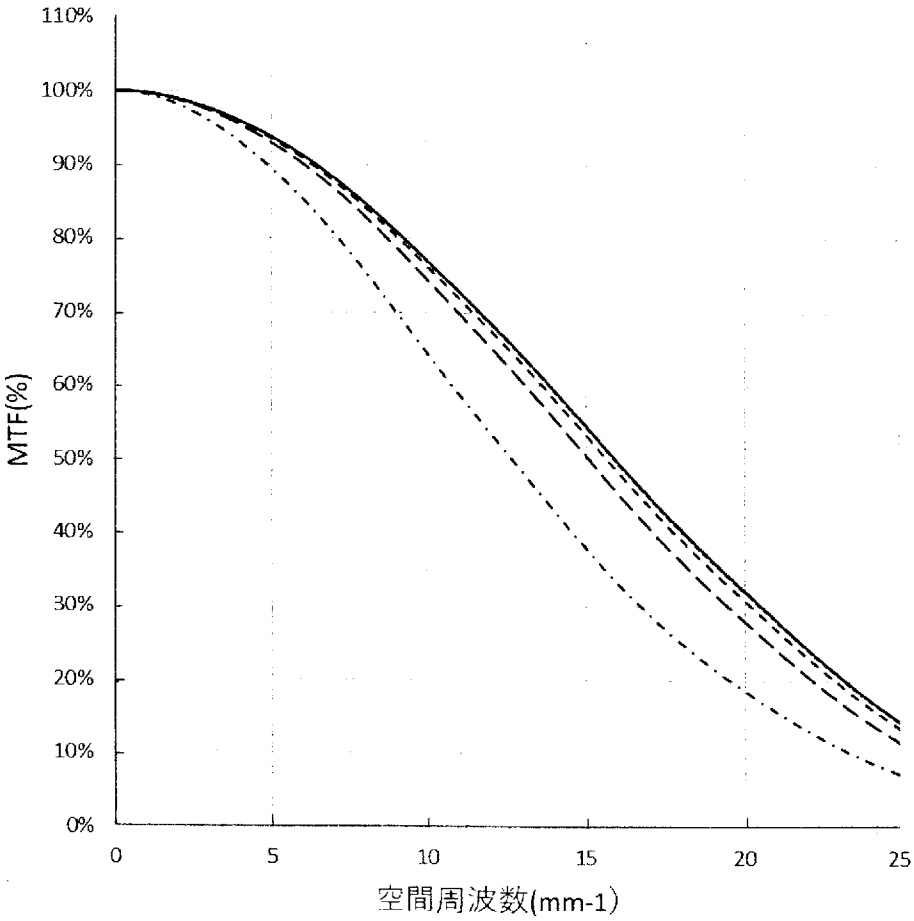
[図10A]



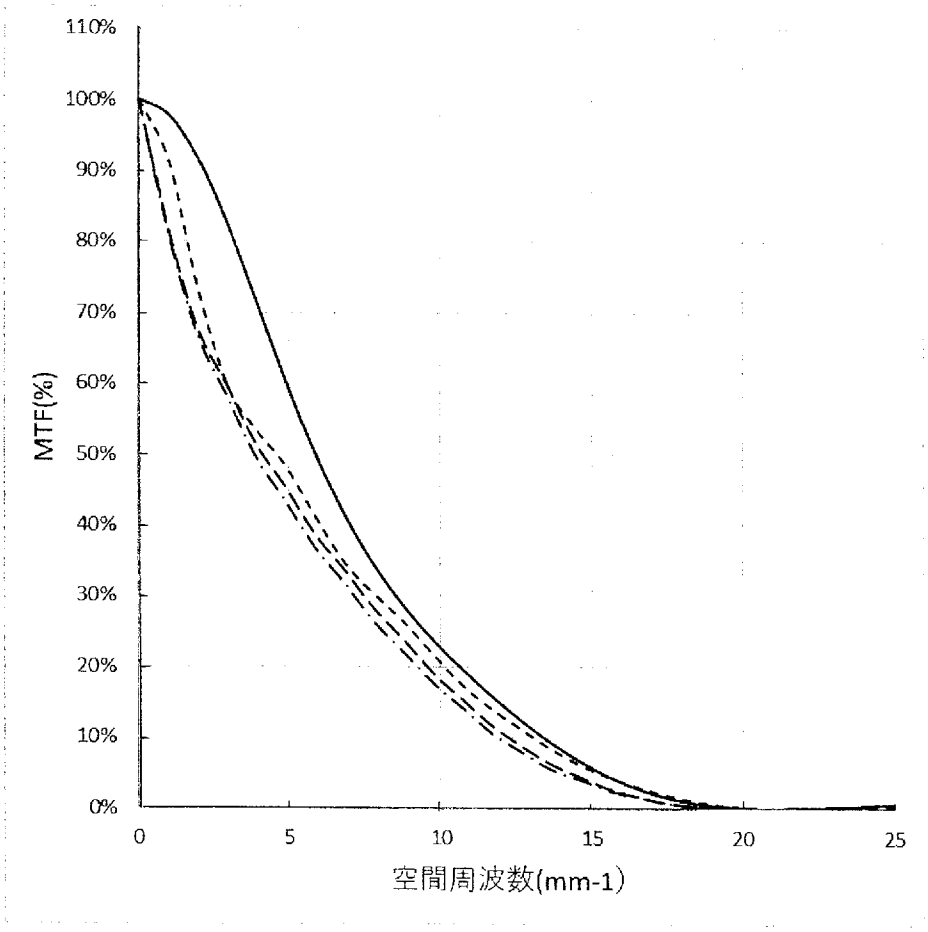
[図10B]


光源の光量分布
(検査面上の主走査方向の光量分布)
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
光量
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
主走査方向距離
受光素子面上の主走査方向の光量分布
受光レンズのシェーディング

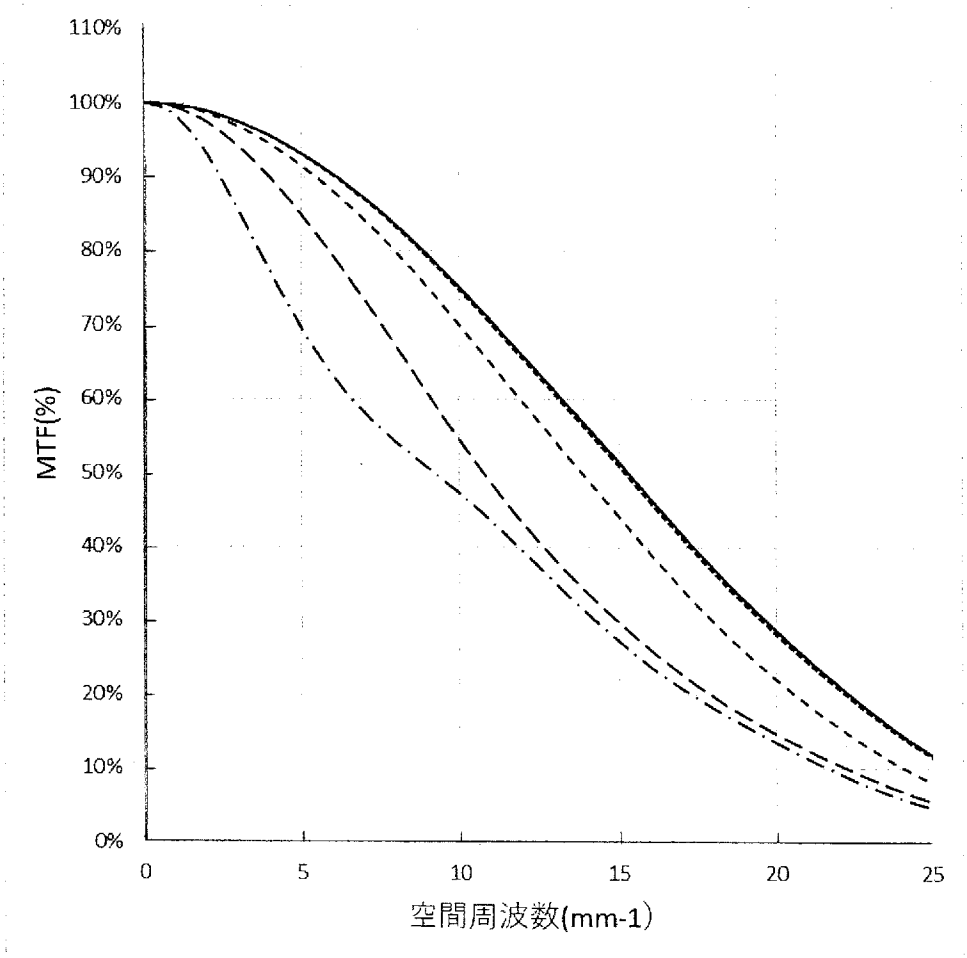
[図10C]



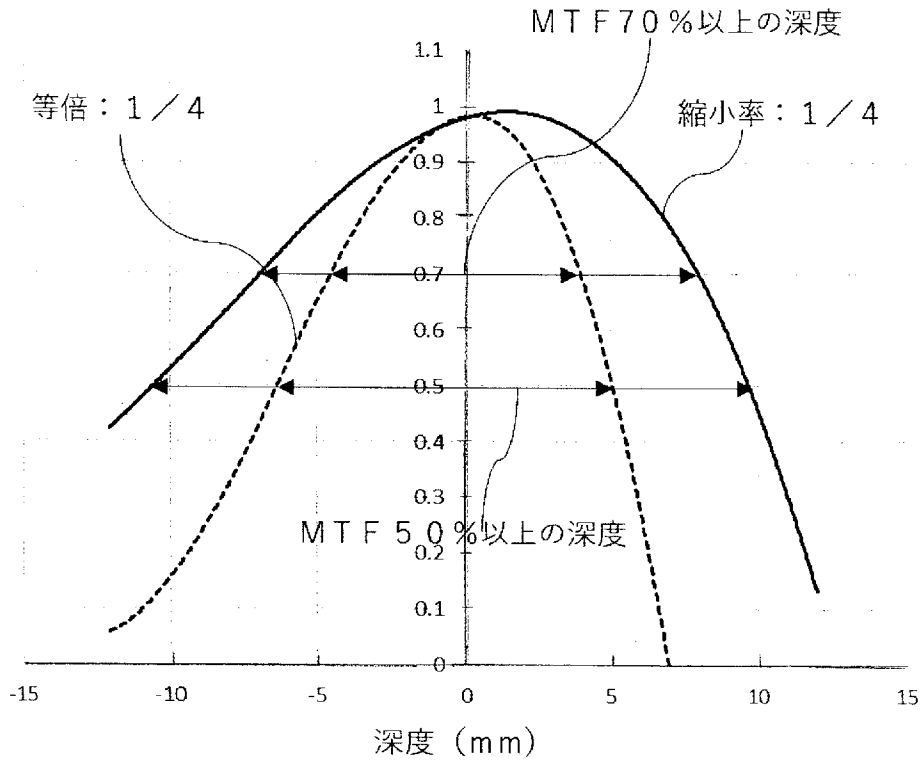
[図10D]



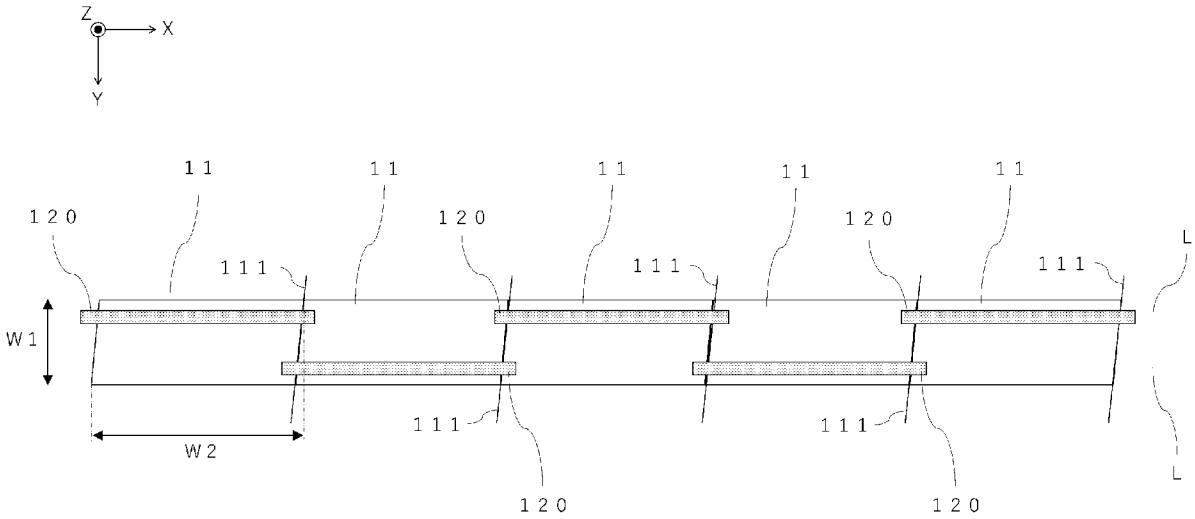
[図10E]



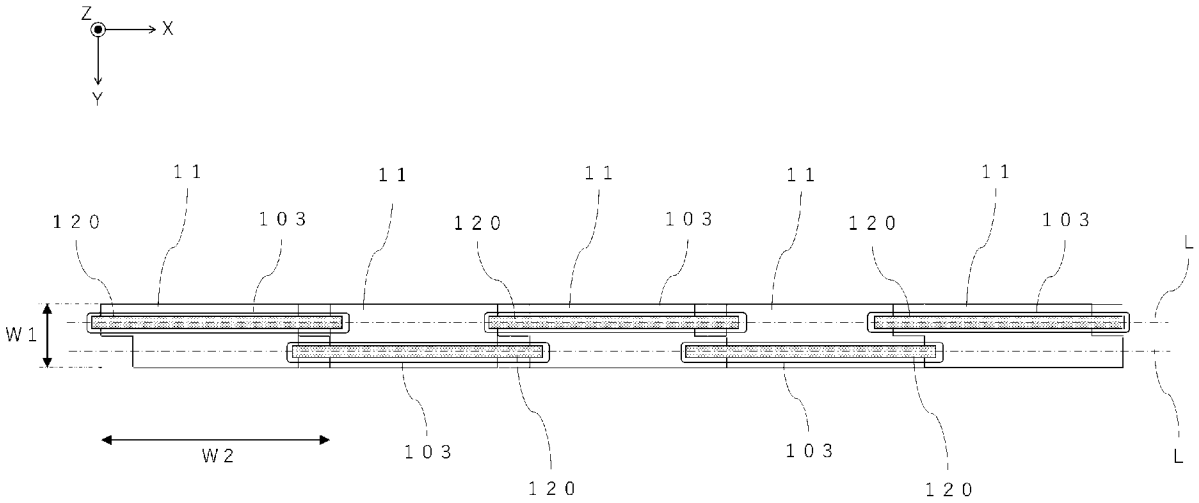
[図11]


ＭＴＦ７０％以上の深度
等倍：１／４
縮小率：１／４
ＭＴＦ５０％以上の深度
1.1
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-15
-10
-5
0
5
10
15
深度（ｍｍ）

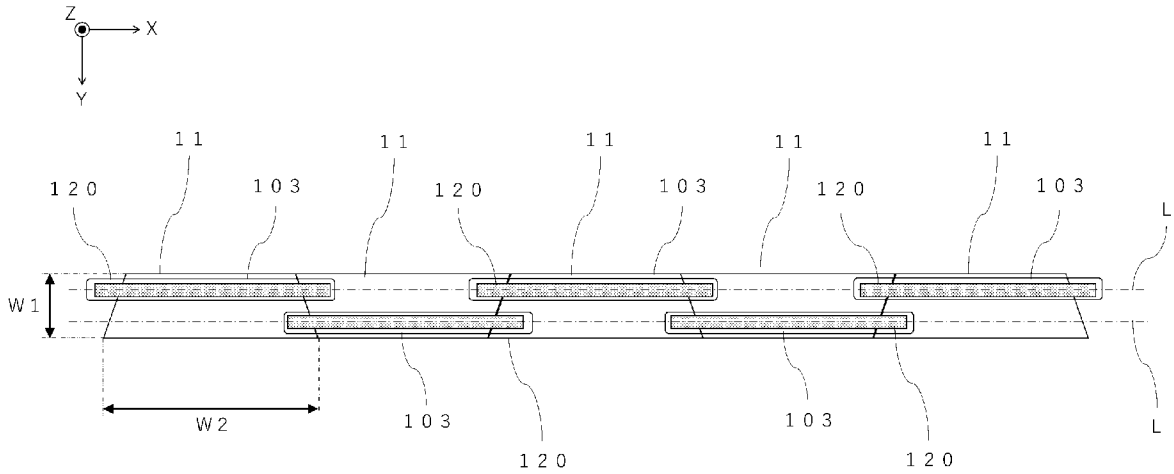
[図12A]



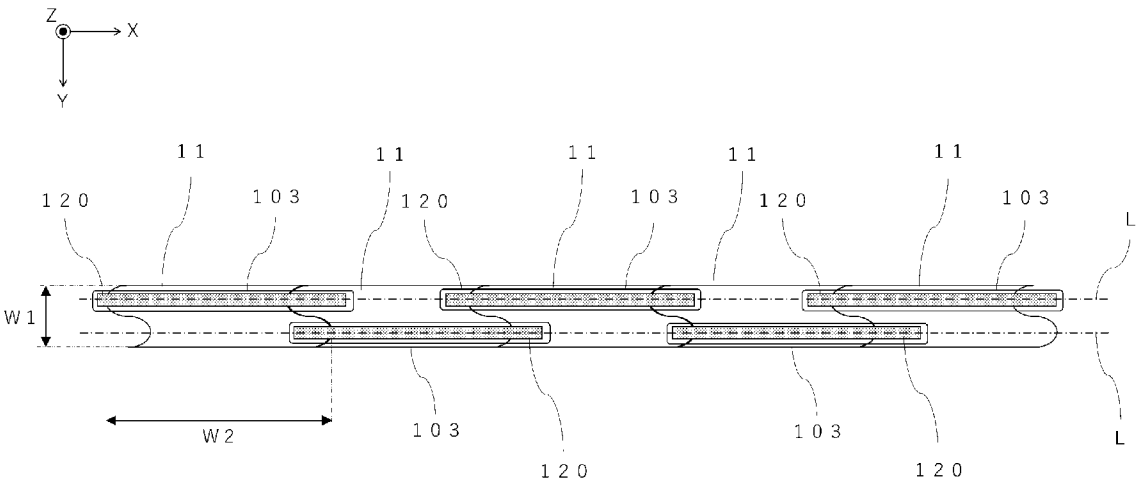
[図12B]



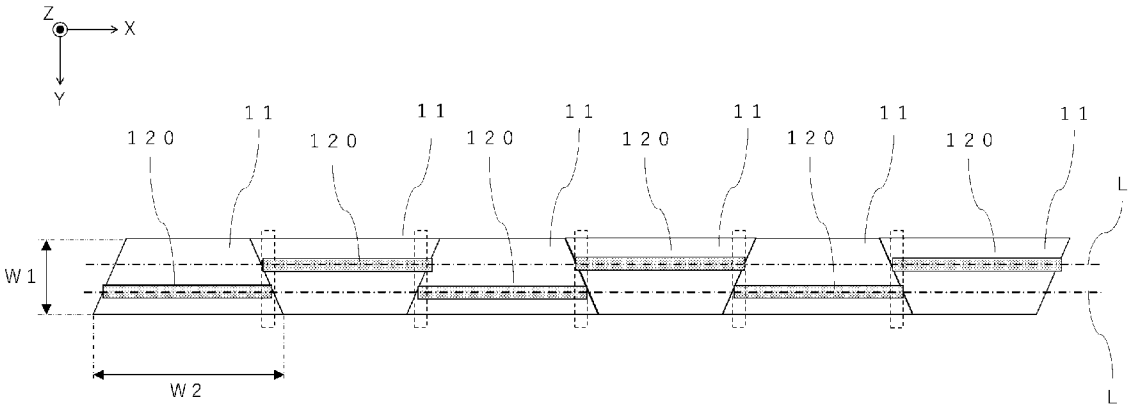
[図12C]



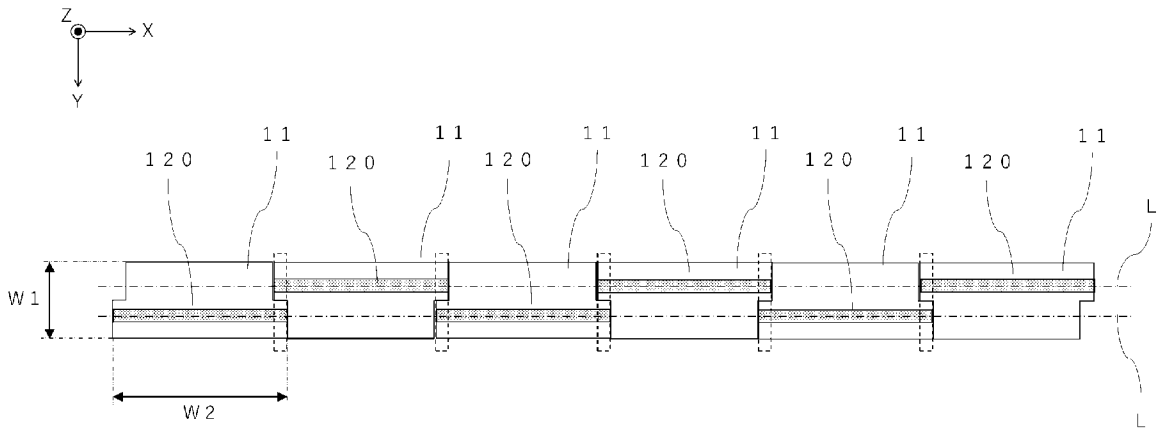
[図12D]



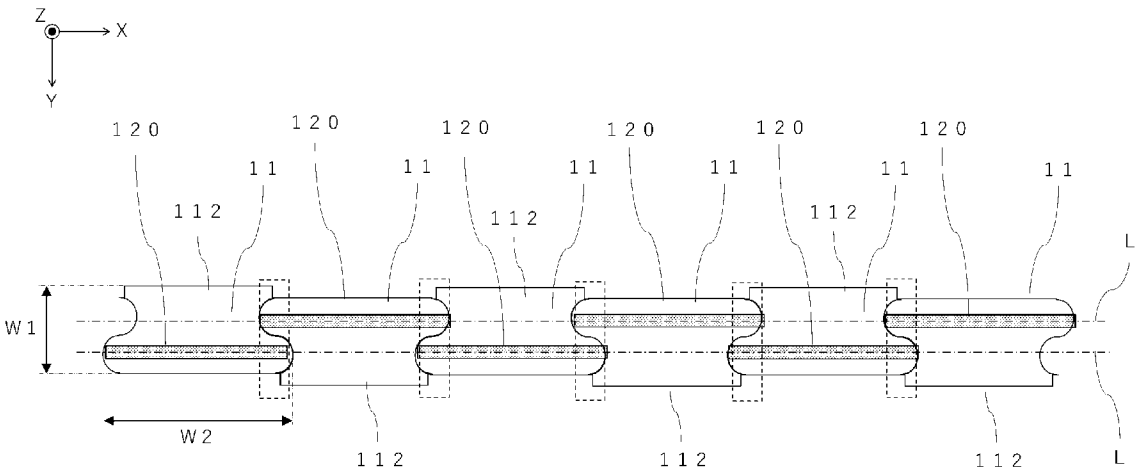
[図12E]



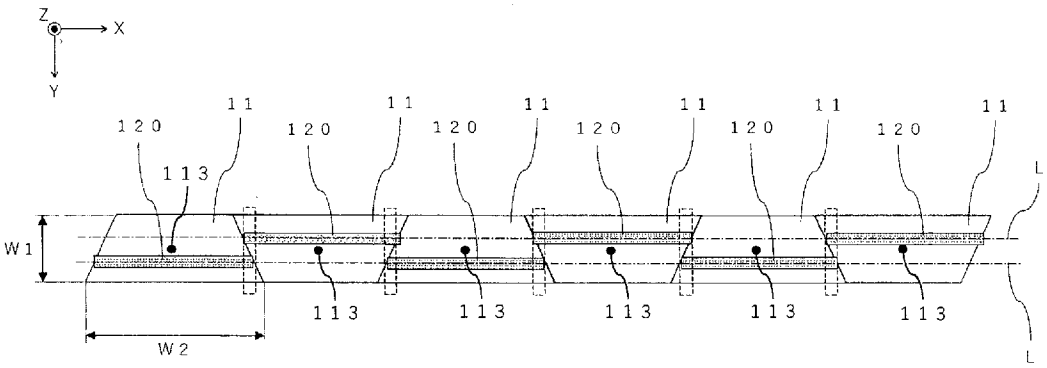
[図12F]



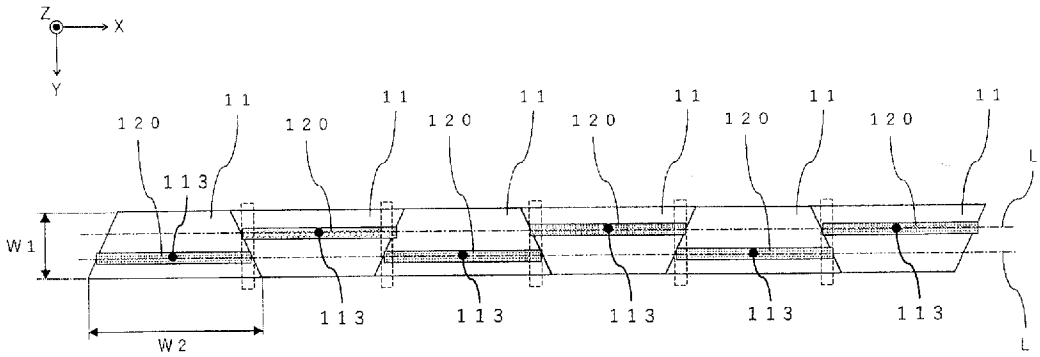
[図12G]


Z
X
Y
120
120
120
120
120
120
11
11
11
11
11
11
112
112
112
L
W1
W2
112
112
112
L

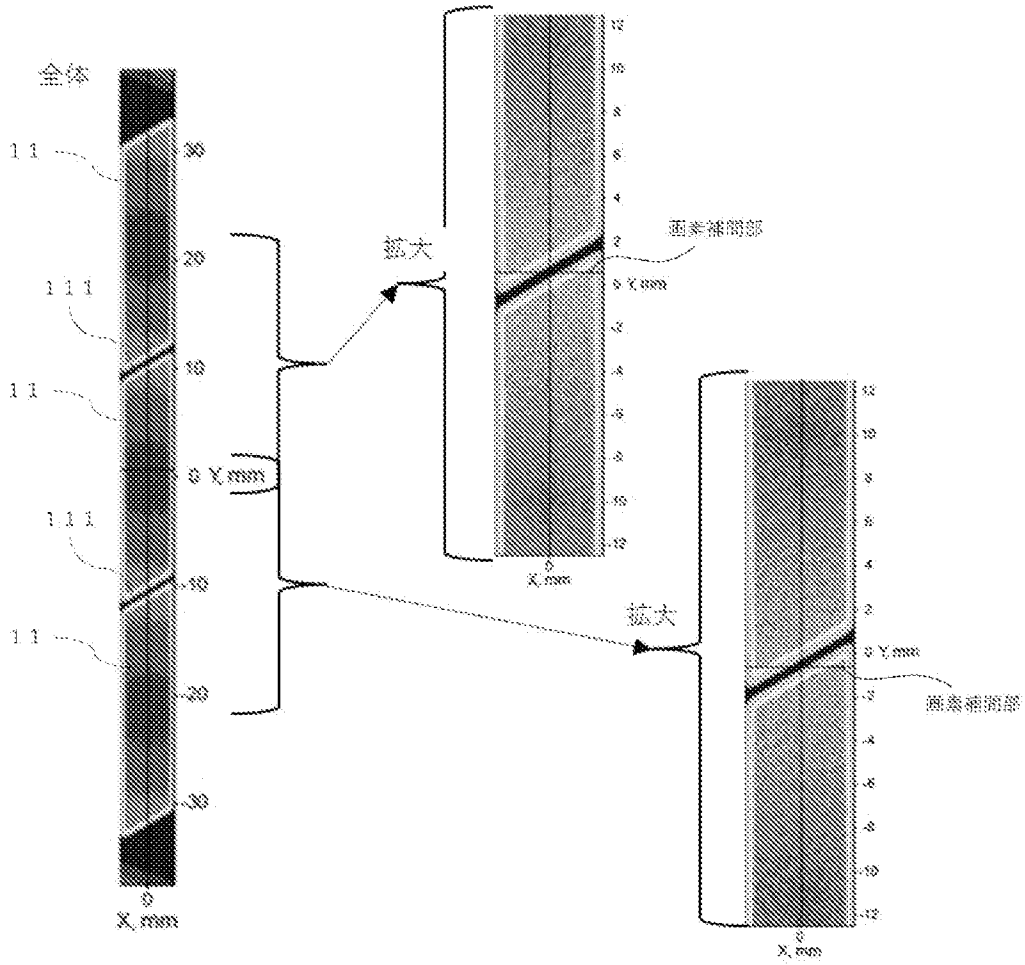
[図12H]



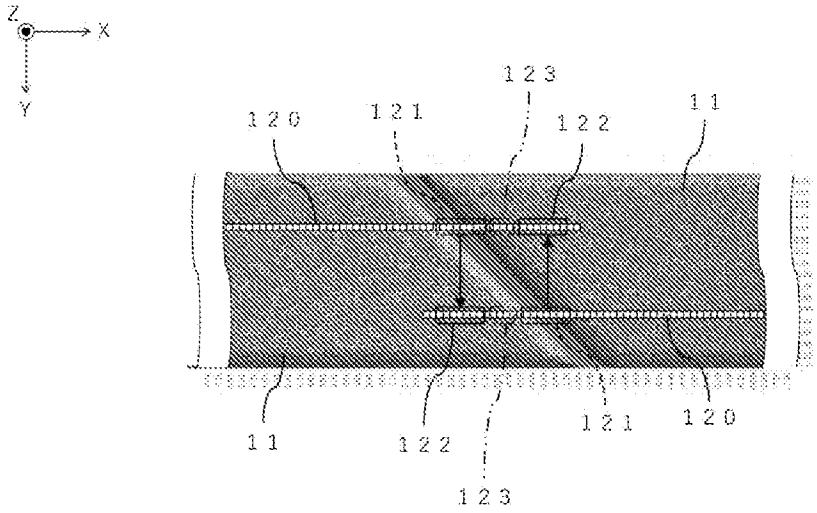
[図12I]



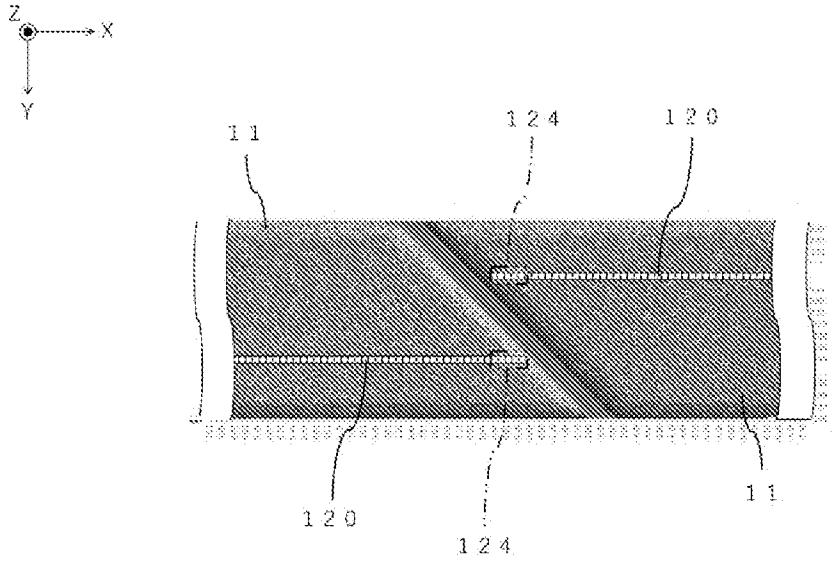
[図13]


全体
11
111
11
111
11
30
20
10
0 X mm
-10
-20
-30
0
X mm
拡大
画素補間部
0 X mm
0
X mm
拡大
0 Y mm
画素補間部
0
X mm

[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/012244

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/892(2006.01)i; ***H04N 1/028***(2006.01)i; ***H04N 1/053***(2006.01)i; ***H04N 1/19***(2006.01)i
FI: G01N21/892 A; H04N1/053; H04N1/19; H04N1/028

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)

G01N21/84-G01N21/958; H04N1/024-H04N1/207

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	WO 2022/004232 A1 (VIENEX CORP.) 06 January 2022 (2022-01-06)	1-36
A	WO 2022/034736 A1 (VIENEX CORP.) 17 February 2022 (2022-02-17)	1-36
A	JP 2001-242090 A (NKK CORP.) 07 September 2001 (2001-09-07)	1-36
A	JP 2010-107249 A (SAKI CORP.) 13 May 2010 (2010-05-13)	1-36
A	WO 2020/059426 A1 (TORAY INDUSTRIES, INC.) 26 March 2020 (2020-03-26)	1-36
A	JP 2010-164717 A (OKI DATA KK) 29 July 2010 (2010-07-29)	1-36
A	JP 2019-120540 A (TAKANO CO., LTD.) 22 July 2019 (2019-07-22)	1-36
A	JP 2003-106936 A (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CORP.) 09 April 2003 (2003-04-09)	1-36
A	US 2011/0038038 A1 (SONY CORP.) 17 February 2011 (2011-02-17)	1-36
P, A	WO 2022/130736 A1 (VIENEX CORP.) 23 June 2022 (2022-06-23)	1-36

☐ 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	Date of mailing of the international search report
11 April 2023	**25 April 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/012244

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2022/004232 A1	06 January 2022	(Family: none)	
WO 2022/034736 A1	17 February 2022	(Family: none)	
JP 2001-242090 A	07 September 2001	(Family: none)	
JP 2010-107249 A	13 May 2010	(Family: none)	
WO 2020/059426 A1	26 March 2020	US 2021/0358109 A1 EP 3855172 A1 CN 112703393 A KR 10-2021-0060466 A	
JP 2010-164717 A	29 July 2010	(Family: none)	
JP 2019-120540 A	22 July 2019	(Family: none)	
JP 2003-106936 A	09 April 2003	(Family: none)	
US 2011/0038038 A1	17 February 2011	EP 2287639 A2 CN 101995659 A	
WO 2022/130736 A1	23 June 2022	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/012244

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N 21/892(2006.01)i; H04N 1/028(2006.01)i; H04N 1/053(2006.01)i; H04N 1/19(2006.01)i
FI: G01N21/892 A; H04N1/053; H04N1/19; H04N1/028

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））

G01N21/84-G01N21/958; H04N1/024-H04N1/207

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
A	WO 2022/004232 A1 (株式会社ヴィーネックス) 06.01.2022 (2022-01-06)	1-36
A	WO 2022/034736 A1 (株式会社ヴィーネックス) 17.02.2022 (2022-02-17)	1-36
A	JP 2001-242090 A (日本鋼管株式会社) 07.09.2001 (2001-09-07)	1-36
A	JP 2010-107249 A (株式会社サキコーポレーション) 13.05.2010 (2010-05-13)	1-36
A	WO 2020/059426 A1 (東レ株式会社) 26.03.2020 (2020-03-26)	1-36
A	JP 2010-164717 A (株式会社沖データ) 29.07.2010 (2010-07-29)	1-36
A	JP 2019-120540 A (タカノ株式会社) 22.07.2019 (2019-07-22)	1-36
A	JP 2003-106936 A (科学技術振興事業団) 09.04.2003 (2003-04-09)	1-36
A	US 2011/0038038 A1 (SONY CORPORATION) 17.02.2011 (2011-02-17)	1-36
P, A	WO 2022/130736 A1 (株式会社ヴィーネックス) 23.06.2022 (2022-06-23)	1-36

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
11.04.2023	25.04.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
小澤　瞬 2W 6003

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/012244

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2022/004232 A1	06.01.2022	（ファミリーなし）	
WO 2022/034736 A1	17.02.2022	（ファミリーなし）	
JP 2001-242090 A	07.09.2001	（ファミリーなし）	
JP 2010-107249 A	13.05.2010	（ファミリーなし）	
WO 2020/059426 A1	26.03.2020	US 2021/0358109 A1 EP 3855172 A1 CN 112703393 A KR 10-2021-0060466 A	
JP 2010-164717 A	29.07.2010	（ファミリーなし）	
JP 2019-120540 A	22.07.2019	（ファミリーなし）	
JP 2003-106936 A	09.04.2003	（ファミリーなし）	
US 2011/0038038 A1	17.02.2011	EP 2287639 A2 CN 101995659 A	
WO 2022/130736 A1	23.06.2022	（ファミリーなし）	