

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3602371号  
(P3602371)

(45) 発行日 平成16年12月15日(2004.12.15)

(24) 登録日 平成16年10月1日(2004.10.1)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 1 B 3/10

F I

A 6 1 B 3/10

H

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平11-157265	(73) 特許権者	000135184
(22) 出願日	平成11年6月4日(1999.6.4)		株式会社ニデック
(65) 公開番号	特開2000-342536(P2000-342536A)		愛知県蒲郡市栄町7番9号
(43) 公開日	平成12年12月12日(2000.12.12)	(72) 発明者	伴 幸信
審査請求日	平成15年12月24日(2003.12.24)		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	小原 博生
		(56) 参考文献	特開平08-164113(JP, A) 特開平07-222715(JP, A) 特開平07-008458(JP, A) 特開平03-001835(JP, A) 特開平10-108836(JP, A) 特開平07-124113(JP, A) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角膜形状測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼の角膜形状を測定する角膜形状測定装置において、被検眼角膜に角膜形状測定用の指標を投影する指標投影手段と、角膜に投影された指標像を含む前眼部像を撮像する撮像手段と、該撮像手段で撮像された前眼部像を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された前眼部像に対する瞳孔と虹彩の境界情報を入力する入力手段と、入力された境界情報に基づいて前記前眼部像における前記指標像の検出情報を補正する補正手段と、該補正手段により補正された指標検出情報に基づいて角膜形状を求める演算手段と、を備えることを特徴とする角膜形状測定装置。

【請求項2】

請求項1の角膜形状測定装置において、前記入力手段は被検眼徹照像を撮像する徹照像撮像手段と、該徹照像に基づいて瞳孔と虹彩の境界位置を検出する検出手段を備えることを特徴とする角膜形状測定装置。

【請求項3】

請求項1の角膜形状測定装置において、前記補正手段は前記境界情報から求まる瞳孔領域と虹彩領域との光量差を算出する光量差算出手段を備え、該光量差に基づいて虹彩での反射光成分を除去することにより指標像の検出情報を補正することを特徴とする角膜形状測定装置。

【請求項4】

請求項1の角膜形状測定装置において、前記指標投影手段は透光部と遮光部が交互に同心

10

20

円状に複数配置されたプラチド板と、該プラチド板を照明するために赤～赤外領域の光を出射する照明光源と、を備えることを特徴とする角膜形状測定装置。

【請求項 5】

被検眼の角膜形状を測定する角膜形状測定装置において、角膜形状測定用の指標が投影された前眼部像を入力する前眼部像入力手段と、該前眼部像の瞳孔と虹彩の境界情報を入力する境界情報入力手段と、該境界情報入力手段による瞳孔と虹彩の境界の入力情報に基づいて前記前眼部像における前記指標像の検出情報を補正する補正手段と、該補正手段により補正された指標検出情報に基づいて角膜形状を求める演算手段と、を備えることを特徴とする角膜形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被検眼の角膜形状を測定する角膜形状測定装置に関する。

【0002】

【従来技術】

角膜形状を測定する装置として、角膜の多数の領域での曲率を測定し、その分布をトポグラフィとして表示する Corneal Topography といわれる装置が知られている。この装置は、プラチドリング等の所定パターンの測定指標を被検眼角膜に投影し、その反射像を CCD カメラ等で撮影した後、その撮影像を画像解析することによって、被検眼角膜のほぼ全領域の曲率分布を求め、ディスプレイにその図形表示を行うものである。

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、測定指標が投影された前眼部像には瞳孔と虹彩での反射光に輝度差（光量差）があるので、瞳孔と虹彩の境界付近における測定指標の輝度変化が分かり難くなってしまう。すなわち、図 4 に示すプラチドリング像中心を通る直線上の輝度変化グラフから分かるように、虹彩領域ではプラチドリング像の輝度変化に加え、虹彩で反射した光の輝度分が加味されて撮像されるため、プラチドリング指標像のエッジ検出が困難になり、測定精度が低下してしまう。

【0004】

30

また、被検眼眼底に測定指標を投影し、眼底からの反射指標像を検出することによって眼屈折力を得る他覚式眼屈折力測定機構が組込まれた角膜形状測定装置では、被検眼の縮瞳による屈折力測定の影響を避けるために、赤～赤外の光で角膜形状測定用の指標を投影するものがある。しかし、赤～赤外光は虹彩でよく反射してしまうため、瞳孔と虹彩の境界付近における測定指標の輝度変化がさらに分かり難いものとなり、指標のエッジ検出が非常に困難となる。

【0005】

本発明は、虹彩での反射光による影響を抑制し、角膜形状を精度良く測定することのできる角膜形状測定装置を提供することを技術課題とする。

【0006】

40

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【0007】

(1) 被検眼の角膜形状を測定する角膜形状測定装置において、被検眼角膜に角膜形状測定用の指標を投影する指標投影手段と、角膜に投影された指標像を含む前眼部像を撮像する撮像手段と、該撮像手段で撮像された前眼部像を記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された前眼部像に対する瞳孔と虹彩の境界情報を入力する入力手段と、入力された境界情報に基づいて前記前眼部像における前記指標像の検出情報を補正する補正手段と、該補正手段により補正された指標検出情報に基づいて角膜形状を求める演算手段と、を備えることを特徴とする。

50

(2) (1)の角膜形状測定装置において、前記入力手段は被検眼徹照像を撮像する徹照像撮像手段と、該徹照像に基づいて瞳孔と虹彩の境界位置を検出する検出手段を備えることを特徴とする。

(3) (1)の角膜形状測定装置において、前記補正手段は前記境界情報から求まる瞳孔領域と虹彩領域との光量差を算出する光量差算出手段を備え、該光量差に基づいて虹彩での反射光成分を除去することにより指標像の検出情報を補正することを特徴とする。

(4) (1)の角膜形状測定装置において、前記指標投影手段は透光部と遮光部が交互に同心円状に複数配置されたプラチド板と、該プラチド板を照明するために赤～赤外領域の光を出射する照明光源と、を備えることを特徴とする。

(5) 被検眼の角膜形状を測定する角膜形状測定装置において、角膜形状測定用の指標が投影された前眼部像を入力する前眼部像入力手段と、該前眼部像の瞳孔と虹彩の境界情報を入力する境界情報入力手段と、該境界情報入力手段による瞳孔と虹彩の境界の入力情報に基づいて前記前眼部像における前記指標像の検出情報を補正する補正手段と、該補正手段により補正された指標検出情報に基づいて角膜形状を求める演算手段と、を備えることを特徴とする。

10

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は角膜形状測定装置の要部光学系概略図である。

【0015】

20

1は中央に開口部を持った拡散板からなるプラチド板であり、撮影光軸 $L_1$ を中心にして多数のリング状の透光部と遮光部が交互に配置されている。プラチド板1の背後には反射板3が設けられており、照明光源であるLED2から出射する赤～赤外領域の光を反射し、プラチド板1を背部からほぼ一様に照明する。プラチド板1の透光部を透過した光は被検眼Eの角膜で反射していわゆるプラチドリリング像を形成する。プラチド板1の後方の光軸 $L_1$ 上にはビームスプリッタ4が配置され、その後方には眼屈折力測定系20が配置されている。プラチドリリング像の光束は、ビームスプリッタ4及びビームスプリッタ5で反射された後、結像レンズ6によりCCDカメラ7の撮像面上に結像する。CCDカメラ7は前眼部観察、被検眼角膜に形成されるアライメント用輝点の検出、及び前眼部に投影されたプラチドリリング像の撮影に使用される。

30

【0016】

8はプラチド板1に埋設されている近赤外の前眼部照明ランプであり、被検眼の前眼部を観察するための照明光として利用される。前眼部照明ランプ8の点灯により照明された被検眼前眼部はCCDカメラ7により撮影される。

【0017】

11は近赤外の光を出射するアライメント用光源であり、集光レンズ12の焦点位置付近に配置されている。ダイクロイックミラー13は光源11から出射される近赤外光を反射し、後述の固視光源14から出射される可視光を透過する特性を持つ。光源11を出射した近赤外光はレンズ12によって略平行光束にされた後、ダイクロイックミラー13で反射され、ビームスプリッタ5及び4を介して被検眼に投影される。光源11の光は角膜で反射して角膜反射輝点を形成し、角膜反射輝点はプラチドリリング像と同様の経路をたどり、CCDカメラ7に撮像され、アライメント指標として利用される。

40

【0018】

14は可視光を出射する固視光源であり、固視標板15を一様に照明する。固視光源14で照明された固視標はレンズ16、ダイクロイックミラー13、ビームスプリッタ5及び4を介して被検眼に視認される。また、レンズ16が光軸方向に移動することによって被検眼Eの雲霧を行う。

【0019】

眼屈折力測定光学系20は、ビームスプリッタ21、赤外照明光源22、回転セクター23、投影レンズ24、絞り25、受光レンズ26、絞り27、受光センサ部28から構成

50

されている。

【0020】

回転セクター 23 にはその回転方向に対して 45 度方向と 135 度方向の 2 種類のスリットが形成されている。光源 22 によりスリットは照明され、回転セクター 23 の回転により走査されたスリット光束は投影レンズ 24、絞り 25、ビームスプリッタ 21、及びビームスプリッタ 4 を介して被検眼 E の角膜近傍で集光した後、眼底に投影される。

【0021】

絞り 27 は受光レンズ 26 の後ろ側焦点位置に配置され、受光センサ部 28 は受光レンズ 26 に関して被検眼角膜と略共役な位置に配置される。受光センサ部 28 は光軸  $L_1$  を挟んで対称に配置された 2 対の受光素子 (4 個の受光素子) を備える。各受光素子は光軸  $L_1$  を中心に 90 度間隔で設けられ、2.5 mm の瞳孔径で屈折力を測定できるように配置されている。回転セクター 23 の回転により被検眼眼底には傾きが異なる 2 種類のスリット光束が投影される。眼屈折力は、一方のスリット光束が走査されたときの各対の受光素子による位相差信号と、もう一方のスリット光束が走査されたときの各対の受光素子による位相差信号とから、後述する制御部 30 で算出される。

10

【0022】

また、赤外照明光源 22 は徹照像撮影用光源の役割を備えており、投影レンズ 24、絞り 25、ビームスプリッタ 21 及び 4 を介して被検眼に投光される。光源 22 を出射した光は被検眼 E の角膜近傍で一旦集光した後、被検眼の眼底を略一様に照明する。被検眼眼底を照明した光源 22 からの光は、眼底で乱反射され、被検眼 E の瞳孔部を内部から照明する。瞳孔部を出射した光はビームスプリッタ 4 及び 5 を通過後、結像レンズ 6 により CCD カメラ 7 の撮像面上に瞳孔領域の像を形成することで、徹照像として撮像される。この際、回転セクター 23 のスリットは CCD カメラ 7 での撮像に対して十分に速い速度で回転しているため、徹照像へのスリットの影響は無視できる。

20

【0023】

図 2 は制御系概略図である。CCD カメラ 7 からの映像信号は、A/D 変換器 32 でデジタル化され、タイミングジェネレータ 31 の信号に同期してフレームメモリ 33 に取り込まれる。フレームメモリ 33 に取り込まれた画像は、合成回路 34 及び D/A 変換器 35 を介してディスプレイ 36 にほぼリアルタイムに映し出される。

【0024】

制御部 30 にスイッチ 37 からの撮影信号が入力されると、制御部 30 はフレームメモリ 33 の画像を別のメモリ 38 に記憶する。39 はビデオグラフィックや文字を生成するビデオグラフィック回路であり、ディスプレイ 36 に角膜形状の分布のビデオグラフィックを表示したり、CCD カメラ 7 の撮影像と測定データ等の文字との合成像を表示したりする。

30

【0025】

以上のような構成の装置について、眼屈折力測定及び角膜形状測定を連続して測定する連続測定モードで測定する場合について、その動作を図 6 のフローチャート図を参照して以下に説明する。

【0026】

制御部 30 は前眼部照明ランプ 8、アライメント用光源 11 及び固視光源 14 を点灯する。検者は被検眼 E に固視標を固視させる。前眼部照明ランプ 8 で照明された前眼部像は CCD カメラ 7 により撮影され、ディスプレイ 36 に映し出される。検者はディスプレイ 36 を見ながら眼科装置の周知の摺動機構により測定光学系を移動させて、アライメント用光源 11 による角膜輝点とディスプレイ上に表示される図示なきレチクルマークとを所定の関係に位置合わせする。

40

【0027】

アライメントを完了し、検者がスイッチ 37 を押してトリガ信号を入力すると、制御部 30 は光源 22 を点灯させ、回転セクター 23 によるスリット像を被検眼眼底に投影するとともに、レンズ 16 を移動して被検眼の雲霧を行う。その後、受光部 28 上でのスリット

50

像の移動に伴って変化する受光素子の出力信号から、受光素子が位置する経線方向の角膜中心を求めた後、その中心に対する各受光素子の出力信号の位相差から、各受光素子に対応する角膜部位での屈折力を求める。屈折力測定の詳細については、本出願人による特開平10-108836号公報（発明の名称：眼屈折力測定装置）等を参照して頂きたい。

【0028】

眼屈折力測定の完了後、続いて徹照像撮影が行われる。制御部30は光源22による眼底反射光により照明された被検眼の徹照像をCCDカメラ7により撮像する。CCDカメラ7に捕らえられた徹照像はフレームメモリ33を介してメモリ38に記憶される。

【0029】

徹照像データが記憶されると、制御部30はLED2を所定時間点灯する。プラチド板1を通過した照明光は被検眼で反射され、角膜にプラチドリングの反射像を形成する。そのプラチドリング像は被検眼前眼部像とともにCCDカメラ7で撮像され、その画像データはフレームメモリ33を介してメモリ38に記憶される。プラチドリング像の撮像が完了すると、制御部30は瞳孔領域及び角膜曲率算出のための演算処理に移る。

【0030】

まず、被検眼徹照像から瞳孔領域を算出するために瞳孔（明部）と虹彩（暗部）の境界（エッジ）位置を以下のように求める（図3参照）。瞳孔と虹彩とのエッジを知るために走査ラインごとの輝度信号波形（図3（b））を微分処理する。微分処理した信号波形（図3（c））は正負の信号となっているので、これを2乗することで正の数値の信号（図3（d））にする。瞳孔と虹彩のエッジでは輝度差が大きいため、2乗された微分信号は他部に比べて大きな数値を示すので、例えば、閾値（スレッシュレベル）を特定することでエッジ部の画素位置を特定することができる。このように各走査ラインごとにエッジ部の画素位置を特定し、記憶することで瞳孔領域を検出することができる。エッジ検出の詳細については、本出願人による特開平8-164113号公報（発明の名称：眼科装置）を参照して頂きたい。

【0031】

瞳孔領域（瞳孔と虹彩の境界位置）が得られると、制御部30はこれに基づいてプラチドリング像の検出情報を補正し、その結果から角膜形状を演算する。以下、角膜形状の算出方法を図4及び図5の輝度変化グラフに基づいて説明する。

【0032】

最初に、制御部30は輝度変化グラフからプラチド板1の遮光部に該当する輝度値（光量）の低い部分を検出する。プラチドリング像の輝度変化グラフは、交互に配置された透光部と遮光部のリングによって輝度値の変化が波形となって観察される。遮光部分は輝度変化の各波の最下点であるから、輝度変化グラフを片方からトレースし、輝度値が両隣の画素の輝度値より小さくなった画素位置が最下点となり、各波の最下点の画素位置及び輝度値を順次記憶する。

【0033】

次に、瞳孔領域の検出処理で得られた境界位置情報に基づいて、記憶した最下点をその画素位置から瞳孔領域と虹彩領域とに分け、それぞれに分けられた画素の輝度値の平均値を算出する。瞳孔領域にある最下点の平均輝度値と、虹彩領域にある最下点の平均輝度の差 $D_I$ を求める。

【0034】

続いて、虹彩領域に所属する部分の画素の輝度値に対して、その輝度値から平均輝度値の差 $D_I$ を減算する。これにより、虹彩部分での反射光成分の輝度値を除去したことになり、図5の虹彩反射光成分除去後の輝度変化グラフに示すように、プラチドリング指標像の輝度値変化を明確に認識することができる。なお、平均輝度値の差 $D_I$ は、虹彩の左側領域と右側領域を別にして求めると、照明の偏りを排除してさらに精度が向上する。

【0035】

虹彩反射光成分除去処理の後、プラチドリング指標の各縞成分の輝度値情報ごと（各波ごと）に最大輝度値と最小輝度値の中間値を閾値として、閾値となる輝度情報を持つ画素位

10

20

30

40

50

置をブラチドリリング指標の各縞成分のエッジ位置として記憶する。以上のような処理を所定角度（例えば、1度ごと）の経線方向ごとに行い、全周のエッジ位置を得る。

#### 【0036】

制御部30は検出したブラチドリリング像のエッジ情報を基に角膜曲率を求める。角膜曲率は、ブラチドリリング像の最内円のエッジ座標から中心座標を算出し、所定角度（例えば、1度ごと）の経線ごとに中心座標から各リングエッジまでの距離を算出する。中心座標から各リングエッジまでの所定角度経線ごとの距離が得られたならば、その後、これらのデータと既知の曲率球から得られ記憶されているデータとを比較して各位置での角膜曲率を得る。なお、ブラチドリリング像による角膜曲率の算出については、本出願人による特開平7-124113号公報（発明の名称：眼科装置）に詳細に記載されているので、これを参照して頂きたい。

10

#### 【0037】

以上のようにして得られた各種データはディスプレイ36に表示され、その表示内容は表示スイッチにより選択できる。

#### 【0038】

以上説明した実施形態では、連続測定モードで測定した場合の動作について説明したが、モード切換スイッチ等により眼屈折力測定モードと、角膜形状測定モードとを切り換え、それぞれの測定のみを行うようにしてもよい。この場合、前述した徹照像撮影は撮影用のトリガ信号の入力に連動してブラチドリリング像撮影の直前に行うようにすれば良い。

#### 【0039】

20

また、瞳孔と虹彩の境界位置の決定は、徹照像撮影を行う他、通常の前眼部像を基に画像処理により検出してもよいし、モニタに表示される前眼部像に対してマウス等の入力手段によって境界位置を順次指定して行うこともできる。

#### 【0040】

さらに、本発明の角膜形状測定方法のプログラムをコンピュータに記憶させ、別の装置でブラチドリリング像を撮影した写真等の画像データを入力し、入力された画像データに基づいて角膜形状測定することも可能である。

#### 【0041】

また、本形態では角膜形状測定用の指標としてブラチドリリング指標を例にとって説明したが、縞指標や点指標による場合においても虹彩での反射光による影響を排除して角膜形状を精度良く測定できる。

30

#### 【0042】

#### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、指標検出への虹彩反射光の影響を抑え、角膜形状を精度良く測定することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態の装置の要部光学系概略図である。

【図2】本実施形態の装置に制御系概略図である。

【図3】徹照像から瞳孔と虹彩との境界位置の検出処理の説明図である。

【図4】ブラチドリリング像中心を通る直線上の輝度変化グラフである。

40

【図5】虹彩反射光成分の除去後の輝度変化グラフである。

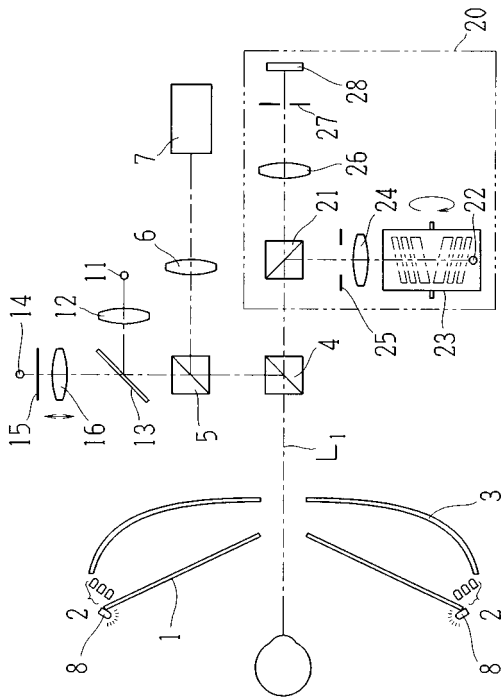
【図6】角膜形状測定のプロフローチャート図である。

#### 【符号の説明】

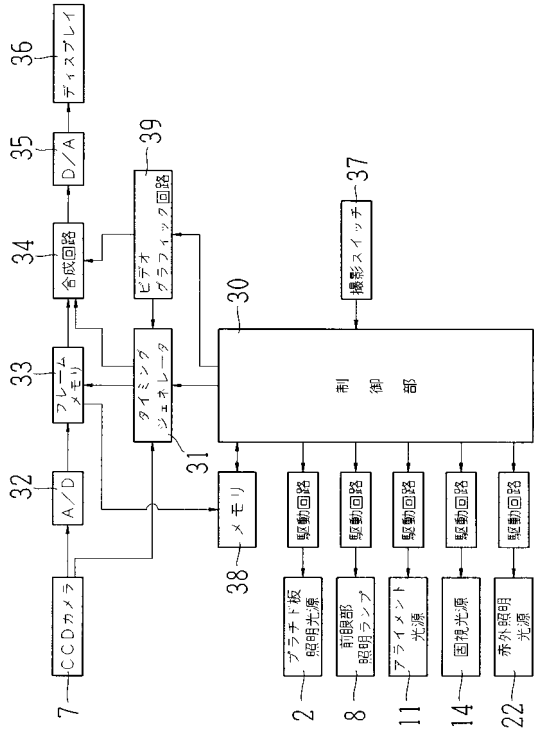
- 1 ブラチド板
- 2 LED
- 7 CCDカメラ
- 20 眼屈折力測定光学系
- 22 赤外照明光源
- 30 制御部
- 38 メモリ

50

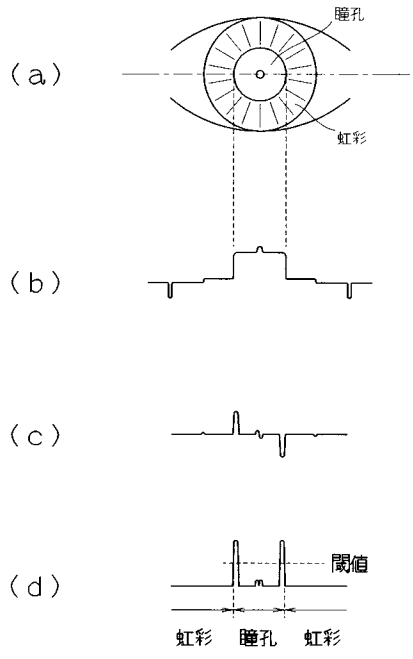
【 図 1 】



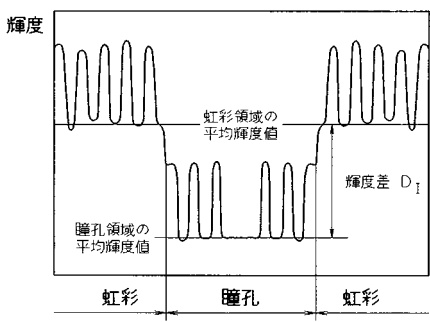
【 図 2 】



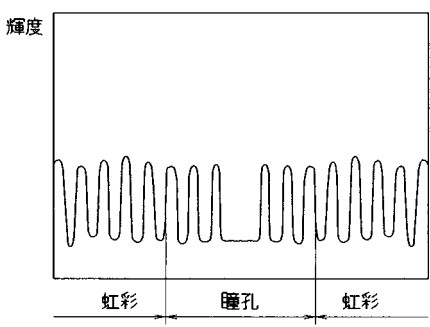
【 図 3 】



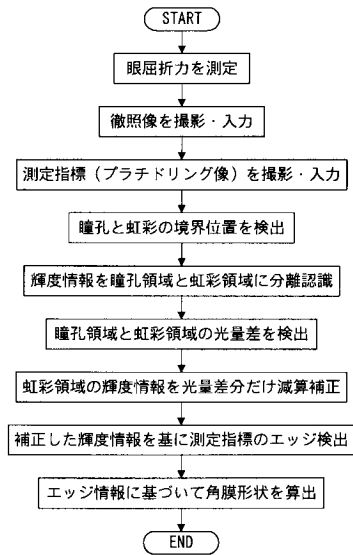
【 図 4 】



【 図 5 】



【図 6】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

A61B 3/10-3/18