

(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2007-111461

(P2007-111461A)

(43) 公開日 平成19年5月10日(2007.5.10)

(51) Int. Cl.	F I	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 2 5	4 C 0 3 8

審査請求 未請求 請求項の数 3 書面 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2005-332152 (P2005-332152)
 (22) 出願日 平成17年10月20日 (2005.10.20)

特許法第30条第1項適用申請有り 研究集会名 第4
 4 回日本生体医工学会大会 (日本エム・イー学会) 主
 催者名 日本生体医工学会 開催日 平成17年4月2
 5日、26日、27日

(71) 出願人 505426314
 福田 恵子
 東京都荒川区南千住8丁目52番1号 東
 京都立航空工業高等専門学校内
 (72) 発明者 福田 恵子
 東京都荒川区南千住8丁目52番1号 東
 京都立航空工業高等専門学校内
 (72) 発明者 中山 淑
 東京都小金井市本町2丁目12番9号
 (72) 発明者 藤井 麻美子
 東京都中野区沼袋2丁目21番8号

Fターム(参考) 2G059 AA01 AA03 AA05 BB12 CC18
 EE01 EE02 EE11 FF01 FF04
 GG01 GG02 GG03 GG06 JJ01
 JJ11 JJ17 KK03 MM01 MM09

最終頁に続く

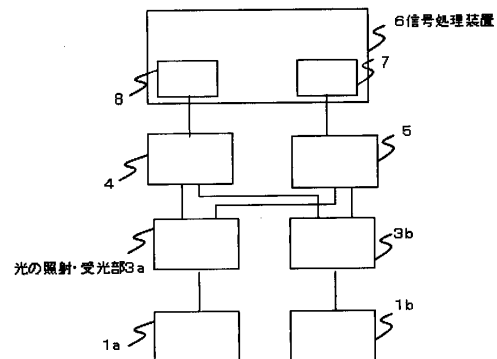
(54) 【発明の名称】 生体の光計測装置

(57) 【要約】

【課題】 生体内の血液は、皮膚血流と生体組織内血流に大きく分類される。測定対象は生体組織内の血流であるが、第1の開口部から光を照射して第2の開口部で光を受光する構成では測定値に生体表面付近の皮膚血流の変化を含むため、姿勢変化などによる皮膚血流の影響が測定に現れる。

【解決手段】 同一の波長の光を発する第1の光源と第2の光源と、第1及び第2の光源からの光を周期的に振幅変調する手段と、少なくとも2つの開口部と、少なくとも2つの受光手段を有し、第1の光源からの光を第1の開口部に照射して第2の開口部で受光し(受光1)、第2の光源からの光を第2の開口部に照射して第1の開口部での受光し(受光2)、第1の光源の光を第1の開口部で受光し(受光3)、第2の光源の光を第2の開口部で受光(受光4)する。受光1から受光4の受光強度を、受光2から受光3の受光強度を受光強度に応じた係数で差し引きして皮膚血流の影響を低減する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 1 つの同一の波長の光を発生する第 1 の光源と第 2 の光源と、上記第 1 の光源と上記第 2 の光源から光を発生する手段と、少なくとも 2 つの開口部と、少なくとも 2 つの光を受光する手段を有し、上記第 1 の光源からの光を第 1 の開口部に照射して第 2 の開口部で受光し（受光 1）、上記第 2 の光源からの光を上記第 2 の開口部に照射して第 1 の開口部で受光し（受光 2）、上記第 1 の光源による光を上記第 1 の開口部で受光し（受光 3）、上記第 2 の光源による光を上記第 2 の開口部で受光（受光 4）する手段と、上記受光 1 から受光 4 で受光された光をそれぞれ電気信号に変換する手段と、電気信号に変換された光を受光強度に換算する手段を有することを特徴とする生体光計測装置。

10

【請求項 2】

上記受光 1 から上記受光 3 と上記受光 4、上記受光 2 から上記受光 3 と上記受光 4 をそれぞれ受光強度に応じた係数を持って差し引きする手段を有することを特徴とする上記請求項 1 に記載の生体光計測装置。

【請求項 3】

上記第 1 の光源及び上記第 2 の光源とは異なる第 2 の波長を持つ第 3 の光源と第 4 の光源と、上記第 3 の光源と上記第 4 の光源から光を発生する手段と、上記第 3 の光源からの光を第 1 の開口部に照射手段と、上記第 4 の光源からの光を第 2 の開口部に照射を有することを特徴とする上記請求項 1、上記請求項 2、上記請求項 3 に記載の生体光計測装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、生体の機能情報を光により計測する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光は生体内部の情報を簡便かつ非侵襲で得る手段として有効であり、生体の機能情報を計測する装置が開発されている。生体内に存在する何種類かの色素の光吸収特性は波長に依存することが一般に知られている。このため、たとえば、血液中のヘモグロビン色素の光吸収特性を波長の異なる 2 種類の光を利用して測定すれば、酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビンの相対量、すなわち、酸素の消費量を計測することができる。可視から近赤外の波長の光を用いて生体の機能を計測する装置として、従来から光トポグラフィと呼ばれる生体（主として脳機能）の生体光計測装置が開発されている（例えば、非特許文献 1 参照。）。これは生体の表面（たとえば頭部）に光の照射点と光の受光点を配置して拡散・反射光を測定し、ヘモグロビン色素の光吸収特性から酸素消費量を推定する方法である。図 11 に示すように開口部 1a から光を照射して距離 D 離れた開口部 1b にて受光した場合、1b で受光される光は図 11 の光の伝播経路 13 に従い伝播した拡散・反射光であると考えられている。そこで、図 11 の距離 D の中点では伝播経路はもっとも深い c の領域、すなわち、生体組織内の血流による拡散反射光の伝播特性が測定できるとみなされている。この測定を表面の複数の位置で行うことにより 2 次元の光の伝播特性の分布が計測され、運動に伴う筋肉内の酸素消費量の測定や脳の賦活状態の推定が行われている。

30

40

【非特許文献 1】“Spatial and temporal analysis of human motor activity using noninvasive NIR topography”, Medical Physics vol. 22, p. 1997-2005, 1995.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

生体組織内の血液は、生体表面付近の皮膚血流とたとえば筋肉や脳などの生体組織内血流に大きく分類される。従来技術においては、1 組の光の照射点と受光点を考えた場合、その中点位置付近の内部での生体組織内血流で光の吸収係数の変化が生じているとみなし

50

て拡散・反射光の測定結果からヘモグロビン代謝を求めている。ここで、光には空気中から照射された光の大部分は、屈折率の高い生体の表面付近で反射されてしまい内部に拡散散乱される光は一部であるという特性がある。このため、図11の構成からは、実際に受光される光には表面付近での反射による皮膚血流の光吸収特性も含まれると考えられ、姿勢変化などにより皮膚血流が移動するとその影響が測定値に生じ、正確な生体組織内血流の光吸収特性の計測が行えないという課題があった。

【0004】

本発明は、このような従来の構成が有していた問題を解決しようとするものであり、測定値から皮膚血流の光吸収係数の変化に伴う測定値の変動を低減して、姿勢変化などによる影響を受けにくい生体光計測装置を実現することを目的とするものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の生体光計測装置は上記目的を達成するために、同一の波長の光を発生する第1の光源と第2の光源と、上記第1及び第2の光源からの光を時間的に振幅変調する手段と、少なくとも2つの開口部と少なくとも2つの光を受光する手段と受光された光をそれぞれ電気信号に変換する手段と、電気信号に変換された光を増幅、変調周波数に応じて位相検波して受光強度に換算する手段を有する。

【0006】

上記、解決手段による作用は次の通りである。光の照射・受光を行うための第1の開口部と第2の開口部をある距離D離して生体表面に配置する。第1の光源からの光を第1の開口部に照射して第2の開口部で受光し（このとき受光される光を受光1とする）、第2の光源からの光を上記第2の開口部に照射して第1の開口部での受光し（受光2）、上記第1の光源による上記第1の開口部で受光し（受光3）、上記第2の光源による上記第2の開口部で受光（受光4）する。受光3、4は主として開口部近傍の拡散反射光であり、受光1、2は各開口部近傍と第1、第2の開口部間の生体組織内の拡散反射光である。このことから、受光1から受光3、受光4を受光2から受光3、受光4をそれぞれ受光強度に応じた係数を持って差し引きすることにより、皮膚血流の変動の影響を低減した生体組織内部の光伝播特性を求めることができる。

20

【0007】

さらに上記第1の光源及び上記第2の光源とは異なる第2の波長を持つ第3の光源と第4の光源と、上記第3の光源と上記第4の光源からの光を時間的に振幅変調する手段と、上記第3の光源からの光を上記第1の開口部に照射する手段と、上記第4の光源からの光を上記第2の開口部に照射する手段を有することにより第1の波長の光と第2の波長の光による生体組織、たとえば血液中の光吸収特性の差を利用した酸素化ヘモグロビン、脱酸素化ヘモグロビンの相対量を測定することができる。

30

【発明の効果】

【0008】

照射と同一開口部からの受光される光を利用して表層付近の皮膚血流による影響を低減できることから、その影響を抑制して生体組織内血流の特性を選択的に測定することができる。その結果、本発明の生体光計測装置は、生体組織内血流による変化をより正確に測定することができ、運動などの大きな姿勢変化に伴う場合の筋肉での酸素消費や脳機能の測定などの様々な状況で生体光計測装置が活用できる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を図1から図10に基づいて説明する。なお、説明を簡単にするために一波長の光を用いた場合を主に説明する。

【実施例】

【0010】

（実施例1）図1は本発明による生体光計測装置の第1の実施例の構成を示す。本実施例において開口部1a、1bは生体表面に配置されて、光の照射と戻り光の受光に用いられ

50

る。開口部には必要に応じて集光のためにレンズを設ける。開口部 1 a、1 b と光の照射部・受光部 3 a、3 b の間は光ファイバ 1 2 で接続される。単数のファイバで接続する場合は照射用と受光用の光ファイバを融着して開口部へ入力する。複数の光ファイバで接続する場合には図 3 に示すように照射光と受光をそれぞれ複数の光ファイバから構成される光ファイバ束 1 4 へ入力し、これらを束ねて開口部へ接続する。開口部における光ファイバの配列はランダムでも中心部に照射用の光ファイバを周辺部に受光用の光ファイバを配置しても、照射・受光のファイバをランダムに配置してもよい。また、受光効率を上げるために受光用のファイバを照射用のファイバより太くすることや本数を増やすこともできる。また、照射部と受光部の間に分光器を設けて接続することも可能である。図 4 は分光器 1 1 にて照射を透過して開口部へ入力し、戻り光を反射して受光する場合の構成例である。受光効率を高くする場合には分光器 1 1 の分光比を反射率が透過率に対して高くするように設計すればよい。また、測定に不要な光が反射されないように筐体 1 5 の表面は光を吸収できるように加工する。図 2 の光の照射部・受光部 3 a、3 b では、光と電気信号の変換を行う。光の照射部では半導体レーザなどの光電変換素子により電気信号を光信号に変換し、必要に応じてレンズを介して出力される。受光部では必要に応じてレンズを介して光を受光し、フォトダイオードなどの受光素子により電気信号に変換する。光調整回路 4 は、照射される光を周波数に応じて振幅変調して、測定に必要な振幅に調整する。受光回路 5 は、変換された信号に対して必要に応じて増幅や位相検波を行い、受光強度を求める。信号処理装置 6 は、デジタル／アナログ変換器 7 及びアナログ／デジタル変換器 8 を介して照射光調整回路 4、受光回路 5 に接続される。信号処理装置 6 では、入射光の強度の調整、測定データの信号処理、測定結果の画面表示を行う。

【0011】

以下、上記構成による光の検出方法について図 2 により説明する。開口部 1 a、1 b は生体表面の距離 D 離れた位置に設置される。開口部 1 a から光 P 1 を開口部 1 b から光 P 2 を照射するとともに光強度を測定する。生体組織内に吸収体が存在する場合に検出される光強度の変化率を光検出感度とすると、光検出感度 S は、距離 x、y、深さ方向 z の関数として拡散方程式に基づいた摂動理論 (R y t o v 近似) により数 1 で与えられる。

【0012】

【数 1】

$$S(x, y, z) = \Phi_s \cdot \Phi_d / \Phi_{d0} \cdots \text{数 1}。$$

ここで、 Φ_s 、 Φ_d は光源、検出器位置の単位光源が吸収体が存在する関心点 (x、y、z) に作る光子密度、 Φ_{d0} は吸収係数変化がない場合の光子密度である。P 1 を照射と同一の開口部 1 a で受光した場合の光強度を S 1 A、P 2 を照射と同一の開口部 1 b で受光した場合の光強度を S 2 B、P 1 を照射と異なる開口部 1 b で受光した場合の光強度を S 1 B、P 1 を照射と異なる開口部 1 b で受光した場合の光強度を S 2 A とする。このとき、測定対象となる生体組織内の血液灌流による拡散反射光の検出感度は数 2 で求められる。

【0013】

【数 2】

$$S = S1B + S2A - \alpha (S1A + S2B) \cdots \text{数 2}。$$

ここで、 α は補正係数であり、測定対象となる生体内組織の光学定数や光強度に依存して定められる。

【0014】

以下に本発明の実施例の効果を計算機シミュレーションにより示す。図 5 は開口部 1 a から光を照射して開口部 1 b で受光した場合 (S 1 B、S 2 A)、図 6 は開口部 1 a、1 b の同一開口部でそれぞれ照射・受光を行った場合 (S 1 A + S 2 B) の光検出感度を深さ 1 mm の位置で計算した例である。図 5 から光検出感度は照射点と受光点の近傍の表層付近で高く、測定対象となる伝播経路では低いことがわかる。また、図 6 より同一の開口部で照射・受光を行うと開口部近傍にて選択的に光検出感度が高く、主として平均化された表層部の皮膚血流による信号が含まれることがわかる。

【0015】

さらに図7に本発明の実施例による補正例を示す。開口部1a、1b間の距離Dを20mm、開口部分の半径rsを5mmとし、生体組織内の吸収係数が1mm立方の領域として変化するとその領域の位置が変化すると仮定した際の光検出感度の分布である。図5、図6と同様に上記拡散方程式に基づいた摂動理論（Rytov近似）により計算した。ここでは筋肉中の血液を計測対象とした際の光学定数を用いている。図7Aは補正前、Bは補正後の計算結果である。本発明に基づいた補正を行うことにより、開口部近傍の浅い領域での影響が低減できることがわかる。

【0016】

上記実施例においては1波長の光を用いた場合について説明したがヘモグロビンの酸素化、脱酸素化による変化を調べるために、光の吸収特性が異なる少なくとも2波長の光源を組み合わせて測定を行うのが一般的である。この場合、図8に示すように光の照射・受光を行う開口部1a、1bに第1の波長の光P11、P21、第2の波長のP12、P22をそれぞれ入力する。このとき測定対象となる生体組織内の血液灌流による第1、第2の波長の拡散反射光による光検出感度は、数2と同様に求められる。ただし、第1、第2の波長の拡散反射光による補正係数は光の波長により異なる。開口部1a、1bと光の照射部・受光部3a、3bの間の接続には図3の光ファイバ束に第2の波長の光を入力するための光ファイバ束を加えた3分岐型の光ファイバ束を用いれば2つの照射光を融合して開口部1a、1bに入力し、1つのファイバから受光することが容易に実現できる。

【0017】

次に生体表面への開口部の配置と測定位置について説明する。測定の原理から測定された値は各開口部のほぼ中点に位置すると考えられている。図9は9個の開口部1c～1jを配置した例である。図中の×印は推定測定位置を示す。図9の構成では開口部間隔とほぼ同じ間隔の12点で測定できる。また、図10は7個の開口部1c～1jを三角形を基本に配置した例である。開口部間隔と等しい間隔と半分の間隔で垂直方向に交互に12点で測定できる。開口部を三角形に基本に配置すると同じ面積に多数の点で測定できることから位置の分解能が向上するとともに、円形に配置しやすいため、頭部のような球面状の生体表面に配置するのに適する。

【産業上の利用可能性】

【0018】

本発明により生体光計測装置において、生体組織内血流の酸素化状態の変化に伴う脳などの生体機能を皮膚血流の影響を抑えて測定できるようになる。このため運動などの姿勢変化が大きな場合にも皮膚血流の影響を抑えて正確な測定が可能な生体光計測装置を提供することが可能となり、医学、心理学などの分野において幅広い状況下での測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】 本発明の実施形態を示す光計測装置の構成図。

【図2】 本発明の光計測装置による計測方法を説明する図。

【図3】 本発明の光計測装置の開口部と光の照射部・受光部の間の接続方法を説明する図。

【図4】 本発明の光計測装置の開口部と光の照射部・受光部の間の接続方法を説明する図。

【図5】 光の照射と受光を異なる開口部で行った場合の光検出感度の計算例を示す図。

【図6】 光の照射と受光を同一の開口部で行った場合の光検出感度の計算例を示す図。

【図7】 本発明による光計測の効果に関する計算例を示す図。

【図8】 本発明の2つの波長の光を用いた計測方法を説明する図。

【図9】 本発明の開口部の配置と推定測定位置を説明する図。

【図10】 本発明の開口部の配置と推定測定位置を説明する図。

【図11】 従来の光計測装置による計測方法を説明する図。

10

20

30

40

50

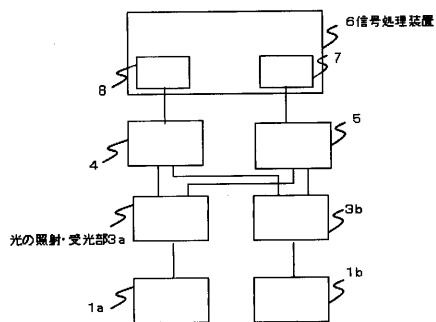
【符号の説明】

【0019】

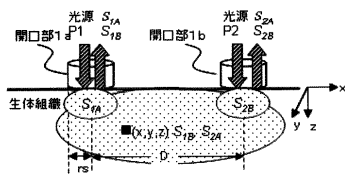
- 1、1 a、1 b、1 c 開口部
 3 a、3 b 光の照射・受光部
 4 入射光調整回路
 5 受光回路
 6 信号処理装置
 7 アナログ／デジタル変換器
 8 デジタル／アナログ変換器
 11 分光器
 12 光ファイバ
 13 光の伝播経路
 14 光ファイバ束
 15 筐体

10

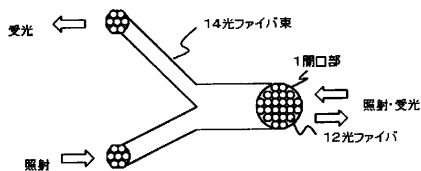
【図1】



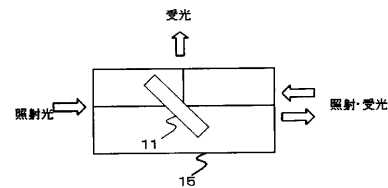
【図2】



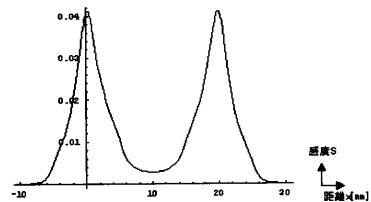
【図3】



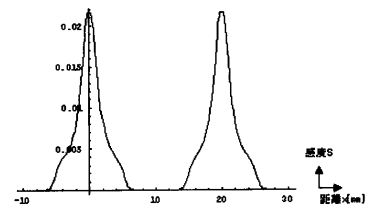
【図4】



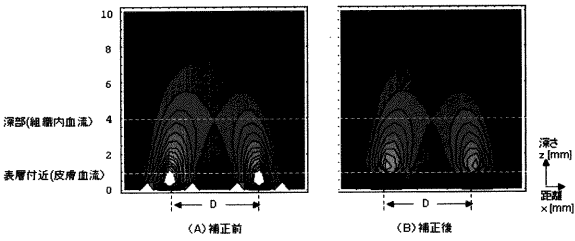
【図5】



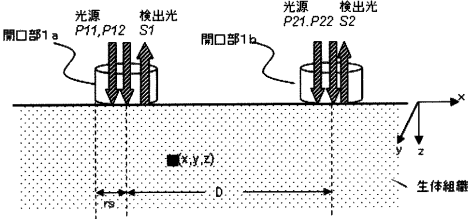
【図6】



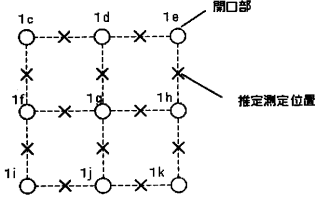
【図 7】



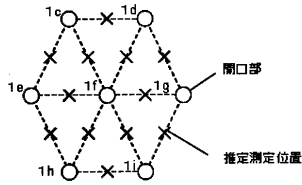
【図 8】



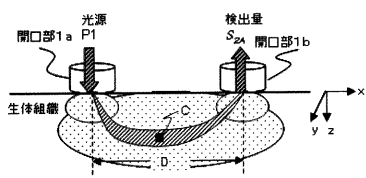
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C038 KK01 KL05 KL07 KM01 KX02 KX04