

(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2005-296400

(P2005-296400A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005. 10. 27)

(51) Int.Cl.⁷

A 6 1 B 3/14

A 6 1 B 3/12

F I

A 6 1 B 3/14

A 6 1 B 3/12

テーマコード (参考)

A

E

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-118070 (P2004-118070)

(22) 出願日 平成16年4月13日 (2004. 4. 13)

(71) 出願人 899000068

学校法人早稲田大学

東京都新宿区戸塚町 1 丁目 1 〇 4 番地

(71) 出願人 000163006

興和株式会社

愛知県名古屋市中区錦 3 丁目 6 番 2 9 号

(71) 出願人 000200264

川鉄テクノロジー株式会社

東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 3 号

(74) 代理人 100080089

弁理士 牛木 護

(74) 代理人 100119312

弁理士 清水 栄松

最終頁に続く

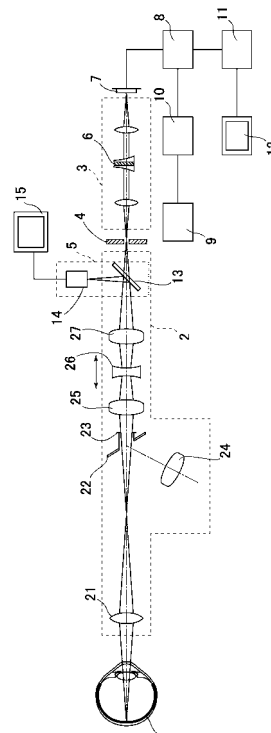
(54) 【発明の名称】 眼底分光像撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 眼底検査のための装置の調整が簡単で、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得し、その画像から、眼底の様々な病変に対応でき、さらに、病変の検出誤りが少なくなるような、観察測定データの処理方法を含む眼底分光像撮影装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】 本発明による眼底分光像撮影装置は、被検眼の眼底像を結像する第 1 の光学系 2 と、該第 1 の光学系 2 の眼底共役位置に配置されたスリット 4 と、前記第 1 の光学系 2 により結像した眼底像を、分光素子 6 で分光したスペクトルを結像する第 2 の光学系 3 と、該第 2 の光学系 3 で結像した眼底分光像の結像位置に配置した 2 次元撮像素子 7 と、前記の各要素の 1 つ以上を、スリット開口の長手方向と直交する方向に走査して前記眼底像を取得する手段とを備えている。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼の眼底像を結像する手段としての第 1 の光学系と、該第 1 の光学系の眼底共役位置に配置されたスリットと、前記第 1 の光学系により結像した眼底像光が前記スリットを通過し、その後、分光素子により分光したスペクトルを結像する手段としての第 2 の光学系と、該第 2 の光学系で結像した眼底分光像の結像位置に配置した 2 次元撮像素子と、前記の各要素の 1 つ以上を、所定の走査手段で、前記スリットの長手方向と直交する方向に走査して前記眼底像を取得する手段とを備えたことを特徴とする眼底分光像撮像装置。

【請求項 2】

前記走査手段として、第 1 の光学系の瞳孔共役面付近に回転ミラーを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の眼底分光像撮像装置。 10

【請求項 3】

前記走査手段は、前記スリットと第 2 の光学系と前記 2 次元撮像素子とを同時に走査するように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の眼底分光像撮像装置。

【請求項 4】

前記走査手段は、前記第 1 の光学系とスリットと第 2 の光学系と 2 次元撮像素子とを同時に被検眼の瞳孔位置付近を中心として回転走査するように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の眼底分光像撮像装置。

【請求項 5】

前記第 1 の光学系により結像する眼底像を、前記スリット位置以外の位置に再結像する手段として、第 3 の光学系を備えたことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の眼底分光像撮像装置。 20

【請求項 6】

前記分光素子は、プリズムまたは回折格子、あるいは両者の組み合わせであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載の眼底分光像撮像装置。

【請求項 7】

前記 2 次元撮像素子の分光像を 1 フレームとして、前記走査と同期して、走査ステップ毎に、前記分光像のフレームを蓄積する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載の眼底分光像撮像装置。

【請求項 8】

予め撮影すべき眼底の範囲を設定する手段と、撮影開始を指示する手段とを備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の眼底分光像撮像装置。 30

【請求項 9】

白色板または白色に塗装した擬似眼を被検眼の眼底に相当する位置に置いて、分光スペクトルの基準値を校正することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 つに記載の眼底分光像撮像装置。

【請求項 10】

前記分光像のフレームを蓄積した分光スペクトルの吸光度データを光のスペクトル多次元空間にプロットする手段と、前記複数の位置から得られたスペクトル多次元空間のデータを多変量解析することにより、少なくとも第 1、第 2、第 3 主成分の固有ベクトルを求める手段と、前記各位置のデータを前記各固有ベクトルの方向に射影し、その大きさを 2 次元表示画面にグレースケールまたは大きさに対応する色彩で表示する手段とを備えたことを特徴とする請求項 7 から 9 のいずれか 1 つに記載の眼底分光像撮像装置。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼底に光を照射し、その反射光のスペクトル分析を行うことにより、眼底の血流状態などを測定する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、眼底の網膜の状態を検査する方法として、眼底カメラによる写真撮影を行い、その写真から、病状を判断していた。(例えば特許文献1を参照)写真撮影時には、瞳孔を開くための薬物投与を行うこともあった。特に、網膜の血流状態を検査するためには、蛍光眼底撮影という方法が採用されている。眼底の状態を連続的に観察するには、瞳孔を開いたままで、ビデオカメラで撮影し、モニターに映し出す方法が一般的である。しかし、この蛍光眼底撮影では、薬物投与により、患者に思いがけない障害をきたすおそれがあり、必ずしも最適な検査方法ではない。

【0003】

一方、眼底ではないが、水晶体の光学的特性を検査して、白内障などの診断を可能にする方法が開示されている。(例えば特許文献2を参照)白内障では、水晶体が濁って光の透過率が低下しているが、透過率は、水晶体の位置によっても異なるし、光の波長によっても異なる。このような水晶体の検査をするために、水晶体とレンズを介してほぼ共役の位置にスリットを置き、そのスリットを通ったイメージを分光器に通して分光イメージを得るとともに、そのスリットおよび分光器を平面上で走査することによって、水晶体全面の分光データを得る構造の装置がある。

【0004】

眼底の検査では、網膜上の血管や血流の状態を観察することが重要であるが、従来は、上に述べたように、写真撮影をして、その映像と色彩から判断していた。このような方法では、網膜上の血管に酸素を供給できるような血流があるかどうか明確ではないために、誤診することもある。

【0005】

また、上記のようなスリットを通ったイメージを分光器に通して分光イメージを得るとともに、そのスリットおよび分光器を走査して、分光データを得るような装置を使って測定する場合には、眼底は球状をしているので、上に述べたような平面走査では、周辺で画像がぼけてしまうという問題がある。

【特許文献1】特開2001-353128号公報

【特許文献2】特開2002-224041号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、上記のような問題を解決し、眼底検査のための装置の調整が簡単で、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得し、その画像から、眼底の様々な病変に対応でき、さらに、病変の検出誤りが少なくなるような、観察測定データの処理方法を含む眼底分光像撮影装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による眼底分光像撮影装置は、請求項1に示すように、被検眼の眼底像を結像する手段としての第1の光学系と、該第1の光学系の眼底共役位置に配置されたスリットと、前記第1の光学系により結像した眼底像光が前記スリットを通過し、その後、分光素子により分光したスペクトルを結像する手段としての第2の光学系と、該第2の光学系で結像した眼底分光像の結像位置に配置した2次元撮像素子と、前記の各要素の1つ以上を、所定の走査手段で、スリットの長手方向と直交する方向に走査して前記眼底像を取得する手段とを備えたことを特徴としている。

【0008】

このような構成にすることにより、第1の光学系で、スリットの位置と共役な眼底の位置の像を、スリットの位置に眼底像として結像する。眼底からの光は常に、スリットの位置に眼底像を鮮明に結像させるので、1つ以上の光学系を走査することにより、各位置の眼底像がスリットを通過できるようになる。したがって、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得することができ、病変の検出誤りを少なくできる効果がある。

【0009】

請求項2による眼底分光像撮影装置によれば、第1の光学系の瞳共役面付近に回転ミラーを設けたので、実質的に、瞳孔の位置から眼球内を回転ミラーで走査するのと同等の効果を得ることができる。したがって、簡単な装置で、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得することができるという効果がある。

【0010】

請求項3による眼底分光像撮影装置によれば、スリットと第2の光学系と2次元撮像素子とを同時に走査するような手段を設けたので、眼底像の結像位置に沿ってスリットと第2の光学系と2次元撮像素子とを同時に走査できる。したがって、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得することができるという効果がある。

【0011】

請求項4による眼底分光像撮影装置によれば、第1の光学系とスリットと第2の光学系と2次元撮像素子とを同時に回転走査するような手段を設けたので、被検眼の瞳孔位置を中心として、第1の光学系とスリットと第2の光学系の光軸を回転走査することができ、球面である眼底の像を歪が少ない光軸上での眼底像として、鮮明に結像させることができる。

【0012】

請求項5による眼底分光像撮影装置によれば、第1の光学系により結像した眼底像を、前記スリット位置以外の位置に再結像する第3の光学系を備えている。すなわち、スリットに入るまえの光路にハーフミラーまたはダイクロイックミラー（例えば可視光透過、赤外光反射）を設置し、第3の光学系で再結像した眼底像を直接観察したり、ビデオカメラを通してモニターで見たりすることにより、被検眼に対する位置合わせとピント調整を確実に行うことができる。こうすることで、調整が簡単であり、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得することができる。

【0013】

請求項6による眼底分光像撮影装置によれば、分光素子は、プリズムまたは回折格子、あるいは両者の組み合わせである。プリズムが最も簡単ではあるが、分解能を高めようとすると回折格子がよい。特に、第2の光学系をコンパクトにするには、透過型の回折格子が適当である。このようにして、眼底像の分光を簡単に行うことができ、また、光学系を走査することにより、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得することができる。

【0014】

請求項7による眼底分光像撮影装置によれば、2次元撮像素子の分光像を1フレームとして、回転走査と同期して、走査ステップ毎に、分光像のフレームを蓄積する手段を備えたので、Nステップの走査でNフレームの分光像が得られ、全体で、走査した領域のなかでの分光スペクトルが得られる。したがって、分光スペクトルから、病変に特有な波長の光に注目して眼底の領域を観測したり、多変量分析などの解析手法で分析することもできるので、病変の検出誤りが少なくできる効果がある。

【0015】

請求項8による眼底分光像撮影装置によれば、予め撮影すべき眼底の範囲を設定する手段と、撮影開始を指示する手段とを備えているので、眼底を直接観測しながら分光撮影する範囲を定めて、撮影開始を指示すると、所望の領域の眼底分光撮影を簡単に行うことができる。この分光像の解析結果はリアルタイムで得られるので、従来の写真撮影に比べて、病変の検出が確実にできるという効果がある。

【0016】

請求項9による眼底分光像撮影装置によれば、白色板または白色に塗装した擬似眼を被検眼の眼底に相当する位置に置いて、分光スペクトルの基準値を校正するようにしたので、光源の輝度や発光スペクトルの変動に対しても簡単に補正ができ、より正確なデータを取得できる。これにより、分光像の解析結果の信頼度が高まり、病変の検出が確実にできるという効果がある。

【0017】

請求項10による眼底分光像撮影装置によれば、分光像のフレームを蓄積した分光スペク

10

20

30

40

50

トルの吸光度データを光のスペクトル多次元空間にプロットする手段と、前記複数の位置から得られたスペクトル多次元空間のデータを多変量解析することにより、少なくとも第1、第2、第3主成分の固有ベクトルを求める手段と、前記各位置のデータを前記各固有ベクトルの方向に射影し、その大きさを2次元表示画面にグレースケールまたは大きさに対応する色彩で表示する手段とを備えている。このような手段により、例えば、眼底の毛細血管のなかのヘモグロビンに結合している酸素の量を知ることができ、様々な病変の検出が確実にできるという効果がある。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、上に述べたように、眼底検査のための装置の調整が簡単で、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得し、その画像から、眼底の様々な病変に対応でき、さらに、病変の検出誤りが少なくなるような効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の好ましい実施形態について説明する。図1に、本発明による眼底分光像撮影装置の概略図を示す。図1において、1は被検眼の眼底、2は第1の光学系、3は第2の光学系、4はスリット、5は第3の光学系、6は分光素子、7は2次元撮像素子である。

【0020】

第1の光学系2は、対物レンズ21、穴あきミラー22、絞り23、照明光学系レンズ24、リレーレンズ25、フォーカスレンズ26、結像レンズ27などの光学部品で構成されている。眼底は、光源（図示しない）からの光が、照明光学系レンズ24を通り、穴あきミラー22で反射されて対物レンズ21を経て照明される。

【0021】

眼底からの反射光は、対物レンズ21と穴あきミラー22の穴を通り、瞳と共役の位置に置かれた絞り23を通り、リレーレンズ25、フォーカスレンズ26、結像レンズ27で、眼底像が結像される。

【0022】

第3の光学系5は、ミラー13とカメラ14とを含んでいる。ミラー13はハーフミラーまたはダイクロイックミラー（例えば可視光反射、赤外光透過）である。

【0023】

ハーフミラーの場合には、眼球からの光の一部を90度曲げて反射し、カメラ14で眼底の映像を撮影して、直接、モニター15で観察することができる。また、眼球からの光の他の部分はハーフミラーを透過し、スリット4を通り、分光素子6で分光されて2次元撮像素子7に結像し、その分光像を蓄積する手段8に蓄積する。蓄積する手段8は、一般的に使用されている半導体メモリ、磁気記録装置、光学的なメモリなど何れでもよい。ミラーがダイクロイックミラー（例えば可視光反射、赤外光透過）の場合には、可視光が90度屈折して反射され、前記のように、モニター15で映像を観察することができる。また、赤外光は透過し、その分光像を蓄積する。

【0024】

9は、前記の第1の光学系、第2の光学系、スリット、分光素子、2次元撮像素子などを走査する装置であり、制御装置10によって、蓄積手段8とともに連動して制御される。また、11は蓄積した分光像を解析する装置であり、その結果がモニター12に表示される。

【0025】

スリットは線状の開口になっており、2次元撮像素子の1フレームには、スリットに対応する眼底のなかの1ラインの像がスリットと直交する方向に分光されて結像する。すなわち、スリットの方法が2次元撮像素子のX軸方向だとすると、X軸方向は眼底のなかの1ラインに対応し、Y軸方向には、該1ライン上の各点での入射光を分光したスペクトルでの光強度が対応する。

【0026】

10

20

30

40

50

眼底のなかのラインの像を、スリットと直交する方向に順次走査して、2次元撮像素子で撮像すると、Nステップ走査すれば、Nフレームの2次元分光像を得ることができる。

【0027】

次に上記の走査の手段について説明する。図2に、第1の実施例として、ミラーを使って走査する方法についての概略を示す。図1に対応して、同じ機能、構成の部分には、同じ符号を付している。図2において、20が走査を行うためのミラーである。ミラー20は、第1の光学系の瞳孔共役面付近に設置されており、第1の光学系の光軸を通り、それと直交する線を軸として、回転するようになっている。第1の光学系の光軸は、ミラー20によりほぼ直角に曲げられており、その先に、スリット4、第2の光学系、2次元撮像素子などが配置されている。

10

【0028】

ミラー20は、第1の光学系の瞳孔共役面付近に設置されているので、ミラー20の回転走査により、実質的に、瞳孔の位置から眼球内を回転ミラーで走査するのと同等の効果を得ることができる。これにより、曲面である眼底の画像を鮮明に結像させて、鮮明な眼底分光像を取得することができる。

【0029】

図3に、走査手段に関する第2の実施例を示す。図3に示すように、この走査手段は、スリット4と第2の光学系3と2次元撮像素子7とを一体としたもの30とみなして、一体的に走査する。すなわち、眼底像は、スリット4の位置に結像するので、スリット4と第2の光学系3と2次元撮像素子7とを一体として走査すれば、鮮明な眼底像を得ることができる。

20

【0030】

走査手段に関する第3の実施例を図4に示す。第3の実施例では、第1の光学系とスリット4と第2の光学系3と2次元撮像素子7とを一体とみなしたものを40を、瞳孔の位置を中心として回転走査するものを示す。また、第3の光学系5は、前記の一体とみなしたものの40のなかに含まれるようにしてもよい。この実施例では、第1の光学系とスリット4と第2の光学系3と2次元撮像素子7とが一体となって瞳孔の位置を軸として回転走査するので、眼底像は2次元撮像素子7上に、常に鮮明に結像する。

【0031】

これらの実施例における走査は、それぞれに応じて、走査装置9により、制御装置10で実施され、同時に蓄積装置8に、分光像が蓄積される。

30

【0032】

第2の光学系3のなかの分光素子6は、基本的にはプリズムであるが、分光の分解能を高めるために、透過型の回折格子を使用する。または、プリズムと回折格子の組み合わせでもよい。

【0033】

次に、蓄積装置8に蓄積された分光像の処理について説明する。まず、分光感度を正規化するために、白色板または白色に塗装した擬似眼を被検眼の眼底に相当する位置に置いて、分光スペクトルの基準値を校正する。このようにして得られた分光像をもとに解析を行う。

40

【0034】

検眼に使用する光は可視光でもよいが、縮瞳してしまうので、一般的には瞳孔を開くための薬物投与を行う。しかし、被験者に苦痛を与えるため、短時間の検査しかできない。そこで、目には感じない赤外線領域の光を使用する。赤外線領域の光の波長は700nmから1000nmである。

【0035】

分光像解析の1実施例として、720nmの波長での分光像を画像化する。具体的な手法としては、蓄積装置8に蓄積された第1フレームから第Nフレームまでの分光像の中から、720nmの波長に相当する部分のデータを抽出して、順次、1枚の画面に並べてゆくことにより、720nmの波長で観測した眼底像を得ることができる。このような手順

50

で得られた擬似眼底像の1実施例を図5に示す。720nmの波長で観測すれば、図5において、明るい筋状に映っているのが擬似血管であり、このように擬似眼底の血管を鮮明に観測できる。

【0036】

特定の波長の光で観測するときには、一般的には、フィルターを使うことが多い。しかし、フィルターを使うにはその装着スペースを必要とするだけでなく、また違った波長で観測しようとする、フィルターの交換をする必要があり、余分な手間がかかる。この装置では、700nmから1000nmまでの全ての波長でのデータが蓄積されているので、解析装置の操作だけで、必要とする波長での観測結果を即座に得ることができる。

【0037】

分光像解析の第2の実施例として、波長空間における多変量解析を行う。具体的な方法としては、各位置で得られたスペクトルデータをスペクトル多次元空間にプロットする。例えば、700nmから800nmの間に血中の酸化ヘモグロビンによる特異な吸収帯があるとすると、波長が700nmから800nmまでのデータを取得し、これを最小分解能の5nmで分割して、それぞれの波長での吸光度（任意単位）を求め、分割した20次元の空間に、1つの位置あたり1点としてプロットする。

【0038】

例えば、試料の大きさが3mm平方で、検出する微小領域が0.03mm平方とすれば、10,000個の微小領域からのスペクトルデータが得られる。例えば、S/N比の向上を目的として、4つの微小領域のデータを平均して1つのデータとすると、最終的に得られるデータは2,500個である。この2,500個のスペクトルデータを上記の20次元のスペクトル空間にプロットする。

【0039】

次に、例えば主成分分析法などの多変量解析の手法を用いて、20次元のスペクトル空間の中で、第1の主成分として、2,500個の点の分散が最大になる方向を求め、その方向を第1主成分の固有ベクトルとする。さらに、第1の固有ベクトルに直交する空間に各プロット点を射影して、第2の主成分を求め、第2主成分の固有ベクトルとする。さらに、上記と同様な手順で第3、...nの主成分と第3、...n主成分の固有ベクトルを求める。

【0040】

このようにして、第1主成分の固有ベクトル、第2主成分の固有ベクトル、第3主成分の固有ベクトルが決まり、その各固有ベクトルに前記のプロットした2,500個のデータを射影する。すなわち、各固有ベクトル方向の成分を求める。この成分の大きさをスコアと呼ぶが、固有ベクトル方向毎のスコアを試料の各位置に、グレースケールまたはスコアの値に応じた色彩でプロットして2次元表示を行う。

【0041】

一般に、第1主成分のスコアは平均値になるために、特異な現象は出難いが、第2主成分や第3主成分のスコアに特異な現象が現れることが多い。この例では、血中の還元ヘモグロビンが多い部分のスコア値が高くなるというような現象が現れる。このような特異点を検出することにより、病変やその予兆を発見することができる。

【0042】

以上、説明したように、本発明による眼底分光像撮影装置では、眼底全体にわたって鮮明な分光データを取得し、その画像から、眼底の様々な病変に対応でき、さらに、病変の検出誤りを少なくできるという効果が得られる。

【0043】

なお、本発明は、上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨と思想に基づき、当業者による一部の変更や置き換えは、本発明の請求の範囲に属するものである。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明による眼底分光像撮影装置の概略図。

10

20

30

40

50

【図 2】本発明による眼底分光像撮影装置における走査方法に関する第 1 の実施例を説明する概略図。

【図 3】本発明による眼底分光像撮影装置における走査方法に関する第 2 の実施例を説明する概略図。

【図 4】本発明による眼底分光像撮影装置における回転走査方法に関する第 3 の実施例を説明する概略図。

【図 5】本発明による眼底分光像撮影装置で撮影して取得した、疑似眼底のスペクトル画像

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

10

- 1 眼底
- 2 第 1 の光学系
- 3 第 2 の光学系
- 4 スリット
- 5 第 3 の光学系
- 6 分光素子
- 7 2 次元撮像素子

- 8 蓄積手段
- 9 走査装置
- 10 制御装置
- 11 解析装置

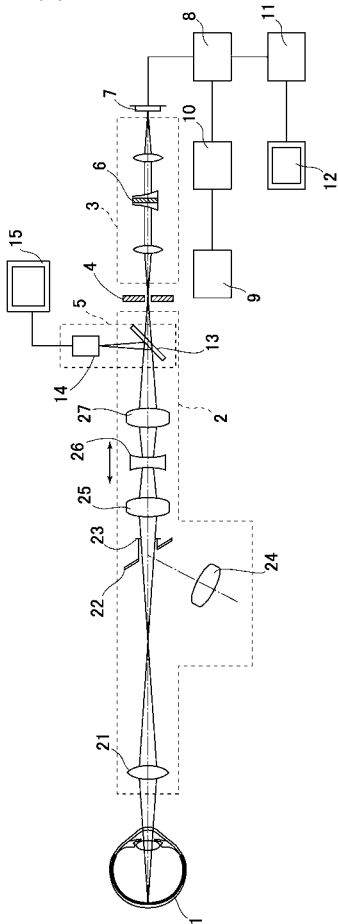
20

- 12 モニター
- 13 ミラー
- 14 カメラ
- 15 モニター
- 20 ミラー
- 21 対物レンズ
- 22 穴あきミラー
- 23 絞り

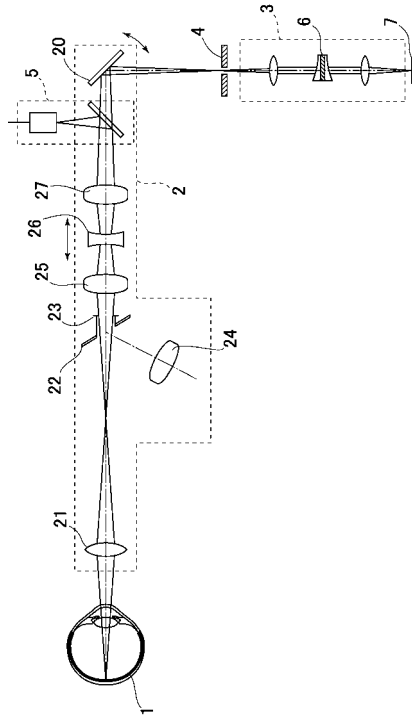
- 24 照明光学系レンズ
- 25 リレーレンズ
- 26 フォーカスレンズ
- 27 結像レンズ

30

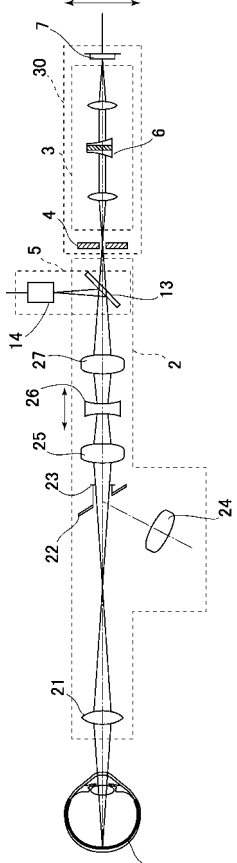
【 図 1 】



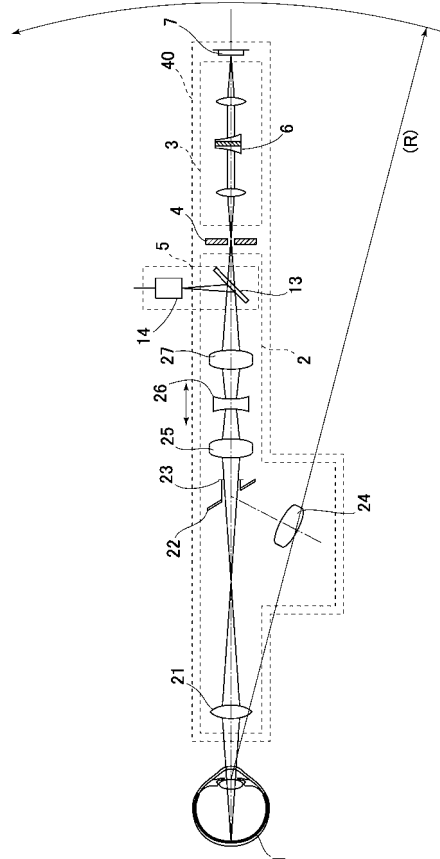
【 図 2 】



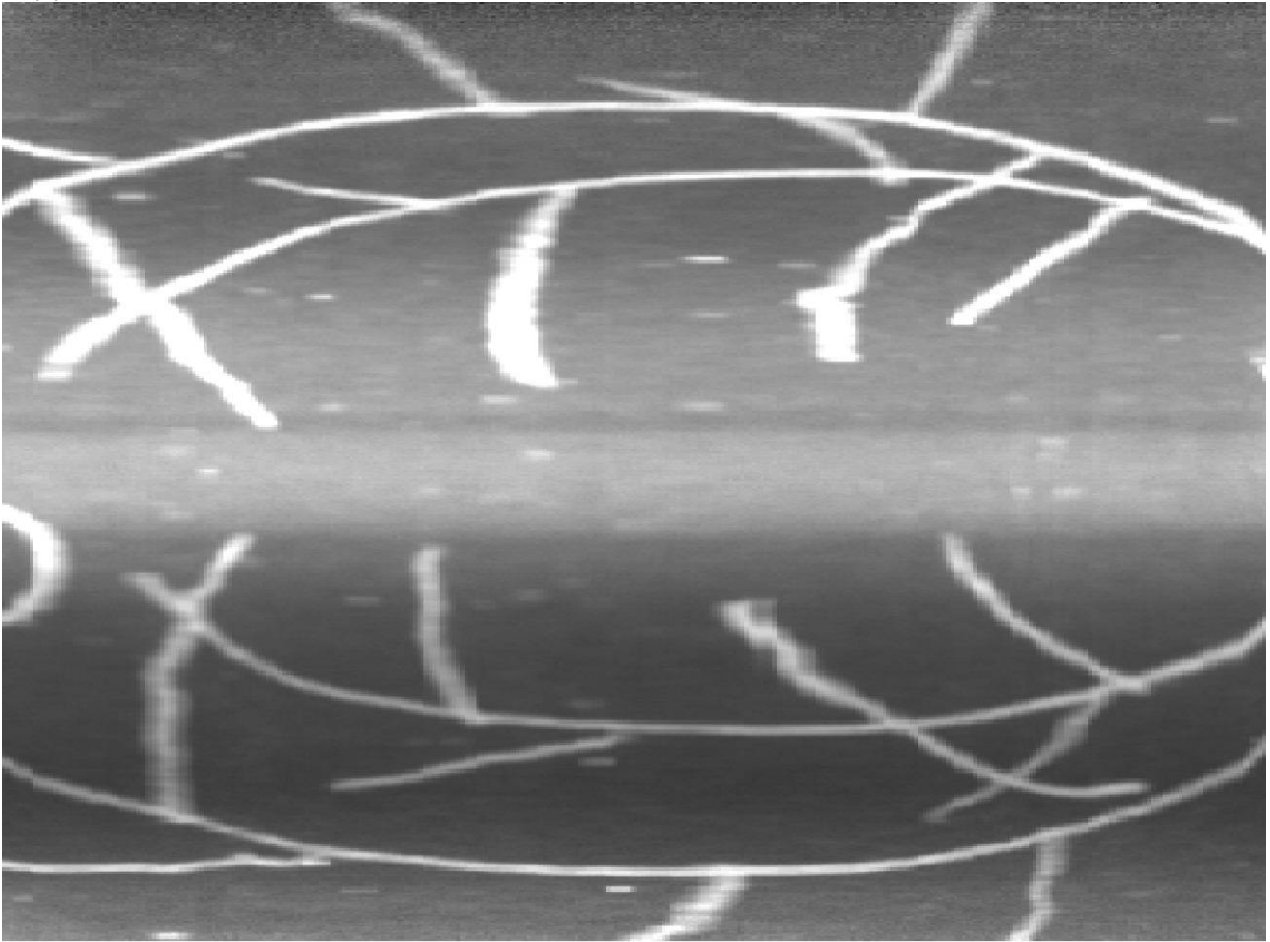
【 図 3 】



【 図 4 】



【図5】



擬似眼底のスペクトル画像(720nmの波長で描画)

フロントページの続き

- (72)発明者 宗田 孝之
東京都新宿区大久保3丁目4番1号 早稲田大学理工学部内
- (72)発明者 會沢 勝夫
東京都新宿区新宿6丁目1番1号 東京医科大学内
- (72)発明者 中村 厚
東京都新宿区大久保3丁目4番1号 早稲田大学理工学部内
- (72)発明者 高須 正行
千葉県我孫子市白山1-26-19
- (72)発明者 大坪 真也
東京都新宿区大久保3丁目4番1号 早稲田大学研究推進部内
- (72)発明者 鈴木 孝佳
静岡県浜松市新都田1-3-1 興和株式会社浜松工場内
- (72)発明者 市川 文彦
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川鉄テクノロジー株式会社内