

(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2004-160188

(P2004-160188A)

(43) 公開日 平成16年6月10日(2004.6.10)

(51) Int.Cl.⁷

A 61 F 9/007

F 1

A 61 F 9/00 512
A 61 F 9/00 506
A 61 F 9/00 510

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2003-295941 (P2003-295941)
 (22) 出願日 平成15年8月20日 (2003.8.20)
 (31) 優先権主張番号 293226
 (32) 優先日 平成14年11月13日 (2002.11.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 502381346
 20/10 パーフェクト ビジョン オ
 プティッシュ ゲラエテ ゲーエムベーハー
 ドイツ国 ディー 69123 ハイデル
 ベルグ アム トオベンフェルド 21/
 1
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 晃
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100093702
 弁理士 山本 貴和
 (74) 代理人 100080263
 弁理士 岩本 行夫

最終頁に続く

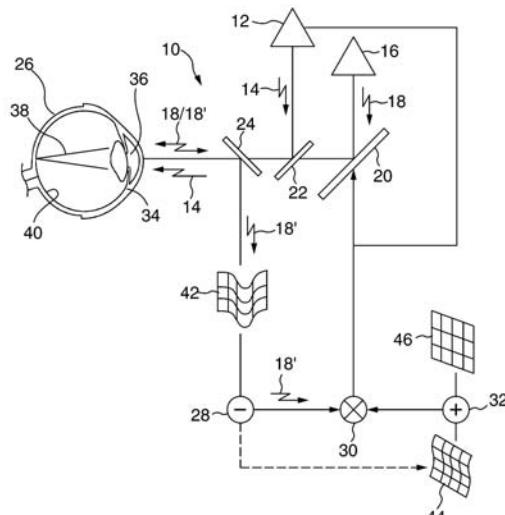
(54) 【発明の名称】基質内で波面をガイドして剥離を行うための閉ループ制御装置

(57) 【要約】

【課題】眼の視力を向上させるために、角膜組織における基質内部の外科処置に際し、基質組織の光による剥離を抑制する閉ループ・システムを提供する。

【解決手段】組織の基質内での光による剥離のための閉ループ制御システムは、診断レーザー・ビームの成分ビームを眼の網膜上の焦点へ個別に向ける活動ミラーを含む。反射したビームは分析されて、必要な角膜修正を表す変形された波面と、組織の剥離時に形成された気泡により光収差が誘起されたことを表す誘起された波面とを同定する。比較器が所望される波面により誘起された波面を変化させて矯正された波面を形成し、また比較器は矯正された波面を変形された波面と比較してエラー信号を発生する。その後、エラー信号は、活動ミラーを作動させることに使用され、またエラー信号が無となって必要とされる基質組織の光による剥離が止められたことを示すまで、剥離レーザーを制御することに使用される。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

組織の剥離によって生じる気泡が光学的な収差を誘起するような、眼の基質組織の基質内での光による剥離を制御する閉ループ・システムであって、

基質組織を光で剥離するために剥離レーザー・ビームを発生させる源と、

複数の成分ビームを含んで成る診断レーザー・ビームを発生させる源と、

眼の網膜上の焦点箇所へ前記診断レーザー・ビームを向けるための活動ミラーと、

誘起された光収差の特徴を有する誘起された波面、および角膜の実際のその時点における特性を有する変形された波面を発生させるために気泡を通して網膜で反射された前記診断ビームの光を使用する検出器と、

前記誘起された波面と組合わせることで矯正された波面を形成するように予め定められた望ましい波面を変化させるための補償器と、

前記矯正された波面を前記変形された波面と比較して複数のエラー・セグメントを有するエラー信号を発生するための比較器と、

前記複数のエラー・セグメントに応答して前記焦点箇所を網膜上に保持するように前記活動ミラーを再配向させる手段と、

前記エラー信号が実質的に無のときに前記剥離ビームの発生を止める手段とを含むシステム。

【請求項 2】

前記活動ミラーが診断ビームのそれぞれの成分ビームを反射する複数の別個の反射部材を含み、また前記再配向させる手段が対応する前記エラー信号セグメントに応答して前記反射部材の各々を個別に活動させる請求項 1 に記載されたシステム。

【請求項 3】

前記剥離ビームがパルス化したレーザー・ビームである請求項 1 に記載されたシステム。

【請求項 4】

前記検出器がハーマン・シャック型センサー・ユニットである請求項 1 に記載されたシステム。

【請求項 5】

前記望ましい波面が平面状の波面である請求項 1 に記載されたシステム。

【請求項 6】

組織の剥離によって生じる気泡が光学的な収差を誘起するような、眼の基質組織の基質内での光による剥離を制御する閉ループ・システムであって、

角膜を通過する光を示す波面であって、誘起された光収差の特徴を含む誘起された波面を検出する手段と、

矯正された波面を得るために、前記誘起された波面を望ましい波面で変化させるための手段と、

エラー信号を発生させるために、前記矯正された波面を予め定められた変形された波面と比較する手段と、

基質組織の剥離のために、剥離レーザー・ビームを活動させるために前記エラー信号を使用する手段と、

エラー信号が無のときに前記剥離ビームの発生を止める手段とを含むシステム。

【請求項 7】

前記検出手段が、

複数の成分ビームを含む診断レーザー・ビームを発生させる源と、

眼の網膜上の焦点箇所へ前記診断レーザー・ビームを向けるための活動ミラーと、

誘起された光収差の特徴を有する誘起された波面に関するそれぞれの成分を生み出すために、気泡を通して網膜で反射された前記診断ビームの光を使用する検出器とを含む請求項 6 に記載されたシステム。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記変化させる手段が複数の成分を有する矯正された波面を形成し、前記比較手段が矯正された波面の成分にそれぞれ対応する複数のエラー・セグメントを有する前記エラー信号を発生する請求項7に記載されたシステム。

【請求項9】

活動ミラーが診断ビームのそれぞれの成分ビームを個別に反射する複数の別個の反射部材を含む請求項8に記載されたシステム。

【請求項10】

活動ミラーがエラー信号のそれぞれのセグメントに応答して反射部材を独立して再配向することで網膜上の焦点箇所を保持する請求項9に記載されたシステム。

【請求項11】

検出器がハーマン・シャック型センサー・ユニットである請求項7に記載されたシステム。

【請求項12】

組織の剥離によって生じた気泡が光学的な収差を誘起するような、眼の組織の基質内の光による剥離を制御する方法であって、

眼に望まれる波面を予め決定する段階と、

複数の成分ビームを含む診断レーザー・ビームを発生させる段階と、

診断レーザー・ビームを眼の網膜上の焦点箇所に向けるために、診断ビームのそれぞれの成分ビームを個別に反射するための複数の独立した反射部材を有する活動ミラーを使用する段階と、

誘起された光学的な収差の特徴を有する誘起された波面のそれぞれの成分を同定するために、診断レーザー・ビームの成分を使用する段階と、

実際の装置の時点での角膜の特徴を有する変形された波面の成分を、網膜で反射された診断ビームからの光で検出する段階と、

エラー信号を発生させるために、矯正された波面の成分を変形された波面のそれぞれの成分と比較する段階と、

網膜上の診断レーザー・ビームの焦点箇所を保持するために、エラー信号に応じて活動ミラーのそれぞれの反射部材を再配向する段階と、

基質組織を光で剥離するために剥離ビームを選択的に発生させる段階と、

エラー信号が無となったときに剥離レーザー・ビームの発生を止める段階とを含む方法。

【請求項13】

剥離レーザー・ビームがパルス化されたレーザー・ビームである請求項12に記載された方法。

【請求項14】

望ましい波面が平面状の波面である請求項12に記載された方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、眼の視力を向上させるために角膜組織を光で剥離するレーザー・システムに関する。さらに詳しくは、本発明は眼（視力）の矯正外科手術時に、基質内部の組織を光で剥離するレーザー・システムおよび方法に関する。本発明は特に、しかし限定するわけではないが、レーザー外科手術に際して基質内部に気泡が発生して光学的な収差が誘起されたときの剥離レーザー・ビームの制御を正確且つ精密に維持するための閉ループ制御システムとして有用である。

【背景技術】

【0002】

レーザー外科手術によって眼の光学特性を変化させることのできることは周知である。例えば、「人間の眼の屈折特性を測定する方法および装置」という名称の発明であって、ビル氏他に付与され、本願発明と同一譲受人に譲渡された米国特許第6050687号は

10

20

20

30

40

50

、そのような目的に使用できるレーザー・システムを開示している。いずれにしても光で剥離する結果として、組織内の細胞は個別に蒸発する。従って、光による剥離の生成物はガスである。外科的レーザー処置によって表面的な組織が光で剥離されるときには、そのようなガスが発生することはそれほど大きな問題とならない。しかしながら、内部組織が光で剥離される場合はその限りでない。

【0003】

基質内部の角膜組織を光で剥離する特別な外科処置では、そのような光による剥離は基質内に微小な気泡を形成することが知られている。さらに、そのような気泡の形成は角膜の光学特性を変化させる収差を誘起することが知られている。この変化の理由は、本質的に二つある。第一は、気泡は周囲の基質組織とは異なる屈折率を有することである。第二は、恐らくより重要なことであるが、気泡が基質を変形させ、従って角膜を通過する光に与える屈折作用を変化させることである。制御された外科手術では、このような誘起された収差を排除しなければならない。

【0004】

波面分析は、光ビームが特定の媒体または物質（例えば、眼の角膜）を通過するときに、その媒体（物質）が光ビームに及ぼす作用を決定する有用で有益な概念的手段を提供する。波面分析では、光ビームは成分光ビームのいわゆる「束」であると便宜的に考えることができる。それらの成分光ビームは全てが互いに平行であり、空間の一平面を通過するときに全ての成分光ビームが互いに同位相である場合には、それらの成分光ビームは平面状の波面を形成するといえる。しかしながら、光ビームが媒体を通過するときは、媒体がその光ビームの個別の成分ビームの各々に対して異なる屈折作用を及ぼすことになるといえる。その結果、成分光ビームの相は互いに違ってくる。そこで全体的に考えると、それらの成分光ビームは平面状の波面とは異なる波面を形成することになる。要約すればその特定の波面は、一つの媒体、または幾つかの媒体が光ビームに及ぼした屈折作用を定めることになる。

【0005】

レーザー・ビームについて考えるならば、患者が視覚で認知する光ビームから望ましくない収差を排除することがそのような外科手術の目的である。上述で示唆したように波面分析は、角膜の屈折特性を変化すなわち修正する必要のある程度を評価し決定するうえで有益な手段であり得る。実際に、そのような分析は表面的に光で剥離する外科処置に関して有益であった。例えば、「屈折性に関するレーザー外科手術（LASIC）のための閉ループ制御装置」という名称の発明であって、ビル氏に付与され、本願発明と同一の譲受人に譲渡された米国特許第6428533B1号がそのようなシステムを開示している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明で認識されるように、基質内の光による剥離が実施され、また波面分析の評価および決定が実行され場合、波面を形成している個別の成分ビームに対するそれぞれの制御を確立することが望ましい。この制御により、上述したような誘起された収差は正確に補償されて、処置の全体的な制御を向上することができる。

【0007】

本発明によれば、基質内部の外科処置に際し、眼の基質組織の光による剥離を制御する閉ループ・システムが提供される。さらに詳しくは、修正処置が必要な基質組織の光による剥離を制御することに加えて、本発明の制御システムは、光で剥離する基質組織内に気泡が形成されたとき、それらの気泡によって誘起される光学的な収差も補償する。

【0008】

波面分析のためには、光ビームが複数の個別の成分ビームを含むと考えることが適当である。全体としてこれらの構成要素である成分光ビームが大きな包括光ビームの波面を形成する。これを念頭に置き、本発明の説明では、光ビーム波面に関して幾つかの定義が有益である。特に、それらの定義は、光ビームが眼の基質を通過した後に関係する。「望ま

10

20

30

40

50

しい波面」とは修正された眼の基質によって得られる波面であり、これが外科処置の目的である。「変形した波面」とは未修正の眼の基質によって生じる波面であり、修正前の角膜の実際のその時点における特性を表す。「誘起された波面」とは基質内に気泡が形成されることで生じる波面であり、「変形した波面」を包含する。「矯正した波面」とは、「誘起された波面」を「望ましい波面」と組合わせることで生じる。

【0009】

構造的に、本発明のシステムは二つの個別のレーザー源を含む。一方は、基質組織を光で剥離することに使用される剥離レーザー・ビームを発生させるためのレーザー源である。他方は、診断レーザー・ビームを発生させるためのレーザー源である。概念的には、上述したように、診断レーザー・ビームは複数の個別の成分ビームを含むと考えることが適当である。

【0010】

今説明した二つのレーザー源とともに、本発明のシステムはさらに一つの活動ミラーおよび一つの検出器も含む。さらに詳しくは、活動ミラーは診断ビームのそれぞれの成分ビームを個別に屈折させるための複数の独立した屈折部材を含む。全体として活動ミラーのそれらの部材は、眼の網膜上の焦点箇所に診断レーザー・ビームを向けるように一斉に使用される。その後、検出器が網膜で反射した後の診断ビームを受取るために使用される。

【0011】

本発明の作動において、補償器は望ましい波面（患者について予め決定されている）を検出器で受取られる誘起された波面と組合わせる。この組合わせが修正された波面を生み出す。その後、修正した波面を歪んだ波面（診断により予め決定されている）と比較してエラー信号を発生するために比較器が使用される。光ビームを定めるために使用される波面分析と調和するように、エラー信号は複数のエラー・セグメントを有するものとみなすことが適当である。それらのエラー・セグメントは、その後、活動ミラーのそれぞれの反射部材を個別に活動させるため、またこれにより診断ビームの焦点箇所を網膜上に保持するために、本発明のシステムで使用される。従ってこの剥離を行うレーザー源は、エラー信号が実質的に無となるまで、いわゆる「箇所 - 箇所」の局部的な剥離手順を使用して基質組織を光で剥離するために連続作動することができる。

【0012】

本発明の新規な特徴ならびに本発明そのものは、構造および作動に関して、以下の説明に関係した同じ部分を同じ符号が示す添付図面から最もよく理解されるであろう。

【実施例1】

【0013】

図1を参照すれば、本発明による角膜組織の基質内の光による剥離を行うための閉ループ・システムが示されており、全体に符号10が付されている。詳しくは、システム10の構成要素には剥離レーザー・ビーム14を発生させるための源12と、診断レーザー・ビーム18を発生させるための源16とが含まれる。さらにまた、システム10は活動多面ミラー20と、ビーム分割器22と、ビーム分割器24とを含む。さらに詳しくは、活動ミラー20は、「波面を模造するための活動ミラーのプログラミング方法」という名称の発明であって、ビル氏他に付与され、本願発明と同一譲受人に譲渡された米国特許第6220707号に開示された形式のものであることが好ましい。示されるように、活動ミラー20およびビーム分割器22, 24は診断レーザー源16からの診断レーザー・ビーム18を眼26へ向ける。同様に、ビーム分割器22, 24は剥離レーザー源12からの剥離レーザー・ビーム14を眼26へ向ける。

【0014】

図1はまた、本発明のシステム10が検出器28と、比較器30と、補償器32とを含むことを示している。特に、検出器28はハートマン-シャック型センサーとして一般に知られている形式のものであることが好ましい。比較器30および補償器32はシステム10に不可欠な機能を果たす関連技術で周知の電子部材である。

【0015】

10

20

30

40

50

図1を引き続き参照すれば、本発明のシステム10が遂行する基質内の光による剥離処置時に、剥離レーザー・ビーム14は(図示していない光学要素によって)眼26の角膜の基質組織34に焦点を結ばれて、基質内での光による剥離を実行するようにされる。組織34のこの光による剥離の結果として気泡36が形成され、この気泡が基質組織34内に光収差を誘起する。これと同時に、診断レーザー・ビーム18は眼26の網膜40上の焦点箇所38に焦点を結ばれる。これと共同して、眼26の網膜40上の焦点箇所38から基質組織34を通って反射された診断レーザー・ビーム18'を使用して、剥離レーザー・ビーム14に対するシステム10の制御が實際に行われる。

【0016】

図1は、反射した診断レーザー・ビーム18'が基質組織34を通して眼26から出ると、そのビーム18'はビーム分割器24によって検出器28へ向けられることを示している。波面分析の考えを使用すれば、反射した診断レーザー・ビーム18'は複数の個別の独立したレーザー・ビーム成分を含むものと概念的に考えることができる。全体としてそれらの成分は変形された波面42として特徴づけることができる。さらに、この変形された波面42は二つの影響によって生じるのである。一つの影響は未修正の眼26により生じ、基質組織34を通過する光の実際のその時点での結果である。修正すべきはこの影響である。他の影響は基質組織34内に気泡36が存在することで誘起された収差によって生じる。再び波面分析を使用すれば、気泡36によって誘起される影響は、誘起された波面44として全体的に特徴づけられる複数の成分を有する波面として概念的に考えることができる。図1は望ましい波面46をさらに示す。望ましい波面46は平面状の波面か、平面状の波面に比較的近い波面の何れかであろう。いずれにしても、システム10により実行される処置の対象は望ましい波面46である。

【0017】

図1および図2を相互に参照すれば、システム10の作動において変形された波面42が検出器28で最初に受取られるということが認識されるであろう。システム10により眼26に対して実施すべき修正に関する予め定められた診断情報を使用して、検出器28は誘起された波面44を決定し、生成する。その後、補償器32が予め定めた望ましい波面46をその誘起された波面44によって変化させる。この変化は矯正した波面48を発生させる。その後、矯正した波面48は変形された波面42と比較されてエラー信号50が発生される。さらに、このエラー信号50は診断レーザー・ビーム18の制御のために活動ミラー20の操作に使用される。重要なことは、エラー信号50は剥離レーザー源12を活動させるためにも使用され、また特に、エラー信号50は、その信号が無となったときに剥離レーザー源12の作動を止めることである。

【0018】

エラー信号50に応答して、活動ミラー20の作動ならびに剥離レーザー源12の作動は図3を参照することで最もよく認識されるであろう。再び述べるが波面分析を使用して、エラー信号50は複数の成分エラー信号を含むものとして概念的に考えることができる。この分析では、成分エラー信号50a, 50b, 50c, 50dが単なる例として図3に示されている。一般に、ここで重要なことは、成分50a~50dの各々は変形された波面42, 44, 46, 48の対応する成分と相互に作用して生じるということである。上述したように、これらの波面42, 44, 46, 48は診断レーザー・ビーム18の対応するビーム成分の屈折で直接的に生じる。別な言い方をすれば、診断レーザー・ビーム18の各成分ビームは各々の波面、すなわち変形された波面42、誘起された波面44、望ましい波面46、矯正した波面48に存在する。従って、診断レーザー・ビーム18の角成分ビームは対応するエラー信号成分50a~50dを発生する。システム10を通過するときの屈折履歴に応じて、各エラー信号成分50a~50dはそれぞれの大きさ52を有する。

【0019】

図3はまた、活動ミラー20が複数の反射部材54を含むことを示しており、反射部材54a~54dはその例である。図3は、各反射部材54が基準58からのそれぞれの距

離 5 6 (すなわち、距離 5 6 a ~ 5 6 d) にあることを示している。例えば、各エラー信号成分 5 0 (例えば、エラー信号成分 5 0 a) は活動ミラー 2 0 の対応する反射部材 5 4 に関するそれぞれの距離 5 6 (例えば、エラー信号成分 5 0 a および距離 5 6 a) を確定するためにシステム 1 0 で使用される。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、対応する各々のエラー信号成分 5 0 a ~ 5 0 d に対応する複数の独立したレーザー・パルス列 6 0 を剥離レーザー源 1 2 が発生することを示す。例えば、エラー信号成分 5 0 a はレーザー・パルス列 6 0 a を発生する。その後、エラー信号成分 5 0 a が無となるまでレーザー・パルス列 6 0 a は続く。同様に、レーザー・パルス列 6 0 b ~ 6 0 d は対応するエラー信号成分 5 0 b ~ 5 0 d に反応する。基質組織 3 4 を剥離するためにこれが行われている間、エラー信号成分 5 0 a ~ 5 0 d は活動ミラー 2 0 と相互作用する。特に、エラー信号成分 5 0 a がその大きさ 5 2 を減じると、基準 5 8 からの反射部材 5 4 a の距離 5 6 も減少する。これは、眼 2 6 の網膜 4 0 上に固定された焦点箇所 3 8 を保持して、基質内の光による剥離処置の進展を正確に測定するときに変形された波面 4 2 が保持されるようにするために行われる。全てのエラー信号成分 5 0 a ~ 5 0 d (すなわちエラー信号 5 0) が無となったときに剥離レーザー源 1 2 は消勢される。

【 0 0 2 1 】

本明細書に示し、詳細に開示した基質内で波面をガイドして剥離を行うための特定の閉ループ制御は、本明細書で前述したような目的を達成し、利点を与えることが完全にできるが、これは本発明の現在好ましいとされる実施例の单なる図解例であり、添付の特許請求の範囲に記載された以外の本明細書に示された構造またはデザインの細部に制限する意図は全くないことを理解すべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】本発明による眼の角膜組織の基質内での光による剥離を制御するためのシステムの部材の相互関係を示す模式的な配置図である。(実施例 1)

【 図 2 】本発明のシステムの作動に使用される波面分析技術の機能的な説明図である。

【 図 3 】波面の成分ビームと、活動ミラーの対応するそれぞれの部材と、剥離レーザー源からの必要とされるレーザー・パルスとの間の相互関係の模式的な説明図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 3 】

- 1 0 システム
- 1 2 剥離レーザー源
- 1 4 剥離レーザー・ビーム
- 1 6 診断レーザー源
- 1 8 診断レーザー・ビーム
- 2 0 活動ミラー
- 2 2 ビーム分割器
- 2 4 ビーム分割器
- 2 6 眼
- 2 8 検出器
- 3 0 比較器
- 3 2 補償器
- 3 4 基質組織
- 3 6 気泡
- 3 8 焦点箇所
- 4 0 网膜
- 4 2 变形された波面
- 4 4 誘起された波面
- 4 6 望ましい波面

10

20

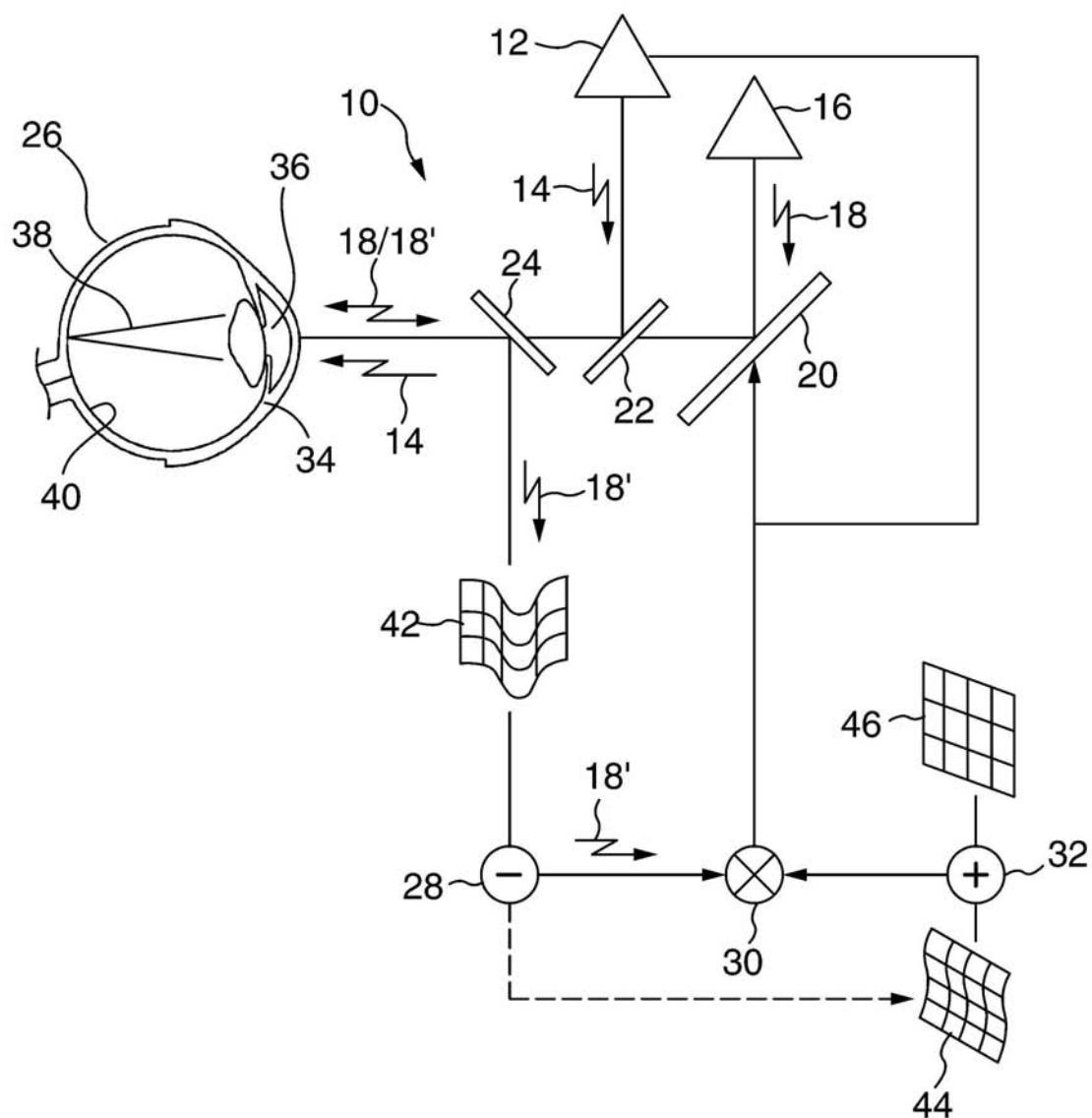
30

40

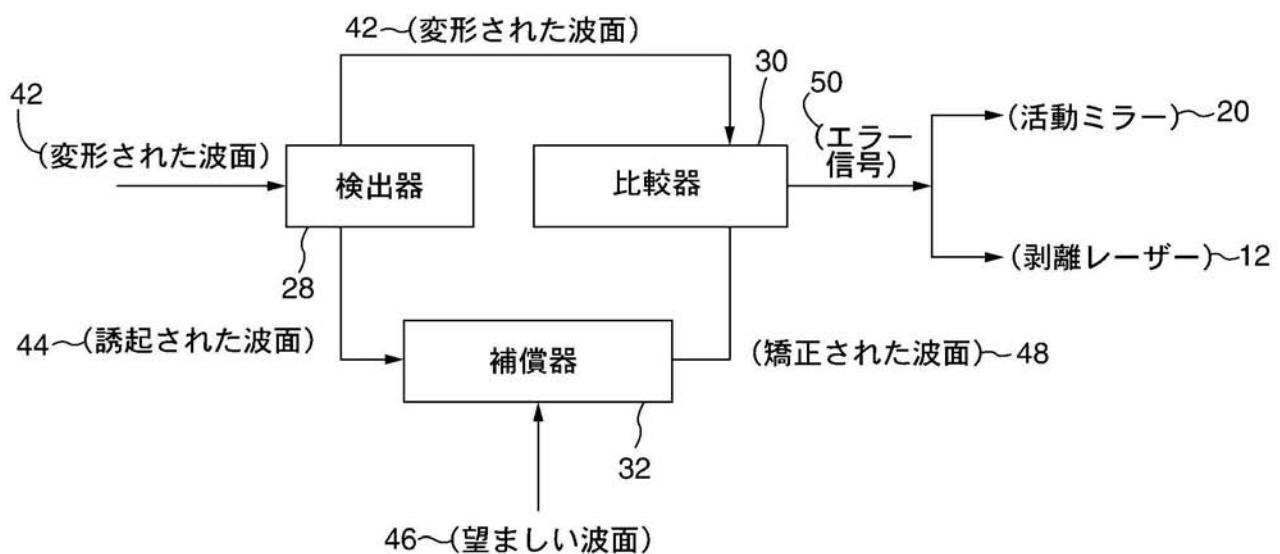
50

4 8 矯正した波面
5 0 エラー信号
5 0 a ~ 5 0 d エラー信号成分
5 2 大きさ
5 4 反射部材
5 4 a ~ 5 4 d 反射部材
5 6 距離
5 8 基準

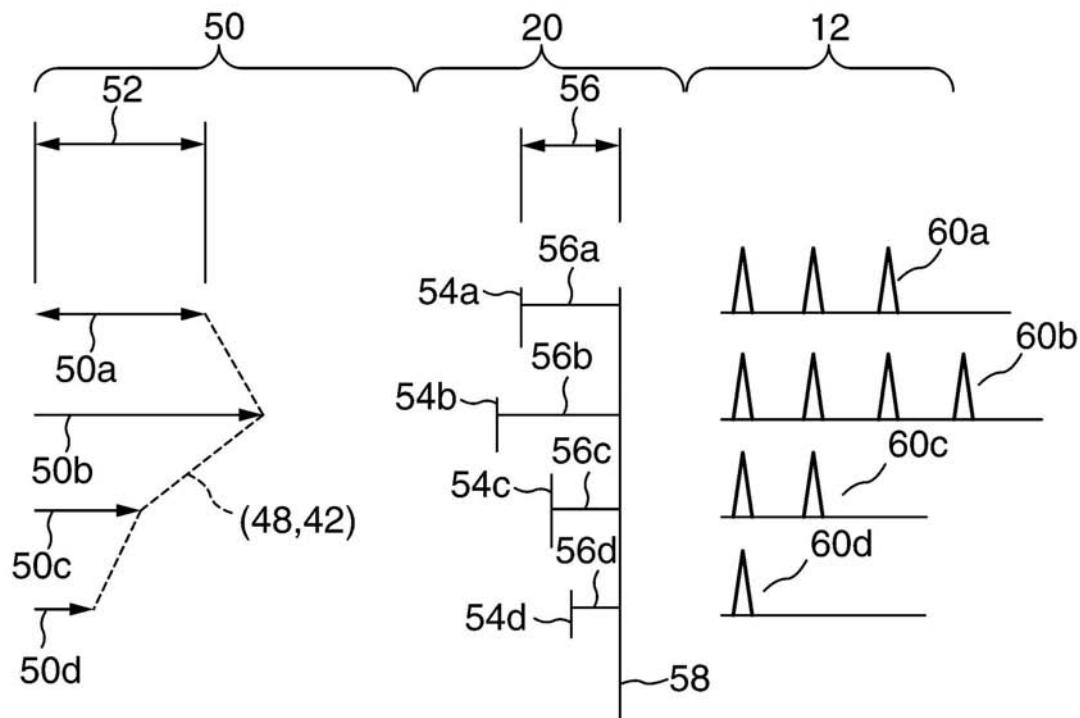
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ヨゼフ ビレ
ドイツ連邦共和国 ハイデルベルク、 ハーマン ロエンス ヴェク、 44 / 1