(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3675914号
(P3675914)
(45)発行日　平成17年7月27日(2005.7.27)　(24)登録日　平成17年5月13日(2005.5.13)

(51)Int.Cl.[7]　F I
A61F 9/007　A61F 9/00 501
A61F 9/00 510

請求項の数 1　(全 6 頁)

(21)出願番号　特願平7-308441
(22)出願日　平成7年10月31日(1995.10.31)
(65)公開番号　特開平9-122167
(43)公開日　平成9年5月13日(1997.5.13)
審査請求日　平成13年11月1日(2001.11.1)

(73)特許権者　000135184
株式会社ニデック
愛知県蒲郡市栄町７番９号
(72)発明者　角谷　俊文
愛知県蒲郡市拾石町前浜３４番地１４　株式会社ニデック拾石工場内

審査官　稲村　正義

(56)参考文献　特開平０６－１１４０８２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２６５３５０（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２２０１８９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
A61F 9/007

(54)【発明の名称】角膜手術装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ビーム断面の一方向が均一でそれと直交する方向がガウシアン分布の光強度を持つレーザビームを角膜に照射して角膜をアブレーションし屈折矯正をする角膜手術装置において、術眼の角膜の照射領域を制限するアパーチャと、前記レーザビームを光軸回りに回転させ、レーザビームの均一な光強度を持つ方向を術眼の乱視軸の方向に合せるビーム方向調整手段と、レーザビームを均一な光強度を持つ方向と直交する方向に平行に段階的に移動させるビーム偏位手段と、矯正する乱視度数に基づいて、前記乱視軸と直交する方向で乱視軸に対して離れるほどアブレーション量を大きく、又は小さくなるように、前記ビーム偏位手段による各レーザビームの移動位置でのレーザ照射量を求める演算制御手段と、を備えたことを特徴とする角膜手術装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明はレーザビームを用いて眼球の屈折異常を矯正する角膜手術装置に係り、殊に一方向の角膜曲率を変化させる乱視矯正に好適な角膜手術装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、レーザビームを用いて角膜表面を切除し、その曲率を変化させることにより眼球の屈折異常を矯正するＰＲＫ（Photo-refractive Keratectomy）と呼ばれる手法が注目され

ている。
ところで、このＰＲＫによる矯正手術は、現在、近視および近視性乱視の矯正が大半を占めており、遠視および遠視性乱視の矯正はほとんど行われていない。その理由は次の点にある。近視矯正では、図１の（ａ）に示すように角膜中央部が深く、周辺部に行くにしたがって浅くなる凸レンズ状に切除すれば良いため、通常の可変円形アパーチャを使用してレーザビームの切除領域を変化させることにより比較的容易に行うことができる。また、近視性乱視矯正については、図１の（ｂ）に示すように、一方向のみ中央部で深く、周辺部で浅くなるシリンドリカル凸レンズ状に切除すれば良いため、可変スリットアパーチャを使用してレーザビームのアブレーション領域を変化させることによって比較的容易に行うことができる。

【０００３】
これに対し、遠視矯正では図２の（ａ）のように角膜中央部を浅く、周辺部に行くにしたがって深くなる凹レンズ状に、遠視性乱視矯正では図２の（ｂ）のように一方向のみ中央部が浅く、周辺部が深くなるシリンドリカル凹レンズ状に切除しなければならない。このためには、遠視矯正では円形のアパーチャで、遠視性乱視矯正では帯状のアパーチャでレーザビームの中央部をさえぎり、しかもその大きさを変化させるという通常のアパーチャでは困難な制御を行わなければならない。

【０００４】
遠視矯正においては、このような困難なアパーチャ制御を行うために、現在までにいくつかの方法が提案されてきた。特公平４－３３２２０号（ＧＢ　８６０６８２１）「レーザを使用する表面の整形」（出願人　サミット）には、特殊な透過分布率を持つマスクを使用し、周辺部のアブレーションを中央部のアブレーションよりも深くすることによって角膜を凹レンズ状に切除する方法が示されている。また、特開昭６４－８６９６８号（ＦＲ　８７８９６３）「眼の角膜手術を行う装置」（出願人　ＩＢＭ）、および特開平２－８４９５５号（ＳＵ　４４５７７７２）「眼の屈折異常を矯正するための装置」（出願人　メゾトラスレボイ・ナウチノーテフ＝チェコスキ・コムプレクス“ミクロヒルルギア・グラザ”）には、角膜中央部よりも周辺部に相当する部分の方が広くなっている特殊な形状のアパーチャを設け、このアパーチャを回転させながらレーザビームを照射してアブレーションを行う方法が示されている。

【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
ところが、これらの方法による遠視矯正では、患者眼の術前の角膜曲率と矯正度数に対応するために、各々異なった形状の多数のマスク、あるいはアパーチャを用意しなければならないという欠点があった。
この欠点を解決するために、本出願人は特願平６－１６６２３１号「角膜手術装置」において、手術時にレーザビームを回転させるとともに回転軸から偏位させ、その偏位量とビーム照射時間とを制御する手段を有する装置を提案した。この装置によれば、多数のマスクやアパーチャを用意しなくても簡単な構成で遠視矯正を行うことができる。
しかしながら、遠視性乱視の矯正については、同様に特願平６－１６６２３１号による装置でも解決されていない。

【０００６】
本発明は上述の従来技術に鑑み、簡単な構成で、近視性及び遠視性の乱視矯正を容易に行うことができる屈折矯正用の角膜手術装置を提供することを技術課題とする。

【０００７】
【課題を解決するための手段】
上記課題を解決するために、本発明は以下の構成を備えることを特徴とする。
（１）　ビーム断面の一方向が均一でそれと直交する方向がガウシアン分布の光強度を持つレーザビームを角膜に照射して角膜をアブレーションし屈折矯正をする角膜手術装置において、術眼の角膜の照射領域を制限するアパーチャと、前記レーザビームを光軸回りに回転させ、レーザビームの均一な光強度を持つ方向を術眼の乱視軸の方向に合せるビー

ム方向調整手段と、レーザビームを均一な光強度を持つ方向と直交する方向に平行に段階的に移動させるビーム偏位手段と、矯正する乱視度数に基づいて、前記乱視軸と直交する方向で乱視軸に対して離れるほどアブレーション量を大きく、又は小さくなるように、前記ビーム偏位手段による各レーザビームの移動位置でのレーザ照射量を求める演算制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【０００８】

【実施例】

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図３は本実施例の光学系および制御系の概略配置図を示す。

１はレーザ光源であり、実施例では１９３ｎｍの波長を持つエキシマレーザを使用している。レーザ光源１から出射されるエキシマレーザビームはパルス波であり、その代表的な形状は、図４に示すように、ビームの強度分布は水平方向（ｘ軸方向）がほぼ均一な分布Ｆ（Ｗ）であり、垂直方向（ｙ軸方向）はガウシアン分布Ｆ（Ｈ）となっている。

【０００９】

２および３は平面ミラーであり、レーザ光源１から水平方向に出射されたレーザビームは平面ミラー２により上方へ９０度偏向され、平面ミラー３により再び水平方向へ偏向される。平面ミラー３はミラー駆動装置４により垂直方向（矢印方向）に移動可能であり、レーザ光源１から出射されたレーザビームをガウシアン分布方向に平行移動させ、レーザビームを導光光学系の光軸Ｌから偏位させる。５はイメージローテータであり、イメージローテータ駆動装置６により光軸Ｌを中心にして回転駆動され、レーザビームを光軸回りに回転させる。

【００１０】

７はアブレーション領域を限定する可変円形アパーチャであり、アパーチャ７の開口径はアパーチャ駆動装置８によって変えられる。９はアパーチャ７を患者眼の角膜１２上に投影するための投影レンズであり、投影レンズ９はレンズ駆動装置１０により光軸方向に移動してアパーチャ７の投影像の大きさを変える。

１１は１９３ｎｍのエキシマレーザビームを反射して可視光を透過する特性を持つダイクロイックミラーであり、投影レンズ９を経たレーザビームはダイクロイックミラー１１により９０°曲げられて、患者眼の角膜１２へと導光される。患者眼１２は手術に際して、所定の位置にくるように予め位置決めされる（位置決め手段については、本発明との関係が薄いため、説明は省略する）。

【００１１】

１３は双眼の手術顕微鏡を持つ観察光学系であり、左右の観察光学系はダイクロイックミラー１１を挟むように位置する。双眼の観察光学系は市販のものが利用可能であり、その構成自体は本発明と関係がないので説明は省略する。

１４は装置全体を制御する制御装置であり、レーザ光源１、ミラー駆動装置４、イメージローテータ駆動装置６、アパーチャ駆動装置８、および投影レンズ駆動装置１０等を制御する。１５は患者眼の屈折力データ等を入力するためのデータ入力装置である。

【００１２】

以上のような構成を持つ装置において、その動作を説明する。まず、角膜の代わりにＰＭＭＡ等の平板のアブレーションを例にとって屈折矯正の方法を説明する。

前記したようにエキシマレーザビームの形状は図４に示したような強度分布を持つため、これを平板上に照射すると、ビームのｘ軸方向に沿った断面はほぼ均一に、ｙ軸方向に沿った断面はガウシアン分布Ｆ（Ｈ）の強度分布により中央が最も深く、周辺に行くにしたがって浅くアブレーションされる。このとき、レーザの照射パルス数（照射時間）を増加させると、これに比例してアブレーションの深さは深くなる。

いま、平面ミラー３を移動させ、レーザビームを導光光学系の光軸Ｌからビームのｙ軸方向へある間隔ｄだけ偏位させた位置でレーザを照射したとすると、平板のｙ軸方向に沿った断面は、図５の（ａ）のようにアブレーションされる。

【００１３】

続いて、平面ミラー３を移動させてレーザビームをｙ軸方向外側へさらに間隔ｄだけ偏位させ、その位置での照射レーザパルス数を先程より多くする。すると、（ｂ）に示すように、このレーザ照射により平板は初めのレーザ照射より深くアブレーションされる。このように平面ミラー３を移動させてレーザビーム中心を光軸Ｌに対してｙ軸方向外側へと順次間隔ｄずつ移動させながら、その各々の位置でのレーザ照射パルス数を外側へいくに従って長くしていくと、（ｃ）のように徐々にアブレーションを深くすることができる。このとき、各々の位置でのレーザパルス数を適切な比で増加させていくと、（ｃ）に示されているｙ軸方向のアブレーション後の形状（点線Ａ）を、円弧にすることができる。
これに対して、ｘ軸方向のアブレーション断面は、位置により深さは異なるが、（ｄ）に示すように直線状にアブレーションされる。

【００１４】
したがって、このアブレーションを光軸Ｌを中心にｙ軸方向の両側に行えば、アブレーション後の表面形状を円柱面状にすることができる（すなわち、シリンドリカル凹レンズ状にアブレーションすることができる）。光軸Ｌに対してｙ軸方向の両側にアブレーションする方法としては、平面ミラー３の移動によりレザービームをアパーチャの一端から他端に向けて移動させる（イメージローテータ５を回転させながら行うときは、レーザビームが３６０度回るごとにレーザを同期させて照射し、平面ミラー３を移動させてもよい）他、平面ミラー３の移動とイメージローテータ５の回転を組み合わせ、平面ミラー３の移動によりレザービーム中心から外側（又は外側から中心）に向けてレーザビームを移動すると共に、光軸Ｌを中心にしてビームを１８０度回転（片側終了後ビームを１８０度回転させもう片側を行ったり、レーザビームのパルス周波数とイメージローテータ５の回転速度とを対応させて交互にアブレーションする）させてもよい。

【００１５】
度数のコントロールに関しては、先に出願した特願平６－１６６２３１号「角膜手術装置」と同様に、平面ミラー３の移動により回転軸Ｌからずらしたレーザビームの各位置の照射パルス数（照射時間）の比を変えずに、全体の照射パルス数（照射時間）を変えることによって行うことができる。つまり、一定の照射条件においてのレーザの照射パルス数に対する度数変化の関係（テーブル表）を装置に記憶させ、これに基づいて平面ミラー３の移動及び照射パルス数を制御するすることにより、角膜を所期する形状に矯正することができる。

【００１６】
以上のようなアブレーションの方法を用い、遠視性乱視の矯正手術を説明する。
制御装置１４はデータ入力装置１５より入力された術前の角膜形状及び術後の角膜形状（矯正度数、軸角度）等の入力情報に基づき、アパーチャ７の開口径、イメージローテータ５の回転角、照射パルス数（レーザ照射時間）に対する度数変化のテーブルを読み出す。これらのデータに基づいて平面ミラー３の移動、照射パルス数、イメージローテータの回転等の制御を行う。

【００１７】
術者は図示しないアライメント機構により、患者眼を装置に対して所定の位置に置く。イメージローテータ５を回転してレーザビームを平行移動する方向を乱視矯正の軸方向に合わせ（イメージローテータ５を回転させながらアブレーションを行う場合には、イメージローテータ５の回転と同期させて照射するレーザの位置を乱視矯正の軸方向に合わせるようにする）、テーブルに基づいて角膜上をアブレーションすれば図２の（ｂ）のようにシリンドリカル凹レンズ状にアブレーションでき、遠視性乱視の矯正を行うことができる。

【００１８】
以上は遠視性乱視矯正について説明したが、近視性乱視矯正についても同様に行うことができる。近視性乱視矯正の場合は、光軸Ｌに対するレーザビーム中心の各偏位位置における照射パルス数（照射時間）の比を遠視性乱視矯正のときと逆にして中央付近で多く、周辺に行くにしたがって少なくする。

【００１９】

以上の実施例ではレーザビームを一定間隔で偏位させ、レーザ照射パルス数（照射時間）を変えて円柱面状にアブレーションを行うものとしたが、照射パルス数は一定で、レーザビームの偏位量をコントロールし、遠視性乱視矯正では周辺に行くにしたがって偏位量を小さく、近視性乱視矯正では周辺に行くにしたがって偏位量を大きくすることによっても同様に円柱面状にアブレーションでき、乱視矯正を行うことができる。

【００２０】

さらに、従来技術として説明した球面（遠視、近視）矯正と組み合わせることにより、あらゆる屈折矯正を自由に行うことができる。

【００２１】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、簡単な構成で一方向を任意の形状にアブレーションできるので、これにより乱視矯正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】近視および近視性乱視の場合のアブレーション部分の説明図である。

【図２】遠視および遠視性乱視の場合のアブレーション部分の説明図である。

【図３】実施例である角膜手術装置の光学系および制御系の概略配置図である。

【図４】エキシマレーザの出射光の代表的な断面形状を示す図である。

【図５】遠視性乱視矯正を行う場合のアブレーションを説明する図である。

【符号の説明】

１　レーザ光源

３　平面ミラー

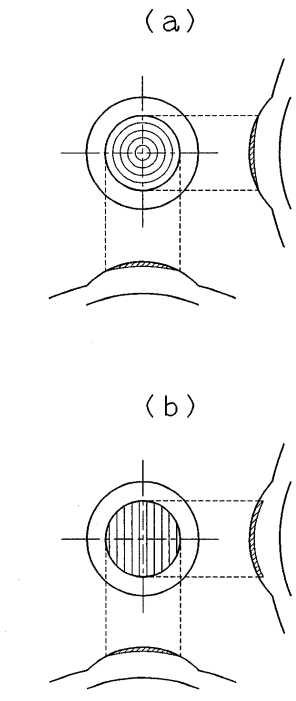
４　ミラー駆動装置

５　イメージローテータ

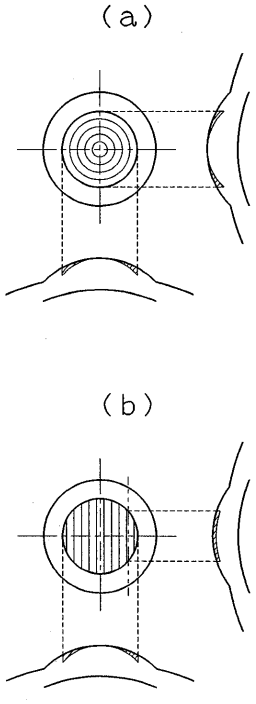
７　アパーチャ

１４　制御装置

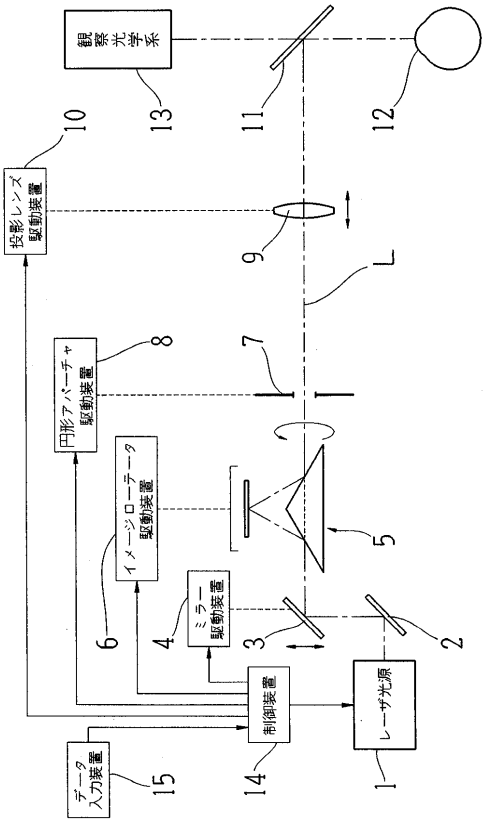
【図１】



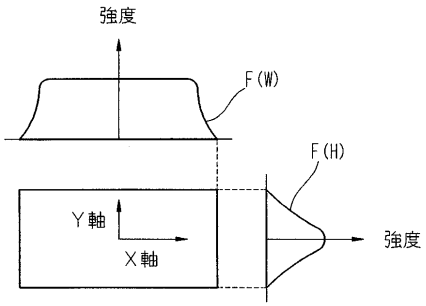
【図２】



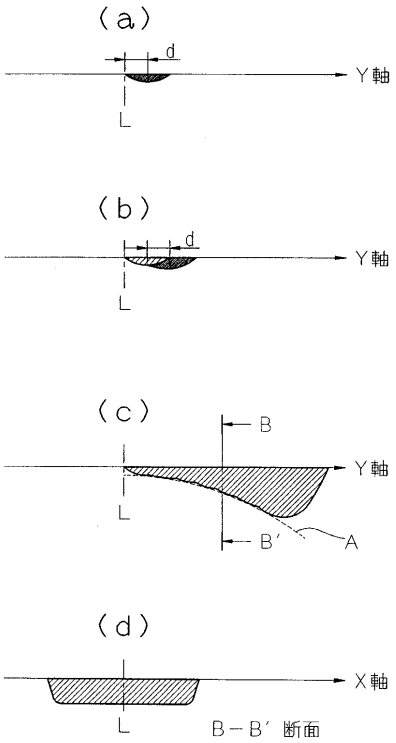
【図３】


観察光学系
13
11
12
10
投影レンズ駆動装置
9
L
8
7
円形アパーチャ駆動装置
イメージローテータ駆動装置
6
5
4
ミラー駆動装置
3
2
制御装置
レーザ光源
1
14
データ入力装置
15

【図４】


強度
F(W)
F(H)
Y軸
X軸
強度

【図５】


(a)
d
Y軸
L
(b)
d
Y軸
L
(c)
B
Y軸
L
B′
A
(d)
X軸
L
B－B′ 断面