

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第5571864号
(P5571864)

(45) 発行日 平成26年8月13日(2014.8.13)

(24) 登録日 平成26年7月4日(2014.7.4)

(51) Int.CI.

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 3/10

M

請求項の数 18 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-516489 (P2014-516489)
 (86) (22) 出願日 平成24年7月3日(2012.7.3)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2012/053369
 (87) 国際公開番号 WO2013/008129
 (87) 国際公開日 平成25年1月17日(2013.1.17)
 審査請求日 平成25年12月20日(2013.12.20)
 (31) 優先権主張番号 61/507,676
 (32) 優先日 平成23年7月14日(2011.7.14)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 590000248
 コーニングレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 (74) 代理人 100087789
 弁理士 津軽 進
 (74) 代理人 100122769
 弁理士 笛田 秀仙
 (74) 代理人 100163810
 弁理士 小松 広和
 (72) 発明者 デ ブライン フレデリク ヤン
 オランダ国 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイ テック キャンパス
 ビルディング 44

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学焦点の遠隔測定のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レンズ及びセンサ表面を有する離れた光学結像系の光学焦点の遠隔測定の測定システムであって、

光の発光パターンが前記離れた光学結像系の前記レンズの前にある既知の焦点面で焦点が合うように前記発光パターンを投射するための光投射デバイスと、

前記光投射デバイスと前記既知の焦点面との間において前記光投射デバイスの光軸と少なくとも部分的に一致する光軸をもつ、前記離れた光学結像系の前記センサ表面上の前記発光パターンの反射の画像を記録するためのカメラと、

前記離れた光学結像系の焦点距離を測定するために前記センサ表面上で反射された前記の記録された発光パターンのシャープネスを決定するための画像処理ユニットとを有する、測定システム。

【請求項2】

前記光投射デバイスは、異なる焦点面での1よりも多い発光パターン、又は、既知の態様が前記焦点面の位置の関数として変化する連続的な発光パターンを同時に生成するよう構成される、請求項1に記載の測定システム。

【請求項3】

前記光投射デバイスは、異なる焦点面で1よりも多い発光パターン、又は、既知の態様が前記焦点面の位置の関数として変化する連続的な発光パターンを有する光フィールドを生成するためのマイクロレンズアレイを有する、請求項2に記載の測定システム。

【請求項 4】

異なる焦点面で 1 よりも多い発光パターンを同時に生成するためにプロジェクタの後方の異なる距離で異なるスライドのスタックを有する、請求項 2 に記載の測定システム。

【請求項 5】

前記光投射デバイスは、異なる焦点面での 1 よりも多い発光パターン、又は、既知の態様が前記焦点面の位置の関数として変化する連続的な発光パターンを同時に生成するため異なる距離で異なる特性をもつ光フィールドを生成する回折要素を有する、請求項 2 に記載の測定システム。

【請求項 6】

前記カメラ及び前記光投射デバイスの前に配置された共通のマイクロレンズアレイを有する、請求項 5 に記載の測定システム。 10

【請求項 7】

前記カメラは、光フィールドカメラである、請求項 2 - 6 のうちいずれか一項に記載の測定システム。

【請求項 8】

前記光投射デバイスは、赤外線を投射する、請求項 1 - 7 のうちいずれか一項に記載の測定システム。

【請求項 9】

前記光投射デバイスは、時間周波数を有する 1 よりも多い発光パターンを投射するように構成され、各発光パターンは特徴的な時間周波数を有する、請求項 1 - 8 のうちいずれか一項に記載の測定システム。 20

【請求項 10】

前記光投射デバイスは、異なる波長のパターンを投射するように構成される、請求項 1 - 9 のうちいずれか一項に記載の測定システム。

【請求項 11】

前記光投射デバイスは、人間の目に対して不可視な波長で前記発光パターンを投射する、請求項 1 - 10 のうちいずれか一項に記載の測定システム。

【請求項 12】

レンズ及びセンサ表面を有する離れた光学結像系の光学焦点を遠隔で測定するための方法であって、 30

光投射デバイスにより、前記離れた光学結像系の前記レンズの前にある既知の焦点面で焦点が合うように発光パターンを投射するステップと、

前記光投射デバイスと前記既知の焦点面との間ににおいて前記光投射デバイスの光軸と少なくとも部分的に一致する光軸をもつカメラにより、前記離れた光学結像系の前記センサ表面上の前記発光パターンの反射の画像を記録するステップと、

前記離れた光学結像系の焦点距離を測定するために前記センサ表面上で反射された前記の記録された発光パターンのシャープネスを解析するステップとを有する、方法。

【請求項 13】

1 つよりも多いパターンが異なる焦点面で同時に投射され、既知の態様が前記焦点面の位置の関数として変化する連続的な発光パターンが投射される、請求項 1 2 に記載の方法。 40

【請求項 14】

赤外線パターンが投射される、請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 15】

1 又はそれ以上の発光パターンが投射され、各発光パターンが特徴的な時間周波数で投射される、請求項 1 2 - 1 4 のうちいずれか一項に記載の方法。

【請求項 16】

異なる波長の発光パターンが投射される、請求項 1 2 - 1 5 のうちいずれか一項に記載の方法。

【請求項 17】

眼球調節が測定され、前記離れた光学結像系は目であり、前記センサ表面は目の網膜である、請求項12 - 16のうちいずれか一項に記載の方法。

【請求項18】

プログラムがコンピュータ上で実行されたときに、請求項12 - 17のうちいずれか一項に記載の方法を実行するためのプログラムコード手段を有する、コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レンズ及びセンサ表面を有する離れた光学結像系の光学焦点の遠隔測定のための測定システムであって、発光パターンを与えるための手段と、光学結像系の画像を記録するためのデバイスと、センサ表面上の発光パターンの反射の画像から離れた光学結像系の光学焦点を決定するための手段とを有する、測定システムに関する。 10

【0002】

更に、本発明は、レンズ及びセンサ表面を有する離れた光学結像系の光学焦点を遠隔で測定するための方法であって、発光パターンが与えられ、光学結像系のレンズの画像が記録され、センサ表面上の発光パターンの反射の画像から、遠隔結像系の光学焦点が決定される、方法に関する。

【背景技術】

【0003】

先に述べたような測定システム及び方法が存在しており、これらは、とりわけ、遠隔の（人の）目の眼球調節の遠隔測定のために用いられる。 20

【0004】

臨床診療において、眼球調節の客観的測定は、（極めて若い乳児のような）人からの判断及び応答を必要とする主観的な屈折テストを受けることができない患者にとって必要である。そして、その目的は、度付き眼鏡の強さを決定するために目の屈折状態（典型的には、近視又は遠視）を測定することにある。臨床応用に加えて、人間の視力研究においても、調節の連続測定は、生理学における洞察及び目の動的動作を得るために用いられる。

【0005】

客観的手法において屈折状態を測定する最も古い手法は、網膜検視法として知られる、網膜上の移動光源の投射の直接観察によるものであった。光源の網膜投射は、網膜上の逆反射をもたらし、網膜の動作が屈折状態を示す。 30

【0006】

早くも1619年に、目の近くに配置される、移動光を、穴があけられたプレートを通じて照射に置換する方法がScheinerにより導入された。プレート中の穴は、基本的には、適切な調節の場合において網膜（即ち、目のセンサ表面）上の単一の点上に収束するためのものである光線の別個のセットを有する発光パターンを生成する。複数の網膜投射の外観は、前と同じく、近視又は遠視のための指標である。Scheinerの原理は、依然として、現代の自動屈折計又は自動屈折レンズの基礎を形成する。

【0007】

Warshawskyは、"High-resolution optometer for the continuous measurement of accommodation", Journal of the Optical Society of America, vol 54, nr. 3 pp 375-379, March 1964で述べられているような機械的自動屈折レンズを構築するためにScheinerの原理を用いる。類似の方法及び装置は、"High-speed infrared optometer" Journal of the Optical Society of America, vol 49, nr. 3, March 1959 and Okayama et al in "Eye-tracking infrared optometer", Ophthalmic and Physiological Optics, Vol. 10, July 1990でCampbellらにおいて述べられている。 40

【0008】

現代の自動屈折レンズのほとんどは、Scheinerの原理に基づき続けている。しかしながら、全ての既知のデバイスは、システム及び方法が目立ち過ぎるという欠点を有する。多 50

くのシステム及び方法は、人が測定デバイスを真っ直ぐに見ることを必要とし、これは、非常に目障りであり、自然な動作を模倣しない。例えば、Okuyamaによる自動屈折レンズは、自然な目標上に視点を与えるが、目の近くの半透明の鏡による障害物及び顎当への必要性は、自然な観察体験を作り出さない。

【0009】

多くの人々は、不自然な位置に置かれ、明らかに監視下に置かれたときに不快であると感じ、これは、心拍数及び血圧として斯様な現象に影響を及ぼす場合があり、これは、視力に影響を及ぼし得ることが良く知られている。観察されたオブジェクトを場合によりストレス下に配置するという明らかな欠点から離れて、通常の状況における目の調節ではなく被験者がストレス下に置かれたときの目の調節を実際に反映するという結果を得るという欠点も存在する。10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、眼球調節を遠隔で及び控え目に測定するための、冒頭の段落で述べられたタイプの方法およびシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

そのため、本発明のシステムは、光の発光パターンが離れた光学結像系のレンズの前にある既知の焦点面に焦点が合うように前記パターンを投射するための光投射デバイスと、前記離れた光学結像系のセンサ表面上のパターンの反射の画像を記録するための投射デバイスの光学軸と少なくとも部分的に一致するか又は該光学軸の近くにある光学軸を有するカメラと、前記センサ表面上で反射された発光パターンのシャープネスを決定するための手段とを有する、システムである。20

【0012】

本発明の方法及びシステムは、可視又は不可視（例えば、赤外線）の光を生成する投射デバイスと、光学軸が少なくとも投射デバイスの軸に沿って又はその近くに配向された投射デバイスの光学面にある1又はそれ以上のカメラとの使用に基づいている。投射デバイス、プロジェクタの焦点面から見て、プロジェクタ及びカメラの焦点面が向こうに配置された離れた光学結像系の焦点面と一致したときには、投射されたパターンは、カメラ（即ち、測定システムの記録デバイス）上にシャープな外観を呈する。単一のパターンが用いられる。画像処理は、好ましくは、自動化システムの部分として獲得された画像を強化及び分析するために用いられる。30

【0013】

好ましい実施形態において、投射デバイスは、異なる焦点面で1よりも多くのパターンを生成するように構成される。好ましい実施形態を形成する、異なる距離で投射された異なるパターンの使用は、どのパターンがシャープな外観を呈しても、複数の焦点距離の瞬時検出を可能にする。

【0014】

システムは、好ましい実施形態において、投射デバイス及びカメラのための共通レンズを有する。これは、測定システムの複雑さを低減する。40

【0015】

ここで、本発明において、単語"カメラ"が用いられ、任意のイメージングデバイスは、単語"カメラ"に基づき獲得される。

【0016】

パターンを作る光は、可視光でもよいが、好ましくは、観察者を妨害しないように赤外線である。

【0017】

可視光のパターンを妨害しないように、及び、可視光のパターンをまだ用いないように、可視光パターンは、好ましい実施形態において、投射された光に隠される。50

【0018】

多くの状況において、離れた光学結像系は人間の目であり、本発明のシステム及び方法はとりわけ斯様なアプリケーションに役立つ。しかしながら、これは、カメラのレンズのネコ、イヌ又はウマ動物の目にもなり得る。調節の遠隔測定の利点は、あまり困難でない場合、既知の方法および装置により、不可能である動物による眼球調節の測定を可能にする。これは、カメラの動作を追跡するために用いられてもよい。測定システムは、注意深いユーザインターフェース、安全監視システム又は監視システムの部分であり得る。

【0019】

本発明の方法は、離れた光学結像系のレンズの前にある既知の焦点面の焦点に光の発光パターンが投射され、投射デバイスの光学軸と少なくとも部分的に一致するか又は該光学軸の近くにある光学軸を有するカメラにより、離れた光学結像系のセンサ表面上のパターンの反射の画像が記録され、センサ表面上に反射された発光パターンのシャープネスが決定されることを特徴とする。

10

【0020】

これらの及び他の目的並びに有利な態様は、以下の図面を用いて説明される例示的な実施形態から明らかになるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】全ての既知の屈折計の原理であるScheinerの原理を示す。

【図2】既知のセットアップを示す。

20

【図3】自動反射法又は逆反射の捕獲を示す。

【図4】本発明のシステム及び方法を示す。

【図5A】本発明のデバイス及び方法のための考えられるセットアップを示す。

【図5B】本発明のデバイス及び方法のための考えられるセットアップを示す。

【図5C】本発明のデバイス及び方法のための考えられるセットアップを示す。

【図6】パターンが或る範囲でスワイプされたときにカメラの画像センサ上で獲得される網膜上のパターンの反射を示す。

【図7A】本発明のシステムの実施形態を示す。

【図7B】本発明のシステムの実施形態を示す。

30

【図7C】本発明のシステムの実施形態を示す。

【図8】目が無限距離上にフォーカスされているかどうかを区別するためにシステムが用いられることを示す。

【図9】焦点面の回転を示す。

【図10】本発明のシステム及び方法の他の実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

図は実寸で描かれていない。概ね、同一のコンポーネントは、図中の同じ参照符号により示される。

【0023】

図1は、全ての既知の屈折計の原理であるScheinerの原理を示している。

40

【0024】

焦点Fを有する外部レンズは、倍のピンホールを有するマスクMaの前に配置される。正しい調節の場合にのみ、双方のスポットは、((c)で示される)単一のより明るいスポットを構成するために網膜上でマージする。

【0025】

図2は、Okuyamaにより提案されたオプトメータを示している。

【0026】

光二色性の鏡M1及びM2が、左側の目L及び右側の目Rの前に配置され、左側及び右側のオプトメータO1及びO2が用いられる。信号は、ペンレコーダP、モニタM及び/又はTVに結果を送り得る制御ユニットCに送られる。

50

【0027】

明らかに、Okuyamaによる自動屈折レンズが自然な目標上に視野を与えるにも関わらず、目の近くの半透明の鏡による障害物及び顎当ての必要性は、自然な観察体験を作り出さない。

【0028】

本発明は、目的として、大きな距離からのレンズベースの結像系の集光距離を遠隔で検出する可能性を提供しなければならない。

【0029】

この目的を達成するために、本発明のシステムは、光の1又はそれ以上のパターンを投射するための光投射デバイスと、1又はそれ以上の既知の焦点面で1又はそれ以上のパターンを与えるための手段と、レンズの画像面上の1又はそれ以上の光パターンの反射の画像を測定するための投射デバイスの光学軸と少なくとも部分的に一致する光学軸を有するカメラと、1又はそれ以上の反射されたパターンのシャープネスを分析するための画像プロセッサとを有する。

10

【0030】

本発明は、(人間の)目に役立つので、調節が生じる焦点距離を与え、それ故、アンションの瞬間的なオブジェクトまでの距離を現す。

【0031】

眼球調節を測定するための既存のシステムとは対照的に、本発明は、調節が観察経路における半透明の光学素子又は目の周辺における素子により視界を妨げることなく測定されるように、全体として控え目である。

20

【0032】

眼球調節を測定するための既存のシステムとは対照的に、提案されたシステムは、典型的にはピコビーマー又はウェブカメラのサイズを有するより小さい形状因子によって構成され得る。

【0033】

光学素子の単純な構造及び適切な焦点の潜在的に単純な検出は、低コストな実装を可能にする。

【0034】

画像処理ユニットにより知られるパターンの使用は、焦点における特定のパターンが目によって同軸カメラのフレーム内の多かれ少なかれ同じ位置に常に送り返されるので、動作に対して本質的に強い焦点検出を行う。これは、同軸幾何学的形状に起因して単純である。これは、システムをモーションブラーに対して強くする。

30

【0035】

また、実施形態において述べられるような複数のパターンの使用は、複数の人間の被験者の個々の眼球調節の同時検出を可能にすべきである。

【0036】

図3は、指向性反射の原理を示している。赤目効果(即ち、網膜反射)は、比較的凝視方向から独立している。被験者は、カメラ又は隣接するフラッシュの方向を見ている必要はない。光源は、明るい網膜投射を生成する。被験者はカメラ及びフラッシュに注目する傾向にあるので、光は網膜に効果的に集中し、網膜上の光源のスポットが目から光源まで外方に投射する二次的光源として機能することをもたらす。Fermatの原理に基づいて、光源の接合点及び網膜画像上の光源の画像は、光の方向に関わらず互いに収まり、従って、網膜上の光源の反射の画像及び光源は同じ点にある。結果として、目は自然な逆反射特性を有する。

40

【0037】

図4は、本発明のシステム及び方法を示す。

【0038】

プロジェクタP及びカメラCAMは同じ光学軸を共有する、即ち、半透明の鏡であり得るビームスプリッタBSPの使用により、AXCAM及びAXPが一致する。プロジェク

50

タは、パターンの点の収集が焦点面 F P L 1においてそのパターンのシャープな画像を形成するようにパターン P 1 の各点 A 1 が点 A 2 で投射されるようにパターンを投射する。プロジェクタ及びカメラは、それぞれレンズ L 1 及び L 2 を備えている。

【 0 0 3 9 】

我々がプロジェクタの焦点面にスクリーンを配置する場合、カメラは投射 A 2 を獲得することが可能であるだろう。これは、その焦点面がプロジェクタの焦点面と一致した場合にのみ、センサ上の単一の点 A 5 として現れるだろう。しかしながら、スクリーンはない。物理的な投射スクリーン、遠隔結像系がない場合、この場合において、遠隔結像系（この場合においては目）の焦点面、即ち焦点面 F P L 2 上に点 A 2 がたまたまあるという条件下で、目 E Y E は、点 A 3 における網膜上で点 A 2 を集光し、点 A 4 を介してその点を点 A 5 上のカメラに送り返すだろう。図 4において、遠隔の目は、空間 B 2 における点にフォーカスされ、これは、それ故、目の瞬間的な焦点面 F P L 2 に配置される（目の現実の焦点面が或る湾曲を有する焦点面であることに留意されたい）。これを行うのに、目の焦点面は、カメラ及びプロジェクタの焦点面 F P L 1 と一致する。結果として、これは、目の網膜上にシャープな画像を形成している。3つの結像系の各々のフィールドの深度が、一致する焦点のエリアを2つの焦点面周辺の3Dボリュームに広げる傾向があるので、実際には、投射されたパターン全体は、焦点について送り返されるだろう。もちろん、2つの光学軸の間の角度がより大きくなるときに、一致する焦点ボリュームは減少する。

【 0 0 4 0 】

焦点検出は、投射されたパターン又は（向きのようないくつか）投射されたパターンの少なくとも一様な像が画像処理ユニットにより知られているという事実に基づいている。予め決められた面で焦点の発生を検出するために、遠隔結像系（目）は、その断片だけが同じ距離にある物理的なスクリーン上に投射される場合に、そのパターンの断片をカメラに送り返すだろう。簡単に言うと、目の焦点面並びにプロジェクタ及びカメラの焦点面が一致する場合にのみ、カメラが網膜上のパターンのシャープな逆反射を記録するだろう。図 4 は、目 E Y E と目の焦点面 F P L 2 との間に何もないことを示している。眼球調節測定は、遠くから行われる。調査中の人には、測定デバイスを見る必要もないか又は目の前に配置される半透明の鏡を有する必要もないし、顎当てを用いる必要もない。本方法は、全体として控え目であり、赤外線が用いられた場合には、人が観察に気づくことなく用いられ得る。それにもかかわらず観察者に対して知覚されないか又は少なくとも気を散らさない可視光を用いる例が以下で与えられる。この例では、目は点 B 1 において集光している。B 1 の画像は網膜上の点 B 2 にあり、網膜は、離れた光学結像系のセンサ表面であり、人間の目である。

【 0 0 4 1 】

共通焦点面に基づく焦点検出の新たな原理は、焦点距離の予め決められた範囲内の焦点推定、焦点測定又は焦点追跡のために用いられ得る。焦点の検出を基礎として用いた場合、焦点距離の範囲からの焦点の推定又は測定のための種々の方法がある。

【 0 0 4 2 】

单一の投射された発光パターンを用いた場合、本発明の一実施形態は、プロジェクタ及びカメラの共通焦点距離の組み合わせられた調整に基づく。新たな焦点検出原理を用いた場合、プロジェクタ及びカメラの共通焦点面は、投射パターンが目から最適に検出されるまで調整される。すなわち、網膜上のパターンの反射が最も鋭い。共通焦点距離のそのように見つけられた値は、目の焦点距離を示す。複数のパターンの投射を用いた場合、本発明の種々の実施形態は、全て、各々が他の距離でフォーカスされる複数のパターンの投射に基づいて、以下で与えられる。パターンがカメラのフィールドの深度の範囲内にある限り、特定のパターンの検出は関連した距離での焦点を示す。

【 0 0 4 3 】

カメラ C A M は、画像センサ I S を有する。画像センサ I S の信号は、画像のシャープネスを測定するために、画像処理ユニット I P に送られる。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

図 5 A、5 B および 5 C は、本発明によるデバイスのための考えられるセットアップを示している。

【 0 0 4 5 】

図 5 A において、プロジェクタ及びカメラはそれぞれ別個のレンズを有し、図 5 B において、プロジェクタ及びカメラは共通レンズを共有する。これは、システムの素子の数を低減する。図 5 C において、カメラ及びプロジェクタの位置は、図 5 B と比較して入れ替えられている。これは、好ましい実施形態である。カメラがビームスプリッタを介して真っ直ぐに見ることが好ましい。もちろん、図 5 A において、カメラ及びプロジェクタが入れ替えられてもよい。

【 0 0 4 6 】

10

また、図 5 A ~ 5 C は、目の網膜で反射されたパターンのカメラにより撮られた画像を示している。目の焦点面 F L P 2 がプロジェクタ及びカメラの焦点面と一致したときに、比較的シャープな画像が見られ、この画像は、目の焦点面がプロジェクタ及びカメラの焦点面と異なるにつれて次第にぼかされる。観察された画像は、（目によって図面に示された）外部の結像系の定常状態焦点の間に焦点を変えているときに、同軸カメラにより撮られる。或る範囲に渡ってプロジェクタ及びカメラの焦点面をスワイプして同時に画像を記録すること、画像処理を用いること、画像のシャープネスを決定することは、プロジェクタ及びカメラのための特定の焦点面で最大のシャープネスを与える。目の焦点面は、そのように見つけられた焦点面に対応する。

【 0 0 4 7 】

20

パターンは、赤外線の（IR）光において与えられてもよい。

【 0 0 4 8 】

パターンは、好ましい実施形態において、カメラが背景画像と発光パターンの投射を有する画像とを交互に取得するように、それぞれ交互のビデオフレームにおいて与えられてもよい。背景画像の差し引きは、網膜上に発光パターンの反射だけを残し、これにより、パターンの反射の検出可能性を大幅に強化する。

【 0 0 4 9 】

パターンは、好ましい実施形態において、時間的周波数（例えば、70 Hz）を与えられてもよい。好ましくは、周波数は、例えば可視又は赤外線の光の他の供給源で用いられた周波数には対応しない。そして、カメラは、プロジェクタの周波数周辺の周波数の範囲内にない IR 信号をフィルタリングするために周波数フィルタを用いることにより、その周波数に調整されてもよい。斯様な好ましい実施形態において、背景信号がフィルタリングされる。

30

【 0 0 5 0 】

図 6 は、パターンが或る範囲に渡ってスワイプされたときの（カメラの画像センサ上で獲得される）網膜上のパターンの反射を示している。

【 0 0 5 1 】

図 7 A ~ 7 C は、本発明のシステム及び方法の一実施形態を示している。この実施形態と先の実施形態との間の差は、複数の焦点面 F P L i ~ F P L j がマイクロレンズアレイを用いて作られる点である。これらの実施形態のシステムは、それぞれが異なる距離で集光した異なるパターンを含む光フィールドを生成するためにプロジェクタの経路内に配置されたマイクロレンズアレイ M A R を有する。この技術を用いた場合、別々に集光されたパターンのスタック、又は、既知の態様が距離の関数として変化するこれらの連続パターンを生成することが可能である。斯様なパターンは格子パターンであり得る。そして、パターンの向きは、パターンの既知の態様として用いられ得る。カメラ上の画像を解析することにより、これは、目の焦点面を見つけることができる。また、異なる距離での同時投射は、システムの範囲内において複数の被験者の中の個々の眼球調節の推定を可能にする。これは、既知のシステムでは不可能である。図 7 A において、マイクロレンズアレイが、プロジェクタ光経路内に配置され、類似の効果が、カメラの光経路内にマイクロレンズアレイを配置することにより得られ、この場合において、plenoptic プロジェクタの代わ

40

50

りにplenopticカメラが用いられる。この構成は図7Cにおいて概略的に示されている。好ましい実施形態において、マイクロレンズアレイは、図7Bにおいて概略的に示されるように、カメラ及びプロジェクタの双方の前に配置される。後者の構成は、プロジェクタの画素とカメラの画素との間に1:1の関係を与え、これは有利である。

【0052】

マイクロレンズアレイの代わりに、プロジェクタは、それぞれが異なるパターンを有する、プロジェクタレンズ後方に異なる距離で異なるスライドのスタックを含み得る。

【0053】

パターンマスクは、異なる距離で異なる特性を有する光フィールドを生成する回折要素であってもよい。ホログラムがこの目的のために用いられてもよい。

10

【0054】

複数の距離でのパターン（又は複数のパターン）の生成は、時間経時的な方法で実行されてもよく、カメラが同期化されたイメージキャプチャを用いることが提供される。

【0055】

また、互いに同一線上に複数のプロジェクタの光学軸をもたらすために鏡を用いて、異なる距離で静的なパターンを投射する1よりも多いプロジェクタを用いることも可能である。

【0056】

適切なパターンが与えられた場合、パターンのラーは、その投射が焦点外にある方向をすぐに識別することができる。これは、伝達されたパターンを焦点内に維持するようプロジェクタ（及びカメラ）の焦点を機械的に制御するために用いられ得る。そして、制御システムは、未知のシステム（即ち、目の焦点面）の焦点距離を自動的に示す。欠点は、同時の複数のパターン投射の使用とは対照的に、これが、単一の未知のカメラ又は単一の被験者に対して調整され得ることである。目の調節を追跡するためのシステム及び方法がここで述べられ、目及びシステムと同様の態様のカメラ機能がカメラの焦点を追跡するために用いられてもよいことが述べられる。

20

【0057】

また、システムは、目が無限距離で集光している時を検出可能である。プロジェクタの焦点面と目の焦点面とが斯様な状況において一致し得ないとしても、それにもかかわらず、カメラのセンサ上にパターンは、目が無限距離で集光しているときに、はっきりと撮像されるだろう。図8は、斯様な状況を示している。プロジェクタにより放射された平行光線は、目により集光され、無限距離上に、網膜に、集光しているとき、及び、網膜から反射された光線が平行光線を形成したときに、これらは、カメラのセンサ上に集光される。それ故、システムは、目が無限距離上に集光しているかどうかを確立することが可能である。

30

【0058】

複数のパターンが種々の焦点面で形成される状況において、1つのパターンが無限距離に確保されてもよい。シャープネスの測定のための方法は知られている。1つのシャープネスを測定する手段は、例えば、パターン内の線の範囲、及び／又は、反射されたパターン内の最大と最小との間の割合を測定することである。パターン内の線の範囲は、パターンがフォーカスされたときの（即ちシャープ）、最大と最小との間の割合を示すだろう。

40

【0059】

更に、上述したように、2つの光学軸間、即ち、目の光学軸とプロジェクタ及びカメラの光学軸との間の角度がより大きくなったときに、一致する焦点のボリュームは減少する。我々は、プロジェクタの、及び、必要に応じて、カメラの焦点面を回転させることにより、この回転を補正することができる。図9は、プロジェクタの焦点面の回転を示している。これは、Theodor Scheimpflugにより最初に提案されたScheimpflugの構成として知られた（例えば、GB patent no. 1196, May 1904参照）、レンズ面に対する画像面の回転により実現される。その発明者の名をとって名づけられた、この傾けられたレンズの幾何学的形状は、焦点面がレンズ面に対する回転を得ることをもたらす。拡張された焦点面は、

50

拡張された画像面及び拡張されたレンズ面と同一ラインで交差するだろう。代わりに、これは、観察されるべき目を観て種々の反射されたパターンを解析するプロジェクタ及びカメラの幾つかの対を用いることができる。

【 0 0 6 0 】

図10の本発明の方法の例において、プロジェクタは、カメラCam1、Cam2などのアレイにより囲まれている（この例においてはプロジェクタ）。カメラのエリアを用いた場合、これは、アレイの中心に光フィールドを確立することができる。カメラのアレイにより与えられた画像を用いた場合、フィールドの種々の深度の画像が復元され得る。これは、カメラのアレイにより撮られた画像から深度情報が得られるのを可能にする。この方法の利点は、深度情報が予め知られている必要がないことである。目の位置は、カメラのアレイの画像を解析することにより得られ得る。10

【 0 0 6 1 】

全ての実施形態におけるシステム及び方法は、バイタルサインを追跡するために用いられ得る。

【 0 0 6 2 】

人間が固定された距離にフォーカスし続けたときに、この定常の眼球調節は、周期的呼吸及び鼓動によって変化することが知られている。そのようなものとして、調節の検出がこれらのバイタルサインを与えてもよい。本発明のシステムが、控え目な態様で及び或る距離からこれを行うことができるという事実は、未だ可能ではない可能性を提供する。例えば、耐久性テストを受けている人の心拍数及び周期的呼吸が測定されるべきときには、これは、ワイヤで人のじゃまをする必要なく行われ得る。20

【 0 0 6 3 】

一方で、外部的に測定されたバイタル信号が与えられた場合、眼球調節の測定は、これらが集光距離上でもたらす調整のために原理上修正され得る。

【 0 0 6 4 】

使用されるカメラは、光フィールドカメラ、即ち、フィールド深度の或る範囲で焦点が合っている画像を作るために用いられ得る画像データを与えることが可能なカメラであってもよい。従来のカメラを合成開口により光フィールドカメラに変換するための種々の方法がある。光フィールドカメラの利点は、単一の露光において、光線の完全なフィールドを一体的に獲得することであり、ここから、単一の獲得されたフレームに基づき焦点又は焦点範囲を逆向きに調整することが可能である。そのようなものとして、獲得された光フィールドは、遠隔の目の焦点距離の推定又は測定をすぐに与える。斯様なカメラは、コード化された開口又はレンズとセンサとの間の光学経路内の変化するパターンの使用により（まだらのフォトグラフィ）、センサの前のマイクロレンズアレイを用いて構成され得る。30

【 0 0 6 5 】

種々の方法が、露光を犠牲にすることなくカメラのフィールドの深度を拡張するために存在する。これらの方法は、カメラが特定のパターンの検出のために用いられ、定期的な画像キャプチャの獲得のために用いられない時に特に興味深い。既知の方法は、焦点スウェーブイメージングの使用である。40

【 0 0 6 6 】

本発明の実施形態において、焦点検出は、凝視検出と組み合わせて用いられる。

【 0 0 6 7 】

凝視検出及び焦点検出を組み合わせることにより、デバイスの方向において意図的に凝視することから誤って凝視することの曖昧さをなくすことが可能となる。この場合において、システムは、場合によりボタンからの又は口語的なコマンドの解釈から来る他のトリガと組み合わせて、凝視に基づき制御されるべき特定のデバイスの部分である。

【 0 0 6 8 】

とりわけデバイス自体に配置されるべき投射された焦点面を選択することにより、凝視に加えて意図的な焦点を検出することが可能となる。適切な焦点を検出することなく凝視50

を検出した場合には、誤って凝視しているとみなされ、デバイスの制御を開始するためのトリガとして無視され得る。

【0069】

凝視検出がカメラ及び同軸（赤外線）照射の使用に既に基づいているので、凝視検出及び焦点検出は、少ない追加のコストで効率的に一体化され得る。

【0070】

凝視推定と組み合わせた焦点検出又は推定の使用。

【0071】

凝視推定の組み合わせは、3D空間中の点の凝視の検出を可能にする。3Dディスプレイ（ホログラフィック）との組み合わせは、固有の機能を可能にしてもよい。

10

【0072】

本発明のシステム及び方法は、幾つかのアプリケーションのために又はこれらにおいて用いられてもよい。

【0073】

人間における眼球調節の遠隔推定は、場合により凝視検出と組み合わせて、電子看板の状況で視覚的注意力を測定するために、注意力を検知するために用いられ得る。集光距離に関する認識は、"見る"及び"凝視"の曖昧さをなくすために役に立ち得る。

【0074】

また、場合により凝視検出と組み合わせて、これは、見られたときに口語的なコマンド又はジェスチャにのみ応答する注意深いユーザインタフェースとして用いられ得る。

20

【0075】

また、眼球調節の遠隔測定は、視覚系の適切な成長をモニタするために子供における視覚的欠陥の検出において用いられることができる。

【0076】

無限距離での調節の検出は、ドライバが路上で充分な焦点を呈するかどうかを明らかにすることができる。

【0077】

身体の不自由な人のための凝視制御ユーザインタフェースの部分として、例えばマウス制御において、ロバスト性を提供してもよい。

【0078】

30

光学系と組み合わせた場合、光学系を目の屈折状態に自動的に適応させるための手段を提供してもよい。本方法が控え目に機能するとともにより小さい形状因子を可能にするので、本アプリケーションは、従来の眼科学の範囲を越えてよく、消費者向け市場のための光学製品の部分であってもよい。

【0079】

セキュリティシステムにおいて、人間の視覚的焦点の検出は、不所望な注意力を検出するため用いられてもよい。不所望なカメラ焦点の検出が検出されてもよい。述べられたように、システムは、カメラの焦点距離を測定するために用いられてもよい。

【0080】

控え目な性質は、本原理をとりわけ非協力的な被験者（例えば、幼児、（野生の）動物）を伴うアプリケーションに適合させる。

40

【0081】

また、本発明は、如何なる実施形態においても、プログラムがコンピュータ上で実行されたときに、本発明の方法を実行するためのプログラムコード手段を有するコンピュータプログラムに関する。また、本発明は、本発明の方法を実行するためにコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されたプログラムコード手段を有するコンピュータプログラムプロダクトに関する。

【0082】

カメラは、画像を記録するための任意のデバイスである。

【0083】

50

また、これは、通信のような他の目的のために用いられるデバイスの一部であってもよく、斯様な通信デバイスに取り付けられるか、斯様な通信デバイスに一体化されるか又は斯様な通信デバイスにと協働してもよい。

【0084】

更に他の実施形態は、異なる波長の発光パターンの使用にある（例えば、可視範囲のいずれかの端及び可視範囲の中心部分での、3つの異なる波長（例えば赤／緑／青））。3つの波長で焦点距離を測定することは、目の収差に関する情報を与える。各波長に対して焦点距離が測定され、これは同時に得られる。これは、眼球調節の瞬時及び遠隔測定だけでなく、3つの異なる波長（即ち、収差）における眼球調節のための瞬時及び遠隔測定を与える。

10

【0085】

また、隠された発光パターン（即ち、人間の目ではほとんど見えないパターン）が使用されてもよい。1つの手段は、発光パターンのために赤外線を用いることである。

【0086】

他の手段は、人間の目が見ることができない様において、投射された画像に目をそらせないためにパターンを埋め込むことである。

【0087】

プロジェクタは、単純な白色光エリアプラス1つのフレームにおけるパターン及び白色光エリアマイナス次のフレームにおける前記パターンを投射することができる。

20

【0088】

一のフレームにおいて、プロジェクタは、（最大の強度より小さい）白色光プラスパターンを投射し、次のフレームにおいて、プロジェクタは、白色光マイナス前記パターンを投射する。フレーム周波数が人間の目に対して知覚可能な周波数を超えた場合には、人間の目は、前記パターンを知覚しないが、単なる白色光ランプを知覚するだろう。人間は、観察者により見られた単純な白色エリアだけを残す2つの投射間の差を平均するためである。白色光ランプは、観察者の注意力を引かない。それ故、測定を妨害しない。しかしながら、2つのフレームのためのカメラにより撮られた2つの画像を減算することにより、埋め込まれた発光パターンの反射は、カメラにより記録された画像において知覚可能である。プロジェクタにおける（人間の目に対して）隠されたパターンは、異なる色に対して異なってもよく、これは、パターンをより隠すために用いられてもよい。シーケンスは、例えば以下の通りであり得る。

30

I . (異なる構造パターンにおける)白色マイナス青色パターンプラス緑色パターン

I I . 白色マイナス緑色パターンプラス赤色パターン

I I I . 白色プラス青色パターンマイナス赤色パターン

【0089】

パターン自体は、同じである必要はなく、異なっていてもよい。

【0090】

目は、フレーム周波数がおよそ50Hzを超えた場合、白色ランプを知覚するだろう。しかしながら、カメラは、IからのIIを減算し、"緑色のシグナル"を撮ることにより、緑色パターンの反射を抽出することができる。同様に、青色及び赤色パターンの、フレームの適切な減算により、反射を抽出することができる。

40

【0091】

不可視パターンを作る他の手段は、例えば2つの色（例えばA - B）の千鳥格子パターンを用いることによる、人間にとて白色である合計である。一のフレームにおいて、千鳥格子パターンは、A - Bであり、次のフレームにおいて、B - Aである。この場合も同様に、人間の目は、パターンを示さない白色光を知覚するが、カメラは、フレームの適切な減算又は測定により、A及びBパターンの反射を抽出することができる。

【0092】

更に他の手段は、3又はそれ以上の異なって着色された部分（例えば、色A - B - Cを有するハニカムパターン）を有するパターンを用いることである。より多くのフレームの

50

3つの反復するサイクルを用いることにより(A - B - C ; C - A - B ; A - B - C 等)、人間の目が白色光を見る全ての部分でのサイクルに渡る平均として、任意の下にあるパターンが人間の目に対して不可視である。

【 0 0 9 3 】

しかしながら、記録カメラの信号は、3又はそれ以上の色の反射されたパターンに関する情報を抽出するために分析され得る。色の数は、収差に関するより詳細な情報を抽出するために、4又はそれ以上まで拡張され得る。

【 0 0 9 4 】

方法は、例えば種々の手段における人間の目の動作に関する情報を与えるために用いられ得る。例えば、目が観察者の視野のフィールドの範囲内で移動するオブジェクトを追跡する観察者の目又は2つの目の反応を測定することにより、目又は目が集光し得る距離の範囲に関する情報を得ることが可能である。10

【 0 0 9 5 】

ほとんどの状況において、これは、この情報に関して人に単純に尋ねることができる。しかしながら、これが可能ではない状況も存在する。人は、単純に、物理的又は精神的健康の理由のため通常の手順において要求されたテストを受けることができない、及びノ又は、人は、伝達することができないためである。目のパラメータのための適切な推定を単純に与えることでさえ、大きな利点をもたらすだろう。任意のテストに関して良好な結果を得るために時間及び努力(及びそれ故に患者がテストを受けなければならない時間)は、とりわけ、テストの出発点により決定される。それ故、控え目な態様におけるより正確な測定に対して良好な出発点を与えることは、患者に大きな利益を与えることができる。20

【 0 0 9 6 】

双方の目の測定により、目の間の差分が検出及び測定され、これは、anisometryの量の指標を与えることができる。本発明は、例えば、子供が例えれば玩具で遊んでいるか又は移動オブジェクトを見ている間に目の間の差分を検出することにより早い年齢で弱視の指標を与えるために用いることができる。

【 0 0 9 7 】

方法におけるステップを実行するための手段は、ハードウェア、ソフトウェア又はその任意の組み合わせの形式であり得る。本発明の種々の実施形態によるシステム及びデバイスにおいて、方法のステップを実行するための手段が与えられる。説明又は請求項において、"ための手段"は、方法ステップのうちの1つを超えるものに従って述べられ、手段は、ステップの全てを実行するための組み合わせられた手段、多数の手段のための略語、又は、方法のステップの1又はそれ以上を実行するための手段のそれぞれである。従って、"生成するための手段"は、生成するための発生器と呼ばれ得る。種々の手段は、説明の容易さのために別個のものとして述べられた。これは、本発明が別個のユニットである斯様な手段に限定されることを意味するものではなく、機能は、一体化されたデバイス又はソフトウェアの部分において組み合わせられ得る。30

【 0 0 9 8 】

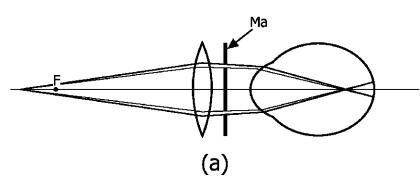
要するに、本発明は以下のように要約され得る：システム及び方法は、離れた光学結像系の光学焦点を測定する(とりわけ離れた被験者の眼球調節)。光の発光パターンが、離れた光学結像系の前にある既知の焦点面の焦点において投射され、離れた光学結像系、例えば目の網膜のセンサ表面上のパターンの反射の画像が、投射デバイスの光学軸と少なくとも部分的に一致するか又は該光学軸の近くにある光学軸を有するカメラにより記録される。センサ表面上で反射された発光パターンのシャープネスが決定される。40

【 要約 】

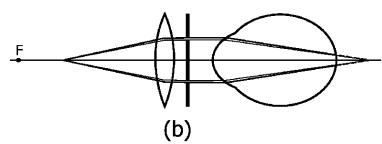
システム及び方法は、離れた光学結像系 E Y E の光学焦点を測定する(とりわけ離れた被験者の眼球調節)。光の発光パターン P 1 , A 1 が、離れた光学結像系 E Y E の前にある既知の焦点面 F P L 1 の焦点 A 2 においてプロジェクタ P により投射され、離れた光学結像系 E Y E 、例えば目の網膜のセンサ表面上のパターン A 3 の反射の画像が、投射デバイス P の光学軸 A X P と少なくとも部分的に一致するか又は該光学軸 A X P の近くにある50

光学軸 A X C A M を有するカメラ C A M により記録される。センサ表面 r e t i n a 上で反射された発光パターン A 3 のシャープネスが決定される。

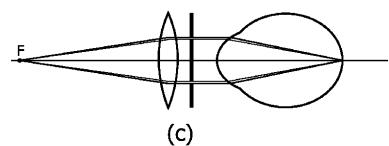
【図 1 (a)】



【図 1 (b)】



【図 1 (c)】



【図 2】

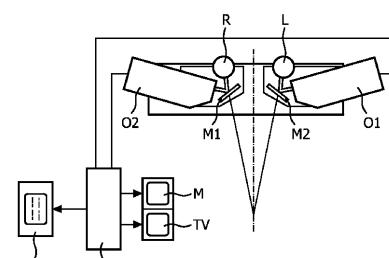


FIG. 2

【図3】

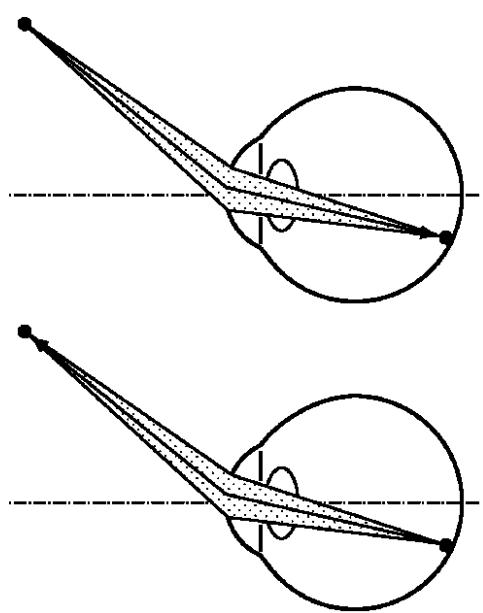


FIG. 3

【図4】

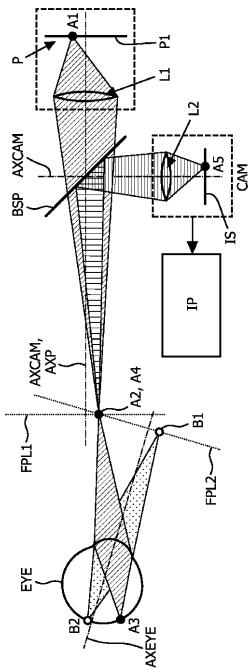


FIG. 4

【図5A】

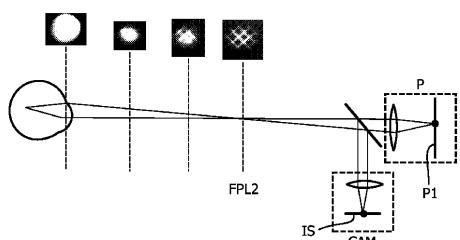


FIG. 5A

【図5C】

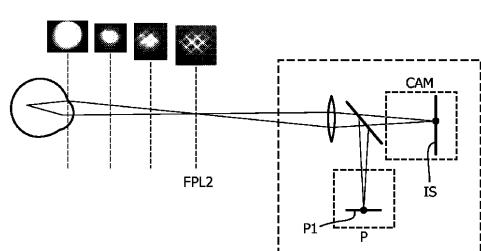


FIG. 5C

【図5B】

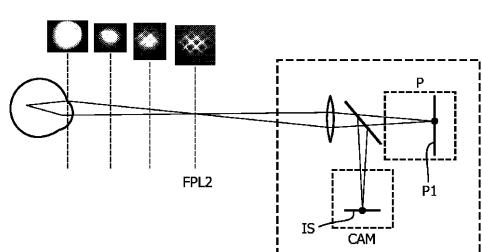
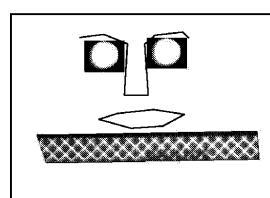


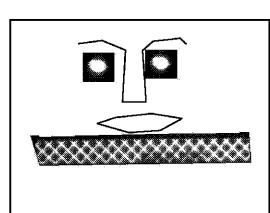
FIG. 5B

【図6(a)】



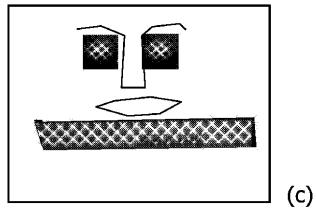
(a)

【図6(b)】



(b)

【図 6 (c)】



【図 7 A】

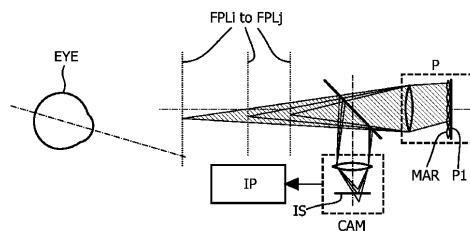


FIG. 7A

【図 7 B】

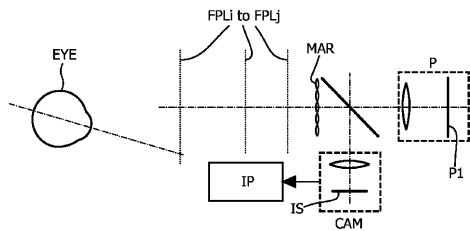


FIG. 7B

【図 9】

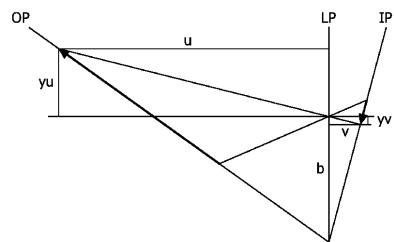


FIG. 9

【図 7 C】

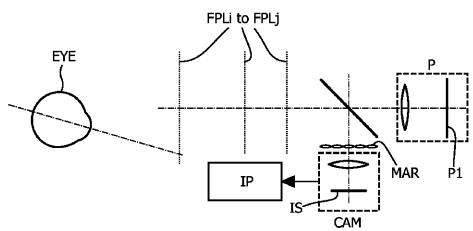


FIG. 7C

【図 8】

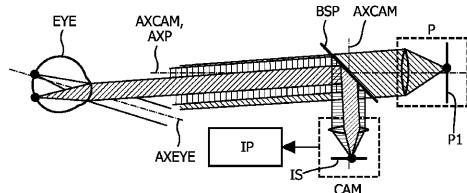


FIG. 8

【図 10】

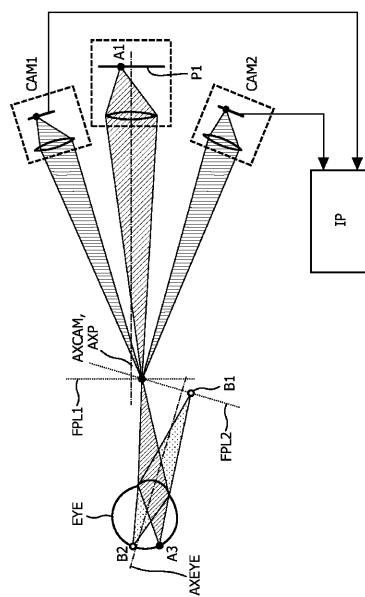


FIG. 10

フロントページの続き

(72)発明者 フルッテルス リュート
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
44

(72)発明者 スメッツ ハロルド アフネス ウィルヘルムス
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
44

(72)発明者 グリッティ トマソ
オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
44

審査官 九鬼 一慶

(56)参考文献 特開2000-037349(JP,A)
米国特許第3639041(US,A)
特開2006-314668(JP,A)
特開平07-313464(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 3 / 10