

(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2017-113461

(P2017-113461A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/1455 (2006.01)	A 6 1 B 5/14 3 2 2	2 G 0 5 9
G 0 1 N 21/17 (2006.01)	G 0 1 N 21/17 6 1 0	4 C 0 3 8

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2015-254890 (P2015-254890)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成27年12月25日(2015.12.25)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	岡野 英明 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	白土 昌孝 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	加納 宏弥 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

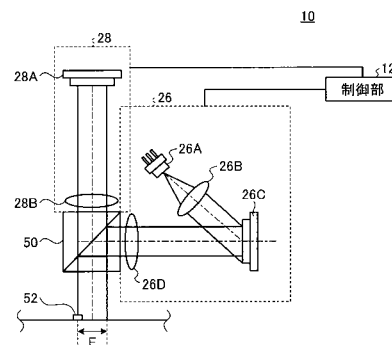
(54) 【発明の名称】 測定装置、測定方法、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】非侵襲でかつ精度良く生体成分の変化量を推定する。

【解決手段】測定装置10は、測定部12Dと、推定部12Eと、を備える。測定部12Dは、近赤外領域の波長領域を含む光に対する、生体の測定対象領域Eの散乱係数を画素毎に規定した散乱係数分布画像46を取得する。推定部12Eは、散乱係数分布画像46に基づいて、生体成分の変化量を推定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象領域上に配置された反射部材と、
投影画像を、前記反射部材および前記測定対象領域に投影するように投影部を制御する
投影制御部と、

前記投影画像の投影された前記反射部材および前記測定対象領域を撮影することによっ
て、前記反射部材の第 1 画像領域と、前記測定対象領域の第 2 画像領域と、を含む第 1 撮
影画像を取得するように撮影部を制御する撮影制御部と、

前記第 1 撮影画像における、前記第 1 画像領域の画素値に基づいて、前記第 2 画像領域
の画素値を補正する補正部と、

補正後の前記第 2 画像領域の画素値に基づいて、前記測定対象領域の光学特性を測定す
る測定部と、

を備える、測定装置。

【請求項 2】

前記反射部材は、

照射された光の光量に対して予め定めた割合の光量の光を反射させる、請求項 1 に記載
の測定装置。

【請求項 3】

前記反射部材で反射した光は、正反射成分より拡散反射成分の方が大きい、請求項 1 に
記載の測定装置。

【請求項 4】

前記反射部材における前記投影画像が投影される投影面は、均等拡散反射面である、請
求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記反射部材における前記投影画像が投影される投影面は、完全拡散反射面である、請
求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 6】

前記反射部材は、前記測定対象領域に接触配置されている、請求項 1 に記載の測定装置
。

【請求項 7】

前記投影画像は、前記反射部材に投影するための第 1 投影領域と、周期構造を有する縞
模様の第 2 投影領域と、を含み、

前記投影制御部は、前記第 1 投影領域が前記反射部材に投影され、前記第 2 投影領域が
前記測定対象領域に投影されるように、前記投影部を制御する、

請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 8】

前記第 1 投影領域は、

該第 1 投影領域に含まれる画素の各々の画素値が互いに同じ値である、請求項 7 に記載
の測定装置。

【請求項 9】

前記第 1 投影領域は、予め定めた模様を示す、請求項 7 に記載の測定装置。

【請求項 10】

前記補正部は、

前記第 1 撮影画像における、前記第 1 画像領域の画素値の平均値を用いて、前記第 2 画
像領域の画素値を補正する、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 11】

前記補正部は、

前記第 1 撮影画像における、前記第 1 画像領域の画素位置ごとの画素値に基づいて、前
記第 2 画像領域における画素値の変動分布を推定し、該変動分布を用いて算出した前記第
2 画像領域の画素ごとの補正值を用いて、該第 2 画像領域における画素の各々の画素値を

10

20

30

40

50

補正する、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 1 2】

前記投影制御部は、

濃度が互いに異なる複数の領域を含む調整用投影画像を、前記反射部材および前記測定対象領域に投影するように前記投影部を制御し、

前記撮影制御部は、

前記調整用投影画像の投影された前記反射部材および前記測定対象領域を撮影することによって、前記反射部材の第 3 画像領域と、前記測定対象領域の第 4 画像領域と、を含む第 2 撮影画像を取得するように前記撮影部を制御し、

当該測定装置は、

前記第 2 撮影画像における前記第 3 画像領域の画素値に基づいて、前記投影部および前記撮影部の少なくとも一方のフォーカスずれ量を算出する算出部と、

前記フォーカスずれ量に基づいて、前記投影部および前記撮影部の少なくとも一方のピントを調整するピント調整部と、

を更に備える、請求項 1 に記載の測定装置。

10

【請求項 1 3】

前記反射部材における前記投影画像が投影される投影面は、検出マークを有し、

前記補正部は、前記第 1 撮影画像における前記検出マークの相対位置から、前記第 1 撮影画像における前記第 1 画像領域および前記第 2 画像領域の各々を特定し、前記第 1 画像領域の画素値に基づいて、前記第 2 画像領域の画素値を補正する、

請求項 1 に記載の測定装置。

20

【請求項 1 4】

前記光学特性は、等価散乱係数、および吸収係数、の少なくとも一方である、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 1 5】

前記光学特性に基づいて、生体における前記測定対象領域の生体成分を推定する推定部を備える、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 1 6】

投影画像を、測定対象領域上に配置された反射部材および前記測定対象領域に投影するように投影部を制御するステップと、

30

前記投影画像の投影された前記反射部材および前記測定対象領域を撮影することによって、前記反射部材の第 1 画像領域と、前記測定対象領域の第 2 画像領域と、を含む第 1 撮影画像を取得するように撮影部を制御するステップと、

前記第 1 撮影画像における、前記第 1 画像領域の画素値に基づいて、前記第 2 画像領域の画素値を補正するステップと、

補正後の前記第 2 画像領域の画素値に基づいて、前記測定対象領域の光学特性を測定するステップと、

を含む、測定方法。

【請求項 1 7】

投影画像を、測定対象領域上に配置された反射部材および前記測定対象領域に投影するように投影部を制御するステップと、

40

前記投影画像の投影された前記反射部材および前記測定対象領域を撮影することによって、前記反射部材の第 1 画像領域と、前記測定対象領域の第 2 画像領域と、を含む第 1 撮影画像を取得するように撮影部を制御するステップと、

前記第 1 撮影画像における、前記第 1 画像領域の画素値に基づいて、前記第 2 画像領域の画素値を補正するステップと、

補正後の前記第 2 画像領域の画素値に基づいて、前記測定対象領域の光学特性を測定するステップと、

をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、測定装置、測定方法、およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

糖尿病あるいは耐糖能異常を持つ患者にとって、血糖値のモニタリングは必須である。血糖値をモニターする代表的な方法として、生体から採血した血液を用いる方法が知られている。

【0003】

また、痛みの低減や感染症の抑制などの観点から、非侵襲に血糖値などの生体成分を測定する方法が知られている。例えば、生体などの測定対象領域の光学特性から、生体成分を推定する技術が開示されている。具体的には、生体に近赤外光を照射し、生体組織からの拡散反射光や透過光を受光して得られた信号から、生体組織中のグルコース濃度を測定する技術が開示されている。また、測定時に生体に照射する光として、構造化照明を用いる技術が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開2009/0118622号公報

【特許文献2】特開2014-18478号公報

20

【特許文献3】米国特許出願公開第2011/0124988号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】丸尾勝彦著「近赤外分光法による非侵襲血糖値測定の研究」、電気通信大学大学院電気通信学研究科 博士(工学)の学位申請論文、2007年6月

【非特許文献2】V. V. Sapozhnikova著、「Effect on blood glucose monitoring of skin pressure exerted by an optical coherence tomography probe」、BioMed. Opt. 13(2)、021112

【非特許文献3】Kirill V Larin、他著、「Specificity of noninvasive blood glucose sensing using optical coherence tomography technique: A pilot study」、Physics in Medicine and Biology、48(10)、2003、p1371-1390

30

【非特許文献4】O' Sullivan、他著、「Diffuse optical imaging using spatially and temporally modulated light」、J. Biomed. Opt. 17(7)、071311

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来では、測定対象領域の光学特性を、精度良く測定することは困難であった。

40

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、精度良く測定対象領域の光学特性を推定することができる、測定装置、測定方法、およびプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態の測定装置は、反射部材と、投影制御部と、撮影制御部と、補正部と、測定部と、を備える。反射部材は、測定対象領域上に配置されている。投影制御部は、投影画像を、前記反射部材および前記測定対象領域に投影するように投影部を制御する。撮影制御

50

部は、前記投影画像の投影された前記反射部材および前記測定対象領域を撮影することによって、前記反射部材の第1画像領域と、前記測定対象領域の第2画像領域と、を含む第1撮影画像を取得するように撮影部を制御する。補正部は、前記第1撮影画像における、前記第1画像領域の画素値に基づいて、前記第2画像領域の画素値を補正する。測定部は、補正後の前記第2画像領域の画素値に基づいて、前記測定対象領域の光学特性を測定する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施の形態の測定装置の概略構成図。

【図2】測定装置の機能的構成の一例を示すブロック図。

10

【図3】第1情報、第2情報、および第3情報の各々のデータ構造の一例を示す図。

【図4】生体の光に対する散乱の説明図。

【図5】測定装置で用いる画像および反射部材の一例の説明図。

【図6】第1撮影画像の一例を示す模式図。

【図7】第1撮影画像の補正の説明図。

【図8】散乱係数分布画像および吸収係数分布画像の生成の説明図。

【図9】空間周波数と拡散振幅反射率との関係を示す線図。

【図10】生体成分推定処理の手順の一例を示すフローチャート。

【図11】生体の光学特性の測定処理の、手順の一例を示すフローチャート。

【図12】校正用サンプルの、光学特性の測定処理の手順の一例を示すフローチャート。

20

【図13】光学特性の測定結果の一例を示す図。

【図14】反射部材の一例の説明図。

【図15】反射部材の一例の説明図。

【図16】反射部材の一例の説明図。

【図17】測定装置の概略構成図。

【図18】反射部材の配置の一例を示す模式図。

【図19】測定装置の機能的構成の一例を示すブロック図。

【図20】調整用投影画像の投影の説明図。

【図21】測定装置で実行する処理の手順の一例を示すフローチャート。

【図22】測定装置の一例を示す模式図。

30

【図23】ハードウェア構成例を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に添付図面を参照して、測定装置、測定方法、およびプログラムの一の実施形態を詳細に説明する。

【0011】

(第1の実施の形態)

図1は、本実施の形態の測定装置10の概略構成図の一例である。

【0012】

測定装置10は、測定対象領域Eの光学特性を測定する装置である。測定対象領域Eは、測定対象の物体上の領域である。本実施の形態では、測定対象の物体が生体である場合を一例として説明する。生体とは、生きている物体を示す。生体は、例えば、人間や、人間以外の動物や、植物などである。また、本実施の形態では、測定対象領域Eは、生体の皮膚上の領域である場合を説明する。なお、測定装置10による測定対象の物体は、生体に限定されない。また、測定対象領域Eは、生体の皮膚上の領域に限定されない。例えば、測定対象領域Eは、生体の粘膜や眼底など、非侵襲または低侵襲に光を照射可能な部位であればよい。

40

【0013】

光学特性とは、光に対する物質の応答の特性を示す。本実施の形態では、光学特性は、測定対象領域Eの散乱係数および吸収係数の少なくとも一方を示す場合を、一例として説

50

明する。

【0014】

また、本実施の形態では、測定装置10は、測定した光学特性を用いて、生体成分の変化量を推定する場合を説明する。生体成分は、生体に含まれる成分を示す。生体成分は、具体的には、血液に含まれる成分である。生体成分は、例えば、血糖（具体的には、グルコース）や、水分などである。

【0015】

以下では、一例として、測定装置10が、光学特性に基づいて、血糖値の変化量を推定する形態を説明する。しかし、測定装置10が推定する生体成分の変化量は血糖値の変化量に限定されない。また、測定装置10は、生体成分そのもの（血糖値そのもの）を推定してよい。

10

【0016】

測定装置10について、具体的に説明する。測定装置10は、制御部12と、投影部26と、撮影部28と、ビームスプリッタ50と、反射部材52と、を備える。制御部12と、投影部26および撮影部28と、は、互いにデータや信号を授受可能に接続されている。

【0017】

反射部材52は、測定対象領域E上に配置されている。反射部材52は、測定対象領域Eに沿った平面状の部材である。反射部材52は、板状またはシート状である。

【0018】

本実施の形態では、反射部材52は、投影部26および撮影部28と測定対象領域Eとの間で、且つ測定対象領域E上に配置されるように、測定装置10の筐体によって支持されている。投影部26および撮影部28と、測定対象領域Eと、の間に配置とは、投影部26から測定対象領域Eへ到る光の光路上であって、且つ、測定対象領域Eから撮影部28へ到る光の光路上に配置されていることを意味する。

20

【0019】

反射部材52は、入射した光を反射させる部材である。反射部材52の詳細は、後述する。

【0020】

投影部26は、反射部材52および測定対象領域Eへ向かって投影画像（詳細後述）を投影する。すなわち、投影部26は、反射部材52を介して測定対象領域Eへ向かって投影画像を投影することで、反射部材52および測定対象領域Eへ投影画像を投影する。投影部26は、例えば、プロジェクタである。

30

【0021】

投影部26は、光源26Aと、レンズ26Bと、SLM（空間光変調器：Spatial Light Modulator）26Cと、レンズ26Dと、を含む。光源26Aは、光を出射する。本実施の形態では、光源26Aは、近赤外領域の波長領域に含まれる光を出射する場合を説明する。近赤外領域は、例えば、 $0.7\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$ の波長領域である。

【0022】

光源26Aから出射した光は、レンズ26Bによって平行光とされ、SLM26Cへ到る。SLM26Cは、空間的・時間的に振幅、位相、および偏光を変調する。SLM26Cは、例えば、液晶、DMD（Digital Micro-mirror Device）、DLP（登録商標）、などである。

40

【0023】

SLM26Cで変調された光は、レンズ26Dおよびビームスプリッタ50を介して、測定対象領域Eへ到る。このため、投影部26は、空間周波数の異なる複数種類の光を測定対象領域Eへ投影可能であり、且つ、各種類の空間周波数ごとに、位相の異なる複数種類の光を測定対象領域Eへ投影可能な構成である。

【0024】

50

ビームスプリッタ50は、投影部26から投影された光を、反射部材52および測定対象領域Eに向かって反射する。また、ビームスプリッタ50は、投影部26から投影された光の、反射部材52および測定対象領域Eによる反射光を透過する。本実施の形態では、ビームスプリッタ50は、s偏光は反射、p偏光は透過、となる偏光ビームスプリッタであるものとして説明する。

【0025】

投影部26から投影された光は、反射部材52を介して測定対象領域Eへ到る。上述したように、反射部材52は、測定対象領域E上に配置されている。

【0026】

このため、投影部26から投影された光の一部は、反射部材52によって反射されて撮影部28へ到る。また、投影部26から投影された光の他の部分は、反射部材52を介さずに測定対象領域Eへ到る。測定対象領域Eへ到った光は、生体の内部へ侵入し、吸収および散乱する。生体の内部で散乱した光の一部は、生体の外部へも散乱する。すなわち、投影部26から投影され、反射部材52を介さずに測定対象領域Eへ到った光は、測定対象領域Eによって反射および拡散されて、撮影部28へ到る。

10

【0027】

上述したように、測定装置10には、ビームスプリッタ50が配置されている。ビームスプリッタ50を配置することで、投影部26から投影される光と、投影面53および測定対象領域Eによる拡散反射光と、の偏光方向を略直交したものとすることができる。例えば、投影部26から照射された光が、s偏光で生体に入射する。生体に入射した光の偏光は、生体内での散乱を受けて無偏光の光として拡散反射光となる。この拡散反射光のp偏光のみが、ビームスプリッタ50を透過して撮影部28へ到り、撮影されることとなる。

20

【0028】

このような構成とすることで、反射部材52や測定対象領域Eからの表面反射光といった不要なノイズ光は、p偏光のままであるため、ビームスプリッタ50で反射される。このため、撮影部28が、ノイズ光を撮影することが抑制される。

【0029】

撮影部28は、反射部材52および測定対象領域Eで散乱および反射した光による、第1撮影画像を取得する。具体的には、撮影部28は、投影部26によって光の投影された測定対象領域Eを撮影することで、第1撮影画像を取得する。第1撮影画像の詳細は、後述する。

30

【0030】

本実施の形態では、撮影部28は、イメージセンサ28Aと、レンズ28Bと、を備える。測定対象領域Eで反射および散乱した光は、レンズ28Bを介してイメージセンサ28Aへ到る。イメージセンサ28Aは、光を電気信号に変換するセンサである。イメージセンサ28Aは、例えば、CCD(Charge-Coupled Device)センサや、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)センサである。

【0031】

イメージセンサ28Aによって第1撮影画像が取得され、制御部12へ出力される。

40

【0032】

次に、測定装置10の機能的構成を説明する。図2は、測定装置10の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【0033】

測定装置10は、制御部12と、記憶部14と、UI(ユーザ・インターフェース)部16と、投影部26と、撮影部28と、反射部材52と、を備える。記憶部14、UI部16、投影部26、および撮影部28と、制御部12と、は、データおよび信号を授受可能に接続されている。UI部16は、入力部18と、表示部20と、を含む。

【0034】

50

本実施の形態では、測定装置 10 は、制御部 12 と、記憶部 14 と、入力部 18 と、表示部 20 と、投影部 26 と、撮影部 28 と、反射部材 52 と、が一体的に設けられた構成である場合を説明する。しかし、測定装置 10 は、制御部 12、記憶部 14、入力部 18、表示部 20、投影部 26、撮影部 28、および、反射部材 52 の少なくとも一つが、他の機能部と別体として構成されていてもよい。

【0035】

入力部 18 は、ユーザが各種の操作入力を行う機能部である。入力部 18 は、例えば、マウス、ボタン、リモコン、キーボード、マイク等の音声認識装置、および画像認識装置などの 1 または複数を組み合わせたものである。

【0036】

表示部 20 は、各種画像を表示する公知の表示装置である。表示部 20 は、例えば、液晶表示装置 (LCD: Liquid Crystal Display) である。

【0037】

なお、入力部 18 および表示部 20 は、一体的に構成されていてもよい。具体的には、入力部 18 および表示部 20 は、入力機能および表示機能の双方を備えた UI (User Interface) 部 16 として構成されていてもよい。UI 部 16 には、例えば、タッチパネル付 LCD などがある。

【0038】

記憶部 14 は、各種データを記憶する。本実施の形態では、記憶部 14 は、異常を示す変化量と、第 1 情報と、第 2 情報と、第 3 情報と、を記憶する。

【0039】

異常を示す変化量は、医学的観点から異常であるとみなす、血糖値の変化量を示す。異常を示す変化量は、予め記憶部 14 に記憶する。なお、異常を示す変化量は、ユーザによる入力部 18 の操作により、適宜変更可能としてもよい。

【0040】

第 1 情報は、取得タイミングと、血糖値の変化量と、を対応づけた情報である。第 1 情報は、更に他の情報に対応づけた形態であってもよい。

【0041】

第 2 情報は、第 1 時間帯と、異常を示す変化量と、を対応づけた情報である。第 3 情報は、血糖値の変化量と、散乱係数の変化量と、を対応づけた情報である。

【0042】

図 3 は、第 1 情報 30、第 2 情報 32、および第 3 情報 34 の各々のデータ構造の一例を示す図である。

【0043】

図 3 (A) は、第 1 情報 30 のデータ構造の一例を示す図である。図 3 (A) に示す例では、第 1 情報 30 は、ユーザ ID と、測定 ID と、取得タイミングと、血糖値の変化量と、を対応づけた情報である。第 1 情報 30 のデータ形式は限定されず、例えば、テーブルであってもよいし、データベースであってもよい。

【0044】

ユーザ ID は、測定装置 10 を使用するユーザを識別する識別情報である。測定 ID は、測定タイミングを識別する情報である。測定タイミングは、測定装置 10 に電力が供給されて血糖値の変化量の推定が開始されてから、生体の同一の測定対象領域 E に基づく血糖値の変化量の推定が終了または電力供給が遮断 (すなわち、電源オフ) されるまで、を 1 回とした測定のタイミングを示す。

【0045】

取得タイミングは、後述する制御部 12 による、光学特性の取得 (測定) タイミングを示す。詳細は後述するが、制御部 12 は、複数の第 1 撮影画像を用いて光学特性を測定する。取得タイミングは、光学特性の測定に用いた複数の第 1 撮影画像 (詳細後述) の撮影タイミングの内、一つの撮影タイミングと一致する。例えば、取得タイミングは、光学特性の測定に用いた複数の第 1 撮影画像の撮影タイミングの内、最も早い撮影タイミングと

10

20

30

40

50

一致する。取得タイミングは、例えば、年、月、日、時間、分、秒を含む。

【0046】

なお、図3(A)に示す例では、取得タイミングは、10分おきである場合を示した。しかし、取得タイミングは、10分おきに限定されない。例えば、取得タイミングは、1分~10分おきであってもよいし、これらの間隔以外であってもよい。

【0047】

血糖値の変化量は、1つの光学特性ごと(すなわち、1つの取得タイミングごと)に算出され、第1情報30に登録される。

【0048】

血糖値の変化量は、基準の血糖値に対する変化量を示す。基準の血糖値は、例えば、基準として定めた取得タイミングの血糖値に対する、他の取得タイミングの血糖値の変化量を示す。取得タイミングの血糖値は、具体的には、光学特性の測定に用いた第1撮影画像40の撮影タイミングにおける、生体の測定対象領域Eの血糖値を示す。

10

【0049】

基準として定めた取得タイミングは、例えば、同一のユーザIDによって識別されるユーザの、同一の測定IDによって識別される測定タイミングにおける、最初の(初回の)取得タイミングの血糖値である。また、基準として定めた取得タイミングは、例えば、前回の取得タイミングの血糖値であってもよい。

【0050】

第1情報30に登録される血糖値の変化量は、後述する制御部12の処理によって算出され、取得タイミングに対応づけて第1情報30に登録される。

20

【0051】

図3(B)は、第2情報32のデータ構造の一例を示す図である。第2情報32は、第1時間帯と、第1時間帯に対応する異常を示す変化量と、を対応づけた情報である。第1時間帯は、例えば、測定対象の生体成分の種類に応じた変化量について、医学的観点から注視すべき時間帯を示す。

【0052】

例えば、生体成分が血糖値である場合、早朝の時間帯における血糖値の変化量が、医学的観点から問題となる場合がある。この場合、第1時間帯は、早朝を示す時間帯(例えば、午前3時から午前8時)である。また、生体成分が血糖値である場合、食後の時間帯における血糖値の変化量が、医学的観点から問題となる場合もある。この場合、第1時間帯には、食後を示す時間帯(例えば、午前7時から午前8時、午後12時から午後1時など)である。

30

【0053】

第1時間帯に対応する異常を示す変化量は、対応する第1時間帯において、医学的観点から異常であるとみなす血糖値の変化量を示す。

【0054】

記憶部14は、予め第2情報32を記憶する。なお、第2情報32に含まれる、第1時間帯と異常を示す変化量との組合せは、1種類に限定されない。すなわち、第2情報32に、第1時間帯と異常を示す変化量との組合せを複数種類登録した形態であってもよい。なお、第2情報32は、ユーザによる操作指示などにより、適宜変更可能としてもよい。

40

【0055】

図3(C)は、第3情報34のデータ構造の一例を示す図である。第3情報34は、血糖値の変化量と、散乱係数の変化量と、を対応づけた情報である。

【0056】

ここで、生体の光に対する散乱係数は、グルコースの血中濃度(すなわち血糖値)と関係がある。

【0057】

図4は、生体の光に対する散乱の説明図である。生体の散乱は、細胞外液(ECF: Extracellular Fluid)Bと、細胞構成要素やタンパク質凝集体などの

50

微小浮遊物体 A と、の屈折率差に起因する。

【0058】

近赤外領域の光に対する細胞外液 B の屈折率 n_{ECF} は、 $1.35 \sim 1.36$ である。また、散乱体として機能する微小浮遊物体 A の屈折率 n_S は、 $1.35 \sim 1.41$ である。生体中のグルコース濃度が増加すると、細胞外液 B の屈折率も増加する。この屈折率の増加分を $n_{glucose}$ とする。すると、細胞外液 B と微小浮遊物体 A との屈折率差 n は、下記式 (A) で表せる。

【0059】

$$n = n_S - n_{ECF} + n_{glucose} \quad \dots \text{式 (A)}$$

【0060】

式 (A) に示すように、グルコース濃度が増加するほど、屈折率差 n は小さくなる。生体内の散乱係数は、Mie 散乱理論モデルに適合する。このため、屈折率差 n が小さいほど、生体の散乱係数も小さくなる。

【0061】

例えば、血中のグルコース濃度の変化量に対して、散乱係数は、 $0.6\% \text{ mM}^{-1}$ ($0.33\% / (10 \text{ mg} / \text{dL})$) の割合で変化する。

【0062】

そこで、本実施の形態では、散乱係数の変化量に対する血糖値の変化量を予め測定または算出する。そして、測定または算出した、散乱係数の変化量と血糖値の変化量と、を対応づけて第 3 情報 34 に予め登録する。

【0063】

図 2 に戻り、制御部 12 は、測定装置 10 を制御する。制御部 12 は、投影制御部 12 A と、撮影制御部 12 B と、補正部 12 C と、測定部 12 D と、推定部 12 E と、記憶制御部 12 K と、受付部 12 M と、表示制御部 12 N と、を有する。

【0064】

投影制御部 12 A、撮影制御部 12 B、補正部 12 C、測定部 12 D、推定部 12 E、記憶制御部 12 K、受付部 12 M、および、表示制御部 12 N の一部またはすべては、例えば、CPU (Central Processing Unit) などの処理装置にプログラムを実行させること、すなわち、ソフトウェアにより実現してもよいし、IC (Integrated Circuit) などのハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェアおよびハードウェアを併用して実現してもよい。

【0065】

投影制御部 12 A は、投影画像を、反射部材 52 および測定対象領域 E に投影するように、投影部 26 を制御する。投影画像は、測定装置 10 で測定対象領域 E の光学特性を測定するときに、反射部材 52 および測定対象領域 E に投影する画像である。

【0066】

ここで、上述したように、反射部材 52 は、測定対象領域 E 上に配置されている。このため、投影部 26 が測定対象領域 E に投影画像を投影することで、投影画像の一部の領域は反射部材 52 によって反射され、投影画像の他の領域は測定対象領域 E によって拡散および反射される。

【0067】

図 5 は、測定装置 10 で用いる画像および反射部材 52 の一例の説明図である。

【0068】

図 5 (A) は、投影画像 P の一例を示す模式図である。投影画像 P は、第 1 投影領域 P1 と、第 2 投影領域 P2 と、を含む。本実施の形態では、投影画像 P は、第 1 投影領域 P1 と、第 2 投影領域 P2 と、から構成される。

【0069】

第 1 投影領域 P1 は、投影画像 P における、反射部材 52 に投影するための領域である。第 2 投影領域 P2 は、測定対象領域 E に投影するための領域である。言い換えると、第 2 投影領域 P2 は、反射部材 52 を介さずに、測定対象領域 E へ投影するための領域であ

10

20

30

40

50

る。

【0070】

本実施の形態では、第2投影領域P2は、周期構造を有する縞模様の領域であるものとして説明する。詳細には、第2投影領域P2は、特定の空間周波数を有する縞模様（周期構造）の領域である。第2投影領域P2の縞模様は、構造化照明によって実現される。

【0071】

本実施の形態では、投影制御部12Aは、空間周波数の異なる複数種類の第2投影領域P2を含む投影画像Pを生成し、測定対象領域Eへ投影するように投影部26を制御する。また、投影制御部12Aは、各種類の空間周波数ごとに、位相の異なる複数種類の第2投影領域P2を含む投影画像Pを生成し、測定対象領域Eへ投影するように、投影部26

10

【0072】

一方、第1投影領域P1は、本実施の形態では、第1投影領域P1に含まれる画素の各々の画素値が互いに同じ値の領域であるものとして説明する。

【0073】

なお、投影画像Pに含まれる第1投影領域P1の画素値は、複数の投影画像P間で同じである。一方、投影画像Pに含まれる第2投影領域P2は、空間周波数および位相の少なくとも一方が、複数の投影画像P間で異なる。

【0074】

なお、投影画像Pにおける、第1投影領域P1の模様と第2投影領域P2の模様は、同じ模様であってもよい。すなわち、投影画像Pの全領域が、第2投影領域P2によって示される模様であってもよい。

20

【0075】

また、第1投影領域P1は、含まれる画素の各々画素値が同じ値である形態や、第2投影領域P2と同じ模様である形態に限定されない。例えば、第1投影領域P1は、予め定めた模様を示す領域であってもよい。詳細には、第1投影領域P1は、各画素位置の画素の画素値が、画素位置ごとに予め定められた画素値であればよく、含まれる画素値が互いに同じである形態に限定されない。例えば、第1投影領域P1は、第1投影領域P1上を通る任意の仮想直線の一端側から他端側に向かって、画素値が高くなる領域であってもよいし、画素値が小さくなる領域であってもよいし、画素値が周期的に変動する領域であっ

30

【0076】

本実施の形態では、投影制御部12Aは、投影画像Pにおける第1投影領域P1が反射部材52に投影され、投影画像Pにおける第2投影領域P2が測定対象領域Eに投影されるように、投影部26を制御する。制御部12は、投影部26による投影画像Pの投影位置を調整することで、この制御を行えばよい。

【0077】

図5(B)は、反射部材52の一例を示す模式図である。反射部材52の投影面53は、照射された光の光量に対して予め定めた割合の光量の光を反射させる。投影面53は、反射部材52における、投影画像Pの投影される側の面である。

40

【0078】

なお、反射部材52の投影面53は、投影面53で反射した光に含まれる正反射成分より拡散反射成分の方が大きいことが好ましい。投影面53の正反射成分より拡散反射成分が大きいと、反射強度の角度依存性の低減を図ることができる。このため、反射部材52の取り付け角度精度が厳しくなることや、測定中の反射部材52の角度ずれによる反射強度の変動を抑制することができる。

【0079】

反射部材52の投影面53の構成材料は、例えば、硫酸バリウム、酸化マグネシウムなどである。なお、反射部材52は、目の細かな紙であってもよい。

【0080】

50

また、反射部材 5 2 における投影面 5 3 は、均等拡散反射面であることが好ましい。また、反射部材 5 2 における投影面 5 3 は、完全拡散反射面であることが特に好ましい。

【0081】

上述したように、制御部 1 2 は、投影画像 P における第 1 投影領域 P 1 が反射部材 5 2 に投影され、投影画像 P における第 2 投影領域 P 2 が測定対象領域 E に投影されるように、投影部 2 6 を制御する。

【0082】

図 5 (C) は、測定対象領域 E に反射部材 5 2 を介して投影された状態の投影画像 P を示す模式図である。図 5 (C) に示すように、後述する制御部 1 2 の制御によって、投影画像 P における第 1 投影領域 P 1 が反射部材 5 2 に投影され、投影画像 P における第 2 投影領域 P 2 が測定対象領域 E に投影される。

10

【0083】

図 2 に戻り、撮影制御部 1 2 B は、撮影部 2 8 を制御する。本実施の形態では、撮影制御部 1 2 B は、投影画像 P の投影された、反射部材 5 2 および測定対象領域 E を撮影するように、撮影部 2 8 を制御する。撮影制御部 1 2 B の制御によって、撮影部 2 8 は撮影を行う。撮影部 2 8 は、投影画像 P の投影された反射部材 5 2 および測定対象領域 E を撮影することで、第 1 撮影画像を得る。

【0084】

図 5 (D) は、第 1 撮影画像 4 0 の一例を示す模式図である。第 1 撮影画像 4 0 は、第 1 画像領域 S 1 と、第 2 画像領域 S 2 と、を含む。本実施の形態では、第 1 撮影画像 4 0 は、第 1 画像領域 S 1 と第 2 画像領域 S 2 と、から構成される。

20

【0085】

第 1 画像領域 S 1 は、第 1 投影領域 P 1 の投影された反射部材 5 2 の撮影によって得られた画像領域である。第 2 画像領域 S 2 は、第 2 投影領域 P 2 の投影された測定対象領域 E の撮影によって得られた画像領域である。

【0086】

なお、反射部材 5 2 と測定領域 E の反射率が略同じである場合、第 1 撮影画像 4 0 における第 1 画像領域 S 1 (第 1 投影領域 P 1 に対応する領域) の画素値は、同じ第 1 撮影画像 4 0 における第 2 画像領域 S 2 (第 2 投影領域 P 2 に対応する領域) における最も明るい画素の画素値より小さく (暗く) 、且つ、該第 2 画像領域 S 2 における最も暗い画素の画素値より大きい (明るい) 、画素値となるように、投影画像 P を調整することが好ましい。これは、第 1 投影領域 P 1 の投影された反射部材 5 2 を撮影する撮影部 2 8 (イメージセンサ 2 8 A) のダイナミックレンジを、測定対象領域 E の撮影に効果的に活かすためである。

30

【0087】

ここで、上述したように、本実施の形態では、投影制御部 1 2 A は、空間周波数の異なる複数種類の第 2 投影領域 P 2 を含む投影画像 P を生成し投影するように、投影部 2 6 を制御する。また、投影制御部 1 2 A は、各種類の空間周波数ごとに、位相の異なる複数種類の第 2 投影領域 P 2 を含む投影画像 P を生成し投影するように、投影部 2 6 を制御する。

40

【0088】

このため、投影制御部 1 2 A による投影部 2 6 の制御によって、空間周波数 f_k (k は、1 以上の整数) の各々について、位相 a_m (m は 1 以上の整数) の各々の縞模様の第 2 画像領域 S 2 と、上記第 1 画像領域 S 1 と、を含む投影画像 P が順次生成され、測定対象領域 E に投影される。

【0089】

なお、位相 a_m は、位相 $2\pi p / b$ (b は $m + 2$ 以上の整数 (すなわち、 $m = 1$ の場合、 $b = 3$) , p は $|p| \leq b$ とする整数) を示す。

【0090】

詳細には、投影制御部 1 2 A は、空間周波数 f_k の異なる複数種類の構造化照明による

50

第2投影領域 P 2 と、上記画素値の第1投影領域 P 1 と、を含む投影画像 P を投影するように、投影部 2 6 を制御する。

【0091】

このとき、投影制御部 1 2 A は、第2投影領域 P 2 における各種類の空間周波数 f_k について、位相の異なる構造化照明による第2投影領域 P 2 を投影するように、投影部 2 6 を制御する。言い換えると、投影制御部 1 2 A は、1種類の空間周波数 f_k について、位相を $2\pi/m$ ずつ均等に变化させた構造化照明による第2投影領域 P 2 を投影するように、投影部 2 6 を制御する。

【0092】

具体的には、投影制御部 1 2 A は、投影対象の第1投影領域 P 1 の画素値を示す第1投影指示と、投影対象の第2投影領域 P 2 の空間周波数 f_k と位相 a_m とを含む第2投影指示と、を含む投影指示を、投影部 2 6 へ送信する。投影指示を受付けた投影部 2 6 は、投影指示の第1投影指示に含まれる画素値を読取ることで、第1投影領域 P 1 を生成し、投影指示の第2投影指示に含まれる空間周波数 f_k および位相 a_m の構造化照明による第2投影領域 P 2 を生成し、投影画像 P を投影する。

10

【0093】

第2投影領域 P 2 の生成としては、例えば、投影部 2 6 (具体的には S L M 2 6 C) が、正弦波を、第2投影指示に含まれる空間周波数 f_k 、位相 a_m で変調した構造化照明を生成することで行えばよい。

【0094】

そして、空間周波数および位相の少なくとも一方の異なる新たな第2投影領域 P 2 と、上記画素値の第1投影領域 P 1 と、を含む投影画像 P が投影部 2 6 によって投影される度に、撮影制御部 1 2 B は、反射部材 5 2 および測定対象領域 E を撮影した第1撮影画像 4 0 を取得するように、撮影部 2 8 を制御する。

20

【0095】

このため、撮影部 2 8 は、各空間周波数および各位相の第2投影領域 P 2 に対応する第2画像領域 S 2 と、反射部材 5 2 の第1画像領域 S 1 と、を含む、複数の第1撮影画像 4 0 を得ることとなる。すなわち、撮影制御部 1 2 B は、第2投影領域 P 2 の空間周波数の種類の数 k と、位相の種類の数 m と、の乗算値に相当する数 ($k \times m$) の、第1撮影画像 4 0 を得る。

30

【0096】

図 6 は、第1撮影画像 4 0 の一例を示す模式図である。図 6 に示すように、本実施の形態では、撮影部 2 8 は、第1画像領域 S 1 と、空間周波数 f_k および位相 a_m の少なくとも一方の異なる複数種類の第2画像領域 S 2 と、を含む複数の第1撮影画像 4 0 ($4 0_1 \sim 4 0_{k m}$) を得る。

【0097】

図 2 に戻り、補正部 1 2 C は、複数の第1撮影画像 4 0 の各々について、第1撮影画像 4 0 における第1画像領域 S 1 の画素値に基づいて該第1撮影画像 4 0 における第2画像領域 S 2 の画素値を補正する。

【0098】

ここで、撮影部 2 8 で第1撮影画像 4 0 を取得する際、同じ被写体の同じ領域を撮影した場合であっても、得られる第1撮影画像 4 0 の画素値が変動する場合がある。

40

【0099】

例えば、光源 2 6 A に用いられる LED (Light Emitting Diode) やランプから出射する光の光量は、印加される駆動電圧や電流などの揺らぎなどにより変動する場合がある。また、光源 2 6 A から出射する光の光量は、環境温度によって変動する場合もある。また、S L M 2 6 C として用いられる D M D では、強度変調をパルス幅変調 (PWM) で行っているため、露光量にばらつきが生じる場合がある。これは、同じ露光時間であっても、露光開始時間が異なれば、露光時間に含まれる PWM の波形が異なるためである。

50

【0100】

また、SLM26Cとして液晶表示デバイスを利用する場合、液晶素子の温度特性により、透過率および反射率の少なくとも一方が変動する場合がある。また、イメージセンサ28Aに用いられるCCDやCMOSは、環境温度により感度が変動する場合がある。

【0101】

このように、撮影部28で得られた第1撮影画像40の画素値は、環境温度や電源投入からの経過時間などによって変動する場合がある。このため、撮影部28で得られた第1撮影画像40を用いて、測定対象領域Eの光学特性を測定すると、精度が低下する場合があった。

【0102】

具体的には、構造化照明を用いて散乱係数の測定を行った場合、撮影画像に含まれる画素値の強度変化と、測定される散乱係数の変化と、は略同じである。撮影画像の画素値が0.4%変化すると、測定される散乱係数は約0.5%変化する。この変化は、15mg/dlの血糖値変化に相当する。血糖値を±15mg/dlの精度で測定するためには、撮影画像の画素値の強度のばらつきは、0.4%以下に抑える必要がある。

【0103】

そこで、本実施の形態では、測定装置10の制御部12は、補正部12Cを備える。

【0104】

ここで、上述したように、反射部材52に投影される第1投影領域P1の画素値は、投影画像P間で一定である。このため、第1投影領域P1の投影された反射部材52を撮影した第1画像領域S1の画素値の、投影画像P間における変動は、測定装置10の環境温度や電源投入からの経過時間などによる変動に比例する。

【0105】

このため、本実施の形態では、補正部12Cは、第1撮影画像40における第1画像領域S1の画素値に基づいて、該第1撮影画像40における第2画像領域S2の画素値を補正する。補正部12Cは、撮影部28で得られた複数の第1撮影画像40の各々について、第1画像領域S1の画素値に基づいて第2画像領域S2の画素値を補正する。

【0106】

本実施の形態では、補正部12Cは、第1撮影画像40における、第1画像領域S1の画素値の平均値を用いて、該第1撮影画像40における第2画像領域S2の画素値を補正する。

【0107】

具体的には、補正部12Cは、第1撮影画像40における、第1画像領域S1の画素値の平均値 m_{ref} を算出する。そして、補正部12Cは、予め定めた基準平均画素値 m_{ref} 、 s_{td} を該平均値で除算した除算値 $(m_{ref}, s_{td} / m_{ref})$ を算出する。

【0108】

さらに、補正部12Cは、第2画像領域S2の各画素の画素値の各々に、該除算値 $(m_{ref}, s_{td} / m_{ref})$ を乗算した値を、第2画像領域S2の各画素の補正後の画素値として用いる。これによって、補正部12Cは、第2画像領域S2の画素値を補正する。

【0109】

なお、基準平均画素値 m_{ref} 、 s_{td} は、予め定めた値であってもよいし、光学特性が既知の校正用サンプルを用いて算出した値であってもよい(詳細後述)。また、基準平均画素値 m_{ref} 、 s_{td} は、各測定タイミングにおいて、最初に撮影した第1撮影画像40における第1画像領域S1の画素値の平均値であってもよい。また、基準平均画素値 m_{ref} 、 s_{td} は、複数の第1撮影画像40における第1画像領域S1の画素値の平均値であってもよい。

【0110】

なお、補正部12Cは、第1撮影画像40における第1画像領域S1を構成する全ての画素の画素値の平均値を用いて、補正を行ってもよい。また、補正部12Cは、第1撮影

10

20

30

40

50

画像 40 の第 1 画像領域 S1 における、一部の領域 C を構成する画素の各々の画素値の平均値を用いて、補正を行ってもよい。

【0111】

図 7 は、第 1 撮影画像 40 の補正の説明図である。図 7 (A) に示すように、撮影制御部 12B (撮影部 28) は、空間周波数 f_k および位相 a_m の少なくとも一方の互いに異なる複数種類の第 2 投影領域 P2 を各々含む、複数の第 1 撮影画像 40 を得る。図 7 には、ある空間周波数 f_k における、位相 a_m の異なる複数の第 1 撮影画像 40 ($40_{k_1} \sim 40_{k_m}$) を、一例として示した。

【0112】

なお、図 7 には、第 2 投影領域 P2 を構成するための構造化照明の光として、 $660 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ の波長の光を用いた場合を示した。しかし、構造化照明の光は、近赤外領域の波長領域を含む光であればよく、この値に限定されない。なお、生体の光に対する吸収係数および散乱係数には、波長特性がある。このため、構造化照明の光として用いる波長の帯域は、 $\pm 10 \text{ nm}$ 以下とすることが好ましい。

10

【0113】

そして、補正部 12C は、複数の第 1 撮影画像 40 の各々について、各第 1 撮影画像 40 に含まれる第 1 画像領域 S1 の画素値を用いて、各第 1 撮影画像 40 に含まれる第 2 画像領域 S2 の画素値を補正する。

【0114】

なお、以下では、第 2 画像領域 S2 の画素値を補正した後の第 1 撮影画像 40 を、補正撮影画像 41 と称して説明する場合がある。

20

【0115】

図 7 (B) は、補正撮影画像 41 の一例を示す模式図である。補正部 12C によって、複数の第 1 撮影画像 40 の各々に対応する、第 2 画像領域 S2 の画素値の補正された補正撮影画像 41 が得られる。

【0116】

このため、補正撮影画像 41 は、環境温度や電源投入からの経過時間などによる画素値の変動が補正された画像となっている。

【0117】

図 2 に戻り、測定部 12D は、補正後の第 1 撮影画像 40 (すなわち補正撮影画像 41) における第 2 画像領域 S2 の画素値に基づいて、測定対象領域 E の光学特性を測定する。すなわち、測定部 12D は、第 1 撮影画像 40 における第 2 画像領域 S2 を第 1 画像領域 S1 の画素値を用いて補正した後の、該第 2 画像領域 S2 の画素値を用いて、光学特性を測定する。

30

【0118】

すなわち、測定部 12D は、環境温度や電源投入からの経過時間などによる画素値の変動の除去された第 2 画像領域 S2 を用いて、光学特性を測定する。このため、測定部 12D は、高精度に測定対象領域 E の光学特性を測定することができる。

【0119】

なお、本実施の形態では、測定部 12D は、測定対象領域 E の散乱係数および吸収係数の双方を、測定対象領域 E の光学特性として測定する場合を説明する。

40

【0120】

そして、更に、本実施の形態では、測定部 12D は、測定した光学特性から、散乱係数分布画像と、吸収係数分布画像と、を生成する場合を説明する。

【0121】

散乱係数分布画像は、生体の測定対象領域 E の散乱係数を画素毎に規定した画像である。吸収係数分布画像は、光に対する吸収係数を画素毎に規定した画像である。光は、上述したように、近赤外領域の波長領域を含む。

【0122】

測定部 12D は、同一位置の測定対象領域 E について、複数の散乱係数分布画像を生成

50

する。すなわち、測定部 1 2 D は、1 回の測定タイミングにおいて、複数の散乱係数分布画像を生成する。また、本実施の形態では、測定部 1 2 D は、1 回の測定タイミングごとに、1 組の吸収係数分布画像と散乱係数分布画像とを生成する。

【0123】

本実施の形態では、測定部 1 2 D は、撮影によって撮影部 2 8 が取得した第 1 撮影画像 4 0 から、画素ごとの光学特性（散乱係数および吸収係数）を測定する。これによって、測定部 1 2 D は、散乱係数分布画像および吸収係数分布画像を生成する。

【0124】

図 8 は、散乱係数分布画像 4 6 および吸収係数分布画像 4 4 の生成の説明図である。

【0125】

上述したように、補正部 1 2 C の補正によって、複数の補正撮影画像 4 1 が生成される。この複数の補正撮影画像 4 1 は、空間周波数 f_k および位相 a_m の異なる第 2 投影領域 P 2 の投影された測定対象領域 E の第 2 画像領域 S 2 と、第 1 投影領域 P 1 の投影された反射部材 5 2 の第 2 画像領域 S 2 と、を含む第 1 撮影画像 4 0 について、第 2 画像領域 S 2 の画素値を補正したものである。

【0126】

測定部 1 2 D は、第 1 画像領域 S 1 と、空間周波数 f_k および位相 a_m の各々に対応する補正後の第 2 画像領域 S 2 と、を含む複数の補正撮影画像 4 1 の各々を用いて、以下の処理を行う。

【0127】

測定部 1 2 D は、補正部によって補正された複数の補正撮影画像 4 1（図 7（B）参照）の各々を用いて、空間周波数 f_k ごとに、画素毎の拡散振幅強度（ $M_{ac}(r, f_k)$ ）を算出する。

【0128】

拡散振幅強度を示す $M_{ac}(r, f_k)$ における、 r は、画素の位置を示す。言い換えると、測定部 1 2 D は、補正撮影画像 4 1 から、画素毎に拡散振幅強度を規定した拡散振幅強度画像を生成する。すなわち、測定部 1 2 D は、各空間周波数 f_k に対応する位相 a_m の異なる補正後の第 2 画像領域 S 2 を含む、複数の補正撮影画像 4 1 を用いて、各空間周波数 f_k ごとに、画素毎の拡散振幅強度（ $M_{ac}(r, f_k)$ ）を規定した拡散振幅強度画像を生成する。

【0129】

図 8（A）は、拡散振幅強度画像 4 2 の一例を示す図である。図 8（A）に示す拡散振幅強度画像 4 2（拡散振幅強度画像 4 2₁ ~ 拡散振幅強度画像 4 2_k）の各々は、各周波数 $f_1 \sim f_k$ の各々に対応する補正撮影画像 4 1 の各々から算出した、拡散振幅強度画像 4 2 の一例である。

【0130】

ここで、本実施の形態では、吸収係数および散乱係数が既知の校正用サンプルを用意する。校正用サンプルは、例えば、吸収係数および散乱係数が既知の、生体疑似ファントムである。この生体疑似ファントムは、吸収係数および散乱係数が一様なものが望ましい。校正用サンプルは、予め用意すればよい。

【0131】

そして、投影制御部 1 2 A、撮影制御部 1 2 B、および補正部 1 2 C は、生体に代えて校正用サンプルを測定対象とする以外は、上記と同様にして、第 1 撮影画像 4 0 を取得する。そして、投影制御部 1 2 A、撮影制御部 1 2 B、および補正部 1 2 C は、上記と同様にして、各空間周波数 f_k の各々における位相の異なる第 2 画像領域 S 2 を含む、校正用の補正撮影画像 4 1 を得る。

【0132】

そして、測定部 1 2 D は、校正用の補正撮影画像 4 1 を用いて、空間周波数 f_k ごとに、校正用の、画素毎の拡散振幅強度 $M_{ac,ref}(f_k)$ を算出する。 $M_{ac,ref}(r, f_k)$ における、 r は、画素の位置を示す。すなわち、測定部 1 2 D は、校正用の

10

20

30

40

50

補正撮影画像 4 1 から、画素毎に拡散振幅強度を規定した、校正用の拡散振幅強度画像 4 2 を生成する。

【 0 1 3 3 】

ここで、生体の、構造化照明の光に対する拡散振幅反射率は、下記式 (1) に示すように解析的に表すことができる。下記式 (1) は、放射輸送方程式 (R a d i a t i v e t r a n s f e r e q u a t i o n) を拡散近似することで得られる拡散方程式に、空間的な正弦波変調光源を適用したときの、拡散振幅反射率を表す式である。

【 0 1 3 4 】

【数 1】

$$R_d(f_k) = \frac{3Aa'}{(\mu'_{\text{eff}}/\mu_{\text{tr}} + 1)(\mu'_{\text{eff}}/\mu_{\text{tr}} + 3A)} \quad \dots(1) \quad 10$$

【 0 1 3 5 】

式 (1) 中、 $R_d(f)$ は、拡散振幅反射率を示す。 f_k は、空間周波数を示す。 A は、比例係数であり、下記式 (2) で表される。

【 0 1 3 6 】

【数 2】

$$A = \frac{1 - R_{\text{eff}}}{2(1 + R_{\text{eff}})} ; R_{\text{eff}} \approx 0.0636n + 0.668 + \frac{0.710}{n} - \frac{1.440}{n^2} \quad \dots(2) \quad 20$$

【 0 1 3 7 】

式 (2) 中、 n は、生体の測定波長における屈折率である。

【 0 1 3 8 】

また、式 (1) 中、 μ_{tr} は、輸送係数であり、下記式 (3) で表される。式 (1) 中、 μ_{eff} は、下記式 (4) で表され、 μ'_{eff} は、下記式 (5) で表され、 a' は、等価アルベドであり、下記式 (6) で表される。

【 0 1 3 9 】

【数 3】

$$\mu_{\text{tr}} = (\mu_a + \mu_s') \quad \dots(3) \quad 30$$

【 0 1 4 0 】

式 (3) 中、 μ_a は、吸収係数を示す。 μ_s' は、等価散乱係数を示す。

【 0 1 4 1 】

【数 4】

$$\mu_{\text{eff}} = (3\mu_a\mu_{\text{tr}})^{1/2} \quad \dots(4)$$

【 0 1 4 2 】

【数 5】

$$\mu'_{\text{eff}} = (\mu_{\text{eff}}^2 + (2\pi f_k)^2)^{1/2} \quad \dots(5) \quad 40$$

【 0 1 4 3 】

【数 6】

$$a' = \frac{\mu_s'}{\mu_{\text{tr}}} \quad \dots(6)$$

【 0 1 4 4 】

測定部 1 2 D は、校正用サンプルの吸収係数と散乱係数を、上記式 (1) にあてはめる。これにより、測定部 1 2 D は、空間周波数 f_k の各々について、校正用サンプルにおける、拡散振幅反射率 $R_d(f_k)$ を求める。以下、校正用サンプルの、各空間周波数 f_k

における拡散振幅反射率 $R_d(f_k)$ を、 $R_{d,ref}(f_k)$ とする。

【0145】

そして、測定部 12D は、下記式 (7) を用いて、空間周波数 f_k ごとに、画素毎の拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ を求める。

【0146】

【数 7】

$$R_d(r, f_k) = \frac{M_{ac}(r, f_k)}{M_{ac,ref}(r, f_k)} \cdot R_{d,ref}(f_k) \quad \dots(7)$$

10

【0147】

そして、測定部 12D は、空間周波数 f_k ごとに求めた画素毎の拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ から、画素毎の吸収係数 μ_a と等価散乱係数 μ'_s を算出する。

【0148】

すなわち、測定部 12D は、補正撮影画像 41 における、空間周波数 f_k の各々に対応する第 2 画像領域 S2 の画素毎の拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ から、画素毎の吸収係数 μ_a と等価散乱係数 μ'_s を算出する。

【0149】

これにより、測定部 12D は、測定対象領域 E の光学特性として、測定対象領域 E における、画素毎の吸収係数と等価散乱係数を測定する。

20

【0150】

本実施の形態では、測定部 12D は、非線形回帰により、画素毎の吸収係数 μ_a と等価散乱係数 μ'_s を算出する。

【0151】

図 9 は、ある画素における、空間周波数 f_k と拡散振幅反射率との関係を示す線図である。測定部 12D は、画素毎に、空間周波数 f_k に対応する、算出した拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ をプロットする。

【0152】

これらの測定点 (プロット) は、拡散方程式である式 (1) に従う。このため、測定部 12D は、式 (1) によって示される関数を用いて、非線形回帰により、吸収係数 μ_a と等価散乱係数 μ'_s とを算出する。

30

【0153】

そして、測定部 12D は、画素毎に算出した等価散乱係数 μ'_s を、対応する画素位置に配置することで、生体の測定対象領域 E の散乱係数を画素毎に規定した、散乱係数分布画像を生成する。

【0154】

また、測定部 12D は、画素毎に算出した吸収係数 μ_a を、対応する画素位置に配置することで、生体の測定対象領域 E の吸収係数を画素毎に規定した、吸収係数分布画像を生成する。

【0155】

図 8 に戻り、図 8 (C) は、吸収係数分布画像 44 の一例を示す図である。図 8 (B) は、散乱係数分布画像 46 の一例を示す図である。

40

【0156】

ここで、波長 660 nm の光は、生体に含まれるヘモグロビンによる吸収が多い。このため、図 8 (C) に示すように、吸収係数分布画像 44 には、生体の測定対象領域 E における皮膚の表面近くの静脈の経路が確認できる。

【0157】

以上のようにして、測定部 12D は、測定対象領域 E の散乱係数分布画像 46 および吸収係数分布画像 44 を取得する。すなわち、本実施の形態では、測定部 12D は、第 1 撮影画像 40 を補正した補正撮影画像 41 を用いて、測定対象領域 E の等価散乱係数および

50

吸収係数を算出（測定）する。

【0158】

また、測定部12Dは、測定対象領域Eの画素毎の等価散乱係数および吸収係数の各々を規定した、散乱係数分布画像46および吸収係数分布画像44を生成する。

【0159】

また、制御部12では、各測定タイミングにおいて、上記投影画像Pを反射部材52および測定対象領域Eへ投影し、第1撮影画像40を得る。そして制御部12では、上述したように、第1撮影画像40を補正した補正撮影画像41を生成し、補正撮影画像41を用いて、測定対象領域Eの光学特性を測定する。そして、制御部12では、光学特性の測定結果から、吸収係数分布画像44および散乱係数分布画像46を得る。

10

【0160】

制御部12では、この一連の工程を、各測定タイミングにおいて繰り返す。このため、制御部12では、測定タイミングごとに、複数の取得タイミングの各々に対応する、吸収係数分布画像44および散乱係数分布画像46を得ることとなる。

【0161】

このため、上述した“取得タイミング”とは、具体的には、第1投影領域P1と、空間周波数と位相を変えた構造化照明による第2投影領域P2と、を含む投影画像Pを、投影面53および測定対象領域Eへ投影し、反射部材52および測定対象領域Eの撮影により、第1画像領域S1と、空間周波数または位相の異なる第2画像領域S2と、を含む複数の第1撮影画像40を取得し、該複数の第1撮影画像40を補正して補正撮影画像41を取得し、この複数の補正撮影画像41から、1組の吸収係数分布画像44および散乱係数分布画像46を得る、といった一連の工程を、1つの「取得タイミング」としてとらえたものである。

20

【0162】

また、測定部12Dは、この一連の工程である取得タイミングの異なる、複数の組の、吸収係数分布画像44および散乱係数分布画像46を、1つの測定タイミングごとに取得する。

【0163】

図2に戻り、説明を続ける。推定部12Eは、測定部12Dで測定された、測定対象領域Eの光学特性に基づいて、生体における測定対象領域Eの生体成分を推定する。

30

【0164】

本実施の形態では、推定部12Eは、測定部12Dが取得した散乱係数分布画像46に基づいて、生体成分の変化量を推定する。本実施の形態では、推定部12Eは、血糖値の変化量を推定する。

【0165】

推定部12Eは、同じ測定ID（測定タイミング）に対応する、取得タイミングの異なる複数の散乱係数分布画像46の各々について、対応する散乱係数を算出する。推定部12Eは、複数の散乱係数分布画像46の各々について、各画素に規定された散乱係数の相加平均を算出することで、各散乱係数分布画像46の各々に対応する散乱係数を算出する。

40

【0166】

そして、推定部12Eは、同じ測定ID（測定タイミング）に対応する、複数の取得タイミングの各々で取得した散乱係数分布画像46について、基準とする他の散乱係数分布画像46に対応する散乱係数からの変化量を算出する。基準とする他の散乱係数分布画像46は、上述したように、例えば、前回の取得タイミングで取得した散乱係数分布画像46である。そして、推定部12Eは、算出した散乱係数の変化量に対応する血糖値の変化量を、第3情報34（図3（C）参照）から読取る。これにより、推定部12Eは、各取得タイミングに対応する、血糖値の変化量を推定する。

【0167】

なお、推定部12Eは、予め基準とする散乱係数を定めておいてもよい。そして、推定

50

部 1 2 E は、複数の取得タイミングの各々で取得した散乱係数分布画像 4 6 の各々に対応する散乱係数と、基準とする散乱係数と、の差の各々を、各々の取得タイミングに対応する散乱係数の変化量として算出してもよい。そして、推定部 1 2 E は、算出した散乱係数の変化量に対応する血糖値の変化量を、第 3 情報 3 4 (図 3 (C) 参照) から読取る。これにより、推定部 1 2 E は、各取得タイミングに対応する、血糖値の変化量を推定してもよい。

【 0 1 6 8 】

このように、本実施の形態の測定装置 1 0 は、散乱係数分布画像 4 6 に基づいて、生体成分の変化量を推定する。このため、穿刺による血液採取を繰り返し行う必要がなく、非侵襲で、且つ、散乱係数分布画像により精度良く生体成分の変化量を推定することができる。また、本実施の形態の測定装置 1 0 では、補正撮影画像 4 1 から生成された散乱係数分布画像 4 6 を用いて、生体成分の変化量を推定する。このため、本実施の形態の測定装置 1 0 では、高精度に生体成分の変化量を推定することができる。

10

【 0 1 6 9 】

また、複数の取得タイミングの内、少なくとも 1 回、穿刺による血液採取を行い、酵素を用いた公知の方法により血糖値を測定してもよい。この場合、推定部 1 2 E では、該取得タイミングに対応する血糖値を、記憶部 1 4 へ記憶する。そして、推定部 1 2 E は、血糖値の判明した取得タイミングの散乱係数分布画像 4 6 に対応する散乱係数と、他の散乱係数分布画像 4 6 に対応する散乱係数と、の変化量を算出する。そして、推定部 1 2 E は、血糖値の判明した取得タイミングの血糖値と、算出した変化量と、の合計値を、該変化量に対応する取得タイミングの血糖値として更に算出してもよい。これにより、推定部 1 2 E は、血糖値を、低侵襲で、且つ精度良く推定することができる。

20

【 0 1 7 0 】

ここで、吸収係数分布画像 4 4 は、散乱係数分布画像 4 6 に比べて、静脈などの血管のパターンを識別しやすい。一方、散乱係数分布画像 4 6 は、吸収係数分布画像 4 4 に比べて、筋や腱や靭帯のパターンを識別しやすい。

【 0 1 7 1 】

このため、測定対象領域 E によって、吸収係数分布画像 4 4 が、散乱係数分布画像 4 6 に比べて、生体構造のパターンを識別しやすい場合がある。

【 0 1 7 2 】

この場合、特定部 1 2 I は、まず、吸収係数分布画像 4 4 における生体構造の経路を示す領域を特定する。そして、該吸収係数分布画像 4 4 と同じ取得タイミングの散乱係数分布画像 4 6 上の同じ位置に、特定した領域をそのままあてはめる。そして、推定部 1 2 E は、該領域の画素値を用いて、生体成分を推定してもよい。

30

【 0 1 7 3 】

次に、表示制御部 1 2 N について説明する。表示制御部 1 2 N は、表示部 2 0 を制御する。例えば、表示制御部 1 2 N は、測定部 1 2 D による光学特性の測定結果や、推定部 1 2 E による生体成分の推定結果を、表示部 2 0 へ表示する。

【 0 1 7 4 】

また、表示制御部 1 2 N は、予め定めた第 1 時間帯に撮影された第 1 撮影画像 4 0 に基づいて推定された生体成分 (例えば、血糖値) の変化量が、予め定めた異常を示す変化量を示す場合に、異常を示す情報を表示するように、表示部 2 0 を制御してもよい。また、測定装置 1 0 に、音を発生する機構や、振動を発生する機構を設けた構成とし、制御部 1 2 は、生体成分の変化量が異常を示す場合に、異常を示す音や振動を発生するように制御してもよい。

40

【 0 1 7 5 】

この処理によって、医学的観点から注視すべき第 1 時間帯に、医学的観点から異常であるとみなす血糖値の変化量が推定されたときに、血糖値の変化量の推定結果が異常を示していることを、被験者に対して容易に示すことが可能となる。

【 0 1 7 6 】

50

次に、本実施の形態の測定装置 10 で実行する生体成分推定処理を説明する。

【0177】

図 10 は、本実施の形態の測定装置 10 で実行する生体成分推定処理の手順の一例を示すフローチャートである。測定装置 10 の制御部 12 では、1 人のユーザ ID によって識別されるユーザにおける、1 回の測定タイミング（測定 ID）ごとに、図 10 に示す手順を実行する。そして、測定 ID（測定タイミング）ごとに、測定 ID をカウントアップする。

【0178】

まず、測定部 12 D が、測定対象領域 E の光学特性を測定する（ステップ S 100）。ステップ S 100 の詳細は後述する。

10

【0179】

ステップ S 100 の処理によって、制御部 12 は、測定対象領域 E の散乱係数分布画像 46 および吸収係数分布画像 44 を取得する。

【0180】

次に、推定部 12 E が、ステップ S 100 で取得した散乱係数分布画像 46 および吸収係数分布画像 44 に基づいて、生体成分の変化量を推定する（ステップ S 102）。

【0181】

次に、推定部 12 E は、推定した生体成分の変化量を、現在の測定 ID および取得タイミングに対応づけて制御部 12 に記憶する（ステップ S 104）。そして、本ルーチンを終了する。

20

【0182】

次に、ステップ 100 の光学特性の測定処理を詳細に説明する。図 11 は、生体の測定対象領域 E の光学特性の測定処理の、手順の一例を示すフローチャートである。

【0183】

制御部 12 では、空間周波数毎に、ステップ S 200 ~ ステップ S 214 の処理を繰り返し実行する。また、制御部 12 では、各空間周波数において、位相毎に、ステップ S 200 ~ ステップ S 210 の処理を繰り返し実行する。

【0184】

まず、投影制御部 12 A が、第 1 投影領域 P 1 と、空間周波数 f_k および位相 a_m の第 2 投影領域 P 2 と、を含む投影画像 P の投影指示を投影部 26 へ出力する（ステップ S 200）。

30

【0185】

具体的には、投影制御部 12 A は、投影対象の第 1 投影領域 P 1 の画素値を示す第 1 投影指示と、投影対象の第 2 投影領域 P 2 の空間周波数 f_k と位相 a_m とを含む第 2 投影指示と、を含む投影指示を、投影部 26 へ送信する。投影指示を受付けた投影部 26 は、投影指示の第 1 投影指示に含まれる画素値を読取ることで、第 1 投影領域 P 1 を生成し、投影指示の第 2 投影指示に含まれる空間周波数 f_k および位相 a_m の構造化照明による第 2 投影領域 P 2 を生成し、投影画像 P を投影する。

【0186】

ステップ 200 の処理によって、反射部材 52 および生体の測定対象領域 E 上に、投影画像 P が投影される。

40

【0187】

次に、撮影制御部 12 B が、撮影指示を撮影部 28 へ送信する（ステップ S 202）。撮影部 28 は、投影画像 P の投影された、反射部材 52 および測定対象領域 E を撮影し、第 1 撮影画像 40 を取得する。撮影制御部 12 B は、撮影部 28 から第 1 撮影画像 40 を取得する（ステップ S 204）。

【0188】

次に、補正部 12 C が、ステップ S 204 で取得した第 1 撮影画像 40 における第 1 画像領域 S 1 の画素値と、基準平均画素値 $m_{ref, std}$ と、に基づいて、該第 1 撮影画像 40 における第 2 画像領域 S 2 の画素値を補正する（ステップ S 206）。これによ

50

て、補正撮影画像 4 1 が得られる。

【0189】

なお、図 1 1 に示す処理ルーチンでは、ステップ S 2 0 6 の補正処理時に用いる基準平均画素値 $m_{ref, std}$ は、校正用サンプルに対する後述する処理によって得られたものを用いる（詳細は、図 1 2 を用いて後述する）。補正部 1 2 C は、記憶部 1 4 から基準平均画素値 $m_{ref, std}$ を読取り、ステップ S 2 0 6 の補正に用いられればよい。

【0190】

次に、補正部 1 2 C は、補正撮影画像 4 1 について、ソフトビニングを実行する（ステップ S 2 0 8）。ステップ S 2 0 8 では、補正部 1 2 C は、ステップ S 2 0 6 で得られた補正撮影画像 4 1 を、複数のブロック（例えば、8 画素 × 8 画素のブロック）ごとに分類する。そして、各ブロック内の画素の画素値の平均値を、該ブロック内の各画素の画素値として用いる。

10

【0191】

ステップ S 2 0 8 の処理によって、補正撮影画像 4 1 に含まれるショットノイズの低減を図ることができる。例えば、CCD や CMOS などのイメージセンサ 2 8 A で取得した撮影画像には、画素毎のばらつきであるショットノイズが現れる。このノイズは、露光により生じた電化数 N とすると、 N で表せる。ステップ S 2 0 8 の処理によって、このようなばらつきを、複数の画素で平均化することで、低減することができる。

【0192】

次に、補正部 1 2 C は、ステップ S 2 0 8 で処理された補正撮影画像 4 1 を記憶部 1 4 へ記憶する（ステップ S 2 1 0）。このとき、補正部 1 2 C は、該補正撮影画像 4 1 に対応する投影画像 P に含まれる投影画像 P の、空間周波数 f_k および位相 a_m を示す情報を、補正撮影画像 4 1 に対応づけて記憶部 1 4 に記憶する。

20

【0193】

制御部 1 2 は、照射対象の投影画像 P における第 2 投影領域 P 2 の空間周波数 f_k について、位相 a_m ごとにステップ S 2 0 0 ~ ステップ S 2 1 0 の処理を行う。このため、記憶部 1 4 には、空間周波数ごとに、複数の位相の各々に対応する補正撮影画像 4 1 が記憶される。

【0194】

次に、測定部 1 2 D が、補正撮影画像 4 1 における第 2 画像領域 S 2 の画素値に基づいて、測定対象領域 E の光学特性を測定する。

30

【0195】

詳細には、測定部 1 2 D は、空間周波数 f_k における位相の異なる複数の補正撮影画像 4 1 を用いて、画素毎の拡散振幅強度 ($M_{ac}(r, f_k)$) を算出する（ステップ S 2 1 2）。

【0196】

なお、測定部 1 2 D は、後述する処理によって、校正用サンプルについてもステップ S 2 0 0 ~ ステップ S 2 1 4 と同様の処理を行い、校正用の、画素毎の拡散振幅強度 ($M_{ac, ref}(r, f_k)$) を算出する（図 1 2 で説明）。

【0197】

次に、測定部 1 2 D は、上記式 (7) を用いて、測定対象の空間周波数 f_k における、生体の測定対象領域 E における、画素毎の拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ を算出する（ステップ S 2 1 4）。

40

【0198】

制御部 1 2 では、ステップ S 2 0 0 ~ ステップ S 2 1 4 の処理を、空間周波数 f_k ごとに行う。これによって、制御部 1 2 では、複数の空間周波数 f_k ごとに、画素毎の拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ を得る。

【0199】

次に、測定部 1 2 D は、測定対象領域 E の光学特性（等価散乱係数、吸収係数）を測定する（ステップ S 2 1 6）。ステップ S 2 1 6 では、測定部 1 2 D は、上記ステップ S 2

50

00 ~ ステップ S 2 1 4 の処理によって、空間周波数 f_k ごとに求めた、画素毎の拡散振幅反射率 $R_d(r, f_k)$ から、画素毎の吸収係数 μ_a と等価散乱係数 μ'_s を算出する。これによって、測定部 1 2 D は、光学特性を測定する。

【0200】

そして、測定部 1 2 D は、吸収係数分布画像 4 4 および散乱係数分布画像 4 6 を生成する (ステップ S 2 1 8)。ステップ S 2 1 8 では、測定部 1 2 D は、ステップ S 2 1 6 で測定した、画素毎に算出した各画素の等価散乱係数 μ'_s を、対応する画素位置に配置することで、生体の測定対象領域 E の散乱係数を画素毎に規定した散乱係数分布画像 4 6 を生成する。

【0201】

また、測定部 1 2 D は、ステップ S 2 1 6 で画素毎に算出した各画素の吸収係数 μ_a を、対応する画素位置に配置することで、生体の測定対象領域 E の吸収係数を画素毎に規定した吸収係数分布画像 4 4 を生成する。

【0202】

ステップ S 2 1 8 の処理によって、測定部 1 2 D は、吸収係数分布画像 4 4 および散乱係数分布画像 4 6 を生成する。

【0203】

そして、測定部 1 2 D は、生成した吸収係数分布画像 4 4 および散乱係数分布画像 4 6 を、現在の測定 ID と、該吸収係数分布画像 4 4 および該散乱係数分布画像 4 6 の取得タイミングと、に対応づけて、記憶部 1 4 に記憶する (ステップ S 2 2 0)。そして、本ルーチンを終了する。

【0204】

次に、校正用サンプルの光学特性の測定処理を説明する。制御部 1 2 は、図 1 0 のステップ S 1 0 0 の、生体の、測定対象領域 E の光学特性の測定処理の実行前に、校正用サンプルの光学特性の測定処理を実行する。

【0205】

図 1 2 は、校正用サンプルの、光学特性の測定処理の手順の一例を示すフローチャートである。なお、図 1 2 の処理は、測定タイミングごとに実行する必要はなく、一定時間ごと、予め定めた回数、光学特性を測定すること、または、特定の条件を満たしたときのみ、実行すればよい。

【0206】

制御部 1 2 では、空間周波数毎に、ステップ S 3 0 0 ~ ステップ S 3 2 2 の処理を繰り返し実行する。また、制御部 1 2 では、各空間周波数において、位相毎に、ステップ S 3 0 0 ~ ステップ S 3 1 6 の処理を繰り返し実行する。

【0207】

まず、投影制御部 1 2 A が、第 1 投影領域 P 1 と、空間周波数 f_k および位相 a_m の第 2 投影領域 P 2 と、を含む投影画像 P の、校正用サンプルへの投影指示を投影部 2 6 へ出力する (ステップ S 3 0 0)。

【0208】

次に、撮影制御部 1 2 B が、撮影指示を撮影部 2 8 へ送信する (ステップ S 3 0 2)。撮影部 2 8 は、投影画像 P の投影された、反射部材 5 2 および校正用サンプルを撮影し、校正用の第 1 撮影画像 4 0 を取得する。撮影制御部 1 2 B は、撮影部 2 8 から校正用の第 1 撮影画像 4 0 を取得する (ステップ S 3 0 4)。

【0209】

ステップ S 3 0 0 ~ ステップ S 3 0 4 の処理は、生体に代えて校正用サンプルを用いた以外は、図 1 1 に示すステップ S 2 0 0 ~ ステップ S 2 0 4 の処理と同様である。

【0210】

次に、補正部 1 2 C が、基準平均画素値 $m_{ref, std}$ を算出済であるか否かを判断する (ステップ S 3 0 6)。例えば、補正部 1 2 C は、基準平均画素値 $m_{ref, std}$ が記憶部 1 4 に記憶されているか否かを判別することで、ステップ S 3 0 6 の処理を行う

10

20

30

40

50

。

【0211】

ステップS306で肯定判断すると(ステップS306:Yes)、ステップS312へ進む。ステップS306で否定判断すると(ステップS306:No)、ステップS308へ進む。

【0212】

ステップS308では、補正部12Cが、基準平均画素値 $m_{ref, std}$ を算出する(ステップS308)。補正部12Cは、ステップS304で取得された、校正用の第1撮影画像40における、反射部材52の撮影領域である第1画像領域S1の画素の画素値の平均値を、基準平均画素値 $m_{ref, std}$ として算出する。次に、補正部12Cは、算出した基準平均画素値 $m_{ref, std}$ を、記憶部14に記憶する(ステップS310)。そして、ステップS312へ進む。

10

【0213】

ステップS312では、補正部12Cが、ステップS304で取得した校正用の第1撮影画像40における第1画像領域S1の画素値と、記憶部14に記憶されている基準平均画素値 $m_{ref, std}$ と、を用いて、該第1撮影画像40における第2画像領域S2の画素値を補正する(ステップS312)。これによって、校正用の補正撮影画像41が得られる。画素値の補正方法は、生体の第1撮影画像40に代えて、校正用の第1撮影画像40を用いる以外は、図11のステップS206と同様である。

【0214】

次に、補正部12Cは、校正用の補正撮影画像41について、ソフトビニングを実行する(ステップS314)。ステップS314の処理は、ステップS208(図11参照)と同様である。

20

【0215】

次に、補正部12Cは、ステップS314で処理された、校正用の補正撮影画像41を記憶部14へ記憶する(ステップS316)。このとき、補正部12Cは、該補正撮影画像41に対応する投影画像Pに含まれる投影画像Pの、空間周波数 f_k および位相 a_m を示す情報を、補正撮影画像41に対応づけて記憶部14に記憶する。

【0216】

制御部12は、空間周波数 f_k における、各位相 a_m ごとにステップS300～ステップS316の処理を行う。このため、記憶部14には、空間周波数 f_k ごとに、複数の位相 a_m の各々に対応する、校正用の補正撮影画像41が記憶される。

30

【0217】

次に、測定部12Dが、校正用の補正撮影画像41における第2画像領域S2の画素値に基づいて、校正用の、画素毎の拡散振幅強度($M_{ac, ref}(r, f_k)$)を算出する(ステップS318)。次に、測定部12Dは、測定対象の空間周波数 f_k における、校正用サンプルの、拡散振幅反射率 $R_{d, ref}(f_k)$ を算出する(ステップS320)。

【0218】

ステップS318の処理は、生体の補正撮影画像41に代えて、校正用の補正撮影画像41を用いる以外は、図11のステップS212およびステップS214と同様である。

40

【0219】

そして、制御部12は、算出した、校正用の、画素毎の拡散振幅強度 $M_{ac, ref}(r, f_k)$ と拡散振幅反射率 $R_{d, ref}(f_k)$ を、対応する空間周波数 f_k を示す情報に対応づけて、記憶部14に記憶する(ステップS322)。

【0220】

制御部12では、ステップS300～ステップS322の処理を、空間周波数 f_k ごとに行う。これによって、制御部12では、校正用サンプルについて、複数の空間周波数 f_k ごとに、校正用の、画素毎の拡散振幅強度 $M_{ac, ref}(r, f_k)$ と拡散振幅反射率 $R_{d, ref}(f_k)$ を得る。この、校正用の、画素毎の拡散振幅強度 $M_{ac, ref}$

50

(r, f_k)と拡散振幅反射率 $R_{d,ref}(f_k)$ は、上記図11を用いて説明した、測定対象領域Eの光学特性の測定処理時(図11のステップS216参照)に用いられる。そして、本ルーチンを終了する。

【0221】

以上説明したように、本実施の形態の測定装置10は、反射部材52と、投影制御部12Aと、撮影制御部12Bと、補正部12Cと、測定部12Dと、を備える。反射部材52は、測定対象領域E上に配置されている。投影制御部12Aは、投影画像Pを、反射部材52および測定対象領域Eに投影するように投影部26を制御する。撮影制御部12Bは、投影画像Pの投影された反射部材52および測定対象領域Eを撮影することによって、第1撮影画像40を取得するように撮影部28を制御する。第1撮影画像40は、反射部材52の第1画像領域S1と、測定対象領域Eの第2画像領域S2と、を含む。補正部12Cは、第1撮影画像40における、第1画像領域S1の画素値に基づいて、第2画像領域S2の画素値を補正する。測定部12Dは、補正後の第2画像領域S2の画素値に基づいて、測定対象領域Eの光学特性を測定する。

10

【0222】

このように、本実施の形態の測定装置10では、第1撮影画像40における、第1画像領域S1の画素値に基づいて、第2画像領域S2の画素値を補正する。第1画像領域S1は、投影画像Pの投影された反射部材52を撮影した領域である。第2画像領域S2は、投影画像Pの投影された測定対象領域Eを撮影した領域である。第1画像領域S1の画素値に基づいて、第2画像領域S2の画素値を補正することによって、撮影部28で得られた第1撮影画像における、環境温度や電源投入からの経過時間などによって生じる画素値の変動を補正することができる。そして、測定装置10では、補正後の第2画像領域S2の画素値に基づいて、測定対象領域Eの光学特性を測定する。

20

【0223】

従って、本実施の形態の測定装置10では、精度良く測定対象領域Eの光学特性を測定することができる。

【0224】

図13は、光学特性の測定結果の一例を示す図である。詳細には、図13では、測定対象の物体として、イントラリピッド濃度10%懸濁液を用いた。そして、図13は、本実施の形態の測定装置10を用いて、上記混濁液の等価散乱係数を5回測定した場合の、測定結果を示すヒストグラムである。図13(A)は、上記混濁液に対して連続して撮影した5枚の第1撮影画像40を用いて等価散乱係数を測定した場合の、5回分の測定結果を示すヒストグラムである。図13(B)は、上記混濁液に対して連続して撮影した5枚の第1撮影画像40の各々を補正部12Cによって補正し、補正撮影画像41の各々を用いて等価散乱係数を測定した場合の、5回分の測定結果を示すヒストグラムである。

30

【0225】

図13(A)に示すように、本実施の形態の補正部12Cによる補正を行わなかった場合、測定した等価散乱係数の平均値は 9.7106 mm^{-1} であり、標準偏差は 0.056 mm^{-1} であり、変動係数は0.58%であった。非特許文献3によれば、この値は、血糖値に換算すると、 17.5 mg/dl となる。

40

【0226】

一方、図13(B)に示すように、本実施の形態の補正部12Cによる補正を行った場合、測定した等価散乱係数の標準偏差は 0.016 mm^{-1} であり、変動係数は0.16%であった。この値は、血糖値に換算すると、 4.8 mg/dl である。

【0227】

図13に示すように、本実施の形態の測定装置10によれば、光学特性の測定精度の向上を図ることができたといえる。また、本実施の形態の測定装置10によれば、生体成分の測定精度の向上も図ることができた。

【0228】

<変形例1>

50

なお、上記実施の形態では、反射部材 5 2 は、測定対象領域 E に沿った平面状（板状またはシート状）の形状であるものとして説明した。また、反射部材 5 2 は、第 1 撮影画像 4 0 における一部の領域を占める領域に相当する場合を説明した。

【0229】

しかし、反射部材 5 2 の形状は、上記形状に限定されない。図 1 4 および図 1 5 は、他の形状の反射部材 5 2 の一例を示す説明図である。

【0230】

図 1 4 (A) に示すように、反射部材 5 2 は、四角形の形状であり、且つ、中央部分に四角形の形状の孔を有する環状形状の反射部材 5 2 A であってもよい。この場合、投影制御部 1 2 A は、反射部材 5 2 A の中央の孔部分に第 2 投影領域 P 2 が位置し、反射部材 5 2 A に第 1 投影領域 P 1 が位置する投影画像 P A を、投影画像 P として投影すればよい（図 1 4 (B) 参照）。

10

【0231】

このため、反射部材 5 2 A 上に投影画像 P A が投影されることで、図 1 4 (C) に示すように、反射部材 5 2 A の中央の孔部分に第 2 投影領域 P 2 が投影され、反射部材 5 2 A 上に第 1 投影領域 P 1 が投影されることとなる。このように、測定対象領域 E を囲むように、反射部材 5 2 A を投影する形態であってもよい。

【0232】

また、図 1 4 (D) に示すように、反射部材 5 2 は、格子上の形状の反射部材 5 2 B であってもよい。この場合、投影制御部 1 2 A は、反射部材 5 2 B の孔部分に第 2 投影領域 P 2 が位置し、反射部材 5 2 B に第 1 投影領域 P 1 が位置する投影画像 P B を、投影画像 P として投影すればよい（図 1 4 (E) 参照）。このため、反射部材 5 2 B 上に投影画像 P B が投影されることで、図 1 4 (F) に示すように、反射部材 5 2 B の孔部分に第 2 投影領域 P 2 が投影され、反射部材 5 2 B 上に第 1 投影領域 P 1 が投影されることとなる。

20

【0233】

また、図 1 5 に示すように、反射部材 5 2 は、円形状の反射部材 5 2 C であってもよい。図 1 5 に示す例では、反射部材 5 2 C は、円形状であり、且つ、中央部分に円形状の孔を有する環状形状である。この場合、投影制御部 1 2 A は、反射部材 5 2 C の孔部分に第 2 投影領域 P 2 が位置し、反射部材 5 2 C に第 1 投影領域 P 1 が位置する投影画像 P C を、投影画像 P として投影すればよい（図 1 5 (B) 参照）。

30

【0234】

このため、反射部材 5 2 C 上に投影画像 P C が投影されることで、図 1 5 (C) に示すように、反射部材 5 2 C の孔部分に第 2 投影領域 P 2 が投影され、反射部材 5 2 C 上に第 1 投影領域 P 1 が投影されることとなる。すなわち、複数の測定対象領域 E の各々を囲むように、反射部材 5 2 C を投影する形態であってもよい。

【0235】

このように、測定対象領域 E を囲むように反射部材 5 2（反射部材 5 2 A、5 2 B）を配置することで、光源 2 6 A の発光分布が変動し、強度むらが時間で変動する場合であっても、このような変動を推定することが可能となる。このため、上記実施の形態に加えて、更に、精度良く光学特性を測定することが可能となる。

40

【0236】

なお、反射部材 5 2 における投影面 5 3 に、検出マークを設けた構成であってもよい。検出マークは、撮影部 2 8 によって撮影された第 1 撮影画像 4 0 における、第 1 画像領域 S 1 および第 2 画像領域 S 2 の各々の位置の判別に用いられる。このため、検出マークは、撮影された第 1 撮影画像 4 0 に含まれる検出マークを、制御部 1 2 で認識可能なものであればよい。

【0237】

図 1 6 は、検出マーク M の設けられた反射部材 5 2 D の一例の説明図である。図 1 6 (A) に示すように、例えば、反射部材 5 2 は、反射部材 5 2 D に検出マーク M を備える。図 1 6 (A) に示す例では、反射部材 5 2 D の投影面 5 3 には、検出マーク M 1 ~ 検出マ

50

ークM3の3つの検出マークMが設けられている。なお、反射部材52Dに設けられる検出マークMの数は、3つに限定されない。例えば、反射部材52Dに設けられる検出マークMの数は、1つであってもよい。

【0238】

この場合、投影制御部12Aは、例えば、反射部材52Dの中央の孔部分に第2投影領域P2が位置し、反射部材52Dに第1投影領域P1が位置する投影画像PCを、投影画像Pとして投影すればよい(図16(B)参照)。このため、反射部材52D上に投影画像PCが投影されることで、図16(C)に示すように、反射部材52Dの孔部分に第2投影領域P2が投影され、反射部材52D上に第1投影領域P1が投影されることとなる。

10

【0239】

そして、撮影部28は、反射部材52Dおよび測定対象領域Eを撮影することで、第1撮影画像40を得ればよい。

【0240】

なお、反射部材52に検出マークMが設けられている場合、測定部12Dは、以下の処理を行うことが好ましい。具体的には、測定部12Dは、第1撮影画像40における検出マークMの相対位置から、第1撮影画像40における第1画像領域S1および第2画像領域S2の各々を特定し、第1画像領域S1の画素値に基づいて、上記実施の形態と同様にして、第2画像領域S2の画素値を補正することが好ましい。

【0241】

このように、検出マークMを用いて第1画像領域S1および第2画像領域S2の各々を特定することで、上記実施の形態の効果に加えて、更に精度良く、測定対象領域Eの光学特性を測定することができる。

20

【0242】

<変形例2>

なお、上記実施の形態では、補正部12Cは、第1撮影画像40における、第1画像領域S1の画素値の平均値を用いて、該第1撮影画像40における第2画像領域S2の画素値を補正する形態を説明した。

【0243】

しかし、補正部12Cは、第1画像領域S1の画素の画素値の平均値を用いて補正を行う形態に限定されない。

30

【0244】

例えば、補正部12Cは、第1撮影画像40における、第1画像領域S1の画素位置ごとの画素値に基づいて、第2画像領域S2における画素値の変動分布を推定してもよい。そして、補正部12Cは、該変動分布を用いて、第2画像領域S2の画素ごとの補正值を算出する。そして、補正部12Cは、この第2画像領域S2の画素毎の補正值を用いて、第2画像領域S2における画素の各々の画素値を補正してもよい。

【0245】

詳細には、補正部12Cは、第1画像領域S1の画素位置毎の画素値の、該第1画像領域S1に対応する第1投影領域P1の同じ画素位置の画素値との差(変動値と称する)を算出する。そして、補正部12Cは、第1画像領域S1の画素位置ごとに、算出した、対応する上記変動値を配置することで、第1画像領域S1における画素値の変動分布を得る。

40

【0246】

さらに、補正部12Cは、第1画像領域S1における画素値の変動分布を、第2画像領域S2にあてはめることで、第2画像領域S2における画素値の変動分布を推定する。すなわち、補正部12Cは、第2画像領域S2の各画素位置の画素の各々に、変動値をあてはめることで、第2画像領域S2における画素値の変動分布を推定する。

【0247】

そして、補正部12Cは、第2画像領域S2の各画素の画素値の各々に、第2画像領域

50

S 2 の各画素位置に対応する変動値を加算または減算した値を、各画素位置の画素の補正後の画素値として用いる。これによって、補正部 1 2 C は、第 2 画像領域 S 2 の画素値を補正する。

【 0 2 4 8 】

このように、補正部 1 2 C は、第 1 撮影画像 4 0 における第 1 画像領域 S 1 の画素値から推定した、第 2 画像領域 S 2 の画素値の変動分布を用いて、第 2 画像領域 S 2 の画素値を補正してもよい。このような補正を行うことで、第 1 撮影画像 4 0 が撮影環境に応じた特有のグラデーションを示す場合などであっても、精度良く第 1 撮影画像 4 0 を補正することができる。

【 0 2 4 9 】

(第 2 の実施の形態)

上記実施の形態では、反射部材 5 2 は、測定装置 1 0 の筐体に設けられている場合を一例として説明した。本実施の形態では、反射部材 5 2 が、測定装置 1 0 の筐体とは別体として構成され、測定対象の生体に貼り付けて使用する形態を説明する。

【 0 2 5 0 】

また、本実施の形態では、投影部 2 6 による投影時と撮影部 2 8 による撮影時に、ピントの調整を行う形態を説明する。

【 0 2 5 1 】

図 1 7 は、本実施の形態の測定装置 1 0 A の概略構成図の一例である。

【 0 2 5 2 】

測定装置 1 0 A は、制御部 1 3 と、投影部 2 7 と、撮影部 2 9 と、ビームスプリッタ 5 0 と、反射部材 5 2 と、を備える。制御部 1 3 と、投影部 2 7 および撮影部 2 9 と、は、互いにデータや信号を授受可能に接続されている。

【 0 2 5 3 】

投影部 2 7 は、反射部材 5 2 および測定対象領域 E へ光を投影する。例えば、投影部 2 7 は、光源 2 6 A と、レンズ 2 6 B と、S L M 2 6 C と、レンズ 2 6 D と、フォーカス機構 2 7 E と、を含む。投影部 2 7 は、フォーカス機構 2 7 E を更に備えた以外は、第 1 の実施の形態における測定装置 1 0 の投影部 2 6 と同様である。

【 0 2 5 4 】

フォーカス機構 2 7 E は、投影部 2 7 のフォーカスを調整するフォーカス機構である。

【 0 2 5 5 】

撮影部 2 9 は、反射部材 5 2 および測定対象領域 E で散乱および反射した光による、第 1 撮影画像 4 0 を取得する。撮影部 2 9 は、イメージセンサ 2 8 A と、レンズ 2 8 B と、フォーカス機構 2 9 C と、を備える。撮影部 2 9 は、フォーカス機構 2 9 C を更に備えた以外は、第 1 の実施の形態における測定装置 1 0 の撮影部 2 8 と同様である。

【 0 2 5 6 】

フォーカス機構 2 9 C は、撮影部 2 9 のフォーカスを調整するフォーカス機構である。

【 0 2 5 7 】

本実施の形態では、反射部材 5 2 は、測定対象領域 E に接触配置されている。図 1 8 は、測定時の反射部材 5 2 の配置の一例を示す模式図である。図 1 8 に示すように、本実施の形態では、反射部材 5 2 は、生体の皮膚 (測定対象領域 E) 上に貼り付けられて使用される。

【 0 2 5 8 】

次に、測定装置 1 0 A の機能的構成を説明する。図 1 9 は、測定装置 1 0 A の機能的構成の一例を示すブロック図である。

【 0 2 5 9 】

測定装置 1 0 A は、制御部 1 3 と、記憶部 1 4 と、U I 部 1 6 と、投影部 2 7 と、撮影部 2 9 と、を備える。記憶部 1 4 、U I 部 1 6 、投影部 2 7 、および撮影部 2 9 と、制御部 1 3 と、は、データおよび信号を授受可能に接続されている。記憶部 1 4 、U I 部 1 6 、入力部 1 8 、および表示部 2 0 は、第 1 の実施の形態の測定装置 1 0 と同様である。

10

20

30

40

50

【0260】

制御部13は、測定装置10Aを制御する。制御部13は、投影制御部13Aと、算出部13Bと、ピント調整部13Cと、撮影制御部13Dと、補正部12Cと、測定部12Dと、推定部12Eと、記憶制御部12Kと、受付部12Mと、表示制御部12Nと、を有する。

【0261】

投影制御部13A、算出部13B、ピント調整部13C、撮影制御部13D、補正部12C、測定部12D、推定部12E、記憶制御部12K、受付部12M、表示制御部12Nの一部またはすべては、例えば、CPUなどの処理装置にプログラムを実行させること、すなわち、ソフトウェアにより実現してもよいし、ICなどのハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェアおよびハードウェアを併用して実現してもよい。

10

【0262】

なお、本実施の形態の制御部13は、投影制御部12Aおよび撮影制御部12Bに代えて、投影制御部13Aおよび撮影制御部13Dの各々を備え、算出部13Bおよびピント調整部13Cを更に備えた以外は、第1の実施の形態の測定装置10における制御部12と同様である。

【0263】

投影制御部13Aは、投影制御部12Aと同様に、投影画像Pを反射部材52および測定対象領域Eに投影するように、投影部26を制御する。この点は、第1の実施の形態と同様である。

20

【0264】

本実施の形態では、投影制御部13Aは、調整用投影画像を反射部材52および測定対象領域Eに投影するように、投影部26を制御する。図20は、調整用投影画像Qの投影の説明図である。図20(A)は、調整用投影画像Qの一例を示す模式図である。

【0265】

調整用投影画像Qは、ピント調整時に用いる投影画像である。調整用投影画像Qは、濃度が互いに異なる複数の領域を含む。言い換えると、調整用投影画像Qは、互いに画素値が異なり、且つ、画素値の差が閾値以上の複数の領域を含む画像である。画素値の差の閾値は、後述するピント調整時に調整しやすい値であればよい。

【0266】

投影制御部13Aは、調整用投影画像Qを反射部材52および測定対象領域Eに投影するように投影部26を制御する。このため、反射部材52および測定対象領域Eには、調整用投影画像Qが投影される。

30

【0267】

撮影制御部13Dは、撮影部29を制御する。撮影制御部13Dは、第1の実施の形態の撮影制御部12Bと同様に、投影画像Pの投影された、反射部材52および測定対象領域Eを撮影するように、撮影部29を制御する。撮影制御部13Dの制御によって撮影部29は、投影画像Pの投影された反射部材52および測定対象領域Eを撮影し、第1撮影画像40を得る。

【0268】

また、本実施の形態では、撮影制御部13Dは、調整用投影画像Qの投影された、反射部材52および測定対象領域Eを撮影するように撮影部29を制御する。撮影制御部13Dの制御によって、撮影部29は、調整用投影画像Qの投影された反射部材52および測定対象領域Eを撮影し、第2撮影画像を得る。

40

【0269】

図20(B)は、第2撮影画像70の一例を示す模式図である。第2撮影画像70は、調整用投影画像Qの投影された反射部材52の撮影画像である第3画像領域S3と、調整用投影画像Qの投影された測定対象領域Eの撮影画像である第4画像領域S4と、を含む。

【0270】

50

算出部 13B は、第 2 撮影画像 70 における第 3 画像領域 S3 の画素値に基づいて、投影部 27 および撮影部 29 の少なくとも一方のフォーカスずれ量を算出する。算出部 13B は、第 2 撮影画像 70 における第 3 画像領域 S3 の、画素値の高い領域と画素値の低い領域とを用いて、公知の方法により、投影部 27 および撮影部 29 の少なくとも一方のフォーカスずれ量を算出すればよい。

【0271】

ピント調整部 13C は、算出部 13B で算出したフォーカスずれ量に基づいて、投影部 27 および撮影部 29 の少なくとも一方のピントを調整する。具体的には、ピント調整部 13C は、算出部 13B で算出したフォーカスずれ量が相殺されるように、投影部 27 のフォーカス機構 27E と、撮影部 29 のフォーカス機構 29C と、の少なくとも一方を制御する。

10

【0272】

具体的には、ピント調整部 13C は、第 2 撮影画像 70 の第 3 画像領域 S3 における、濃度の異なる複数の領域間のコントラストが最大となるように、投影部 27 のフォーカス機構 27E と、撮影部 29 のフォーカス機構 29C と、の少なくとも一方を制御する。このため、制御部 13 では、上記コントラストが最大となるように、投影制御部 13A による調整用投影画像 Q の投影、算出部 13B による算出、およびピント調整部 13C によるピント調整を繰り返し実行することが好ましい。

【0273】

ピント調整部 13C によって、投影部 27 から投影される調整用投影画像 Q および投影画像 P の焦点、および、撮影部 29 による撮影時の焦点が、反射部材 52 および測定対象領域 E の位置に一致するように調整される。

20

【0274】

図 21 は、本実施の形態の測定装置 10A で実行する処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【0275】

まず、投影制御部 13A が、調整用投影画像 Q の投影指示を投影部 27 へ出力する（ステップ S500）。調整用投影画像 Q の投影指示を受付けた投影部 27 は、調整用投影画像 Q を反射部材 52 および測定対象領域 E へ投影する。

【0276】

30

次に、撮影制御部 13D が、撮影部 29 へ撮影指示を出力する（ステップ S502）。ステップ S502 の制御によって、撮影部 29 は、調整用投影画像 Q の投影された、反射部材 52 および測定対象領域 E を撮影し、第 2 撮影画像 70 を取得する。これによって、補正部 12C は、第 2 撮影画像 70 を取得する（ステップ S504）。

【0277】

次に、算出部 13B が、ステップ S504 で取得した第 2 撮影画像 70 における第 3 画像領域 S3 の画素値から、フォーカスずれ量を算出する（ステップ S506）。次に、ピント調整部 13C が、ステップ S506 で算出されたフォーカスずれ量を用いて、投影部 27 および撮影部 29 のピント調整を行う（ステップ S508）。

【0278】

40

ステップ S500 ~ ステップ S508 の処理によって、投影部 27 および撮影部 29 の少なくとも一方のピントが調整された（ピントが合う）状態となる。

【0279】

次に、制御部 13 では、第 1 の実施の形態の制御部 12 と同様に、測定処理を実行する（ステップ S510）。ステップ S510 の処理は、図 10 のステップ S100 ~ ステップ S104 と同様である。

【0280】

以上説明したように、本実施の形態の測定装置 10A では、投影制御部 13A が、調整用投影画像 Q を投影するように投影部 27 を制御する。撮影制御部 13D は、調整用投影画像 Q の投影された投影面 53 および測定対象領域 E を撮影することによって、第 2 撮影

50

画像 70 を取得するように撮影部 29 を制御する。そして、算出部 13 B は、第 2 撮影画像 70 における第 3 画像領域 S3 の画素値に基づいて、投影部 27 および撮影部 29 の少なくとも一方のフォーカスずれ量を算出する。ピント調整部 13 C は、フォーカスずれ量に基づいて、投影部 27 および撮影部 29 の少なくとも一方のピントを調整する。

【0281】

反射部材 52 が測定装置 10 A の筐体によって支持されておらず、該筐体とは別体として構成されている場合、投影部 27 および撮影部 29 と、反射部材 52 と、の距離は一定ではない。このため、投影部 27 による投影画像 P の投影時、および撮影部 29 による第 1 撮影画像 40 の撮影時に、ピントのずれた投影画像 P が投影、または、ピントのずれた第 1 撮影画像 40 が得られる場合がある。

10

【0282】

一方、本実施の形態では、測定装置 10 A は、投影制御部 13 A と、算出部 13 B と、ピント調整部 13 C と、を備える。このため、測定装置 10 A では、ピントの調整された投影画像 P を反射部材 52 および測定対象領域 E へ投影することができる。また、測定装置 10 A は、ピントの合った第 1 撮影画像 40 を得ることができる。

【0283】

従って、本実施の形態の測定装置 10 A では、第 1 の実施の形態の効果に加えて、更に、精度良く測定対象領域 E の光学特性を測定することができる。

【0284】

また、反射部材 52 を測定装置 10 の筐体とは別体として構成し、測定対象領域 E に接触配置する構成とすることで、測定装置 10 の使い勝手の向上を図ることもできる。

20

【0285】

<変形例 3>

なお、第 2 の実施の形態では、撮影部 29 のフォーカスを調整するためのフォーカス機構 29 C と、投影部 27 のフォーカスを調整するためのフォーカス機構 27 E と、を別体として構成した例を示した。しかし、これらのフォーカス機構 29 C およびフォーカス機構 27 E を、一体的に構成してもよい。

【0286】

図 22 は、撮影部 29 と投影部 27 のフォーカス機構を一つにまとめた測定装置 10 B の一例を示す模式図である。

30

【0287】

測定装置 10 B は、制御部 13 と、投影部 33 と、撮影部 31 と、反射部材 52 と、を備える。制御部 13 と、投影部 33 および撮影部 31 と、は、互いにデータや信号を授受可能に接続されている。反射部材 52 は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0288】

投影部 33 は、測定対象領域 E へ向かって光を投影する。投影部 33 は、例えば、プロジェクタである。

【0289】

例えば、投影部 33 は、光源 26 A と、レンズ 26 B と、SLM 26 C と、を含む。投影部 27 は、レンズ 26 D を備えない以外は、第 1 の実施の形態における測定装置 10 の投影部 26 と同様である。

40

【0290】

撮影部 31 は、反射部材 52 および測定対象領域 E で散乱および反射した光による、第 1 撮影画像 40 を取得する。撮影部 31 は、イメージセンサ 28 A と、ビームスプリッタ 50 と、レンズ 31 D と、フォーカス機構 31 C と、を備える。イメージセンサ 28 A およびビームスプリッタ 50 は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0291】

レンズ 31 D は、投影部 33 から出射し、ビームスプリッタ 50 で反射された光を、反射部材 52 および測定対象領域 E へ導くレンズである。また、レンズ 31 D は、測定対象領域 E および反射部材 52 で反射および散乱した光を、ビームスプリッタ 50 を介してイ

50

メージセンサ 28 A へ導くレンズである。

【0292】

フォーカス機構 31 C は、撮影部 31 および投影部 33 のフォーカスを調整するフォーカス機構である。

【0293】

このように、測定装置 10 B を、制御部 13 および投影部 33 のフォーカスを調整するフォーカス機構 31 C を備えた構成としてもよい。この場合、制御部 13 のピント調整部 13 C (図 19 参照) は、フォーカス機構 31 C を調整することで、撮影部 31 および投影部 33 のピントを調整すればよい。

【0294】

このように、フォーカス機構 29 C およびフォーカス機構 27 E を、一体的に構成したフォーカス機構 31 C とすることで、駆動機構を 1 つにすることができ、装置の小型化およびコストの低減を図ることができる。なお、本変形例における測定装置 10 B では、S L M 26 C とイメージセンサ 28 A との相対位置は、測定装置 10 B の製造時に調整し、予め固定しておけばよい。

【0295】

次に、上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B のハードウェア構成について説明する。図 23 は、上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【0296】

上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B は、表示部 60、I / F (インターフェース) 部 61、撮影部 62、入力部 63、CPU (Central Processing Unit) 65、ROM (Read Only Memory) 66、RAM (Random Access Memory) 67、HDD (ハードディスクドライブ) 68、および投影部 69、などがバス 71 により相互に接続されており、通常のコンピュータを利用したハードウェア構成となっている。

【0297】

CPU 65 は、測定装置 10、10 A、10 B の全体の処理を制御する演算装置である。RAM 67 は、CPU 65 による各種処理に必要なデータを記憶する。ROM 66 は、CPU 65 による各種処理を実現するプログラム等を記憶する。HDD 68 は、上述した記憶部 14 に相当する。I / F 部 61 は、外部装置や外部端末に通信回線等を介して接続し、接続した外部装置や外部端末との間でデータを送受信するためのインターフェースである。表示部 60、撮影部 62、入力部 63、および投影部 69 は、表示部 20、撮影部 28、29、31、入力部 18、投影部 26、27、33 の各々に相当する。

【0298】

上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B で実行される上記各種処理を実行するためのプログラムは、ROM 66 等に予め組み込んで提供される。

【0299】

なお、上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B で実行されるプログラムは、これらの装置にインストール可能な形式又は実行可能な形式のファイルで CD-ROM、フレキシブルディスク (FD)、CD-R、DVD (Digital Versatile Disk) 等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録されて提供するように構成してもよい。

【0300】

また、上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B で実行されるプログラムを、インターネット等のネットワークに接続されたコンピュータ上に格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせることにより提供するように構成してもよい。また、上記実施の形態および変形例の測定装置 10、10 A、10 B における上記各処理を実行するためのプログラムを、インターネット等のネットワーク経由で提供または配布するように構成してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 3 0 1 】

上記実施の形態および変形例の測定装置 1 0、1 0 A、1 0 B で実行される上記各種処理を実行するためのプログラムは、上述した各部が主記憶装置上に生成されるようになっている。

【 0 3 0 2 】

なお、上記 H D D 6 8 に格納されている各種情報、すなわち記憶部 1 4 に格納されている各種情報は、外部装置（例えばサーバ）に格納してもよい。この場合には、該外部装置と C P U 6 5 とを、ネットワーク等を介して接続した構成とすればよい。

【 0 3 0 3 】

なお、上記には、本実施の形態および変形例を説明したが、上記実施の形態および変形例は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。上記新規な実施の形態および変形例は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。上記実施の形態やその変形例は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

10

【 符号の説明 】

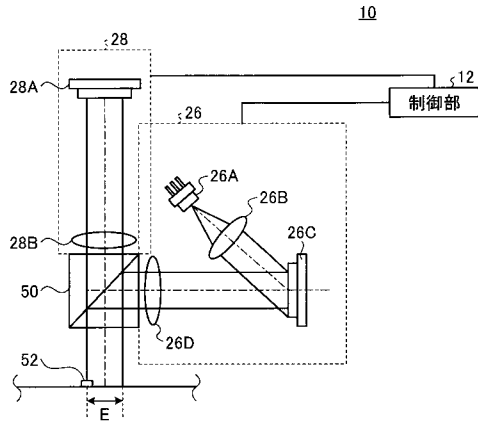
【 0 3 0 4 】

1 0、1 0 A、1 0 B 測定装置
 1 2 A、1 3 A 投影制御部
 1 2 B、1 3 D 撮影制御部
 1 2 C 補正部
 1 2 D 測定部
 1 2 E 推定部
 1 3 B 算出部
 1 3 C ピント調整部
 2 6、2 7、3 3 投影部
 2 8、2 9、3 1 撮影部
 4 0 第 1 撮影画像
 5 2 反射部材
 5 3 投影面
 P 投影画像
 P 1 第 1 投影領域
 P 2 第 2 投影領域
 S 1 第 1 画像領域
 S 2 第 2 画像領域

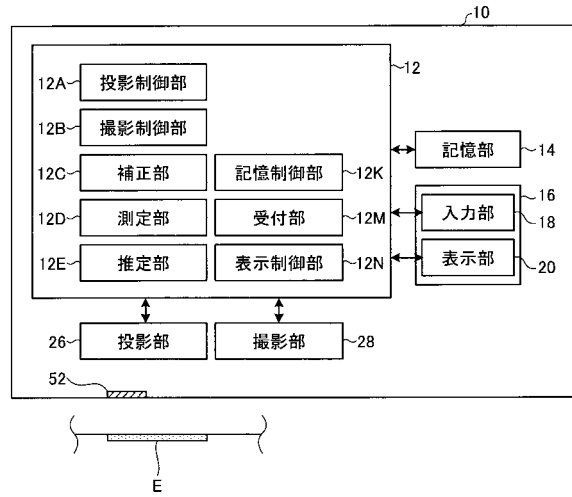
20

30

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

(A)

ユーザ ID	測定ID	取得 タイミング	血糖値の 変化量
A	1	2015/3/01 09:00:00	2
		2015/3/01 09:10:00	1
		2015/3/01 09:20:00	4
		2015/3/01 09:30:00	1
	2	2015/3/01 10:10:00	10
		2015/3/01 10:20:00	10
		2015/3/01 10:30:00	10
		2015/3/01 10:40:00	10
		2015/3/01 10:50:00	3
		2015/3/01 11:00:00	2
...			

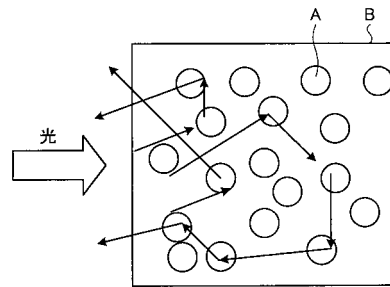
(B)

第1時間帯	異常を示す変化量

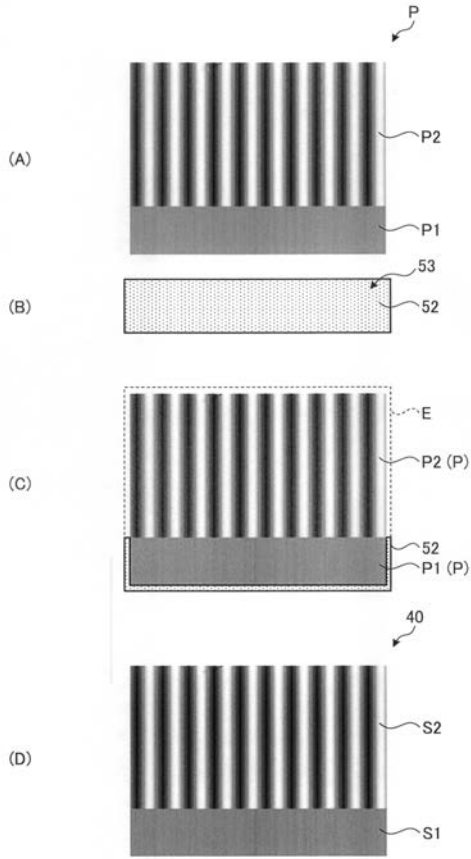
(C)

血糖値の変化量	散乱係数の変化量

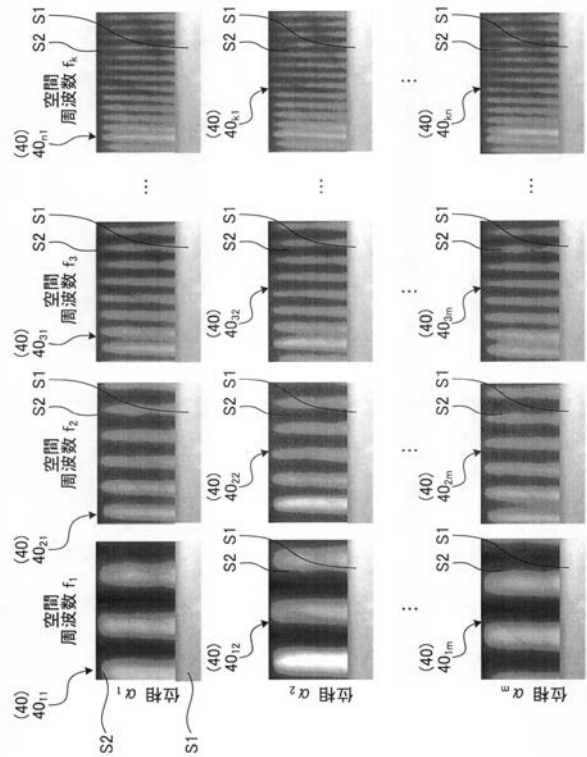
【 図 4 】



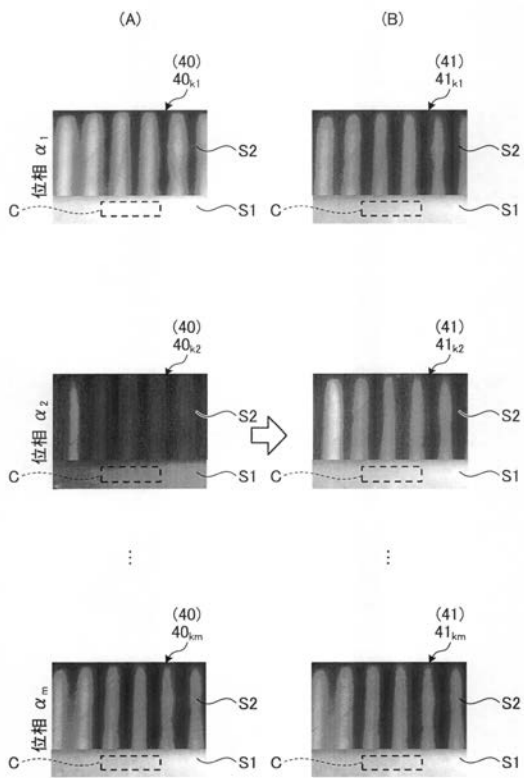
【 図 5 】



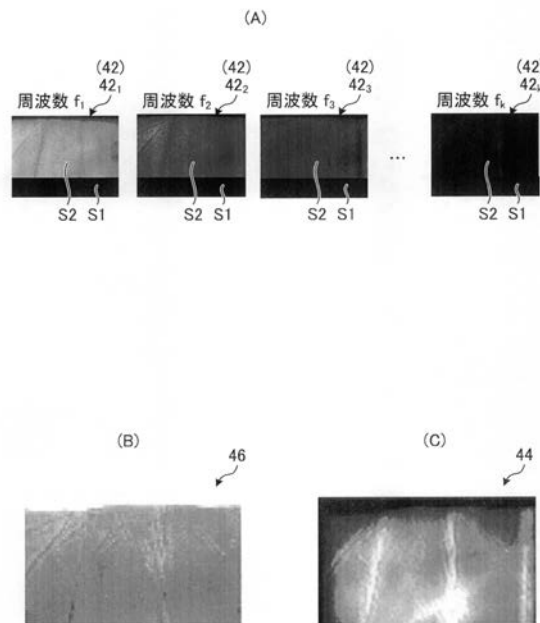
【 図 6 】



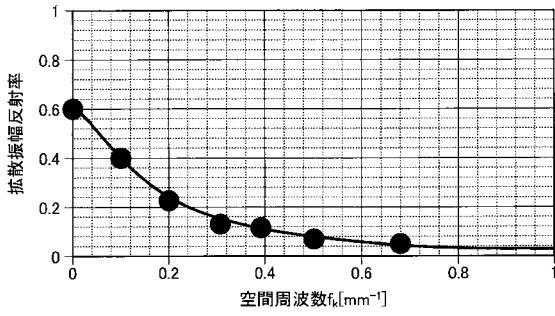
【 図 7 】



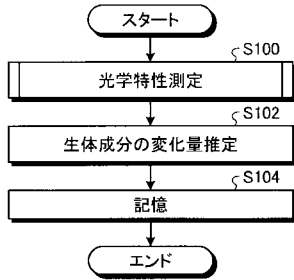
【 図 8 】



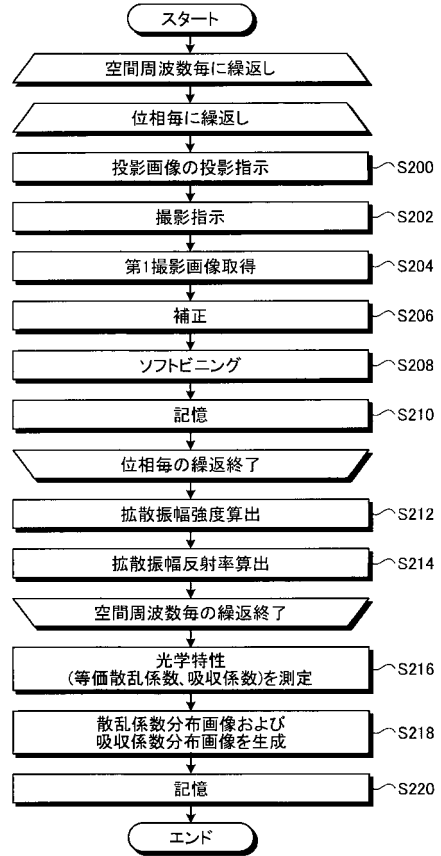
【 図 9 】



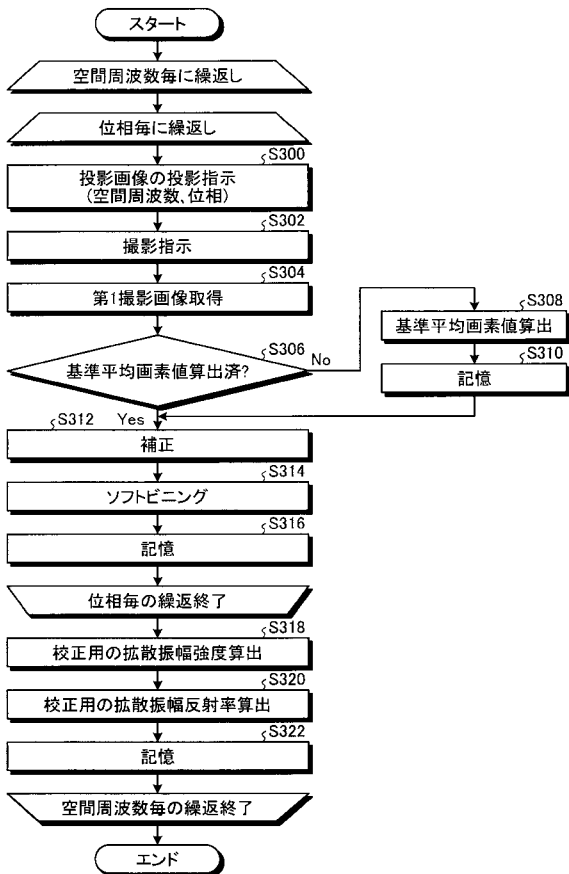
【 図 10 】



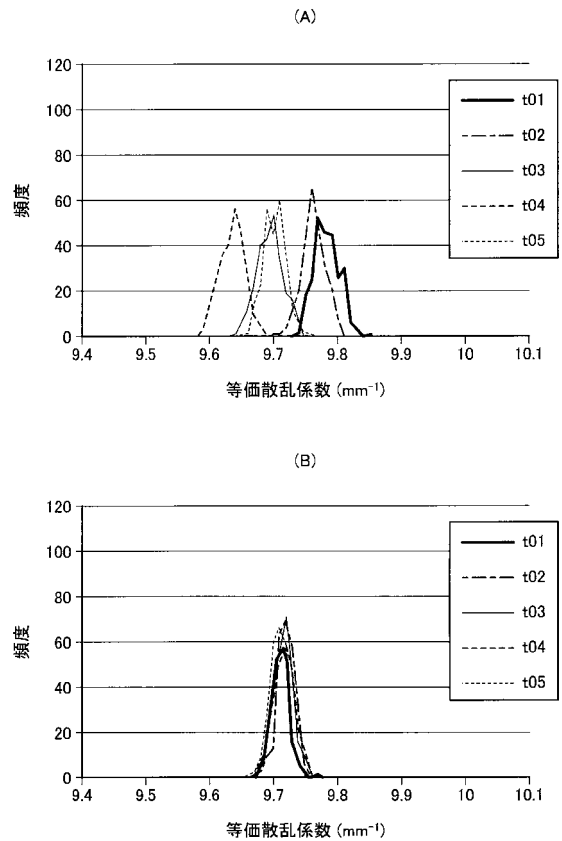
【 図 11 】



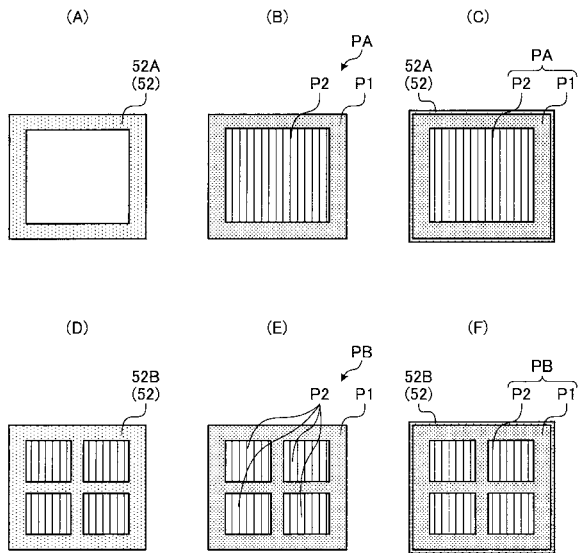
【 図 12 】



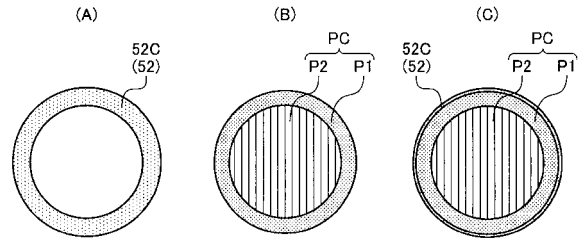
【 図 13 】



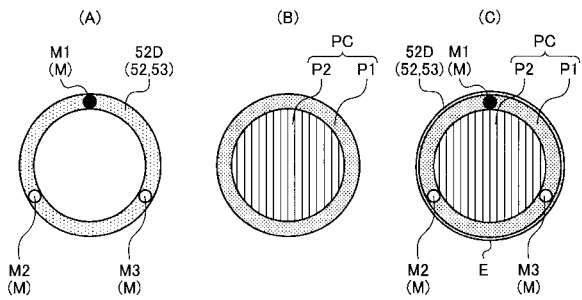
【図 14】



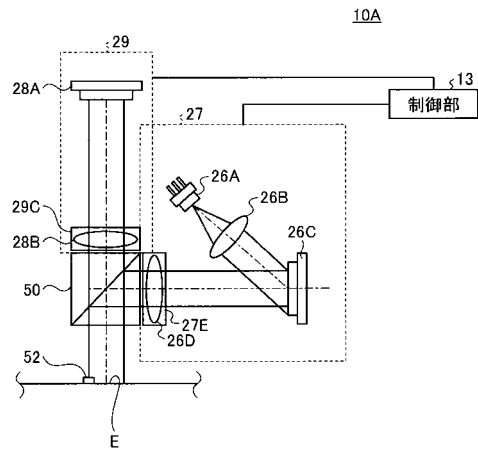
【図 15】



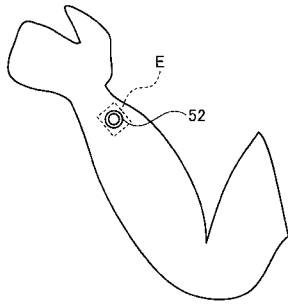
【図 16】



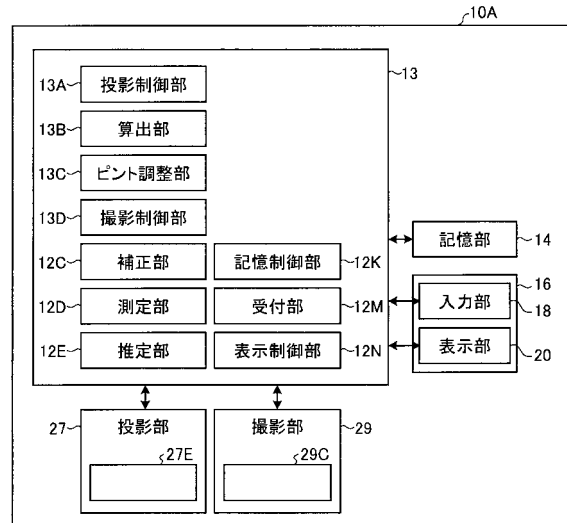
【図 17】



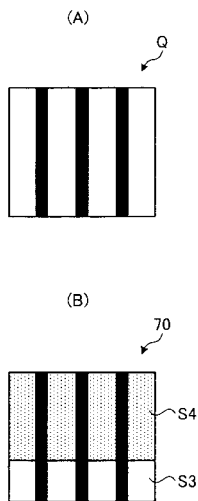
【 図 1 8 】



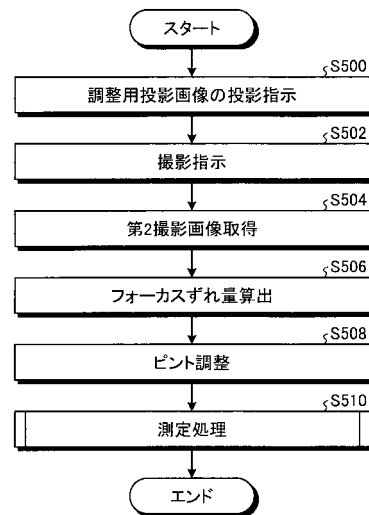
【 図 1 9 】



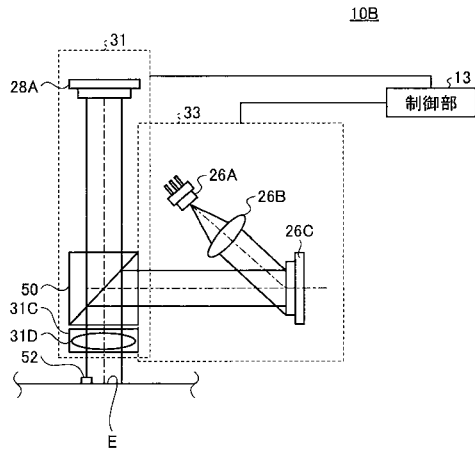
【 図 2 0 】



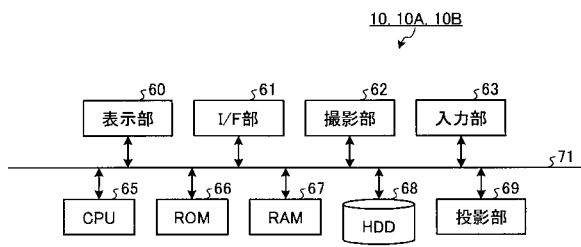
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G059 AA01 AA05 BB12 CC16 CC18 EE01 EE02 EE05 FF01 FF04
HH01 JJ11 JJ13 JJ18 JJ19 JJ22 KK04 LL01 MM01 MM03
MM10 MM14 PP04
4C038 KK10 KL05 KL07 KM01 KM03 KX01