

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 5 月 31 日(31.05.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/070465 A1

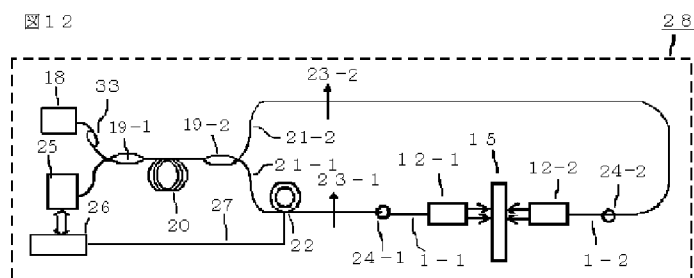
- (51) 国際特許分類:
G01N 21/19 (2006.01) *G01N 21/21* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/076541
- (22) 国際出願日: 2011 年 11 月 17 日(17.11.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-264353 2010 年 11 月 26 日(26.11.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社グローバルファイバオプティクス(GLOBAL FIBEROPTICS, LTD.) [JP/JP]; 〒1010061 東京都千代田区三崎町 3-4-10 庄司ビル 7 階 Tokyo (JP). 塩野義製薬株式会社(SHIONOGI & CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5410045 大阪府大阪市中央区道修町 3 丁目 1 番 8 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 梶岡 博 (KAJIOKA Hiroshi) [JP/JP]; 〒1010061 東京都千代田区三崎町 3-2-6 レジディア水道橋 1 2 0 5 号 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 丸山 幸雄 (MARUYAMA Yukio); 〒1050001 東京都港区虎ノ門 1 丁目 5 番 8 号 オフィス虎ノ門 1 ビル 2 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL ROTATION MEASUREMENT DEVICE, POLARIZATION CONVERSION OPTICAL SYSTEM THAT CAN BE USED FOR OPTICAL ROTATION MEASUREMENT, AND METHOD FOR MEASURING OPTICAL ROTATION IN OPTICAL ROTATION MEASUREMENT SYSTEM USING SAID POLARIZATION CONVERSION OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 旋光度測定装置および旋光度測定に用いることができる偏光変換光学系ならびにその偏光変換光学系を用いた旋光度測定システムにおける旋光度測定方法

[図12]



(57) Abstract: [Problem] To provide an easily used optical rotation measurement device that can measure glucose concentration in vivo or in collected blood at a high accuracy in real time and that can actually be used in medical settings without relying on a reagent. [Solution] The problem is resolved by taking a configuration that is defocused without placing the end surface of an optical fiber at the focal point of a lens by using the result of inserting into an optical fiber ring interference system a nonreciprocal polarization conversion optical system, a large-core-diameter/low-NA single mode optical fiber as an input/output unit is connected to a small-core-diameter/high-NA single mode optical fiber as a transmission unit, with a mode alignment section therebetween.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/070465 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】採血した血液や生体のグルコース濃度を、試薬に頼らずに、医療現場で実際に使用できるような高い精度でリアルタイムに測定することができて、かつ、使い易い旋光度測定装置を提供する。【解決手段】光ファイバリング干渉系中に旋光度測定用検体を挟んだ非相反偏光変換光学系を挿入し、非相反偏光変換光学系の入出力光ファイバには伝送部としての小コア径・高NAシングルモード光ファイバに入出力部としての大コア径・低NAシングルモード光ファイバをモード整合部を介して接続したものをを用い、光ファイバ端面はレンズの焦点に置かずにデフォーカスにした構成を取り入れて課題を解決した。

明 細 書

発明の名称：

旋光度測定装置および旋光度測定に用いることができる偏光変換光学系ならびにその偏光変換光学系を用いた旋光度測定システムにおける旋光度測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、採血した血液、血清、生体などのような光散乱検体の旋光度を偏光変換光学系を用いて測定する旋光度測定装置および旋光度測定に用いることができる偏光変換光学系ならびにその偏光変換光学系を用いた旋光度測定システムにおける旋光度測定方法（以下、旋光度測定システムにおける旋光度測定方法を単に旋光度測定方法という）に関し、例えば、モード整合部とデフォーカス偏光変換光学系を用いて旋光度被測定検体の糖質の濃度を測定することができるようにし、人の血液、血清、指、耳、皮膚などにレーザー光を照射し、その透過光および／または反射光を測定して旋光度被測定用検体の糖質成分濃度を高い測定精度で測定できるようにした旋光度測定装置および旋光度測定に用いることができる光ファイバ光学系である偏光変換光学系ならびにその光学系を用いた旋光度測定方法に関するものである。

背景技術

- [0002] 血液中のグルコース濃度の測定方法として試みられている第1の方法は、たとえば特許文献1に記載があるような、指などの生体の一部に赤外レーザー光を照射し、血管からの散乱光を分光し血液に含まれるグルコース濃度を測定するものである。これはグルコース濃度に比例して散乱光が低減することを利用して、しかし、この方法は散乱光の光強度が温度や皮膚の水分や油成分などに依存するという問題があり、広く普及していない。
- [0003] 第2の方法は、たとえば非特許文献1および特許文献2などに記載されているように、互いに直交する偏光成分を旋光物質中を伝搬させてその複屈折率をオープンループで計測するものである。しかし、この方法では健常者の

血糖値レベルである 0.1 g/dL （デシリットル）程度で厚さが 10 mm 程度のグルコース濃度を測定すると誤差が大きく、光の散乱が大きい血液や指などの生体ではグルコース濃度を全く測定できない。

[0004] 第3の方法は、特許文献3に記載されている複屈折率測定装置で測定する方法である。この方法は本発明と同じく偏波面保存光ファイバからなるリング干渉計のリング光路の中に対向コリメータ光学系を設け、検体内に平行ビームを伝搬させ、左右両回り光の位相差を測定することによって検体の旋光度を計測するものである。この方法では厚さ 10 mm 程度のガラス製セルに入れたグルコースで健常者の血糖値レベルである 0.1 g/dL を十分な精度で測定できる。

[0005] しかし上記第3の方法はいわゆる光ファイバジャイロのリング光路の中に検体を置き、それに両方向からコリメータ光を入射させるものであるが、検体がたとえば人の親指と人差し指の付け根のひだ部の場合には、その挿入損失が 60 dB 以上となり、受光レベルが受光器の感度以下になってしまい、検体に照射した左右両回り光の位相差を測定できなかった。この原因は、従来の偏波面保存光ファイバのコア直径が信号光の波長が $800\text{ nm}\sim 1500\text{ nm}$ 用の場合、それぞれ $4\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ と小さいため、指のひだ部における光の散乱光を十分な結合効率で受光できないためであった。

[0006] 以上のことからわかることであるが、これまで採血した血液や生体のグルコース濃度を高精度に測定する光学的な測定装置の開発が多く試みられてきた。しかし、採血した血液や生体のグルコース濃度を高精度で測定することは極めて難しく、果物の糖度測定には用いることができるものの、採血した血液や生体のグルコース濃度の測定に使える測定器はまだ実現されておらず、採血した血液や生体のグルコース濃度の測定は試薬を用いた化学的な手法に頼らざるを得ないのが現状である。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2004-313554号公報

特許文献2：特開2007-093289号公報

特許文献3：特開2005-274380号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：横田 正幸他、「鉛ガラスファイバ偏光変調器を用いたグルコースセンサー」、第31回光波センシング技術研究会LST31-8, PP. 51-56, 2003年8月

非特許文献2：梶岡、於保、「光ファイバジャイロの開発」、第3回光波センシング技術研究会、LST3-9, PP. 55-62, 1989年6月

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 以上述べたように現在までに採血した血液や生体のグルコース濃度を高精度に測定する光学的な測定装置は実用化されていない。その理由は、血液や生体にレーザ光を入射させたときに生体内で生じる散乱が非常に大きいため、検出される受光パワーが非常に小さくなり、グルコース濃度を高い精度で測定できなかったためである。

[0010] 本発明は以上のような状況に鑑みてなされたもので、本発明が解決しようとする課題は、採血した血液や生体のグルコース濃度を、試薬に頼らずに、医療現場で実際に使用できるような高い精度でリアルタイムに測定することができて、かつ、使い易い旋光度測定装置、および、旋光度測定に用いることができる新規な偏光変換光学系とそれを用いた旋光度測定方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 先端にレンズを配置した光ファイバを被測定対象（検体）を挟んで信号光の光路上で対向させて配置し、一方の光ファイバから他方の光ファイバに光結合させる光ファイバ光学系における結合損失を少なくするには、対向する各光ファイバをその端面がレンズの焦点位置にあるコリメータ光学系にするのがよいというのが衆知の技術思想である。しかし、本発明の発明者の検討

結果によると、この方法では本発明の課題を解決することができない。

[0012] 本発明は、従来の技術思想とは異なり、光ファイバの端面をレンズの焦点位置からずらして配置する全く新しい技術思想のデフォーカス偏光変換光学系を用いることによって課題を解決できることを見出した。さらに、モード整合部を偏光変換光学系に取り入れて、生体などの散乱体を光ファイバで挟んだ光学系の結合損失を従来では期待できなかったような低損失で実現し、課題を解決した。以下、本発明の例を具体的に説明する。

[0013] 課題を解決するためになされた本発明の例としての第1の発明（以下、発明1という）は、先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定装置において、対向させて配置されている前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方はコア径の異なる第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NA（ここで、NAは開口数を意味する）シングルモード光ファイバであり、前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、前記対向させて配置された前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力用および／または入力用のレンズ（以下、出力部レンズという）として信号光の光路において配置されており、前記対向させて配置された先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射

された信号光を先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させるとともに、先端部にレンズが配置されている前記他方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部にレンズが配置されている前記一方の光ファイバの端面に入射させて、前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0014] 本発明について詳細に後述するが、本発明の旋光度測定装置および旋光度測定方法に用いて顕著な効果を発揮する偏光変換光学系は、光ファイバにモード整合部を用いて前記検体の旋光度に関連する光学情報の測定を高めたこと、デフォーカス偏光変換光学系を用いて前記検体の旋光度に関連する光学情報の測定を高めたことに特筆すべき特徴がある。たとえば、採取した血液の旋光度に関連する光学情報の測定の場合、光ファイバにモード整合部を用いたことと偏光変換光学系をデフォーカス光学系にすることはいずれも前記光学情報の測定精度を高めることができる。そして、本発明は、偏光変換光学系として、光ファイバにモード整合部を用いることと偏光変換光学系をデフォーカス光学系にすることを併せて用いたモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系を用いることにより、採血した血液のみならず、手の親指と人差し指の付け根のひだ部のような生体の旋光度に関連する光学情報を高精度で測定することを可能にしたものである。前記モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系では、光ファイバの端部に出力部レンズを配置した光ファイバ光学系に偏光変換素子を配置した偏光変換光学系を従来のコリメート型にせずにデフォーカス型にしたことにより、従来の技術思想では想到し得なかったほど高い旋光度測定感度を実現することができたもので、本発明の効果をさらに大ならしめるために、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバを、前記コア径の異なる第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバにしたことによ

り、特に顕著な効果を発揮する本発明の旋光度測定装置および旋光度測定方法を実現することができたものである。そして、前記偏光変換光学系の偏光面回転素子に、その一方の側から信号光としての偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって時計回りまたは反時計回りに所定角度だけ回転させ、当該偏光面回転素子の他方の側から信号光として偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって前記一方の側から入射させた場合とは逆方向に所定角度だけ回転させるように作用する非相反偏光面回転素子を用いたときに、本発明のモード整合技術とデフォーカス技術の効果が極めて高いものとなる。

なお、本発明において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向配置された先端部にレンズが配置されている一方の大コア径・低NAシングルモード光ファイバと先端部にレンズが配置されている他方の大コア径・低NAシングルモード光ファイバとは異なる光ファイバである場合と同一の光ファイバである場合が可能である。

[0015] 発明1を展開してなされた本発明の他の例としての第2の発明（以下、発明2という）は、発明1に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0016] 発明1、2を展開してなされた本発明の他の例としての第3の発明（以下、発明3という）は、発明1または2に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光フ

ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0017] 発明 1 ～ 3 を展開してなされた本発明の他の例としての第 4 の発明（以下、発明 4 という）は、発明 1 ～ 3 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記モード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置は、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバと前記光ファイバの一部を含んで構成され前記検体を挟んで配置される対向デフォーカス偏光変換光学系と前記検体とでリング光干渉系のリング光路を構成しており、前記リング光路を両方向に伝搬する光の位相差を測定することによって前記検体の旋光度を測定することができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0018] 発明 4 を展開してなされた本発明の他の例としての第 5 の発明（以下、発明 5 という）は、発明 4 に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記モード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置は、リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として信号光を伝搬させるようにリング光路が構成されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0019] 発明 1 ～ 5 を展開してなされた本発明の他の例としての第 6 の発明（以下、発明 6 という）は、発明 1 ～ 5 のいずれかに記載のモード整合部を含む旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの表面との距離が 0.6 mm 以下で

あることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0020] 発明 1 ～ 6 を展開してなされた本発明の他の例としての第 7 の発明（以下、発明 7 という）は、発明 1 ～ 6 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバと他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバが同一のすなわち同じ光ファイバであることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0021] 発明 1 ～ 7 を展開してなされた本発明の他の例としての第 8 の発明（以下、発明 8 という）は、発明 1 ～ 7 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの先端部と当該出力部レンズとが相互に固定されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0022] 発明 1 ～ 8 を展開してなされた本発明の他の例としての第 9 の発明（以下、発明 9 という）は、発明 1 ～ 8 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバと前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方は、当該先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と当該出力部レンズとの間にファラデー回転素子と 4 分の 1 波長板と偏光子のうちの少なくとも 1 つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0023] 発明 1 ～ 9 を展開してなされた本発明の他の例としての第 10 の発明（以下、発明 10 という）は、発明 1 ～ 9 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該先端部にレンズが配置されている光フ

ファイバの出力部レンズと前記検体との間にファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0024] 発明1～10を展開してなされた本発明の他の例としての第11の発明（以下、発明11という）は、発明1～10のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの一方または双方が用いられていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0025] 本発明のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置には、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの双方が用いることができる。

[0026] 発明1～11を展開してなされた本発明の他の例としての第12の発明（以下、発明12という）は、発明1～11のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、光路と直角方向に前記検体及び／または前記偏光変換光学系をスキャンできる機構を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0027] 発明1～12を展開してなされた本発明の他の例としての第13の発明（以下、発明13という）は、発明1～12のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記検体が生体の一部であり、前記旋光度測定装置は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに、前記信号光の位相差の検出手段の一部として、生体の脈拍及び／または人為的に与えた測定部位の厚味などの当該生体の一部の寸法を周期的に変化させる信号と同期させて前記位相差を検出する手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0028] 発明1～13を展開してなされた本発明の他の例としての第14の発明（

以下、発明１４という）は、発明１～１３のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記検体が生体の一部であり、前記旋光度測定装置は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定する部分を挟む測定端子を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0029] 発明１～１４を展開してなされた本発明の他の例としての第１５の発明（以下、発明１５という）は、発明１～１４のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの出力部レンズと他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの出力部レンズとの距離を変更することができるレンズ間距離調整手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0030] 発明１～１５を展開してなされた本発明の他の例としての第１６の発明（以下、発明１６という）は、発明１～１５のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、光源の波長が１３００nm帯で、前記大コア径・低NA偏波面保存光ファイバのコア径が４０μm、NAが０．０６±０．０１であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

NAが０．０５より小さくなると、光ファイバの曲げによる損失が大きくなる。また、０．０７より大きくなると、出射光の広がりによる生体透過損失が大きくなる。

[0031] 課題を解決するためになされた本発明の他の例としての第１７の発明（以下、発明１７という）は、先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において検体を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定システムに用いることができる偏光変換光学系において、対向配置して用いることができる前記偏光変換光学系の少なくとも一方の前記先端部にレンズが配置されている光ファイバはコア径の異なる第１の光ファイバ

と第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NAシングルモード光ファイバで前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置できるように構成されており、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力部レンズとして信号光の光路において配置されており、前記旋光度測定システムに対向させて配置用いる先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させることができるように配置して前記旋光度測定システムに用いて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに使用することができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0032] 発明17を展開してなされた本発明の他の例としての第18の発明（以下、発明18という）は、発明17に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記旋光度測定システムに用いたときの前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0033] 発明 17、発明 18 を展開してなされた本発明の他の例としての第 19 の発明（以下、発明 18 という）は、発明 17 または 18 に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0034] 発明 17～19 を展開してなされた本発明の他の例としての第 20 の発明（以下、発明 20 という）は、発明 17～19 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系は前先端部にレンズが配置されている光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの一部を含んで構成される対向デフォーカス偏光変換光学系と前記検体とでリング光干渉系のリング光路を構成して前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに使用することができるデフォーカス偏光変換光学系であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0035] 発明 20 を展開してなされた本発明の他の例としての第 21 の発明（以下、発明 21 という）は、発明 20 に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、前記リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させるように前記偏光変換光学系が構成されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0036] 発明 17～21 を展開してなされた本発明の他の例としての第 22 の発明

(以下、発明 22 という) は、発明 17～21 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに対向配置して使用するときの前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの表面との距離が 0.6 mm 以下にして用いることができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0037] 発明 17～22 を展開してなされた本発明の他の例としての第 23 の発明 (以下、発明 23 という) は、発明 17～22 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバに同一のすなわち同じ光ファイバを用いることができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0038] 発明 17～23 を展開してなされた本発明の他の例としての第 24 の発明 (以下、発明 24 という) は、発明 17～23 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの先端部と当該出力部レンズとが相互に固定されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0039] 発明 17～24 を展開してなされた本発明の他の例としての第 25 の発明 (以下、発明 25 という) は、発明 17～24 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの端面と当該出力部レンズとの間にファラデー回転素子と 4 分の 1 波長板と偏光子のうちの少なくとも 1 つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0040] 発明 17～25 を展開してなされた本発明の他の例としての第 26 の発明（以下、発明 26 という）は、発明 17～25 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの出力部レンズと前記検体との間にファラデー回転素子と 4 分の 1 波長板と偏光子のうちの少なくとも 1 つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0041] 発明 17～26 を展開してなされた本発明の他の例としての第 27 の発明（以下、発明 27 という）は、発明 17～26 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの一方または双方が用いられていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0042] 発明 17～27 を展開してなされた本発明の他の例としての第 28 の発明（以下、発明 28 という）は、発明 17～27 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、光路と直角方向に前記検体及び／または前記偏光変換光学系をスキャンできる機構を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0043] 発明 17～28 を展開してなされた本発明の他の例としての第 29 の発明（以下、発明 29 という）は、発明 17～28 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記検体が生体の一部であり、前記デフォーカス偏光変換光学系は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに、前記信号光の位相差の検出手段の一部として、生体の脈拍及び／または人為的に与えた測定部位の厚味などの当該生体の一部の寸法を周期的に変化させる信号と同期させて前記位相差を検出する手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0044] 発明 17～29 を展開してなされた本発明の他の例としての第 30 の発明

(以下、発明 30 という) は、発明 17～29 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記検体が生体の一部であり、前記デフォーカス偏光変換光学系は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定する部分を挟む測定端子を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0045] 発明 17～30 を展開してなされた本発明の他の例としての第 31 の発明 (以下、発明 31 という) は、発明 17～30 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの出力部レンズと先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの出力部レンズとの距離を変更することができるレンズ間距離調整手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0046] 発明 17～31 を展開してなされた本発明の他の例としての第 32 の発明 (以下、発明 32 という) は、発明 17～31 のいずれかに記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、光源の波長が 1300 nm 帯で、前記大コア径・低 NA 偏波面保存光ファイバのコア径が 40 μ m、NA が 0.06 $\pm$ 0.01 であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0047] 課題を解決するためになされた本発明の他の例としての第 33 の発明 (以下、発明 33 という) は、先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において検体を挟んで対向させて配置した偏光変換光学系を用いた旋光度測定システムに用いて検体の旋光度を測定する旋光度測定方法 (以下、た旋光度測定システムに用いて検体の旋光度を測定する旋光度測定方法を単に旋光度測定方法という) において、前記旋光度測定方法は、偏光変換光学系とリング干渉系を用意して旋光度測定システムを構成するか偏光変換光学系とリング干渉系を有する旋光度測定装置を旋光度測定システムとして用意する工程と、旋光度測定システムの前記偏光変換光学系に検体を装着する工程と、検体に右回り信号光と左回り信号光として入射させた互いに直交

する偏光の信号光の検体に起因して生じる位相差を測定する工程を有しており、前記リング干渉系のリング光路が、対向配置されている前記先端部にレンズが配置された光ファイバと信号光の光路上で検体を挟んで対向配置された前記対向偏光変換光学系と検体を含んでおり、前記リング干渉系は、前記リング光路を両方向に伝搬する光の位相差を測定することによって前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができる干渉系であり、対向配置されている少なくとも一方の前記先端部にレンズが配置されている光ファイバはコア径の異なる第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NAシングルモード光ファイバで前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、前記対向させて配置された先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力部レンズとして信号光の光路において配置されており、前記対向させて配置された前記光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、前記偏光変換光学系は、少なくとも、前記先端部にレンズが配置された光ファイバの一部と出力部レンズと前記光ファイバの端面と検体との間に配置された偏光面回転素子を有しており、前記偏光面回転素子は、当該偏光面回転素子の一方の側から信号光としての偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって時計回りまたは反時計回りに所定角度だけ回転させ、当該偏光面回転素子の他方の側から信号光としての偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって前記一方の側から入射させた場合とは逆方向に所定角度だけ回転させるように作用する非相反偏光面回転素子であり、

前記対向偏光変換光学系は、対向配置された出力部レンズが配置されている

一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させさせるとともに、前記他方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている前記一方の光ファイバの端面に入射させて、前記リング干渉系で前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができるモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系であることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0048] 発明 33 を展開してなされた本発明の他の例としての第 34 の発明（以下、発明 34 という）は、発明 33 に記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記他方の光ファイバの端面の少なくとも一方を、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置に配置して旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0049] 発明 33、34 を展開してなされた本発明の他の例としての第 35 の発明（以下、発明 35 という）は、発明 33 または 34 に記載の旋光度測定方法において、対向配置された前記一方の光ファイバの端面と前記他方の光ファイバの端面の少なくとも一方を、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置に配置した偏光変換光学系を用いることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0050] 発明 33～35 を展開してなされた本発明の他の例としての第 36 の発明（以下、発明 36 という）は、発明 33～35 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの

端面と前記他方の光ファイバの端面の少なくとも一方を、当該出力部レンズの表面との距離が0.6 mm以下になるように配置して旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0051] 発明33～36を展開してなされた本発明の他の例としての第37の発明（以下、発明37という）は、発明33～36のいずれかに記載の旋光度測定方法において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された光ファイバと他方の光ファイバが同一のすなわち同じ光ファイバであることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0052] 発明33～37を展開してなされた本発明の他の例としての第38の発明（以下、発明38という）は、発明33～37のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの端面と当該出力部レンズとの間に前記非相反偏光面回転素子としてのファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されている光ファイバを用いて旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0053] 発明33～38を展開してなされた本発明の他の例としての第39の発明（以下、発明39という）は、発明33～38のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの出力部レンズと前記検体との間に前記非相反偏光面回転素子としてのファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されている光ファイバを用いて旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0054] 発明33～39を展開してなされた本発明の他の例としての第40の発明（以下、発明40という）は、発明33～39のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの一方または双方が用いられていることを特徴とする旋光度測定方法の発明

である。

[0055] 発明 33～40 を展開してなされた本発明の他の例としての第 41 の発明（以下、発明 41 という）は、発明 33～40 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、前記リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させるように前記偏光変換光学系が構成されていることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0056] 発明 33～41 を展開してなされた本発明の他の例としての第 42 の発明（以下、発明 42 という）は、発明 33～41 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、光路と直角方向に前記検体及び／または前記偏光変換光学系をスキャンできる機構を用いることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0057] 発明 33～42 を展開してなされた本発明の他の例としての第 43 の発明（以下、発明 43 という）は、発明 33～42 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記検体が生体の一部であり、前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに、前記信号光の位相差の検出手段の一部として、生体の脈拍及び／または人為的に与えた測定部位の厚味などの当該生体の一部の寸法等の状態を周期的に変化させる信号と同期させて前記位相差を検出する手段を用いて旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0058] 発明 33～43 を展開してなされた本発明の他の例としての第 44 の発明（以下、発明 44 という）は、発明 33～43 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記検体が生体の一部であり、前記偏光変換光学系に前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定する部分を挟む測定端子を用いてい

ることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0059] 発明 33～44 を展開してなされた本発明の他の例としての第 45 の発明（以下、発明 45 という）は、発明 33～44 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、前記一方の光ファイバの出力部レンズと他方の光ファイバの出力部レンズとの距離を変更する手段を用いることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0060] 発明 33～45 を展開してなされた本発明の他の例としての第 46 の発明（以下、発明 46 という）は、発明 33～45 のいずれかに記載の旋光度測定方法において、光源の波長が 1300 nm 帯で、前記大コア径・低 NA 偏波面保存光ファイバのコア径が 40 μ m、NA が 0.06 $\pm$ 0.01 である偏光変換光学系を用いることを特徴とする旋光度測定方法の発明である。

[0061] 課題を解決するためになされた本発明の他の例としての第 47 の発明（以下、発明 47 という）は、先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において光散乱検体などの検体を挟んで対向配置し、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光及び／又は前記検体によって反射された信号光を先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができる旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの前記検体に入射させる信号光の出力部及び／又は前記検体からの信号光（前記検体に入射した前記信号光が前記検体を透過した光及び／または前記検体により反射あるいは散乱された光）の入力部に配置されている出力部レンズと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの出力部レンズの少なくとも一方は、当該光ファイバの端面が当該出力部レンズの焦点位置にないデフォーカスされた光ファイバ光学系を形成していることを特徴とするデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0062] 発明 47 を展開してなされた本発明の他の例としての第 48 の発明（以下、発明 48 という）は、発明 47 に記載のデフォーカスされた旋光度測定装

置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置にあることを特徴とするデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0063] 発明 47、48 を展開してなされた本発明の他の例としての第 49 の発明（以下、発明 49 という）は、発明 47 または 48 に記載のデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置にあることを特徴とするデフォーカスされた旋光度測定装置の発明である。

[0064] 課題を解決するためになされた本発明の他の例としての第 50 の発明（以下、発明 50 という）は、リング光路の構成要素である先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において検体を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方はコア径の異なる第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、相対的に前記第 1 の光ファイバは小コア径・高 NA シングルモード光ファイバで、前記第 2 の光ファイバは大コア径・低 NA シングルモード光ファイバであり、前記第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第 2 の光ファイバが前記第 1 の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、前記対向させて配置された前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力部レンズとして信

号光の光路において配置されており、信号光の光路上で前記検体を挟んで対向させて配置された前記先端部にレンズが配置されている光ファイバは、それぞれその端面と検体の間に、前記出力部レンズの他に、少なくとも非相反偏光面回転素子が配置された偏光変換光学系を形成しており、光路上で前記検体を挟んで対向配置された前記偏光変換光学系からは互いに直交する偏光が前記検体にそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として入射するように構成されており、前記対向配置された偏光変換光学系の一方の偏光変換光学系である第1の偏光変換光学系の前記出力部レンズが配置されている光ファイバの端面からリング光路の右回り信号光あるいは左回り信号光として出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を前記対向配置された偏光変換光学系の他方の偏光変換光学系である第2の偏光変換光学系の前記先端部に出力部レンズが配置されている光ファイバの端面に入射させ、前記対向配置された偏光変換光学系の前記第2の偏光変換光学系の前記出力部レンズが配置されている光ファイバの端面からリング光路の左回り信号光あるいは右回り信号光として出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を前記対向配置された前記第1の偏光変換光学系の前記先端部に出力部レンズが配置されている光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができることを特徴とするモード整合部を含む旋光度測定装置の発明である。

[0065] 発明50を展開してなされた本発明の他の例としての第51の発明（以下、発明51という）は、発明50に記載のモード整合部を含む旋光度測定装置において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された一方の光ファイバと他方の光ファイバが同一のすなわち同じ光ファイバであることを特徴とするモード整合部を含む旋光度測定装置の発明である。

[0066] 課題を解決するためになされた本発明の他の例としての第52の発明（以下、発明52という）は、先端部にレンズが配置されている光ファイバを信

号光の光路において検体を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定システムに用いることができる偏光変換光学系において、対向配置して用いる前記偏光変換光学系の少なくとも一方の光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力部レンズとして信号光の光路において配置されており、前記対向させて配置された光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、出力部レンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに使用することができることを特徴とするデフォーカス偏光変換光学系の発明である。

[0067] なお、発明 50、51 に記載の旋光度測定装置は、さらに発明 1～16 に記載の本発明の各構成要素を付加した発明を本発明として構成でき、また、発明 52 に記載の偏光変換光学系は、さらに発明 17～32 に記載の本発明の構成要素を付加した発明を本発明として構成できることは以下の説明からも明らかなことである。

[0068] また、先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において検体を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定システムに用いることができる偏光変換光学系において、対向配置して用いる前記偏光変換光学系の少なくとも一方の前記先端部にレンズが配置されている光ファイバは、コア径の異なる第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、相対的に前記第 1 の光ファイバは小コア径・高 NA シングルモード光ファイバで前記第 2 の光ファイバは大コア径・低 NA シングルモード光ファイバであり、前記第 1 の光ファイバと第 2 の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングル

モード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、前記対向させて配置された前記光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力部レンズとして信号光の光路において配置されており、出力部レンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができることを特徴とするモード整合部を含む偏光変換光学系は偏光面回転素子として、当該偏光面回転素子の一方の側から信号光としての偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって時計回りまたは反時計回りに所定角度だけ回転させ、当該偏光面回転素子の他方の側から信号光として偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって前記一方の側から入射させた場合とは逆方向に所定角度だけ回転させるように作用する非相反偏光面回転素子を用いた偏光変換光学系とともに旋光度測定装置及び測定方法に用いて大きな効果を発揮することができる。

[0069] 本発明は、モード整合部を含む光ファイバとファラデー回転素子の如き非相反偏光面回転素子を用いたデフォーカス偏光変換光学系及び／あるいはコリメート偏光変換光学系を用いてリング光干渉系のリング光路を構成し、前記リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、前記リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させるように前記偏光変換光学系が構成されていることを特徴とする旋光度測定装置、あるいは旋光度測定方法、あるいは偏光変換光学系を広く含む

ものである。

発明の効果

[0070] 本発明の前記旋光度測定装置、旋光度測定システムに用いることができる前記偏光変換光学系、前記偏光変換光学系を用いた旋光度測定方法を用いることによって、検体の旋光度に関連する光学情報を高い精度で測定することができるようになった。光学系にモード整合部を含む偏光変換光学系を用いた本発明は、検体の旋光度に関連する光学情報を従来では到底期待できなかったほど極めて高い精度での測定を可能にしたということができる。

本発明の前記旋光度測定装置、偏光変換光学系、旋光度測定方法を用いれば、血液や指などの光散乱検体も、採血を必須とせずに血糖値に関する生体のグルコース濃度を測定することができる。

本発明は、特に採血しない無侵襲測定方式において、第1に、針による採血に伴う煩わしさや苦痛がないこと、第2に、採血針の廃棄処理が不要で衛生的であること、第3に、採血法で使用していたグルコースと反応する試薬が不要なので年間10万円以上のランニングコストが不要になり経済的であること、第4に、簡単に測定できるため血糖値モニターが1日何回でもできるので糖尿病患者や健常者の健康管理に使えるなど、大きな効果を発揮するものである。そして、本発明の光散乱検体の測定が可能な旋光度測定装置が一般家庭で使用されることにより、本発明は、現在世界的に増加している糖尿病患者数を減らすことができるという極めて大きな福音をもたらすとともに、患者にはその治療に必要な費用を大幅に低減できるという大きな福音をもたらすものである。

図面の簡単な説明

[0071] [図1]本発明に係る一発明の実施の形態例に用いたモード整合部を説明するための図である。

[図2]本実施の形態例に用いたモード整合部を説明するための図である。

[図3]本実施の形態例に用いたモード整合部からコリメート光を作ることを説明するための図である。

[図4]本実施の形態例に用いたモード整合部からデフォーカス光を作ること
を説明するための図である。

[図5]本実施の形態例に用いたモード整合部からコリメート円偏光を作ること
を示した図である。

[図6]本実施の形態例に用いたモード整合部からデフォーカス円偏光を作ること
を示した図である。

[図7]本実施の形態例に用いたモード整合部を含む円偏光コリメート偏光変換
光学系から出射されるビームを概念的に示した図である。

[図8]本実施の形態例に用いたモード整合部を含む円偏光デフォーカス偏光変
換光学系から出射されるビームを概念的に示した図である。

[図9]本実施の形態例としての、対向モード整合コリメート偏光変換光学系に
光散乱検体を挿入した光学系である。

[図10]本実施の形態例としての、対向モード整合デフォーカス偏光変換光学
系に光散乱検体を挿入した光学系である。

[図11]本実施の形態例としての、モード整合デフォーカス偏光変換光学系を
用いて光散乱検体に信号光を斜めから照射する結合光学系を説明するための
図である。

[図12]本実施の形態例としての、対向モード整合デフォーカス偏光変換光学
系で光散乱検体を挟んだ結合光学系を用いた旋光度測定装置の構成図である
。

[図13]本発明に係る第2の実施の形態例としての、対向モード整合デフォー
カス偏光変換光学系を用いて光散乱検体に信号光を斜めから照射する結合光
学系を用いた旋光度測定装置の構成図である。

[図14]本発明に係る第3の実施の形態例としての旋光度測定装置の主要部に
おける測定方法を説明する図である。

符号の説明

- [0072] 1 : 第1の光ファイバとしての小コア径高NA偏波面保存光ファイバ
 2 : 第2の光ファイバとしての大コア径低NA偏波面保存光ファイバ

- 2 a : 大コア径低NA偏波面保存光ファイバの端面
- 3、4 : モード整合部
- 5 : レンズ
- 6 : レンズ焦点位置
- 7 : レンズ焦点距離
- 8 : 偏光子
- 9 : ファラデー回転素子
- 10、17 : 4分の1波長板
- 11、11-1、11-2 : モード整合部を含むコリメート偏光変換光学系
- 12、12-1、12-2 : モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系
- 13 : コリメート円偏光
- 14 : デフォーカス円偏光
- 15 : 検体
- 16 : ガラス板
- 18 : SLD光源
- 19-1、19-2 : カプラ
- 20 : 光ファイバ型偏光子
- 21-1、21-2 : 小コア径高NA偏波面保存光ファイバ
- 22 : 光位相変調器
- 23-1、23-2 : 左右両回り直線偏光
- 24-1、24-2 : スプライス
- 25 : 受光器
- 26 : 信号処理回路
- 27 : 位相変調信号
- 28、29 : 旋光度測定装置
- 30 : 可視レーザ

３１：ハーフミラー

３２：顕微鏡

３３：可変光減衰器（VOA）

発明を実施するための形態

[0073] 以下、図面を参照して本発明に係る一発明の実施の形態の例について説明する。なお、説明に用いる各図は本発明の例を理解できる程度に各構成成分の寸法、形状、配置関係などを概略的に示してある。そして説明の都合上、部分的に拡大率を変えて図示する場合もあり、本実施の形態例の説明に用いる図は、必ずしも実施例などの実物や記述と相似形でない場合もある。また、各図において、同様な構成成分については同一の番号を付けて示し、重複する説明を省略することもある。また、以下の本実施の形態例の説明では、本実施の形態例の旋光度測定装置、偏光変換光学系および旋光度測定方法に関して説明の重複部分が多い。したがって、説明の重複を避けるため、誤解を生じないようにしつつ、特に言及せずに、偏光変換光学系の説明で旋光度測定装置や旋光度測定方法の部分的説明を兼ねたり、その逆のこともある。

[0074] 本願の発明者は、多くの技術者がこれまで多くの医療関係者から、採血した血液や生体のグルコース濃度を高い精度で測定できる測定器の実現という本発明の解決すべき課題と同様のことを望まれ、その実現に多くの努力を払ってきたが、今日までそれを実現することができなかったことを踏まえて、その原因を詳しく分析した。

[0075] その結果、従来知られている種々の測定方法ではかかる測定器の実現は困難あり、これまでこの種の測定には使われなかった新しい測定原理を見出すことが必須であるという結論に達した。

[0076] 前記課題を解決するには、測定装置の基本構成は、光ファイバを用いたリング干渉系にし、前記検体に偏光を入射させ、その偏光の位相変化を測定することが好ましいが、しかし、測定精度を格別に向上させる必要がある。

[0077] リング干渉系のリング光路を構成する少なくとも一対の光ファイバの間に前記検体を挟んだリング干渉系においては、前記検体の入出射面間に光ファ

イバコリメータ光学系を用いて光結合を行うのが光損失が少なく、挿入損失を最も低減できるというのが専門家間の定説である。光ファイバコリメータ光学系を用いて信号光の強度変化や位相変化を測定する場合、光ファイバの端面をコリメータレンズの焦点位置に配置する。

[0078] この方式を用いて種々の前記検体について位相変化を測定した。しかしながら、医療現場などで実用化するには、糖質に関する情報の検出精度が不足で、検出精度をさらに高める必要があることがわかった。

[0079] そこで、本願の発明者は従来の専門家の常識を越えて、光ファイバの端面をレンズの焦点位置に配置した光ファイバコリメータ光学系を用いた従来の光ファイバ偏光変換光学系（以下、従来型偏光変換光学系ともいう）と光ファイバの端面をレンズの焦点位置から離して配置したデフォーカス光ファイバ偏光変換光学系（以下、デフォーカス偏光変換光学系ともいう）をそれぞれ構成し、対向して配置した一对の従来型偏光変換光学系の間に前記検体として採血した血液や生体などを配置して前記検体に信号光としての偏光を入射させた場合と、対向して配置した一对のデフォーカス偏光変換光学系の間に前記従来型偏光変換光学系の場合と同じ条件の前記検体として採血した血液や生体などを配置して前記検体に信号光としての偏光を入射させた場合について、それぞれ前記検体による信号光の位相変化を測定した。

[0080] その結果、デフォーカス偏光変換光学系を用いた場合が従来型偏光変換光学系を用いた場合よりも前記検体による信号光の位相変化をより高い精度で測定できることを見出し、本発明をなすに至った。

[0081] さらに、旋光度測定装置に用いる光源波長とそれに対応して対向デフォーカス偏光変換光学系に使用する偏波面保存光ファイバのコア径を種々変えて生体の挿入損失を実験的に検討した。その結果、現在光ファイバレーザ用に使われている波長が1064nm用のコア直径が30 μ mの大コア径・低NA（NAは開口数）偏波面保存光ファイバを用いると波長が1060nm用のコア直径が7 μ mの偏波面保存光ファイバ、PM980を用いた場合よりも挿入損失が30dBも低かった。前記大コア偏波面保存光ファイバは、

波長 1 0 6 4 n m においては基本モードの他に数次の高次モードが伝搬するので、光ファイバの使用に際しては曲げ半径 3 0 m m のボビンに巻き付けてシングルモードのみを伝搬させるようにした。ボビンの半径は、使用する前記大コア偏波面保存光ファイバの長さにも依存するが、対向する光学系で各々 1 m ずつ使用する場合には曲げ半径は 2 5 ~ 3 5 m m が望ましい。しかしながら、本実施の形態例における旋光度計測は検体をリング光干渉系のリング光路中に設置するため、光源からの光を右回り光と左回り光に分岐した結合する光ファイバ型カプラ、すなわち 2 x 2 型方向性結合器が必要である。しかし、コア直径が 3 0 μ m の偏波面保存光ファイバ用のカプラは商用化されていない。また、本実施の形態例における旋光度計測はいわゆる位相変調方式を採用しているため、ある程度の長さのリング光ファイバが要求されるが、コア直径が 3 0 μ m の偏波面保存光ファイバは高価であるのでリング光路用には経済的でないという問題がある。

[0082] このような背景から本願の発明者は、従来のコア直径が 7 μ m と 3 0 μ m の偏波面保存光ファイバのモード整合をとる（以下、モード整合をとる部分をモード整合部と略す）ことを発明した。図 1 は本発明に係る一発明の実施の形態例のモード整合部を説明するための図である。すなわち、第 1 の光ファイバとしての相対的に小コア径・高 N A 偏波面保存光ファイバ 1 の出射部近傍すなわち端部近傍を加熱してコア部を拡大したいわゆるコア拡大光ファイバにし、この端部がコア拡大光ファイバになった第 1 の光ファイバとしての小コア径・高 N A 偏波面保存光ファイバ 1 の端部と第 2 の光ファイバとしての相対的に大コア径・低 N A 偏波面保存光ファイバ 2 の端部とをモード整合部 3 で接続し補強した。小コア径・高 N A 偏波面保存光ファイバ 1 から大コア径・低 N A 偏波面保存光ファイバ 2 の方向のモード整合部の挿入損失は 0. 1 d B と小さいが、その逆方向の損失は 1. 8 d B であった。符号 4 はモード整合部 3 を含む第 1 の光ファイバ 1 と第 2 の光ファイバ 2 の接続部分を示すが、この部分も以下においてモード整合部と称することにする。

[0083] 図 2 は本実施の形態例に用いたモード整合部 4 を説明するための図である

。ここで、モード整合部3とモード整合部4は、少なくとも、前記第1の光ファイバのコア拡大光ファイバになっている端部部分とそれに接続される前記第2の光ファイバの端部部分を含む第1の光ファイバと第2の光ファイバの端部部分を含んだ構成になっているが、本発明におけるモード整合部3とモード整合部4はこれに狭く限定されるものではなく、多くのバリエーションを可能とするものである。

[0084] その例として、前記第2の光ファイバの第1の光ファイバに接続される側の端部を、たとえば、第2の光ファイバの端部近傍を加熱して引き延ばし、第2の光ファイバの端部近傍のコア径を第1の光ファイバに接続される側に向かって漸減するように形成し、それを第1の光ファイバに接続するようにすることができる。

[0085] さらに、コア拡大部分あるいはコア縮小部分は光ファイバの外形が加工時の熱により多少変形することが多いので、第1の光ファイバの端部部分をコア拡大ファイバに加工し、第2の光ファイバの端部部分をコア縮小ファイバに加工して両者の端部部分を接続することにより加工による誤差に起因する接続損失を一層低減することができる。

[0086] 図3は本実施の形態例に用いたモード整合部からコリメート光を作ることの説明するための図である。図では、第2の光ファイバ2の端面2aはレンズ5の焦点位置6にある。なお、図3～図6において符号7を付した矢印はレンズ5の焦点距離を示す線である。

[0087] 図4は本実施の形態例に用いたモード整合部からデフォーカス光を作ることの説明するための図である。この場合、光ファイバ2の端面2aはレンズ5の焦点位置6よりもレンズから離れた位置に配置されている。

[0088] 焦点位置が1.8mmのレンズを使い、検体が指の付け根のひだ部の場合の光透過実験を行ったところ、第2の光ファイバの先端2aをレンズ5に接触させた場合に生体を挿入したことによる生体挿入損失が最も低かった。しかし、図4に示した光学系一対を、光路上で検体を挟んでレンズ5の側を対抗させて配置し、対抗レンズ間の距離を変えて実験すると、レンズ間距離が

2、3、4 mmと離れるにつれて生体透過損失が急増することがわかった。光ファイバ先端部をレンズに接触させて配置する場合には、偏光変換光学系の偏光子、ファラデー素子（ファラデー回転素子）、4分の1波長板は光ファイバ先端部から見てレンズの後ろに配置する必要があるので、物理的にレンズ間距離を大きくしなければならないので、前記生体透過損失の増大は避けられない。また、レンズの焦点距離が2.75 mmと長くなると、生体透過損失はレンズ間距離が2 mmでは70 dB以下に低減できなかった。

[0089] そのため、焦点距離が0.7 mmの非球面レンズ（FLAM1Z101A、アルプス電気製）を用いて第2の光ファイバの端面をレンズの焦点から200 μ m離して生体透過損失を測定した結果、レンズ間距離が2 mm, 3 mm, 4 mmでそれぞれ38.2, 39.4, 45.8 dBとなり、焦点距離が2.75 mmのレンズの場合と比べて約30 dB以上低かった。

また、焦点距離が1.5 mmの非球面レンズを用いて第2の光ファイバの端面をレンズの焦点から600 μ m離して実験した場合も同様の生体損失が得られた。

[0090] 本実施の形態例としての旋光度測定装置および偏光変換光学系ならびに旋光度測定方法においては、リング干渉系のリング光路を用い、リング光路の途中に前記検体を配置し、信号光の光路において前記検体を挟んで対向して配置される一方のリング光路途中の光ファイバ端末と他方のリング光路途中の光ファイバ端末をそれぞれ偏光変換光学系にし、前記偏光変換光学系を偏光面回転素子を用いた非相反光学系に構成している。

[0091] 前記偏光面回転素子としては、当該偏光面回転素子の一方の側から信号光としての偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって時計回りまたは反時計回りに所定角度だけ回転させ、当該偏光面回転素子の他方の側から信号光として偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって前記一方の側から入射させた場合とは逆方向に所定角度だけ回転させるように作用する偏光面回転素子を用いることが好ましい。

[0092] 本実施の形態例としての旋光度測定装置では、リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、以下に詳述するように、リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光が同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り光と左回り光として伝搬させ、前記検体部分は互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り光と左回り光として伝搬させるようにし、本発明の各構成を活用して検体の旋光度を高い精度で検出できるようにしている。

[0093] 図5は本実施の形態例に用いたモード整合部からコリメート円偏光を作ること示した図である。図5において、光ファイバ2の端面2aはレンズ5の焦点位置6にある。図5で符号11はモード整合部を含む偏光変換コリメータを表している。図5で、モード整合部4のピグテールである大コア径・低NA偏波面保存光ファイバ2の直線偏光出射光が、信号光として、レンズ5でコリメートされ、順に偏光子（偏光板）8、偏光面回転素子としてのファラデー回転素子9、4分の1波長板10を介し円偏光化される。

[0094] 図6は本実施の形態例に用いたモード整合部からデフォーカス円偏光を作ること示した図である。図6で光ファイバ2の端面2aはレンズ5の焦点位置6より0.7mmだけレンズと反対側（すなわち、レンズから遠い位置）にある。図6で、符号12はモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系を表している。図6においては偏光子8、ファラデー素子9、4分の1波長板10がレンズ5と第2の光ファイバ2の端面2aとの間にあるが、使用するレンズの焦点距離とデフォーカスの度合いを変えて図5のコリメート光学系の場合のようにレンズ5の後ろすなわち図6の偏光子8、ファラデー回転素子9、4分の1波長板10をレンズ5の光ファイバ2の端面2aと反対側に配置することもできる。

[0095] 図7は本実施の形態例に用いたモード整合部を含む円偏光コリメータから出射されるビームを概念的に示した図、図8は本実施の形態例に用いたモード整合部を含む円偏光デフォーカス光学系から出射されるビームを概念的に

示した図である。

[0096] 図7では、モード整合部を含む偏光変換コリメータ（モード整合コリメータ偏光変換光学系）11から出射されるビーム13は平行ビームであるコリメート円偏光で、その進行方向に配置されている前記検体（図示せず）に入射するようになっている。

[0097] 図8では、モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系（モード整合デフォーカス偏光変換光学系）12から出射されるビーム14は集光ビームであるデフォーカス円偏光で、その進行方向に配置されている前記検体（図示せず）に入射し、当該検体の出射端近傍に集光するようになっている。

[0098] 図9は本実施の形態例としての、対向モード整合コリメータ偏光変換光学系11-1、11-2の間に前記検体15を挿入した光学系である。図10は本発明の実施の形態例としての、対向モード整合デフォーカス偏光変換光学系12-1、12-2の間に前記検体15を挿入した光学系である。

[0099] 検体15が通常の散乱損失の低い水溶液のような場合には、図9の対向モード整合コリメータ偏光変換光学系の方が挿入損失は小さい。しかし検体15が生体のような光散乱体の場合には、種々実験を行った結果、図9の対向モード整合コリメータ偏光変換光学系よりも図10の対向モード整合デフォーカス偏光変換光学系の方が挿入損失が約1000倍（30dB）小さかった。この実験結果を説明できるシミュレーション手法は商用化されていない。

[0100] 実験の結果、図6の光学系で偏光子8、ファラデー回転素子9、4分の1波長板10をできるだけ薄く作り、貼り合わせて光ファイバの端面とレンズの間に配置した。なお後述する光干渉系のリング光路中に置かれる図9のモード整合部を含む対向デフォーカス偏光変換光学系12-1、12-2から生体に向かってそれぞれ互いに直交する円偏光が入射し、それぞれ両方向に伝搬する直交円偏光が検体15を伝搬した後、対向するデフォーカス偏光変換光学系を経て対向する偏波面保存光ファイバに入射直線偏光と同じ偏光軸に結合するように、対向する偏波面保存光ファイバの固有偏光軸方位と対向

する4分の1波長板の固有偏光軸方位を調整した。

[0101] 図11は本実施の形態例としての、モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系12-1、12-2を用いて光散乱検体に信号光を斜めから照射する結合光学系を説明するための図である。

[0102] 図11は、図10が透過系であることに対する反射系である。符号16は石英ガラス板、17は4分の1波長板である。一般に生体表面または生体内で反射した光の位相は反転するので、位相板がないと生体に対し入射光と反射光はそれぞれ直交円偏光となって位相差がキャンセルされ生体の旋光性による位相差が計測できない。位相板を生体（この場合には一種のミラー）と入射光の間に置くことにより入射光と同一の円偏光が反射されるので、偏光状態を含めてモード整合部を含むデフォーカス光学系12-1と12-2の結合がとれる。なお、図11の測定系は金属板を用いておらず、従来のSPR（表面プラズモン共鳴）とは原理が異なるものである。

[0103] 図12は図10に示した本実施の形態例としての、モード整合部を含む対向デフォーカス偏光変換光学系で光散乱検体を挟んだ結合光学系を光リング干渉系の小コア径高NA偏波面保存光ファイバ21-1、21-2を含むリング光路内に設置し、光散乱検体15の表面および内部からの散乱光・反射光の旋光度を測定する本発明の実施の形態例としての旋光度測定装置の主要部28の構成図である。

[0104] 光源18は波長が1060nmのSLD（Super Luminescent Diode）であり、その出力は第1の方向性結合器（カップラ）19-1、光ファイバ型偏光子20、第2の方向性結合器（カップラ）19-2に導かれ、第2のカップラ19-2でリング光路を構成する小コア径高NA偏波面保存光ファイバ21-1と小コア径高NA偏波面保存光ファイバ21-2に分岐され、それぞれリング光路を伝搬する左右両周り直線偏光23-1、23-2が生成される。第1の方向性結合器（カップラ）19-1は偏波面保存型光サーキュレータで置き換えることができる。

[0105] 符号22はシリンダ型PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）素子に1m程度の

小コア径高NA偏波面保存光ファイバ21-1を巻き付けた光位相変調器である。リング光路を周回した左右両周り光はスプライス24-1、24-2でそれぞれモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系12-1、12-2と接続される。

[0106] 検体15の出射光は対向するデフォーカス偏光変換光学系12-1、12-2を伝搬し再び第2のカプラ19-2、光ファイバ型偏光子20、第1のカプラ19-1を経て受光器25で電気信号に変換され、信号処理部26によって光散乱検体15の旋光度による左右両周り光の位相差を演算で求める。信号処理部26から光位相変調器22に20KHzの正弦波状の変調信号27が印加される。

[0107] 図12における信号処理は非特許文献2に記載の位相変調方式光ファイバジャイロで用いた方法を採用した。位相変調を20KHzで変調するとリング干渉系から20KHzの基本波の他に2倍波である40KHz成分および4倍波である80KHz成分が出力される。基本波と2倍波の強度の比よりリング光路を伝搬する左右両周り光の位相差を求める。2倍波と4倍波の比は位相変調度に比例するので一定になるように制御される。

[0108] 図12において、リング干渉系のリング光路は、主としてループの大半を占める偏波面保存光ファイバ21-1、21-2と本発明の実施の形態例であるデフォーカス偏光変換光学系12-1、12-2と光散乱検体15で構成される。

[0109] 図12で特筆すべき点は、前記のように、光散乱検体15の部分でのみ左右両周り伝搬光がそれぞれ直交する左右円偏光で伝搬し、それ以外の各偏波面保存光ファイバの部分は偏波面保存光ファイバの同一の固有偏光モードで伝搬することである。このようにすると光散乱検体部分の左右円偏光の位相差のみを安定に測定することができる。一般に、直線偏光は左右円偏光に分解され、左右円偏光の位相に 2θ の差が生じると偏光の向きが θ だけ変化することが知られている。図12では光散乱検体15の左右円偏光の位相差を測定できるのでその旋光度を測定することができる。

[0110] 次に光散乱検体 15 が指のひだ部である場合の実験結果について説明する。被検者の皮膚の厚さは約 1.5 mm であった。この部分の光の透過損失自体は 0.5 dB 程度であるが両端に偏波面保存光ファイバを置いて生体を挟んで光結合をとると、波長が 1550 nm 用の通信用の偏波面保存光ファイバを用いた図 9 の対向コリメータの場合には挿入損失が 65 ~ 70 dB 程度であった。

[0111] しかし、波長 1060 nm 用の大コア径 (30 μ m) ・低 NA (0.07) 光ファイバで、レンズの焦点距離を選び (0.7 mm) 、光ファイバ先端の位置をレンズの焦点より 0.2 ~ 0.3 mm 離れた図 10 のデフォーカスした対向コリメータの場合には、損失が 40 dB となり、前記例よりも 30 dB 以上も低かった。この実験における光干渉系の損失レベルは以下のようであった。

光源出力 : 10 mW (偏波面保存光ファイバ出力)

光ジャイロ (リング干渉系) 損失 : 5 dB (但し、第 1 のカプラを光サーキュレータとした)

生体を挟んだデフォーカスされた偏光変換結合光学系の挿入損失 : 40 dB
モード整合部損失 : 2 dB (2 か所)

コネクタおよびスプライス損失 : 2 dB

波長 1060 nm におけるファラデー回転素子を含む対向偏光変換光学系の損失 : 4 dB (2 か所)

トータル損失 : 53 dB

受光電力 : 50 nW

ここで受光器は 100 KHz 帯域幅で最小受信感度が 5 pW のシリコン APD (Avalanche photodiode) を用いた。このような条件で測定の前平均時間を 10 秒とし指のひだ部を伝搬する左右円偏光の位相差を十分な信号対雑音比で測定することができた。

なお、位相差測定においては、検体がない場合の基準として入力側に配置した可変光減衰器 VOA 33 を用いて受光レベルを検体がある場合と同レベル

に調整した。

[0112] この実験においては指のひだ部に屈折率整合剤を塗布して反射損失を抑えた。また、対向偏光変換光学系の先端に生体を挟むためのサファイア板を用いた。本実験においては脈拍に同期した信号の検出を行った。測定部位を光軸と直角方向にずらしながら位相差を測定した。その結果、部位によって位相差が変化するという結果を得た。

[0113] これはビームが血管部分を通過する場合とそうでない場合の違いが得られたものと解釈した。実際の糖尿病患者に対する測定を繰り返すことによって血糖値と関係するデータが得られる。なお、測定対象の部位近傍に本発明に記載の旋光度測定用の偏波面保存光ファイバと並列に多モード光ファイバを配置し、その挿入損失の変動を測定することによって脈拍を測定することができる。

[0114] また、図 1 2 の測定系におけるリング光路を両方向に伝搬する左右円偏光の位相差を食前と食後でモニターしたところ、明らかに食後に位相差が変化した。このことから、体液に含まれる糖分を検出できたと考えられる。

[0115] 図 1 3 は、本発明に係る第 2 の実施の形態例としての、モード整合対向デフォーカス偏光変換光学系を用いて光散乱検体 1 5 に信号光を斜めから照射する図 1 1 に示した結合光学系を光リング干渉系のリング光路内に設置し、光散乱検体の表面を伝搬する光の旋光度を測定する旋光度測定装置の主要部 2 9 の構成図である。

[0116] この場合には、検体 1 5 を配置する前に、あらかじめ検体部にミラーを置き、デフォーカス偏光変換光学系 1 2 - 1、1 2 - 2 の間の結合が必要な精度でとれるように軸合わせを行った。その後、指を 4 分の 1 波長板 1 7 の上に置いて生体からの反射光および散乱光に含まれる旋光度を測定した。実際には 4 分の 1 波長板と指の間に屈折率整合剤を用いた。

[0117] この実験でも測定部位を 4 分の 1 波長板平面でずらしながら位相差を測定した。その結果、部位によって位相差が変化するという結果を得た。これはビームが血管部分を通過する場合とそうでない場合の違いが得られたものと

解釈した。実際の糖尿病患者に対する測定を繰り返すことによって血糖値と関係するデータを作成し、測定データとたとえば血糖値との対応テーブルを作成しておき、たとえば信号処理回路 26 の記憶部分に入力しておき、測定結果の表示を行うように構成することができた。なお、脈拍に同期した信号検出の他にも、生体を挟む部分に周期的な押圧を与えて生体の厚さを周期的に変化させ、その周期と同期する周期的な信号を検出する方式も有効である。さらに、前記脈拍と生体の厚さを周期的に変化させる信号などを併用することもできる。

[0118] 第 2 の実施の形態例は、前記一方のシングルモード光ファイバと他方のシングルモード光ファイバの少なくとも 1 つは先端部に出力部レンズ（この出力部レンズは、リング干渉系における信号光としての左右両回り光のうちの一方の信号光、たとえば左回り光に対して出力側光ファイバになる場合は他方の信号光である右回り光に対しては入力側光ファイバのレンズになるが、前記のように、出力部レンズということにしている）が配置されていて、出力部レンズを有するシングルモード光ファイバの端面の少なくとも 1 つは、当該出力部レンズの焦点位置にない光学系であるデフォーカス偏光変換光学系を構成していることを特徴としている。

[0119] 図 14 は本発明に係る第 3 の実施の形態例としての旋光度測定装置の主要部 28 における測定方法を説明する図で、デフォーカス偏光変換光学系 12-1 から出射されるビームが測定対象である検体 15 のどの部分に照射されているかを観測する方法の例を説明する図である。

[0120] すなわち、実際の測定においては、図 14 の第 2 カプラ 19-2 のもう一つの入射端から可視レーザとして HeNe レーザ 30 からのレーザ光を入射し、検体 15 の前にハーフミラー 31 を置いて、顕微鏡 32 でデフォーカス偏光変換光学系 12-1 から出射されるビームが検体 15 のどの部分に照射されているかを観測した。検体 15 が生体の場合には透過オイルを塗布することによって血管部分を観測できた。旋光度を測定するときには HeNe レーザをオフにし、顕微鏡とハーフミラーを取り除いて測定した。これによっ

て、旋光度と生体の血管の位置関係が明確になった。

[0121] 第3の実施の形態例における検体としての生体の旋光度の測定では、光源波長が1060nm帯のコア直径30 μ m、低NA(0.07)の偏波面保存光ファイバを用いた。発明者は、同波長帯で、対向する偏光変換光学系で生体を挟んだときの当該偏波面保存光ファイバのコア径を7 μ m、20 μ m、30 μ mと変えて、その透過損失のコア径依存性を調べた。その結果、光源の波長帯を1300nm以上にすれば、同様のNAでコア径を40 μ mにでき、生体透過損失をさらに10dB以上低減できる見通しを得た。その上、偏光変換光学系に使用するファラデー素子(ガーネット)の損失が、波長が1060nmのSLDを用いたときに5dB程度あったが、波長が1300nmではほとんど無視できるほど小さい。さらに、光源波長を長くすればコア径を大きくすることができるが、1550nm帯では生体に含まれる水分の吸収損失の影響を受ける。また、波長が長くなれば光ファイバの曲げによる損失を受けやすくなる。したがって、発明者は1300nm帯のブロードバンド光源、対応する大コア径・低NA偏波面保存光ファイバを使用し、デフォーカス結合系の条件が最も高精度な非侵襲旋光度測定装置を実現できると結論した。

[0122] この条件で、全血の旋光度を測定した。この実験における光干渉系の損失レベルは以下のものであった。

光源出力：10mW(偏波面保存光ファイバ出力)

光ジャイロ(リング干渉系)損失：5dB(但し、第1のカプラを光サーキュレータとした)

実効長1mmのガラスセルに入れたコントロール血液を挟んだデフォーカスされた偏光変換結合光学系の挿入損失：44dB

モード整合部損失：2dB(2か所)

コネクタ及びすプライス損失：2dB

波長1310nmにおけるファラデー素子を含む対向偏光変換光学系の損失：
：～0dB(2か所)

トータル損失：53 dB

受光電力：50 nW

ここで、受光器は100 KHz帯域幅で最小受信感度が5 pWのシリコンAPDを用いた。

このような条件で測定の平均時間を10秒とし、コントロール血液を伝搬する左右円偏光の位相差を十分な信号対雑音比で測定することができた。なお、位相差測定においては、検体がない場合の基準として入力側に配置した可変光減衰器VOA33を用いて受光レベルを検体がある場合と同レベルに調整した。

[0123] 検体が血液に場合の実験では、挿入損失の血液厚さ依存性はほとんどなかった。すなわち、厚さが0.1 mmでも挿入損失は40 dB程度あったが、厚さが1 mmで45 dB、2 mmでも45.5 dBであった。これは血液に内部での多重反射によるものと考えられる。厚さが1 mmの場合の健常者のグルコースによる旋光角度は0.0005度である。リング干渉系で測定する位相差はその2倍の0.001度である。

[0124] 実験に用いたリング干渉系のリング光路の偏光変換光学系以外の偏波面保存光ファイバの長さは400 mとした。このリング干渉系で対向する偏光変換光学系を除いて通常の光ファイバリング干渉系にしたときの最小位相測定の感度は0.00005度であった。これはこのリング干渉系で地球の自転角速度を測定したときの測定値のバラツキから確認した。したがって、充分に高い精度で全血の旋光度を測定することができたといえることができる。

[0125] 以上、各発明の実施の形態例のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置、モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系およびその光学系を用いた旋光度測定システムにおける旋光度測定方法を説明したが、実施の形態例の前記各構成は、それぞれ単独でモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置、モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系およびその光学系を用いた旋光度測定システムにおける旋光度測定方法に用いても各実施の形態例の効果を発揮することができ、種々組み合わせても

同様の効果を発揮することができるものであるのみならず、各実施の形態例はこれに狭く限定されるものでなく、本発明の技術思想に基づいて多くのバリエーションを可能とするものである。

産業上の利用可能性

[0126] 以上説明したように、本発明によってこれまで実現されていなかった無侵襲の血糖値測定が可能になる。その結果、糖尿病患者を1日に数回の採血の煩わしさから解放することができ、また本発明の血糖値測定器を予防保全的に活用することにより現在世界的に増加している糖尿病患者数を減らすことができ、その治療に必要な費用を大幅に低減できる。そして、本発明は、医療分野、介護分野で活用できるのみならず、健康機器分野、医薬品分野、食品分野、農業分野など広い分野で利用できるものである。

請求の範囲

[請求項1]

先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定装置において、対向させて配置されている前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方はコア径の異なる第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NA（ここで、NAは開口数を意味する）シングルモード光ファイバであり、前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、前記対向させて配置された前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力用および／または入力用のレンズ（以下、出力部レンズという）として信号光の光路において配置されており、前記対向させて配置された先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させるとともに、先端部にレンズが配置されている前記他方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によ

て反射された信号光を先端部にレンズが配置されている前記一方の光ファイバの端面に入射させて、前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができる

ことを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項2] 請求項1に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項3] 請求項1または2に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記モード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置は、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバと前記光ファイバの一部を含んで構成され前記検体を挟んで配置される対向デフォーカス偏光変換光学系と前記検体とでリング光干渉系のリング光路を構成しており、前記リング光路を両方向に伝搬する光の位相差を測定することによって前記検体の旋光度を測定することができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス

された旋光度測定装置。

[請求項5] 請求項4に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記モード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置は、リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として信号光を伝搬させるようにリング光路が構成されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載のモード整合部を含む旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの表面との距離が0.6 mm以下であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項7] 請求項1～6のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバと他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバが同一のすなわち同じ光ファイバであることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの先端部と当該出力部レンズとが相互に固定されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

- [請求項9] 請求項1～8のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバと前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方は、当該先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と当該出力部レンズとの間にファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該先端部にレンズが配置されている光ファイバの出力部レンズと前記検体との間にファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。
- [請求項11] 請求項1～10のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの一方または双方が用いられていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。
- [請求項12] 請求項1～11のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、光路と直角方向に前記検体及び／または前記偏光変換光学系をスキャンできる機構を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。
- [請求項13] 請求項1～12のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記検体が生体の一部であり、前記旋光度測定装置は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定

するのに、前記信号光の位相差の検出手段の一部として、生体の脈拍及び／または人為的に与えた測定部位の厚味などの当該生体の一部の寸法を周期的に変化させる信号と同期させて前記位相差を検出する手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項14] 請求項1～13のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記検体が生体の一部であり、前記旋光度測定装置は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定する部分を挟む測定端子を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項15] 請求項1～14のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの出力部レンズと他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの出力部レンズとの距離を変更することができるレンズ間距離調整手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項16] 請求項1～15のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置において、光源の波長が1300nm帯で、前記大コア径・低NA偏波面保存光ファイバのコア径が40μm、NAが0.06±0.01であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項17] 先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定システムに用いることができる偏光変換光学系において、対向配置して用いることができる前記偏光変換光学系の少なくとも一方の前記先端部にレンズが配置されている光ファイバはコア径の異なる

る第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、

相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NA（ここで、NAは開口数を意味する）シングルモード光ファイバで前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、

前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置できるように構成されており、

前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力用および／または入力用のレンズ（以下、出力部レンズという）として信号光の光路において配置されており、

前記旋光度測定システムに対向させて配置用いる先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、

先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させることができるように配置して前記旋光度測定システムに用いて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに使用することができる

ことを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項18]

請求項17に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記旋光度測定システムに用いたときの前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該

出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項19] 請求項17または18に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置にあることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項20] 請求項17～19のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記モード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系は前記先端部にレンズが配置されている光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの一部を含んで構成される対向デフォーカス偏光変換光学系と前記検体とでリング光干渉系のリング光路を構成して前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに使用することができるデフォーカス偏光変換光学系であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項21] 請求項20に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、前記リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させるよう

に前記偏光変換光学系が構成されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項22] 請求項17～21のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに対向配置して使用するときの前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの表面との距離が0.6mm以下にして用いることができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項23] 請求項17～22のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバに同一のすなわち同じ光ファイバを用いることができることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項24] 請求項17～23のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの先端部と当該出力部レンズとが相互に固定されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項25] 請求項17～24のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの端面と当該出力部レンズとの間にファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項26] 請求項17～25のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフ

フォーカス旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの出力部レンズと前記検体との間にファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項27] 請求項17～26のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの一方または双方が用いられていることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項28] 請求項17～27のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、光路と直角方向に前記検体及び／または前記偏光変換光学系をスキャンできる機構を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項29] 請求項17～28のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記検体が生体の一部であり、前記デフォーカス偏光変換光学系は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに、前記信号光の位相差の検出手段の一部として、生体の脈拍及び／または人為的に与えた測定部位の厚味などの当該生体の一部の寸法を周期的に変化させる信号と同期させて前記位相差を検出する手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項30] 請求項17～29のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、前記検体が生体の一部であり、前記デフォーカス偏光変換光学系は前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定する部分を挟む測定端子を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項31] 請求項17～30のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフ

フォーカス偏光変換光学系において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの出力部レンズと先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの出力部レンズとの距離を変更することができるレンズ間距離調整手段を有することを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項32] 請求項17～31のいずれか1項に記載のモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系において、光源の波長が1300nm帯で、前記大コア径・低NA偏波面保存光ファイバのコア径が40 μ m、NAが0.06 $\pm$ 0.01であることを特徴とするモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系。

[請求項33] 先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向させて配置した偏光変換光学系を用いた旋光度測定システムに用いて検体の旋光度を測定する旋光度測定方法（以下、た旋光度測定システムに用いて検体の旋光度を測定する旋光度測定方法を単に旋光度測定方法という）において、前記旋光度測定方法は、偏光変換光学系とリング干渉系を用意して旋光度測定システムを構成するか偏光変換光学系とリング干渉系を有する旋光度測定装置を旋光度測定システムとして用意する工程と、旋光度測定システムの前記偏光変換光学系に検体を装着する工程と、検体に右回り信号光と左回り信号光として入射させた互いに直交する偏光の信号光の検体に起因して生じる位相差を測定する工程を有しており、
前記リング干渉系のリング光路が、対向配置されている前記先端部にレンズが配置された光ファイバと信号光の光路上で検体を挟んで対向配置された前記対向偏光変換光学系と検体を含んでおり、
前記リング干渉系は、前記リング光路を両方向に伝搬する光の位相差を測定することによって前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができる干渉系であり、

対向配置されている少なくとも一方の前記先端部にレンズが配置されている光ファイバはコア径の異なる第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、

相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NA（ここで、NAは開口数を意味する）シングルモード光ファイバで前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、

前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、前記対向させて配置された先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力用および／または入力用のレンズ（以下、出力部レンズという）として信号光の光路において配置されており、

前記対向させて配置された前記光ファイバの少なくとも一方は、信号光の光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、

前記偏光変換光学系は、少なくとも、前記先端部にレンズが配置された光ファイバの一部と出力部レンズと前記光ファイバの端面と検体との間に配置された偏光面回転素子を有しており、

前記偏光面回転素子は、当該偏光面回転素子の一方の側から信号光としての偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって時計回りまたは反時計回りに所定角度だけ回転させ、当該偏光面回転素子の他方の側から信号光として偏光ビームを入射させたときには当該信号光の偏光面を当該信号光の進行方向に向かって前記一方の側から入射させた場合とは逆方向に所定角度だけ回転させるように作用する非相反偏光面回転素子であり、

前記対向偏光変換光学系は、対向配置された出力部レンズが配置され

ている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させさせるとともに、前記他方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている前記一方の光ファイバの端面に入射させて、前記リング干渉系で前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができるモード整合部を含むデフォーカス偏光変換光学系であることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項34]

請求項33に記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記他方の光ファイバの端面の少なくとも一方を、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置に配置して旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項35]

請求項33または34に記載の旋光度測定方法において、対向配置された前記一方の光ファイバの端面と前記他方の光ファイバの端面の少なくとも一方を、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置に配置した偏光変換光学系を用いることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項36]

請求項33～35のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記他方の光ファイバの端面の少なくとも一方を、当該出力部レンズの表面との距離が0.6mm以下になるように配置して旋光度に関連す

る光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項37] 請求項33～36のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された光ファイバと他方の光ファイバが同一のすなわち同じ光ファイバであることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項38] 請求項33～37のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの端面と当該出力部レンズとの間に前記非相反偏光面回転素子としてのファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されている光ファイバを用いて旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項39] 請求項33～38のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバと前記他方の光ファイバの少なくとも一方は、当該光ファイバの出力部レンズと前記検体との間に前記非相反偏光面回転素子としてのファラデー回転素子と4分の1波長板と偏光子のうちの少なくとも1つが配置されている光ファイバを用いて旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項40] 請求項33～39のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記モード整合部にコア拡大ファイバとコア縮小ファイバの一方または双方が用いられていることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項41] 請求項33～40のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記リング干渉系のリング光路に右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を伝搬させ、前記リング干渉系のリング光路の光ファイバ部分は右回り信号光としての偏光と左回り信号光としての偏光を同一の固有偏光モードで同じ光ファイバをそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させ、前記検体部分は右回り信号光とし

ての偏光と左回り信号光としての偏光を互いに直交する偏光状態でそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として伝搬させるように前記偏光変換光学系が構成されていることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項42] 請求項33～41のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、光路と直角方向に前記検体及び／または前記偏光変換光学系をスキャンできる機構を用いることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項43] 請求項33～42のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記検体が生体の一部であり、前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに、前記信号光の位相差の検出手段の一部として、生体の脈拍及び／または人為的に与えた測定部位の厚味などの当該生体の一部の寸法等の状態を周期的に変化させる信号と同期させて前記位相差を検出する手段を用いて旋光度に関連する光学情報を測定することを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項44] 請求項33～43のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記検体が生体の一部であり、前記偏光変換光学系に前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定する部分を挟む測定端子を用いていることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項45] 請求項33～44のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、前記一方の光ファイバの出力部レンズと他方の光ファイバの出力部レンズとの距離を変更する手段を用いることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項46] 請求項33～45のいずれか1項に記載の旋光度測定方法において、光源の波長が1300nm帯で、前記大コア径・低NA偏波面保存光ファイバのコア径が40 μ m、NAが0.06 $\pm$ 0.01である偏光変換光学系を用いることを特徴とする旋光度測定方法。

[請求項47] 先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において光散乱検体などの旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向配置し、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバ

の端面から出射される信号光を前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光及び／又は前記検体によって反射された信号光を先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができる旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの前記検体に入射させる信号光の出力部及び／又は前記検体からの信号光（前記検体に入射した前記信号光が前記検体を透過した光及び／または前記検体により反射あるいは散乱された光）の入力部に配置されているレンズ（以下、前記光ファイバの前記検体に入射させる信号光の出力部及び／又は前記検体からの信号光の入力部に配置されているレンズを当該光ファイバの出力部レンズという）と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの出力部レンズの少なくとも一方は、当該光ファイバの端面が当該出力部レンズの焦点位置にないデフォーカスされた光ファイバ光学系を形成していることを特徴とするデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項48]

請求項47に記載のデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記一方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面と前記他方の先端部にレンズが配置されている光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズから遠い位置で、当該光ファイバの端面の像が当該出力部レンズによって当該検体の出射面（すなわち、当該光ファイバから当該検体に入射した信号光が当該検体から出射する面）に結像するような位置にあることを特徴とするデフォーカスされた旋光度測定装置。

[請求項49]

請求項47または48に記載のデフォーカスされた旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている一方の光ファイバの端面と前記先端部にレンズが配置されている他方の光ファイバの端面の少なくとも一方は、当該出力部レンズの焦点位置よりも当該出力部レンズに近い位置にあることを特徴とするデフォーカスされた旋光度

測定装置。

[請求項50]

リング光路の構成要素である先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定装置において、前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの少なくとも一方はコア径の異なる第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバであり、

相対的に前記第1の光ファイバは小コア径・高NA（ここで、NAは開口数を意味する）シングルモード光ファイバで、前記第2の光ファイバは大コア径・低NAシングルモード光ファイバであり、

前記第1の光ファイバと第2の光ファイバをモード整合部を介して接続したシングルモード光ファイバは前記第2の光ファイバが前記第1の光ファイバよりも光路上で前記検体に近い側に配置されており、

前記対向させて配置された前記先端部にレンズが配置されている光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力用および／または入力用のレンズ（以下、出力部レンズという）として信号光の光路において配置されており、

信号光の光路上で前記検体を挟んで対向させて配置された前記先端部にレンズが配置されている光ファイバは、それぞれその端面と検体の間に、前記出力部レンズの他に、少なくとも非相反偏光面回転素子が配置された偏光変換光学系を形成しており、

光路上で前記検体を挟んで対向配置された前記偏光変換光学系からは互いに直交する偏光が前記検体にそれぞれ右回り信号光と左回り信号光として入射するように構成されており、

前記対向配置された偏光変換光学系の一方の偏光変換光学系である第1の偏光変換光学系の前記出力部レンズが配置されている光ファイバ

の端面からリング光路の右回り信号光あるいは左回り信号光として出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を前記対向配置された偏光変換光学系の他方の偏光変換光学系である第2の偏光変換光学系の前記先端部に出力部レンズが配置されている光ファイバの端面に入射させ、前記対向配置された偏光変換光学系の前記第2の偏光変換光学系の前記出力部レンズが配置されている光ファイバの端面からリング光路の左回り信号光あるいは右回り信号光として出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を前記対向配置された前記第1の偏光変換光学系の前記先端部に出力部レンズが配置されている光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定することができることを特徴とするモード整合部を含む旋光度測定装置。

[請求項51] 請求項50に記載のモード整合部を含む旋光度測定装置において、信号光の光路において前記検体を挟んで対向させて配置された一方の光ファイバと他方の光ファイバが同一のすなわち同じ光ファイバであることを特徴とするモード整合部を含む旋光度測定装置。

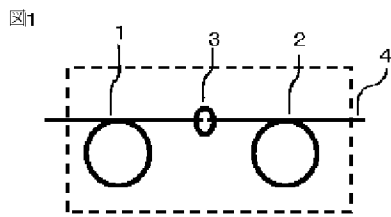
[請求項52] 先端部にレンズが配置されている光ファイバを信号光の光路において旋光度測定用検体（以下、検体という）を挟んで対向させて配置し、前記光ファイバから出射される信号光を前記検体に照射し、前記検体の旋光度に関する測定を行う旋光度測定システムに用いることができる偏光変換光学系において、
対向配置して用いる前記偏光変換光学系の少なくとも一方の光ファイバの前記検体に近い側の端面近傍に前記レンズが出力用および／または入力用のレンズ（以下、出力部レンズという）として信号光の光路において配置されており、
前記対向させて配置された光ファイバの少なくとも一方は、信号光の

光路上でその端面が当該出力部レンズの焦点位置から外れた位置にあり、

出力部レンズが配置されている一方の光ファイバの端面から出射される信号光を当該出力部レンズを経て前記検体に入射させ、前記検体を透過した信号光および／または前記検体によって反射された信号光を先端部に出力部レンズが配置されている他方の光ファイバの端面に入射させて前記検体の旋光度に関連する光学情報を測定するのに使用することができる

ことを特徴とするデフォーカス偏光変換光学系。

[図1]



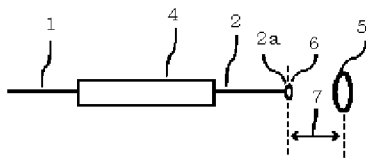
[図2]

図2



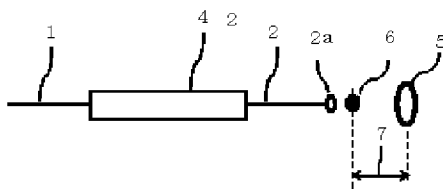
[図3]

図3



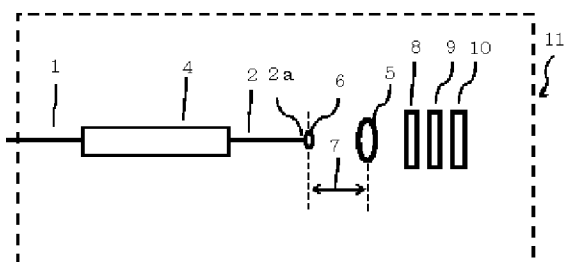
[図4]

図4



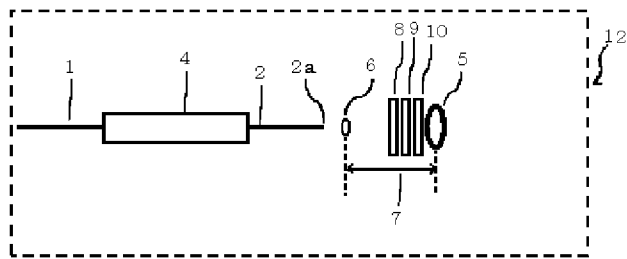
[図5]

図5



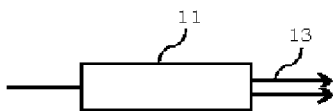
[図6]

図6



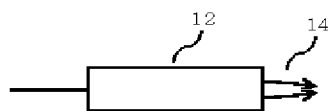
[図7]

図7



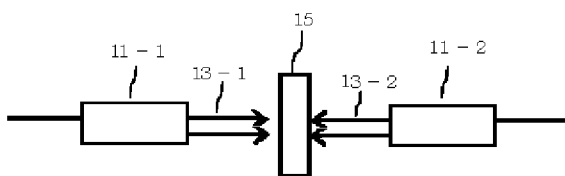
[図8]

図8



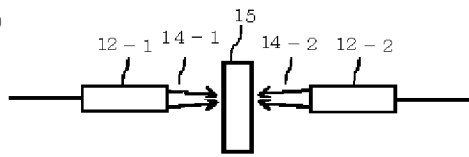
[図9]

図9



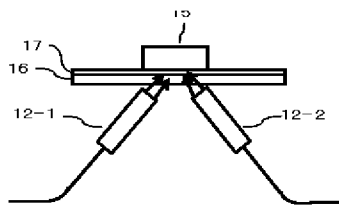
[図10]

図10



[図11]

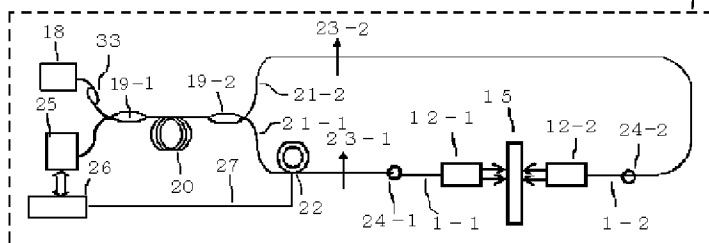
図11



[図12]

図12

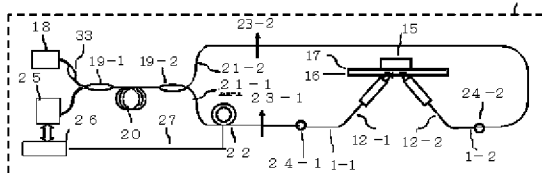
28



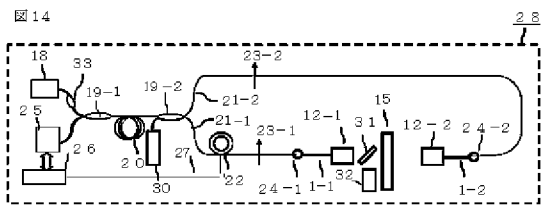
[図13]

図13

29



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/076541

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/19 (2006.01) i, G01N21/21 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/19, G01N21/21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-274380 A (Optoquest Co., Ltd.), 06 October 2005 (06.10.2005), paragraphs [0009] to [0014]; fig. 1 (Family: none)	47, 52 1-46, 48-51
Y A	JP 2004-138864 A (Hitachi, Ltd., Opnext Inc.), 13 May 2004 (13.05.2004), paragraphs [0011], [0012] & US 2004/0114883 A1	47, 52 1-46, 48-51
A	WO 2010/100766 A1 (Global Fiber Optics, Ltd.), 10 September 2010 (10.09.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-52

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 January, 2012 (11.01.12)

Date of mailing of the international search report
24 January, 2012 (24.01.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/076541

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-122082 A (Optoquest Co., Ltd.), 29 May 2008 (29.05.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-52
A	JP 2008-102009 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 01 May 2008 (01.05.2008), entire text; all drawings & US 2008/0094619 A1 & EP 1913867 A1	1-52
A	JP 10-267831 A (Uniopt Co., Ltd.), 09 October 1998 (09.10.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-52
A	JP 2004-113434 A (Masato NAKAMURA, The Furukawa Electric Co., Ltd.), 15 April 2004 (15.04.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-52
A	JP 2008-032993 A (Kyocera Corp.), 14 February 2008 (14.02.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-52
A	JP 2006-323027 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd., NTT Advanced Technology Corp., NEC Corp., Hitachi Chemical Co., Ltd., Hirose Electric Co., Ltd.), 30 November 2006 (30.11.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-52
A	JP 09-159862 A (Sumitomo Wiring Systems, Ltd.), 20 June 1997 (20.06.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-52

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G01N21/19(2006.01)i, G01N21/21(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/19, G01N21/21

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-274380 A（株式会社オプトクエスト）2005.10.06, 【0009】－【0014】段落, 【図1】（ファミリーなし）	47, 52 1-46, 48-51
Y A	JP 2004-138864 A（株式会社日立製作所, 日本オプネクスト株式会社）2004.05.13, 【0011】, 【0012】段落 & US 2004/0114883 A1	47, 52 1-46, 48-51
A	WO 2010/100766 A1（有限会社グローバルファイバオプティックス）2010.09.10, 全文、全図（ファミリーなし）	1-52

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

1 1 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中村 祐一

2W

4405

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-122082 A (株式会社オプトクエスト) 2008.05.29, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-52
A	JP 2008-102009 A (住友電気工業株式会社) 2008.05.01, 全文、全 図 & US 2008/0094619 A1 & EP 1913867 A1	1-52
A	JP 10-267831 A (有限会社ユニオプト) 1998.10.09, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-52
A	JP 2004-113434 A (中村真人、古河電気工業株式会社) 2004.04.15, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-52
A	JP 2008-032993 A (京セラ株式会社) 2008.02.14, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-52
A	JP 2006-323027 A (住友電気工業株式会社、エヌ・ティ・ティ・ア ドバンステクノロジー株式会社、日本電気株式会社、日立化成工業株 式会社、ヒロセ電機株式会社) 2006.11.30, 全文、全図 (ファミリ ーなし)	1-52
A	JP 09-159862 A (住友電装株式会社) 1997.06.20, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-52