(19)日本国特許庁(JP)

# (12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7470028号
(P7470028)

(45)発行日　令和6年4月17日(2024.4.17)

(24)登録日　令和6年4月9日(2024.4.9)

| (51)国際特許分類 | | FI | | |
|---|---|---|---|---|
| *H04N* | *1/195(2006.01)* | H04N | 1/195 | |
| *H04N* | *1/028(2006.01)* | H04N | 1/028 | Z |
| *G02B* | *3/00 (2006.01)* | G02B | 3/00 | A |

請求項の数　38　（全29頁）

(21)出願番号　特願2020-207542(P2020-207542)
(22)出願日　令和2年12月15日(2020.12.15)
(65)公開番号　特開2022-94583(P2022-94583A)
(43)公開日　令和4年6月27日(2022.6.27)
審査請求日　令和5年2月16日(2023.2.16)

(73)特許権者　510192019
株式会社ヴィーネックス
香川県観音寺市吉岡町２６２番地
(74)代理人　100141852
弁理士　吉本 力
(72)発明者　渡邊 龍太
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
(72)発明者　岩崎 修
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
審査官　橋爪 正樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光学ラインセンサ

(57)【特許請求の範囲】

【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、

前記複数の受光レンズは、該受光レンズの直径以上に互いに離間して配置され、

前記複数の受光素子は、少なくとも１列以上の前記読取ラインを形成することを特徴とする光学ラインセンサ。

【請求項２】

前記複数の受光レンズは、正立像を形成す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、該受光レンズの視野寸法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２に記載の光学ラインセンサ。

【請求項４】

前記複数の受光レンズは、該受光レンズの視野寸法以上に互いに離間して配置され、

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ことを特徴とする請求項２に記載の光学ラインセンサ。

【請求項５】
前記複数の受光素子は、１列の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を構成し、
前記複数の受光レンズは、該受光レンズの直径以上に互いに離間し、かつ、該受光レンズの視野寸法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２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、該複数の受光素子アレイの各々は、前記読取ラインに直交する方向において前記受光レンズの直径以上に互いに離間し、かつ、該受光レンズの視野寸法以下に互いに離間して配置され、
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、各受光レンズの光軸は、各受光素子アレイの中央部を貫くことを特徴とする請求項２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、該複数の受光素子アレイの各々は、前記読取ラインに直交する方向において前記受光レンズの視野寸法以上に互いに離間して配置され、
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、各受光レンズの光軸は、各受光素子アレイの中央部を貫くことを特徴とする請求項２に記載の光学ラインセンサ。
【請求項８】
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６又は７に記載の光学ラインセンサ。
【請求項９】
前記複数の受光レンズは、前記２列の読取ラインの間に、前記複数の受光素子アレイに平行に１列で配置され、各受光レンズの光軸が、前記２列の読取ラインの間の副走査方向における中央部を貫く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は、倒立像を形成す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１１】
前記複数の受光レンズは、該受光レンズの視野寸法以上に互いに離間して配置され、
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ことを特徴とする請求項１０に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１２】
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、該複数の受光素子アレイの各々は、前記読取ラインに直交する方向において前記受光レンズの直径以上に互いに離間し、かつ、該受光レンズの視野寸法以下に互いに離間して配置され、
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、各受光レンズの光軸は、各受光素子アレイの中央部を貫くことを特徴とする請求項１０に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１３】
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、該複数の受光素子アレイの各々は、前記読取ラインに直交する方向において前記受光レンズの視野寸法以上に互いに離間して配置され、
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

光レンズの光軸は、各受光素子アレイの中央部を貫くことを特徴とする請求項１０に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１４】
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１２又は１３に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１５】
前記複数の受光レンズは、前記２列の読取ラインの間に、前記複数の受光素子アレイに平行に１列で配置され、各受光レンズの光軸が、前記２列の読取ラインの間の副走査方向における中央部を貫く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１６】
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、該複数の受光素子アレイの各々は、前記読取ラインに直交する方向において前記受光レンズの視野寸法以上に互いに離間して配置され、
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、各受光レンズの光軸は、各受光素子アレイの中央部を貫くことを特徴とする請求項１０に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１７】
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１６に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１８】
前記複数の受光レンズが、それぞれ正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２～９の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項１９】
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１０～１７の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２０】
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$N_0$が１．４５≦$N_0$≦１．６５であり、屈折率分布定数$\sqrt{A}$が０．０５≦$\sqrt{A}$≦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１８又は１９に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２１】
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５０ｍｍ≦ｆ≦２５０ｍｍであり、更に該複数枚のレンズの口径Φが２ｍｍ≦Φ≦１０ｍｍであることを特徴とする請求項１８又は１９に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２２】
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の光軸と交点を結び、かつ該複数の受光レンズ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中央部に光源が配置されたことを特徴とする請求項１～２１の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２３】

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２２に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２４】
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２２又は２３に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２５】
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２４に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２６】
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２４に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２７】
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２５に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２８】
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２４～２７の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項２９】
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２５又は２７に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３０】
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２２～２９の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３１】
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２２～２９の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３２】
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２２～２９の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３３】
前記複数の受光レンズを保持するレンズホルダーをさらに備え、
前記レンズホルダーの前記複数の受光素子側が筒状或いは平板状に延長されることにより、各受光レンズの視野が制限されていることを特徴とする請求項１～３２の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３４】
前記複数の受光レンズを保持するレンズホルダーをさらに備え、
前記複数の受光レンズの外径が、前記レンズホルダーの内径に対してすきまばめ寸法であり、前記複数の受光レンズが俵積み或いは１列に配置されていることを特徴とする請求項１～３２の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３５】
隣り合う前記受光レンズにおいて、前記レンズホルダーの前記複数の受光素子側の長さが異なることを特徴とする請求項３３に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３６】
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２２～３２の何れか１項に記載の光学ラインセンサ。
【請求項３７】

請求項２～９の何れか１項に記載の光学ラインセンサを用いた画像合成処理方法であって、
前記複数の受光レンズ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ることを特徴とする画像合成処理方法。
【請求項３８】
請求項１０～１７の何れか１項に記載の光ラインセンサを用いた画像合成処理方法であって、
前記複数の受光レンズ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ることを特徴とする画像合成処理方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、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】
【文献】特開２０１８－０１９３３４号公報
【文献】特開２０１８－１５２７１３号公報
【文献】特開２００９－２４４５００号公報
【文献】特開２０１８－０１９３３４号公報
【文献】特開２０１８－０２２９４８号公報
【文献】特開２００９－２４６６２３号公報
【文献】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】
特許文献１～５においては、ミラー方式の複雑なテレセントリック光学系を用いている。該光学系は複雑であるがゆえに製造安定性、コストアップ、周囲環境に対する光軸の狂い易さ、経時変化量の増大や耐久性などの諸問題が存在する。また、特許文献６及び７においては、屈折系の離間レンズアレイを用いているが、テレセントリック屈折光学系は大きく、コンパクト化が困難である。また、個々のレンズに起因するシェーディングを抑制し、読取ライン方向の光強度分布の強弱（リップル）の発生への抑制対策が不完全であり、ラインセンサのダイナミックレンジを確保するにあたって不満が残る。
【００１０】
そこで、本発明は、複雑な光学系を排し、簡素な光学系により作動距離（Ｗ．Ｄ．）が長くかつ解像度の高い性能を確保し、経時変化量が少なく耐久性のある光学ラインセンサを実現することを目的とする。また、屈折光学系を用いた際にもラインセンサのダイナミックレンジをより有効に確保できる照明光学系を実現することも本願発明の目的である。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
本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。前記複数の受光レンズは、該受光レンズの直径以上に互いに離間して配置されている。また、前記複数の受光素子は、少なくとも１列以上の前記読取ラインを形成する。
【発明の効果】
【００１２】
本発明によれば、従来の多眼レンズの俵積み方式に比べ、任意の受光レンズに着目した場合に、該受光レンズの光軸に他の受光レンズの光軸が交差しない。また、視野が重ならないように受光レンズの配列方向に視野寸法程度離間して配置するか、或いは、画像合成において重畳した個所の出力を補正すれば、一個の受光レンズ固有の被写界深度が確保で

きる。故に、被写界深度が深い光学ラインセンサを実現出来る。また、複数列の受光素子アレイを、主走査方向に平行に、かつ副走査方向に各受光レンズの視野以上に離間して配置すれば、受光レンズの有効径を適宜大きくして配置出来るため、受光光量を確保でき、従来では実現出来なかった被写界深度を確保することが可能になる。しかも、受光レンズ系を縮小光学系とした場合、該縮小光学系を同様に受光レンズの視野寸法程度に離間して、受光素子の画素寸法を倍率に応じてサイズダウンすれば、被写界深度を増大させると同時に、解像度を等倍光学系よりも向上させることが可能になる。即ち、検査対象物の検出分解能が従来技術よりも一層向上する。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【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ほぼ重ならないようにした受光系の模式図である。

【図４】図３の受光系の一部を示した側面図である。

【図５】複数の受光素子アレイが配置された受光系の一例を示した模式図である。

【図６Ａ】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６Ｂ】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６Ｃ】１列の受光レンズが、千鳥配置された２列の受光素子アレイの間に配置された場合の受光系の模式図である。

【図７】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８Ａ】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８Ｂ】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８Ｃ】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９Ａ】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９Ｂ】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９Ｃ】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９Ｄ】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１０】受光レンズを当該受光レンズの視野寸法以上離間させ、かつ、読取ラインに直交する方向に各受光素子アレイを該受光レンズの視野寸法以上離間させて配置した場合の模式図である。

【図１１】縮小レンズの有効径と錯乱円形の関係をそれぞれ示したグラフである。

【図１２Ａ】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１２Ｂ】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１３Ａ】光源と受光系の位置関係の一例を示す側面図である。

【図１３Ｂ】光源と受光系の位置関係の他の例を示す側面図である。

【図１４Ａ】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１列の場合である。

【図１４Ｂ】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１４Ｃ】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１４Ｄ】レンズ径別の受光系ＭＴＦのグラフ（√Ａ＝０．０７７）である。

【図１４Ｅ】レンズ径別の受光系ＭＴＦのグラフ（√Ａ＝０．１５４）である。

【図１４Ｆ】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１５】デフォーカス時のＭＴＦ特性を示すグラフである。

【図１６Ａ】図１４Ａの１列離間レンズアレイ方式におけるクロストーク防止方法につい

て説明するためのレンズホルダーを示した図であり、筒状アパチャーにより視野を制限した場合の模式図を示している。
【図１６Ｂ】図１６Ａで示した筒状視野制限アパチャーの詳細図である。
【図１７Ａ】焦点距離ｆをｆ＝１００ｍｍとした場合の有効径と錯乱円径の関係を示したグラフ（√Ａ＝０．１５４）である。
【図１７Ｂ】焦点距離ｆをｆ＝１００ｍｍとした場合の有効径と錯乱円径の関係を示したグラフ（√Ａ＝０．１０２７）である。
【図１７Ｃ】焦点距離ｆをｆ＝１００ｍｍとした場合の有効径と錯乱円径の関係を示したグラフ（√Ａ＝０．０７７）である。
【発明を実施するための形態】
【００１４】
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。
【００１５】
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に結像する光学素子である。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。
【００１６】
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。
【００１７】
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。
【００１８】
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。

【００１９】

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。

【００２０】

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。

【００２１】

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１１１がほぼ重ならないようにした受光系の模式図である。すなわち、図３では、各受光レンズ１１の視野１１１がほぼ重ならないように、各受光レンズ１１を主走査方向（Ｘ方向）に離間して配置している。

【００２２】

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、その直径以上に互いに離間して配置されている。これを図４に示す。図４では、図３の受光系の一部が側面図で示されているが、視覚的に分かりやすくするために、該受光系の一部の平面図も示されている。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。複数の受光レンズ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、１列の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。これにより、複数の受光素子は、１列の読取ラインＬを形成している。各受光素子は、各受光レンズ１１を透過した光を受光する。

【００２３】

複数の受光レンズ１１は、該受光レンズ１１の視野寸法以下（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。この例では、複数の受光レンズ１１が、それぞれの視野寸法と略同寸法で互いに離間して配置されているが、各受光レンズ１１の視野半径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１１１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。

【００２４】

また、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。複数の受光素子アレイ１２０を用いる場合は、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。この場合、複数の受光素子が、複数列（例えば２列）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が構成され、複数列の読取ラインＬを形成する。該複数の受光素子アレイ１２０は、複数ライン方式でもよいし、短い受光素子列を千鳥配置した方式でもよい。

【００２５】

図５は、複数の受光素子アレイ１２０が配置された受光系の一例を示した模式図である。図５の例では、主走査方向（Ｘ方向）において、複数の受光レンズ１１の少なくとも一部が、該受光レンズ１１の視野寸法以上に互いに離間して配置されており、複数ライン方式により少なくとも２列（この例では２列）の読取ラインＬが形成されている。副走査方向（Ｙ方向）における受光素子アレイ１２０の離間距離は、図５に示す如く受光レンズ１１の視野寸法よりも大きくすることが好ましい。但し、複数の受光レンズ１１が正立像を形成する正立レンズ系の場合は、視野１１１が重ってもよい。この場合は、視野１１１が重なり合った位置に、受光素子からの画素出力を補正するための補正チャートなどで予め補正しておけばよい。こうすることにより、視野１１１が重畳してもよくなり、光学ラインセンサのコンパクト化が実現可能になる。

【００２６】

図６Ａ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６Ａでは、副走査方向（Ｙ方向）に受光レンズ１１の視野１１１以上離間させて、短尺センサからなる各受光素子アレイ１２０が千鳥状に配置されている。この図６Ａ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。

【００２７】

図６Ｂ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６Ｂでは、副走査方向（Ｙ方向）に受光レンズ１１の視野１１１以上離間させて、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が同じ長さのラインセンサとして配置している。この図６Ｂ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。

【００２８】

図６Ａ及び図６Ｂのいずれにおいても、複数の受光素子アレイ１２０の各々は、読取ラインＬに直交する副走査方向（Ｙ方向）において受光レンズ１１の視野寸法以上に互いに離間して配置されている。ただし、このような構成に限らず、複数の受光素子アレイ１２０の各々が、読取ラインＬに直交する副走査方向（Ｙ方向）において受光レンズ１１の直径以上に互いに離間し、かつ、該受光レンズ１１の視野寸法以下に互いに離間して配置されていてもよい。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６Ａ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６Ｂ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。

【００２９】

更に、１列の受光レンズ１１が、千鳥配置された２列の受光素子アレイ１２０の副走査

方向（Ｙ方向）の略中央部に、受光素子アレイ１２０に平行に配置された場合を図６Ｃに示す。図６Ｃでは、千鳥配置の受光素子アレイ１２０において、副走査方向（Ｙ方向）に共通の受光レンズ１１が配置されている。図６Ｃにおいて、２列の読取ラインＬにそれぞれ複数配置された受光素子アレイ１２０は、各読取ラインＬよりも短く、主走査方向（Ｘ方向）に互いに離間している。また、一方の読取ラインＬに配置された受光素子アレイ１２０と他方の読取ラインＬに配置された受光素子アレイ１２０とが、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。２列の読取ラインＬの間には、複数の受光素子アレイ１２０に平行に複数の受光レンズ１１が１列で配置され、各受光レンズ１１の光軸が、２列の読取ラインＬの副走査方向（Ｙ方向）における略中央部を貫いている。この場合、受光レンズ１１が１列でも、各受光レンズ１１を透過した光を２列の受光素子アレイ１２０で受光することができる。

【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＝λ／Ｎ．Ａ．　（式１）

図７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８Ａ～図８Ｃ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８ＡはＳＥＬＦＯＣレンズＡの有効径と錯乱円径の関係、図８ＢはＳＥＬＦＯＣレンズＢの有効径と錯乱円径の関係、図８Ｃ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８Ａ～図８Ｃ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７と図８Ａ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８Ａ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７と図８Ｂ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８Ａに示した受光レンズ１１の倍近くの錯乱円径となる。図８Ａに示した受光レンズ１１は、図８Ｂ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８Ａ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８Ａの受光レンズ１１は、図８Ｂ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８Ａ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８Ａの受光レンズ１１が図８Ｂ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８Ｃ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８Ａ～図８Ｃ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９Ａはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係、図９Ｂはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係、図９Ｃはロッドレンズの有効径と錯乱円径の関係、図９Ｄ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９Ａ～図９Ｄ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９Ａ～図９Ｄ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
次に、更に被写界深度を増大させる方法を記す。図１０は、受光レンズ１１を正立等倍多眼レンズに代えて正立縮小多眼レンズとした場合の模式図である。図１０では、受光レンズ１１を該受光レンズ１１の視野寸法以上離間させ、かつ、読取ラインＬに直交する方向に各受光素子アレイ１２０を該受光レンズ１１の視野寸法以上離間させて配置した場合の模式図を示している。図１０では、受光系の一部が平面図で示されているが、視覚的に分かりやすくするために、該受光系の一部の側面図も示されている。
【００４１】
この場合、前記の正立等倍レンズと比べ、各段に被写界深度を深くできる。例えば、横倍率を４倍とすると、被写界深度は２倍に増大する。横倍率が９倍の場合は、被写界深度は３倍になる。この場合、受光素子の画素寸法も縮小倍率に応じて、また、所望の解像度に応じて等倍系における画素寸法よりも小さくする。但し、解像度によっては、等倍系と同じ画素寸法を用いてもよい。
【００４２】
図１１に縮小レンズの有効径と錯乱円径の関係を示す。縮小レンズの縮小倍率は１：４である。また波長はλ＝６３０ｎｍである。図８Ａと図１１を比較すれば、縮小レンズの錯乱円が等倍系よりも小さく、レンズ径Φ=２ｍｍからφ＝２．５ｍｍの間で、等倍系の錯乱円が約４０μｍであるのに対し、縮小系は、半分以下の１４μｍから１８μｍとなっている。故に被写界深度並びに解像度を向上させることが出来ることが分かる。
【００４３】
更に、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。
【００４４】

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１１１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。

【００４５】

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。

【００４６】

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６Ａ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。

【００４７】

この場合、図６Ａ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の視野寸法以上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の光軸は、各受光素子アレイ１２０の略中央部を貫く。

【００４８】

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。

【００４９】

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１２Ａ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１２Ａ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。

【００５０】

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１２Ｂ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。

【００５１】

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。

【００５２】

本実施形態において、受光レンズ系は、視野寸法程度離間して配置されている。そのため、レンズのビグネッティングに起因する光量ムラが発生し易い。そのため、光源配置に工夫が必要となる。図１３Ａ及び図１３Ｂに光源１０３と受光系の位置関係を示す。図１３Ａは、光源１０３と受光系の位置関係の一例を示す模式図であり、受光レンズ１１の視野１１１よりも大きく離間させて、２列の受光素子アレイ１２０を短尺センサでは千鳥状に、或いは、長尺センサ（主走査方向全長に対応した長さ）では同じ長さのラインセンサとして配置した場合を表している。また、図１３Ｂは、光源１０３と受光系の位置関係の他の例を示す模式図であり、受光レンズ１１の視野１１１がほぼ重ならないように受光レンズ１１を主走査方向に配置していることを表している。

【００５３】

図１４Ａ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１列の場合である。図１４Ａの実施例においては、光源１０３の照明光の検査面上のムラの最小値が受光素子アレイ１２０の略中央部に位置するように光源１０３の位置を決定している。概ね光源１０３は、主走査方向（Ｘ方向）において、互いに隣接する受光レンズ１１の間の略中央部を含む主走査方向と直角をなす仮想平面の何れかの位置に、検査面における絶対的な放射照度を考慮して決定される。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の光軸と交点を結び、かつ各受光レンズ１１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。図１４Ａでは、互いに隣接する受光レンズ１１の間の略中央部に光源１０３が配置されている。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）であり、故に、光源１０３は、主走査方向（Ｘ方向）に略４ｍｍの間隔をもって離間配置されている。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。

【００５４】

図１４Ｂ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。レンズパラメータは図１４Ａの場合と同じである。図１４Ｂ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。図１４Ａの場合と異なる部分は、受光レンズ１１の配列ピッチがレンズ径よりも広く離間配置されてもよいため、光源１０３の配列ピッチも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。光源１０３と検査面の位置関係は図１４Ａの場合と同じである。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。

【００５５】

図１４Ｃ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１４Ａ並びに図１４Ｂ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１４Ｃ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。

【００５６】

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。

【００５７】

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光学素子が好ましい。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１１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。

【００５８】

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。

【００５９】

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。

【００６０】

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１４Ｄに示す。比較例として、図１４Ｅ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。

【００６１】

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１４Ｆに示す。図１４Ｆ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。

【００６２】

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$N_0$が１．４５≦$N_0$≦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。

【００６３】

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５０mm≦ｆ≦２５０mmであり、更に複数枚のレンズの口径Φが２mm≦Φ≦１０mmであることが好ましい。

【００６４】

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１４Ａや図１４Ｂ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。

【００６５】

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１５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１５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。

【００６６】

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１４Ａ及び図１４Ｂ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１４Ａ及び図１４Ｂ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。

【００６７】

８．クロストークの防止方法

図１４Ａの場合において、視野１１１の重畳によりクロストークの発生があった際の防止方法について説明する。図１４Ａの場合において、レンズ径ΦはΦ=４ｍｍであり、レンズホルダー１１０に収めて用いる。そこで、図１６Ａにレンズホルダー１１０の受光素子アレイ１２０側を筒状に延長した視野制限ホルダーの構成を示す。以下にその効果について説明する。

【００６８】

図１６Ｂに詳細図を示す。レンズホルダー１１０には、複数の受光レンズ１１が挿入されており、各受光レンズ１１における受光素子アレイ１２０側には、貫通孔からなるアパチャー１１２が形成されている。複数の受光レンズ１１の外径は、レンズホルダー１１０の内径に対してすきまばめ寸法であり、各受光レンズ１１がレンズホルダー１１０に挿入されることにより、すきまばめされる。各アパチャー１１２は、各受光レンズ１１の外径よりも小さい内径を有しており、各受光レンズ１１の光軸に沿って延びている。すなわち、各アパチャー１１２により、レンズホルダー１１０の複数の受光素子側（受光素子アレイ１２０側）が筒状に延長されており、これにより、各受光レンズ１１の視野１１１が制限されている。上記筒状とは、筒状に形成された貫通孔によりアパチャー１１２が延長された構成を意味しているが、これに限らず、突出する平板により、アパチャー１１２が平板状に延長された構成であってもよい。隣り合う受光レンズ１１において、レンズホルダー１１０の複数の受光素子側（受光素子アレイ１２０側）の長さ、すなわち各アパチャー１１２の長さが異なっていてもよい。

【００６９】

図１６Ｂにハッチングで示す光束は視野１１１内にあるため、アパチャー１１２による視野制限を受けず、受光素子アレイ１２０により受光することが可能であるが、これよりも外側（受光レンズ１１の光軸に対して外側）の光束は、受光素子アレイ１２０に到達しない。即ち、受光レンズ１１の視野１１１内にある光束は、該受光レンズ１１に対向する受光素子に到達するが、視野１１１外にある光束は、該受光レンズ１１に対向する受光素子及び隣接する受光素子のいずれにも到達しない。言い換えれば、任意の受光素子に着目

した場合に、該受光素子に対向する受光レンズ１１の視野１１１以外の光束は該受光素子には到達せず、故に隣接画素間のクロストークの防止が可能になる。しかも、アパチャー１１２がレンズホルダー１１０に形成されているため、精度の高いクロストーク防止アパチャーを実現可能となる。

【００７０】

複数のアパチャー１１２において、アパチャー径を一つ一つ変更してもよく、１対の大小の径の異なるアパチャー１１２を用いることで、隣接画素間の検査面上の検出画素の欠落を防止できる。即ち、任意のアパチャーに着目した場合、例えば本実施形態においては該アパチャー径ΦをΦ=２．４mmとし、隣り合うアパチャー径Φ’をΦ’＝２．６mmとすることで、隣接画素間の検出画素の欠落を防止できる。前記のアパチャー１１２は円筒状でなくともよい。例えば、受光レンズ１１間の中間位置に仕切りを設けて、お互いの受光レンズ１１が受光した光を他の受光レンズ１１に受光させないようにしてもよい。

【００７１】

また、複数の受光レンズ１１は、１列に配置された構成に限らず、予め受光レンズ１１単体を円筒状のホルダーに挿入・固定し、後に前記円筒状のホルダーを俵状に積み上げることにより、俵積みで配置されてもよい。また、Ｌ字型の位置決め治具により複数の受光レンズ１１を位置決めし、接着固定した後、矩形のレンズホルダーに収めてもよい。

【００７２】

上記のアパチャー１１２は、受光素子アレイ１２０側に設けたが、Ｗ．Ｄ．を損なわない程度の長さで検査面側に設けてもよい。そして、検査面側のアパチャーと受光素子側のアパチャーの組み合わせにより、より効果のある視野制限が可能になる。

【００７３】

図１７Ａ～図１７Ｃには、焦点距離ｆをｆ＝１００mmとした場合の有効径と錯乱円径の関係が示されている。有効径Φは図１４Ａの場合と同じ態様である。図１７Ａは$\sqrt{A}$＝０．１５４の場合、図１７Ｂは$\sqrt{A}$＝０．１０２７の場合、図１７Ｃは$\sqrt{A}$＝０．０７７の場合をそれぞれ示している。図１７Ａ～図１７Ｃ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。なお、図１７Ａ～図１７Ｃのいずれにおいても、$N_0$は、$N_0$＝１．６５４である。図１７Ａ～図１７Ｃの各図によれば、焦点距離ｆがｆ＝１００mmの場合においても、有効径ΦがΦ≧１．５mmにおいて、回折も含めた錯乱円径が６００ｄｐｉの解像度を目指した場合の約４３μmよりもはるかに小さくなっていることが分かる。

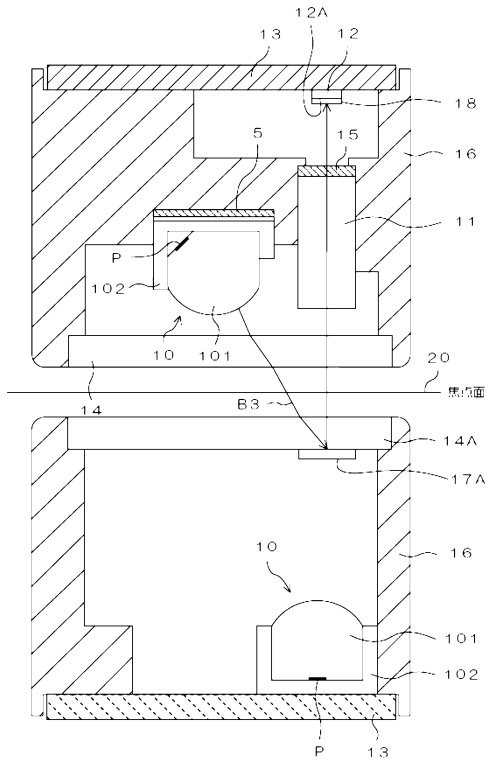
【符号の説明】

【００７４】

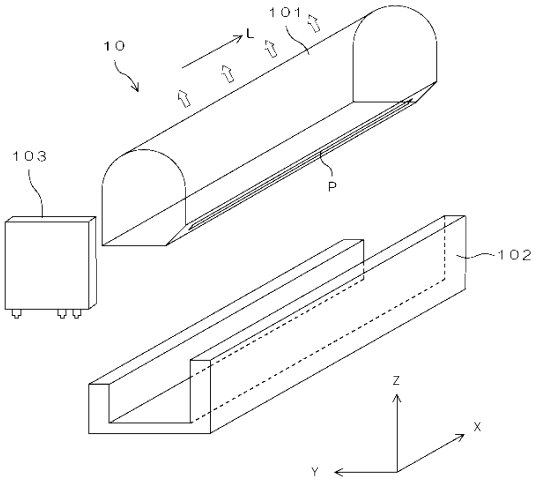
１０　光源部
１１　受光レンズ
１２　受光部
２０　焦点面
１０３　光源
１０４　集光レンズ
１０５　シリンドリカルレンズ
１１０　レンズホルダー
１１１　視野
１１２　アパチャー
１２０　受光素子アレイ
１３１　赤色ＬＤ
１３２　緑色ＬＤ
１３３　青色ＬＤ
１３４　光源基板
１３５　ヒートシンク

【図面】

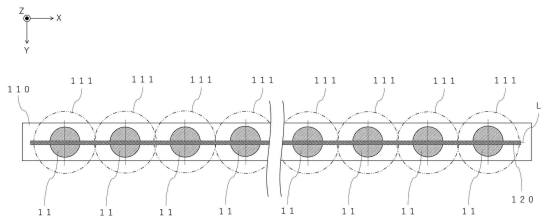
【図１】


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

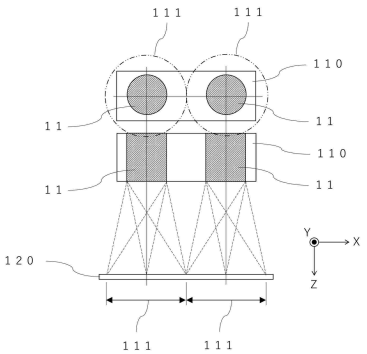
【図２】


101
10
L
103
P
102
Z
X
Y

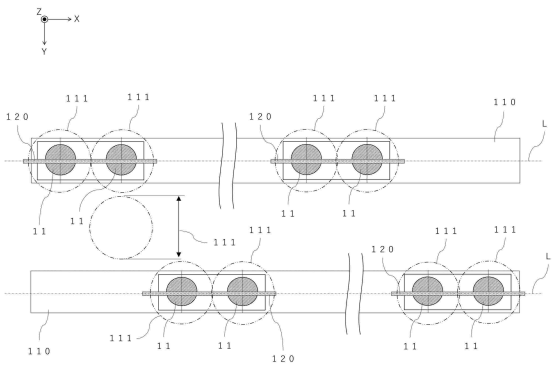
【図３】


Z
X
Y
110
111
11
120
L

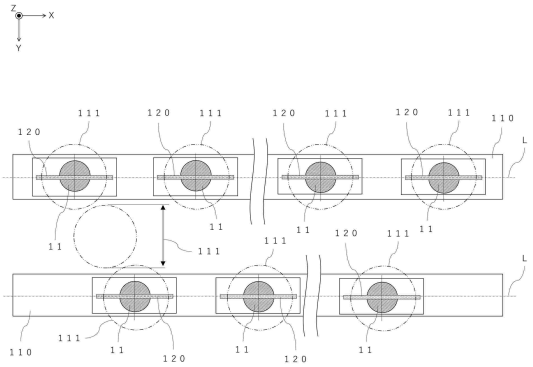
【図４】


111
110
11
120
Y
X
Z

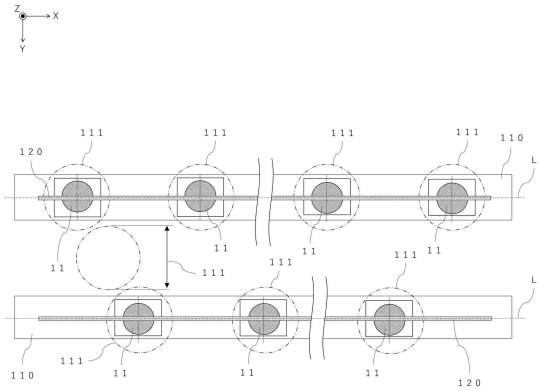
【図５】



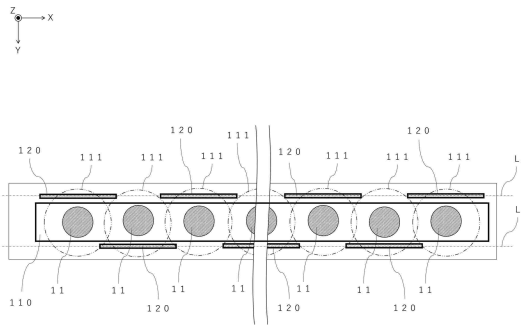
【図６Ａ】



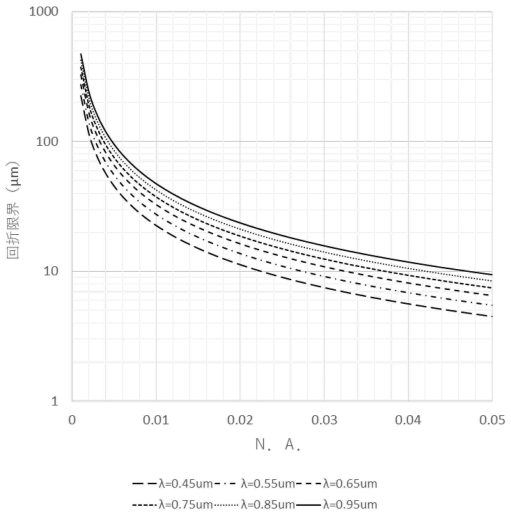
【図６Ｂ】



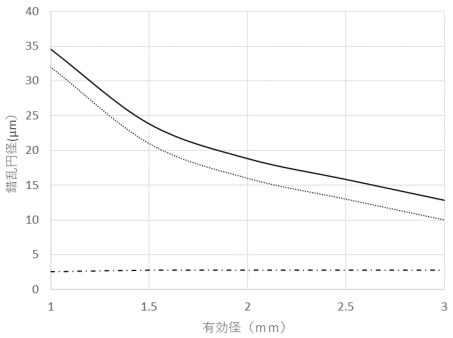
【図６Ｃ】



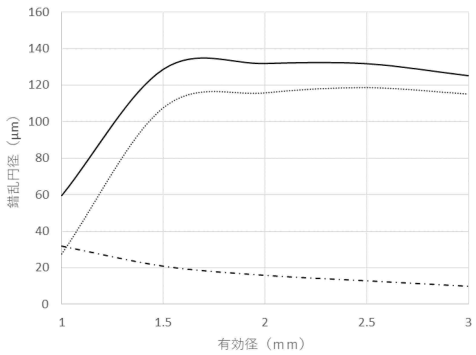
【図７】



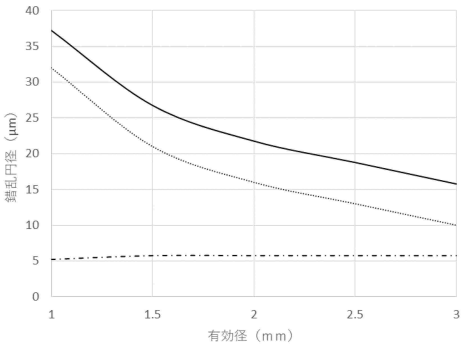

【図８Ａ】



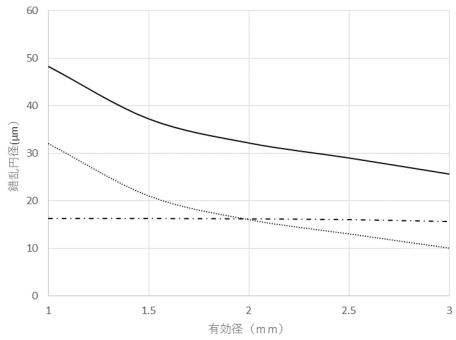

【図８Ｂ】



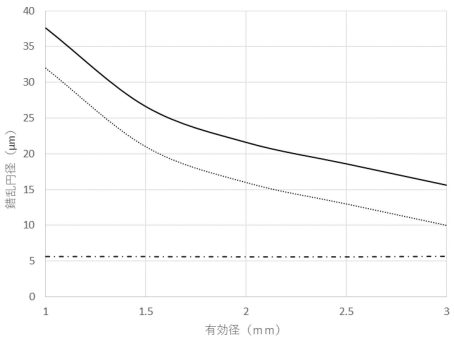

【図８Ｃ】



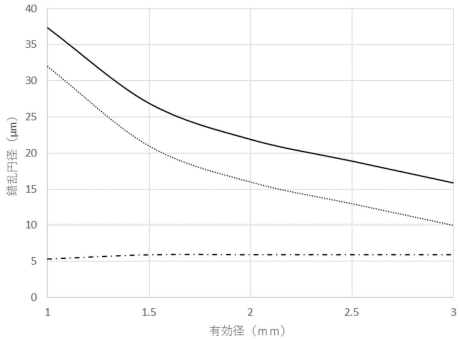
【図９Ａ】



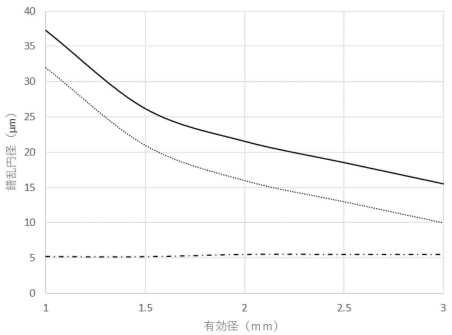

【図９Ｂ】



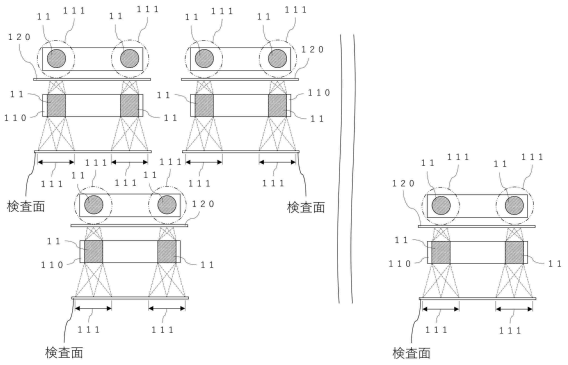

【図９Ｃ】



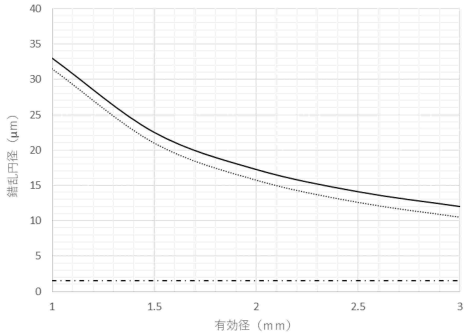

【図９Ｄ】



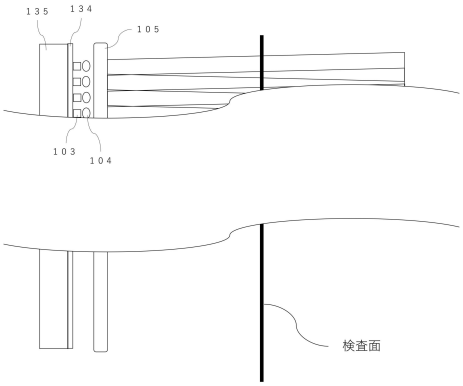
【図１０】



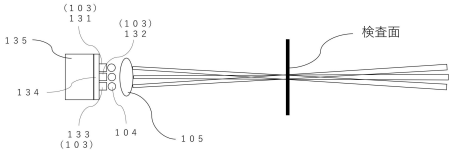

【図１１】



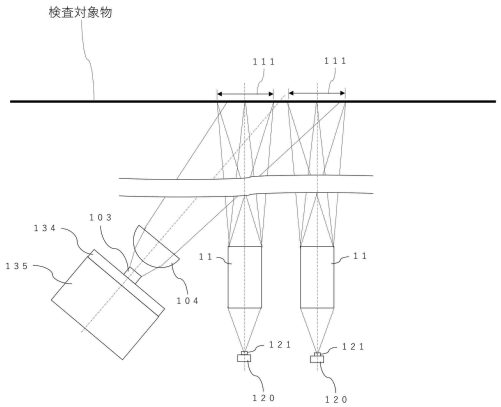

【図１２Ａ】



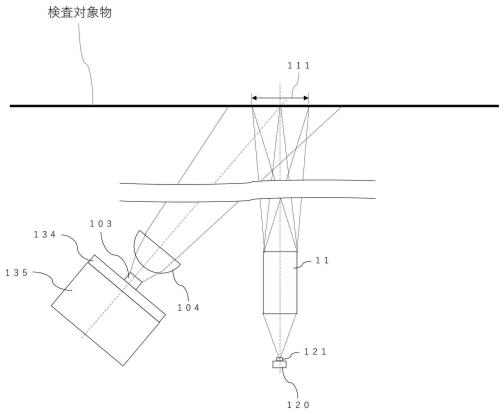

【図１２Ｂ】



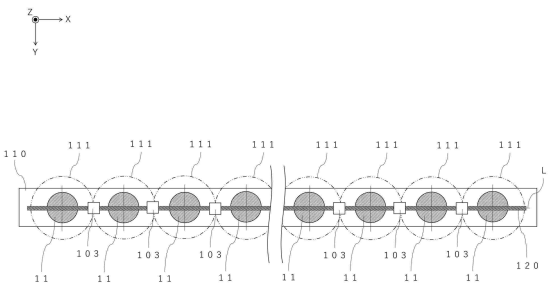
【図１３Ａ】



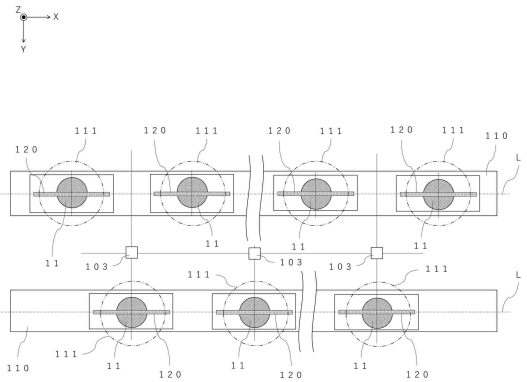

【図１３Ｂ】



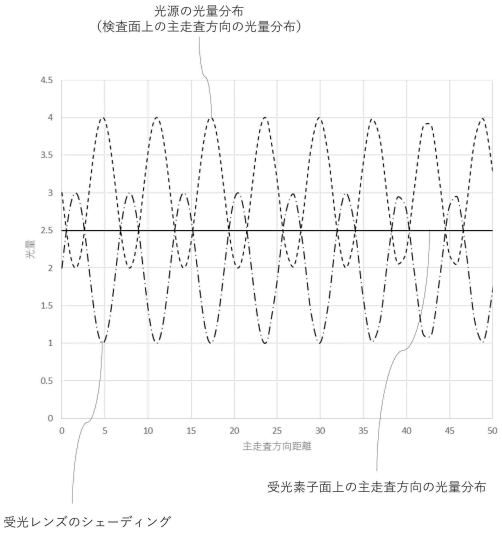

【図１４Ａ】



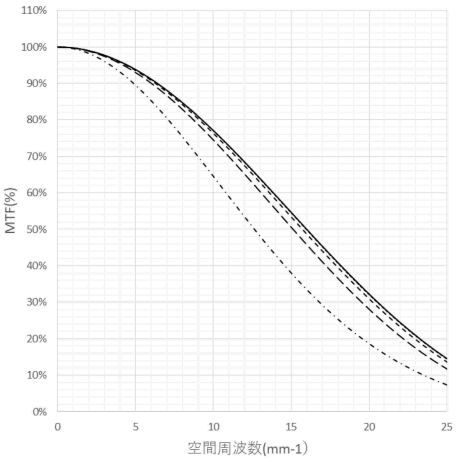

【図１４Ｂ】



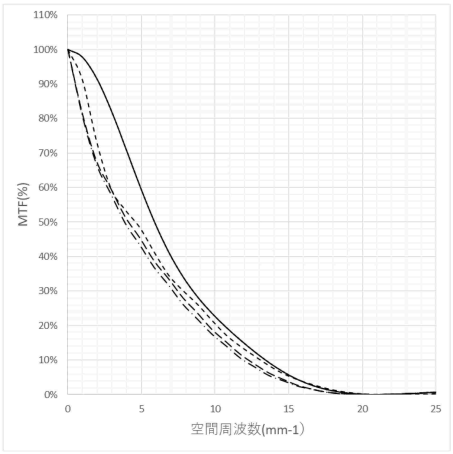
【図１４Ｃ】



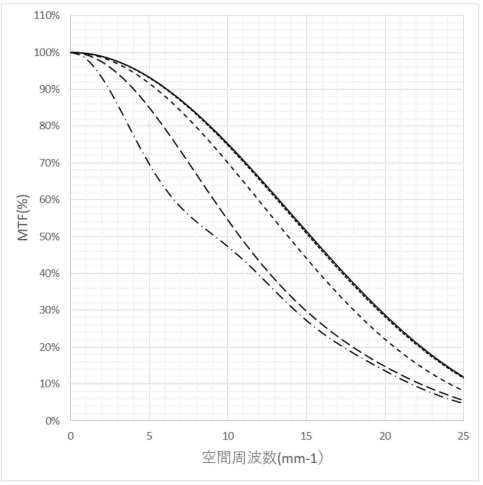

【図１４Ｄ】



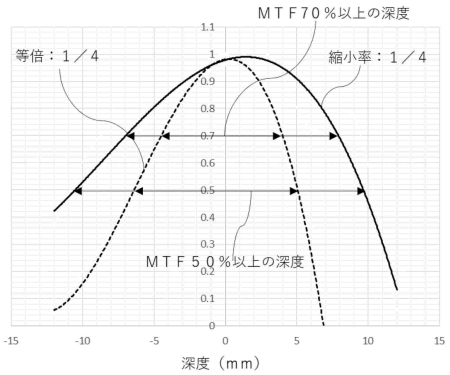

【図１４Ｅ】



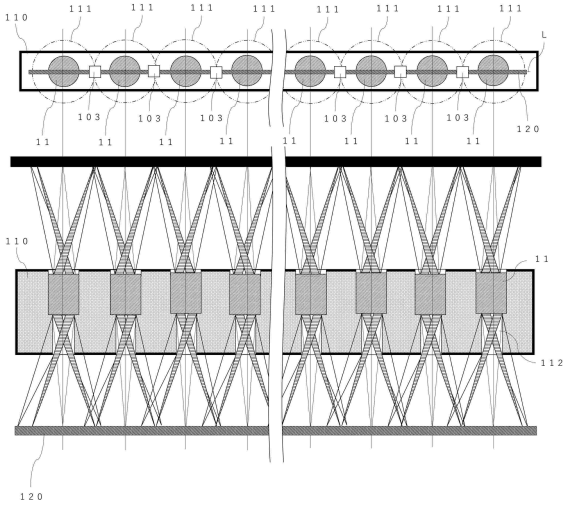

【図１４Ｆ】



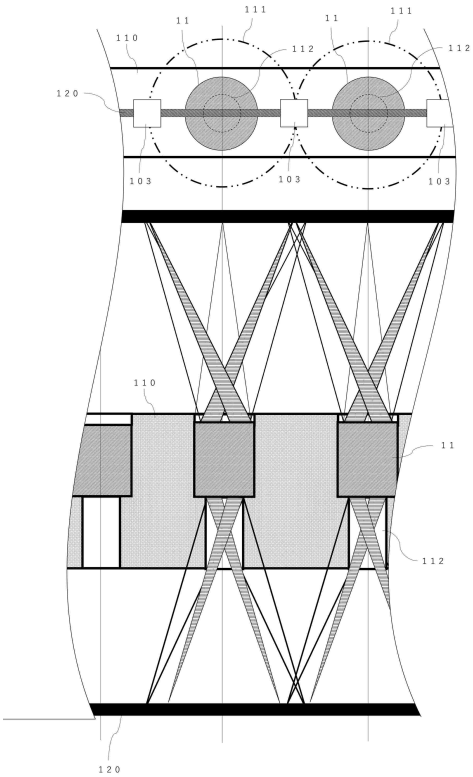
【図１５】



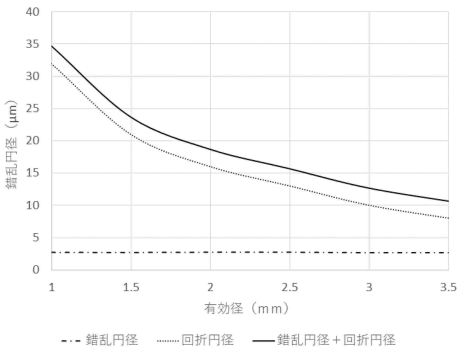

【図１６Ａ】



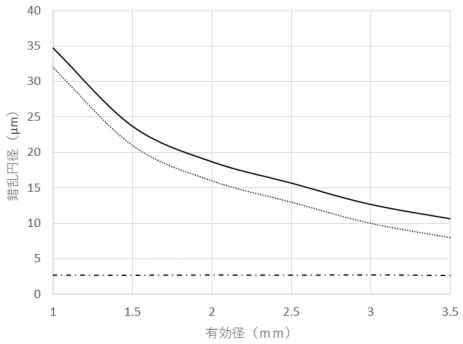

【図１６Ｂ】



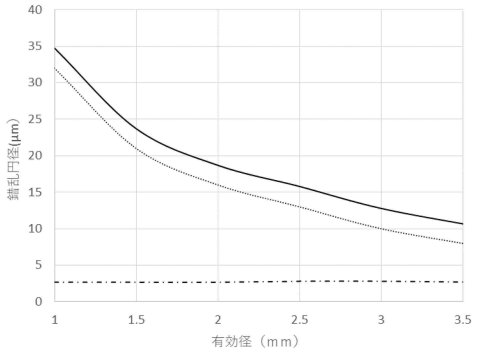

【図１７Ａ】



【図１７Ｂ】


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
1.5
2
2.5
3
3.5
錯乱円径（μm）
有効径（ｍｍ）

【図１７Ｃ】


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
1.5
2
2.5
3
3.5
錯乱円径(μm)
有効径（ｍｍ）

フロントページの続き

(56)参考文献　国際公開第２０１３／１４６８７３（WO，Ａ１）
特開２０１４－０７７９６４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－０２５９７２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０４Ｎ　１／０２４－ １／２０７
Ｇ０６Ｔ　１／００
Ｇ０２Ｂ　３／００