

(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2012-525184

(P2012-525184A)

(43) 公表日 平成24年10月22日(2012.10.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 3/10 (2006.01)</b>	A 6 1 B 3/10 R	
<b>A 6 1 B 3/14 (2006.01)</b>	A 6 1 B 3/14 A	
	A 6 1 B 3/14 L	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-507822 (P2012-507822)	(71) 出願人	509012991
(86) (22) 出願日	平成22年4月30日 (2010.4.30)		オプトス ビーエルシー
(85) 翻訳文提出日	平成23年12月22日 (2011.12.22)		イギリス国 ファイフ ダンファームライ
(86) 国際出願番号	PCT/GB2010/050713		ン クイーンズフェリー ロード カーネ
(87) 国際公開番号	W02010/125394		ギー ビジネス キャンパス クイーンズ
(87) 国際公開日	平成22年11月4日 (2010.11.4)		フェリー ハウス
(31) 優先権主張番号	0907557.3	(74) 代理人	100116872
(32) 優先日	平成21年5月1日 (2009.5.1)		弁理士 藤田 和子
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(72) 発明者	グレイ ダニエル カーティス
			イギリス国 ファイフ ケイワイ11 8
			エルビー ダンファームライン ターマチ
			ャン レーン 14

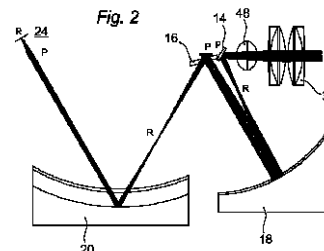
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査検眼鏡の改善又は走査検眼鏡に関する改善

## (57) 【要約】

本発明は、眼の網膜を走査する走査検眼鏡（10）及びその動作方法を提供する。走査検眼鏡は、平行光の光源（12）と、第1の走査素子（14）と、第2の走査素子（16）と、を含む。見かけ上の点光源から二次元平行光走査を提供するために、平行光の光源（12）及び第1及び第2の走査素子（14，16）を組み合わせる。走査検眼鏡（10）は、走査転送装置（20）を更に含み、走査転送装置（20）は、反射素子であり、2つの焦点を有し、点光源は、走査転送装置（20）の第1の焦点に設けられ、眼（24）は、走査転送装置（20）の第2の焦点に適応され、走査転送装置（20）は、眼（24）への点光源からの二次元平行光走査を転送する。第1及び第2の走査素子（14，16）は、点光源からの二次元平行光走査の方向を制御する、及び/又は点光源からの二次元平行光走査の大きさを調節するように選択された動作パラメータを有する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

眼の網膜を走査する走査検眼鏡であって、  
平行光の光源と、  
第 1 の走査素子と、  
第 2 の走査素子と、を含み、

見かけ上の点光源から二次元平行光走査を提供するために、前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子を組み合わせ、

前記走査検眼鏡は、走査転送装置を更に含み、前記走査転送装置は、2つの焦点を有する反射素子であり、前記点光源は、前記走査転送装置の第 1 の焦点に設けられ、眼は、前記走査転送装置の第 2 の焦点に適応され、前記走査転送装置は、前記眼への前記点光源からの前記二次元平行光走査を転送し、

10

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、前記点光源からの前記二次元平行光走査の方向を制御する、及び / 又は前記点光源からの前記二次元平行光走査の大きさを調節するように選択された動作パラメータを有する、走査検眼鏡。

**【請求項 2】**

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子それぞれは、振動機構と、前記振動の振幅、前記振動の速度、又は前記振動の回転オフセットを含む、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の前記動作パラメータと、を含む、請求項 1 に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 3】**

20

前記走査転送装置は、非球面ミラー、楕円体ミラー、一对の放物線ミラー、又は一对の放物面ミラーを含む、請求項 1 又は 2 に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 4】**

前記走査検眼鏡は、走査リレー装置を更に含み、前記見かけ上の点光源から前記二次元平行光走査を提供するために、前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子を組み合わせる、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 5】**

前記走査リレー装置は、2つの焦点を含み、前記走査リレー装置の 1 つの焦点は、前記走査転送装置の 1 つの焦点と一致する、請求項 4 に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 6】**

30

前記走査リレー装置は、楕円形ミラー、非球面ミラー、楕円体ミラー、一对の放物線ミラー、又は一对の放物面ミラーを含む、請求項 4 又は 5 に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 7】**

前記第 2 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略平行又は略直交である、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 8】**

前記第 1 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略平行又は略直交である、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 9】**

40

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査リレー装置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分は、前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される平面と略平行となる、又は前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される前記平面と略直交である、請求項 4 から 8 のいずれか一項に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 10】**

前記走査検眼鏡は、前記網膜から反射された光を検出して、前記網膜の走査された領域の画像を生成する光検出装置を更に含む、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の走査検眼鏡。

**【請求項 11】**

前記走査検眼鏡は、共通光路での反射光の波面収差を検出する波面検出装置と、前記共

50

通光路における前記平行光の光源と前記眼との間に配置される適応光学素子を含み、前記反射光の前記波面収差を補償する波面補償装置と、を更に含む、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の走査検眼鏡。

【請求項 12】

前記波面検出装置は、ハルトマン シャック検出器を含む、請求項 11 に記載の走査検眼鏡。

【請求項 13】

前記適応光学素子は、可変ミラーを含む、請求項 11 又は 12 に記載の走査検眼鏡。

【請求項 14】

眼の網膜を走査する方法であって、

平行光の光源、第 1 の走査素子及び第 2 の走査素子を設ける工程であって、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、動作パラメータを有する、工程と、

前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の組み合わせを用いて、見かけ上の点光源から二次元平行光走査を提供する工程と、

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の方向を制御する、及び / 又は前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の大きさを制御するように前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の前記動作パラメータを選択する工程と、

2 つの焦点を有し、反射素子である走査転送装置を設ける工程と、

前記走査転送装置の第 1 の焦点に前記見かけ上の点光源を設け、前記走査転送装置の第 2 の焦点に前記眼を適応させる工程と、

前記走査転送装置を用いて、前記見かけ上点光源から前記眼への前記二次元平行光走査を転送する工程と、を含む眼の網膜を走査する方法。

【請求項 15】

走査リレー装置を設ける工程を更に含み、前記見かけ上の点光源から前記二次元平行光走査を提供するために、前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子を組み合わせる、請求項 14 に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 16】

前記走査リレー装置は、2 つの焦点を含み、前記走査リレー装置の 1 つの焦点は、前記走査転送装置の 1 つの焦点と一致する、請求項 15 に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 17】

前記第 2 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略平行又は略直交である、請求項 14 から 16 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 18】

前記第 1 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略平行又は略直交である、請求項 14 から 16 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 19】

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査リレー装置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分は、前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される平面と略平行となる、又は前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される前記平面と略直交である、請求項 15 から 17 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 20】

前記網膜から反射された光を検出する光検出装置を設ける工程と、前記光検出装置を用いて、前記網膜の走査された領域の画像を生成する工程と、を更に含む請求項 14 から 19 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 21】

共通光路での反射光の波面収差を検出する波面検出装置と、前記共通光路における前記

10

20

30

40

50

平行光の光源と前記眼との間に配置される適応光学素子を含む波面補償装置とを設ける工程と、前記波面補償装置を用いて、前記共通光路における前記反射光の前記波面収差を補償する工程と、を更に含む請求項 14 から 20 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 22】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子のための所定の選択された動作パラメータのプログラムを提供する工程と、前記所定の選択された動作パラメータのプログラムに従って、複数の網膜の画像を生成する工程と、を更に含む請求項 14 から 21 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 23】

前記複数の網膜の画像の少なくとも一部を合成して、前記網膜のモンタージュを形成する工程を更に含む請求項 22 に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 24】

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の走査角度の偏角を変化させる工程を更に含む請求項 14 から 23 のいずれか一項に記載の眼の網膜を走査する方法。

【請求項 25】

前記走査素子と、前記走査転送装置及び前記走査リレー装置との間の倍率を調整することにより、前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の走査角度の偏角を変化させる、請求項 24 に記載の眼の網膜を走査する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人間の目の網膜を走査する走査レーザ検眼鏡（SLO）及び人間の眼の網膜を走査する方法に関する。特に、本発明は、眼及びSLOにより生じる波面収差を補償する適応光学（AO）の使用を含む、人間の眼の網膜を走査する走査レーザ検眼鏡（SLO）及び人間の眼の網膜を走査する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

生体の眼の細胞をイメージングすることは、元来、天文学から派生した適応光学技術（AO）を用いて使用されることが立証される。眼の不完全な光学系により導入される不要なビーム歪みの測定及び補正は、網膜の実質的により高解像度画像の取得を可能にする。眼の光受容体における個々の錐体にAO技術を用いることで解決されうる。これは、眼の診断病理学への性能を多大に補助する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】欧州特許第0730428号明細書

【特許文献2】欧州特許出願第07733214.6号明細書

【特許文献3】米国特許第7118216号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

要求される解像度の画像は、人間の眼により導入される収差の補正によってのみ可能である。これを行うためには、眼の瞳孔が位置する同一平面上のこれらの収差を測定し、これらの収差を同一平面上で補正する必要がある。これを実現するためには、空間内の異なる平面に瞳孔の画像をリレーし、測定及び補正を行う必要がある。被験者の画像が形成される平面を、被験者と「共役（conjugate）」するという。ここで、この場合、測定が行われうる眼の瞳孔の共役面を生成し、かつ補正が行われる第2の共役面を生成する必要がある。ハルトマン シャック検出器のような波面検出の方法は、完全に理想的な平面である波面をサンプリングし、実際の眼の瞳孔の顕微鏡方式で複写されたコピー又は

10

20

30

40

50

画像でありうる瞳孔共役にわたってビームを平行化し、瞳孔での収差を再構成する。検出された波面収差は、可変ミラーのようなＡＯ装置の制御に用いられ、収差を補償するために光路に配置される。この測定及び補正処理は、速い制御ループ内で行われるため、動的な涙膜のような要因は補償され得ない。

【０００５】

加えて、光検出は、眼の網膜及び共役面において行われる必要があり、検出器のレンズは、眼の瞳孔及び共役面上に位置する必要がある。ここで、ＡＯシステムにおいて、網膜及び瞳孔共役面の位置は、中央であることが重要である。

【０００６】

本出願人の欧州特許第０７３０４２８号及び欧州特許出願第０７７３３２１４．６号に記載されたような走査レーザ検眼鏡は、網膜画像化のための効果的な診断ツールとして良好に確立されている。本来、レーザビームの光は、網膜を横断し、戻りエネルギーがフレームストアに収集されて、画像を形成する。網膜に光を流入する、より従来の眼底カメラに対して、レーザビームは、一定期間に単一画素のみを照射し、ノイズに対する信号の利益をもたらす、かつ診断対象以外の層からの反射を除去する機能をもたらす。ＳＬＯシステムにおいて、レーザ光は、第１の走査素子から第２の走査素子へリレーされ、その後、眼に入る。この結合は、良好に形成されたビームが瞳孔に侵入し、直交に、リニアスキャンし、低損失伝達及び電子的な分野への高効率の変換を行うことを確保することを目的とする。

10

【０００７】

米国特許第７１１８２１６号（ロチェスター大学）に記載されるような適応光学走査レーザ検眼鏡（ＡＯＳＬＯｓ）は、また、眼の網膜の高解像度画像を取得可能にすることが知られている。

20

【０００８】

高倍率の細胞スケールでは、眼の同一平面性が１から２度という結果になり、網膜の重要な斑状領域の画像をビルドアップするためには多数の走査を行う必要がある。画像のモントージュは、その後、網膜の斑状領域の全体画像を取得するように生成される。

【０００９】

これらの既知のＡＯＳＬＯｓは、網膜の重要な斑状領域の高解像度画像を生成可能であるが、網膜のアーティファクト運動を最小化するのに十分速い速度で個々の画像を取集することができないという制限がある。例えば、いくつかの既知のＡＯＳＬＯｓでは高解像度画像を実現するために、走査ごとにＡＬＯに対する患者の瞳孔を再配置する必要がある。これは、各走査間での大きな遅延を引き起こす。また、患者の眼の再配置は、各走査間での連続的なエラーを引き起こす。この結果は、不連続性、歪み及びエラーがモントージュへ導入され、眼への診断病理学の機能がより難解になる。これは、また、全体画像化部分の複雑性及び時間を付加する。

30

【００１０】

広い視野にわたってアクセスしやすく、楕円形リレーを有さないシステムは、広い視野及び扱いやすい収差を実現するために、軸球状リレーなしで使用する必要がある、リレー焦点距離が非常に大きくなる必要がある、伝達及び臨床環境にとって非実用的なシステム全体の大きさを招く結果となる。

40

【００１１】

本発明は、上述した一又はそれ以上の不利益を除去又は軽減する人間の眼の網膜を走査する走査レーザ検眼鏡（ＳＬＯ）及び人間の眼の網膜を走査する方法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】

【００１２】

本発明の第１の態様によれば、眼の網膜を走査する走査検眼鏡が提供される。  
前記走査検眼鏡は、  
平行光の光源と、

50

第 1 の走査素子と、

第 2 の走査素子と、を含み、

見かけ上の点光源から二次元平行光走査を提供するために、前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子を組み合わせ、

前記走査検眼鏡は、走査転送装置を更に含み、前記走査転送装置は、2つの焦点を有する反射素子であり、前記点光源は、前記走査転送装置の第 1 の焦点に設けられ、眼は、前記走査転送装置の第 2 の焦点に適応され、前記走査転送装置は、前記眼への前記点光源からの前記二次元平行光走査を転送し、

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、前記点光源からの前記二次元平行光走査の方向を制御する、及び / 又は前記点光源からの前記二次元平行光走査の大きさを調節するように選択された動作パラメータを有する。

10

#### 【0013】

二次元平行光走査の方向を制御する、及び / 又は二次元平行光走査の大きさを調節するように動作パラメータを選択することは、前記網膜の走査の領域の大きさ及び位置の制御を可能にする。例えば、第 1 の走査素子及び第 2 の走査素子は、「最大領域」の二次元の平行光走査を発生するように構成される。動作パラメータは、その後、「小さな領域」の走査が、「最大領域」走査内のいずれかの箇所で発生しうるように、走査の水平 / 垂直方向の大きさを調整するように選択される。これは、動作パラメータの適切な選択により、「最大領域」内の網膜にわたって「移動される」「小さな領域」の走査が、網膜の高解像度画像のモニタージュを増大することを効率よく可能にする。

20

#### 【0014】

使用された走査素子により、動作パラメータは、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の方向を制御するように選択される、又は見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の大きさを調整するように選択される。例えば、走査素子が回転又は振動した場合、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の方向は、制御されうる。しかし、走査素子がライン走査素子（例えば、レーザラインスキャナ）の場合、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の大きさは、制御されうる。回転する走査素子、振動する走査素子及びライン走査素子は、SLOの第 1 及び第 2 の走査素子として使用されうることをわかる。

#### 【0015】

重要なのは、第 1 及び第 2 の走査素子の選択された動作パラメータにかかわらず、二次元平行光走査は、常時見かけ上の点光源から発せられることである。

30

#### 【0016】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、振動機構を含んでもよい。前記振動機構は、共振型走査装置であってもよい。

#### 【0017】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、振動面ミラーを含んでもよい。前記振動面ミラーは、ガルバノメーターミラーであってもよい。

#### 【0018】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、回転機構を含んでもよい。前記回転機構は、回転ポリゴンミラーを含んでもよい。

40

#### 【0019】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、ラインスキャン素子を含んでもよい。前記ラインスキャン素子は、レーザラインスキャナを含んでもよい。前記レーザラインは、回折光学素子、円筒状レンズ、又はレーザラインを生成する他の既知の手段により発生されてもよい。

#### 【0020】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、上述したように、振動機構、回転機構、又はラインスキャン素子の組み合わせを含んでもよい。

#### 【0021】

前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の前記動作パラメータは、前記振動の振幅

50

及び前記振動の回転オフセットを含んでもよい。前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の前記動作パラメータは、また、前記振動の速度を含んでもよい。

【 0 0 2 2 】

走査検眼鏡は、眼の複数箇所測定される、眼の網膜の走査を 150 度まで、例えば、120 度、110 度、90 度、60 度、40 度、20 度で行うことが可能であってもよい。走査検眼鏡は、眼の 2 mm の拡張していない瞳孔を通じて、眼の網膜のこのような走査を発生させることが可能であってもよい。しかし、SLO は、また、例えば、AO 測定として知られる 8 mm の拡張していない瞳孔を通じて、眼の網膜の走査を発生することが可能である。

【 0 0 2 3 】

振動機構は、10 度まで、例えば、1 度、2 度、3 度、4 度、5 度、6 度、7 度、8 度、9 度、10 度の可変角度振幅を発生することが可能であってもよい。

【 0 0 2 4 】

振動機構は、また、倍率を調整し、より小さい振動ミラーを用いることにより、40 度までの可変角度振幅を発生することが可能であってもよい。これは、リレー倍率により影響される。

【 0 0 2 5 】

前記走査転送装置は、楕円形ミラーを含んでもよい。前記走査転送装置は、非球面ミラーを含んでもよい。前記走査転送装置は、楕円体ミラーを含んでもよい。前記走査転送装置は、一対の放物線ミラーを含んでもよい。前記走査転送装置は、一対の放物面ミラーを含んでもよい。

【 0 0 2 6 】

前記平行光の光源は、レーザ光源を含んでもよい。前記平行光の光源は、ファイバ接続されたスーパーluminescentダイオード (SLD) のような発光ダイオードを含んでもよい。

【 0 0 2 7 】

前記平行光の光源は、強く、近赤外であり、近空間的コヒーレントであり、かつ高い平行度であることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

前記走査検眼ミラーは、走査リレー装置を更にも含む。前記見かけ上の点光源から前記二次元平行光走査を提供するために、前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子並びに走査リレー装置を組み合わせる。

【 0 0 2 9 】

前記走査リレー装置は、2 つの焦点を含んでもよい。前記走査リレー装置の 1 つの焦点は、前記走査転送装置の 1 つの焦点と一致してもよい。

【 0 0 3 0 】

前記走査リレー装置は、楕円形ミラーを含んでもよい。前記走査リレー装置は、非球面ミラーを含んでもよい。前記走査リレー装置は、楕円体ミラーを含んでもよい。前記走査リレー装置は、一対の放物線ミラーを含んでもよい。前記走査リレー装置は、一対の放物面ミラーを含んでもよい。

【 0 0 3 1 】

前記第 2 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略平行であってもよい。または、前記第 2 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略直交であってもよい。

【 0 0 3 2 】

前記第 1 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略平行であってもよい。前記第 1 の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記 2 つの焦点を結ぶ線分と略直交であってもよい。

【 0 0 3 3 】

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査リレー装

10

20

30

40

50

置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分は、前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される平面と略平行となってもよい。

【００３４】

第２の走査素子の回転軸は、走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分の約５度以内であってもよい。第２の走査素子の回転軸は、走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分の約２度以内であってもよい。第２の走査素子の回転軸及び走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分は、走査検眼鏡の１又はそれ以上の構成要素の選ばれた偏心に応じた平行度を有していてもよい。第２の走査素子の回転軸及び走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分は、走査検眼鏡により発生された網膜の画像における許容可能なずれのレベルに応じて、走査検眼鏡のユーザにより決定された平行度を有していてもよい。

10

【００３５】

走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分は、走査リレー装置により生成された一次元平行光により規定される平面の約５度以内であってもよい。走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分は、走査リレー装置により生成された一次元平行光により規定される平面の約２度以内であってもよい。走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分、及び走査リレー装置により生成された一次元平行光により規定される平面は、走査検眼鏡の１又はそれ以上の構成要素の選ばれた偏心に依拠して一致する角度を有していてもよい。走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分、及び走査リレー装置により生成された一次元平行光により規定される平面は、走査検眼鏡により発生された網膜の画像における許容可能なずれのレベルに応じて、走査検眼鏡のユーザにより決定された一致する角度を有していてもよい。

20

【００３６】

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査リレー装置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分は、前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される前記平面と略直交であってもよい。

【００３７】

第１の走査素子の回転軸は、走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分の約５度以内であってもよい。第１の走査素子の回転軸は、走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分の約２度以内であってもよい。第１の走査素子の回転軸及び走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分は、走査検眼鏡の１又はそれ以上の構成要素の選ばれた偏心に依拠した平行度を有していてもよい。第１の走査素子の回転軸及び走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分は、走査検眼鏡により生成された網膜の画像における許容可能なずれのレベルに応じて、走査検眼鏡のユーザにより決定された平行度を有していてもよい。

30

【００３８】

走査検眼鏡の構成要素は、見かけ上の点光源が眼の瞳孔で静止するように配置される。これは、眼の網膜から戻り反射した光が、走査検眼鏡の共通光路へ戻って受光されることを確実にする。

【００３９】

前記走査検眼鏡は、  
前記網膜から反射された光を検出して、前記網膜の走査された領域の画像を生成する光検出装置を更に含んでもよい。

40

【００４０】

前記光検出装置は、光電子増倍管又はアバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）を含んでもよい。前記光検出装置は、低ノイズ及び高ゲインであることが好ましい。

【００４１】

前記走査検眼鏡は、  
共通光路での反射光の波面収差を検出する波面検出装置と、  
前記共通光路における前記平行光の光源と前記眼との間に配置される適応光学素子を含み、前記反射光の前記波面収差を補償する波面補償装置と、を更に含んでもよい。

50



## 【 0 0 4 2 】

反射光の波面収差は、眼及び／又は走査検眼鏡により導入された収差を含んでもよい。走査検眼鏡により導入された波面収差は、第 1 の走査素子、第 2 の走査素子、走査リレー装置又は走査転送装置により導入された収差を含んでもよい。

## 【 0 0 4 3 】

波面補償装置は、眼により導入された収差及び／又は第 1 の走査素子、第 2 の走査素子、走査リレー装置又は走査転送装置により導入された波面収差を補償する。

## 【 0 0 4 4 】

前記波面検出装置は、ハルトマン シャック検出器又は電荷結合素子 ( C C D ) を含んでもよい。

## 【 0 0 4 5 】

前記適応光学素子は、可変ミラーを含んでもよい。

## 【 0 0 4 6 】

本発明の第 2 の態様によれば、眼の網膜を走査する方法が提供される。

前記方法は、

平行光の光源、第 1 の走査素子及び第 2 の走査素子を設ける工程であって、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子は、動作パラメータを有する、工程と、

前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の組み合わせを用いて、見かけ上の点光源から二次元平行光走査を提供する工程と、

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の方向を制御する、及び／又は前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の大きさを制御するように前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子の前記動作パラメータを選択する工程と、

2 つの焦点を有し、反射素子である走査転送装置を設ける工程と、

前記走査転送装置の第 1 の焦点に前記見かけ上の点光源を設け、前記走査転送装置の第 2 の焦点に前記眼を適応させる工程と、

前記走査転送装置を用いて、前記見かけ上の点光源から前記眼への前記二次元平行光走査を転送する工程と、を含む。

## 【 0 0 4 7 】

二次元平行光走査の方向を制御する、及び／又は二次元の平行光走査の大きさを調節するように動作パラメータを選択することは、網膜の走査の領域の大きさ及び位置の制御を可能にする。例えば、第 1 の走査素子及び第 2 の走査素子は、「最大領域」の二次元平行光走査を発生するように構成される。動作パラメータは、その後、「小さな領域」の走査が、「最大領域」走査内のいずれかの箇所で発生しうるように、走査の水平／垂直の大きさを調整するように選択される。これは、動作パラメータの適切な選択により、「最大領域」内の網膜にわたって「移動される」「小さな領域」の走査が、網膜の高解像度画像のモニタージュを増大することを効率よく可能にする。

## 【 0 0 4 8 】

使用された走査素子により、動作パラメータは、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の方向を制御するように選択される、又は見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の大きさを調整するように選択される。例えば、走査素子が回転又は振動した場合、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の方向は、制御されうる。しかし、走査素子がライン走査素子（例えば、レーザラインスキャナ）の場合、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の大きさは、制御されうる。回転する走査素子、振動する走査素子及びライン走査素子は、S L O の第 1 及び第 2 の走査素子として使用されうるということがわかる。

## 【 0 0 4 9 】

前記眼の網膜を走査する方法は、また、走査リレー装置を設ける工程を更に含んでもよく、前記見かけ上の点光源から前記二次元平行光走査を提供するために、前記平行光の光源、前記第 1 の走査素子及び前記第 2 の走査素子を組み合わせてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

前記走査リレー装置は、2 つの焦点を含んでもよく、前記走査リレー装置の 1 つの焦点

10

20

30

40

50

は、前記走査転送装置の１つの焦点と一致してもよい。

【００５１】

前記第２の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分と略平行であってもよい。または、前記第２の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分と略直交であってもよい。

【００５２】

前記第１の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分と略平行であってもよい。前記第１の走査素子の回転軸は、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分と略直交であってもよい。

【００５３】

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査リレー装置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分は、前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される平面と略平行となってもよい。または、前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査リレー装置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分は、前記走査リレー装置により生成された前記一次元平行光走査により規定される前記平面と略直交であってもよい。

【００５４】

前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の提供において、前記走査補償装置は、一次元平行光走査を生成し、前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分は、前記第２の走査素子の回転軸が前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分と平行である場合には、前記走査補償装置により生成された一次元平行光走査により規定される平面上に実質的に存在する、又は前記第２の走査素子の回転軸が前記走査転送装置の前記２つの焦点を結ぶ線分と直交する場合には、一次元平行光走査により規定される前記平面に実質的に直交する。

【００５５】

走査検眼鏡の構成要素は、見かけ上の点光源が眼の瞳孔で静止するように配置される。これは、眼の網膜から戻り反射した光が、走査検眼鏡の共通光路へ戻って受光されることを確実にする。

【００５６】

前記眼の網膜を走査する方法は、前記網膜から反射された光を検出する光検出装置を設ける工程と、前記光検出装置を用いて、前記網膜の走査された領域の画像を生成する工程と、を更に含んでもよい。

【００５７】

前記眼の網膜を走査する方法は、共通光路での反射光の波面収差を検出する波面検出装置と、前記共通光路における前記平行光の光源と前記眼との間に配置される適応光学素子を含む波面補償装置とを設ける工程と、前記波面補償装置を用いて、前記共通光路における前記反射光の前記波面収差を補償する工程と、を更に含んでもよい。

【００５８】

反射光の波面収差は、眼及び／又は走査検眼鏡により導入された収差を含んでもよい。走査検眼鏡により導入された波面収差は、第１の走査素子、第２の走査素子、走査リレー装置又は走査転送装置により導入された収差を含んでもよい。眼の網膜を走査する本方法は、これらの収差のいずれか又は双方を補償して、網膜の高解像度画像を実現する。

【００５９】

前記眼の網膜を走査する方法は、前記第１の走査素子及び前記第２の走査素子のための所定の選択された動作パラメータのプログラムを提供する工程と、前記所定の選択された動作パラメータのプログラムに従って、複数の網膜の画像を生成する工程と、を更に含んでもよい。

【００６０】

前記複数の網膜の画像の少なくとも一部を合成して、前記網膜のモンタージュを形成す

10

20

30

40

50

る工程を更に含んでもよい。

【0061】

眼の網膜を走査する本方法は、走査領域が網膜にわたって効果的に移動されることが可能になることにより、網膜の多数の異なる領域を走査することができる。したがって、多数の高解像度画像は、網膜の高解像度画像のモンタージュが提供されるように取得され、かつ合成される。

【0062】

第1及び第2の走査素子の動作パラメータは、ソフトウェア制御下で運用されてもよい。これは、アセンブルされた合成モンタージュでの正確な関係を有し、予測可能であり、反復可能なサブスキャンを取得することが可能になる。

10

【0063】

眼の網膜を走査する本方法は、前記見かけ上の点光源からの前記二次元平行光走査の走査角度の偏角を変化させる工程を含んでもよい。見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の走査角度の偏角を変化させることは、走査素子と、走査転送装置及び前記走査リレー装置との間の倍率を調整することにより行われる。

【0064】

上述した第1及び第2の走査素子、走査リレー装置、走査転送装置及び適応光学素子は、高解像度の狭視野網膜画像を撮像する特有な性能を可能にし、かつ被験者の瞳孔の位置の調整せずに網膜での視野を移動し、画像モンタージュシーケンスをビルドアップする特有な性能を可能にする。本質的なことではないが、この性能は、走査リレー装置及び走査転送装置となる楕円体ミラーにより補助される。

20

【0065】

大きな規模の走査変更であっても、眼での瞳孔共役が移動せず、画像のモンタージュは、この手法で取得が簡易になる。光軸は、いずれにもほとんど移動しない適応光学素子の可変ミラーヘリレーされる眼の瞳孔及び眼の瞳孔の画像での中心揃えを維持する。したがって、それらの眼のレンズの部分に対する測定された収差は移動又は変更しないため、適応光学ループ及び可変ミラー補正は効果的に維持される。

【図面の簡単な説明】

【0066】

本発明の実施形態は、例示としてのみの添付の図面を参照しながら説明される。

30

【図1】図1は、平行光と被験者の眼との間の共通光路を示す、本発明に係る走査レーザ検眼鏡(SLO)の光学的な概念図である。

【図2】図2は、図1のSLOを90度回転したものであり、走査転送装置及び走査リレー装置の表面を示す図である。

【図3】図3は、図1のSLOの平行光の光源、第1及び第2の走査素子、走査リレー装置及び走査転送装置の簡素化した光学的な概念図であり、第1走査素子と被験者の眼との間の平行光の走査経路を示す図である。

【図4】図4は、図1のSLOの概念的な光線図である。

【図5】図5は、図1のSLOの光学的な概念図であり、ビーコンを検出する波面を示す図である。

40

【図6】図6は、第1及び第2の走査素子の動作パラメータの調整を示す概念図である。

【図7】図7は、図1のSLOで実行される動作のステップのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0067】

なお、図1から4において、眼の瞳孔と接合する光路上の点は、符号Pで識別され、眼の網膜と接合する光路上の点は、符号Rで識別される。

【0068】

図1から3を参照すると、走査レーザ検眼鏡(SLO)10は、平行光の光源12と、第1の走査素子14と、第2の走査素子16と、走査リレー装置18と、走査転送装置20と、を含む。

50

## 【 0 0 6 9 】

本明細書の実施形態では、平行光の光源 1 2 は、スーパーミネッセントダイオード ( S L D ) である。しかし、単波長レーザダイオード、垂直キャビティ表面放出レーザ、又は他の光源等の十分な強度及び空間的なコヒーレンスを有し、良好に平行化され、かつ十分な網膜の照度を生成するような、いずれかの適切な平行光の光源を用いることが可能なことが理解されるべきである。 S L D は、スペックルを低減するために選ばれる。 S L D は、少なくとも 2 0 n m のバンド長を有してもよい。しかし、 2 0 n m 以下又は 2 0 n m 以上のバンド長を有する S L D もまた用いられることが理解されるべきである。 S L D は、正弦波高速走査の間の変調をオン / オフするための変調器 ( 必要な場合 ) に結合されたファイバを通じて、偏光維持ファイバに結合されたファイバである。レーザビーム 1 3 は、 6 . 5 m m の出力直径を有するファイバコリメータ ( 図示せず ) を備えるシステムに導入される。ファイバコリメータは、回転するチップ / チルトマウント上に搭載される。コリメータの回転は、入力偏光において、導入時の 9 0 / 1 0 ( システムへの直線偏光した光の 1 0 % が反射し、反射した戻り光の 9 0 % が透過する ) のビームスプリットが実現されるように設定されることが必要である。レーザは、当該レーザが搭載されるチップ / チルトマウント及びビームスプリッタ 2 2 のマウント上のチップ / チルトを用いてシステムに位置合わせされる。ファイバ結合した装置は、位置合わせ及び交換が容易になる。

10

## 【 0 0 7 0 】

平行光の光源 1 2 は、高い平行ビームを生成するために、強く、近赤外であり、空間的にコヒーレントであることが好ましい。

20

## 【 0 0 7 1 】

ビームスプリッタ 2 2 は、コーティングされていない B K 7 ウィンドウであり、 5 m m の厚さであり、 S L D からのレーザビーム 1 3 に対して 4 5 度の角度で向けられている。ビームスプリッタ 2 2 の裏面側は、検出器 ( 下記参照 ) への戻り反射を抑制するために、無反射面になっている。

## 【 0 0 7 2 】

裏面反射の最小化のために波長最適化された高効率のコーティング、空間フィルタ及び適切なアパーチャ制御は、システムの設計の重要な部分の全てを形成する。

## 【 0 0 7 3 】

第 1 の走査素子 1 4 は、ガルバノメーターミラーのような低速度振動平面ミラーであり、第 2 の走査素子 1 6 は、共振スキャンミラーのような共振スキャナである。ガルバノメーターミラー 1 4 及び共振スキャンミラー 1 6 の軸は、レーザビーム 1 3 のラスタ走査パターンの形態で、二次元平行光走査を生成するように直角に配置される。

30

## 【 0 0 7 4 】

本明細書に記載の実施形態では、ガルバノメーターミラー 1 4 は、レーザビーム 1 3 の垂直一次元走査を含み、一次元平行光走査を提供する。これは、ラスタ走査パターンの垂直走査の構成要素を生成する。

## 【 0 0 7 5 】

本発明のこの実施形態では、共振スキャナ 1 6 は、レーザビーム 1 3 の水平一次元走査を含み、複数の第 2 の一次元平行光走査を提供する。各共振スキャナ 1 6 の振動は、ラスタ走査パターンの水平走査の構成要素を生成する。

40

## 【 0 0 7 6 】

ガルバノメーターミラー 1 4 の回転軸は、共振スキャナ 1 6 に直交する。

## 【 0 0 7 7 】

図 3 は、ガルバノメーターミラー 1 4 の 1 つの振動により生成された水平一次元走査におけるレーザビーム 1 3 の経路を示す。経路 A は、回転の開始時においてガルバノメーターミラー 1 4 から反射されたレーザビームの一例であり、経路 B は、回転の中間点においてガルバノメーターミラー 1 4 から反射されたレーザビームの一例であり、経路 C は、回転の最後においてガルバノメーターミラー 1 4 から反射されたレーザビームの一例である。

50

## 【 0 0 7 8 】

よって、ガルバノメーターミラー 1 4 及び共振スキャナ 1 6 は、共に、ラスター走査パターンの形態で、二次元平行光走査を生成する。

## 【 0 0 7 9 】

ガルバノメーターミラー 1 4 及び共振スキャナ 1 6 は、振動の振幅及び振動の回転オフセットを含む動作パラメータを有する。動作パラメータは、また、振動の速度を含む。これらの動作パラメータの双方は、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の方向を制御するように選択されてもよい。

## 【 0 0 8 0 】

共振スキャナ 1 6 は、1 0 度まで、例えば、1 度、2 度、3 度、4 度、5 度、6 度、7 度、8 度、9 度、1 0 度の可変角度振幅を生成することが可能である。共振スキャナ 1 6 は、その回転軸に対するいずれかの点において、これらの様々な振動の振幅を生成することが可能である。すなわち、共振スキャナ 1 6 は、その回転の 3 6 0 度以内のいずれかの点において、可変角度振幅の 1 0 度までの角度を生成することができる。

10

## 【 0 0 8 1 】

共振スキャナ 1 6 は、網膜上を走査したレーザビーム 1 3 のセンタリング（又は偏心）を調整しうる回転マウント（図示せず）に収容され、網膜にわたってイメージング領域を「移動する」機能を提供する。

## 【 0 0 8 2 】

ガルバノメーターミラー 1 4 は、また、8 0 度まで、例えば、1 0 度、2 0 度、3 0 度、4 0 度、5 0 度、6 0 度、7 0 度、8 0 度、9 0 度の可変角度振幅を生成することが可能である。ガルバノメーターミラー 1 4 は、その回転軸に対するいずれかの点において、これらの様々な振動の振幅を生成することが可能である。すなわち、ガルバノメーターミラー 1 4 は、その回転の 3 6 0 度以内のいずれかの点において、可変角度振幅の 8 0 度までの角度を生成することができる。8 0 度までの角度振幅は、「光学的な」角度であることを留意する。これは、4 0 度までは「機械的な」角度であることを意味する。

20

## 【 0 0 8 3 】

走査リレー装置 1 8 は、2 つの焦点を有する。本明細書に記載の実施形態では、走査リレー装置 1 8 は、楕円体ミラーであり、スリットミラーとして示される。しかし、走査リレー装置 1 8 は、他の形態を有してもよいことが理解されるべきである。

30

## 【 0 0 8 4 】

ガルバノメーターミラー 1 4 は、スリットミラー 1 8 の第 1 の焦点に位置決めされ、共振スキャナ 1 6 は、スリットミラー 1 8 の第 2 の焦点に位置決めされる。

## 【 0 0 8 5 】

走査転送装置 2 0 は、楕円体ミラーの形態の非球面ミラーであり、メインミラーとして示される。メインミラー 2 0 は、2 つの焦点を有する。本明細書に記載され、図示される実施形態では、メインミラー 2 0 は、網膜の垂直及び水平方向の両方において 4 0 度（例えば、4 0 度 × 4 0 度）の視野を提供するように構成される。しかし、メインミラー 2 0 は、網膜の垂直及び水平方向の両方において 2 0 0 度（例えば、2 0 0 度 × 2 0 0 度）の視野（拡張角度）を提供するように構成される。

40

## 【 0 0 8 6 】

共振スキャナ 1 6 は、また、メインミラー 2 0 の第 1 の焦点に位置決めされる。被験者の眼 2 4 は、メインミラー 2 0 の第 2 の焦点に位置決めされる。

## 【 0 0 8 7 】

よって、レーザビーム 1 3 は、ガルバノメーターミラー 1 4、スリットミラー 1 8、共振スキャナ 1 6 及びメインミラー 2 0 を通じて、被験者の眼 2 4 へ伝達される。見かけ上の点光源からの二次元平行光走査を提供するために、ガルバノメーターミラー 1 4、スリットミラー 1 8、共振スキャナ 1 6 及びメインミラー 2 0 を組み合わせる。これは、メインミラー 2 0 により、共振スキャナ 1 6 から被験者の眼 2 4 へ結合される。

## 【 0 0 8 8 】

50

走査検眼鏡は、眼の複数の点で測定された眼の網膜の150度まで、例えば、120度、110度、90度、60度、40度、20度の走査を生成可能であってもよい。走査検眼鏡は、眼の拡張していない2mmの瞳孔を通じて、眼の網膜のこのような走査を生成可能であってもよい。しかし、SLOは、また、AO測定用として知られているように、例えば、眼の拡張していない2mmの瞳孔を通じて、眼の網膜の走査を生成可能であってもよいことが理解されるべきである。

【0089】

SLO10の構成要素は、見かけ上の点光源が眼の瞳孔に固定されるように配置される。これは、被験者の眼24の眼の網膜からの反射光のビームが、SLO10の光路を通じて戻り伝達されることを確実にする。反射光は、既知の手段で被験者の眼の画像を生成するために用いられる。

10

【0090】

走査リレー装置18は、レーザビーム13の走査を、ガルバノメーターミラー14から共振スキャナ16へ伝達する。走査リレー装置18は、伝達構成要素を導入せず、被験者の眼24の瞳孔を通じたレーザビーム13を侵入させずに、点から点への伝達を提供する。よって、レーザビーム13は、見かけ上の点光源から到来するように見える。

【0091】

ガルバノメーターミラー14がスリットミラー18の第1の焦点に位置決めされているため、ガルバノメーターミラー14からの光は、ガルバノメーターミラー14からスリットミラー18への光の偏向の角度にかかわらず、常にスリットミラー18の第2の焦点を通じて反射される。この効果は、レーザビーム13のラスタ走査パターンが、被験者の眼24の瞳孔を破壊せずに、透過されることである。これは、従来技術として知られるように、網膜の超広範囲な網膜画像を取得可能にする。

20

【0092】

スリットミラー18及びメインミラー20の偏心の妥当なマッチングは、完全な走査直線性からの良好な偏向を提供する。眼の光軸からの角度の機能として、対称的な偏向は、ソフトウェアでの網膜の距離測定の簡素な補償を可能にし、かつ適切に直感的な網膜のディスプレイ表示を可能にする。

【0093】

本明細書に記載され、かつ図示された本発明の実施形態では、SLO10の構成要素は、共振スキャナ16の回転軸が、メインミラー20の2つの焦点を結ぶ線分25と略平行となり、かつレーザビーム13が、スリットミラー18の第2の軸を横切って走査されるように配置される。また、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の提供において、ガルバノメーターミラー14は、スリットミラー18に入射する一次元の走査を生成する。したがって、スリットミラー18は、また、一次元走査を生成する。SLO10の構成要素は、メインミラー20の2つの焦点を結ぶ線分25が、スリットミラー18により生成された一次元走査により規定される平面に実質的に位置するように配置される。構成要素のこの配置は、多くの利点を提供する。

30

【0094】

メインミラー20の2つの焦点を結ぶ線分25と略平行であるガルバノメーターミラー14及び共振スキャナ16の回転軸と、スリットミラー18により生成された一次元走査により規定される平面に実質的に位置する線分25とを有することの重要な利点は、被験者の眼の走査された画像が、「ずれ」の構成要素を有さない、又は低減することである。これは、SLO10の構成要素の配置が、入力レーザビーム13へ「チルト」を提供する要件を除去するためであり、よって、二次元走査の水平及び垂直構成要素とメインミラー20の2つの焦点を結ぶ線分25との間の直交性が向上する。

40

【0095】

したがって、網膜画像内の一定の大きさ(*consistent dimensions*)を測定可能にし、よって、これらの画像内の特徴サイズの簡素な定量化を容易にする。

50

## 【 0 0 9 6 】

オフセット回転がスキャンに対する歪みをもたらすため、ガルバノメーターミラー 1 4 及び共振スキャナ 1 6 に直交する軸についてはオフセット回転がないことが好ましい。

## 【 0 0 9 7 】

本発明の S L O 1 0 の構成要素の配置のさらなる利点は、S L O 1 0 の全ての構成要素が単一平面に存在しうるため、S L O 1 0 の製造が簡素化され、製造時間及び製造コストを低減できることである。さらに、この配置は、S L O 1 0 に対する被験者の頭の位置決めにおける大きな柔軟性を可能にする。

## 【 0 0 9 8 】

他の利点は、従前の検眼鏡に比して、本発明の S L O 1 0 に含まれる構成要素の数が低減されうることである。これは、本発明の検眼鏡の光学的な輝度を増大させ、網膜画像を得る際に重要となる。

## 【 0 0 9 9 】

図 1、2 及び 4 を参照すると、レンズ望遠鏡リレー 2 6 は、ガルバノメーターミラー 1 4 から可変ミラー 2 8 (例えば、適応光学素子)を結像する。望遠鏡リレー 2 6 は、図 4 に示すように、ガルバノメーターミラー 1 4 からの第 1 のレンズ 3 0 の前方焦点距離に位置決めされた第 1 のレンズ 3 0 (一対のアクロマティックレンズ、図 1 及び 2 参照)と、図 1 及び 4 に示すように、望遠鏡リレー 2 6 の出力をコリメートするように離間した第 2 のレンズ 3 2 と、を含む。可変ミラー 2 8 は、図 4 に示すように、第 2 のレンズ 3 2 の後方焦点距離に配置される。望遠鏡リレー 2 6 は、図 1 及び 4 に示すように、イメージング検出器 3 4 (光検出装置の一例)へ順次リレーできるように、付加的に網膜接合体 (r e t i n a l c o n j u g a t e) (R)を変換する。望遠鏡リレー 2 6 は、また、ガルバノメーターミラー 1 4 へ画像をリレーし、スリットミラー 1 8 及びメインミラー 2 0 のシステムへ補正焦点状態を発生する。

## 【 0 1 0 0 】

本明細書に記載の実施形態では、望遠鏡リレー 2 6 の倍率は、1 : 2 であり、6 . 5 m m 波面センサのアパーチャは、1 3 m m 可変ミラーのアパーチャと一致する結果となる。これは、1 つの望遠鏡のみが入出力レーザビームをリレーすることを可能にする。入出力用に同一の望遠鏡を用いることは、離れたリレーの必要性を取り除く。これは、標準的な A O システムよりも光学面を少なくするため、より光効率のよいシステムを提供する。

## 【 0 1 0 1 】

S L O 1 0 システムの設計は、可変ミラー 2 8 の大きさの選択にいくつかの段階を可能にする。メインミラー 2 0 と第 1 のレンズ 3 0 との間の構成要素は、異なる大きさの可変ミラーを同一のまま維持する。入力 / 出力リレー望遠鏡及び第 1 のレンズ 3 2 は、異なる可変ミラーを変更する必要がある。これは、また、異なるレーザ及び検出器の位置及び配置のためである。

## 【 0 1 0 2 】

第 2 のレンズ望遠鏡リレー 3 6 は、第 1 及び第 2 のアクロマティックレンズ 3 6 a , 3 6 b のリレーと、可変ミラー 2 8 と、波面センサ 3 8 (下記参照)と、網膜画像化光学系 4 0 と、を含む。

## 【 0 1 0 3 】

折りたたみミラー 4 2 は、光学的レイアウトのサイズを低減するために、アクロマティックレンズ 3 6 a 及び 3 6 b 間に配置される。アパーチャ 6 0 は、また、折りたたみミラー 4 2 と第 2 のアクロマティックレンズ 3 6 b との間に配置される。折りたたみミラー 4 2 は、眼の角膜からの波面センサ 3 8 上への戻り反射を低減する。

## 【 0 1 0 4 】

本明細書に記載され、図示される実施形態では、S L O 1 0 は、可変ミラー 2 8 から大きな焦点補正要求を軽減するバーダル焦点システム 4 4 (バーダルオプトメータ)を含む。バーダル焦点システム 4 4 は、レンズ望遠鏡リレー 2 6 におけるレンズ間の経路長を変化させる移動可能なステージを組み込む。バーダル焦点システム 4 4 は、2 つのミラー 4

10

20

30

40

50

4 a 及び 4 4 b を含む。ここで、バーダル焦点システム 4 4 は、焦点範囲が増加し、8 D - 1 2 D に合致する。バーダル焦点システム 4 4 の出力は、スリットミラー 1 8 及びメインミラー 2 0 のために補正ビーム輻輳を生成して、収束する。低球面収差を実現するために、2 つの同一の対が用いられる。

【0105】

図 1 に示すように、波面センサ 3 8 (波面検出装置の一例)は、平行光の光源 1 2 に隣接して位置決めされ、ビームスプリッタ 4 6 と連動して共通光路 C O P の反射光の波面収差を検出する。波面センサ 3 8 は、図 1 及び 4 に示すように、眼の瞳孔と同一平面上の収差を測定する。上述したように、眼の瞳孔の面の共役は、収差の測定を行うように生成される。

10

【0106】

波面センサ 3 8 は、ハルトマン シャックセンサであってもよく、瞳孔共役にわたって波面をサンプリングし、瞳孔の収差を再構成する。もしくは、波面センサ 3 8 は、電荷結合素子 (C C D) であってもよい。

【0107】

平行光の光源のための入力経路及び波面検出は、区別される。すなわち、このシステムでは、2 つの別々のレーザが用いられる。一方のレーザ (レーザビーム 1 3) は、網膜の画像化のために用いられ (画像化レーザ)、他方のレーザ (ビーコンレーザ 4 8) は、収差を検出するために用いられる (検出レーザ)。

【0108】

20

本明細書に記載の実施形態では、波面検出用の入力は、図 1、2 及び 5 に示すように、レンズ望遠鏡リレー 2 6 とガルバノメーターミラー 1 4 との間に配置される波面検出ビーコンレーザ 4 8 により行われる。

【0109】

レンズ望遠鏡リレー 2 6 及びバーダル焦点システム 4 4 のレンズ 3 0 及び 3 2 からの戻り反射を排除するために、ビーコンレーザ 4 8 は、バーダル焦点システム 4 4 の後に注入される。

【0110】

ビーコンレーザ 4 8 は、910 nm 波長のレーザであり、偏光維持ファイバにファイバ結合される。これは、レンズ 4 9 を通じて 3.2 mm (眼では 1 mm) にコリメートされ、伝達ステージ 5 0 へ搭載されて、眼の瞳孔からの戻り反射を排除するために眼の瞳孔でビームオフ軸を移動させる。この搭載は、また、回転を提供し、偏光軸を設定する。ビーコンレーザ 4 8 の焦点状態は、ガルバノメーターミラー 1 4 の後ろにあるシステムの焦点に対応して位置決めされたレンズで設定される。

30

【0111】

可変ミラー 2 8 は、また、図 1 及び 4 に示すように、眼の瞳孔の平面の共役に配置される。波面センサ 3 8 は、測定された収差を用いて、可変ミラー 2 8 を制御し、収差を補正する。測定及び補正の処理は、受容可能なレベルまで速い制御ループで繰り返される。

【0112】

波面補償装置は、眼により導入された収差及び / 又は第 1 の走査素子 1 4、第 2 の走査素子 1 6、走査リレー装置 1 8 又は走査転送装置 2 0 により導入された波面収差を補償する。

40

【0113】

メインミラー 2 0 の主軸は、動的な補正を適用しうるようにガルバノメーターミラー 1 4 に配置され、走査位置と同期して可変ミラー 2 8 を変更する。同期信号は、低速走査ドライバから可変ミラーコントローラヘリレーされ、低速走査中のミラー形状を更新する。

【0114】

網膜からの補償された光は、共焦点アパーチャ 5 4 を通じて焦点合わせされ、画像検出器 3 4 で検出される。画像検出器 3 4 は、アバランシェフォトダイオード (A D P) である。しかし、画像検出器 3 4 は、これに替えて、光電子増倍管又は他の高速で低い光レベ

50



ルを検出可能なハイブリッドデバイス等であってもよい。図 1 及び 4 に示すように、共焦点アパーチャ 5 4 に補償された光が到達する前に、折りたたみレミラー 5 6 及びアクロマティックレンズ 5 8 を通過する。

【0115】

画像検出器 3 4 は、したがって、眼の網膜の高解像度画像を取得する。画像化装置の焦点面を調整することにより、共焦点アパーチャは、焦点層の外からの光をブロックするように機能し、深度を区分する機能の提供は、標準的な S L O 及び顕微鏡用途と同様である。

【0116】

上述したように、ガルバノメーターミラー 1 4 及び共振スキャナ 1 6 は、振動の振幅及び振動の回転オフセットを含む動作パラメータを有する。これらのパラメータは、見かけ上の点光源からの二次元平行光の走査の方向を制御するように選択的に動作可能であってもよい。

【0117】

図 6 は、どのように、見かけ上の点光源からの二次元平行光の走査の方向が、網膜にわたる走査領域を移動するように調整されうるかの一例を示している。本明細書に記載され、図示された実施形態では、図示された領域 6 2 は、網膜上の垂直及び水平方向の両方での約 40 度の視野（例えば、40 度 × 40 度）を示す。左側の画像の二次元走査 6 4 の領域は、網膜上の垂直及び水平方向の両方での約 8 度の視野（例えば、8 度 × 8 度）を示す。走査 6 4 は、左側の画像が「軸上（on axis）」である。ガルバノメーターミラー 1 4 及び共振スキャナ 1 6 の制御パラメータが調整された場合（例えば、振動の振幅及び / 又は振動の回転オフセットが変化した場合）、走査 6 4 は、領域 6 2 内で移動し、右側の画像のように、二次元走査 6 4 b が「軸外（off axis）」に移動する。走査 6 4 b は、走査素子上の入射の傾斜角によりわずかに回転される。このわずかな回転は、デジタル処理で補正されうる。

【0118】

したがって、走査素子 1 4 及び 1 6 の動作パラメータを変化させることは、走査の方向を、走査がより大きな領域 6 2 のいずれかへ移動しうるように制御可能にする。これは、狭走査領域 6 4 を、網膜にわたって移動可能にし、かつ高解像度画像モニタージュシーケンスを形成可能にする。重要なのは、狭走査領域 6 4 が大きな領域 6 2（例えば、網膜）にわたり移動すると、二次元走査は、大きな領域 6 2（例えば、網膜）に対する見かけ上の点光源の位置にかかわらず、常に見かけ上の点光源から到来する。

【0119】

第 1 及び第 2 の走査素子の動作パラメータは、ソフトウェアの制御下で動作されてもよい。これは、予測可能であり、反復可能な狭視野走査を得ることが可能となり、アセンブルされたモニタージュでの正確な関係を有する。

【0120】

S L O 1 0 は、図 7 に示すように動作する。ステップ 1 0 2 において、平行光の光源は、レーザビーム 1 3 を共通光路 C O P へ導入する。ステップ 1 0 4 において、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査を提供するために、走査素子及び走査リレー装置 1 8 を組み合わせる。ステップ 1 0 6 において、走査転送装置 2 0 は、二次元平行光走査を、その第 1 の焦点から、その第 2 の焦点で適応される眼へ転送する。ステップ 1 0 8 において、波面センサ 3 8 は、共通光路での光の波面収差を検出する。ステップ 1 1 0 において、波面センサ 3 8 は、ステップ 1 0 8 において可変ミラー 2 8 を用いて検出した収差を補償する。ステップ 1 0 8 及び 1 1 0 は、ループ（例えば、反復）しうる。ステップ 1 1 2 において、画像検出器 3 4 は、眼の網膜の高解像度画像を取得する。ステップ 1 1 4 において、制御パラメータは、二次元平行光走査を、網膜の新たな領域へ向けるように選択され、ステップ 1 0 2 から 1 1 2 を繰り返す。ステップ 1 0 2 から 1 1 4 は、十分な画像をビルドアップし、網膜のモニタージュを生成するまで必要な回数繰り返される。S L O 1 0 の動作は、上述した方法による二次元平行光走査の走査振幅角度を調整する追加のステップ

(図示せず)を含んでもよい。

【0121】

SLO10及び本発明の眼の網膜を走査する方法は、したがって、被験者の瞳孔の位置を調整せずに複数の高解像度狭視野網膜画像を網膜の大部分にわたって取得可能にすることにより、前述した不都合を取り除く、又は低減する。この手法でこのような高解像度狭視野網膜画像を取得することは、各走査間の時間遅延を低減し、被験者の瞳孔を再配置する必要がなくなる。この結果は、画像のモンタージュが、より少ない不連続性、歪み及びエラーを有し、画質を向上させ、眼の診断病理学への性能を増大させる。本発明は、また、画像化セッション全体の複雑さ及び時間を低減し、高速な自動モンタージュキャプチャをもたらす。楕円体リレーは、視野が広く、扱いやすいリレーを有するコンパクトなシステムを可能にする。

10

【0122】

上述した本発明の範囲を逸脱しない限り変更及び改良を行なってもよい。例えば、共振スキャナ16は、上述したように、10度まで、例えば、1度、2度、3度、4度、5度、6度、7度、8度、9度、10度の可変角度振幅を生成可能であるが、共振スキャナは、360度までの可変角度振幅を生成可能であることを理解すべきである。すなわち、共振スキャナ16は、その360度回転のいずれか点で360度までの振動の振幅を生成しうる。すなわち、共振スキャナ16は、その360度回転のいずれか点で可変振幅角度を360度まで生成しうる。

20

【0123】

もしくは、楕円リレーの倍率は、角度倍率を調整し、いずれかのスキャナの低減された機械的な走査角度を補償するように調整されてもよい。

【0124】

また、上記では楕円体結合ミラー18及び20について記載及び図示したが、他の結合素子、例えば、画像化システムの分離した波長が与えられる、回折素子、自由形態ミラー面又は従来のレンズリレーを用いてもよいことを理解すべきである。反射コーティングからのクロマティック効果を低減するため、ミラーが好ましい。

【0125】

さらに、適応光学素子として可変ミラー28を上記で図示及び記載したが、可変液体レンズ装置、液晶空間光変調器又は他の入射光の位相を変更することが可能な他の適切な適応光学素子を用いてもよいことを理解すべきである。

30

【0126】

また、SLO10は、上記で記載し、図示したように、走査リレー装置(スリットミラー18)を含むが、この素子は、本質的なものではなく、SLO10は、この構成要素なしで上述した利点と同一の利点を提供することが可能である。この構成要素が要求するSLO内で「チルト」されたレーザビームを取り除くことは、取得された画像でのいくつかのずれ効果を生じさせる。しかし、このようなSLOは、大きな領域62(例えば、網膜)に対する見かけ上の点光源の位置及び選択された動作パラメータにかかわらず、見かけ上の点光源からの二次元走査を提供することが可能である。

40

【0127】

さらに、第1及び第2の走査素子14及び16は、上記で記載し、図示したように、それぞれガルバノメーターミラー及び共振スキャナであるが、例えば、レーザライン光源又は装置を有し、ラインスキャンを生成する他の適切な走査素子を用いてもよいことを理解すべきである。ラインスキャンは、点走査に対する効果的な代替手段として用いられうる。ここで、ライン光源は、低速スキャナにより直交方向に走査される網膜上へライン照明を生成する。ライン照明は、ラインピクセルアレイにより検出され、2D画像は、低速スキャナを回転させることによりビルドアップされる。

【0128】

また、2つの焦点を有する楕円体ミラーとしてスリットミラー18を上記で説明したが、走査リレー装置は、他の形態を取りうることを理解すべきである。例えば、走査リレー

50

装置は、楕円形ミラー、一对の放物線ミラー、一对の放物面ミラー、又はこれらの構成要素の組み合わせを含みうる。この共通する技術的特徴は、2つの焦点を有し、一次元平行光走査を生成する走査リレー装置である、これらの構成要素の配置により提供される。

【0129】

楕円形ミラーの構成要素が走査リレー装置で用いられる場合、円柱レンズのようなビーム補償素子を提供することが必要となる。

【0130】

さらに、SLO10の配置は、ガルバノメーターミラー14がスリットミラー18の第1の焦点で位置決めされ、共振スキャナ16がスリットミラー18の第2の焦点で位置決めされることを上記で説明したが、ガルバノメーターミラー14及びスリットミラー18は、SLO10の動作に影響されずに切り替えられてもよい。

【0131】

さらに、上述したように、ガルバノメーターミラー14は、レーザビーム13の垂直走査を提供し、共振スキャナ16が水平走査を提供したが、これらの素子の回転及び振動軸は、ガルバノメーターミラー14がレーザビーム13の水平走査を提供し、共振スキャナ16が垂直走査を提供するように切り替えられてもよいことを理解すべきである。したがって、第2の走査素子の回転軸は、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分に略平行であってもよく、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、走査リレー装置により生成される一次元平行光走査により規定される平面に実質的に存在してもよく、又は第2の走査素子の回転軸は、走査リレー装置により生成される一次元平行光走査により規定される平面に略直交であってもよい。

【0132】

また、本発明の上述した実施形態では、120度の光学走査を提供することとしたが、検眼ミラー10は、より小さな又はより大きな角度の光学走査を提供するように構成されてもよいことを理解すべきである。上述したように、これは、例えば、レーザビーム13が走査されるスリットミラー18の一部の選択を変更することにより実現されうる。

【0133】

また、走査転送装置は、楕円形ミラーを含んでもよい。走査転送装置は、一对の放物線ミラーを含んでもよい。走査転送装置は、一对の放物面ミラーを含んでもよい。

【0134】

また、第2の走査素子の回転軸は、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分の約5度以内であってもよい。第2の走査素子の回転軸は、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分の約2度以内であってもよい。第2の走査素子の回転軸及び走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、走査検眼ミラーの1又はそれ以上の構成要素の選択された偏心による平行度を有してもよい。第2の走査素子の回転軸及び走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、検眼鏡により生成される網膜の画像のずれの許容可能なレベルに応じて、走査検眼鏡のユーザにより決定された平行度を有してもよい。

【0135】

また、第1の走査素子の回転軸は、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分の約5度以内であってもよい。第1の走査素子の回転軸は、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分の約2度以内であってもよい。第1の走査素子の回転軸及び走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、走査検眼鏡の1又はそれ以上の構成要素の選択された偏心による平行度を有してもよい。第1の走査素子の回転軸及び走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、検眼鏡により生成される網膜の画像のずれの許容可能なレベルに応じて、走査検眼鏡のユーザにより決定された平行度を有してもよい。

【0136】

さらに、走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、走査転送装置により生成される一次元平行光走査により規定される平面の約5度以内であってもよい。走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分は、走査リレー装置により生成される一次元平行光走査により規定される平面の約2度以内であってもよい。走査転送装置の2つの焦点を結ぶ線分及び走査リレー

装置により生成される一次元平行光走査により規定される平面は、走査検眼鏡の１又はそれ以上の構成要素の選択された偏心による一致度を有してもよい。走査転送装置の２つの焦点を結ぶ線分及び走査リレー装置により生成される一次元平行光走査により規定される平面は、検眼鏡により生成される網膜の画像のずれの許容可能なレベルに応じて、走査検眼鏡のユーザにより決定された一致度を有してもよい。

【０１３７】

また、図示しないが、図７の追加ステップでは、網膜は、軸方向において、三次元画像を生成するための手段で走査されうる。

【０１３８】

さらに、第１及び第２の走査素子は、上記で記載し、図示したように、振動ミラーを有するが、第１及び第２の走査素子は、ラインスキャン素子を含んでもよいことを理解すべきである。ラインスキャン素子は、レーザラインスキャナを含んでもよい。レーザラインは、回折光学素子、円柱状レンズ又は既知のレーザラインを生成する手段により発生されてもよい。

【０１３９】

また、走査素子は、上述したように、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の方向を制御可能にする動作パラメータを有するが、走査素子がラインスキャン素子（例えば、レーザラインスキャナ）の場合、動作パラメータは、見かけ上の点光源からの二次元平行光走査の大きさ（例えば、水平／垂直）を調整するように動作可能であることを理解すべきである。これは、走査領域の大きさ及び位置が調整可能となり、一方で、「移動した」網膜周辺で、その画像のモンタージュを効果的に取得することを可能にする。ラインスキャン素子が用いられる場合、既知の技術のように、検出及びＡＯレイアウトがまた変更されることを留意することが重要である。

10

20

【図１】

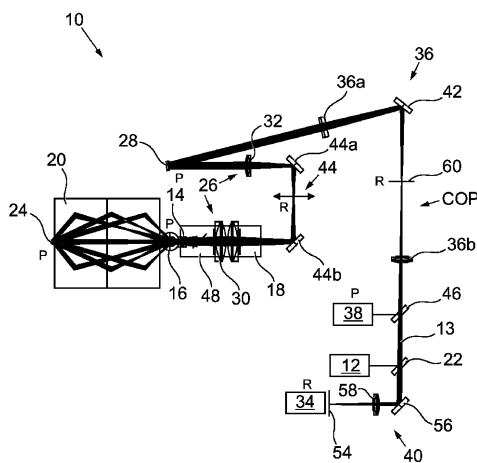


Fig. 1

【図２】

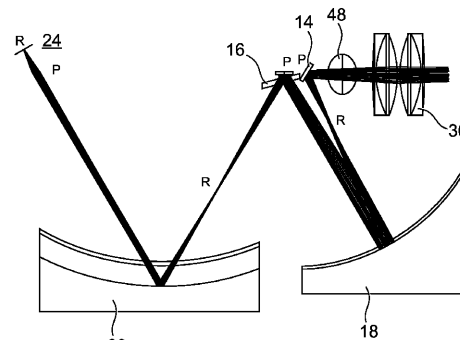


Fig. 2

【図 3】

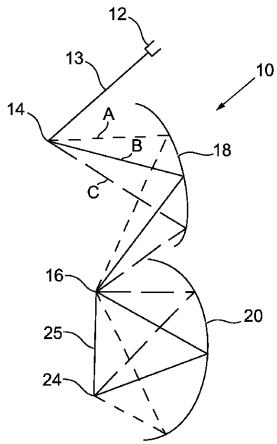


Fig. 3

【図 4】

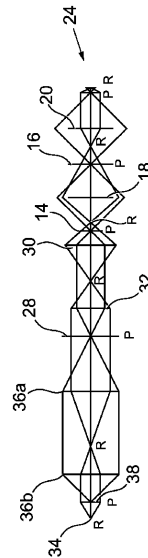


Fig. 4

【図 5】

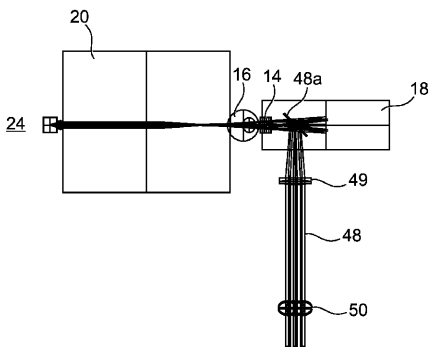


Fig. 5

【図 6】

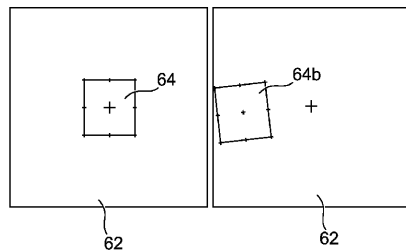
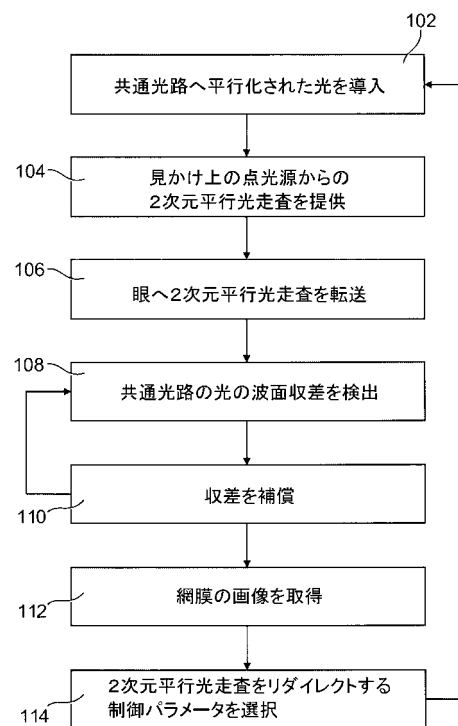


Fig. 6

【図 7】



## 【国際調査報告】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No <b>PCT/GB2010/050713</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. A61B3/12 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <b>A61B</b>		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) <b>EPO-Internal</b>		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2008/009877 A1 (OPTOS PLC [GB]; CAIRNS DAVID JOHN [GB]; HENDERSON ROBERT BARNET [GB]) 24 January 2008 (2008-01-24) cited in the application	1-10, 14-20, 22-25
Y	page 6, line 27 - page 7, line 6 page 7, line 24 - line 30 page 8, line 1 - line 5 page 8, line 15 - line 17 page 10, line 22 - page 11, line 15 figure 1	11-13,21
Y	----- WO 03/020121 A1 (UNIV ROCHESTER [US]; UNIV HOUSTON [US]) 13 March 2003 (2003-03-13) page 14, line 1 - line 9 figure 1	11-13,21
A	----- US 2007/010313 A1 (AKITA JUNICHI [JP]) 11 January 2007 (2007-01-11) the whole document -----	1-25
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*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)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>*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</p> <p>*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</p> <p>*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.</p> <p>*G* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
16 August 2010		24/08/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer:  <b>Bengtsson, Johan</b>

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2010/050713

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008009877 A1	24-01-2008	AU 2007274879 A1	24-01-2008
		CA 2657465 A1	24-01-2008
		CN 101489468 A	22-07-2009
		EP 2040606 A1	01-04-2009
		GB 2440163 A	23-01-2008
		JP 2009543585 T	10-12-2009
		US 2010141895 A1	10-06-2010
WO 03020121 A1	13-03-2003	EP 1427328 A1	16-06-2004
		JP 4157839 B2	01-10-2008
		JP 2005501587 T	20-01-2005
US 2007010313 A1	11-01-2007	DE 102006031051 A1	18-01-2007
		JP 2007014569 A	25-01-2007

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ウォール ロバート  
イギリス国 ローティアン イーエイチ 26 9 ビービー ペニキュイック クロケット ガーデ  
ンズ 11

(72)発明者 ロバートソン クレイグ  
イギリス国 ファイフ ケイワイ 3 0 ティーエフ アバーダー インチ アヴェニュー 24

(72)発明者 ケアンズ デイヴィッド  
イギリス国 ファイフ ケイワイ 13 8 エイビー キンロス タラパーク 15