

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-11920

(P2016-11920A)

(43) 公開日 平成28年1月21日(2016.1.21)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 21/3559 (2014.01)

F I

G O 1 N 21/35

B

テーマコード (参考)

2 G 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-134542 (P2014-134542)
 (22) 出願日 平成26年6月30日 (2014. 6. 30)

(71) 出願人 000006507
 横河電機株式会社
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
 (72) 発明者 市沢 康史
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
 河電機株式会社内
 (72) 発明者 節田 和紀
 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
 河電機株式会社内
 Fターム(参考) 2G059 AA01 BB10 CC09 DD12 EE01
 GG02 GG03 GG06 HH01 HH06
 JJ26 JJ30 KK01 LL03 NN05
 NN06

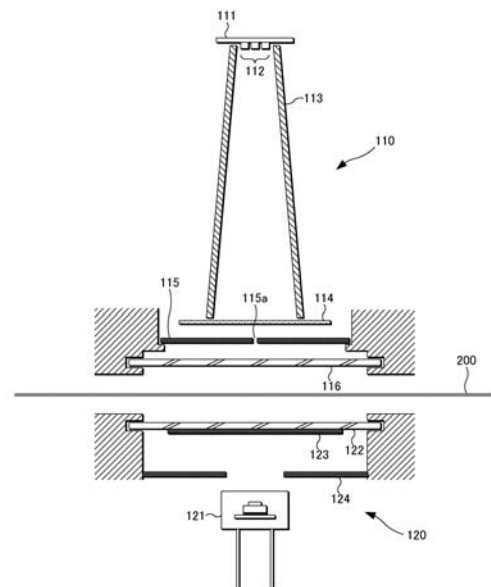
(54) 【発明の名称】 赤外線水分計

(57) 【要約】

【課題】極薄の紙に対しても高精度の水分率測定を行なうことができる赤外線水分計を提供する。

【解決手段】測定対象の紙を挟んで同期して移動する光源部と受光部とを備えた赤外線水分計であって、光源部は、複数波長の赤外線を混色した光を通過させて紙に照射するための微小貫通孔が形成され、受光部側の面が反射面となっている絞り板を備え、受光部は、絞り板に対面し、外周より外側で光を透過させるように配置された、両面が反射面となっている遮光板と、遮光板よりも紙から遠い位置に配置され、光源部側の面が反射面となっており、遮光板よりも大きな外径を有し、光を検出器に導く反射板と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象の紙を挟んで同期して移動する光源部と受光部とを備えた赤外線水分計であって、

前記光源部は、

複数波長の赤外線を混色した光を通過させて前記紙に照射するための微小貫通孔が形成され、前記受光部側の面が反射面となっている絞り板を備え、

前記受光部は、

前記絞り板に対面し、外周より外側で光を透過させるように配置された、両面が反射面となっている遮光板と、

10

前記遮光板よりも前記紙から遠い位置に配置され、前記光源部側の面が反射面となっており、前記遮光板よりも大きな外径を有し、光を検出器に導く反射板と、を備えたことを特徴とする赤外線水分計。

【請求項 2】

前記光源部と受光部との同期移動の際の位置ずれが生じていない場合には、前記絞り板の微小貫通孔が、前記遮光板の中心軸上に位置することを特徴とする請求項 1 に記載の赤外線水分計

【請求項 3】

前記光源部と受光部との同期移動の際の位置ずれが生じていない場合には、前記検出器と、前記絞り板の微小貫通孔とが前記遮光板で遮られていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の赤外線水分計。

20

【請求項 4】

前記複数波長の赤外線は、セルロースに吸収されやすい波長の赤外線と、水に吸収されやすい波長の赤外線とを含んでいることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の赤外線水分計。

【請求項 5】

前記光源部の受光部側に光源部窓が設けられ、

前記受光部側の光源部側に前記遮光板よりも外径の大きな受光部側窓が設けられていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の赤外線水分計。

【請求項 6】

30

前記遮光板は、前記受光部側と一体形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の赤外線水分計。

【請求項 7】

前記反射板は、中央に貫通孔が形成された円環状であり、この貫通孔から前記検出器に光を導くことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の赤外線水分計。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、抄紙工程で使用される赤外線水分計に関し、特に、極薄の紙に対しても高精度の水分率測定を行なうことができる赤外線水分計に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

紙を製造する抄紙工程において製品の品質を保つために水分率の管理が重要である。このため、抄紙ラインを移動する紙の水分率を、オンラインで測定する水分測定装置が用いられている。オンラインで水分率を測定し、測定結果を上流の抄紙機にフィードバックすることで、安定した品質の製品を生産することができるようになる。水分測定装置は、いくつかの方式が実用化されているが、オンラインで使用される水分測定装置としては、近赤外線を利用した赤外線水分計が広く用いられている。

【0003】

赤外線水分計では、水分に吸収され、紙の主成分であるセルロースに吸収されない波長

50

の光と、水分に吸収されず、セルロースに吸収される波長の光を測定対象の紙に透過させる。そして、受光部で測定されるそれぞれの波長の光の吸収率に基づいて紙中の水分率を算出する。このとき、紙の散乱や混合物、坪量、灰分、リグニン、着色料、コーティング等による影響を排除するために、水分にもセルロースにも吸収されない波長の光を参照光として用いることも行なわれている。

【0004】

赤外線水分計は、図9に示すような水分率、坪量、カラー、厚さ、灰分量等の抄紙工程に不可欠な各種測定を行なう測定装置300の測定ヘッドにセンサの1つとして搭載される。測定ヘッドは、上部測定ヘッド310と下部測定ヘッド320とから構成され、一方のヘッドに光源が搭載され、他方のヘッドに受光器が搭載される。一般には、上部測定ヘッド310に光源が搭載され、下部測定ヘッド320に受光器が搭載される。

10

【0005】

上部測定ヘッド310と下部測定ヘッド320とは、フレーム330に移動可能に取り付けられており、両ヘッドが同期して紙200の移動方向Aに直交する方向を往復移動しながら測定を行なう。このため、測定領域は図中のラインに示すようにジグザグの軌跡を描くことになる。

【0006】

赤外線水分計では、各波長の吸収率から求められる指標値を水分率に変換して測定結果として出力する。指標値から水分率への変換には検量線が用いられる。検量線は、指標値と水分率との対応関係を定めたものである。検量線は、赤外線水分計の出荷前に、水分状態の異なるサンプル毎に、電子天秤等を用いて厳密に測定した水分率と、それぞれのサンプルに対して赤外線水分計が測定して得られた指標値とを対応付けることにより作成される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2012-173249号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

30

図9において、上部測定ヘッド310に搭載された光源からの光は、紙200に照射され、紙200を通過した光が下部測定ヘッド320に搭載された受光器で測定される。上部測定ヘッド310と下部測定ヘッド320とは同期して移動するため、通常であれば、光源の光軸上に受光器が位置することになる。しかしながら、測定ヘッド(310、320)の走行特性や、フレーム330の調整不良等により、上部測定ヘッド310の位置と下部測定ヘッド320の位置とが相対的にずれて、光源の光軸上から受光器が外れる場合がある。このずれを光学系アライメント誤差と称する。

【0009】

一般的な紙200はある程度の厚みがあるため、図10(a)に示すように、上部測定ヘッド310に搭載された光源311から照射された光を透過時に拡散させる。このため、図10(b)に示すような光学アライメント誤差が生じた場合であっても、下部測定ヘッド320に搭載された受光器321の受光量はそれほど変化せず、測定精度は大きな影響を受けない。

40

【0010】

しかしながら、ティッシュペーパーに代表される極薄の紙200の場合は、図11(a)に示すように、透過時に光をほとんど拡散しない。このため、図11(b)に示すような光学アライメント誤差が生じた場合、受光器321の受光量が大きく変化し、測定精度が低下する。ずれ量に応じた補正を行なうことも考えられるが、その際の精度の低下は否めない。

【0011】

50

また、光学アライメント誤差が生じない場合であっても、紙厚が薄いため、透過時に吸収される光量が微小となり、吸収率を算出する際の吸光情報量が少なくなり、やはり精度が低下する。

【 0 0 1 2 】

そこで、本発明は、ティッシュペーパーに代表される極薄の紙に対しても高精度の水分率測定を行なうことができる赤外線水分計を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

上記課題を解決するため、本発明の赤外線水分計は、測定対象の紙を挟んで同期して移動する光源部と受光部とを備えた赤外線水分計であって、前記光源部は、複数波長の赤外線10を混色した光を通過させて前記紙に照射するための微小貫通孔が形成され、前記受光部側の面が反射面となっている絞り板を備え、前記受光部は、前記絞り板に対面し、外周より外側で光を透過させるように配置された、両面が反射面となっている遮光板と、前記遮光板よりも前記紙から遠い位置に配置され、前記光源部側の面が反射面となっており、前記遮光板よりも大きな外径を有し、光を検出器に導く反射板と、を備えたことを特徴とする。

ここで、前記光源部と受光部との同期移動の際の位置ずれが生じていない場合には、前記絞り板の微小貫通孔が、前記遮光板の中心軸上に位置することが望ましい。

また、前記光源部と受光部との同期移動の際の位置ずれが生じていない場合には、前記検出器と、前記絞り板の微小貫通孔とが前記遮光板で遮られていることが望ましい。20

前記複数波長の赤外線は、セルロースに吸収されやすい波長の赤外線と、水に吸収されやすい波長の赤外線とを含むことができる。

前記光源部の受光部側に光源部窓が設けられ、前記受光部側の光源部側に前記遮光板よりも外径の大きな受光部側窓が設けられているようにしてもよい。

このとき、前記遮光板は、前記受光部側と一体形成されていてもよい。

前記反射板は、中央に貫通孔が形成された円環状であり、この貫通孔から前記検出器に光を導くようにしてもよい。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、極薄の紙に対しても高精度の水分率測定を行なうことができる赤外線水分計が提供される。30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】本実施形態に係る赤外線水分計の光学系の構成を示す図である。

【図 2】絞り板、遮蔽板、反射板を示す図である。

【図 3】赤外光の挙動について説明する図である。

【図 4】赤外光の挙動について説明する図である。

【図 5】赤外光の挙動について説明する図である。

【図 6】赤外光の挙動について説明する図である。

【図 7】本実施形態に係る赤外線水分計の光学系における光学系アライメント誤差の影響を説明する図である。40

【図 8】本実施形態に係る赤外線水分計の光学系におけるパスライン変動の影響を説明する図である。

【図 9】赤外線水分計を搭載した抄紙工程用オンライン測定装置を示す図である。

【図 10】通常の紙の場合における光学系アライメント誤差の影響を説明する図である。

【図 11】極薄の紙の場合における光学系アライメント誤差の影響を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図 1 は、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系の構成を示す図である。本図に示すように、赤外線水分計の光学系は、50

光源部 110 と受光部 120 とを備えており、光源部 110 と受光部 120 との間で測定対象の紙 200 が高速に搬送される。本実施形態では、光源部 110 が上部測定ヘッドに搭載され、受光部 120 が下部測定ヘッドに搭載されるものとするが、逆であってもよい。

【0017】

光源部 110 は、実装基板 111、光源である半導体発光素子 112、光均一化部材 113、拡散シート 114、絞り板 115、光源側窓 116 を備えている。これらは、中心軸が重なるように配置することが望ましい。

【0018】

半導体発光素子 112 は、水に吸収されやすい波長（例えば、 $1.94\mu\text{m}$ ）を発する発光素子と、紙の主成分であるセルロースに吸収されやすい波長（例えば、 $2.1\mu\text{m}$ ）を発する発光素子と、水にもセルロースにも吸収されにくい波長（例えば、 $1.7\mu\text{m}$ ）を発する発光素子とを、実装基板 111 上に高密度に寄せ集めて構成する。半導体発光素子 112 の発光面は、光均一化部材 113 の入射端に向けて配置される。

10

【0019】

光均一化部材 113 は、半導体発光素子 112 が出力する 3 つの波長の光を均一に混色し、空間ユニフォーミティーの揃った光として出射する部材である。光均一化部材 113 は、近赤外線の透過率のよい材料で形成されたライトパイプや、近赤外線の反射が良好な反射材料で形成された中空状の鏡面筒等を用いることができ、四角錐、四角柱、六角錐、六角柱等の多角形錐体、多角形柱体が好ましい。

20

【0020】

拡散シート 114 は、光を拡散して透過させるシート状あるいは板状の光学素子であり、光均一化部材 113 の出射端に配置される。拡散シート 114 は、不織布や表面を荒らして拡散性を高めた光学フィルタ等を用いることができ、光吸収が少なく、吸水性のない素材が好ましい。

【0021】

絞り板 115 は、円板状の部材であり、中心部分に、例えば、 $1\sim 5\text{mm}$ 程度の小さな貫通孔 115a（ピンホール）が形成されている。この貫通孔 115a を拡散シート 114 により拡散された光が通過する。貫通孔の数は 1 つに限られず、複数個であってもよい。また、絞り板 115 は、受光部側が反射面となっており、3 つの波長の光を効率よく紙 200 の方向に反射するようになっている。

30

【0022】

光源側窓 116 は、例えば、 $20\sim 60\text{mm}$ 径程度の透明部材であり、外部からの高温雰囲気や紙粉等の流入を防いでいる。光源側窓 116 は、耐摩耗性が高く、近赤外線の透過率の高い材料を用いるものとし、例えば、サファイア（ Al_2O_3 ）、剛性石英、BK7、B270 等を薄く成形して用いることができる。

【0023】

受光部 120 は、検出器 121、受光側窓 122、遮光板 123、反射板 124 を備えている。これらも中心軸が重なるように配置することが望ましく、光学系アライメント誤差が生じていない状態で、光源部 110 の中心軸と一致するようにする。

40

【0024】

検出器 121 は、光源部 110 が出力する 3 つの波長に感度の高い InGaAs PIN フォトダイオード等で構成することができる。受光側窓 122 は、例えば、 $20\sim 60\text{mm}$ 径程度の透明部材であり、光源側窓 116 と同様に構成することができる。

【0025】

遮光板 123 は、円板状の部材であり、両面とも反射面となっている。遮光板 123 は、貫通孔 115a を通過して紙 200 を透過した光が、直接検出器 121 に入射しないように、絞り板 115 と対面するように配置されている。遮光板 123 は、受光側窓 122 より少し小さなサイズで形成されており、受光側窓 122 の外周領域で光が透過するようになっている。遮光板 123 の径は、例えば、受光側窓 122 の径に対して $75\sim 95\%$

50

程度とすることの望ましい。受光側窓 1 2 2 の径が 4 0 m m であれば、3 0 ~ 3 8 m m 程度とすることができる。

【 0 0 2 6 】

遮光板 1 2 3 は、アルミ製鏡面材料、ガラス基材にアルミ、金、銀などの高反射金属や誘電体薄膜を蒸着して形成したミラー等を用いて独立した部材としてもよいし、受光側窓 1 2 2 の内部領域に高反射金属を高反射金属や誘電体薄膜を蒸着することにより受光側窓 1 2 2 と一体化して形成してもよい。このとき、反射性を有するドット等の小領域を多数形成することで遮光板 1 2 3 を構成するようにしてもよい。

【 0 0 2 7 】

反射板 1 2 4 は、例えば、2 0 ~ 6 0 m m 径程度の貫通孔が形成された円環状の部材であり、光源部側が反射面となっている。貫通孔を通過した光が検出器 1 2 1 に入射することになる。

【 0 0 2 8 】

図 2 (a) ~ (c) は、それぞれ絞り板 1 1 5、遮光板 1 2 3、反射板 1 2 4 を上面 (光源部 1 1 0 側) から見た図であり、図 2 (d) は、それぞれを重ねて見たときの様子を示している。図 2 (d) では、便宜的に、絞り板 1 1 5 の領域をドットで示し、遮光板 1 2 3 の輪郭を破線で示し、反射板 1 2 4 の輪郭を一点鎖線で示している。

【 0 0 2 9 】

本図に示すように、遮光板 1 2 3 は、反射板 1 2 4 の貫通孔よりも大きく形成されており、絞り板 1 1 5 の貫通孔 1 1 5 a は、遮光板 1 2 3 よりも十分小さく形成されている。検出器 1 2 1 から見たとき、絞り板 1 1 5 は、遮光板 1 2 3 に完全に隠される大きさと位置関係とする。

【 0 0 3 0 】

本実施形態に係る赤外線水分計の光学系における赤外光の挙動について説明する。ここでは、測定対象の紙 2 0 0 は、ティッシュペーパーに代表される極薄の紙であるとする。極薄の紙は、光の透過時の拡散量が少なく、また、光の吸収量も少ないという特徴を有している。

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、光均一化部材 1 1 3 で混色された光は、拡散シート 1 1 4 により拡散されて絞り板 1 1 5 に照射される。

【 0 0 3 2 】

絞り板 1 1 5 に照射された光の一部は、絞り板 1 1 5 の貫通孔 1 1 5 a を通過して、紙 2 0 0 に照射される。図 4 に示すように、紙 2 0 0 は極薄であるため、照射光はあまり拡散せずに透過して遮光板 1 2 3 に到達する。この際に、水分率に応じて一部の光が吸収されるが、吸収量は少ない。また、遮光板 1 2 3 が存在しているため、紙 2 0 0 を通過した光が直接検出器 1 2 1 に到達することはない。

【 0 0 3 3 】

遮光板 1 2 3 は両面が反射面となっているため、光は紙 2 0 0 方向に反射して、紙 2 0 0 に再度照射される。この際にも、水分率に応じて一部の光が吸収され、残りの光が絞り板 1 1 5 に到達する。絞り板 1 1 5 の受光器側は反射面となっているため、光は紙 2 0 0 方向に反射して、紙 2 0 0 に照射される。この際にも、水分率に応じて一部の光が吸収され、残りの光が遮光板 1 2 3 に到達する。

【 0 0 3 4 】

図 5 に示すように、この挙動が繰り返されて、光は何回も紙 2 0 0 を通過し、そのたびに、水分率に応じて一部の光が吸収される。このため、一回の吸収量は少なくても、吸収量が累積されるので、十分な吸光情報量が得られることになる。

【 0 0 3 5 】

光は、反射を繰り返すと外周方向に広がっていく。そして、遮光板 1 2 3 の外縁を超えると、受光側窓 1 2 2 の外周領域から反射板 1 2 4 方向に進む。反射板 1 2 4 の光源側は反射面となっており、遮光板 1 2 3 は両面が反射面となっているため、図 6 に示すように

10

20

30

40

50

、光は反射板 1 2 4 と遮光板 1 2 3 との間で反射を繰り返し、内周方向に進んでいく。そして、反射板 1 2 4 の貫通孔を通過して検出器 1 2 1 に入射する。

【 0 0 3 6 】

本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、光源部 1 1 0 から照射され紙 2 0 0 を通過した光は、直接検出器 1 2 1 に入射せずに、紙 2 0 0 を挟んで複数回反射を繰り返す。このため、図 7 に示すように、光学アライメント誤差が生じた場合であっても、検出器 1 2 1 における受光量はそれほど変化せず、測定精度は大きな影響を受けない。

【 0 0 3 7 】

また、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、紙 2 0 0 を複数回通過するため、水分率に応じて吸収される光の吸収量が累積されて、十分な吸光情報量が得られることになる。

10

【 0 0 3 8 】

したがって、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、ティッシュペーパーに代表される極薄の紙に対しても高精度の水分率測定を行なうことができる。もちろん、通常の紙に対しても高精度の水分率測定を行なうことができる。

【 0 0 3 9 】

さらに、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、紙 2 0 0 に対する、光源側からの照射と受光側からの照射が多数繰り返される。このため、図 8 示すように、測定ヘッドと紙 2 0 0 との距離のぶれであるパスライン変動が生じた場合であっても、変動分が平均化される。したがって、パスライン変動の影響を受けずに精度よく測定することが可能となる。極薄の紙 2 0 0 は、パスライン変動が通常の紙よりも頻繁に発生するため、この点においても、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系は、極薄の紙に対する水分率測定に好適である。

20

なお、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、上述のように、近赤外線を多重反射させている。しかしながら、近赤外線は、可視光よりも長波長であるため、エネルギーレベルは比較的低い。さらに、一般に、抄紙工程は、紙を乾燥させるために近赤外線（熱線）が充満した環境にあり、測定に用いる近赤外線信号が相対的に弱くなってしまうことから、多重反射した近赤外線信号が環境ノイズにかき消されてしまうおそれがある。

【 0 0 4 0 】

このような条件下で、環境ノイズの影響を防ぐための対策としては、光源光量を大きくすることが考えられる。しかしながら、光源光量を大きくすると、光源が熱源となって測定箇所を局所的に乾燥させてしまい、水分率測定に影響を与えてしまう。この問題は、サンプル紙等を用いて静的に水分率を測定する場合に顕著となる。

30

【 0 0 4 1 】

そこで、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、以下のような構成とすることが望ましい。すなわち、半導体発光素子 1 1 2 において、3つの波長光を異なる周波数で変調して発光させる。そして、検出器 1 2 1 の後段に、特定の周波数の信号を検出して増幅させるロックインアンプを配置して、周波数変調のなされた信号から3つの波長光成分を取り出すようにする。なお、周波数変調のなされた信号から原信号波を検出する装置であれば、ロックインアンプに限られず用いることができる。

40

【 0 0 4 2 】

このような構成とすることで、ノイズに埋もれた微小信号の検出や、より高感度の信号検出を行なうことができるようになり、多重反射した近赤外線信号への環境ノイズの影響を防ぐことが可能となる。

【 0 0 4 3 】

ところで、ティッシュペーパーは、ほぼセルロースと水分のみで構成され、リグニン等の不純物や灰分は含まれない。このため、セルロース重量と水分重量とを計測すれば、ティッシュペーパーの坪量も計測することができる。従来、坪量を測定するために放射線を用いていたが、本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、セルロースに吸収されやすい波長の近赤外光と水に吸収されやすい波長の近赤外光を用いているため、セルロース重

50

量と水分重量とを計測することが可能である。ここで、セルロース重量と水分重量は、光源部 1 1 0 が出射する水に吸収されやすい波長光と、セルロースに吸収されやすい波長光の減衰特性に基づいて算出することができる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態に係る赤外線水分計の光学系では、放射線を用いることなくティッシュペーパーの坪量を計測することができるため、測定ヘッドに別途坪量測定器を搭載する必要がなくなり、小型化、省コスト化を推進することができる。さらには、坪量測定のために、放射線使用登録や放射線区域の設定、放射線取扱人材の確保等の必要もなくなる。

【 0 0 4 5 】

なお、坪量を測定可能な紙種は、ティッシュペーパーに限られない。ほぼセルロースと水分のみで構成され、リグニン等の不純物や灰分は含まれない紙であれば坪量を測定可能であり、例えば、クラフトペーパー等であっても可能である。

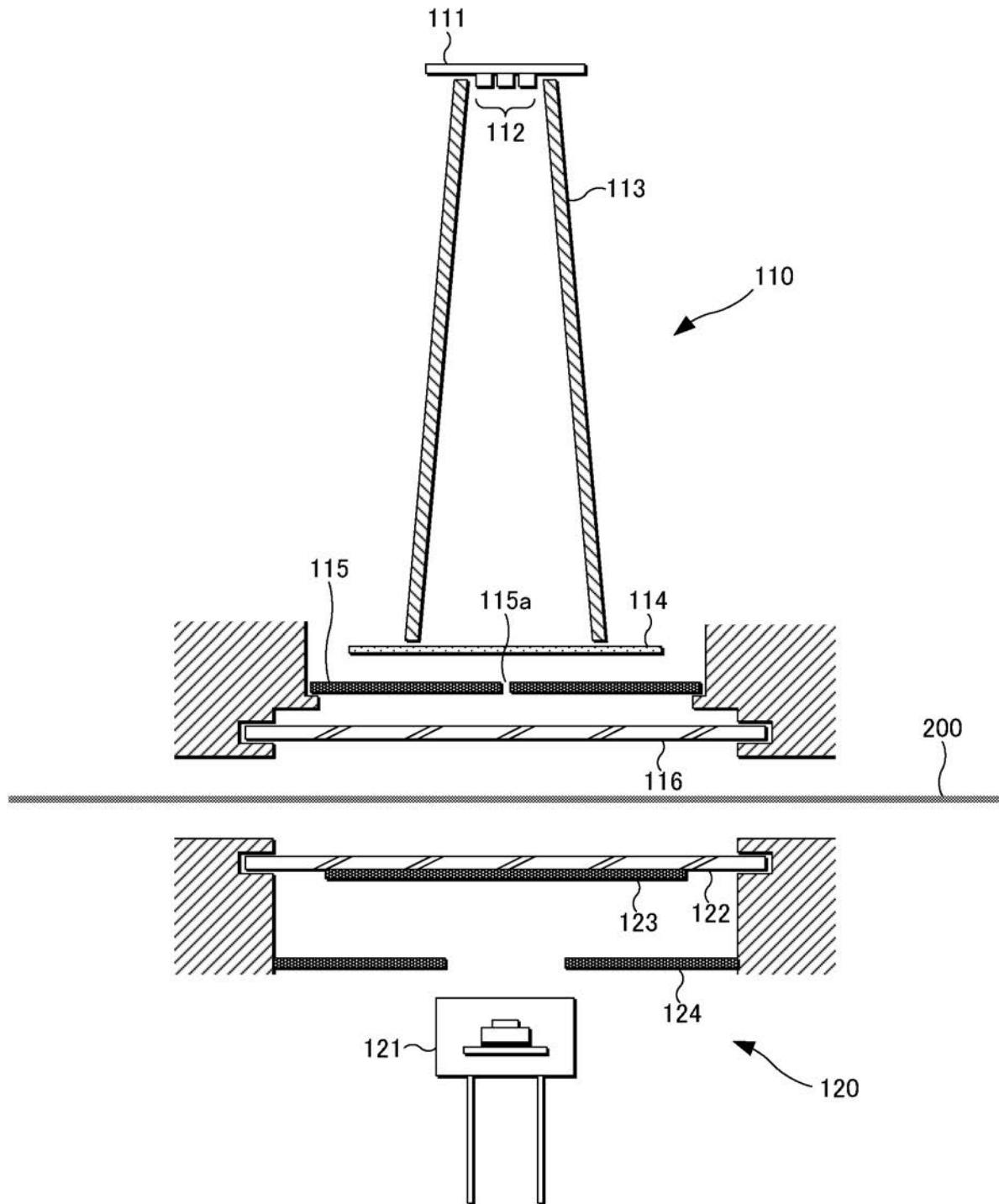
10

【符号の説明】

【 0 0 4 6 】

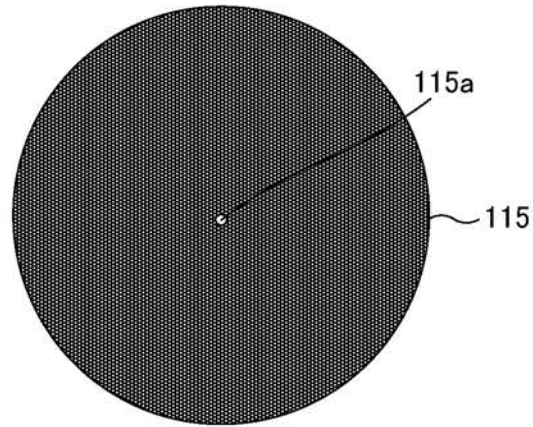
1 1 0 ... 光源部、 1 1 1 ... 実装基板、 1 1 2 ... 半導体発光素子、 1 1 3 ... 光均一化部材、 1 1 4 ... 拡散シート、 1 1 5 ... 絞り板、 1 1 6 ... 光源側窓、 1 2 0 ... 受光部、 1 2 1 ... 検出器、 1 2 2 ... 受光側窓、 1 2 3 ... 遮光板、 1 2 4 ... 反射板、 2 0 0 ... 紙

【図 1】

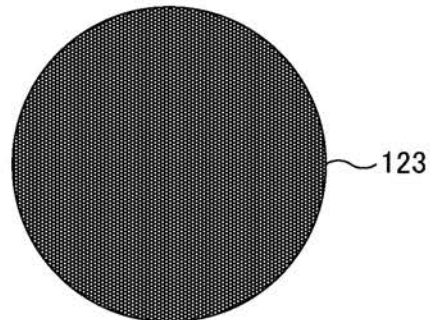


【図 2】

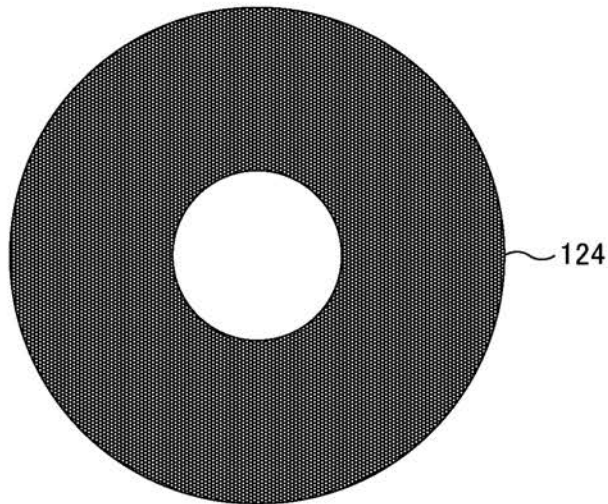
(a)



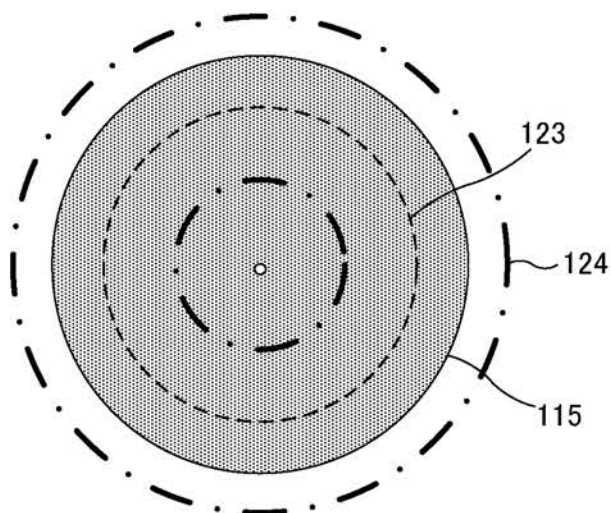
(b)



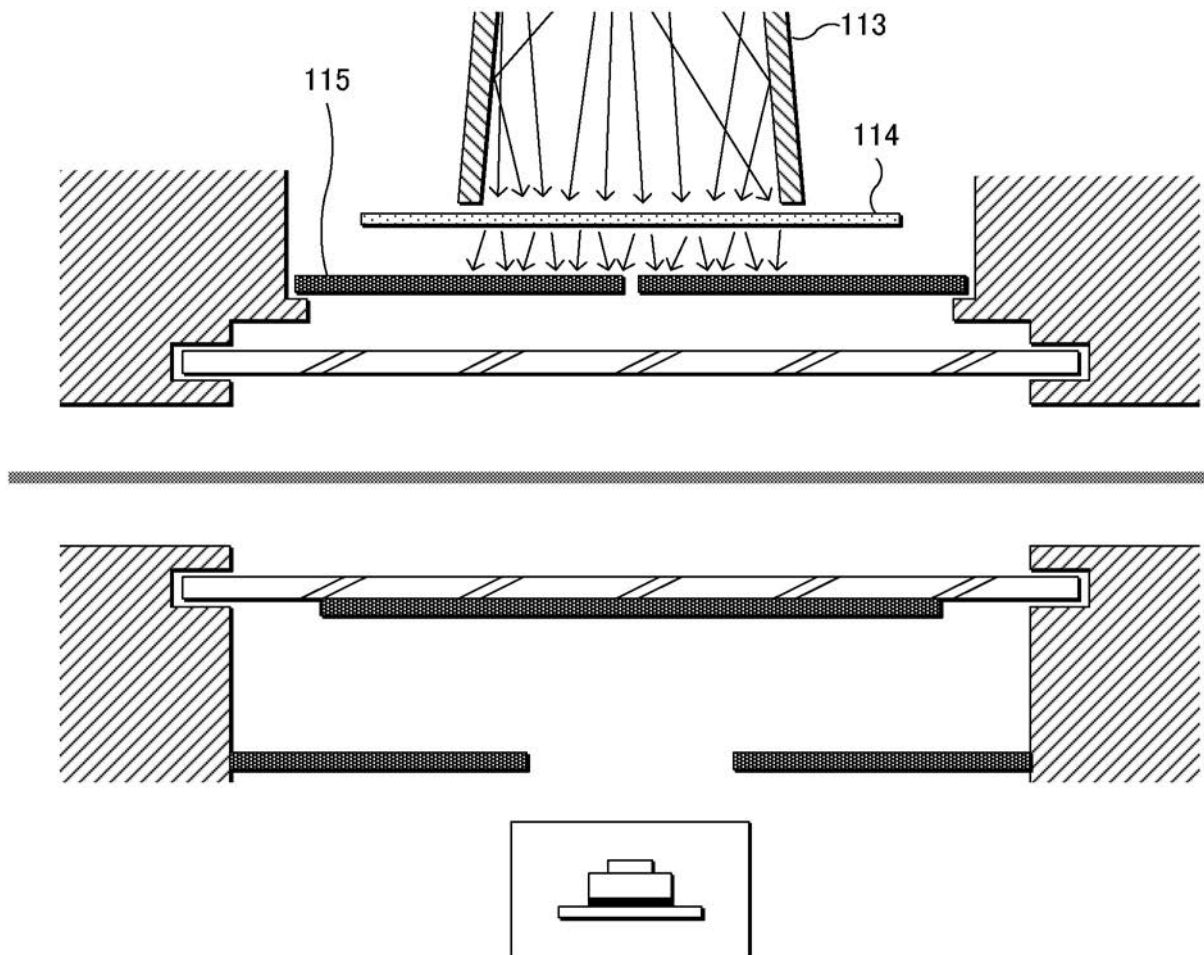
(c)



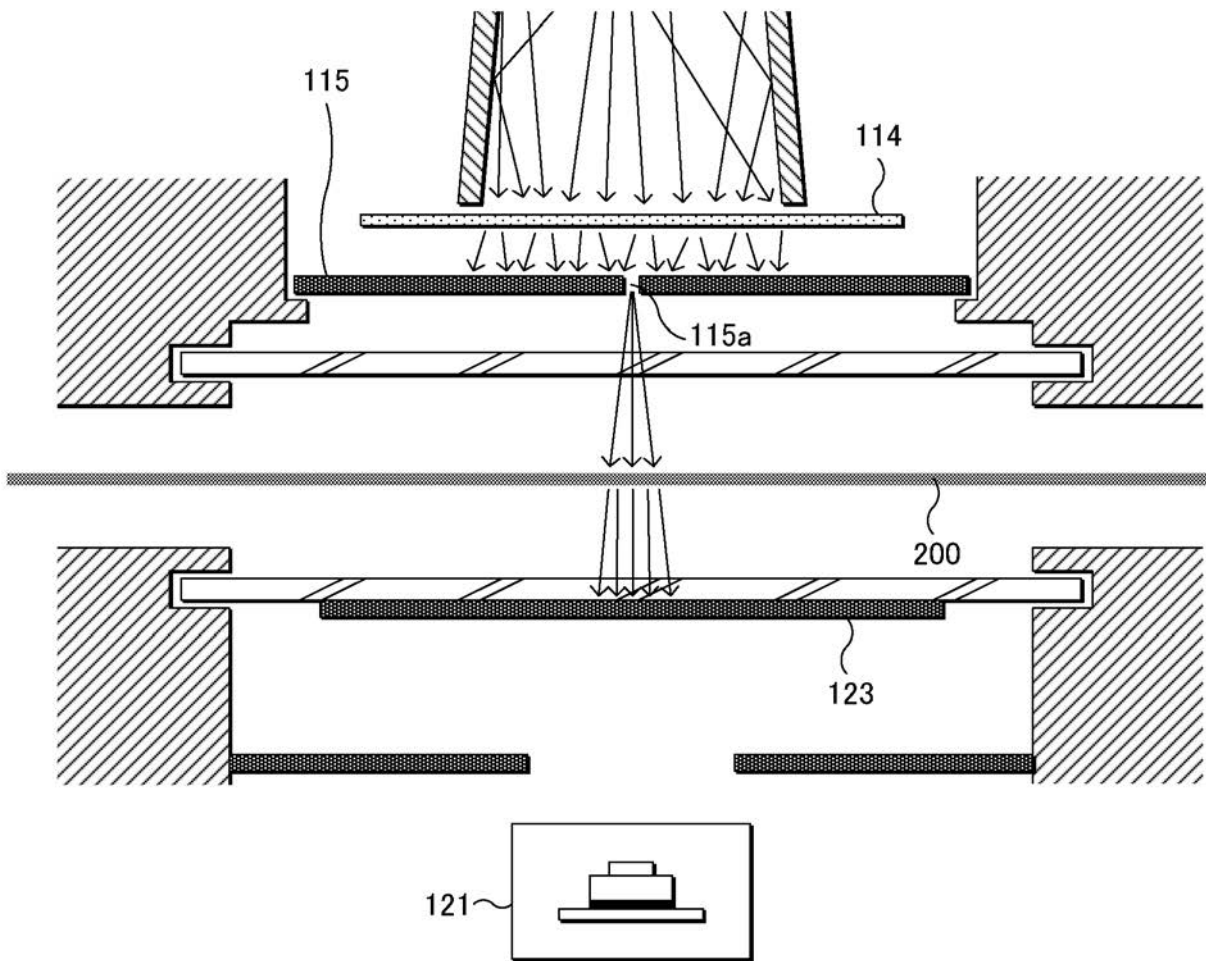
(d)



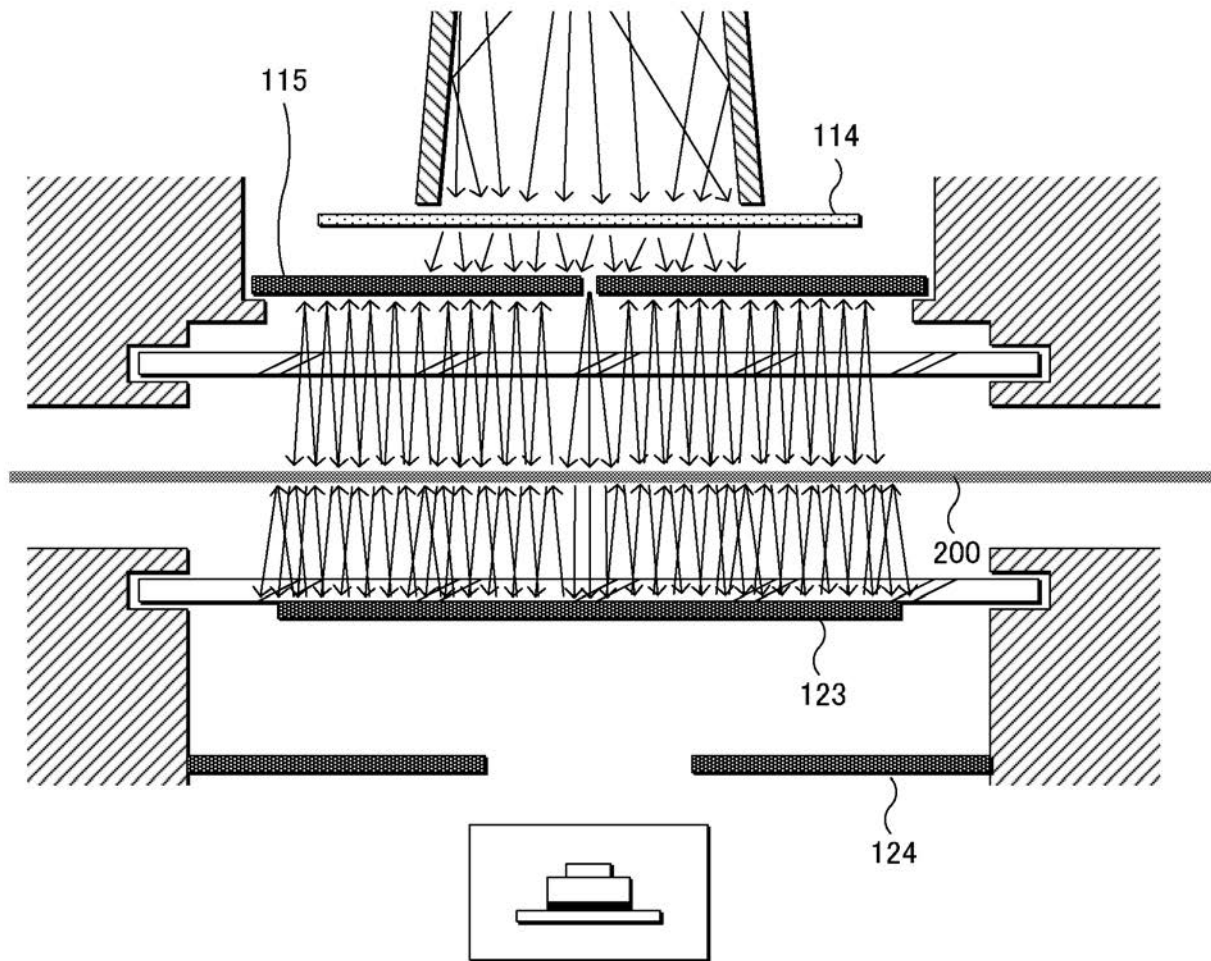
【 図 3 】



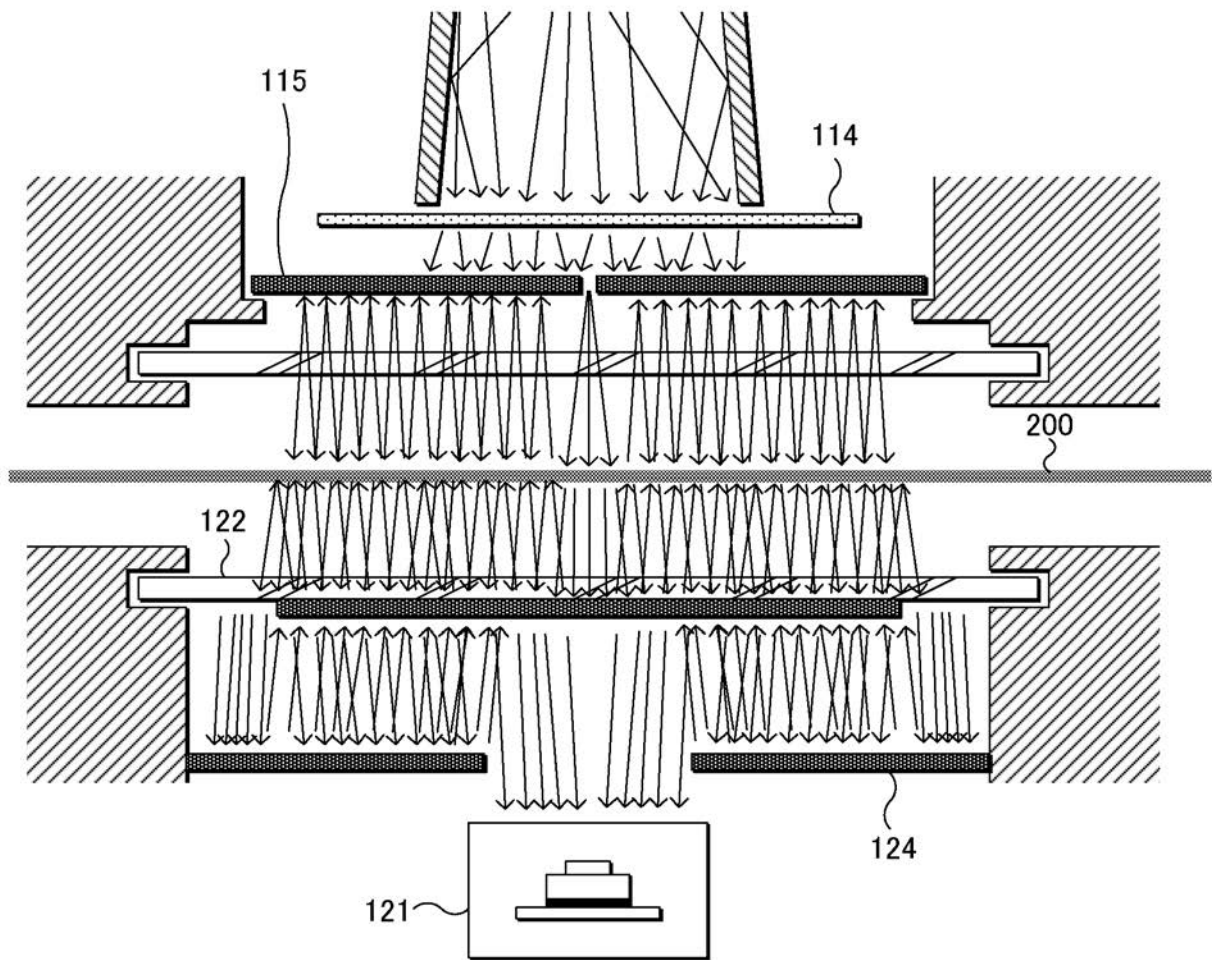
【 図 4 】



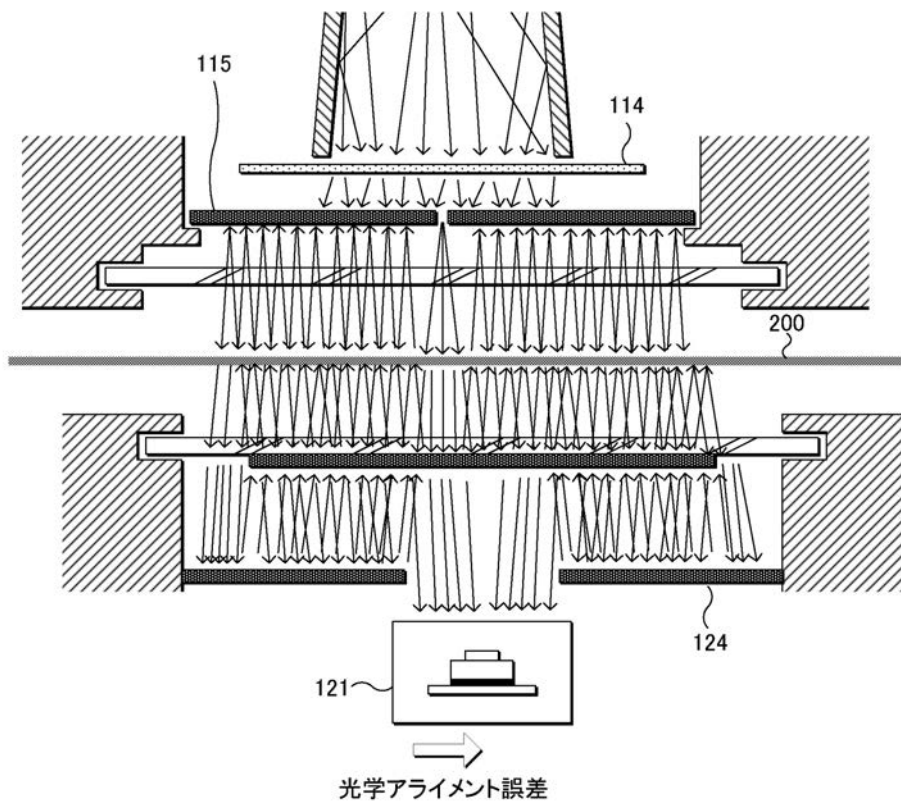
【 図 5 】



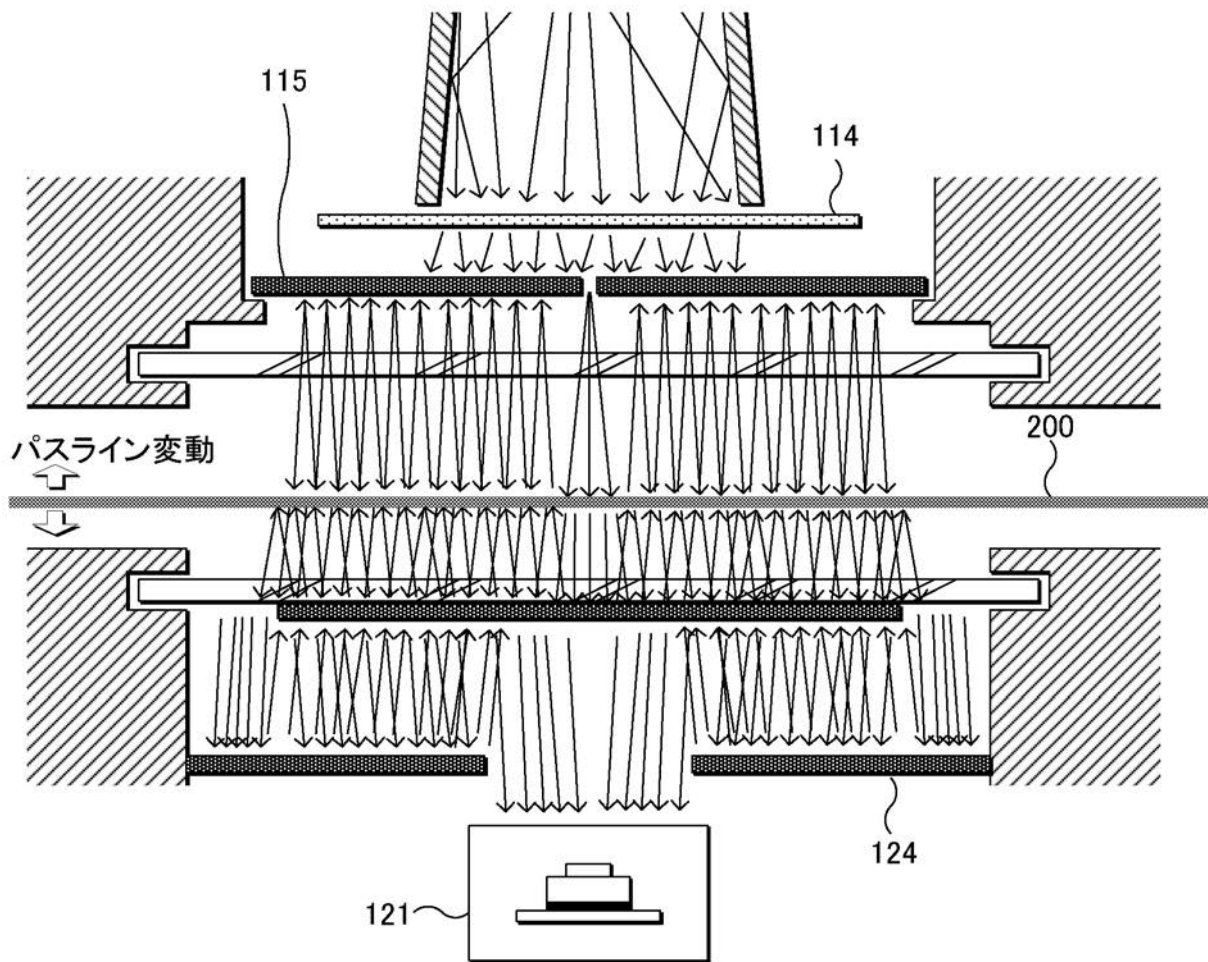
【図 6】



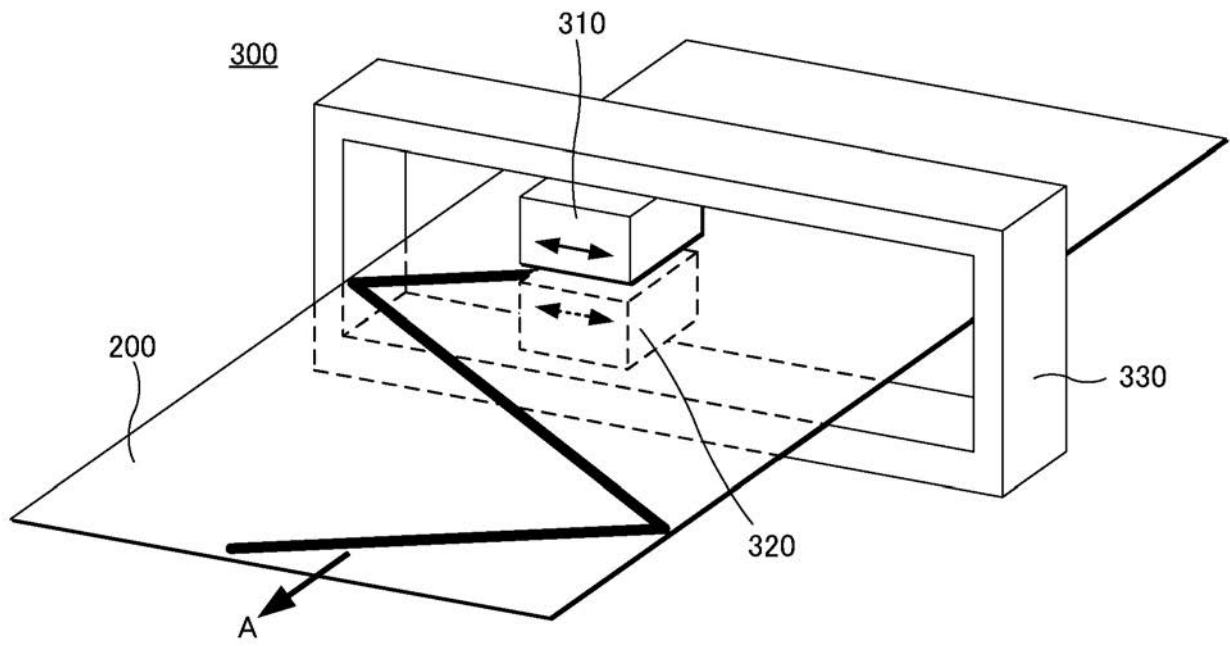
【 図 7 】



【図 8】

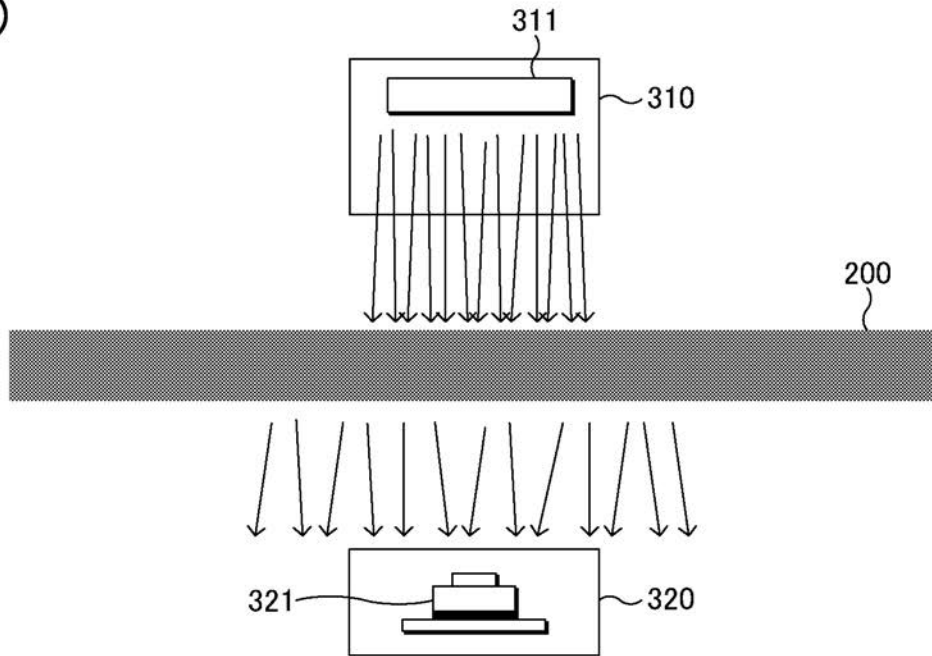


【 図 9 】

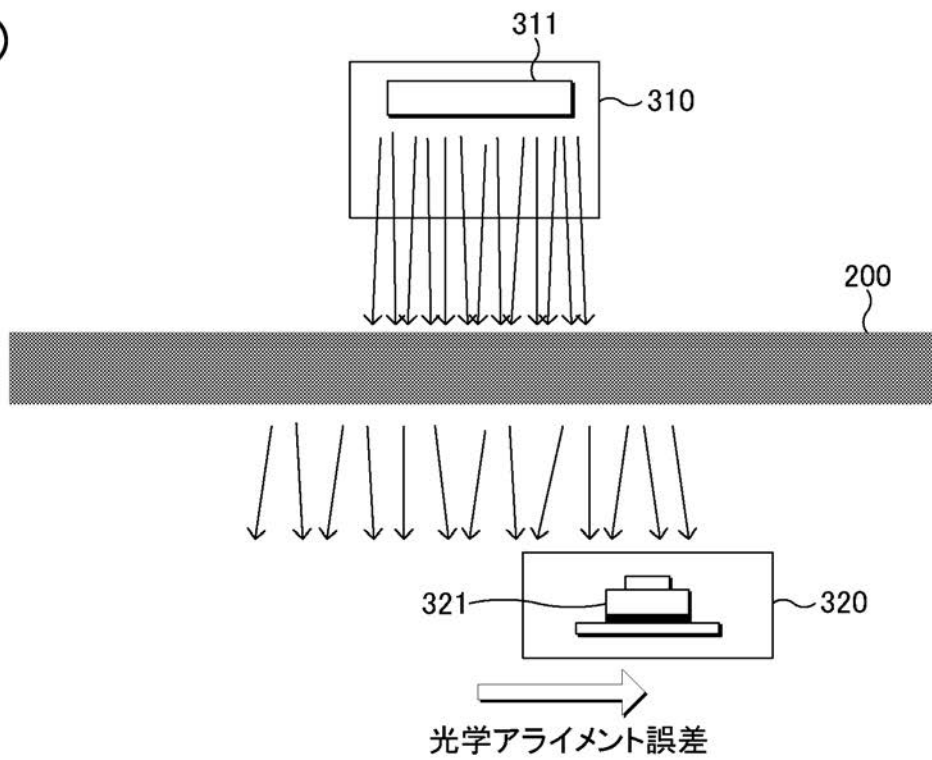


【図 10】

(a)

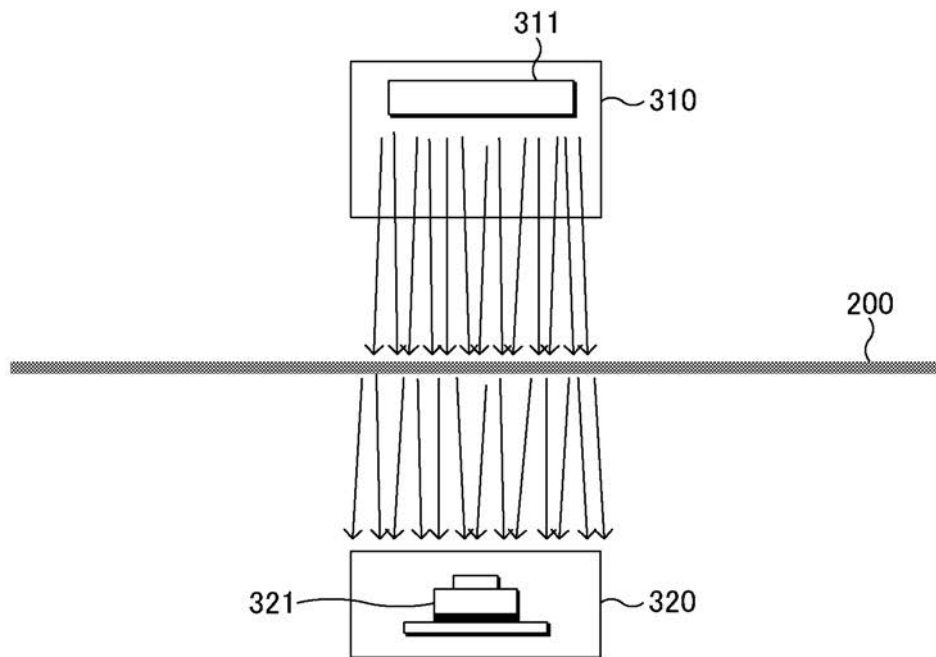


(b)



【図 1 1】

(a)



(b)

