

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-505431
(P2012-505431A)

(43) 公表日 平成24年3月1日(2012.3.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 21/06 (2006.01)	GO2B 21/06	2H052
GO2B 27/09 (2006.01)	GO2B 27/00 E	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2011-531133 (P2011-531133)
 (86) (22) 出願日 平成21年10月7日 (2009.10.7)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年4月7日 (2011.4.7)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/059780
 (87) 国際公開番号 W02010/042576
 (87) 国際公開日 平成22年4月15日 (2010.4.15)
 (31) 優先権主張番号 61/104,003
 (32) 優先日 平成20年10月9日 (2008.10.9)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 598041463
 ジーイー・ヘルスケア・バイオサイエンス
 ・コーポレーション
 アメリカ合衆国ニュージャージー州088
 55-1327, ピスカタウェイ, センテ
 ニアル・アベニュー 800, ピー・オー
 ・ボックス 1327
 800 Centennial Aven
 ue, P. O. Box 1327, Pi
 scataway, New Jersey
 08855-1327, United
 States of America
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イメージングシステムにおけるビームエキスパンダの調整システム及び方法

(57) 【要約】

平行光光源と試料上で走査されるライン状照明領域を
 与えるように配置されたライン形成光学系とを有する照
 明システムと、受像システムと、倍率を変えられるよう
 に光路内で交換可能な2以上の対物レンズとを備えるラ
 イン共焦点顕微鏡システムであって、対物レンズが異な
 る開口径を有し、照明システムが、平行光光源とライン
 形成光学系との間に配置されたビーム形状変換素子であ
 って、光路内に配置された対物レンズの後側開口径に応
 じて、ライン形成光学系へと送られる平行光ビームの断
 面形状を所定の形状に選択的に変換するビーム形状変換
 素子を備える、ライン共焦点顕微鏡システム。

【選択図】 なし

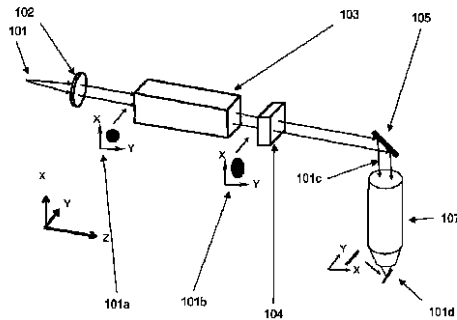


FIG. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平行光光源と試料上で走査されるライン状照明領域を与えるように配置されたライン形成光学系とを有する照明システムと、受像システムと、倍率を変えられるように光路内で交換可能な 2 以上の対物レンズとを備えるライン共焦点顕微鏡システムであって、上記対物レンズが異なる開口径を有しており、上記照明システムが、光路内に配置された対物レンズの後側開口径に応じて、ライン形成光学系へと送られる平行光ビームの断面形状を所定の形状に選択的に変換するビーム形状変換素子を平行光光源とライン形成光学系との間に含んでいる、ライン共焦点顕微鏡システム。

【請求項 2】

前記ライン形成光学系が非球面タイプのものであり、前記ビーム形状変換素子が、平行光ビームの横断面の拡がり、ライン状照明領域の拡がり方向と実質的に交差する方向に選択的に制御するように構成される、請求項 1 記載のライン走査共焦点顕微鏡。

【請求項 3】

前記ビーム形状変換素子が、2 以上のシリンダリカルレンズを含むシリンダリカルズームエキスパンダである、請求項 2 記載のライン走査共焦点顕微鏡。

【請求項 4】

前記ビーム形状変換素子が、固定入口レンズと、光路に沿って相互に移動可能な 2 つのズームレンズとを含む、請求項 3 記載のライン走査共焦点顕微鏡。

【請求項 5】

光路内に配置された対物レンズの後側開口径に応じて、ビーム形状変換素子の移動可能なレンズを所定の位置に制御するように構成された制御システムを備える、請求項 4 記載のライン走査共焦点顕微鏡。

【請求項 6】

前記ビーム形状変換素子が、各々断面形状の所定の変換を行うように構成された 2 組以上の交換可能な固定ズームレンズを備える、請求項 3 記載のライン走査共焦点顕微鏡。

【請求項 7】

前記シリンダリカルレンズの 1 以上が、平行光ビームの横断面の拡がり、ライン状照明領域の拡がり方向と実質的に平行な方向にさらに選択的に制御するように変更される、請求項 3 記載のライン走査共焦点顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、最適照明をもたらすようにイメージングシステムの照明ビームエキスパンダを調整するシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、試料の微小な関心領域を研究する際、研究者は顕微鏡を用いて試料を観察することが多い。かかる顕微鏡としては、従来の広視野、蛍光、落射蛍光又は共焦点顕微鏡がある。かかる顕微鏡の光学的構成は、通例、光源、照明光学系、対物レンズ、サンプルホルダ、結像光学系及び検出器を含んでいる。光源から放射された光は、照明光学系及び対物レンズを伝播した後、試料の関心領域を照明する。顕微鏡の対物レンズは、接眼レンズで観察できる物体の拡大像を形成するが、デジタル顕微鏡の場合には、拡大像は検出器でとらえられて、ライブ観察、データ保存及び追加の解析のためコンピュータに送られる。

【0003】

光源から送られる励起光は落射蛍光顕微鏡の対物レンズに達するが、これは理想的にはその後側開口を完全に満たすべきである。しかし、対物レンズの設計のため、これらのレンズは、異なる開口径を有する異なる開口数 (NA) を有し、一定ビーム径条件下では、後側開口を完全に満たすことができなくなることがある。対物レンズ開口のアンダーフィリングは有効 NA を小さくし、横方向及び軸方向分解能が全般的に落ち、共焦点システム

10

20

30

40

50

に対するオプティカルセクショニングの性能が低下する。対物レンズ開口のオーバーフィリングは励起エネルギーの一部しか使わないので、照明効率の低下をきたす。

【0004】

米国特許第6081371号のような先行特許文献があり、ポイント共焦点及び広視野顕微鏡に関して、従来のズームシステムを用いて、様々な対物レンズに適合するように励起ビーム径を調整することができる。これらの特許では、ビームは光軸の周りで円対称であり、ズーム光学素子もその対称性を維持している。対照的に、ライン共焦点システムでは、ビームは円対称性をもたず、特殊なズーム解決策が必要とされる。この特許に記載されているように、ポイント共焦点ズームシステムをライン共焦点顕微鏡に適用すると、著しい像の不均一性を招くので、望ましくない。

10

【0005】

米国特許第7235777号のような他の従来技術では、近一次元ズームングを達成するため複雑な設計が提案されている。しかし、この特許は、複雑な設計のため、支持されずすべての対物レンズに最適な照明システムをもたらさない。そこで、支持されずすべての対物レンズに最適な後側開口の照明をもたらす簡単な調整システムに対するニーズが存在する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第6134002号明細書

20

【特許文献1】米国特許第7235777号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の目的は、従来技術の1以上の短所を解消する新規なライン走査共焦点顕微鏡を提供することである。この目的は、独立請求項に規定するライン走査共焦点顕微鏡によって達成される。

【0008】

かかるライン走査共焦点顕微鏡の利点の1つは、従来技術よりも格段に単純な設計を用いて、広範な対物レンズに対して後側開口径の照明が改善されることである。

30

【0009】

本発明を適用できる範囲については、以下の詳細な説明から明らかになる。ただし、詳細な説明及び具体例は、本発明の好ましい実施形態を示すものではあるが、単なる例示にすぎない。本発明の技術的思想及び技術的範囲に属する様々な変形及び変更は、以下の詳細な説明から当業者には自明であろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係るシリンダリカルズームビームエキスパンダを備えるライン走査イメージングシステムのブロック図。

【図2】本発明による図1の照明システムの光線追跡概略図。

40

【図3】本発明による図1のシリンダリカルズームビームエキスパンダシステムの概略図。

【図4】シリンダリカルズームビームエキスパンダ設計のシリンダリカルレンズダブレットの3通りの相対的位置を示す図。

【図5】本発明による図1の光源からの出力ビーム幅とダブレット1、2及び3の位置との関係を示す図。

【図6】本発明による図1の受像装置の概略図。

【図7a】本発明による非球面光学系104のビームフットプリント（ズームなし）を示す図。

【図7b】本発明による試料のライン励起の光強度分布（ズームなし）を示す図。

50

【図 7 c】本発明によるシリンドリカルズームを用いた X 方向 3 × ズームでの非球面光学系 104 のビームフットプリントを示す図。

【図 7 d】本発明によるシリンドリカルズームを用いた 3 × ズームでの試料の励起ラインの略均一な光強度分布を示す図。

【図 7 e】従来のズームを用いて得られるビーム形状を対比したシミュレーション結果を示す図。

【図 7 f】従来のズームを用いて得られるビーム形状を対比したシミュレーション結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

10

以下、現時点における本発明の好ましい実施形態について、図面を参照して説明するが、図面において類似の部品には同じ符号を付した。好ましい実施形態の説明は例示にすぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0012】

20

一実施形態では、照明システムと、受像システムと、2以上の対物レンズとを備えるライン共焦点顕微鏡システムであって、照明システムがビーム形状変換素子を含んでいる、ライン共焦点顕微鏡システムを提供する。照明システムは、平行光光源（例えば、以下で詳しく説明する点光源及びコリメータ）と、試料上で走査されるライン状照明領域を与えるように配置されたライン形成光学系（例えば非球面光学部品）とを備える。受像システムは、集光光学系と、試料からの放射光を検出するように構成された検出器ユニットと、以下で詳しく説明する像形成手段とを備えている。2以上の対物レンズは、倍率を変えられるように光路内で交換可能であり、前述の通り、これらの対物レンズは異なる開口径を有する。ビーム形状変換素子は、平行光光源とライン形成光学系との間に配置され、光路内に配置された対物レンズの後側開口径に応じて、ライン形成光学系へと送られる平行光ビームの断面形状を所定の形状に選択的に変換するが、これについては以下で詳しく説明する。

【0013】

30

一実施形態では、ライン形成光学系は非球面タイプのものであり、ビーム形状変換素子は、平行光ビームの横断面の拡がり、ライン状照明領域の拡がり方向と実質的に交差する方向（図 2 の X 方向）に選択的に制御するように構成される。ビーム形状変換素子は、2以上のシリンドリカルレンズを備えるシリンドリカルズームエキスパンダであってもよく、以下の実施形態の詳細な説明に記載した通り、ビーム形状変換素子は、固定入口レンズと、光路に沿って相互に移動可能な2つのズームレンズとを備えていてもよい。かかる実施形態では、ライン走査共焦点顕微鏡はさらに、光路内に配置された対物レンズの後側開口径に応じて、ビーム形状変換素子の移動可能なレンズを所定の位置に制御するように構成された制御システムをさらに備えていてもよい。別の実施形態では、ビーム形状変換素子は、各々断面形状の所定の変換を行うように構成された2組以上の交換可能な固定ズームレンズを備えていてもよい。

【0014】

40

一実施形態では、シリンドリカルレンズの1以上は、平行光ビームの横断面の拡がり部分を、さらにライン状照明領域の拡がり方向と実質的に平行な方向（すなわち図 2 の Y 方向）に選択的に制御するように変更される。これによって、様々な対物レンズに対する後側開口の照明形状をさらに最適化できる。

【0015】

図 1 に、シリンドリカルズームビームエキスパンダシステムを備えるライン走査顕微鏡システムの一実施形態の基本部品のブロック図を示す。開示した顕微鏡システム 100 は、光源 101、コリメータ 102、シリンドリカルズームビームエキスパンダシステム 103、非球面光学系 104、ビーム屈折光学系 105、対物レンズ 107、試料 109、サンプルホルダ 111、ステージ 113、チューブレズ 115、光学検出器 117、任意構成要素としての通信リンク 119 及び任意構成要素としてのコンピュータ 121 を備

50

える。

【0016】

光源101は、ランプ、レーザ、複数のレーザ、発光ダイオード(LED)、複数のLED、又は光ビーム101aを発生させる当業者に公知の任意のタイプの光源であればよい。光ビーム101aは光源101から放射され、コリメータ102、シリンダカルズームビームエキスパンダシステム103、非球面光学系104、ビーム屈折光学系105及び対物レンズ107を伝播して、試料109を照明する。試料109は、生きた生物、生体細胞、非生物試料などである。非球面光学系104は、光ビーム101aを試料でのライン状ビームへと変換するように構成されたパウエルレンズなどでよい。ビーム屈折光学系105は、光ビーム101aを対物レンズ107の後側開口に送るとともにビームを走査するように構成された走査ミラーなどである。試料を様々な倍率で観察するために、顕微鏡は、倍率の異なる(例えば、10x及び20xなど)2以上の対物レンズ107を備える。試料109から放射又は反射された光は対物レンズ107で集光され、試料109の像が典型的チューブレズ115によって光学検出器117上に形成される。光学検出器117は、光電子増倍管、電荷結合素子(CCD)、相補型金属酸化物半導体(CMOS)画像検出器、又は当業者に利用される任意の光学検出器でよい。光学検出器117は、適宜、通信リンク119によってコンピュータ121に電氣的又は無線接続される。別の実施形態では、光学検出器117に代えて、対物レンズ107と共に中間画像をさらに拡大して試料詳細が観察できるように作用する典型的な顕微鏡アイピース又は接眼レンズを用いてもよい。試料109はサンプルホルダ111上に載置されるが、サンプルホルダ111は、典型的なマイクロタイプレート、顕微鏡スライド、チップ、ガラスプレート、ペトリ皿又は任意のタイプのサンプルホルダでよい。

10

20

【0017】

別の実施形態では、顕微鏡システム100を、適宜、通信リンク119によって従来のコンピュータ121に電氣的又は無線接続してもよい。通信リンク119は、例えばLAN、無線LAN、ワイドエリアネットワーク(WAN)、USB、Ethernet(登録商標)リンク、光ファイバなど、自動顕微鏡システム100とコンピュータ121とのデータ転送を容易にすることができる任意のネットワークでよい。顕微鏡は複数の対物レンズ107を有していてもよい。コンピュータ121を画像検出装置ということもある。本発明の別の実施形態では、画像検出装置121をデジタル顕微鏡100の内部に配置してもよい。画像検出装置121は、光学検出器117から試料109の画像を受信し、標準的な画像処理ソフトウェアプログラム、アルゴリズム又は方程式を用いて画像を表示、保存又は処理することのできる典型的なコンピュータとして動作する。

30

【0018】

顕微鏡システム100の概略を図1に示すが、その基本部品しか示していない。

【0019】

図2は、図1の顕微鏡を光ビーム101aの観点から示したものであり、顕微鏡の光路に沿ったビームプロファイルを示すためX及びY方向の複数の光線で表す。光源101から放射される光錐はコリメータ102でコリメートされ、平行光ビームを形成する。平行光ビーム101aがシリンダカルズームビームエキスパンダ103(例えば、図3及び図4に示すもの)を通過する際に、ビームはX方向にのみ拡大(縮小)される。Y軸方向のビームプロファイルは一定のままである。この種のプロファイル拡大(又は縮小)は円形ビームを楕円形101bに変える。次いで、非球面光学系(AO)部品104(例えばパウエルレンズ)がビームを45度走査反射光学系(SRO)105上に集束し、ビームをY方向に反射して対物レンズに向ける。ミラーで反射された後のビームの形状は楔101cに似ている。Y方向に角度分散されるが、X方向の平行度は保つ。対物レンズ107は最終的に、非球面光学系104で予備調整されたビームをY方向の均一励起ライン101dとして試料上に集束する。試料上での励起ラインの均一性は、図7a~7fに示すように、非球面光学系104及びビームエキスパンダ設計103によって大きく左右される。

40

【0020】

50

一般に、非球面光学系 104 は調整できないので、X 方向のビーム寸法を調整するシステムを設けるのが望ましい。シリンダカルズームビームエキスパンダがこのようなシステムである。走査光学系と対物レンズとの距離を適切な値に定めることによって、Y 方向における対物レンズ後側開口のビームフィリングを常に選択することができる。X 方向では、対物レンズの後側開口のフィリング状態は基本的に同方向のビーム寸法によって決まる。

【0021】

図 3 は、本発明に係るシリンダカルズームエキスパンダシステム 103 の一実施形態の概略図である。図 3 のシリンダカルズームビームエキスパンダは、3 つのシリンダカルダブレット 301、303 及び 305 からなる。全体的設計は逆ガリレオ式に類似しており、レンズのシリンダカル設計のため一方向だけで機能する。第 1 のダブレット 301 は負シリンダカルレンズである。第 2 のダブレット 303 及び第 3 のダブレット 305 は正シリンダカルレンズをなし、それらの間隔をズーム機構 505 で変えることによって焦点距離を調整することができる。幾何光学の諸法則から導かれる関数に従ってダブレット 2 及び 3 を移動させことによって、ビーム幅を X 方向に拡大することができる。

10

【0022】

図 3 に、ズーム制御システムの概略を示すが、典型的な制御装置 501 にコンピュータ 121 又はコンピュータ 203 が接続されており、1 以上のズーム駆動部 503 を制御するように構成されている。ズーム駆動部 503 は、ステップモータ、直流 (DC) モータ、サーボモータ、圧電モータ又はソレノイドであってもよい。このズーム駆動部 503 はズーム機構 505 を駆動するように構成され、ズーム機構 505 は、典型的な機械式ギア (全又は部分ギア)、ベルト又はチェーンシステム、ベルト/プーリ、摩擦式スピンドル、フリクションドライブ、その他当業者に公知の機構でよい。

20

【0023】

ここでのズーム機構 505 は、ダブレット 2 (303) 及びダブレット 3 (305) に取り付けられており、3 つのシリンダカルダブレット 1、2 及び 3 の間の距離を制御するのに用いられる。

【0024】

図 4 に、シリンダカルズームビームエキスパンダの代表的なモデルを様々な対物レンズに対応した 3 通りのズーム位置で示す。その他のシリンダカルズームビームエキスパンダ設計の実施形態も可能である。

30

【0025】

本発明の別の実施形態では、図 5 に示すように、ダブレット 1、2 及び 3 の相対的位置とシリンダカルビームエキスパンダからの X 方向の出力幅との関係を図解するが、Y 方向のビーム幅は基本的に変わらない。この例では、入力ビームの幅は 3 mm であり、ダブレット 2 と 3 の位置を同時に調整することによって出力ビームの幅を 10.4 mm 超まで大きくすることができる。例えば、出力ビーム幅を 8.7 mm にする必要があるときは、ダブレット 1 と 2 との距離が 3.3 mm、ダブレット 2 と 3 との距離が 120 mm となるようにダブレット 2 及び 3 を位置決めすべきである。

【0026】

図 6 に、図 1 のシリンダカルズームビームエキスパンダシステムの受像装置の概略図を示す。コンピュータ 121 は受像装置 203 として知られ、従来のコンピュータに付随する典型的な部品を備える。受像装置 203 は、像伝達システム 100 に格納してもよい。受像装置 203 は、プロセッサ 203 a、入力/出力 (I/O) 制御装置 203 b、大容量記憶装置 203 c、メモリ 203 d、ビデオアダプタ 203 e、上記システム部品をプロセッサ 203 a に動作可能に電氣的又は無線接続する接続インターフェース 203 f 及びシステムバス 203 g を備える。また、システムバス 203 g は、典型的なコンピュータシステム部品をプロセッサ 203 a に動作可能に電氣的又は無線接続する。プロセッサ 203 a は、処理装置、中央演算処理装置 (CPU)、複数の処理装置又は並列処理装置であってもよい。システムバス 203 g は、従来のコンピュータに付随する典型的なバ

40

50

スであってもよい。メモリ203dとしては、読み出し専用メモリ(ROM)及びランダムアクセスメモリ(RAM)がある。ROMは、基本ルーチンを含む典型的な入力/出力システムを備えており、起動時にコンピュータの部品間の情報転送に資する。

【0027】

入力/出力制御装置203bは、バス203gによってプロセッサ203aに接続されており、入力/出力制御装置203bはインターフェースとして機能し、GUI及び入力装置204(キーボード及びポインティングデバイスなど)を通してユーザがコマンド及び情報をコンピュータに入力することができる。利用される典型的なポインティングデバイスは、ジョイスティック、マウス、ゲームパッドなどである。ディスプレイ206は、ビデオアダプタ203eによってシステムバス203gに電氣的又は無線接続される。ディスプレイ206は、典型的なコンピュータモニタ、プラズマテレビ、液晶ディスプレイ(LCD)、又はコンピュータ121で生成した文字及び/又は静止画像を有する任意の装置でよい。コンピュータ203のビデオアダプタ203eの次は、接続インターフェース203fである。接続インターフェース203fは、前述の通り通信リンク119によって光学検出器117に接続されるネットワークインターフェースであってもよい。また、受像装置203はネットワークアダプタ又はモデムを備えていてもよく、受像装置203を他のコンピュータに接続することができる。

10

【0028】

メモリ203dの上は大容量記憶装置203cであり、1.ハードディスクへの読み出し及び書き込みのためのハードディスクドライブ部品(図示せず)及びハードディスクドライブインターフェース(図示せず)、2.磁気ディスクドライブ(図示せず)及び磁気ディスクドライブインターフェース(図示せず)、3.リムーバブル光ディスク(例えばCD-ROM又は他の光媒体)への読み出し又は書き込みのための光ディスクドライブ(図示せず)及び光ディスクドライブインターフェース(図示せず)が挙げられる。上述のドライブ及びそれらに関連するコンピュータ可読媒体は、コンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュールその他のコンピュータ203用のデータの揮発性記憶を与える。また、上述のドライブは、本発明のシリンドリカルズームビームエキスパンダのダブレット調整のためのアルゴリズム、ソフトウェア又は方程式を有するという技術的作用も有する。さらに、上述のドライブは、以下に示すビームフィリング表に含まれる。このビームフィリング表は、対物レンズ、レンズ開口、対物レンズの開口を満たすのに必要なビーム幅、ダブレット1位置、ダブレット2位置及びダブレット3位置を含む。

20

30

【0029】

シリンドリカルズームビームエキスパンダシステム103又はダブレットの調整のためのソフトウェアプログラムには、シリンドリカルズームビームエキスパンダグラフィカルユーザインターフェース(GUI)があってもよい。シリンドリカルズームビームエキスパンダグラフィカルユーザインターフェースは、コンピュータユーザがコンピュータ203と容易にやりとりできるように設計されたソフトウェアプログラムである典型的なGUIと同じ機能の一部を有する特別にプログラムされたGUIであってもよい。シリンドリカルズームビームエキスパンダGUIは、1.対物レンズ倍率(2x、4x、10x、20x、40x及び60xなど)、2.各対物レンズに関するレンズ開口(2x、4x、10x又は20x対物レンズについて20~10mm、例えば40xで6mm、60xで4.7mmなど)、3.ビーム101aの初期ビームサイズ及びビーム101aの出射ビームサイズ、4.様々な対物レンズに対するダブレット位置、を表示するスクリーンショットを備えていてもよい。

40

【0030】

図4に、3組のレンズダブレットに対する3通りの位置の例を示すが、これらはシリンドリカルズームビームエキスパンダシステムで用いられる様々な相対的位置にあり、異なるビームサイズが得られる。各ダブレットは、互いに接着した2枚のレンズ又は2枚のガラス片からなる。ダブレット301は1枚の凹レンズと1枚の凸レンズを接着したものであり、負シリンドリカルレンズである。ダブレット303及び305は2枚の凸レンズを

50

接着したものであり、正シリンドリカルレンズであって、それらの距離を変えることによって焦点距離を調整できる。これらのダブレットを用いて、シリンドリカルズーム光束エクパンダシステム103の第1の端部103aから入射し、その第2の端部103bから出射する図1の光束101aを拡大する。光束101aはX方向にしか拡大されないため、その形状は、シリンドリカルズーム光束エクパンダシステム103に入るときは円形から、シリンドリカルズーム光束エクパンダシステム103を出るときは楕円形に変わる。ダブレット301と303及びダブレット303と305の距離によって、シリンドリカルズーム光束エクパンダシステム103から出る光束101aのサイズが決まる。開示した実施形態では、シリンドリカル光束エクパンダは拡大縮小自在な装置であり、広範な対物レンズに対して所望の光束形状が得られるように制御できる。別の実施形態では、シリンドリカル光束エクパンダは、1組の固定光束エクパンダレンズの組合せからなり、倍率を変えるための対物レンズの交換と同様に、光束経路内に選択的に挿入すればよい。

10

【0031】

制御ソフトウェアアプリケーションでは、シリンドリカルズーム光束エクパンダの状態は、ユーザが選択した対物レンズ107に応じて制御される。一実施形態では、コンピュータ203の大容量記憶装置203cは、以下の例示的な表に示すような対物レンズ107開口に関連する光束フィリング表を含む。

【0032】

【表1】

20

対物レンズ	2, 4, 10 及び 20X	40X	60X
レンズ開口	10 - 20 mm	6 mm	4.7 mm
光束寸法	10 mm	8 mm	6.5 mm
ダブレット2 位置	70 mm	35 mm	3 mm
ダブレット3 位置	168 mm	95 mm	75 mm

30

【0033】

図7A及び7Bは、非球面光学系104の光束フットプリント（ズームなし）と試料のライン励起光強度分布（ズームなし）を示す。試料109の均一なライン照明は、非球面光学系104を対物レンズ107と併用したときに得られる。非球面光学系104はY方向にしか作用しないため、試料109上でのy方向の集束光束分布は非球面光学系104によって決まる。試料109でのX方向の幅は2 μ mであり、Y方向の幅は0.6mmである。ズームレンズがなければ、y方向の光束幅がAOとうまく機能するようにコリメータを選択しなければならない。図7Aは、AO入射口での入力光束図を示す。試料上での集束光束線のY方向に沿った強度プロファイルを図7Bに示すが、ライン強度分布は略均一である。この場合の問題は、X方向の光束幅が小さくて、対物レンズの開口を満たさないことであり、試料の集束ライン幅は2 μ mで、完全に満たした場合の2分

40

50

の 1 に満たない。

【 0 0 3 4 】

図 7 C 及び 7 D は、X 方向に 3 × ズームしたときの非球面光学系 1 0 4 のビームフットプリントと、シリンダリカルズームを用いて 3 × ズームしたときの試料上での励起ラインの略均一な光強度分布を示す。試料 1 0 9 での X 方向の線幅は 1 μm であり、Y 方向の幅は 0 . 6 mm である。シリンダリカルズームレンズを用いると、y 方向のビーム幅は一定のまま保たれ、非球面光学系 1 0 4 とうまく機能する。図 7 C は、非球面光学系 1 0 4 入射口での入力ビーム図を示す。X 方向の入力ビーム幅は、非球面光学系の入射開口を満たした。X 方向のビーム幅の増大によって、対物開口でのフィリングが増し、試料 1 0 9 上でシャープな集束レーザライン照明が得られる。試料上での集束ビーム線の強度プロファイルを図 7 D に示すが、ライン強度分布は略均一である。ここに示す数値の例は、単に例示のためのものにすぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

10

【 0 0 3 5 】

図 7 E 及び 7 F は、ズームの使用の有無による性能を対比する数値シミュレーション結果を示す。従来のズームレンズを用いると、ビーム幅は x 及び y 両方向で増大した。試料 1 0 9 での X 方向の幅は 1 μm であり、Y 方向の幅は 0 . 6 mm である。非球面光学系 1 0 4 では y 方向のビーム幅が適切に調整されないため、試料 1 0 9 上でのライン照明は様でなくなる。図 7 E は、非球面光学系 1 0 4 入射口での入力ビーム図を示す。入力ビームは、非球面光学系 1 0 4 の入射開口を満たす。しかし、Y 方向のビーム幅が増大するため、図 7 F に示すように試料上で不均一な照明を生じ、ライン照明強度分布は均一ではない。

20

【 0 0 3 6 】

本発明は、最適照明をもたらすようにイメージングシステムの照明ビームを調整するシステムを提供する。ユーザは、光源から試料に送られる光ビームを拡大・縮小することができる。光源から放射される光ビームの拡大によって、ユーザは試料の像を観察することができるが、後側開口が照明されるので試料の全体像が示される。ユーザは、試料の像を観察するためにどの対物レンズを用いるかに関係なく、システムの光スルーput 及び開口数を最適化することができる。こうして、支持されている対物レンズすべてについて後側開口の十分な照明をもたらす簡単な調整システムがユーザに提供される。

30

【 0 0 3 7 】

現時点での本発明の好ましい実施形態について、図面を参照して説明してきた。図面では、類似の部品は同じ符号を付した。好ましい実施形態の説明は例示にすぎず、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【 0 0 3 8 】

以上、本発明について特定の実施形態を例にとって説明してきたが、当業者には自明であろうが、特許請求の範囲に記載された本発明の技術的思想及び技術的範囲から逸脱せずに、本発明の様々な変更及び変形をなすことができる。

【 図 1 】

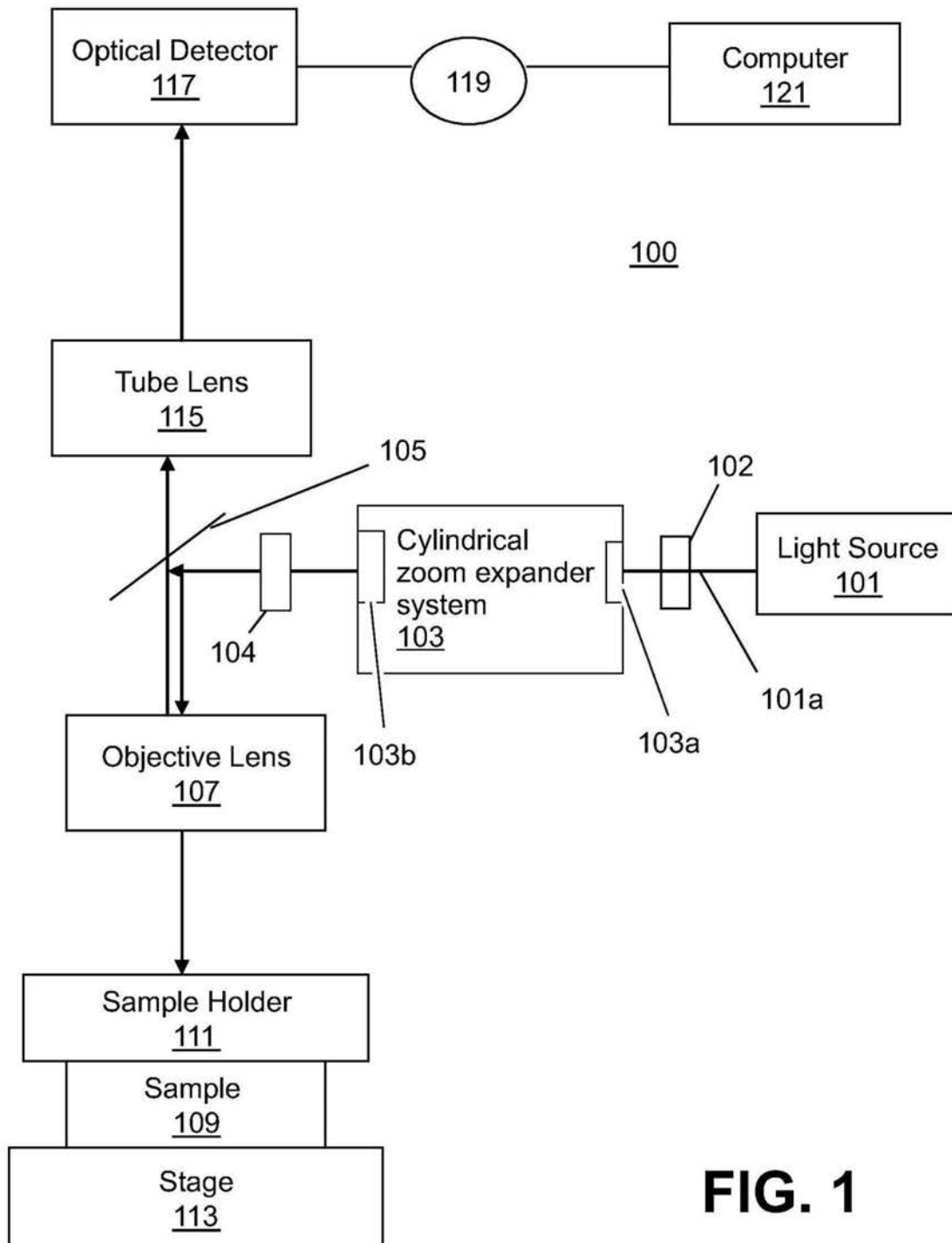


FIG. 1

- | | |
|-----|--------------------|
| 117 | 光学検出器 |
| 121 | コンピュータ |
| 115 | チューブレンズ |
| 103 | シリンジカルズームエクパンダシステム |
| 101 | 光源 |
| 107 | 対物レンズ |
| 111 | サンプルホルダ |
| 109 | 試料 |
| 113 | ステージ |

【 図 2 】

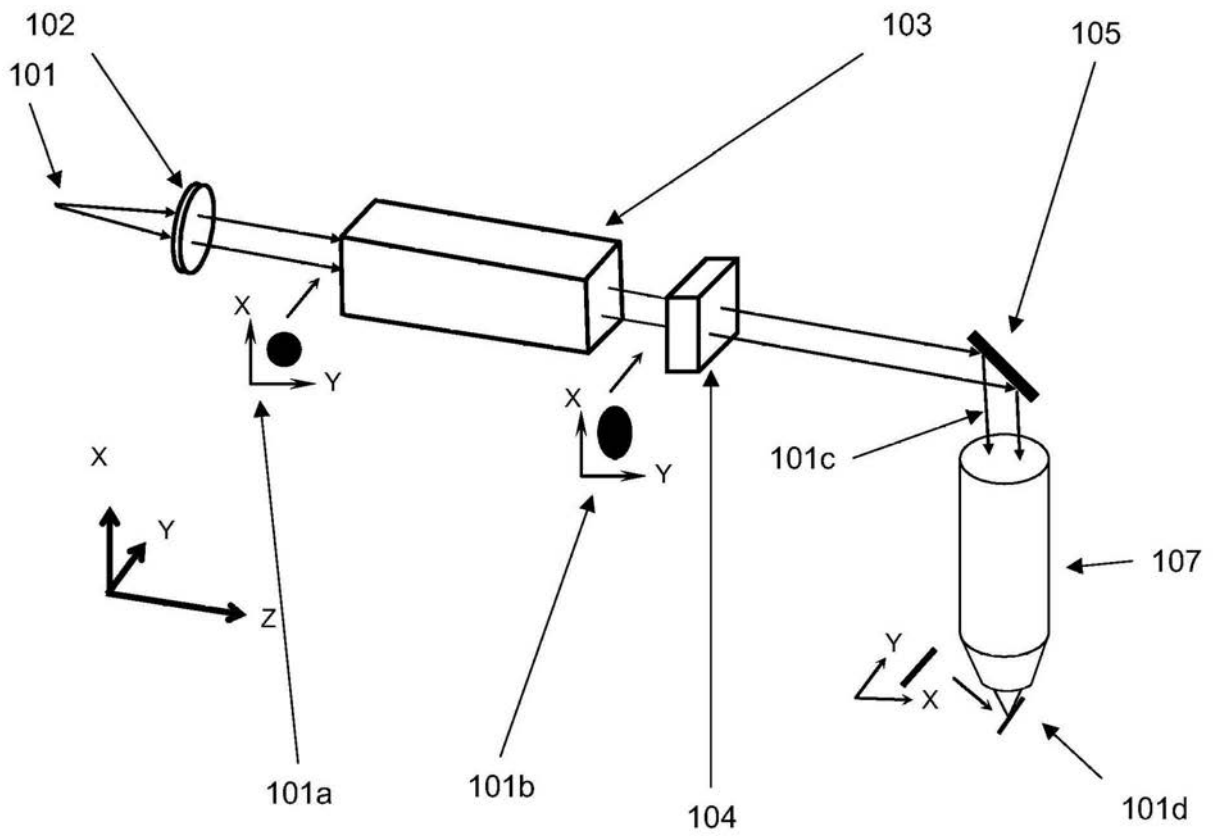


FIG. 2

【 図 3 】

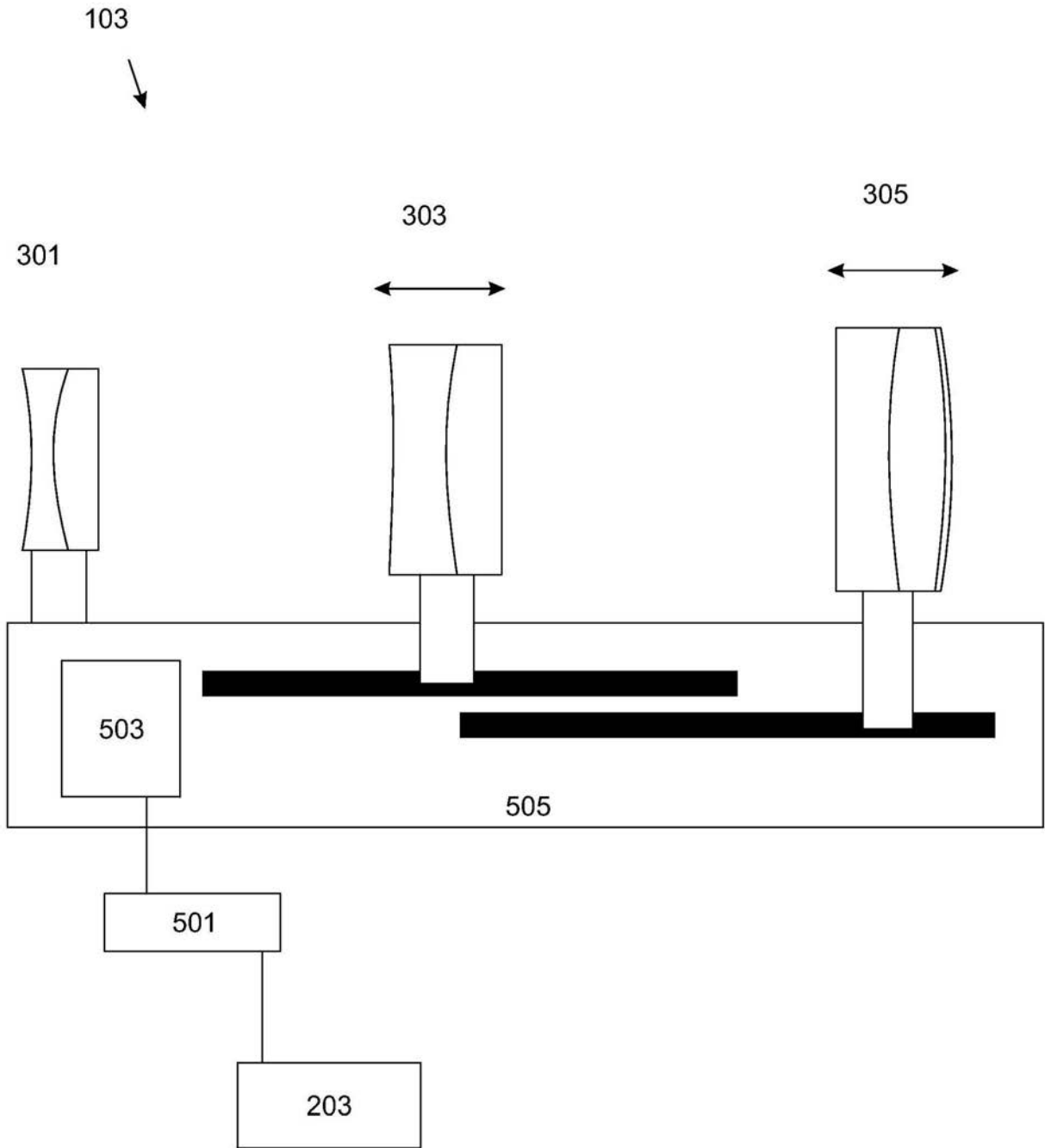


FIG. 3

【 図 4 】

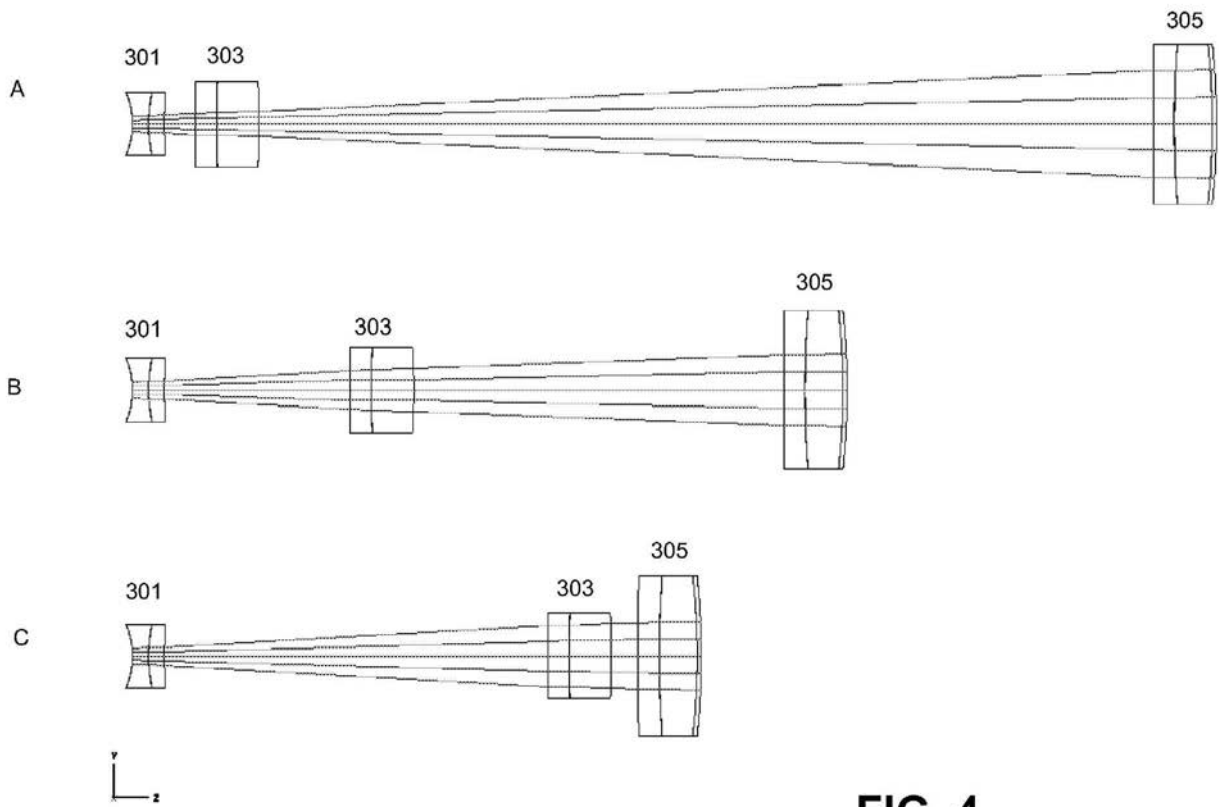


FIG. 4

【 図 5 】

素子位置とX方向ビーム幅との関係

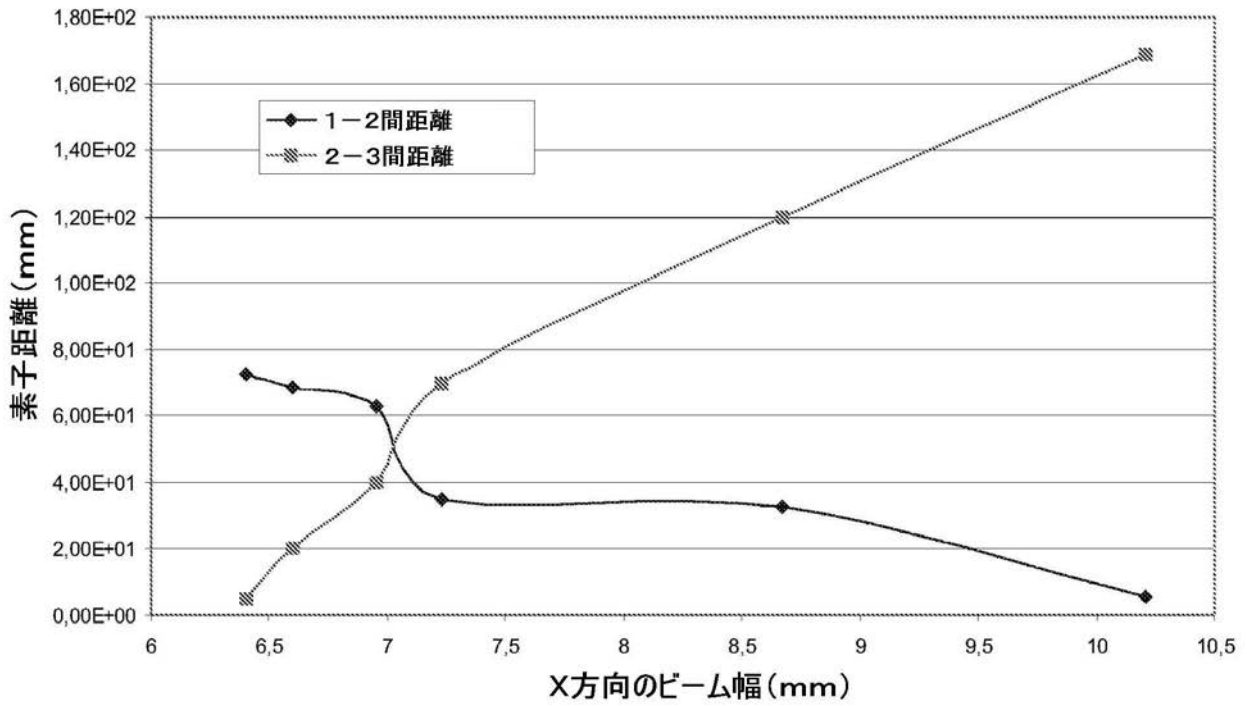


Fig. 5

【 図 6 】

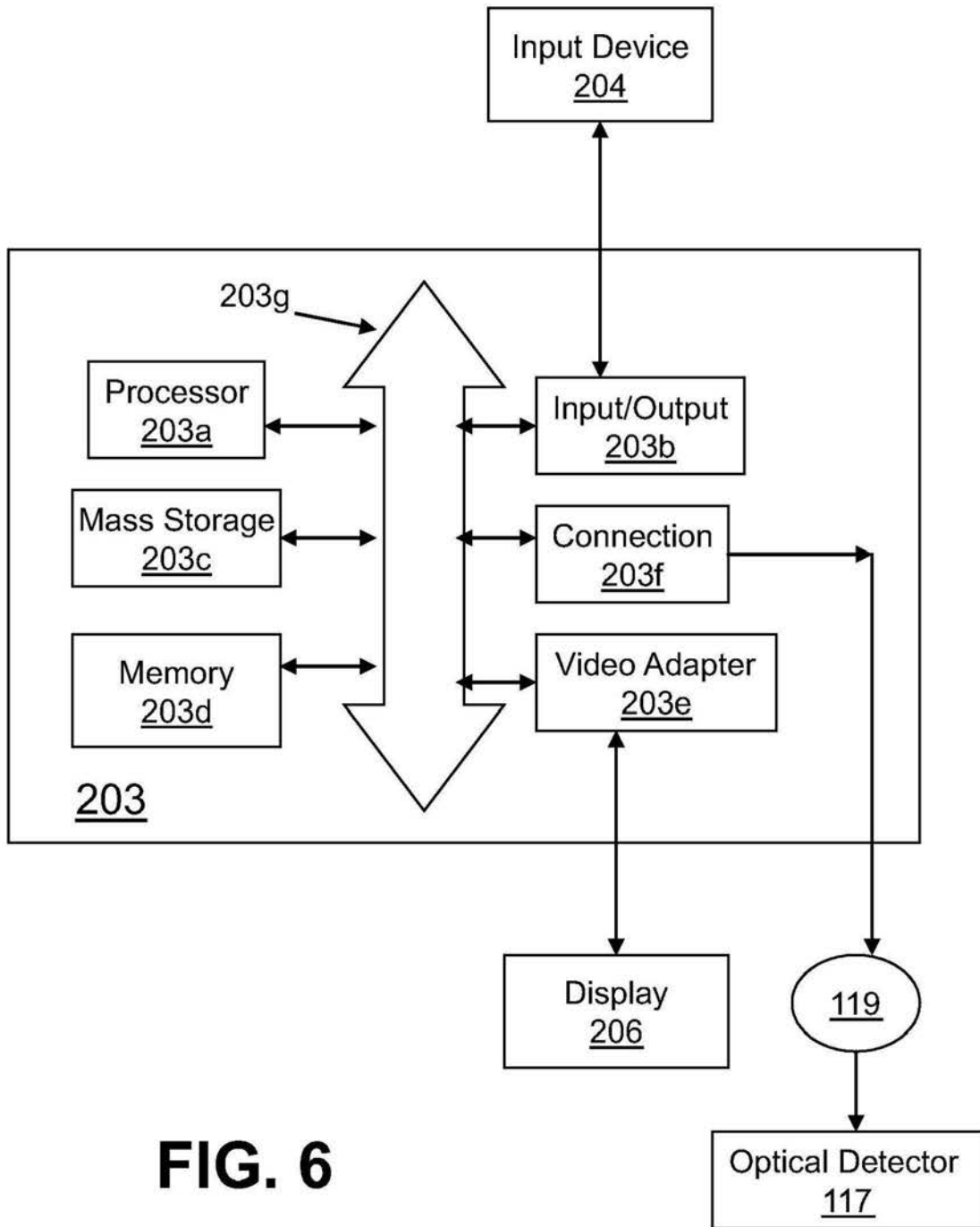


FIG. 6

- 204 入力装置
- 203a プロセッサ
- 203c 大容量記憶装置
- 203d メモリ
- 203b 入力／出力
- 203f 接続
- 203e ビデオアダプタ
- 206 ディスプレイ
- 117 光学検出器

【 図 7 a 】

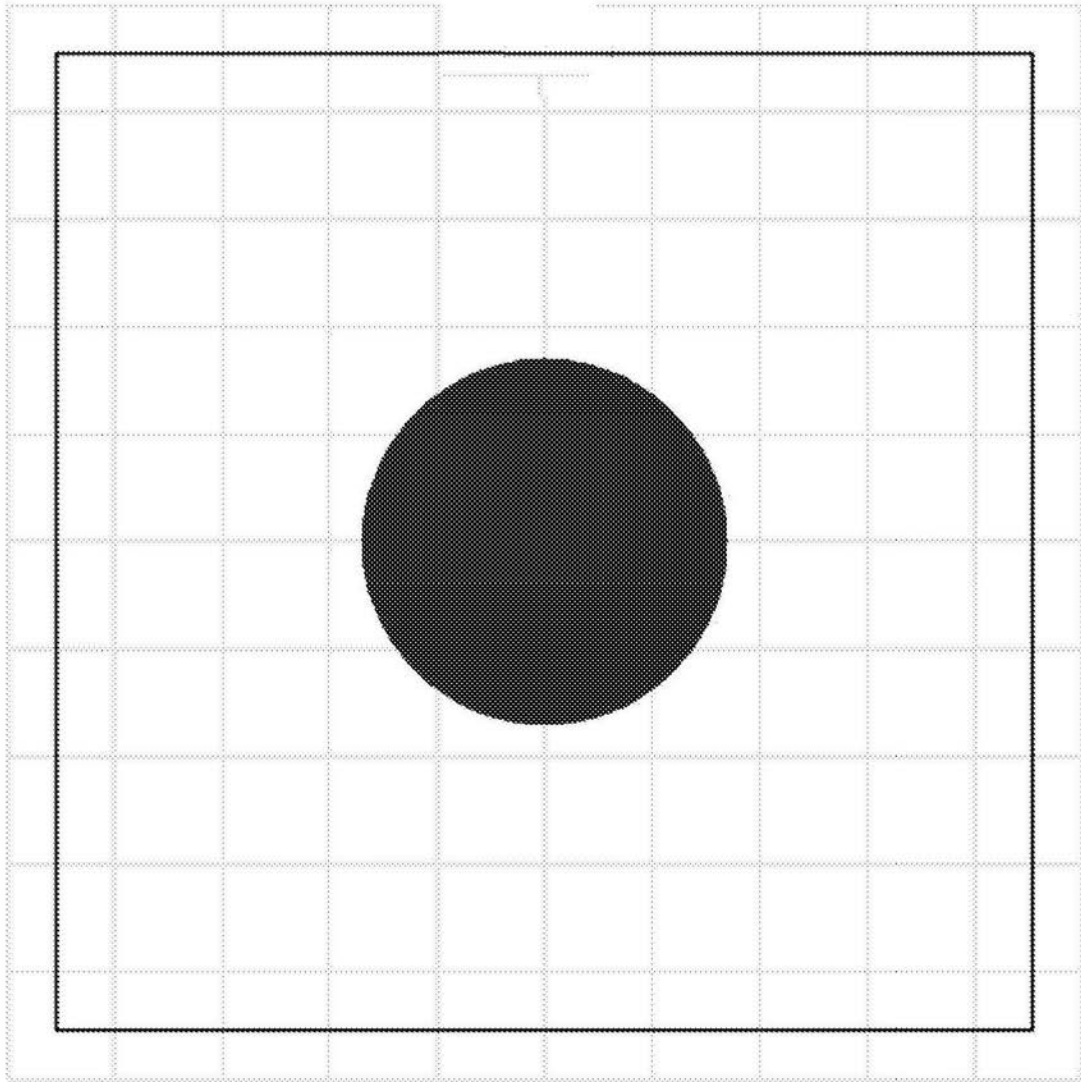


Fig. 7a

【 図 7 b 】

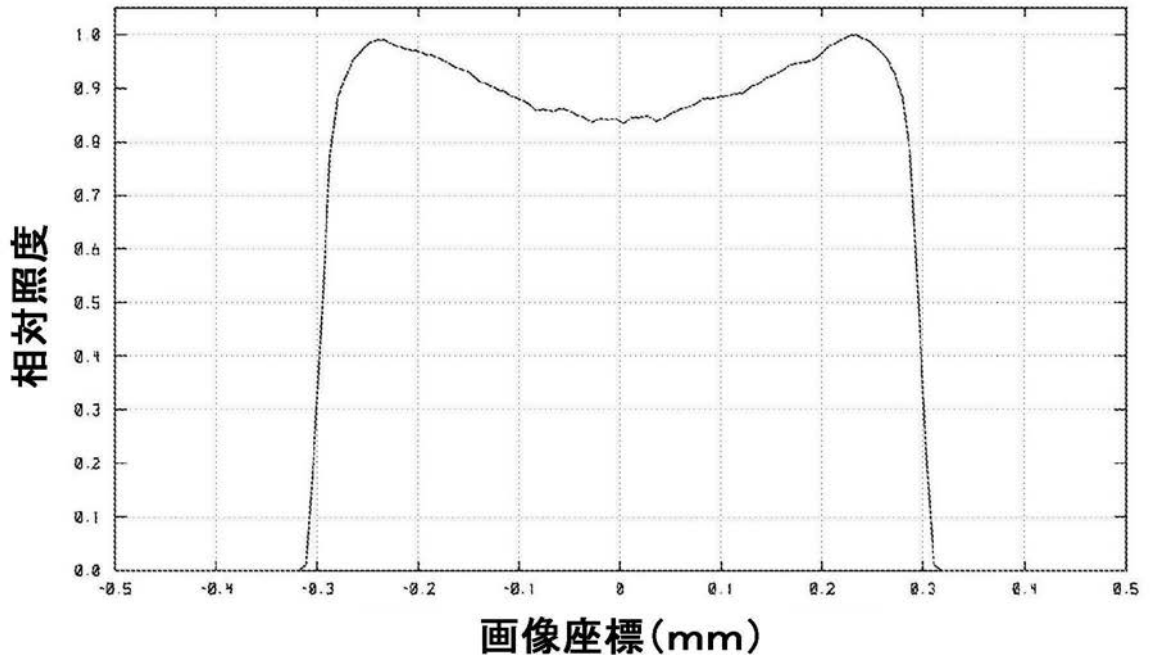


Fig. 7b

【図 7 c】

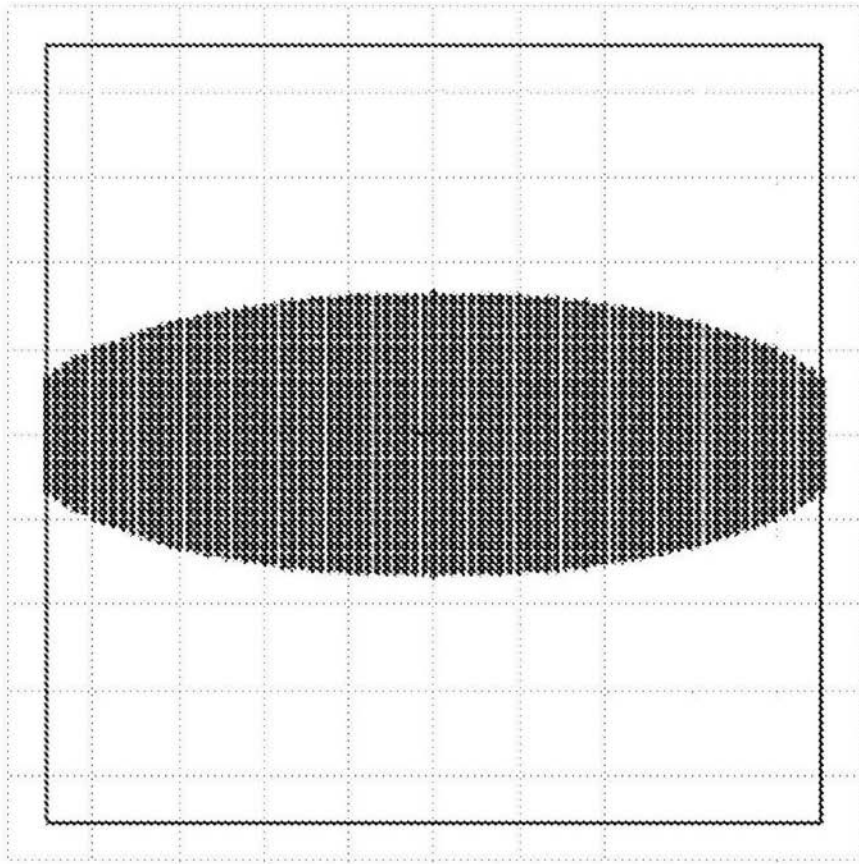


Fig. 7c

【 図 7 d 】

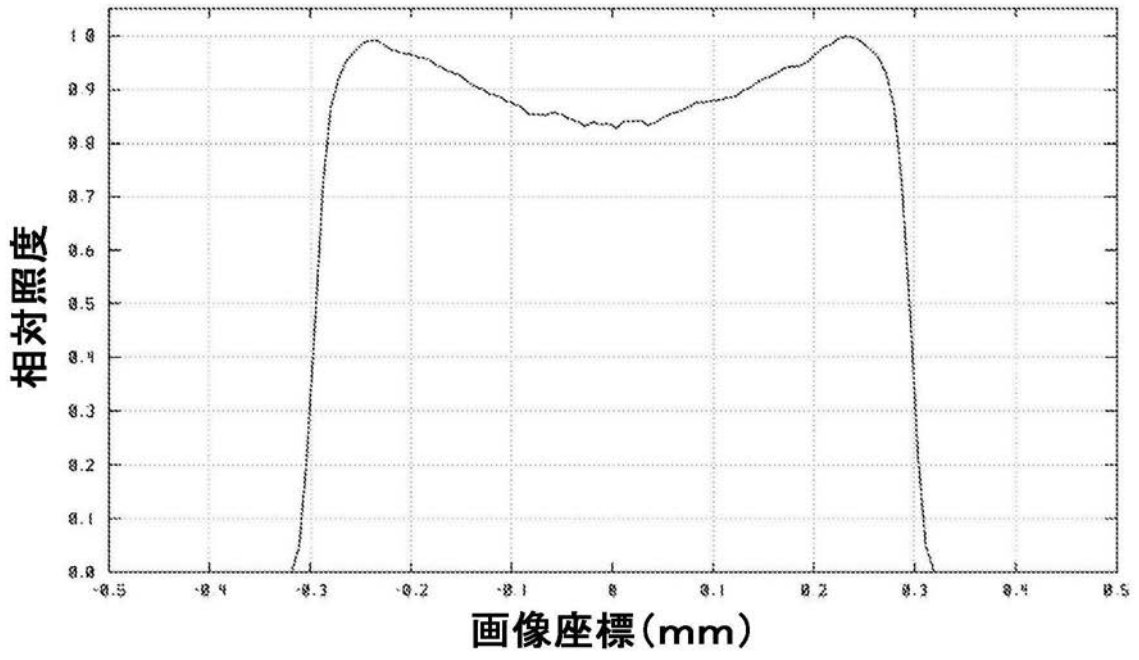


Fig. 7d

【 図 7 e 】

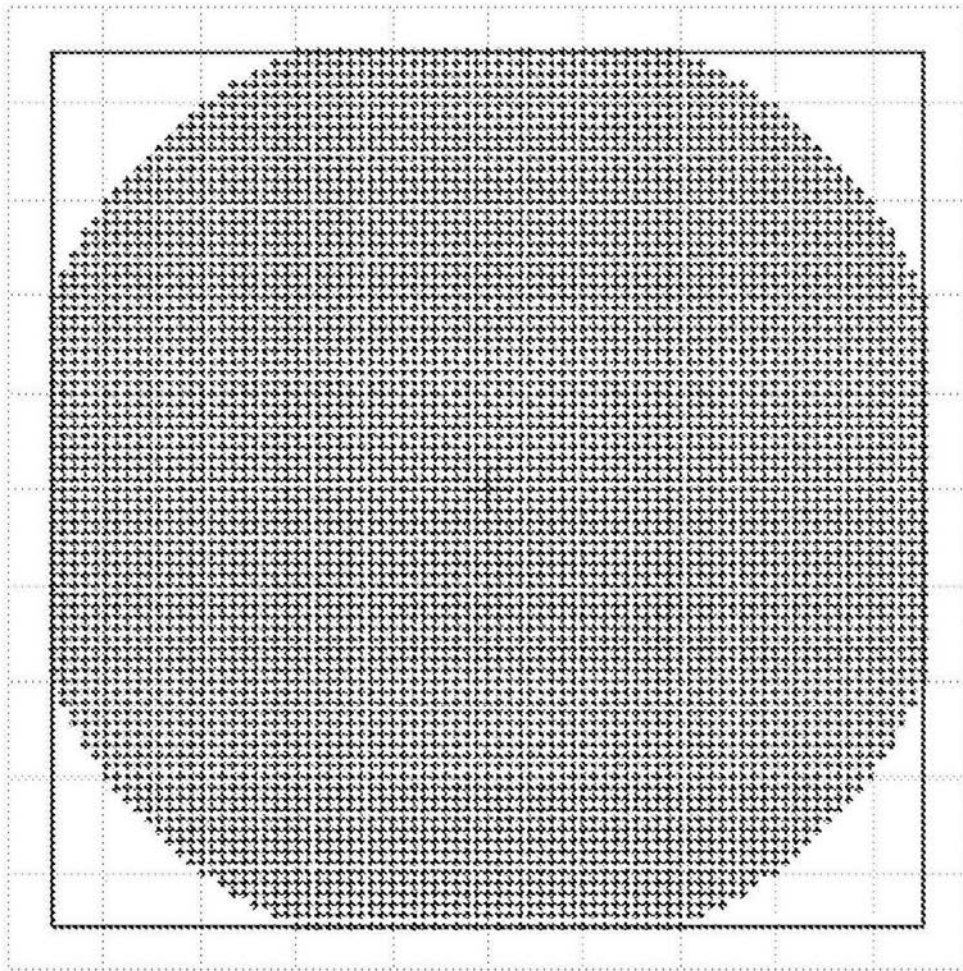


Fig. 7e

【 図 7 f 】

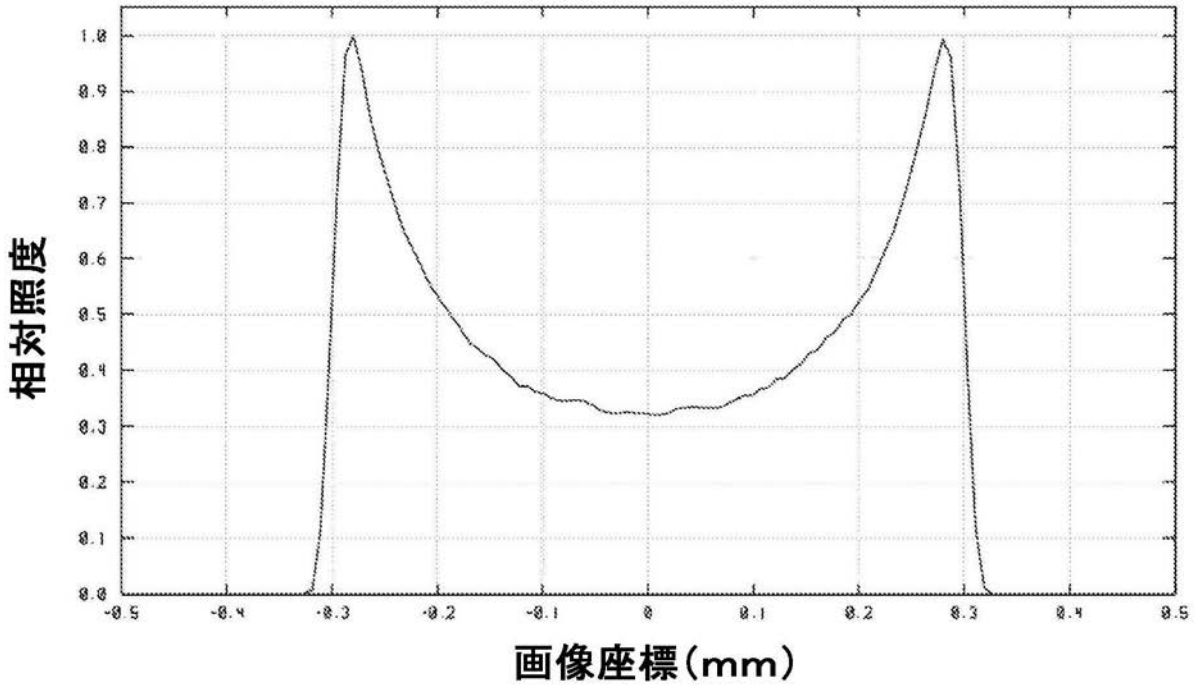


Fig. 7f

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 09/59780									
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - G02B 26/08 (2009.01) USPC - 359/217.2 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) USPC: 359/217.2 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 359/1, 210.2, 217.2, 237; 250/216, 227.2, 234 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Electronic Databases: DialogWEB; Google Scholar Search Terms Used: microscope, microscopy, confocal, illumination, light, laser, beam, transformer, shifter, splitter, aspherical, cylindrical, movable, interchangeable, adjustable, zoom, focus, collimated, parallel etc.											
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">X -- Y</td> <td>US 6,134,002 A (STIMSON et al.) 17 October 2000 (17.10.2000), Col 5, ln 60-63; Col 6, ln 11-16, 39-50, 66-67; Col 7, ln 1, 49-54, 67; Col 8, ln 1, 41-51.</td> <td style="text-align: center;">1 --- 2-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>US 7,355,722 B2 (HILL) 08 April 2008 (08.04.2008), Col 15, ln 11-15.</td> <td style="text-align: center;">2-7</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X -- Y	US 6,134,002 A (STIMSON et al.) 17 October 2000 (17.10.2000), Col 5, ln 60-63; Col 6, ln 11-16, 39-50, 66-67; Col 7, ln 1, 49-54, 67; Col 8, ln 1, 41-51.	1 --- 2-7	Y	US 7,355,722 B2 (HILL) 08 April 2008 (08.04.2008), Col 15, ln 11-15.	2-7
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
X -- Y	US 6,134,002 A (STIMSON et al.) 17 October 2000 (17.10.2000), Col 5, ln 60-63; Col 6, ln 11-16, 39-50, 66-67; Col 7, ln 1, 49-54, 67; Col 8, ln 1, 41-51.	1 --- 2-7									
Y	US 7,355,722 B2 (HILL) 08 April 2008 (08.04.2008), Col 15, ln 11-15.	2-7									
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>											
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> * 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 </td> <td style="width: 50%; border: none;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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							
* 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 18 November 2009 (18.11.2009)		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">01 DEC 2009</div>									
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: <div style="text-align: right;">Lee W. Young</div> PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774									

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100105588

弁理士 小倉 博

(74)代理人 100129779

弁理士 黒川 俊久

(72)発明者 ワン, シャオホン

アメリカ合衆国、08502、ニュージャージー州、ベル・ミード、ローズ・ドライブ、502番

(72)発明者 イェクタ, アーマッド

アメリカ合衆国、08855、ニュージャージー州、ピスカタウェイ、センテニアル・アベニュー、800番

Fターム(参考) 2H052 AA08 AC15 AC16 AC18 AC21 AC34